



# INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en  
Mecánica Automotriz**

**Autores:** Ángel David Gordillo Luna

Omar Edgardo Ruiz Salguero

**Tutor:** Ing. Juan Castro Mediavilla, MSc

**Implementación de un Sistema de Inyección Electrónica en un  
Motor de Carburación Modelo Hyundai Stellar**

**Guayaquil – Ecuador | 2024**



### **Certificado de Autoría**

Nosotros, Ángel David Gordillo Luna y Edgardo Omar Ruiz Salguero, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

Ángel David Gordillo Luna

C.I.: 0941510141

---

Edgardo Omar Ruiz Salguero

C.I.: 0924556921

### **Aprobación del Tutor**

Yo, Juan Castro Mediavilla certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

---

Ing. Juan Castro Mediavilla, MSc.

Director de Proyecto

## **Dedicatoria**

Dedicamos el presente proyecto a Dios principalmente por darnos salud, vida y fortaleza y a nuestros padres, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más; gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

***Gordillo Luna Ángel David***

***Ruiz Salguero Omar Edgardo***

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios por permitirnos lograr una de mis más grandes metas como es culminar nuestra carrera universitaria en Ingeniería Automotriz.

A nuestros padres y docentes de la universidad que han inculcado grandes valores y principios en nosotros para sobrellevar todas las dificultades que se nos presentan en todos los ámbitos de nuestra vida.

finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al

Ing. Juan Castro Mediavilla, principal colaborador durante todo este proceso quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

*Gordillo Luna Ángel David*

*Ruiz Salguero Omar Edgardo*

## Índice General

Certificado de Autoría .....	iii
Aprobación del Tutor .....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Índice General .....	vii
Índice de Figuras .....	xii
Índice de Tablas.....	xv
Resumen .....	xvi
Abstract .....	xvii
Capítulo I.....	1
Antecedentes .....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Ubicación del Problema .....	1
1.3 Formulación del Problema .....	2
1.4 Sistematización del Problema .....	2
1.5 Objetivos de la Investigación .....	2
<i>1.5.1 Objetivo General</i> .....	2
<i>1.5.2 Objetivos Específicos</i> .....	3
1.6 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	3
<i>1.6.1 Justificación Teórica</i> .....	3
<i>1.6.2 Justificación Metodológica</i> .....	3
<i>1.6.3 Justificación Práctica</i> .....	4
<i>1.6.4 Delimitación Temporal</i> .....	4
<i>1.6.5 Delimitación Geográfica</i> .....	4

<i>1.6.6 Delimitación del Contenido</i> .....	4
Capítulo II .....	6
Marco Teórico .....	6
2.1 Motores de Combustión Interna .....	6
2.1.1 <i>Ciclo de Trabajo de un Motor de Combustión Interna Alternativo de 4 tiempos</i> .....	7
2.1.2 <i>Admisión</i> .....	8
2.1.3 <i>Compresión</i> .....	8
2.1.4 <i>Combustión</i> .....	8
2.1.5 <i>Escape</i> .....	9
2.2 Motores a Carburador.....	9
2.3 Sistema de Inyección en Motores a Gasolina.....	10
2.3.1 <i>Partes del Sistema de Inyección de Gasolina</i> .....	12
2.3.2 <i>Tipos de Sistemas de Inyección de Gasolina</i> .....	12
2.4 Sistema de Inyección Electrónica .....	13
2.4.1 <i>Componentes Principales del Sistema</i> .....	13
2.4.2 <i>Funcionamiento del Sistema de Inyección Electrónico</i> .....	17
2.4.3 <i>Ventajas de la Inyección Electrónica</i> .....	17
2.4.4 <i>Diferencias entre un Motor con Sistema de Carburación y con Sistema de Inyección Electrónica</i> .....	18
2.5 <i>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204</i> .....	20
2.6 Marco Conceptual .....	21
2.6.1 <i>Principios de Funcionamiento del Carburador y la Inyección Electrónica</i> .....	21
2.6.2 <i>Eficiencia y Control de Emisiones</i> .....	21
2.6.3 <i>Tecnología y Componentes Requeridos</i> .....	21
2.6.4 <i>Configuración y Ajustes</i> .....	21



2.6.5 Costos y Beneficios.....	21
2.6.6 Impacto en el Rendimiento y la Fiabilidad .....	22
2.6.7 Regulaciones y Normativas.....	22
Capítulo III .....	23
Implementación de un Sistema de Inyección Electrónica en un Motor de Carburación Modelo Hyundai Stellar.....	23
3.1 Diseño Metodológico .....	23
3.2 Método de Investigación .....	23
3.3 Tipo de Investigación .....	23
3.3.1 Investigación Exploratoria.....	23
3.3.2 Investigación de Campo.....	24
3.3.3 Investigación Aplicada.....	24
3.3.4 Implementación de un Sistema de Inyección Electrónica de Combustible.....	24
3.4 Implementación de un Sistema de Inyección Electrónica al Vehículo Hyundai Stellar ....	24
3.5 Características, Información y Consideraciones Técnicas de Instalación.....	25
3.5.1 Características de los Componentes a Utilizar.....	25
3.5.2 Consideraciones de Conexión e Información Técnica de Instalación.....	30
3.6 Comienzo del Desarme de las Piezas del Motor .....	35
3.6.1 Retiro del Múltiple de Admisión.....	35
3.6.2 Retiro de los Cables de Bujía.....	36
3.6.3 Retiro del Ventilador y Polea que se Acopla a la Bomba de Agua.....	37
3.6.4 Desmontaje de la Polea del Cigüeñal .....	38
3.6.5 Fabricación del Múltiple de Admisión.....	39
3.6.6 Fabricación de la Toma de Agua.....	40
3.6.7 Sensor de Temperatura en la Toma de Agua .....	40

3.6.8	<i>Cuerpo de Aceleración Independiente o ITB (Individual Throttle Bodies)</i> .....	41
3.6.9	<i>Acoplamiento del Múltiple de Admisión Fabricado con el ITB (Individual Throttle Bodies)</i> .....	42
3.6.10	<i>Acoplamiento del Múltiple de Admisión Fabricado e ITB a la Culata del Motor</i> .....	43
3.6.11	<i>Instalación del Cable de Aceleración</i> .....	43
3.6.12	<i>Instalación de Filtros de Aire</i> .....	45
3.6.13	<i>Retiro de Bomba de Combustible Mecánica</i> .....	45
3.6.14	<i>Sello de Orificio de la Bomba Mecánica</i> .....	46
3.6.15	<i>Fabricación de la Rueda Dentada</i> .....	47
3.6.16	<i>Instalación de la Rueda Dentada Unificada a la Polea del Cigüeñal</i> .....	47
3.6.17	<i>Fabricación de la Base del Sensor CKP</i> .....	48
3.6.18	<i>Instalación de la Base del Sensor CKP</i> .....	49
3.6.19	<i>Instalación del Soporte de la Bobina de Encendido</i> .....	49
3.6.20	<i>Modificación del Radiador</i> .....	50
3.6.21	<i>Instalación del Electroventilador</i> .....	51
3.6.22	<i>Instalación del Sistema de Alimentación de Combustible</i> .....	51
3.6.23	<i>Sistema de Escape</i> .....	56
3.6.24	<i>Instalación del Sensor de Oxígeno</i> .....	57
3.6.25	<i>Instalación del Sistema Eléctrico</i> .....	58
3.6.26	<i>Características de Ramal Eléctrico</i> .....	60
Capítulo IV	.....	69
	<i>Comparación de los Gases de Escape por Medio de un Analizador de Gases en un Motor Hyundai Stellar</i> .....	69
4.1	<i>Resultado de Prueba de Emisiones de Gases con Carburador</i> .....	69
4.1.1	<i>Medición de los Gases</i> .....	69

4.2 Resultado de Prueba de Emisiones de Gases con Sistema de Inyección Electrónica .....	70
4.3 Obtención y Análisis de Resultados entre los Sistemas de Inyección Electrónica vs Carburador.....	71
Conclusiones .....	74
Recomendaciones.....	75
Bibliografía.....	76

## Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación de Taller</i> .....	2
Figura 2 <i>Carburador Básico Sección Transversal</i> .....	10
Figura 3 <i>Ciclo Otto</i> .....	11
Figura 4 <i>Sistema de Inyección a Gasolina</i> .....	11
Figura 5 <i>Esquema de un Sistema de Alimentación de Aire Individual (ITB)</i> .....	26
Figura 6 <i>Retiro del Múltiple de Admisión</i> .....	36
Figura 7 <i>Retiro de los Cables de Bujía</i> .....	37
Figura 8 <i>Retiro del Ventilador</i> .....	37
Figura 9 <i>Desmontaje de la Polea de la Bomba de Agua</i> .....	38
Figura 10 <i>Desmontaje de la Polea del Cigüeñal</i> .....	38
Figura 11 <i>Desajuste de Perno de la Polea del Cigüeñal</i> .....	39
Figura 12 <i>Fabricación del Múltiple de Admisión</i> .....	39
Figura 13 <i>Fabricación de la Toma de Agua</i> .....	40
Figura 14 <i>Sensor de Temperatura en la Toma de Agua</i> .....	40
Figura 15 <i>Cuerpo de Aceleración Independiente o ITB (Individual Throttle Bodies)</i> .....	41
Figura 16 <i>Riel de Inyectores</i> .....	41
Figura 17 <i>Inyectores</i> .....	42
Figura 18 <i>Acoplamiento del Múltiple de Admisión Fabricado con el ITB (Individual Throttle Bodies)</i> .....	42
Figura 19 <i>Acoplamiento del Múltiple de Admisión Fabricado e ITB a la Culata del Motor</i> ..	43
Figura 20 <i>Instalación del Cable de Aceleración (1)</i> .....	44
Figura 21 <i>Instalación del Cable de Aceleración (2)</i> .....	44
Figura 22 <i>Instalación del Cable de Aceleración (3)</i> .....	44
Figura 23 <i>Instalación de Filtros de Aire</i> .....	45

Figura 24 <i>Retiro de Bomba de Combustible Mecánica</i> .....	46
Figura 25 <i>Sello de Orificio de la Bomba Mecánica</i> .....	46
Figura 26 <i>Fabricación en Torno de Rueda Dentada de 58 Dientes</i> .....	47
Figura 27 <i>Instalación de la Rueda Dentada</i> .....	48
Figura 28 <i>Molde de la Base del Sensor CKP</i> .....	49
Figura 29 <i>Instalación de la Base del Sensor CKP</i> .....	49
Figura 30 <i>Instalación del Soporte de la Bobina de Encendido (1)</i> .....	50
Figura 31 <i>Instalación del Soporte de la Bobina de Encendido (2)</i> .....	50
Figura 32 <i>Instalación del Radiador</i> .....	51
Figura 33 <i>Instalación del Electroventilador</i> .....	51
Figura 34 <i>Regulador de Presión de Combustible</i> .....	52
Figura 35 <i>Instalación del Regulador de Combustible</i> .....	52
Figura 36 <i>Instalación de Manguera Flexible de Combustible</i> .....	53
Figura 37 <i>Instalación de Cañería de Combustible</i> .....	53
Figura 38 <i>Ubicación del Filtro de Combustible</i> .....	54
Figura 39 <i>Bomba de Combustible Eléctrica</i> .....	54
Figura 40 <i>Conexión Eléctrica de la Bomba de Combustible</i> .....	55
Figura 41 <i>Acoplamiento de Manguera al Riel de Inyectores</i> .....	56
Figura 42 <i>Instalación al Sistema de Escape (1)</i> .....	56
Figura 43 <i>Instalación al Sistema de Escape (2)</i> .....	57
Figura 44 <i>Sensor de Oxígeno</i> .....	57
Figura 45 <i>Caja de Fusibles</i> .....	58
Figura 46 <i>Diagrama Eléctrico del Sistema de Inyección Electrónica</i> .....	59
Figura 47 <i>Diagrama Eléctrico del EFI R1000 con Vista Trasera del Conector del Ramal Eléctrico Principal</i> .....	61

Figura 48 <i>Indicaciones a Seguir para las Conexiones de los Pines del Ramal Eléctrico Principal</i> .....	62
Figura 49 <i>Diagrama Eléctrico del EFI R1000 con Vista Trasera del Conector del Ramal Eléctrico Secundario</i> .....	62
Figura 50 <i>Indicaciones a Seguir para las Conexiones de los Pines del Ramal Eléctrico Secundario</i> .....	63
Figura 51 <i>Instalación de Porta Relé</i> .....	63
Figura 52 <i>Sensor CKP</i> .....	64
Figura 53 <i>Sensor de la Mariposa (TPS)</i> .....	64
Figura 54 <i>Sensor de Temperatura de Aire (IAT)</i> .....	65
Figura 55 <i>Sensor de Temperatura del Refrigerante (ECT)</i> .....	65
Figura 56 <i>Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP)</i> .....	66
Figura 57 <i>ECU (Unidad de Control Electrónica) del Vehículo</i> .....	67
Figura 58 <i>Indicador de Lectura del Sensor de Oxígeno</i> .....	67
Figura 59 <i>Modelo Hyundai Stellar</i> .....	67
Figura 60 <i>Sistema de Inyección Electrónica Armado</i> .....	68
Figura 61 <i>Medición de los Gases con el Sistema de Carburación con Arranque en Frio</i> .....	69
Figura 62 <i>Medición de los Gases con el Sistema de Carburación con Motor Caliente</i> .....	70
Figura 63 <i>Medición de los Gases con Sistema de Inyección Electrónica</i> .....	71
Figura 64 <i>Comparación de los Sistemas</i> .....	72

## Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Límites Máximos de Emisiones Permitidos para Fuentes Móviles con Motor de Gasolina</i> .....	20
Tabla 2 <i>Datos de Emisión con el Sistema de Carburador con Motor Caliente</i> .....	70
Tabla 3 <i>Datos de Emisión con el Sistema de Inyección Electrónica Implementado</i> .....	71
Tabla 4 <i>Datos Permitidos por la Norma NTE INEN 2204</i> .....	73

## Resumen

Los motores de combustión interna han sido la columna vertebral del transporte moderno y la industria automotriz durante más de un siglo. Estos motores, ya sean de gasolina o diésel, han permitido una movilidad sin precedentes, pero también han sido una fuente significativa de contaminación ambiental debido a sus emisiones nocivas. La inyección electrónica de combustible se apoya en una serie de componentes, incluyendo la Unidad de Control Electrónico (ECU) y una variedad de sensores y actuadores. Estos dispositivos permiten una gestión sofisticada del motor, ajustando la mezcla aire-combustible y otros parámetros en tiempo real para maximizar la eficiencia y minimizar las emisiones. El diseño metodológico para la implementación de un sistema de inyección electrónica en un motor de carburación modelo Hyundai Stellar comienza con la recopilación exhaustiva de información sobre motores de combustión interna y proyectos similares. La conversión de un sistema de carburador a inyección electrónica puede ser un proceso complejo y costoso que requiere un profundo conocimiento de los sistemas involucrados y del vehículo específico. La comparación de los gases de escape mediante un analizador en un motor Hyundai Stellar revela diferencias significativas entre el sistema de carburación y el sistema de inyección electrónica. En una prueba de emisiones con carburador, se observan valores más altos de CO, HC y NOx en comparación con el sistema de inyección electrónica. Por ejemplo, con el motor en frío, se registran valores de CO de 8.80 % con carburador, mientras que con inyección electrónica se reduce a 0.76 %, y más detalles relevantes que se puede evidenciar en el desarrollo del presente proyecto.

***Palabras Clave:*** Inyección Electrónica, ECU, Motor, Carburación



## **Abstract**

Internal combustion engines have been the backbone of modern transportation and the automotive industry for over a century. These engines, whether gasoline or diesel-powered, have enabled unprecedented mobility but have also been a significant source of environmental pollution due to their harmful emissions. Electronic fuel injection relies on a series of components, including the Electronic Control Unit (ECU) and a variety of sensors and actuators. These devices allow for sophisticated engine management, adjusting the air-fuel mixture and other parameters in real-time to maximize efficiency and minimize emissions. The methodological design for implementing an electronic fuel injection system in a carbureted engine like the Hyundai Stellar begins with comprehensive information gathering on internal combustion engines and similar projects. Converting from a carburetor system to electronic fuel injection can be a complex and costly process that requires a deep understanding of the systems involved and the specific vehicle. The comparison of exhaust gases using an analyzer on a Hyundai Stellar engine reveals significant differences between the carburetor system and the electronic fuel injection system. In an emissions test with a carburetor, higher values of CO, HC, and NO<sub>x</sub> are observed compared to the electronic fuel injection system. For example, with the engine cold, CO values of 8.80 % are recorded with the carburetor, whereas with electronic injection, it is reduced to 0.76 %, along with other relevant details evident in the development of this project.

***Keywords:*** Electronic Injection, ECU, Engine, Carburation

## **Capítulo I**

### **Antecedentes**

#### **1.1 Planteamiento del Problema**

Los avances tecnológicos en la industria automotriz han permitido incorporar cambios en los motores con el objetivo de cumplir con los estándares de emisiones ambientales de acuerdo con las normas euro de emisiones, a partir de la técnica de observación se pudo identificar el alto grado de contaminación ambiental que se produce por las emisiones de gases contaminantes producidos por los vehículos con sistema de carburación.

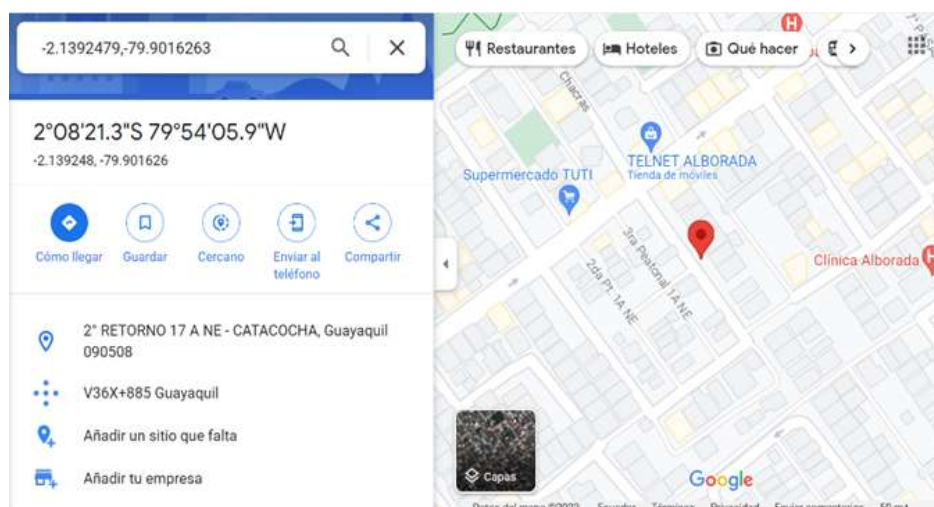
Los altos niveles de contaminación ambiental provocados por las emisiones de óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e hidrocarburos (HC) han incidido en la creación de nuevos centros de revisión vehicular orientados a cumplir con los estándares establecidos para contribuir a disminuir la contaminación del aire en lo que respecta a la circulación vehicular en el país. Por lo antes expuesto se consideran a los sistemas de carburación como uno de los causantes de la contaminación ambiental debido a la emisión excesiva de gases altamente contaminantes que inciden en algunas situaciones problemáticas tales como: alto consumo de combustible e inconvenientes durante el proceso de revisión vehicular. Ante esta situación el sector automotriz se ve en la necesidad de adoptar cambios en la producción, estos son posibles a los avances tecnológicos del área.

#### **1.2 Ubicación del Problema**

El presente trabajo de implementar un sistema de inyección electrónica en un motor de carburación modelo Hyundai Stellar tendrá lugar en la ciudad de Guayaquil en el sector de la alborada ya que el lugar cuenta con todos los repuestos cerca y con las herramientas adecuadas para el cambio (ver figura 1).

## Figura 1

### Ubicación del Taller



Fuente: (Google , 2023)

### 1.3 Formulación del Problema

¿La implementación de un sistema de inyección electrónica en un motor de carburación modelo Hyundai Stellar, permitirá que en un futuro los propietarios de los vehículos a carburador cambien su sistema a uno de inyección electrónica para disminuir la contaminación del vehículo y lograr un ahorro de combustible sin tener que renovar el vehículo completo?

### 1.4 Sistematización del Problema

- ¿Cuál es la dificultad que representaría implementar un sistema de inyección electrónica a uno de carburación?
- ¿Qué beneficios podría obtener el vehículo por la sustitución de un sistema de carburación implementando uno de inyección electrónica?
- ¿Es viable la implementación del sistema de inyección electrónica en un motor a carburación modelo Hyundai Stellar?

### 1.5 Objetivos de la Investigación

#### 1.5.1 Objetivo General

Implementar un sistema de inyección electrónica en un motor a carburación Hyundai

Stellar para la comprobación de los gases contaminantes.

### ***1.5.2 Objetivos Específicos***

- Determinar los elementos y requerimientos en la instalación del sistema de inyección electrónica.
- Detallar el proceso de implementación del sistema de inyección electrónica a instalar.
- Comparar los gases de escape por medio de un analizador de gases tanto a carburador como de inyección electrónica para la obtención y análisis de resultados de acuerdo con la norma NTE INEN 2204.

## **1.6 Justificación y Delimitación de la Investigación**

Es un hecho que los vehículos antiguos con sistemas a carburador están desapareciendo en nuestro medio automotriz, dicho acontecimiento se debe a la elevada contaminación ambiental que genera el sistema de escape, y como resultado se observa una disminución. Dado que aún existe un grupo considerable de vehículos que funcionan con sistema de carburación, se plantea la opción dirigida a los propietarios de que puedan hacer una implementación de sistema de inyección electrónica cuyo sistema les permite reducir de forma significativa la emisión de gases contaminantes.

### ***1.6.1 Justificación Teórica***

Se basa en la investigación relacionada a la implementación del sistema de inyección electrónica de combustible en un motor de carburación, tomando en cuenta los conceptos, teorías y prácticas que puedan aplicarse en el presente proyecto.

### ***1.6.2 Justificación Metodológica***

La implementación de un sistema de inyección electrónica en un motor de carburación modelo Hyundai Stellar, toma en consideración todos los aspectos teóricos y prácticos que puedan ser necesarios mediante un proceso lógico y ordenado. Lo mencionado anteriormente, permitirá llevar a cabo dicho sistema de forma accesible y económica, presentando numerosas

ventajas como disminución del consumo de combustible y menos contaminación ambiental, permitiendo ahorrar dinero y así evitar la necesidad de cambiar el vehículo.

### ***1.6.3 Justificación Práctica***

Para la implementación entre estos sistemas es necesario primero investigar las particularidades de cada uno de ellos, sus componentes y funcionamiento del sistema en conjunto, para poder realizar un análisis sobre cómo cambiar de sistema sin afectar el rendimiento del vehículo, con esto se podrá ejecutar un plan para la implementación, tomando como guía el motor Hyundai Stellar.

Este sistema de implementación también permitirá evaluar de forma práctica las diferencias entre un sistema y otro, teniendo en cuenta el mismo motor, y qué mejoras o deficiencias se han obtenido en cada sistema.

### ***1.6.4 Delimitación Temporal***

El presente proyecto será realizado desde el mes de agosto de 2023 hasta el mes de febrero de 2024, lo que permitirá investigar e implementar el nuevo sistema del motor.

### ***1.6.5 Delimitación Geográfica***

La elaboración del presente proyecto será en la ciudad de Guayaquil, en donde se realizará la investigación bibliográfica y la implementación del sistema de inyección electrónica de combustible en el motor Hyundai Stellar.

### ***1.6.6 Delimitación del Contenido***

La primera parte del presente proyecto estará constituido por un marco conceptual, esto permitirá conocer sobre los fundamentos del sistema de carburador e inyección, conociendo sus componentes, breve reseña histórica, funcionamiento, ventajas y desventajas de cada uno, contaminantes emitidos por un motor de combustión interna alternativo (MCIA) y sobre proyectos de conversión que servirán como marco referencial del proyecto, también los beneficios teóricos que se podrían obtener con un sistema u otro.

En la segunda parte de este proyecto se debe realizar el estudio de cómo implementar el cambio de un sistema de carburador a uno de inyección electrónica de combustible, tomando en consideración componentes que se deben agregar, cuáles deben ser eliminados y que partes del motor deben ser modificadas para acomodar correctamente cada componente, con la finalidad de alcanzar un funcionamiento exitoso de todo el sistema.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### 2.1 Motores de Combustión Interna

Los motores de combustión interna son un motor térmico que una parte de la energía liberada en forma de explosión se transforma en trabajo o también llamado movimiento. Los motores de combustión tanto gasolina o Diésel producen gases nocivos para el medio ambiente, uno de los inconvenientes de este tipo de vehículos es el bajo aprovechamiento que hacen del contenido energético de los hidrocarburos ya que solo se aprovecha el 30 % de la energía producida (Junta de Castilla y León , 2022).

Según Rafael y Hernández (2014), la contaminación del aire en países industrializados se origina principalmente en el transporte, emisiones industriales y áreas urbanas o rurales. Estas fuentes están vinculadas a la demanda de productos, energía y servicios de la sociedad. El uso generalizado de vehículos con motores de combustión interna contribuye significativamente a las emisiones contaminantes. Estas emisiones, compuestas por gases perjudiciales para el medio ambiente, son motivo de preocupación global. Para abordar este problema, se han establecido leyes y regulaciones que obligan a los fabricantes a desarrollar tecnologías que cumplan con normativas de emisiones específicas en cada país. Los principales elementos nocivos en los gases de escape incluyen dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) e hidrocarburos (HC). Gobiernos han implementado leyes limitando la cantidad de contaminantes permitidos, impulsando a la industria automotriz a mejorar la eficiencia y reducir la contaminación de sus motores.

La energía mecánica es esencial para operar máquinas, y puede obtenerse a partir de fuentes como la energía térmica, hidráulica, solar y eólica. La energía térmica, derivada de la quema de combustibles orgánicos como los hidrocarburos, es la más comúnmente utilizada.

Los motores de combustión interna son dispositivos clave que convierten la energía térmica en trabajo útil, consumiendo el 80 % de la energía mundial derivada de hidrocarburos. Estos motores buscan producir trabajo mecánico a partir de la energía química en el combustible mediante la combustión interna.

En el proceso, se introduce aire y combustible en el motor, y la mezcla comprimida en la cámara de combustión se transforma mediante la combustión en vapor de agua, dióxido de carbono y nitrógeno. La composición química del fluido de trabajo, inicialmente formado por aire y combustible, varía a lo largo del ciclo de trabajo, generando productos como monóxido de carbono, hidrógeno, metano y oxígeno en casos de combustión incompleta.

### ***2.1.1 Ciclo de Trabajo de un Motor de Combustión Interna Alternativo de 4 tiempos***

El ciclo de trabajo es el proceso que permite la mezcla entre el oxígeno y el combustible dentro del motor, lo que a su vez permite una carrera de trabajo (expansión del gas). En otras palabras, gracias a este proceso, el combustible se convierte en energía, que a su vez se transforma en calor y luego en movimiento. (Renting Finders, 2024)

Según Arias Paz (2004), los mecanismos como pistones, cigüeñales y bielas, junto con la reacción química entre oxígeno y combustible, son responsables de convertir la energía química en energía mecánica en motores de combustión interna. En estos motores, la combustión del carburante y el oxígeno impulsa el movimiento del pistón.

El ciclo de trabajo de los motores de gasolina consta de cuatro tiempos: admisión, compresión, explosión y escape. En la admisión, se mezcla aire y combustible; en la compresión, la mezcla se comprime; en la explosión, la chispa inflama la mezcla, expandiendo los gases que impulsan el pistón; y, finalmente, en el escape, se evacúan los gases quemados. Este proceso se conoce como el ciclo de Otto.

Los motores de dos tiempos, comunes en motores más pequeños y simples, completan el ciclo con un solo giro del cigüeñal: admisión-compresión/expansión-escape.



Los motores de combustión interna mezclan oxígeno y combustible para aprovechar el calor generado en la combustión y producir un movimiento giratorio, convirtiendo así la energía química en mecánica. La mayoría de los vehículos utilizan motores de 4 tiempos, con el número de cilindros no necesariamente relacionado con el número de tiempos. El ciclo de cuatro tiempos incluye admisión, compresión, explosión y escape, cada uno con funciones específicas.

### ***2.1.2 Admisión***

Durante la fase de admisión, el pistón se encuentra en la parte superior del cilindro. La válvula de admisión se abre, permitiendo la entrada de una mezcla de aire y combustible al interior del cilindro. En motores de gasolina, la mezcla es aire-combustible, mientras que en motores diésel solo se admite aire. El cigüeñal gira 180 grados, mientras que el árbol de levas gira 90 grados.

Esta fase prepara el cilindro para la próxima combustión al introducir la mezcla necesaria para la ignición. El movimiento descendente del pistón contribuye a aspirar la mezcla al cilindro.

### ***2.1.3 Compresión***

En el punto inferior, la válvula de admisión se cierra, y el pistón se mueve hacia arriba, comprimiendo la mezcla de aire y combustible en el cilindro. Durante este proceso, la presión y la temperatura de la mezcla aumentan significativamente. El cigüeñal ha completado una revolución completa y el árbol de levas, 180 grados completos.

La compresión es esencial para crear las condiciones óptimas para la combustión. Al comprimir la mezcla, se aumenta la eficiencia de la ignición.

### ***2.1.4 Combustión***

Cuando el pistón alcanza el punto muerto superior (PMS), se produce la ignición. En motores de gasolina, una chispa de la bujía enciende la mezcla, mientras que en motores diésel, la alta temperatura y presión resultantes de la compresión inician la combustión. El cigüeñal

gira un total de 540 grados, mientras que el árbol de levas gira 270 grados.

La fase de explosión transforma la energía química de la mezcla en energía térmica, generando una presión significativa que empuja el pistón hacia abajo.

### ***2.1.5 Escape***

A medida que el pistón regresa al punto muerto inferior, la válvula de escape se abre, lo que hace que se eleve nuevamente para expulsar el gas de la explosión. A continuación, se repite el ciclo. El cigüeñal ha completado dos revoluciones completas y el árbol de levas, una revolución (Plaza, 2022).

La fase de escape libera los residuos de la combustión para preparar el cilindro para el próximo ciclo de admisión. Además, el movimiento ascendente del pistón contribuye a expulsar eficientemente los gases.

## **2.2 Motores a Carburador**

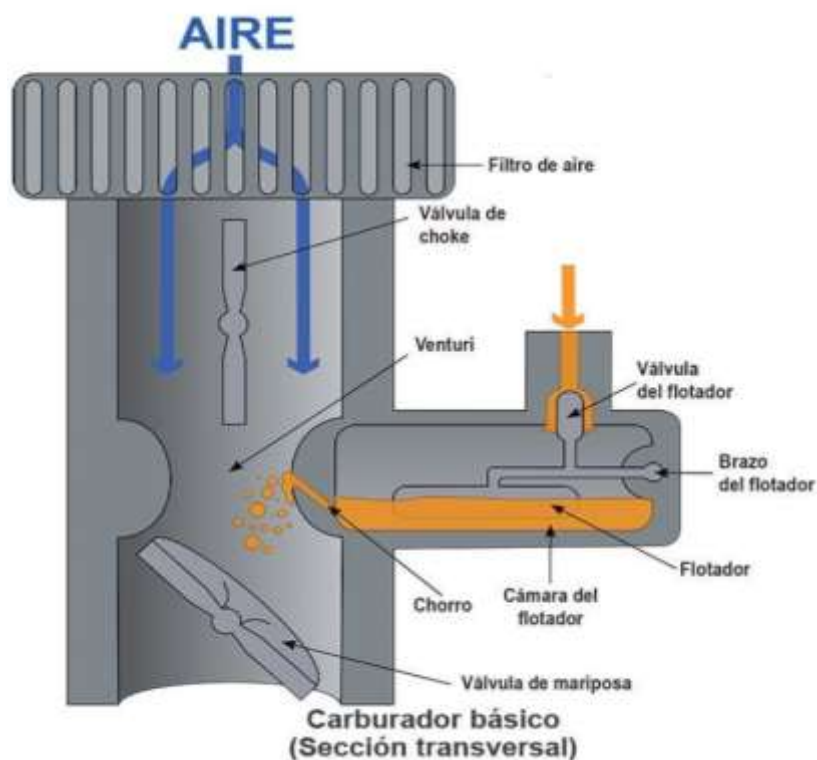
El carburador constituye la sección del motor donde se combinan el aire y la gasolina antes de penetrar en la cámara de combustión. Su principal propósito radica en generar la mezcla más adecuada con el fin de lograr una detonación óptima, o al menos lo más eficiente que sea posible. La mezcla óptima que busca un carburador es de 14.7 partes de aire por cada parte de gasolina. Esta relación de 14.7:1 se llama factor lambda o mezcla estequiométrica (Buendía, 2018).

El carburador (ver figura 2) es en realidad una pieza muy simple conceptualmente. Tiene una toma superior por donde entra el aire, en el medio hay una toma de gasolina que se almacena en un recipiente separado. Este contenedor funciona con un flotador que, cuando el nivel de gasolina desciende por debajo de cierto nivel, abre la válvula para dejar entrar más combustible y la vuelve a cerrar cuando el flotador llega a cierto nivel. Esta cámara vierte combustible al carburador, el cual tiene una estructura Venturi en su parte central. Esto cambia la presión del aire para "succionarlo" en la cámara de combustión. También tiene dos válvulas muy

importantes. El primero es una válvula de choke que regula la cantidad de aire que ingresa al Venturi. La segunda es la válvula de mariposa, que es controlada por el pedal del mismo nombre y se encarga de regular la cantidad de mezcla que ingresa a la cámara de combustible.

**Figura 2**

*Carburador Básico Sección Transversal*



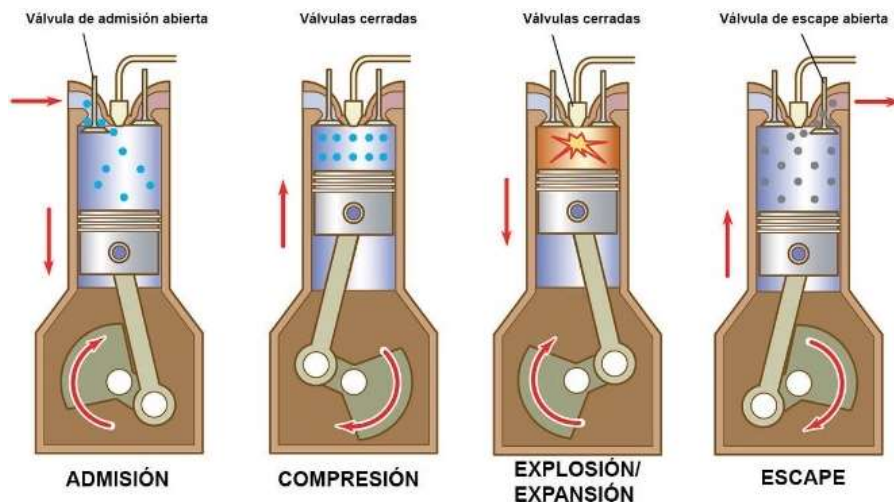
Fuente: (Buendía, 2018)

### 2.3 Sistema de Inyección en Motores a Gasolina

El sistema de suministro de combustible es un mecanismo esencial en los motores de combustión interna. En los motores de ciclo Otto (ver figura 3), que funcionan a gasolina, los inyectores han reemplazado al carburador (ver figura 4). El ciclo Otto se refiere al procedimiento termodinámico utilizado en los motores de combustión interna con encendido por chispa eléctrica. Este nombre se debe a que la energía producida por el motor proviene enteramente de la cámara interna designada para este propósito.

**Figura 3**

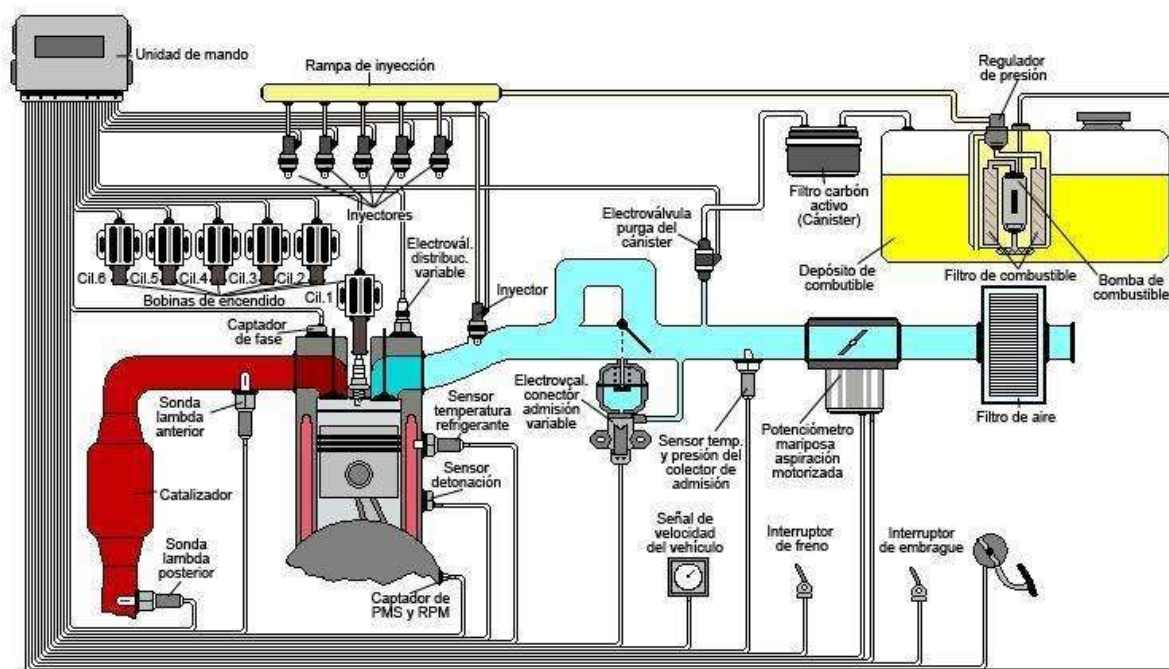
*Ciclo Otto*



Fuente: (Fidalgo, 2023)

**Figura 4**

*Sistema de Inyección a Gasolina*



Fuente: (Perez Cazorla, 2013)

En la actualidad, el uso del carburador en los motores de gasolina ha sido completamente eliminado. La inyección de combustible permite una mejor dosificación y regulación de las

distintas fases de operación del motor, teniendo en cuenta las preferencias del conductor y las normativas medio ambientales que buscan reducir la contaminación. (Blog Automotriz "Cómo funciona", 2008)

Entre los motores a gasolina y Diésel, su diferencia radica en el uso y para lo que se necesite, el sistema de inyección fue un gran avance para el medio ambiente y la introducción de este ha supuesto una mejora significativa en la dosificación y regulación de las diversas fases de operación del motor.

Según blog automotriz español Autodoc (2020), el sistema de inyección de combustible es esencial en los motores de combustión interna, reemplazando al carburador con inyectores.

El sistema de inyección de gasolina procura lograr la mezcla óptima de aire y gasolina para una combustión completa en el cilindro. Evolucionando desde la inyección mecánica hasta la electrónica, utiliza inyectores ubicados en la cámara de combustión para dosificar el combustible según la demanda del vehículo.

### ***2.3.1 Partes del Sistema de Inyección de Gasolina***

- Depósito de combustible.
- Bomba de gasolina con rieles.
- Tubería de descarga de gasolina.
- Inyectores.
- Mariposa para controlar el aire.
- Centralita electrónica (ECU).
- Válvula canister y filtro canister.

### ***2.3.2 Tipos de Sistemas de Inyección de Gasolina***

- Inyección indirecta y directa.
- Inyección monopunto y multipunto.
- Inyección continua e intermitente.

- Sistemas de control mecánico, electromecánico y electrónico.

## **2.4 Sistema de Inyección Electrónica**

La inyección electrónica de combustible es una tecnología avanzada utilizada en motores de combustión interna para controlar con precisión la cantidad y el momento de la inyección de combustible en los cilindros. Este sistema reemplaza los métodos tradicionales de carburación, ofreciendo ventajas significativas en eficiencia, rendimiento y reducción de emisiones.

Según compañía de seguros española dedicada al sector automotriz, Hello Auto (2024), el sistema de inyección electrónica regula con mayor precisión la entrada de combustible en la cámara del motor gracias a componentes electrónicos que controlan la apertura de los inyectores. Sensores miden la cantidad de aire y combustible, determinando el momento y la duración de la inyección, optimizando la eficiencia del motor al ajustarse a la demanda exacta. La inyección electrónica permite operar a presiones más altas que los sistemas mecánicos, calcular el avance del encendido y reducir el consumo de combustible.

Una unidad de control recopila datos de sensores, analiza la información y activa la inyección electrónica según los parámetros procesados. Estas ventajas en eficiencia, combinadas con la necesidad de reducir la contaminación, explican la preferencia por la inyección electrónica sobre la mecánica, que dependía de un distribuidor y un caudalímetro para suministrar combustible a los inyectores en una cantidad preestablecida.

### **2.4.1 Componentes Principales del Sistema**

Unidad de Control Electrónica (ECU)

- Descripción: La ECU es el cerebro de todo el sistema de inyección electrónica. Es una unidad de control electrónica que procesa información de sensores y toma decisiones sobre la cantidad de combustible a inyectar.
- Función: La ECU evalúa constantemente datos como la velocidad del motor, la posición

del acelerador, la temperatura del motor y la presión atmosférica para ajustar la mezcla aire-combustible de manera óptima.

### Sensores

La evolución tecnológica en la industria automotriz ha llevado a la incorporación de sistemas de inyección electrónica de combustible, los cuales dependen en gran medida de sensores precisos para optimizar el rendimiento del motor mediante cinco sensores clave: los Sensores de Flujo de Aire, el Sensor de Posición del Acelerador (TPS), el Sensor de Temperatura del Refrigerante, el Sensor de Presión Absoluta (MAP) y el Sensor de Oxígeno (O<sub>2</sub>).

#### a) Sensores de Flujo de Aire (AFS)

Estos dispositivos desempeñan un papel fundamental al monitorizar la cantidad de aire que ingresa al motor. Utilizando tecnologías como vane, hot wire u otras, estos sensores permiten calcular la mezcla aire-combustible óptima. La información precisa sobre el flujo de aire que es esencial para garantizar una combustión eficiente y reducir las emisiones. Su ubicación estratégica en el sistema de admisión garantiza mediciones precisas y ajustes inmediatos en la inyección de combustible.

#### b) Sensor de Posición del Acelerador (TPS)

El TPS informa sobre la apertura del acelerador, proporcionando datos cruciales para ajustar la cantidad de combustible inyectado según la demanda de potencia del conductor. Utilizando potenciómetros o tecnología hall-effect, este sensor asegura una respuesta instantánea del motor a las variaciones en la posición del pedal del acelerador. Esta capacidad de respuesta contribuye a una experiencia de conducción más suave y eficiente, ya que la inyección de combustible se adapta dinámicamente a las condiciones de conducción.

#### c) Sensor de Temperatura del Refrigerante (ECT)

Ubicado estratégicamente en el bloque del motor o cerca del termostato, el Sensor de

Temperatura del Refrigerante mide la temperatura del líquido de refrigeración. Esta información es vital para ajustar la densidad del combustible de manera acorde a la temperatura del motor. Este ajuste preciso garantiza un rendimiento óptimo en diversas condiciones climáticas y operativas, mejorando la eficiencia del motor y reduciendo el desgaste innecesario.

d) Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP)

El MAP controla la presión en el colector de admisión, proporcionando datos esenciales para calcular la densidad del aire. Este sensor, ubicado en el múltiple de admisión o en el colector, juega un papel crucial en la adaptación del sistema de inyección a las variaciones en la altitud y las condiciones de carga del motor. Ajusta la cantidad de combustible inyectado para mantener una mezcla aire-combustible óptima, asegurando así un rendimiento constante y eficiente.

e) Sensor de Oxígeno (O<sub>2</sub>)

El Sensor de Oxígeno supervisa la cantidad de oxígeno en los gases de escape, permitiendo ajustes precisos en la mezcla aire-combustible en tiempo real. Colocado estratégicamente en el sistema de escape, antes o después del convertidor catalítico, este sensor contribuye significativamente a la reducción de emisiones contaminantes. Su capacidad para proporcionar retroalimentación inmediata a la ECU asegura una combustión completa y eficiente, mejorando la eficiencia del motor y cumpliendo con los estándares ambientales más exigentes.

Estos sensores, al trabajar en conjunto, permiten que los sistemas de inyección electrónica de combustible se adapten dinámicamente a las condiciones de operación, optimizando la eficiencia del motor y reduciendo el impacto ambiental. Su importancia radica en su capacidad para proporcionar datos precisos y en tiempo real, permitiendo ajustes instantáneos que mejoran la eficiencia y el rendimiento general del vehículo.

Actuadores



La ingeniería automotriz contemporánea ha evolucionado de manera significativa gracias a la implementación de sistemas avanzados de inyección electrónica de combustible, de los cuales consta, entre otras partes, de tres actuadores cruciales: los Inyectores de Combustible, las Válvulas Reguladoras de Presión y las Válvulas de Mariposa Electrónicas, examinando su papel fundamental en el rendimiento y la eficiencia de los motores modernos. A continuación, se detallan cada uno de ellos:

a) Los Inyectores de Combustible se destacan como electroválvulas controladas por la Unidad de Control Electrónico (ECU), encargadas de la tarea crucial de pulverizar el combustible directamente en los cilindros del motor. Este proceso es vital para lograr una mezcla aire-combustible precisa y eficiente. La ECU coordina la apertura y cierre de los inyectores en sincronía con el ciclo de trabajo del motor, permitiendo una distribución óptima de combustible en cada cilindro. La capacidad de los inyectores para dosificar con precisión el combustible asegura una combustión completa y eficiente, mejorando la potencia del motor y reduciendo las emisiones contaminantes.

b) Las Válvulas Reguladoras de Presión desempeñan un papel crucial al ajustar la presión del combustible según las necesidades del motor, y se encuentra típicamente en sistemas de inyección electrónica de combustible. Estas válvulas garantizan que la presión del combustible se mantenga dentro de los límites específicos para cada condición de operación. Este ajuste dinámico permite adaptar la inyección de combustible a diferentes cargas del motor y condiciones de conducción. La capacidad de regular la presión del combustible contribuye a la eficiencia del sistema de inyección, mejorando el rendimiento y la economía de combustible.

c) Las Válvulas de Mariposa Electrónicas son actuadores cruciales que controlan el flujo de aire hacia el motor en respuesta a las instrucciones precisas de la ECU. Estas válvulas electrónicas ofrecen un control más preciso y dinámico del flujo de aire. La ECU ajusta la apertura de las válvulas de mariposa electrónicas en tiempo real, optimizando la mezcla aire-

combustible y mejorando la eficiencia del motor.

Los actuadores en los sistemas de inyección electrónica de combustible desempeñan un papel esencial en la optimización del rendimiento y la eficiencia de los motores modernos. Los Inyectores de Combustible, las Válvulas Reguladoras de Presión y las Válvulas de Mariposa Electrónicas, al ser controlados por la ECU, permiten adaptar dinámicamente el sistema de combustible a las condiciones variables de conducción, garantizando así un rendimiento óptimo y una reducción significativa en las emisiones contaminantes.

#### ***2.4.2 Funcionamiento del Sistema de Inyección Electrónico***

##### Fase de Admisión

- La ECU recibe datos de los sensores y determina la cantidad óptima de combustible para la mezcla aire-combustible.
- Los inyectores liberan la cantidad precisa de combustible atomizado en el conducto de admisión.

##### Fase de Compresión

- El pistón comprime la mezcla aire-combustible antes de la ignición.

##### Fase de Combustión

- La chispa de la bujía enciende la mezcla comprimida, generando la explosión y la expansión de gases que impulsan el pistón hacia abajo.

##### Fase de Escape

- Los gases quemados se expulsan del cilindro.
- La ECU ajusta continuamente la cantidad de combustible inyectado para mantener la eficiencia y reducir emisiones.

#### ***2.4.3 Ventajas de la Inyección Electrónica***

##### Eficiencia de Combustible

- Ajustes precisos de mezcla aire-combustible mejoran la eficiencia del motor.

#### Reducción de Emisiones

- Control preciso permite la optimización de la combustión, reduciendo emisiones contaminantes.

#### Mejora del Rendimiento

- Control de entrega de combustible; mejora la potencia y respuesta del motor.

#### Adaptabilidad a Condiciones Variables

- Los sensores permiten ajustes en tiempo real según las condiciones de conducción y ambientales.

La inyección electrónica de combustible representa un avance significativo en la gestión de motores de combustión interna. Optimiza la mezcla aire-combustible, mejora la eficiencia y reduce las emisiones.

En general, ofrece beneficios sustanciales en términos de eficiencia, rendimiento y reducción de emisiones en comparación con los motores a carburador. Aunque los motores a carburador son más simples y menos costosos inicialmente, la evolución hacia la inyección electrónica es evidente en la búsqueda de vehículos más eficientes.

#### ***2.4.4 Diferencias entre un Motor con Sistema de Carburación y con Sistema de Inyección Electrónica***

Según Emanuel Merlo (2023), algunas de las principales diferencias pueden ser las siguientes:

##### Mezcla Aire-Combustible:

- Carburador: La mezcla aire-combustible se premezcla en el carburador antes de ingresar al cilindro.
- Inyección Electrónica: La mezcla se forma en los cilindros, con la inyección precisa de combustible controlada electrónicamente.

##### Control de la Mezcla:

- Carburador: La relación aire-combustible es fija y ajustada mecánicamente, con limitada adaptabilidad a condiciones cambiantes.
- Inyección Electrónica: La ECU ajusta la mezcla en tiempo real según datos de sensores, optimizando la eficiencia y reduciendo emisiones.

#### Arranque en Frío:

- Carburador: Requiere un sistema de enriquecimiento para arranques en frío, lo que puede resultar en un consumo adicional de combustible.
- Inyección Electrónica: La ECU ajusta automáticamente la mezcla para arranques en frío sin necesidad de sistemas adicionales.

#### Eficiencia de Combustible:

- Carburador: Menor eficiencia debido a la mezcla fija, especialmente en condiciones variables de conducción.
- Inyección Electrónica: Mayor eficiencia gracias al control preciso de la mezcla, adaptándose a diversas condiciones de conducción.

#### Rendimiento y Potencia:

- Carburador: Menos capacidad para ajustarse a cambios en la demanda de potencia, lo que puede afectar el rendimiento.
- Inyección Electrónica: Mejor rendimiento y respuesta debido al control instantáneo de la mezcla, proporcionando mayor potencia.

#### Emisiones:

- Carburador: Tendencia a producir mayores emisiones contaminantes debido a la falta de ajuste preciso de la mezcla.
- Inyección Electrónica: Reduce significativamente las emisiones al optimizar la combustión y cumplir con estándares ambientales más estrictos.

#### Adaptabilidad a Altitudes Variables:

- Carburador: Requiere ajustes manuales para adaptarse a cambios en la altitud, afectando el rendimiento.
- Inyección Electrónica: Ajusta automáticamente la mezcla según las condiciones, manteniendo el rendimiento consistente en diferentes altitudes.

Costos y Mantenimiento:

- Carburador: Generalmente más económico en términos de costos iniciales y mantenimiento.
- Inyección Electrónica: Mayor costo inicial, pero se ahorra a largo plazo debido a la eficiencia de combustible y menor necesidad de ajustes manuales.

## 2.5 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204

La normativa en cuestión indica sobre el control en gestión ambiental, aire, vehículos automotores y límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que utilizan gasolina. Con mencionada norma se establecen los parámetros (ver tabla 1) de este proyecto para el correcto funcionamiento y control de emisiones nocivas al medio ambiente.

**Tabla 1**

*Límites Máximos de Emisiones Permitidos para Fuentes Móviles con Motor de Gasolina*

Año Modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 - 1500 **	1500 - 3000 **	0 - 1500 **	1500 - 3000 **
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

\* Volumen  
 \*\* Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm)

Toda fuente móvil de gasolina que se importe o se ensamble en el país no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2022).

## **2.6 Marco Conceptual**

Para la sustitución de un sistema de carburador por uno de inyección electrónica implica entender los principios y diferencias entre ambos sistemas, así como los beneficios y desafíos asociados con la transición.

### ***2.6.1 Principios de Funcionamiento del Carburador y la Inyección Electrónica***

Comprender cómo funciona cada sistema es fundamental. Por ejemplo, el carburador utiliza la succión del motor para mezclar aire y combustible, mientras que la inyección electrónica utiliza sensores y actuadores para controlar la cantidad de combustible inyectado directamente en los cilindros.

### ***2.6.2 Eficiencia y Control de Emisiones***

Comparar cómo cada sistema afecta la eficiencia del motor y las emisiones contaminantes. La inyección electrónica tiende a ser más precisa en la entrega de combustible, lo que puede resultar en una combustión más completa y una reducción de las emisiones.

### ***2.6.3 Tecnología y Componentes Requeridos***

Analizar los componentes necesarios para la conversión, como sensores de oxígeno, módulos de control del motor, inyectores de combustible, etc. Además, entender cómo estos componentes se integran con otros sistemas del vehículo.

### ***2.6.4 Configuración y Ajustes***

Explorar los ajustes necesarios en el motor y en el sistema de gestión electrónica para garantizar un rendimiento óptimo y una conducción suave. Esto puede incluir ajustes en la mezcla de aire y combustible, el tiempo de encendido, entre otros.

### ***2.6.5 Costos y Beneficios***

Evaluar los costos asociados con la conversión, incluyendo el costo de los componentes y la mano de obra. Además, considerar los beneficios a largo plazo, como el ahorro de combustible, la fiabilidad y el mantenimiento reducido.

### ***2.6.6 Impacto en el Rendimiento y la Fiabilidad***

Examinar cómo la conversión afectará el rendimiento del vehículo, incluyendo la potencia, el par motor, la respuesta del acelerador, etc. También se considera la fiabilidad del sistema de inyección electrónica en comparación con el carburador.

### ***2.6.7 Regulaciones y Normativas***

Tener en cuenta las regulaciones y normativas locales relacionadas con las modificaciones en los sistemas de combustible y emisiones de vehículos. Para el presente proyecto, se ha considerado la Normativa Técnica del Instituto Ecuatoriano de Normalización 2204 (NTE INEN 2204), titulada “*Gestión Ambiental, Aire, Vehículos Automotores, Límites Permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres de Gasolina.*”.

La NTE INEN 2204 se encarga de establecer los límites permitidos de emisiones contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina, tomando en consideración factores como el año del modelo de vehículo, su peso y altura sobre el nivel del mar en la cual se encuentran los vehículos.

## Capítulo III

### Implementación de un Sistema de Inyección Electrónica en un Motor de Carburación

#### Modelo Hyundai Stellar

##### 3.1 Diseño Metodológico

Se empieza con la recopilación de información acerca de los motores de combustión interna en general, para así poder indagar con mayor profundidad el motor Hyundai Stellar, se recopilan diversas fuentes bibliográficas y proyectos similares que servirán de guía para el presente proyecto. Es importante contar con las fuentes necesarias para la implementación teórica del proyecto, y poder llevarlo a la realidad, con la ayuda de diferentes herramientas y equipos que ayuden a llevar a cabo el proyecto, consultando con personas que anteriormente hayan hecho un trabajo similar (Wikiwand, 2020).

##### 3.2 Método de Investigación

La implementación de un sistema de inyección electrónica en un motor de carburación modelo Hyundai Stellar, toma en consideración todos los aspectos teóricos y prácticos que puedan ser necesarios mediante un proceso lógico y ordenado. Lo mencionado anteriormente, permitirá llevar a cabo dicho sistema de forma accesible y económica, presentando numerosas ventajas como disminución del consumo de combustible y menos contaminación ambiental, permitiendo ahorrar dinero y así evitar la necesidad de cambiar el vehículo.

##### 3.3 Tipo de Investigación

Dependiendo del nivel de profundidad al que se espera llegar en el presente proyecto, se deben establecer los tipos de estudios de acuerdo con la información que se vaya a investigar. Con la Investigación Exploratoria se podrá indagar sobre los diferentes temas relacionados a la implementación y esquematización del proyecto.

###### 3.3.1 Investigación Exploratoria

Con ella se puede indagar sobre los diferentes temas relacionados a la implementación



y esquematización del proyecto.

### ***3.3.2 Investigación de Campo***

Mediante la observación del funcionamiento de los motores a carburador e inyección se puede estimar los cambios necesarios para su implementación.

### ***3.3.3 Investigación Aplicada***

Con ella se puede implementar todo el estudio a la realidad, que consiste en el desarrollo del proyecto.

Esta forma de investigación se caracteriza por su enfoque orientado hacia la acción y su relevancia directa para la práctica. Los resultados de la investigación aplicada suelen tener un impacto inmediato y medible en la mejora de las condiciones.

### ***3.3.4 Implementación de un Sistema de Inyección Electrónica de Combustible***

La inyección electrónica es uno de los mejores sistemas de dosificación de combustible que se ha creado, cumple con los mismos principios de los sistemas antiguos de carburador con la diferencia de que se basa en la electrónica para su funcionamiento

## **3.4 Implementación de un Sistema de Inyección Electrónica al Vehículo Hyundai Stellar**

La inyección electrónica es un sistema completamente diferente al carburador y requiere modificaciones significativas en el sistema de combustible, la gestión del motor y otros componentes relacionados.

Convertir un vehículo con carburador a inyección electrónica implica varios cambios importantes, como reemplazar el carburador con un colector de admisión compatible con inyección electrónica, instalar un sistema de inyección electrónica de combustible (ECU, inyectores, sensores, bomba de combustible, etc.), y posiblemente realizar modificaciones adicionales en el sistema de escape y otros sistemas del vehículo.

La conversión de un sistema de carburador a inyección electrónica puede ser un proceso complicado y costoso y muchas requieren un conocimiento profundo de los sistemas de

inyección electrónica y del vehículo específico en cuestión. Además, la legalidad y viabilidad de realizar esta conversión pueden variar según la legislación y las regulaciones locales. Se recomienda consultar con un especialista en mecánica automotriz o talleres especializados en modificaciones de vehículos para obtener asesoramiento más preciso y específico para la situación.

### **3.5 Características, Información y Consideraciones Técnicas de Instalación**

#### ***3.5.1 Características de los Componentes a Utilizar***

Cuerpo de Aceleración Independiente o ITB (Individual Throttle Bodies):

Este tipo de dispositivo de control de flujo de aire se utiliza para regular la entrada de aire en el sistema de admisión (ver figura 5), especialmente en competiciones automovilísticas en circuitos.

Los ITB, compuestos por cuatro cuerpos de aceleración, tienen asientos para los inyectores y están dispuestos en pares. Son controlados por un mecanismo motorizado que incorpora un sensor de posición del acelerador (TPS).

Tienen un diámetro de 36 mm y una longitud de 90 mm, que es el tamaño que se utilizará en el presente proyecto. La especificación del ITB puede variar según el motor y el diseño del sistema de admisión en el bloque, adaptándose para optimizar el rendimiento de un motor de combustión interna.

Es un sistema análogo al Sistema de Inyección Multipunto (MPFI), concebido para mejorar la eficiencia y reducir la contaminación al introducir flujo de aire directamente en cada cilindro del motor. Esto incrementa la potencia y la respuesta inmediata al acelerar. Al igual que el MPFI, este sistema es controlado por sensores y la unidad de control ECU. Su característica principal radica en contar con cuerpos de aceleración independientes.

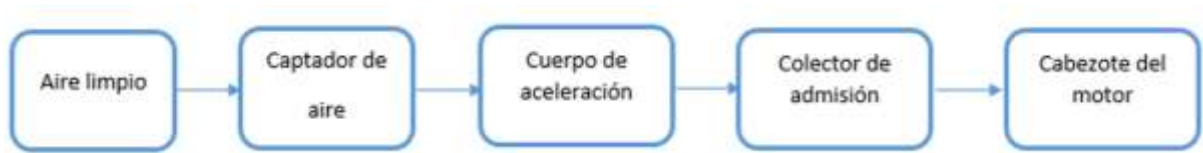
El sistema se divide en cuatro partes principales:

- Suministro de aire

- Suministro de combustible
- Control electrónico
- Control de emisiones

### Figura 5

*Esquema de un Sistema de Alimentación de Aire Individual (ITB)*



Fuente: (Obando, 2020)

Este diseño es apropiado para el cabezal de aire que garantizará un flujo suave y directo hacia el cuerpo del acelerador, manteniendo una velocidad de aire adecuada para optimizar la eficiencia volumétrica tanto a altas como bajas velocidades. Dado que el colector de admisión influye directamente en el rendimiento del motor, su capacidad de flujo también debe favorecer la uniformidad y la correcta mezcla de aire y gasolina.

La principal tarea del cuerpo de aceleración consiste en regular el flujo de aire que ingresa al motor de acuerdo con las demandas del conductor, asegurando una mezcla adecuada de aire y combustible en la proporción de 14.7:1.

Unidad de Control Electrónico (ECU):

La ECU representa la vanguardia en tecnología de gestión electrónica para motores de cuatro tiempos, optimizando la inyección y encendido de manera secuencial y en tiempo real. Su avanzado sistema de eficiencia volumétrica facilita la puesta a punto de cualquier motor 4T de ciclo Otto y simplifica la afinación, ofreciendo una serie de beneficios destacables. Entre ellos se incluyen la accesibilidad total a ajustes mediante su display o software de PC, un datalogger multi-sesión, capacidad de control independiente por cilindro y una conexión USB integrada sin necesidad de adaptadores, entre otros.

Además de ser completamente secuencial, lo que permite una programación

individualizada por cilindro tanto en encendido como en tiempos de inyección de combustible, el sistema ofrece ventajas significativas, como un rendimiento más potente, menor consumo de combustible, mayor durabilidad mecánica y una puesta a punto más segura. La ECU está equipada con una computadora de abordo que proporciona una amplia gama de datos para análisis, así como un software de PC en tiempo real que permite acceder a los mapas y ajustes necesarios para la calibración del motor.

El equipo cuenta con un sistema de protección y alarmas que alertan sobre posibles problemas y toman medidas preventivas para evitar daños en el motor, incluso llegando a apagarlo en situaciones extremas. Se pueden gestionar hasta siete configuraciones diferentes, lo que brinda la flexibilidad de utilizar la misma inyección en distintos vehículos. En cuanto al control de la ignición, se ofrece la opción de usar una rueda dentada o distribuidor, tanto de efecto Hall como inductivos, configurables desde el equipo, así como la posibilidad de elegir entre encendido secuencial, chispa perdida o bobina única.

En cuanto al control de combustible, se puede optar por una inyección secuencial con correcciones independientes de los tiempos de inyección, una semi-secuencial con hasta cuatro bancos o un enfoque simultáneo, con diversas estrategias disponibles para un control preciso según las necesidades del usuario.

#### Especificaciones Técnicas:

- Procesador Dual-Core.
- Velocidad Máxima: 16000 rpm.
- Sensor Map: hasta 6 Kg positivos, 1 Kg para la etapa de presión negativa.
- Pantalla con tecnología Oled Azul.
- Entrada de TPS Configurable a cualquier TPS lineal.
- Entrada Sonda lambda Wide Band/Narrow Band.
- Entrada Temperatura de Aire, Agua.

- Entrada Presión de Aceite/Combustible.
- Entrada Temperatura de Escape.
- Entrada Sensor de Rpm modo Diferencial.
- Entrada Sensor de Fase modo Diferencial.
- 5 entradas configurables (3 analógicas y 2 Digitales).
- 4 salidas auxiliares configurables.
- Control de válvula de ralentí.
- Datalogger interno multi-sesión.
- Inyección y encendido secuencial.
- Control de Ignición hasta 8 cilindros.
- Control de Inyección de combustible hasta 8 cilindros.
- Control de hasta 2 rampas de inyección independientes.
- Resolución de encendido de 0.1°.
- Resolución de tiempos de inyección de 0.01 ms.

Dimensión:

130mm x 83mm x 25mm

Regulador de Presión de Combustible Marca Tomei:

Las especificaciones técnicas pueden variar según el modelo específico del regulador de presión de combustible Tomei. Sin embargo, se detalla una visión general de las características típicas que se podrían encontrar en un regulador de presión de combustible de alta gama de esta marca:

- Ajuste de Presión: Capacidad para modificar la presión de combustible según las necesidades del motor modificado. Aunque puede variar, suele estar dentro de un rango típico de ajuste, por ejemplo, de 0.8 a 3.0 bar.
- Construcción de Aluminio Billet: Fabricado con aluminio Billet (alta resistencia a la

disipación de calor) mecanizado CNC para garantizar una estructura robusta y duradera.

El proceso de mecanizado CNC es una técnica de fabricación "sustractiva" que comúnmente emplea controles computarizados y maquinaria especializada para eliminar material de una pieza en bruto con el fin de crear una pieza personalizada.

- **Compatibilidad con Inyectores de Alto Flujo:** Diseñado para funcionar de manera óptima con inyectores de alto flujo en aplicaciones de alto rendimiento.
- **Manómetro Integrado:** Algunos modelos pueden incluir un manómetro integrado para supervisar la presión de combustible en tiempo real.
- **Entrada y Salida de Combustible:** Generalmente equipado con roscas métricas estándar para facilitar la instalación y la conexión a los sistemas de combustible existentes.
- **Válvula de Alivio de Presión:** Puede contar con una válvula de alivio de presión para garantizar la seguridad del sistema y proteger contra picos de presión.
- **Compatibilidad con Diferentes Tipos de Combustible:** Diseñado para funcionar con una variedad de combustibles, como gasolina convencional, E85 (Ethanol) y otros combustibles alternativos.

#### Bomba de Combustible Marca OSIAS:

Es una marca reconocida en el ámbito de las bombas de combustible de alto rendimiento. A continuación, se presentan algunas especificaciones técnicas generales que se podrían encontrar en una bomba de combustible OSIAS:

- **Flujo de Combustible:** Las bombas de combustible OSIAS suelen ofrecer un flujo de combustible considerablemente alto, diseñado para satisfacer las exigencias de motores de alto rendimiento. Aunque este dato puede variar según el modelo específico, estas bombas pueden proporcionar un flujo de hasta 300 litros por hora o más.
- **Presión de Combustible:** Estas bombas suelen ser capaces de proporcionar una presión de combustible adecuada para sistemas de inyección de alto rendimiento. La presión

puede variar según el modelo y la aplicación, pero generalmente se encuentra en un rango de 40 a 100 psi (libras por pulgada cuadrada) o más.

- **Construcción de Calidad:** Las bombas de combustible OSIAS suelen estar fabricadas con materiales de alta calidad, como aluminio Billet mecanizado CNC y componentes internos duraderos, garantizando un funcionamiento fiable y una larga vida útil.
- **Compatibilidad con Diferentes Tipos de Combustible:** Estas bombas están diseñadas para funcionar con una variedad de tipos de combustible, incluyendo gasolina convencional, E85 (Ethanol) y otros combustibles alternativos.
- **Compatibilidad con Aplicaciones de Alto Rendimiento:** Son ideales para aplicaciones de alto rendimiento, como vehículos de competición, modificados o de alto rendimiento en la calle, donde se requiere un flujo de combustible adicional para satisfacer las demandas del motor modificado.
- **Instalación Universal:** Estas bombas de combustible OSIAS están diseñadas para una instalación universal, lo que significa que pueden adaptarse a una amplia variedad de vehículos y configuraciones de sistema de combustible.
- **Garantía de Calidad:** Estas bombas vienen respaldadas por garantías de calidad para asegurar su rendimiento y durabilidad.

### ***3.5.2 Consideraciones de Conexión e Información Técnica de Instalación***

**Conexión del Negativo de la Batería y la Masa de Potencia:**

Es crucial seguir correctamente el proceso de conexión a tierra del equipo. La masa de potencia debe ser conectada al punto de unión entre la batería, el chasis y el bloque del motor.

Evite conectar este cable directamente a la batería, ya que podría causar interferencias. En caso de tener un módulo de Ignición Power Spark, Peak and Hold u otros similares, la conexión de la masa de potencia debe realizarse en este mismo punto. Conecte siempre el cable negro, el negativo de la batería, directamente a la batería para evitar interferencias que puedan

dañar el equipo. Nunca utilice el cable de negativo de la batería para conectar otros módulos; este cable debe llegar directamente al borne negativo.

#### Conexión del Negativo a Sensores:

La conexión de la masa para los sensores debe realizarse siempre al terminal negativo de la batería. Es importante tener cuidado de no colocar los cables cerca de fuentes de emisiones electromagnéticas como cables de bujías o bobinas, ya que esto podría resultar en lecturas incorrectas.

#### Conexión del Positivo de Alimentación:

Evite compartir el positivo de alimentación con otros módulos, bombas, o dispositivos de alimentación como inyectores o bobinas, ya que esto podría causar interferencias. La manera adecuada de alimentar al equipo es mediante un tramo directo desde la batería hasta la llave de encendido, o a través de un relay conectado directamente a la batería y controlado por la llave de encendido.

#### Positivo de Sensores y Captadores:

Para la alimentación de distribuidores, captadores o sensores, se requiere un cable de al menos 0.5 mm de grosor. En este caso, debe utilizarse el mismo cable positivo que alimenta al equipo. Nunca comparta la alimentación de estos componentes con inyectores o bobinas.

#### Positivo de Inyectores y Bobinas:

Tanto para la alimentación positiva de los inyectores como de las bobinas, se recomienda utilizar un cable de al menos 1 mm de grosor. Además, será necesario el uso de un relay de 40 Amperios y un fusible de 20 Amperios para 4 inyectores, o 30 Amperios para 8 inyectores. Para las bobinas, se debe utilizar un relay y un fusible de 40 Amperios.

#### Interruptores de Corte:

Nunca instale un interruptor de corte en la línea de masa, ya que esto podría causar interferencias en el funcionamiento del equipo. En su lugar, cualquier interruptor de corte



necesario debe ser instalado en la línea positiva. Desde este interruptor, se distribuirán todos los positivos para alimentar los diferentes módulos, inyectores, bobinas, etc.

#### Conexión a los Bornes de la Batería:

Preste especial atención a la conexión a los bornes de la batería. Los bornes sulfatados pueden generar resistencia eléctrica en la conexión, lo que ocasionaría problemas en el equipo. Si encuentra sulfato en los bornes, deberá limpiarlos primero con un cepillo de acero y un spray limpiador de contactos. La conexión a los bornes debe hacerse con un ojal de tamaño adecuado bien crimpado y asegurado con cinta o termofundente. Para verificar la correcta conexión de la batería, desconecte solo el borne que se va a verificar y mida la resistencia con un multímetro en la escala más baja (generalmente 200 ohmios).

La resistencia entre el borne y el extremo del cable de conexión debe ser menor a 1 ohmio. Para la masa, también puede verificar la resistencia entre el borne y el chasis con el borne positivo desconectado, asegurándose de que no haya una resistencia mayor. Antes de medir la resistencia, asegúrese de unir las puntas del multímetro para medir la resistencia propia y luego reste esta resistencia en la medición. Por último, verifique el estado de la malla de conexión al chasis; si no está en buen estado, es recomendable reemplazarla.

#### Sensor de Posición de la Mariposa (TPS):

Este sensor proporciona información precisa sobre la posición de la mariposa, desde el ralentí hasta la carga máxima. Se utiliza principalmente para calcular la cantidad de inyección en motores con cuerpos de aceleración donde no hay vacío estable, y también para ajustar el enriquecimiento por aceleración.

El TPS se alimenta con 5 v (salida de alimentación de 5 v) y el negativo se conecta a la batería. Al mover la mariposa, el sensor emite una señal de tensión variable a la ECU, que va desde 0 hasta 5V. En ralentí, la señal oscila entre 0.4 y 0.8 v aproximadamente, mientras que en cargas parciales varía entre 0.9 y 4.2 v, y en plena carga alcanza entre 4.3 y 4.8 v

aproximadamente.

La inyección cuenta con una función de calibración para estos sensores. Es importante tener en cuenta la polaridad de estos sensores. Para identificar el terminal positivo y negativo, se puede utilizar un multímetro en la escala de resistencia de 20 K y buscar dos terminales que no muestren un cambio en la medición al abrir y cerrar la mariposa; estos serán el positivo y el negativo. Luego, identifique correctamente la polaridad.

Por descarte, el terminal restante será el de "Señal". Para identificar el terminal negativo correctamente, mida la resistencia entre el terminal de señal y uno de los dos terminales previamente identificados, y el que muestre menor resistencia será el negativo. Por último, el terminal restante será el positivo de 5 v. Esta última medición debe realizarse con la mariposa cerrada.

#### Ruedas Dentadas:

La rueda dentada permite al motor conocer con precisión la posición del cigüeñal, lo que garantiza una excelente precisión en el sistema de encendido e inyección. Su uso es preferible al del distribuidor. Sin embargo, su instalación requiere precauciones. La rueda dentada debe instalarse en la polea del cigüeñal, asegurándose de que esté perfectamente centrada. Para ruedas dentadas de 58 dientes, se recomienda un diámetro mínimo de 20 mm y de 90 mm para ruedas de 35 dientes.

El sensor de RPM debe alinearse de manera que los dientes de la rueda pasen por el centro del sensor. El soporte del sensor debe ser preferiblemente de acero y estar bien asegurado para evitar vibraciones. La distancia entre el sensor y los dientes de la rueda no debe exceder los 1.5 mm ni ser menor de 0.4 mm.

#### Instalación de Ruedas Dentadas no Originales:

Es necesario instalar una rueda dentada porque la original del vehículo no es compatible, es por ello que se debe seguir una secuencia de pasos para su instalación: se debe instalar la

rueda dentada en la polea del cigüeñal y el sensor de RPM con su soporte fijado al bloque del motor, llevando el cilindro 1 a PMS. En la rueda de 58 dientes, se debe identificar el diente 0, contar 20 dientes en sentido de rotación y eliminar los dientes 21 y 22 (Offset 120°). De esta manera, el cilindro 1 estará en PMS después de pasar el espacio vacío y una cierta cantidad de dientes en la rotación del motor.

#### Cálculo del Offset de la Rueda Dentada:

Para calcular el Offset de las ruedas dentadas, se debe contar la cantidad de dientes que pasan por el sensor después del espacio vacío hasta que el cilindro uno se encuentre en PMS, y multiplicar esta cantidad por 6° para ruedas de 58 dientes. Por ejemplo, en una rueda dentada de 58 dientes, si pasan 20 dientes hasta que el motor llegue a PMS después del espacio vacío, el offset será de 120 grados ( $20 \text{ dientes} \times 6^\circ = 120^\circ$ ).

#### Configuraciones Básicas:

Después de instalar el cableado eléctrico y las partes mecánicas necesarias, se debe ingresar algunos parámetros básicos en la inyección para su funcionamiento inicial. El software de PC proporciona un asistente que guía al usuario a través de las diferentes configuraciones necesarias al crear un nuevo proyecto.

#### Configuración del Motor:

En el menú de configuración del motor, se debe especificar si el sistema utiliza una rueda dentada o un distribuidor, así como el ángulo de Offset. Este último deberá calibrarse después del arranque del motor con una lámpara estroboscópica. También se debe indicar el tipo de inyección y la configuración de encendido y combustible y asignar los pines en la secuencia de eventos. Por último, se debe ajustar los límites para los mapas en la opción de Límites.

#### Sensores y Calibración:

Para el primer arranque del motor, es fundamental especificar el tipo de sensor de RPM.

Además, se debe calibrar obligatoriamente el TPS. Después, se ha de activar las correcciones de temperatura y verificar los valores de temperatura del motor, del aire y del TPS con la ayuda de la computadora de a bordo, ya que serán necesarios para calcular los valores de inyección durante el arranque.

Entradas y Salidas:

Si se va a utilizar la bomba de combustible controlada por el equipo, vincular la salida del relé para la bomba de gasolina. También es recomendable vincular el electroventilador si se va a controlar desde el equipo.

Funciones Adicionales:

Si la bomba de combustible está controlada por el equipo, se ha de configurar el tipo de funcionamiento (temporizado o continuo). También es importante verificar la temperatura de encendido y apagado del electroventilador y ajustar el máximo de RPM para evitar que las mismas excedan el límite. Por último, es crucial la configuración del avance de encendido para el arranque en el menú de arranque del motor.

### **3.6 Comienzo del Desarme de las Piezas del Motor**

Se inicia con el retiro de todo el sistema de carburación del vehículo para reemplazarlo por un sistema de inyección electrónica. Se retira el múltiple de admisión para cambiarlo con el sistema de admisión nuevo, se coloca sensores que van conectados a la ECU que también se instalará.

Como recomendación, antes de realizar cualquier trabajo cerca de componentes eléctricos, se debe siempre utilizar equipos de protección personal, como guantes y gafas de seguridad, con el fin de evitar accidentes.

#### ***3.6.1 Retiro del Múltiple de Admisión***

Para proceder a retirar el múltiple de admisión se debe considerar tres parámetros. Primero, el motor totalmente apagado y en estado normal de temperatura (ambiente); se debe

desconectar los bornes de la batería (positivo y negativo); y finalmente desconectar las mangueras de entrada y retorno de combustible que conectan al carburador.

Debe asegurarse de lo anterior y proceder a desinstalar el cable que viene del pedal del acelerador al carburador, luego con una llave # 13 mm se debe desajustar los pernos de la toma superior de agua, con esto se conseguirá que el agua o refrigerante evacue y quede liberado la toma superior de agua que conecta al radiador. Luego, poner atención a los pernos que sujeta el múltiple de admisión en la culata y se debe desajustar con la misma llave # 13 mm que se utilizó al sacar los pernos de la toma superior de agua, quedará libre y se podrá retirar para ubicarlo en un lugar donde quede seguro (ver figura 6).

Al retirar el múltiple se debe de retirar el empaque del múltiple de admisión este se ubica en medio del múltiple de admisión y la culata, este servirá para hacer más adelante el nuevo múltiple de admisión para el sistema de inyección electrónica.

### **Figura 6**

#### *Retiro del Múltiple de Admisión*



#### **3.6.2 Retiro de los Cables de Bujía**

Los cables de bujía se ubican en el distribuidor y se conectan desde él hacía cada bujía para cada cilindro del motor de acuerdo a un orden de encendido del motor. En el motor Hyundai Stellar el orden de encendido es 1-3-4-2. Con lo anterior descrito, se procede con la mano a retirar cada cable, sin olvidar el cable que sale del distribuidor a la bobina de encendido.

Se debe asegurar de quitar el condensado, por lo general viene a un costado del distribuidor, pues no se lo requiere para la implementación del sistema de inyección electrónica (ver figura 7).

### **Figura 7**

#### *Retiro de los Cables de Bujía*



#### **3.6.3 Retiro del Ventilador y Polea que se Acopla a la Bomba de Agua**

Para proceder a retirar el ventilador del motor (ver figura 8) se debe ubicar lo pernos de sujeción, estos pernos se encuentran en la polea de la bomba de agua, con una llave # 10 mm se debe desajustar aplicando un poco de fuerza, al hacerlo quedará libre también la polea de la bomba de agua (ver figura 9), finalmente se debe retirar cuidadosamente el ventilador de la polea de la bomba de agua. Si se encuentra resistencia al desajustar los pernos, se debe aplicar un lubricante adecuado.

### **Figura 8**

#### *Retiro del Ventilador*



**Figura 9***Desmontaje de la Polea de la Bomba de Agua***3.6.4 Desmontaje de la Polea del Cigüeñal**

Para proceder con el desmontaje de la polea del cigüeñal (ver figura 10) se debe considerar que el motor no gire, para lograrlo se debe dirigir hacia la parte interior del vehículo y ubicar la palanca de cambio en la última marcha, con esto el motor quedara bloqueado, luego con un dado # 22 mm y una palanca de fuerza se desajusta el perno de la polea del cigüeñal (ver figura 11) en contra de las manecillas del reloj. Finalizado lo antes dicho, se quita la polea del cigüeñal con sumo cuidado debido a que tiene una guía de entrada, esta se apoya y se dirige con una cuña del cigüeñal.

Al retirar la polea del cigüeñal, téngalo a la mano ya que servirá para fabricar y unificar más adelante la rueda dentada que servirá para el encendido del motor Hyundai Stellar por medio del sensor CKP.

**Figura 10***Desmontaje de la Polea del Cigüeñal*

**Figura 11***Desajuste de Perno de la Polea del Cigüeñal***3.6.5 Fabricación del Múltiple de Admisión**

Las bases fueron hechas con medidas del antiguo empaque del múltiple de admisión, con tubo de acero inoxidable se ha realizado los conductos donde pasará el paso de aire y combustible que por medio del cuerpo de aceleración independiente donde se alojan los inyectores, le permitirá regular el paso de combustible a cada cilindro (ver figura 12). La fabricación del múltiple de admisión se encuentra en el Anexo 1 de este proyecto, en él se podrá evidenciar el largo, alto, ancho y espesor que tiene el múltiple de admisión para su posterior replica.

**Figura 12***Fabricación del Múltiple de Admisión*

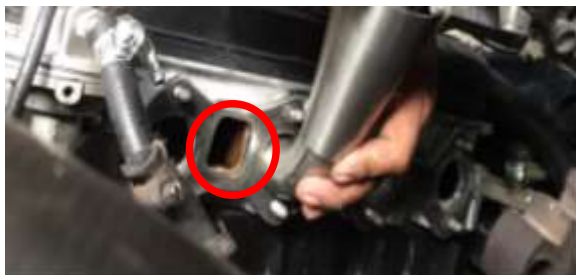


### ***3.6.6 Fabricación de la Toma de Agua***

Siguiendo la misma forma de la fabricación del múltiple de admisión, se procede a soldar un tubo de acero inoxidable con una inclinación de 60° hacia abajo desde el orificio entrante del agua que sale de la culata (ver figura 13), a continuación, con la misma toma superior de agua retirada en el múltiple de admisión antiguo se realiza la base donde asentará el termostato posterior, finalmente se ajusta con los mismos pernos que se retiró con la llave # 13 mm. La fabricación de la toma de agua se encuentra en el Anexo 2 de este proyecto, en el podrán evidenciar sus dimensiones para su posterior replica.

#### **Figura 13**

*Fabricación de la Toma de Agua*



### ***3.6.7 Sensor de Temperatura en la Toma de Agua***

Una vez fabricada la toma de agua, se procede a instalar el sensor de temperatura de agua que, con ayuda de una tuerca, se unifica al tubo de acero inoxidable; esto ayudará a enroscar el sensor (ver figura 14), el cual se encargará por medio de la ECU de indicar a qué temperatura se encuentra el motor de combustión interna.

#### **Figura 14**

*Sensor de Temperatura en la Toma de Agua*



### 3.6.8 Cuerpo de Aceleración Independiente o ITB (*Individual Throttle Bodies*)

Se utiliza el cuerpo de aceleración independiente conocido como ITB, el cual debe ser de 36 mm los cuerpos o boca de admisión que servirá para el motor Hyundai Stellar de 1.6 litros (ver figura 15), pues en él se alojan las aletas de aceleración que por medio del sensor TPS indicará en qué posición se encuentra el pedal de aceleración, con esta acción la ECU (Unidad de control Electrónica) definirá qué cantidad de paso de aire-combustible requerirá cada cilindro, por otro lado se observa el riel de inyectores (ver figura 16) que se encargará de repartir combustible a cada inyector (ver figura 17), que posterior este será inyectado a cada cilindro de acuerdo al requerimiento del motor Hyundai Stellar.

**Figura 15**

*Cuerpo de Aceleración Independiente o ITB (Individual Throttle Bodies)*



**Figura 16**

*Riel de Inyectores*



**Figura 17***Inyectores*

### ***3.6.9 Acoplamiento del Múltiple de Admisión Fabricado con el ITB (Individual Throttle Bodies)***

Con la ayuda de abrazaderas metálicas y mangueras de caucho proceda a unir el múltiple de admisión fabricado con el ITB (ver figura 18), asegúrese de ajustar bien las abrazaderas metálicas para que no exista fugas, con esto evitara que el motor Hyundai Stellar este inestable al momento de encenderlo, pues por medio de esta unión pasara la relación aire combustible.

**Figura 18***Acoplamiento del Múltiple de Admisión Fabricado con el ITB (Individual Throttle Bodies)*

### ***3.6.10 Acoplamiento del Múltiple de Admisión Fabricado e ITB a la Culata del Motor***

Considerando la unión del múltiple de admisión con el ITB, se procede a instalarlo en la culata del motor, para esto se ubica el empaque de admisión en la cara de la culata, luego se acopla el múltiple de admisión de tal forma que el empaque asiente con la base del múltiple de admisión, se coloca tuercas # 13 mm en los espárragos salientes de la culata del motor y se ajusta con la llave de tal forma que no quede holguras (ver imagen 19).

#### **Figura 19**

*Acoplamiento del Múltiple de Admisión Fabricado e ITB a la Culata del Motor*



### ***3.6.11 Instalación del Cable de Aceleración***

Terminado de acoplar el múltiple de admisión fabricado a la culata del motor, se procede a instalar el cable de aceleración procedente del pedal del acelerador que está ubicado dentro del interior del vehículo y que sale al frente del motor Hyundai Stellar (ver figura 20 y 21), se debe de asegurar de llevarse y conectarse al mecanismo de las aletas de aceleración del ITB (ver figura 22), luego se verifica desde el pedal del acelerador el accionamiento de las aletas de aceleración, esta debe abrir al 100 % , si no es el caso, se debe regular manualmente desde la

tuerca (ver figura 22) hasta que quede totalmente accionando desde el pedal de aceleración.

### **Figura 20**

*Instalación del Cable de Aceleración (1)*



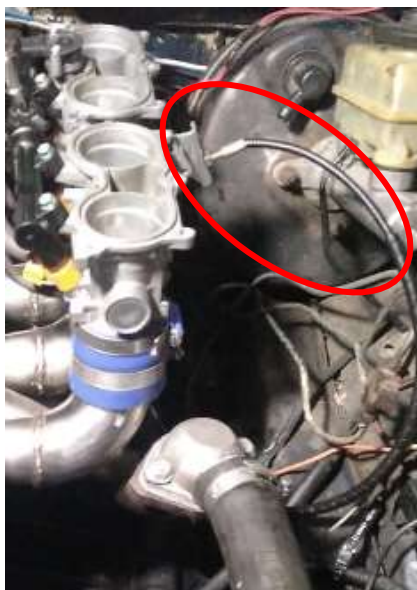
### **Figura 21**

*Instalación del Cable de Aceleración (2)*



### **Figura 22**

*Instalación del Cable de Aceleración (3)*



### ***3.6.12 Instalación de Filtros de Aire***

Para proteger el motor Hyundai Stellar, se procede a instalar filtros de aire (ver imagen 23) esto sirve para que el ingreso del aire o aspiración del ambiente hacia el interior de los cilindros no ingrese partículas extrañas que dañen el interior del motor Hyundai Stellar.

#### **Figura 23**

*Instalación de Filtros de Aire*



### ***3.6.13 Retiro de Bomba de Combustible Mecánica***

Se utilizan en motores con carburador y se denominan mecánicas, debido a que operan mecánicamente gracias al movimiento del cigüeñal. La bomba mecánica transfiere el combustible desde el tanque hacia el carburador, donde se mezcla con el aire.

Una vez definido el concepto, se ubica donde se encuentra la bomba de combustible en el motor Hyundai Stellar (ver figura 24), luego con la ayuda de una llave milimétrica # 13 se procede a desajustar las tuercas que tienen fija a la bomba de combustible, por consiguiente, quedará libre y se podrá retirarla sin problema, dejándola fuera del motor como se puede observar en la figura 24.

**Figura 24***Retiro de Bomba de Combustible Mecánica***3.6.14 Sello de Orificio de la Bomba Mecánica**

Retirada la bomba de combustible mecánica como se observa en la figura 24, se debe sellar el espacio, para esto se debe ayudar de una plancha de acero y tomar las medidas del orificio, tal como se puede ver en el Anexo 3, y se procede a realizar el corte de tal forma que quede circular la pieza.

Una vez hecha la pieza con ayuda de papel victoria se realiza un empaque que tiene que ser la misma cara de donde asentaba la bomba de combustible mecánica, esto con el fin de que no exista fuga alguna al momento de encender el motor, realizado lo anterior, con las mismas tuercas y con un poco de silicón gris se procede a sellar el espacio que había dejado la bomba mecánica de combustible como se observa en la figura 25.

**Figura 25***Sello de Orificio de la Bomba Mecánica*

### ***3.6.15 Fabricación de la Rueda Dentada***

Una vez fuera la polea del cigüeñal del motor, que se indica en la figura 10, se realiza la fabricación de la rueda dentada. Esta rueda servirá para que el motor conozca la posición del cigüeñal con precisión y el sistema de inyección funcione sin ningún inconveniente al momento de encender el motor. Luego, con ayuda de un torno, se procede a realizar los 58 dientes dejando un espacio de 4 mm entre cada diente.

Por consiguiente, la rueda dentada se la unifica por medio de soldadura a la polea del cigüeñal como se observa en la figura 26. La fabricación de la rueda dentada se encuentra en el Anexo 4 de este proyecto, en el podrán evidenciar sus dimensiones para su posterior replica.

### **Figura 26**

#### *Fabricación en Torno de Rueda Dentada de 58 Dientes*



### ***3.6.16 Instalación de la Rueda Dentada Unificada a la Polea del Cigüeñal***

Terminada la fabricación de la rueda dentada y unificación en la polea del cigüeñal como se observa en la figura 26, proceda a instalar donde se realizó el desmontaje de la polea del cigüeñal, con la ayuda de un dado # 22 mm y una palanca de fuerza proceda a ajustar el perno que se retiró en la figura 10, quedando acoplado al motor Hyundai Stellar como se muestra en la figura 27. Finalizando la instalación de la rueda dentada unificada a la polea del



cigüeñal, se puede dirigir al interior del vehículo y regresar la palanca de cambios de última marcha a posición neutral con esto el motor quedará libre y podrá girar.

### **Figura 27**

#### *Instalación de la Rueda Dentada*



#### **3.6.17 Fabricación de la Base del Sensor CKP**

Para proceder con la fabricación de la base del sensor CKP necesariamente se debe tener acoplado al motor la polea del cigüeñal y la unificación de la rueda dentada como se muestra en la figura 27, esto con el fin de que el sensor CKP quede fijo y soporte las vibraciones generadas por el mismo motor, por lo general se fabrican de aluminio, pero en el presente proyecto se lo realizó en una plancha de acero esto ayudó a abaratar costos.

En la figura 28 se utiliza material de cartón para formar el molde de la base del sensor CKP, esta base es en forma de U y se acopla donde se aloja el compresor del aire acondicionado del motor, a partir de ahí se procede a guiar al sensor CKP de tal forma que quede hacia la rueda dentada considerando que la distancia de luz entre el sensor y los dientes de la rueda no deben ser menor de 0.4 mm ni mayor de 1.5 mm, en este proyecto la distancia que tiene el sensor CKP de la rueda dentada es de 0.9 mm. La fabricación de la base del sensor CKP se encuentran en

el Anexo 5 de este proyecto, en el podrán evidenciar sus dimensiones para su posterior replica.

### **Figura 28**

*Molde de la Base del Sensor CKP*



#### **3.6.18 Instalación de la Base del Sensor CKP**

Terminada la base del sensor CKP proceda a instalar con pernos # 8 mm, con la ayuda de herramientas ajuste y ubique el sensor CKP en posición hacia la rueda dentada respetando la luz entre el sensor y los dientes de la rueda dentada, de tal manera que soporte las vibraciones del motor y esta no se vea afectada al momento de funcionar el motor Hyundai Stellar, observe figura 29.

### **Figura 29**

*Instalación de la Base del Sensor CKP*



#### **3.6.19 Instalación del Soporte de la Bobina de Encendido**

Se utiliza una plancha de aluminio para la fabricación, esto con el fin de disipar calor y que las bobinas no sean afectadas debido a que se encuentran por encima del múltiple de escape

(ver figura 30 y 31). Las medidas y el espaciado entre bobina a bobina se encuentran en el Anexo 6 de este proyecto, en él se podrá evidenciar el largo, alto, ancho y espesor que tiene el soporte de bobina para su posterior réplica.

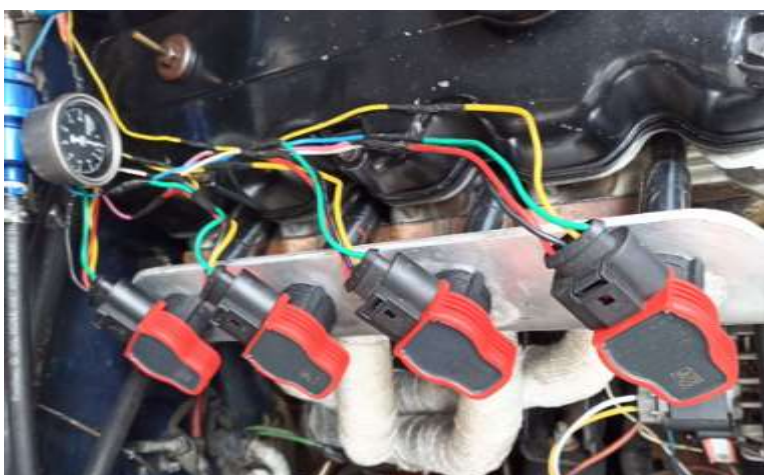
### **Figura 30**

*Instalación del Soporte de la Bobina de Encendido (1)*



### **Figura 31**

*Instalación del Soporte de la Bobina de Encendido (2)*



#### **3.6.20 Modificación del Radiador**

La instalación del radiador en la parte interior del frontal del vehículo fue necesario para que el electroventilador se pueda ubicar y poder refrigerar al motor. Se hizo modificaciones en

las tomas de agua del radiador para poder acoplar las mangueras de agua (ver figura 32).

### **Figura 32**

#### *Instalación del Radiador*



#### **3.6.21 Instalación del Electroventilador**

Una vez realizada la modificación del radiador se procede a instalar el electroventilador (ver figura 33), esta debe estar acorde a las dimensiones del radiador (70 cm x 45 cm), ya que es el encargado de ayudar a enfriar el sistema de refrigeración del motor.

### **Figura 33**

#### *Instalación del Electroventilador*



#### **3.6.22 Instalación del Sistema de Alimentación de Combustible**

Un regulador de presión de combustible (ver figura 34) sirve, como su nombre lo indica, para regular las presiones de combustibles justo antes de que llegue al riel de inyectores; la

presión viene desde el tanque de combustible por medio de la bomba de combustible eléctrica que pasa a través de cañerías y mangueras y llega al regulador donde manualmente se puede incrementar o disminuir la presión.

### **Figura 34**

#### *Regulador de Presión de Combustible*



Se debe tener en cuenta el espacio y lugar donde instalar el regulador de combustible, de manera que se encuentre visible y al alcance, para poder regular el paso de combustible de acuerdo a la necesidad que se requiera, mientras más presión exista en el sistema se debe tener cuidado, ya que las mangueras o cañerías que conducen el combustible deben de estar en buen estado. El regulador de combustible se ubica diagonal al riel de inyector, y se sitúa en la parte de abajo del mecanismo de las plumas limpiaparabrisas que, con la ayuda de una perforación en la carrocería y un perno hexagonal, este es sujetado (ver figura 35).

### **Figura 35**

#### *Instalación del Regulador de Combustible*



Además, se ha realizado cambios de cañería y mangueras de combustible como se puede ver en la figura 36 y 37, debido a que las anteriores estaban defectuosas, esto con el fin de evitar fugas cuando esté en funcionamiento el vehículo Hyundai Stellar.

Por otro lado, hay que asegurarse si ameritan el cambio o no para optimizar recursos, pues este sistema de inyección electrónica tiene más presión de combustible que el del sistema a carburador.

### **Figura 36**

*Instalación de Manguera Flexible de Combustible*



### **Figura 37**

*Instalación de Cañería de Combustible*



Cabe resaltar que en los sistemas modernos de inyección electrónica el filtro de combustible en la mayoría de los casos se encuentra en la bomba de combustible eléctrica que se ubica dentro del tanque de combustible, para efecto del proyecto se instaló un filtro metálico

(ver figura 38) en el mismo lugar del filtro anterior del vehículo Hyundai Stellar, pues esto ayudará a que el combustible llegue sin impurezas al riel de inyectores.

### **Figura 38**

*Ubicación del Filtro de Combustible*



Una bomba de combustible eléctrica como se puede ver en la figura 39 sirve para suministrar combustible a presión de manera constante al riel de inyectores a través de mangueras y cañerías, funciona con 12 voltios y es activada por medio de un relé cuando la llave del vehículo está en ignición.

### **Figura 39**

*Bomba de Combustible Eléctrica*



Para instalar la bomba de combustible eléctrica debe considerar dos parámetros.

1. Tanque de combustible a 1/4 de nivel
2. Cañerías de combustible en buen estado

Una vez considerado los parámetros proceda a desmontar el tanque de combustible para posteriormente ubicar dentro del tanque a la bomba de combustible eléctrica, esto se lo realiza por medio del flotador o indicador de combustible.

Por otro lado, debe considerar que la conexión eléctrica que sale de la bomba de combustible eléctrica quede accesible para conectar después con las demás conexiones eléctricas del sistema de inyección electrónica (ver figura 40), terminado lo anterior se procede a montar el tanque de combustible.

### **Figura 40**

*Conexión Eléctrica de la Bomba de Combustible*



Considerando todo lo anterior sobre la instalación del sistema de alimentación de combustible, se procede a acoplar por medio de abrazaderas metálicas las mangueras de combustible que conectan al riel de inyectores como se puede ver en figura 41, esto permitirá cerrar el ciclo de alimentación de combustible, que por medio de la bomba de combustible eléctrica a través de cañerías y mangueras, a presión enviará la gasolina hacia el riel del inyector, que se encuentra alojado en el tanque de combustible. Este proceso asegura un suministro eficiente de combustible para el sistema de inyección electrónica.



**Figura 41**

*Acoplamiento de Mangueras al Riel de Inyectores*



### **3.6.23 Sistema de Escape**

El sistema de escape sirve para evacuar los gases producidos por la combustión dentro del motor. A través de un tubo, estos gases contaminantes salen; por lo general son de acero inoxidable como se muestra en la figura 42 y 43.

En este proyecto se realizó una instalación del sistema de escape totalmente nueva, esto con el fin de no tener problemas en el motor debido a la implementación del sistema de inyección electrónica. Se debe considerar que un buen sistema de escape permite mejorar el rendimiento del motor y la sonoridad del mismo.

**Figura 42**

*Instalación del Sistema de Escape (1)*



**Figura 43***Instalación del Sistema de Escape (2)***3.6.24 Instalación del Sensor de Oxígeno**

Los sensores de oxígeno son esenciales para una gestión adecuada del motor y una reducción eficaz de las emisiones, al mismo tiempo proporcionan información a la ECU (Unidad de Control Electrónica) de la relación aire combustible que debe tener en todo el rango de velocidad y presión del múltiple de admisión.

Por otro lado, permite por medio de la ECU dosificar la mezcla de aire y combustible llevando a un consumo de combustible casi óptimo (14.7 gramos de aire por 1 gramo de gasolina) como resultado de esto se obtiene emisiones mínimas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

En la figura 44 se observa el sensor de oxígeno que se instaló, que está ubicado al final del múltiple de escape y unificado mediante una rosca al tubo de escape.

**Figura 44***Sensor de Oxígeno*

### 3.6.25 Instalación del Sistema Eléctrico

Una caja de fusibles como se muestra en la figura 45 es un grupo de piezas que forma parte del sistema de seguridad eléctrica de un vehículo. Los vehículos modernos tienen varios componentes eléctricos que pueden encenderse y funcionar con electricidad. La fuente de energía del vehículo, la batería, no solo cumple la función de generar ignición en el motor (el motor es de chispa), sino que también alimenta otros componentes como luces, tablero de instrumentos, limpiaparabrisas, etc.

Considerando lo anterior se ha instalado una caja de fusibles por debajo de la principal del vehículo como se observa en la figura 45, ya que el proyecto implementado es muy aparte de los demás sistemas eléctrico que posee el vehículo que ayudará a proteger todo el sistema de implementación de inyección electrónica.

#### Figura 45

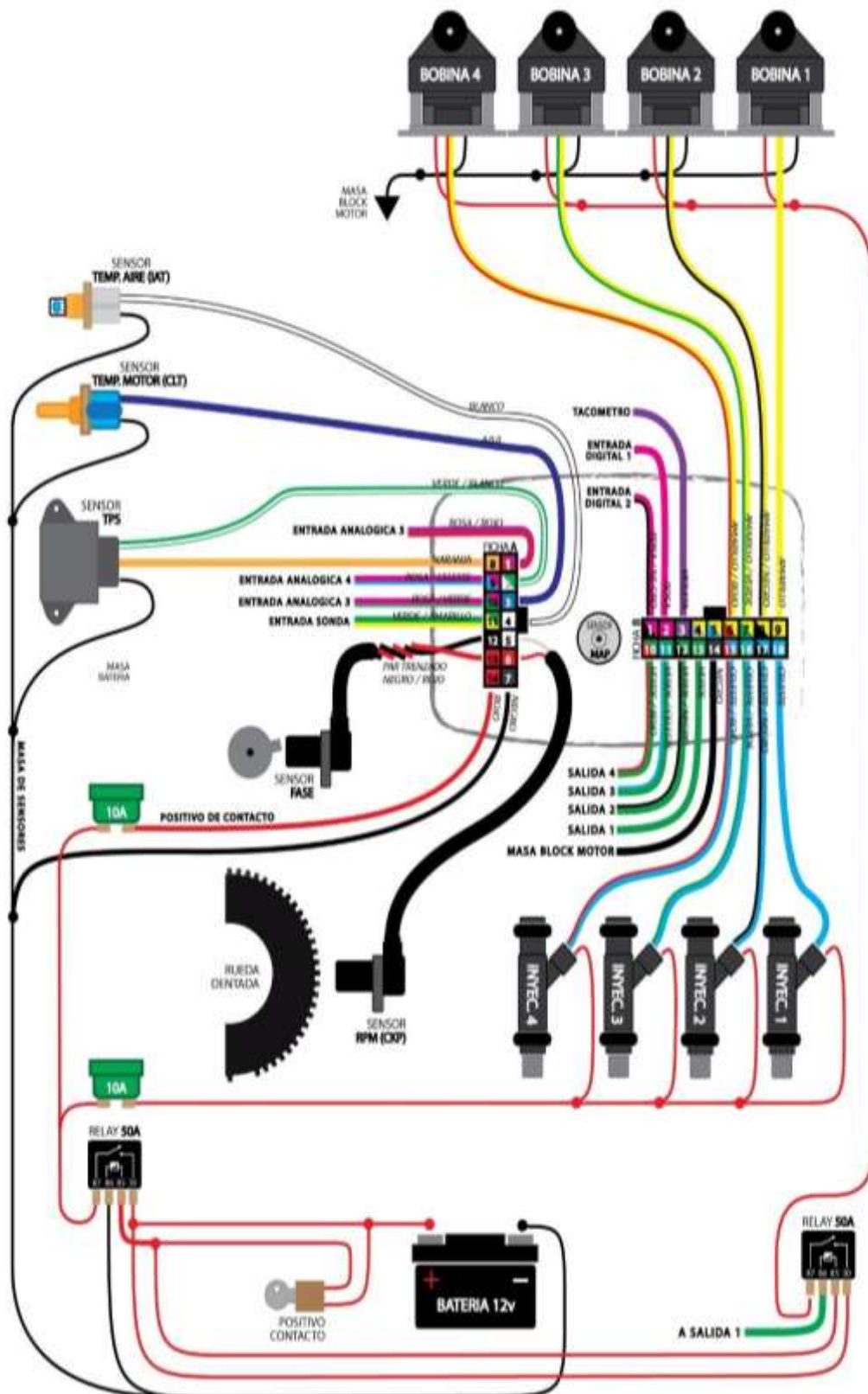
*Caja de Fusibles*



En la figura 46, 47, 48, 49 y 50, se observan las conexiones eléctricas que se debe considerar en este proyecto, muestra el ramal eléctrico que sale de la ECU (Unidad de Control Electrónica) y detalla los colores de cables que deben conectarse a cada sensor, inyectores y bobinas de encendido.

Figura 46

Diagrama Eléctrico del Sistema de Inyección Electrónica



Fuente: (Racetec, 2023)

### **3.6.26 Características de Ramal Eléctrico**

Sensores:

- Sensor Aire (IAT) Blanco 0.5 mm (Sin Polaridad)
- Sensor Refrigerante (ECT) Azul 0.5 mm (Sin Polaridad)
- Sensor TPS: Naranja Positivo 5 v, Verde/Blanco Señal 0.5 mm
- Lectura De Sonda - Verde/Amarillo 0.5 mm
- Sensor RPM - Negro Grueso: Rojo Señal Positiva, Blanco Señal Negativa, Malla negativa
- Sensor Fase (Par Trenzado): Rojo 0.5 mm Señal Positiva, Negro 0.5 mm Señal Negativa

Entradas y Salidas:

- Entrada 1 Digital - Rosa 0.5 mm
- Entrada 2 Digital - ROSA/NEGRO 0.5 mm
- Entrada 3 Analógica - Rosa/Verde 0.5 mm
- Entrada 4 Analógica - Rosa/Celeste 0.5 mm
- Entrada 5 Analógica - Rosa/Rojo 0.5 mm
- Salida 1 - Verde 0.5 mm
- Salida 2 - Verde/Negro 0.5 mm
- Salida 3 - Verde/Celeste 0.5 mm
- Salida 4 - Verde/Rojo 0.5 mm
- Salida a Tacómetro - Violeta 0.5 mm

Bobinas:

- Salida 1 - Amarillo 1 mm
- Salida 2 - Amarillo/Negro 1 mm
- Salida 3 - Amarillo/Verde 1 mm
- Salida 4 - Amarillo/Rojo 1 mm

Inyectores:

- Salida 1 - Celeste 0.5 mm
- Salida 2 - Celeste/Negro 1 mm
- Salida 3 - Celeste/Verde 1 mm
- Salida 4 - Celeste/Rojo 1 mm

Alimentación:

- Negativo de Batería - 2 cables Negros 1 mm
- Positivo de Contacto - Rojo 1 mm

El Diagrama Eléctrico del EFI R1000 es un esquema o representación gráfica que muestra la disposición y conexión de los componentes eléctricos que forman parte del sistema de inyección electrónica del motor. Este diagrama proporciona una visión clara y detallada de cómo están interconectados los distintos elementos eléctricos del sistema, como la unidad de control electrónico (ECU), sensores, actuadores y otros dispositivos eléctricos, facilitando la identificación de los componentes, sus ubicaciones físicas y las rutas de conexión entre ellos.

### Figura 47

*Diagrama Eléctrico del EFI R1000 con Vista Trasera del Conector del Ramal Eléctrico Principal*



Fuente: (Racetec, 2023)

**Figura 48**

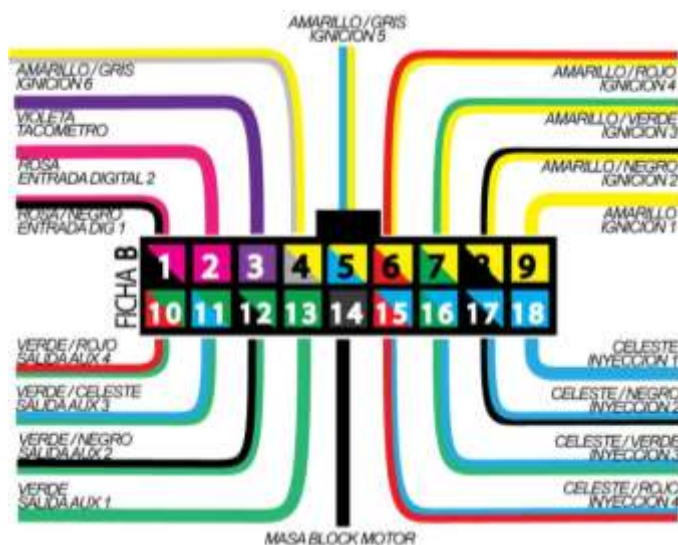
*Indicaciones a Seguir para las Conexiones de los Pines del Ramal Eléctrico Principal*

Color	Pin	Función	Observaciones
Rosa / Rojo	1	Entrada Analógica 5	Puede utilizarse para lectura de presión de aceite/combustible, temperatura de escape cualquier función que requiera entrada.
Verde / Blanco	2	Entrada Señal TPS	El otro pin se conecta al negativo de batería
Azul	3	Entrada señal Temperatura Motor	El otro pin se conecta al negativo de batería
Blanco	4	Entrada señal Temperatura Aire	El otro pin se conecta al negativo de batería
Blanco (dentro del mallado)	5	Señal RPM Negativa	Si se conectara sensor hall dejar sin conexión
Rojo (dentro del mallado)	6	Señal RPM Positiva	Permite sensor Hall como inductivos
Negro	7	Negativo Batería	Respete siempre la conexión directa a batería sin pasar por corta corriente
Naranja	8	Salida Positivo 5V (TPS)	Señal de 5v para alimentación del TPS y sensores que requieran 5v.
Rosa / Celeste	9	Entrada Analógica 4	Puede utilizarse para lectura de presión de aceite/combustible, temperatura de escape cualquier función que requiera entrada.
Rosa / Verde	10	Entrada Analógica 3	Puede utilizarse para lectura de presión de aceite/combustible, temperatura de escape cualquier función que requiera entrada.
Verde / Amarillo	11	Señal Sonda lambda	Conexión a Wide Band o Narrow Band
Negro	12	Señal Leva Negativa	Si se conectara sensor hall dejar sin conexión
Rojo	13	Señal Leva Positiva	Permite sensor Hall como inductivos
Rojo	14	Positivo 12V Alimentación	Positivo llave contacto/ relay

Fuente: (Racetec, 2023)

**Figura 49**

*Diagrama Eléctrico del EFI R1000 con Vista Trasera del Conector del Ramal Eléctrico Secundario*



Fuente: (Racetec, 2023)

**Figura 50***Indicaciones a Seguir para las Conexiones de los Pines del Ramal Eléctrico Secundario*

Color	Pin	Función	Observaciones
Rosa / Negro	1	Entrada Digital 2	Puede ser vinculada a cualquier función que requiera entrada digital
Rosa	2	Entrada Digital 1	Puede ser vinculada a cualquier función que requiera entrada digital
Violeta	3	Tacómetro	Salida para Cuenta vueltas
Amarillo / Gris	4	Salida Ignición 6	Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD
Amarillo / Celeste	5	Salida Ignición 5	Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD
Amarillo / Rojo	6	Salida Ignición 4	Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD
Amarillo / Verde	7	Salida Ignición 3	Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD
Amarillo / Negro	8	Salida Ignición 2	Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD
Amarillo	9	Salida Ignición 1	Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD
Verde / Rojo	10	Salida Auxiliar 4	Puede Vincularse a funciones que lo requieran
Verde / Celeste	11	Salida Auxiliar 3	Puede Vincularse a funciones que lo requieran
Verde / Negro	12	Salida Auxiliar 2	Puede Vincularse a funciones que lo requieran
Verde	13	Salida Auxiliar 1	Puede Vincularse a funciones que lo requieran
Negro	14	Masa de Potencia	Conectar a CHASIS, NO compartir con otras masas, como Wideband, PowerSpark, etc Conectar a CHASIS, NO compartir con otras masas, como Wideband, PowerSpark, etc
Celeste / Rojo	15	Salida Inyección 4	Soporta hasta 2 inyectores por salida
Celeste / Verde	16	Salida Inyección 3	Soporta hasta 2 inyectores por salida
Celeste / Negro	17	Salida Inyección 2	Soporta hasta 2 inyectores por salida
Celeste	18	Salida Inyección 1	Soporta hasta 2 inyectores por salida

Fuente: (Racetec, 2023)

Un relé consta de una bobina a la que se conecta una corriente eléctrica. Cuando se energiza, la bobina produce un campo electromagnético que cierra un contacto de relé normalmente abierto, lo que permite que la corriente fluya a través del circuito.

En el presente proyecto se instaló la porta relé por encima de la caja de fusibles principal del vehículo como se muestra en la figura 51, esto con el fin de que los componentes eléctricos se activen cuando la llave del vehículo se encuentre en posición de ignición.

**Figura 51***Instalación de Porta Relé*



El sensor CKP es un dispositivo de efecto Hall que registra la velocidad del motor y la posición del cigüeñal, La computadora utiliza esta información para determinar el pulso de inyección y la sincronización de la chispa (ver figura 52).

### **Figura 52**

*Sensor CKP*



El sensor de posición de la mariposa (TPS) se utiliza para monitorear la posición del acelerador en un motor de combustión interna. El sensor generalmente está acoplado al eje de la mariposa con la finalidad de controlar directamente la posición de la válvula de la mariposa del acelerador (ver figura 53).

### **Figura 53**

*Sensor de Posición de la Mariposa (TPS)*



El sensor de temperatura de aire de entrada es el dispositivo encargado de medir la temperatura del aire que entra al colector de admisión. El propósito de medir la temperatura es determinar la masa de aire que es aspirada hacia el motor (ver figura 54).

#### **Figura 54**

*Sensor de Temperatura de Aire (IAT)*



El sensor de temperatura del refrigerante permite que la unidad de control identifique el sobrecalentamiento del motor o un aumento inusual de la temperatura. Normalmente, está instalado cerca del termostato o dentro del mismo, según el diseño del fabricante de automóviles (ver imagen 55).

#### **Figura 55**

*Sensor de Temperatura del Refrigerante (ECT)*



El sensor de presión absoluta del múltiple (sensor MAP) utiliza la presión de aire en la admisión para definir la cantidad adecuada de aire y combustible requeridas para los cilindros de encendido.

Este se encarga de medir y controlar la cantidad de combustible y oxígeno. Consiguientemente, envía una señal a la computadora del auto.

Adicionalmente, el sensor de presión absoluta del múltiple (ver figura 56) se encuentra incorporada a la ECU en su parte posterior, y a su vez la ECU (ver figura 57 y 58) se aloja en el panel de instrumento del vehículo.

Este es un componente esencial para optimizar el rendimiento del motor y reducir las emisiones ambientales mediante su capacidad para medir la presión en el colector de admisión y enviar datos en tiempo real a la ECU.

### **Figura 56**

*Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP)*



Una vez que ya todos los sensores han sido conectados se puede visualizar en la ECU (ver figura 57) la información de diferentes sensores, además tenemos el indicador de lectura del sensor de oxígeno (ver figura 58) junto al ECU donde podemos ver relación de la mezcla estequiométrica para controlar parámetros del motor como combustión, el carburante, las revoluciones o las emisiones.

**Figura 57**

*ECU (Unidad de Control Electrónica) del Vehículo*

**Figura 58**

*Indicador de Lectura del Sensor de Oxígeno*

**Figura 59**

*Modelo Hyundai Stellar*



**Figura 60**

*Sistema de Inyección Electrónica Armado*



## Capítulo IV

### Comparación de los Gases de Escape por Medio de un Analizador de Gases en un Motor Hyundai Stellar

Para efectuar una comparación exhaustiva de las emisiones emanadas del escape en un motor Hyundai Stellar, se necesitará un analizador especializado de emisiones y un profundo entendimiento de los límites y especificaciones de emisión aplicables a dicho modelo.

#### 4.1 Resultado de Prueba de Emisiones de Gases con Carburador

Los resultados de una prueba de emisiones de gases en un motor con carburador pueden ser diversos según varios factores, incluidos el tipo de motor, el estado del carburador, la configuración del sistema de escape y las condiciones de operación del motor. Sin embargo, en general, los motores con carburador tienden a tener emisiones más altas en comparación con los motores con sistemas de inyección de combustible más modernos.

##### 4.1.1 Medición de los Gases

Con los resultados obtenidos, como se ve en la figura 61, con el sistema a carburación se obtuvieron los siguientes valores con arranque en frío: CO: 8.80 %; CO<sub>2</sub>: 9.26 %; HC 358 ppm; O<sub>2</sub>: 1.69 %; y NO<sub>x</sub>: 15 ppm.

#### Figura 61

*Medición de los Gases con el Sistema de Carburación con Arranque en Frio*



Con los resultados obtenidos, como se ve en la figura 62 y tabla 2, con el sistema a carburación se obtuvieron los siguientes valores con motor caliente: CO: 4.72 %; CO<sub>2</sub>: 7.76 %; HC 366 ppm; O<sub>2</sub>: 1.38 %; y NO<sub>x</sub>: 16 ppm.

### Figura 62

*Medición de los Gases con el Sistema de Carburación con Motor Caliente*



**Tabla 2**

*Datos de Emisión con el Sistema de Carburador con Motor Caliente*

Año Modelo	% CO	% CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> ppm	HC ppm
Hyundai Stellar	4.72	7.76	16	366
% CO - CO <sub>2</sub>				
ppm NO <sub>x</sub> - HC				

#### 4.2 Resultado de Prueba de Emisiones de Gases con Sistema de Inyección Electrónica

Con los resultados obtenidos, como se ve en la figura 63, con el sistema a inyección electrónica implementada se obtuvieron los siguientes valores: CO: 0.76 %; CO<sub>2</sub>: 10.20 %; HC 64 ppm; O<sub>2</sub>: 1.32 %; y NO<sub>x</sub>: 53 ppm.

### Figura 63

#### Medición de los Gases con Sistema de Inyección Electrónica



Con los valores ya obtenidos se puede conocer los Hidrocarburos no combustionados (HC), porcentaje del Monóxido de carbono (CO), el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y el Óxido de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), que son generados por el motor y a su vez son expulsados por el sistema de escape.

#### 4.3 Obtención y Análisis de Resultados entre los Sistemas de Inyección Electrónica vs Carburador

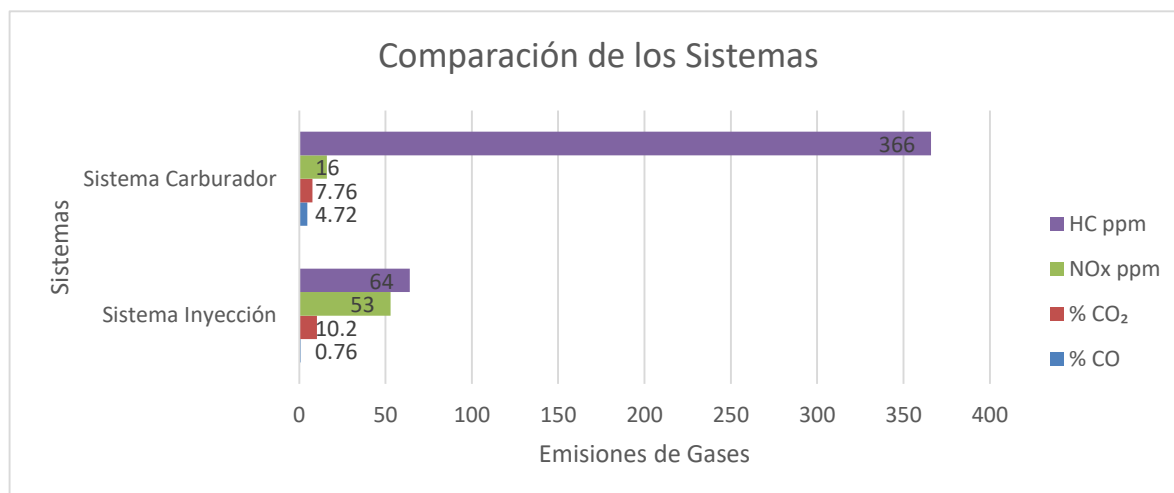
Una vez hecha la transformación del sistema se puede establecer los datos de emisión tanto por el sistema a carburador como por el sistema de inyección electrónica programable, para así tener un análisis definitivo como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Datos de Emisión con el Sistema de Inyección Electrónica Implementado*

Año Modelo	% CO	% CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> ppm	HC ppm
1989 - Anteriores	0.76	10.20	53	64
% CO - CO <sub>2</sub>				
ppm NO <sub>x</sub> - HC				



**Figura 64***Comparación de los Sistemas*

La reducción de emisión de gases es notable en el cambio de sistema, lo que es muy gratificante el cumplimiento de las expectativas del proyecto. Como se muestra en la figura 64, en la comparación de ambos sistemas, da una vida útil prolongada a sistemas que son obsoletos al poder adaptarlos para ser más amigable con el medio ambiente. Las diferencias de emisiones entre ambas en valores porcentuales son las siguientes: CO con 83.90 %; CO<sub>2</sub> con 23.92 %; NO<sub>x</sub> 69.81 %; y HC 82.51 %. Así, los beneficios de implementar un sistema de inyección electrónica, significa también reducir sus emisiones contaminantes.

Una vez instalado el sistema de inyección electrónica se puede identificar una mejora significativa en el rendimiento del motor. Este sistema permite una mezcla de combustible más eficiente y un control más preciso de la cantidad de combustible inyectado, lo que resulta en un mejor rendimiento en términos de potencia, eficiencia y respuesta del acelerador.

Los sistemas de inyección electrónica son más avanzados tecnológicamente y suelen ser más confiables y duraderos que los carburadores. Estos ofrecen una mayor resistencia a las condiciones ambientales variables.

Se ha determinado que los gases emitidos por un sistema de carburador en comparación con el de un sistema de inyección electrónico, son más altos según las mediciones tomadas en

ambos casos de acuerdo a la normativa NTE INEN 2204, ver tabla 4.

**Tabla 4**

*Datos Permitidos por la Norma NTE INEN 2204*

Año Modelo	% CO <sup>a</sup>		ppm HC <sup>a</sup>	
	0-1500 b	1500 – 3000 b	0-1500 b	1500 – 3000 b
<b>1989 - Anteriores</b>	<b>5.5</b>	<b>6.5</b>	<b>1000</b>	<b>1200</b>

a Volumen

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

Para el caso de la ppm HC<sup>a</sup> 1000, entre 0 - 1500 metros sobre nivel del mar (msnm), la diferencia entre un sistema y el otro en cuanto a la contaminación que genera es realmente notable. Para un sistema a carburador se tiene un índice de 1000 ppm HC<sup>a</sup>, ya que el lugar de ejecución del proyecto se realizó en Guayaquil, ubicada a su vez a 4 metros sobre el nivel del mar; sin embargo, se ganó una significativa reducción de contaminación con el sólo hecho de cambiar el sistema de escape, logrando así 366 ppm HC<sup>a</sup>, y con la implementación de un sistema de inyección electrónico se reduce en 302 ppm HC<sup>a</sup>, siendo 64 ppm HC<sup>a</sup> para este modelo de vehículo.

En términos de emisiones contaminantes, los resultados muestran una clara ventaja del sistema de inyección electrónica sobre el carburador. Las mediciones indican que los niveles de gases emitidos son significativamente más bajos con la inyección electrónica, lo que se traduce en una reducción sustancial de la contaminación atmosférica. Estos beneficios se han observado tanto al comparar sistemas de carburadores y sistemas de escape modificados, como al implementar directamente la inyección electrónica en el vehículo, destacando la eficacia de este último en la reducción de emisiones.

## Conclusiones

Se logró enfatizar todos los elementos y requerimientos necesarios en la instalación, esto con el fin de conocer el cambio del sistema de carburador a un sistema de inyección electrónica con la finalidad de que pueda ser replicado en otro vehículo del mismo modelo.

Tras analizar estos elementos para la instalación del sistema de inyección electrónica, así como los requerimientos técnicos, se ha logrado identificar de manera precisa los componentes clave y las especificaciones necesarias para llevar a cabo la instalación con éxito. Este proceso ha permitido establecer una base sólida para la implementación del sistema y garantizar su funcionamiento óptimo.

Cabe resaltar que se debe tener en cuenta todos los elementos y requerimientos para que una vez hecha la instalación no presente ningún inconveniente.

Se especificó a detalle los pasos a seguir para el desarme del sistema a carburador y armado del sistema de inyección electrónica, donde se pueden visualizar figuras y anexos que explican la ejecución de este proyecto; mediante la elaboración detallada del proceso de implementación del sistema de inyección electrónica, se ha proporcionado una guía clara y precisa para llevar a cabo todas las etapas de la instalación de manera efectiva.

Este proceso detallado ha asegurado que cada paso sea realizado de manera adecuada, desde la preparación del vehículo hasta la realización de pruebas de emisiones de gases.

Al realizar la comparación de los gases de escape entre el sistema de carburador y el sistema de inyección electrónica utilizando un analizador de gases, se han obtenido resultados significativos: CO: 0.76 %; CO<sub>2</sub>: 10.20 %; HC 64 ppm; O<sub>2</sub>: 1.32 %; y NO<sub>x</sub>: 53 ppm, que permiten evaluar el impacto ambiental de ambos sistemas.

Los datos recopilados han sido analizados de acuerdo con la normativa vigente (NTE INEN 2204), lo que ha proporcionado una evaluación objetiva y fundamentada sobre las emisiones de gases de escape.

## **Recomendaciones**

Es importante enfatizar en los elementos y requerimientos en la instalación del sistema de inyección electrónica, para así asegurarse de documentar exhaustivamente todos los elementos y requerimientos identificados durante el proceso de instalación, incluyendo especificaciones técnicas, ubicación de componentes y procedimientos de conexión.

Además, crear una guía detallada y fácil de seguir que pueda ser utilizada como referencia para futuras instalaciones en vehículos del mismo modelo para luego realizar pruebas y verificaciones rigurosas después de la instalación y garantizar que todos los elementos estén correctamente integrados y funcionando según lo esperado.

Por otro lado, cabe especificar a detalle los pasos de implementación del sistema de inyección electrónica para así realizar pruebas piloto con el fin de identificar posibles desafíos o áreas de mejora en los procedimientos establecidos y mantener actualizada la documentación de los pasos de implementación conforme se adquieran nuevas experiencias o se optimicen los procesos.

Adicionalmente, resulta primordial la comparación de los gases de escape entre sistemas de carburador e inyección electrónica para continuar monitoreando y registrando las emisiones de gases de escape durante un período prolongado después de la instalación del sistema de inyección electrónica para evaluar su desempeño a largo plazo.

También es importante realizar análisis adicionales de los datos recopilados, como comparaciones de consumo de combustible y rendimiento del motor para obtener una evaluación más completa del impacto ambiental y el rendimiento general del vehículo, para finalmente, considerar la posibilidad de realizar ajustes adicionales en la configuración del sistema de inyección electrónica según sea necesario.

## Bibliografía

- Blog Automotriz "Autodoc Club". (2020). *Sistema de Inyección: Funciones y Tipos*.  
<https://club.autodoc.es/magazin/sistema-de-inyeccion-funciones-tipos-sintomas>
- Blog Automotriz "Cómo funciona". (2008). *Sistema de Inyección de Combustible | Partes y Funcionamiento*. <https://como-funciona.co/una-inyeccion-de-combustible-sistema/>
- Blog Automotriz "Hello Auto". (2024). *Inyección Electrónica*.  
<https://helloauto.com/glosario/inyeccion-electronica>
- Buendía, R. (2018). *Carburadores ¿Cómo Funcionan y Por Qué Están en Extinción?*  
<https://www.motorpasion.com.mx/tecnologia/carburadores-como-funcionan-que-estan-extincion>
- Fidalgo, R. (2023). *Ciclo Otto*. <https://www.autocasion.com/diccionario/ciclo-otto>
- Google (2023). *Geolocalización de Ejecución del Proyecto*.  
<https://www.google.com/maps/place/2%C2%B008'21.3%22S+79%C2%B054'05.9%22W/@-2.1392842,-79.9029056,17.88z/data=!4m4!3m3!8m2!3d-2.1392479!4d-79.9016263?hl=es>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (2022). *Gestión Ambiental, Aire, Vehículos Automotores, Límites Permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres de Gasolina*.  
<https://ia902909.us.archive.org/12/items/ec.nte.2204.2002/ec.nte.2204.2002.pdf>
- Junta de Castilla y León. (2022). *Motor de Combustión Interna*. <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/motor-combustion-interna.html>
- Merlo, E. I. (2023). *Adaptación de un Sistema de Inyección Electrónica a Motor de Ciclo Otto con Carburador*. <https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/8461/itg-merada023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Obando, Diego. (2022). *Prototipo de Captador de Aire para ITBs en un Motor de Competencia*.

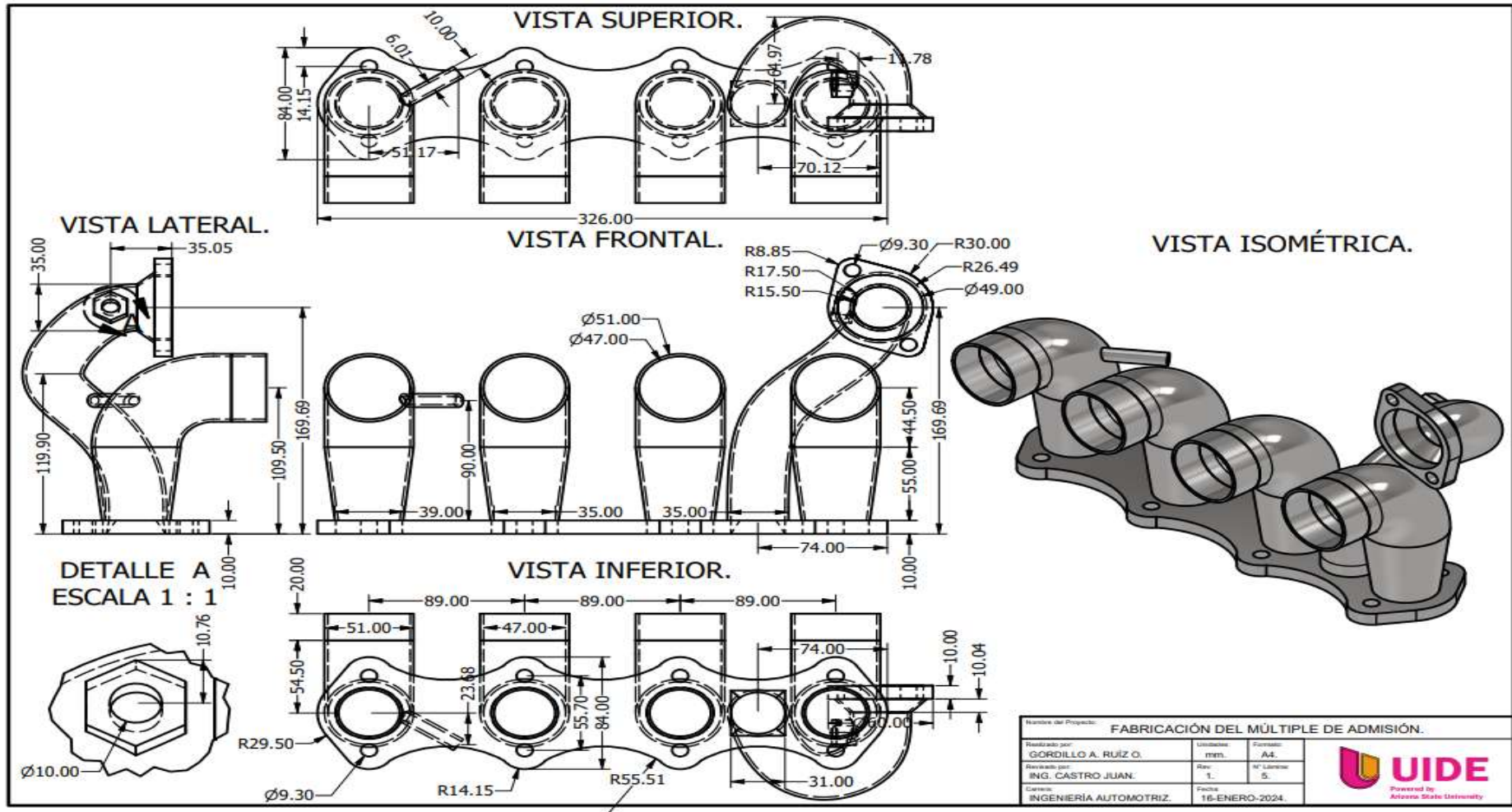
- <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10226>
- Oneto, Francisco. (2020). *Aprovechamiento de la Energía Calorífica del Motor de Combustión Interna Otto Cuatro Tiempos a Gasolina*.  
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4351>
- Ozogue, Manuel. (2018). *Desarrollo de Ingeniería Inversa para la Obtención de Circuitos Electrónicos del Sistema de Inyección del Chevrolet Sail con Fados9f1*.  
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2592>
- P.X., Pham, D.Q., Vo, & R.N., Jazar. (2017). *Desarrollo de Técnicas de Medición de Combustible para Motores de Encendido por Chispa*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236117307433?via%3Dihub>
- Paz Guitian, A. (2004). *Motor de Combustión Interna: Ciclo de Cuatro Tiempos*.  
<https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/02/12/motor-de-combustion-interna-ciclo-de-cuatro-tiempos/>
- Perez Cazorla, J. (2013). *Sistemas de Inyección a Gasolina*.  
<https://www.blogmecanicos.com/2013/10/como-funciona-motorizaciones-fiat-con.html>
- Plaza, D. (2022). El Ciclo Otto: Motores de Dos y Cuatro Tiempos.  
<https://www.motor.es/quees/ciclo-otto>
- RaceTec. (2023). *Diagrama Eléctrico del EFI R1000*.  
[https://www.racetec.com.ar/files/Manual\\_EFI\\_R1000.pdf](https://www.racetec.com.ar/files/Manual_EFI_R1000.pdf)
- Rafael Morales, M. Y., & Hernández Guzmán, A. (2014). *Caracterización de un Motor de Combustión Interna con Dos Tipos de Combustible*.  
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
- Renting Finders. (2024). *Ciclo de Trabajo*. <https://rentingfinders.com/glosario/ciclo-de-trabajo/>

Wikiwand. (2020). *Hyundai Stellar*. [https://www.wikiwand.com/es/Hyundai\\_Stellar](https://www.wikiwand.com/es/Hyundai_Stellar)

## Anexos

## Anexo 1

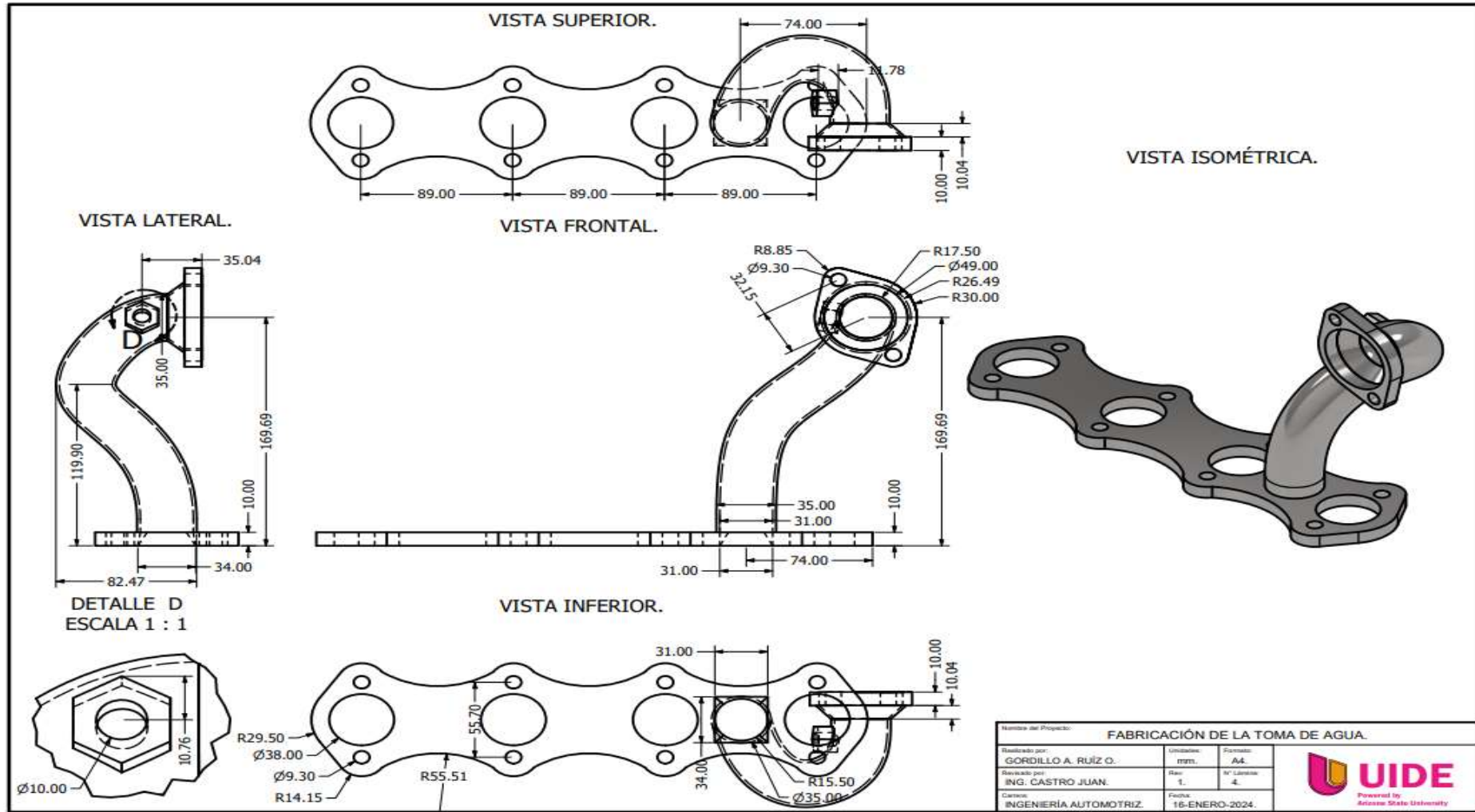
## Plano de Múltiple de Admisión





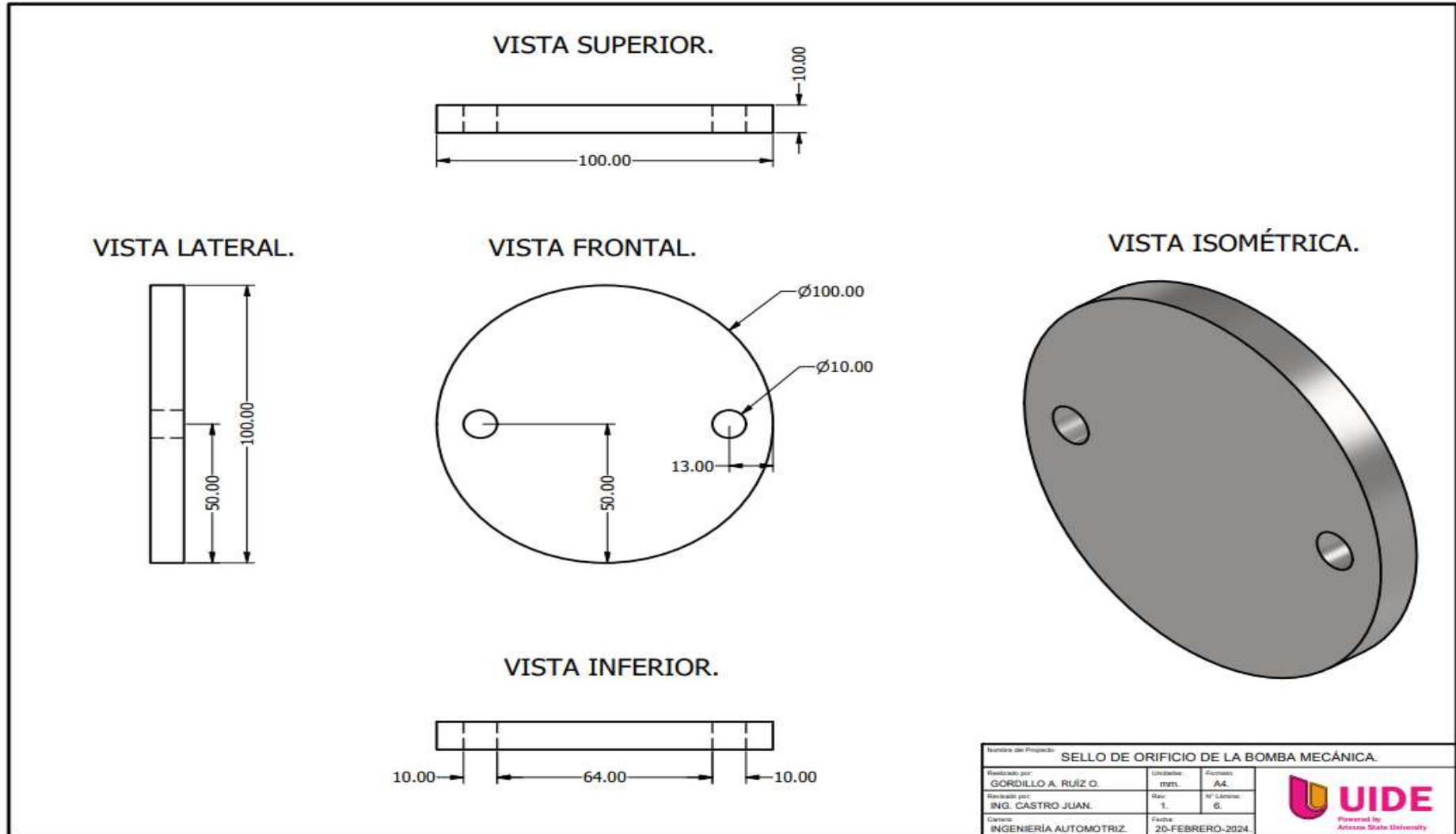
Anexo 2

Plano de Toma de Agua



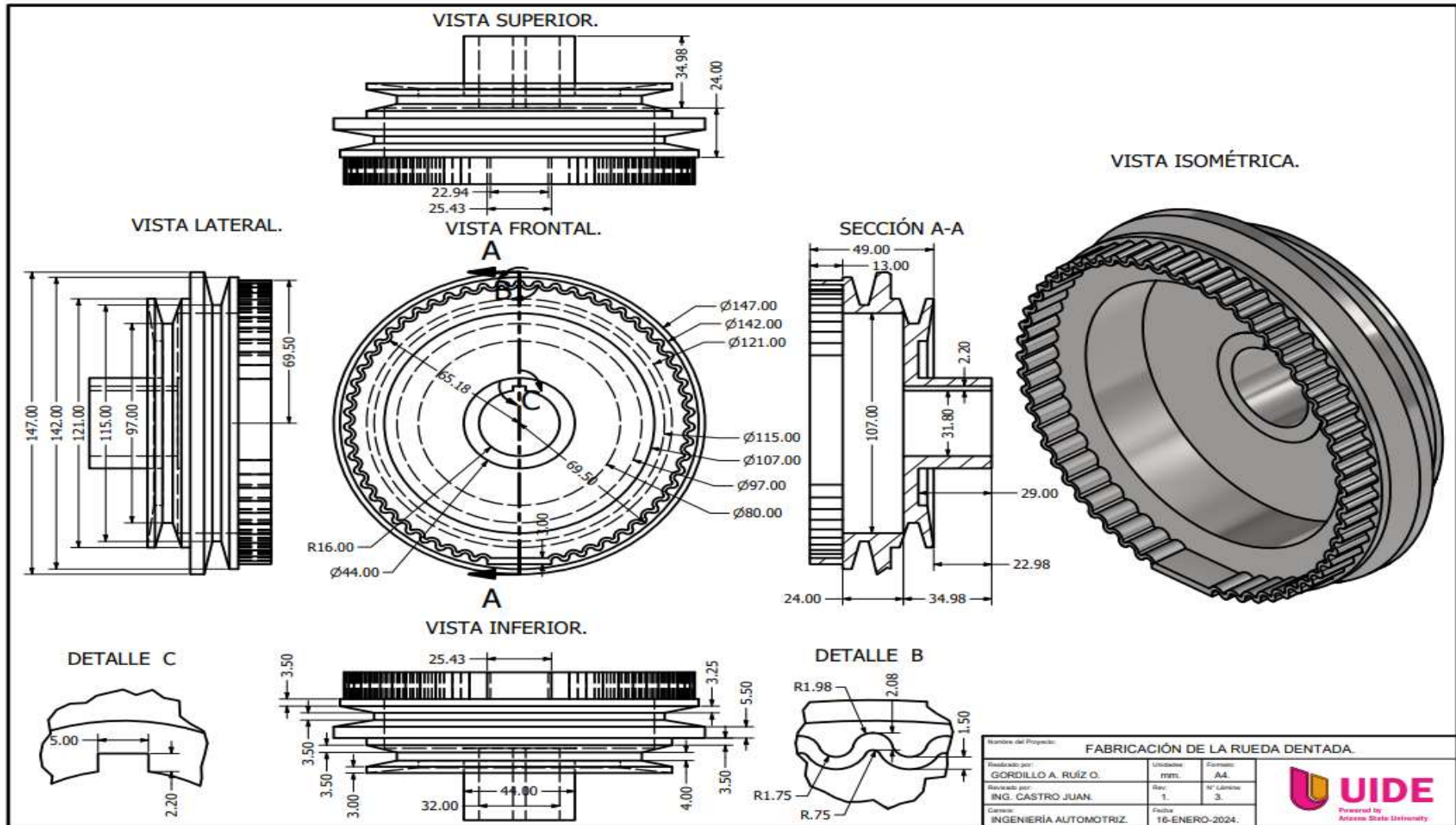
Anexo 3

Plano de Sello de Orificio de la Bomba Mecánica



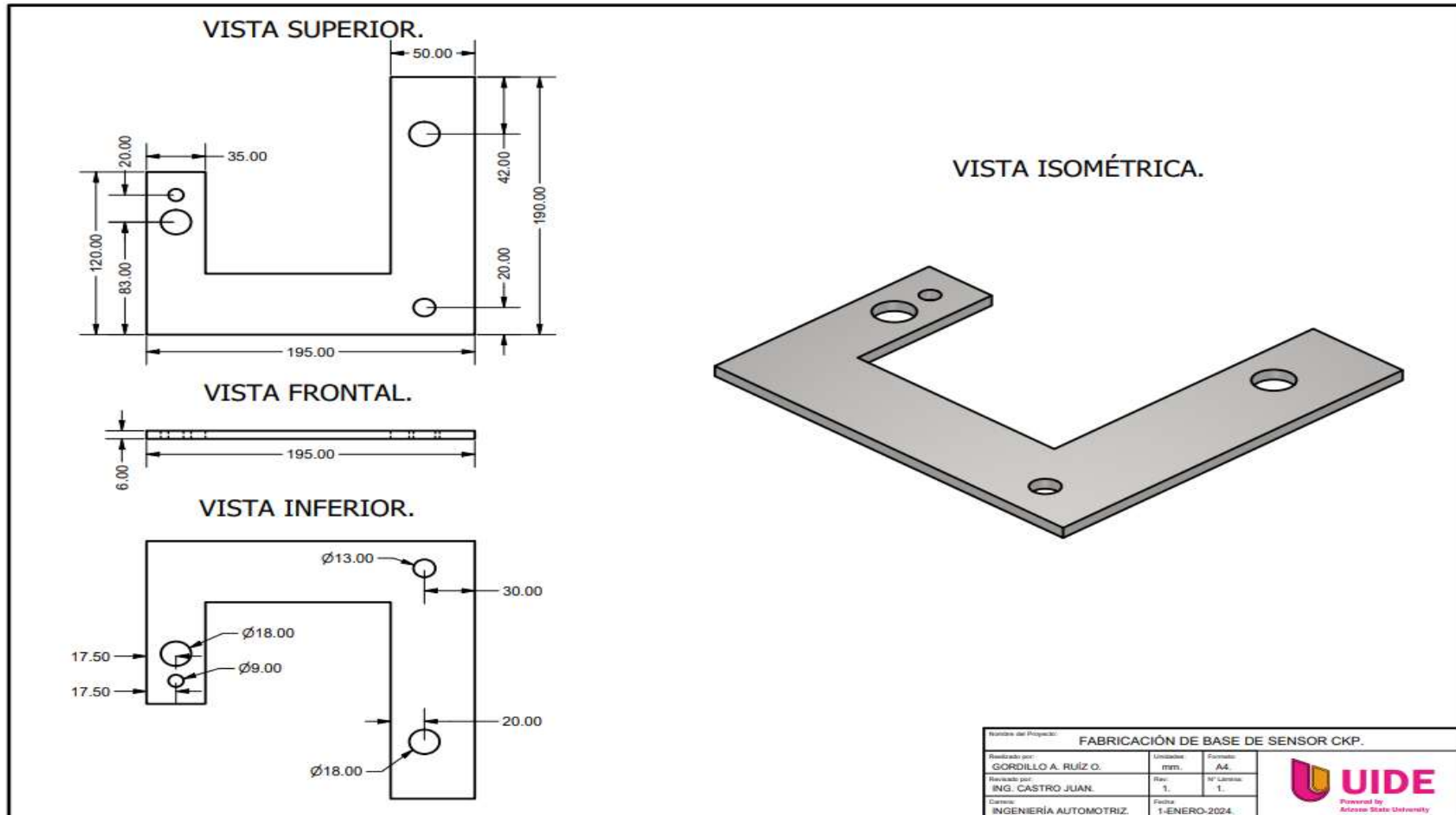
Anexo 4

Plano de Rueda Dentada



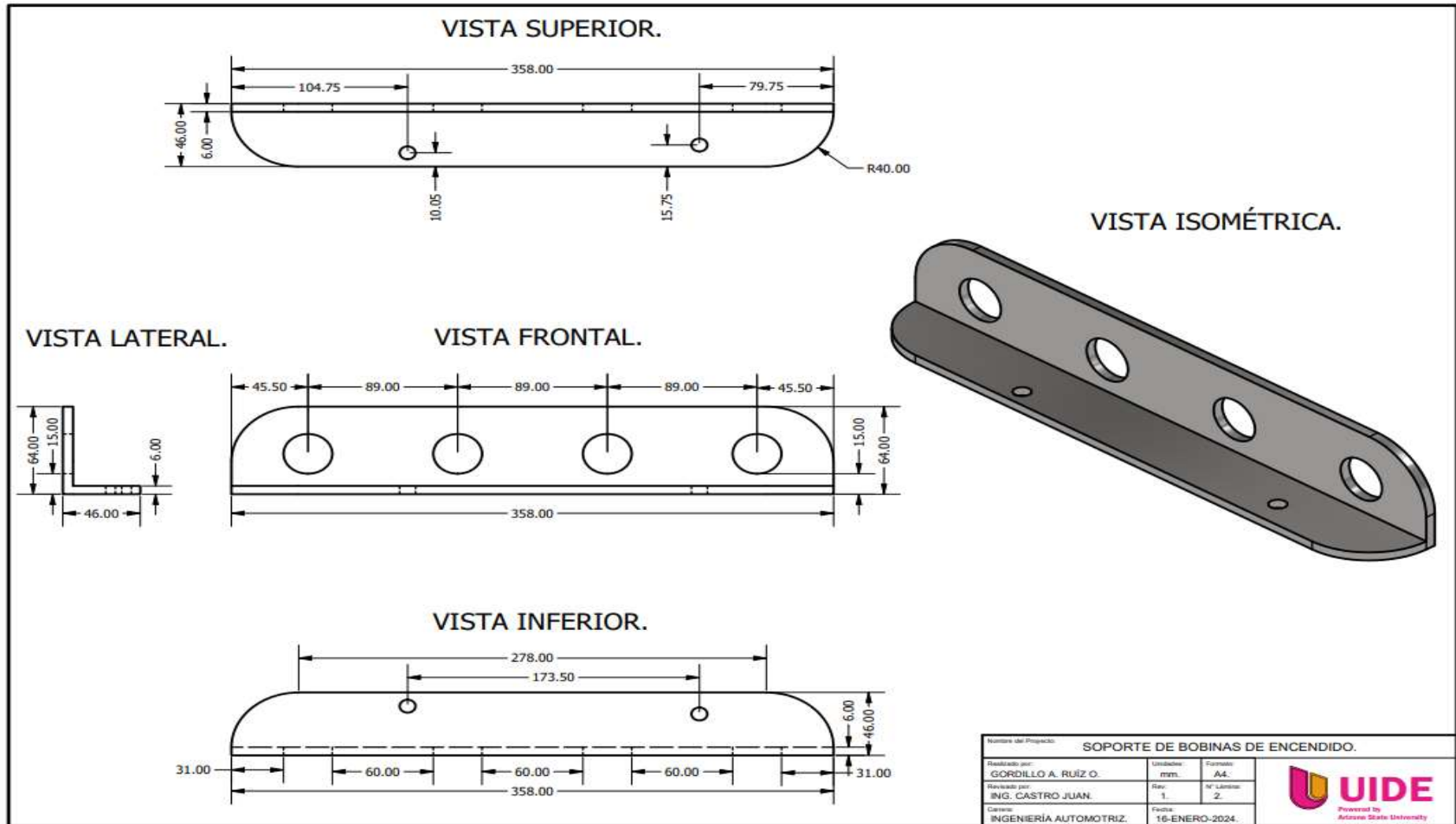
## Anexo 5

## Plano de Base de Sensor CKP



Anexo 6

Plano de Soporte de Bobinas de Encendido



Nombre del Proyecto: SOPORTE DE BOBINAS DE ENCENDIDO.		
Realizado por: GÓRDILLO A. RUIZ O.	Unidades: mm.	Formato: A4.
Revisado por: ING. CASTRO JUAN.	Rev. 1.	N° Lámina: 2.
Carrera: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.	Fecha: 16-ENERO-2024.	



