



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN
ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE PARA MEJORAR
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR EN
COMPETICIÓN DEL VEHÍCULO TOYOTA LAND CRUISER FJ40
DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

JEFFERSON GEOVANNY MOROCHO TENEGUSÑAY

JULIO CESAR PILLAJO QUILUMBAQUIN

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN
ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE PARA MEJORAR
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR EN
COMPETICIÓN DEL VEHÍCULO TOYOTA LAND CRUISER FJ40
DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: JEFFERSON GEOVANNY MOROCHO TENEGUSÑAY

JULIO CESAR PILLAJO QUILUMBAQUIN

DIRECTOR: Ing. JAVIER MILTON SOLÍS SANTAMARIA

Riobamba – Ecuador

2023

©2023, Jefferson Geovanny Morocho Tenegusñay & Julio Cesar Pillajo Quilumbaquin

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

Nosotros, Jefferson Geovanny Morocho Tenegusñay y Julio Cesar Pillajo Quilumbaquin, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 06 de diciembre de 2023.



Jefferson Geovanny Morocho Tenegusñay

C.I: 060525461-4



Julio Cesar Pillajo Quilumbaquin

C.I: 172611868-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE PARA MEJORAR PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR EN COMPETICIÓN DEL VEHÍCULO TOYOTA LAND CRUISER FJ40 DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**, realizado por los señores: **JEFFERSON GEOVANNY MOROCHO TENEGUSÑAY** y **JULIO CESAR PILLAJO QUILUMBAQUIN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Milton Israel Quinga Morales PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-06
Ing. Javier Milton Solís Santamaria DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-06
Ing. Ángel José Quevedo Ríos ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-06

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, forjador y guía de mi buen camino. A mi padre Francisco Morocho, a mi madre María Tenegusñay, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida universitaria, por todo el esfuerzo, paciencia, apoyo incondicional, el deseo de superación y los buenos consejos y enseñanzas que día a día me brindaron durante todo este proceso. A mis hermanos Jhonatan, Janeth, José, Luis y Jhonny por su apoyo incondicional y moral para cumplir este objetivo.

Jefferson

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi Padre Victor Pillajo por estar siempre apoyándome con sus palabras de aliento, siendo ejemplo de constancia y perseverancia, guiándome a nunca desistir de mi objetivo de ser un profesional. A mi querida Madre Hortencia Quilumbaquin por el cariño y paciencia que medio a lo largo de mi carrera universitaria. A cada uno de mis hermanos por su apoyo incondicional en mi proceso de formación académico, a mi sobrino Alejandro Sebastián una de las personas más importantes de mi vida.

Julio

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme inteligencia, sabiduría y salud para afrontar día a día las diferentes situaciones que se presentaron durante la carrera estudiantil.

A mi familia y amistades que siempre me apoyaron en diversas situaciones durante el proceso académico, a docentes y compañeros estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz que compartieron sus diversas experiencias y conocimientos para mi profesión, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de formar parte de esta noble institución y convertirme en profesional, al director y asesor que siempre estuvieron presentes en cada uno de los procesos de titulación, brindando sus conocimientos y ayudando a obtener un mejores resultados.

Jefferson

Agradezco a Dios y a la Virgen del Quinche por darme la vida y guiarme en el camino para lograr esta meta que estoy cumpliendo, a mis padres que han sido pilar fundamental en mi vida, a mis hermanos que me brindaron sus consejos para seguir adelante, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y en especial a la Carrera de Ingeniería Automotriz por abrirme las puertas y permitirme haber estudiado la carrera que tanto me gusta. De igual manera a mi director de tesis Ing. Javier Solís y asesor de tesis Ing. Ángel Quevedo por el apoyo y conocimientos que nos brindaron para desarrollar el presente proyecto de titulación. Finalmente agradezco a mi compañero de tesis, por la constante dedicación y esfuerzo que realizó para elaborar este proyecto de titulación.

Julio

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO I

2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Motor de combustión interna.....	4
2.2. Carburador	4
2.2.1. <i>Partes del carburador</i>	5
2.2.1.1. <i>La cuba</i>	5
2.2.1.2. <i>El surtidor</i>	6
2.2.1.3. <i>El difusor</i>	6
2.2.2. <i>Funcionamiento</i>	7
2.3. Sistemas de inyección.....	7
2.3.1. <i>Funcionamiento</i>	7
2.3.2. <i>Partes</i>	7
2.3.3. <i>Tipos de sistema de inyección</i>	8
2.3.3.1. <i>Según la ubicación del inyector</i>	8
2.3.3.2. <i>Por el número de inyectores</i>	8
2.3.3.3. <i>Por el sincronismo de inyección</i>	8
2.3.4. <i>Ventajas del sistema de inyección</i>	9

2.4.	Sensores	9
2.4.1.	Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)	9
2.4.1.1.	<i>Sensor de Posición de Cigüeñal (Inductivo)</i>	10
2.4.1.2.	<i>Sensor de Posición de Cigüeñal (Efecto Hall)</i>	11
2.4.2.	Sensor de Flujo de Aire (MAF)	12
2.4.3.	Sensor de Oxígeno	14
2.4.3.1.	<i>Ubicación del sensor</i>	16
2.4.3.2.	<i>Diagnóstico a partir del estado del tubo de protección</i>	16
2.4.3.3.	<i>Tipos de sensores según los cables</i>	16
2.4.3.4.	<i>Fallas</i>	17
2.4.4.	Sensor de la posición de la mariposa de aceleración (TPS)	17
2.4.4.1.	<i>Ubicación</i>	17
2.4.4.2.	<i>Señal Normal del Sensor TPS</i>	18
2.4.5.	Sensor TPS en KOEO	18
2.4.5.1.	<i>Fallas</i>	19
2.4.6.	Sensor de la presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)	20
2.4.6.1.	<i>Ubicación</i>	20
2.4.6.2.	<i>Tipos de sensores</i>	20
2.4.7.	Sensor de temperatura de aire del motor (IAT)	23
2.4.7.1.	<i>Operación del sensor IAT</i>	24
2.4.7.2.	<i>Ubicación</i>	24
2.4.7.3.	<i>Fallas comunes</i>	25
2.4.8.	Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)	25
2.4.8.1.	<i>Ubicación</i>	25
2.4.8.2.	<i>Fallas</i>	26
2.5.	Sistemas de encendido	26
2.5.1.	Sistemas de encendido convencional	26
2.5.2.	Principio de funcionamiento.	26
2.5.3.	Componentes del sistema de encendido convencional.	27
2.5.3.1.	<i>Batería:</i>	27
2.5.3.2.	<i>Switch.</i>	27
2.5.3.3.	<i>Bobina de encendido:</i>	27
2.5.3.4.	<i>Distribuidor de encendido</i>	28
2.5.3.5.	<i>Condensador de encendido:</i>	28
2.5.3.6.	<i>Ruptor.</i>	29
2.5.3.7.	<i>Bujías</i>	29
2.5.3.8.	<i>Cables de bujía:</i>	30

2.6.	Sistema de encendido electrónico DIS (direct ignition system)	30
2.6.1.	<i>Componentes del sistema DIS</i>	30
2.7.	Sistema de encendido electrónico Coil on Plug	31
2.8.	Actuadores	31
2.8.1.	<i>Bomba de combustible</i>	31
2.8.1.1.	<i>Tipos de bombas</i>	32
2.8.1.2.	<i>Fallas</i>	33
2.8.1.3.	<i>Diagnostico</i>	33
2.8.2.	<i>Inyectores</i>	33
2.8.2.1.	<i>Averías</i>	33
2.8.3.	<i>Bobinas de encendido</i>	34
2.8.3.1.	<i>Funcionamiento</i>	34
2.9.	Componentes del sistema de alimentación de combustible	34
2.9.1.	<i>Tanque de combustible</i>	34
2.9.2.	<i>Filtro de combustible</i>	35
2.9.3.	<i>Riel de combustible</i>	35
2.9.4.	<i>Regulador de presión:</i>	36
2.10.	Unidad de control ECU	36
2.11.	Tipos de computadoras programables	37
2.11.1.	<i>MircoSquirt</i>	37
2.11.1.1.	<i>Características</i>	37
2.11.2.	<i>MegaSquirt</i>	38

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	39
3.1.	Diagrama de flujo	39
3.2.	Metodología de investigación a realizar	40
3.2.1.	<i>Método experimental</i>	40
3.2.2.	<i>Método inductivo</i>	40
3.3.	Cronograma de actividades	40
3.4.	Características iniciales del vehículo	41
3.4.1.	<i>Características de fábrica del vehículo</i>	41
3.4.2.	<i>Revisión del motor del vehículo</i>	42
3.4.3.	<i>Medición de compresión</i>	42
3.4.4.	<i>Pruebas con Vacuómetro</i>	43

3.5.	Selección y montaje de componentes para la modificación del motor de carburador a inyección electrónica multipunto	44
3.5.1.	<i>Múltiple de admisión</i>	44
3.5.2.	<i>Inyectores</i>	46
3.5.3.	<i>Riel de combustible</i>	48
3.5.4.	<i>Regulador de presión</i>	48
3.5.5.	<i>Filtro de combustible</i>	49
3.5.6.	<i>Bomba de combustible</i>	50
3.5.7.	<i>Manómetro de presión:</i>	51
3.6.	Implementación de los sensores	52
3.6.1.	<i>Sensor MAP</i>	52
3.6.2.	<i>Sensor TPS</i>	53
3.6.3.	<i>Sensor de temperatura del refrigerante</i>	53
3.6.4.	<i>Módulo de encendido (HEI)</i>	54
3.6.5.	<i>Bobina de encendido:</i>	56
3.6.6.	<i>Válvula IAC</i>	57
3.7.	Adaptación del distribuidor	58
3.7.1.	<i>ECU y accesorios</i>	59
3.7.2.	<i>Arnés de cables</i>	62

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	64
4.1.	Pruebas de torque y potencia con el sistema de alimentación a carburador vs inyección electrónica	64
4.1.1.	<i>Prueba de torque y potencia con el sistema de alimentación a carburador</i>	64
4.1.2.	<i>Prueba de torque y potencia con el sistema de alimentación a inyección electrónica implementado</i>	65
4.2.	Comparación del torque y potencia entre el sistema de carburador vs el sistema de inyección electrónica	66
4.3.	Pruebas de emisiones de gases con sistema de alimentación a carburador e inyección electrónica	67
4.3.1.	<i>Prueba de gases contaminantes con el sistema de alimentación a carburador</i>	68
4.3.2.	<i>Prueba de emisiones de gases consistema de alimentación a inyección electrónica</i>	69
4.4.	Comparación de resultados de gases contaminantes con el sistema de carburador vs el sistema de inyección electrónica	70

4.5.	Análisis comparativo de gases con el sistema de alimentación a inyección electrónica implementado con respecto a la norma INEN 2204	70
4.6.	Prueba de funcionamiento.....	71
4.6.1.	<i>Señales en osciloscopio de sensores y actuadores</i>	71
4.6.1.1.	<i>Inyectores.....</i>	71
4.6.1.2.	<i>MAP.....</i>	73
4.6.1.3.	<i>IAC.....</i>	73
4.6.2.	<i>Sistema de inyección electrónico implementado puesto a prueba.....</i>	74

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1.	Conclusiones.....	75
5.2.	Recomendaciones.....	76

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Pin data CKP	11
Tabla 2-2:	Pin data sensor MAF.....	13
Tabla 2-3:	Pin data de los diferentes sensores según el número de cables.....	17
Tabla 2-4:	Pin data sensor TPS Convencional	19
Tabla 2-5:	Pin data TPS con interruptor de ralentí	19
Tabla 2-6:	Pin data MAP.....	22
Tabla 3-1:	Cronograma de actividades	40
Tabla 3-2:	Especificaciones del vehículo	41
Tabla 3-3:	Medidas de compresión en cada uno de los cilindros del motor	42
Tabla 3-4:	Medida de vacío del motor a ralentí.....	43
Tabla 3-5:	Factor BSFC	47
Tabla 3-6:	Conexión de la unidad de control.....	61
Tabla 4-1:	Valores de torque y potencia tomadas con el sistema carburador	65
Tabla 4-2:	Valores de torque y potencia con el sistema de inyección implementado	66
Tabla 4-3:	Comparación de torque y potencia entre carburador vs sistema de inyección...66	
Tabla 4-4:	Valores máx de emisiones permitidos según norma 2204 (Prueba estática)	67
Tabla 4-5:	Datos de emisiones de gases con el sistema de alimentación a carburador	69
Tabla 4-6:	Datos de emisiones de gases con el sistema de inyección electrónica.....	69
Tabla 4-7:	Comparaciones de emisiones de gases con sistema a carburador vs inyección electrónica.....	70
Tabla 4-8:	Comparación de emisiones de gases con respecto a la norma INEN 2204.....	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Estructura del Carburador	5
Ilustración 2-2:	Cuba	5
Ilustración 2-3:	Surtidor.....	6
Ilustración 2-4:	Difusor Efecto Venturi.....	6
Ilustración 2-5:	Funcionamiento del carburador	7
Ilustración 2-6:	Ubicación del sensor CKP	10
Ilustración 2-7:	Señal de CPK osciloscopio	11
Ilustración 2-8:	Diagrama eléctrico sensor CKP	12
Ilustración 2-9:	Señal sensor CKP efecto hall	12
Ilustración 2-10:	Ubicación del sensor MAF	13
Ilustración 2-11:	Señal sensor MAF osciloscopio.....	14
Ilustración 2-12:	Sensor de Oxígeno.....	14
Ilustración 2-13:	Funcionamiento del sensor de oxígeno	15
Ilustración 2-14:	Señales de sensor de oxígeno en diferentes operaciones.....	15
Ilustración 2-15:	Estado de la sonda lambda.....	16
Ilustración 2-16:	Ubicación sensor TPS.....	18
Ilustración 2-17:	Señal sensor TPS oscilograma	18
Ilustración 2-18:	Circuito del sensor TPS	19
Ilustración 2-19:	Ubicación del sensor MAP	20
Ilustración 2-20:	Sistema de admisión esquema de operación	21
Ilustración 2-21:	Señal sensor MAP en osciloscopio	21
Ilustración 2-22:	Sensor IAT.....	23
Ilustración 2-23:	Circuito eléctrico sensor IAT	23
Ilustración 2-24:	Operación del sensor IAT	24
Ilustración 2-25:	Ubicación sensor IAT	24
Ilustración 2-26:	Circuito eléctrico sensor ECT	25
Ilustración 2-27:	Ubicación sensor ECT	26
Ilustración 2-28:	Batería	27
Ilustración 2-29:	Switch de encendido	27
Ilustración 2-30:	Bobina de encendido.....	28
Ilustración 2-31:	Distribuidor de encendido.....	28
Ilustración 2-32:	Condensador	28
Ilustración 2-33:	Ruptor de encendido o platino	29
Ilustración 2-34:	Bugía den encendido.....	29

Ilustración 2-35: Cables de bujía.....	30
Ilustración 2-36: Bobina de encendido DIS	31
Ilustración 2-37: Bobina COP.....	31
Ilustración 2-38: Bomba de combustible mecánica.....	32
Ilustración 2-39: Bomba de combustible eléctrica	32
Ilustración 2-40: Depósito de combustible.....	35
Ilustración 2-41: Filtro de combustible	35
Ilustración 2-42: Riel de combustible	35
Ilustración 2-43: Esquema regulador de presión de combustible	36
Ilustración 2-44: MircoSquirt.....	37
Ilustración 2-45: Computadora MegaSquirt.....	38
Ilustración 3-1: Diagrama de flujo	39
Ilustración 3-2: Medición de compresión del vehículo Toyota 2F	43
Ilustración 3-3: Medición de vacío del vehículo Toyota 2F.....	44
Ilustración 3-4: Múltiple de admisión Toyota 2f.....	44
Ilustración 3-5: Procesos de desmontaje del carburador	45
Ilustración 3-6: Platina de acero.....	45
Ilustración 3-7: Montaje de la platina y los empaques	45
Ilustración 3-8: Colocación de la placa en el múltiple de escape	46
Ilustración 3-9: Montaje del múltiple de admisión.....	46
Ilustración 3-10: Inyectores de boquilla de alto flujo.....	48
Ilustración 3-11: Colocación del riel de inyección.....	48
Ilustración 3-12: Ubicación del regulador de presión.....	49
Ilustración 3-13: Montaje del filtro de combustible	49
Ilustración 3-14: Instalación de la bomba de combustible externa.....	50
Ilustración 3-15: Diagrama eléctrico de bomba de combustible.....	51
Ilustración 3-16: Instalación del manómetro.....	51
Ilustración 3-17: Sensor MAP utilizado en el vehículo.....	52
Ilustración 3-18: Ubicación del sensor MAP en el vehículo	52
Ilustración 3-19: Ubicación del sensor TPS	53
Ilustración 3-20: Sensor de temperatura.....	53
Ilustración 3-21: Ubicación del sensor de temperatura en el vehículo	54
Ilustración 3-22: Módulo de encendido	54
Ilustración 3-23: Ubicación del módulo de encendido en el vehículo	55
Ilustración 3-24: Pin data del módulo de encendido	55
Ilustración 3-25: Esquema eléctrico módulo de encendido2023	56
Ilustración 3-26: bobina de encendido seca Delphi CE10105	56

Ilustración 3-27:	Instalación de la bobina de encendido.....	57
Ilustración 3-28:	Válvula IAC.....	57
Ilustración 3-29:	Diagrama eléctrico de la válvula IAC	58
Ilustración 3-30:	Fijación de avance en el distribuidor	58
Ilustración 3-31:	Captador Magnético.....	59
Ilustración 3-32:	Pines del arnés de sistema eléctrico	59
Ilustración 3-33:	Unidad de control electrónico (ECU)	60
Ilustración 3-34:	Esquema eléctrico cableado de los inyectores y la bomba de combustible ..	60
Ilustración 3-35:	Esquema eléctrico del cableado de sensores, actuadores y OBD1	61
Ilustración 3-36:	Cableado Eléctrico Conector A-B de 24 PINS.....	63
Ilustración 3-37:	Cableado Eléctrico Conector C-D de 32 PINS.....	63
Ilustración 4-1:	Grafica de torque y potencia con el sistema de alimentación a carburador ..	64
Ilustración 4-2:	Grafica de torque y potencia con el sistema de inyección	65
Ilustración 4-3:	Analizador de gases de la marca KANE	68
Ilustración 4-4:	Pruebas de emisiones con sistema carburador.....	68
Ilustración 4-5:	Apertura del inyector a ralentí con el motor frio.....	71
Ilustración 4-6:	Apertura del inyector a temperatura normal de funcionamiento	72
Ilustración 4-7:	Apertura del inyector a 3000 rpm	72
Ilustración 4-8:	Funcionamiento del sensor MAP	73
Ilustración 4-9:	Señal de la válvula IAC	73
Ilustración 4-10:	Prueba de funcionamiento del vehículo en pista	74

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PRUEBAS DE DINAMÓMETRO

ANEXO B: SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICO FUNCIONANDO
CORRECTAMENTE DESPUÉS DE LA COMPETICIÓN

RESUMEN

El carburador es un componente esencial del sistema de combustión de los vehículos, pero producen elevada contaminación por gases de escape, alto consumo de combustible, dificultad para arranque en frío, inestabilidad en ralentí, tienen problemas para proporcionar la mezcla óptima de aire combustible, según estudios realizados un vehículo a carburador contamina hasta un 30% más que aquellos con sistemas de inyección. Por lo tanto, el objetivo del presente proyecto fue reemplazar el sistema de alimentación a carburador por un sistema de inyección electrónica multipunto, para mejorar parámetros de funcionamiento del motor del vehículo Toyota Land Cruiser FJ40. La metodología que permitió llevar a cabo este proyecto fue el método experimental y método inductivo, para la conversión de carburador a del sistema de inyección se empleó el sistema de inyección electrónica multipunto simultánea, que consta de una unidad de control electrónica (ECU) estándar del vehículo Daewoo Cielo, sensor de temperatura (ETC), sensor de presión de aire (MAP), captador magnético de revoluciones, sensor de posición de la aleta de aceleración (TPS), válvula de control de aire (IAC), inyectores de boquilla de alto flujo con un caudal de 96 cm³/min, una bomba de alta presión de combustible que entrega 4 bares de presión y un flujo de 48 l/h al sistema, una bobina de encendido de 30kv de salida, arnés de sistema eléctrico que une todo este sistema con la ECU. Por consiguiente, se realizó las respectivas comparativas con respecto al sistema de carburador dando como resultado un aumento del 3,7% de torque y 23% de potencia con respecto al sistema carburador, en cuanto a emisiones se evidenció la reducción del 7,26% en monóxido de carbono (CO) y 500ppm hidrocarburos (HC), cumpliendo así con la normativa NTE INEN 2204. En conclusión, el sistema de inyección implementado mejoro el funcionamiento del vehículo y ayudo a disminuir el porcentaje de emisión de gases de escape.

Palabras clave: <SISTEMA DE INYECCIÓN> <CARBURADOR> <DINAMÓMETRO>
<UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA (ECU)> <EMISIÓN DE GASES>.

0040-DBRA-UPT-2024



SUMMARY

The carburetor is an essential component of the combustion system of vehicles, but they produce high exhaust gas pollution, high fuel consumption, difficulty in cold starting, instability at idle, have problems in providing the optimum air-fuel mixture, according to studies, a carburetor vehicle pollutes up to 30% more than those with injection systems. Therefore, the objective of this project was to replace the carburetor fuel system with a multipoint electronic injection system, in order to improve the operating parameters of the Toyota Land Cruiser FJ40 engine. The methodology that allowed carrying out this project was the experimental and inductive method, for the conversion from carburetor to the injection system was used simultaneous multipoint electronic injection system, which consists of an electronic control unit (ECU) standard Daewoo Cielo vehicle, temperature sensor (ETC), air pressure sensor (MAP), magnetic speed sensor, throttle vane position sensor (TPS), air control valve (IAC), high flow nozzle injectors with a flow rate of 96 cm³/min, a high pressure fuel pump delivering 4 bar of pressure and a flow rate of 48 l/h to the system, an ignition coil of 30kv output, electrical system harness that links all this system with ECU. Consequently, the respective comparisons were made regarding to the carburetor system, resulting in a 3,7% increase in torque and 23% increase in power with respect to the carburetor system. In terms of emissions, a 7,26% reduction in carbon monoxide (CO) and 500ppm hydrocarbons (HC) was evidenced, thus complying with NTE INEN 2204 regulations. In conclusion, the injection system implemented improved the performance of the vehicle and helped to reduce the percentage of exhaust gas emissions.

Key words: <INJECTION SYSTEM>, <CARBURATOR>, <DYNAMOMETER>, <ELECTRONIC CONTROL UNIT (ECU)>, <GAS EMISSION >.



Lic. Sandra Paulina Porrás Pumalema Mgs.

C.I. 0603357062

INTRODUCCIÓN

La industria automotriz desde su creación ha sido uno de los principales contaminantes del medio ambiente, desde el inicio se usó motores de combustión interna de 4 tiempos con sistemas de alimentación de carburador, que debido a sus características de funcionamiento consumen mayor cantidad de combustible generando mayores emisiones de gases contaminantes como CO, HC, NO, con el pasar del tiempo y los avances tecnológicos en la actualidad la industria automotriz busca optimizar el desempeño del vehículo y reducir la contaminación a través de la gestión electrónica en complemento con sus sensores y actuadores.

Con la gestión electrónica se logra un bajo consumo de combustible y también reducir las emisiones de gases contaminantes, este avance permite tener una mezcla de aire combustible de forma más homogénea y estequiométrica aprovechando de mejor manera el combustible, con la unidad de control electrónica se evalúa en tiempo real el funcionamiento del motor a través de las señales de entrada, con el fin de que la ECU tome decisiones para determinar un correcto accionar de los actuadores logrando así a determinar la mejor secuencia de operación, para tener el control en los pulsos de inyección de combustible y el encendido de la mezcla de esta manera tener mejoras en el torque y la potencia.

Se debe tener en cuenta que cada vez se busca la preservación del medio ambiente por lo que es primordial, poder obtener un rendimiento óptimo del motor de combustión interna para la obtención de esto es necesario los sistemas de inyección electrónica para que la mezcla aire combustible responda a una proporción correcta que es de 14,7 partes de aire por una de combustible para que se pueda obtener un rendimiento óptimo del proceso, en las diferentes condiciones de funcionamiento del motor.

Por lo tanto, en el vehículo Toyota FJ40 se implementará un sistema de inyección electrónica que consta de una unidad de control electrónica y un conjunto de sensores y actuadores los cuales brinda mejores prestaciones en cuanto a potencia, contaminación y consumo de combustible, también se realizará pruebas de emisiones, torque y potencia antes y después del sistema de inyección.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Planteamiento del problema

El carburador es un componente esencial del sistema de combustión de los vehículos, la contaminación causada por vehículos equipados con carburadores radica en el hecho de que estos motores suelen ser menos eficientes en términos de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes, los carburadores pueden tener dificultades para proporcionar la mezcla óptima de aire y combustible, lo que puede resultar en una combustión incompleta y mayores emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar, óxidos de nitrógeno. Los cuales afectan a la salud de las personas y al calentamiento global, Según un artículo de El País, un estudio de la Universidad de Salamanca sugiere que los vehículos con carburador contaminan hasta un 30% más que aquellos con sistemas de inyección, además, los carburadores son propensos a la acumulación de depósitos de carbón y otras impurezas, lo que puede afectar al funcionamiento del motor y aumentar la contaminación. (CUEVAS, 2018, p. 48)

El vehículo Toyota Land Cruiser FJ40 perteneciente a la carrera de Ingeniería Automotriz usa un sistema de alimentación de combustible mediante carburador, este sistema genera gran cantidad de contaminación los principales gases resultados de la combustión son hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, estos gases ayudan a la formación de ozono y son los responsables de múltiples enfermedades para los seres vivos, como trastornos pulmonares, insuficiencia de oxígeno en la sangre afectado de esta manera las funciones cerebrales y la visión.

Debido al funcionamiento para suministrar combustible al motor, los problemas que presenta este sistema son el arranque en frío la inestabilidad de ralentí la inundación de la cubeta, también se presenta dificultades al generar la mezcla aire combustible debido a que si no está bien carburado se genera una mezcla muy rica, o muy pobre, cabe recalcar que el sistema de encendido también es uno de los problemas que acompaña a este sistema de alimentación de combustible.

Los vehículos que usan carburador tienen un bajo desempeño en comparación a los vehículos actuales, un mayor consumo de combustible y elevadas emisiones de gases de escape al medio ambiente.

1.2. Justificación

El vehículo Toyota Land Cruiser FJ40 está destinado a competencias automovilísticas modalidad 4x4, y debido a los problemas presentados al tener el carburador como sistema de alimentación de combustible se presenta la necesidad de realizar la sustitución del sistema carburador por el sistema de inyección electrónica indirecta multipunto pretendiendo así eliminar los problemas de arranque en frío, la inestabilidad del ralentí, los problemas de mezcla rica y pobre, ya que todas estas características serán comandadas por una computadora, reduciendo las emisiones de gases contaminantes obteniendo un funcionamiento óptimo del vehículo en competencias.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Reemplazar el sistema de alimentación a carburador por un sistema de inyección electrónica multipunto, para mejorar parámetros de funcionamiento del motor del vehículo Toyota Land Cruiser FJ40.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar investigación teórica sobre tipos de sistemas de inyección electrónica, en artículos científicos y tesis, para seleccionar e implementar un sistema de inyección indirecta multipunto.
- Seleccionar una computadora, sensores y actuadores que satisfaga con las necesidades del funcionamiento del motor.
- Comparar parámetros de emisiones de gases, y potencia del motor antes y después de la implementación del sistema de inyección indirecta multipunto.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Motor de combustión interna

Es un motor térmico de desplazamiento positivo en los que el trabajo se obtiene mediante el desplazamiento lineal del embolo de un mecanismo biela manivela. (MUÑOZ, 2015, p. 11)

2.2. Carburador

Es un dispositivo que tiene la finalidad de realizar la mezclar aire combustible en los motores de combustión interna a gasolina y suministrar la mezcla pulverizada a los diferentes cilindros para su combustión. Para que el motor obtenga una mejor potencia y un consumo económico, el carburador debe mezclar la gasolina con el aire en proporciones adecuadas en los diferentes regímenes de funcionamiento del motor. (ÁGUEDA, 2009, p. 98)

La mezcla estequiométrica es de 14,7 partes de aire por una parte de combustible, se miden en peso, esta es la relación ideal de aire y combustible, en los distintos regímenes de funcionamiento del motor se necesitarán otras dosificaciones, que determina el factor lambda, cuando lambda es mayor a 1 es una mezcla pobre es decir el motor en este caso está utilizando menos gasolina o tiene exceso de aire, también existen mezclas ricas factor lambda menor de 1 existe un mayor consumo de combustible o falta de oxígeno. (BUENDIA, 2018)

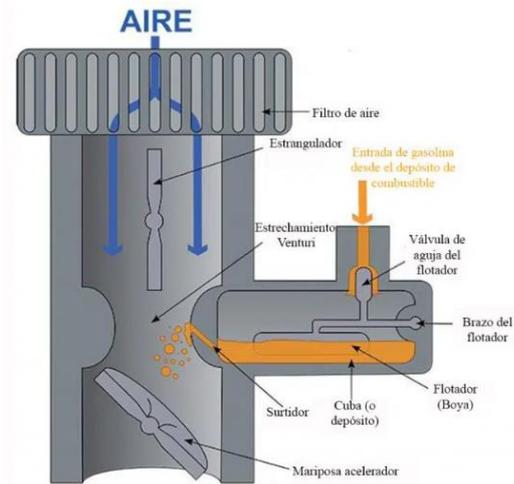


Ilustración 2-1: Estructura del Carburador

Fuente: (BUENDIA, 2018)

2.2.1. Partes del carburador

Los carburadores tienen diferentes especificaciones y pueden variar según los diferentes fabricantes de automóviles, pero habrá tres elementos básicos en total:

2.2.1.1. La cuba

Es un depósito pequeño montado en el carburador, donde se almacena el combustible tratando de mantener a un nivel constante, esto debido a su flotador con aguja que abre o cierra el conducto de comunicación de alimentación entre el depósito de combustible y la cuba. Además, suministrara gasolina a los distintos surtidores. (PÉREZ, 2017, p. 92)

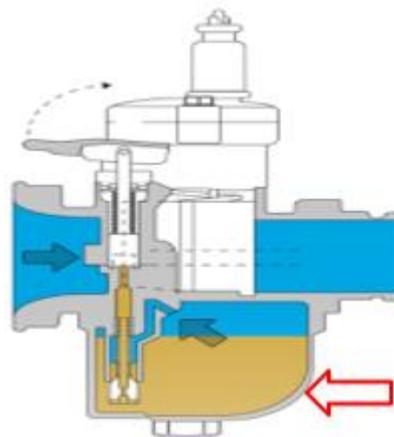


Ilustración 2-2: Cuba

Fuente: (TKART, 2021).

2.2.1.2. El surtidor

El surtidor es constituido por un tornillo de latón con orificios calibrados con dimensiones rigurosamente determinadas y controladas a través del cual fluye el combustible desde la cuba. El surtidor es conocido como “chiclés”. Específicamente el surtidor del carburador conecta la cuba con el conducto de aire (difusor), donde se realiza la mezcla aire y combustible. (PÉREZ, 2017, pp. 92-93)

- Surtidor de ralentí: distribuye el combustible durante el funcionamiento del motor con la mariposa cerrada
- Surtidor de principal: actúa con la mariposa abierta, inclusive parcialmente. (ARIAS, 2004, p. 256)

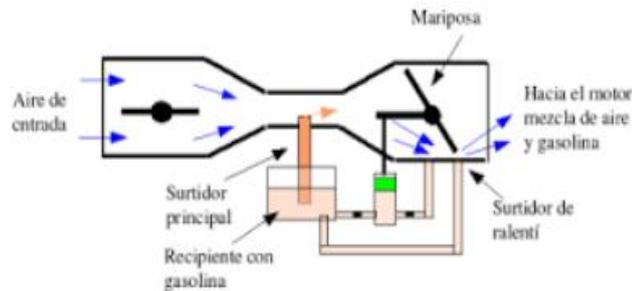


Ilustración 2-3: Surtidor

Fuente: (Onlinestores, 2023).

2.2.1.3. El difusor

Forma parte del mismo carburador, incluye un estrangulamiento que genera la depresión requerida para aspirar el combustible que seguidamente entrara en los diferentes cilindros mezclados con el aire. (OROZCO, 2009, p. 49)

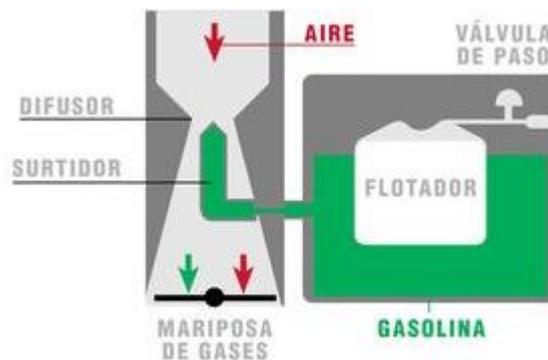


Ilustración 2-4: Difusor Efecto Venturi

Fuente: (González, 2018).

2.2.2. *Funcionamiento*

El funcionamiento del carburador se basa en el denominado efecto Venturi, esto se genera cuando al circular un fluido por un tubo se estrecha su sección en un punto determinado como consecuencia se incrementa su velocidad. En esta sección la velocidad de aire será mayor y por lo tanto menor será la presión. Por lo que a mayor velocidad de aire en el Venturi menor será su presión generando una depresión en esa zona, el carburador aprovecha para succionar gasolina desde la cuba, formando la mezcla. (PÉREZ, 2017, p. 91)

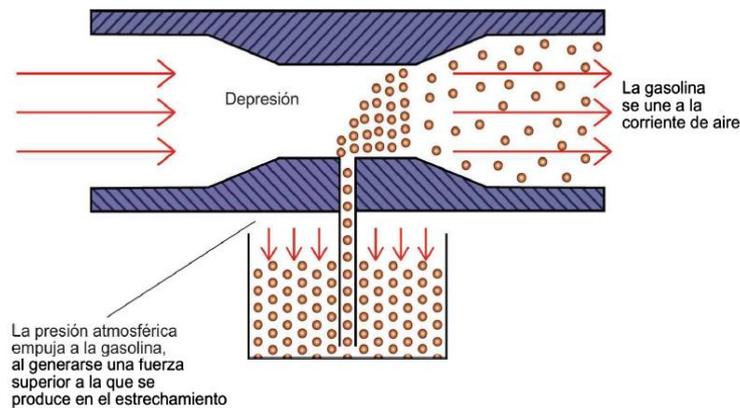


Ilustración 2-5: Funcionamiento del carburador

Fuente: (Pérez, 2017).

2.3. **Sistemas de inyección**

Es un sistema a través del cual se alimentan los motores de combustión interna actuales, este sistema reemplazó al carburador en los vehículos a gasolina, ya que la inyección ofrece una mejor distribución de combustible que le permite ajustar diferentes etapas de trabajo ajustándose a las prioridades del conductor, cumpliendo con las normas de contaminación ambiental. (GRANJA, 2019, p. 5)

2.3.1. *Funcionamiento*

Su funcionamiento consiste en operar la bomba de combustible que está ubicado en el tanque para transportar gasolina hasta los cilindros, se debe usar el tiempo, la cantidad y la presión correcta para que este sistema funcione correctamente, para que la inyección electrónica funcione debe trabajar con las señales que emiten los sensores, utilizando los datos que recibe para enviar una orden a los actuadores. (BERCENES, 2021, p. 21)

2.3.2. *Partes*

- Depósito de combustible
- Bomba de gasolina
- Tubería de descarga de gasolina
- Inyectores
- Cuerpo de aceleración
- Riel de presión
- Filtro de canister

2.3.3. Tipos de sistema de inyección

2.3.3.1. Según la ubicación del inyector

Indirecta

El inyector se encuentra en el múltiple de inyección por encima de la válvula de admisión, así cuando se realiza la apertura de la válvula ingresa la mezcla aire combustible al cilindro. (SANCHEZ, 2016, p. 117)

Directa

El inyector se encuentra en el interior de la cámara de combustión, el cilindro se llena solamente con aire al momento de la admisión después se inyecta el combustible con la válvula de escape cerrada para que de esta manera no se escape combustible sin quemarse, la mezcla se realiza en el cilindro en un periodo de tiempo muy corto. (SÁNCHEZ, 2018, p. 185)

2.3.3.2. Por el número de inyectores

Monopunto

Tiene uno o dos inyectores para todo el motor la inyección se encuentra el cuerpo de aceleración. Los inyectores funcionan por el principio llamado peack and hold y son de baja impedancia con una resistencia de 1,5 a 3,5 ohm.

Multipunto

Se tiene un inyector para cada cilindro y se ubica después de la mariposa de aceleración en el múltiple de admisión.

2.3.3.3. Por el sincronismo de inyección

Inyección continúa o simultánea

Pertenecen al sistema de inyección indirecta, su funcionamiento consiste en inyectar combustible en todos los inyectores al mismo tiempo, tiene la característica que no coincide con la apertura de la válvula de un cilindro, el combustible inyectado se acumula en el múltiple de admisión hasta que se realice la apertura de la válvula ingresando así la mezcla de aire combustible.

Inyección semi secuencial

Este tipo de inyección funciona de tal manera que abren los inyectores de dos en dos.

Inyección secuencial

En este tipo la inyección de combustible se realiza solo en el momento de la apertura de la válvula de admisión, aquí la cantidad de inyección es controlada por el tiempo de apertura, en concordancia de las rpm del motor.

2.3.4. Ventajas del sistema de inyección

Las ventajas de este sistema son:

- Produce poca contaminación
- Mejora el rendimiento del motor
- Obtiene una mejor eficiencia en el consumo de combustible
- Funciona correctamente a bajas temperaturas
- Reajuste de la electrónica del sistema de inyección para los actuadores del motor.
- En comparación con el carburador la atomización de combustible es más fina.

2.4. Sensores

2.4.1. Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP)

El sensor CKP (Crankshaft Position Sensor) registra la velocidad del motor, la posición del cigüeñal y de manera indirecta calcula la ubicación del pistón número 1. Por medio del sensor CKP se informa las señales a la ECU para que utilice estos datos para determinar el pulso de los inyectores y la sincronización del salto de chispa, esta función se logra mediante una rueda fónica acoplada al cigüeñal.



Ilustración 2-6: Ubicación del sensor CKP

Fuente: (Auto Avance, 2019).

Está ubicado en la parte inferior del block del lado derecho próximo a la rueda del volante de inercia y algunos casos si el motor dispone de distribuidor estará ubicado dentro del distribuidor. Principalmente se encuentran dos tipos de sensores el tipo inductivo y el de efecto hall.

2.4.1.1. Sensor de Posición de Cigüeñal (Inductivo)

El sensor posee un bobinado interno enfrentado a una rueda fónica, la distancia que existe entre la rueda fónica y el sensor se llama luz, puede variar entre 0,6 – 1,2mm, cada vez que pasa un diente de la rueda fónica el imán induce un campo magnético a la bobina por lo que esta inducción provocara una señal alterna senoidal con una irregularidad cíclica producida por el diente faltante sobre la rueda fónica, la cual puede tener 58 dientes (60-2) o 34 dientes (36-2). Estos sensores, a medida que se incrementan los rpm, aumentan la amplitud y la frecuencia de la señal, no necesitan voltaje de alimentación para su funcionamiento, este sensor genera su propia señal de corriente alterna. (Sánchez, 2011, p. 133)

Por lo general tienen dos pines de conexión correspondientes GND y señal, también pueden tener tres pines, siendo el ultimo que servirá para evitar ruidos electromagnéticos ingresen y es un cable coaxial.

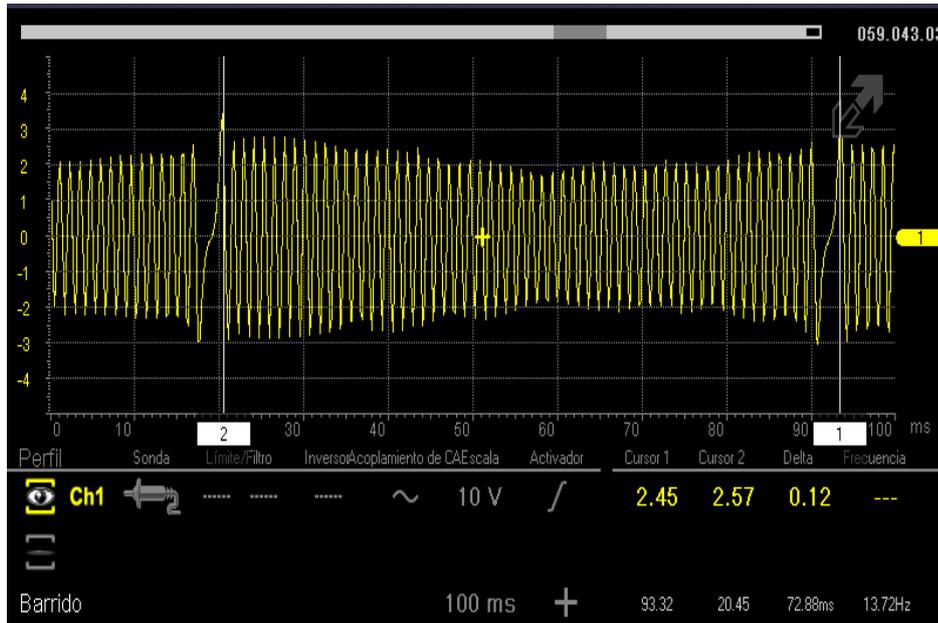


Ilustración 2-7: Señal de CPK osciloscopio

Realizado por: Morocho J. & Pillajo J. 2023.

En la ilustración 2-7 se observa la señal del sensor CKP a ralentí va desde 2V a 3V, a 2500rpm +- 7V, en WOT valores de 10 a 20V por lo que a medida que incremente los rpm aumentara su voltaje y frecuencia.

La resistencia del bobinado tiene un valor de 200-1000 Ohm y una frecuencia de 120 Hz a 3.5 KHz.

2.4.1.2. Sensor de Posición de Cigüeñal (Efecto Hall)

A diferencia del sensor inductivo, este tipo de sensores necesitan un voltaje de alimentación. Tiene un transistor en su interior y su voltaje es de corriente continua. A medida que rota la rueda se genera un campo magnético en el sensor el cual se convierte en un pico de voltaje de onda cuadrada. (AUTOMOTRIZ, 2020)

Estos sensores tienen tres pines.

Tabla 2-1: Pin data CKP

# Pin	Descripción
Pin 1	Alimentación (5V, 12V, 8V en Chrysler)
Pin 2	Señal (5V)
Pin 3	GND

Realizado por: Morocho J. & Pillajo J. 2023.

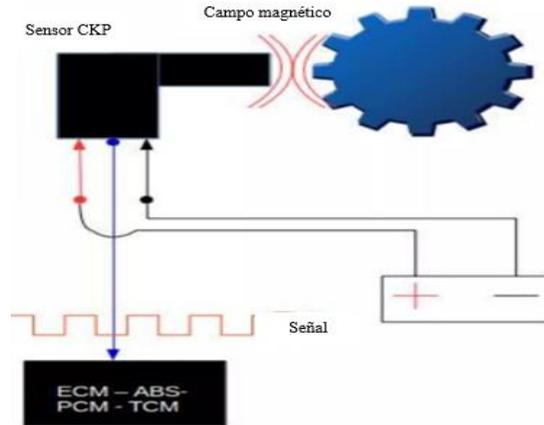


Ilustración 2-8: Diagrama eléctrico sensor CKP

Fuente: (Auto Avance, 2019).

En la ilustración 2-9 se observa la señal del sensor CKP de efecto hall. La alimentación al ser constante no varía en función de los rpm, por lo que al acelerar únicamente varía su frecuencia.

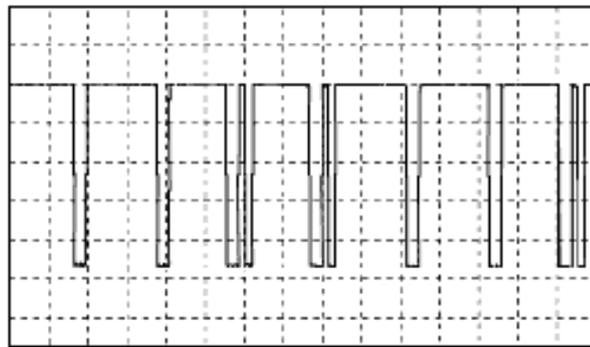


Ilustración 2-9: Señal sensor CKP efecto hall

Fuente: (Automotriz, 2020)

Fallas comunes del sensor CKP

- El vehículo no enciende
- Apagones repentinos del motor
- Luz Check Engine se enciende
- El tacómetro cae abruptamente

2.4.2. Sensor de Flujo de Aire (MAF)

El sensor MAF por sus siglas en inglés “Mass Air Flow” es un medidor de masa de aire, está ubicado antes del cuerpo de aceleración como se observa en la ilustración 2-10.

El sensor se compone de un hilo caliente, el hilo caliente alcanza una temperatura de 200°C, cuando pasa por el sensor el aire, enfría el hilo caliente por lo que la ECU demanda más de más corriente para que el hilo caliente conserve su temperatura. Esta variación de corriente o voltaje la ECU la interpreta como la cantidad de aire que ingresa al motor. La ECU necesita esta información del MAF para saber cuánto combustible inyectar. (BOSCH, 2010, p. 2.19)



Ilustración 2-10: Ubicación del sensor MAF

Realizado por: Morocho J. & Pillajo J. 2023.

Mientras más aire ingrese mayor será su voltaje por lo contrario menos aire ingrese, menor será su voltaje. Por lo tanto, la cantidad de aire que ha sido aceptada por el motor es calculada en función del calor perdido por el hilo caliente. (Sánchez, 2011, pp. 138-139)

El sensor MAF puede ser de tres pines o de 5 pines siendo el más común en este caso incluye al sensor de temperatura de aire IAT.

Tabla 2-2: Pin data sensor MAF

# Pin	Descripción
Pin 1	Alimentación del hilo caliente 12V
Pin 2	Señal del sensor MAF
Pin 3	GND
Pin 4	Señal sensor IAT
Pin 5	GND

Realizado por: Morocho J; Pillajo J., 2023

En la ilustración 2-11 se observa la señal del sensor MAF. Con el motor en ralentí el voltaje de la señal debe estar entre 0,8V a 1,2V y a mayor aceleración más voltaje, aproximadamente puede llegar hasta 3,5V en aceleraciones bruscas.

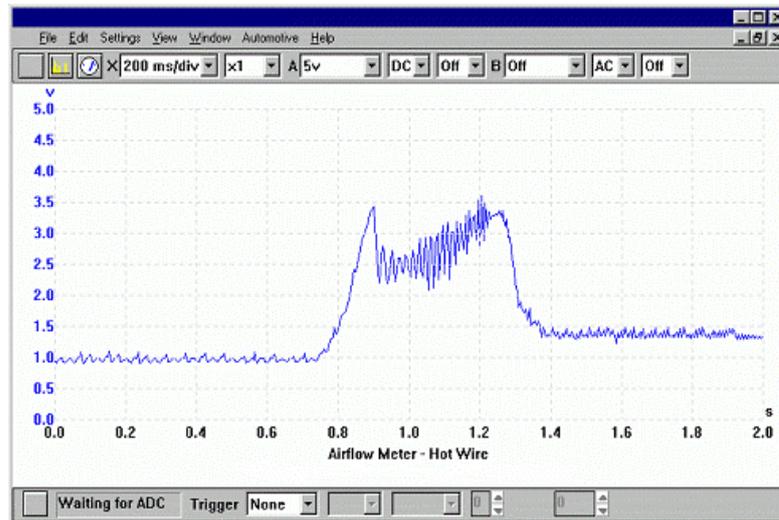


Ilustración 2-11: Señal sensor MAF osciloscopio

Fuente: (Eht Motors, 2012)

2.4.3. Sensor de Oxígeno

El sensor de oxígeno de banda corta, o más conocido con el nombre de sonda lambda está fabricado comúnmente de una especie de tubo Circonio Cerámico el cual es protegido por una capa fina de Platino como se observa en la ilustración 2-13.

Es el componente encargado de medir la cantidad de oxígeno presente de los gases de escape luego que se produzca la combustión, la sonda lambda no mide la proporción aire-combustible, sino la diferencia de oxígeno entre los gases de escape y el aire del ambiente es decir varia su voltaje en función del oxígeno que tenemos en el recinto donde estemos evaluando. Envía esta información permanentemente la ECU. (Alonso, 2012, p. 29)



Ilustración 2-12: Sensor de Oxígeno

Fuente: (Sensor Automotriz, 2020)

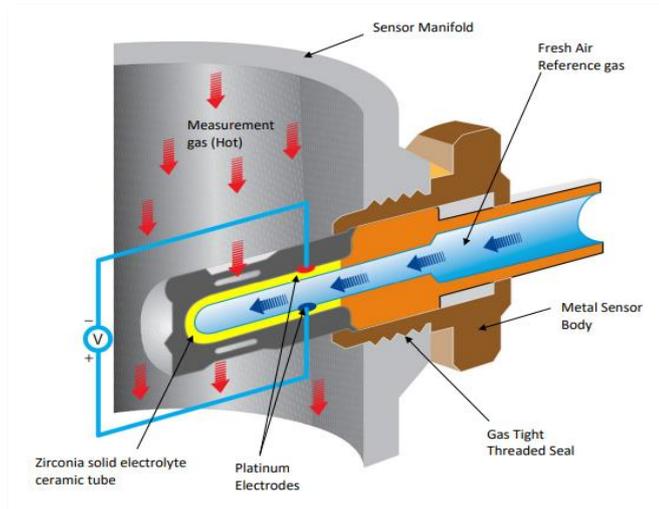


Ilustración 2-13: Funcionamiento del sensor de oxígeno

Fuente: (Sensor Automotriz, 2020)

Los motores a gasolina para un funcionamiento correcto necesitan de una mezcla estequiométrica de aire-combustible de 14.7:1 es decir que 1 gramo de combustible debe mezclarse con 14,7 partículas de aire, con un valor de ($\Lambda=1$)

Si el motor tiene dispone más gasolina de la que necesita para combustionar el oxígeno será consumido en la combustión realizada en el cilindro, en consecuencia, los gases de escape no tendrán oxígeno. En este caso se tiene una mezcla rica con ($\Lambda < 1$) aquí se enviará una señal mayor a 0.45v.

Por otra parte, si el motor tiene menos gasolina de la necesaria para combustionar el oxígeno restante saldrá en los gases de escape, Teniendo una mezcla pobre con ($\Lambda > 1$) aquí se generará señales entre 0.2 a 0.45V. (Alonso, 2012, pp. 25-26)

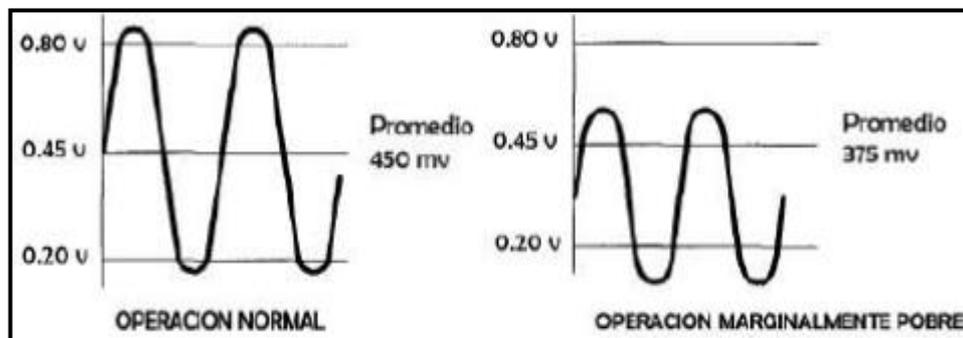


Ilustración 2-14: Señales de sensor de oxígeno en diferentes operaciones

Fuente: (Automotriz, 2020)

En la ilustración 2-14 se observa la señal del sensor de oxígeno en operación normal de funcionamiento y operación marginalmente pobre.

2.4.3.1. Ubicación del sensor

Se encuentra ubicado luego del múltiple de escape antes del catalizador en vehículos más modernos tenemos dos sensores de oxígenos uno en la salida del múltiple y el otro después del catalizador el cual evalúa la eficiencia de este.

2.4.3.2. Diagnóstico a partir del estado del tubo de protección

Al tener un contacto directo con los gases de escape, nos puede facilitar información acerca de posibles problemas concernientes a la composición de la mezcla.



Ilustración 2-15: Estado de la sonda lambda

Fuente: (Motores, 2020)

2.4.3.3. Tipos de sensores según los cables

Estos sensores trabajan aproximadamente a 350°C, a esa temperatura existe diferencia de potencial. La diferencia entre los sensores de oxígenos sin calefactor es que demorara más tiempo para llegar a dicha temperatura y empezar a funcionar se calienta con los mismos gases de escape mientras que el sensor que viene con calefactor alcanza la temperatura de inmediato para empezar a evaluar. (BOSCH, 2010, p. 2.30)

Tabla 2-3: Pin data de los diferentes sensores según el número de cables

Sin calefactor		Con calefactor	
1 cable	2 cable	3 cable	4 cable
			
1.Señal	1.Señal	1.Señal	1.Señal
GND (carcasa)	2.GND (sensor)	2.GND (calefactor)	2.GND (sensor)
		3.GND (carcasa)	3.12V calefactor
			4.GND (calefactor)

Fuente: (e-auto, 2018).

Realizado por: Morocho J. & Pillajo J. 2023.

2.4.3.4. Fallas

- Presencia de carbón en las bujías y humo
- Mezclas estequiométricas inadecuadas
- Elevado consumo de combustible

2.4.4. Sensor de la posición de la mariposa de aceleración (TPS)

El sensor TPS por sus siglas en inglés “Throttle Position Sensor”, mediante una señal de voltaje el TPS informa a la ECU el grado de apertura de la aleta del acelerador. La ECU compara la señal de los otros sensores y determina la cantidad de combustible que requiere el motor. (Sánchez, 2011, p. 135)

2.4.4.1. Ubicación

Está ubicado en el mismo eje donde se ancla la mariposa de aceleración como se observa en la ilustración 2-16. Internamente posee un potenciómetro, consiste en una pista resistiva barrida con un cursor y alimentada con una tensión de 5V desde la ECU.

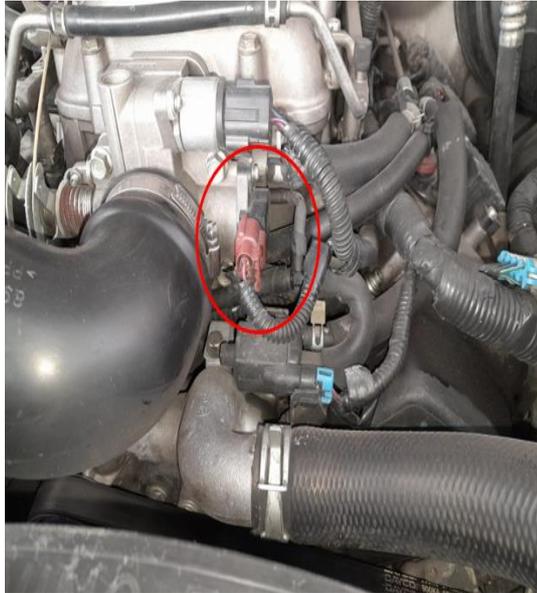


Ilustración 2-16: Ubicación sensor TPS

Realizado por: Morocho J. & Pillajo J. 2023.

2.4.4.2. Señal Normal del Sensor TPS

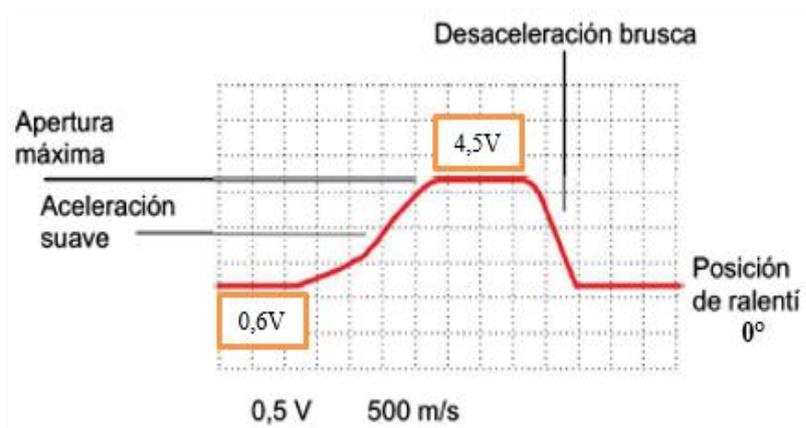


Ilustración 2-17: Señal sensor TPS oscilograma

Fuente: (Pico auto, 2022)

En la ilustración 2-17 se observa la señal normal del sensor TPS a ralentí se tiene un valor de 0,6 V, en WOT un valor de 4,5 V.

2.4.5. Sensor TPS en KOEO

Solo se puede comprobar con el multímetro el sensor cuando está en contacto. Si el sensor marca 5V, este sensor posee su circuito abierto o no está conectado.

Si el sensor marca 0V, este sensor se encuentra en cortocircuito por lo que habría que reemplazarlo.

Los sensores TPS convencionales suelen tener tres terminales, en algunos casos pueden tener cuatro terminales será un sensor TPS con interruptor de ralentí, los cuales tienen los siguientes cables de conexión.

Tabla 2-4: Pin data sensor TPS Convencional

# Pin	Descripción
Pin 1	Alimentación (5V)
Pin 2	Señal
Pin 3	GND

Realizado por: Morocho J. & Pillajo J. 2023.

Tabla 2-5: Pin data TPS con interruptor de ralentí

# Pin	Descripción
Pin 1	Alimentación (5V)
Pin 2	Señal
Pin 3	Señal ralentí
Pin 4	GND

Realizado por: Morocho J. & Pillajo J. 2023.

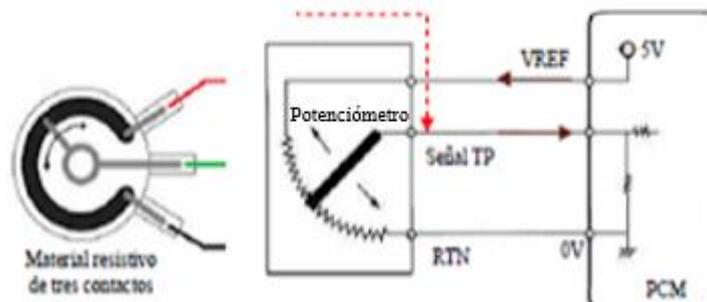


Ilustración 2-18: Circuito del sensor TPS

Fuente: (Encendido eléctrico, 2017)

2.4.5.1. Fallas

- Ralentí inestable o motor acelerado
- Falta de potencia en el motor
- Check Engine se enciende
- Mayor consumo de combustible

2.4.6. Sensor de la presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)

El sensor MAP por sus siglas en inglés “Manifold Absolute Presión” es el encargado de medir la presión absoluta en el colector de admisión, está directamente relacionada con la cantidad de aire que está siendo succionada por el motor. La información que es proporcionada por el sensor MAP es utilizada por la ECU para determinar el tiempo de encendido y la cantidad de combustible que debe ser inyectada en el motor, así como el momento preciso en él que debe ser inyectada. (Sánchez, 2011, pp. 140-141)

2.4.6.1. Ubicación

El sensor MAP se ubica en la parte exterior del motor después de la mariposa de aceleración o directamente en el múltiple de admisión como se observa en la ilustración 2-19, y en algunos casos puede venir dentro de la misma ECU.



Ilustración 2-19: Ubicación del sensor MAP

Fuente: (Auto Avance, 2019)

Lo que hace el sensor de presión absoluta es comparar la presión de la atmósfera con la presión existente en el múltiple de admisión del vehículo, lo que se convierte en una señal eléctrica que puede ser analógica o digital para ser enviada a la ECU para su procesamiento.

2.4.6.2. Tipos de sensores

Sensor MAP digital

Estos sensores se encuentran en desuso. Se pueden encontrar en sistemas Motorcraft en vehículos Ford y Volkswagen antiguos hasta el año 1999. Varían la frecuencia en función de la presión.

Sensor MAP análogo

Son los más usados debido a su precisión, varía su voltaje en función de la presión.

Cuando el vehículo está en marcha mínima o con baja presión de aire la ECU envía menos combustible. En caso contrario, se inyecta más combustible para un óptimo rendimiento.

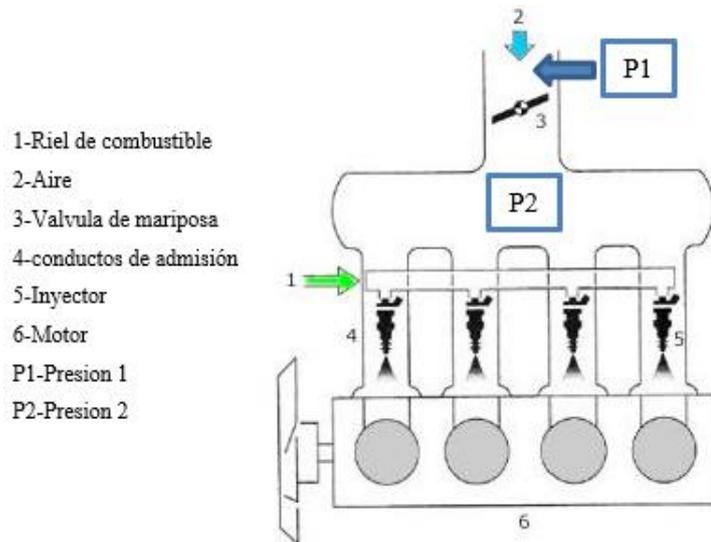


Ilustración 2-20: Sistema de admisión esquema de operación

Fuente: Spectra Premium,2017

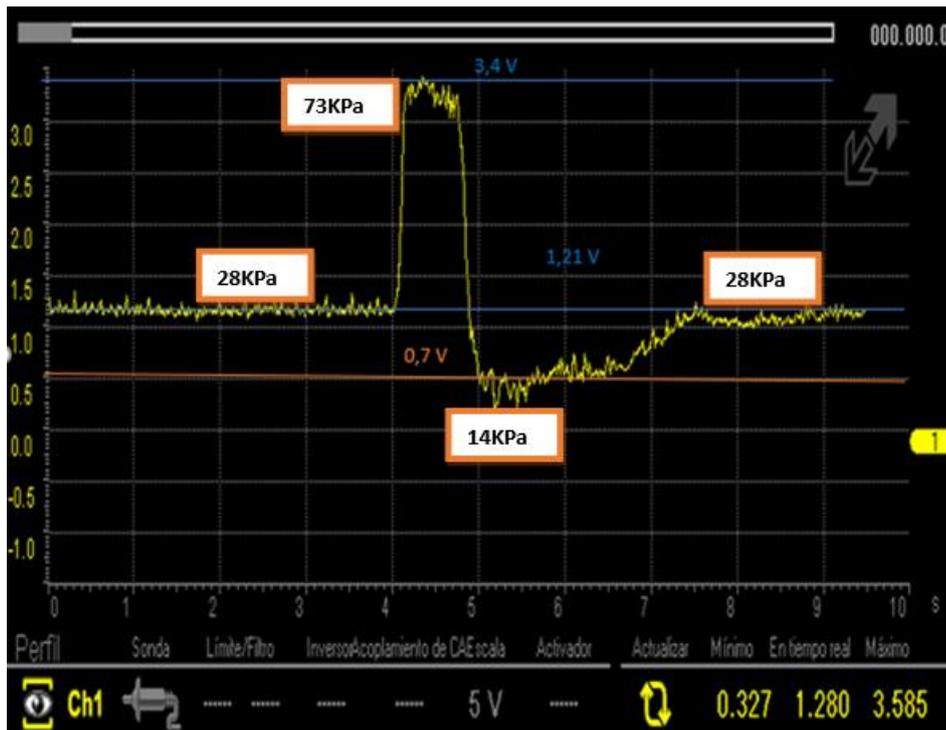


Ilustración 2-21: Señal sensor MAP en osciloscopio

Realizado por: Morocho J. & Pillajo J. 2023.

Cuando el vehículo se encuentra en KOEO $P1=P2$, esto debido a que la presión atmosférica es igual antes y después de la mariposa.

Mientras el vehículo permanezca en KOER $P1>P2$, aquí el motor se encuentra trabajando en este caso el motor resta el vacío a la presión manométrica, por ende, la presión de antes de la mariposa será mayor a la que existe después.

En estado de WOT $P1=P2$

Mientras $P2$ sea menor mejor vacío existirá en el motor.

Dado que nos encontramos en la ciudad de Riobamba a 2750msnm se tiene las siguientes mediciones.

$P1=73\text{KPa}$ (Presión atmosférica), cabe mencionar que a mayor altura menos presión.

En KOER $P1>P2$, por lo tanto, $P2=28\text{KPa}$ (aceptables)

En ralentí tiene menos de 28KPa es una medida optima, pero deben ser estables (26-24KPa)

En estado de WOT $P1=P2$, por lo tanto, $P2=73\text{KPa}$

Si se tiene 40KPa en $P2$ existe algún problema falta de vacío.

Se debe tener en cuenta que a mayor presión atmosférica mayor vacía existe.

Este sensor posee tres pines respectivamente.

Tabla 2-6: Pin data MAP

# Pines	Descripción
Pin 1	Alimentación (siempre 5V)
Pin 2	Señal
Pin 3	GND

Realizado por: Morocho J; Pillajo J., 2023

Fallas comunes del MAP

- Check engine se enciende
- Alto consumo de combustible
- Humo negro en el escape
- Falla de potencia
- Ralentí inestable

2.4.7. Sensor de temperatura de aire del motor (IAT)

El sensor de IAT conocido por sus siglas en inglés (Intake Air Temperature), es un termistor de coeficiente negativo NTC, es decir varía su resistencia en función de la temperatura en resumen disminuye su resistencia a medida que aumenta la temperatura y viceversa. (AUTOMOTRIZ, 2020)

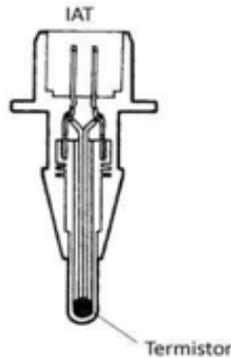


Ilustración 2-22: Sensor IAT

Fuente: (e-auto, 2018)

Este sensor detecta la temperatura del aire en el conducto de admisión y determina la densidad, tiene la misión de detectar la temperatura promedio del aire del ambiente que entra al motor, para un arranque en frío y permanentemente sigue midiendo los cambios de temperatura del aire, a medida que el motor empieza a calentar al aire que seguirá ingresando.

El termistor envía valores para que la ECU pueda regular el tiempo de inyección o la cantidad de combustible inyectado para una mejor prestación. (Alonso, 2012, pp. 31-32)

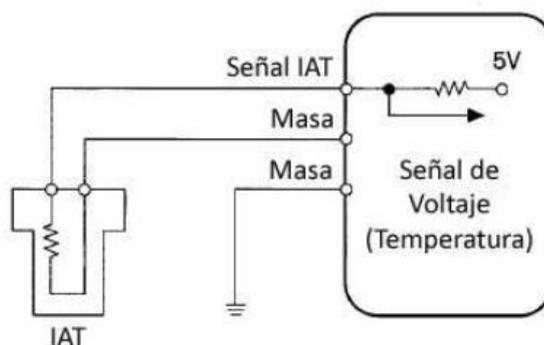


Ilustración 2-23: Circuito eléctrico sensor IAT

Fuente: (e-auto, 2018).

2.4.7.1. Operación del sensor IAT

A medida que la temperatura se incrementa, la resistencia del sensor y el voltaje de la señal disminuyen como se observa en la ilustración 2-24.

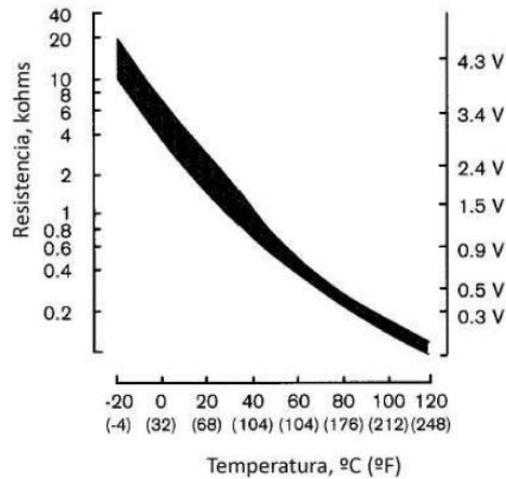


Ilustración 2-24: Operación del sensor IAT

Fuente: Eht Motors, 2018

2.4.7.2. Ubicación

El sensor IAT se encuentra en el conducto de aire de admisión después del filtro de aire, si el vehículo dispone de sensor MAF el IAT forma parte del sensor MAF como se observa en la imagen 2-25.



Ilustración 2-25: Ubicación sensor IAT

Realizado por: Morocho J; Pillajo J., 2023

2.4.7.3. Fallas comunes

- Luz Check Engine se enciende
- Alto consumo de combustible
- Altas emisiones contaminantes de CO
- Pérdida de potencia
- Encendido pobre con el motor en frío

2.4.8. Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Por sus siglas en inglés (Engine Coolant Temperature), este sensor tiene el mismo funcionamiento que el sensor IAT, es un termistor de coeficiente negativo NTC la disminución de señal de voltaje es generada por la disminución de la resistencia del sensor, es decir cuando el termistor está frío, la resistencia del sensor será alta de igual manera la señal de voltaje también será alta. A medida que el termistor se calienta, la resistencia del sensor disminuye y el voltaje de la señal también disminuirá. Con esta señal de voltaje la ECU podrá determinar la temperatura del fluido anticongelante del motor y así poder enriquecer la mezcla cuando el motor está frío o empobrecer la mezcla según el aumento de temperatura, hasta llegar a la temperatura óptima de funcionamiento, momento en el cual se mantiene la mezcla estequiométrica ideal además la activación y desactivación del electroventilador del radiador. (BOSCH, 2010, p. 2.17)

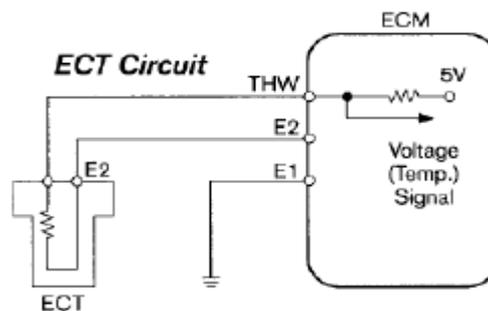


Ilustración 2-26: Circuito eléctrico sensor ECT

Fuente: e-auto, 2018

2.4.8.1. Ubicación

El sensor ECT se ubica en el block próximo de la manguera de refrigerante del radiador o cerca al termostato como se observa en la ilustración 2-27, en contacto directo con el anticongelante por eso el sensor está encapsulado en un cuerpo de bronce para que pueda soportar los agentes químicos del anticongelante y además tenga una buena conductibilidad térmica.

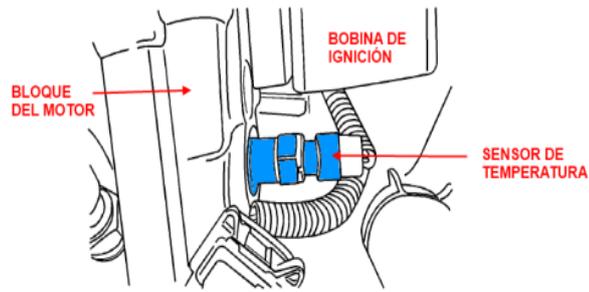


Ilustración 2-27: Ubicación sensor ECT

Fuente: (e-auto, 2018)

2.4.8.2. Fallas

- Luz Check Engine se enciende
- Encendido pobre con el motor en frío
- Mayor consumo de combustible
- Pérdida de potencia
- Problemas de sobrecalentamiento
- Electroventilador encendido en todo momento con el motor funcionando

2.5. Sistemas de encendido

El sistema de encendido cumple con la función de tomar el voltaje de la batería y aumentar el voltaje y trasladarlo a las bujías para encender la mezcla de combustible comprimida en la cámara de combustión,

2.5.1. Sistemas de encendido convencional

Este tipo de sistemas es el más básico y ha sido utilizado hasta los años 80.

2.5.2. Principio de funcionamiento.

El voltaje de la batería llega al distribuidor para abrir y cerrar el platino a través de un leva colocada en el eje del mismo, cuando el platino se cierra fluye una corriente de 4 amperios a través del primario de la bobina de esta manera se crea un campo magnético en el núcleo metálico de la bobina, debido a las espiras se eleva la tensión en el bobinado secundario, la corriente sale de la bobina al distribuidor para pasar por el rotor y distribuirse a las bujías siguiendo el orden de encendido, entre los electrodos de las bujías se produce el salto de chispa. (SÁNCHEZ, 2018, p. 12)

2.5.3. Componentes del sistema de encendido convencional.

Este sistema de encendido consta de los siguientes componentes:

2.5.3.1. Batería

Es la encargada de alimentar todo el circuito del vehículo con una tensión entre 12 y 13,6 voltios.



Ilustración 2-28: Batería

Fuente: Baterías Ecuador, 2018

2.5.3.2. Switch

Cumple con la función de cortar el fluido eléctrico del circuito de encendido y del todo el vehículo en general.



Ilustración 2-29: Switch de encendido

Fuente: Grote, 2023

2.5.3.3. Bobina de encendido

Transforma la tensión de la batería a un voltaje mayor entre 20000 a 40000 voltios a través del bobinado a relación de 1 a 100 entre el bobinado primario y secundario de esta manera enciende la mezcla aire combustible a través de las bujas. (SÁNCHEZ, 2018, p. 13)

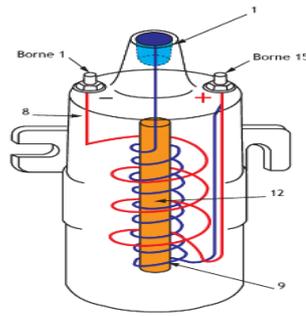


Ilustración 2-30: Bobina de encendido

Fuente: Sánchez, 2018.

2.5.3.4. Distribuidor de encendido

Distribuye la alta tensión de la bobina para cada una de las bujías según el orden de encendido.
(SÁNCHEZ, 2018, pp. 14-15)



Ilustración 2-31: Distribuidor de encendido

Fuente: Sánchez, 2018.

2.5.3.5. Condensador de encendido

Absorbe la corriente creada al abrirse los contactos del rotor de esta manera evitando el desgaste de los contactos del ruptor.

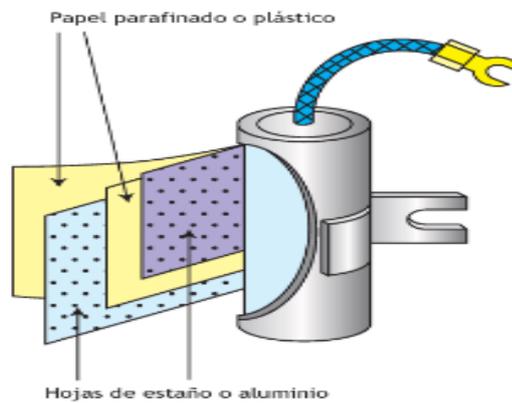


Ilustración 2-32: condensador

Fuente: Sánchez, 2018

2.5.3.6. Ruptor

Controla la alimentación del primario de la bobina.



Ilustración 2-33: ruptor de encendido o platino

Fuente: (Actualidad motor, 2020)

2.5.3.7. Bujías

Son elementos en los cuales se produce el salto de chispa encargada de encender la mezcla aire combustible constan de un electrodo central conectado al negativo y un electrodo externo conectado al positivo. (SÁNCHEZ, 2018, p. 32)



Ilustración 2-34: Bugía den encendido

Fuente: (Denso, 2023).

2.5.3.8. Cables de bujía

Estos elementos conducen la energía eléctrica de alta tensión desde el distribuidor hasta las bujías, tienen una elevada capacidad de aislamiento para evitar pérdida de corriente y son resistentes a altas temperaturas. (SÁNCHEZ, 2018, p. 15)



Ilustración 2-35: Cables de bujía.

Fuente: (Denso, 2023).

2.6. Sistema de encendido electrónico DIS (direct ignition system)

También conocido como sistema sin distribuidor porque no tiene sistema mecánico, en su reemplazo se realiza electrónicamente con la ayuda de sensores y actuadores que ayudan al funcionamiento del vehículo. (MALITAXI, 2022, p. 12)

2.6.1. Componentes del sistema DIS

Los siguientes componentes son esenciales para el funcionamiento:

- Sensor de posición de cigüeñal
- Sensor de posición del árbol de levas
- Módulo de encendido
- Bobinas de encendido cableadas bujías

Este tipo de bobinas tiene mayor control sobre la creación chispa ya que tiene mayor tiempo para crear el campo magnético de esta manera evitamos que el encendido de la mezcla falle a altas revoluciones, también se reducen las distancias de los cables de bujías debido a que las bobinas se puede colocar cerca de las bujías.



Ilustración 2-36: Bobina de encendido DIS

Fuente: (Bosh, 2022).

2.7. Sistema de encendido electrónico Coil on Plug

Este tipo de bobinas tienen una característica muy importante y es que no disponen de cables de alta tensión debido a que van ubicadas justo arriba de cada bujía, de esta manera se evita la resistencia de alta tensión y se mejora la eficiencia de quemado, está formado por un circuito primario y un secundario junto con un núcleo de hierro el cual cumple con la función de reforzar el campo magnético, se tiene una bobina por cilindro. (Alonso, 2019)

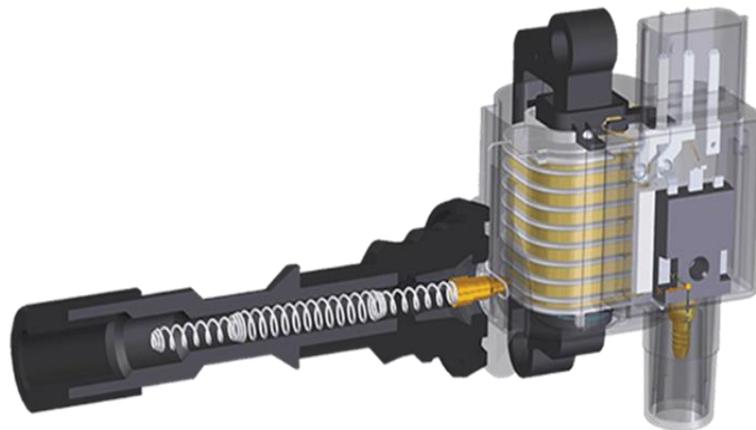


Ilustración 2-37: Bobina COP

Fuente: (Bosh,2022).

2.8. Actuadores

Son elementos indispensables en el sistema de inyección los cuales están comandadas por la unidad electrónica (ECU), a través de señales que reciben de un sensor.

2.8.1. Bomba de combustible

Cumple con la función de trasladar combustible a presión constante desde el depósito hasta el riel de alta presión, particularmente están ubicadas dentro del tanque de combustible para de esta

manera refrigerar ya que suele calentarse al momento de bombear el combustible y lo ideal es refrigerar con el mismo combustible, la presión de funcionamiento de estas bombas va de 3 a 5 bares. (QUIJANO, 2022)

2.8.1.1. Tipos de bombas

Mecánicas: Fueron ampliamente utilizadas hasta antes de la salida de las bombas eléctricas se ubica la cañería de combustible cerca del motor del vehículo, son de baja presión entre 1 o menos bares. (MOTORSERVICE, 2015, p. 5)



Ilustración 2-38: Bomba de combustible mecánica

Fuente: (Motorservice, 2015).

Eléctricas: Actualmente son más usadas a diferencia de las mecánicas entregan presiones más elevadas son más eficientes, seguras y generan menos temperatura. (MOTORSERVICE, 2015, p. 8)



Ilustración 2-39: Bomba de combustible eléctrica

Fuente: (Motorservice, 2015).

2.8.1.2. Fallas

- Pérdida de potencia
- Demora en arrancar
- Inestabilidad al momento de acelerar

2.8.1.3. Diagnostico

Cuando el vehículo se demora en arrancar es debido a la falta de presión en el riel de inyección, la cual causa una deficiencia de combustible en los inyectores, la inestabilidad en la aceleración mientras el vehículo está en movimiento se genera por filtros obstruidos lo cual reduce el caudal que debe llegar al riel de inyección. (SÁNCHEZ, 2018, p. 81)

2.8.2. Inyectores

Son elementos que pulverizan el combustible en el múltiple de admisión logrando así crear una mezcla homogénea, funcionan a presiones altas y son controlados por la unidad de control electrónica (ECU). (SÁNCHEZ, 2018, p. 84)

El inyector consta de un bobinado eléctrico el cual es controlado por pulsos negativos desde la ECU determinando así el tiempo de cierre y apertura de los mismos.

2.8.2.1. Averías

- Alto consumo de combustible
- Pulverización deficiente provocados por suciedad de filtros, cavitación.
- Mayores emisiones de gases contaminantes
- Potencia de motor baja

2.8.2.2. Diagnostico

Realizar la limpieza de inyectores por ultrasonido y evaluar cada uno de los inyectores realizando pruebas de inyección, prueba de goteo.

2.8.3. Bobinas de encendido

El encendido se produce por una chispa eléctrica tras el ciclo de compresión la chispa se genera entre los electrodos, recibe baja tensión y eleva entre 30 y 60 kv en la bobina y es descarga a través de la bujía. (SÁNCHEZ, 2018, p. 13)

2.8.3.1. Funcionamiento

Funciona según el principio de transformador están formado por un bobinado primario, bobinado secundario un núcleo de hierro, una carcasa con material de aislamiento, el bobinado primario tiene un número menor de vueltas inferior al secundario y con un cable de cobre más grueso aproximadamente 0,75mm. (SÁNCHEZ, 2018, p. 14)

Una vez se cierra el circuito en la bobina primaria se genera un campo magnético por autoinducción, en el instante que se enciende la corriente se corta y el campo magnético generado se colapsa de forma instantánea crea una alta tensión que induce el bobinado primario, se produce una descarga de alta tensión en la bujía encendiendo de esta manera la mezcla aire combustible. (SÁNCHEZ, 2018, p. 14)

La calidad de chispa depende de la relación de numero de vueltas entre el bobinado primario y secundario, la calidad del núcleo de hierro y del campo magnético generado.

2.9. Componentes del sistema de alimentación de combustible

2.9.1. Tanque de combustible

Es un recipiente fabricado de materiales seguros que están diseñados para alojar la gasolina, el tamaño depende del tipo del vehículo en el que se utilizará, está fabricado de metal o plástico que ayudan a mantener la temperatura está ubicado debajo del vehículo cerca de la parte posterior. (PREMIUM, 2022)



Ilustración 2-40: Depósito de combustible

Fuente: premium 2022

2.9.2. Filtro de combustible

Elemento creado para proteger al sistema de inyección de partículas contaminantes existentes en el combustible, o instalado en serie en los ductos de alimentación entre la bomba y el riel de inyección, de esta manera garantiza el funcionamiento ideal de los inyectores evitando que las boquillas de salida se obstruyan. (COLCHA & LEGUISAMO, 2020)



Ilustración 2-41: Filtro de combustible

Fuente: (Promesa, 2023).

2.9.3. Riel de combustible

Es un conducto en donde se distribuye el combustible a través de los inyectores está diseñado de modo que al máximo consumo tenga el caudal necesario para todos los inyectores.



Ilustración 2-42: Riel de combustible

Fuente: (Loctite, 2018).

2.9.4. Regulador de presión:

Tiene como objetivo regular la presión del sistema de alimentación, para tener un funcionamiento eficiente en rango de velocidades diferentes, de esta manera si existe el exceso de combustible retorna al depósito para evitar una sobrepresión al sistema.

Se encuentra ubicado en la bomba de combustible o en algunos casos en el extremo del riel de combustible. (YERERA, 2017, p. 12)

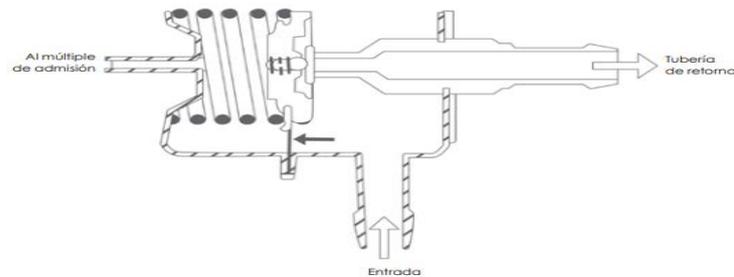


Ilustración 2-43: Esquema regulador de presión de combustible

Fuente: (Acedelco, 2020).

2.10. Unidad de control ECU

A principios de la década de 1980 se realizó la implantación de ordenadores en los automóviles, en un momento en el que ya era necesario regular las emisiones de gases contaminantes de los vehículos de combustión interna, cuando comenzaron los primeros experimentos con inyección de combustible para hacerlos más eficientes al reducir la contaminación por CO₂ y el consumo de combustible del motor.

La gestión electrónica y la comunicación de los datos de los sensores que ayudan a aumentar la eficiencia del automóvil, ahora son posibles por nuevos componentes y modelos de ECU.

La Unidad de Control Electrónico (ECU) recibe la señal de cada sensor, la analiza, realiza un cálculo para después enviar la señal de activación a los distintos actuadores, el programa de control se mantiene en la memoria y el microcontrolador tiene la responsabilidad de ejecutarlo, también se le conoce como "ECU", "CPU", "ECM", los principales procesadores de la ECU son RAM, ROM y PROM.

Para proporcionar al vehículo un rendimiento eficiente la unidad de control tiene la capacidad de gestionar múltiples tareas al mismo tiempo entre ellas tenemos, controlar el tiempo de inyección,

control de la bomba de combustible, autodiagnóstico, control de ralentí, regula la presión de combustible.

2.11. Tipos de computadoras programables

La ECU programable es necesaria cuando se realiza una modificación al vehículo permitiendo características de funcionamiento especiales al motor, controlando de esta manera la cantidad de combustible inyectado en los cilindros, mezcla adecuada de aire combustible etc.

2.11.1. MircoSquirt

Es una versión tecnológica de montaje en superficie completamente ensamblada del controlador de inyección de combustible MegaSquirt.

2.11.1.1. Características

El controlador MircoSquirt V3 UTILIZA UN CONECTOR de 35 pines en una caja de plástico sellable tiene la capacidad de utilizar dos entradas y dos salidas para el encendido del vehículo posee un chip de entrada de encendido adaptativo para limitar la corriente del inyector no tiene una modulación de ancho de pulso, entonces la MircoSquirt utiliza el ST VND 5N07 para accionar el inyector que no es un controlador de pico y retención pero fija la corriente a 5 amperios , no utiliza el sensor MAP interno en su lugar se puede usar una sensor MAP externo, no tiene control de IAC con el propósito de dejar espacio para las entradas de encendido duales y las salidas dobles , viene con un código integrado ya cargado en su procesador, posee salidas de encendido de nivel lógico esto quiere decir que no se puede usar para activar una bobina directamente se debe usar algún tipo controlador de bobina .

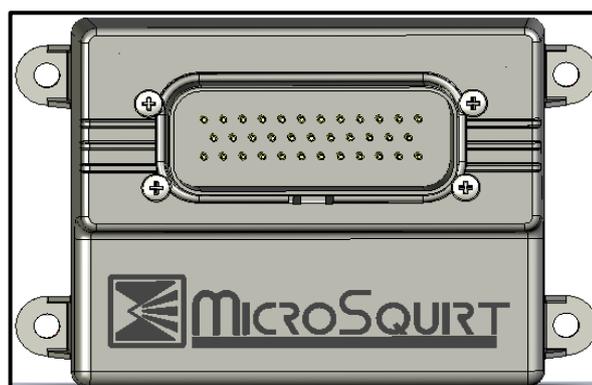


Ilustración 2-44: MircoSquirt

Fuente: (easydocs.com, 2022).

2.11.2. MegaSquirt

Es una computadora que tiene 40 pines pose un rango de temperatura automotriz de entre (-40°C a 125°C) su uso original era para el sistema de frenado ABS, esta computadora está destinado a fines educativos para las personas que quieran aprender a programar computadoras, funcionan casi con cualquier tipo de vehículos que sea encendido por chispa y alimentados de combustible, al principio solo permitía el control del sistema de inyección pero en la actualidad puede controlar también el tiempo de ignición , puede controlar la inyección en motores de hasta 12 o más cilindros .



Ilustración 2-45: Computadora MegaSquirt

Fuente: (easydocs.com, 2022).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diagrama de flujo

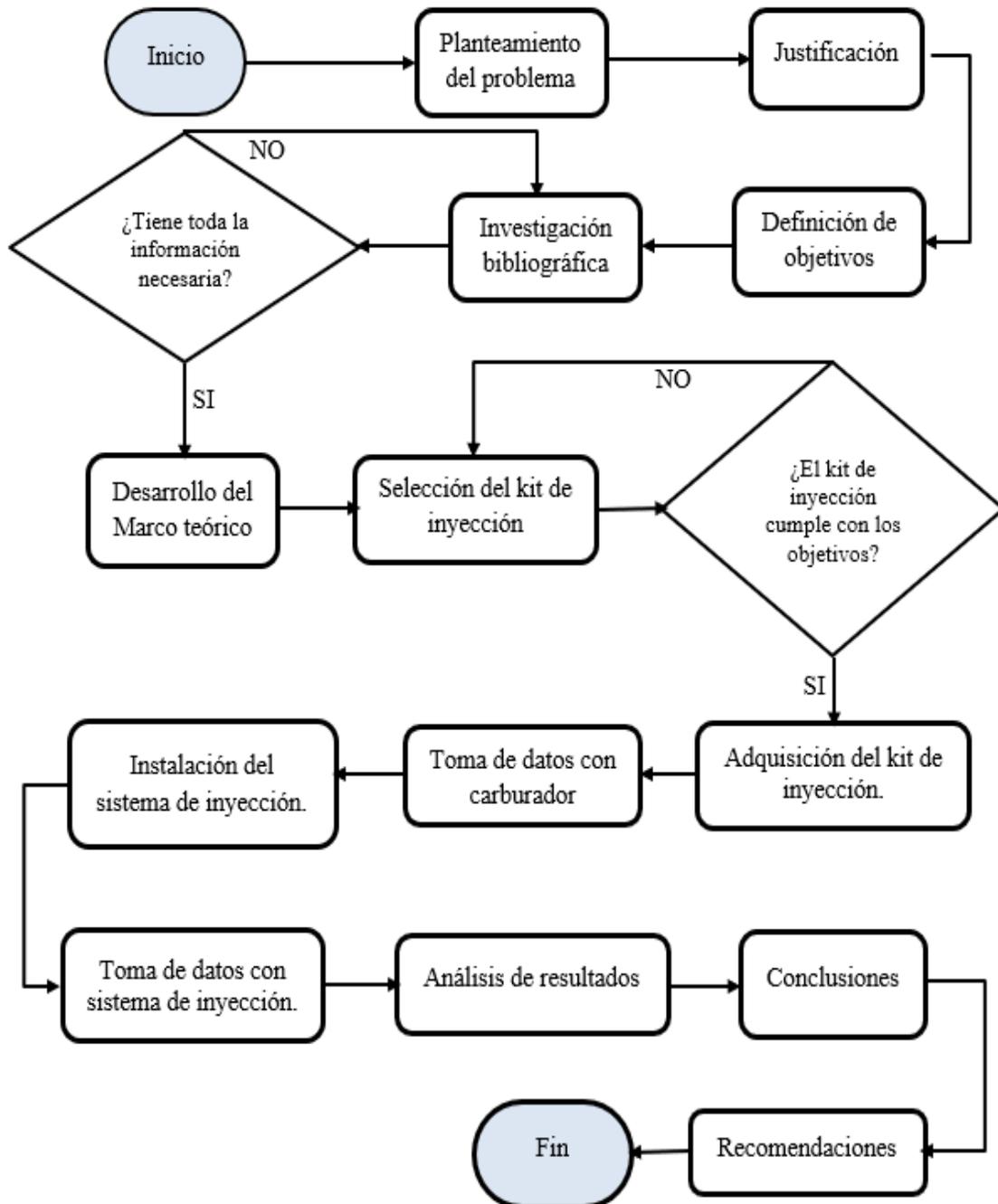


Ilustración 3-1: Diagrama de flujo

Realizado por: Morocho J; Pillajo J., 2023.

3.2. Metodología de investigación a realizar

3.2.1. Método experimental

Es una técnica científica que se utiliza para investigar y analizar fenómenos este método implica manipulación de los factores de estudio para determinar la relación causa efecto, además este método incluye la observación y el registro de resultados obtenidos.

En el proyecto se utilizó este método al momento de realizar la sustitución del sistema carburador por el sistema de inyección, en las pruebas de dinamómetro y emisiones de gases contaminantes.

3.2.2. Método inductivo

Es un método de razonamiento que se emplea para realizar una generalización a partir de observaciones específicas dentro del proyecto, en este método se recolectan datos específicos de parámetros de funcionamiento del motor que nos ayudaran analizar y crear una conclusión general.

3.3. Cronograma de actividades

Tabla 3-1: Cronograma de actividades

Actividades	Fecha	Observaciones
Realización del ante proyecto Revisión de fuentes bibliográficas	Semana 1	
	Semana 2	
	Semana 3	
Tomar parámetros de funcionamiento del motor con carburador	Semana 4	
Seleccionar una ECU, sensores y actuadores que satisfaga las necesidades del motor Toyota 2f	Semana 5	
	Semana 6	
Montaje del múltiple de admisión que aloje los diferentes puntos de inyección	Semana 7	
Instalación de manera estratégica de los diferentes elementos del sistema de inyección indirecta multipunto	Semana 8	
	Semana 9	
	Semana 10	
	Semana 11	
	Semana 12	
Instalación de la computadora y el arnés de cables acorde a los parámetros de funcionamiento del motor	Semana 13	
	Semana 14	
Pruebas de funcionamiento, potencia y análisis de gases.	Semana 15	
	Semana 16	

Realizado por: Morocho, J; Pillajo, J. 2023.

3.4. Características iniciales del vehículo

3.4.1. Características de fábrica del vehículo

Para la realización del proyecto se utilizó el vehículo Toyota Land Cruiser, que cuenta con un motor 2F, en la tabla 3-2 se detalla sus características.

Tabla 3-2: Especificaciones del vehículo

Ficha Técnica Toyota FJ40	
Modelo	Toyota FJ40 LV
Cilindrada	4230cc
Año	1979
Motor	2F 345403
Numero de chasis	FJ 40-299542
Tipo de motor	En línea, 6 cilindros
Combustible	Gasolina
Transmisión	Manual, 4 velocidades
Tracción	4WD
Potencia	123 HP @ 3600 rpm
Torque	171 NM @ 1800 rpm

A photograph of a green Toyota Land Cruiser FJ40 parked on a paved street. The vehicle is a four-door model with a black roll-over protection system (ROPS) frame. It has large, knobby off-road tires and a black front bumper. The background shows a residential street with buildings and a blue door.

Realizado por: Morocho, J; Pillajo, J. 2023

Al realizar el cambio del sistema de alimentación por carburador, por un sistema de alimentación de inyección electrónica indirecta multipunto en el vehículo, debemos tener presente tres aspectos de suma importancia:

- La entrada de aire
- La entrada de combustible
- El encendido de la chispa

3.4.2. *Revisión del estado del motor del vehículo*

Para empezar con la implementación del sistema de inyección se realiza una revisión previa del motor, se realiza pruebas de compresión y vacío para verificar el estado inicial del motor, y determinar si se encuentra en condiciones óptimas y así evitar tener inconvenientes al momento de realizar las pruebas en el dinamómetro y emisiones de gases.

3.4.3. *Prueba de compresión*

La prueba de compresión mide la presión en los cilindros del motor es decir la presión producida por el movimiento ascendente del pistón en la carrera de compresión con esta prueba verificamos el sellado de las cámaras de combustión del motor con los pistones, anillos de pistón, empaque del cabezote y válvulas.

Procedimiento para realizar las mediciones de compresión

- Encender el vehículo
- Calentar el motor a temperatura normal de funcionamiento 90 °C
- Retirar los cables de bujías
- Retirar las bujías
- Conectar la punta del manómetro en donde van las bujías
- Encender el vehículo y acelerar a fondo durante unos segundos
- Tabular el resultado
- Apagar el motor y repetir para cada uno de los cilindros

En la tabla 3-3 se detalla los valores obtenidos con el compresímetro en los cilindros del motor.

Tabla 3-3: Medidas de compresión en cada uno de los cilindros del motor

Cilindro	Valor
1	140 psi
2	140 psi
3	140 psi
4	140 psi
5	140 psi
6	140 psi

Realizado por: Morocho, J; Pillajo, J. 2023



Ilustración 3-2: Medición de compresión del vehículo Toyota 2F

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

La compresión normal para este tipo motor en cada cilindro debe ser de 130 psi o más, además, como regla general se debe tomar en cuenta que no debe haber una variación de más del 10% entre los cilindros, por lo que se concluye que todos los cilindros están dentro de los parámetros normales de funcionamiento.

3.4.4. *Pruebas con Vacuómetro*

Se realizó las pruebas con un vacuómetro el cual mide la depresión que se produce en el múltiple de admisión por la acción del pistón al descender del punto muerto superior al punto muerto inferior, con lo cual podremos detectar fallas en el motor como el estado de estanqueidad entre el cilindro y el pistón, guía de válvulas desgastadas o con fujas, problemas con el encendido y aros en mal estado. Para lo cual conectamos el vacuómetro a una salida del múltiple de admisión. Obteniendo los valores mostrados en la tabla 3-4, con el motor a ralentí.

Tabla 3-4: Medida de vacío del motor a ralentí

Prueba de vacío	
Altitud	2754 msnm
Medición	-14 in Hg

Realizado por: Morocho, J; Pillajo, J. 2023

Se tiene en cuenta que las medidas realizadas con el vacuómetro, varía según la altitud a la que nos encontremos es decir que por cada 300 msnm tendremos 1 in Hg menos. Para que un motor se encuentre en buen estado el vacuómetro debe dar un valor de medición de aproximadamente entre 16 in Hg y 22 in Hg.

Con el valor que observamos en la tabla 3-4 podemos concluir que el motor se encuentra en buen estado ya que se tiene un valor de 14 in Hg como se muestra en la ilustración 3-3, teniendo en cuenta que al momento de realizar la medida nos encontrábamos a 2754 msnm.



Ilustración 3-3: Medición de vacío del vehículo Toyota 2F

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.5. Selección y montaje de componentes para la modificación del motor de carburador a inyección electrónica multipunto

La selección de los distintos componentes utilizados en la modificación del sistema de alimentación se la realizo bajo el principio de funcionamiento del sistema de inyección electrónica y en base a los parámetros de funcionamiento de motor.

3.5.1. *Múltiple de admisión*

Para la implementación del múltiple de admisión se utilizó el colector de admisión que se acopla casi perfectamente al motor, como se muestra en la ilustración 3-4,

El múltiple de admisión es el encargado de realizar la mezcla de aire combustible y distribuir la mezcla hacia los cilindros, asegurando una combustión adecuada y eficiente del combustible.



Ilustración 3-4: Múltiple de admisión Toyota 2f

Realizado por: Morocho, J; Pillajo, J. 2023.

Pasos para la instalación del múltiple de admisión

- Retiramos el depurador, múltiple de admisión original con carburador y el múltiple de escape como se observa en la ilustración 3-5 ya que los dos se sujetan por el mismo perno, se realiza la limpieza de residuos que quedan en las entradas de la culata.



Ilustración 3-5: Procesos de desmontaje del carburador

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023.

- Para tener un buen acople entre el múltiple y la culata, se realiza una platina de acero con la misma forma del empaque original de 5mm de espesor y un centímetro más alto como se observa en la ilustración 3-6.



Ilustración 3-6: Platina de acero

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

- Se coloca el empaque original luego la platina mencionada y por último otro empaque original para que se asiente correctamente el nuevo múltiple de admisión como se observa en la ilustración 3-7.



Ilustración 3-7: Montaje de la platina y los empaques

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

- Para el múltiple de escape se procedió a realizar una tapa que se observa en la ilustración 3-8, para que no salgan los gases e escape, ya que anteriormente ahí asentaba el múltiple de admisión original.



Ilustración 3-8: Colocación de la placa en el múltiple de escape

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

- Se procede a colocar y sujetar con los respectivos aprietes el nuevo múltiple de admisión junto con el múltiple de escape.



Ilustración 3-9: Montaje del múltiple de admisión

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.5.2. *Inyectores*

Los inyectores se seleccionan en función del caudal de combustible entregado, se utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de caudales:

$$\text{Injector Flow Rate (lb/hr)} = \frac{\text{Engine HP} \times \text{BSFC}}{\text{Number of Injectors} \times \text{Injector duty cycle}}$$

En donde:

- **Injector Flow Rate (lb/hr):** Caudal en (lb/hr)
- **Engine HP:** Potencia del motor
- **Number of Injector:** Numero de inyectores
- **BSFC:** Factor de 0.4 a 0.7 (indica el calor a la que el motor está siendo sometido.) Consumo específico de combustible del freno o BSFC, se refiere a una relación de comparación que verifica la eficiencia de combustible del motor en términos de cuanto combustible usa el vehículo versus cuanta potencia produce los valores del factor se observa en la tabla 3-5.

Tabla 3-5: Factor BSFC

Tipo de motor a gasolina	BSFC (lb/hp*hr)
Aspirado natural	0.3 – 0.5
Sobrealimentado	0.55 – 0.7

Fuente: Banish, 2007

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

- **Injector duty cycle:** Porcentaje de tiempo que el inyector permanece abierto, puede también expresarse en milisegundos. Se toma un factor de 0.8, para que el inyector tenga una vida útil mayor.

Es decir, el ciclo de trabajo del inyector no puede ser de 100%, no puede permanecer completamente abierto durante un tiempo prolongado ya que se puede quemarse, por lo cual se opta por darle un margen de seguridad de un 20%, por esta razón el inyector estará trabajando con un 80% de ciclo de trabajo o Duty Cycle.

Después de obtener todos los valores y seleccionar los óptimos procedemos a calcular el caudal necesario para este vehículo,

Datos:

Potencia original: 123 hp

$$\text{Injector Flow Rate (lb/hr)} = \frac{123 \times 0.5}{6 \times 0.8}$$

$$\text{Injector Flow Rate (lb/hr)} = 12.81 \text{ lb/hr}$$

$$\text{Injector Flow Rate} = 96,84 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Con los resultados obtenidos buscamos un inyector que entregue un caudal igual o semejante al valor calculado, de este modo cumpla los requerimientos del motor, consecuentemente elegimos los inyectores de boquilla de un solo orificio que se muestran en la ilustración 3-10.



Ilustración 3-10: Inyectores de boquilla de alto flujo

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023.

3.5.3. *Riel de combustible*

El riel de inyección es el encargado de entregar un flujo de combustible de manera uniforme a todos los inyectores, está fabricado en aluminio, tiene conexiones una de entrada que recibe el combustible de la bomba, las respectivas distribuciones para cada uno de los inyectores y una salida para el retorno de combustible como se muestra en la ilustración 3-11, el riel mantiene una presión constante en el sistema de 2,8 a 3,2 bares y como mínimo el sistema necesita una presión de 45 PSI garantizando que el combustible esté listo para ser inyectado.



Ilustración 3-11: Colocación del riel de inyección

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.5.4. *Regulador de presión*

Se utilizó un regulador de presión DENSO de 3 bares para controlar la presión en el sistema, está instalado al final del riel de combustible como se muestra en la ilustración 3-12 y posee un retorno

directo hacia el depósito de combustible a través de una manguera de $\frac{3}{4}$ de pulgada, además está conectado con una manguera al múltiple de admisión para su funcionamiento.



Ilustración 3-12: Ubicación del regulador de presión

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.5.5. *Filtro de combustible*

En la línea de alimentación después del tanque, se coloca un filtro de combustible como se observa en la figura 3-13 que cumple con la función de retener partículas e impurezas existentes en la gasolina asegurando que el sistema de inyección reciba un suministro limpio de combustible, de esta manera protege los componentes del sistema de inyección garantizando el buen funcionamiento del motor.



Ilustración 3-13: Montaje del filtro de combustible

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.5.6. Bomba de combustible

Para la selección de la bomba de combustible realizamos el siguiente cálculo para obtener el caudal mínimo necesario que debe suministrar la bomba de combustible.

$$\text{Suministro total de combustible} = \# \text{ inyectores} \times \text{flujo inyector}$$

$$\text{Suministro total de combustible} = 6 \times 12,81 = 76,86 \frac{\text{lbs}}{\text{hr}}$$

Sabiendo que la densidad de la gasolina es de 6 lb/galón tendremos:

$$\text{Flujo mínimo de combustible} = \frac{76,86 \frac{\text{lbs}}{\text{hr}}}{6 \frac{\text{lb}}{\text{galón}}} = 12,81 \frac{\text{galones}}{\text{hora}} = 48,48 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$$

Con los cálculos realizados se eligió una bomba externa de alta presión que tiene un caudal de 48 lt/h, con una presión de 5 bares, que va ubicada fuera del tanque de combustible lo cual facilita el mantenimiento y reemplazo en caso de avería, es alimentada por la batería del vehículo y se activa con el switch, está controlada por la computadora a través de un relé, esto permite que la bomba comience a suministrar combustible hacia el riel presurizando el sistema, asegurando un arranque más rápido y eficiente.

La bomba de combustible se instaló en la misma carrocería sujeta de dos abrazaderas y cuatro pernos, debe ir después del filtro de combustible como se muestra en la ilustración 3-14.



Ilustración 3-14: Instalación de la bomba de combustible externa.

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 3-15 podemos observar el esquema eléctrico de la conexión de la bomba de combustible.

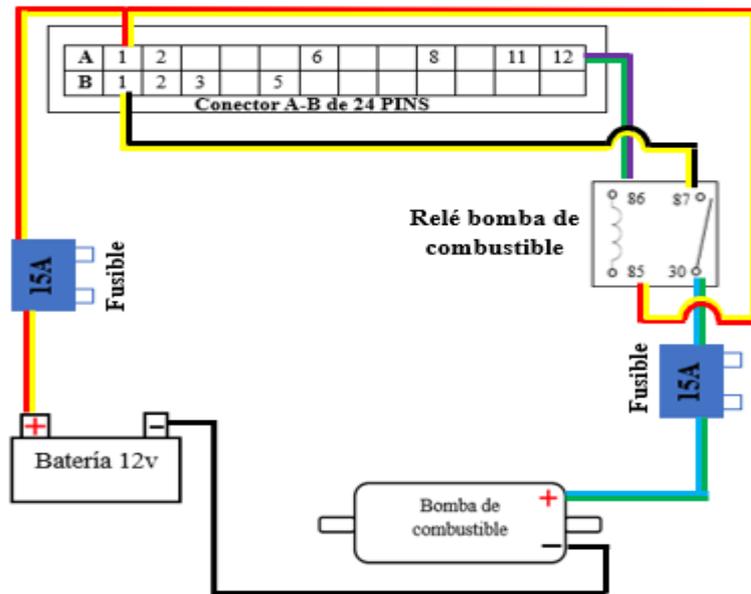


Ilustración 3-15: Diagrama eléctrico de bomba de combustible

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.5.7. *Manómetro de presión*

Se utilizó un manómetro de presión en la cañería de alimentación de combustible antes de que entre al riel de alta presión como se muestra en la ilustración 3-16, para verificar cual es la presión de combustible del sistema que se está entregando durante su funcionamiento, es necesario tener una presión adecuada para el funcionamiento de los inyectores.

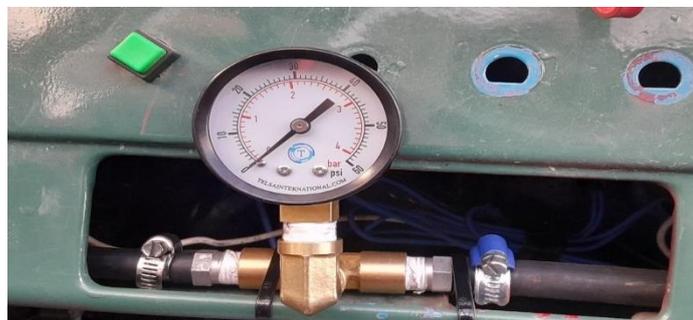


Ilustración 3-16: Instalación del manómetro

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.6. Implementación de los sensores

3.6.1. Sensor MAP

Se utilizó un sensor MAP de tipo potenciómetro de la marca Hella con las siguientes características posee 3 cables los cuales son: alimentación de 5V, GND y señal como se observa en la ilustración 3-17, es el encargado de medir la presión absoluta está instalada en el múltiple de admisión, la información proporcionada por el sensor MAP se utiliza para calcular la densidad del aire y determinar la tasa de flujo de masa de aire del motor, lo que a su vez determina la cantidad de combustible necesaria para una combustión óptima.

Seleccionamos este tipo de sensor MAP porque cumple con los requerimientos de la computadora y el sistema de inyección que se está acoplado.



Ilustración 3-17: Sensor MAP utilizado en el vehículo

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

El sensor MAP se colocó en la carrocería del vehículo sujeto con un perno como se muestra en la ilustración 3-18, está conectado con una manguera de caucho de aproximadamente 30cm de largo, que va desde del sensor MAP hacia una salida del múltiple de admisión después del cuerpo de aceleración.



Ilustración 3-18: Ubicación del sensor MAP en el vehículo

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.6.2. *Sensor TPS*

Se empleó un sensor TPS de la marca Delphi tipo resistivo con las siguientes características posee 3 cables los cuales son: señal, GNG y 5V de voltaje de referencia de la computadora, el cual está encargado de censar la posición del acelerador para que de esta manera la ECU ajuste la inyección del combustible generando confortabilidad en el funcionamiento del motor.

Seleccionamos este sensor TPS porque cumple con las características necesarias del cuerpo de aceleración y el sistema de inyección implementado, está instalado en la parte lateral del cuerpo de aceleración y se sujetan con dos pernos como se muestra en la ilustración 3-19.

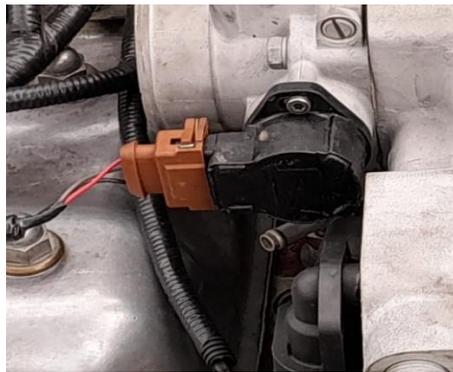


Ilustración 3-19: Ubicación del sensor TPS.

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.6.3. *Sensor de temperatura del refrigerante*

Se utilizó un sensor ECT con las siguientes características es de coeficiente negativo como se muestra en la ilustración 3-20, tiene dos cables los cuales son: 5v y GND, este sensor se utiliza ya que es el encargado de medir la temperatura que presenta el refrigerante del motor y vigilar el arranque en frío, enviando esta información a la ECU y de esta manera pueda dosificar la cantidad de combustible según sea necesaria.



Ilustración 3-20: Sensor de temperatura

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

Para poder colocar el sensor de temperatura del refrigerante, se utilizó una reducción que se ajuste al roscado del sensor y del block, además se utilizó teflón con el fin de realizar un apriete correcto y así evitar posibles filtraciones del líquido refrigerante como se observa en la ilustración 3-21.



Ilustración 3-21: Ubicación del sensor de temperatura en el vehículo

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.6.4. *Módulo de encendido (HEI)*

Para el proyecto se empleó un módulo de encendido de la marca GM, el cual es un dispositivo electrónico que forma parte del sistema de encendido de un automóvil y actúa como interruptor de la bobina como se observa en la ilustración 3-22, es el responsable de enviar señal eléctrica a la bobina de encendido para que este genere chispa en las bujías de manera constante independientemente de la velocidad de rotación del motor y tensión de la batería para encender el motor.



Ilustración 3-22: Módulo de encendido

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

Se realizó una placa de aluminio para disipar el calor que produce el módulo, se sujeta a la carrocería asegurándonos de generar una buena tierra para el módulo como se visualiza en la ilustración 3-23.



Ilustración 3-23: Ubicación del módulo de encendido en el vehículo

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 3-24 podemos observar los pines del módulo de encendido con sus respectivos nombres.

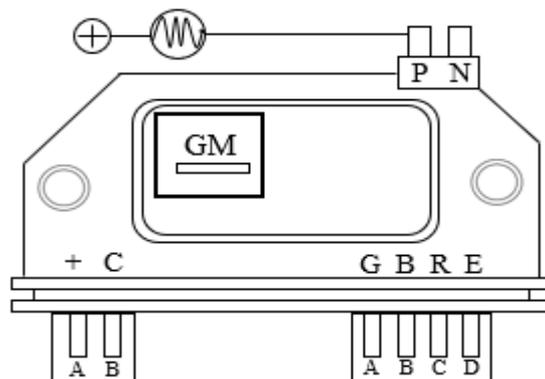


Ilustración 3-24: Pin data del módulo de encendido

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023.

- P**= positivo de la bobina captadora
- N**= negativo de la bobina captadora
- +**= positivo de la bobina de ignición
- C**= negativo de la bobina de ignición
- G**= tierra
- B**= By-pass
- R**= señal de referencia
- E**= EST tiempo computado

En la ilustración 3-25 se observa el esquema eléctrico de conexión del módulo de encendido.

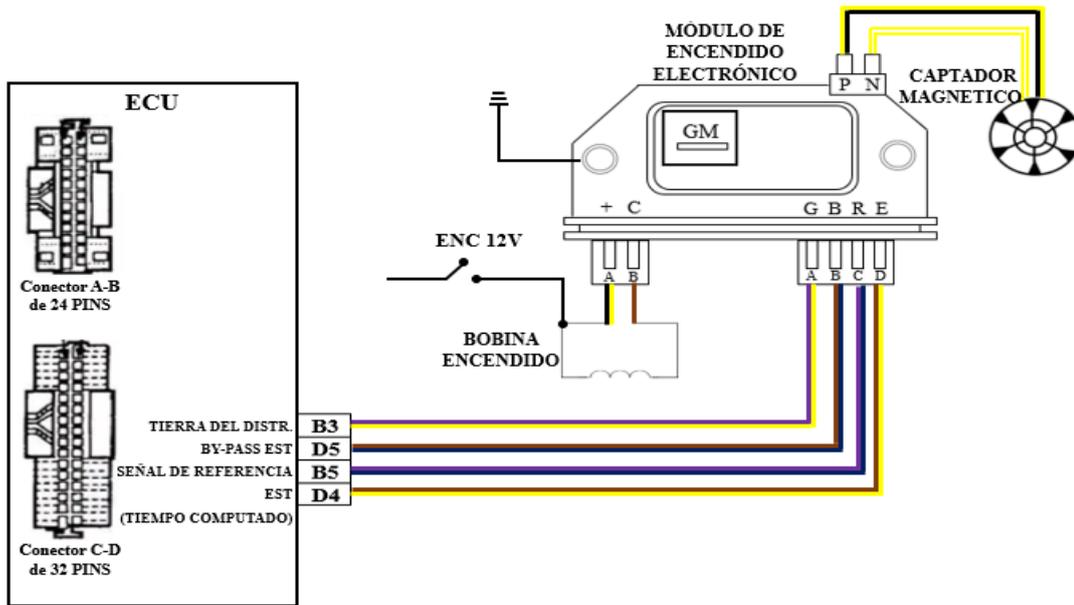


Ilustración 3-25: Esquema eléctrico módulo de encendido

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.6.5. Bobina de encendido:

Se empleó una bobina seca con las siguientes características marca Delphi como se muestra en la ilustración 3-26 consta de dos pines un positivo y negativo, para su funcionamiento el circuito del primario de la bobina se alimenta en el borne 15, el negativo en el pin 1, la salida de alta tensión se conecta al borne 4.

- Resistencia en el primario: 0,2- 0,3 ohmios
- Resistencia en el secundario: 5-20 kilo ohmios
- Tiene aproximada mente una relación de bobinado de 1:100
- Tensión en el primario:300 a 400 voltios
- Tensión de salida: de 30 a 40 kilovoltios



Ilustración 3-26: bobina de encendido seca Delphi CE10105

Fuente: Delphi technologies. 2022

La bobina se sujeta a la carrocería del vehículo con 2 pernos como se observa en la ilustración 3-27, se escogió esta bobina porque el sistema de inyección que se va a adaptar necesita de mayor voltaje para el encendido de la mezcla y ésta aporta lo necesario.



Ilustración 3-27: Instalación de la bobina de encendido

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.6.6. *Válvula IAC*

Se empleó una válvula IAC con las siguientes características de marca Magneti Marelli de cuatro cables, que se observa en la ilustración 3-29, los cuales pertenecerán a las dos bobinas. Es una pieza electromecánica ubicada en el cuerpo de aceleración, controlada por la ECU que regula el flujo de aire que ingresa al motor para mantener el ralentí estable, mejorando el consumo de gasolina y permitiendo encender el auto en frío.

Este sistema de inyección usa una válvula IAC con cuatro pines tiene un empaque de caucho para realizar un mejor sellado y no haya fuga de aire el cono montado sobre el eje de la válvula que sale o entra según la necesidad del vehículo.



Ilustración 3-28: Válvula IAC

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 3-29, podemos observar el esquema eléctrico de la válvula IAC empleada en el vehículo.

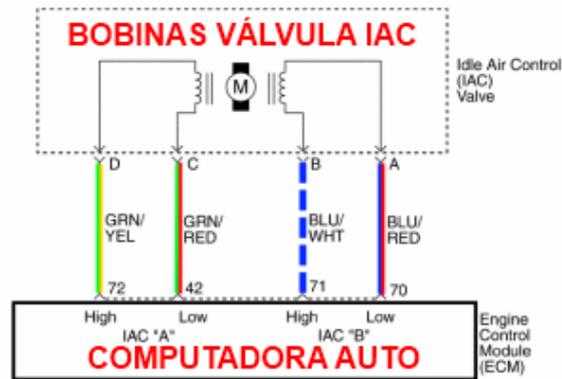


Ilustración 3-29: Diagrama eléctrico de la válvula IAC

Fuente: autodaewoospark. 2021

3.7. Adaptación del distribuidor

Para la obtención de la señal del distribuidor, se realizó la conversión del distribuidor original del Toyota 2F a un distribuidor electrónico para ello fue necesario adaptarle un captador magnético que detecta la velocidad de rotación del cigüeñal del motor, generando una señal sinusoidal cada vez que la estría del distribuidor quede enfrentada con el captador magnético, además se fijó las pesas o avances en el distribuidor, para lo cual se realizó un punto de suelda como se observa en la ilustración 3-30, quedando fijas las pesas debido a que no deben generar ningún avance de encendido. Ya que el módulo de encendido va a ser el encargado de realizar esta función de esta manera se distribuye la corriente para cada una de las bujías según el orden de encendido.



Ilustración 3-30: Fijación de avance en el distribuidor

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 3-31 se puede observar el captador magnético instalado en el distribuidor original del vehículo antes mencionado.



Ilustración 3-31: Captador Magnético

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

3.7.1. ECU y accesorios

Se utilizó una computadora estándar del vehículo Daewoo racer, la cual cumple con los parámetros para el funcionamiento del vehículo, se instaló en la guantera del vehículo como se observa en la ilustración 3-32, como se trata de un vehículo de competencia 4x4 consecuentemente es propenso a mojarse, por ello se realizó una carcasa de tol galvanizado para protegerla del agua y se fijó con dos pernos para su seguridad.



Ilustración 3-32: Pines del arnés de sistema eléctrico

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 3-32 se puede observar cómo quedó instalada la computadora del vehículo ya lista para su funcionamiento.

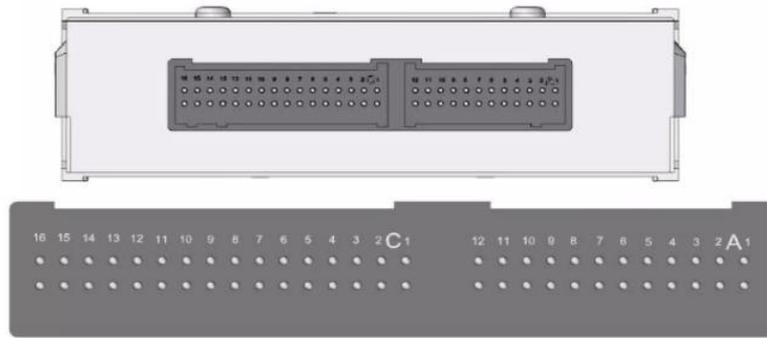


Ilustración 3-33: Unidad de control electrónico (ECU)

Fuente: Daewoo motor. 1994

En la ilustración 3-33 se puede observar la parte posterior de la computadora en la cual están ubicadas los respectivos pines que se conectarán al arnés del sistema eléctrico.

En la ilustración 3-34 se observa la distribución eléctrica correspondientes a los inyectores y la bomba de combustible, el pin D15 corresponden al control de los inyectores y el pin A16 12 voltios de alimenta de los inyectores, mientras que en los pines A1, B1 corresponden a los pines para el funcionamiento de la bomba de alta presión.

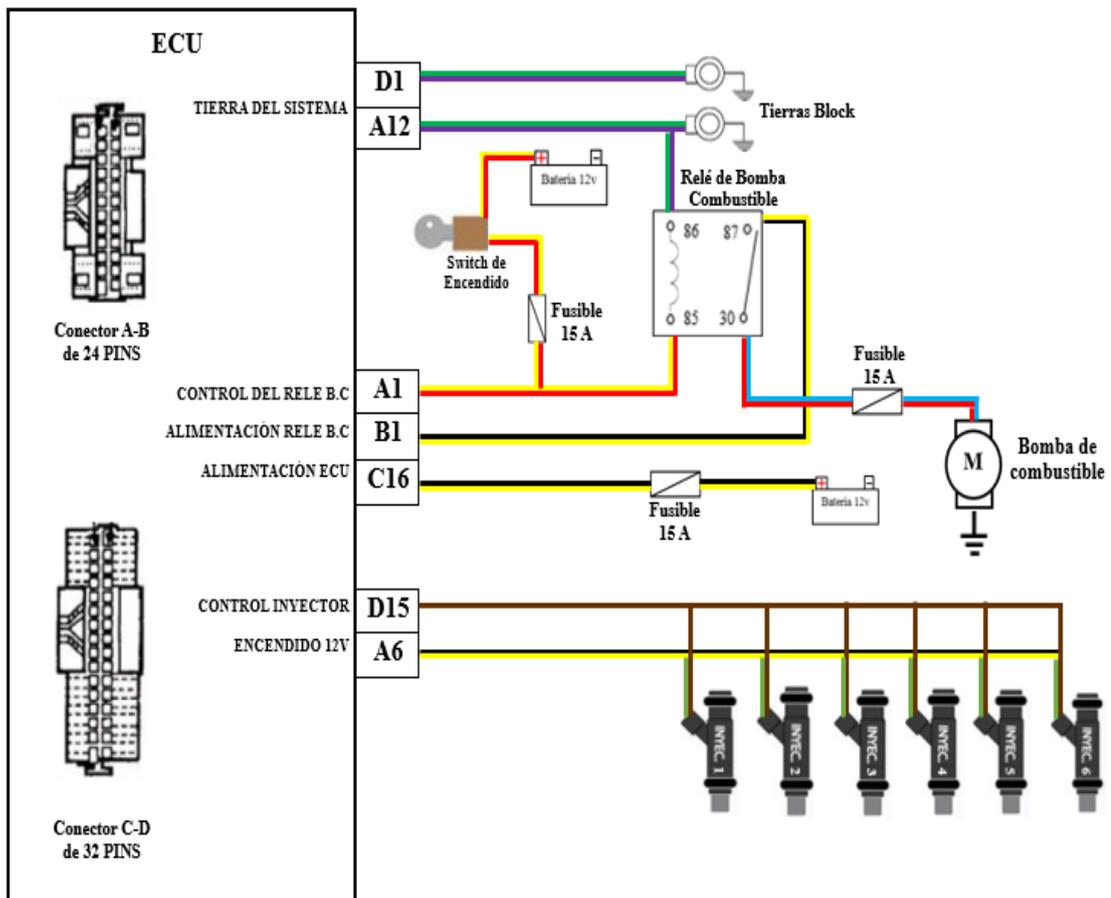


Ilustración 3-34: Esquema eléctrico del cableado de los inyectores y la bomba de combustible

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 3-35 se observa la distribución eléctrica correspondientes a los sensores y actuadores.

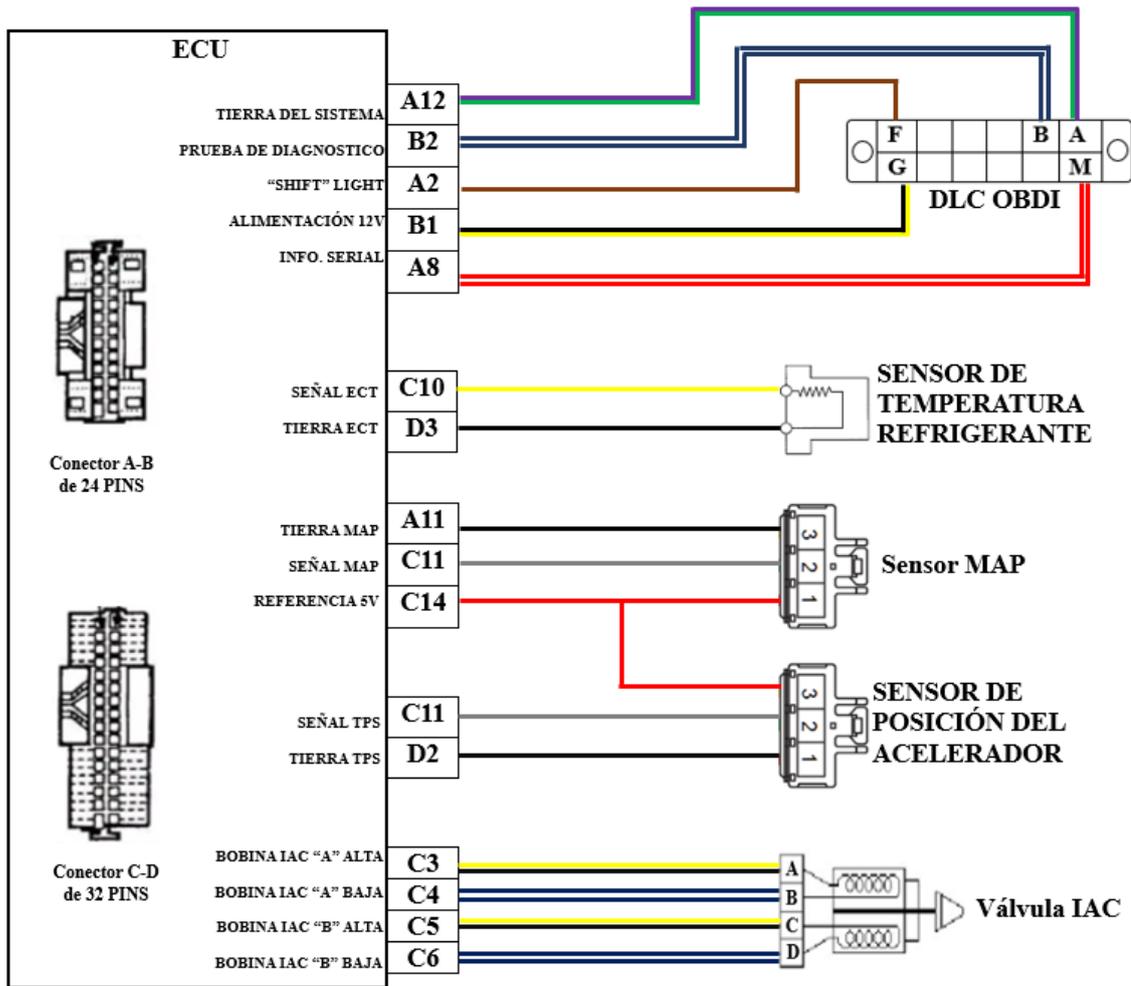


Ilustración 3-35: Esquema eléctrico del cableado de sensores, actuadores y OBD1

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

A continuación, en la tabla 3-6 se detalló el nombre y color de cable utilizado en el sistema eléctrico y el pin asignado a la computadora del sistema de inyección implementado.

Tabla 3-6: Conexión de la unidad de control

Conector 1		
# PIN	Función	Color de cable
A 1	Control del relé de la bomba de combustible	Rojo/Amarillo
A 2	OBD 1 "SHIFT" LIGHT	Marrón
A 6	Inyectores Encendido 12 V	Amarillo/Negro
A 8	Info serial OBD1	Rojo/Blanco
A 11	Tierra del MAP	Negro

A 12	Tierra del sistema	Verde/Morado
B 1	Alimentación del relé de combustible	Amarillo
B 2	OBD 1	Azul/Blanco
B 3	Módulo de encendido PIN A	Amarillo/Morado
B 5	Módulo de encendido PIN C	Azul/Morado
Conector 2		
# PIN	Función	Color de cable
C 3	Bobina IAC "A" Alta	Negro/Amarillo
C 4	Bobina IAC "A" Baja	Azul/Blanco
C 5	Bobina IAC "B" Alta	Negro/Amarillo
C 6	Bobina IAC "B" Baja	Azul/Blanco
C 10	Señal ECT	Amarillo
C 11	Señal MAP	Plomo
C13	Señal TPS	Marrón
C 14	Ref +5 V TPS	Rojo
C 16	Alimentación ECU	Amarillo/Negro
D 1	Tierra del sistema	Verde/Morado
D 2	Tierra del TPS	Negro
D 3	Tierra del ETC	Negro
D 4	Módulo de encendido PIN D	Café/Amarillo
D 5	Módulo de encendido PIN B	Café/Azul
D 10	ECT PIN B	Negro
D 15	Control del inyector	Marrón

Realizado por: Morocho J. & Pillajo J. 2023.

3.7.2. *Arnés de cables*

Para este sistema de inyección electrónica, se realizó un arnés de cables de diferentes colores para que la instalación sea más específica y distintiva, los cuales están conectados desde la ECU a los diferentes sensores y actuadores.

En la ilustración 3-35 se puede observar las especificaciones del primer grupo de cables correspondientes al conector A-B de 24 pines, este grupo controla relé de bomba de combustible alimentación de inyectores, GND del sensor MAP, GND del sistema, alimentación de la bomba de combustible, el módulo de encendido y los cables pertenecientes al conector OBD1

R/A	Control relé bomba de combustible	A	B	Alimentación relé de combustible A/N
Marrón	OBD 1	1	1	OBD 1 Azul/Blanco
		2	2	Módulo de encendido PIN A Amarillo/Morado
			3	
			5	Módulo de encendido PIN C Azul/Morado
Negro/Amarillo	Inyectores 12V	6		
Rojo/Blanco	OBD 1	8		
Negro	Tierra MAP	11		
Verde/Morado	Tierra sistema	12		

Ilustración 3-36: Cableado Eléctrico Conector A-B de 24 PINS

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 3-37 tenemos el esquema correspondiente al grupo de cables del conector C-D de 32 pines que contiene los cables para la válvula IAC, sensor de temperatura, sensor MAP, alimentación ECU, sensor TPS y control de inyectores.

		C	D	
			1	Tierra del sistema Verde/Morado
			2	Tierra TPS Negro
Negro/Amarillo	Bobina IAC "A" Alta	3	3	Tierra ECT Negro
Azul/Blanco	Bobina IAC "A" Baja	4	4	Módulo de encendido PIN D Amarillo/Marrón
Negro/Amarillo	Bobina IAC "B" Alta	5	5	Módulo de encendido PIN B Azul/Marrón
Azul/Blanco	Bobina IAC "B" Baja	6	6	ECT PIN B Negro
Amarillo	Señal ECT	10	10	ECT PIN B Negro
Plomo	Señal MAP	11		
Marrón	Señal TPS	13		
Rojo	Referencia 5V TPS	14		
			15	Control inyectores Marrón
Amarillo/Negro	Alimentación ECU	16	16	

Ilustración 3-37: Cableado Eléctrico Conector C-D de 32 PINS

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Pruebas de torque y potencia con el sistema de alimentación a carburador vs inyección electrónica

Se utilizó un banco pruebas, dinamómetro de rodillos de la marca Motorroll para realizar las mediciones de torque y potencia tanto para el sistema de alimentación a carburador como para el sistema de inyección electrónica, para posteriormente realizar la comparación respectiva de torque y potencia.

4.1.1. Prueba de torque y potencia con el sistema de alimentación a carburador

Las primeras pruebas se realizaron con el sistema de alimentación a carburador que viene originalmente de fábrica el vehículo con el propósito de obtener los datos correspondientes de torque y potencia, los cuales nos permiten conocer el desempeño del vehículo Toyota Land Cruiser antes de la implementación del sistema de alimentación de inyección electrónica. Las pruebas se realizaron en el dinamómetro a 4000 rpm, en la ilustración 4-1 se muestra los valores generados por el dinamómetro de rodillos con el sistema de alimentación a carburador.



Ilustración 4-1: Grafica de torque y potencia con el sistema de alimentación a carburador

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 4-1, la curva roja muestra las revoluciones por minuto del motor, en la curva negra se observa la potencia máxima que te entrega al motor es de 33,1 HP @ 4600 rpm, la curva verde hace referencia al torque máximo del motor que tiene un valor de 54,00 lb-ft @ 3900 rpm.

En la tabla 4-1 se observa los valores obtenidos al momento de realizar las pruebas en el dinamómetro con el sistema de alimentación a carburador.

Tabla 4-1: Valores de torque y potencia tomadas con el sistema carburador

Valores de Torque y Potencia		
Rpm	Torque Max (lb-ft)	Potencia Max (HP)
3900	54,00	--
4600	--	33,1

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

4.1.2. Prueba de torque y potencia con el sistema de alimentación a inyección electrónica implementado

Con la implementación del sistema de inyección electrónica multipunto simultaneo y mediante un dinamómetro de rodillos se registró los datos de torque y potencia como se muestra en la ilustración 4-2.

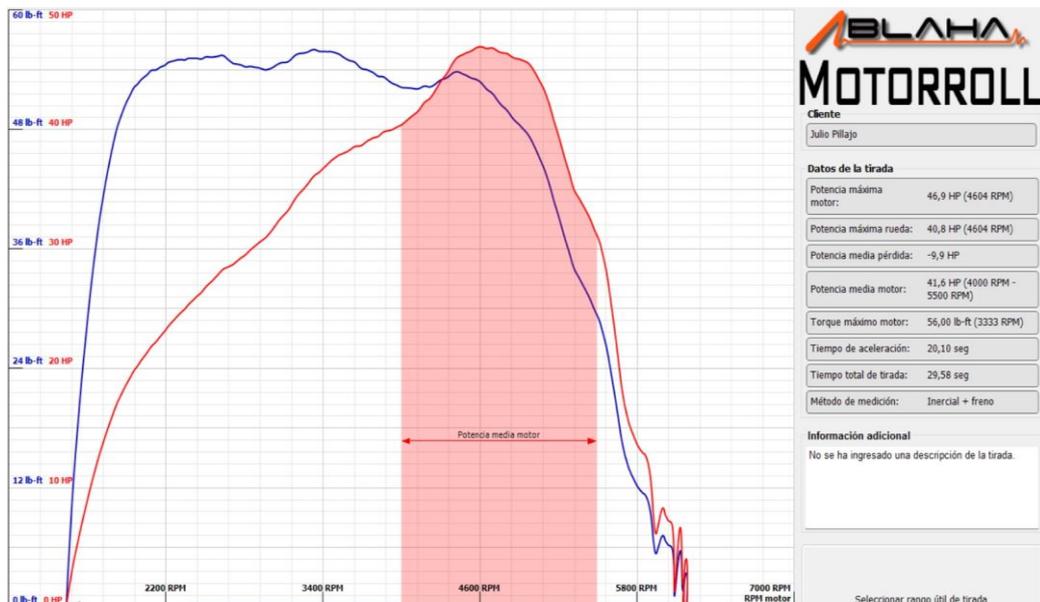


Ilustración 4-2: Grafica de torque y potencia con el sistema de inyección

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 4-2, en el eje x muestra las revoluciones por minuto del motor, la curva roja indica la potencia máxima que entrega el motor de 40,8 HP @ 4600 rpm y la curva azul hace referencia al torque máximo del motor que tiene un valor de 56 lb-ft @ 3400 rpm.

En la tabla 4-2 se observa los valores obtenidos luego de realizar las pruebas en el dinamómetro con el sistema de alimentación a inyección electrónica multipunto implementado.

Tabla 4-2: Valores de torque y potencia con el sistema de inyección implementado

Valores de Torque y Potencia		
Rpm	Torque Max (lb-ft)	Potencia Max (HP)
3400	56,00	--
4600	--	40,8

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

4.2. Comparación del torque y potencia entre el sistema de carburador vs el sistema de inyección electrónica

En las pruebas realizadas con el dinamómetro con los dos sistemas de alimentación se obtuvo diferentes resultados los cuales nos sirven para realizar una comparación y observar la variación de torque y potencia.

Tabla 4-3: Comparación de torque y potencia entre carburador vs sistema de inyección

Valores de torque y potencia sistema a carburador e inyección electrónica			
Detalle	Alimentación a Carburador	Alimentación a Inyección Electrónica	Incremento
Torque Max (lb-ft)	54,00 lb-ft	56,00 lb-ft	+ 2 lb-ft
Potencia Max (HP)	33,1 HP	40,8HP	+ 7,7 hp

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

Con los valores que se tiene en la tabla 4-3 se observa que el valor del torque varía de 54,00 lb-ft a 56,00 lb-ft el cual tiene un incremento de 2 lb-ft que representa el 3,7% de aumento con respecto al sistema de alimentación a carburación.

También podemos apreciar que la potencia varía de 33,1 HP a 40,8 HP la cual tiene un incremento de 7,7 HP que representa el 23% de aumento con respecto al sistema de alimentación a carburador. Con estos resultados observamos el incremento de torque y potencia con la implementación del sistema de inyección electrónica.

Cabe mencionar que por cada 1000msnm existe una reducción del 10% del torque y potencia con respecto a la ficha técnica del fabricante.

4.3. Pruebas de emisiones de gases con sistema de alimentación a carburador e inyección electrónica

Para realizar las pruebas de emisiones de gases contaminantes se tomó como referencia los valores establecidos de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204 GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA que se muestra en la tabla 4-4, esta es una prueba estática, que indica los límites máximos de emisiones permitidos en marcha mínima del CO, HC según el año del vehículo y a la altitud que se encuentre. (INEN_2204, 2017, p. 4).

Tabla 4-4: Valores máximos de emisiones permitidos según la norma 2204 (Prueba estática)

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

Fuente: NTE INEN 2204.

En la tabla 4-4 se observa los valores de emisiones permitidos según la norma NTE INEN 2204, el valor con el que vamos a comparar es el modelo del vehículo que corresponde 1989 y anteriores ya que es un vehículo del año 1979, y una altitud 2754 msnm.

Para la prueba de emisiones de gases contaminantes se utilizó un analizador de gases de la marca KANE de mano y portátil, el cual se puede utilizar en vehículos de gasolina/Gas “LPG, GNC”. Los gases que se van a medir son el monóxido de carbono (CO) se produce por una combustión incompleta del combustible, falta de oxígeno en la mezcla y es medido como un porcentaje de volumen de gas, hidrocarburos (HC) es combustible que no se quema por completo en la cámara de combustión, la presencia de hidrocarburos en el escape se mide en partes por millón (ppm), dióxido de carbono (CO₂) son gases productos del combustible completamente quemado y es medido como un porcentaje de volumen de gas. (O₂) es el oxígeno sobrante en una combustión de igual manera es medido como porcentaje del volumen del gas.

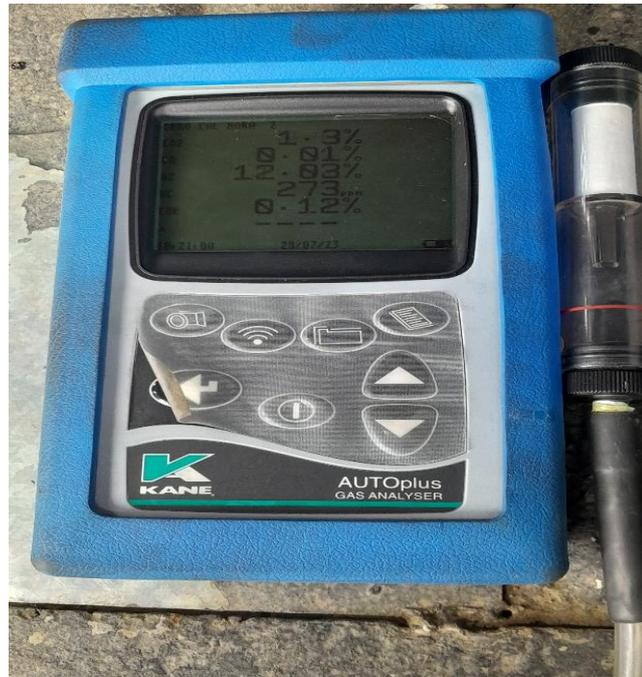


Ilustración 4-3: analizador de gases de la marca KANE

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

Cabe mencionar que el vehículo utilizado para este proyecto está destinado únicamente para competencias automovilísticas dentro de circuitos cerrados y es trasladado en plataforma a las diferentes pistas de 4x4 del país.

4.3.1. Prueba de gases contaminantes con el sistema de alimentación a carburador

Para la prueba de emisiones de gases contaminantes, el vehículo debe encontrarse a temperatura normal de funcionamiento, en marcha mínima o ralentí, e instalar la sonda como se muestra en la ilustración 4-3, los valores que se van a medir son CO₂, CO, O₂, HC y factor lambda.



Ilustración 4-4: Pruebas de emisiones con sistema carburador

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

Según la norma NTE INEN 2204 mencionada anteriormente se realizó una medición en marcha mínima prueba estática @ 800 rpm, obteniendo los valores que se muestran en la tabla 4-5.

Tabla 4-5: Datos de emisiones de gases con el sistema de alimentación a carburador

Valores de emisiones de gases	
Ralentí	
CO2 %	5,6
CO %	10,63
O2 %	4,2
HC ppm	1670
Lambda	0,845

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En tabla 4-5, se observa que lambda tiene un valor de 0,845 se encuentra en mezcla rica, los hidrocarburos con un valor de 1670 y el monóxido de carbono con 10,36 se encuentran elevados, el valor del oxígeno con 4,2 también es alto ya que el vehículo no dispone de catalizador.

4.3.2. Prueba de emisiones de gases con el sistema de alimentación a inyección electrónica

La prueba se realizó de la misma forma que con el sistema a carburador, haciendo mediciones de gases de escape una vez que se implementó el sistema de inyección electrónica multipunto, obteniendo los valores que se muestran en la tabla 4-6.

Tabla 4-6: Datos de emisiones de gases con el sistema de inyección electrónica

Valores de emisiones de gases	
Ralentí	
CO2 %	12,2
CO %	3,37
O2 %	3,87
HC ppm	1170
Lambda	0,942

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

Los valores obtenidos en la tabla 4-6 nos muestra que el factor lambda es de 0,942 y se aproxima a una mezcla estequiométrica.

4.4. Comparación de resultados de gases contaminantes con el sistema de carburador vs el sistema de inyección electrónica

Con los datos obtenidos mediante el analizador de gases tanto para el sistema a carburador como para el sistema a inyección electrónica implementado, procedemos a realizar las comparaciones pertinentes de los distintos gases de escape, para verificar el funcionamiento del vehículo, como se indican en la tabla 4-7

Tabla 4-7: Comparaciones de emisiones de gases con sistema a carburador vs inyección electrónica

Mediciones	Sistema a carburador	Sistema a inyección electrónica
CO ₂ (%)	5,6	12,2
CO (%)	10,63	3,37
O ₂ (%)	4,2	3,87
HC (ppm)	1670	1170
Lambda	0,845	0,942

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la tabla 4-7 comparamos los resultados de los distintos gases de escape y haciendo énfasis en los gases nocivos como es el monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC), existe una disminución de 7,26% en monóxido de carbono y de 500 ppm en hidrocarburos, en comparación con el sistema a carburador.

4.5. Análisis comparativo de gases con el sistema de alimentación a inyección electrónica implementado con respecto a la norma INEN 2204

Con los valores obtenidos anteriormente en la tabla 4-6 del sistema de inyección electrónica implementado se realizó un análisis comparativo con respecto a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204, la cual menciona al monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) indicando los valores límites permitidos que no se deben superar. Y los valores que se utilizaran de la norma debe ser para vehículo que corresponde a 1989 y anteriores, ya que el vehículo utilizado para el proyecto es del año 1979, y estamos a una altitud de 1500 a 3000msnm.

Tabla 4-8: Comparación de emisiones de gases con respecto a la norma INEN 2204

Vehículos 1989 y anteriores 1500 – 3000 msnm	Norma INEN 2204	Sistema a carburador	Sistema a inyección electrónica implementado
CO (%)	6,5	10,63	3,37
HC (ppm)	1200	1670	1170

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

Como se puede observar en tabla 4-8, los valores para el sistema a carburador no están dentro de los límites permitidos de la normativa NTE INEN2204 que son 6,5 en monóxido de carbono y 1200 ppm estando por encima de lo permitido, consecuentemente el sistema con carburador genera mayor contaminación. Para el sistema de inyección electrónica implementado los valores de monóxido de carbono (CO) son de 3,37% e hidrocarburos (HC) 1170, estando así dentro de los estándares permitidos de la normativa.

4.6. Prueba de funcionamiento

4.6.1. Señales en osciloscopio de sensores y actuadores

Para verificar el correcto funcionamiento de los sensores y actuadores del sistema de inyección se utilizó un osciloscopio obteniendo las siguientes graficas:

4.6.1.1. Inyectores

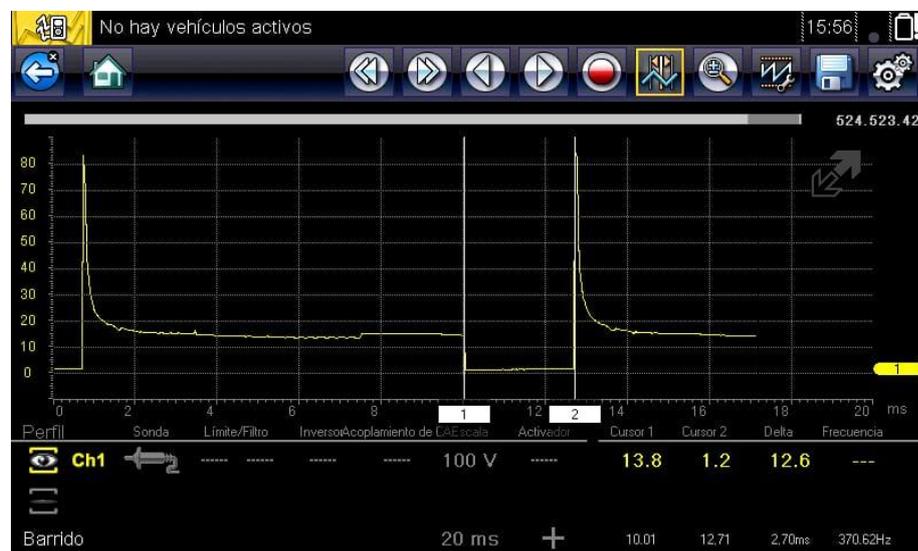


Ilustración 4-5: Apertura del inyector a ralentí con el motor frío.

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 4-4 se observa la señal del inyector en el osciloscopio al momento de encender el vehículo se tiene un tiempo de apertura del inyector de 2.70 ms

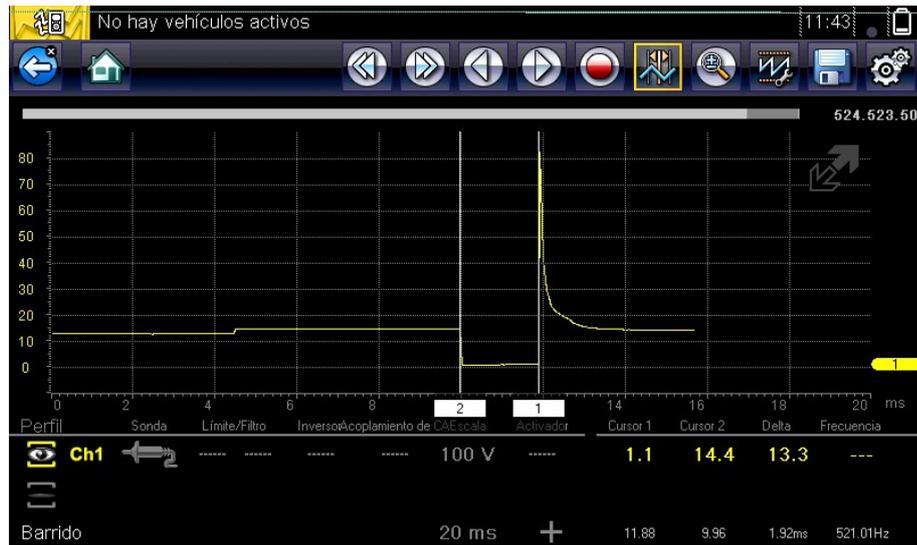


Ilustración 4-6: Apertura del inyector a temperatura normal de funcionamiento

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 4-5, se visualiza la señal del inyector con el vehículo a ralentí a temperatura normal de funcionamiento del motor se tiene un tiempo de apertura del inyector de 1.92 ms



Ilustración 4-7: Apertura del inyector a 3000 rpm

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 4-6 se visualiza la señal del inyector a temperatura normal de funcionamiento del motor, a 3000 rpm aproximadamente y se tiene un tiempo de apertura del inyector de 2,09 ms

4.6.1.2. MAP

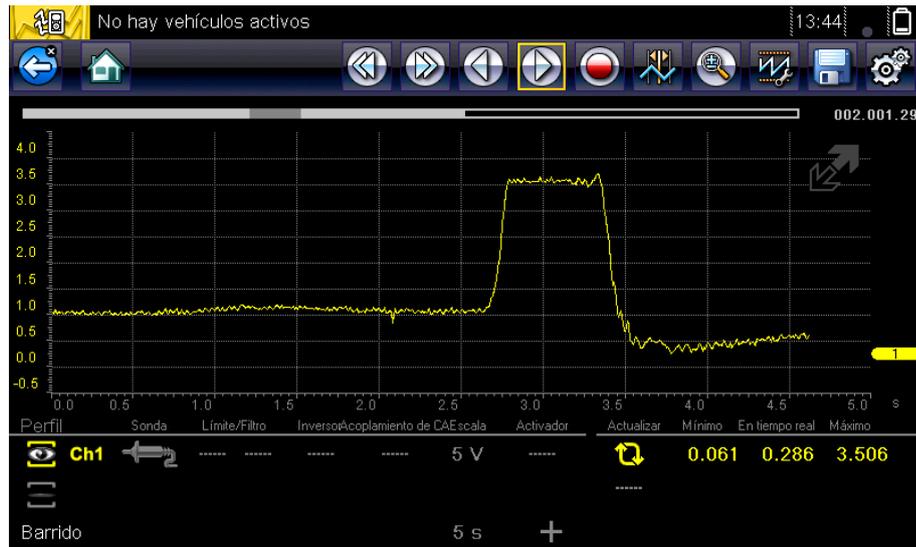


Ilustración 4-8: Funcionamiento del sensor MAP

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 4-7 se observa la señal del sensor MAP con el osciloscopio, a ralentí se tiene un valor de 1,2 V en estado de WOT tenemos un valor de 3,2 V con estos valores podemos corroborar que el sensor está operando de manera correcta.

4.6.1.3. IAC

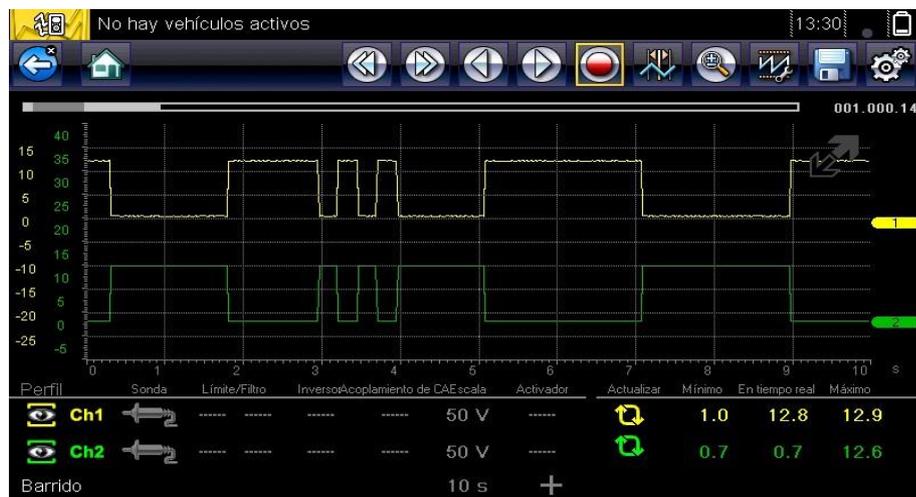


Ilustración 4-9: Señal de la válvula IAC

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

En la ilustración 4-8 se puede visualizar la señal de la válvula IAC en el osciloscopio, se tiene una señal correcta de funcionamiento de apertura y cierre de la válvula.

4.6.2. Sistema de inyección electrónico implementado puesto a prueba

En la ilustración 4-9 se observa al vehículo en una prueba de funcionamiento en la pista Condor Pamba en la sexta válida de Auto Cross 4x4, se notó un buen desempeño del vehículo.



Ilustración 4-10: Prueba de funcionamiento del vehículo en pista.

Realizado por: Morocho J; Pillajo J. 2023

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se realizó una investigación teórica sobre los diferentes sistemas de inyección de esta manera seleccionamos el sistema de inyección indirecta multipunto simultaneo por el control del número de inyectores.

En base a los estudios realizados seleccionamos la computadora estándar del vehículo Daewoo racer porque cumple con la característica de controlar 6 inyectores usar un distribuidor electrónico, los sensores y actuadores porque son compatibles con la computadora y se adaptan a las condiciones del vehículo.

Realizadas las pruebas de potencia, torque y emisiones de gases. Con el sistema de inyección electrónica implementado concluimos que, la potencia aumenta un 23% el torque un 3,7% con respecto al sistema de alimentación a carburador, también disminuye los gases contaminantes como el CO y HC logrando así estar dentro de los estándares permitidos de la norma INEN 2204.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda cambiar el tanque de combustible de metal por uno de plástico, debido a que metal es propenso a corrosión, el óxido afecta todo el sistema de inyección obstruyendo el paso de combustible y dañando los componentes el sistema de inyección.

Se recomienda realizar la limpieza del todo el motor y el sistema implementado después de cada carrera para evitar averías y de esta manera garantizar el funcionamiento óptimo del vehículo.

Se recomienda que todas las instalaciones eléctricas del sistema de inyección electrónica se encuentren selladas herméticamente evitando el ingreso de agua o lodo.

Se recomienda comprar un distribuidor electrónico original para reemplazar en caso de avería del que trae actualmente instalado, también comprar un termostato para el vehículo y poder disminuir el consumo de combustible en arranque en frío.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ÁGUEDA, E. J.**, *Técnicas básicas de mecánica y electricidad*. Madrid: Paraninfo, SA.
2. **ALONSO, J.**, *Manual electronica automovil fundamentos sensores y actuadores sistemas componentes funcionamiento*. [En línea]
3. **ALONSO, P.**, *Técnicas del automovil*. España: Paraninfo. 2018.
4. **ARIAS, M.**, *Manual de automóviles*. Madrid : Dossat 2000. 2004.
5. **AUTOMOTRIZ, I. Y. M.**, *¿Qué es el sensor de Oxígeno y cual es su funcionamiento?*. [En línea] Available at: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-de-oxigeno-y-cual-es-su-funcion/>
6. **AUTOMOTRIZ, I. Y. M.**, *Qué es el sensor de posición de cigüeñal CKP y cómo funciona?*. [En línea] Available at: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-de-posicion-de-ciguenal-ckp-y-como-funciona/>
7. **AUTOMOTRIZ, I. Y. M.**, *Qué es el sensor IAT y cual es su funcionamiento*. [En línea] Available at: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-iat-y-cual-es-su-funcionamiento/>
8. **AVANCE, A.**, *Sensor de Posición del cigüeñal CKP*. [En línea] Available at: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/135-sensor-de-posicion-del-ciguenal-ckp/>
9. **BANISH, G.**, *Engine management advance tuning s.l. s.l.:*CarTech.2007
10. **BERCENES, A.**, *Estudio del Consumo, Torque y Potencia del Motor Suzuki G13B 1300 cc Adaptado con un Sistema de Estrangulación Independiente ITBS*, Gayaquil: GUAYAQUIL/UIDE.
11. **BOSCH**, *Sistemas de inyección electronica*. [En línea] Available at: https://www.academia.edu/43047865/INYECCION_ELECTRONICA_BOSCH

- 12. BUENDIA, R.,** *Motor Pasión.* [En línea]
Available at: <https://www.motorpasion.com.mx/tecnologia/carburadores-como-funcionan-que-estan-extincion>
- 13. COLCHA, D. & LEGUISAMO, J.,** *Repositorio digital Universidad Internacional SEK.*
[En línea] Available at:
https://repositorio.uho.edu.cu/bitstream/handle/uho/4343/Trabajo%20de%20Diploma1_130712.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 14. CUEVAS, A.,** *El motor de combustión interna y su impacto ambiental.* Madrid: Jorge Sarmiento Editor - Universitas.
- 15. GONZÁLEZ, M.,** *Alimentación mediante carburador.* [En línea]
Available at:
https://ikastaroak.birt.eus/edu/es/EME/MMPV/MMPV02/es_EME_MMPV02_Contenidos/webseite_421_alimentacin_mediante_carburador.html
- 16. GRANJA, N.,** *Estudio comparativo de potencia de los sistemas de alimentacion de combustible a 2800msnm.* Quito: QUITO/UIDE.
- 17. INEN_2204,** *Gestión ambiental. aire. vehículos automotores. límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.* [En línea]
Available at: <https://ia902909.us.archive.org/12/items/ec.nte.2204.2002/ec.nte.2204.2002.pdf>
- 18. MOTORES, I. E.,** *Sensor de oxígeno o sonda lambda.* [En línea]
Available at: <https://inyeccionelectronicamotores.blogspot.com/2016/07/sensor-de-oxigeno.html>
- 19. MOTORS, E.,** *Sensor de flujo de masa de aire.* [En línea]
Available at: <https://ehtmotors.com/sensores.php?p=maf>
- 20. MOTORSERVICE, T. M. S.,** *Bombas eléctricas. Volumen 4.* 2015.
- 21. MUÑOZ, A. R. & M.,** *Motores de combustion interna.* Madrid: uned. 2015.
- 22. ONLINESTORES,** *Surtidor del carburador.* [En línea]
Available at:

<https://onlinestores.factoryoutlets2023.com/content?c=surtidor+del+carburador&id=2>

23. OROZCO, J., *Sistema de combustible con carburador e introducción a la inyección electrónica.* México, D.F: México Digital Comunicación.

24. PÉREZ, M., *Sistemas auxiliares del motor.* Madrid: Paraninfo, S.A. 2017.

25. PREMIUM, S., *Spectra Premium.* [En línea]
Available at: <https://www.spectrapremium.com/es/oem/automotive/steel-fuel-tanks>

26. QUIJANO, C. H. M., *Características de los sistemas de inyección.* [En línea]
Available at: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8482966.pdf>

27. SÁNCHEZ, E., *Sistemas auxiliares del motor.* Madrid: Macmillan Iberia, S.A.

28. SANCHEZ, E., *Sistemas Auxiliares del Motor.* España: Macmillan Iberia, S.A..

29. SÁNCHEZ, E., *Sistemas Auxiliares del motor.* España: Macmillan Iberia, S.A.. 2018.

30. TKART, *El carburador de cuba.* [En línea]
Available at: <https://tkart.it/es/magazine/tecnica/carburador-2-tiempos-carburador-de-cuba-kart-manual-funcionamiento-carburador-de-vacio-manual-carburador-dellorto/#1>

31. YERERA, S., *Sistemas de inyección.* En: *Sistemas de inyección.* España: Punto Rojo Libros.

ANEXOS

ANEXO A: PRUEBAS DE DINAMÓMETRO



ANEXO B: SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICO FUNCIONANDO CORRECTAMENTE DESPUÉS DE LA COMPETICIÓN

