



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Powered by Arizona State University

**FACULTAD DE INGENIERÍAS APLICADAS Y
DESARROLLO INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Análisis de Gases Contaminantes del Vehículo Mazda

3 2.0 Utilizando Bujías de Dos y Cuatro Electrodo

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de:

Ingeniero Automotriz

Autor: Veliz Caiza Jahir Hernan

Tutor: Ing. Adolfo Peña Pinargote, M.S.c.

GUAYAQUIL
2026

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Yo, Adolfo Juan Peña Pinargote, en calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Análisis de Gases Contaminantes del Vehículo Mazda 3 2.0 Utilizando Bujías de Dos y Cuatro Electrodo, realizado por Jahir Hernan Veliz Caiza ha sido orientado y revisado en todas sus partes y considero que cumple los requisitos establecidos por la institución. En virtud de ello doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Adolfo Juan Peña Pinargote

Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Veliz Caiza Jahir Hernán, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis 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.

Autor: Veliz Caiza Jahir Hernan

C.I.: 1206972919

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada de una manera muy especial para mis padres, su gran sacrificio, su cariño, su apoyo desde el día uno de mi carrera universitaria, y los sacrificios necesarios para haber logrado esta gran meta.

De igual manera este logro lo dedico a mi gran familia por todo, y a mi enamorada que ha estado presente de inicio a fin en esta gran etapa, le agradezco por toda su comprensión, paciencia y amor en toda mi carrera universitaria.

Agradecimientos

Quiero dar mi reconocimiento a mi tutor de mi tesis el Ing. Adolfo Peña, en esta etapa por su dedicación, compromiso, y su disposición para poder realizar este trabajo de titulación.

A mis padres, familiares por todo el apoyo en mi formación para conseguir este gran logro, viviré agradecido siempre por tu apoyo y amor incondicional. Y a mi enamorada Brithany Barre por tus palabras de aliento, comprensión a lo largo de esta realización en mi proyecto de tesis.

Índice General

Caratula	I
Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos.....	V
Índice de Figuras	IX
Índice de Tablas.....	X
Resumen	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Capítulo I	5
Problema de la investigación.....	5
1.1. Tema de investigación.....	5
1.2. Planteamiento, formulación y sistematización del problema	5
1.2.1. Planteamiento del problema.....	6
1.2.2. Formulación del problema.....	6
1.3. Sistematización del problema.....	7
1.4. Objetivos de la investigación.....	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Justificación e importancia de la investigación	7
1.5.1. Justificación teórica.....	8
1.5.2. Justificación metodológica	9
1.5.3. Justificación práctica.....	9
1.5.4. Delimitación temporal.....	10
1.5.5. Delimitación geográfica	10
1.5.6. Delimitación del contenido.....	10

1.6.	Alcance.....	10
	Capítulo II	12
	Marco de referencia	12
2.1.	El motor de combustión interna	12
2.1.1.	<i>Sistema de Alimentación de Combustible en los Motores a Gasolina</i>	<i>14</i>
2.1.2.	<i>Sistema de Encendido en Motores a Gasolina.....</i>	<i>15</i>
2.1.3.	<i>Componentes del Sistema de Encendido en Motores a Gasolina</i>	<i>16</i>
2.1.4.	<i>Batería de Encendido del Automóvil</i>	<i>16</i>
2.1.5.	<i>Bobinas de Encendido.....</i>	<i>16</i>
2.1.6.	<i>Bobinas de Encendido.....</i>	<i>17</i>
2.1.7.	<i>Cables de Bujías del Motor a Gasolina Otto.....</i>	<i>17</i>
2.1.8.	<i>Inyector de combustible del Motor a Gasolina.....</i>	<i>17</i>
2.1.9.	<i>Algunos Sensores Presentes en el Motor a Gasolina</i>	<i>19</i>
2.1.10.	<i>Bujías utilizadas en el Motor de Combustión Interna a Gasolina.....</i>	<i>19</i>
2.1.11.	<i>Partes de la Bujía.....</i>	<i>20</i>
2.1.12.	<i>Clasificación de las Bujías de Encendido en Motores a Gasolina</i>	<i>22</i>
2.1.13.	<i>Por su Grado Térmico</i>	<i>22</i>
2.1.14.	<i>Por el Tipo de Resistencia</i>	<i>22</i>
2.1.15.	<i>Bujías por el Tamaño del Arco.....</i>	<i>23</i>
2.1.16.	<i>Bujías por el Tipo de Combustible</i>	<i>23</i>
2.1.17.	<i>Bujías por el Número de Electrodo.....</i>	<i>25</i>
2.1.18.	<i>Bujías por el Cuello de Rosca.....</i>	<i>26</i>
2.1.19.	<i>Clasificación por el Tipo de Material</i>	<i>27</i>
2.2.	Equipo de Diagnóstico Automotriz Brain Bee	27
2.2.1.	<i>Características del Equipo Brain Bee AGS - 699</i>	<i>28</i>
	Capítulo III	30
	Metodología.....	30
3.1	Estudios Implementados en la Investigación Realizada	30

3.2.1	<i>Investigación Descriptiva</i>	30
3.2.2	<i>Investigación Bibliográfica</i>	30
3.2.3	<i>Investigación de Campo</i>	31
3.3	Descripción del Proceso Evaluativo	31
3.4	Procedimientos de Análisis de las Bujías de Dos y Cuatro Electrodo	31
3.1.1.	<i>Análisis con las Bujías de Dos Electrodo.....</i>	32
3.1.2.	<i>Análisis con las Bujías de Cuatro Electrodo</i>	35
Capítulo IV		38
Análisis de Resultados		38
Conclusiones		40
Recomendaciones		41

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Proceso de funcionamiento del motor de combustión interna</i>	12
Figura 2 <i>Motor de combustión interna alternativo</i>	13
Figura 3 <i>Motor a gasolina</i>	14
Figura 4 <i>Motor diésel</i>	14
Figura 5 <i>Alimentación de combustible en los motores a gasolina</i>	15
Figura 6 <i>encendido electromecánico convencional</i>	16
Figura 7 <i>Batería</i>	17
Figura 8 <i>Bobinas tipo Cop</i>	18
Figura 9 <i>Cables de bujías</i>	18
Figura 10 <i>Inyector de combustible</i>	19
Figura 11 <i>Bujías de encendido de uso automotriz</i>	20
Figura 12 <i>Partes de la bujía</i>	21
Figura 13 <i>Bujías frías y calientes</i>	23
Figura 14 <i>Bujía de resistencia desnuda</i>	24
Figura 15 <i>Bujía de resistencia protegida</i>	24
Figura 16 <i>Bujías de abertura normal y grande</i>	24
Figura 17 <i>Bujías Para motores a gas</i>	25
Figura 18 <i>Bujías Para motores a diésel</i>	25
Figura 19 <i>Bujías de uno o varios electrodos</i>	26
Figura 20 <i>Bujías con diferentes cuellos de rosca</i>	26
Figura 21 <i>Bujías de cobre, platino e iridio</i>	27
Figura 22 <i>Equipo de diagnóstico Brain Bee Ags - 699</i>	28
Figura 23 <i>Equipo de diagnóstico Brain Bee Ags - 699</i>	31
Figura 24 <i>Bujías de cobre de uno y dos electrodos</i>	32
Figura 25 <i>Cambio de bujías de cobre de un electrodo por las de dos electrodos</i>	33
Figura 26 <i>Calentamiento de equipo del diagnóstico Brain Bee</i>	33
Figura 27 <i>Prueba de estanquidad del equipo de diagnóstico Brain Bee</i>	34
Figura 28 <i>Valores emitidos a régimen de ralentí con bujías de dos electrodos</i>	34
Figura 29 <i>Valores emitidos a 2500 rpm con las bujías de dos electrodos</i>	35
Figura 30 <i>Cambio de bujías de dos electrodos por las de cuatro electrodos</i>	35
Figura 31 <i>Auto encerado del equipo de diagnóstico</i>	36
Figura 32 <i>Valores emitidos a régimen ralentí con bujías de cuatro electrodos</i>	37
Figura 33 <i>Valores emitidos a 2500 rpm con las bujías de cuatro electrodos</i>	37

Índice de Tablas

tabla 1	Tabla comparativa: datos obtenidos VS los establecidos en normativa.....	38
----------------	---	-----------

Resumen

En el documento presentado, se detalla una metodología de forma rápida y confiable en el análisis de los gases contaminantes generados por el motor de combustión interna del vehículo Mazda 3, utilizando el equipo de diagnóstico automotriz BRAIN BEE, el mismo que se utiliza el análisis de gases generados al utilizar bujías de dos y cuatro electrodos. En el primer capítulo se detalla la problemática de la investigación, también la formulación del problema y los objetivos que se pretenden alcanzar a partir de esta situación inicial; el segundo capítulo presenta un estudio exhaustivo del marco teórico relacionado con las bujías de iridio y platino; en el tercer capítulo se detalle el procedimiento para utilizar el equipo BRAIN BEE en el análisis de emisiones, incorporando registros fotográficos de los resultados generados por el dispositivo; finalmente en cuarto capítulo se analiza la información recopilada, destacando la practicidad del equipo para realizar estos análisis. Los resultados mostraron que, tras evaluar las bujías de dos y cuatro electrodos, las bujías de dos electrodos presentaron mayores problemas con relación a los parámetros de emisión de CO₂ y HC.

Palabras Clave: Equipo automotriz, bujías de encendido, gases contaminantes.

Abstract

This document presents a fast and reliable methodology for the analysis of pollutant gases generated by the internal combustion engine of a Mazda 3 vehicle, using the BRAIN BEE automotive diagnostic equipment. This equipment was employed to analyze gas emissions produced when using spark plugs with two and four electrodes. The first chapter describes the research problem, including its formulation and the objectives to be achieved based on the initial situation. The second chapter provides a comprehensive review of the theoretical framework related to iridium and platinum spark plugs. The third chapter details the procedure for using the BRAIN BEE equipment in emission analysis, incorporating photographic records of the results generated by the device. Finally, the fourth chapter analyzes the collected data, highlighting the practicality of the equipment for conducting these analyses. The results showed that, after evaluating two- and four-electrode spark plugs, the two-electrode spark plugs presented greater issues related to CO₂ and HC emission parameters.

Keywords: Automotive equipment, spark plugs, pollutant gases.

Introducción

En el presente proyecto se planteó el problema de análisis de gases emitidos por el motor de combustión interna y se logró dar la respuesta apropiada y oportuna utilizando el equipo de diagnóstico automotriz BRAIN BEE analizando por medio de uso de dos tipos de bujías en este caso de dos y cuatro electrodos aplicados en el vehículo Mazda 3 con motor 2000 cm³.

Para detallar el alcance de los objetivos se debe resaltar la implementación de una metodología practica y sencilla para el uso del equipo automotriz especializado, además del análisis de los gases emitidos, tomando como base la normativa NTE INEN 2204, que esta vigente en nuestro país.

Este método es realmente sencillo y practico de aplicar, lo más importante con relación a la dificultad fue el conseguir las bujías de cuatro electrodos por el motivo del hilo apropiado para el bloque del motor, con relación a las bujías de dos electrodos no existe problemas porque son muy comunes en el mercado.

La metodología que se utilizó para desarrollar el análisis y comparativa en los gases generados por el motor de combustión interna al utilizar bujías de dos y cuatro electrodos, las mismas que se utilizaron en el motor del vehículo Mazda 3 2.0, se lo hace con el propósito de obtener un diagnóstico confiable de los gases emitidos al momento de realizar la combustión del motor, y al mismo tiempo promover el uso de bujías alternativas en los clientes y talleres; también, se pretende proporcionar instrumentos prácticos que simplifiquen el estudio de las emisiones contaminantes.

En el primer capítulo se detalla todos los preliminares de la investigación, también la formulación del

problema y los objetivos que se pretenden alcanzar a partir de esta situación inicial; el segundo capítulo presenta un estudio exhaustivo del marco teórico relacionado con las bujías de iridio y platino; en el tercer capítulo se detalle el procedimiento para utilizar el equipo BRAIN BEE en el análisis de emisiones, incorporando registros fotográficos de los resultados generados por el dispositivo; finalmente en cuarto capítulo se analiza la

información recopilada, destacando la practicidad del equipo para realizar estos análisis.

Los resultados mostraron que, tras evaluar las bujías de dos y cuatro electrodos, las bujías de dos electrodos presentaron mayores problemas con relación a los parámetros de emisión de CO₂ y HC.

Finalmente se puede expresar que la investigación aporte un importante método para analizar los gases contaminantes emitidos por el motor de combustión interna del vehículo Mazda 3 motor 2.0, además se logró determinar que las bujías de que presentan mejores prestaciones son las de cuatro electrodos debido la reducción de emisiones que presentan en relación con las de dos electrodos.

Capítulo I

Problema de la investigación

1.1. Tema de investigación

Análisis de gases contaminantes del vehículo Mazda 3 2.0 utilizando bujías de dos y cuatro electrodos.

1.2. Planteamiento, formulación y sistematización del problema

En los actuales momentos, se genera un gran interés por la situación de los gases contaminantes que se producen al momento de funcionar los motores de combustión interna a gasolina, lo cual está relacionado al tema de las normativas ambientales que deben cumplir para estar dentro del límite establecido y no representen un riesgo para el medio ambiente.

Para alcanzar la reducción de las emisiones de gases contaminantes, se deberá tener al motor de combustión interna en buen estado o en condiciones óptimas, por ello es de suma importancia que varios elementos y componentes se encuentren en buen estado, esto implica que el funcionamiento sea de forma eficiente y consuma la sola la cantidad necesaria de combustible.

Algunos componentes o elementos que deben funcionar de forma apropiada son los sensores del motor como por ejemplo el CKP, CMP, IAT, entre otros, también se debe destacar a los actuadores que trabajan con 12 voltios, entre ellos podemos citar a la bomba de gasolina, inyectores y bobinas, además de tener las bujías en buen estado, todo ellos trabajan en conjunto emitiendo señales a la computadora para que el funcionamiento sea de forma sincronizada y así asegurar el que trabajo del motor sea lo más apropiado posible.

Tomando como base los aspectos antes detallados en el presente estudio se propone desarrollar una alternativa que sirva o contribuya a reducir las emisiones contaminantes y para ello se espera se realiza el análisis de gases utilizando dos tipos de bujías diferentes, las de dos y cuatro electrodos para establecer cuál de ellas serían las mejores para la reducción de gases contaminantes.

1.2.1. Planteamiento del problema

Los problemas de contaminación por contaminación que se originan por el funcionamiento del motor de combustión interna están ligados de forma directa al correcto funcionamiento de sus componentes, especialmente los ligados al tema de sensores y bujías, por este motivo deben estar funcionando de forma adecuada, para prevenir el consumo de combustible de forma excesiva, de esta forma minimizar la generación de gases contaminantes.

Generalmente cuando existe un incremento del consumo de combustible por el mal funcionamiento de uno o varios componentes actúa la computadora o la ECU para realizar los ajustes necesarios para alcanzar la sincronía del motor en forma adecuada; de este modo se estará evitando la pérdida de potencia en el motor, y para este aspecto las bujías juegan un papel importante en el correcto funcionamiento del motor.

Cuando se utilizan bujías en buen estado se logrará reducir el consumo de combustible de forma innecesaria por tal motivo es necesario que las mismas estén en óptimas condiciones para que se realice la explosión dentro del cilindro de forma apropiada y se logre consumir la mayor cantidad de combustible posible, de este modo se reducirán los gases contaminantes por efectos de hidrocarburos no combustionados.

Por este motivo se plantea realizar y justificar la comparación entre dos tipos de bujías de dos y cuatro electrodos respectivamente, para ello utilizaremos el equipo de aplicación automotriz BRAIN BEE, para determinar cuál tipo de bujía se puede utilizar de forma eficiente con enfoque de reducción de gases contaminantes.

1.2.2. Formulación del problema

¿Se alcanzará a generar un análisis de los gases combustionados que se generan en el motor de combustión interna del vehículo Mazda 3 2.0 utilizando bujías de dos y cuatro electrodos?

1.3. Sistematización del problema

¿Cuáles serán los beneficios que se obtienen al establecer el análisis de los gases combustionados por el motor del vehículo Formulación del Problema?

¿Cuáles son los factores que influyen en el análisis las bujías de encendido de dos y cuatro electrodos del vehículo Mazda 3 2.0?

¿Qué beneficios se alcanza al utilizar el equipo de uso automotriz BRAIN BEE para analizar los gases combustionados por el motor del vehículo Mazda 3 2.0?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. *Objetivo general*

- Analizar los gases contaminantes producidos por el vehículo Mazda 3 2.0 utilizando bujías de dos y cuatro electrodos.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Compilar información acerca de las bujías de dos y cuatro electrodos, además de los gases generados en la combustión de motores a gasolina.
- Contrastar los gases generados en la combustión del motor a gasolina utilizando bujías de dos y cuatro electrodos por medio el equipo automotriz BRAIN BEE para su respectiva evaluación.
- Determinar el tipo de bujías apropiado para el motor del vehículo Mazda 3 2.0 por medio del análisis comparativo de los gases producidos en la combustión variando las bujías de dos y cuatro electrodos.

1.5. Justificación e importancia de la investigación

La investigación que se propone se concentra en forma específica en realizar el análisis de los gases que emite un motor de combustión interna a gasolina cuando se usan dos tipos de bujías las dos y las de cuatro electrodos; se parte desde la revisión de la literatura relacionada al tema planteado y de los objetivos establecidos, de este modo se puede identificar las posibles aportaciones que van desde la metodología aplicada hasta el tema práctico, por ello se la detalla de la siguiente forma:

1.5.1. Justificación teórica

Los incidentes que se presentan con temas de gases combustionados contaminantes provocan complicaciones con el medio ambiente, en este caso se vincula de forma directa a las bujías de encendido, pudiendo estar siendo utilizadas de forma incorrecta esto podría generar consecuencias relevantes en el desempeño del funcionamiento del motor; por este motivo se desea desarrollar el análisis prolijo de los gases contaminantes, el mismo permitirá instituir un diagnóstico preciso de las emisiones de gases contaminantes, estos datos servirán para desarrollar y aplicar planes de mantenimientos de tipo preventivo y correctivo, en diferentes componentes del sistema de inyección, con ello se espera contribuir a la optimización y mejoras de la eficiencia del motor de combustión interna.

La investigación se sustenta en una base teórica, se sustenta en la revisión y análisis de bibliografía de tipo especializada y relacionada al tema de las bujías, fichas técnicas, libros y artículos científicos donde se plasman investigaciones previas realizadas o que conciernen al tema de las bujías de encendido, a continuación, se detallan algunas:

De acuerdo a lo expresado por (Zerna & Zumba, 2019), señalan que las emisiones que generados por los vehículos contaminan de forma acelerada al medio ambiente, por este motivo las evaluaciones de las emisiones generadas por los vehículos sirven para determinar por ejemplo de combustible no combustionado, de allí se puede establecer las condiciones de funcionamiento del motor de combustión interna, por ejemplo analizando el sistema de inyección y de encendido y poder determinar si existe contaminación elevada del ambiente.

En otra definición establecida por (Pérez, 2019), relata que actualmente la tecnología ha sufrido grandes avances que se utiliza en los motores a gasolina se controla de forma prolija hacia el control de los gases contaminantes, por este motivo toda la industria relacionada al área automotriz debe implementar sistemas enfocados al control de emisiones de gases contaminantes generados por los automóviles con la finalidad de minimizar los efectos contaminantes de los gases; bajo estas premisas la electrónica

aplicada en los automóviles representa un rol muy destacado y clave como herramienta para la gestión y control eficiente de dichas emisiones.

1.5.2. Justificación metodológica

La investigación que se presenta se justificará por medio de la metodología aplicada al trabajo, debido a que se concentra en realizar el análisis de los gases contaminantes que se emiten al funcionar el motor de combustión interna del vehículo Mazda 3 2.0, aplicando dos tipos de bujías en este caso las de dos y cuatro electrodos; la investigación se sustenta en la compilación de información técnica del sistema de encendido y sobre todo de las bujías; con la finalidad de alcanzar la determinación de las propiedades, características y especificaciones determinadas por el fabricante.

También toma como base las investigaciones realizadas anteriormente con temas relacionados al sistema de inyección y las bujías de encendido, se destaca que para este estudio se utilizará el equipo de diagnóstico automotriz BRAIN BEE.

En consecuencia, la investigación sobre el análisis de los gases combustionados generados por el motor de combustión interna se sustenta en la aplicación de una metodología de tipo experimental, y lo teórico descriptivo, al aplicar estos métodos se posibilita alcanzar los objetivos que se plantearon, además que se fortalecerá el proceso de investigación asegurando la eficacia científica de todo lo investigado.

1.5.3. Justificación práctica

De acuerdo con los objetivos planteados, el proyecto que se presenta abordará el análisis de los gases contaminantes generados por un motor de combustión interna; el desarrollo se lo hará de forma práctica y se lo organiza siguiendo una secuencia cíclica de etapas que se establecen de forma previa, para ellos se utilizará el equipo de diagnóstico automotriz BRAINBEE, esto permitirá la realización de mediciones oportunas, para luego concretar la sucesión de pasos necesarios para realizar un análisis apropiado, para ello se alternará el uso de las bujías de dos y cuatro electrodos.

1.5.4. Delimitación temporal

De acuerdo con lo previsto desarrollo como planificación en el desarrollo del análisis de los gases contaminantes en un motor de combustión interna mediante el uso del equipo automotriz BRAIN BEE, tanto de la fase de aprobación, teórico y práctico el presente estudio se establece que se llevará a cabo desde octubre de 2025 y de manera tentativa se pretende que su finalización o defensa de proyecto se finalizará en febrero de 2026.

1.5.5. Delimitación geográfica

El presente trabajo investigativo se lo llevará a cabo en el Establecimiento Taller Checopart's ubicado en el país de Ecuador dentro de la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, en las calles Tulcán y Clemente Ballen.

1.5.6. Delimitación del contenido

El presente proyecto presentado se titula análisis de gases contaminantes del vehículo Mazda 3 2.0 utilizando bujías de dos y cuatro electrodos, se desarrollará utilizando dos tipos de bujías, las de dos y cuatro electrodos, se usará un proceso riguroso de la investigación, tomando fuentes de bibliografía de tipo teórico y técnico; para esto se podrá recurrir a la revisión de artículos científicos, revistas especializadas, , fichas técnicas, entrevistas, proyectos de titulación entre otros, esto admite la fundamentación forma apropiada y alcanzar el estudio para estructurarlo de forma coherente para alcanzar los objetivos establecidos.

Se debe destacar y señalar que el presente trabajo de tipo investigativo se establece en cuatro capítulos, los cuales conforman el cuerpo central del documento presentado y servirá para ser analizado y establecer el estudio de los gases analizados al momento de funcionar el motor de combustión interna.

1.6. Alcance

La investigación que se expondrá se orienta hacia el análisis y estudio de los gases contaminantes que se generan al momento de funcionar el motor de combustión interna del vehículo Mazda 3 2.0 utilizando y aplicando la alternabilidad de las bujías de dos y cuatro

electrodos, por lo tanto se puede decir que se centra en establecer un método que sea sistemático y alcance a determinar si uno de los dos tipos de bujías utilizadas son mejores o presentan mayor eficiencia al momento de reducir o minimizar las poluciones de gases contaminantes que se generan al momento de entrar en funcionamiento el motor de combustión interna a gasolina, tambien se podría llegar a establecer una reducción del desgaste del motor debido a que si uno de las dos bujías es más eficiente mejora el consumo de combustible, esto podría ser una aportación importante para establecer una mejora en los mantenimientos preventivos del motor combustión interna.

Adicionalmente en la parte investigativa se menciona los estudios anteriores que se han realizados y están relacionados con la emisión de gases contaminantes generados por el motor de combustión interna a gasolina y en especial al motor del vehículo Mazda 3 2.0 alternando las bujías de dos y cuatro electrodos, que son elementos fundamentales del sistema de ignición del motor, y se explora también lo relacionado con el mantenimiento preventivo del motor objeto de análisis.

Finalmente se implantará una guía aplicando la metodología necesaria para realizar el análisis de los gases contaminantes que se producen al momento de entrar en funcionamiento el motor de del vehículo Mazda 3 2.0, por este motivo se podrá realizar el análisis de los gases generados por el motor mediante la aplicación del instrumento de diagnóstico automotriz BRAIN BEE.

Capítulo II

Marco de referencia

Con el objetivo de alcanzar un entendimiento apropiado de varios conceptos relacionados, se postula una serie de definiciones que se utilizarán en todo el desarrollo de la investigación que se presenta; estos elementos se utilizarán como base para encajar en cada sección que son parte de este trabajo a exponer.

2.1. El motor de combustión interna

Según lo expuesto por (Britannica, 2024), establece que el motor de combustión interna como un conjunto de piezas que trabajan de forma sincronizada, este tipo de motor adquiere su energía del calor que se libera en la combustión que se genera en el interior del motor, ya sea por la explosión del combustible en los motores a gasolina o la combustión del diésel.

En otra definición (Energy.gov, 2024), lo describe como un elemento que quema el combustible en el interior de un cilindro donde se desplaza un pistón que es movido por un cigüeñal y produce un movimiento alternativo que es necesario para generar la energía del motor, ver figura 1.

Figura 1

Proceso de funcionamiento del motor de combustión interna



Fuente: (González, Motores, 2019)

A continuación, se detalla varias definiciones de varios tipos de motores de combustión interna, se resalta la importancia de las definiciones previas de los antecesores hasta llegar a la concepción final, por ello se detallan las siguientes:

El motor térmico, se lo define como un elemento que genera cierta cantidad de energía mecánica que resulta a partir de la energía calorífica que se contiene en un fluido y que es liberada por medio del proceso de combustión.

El motor de combustión interna o el MCI; es el que genera energía en su interior, se del motor térmico porque la energía calorífica que proviene desde el combustible se la obtiene en un dispositivo que está separado y se lo denomina o se lo conoce como la cámara de combustión, el motor de combustión interna alternativo o el MCIA; en este tipo de motores el de trabajo y la transmisión de fuerzas se produce mediante el desplazamiento lineal y repetitivo de un émbolo o pistón, ver figura 2.

Figura 2

Motor de combustión interna alternativo



Fuente: (Solverdca, 2025).

Motor de Encendido Provocado (MEP) o de ciclo Otto; este tipo de motores se realiza la compresión de la mezcla de aire y combustible, debido a esto se produce la combustión con la ayuda de un elemento externo, o conocido como la bujía que genera la chispa, ver figura 3; y finalmente tenemos al motor de encendido por compresión (MEC) o de ciclo Diesel, ver figura 4; aquí se produce la compresión del aire hasta que se logre una gran presión y temperatura, en este preciso instante se realiza la inyección el combustible y se produce la combustión por autoinflamación del combustible, y genera el movimiento necesario para producir trabajo, (González, Motores, 2019).

Figura 3

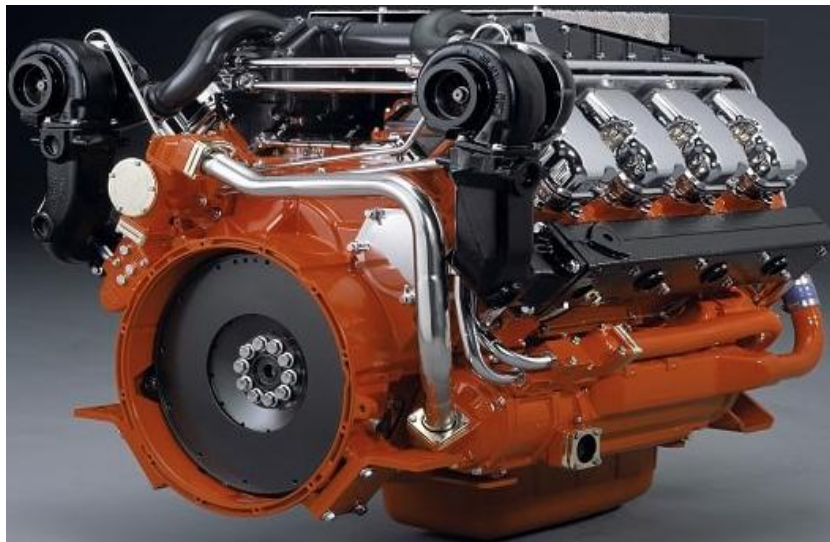
Motor a gasolina



Fuente: (Caranddriver, 2025)

Figura 4

Motor diésel



Fuente: (Heroesdeltimon, 2024).

2.1.1. Sistema de Alimentación de Combustible en los Motores a Gasolina

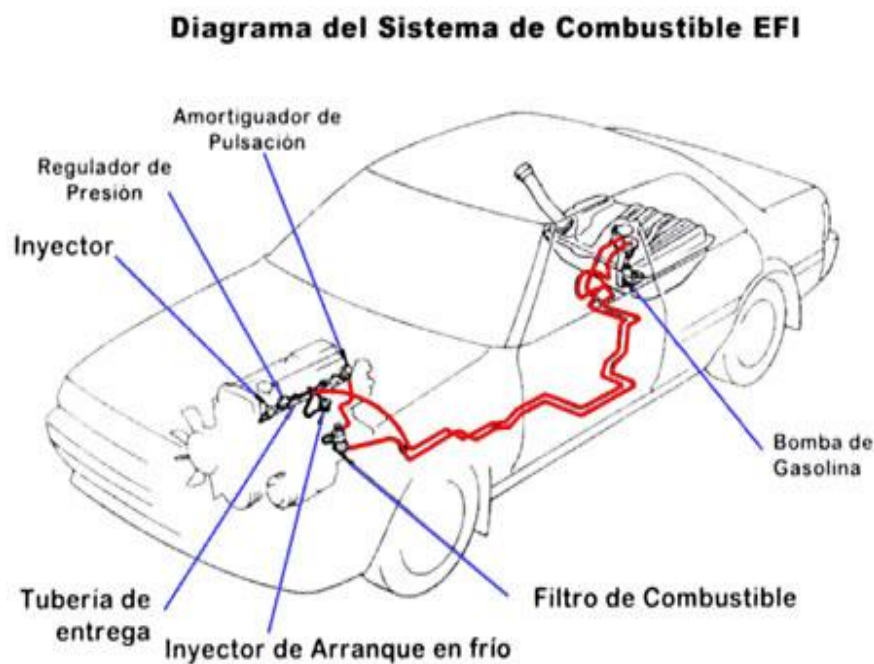
La inyección de combustible es el medio por el cual los motores de combustión interna se alimentan del carburante, actualmente los carburadores ya fueron reemplazados

por el sistema de inyectores, que introducen de forma directa el combustible hacia el interior de los cilindros en el momento indicado para realizar la mezcla estequiométrica con el aire y se pueda realizar la explosión y se genere el movimiento interno, ver figura 5.

Debido a esta forma novedosa se ha alcanzado un mejor rendimiento en cuanto al consumo de combustible y mejoras en la normativas ambientales y control de emisiones, de esta forma se contribuye al cuidado del medio ambiente.

Figura 5

Alimentación de combustible en los motores a gasolina



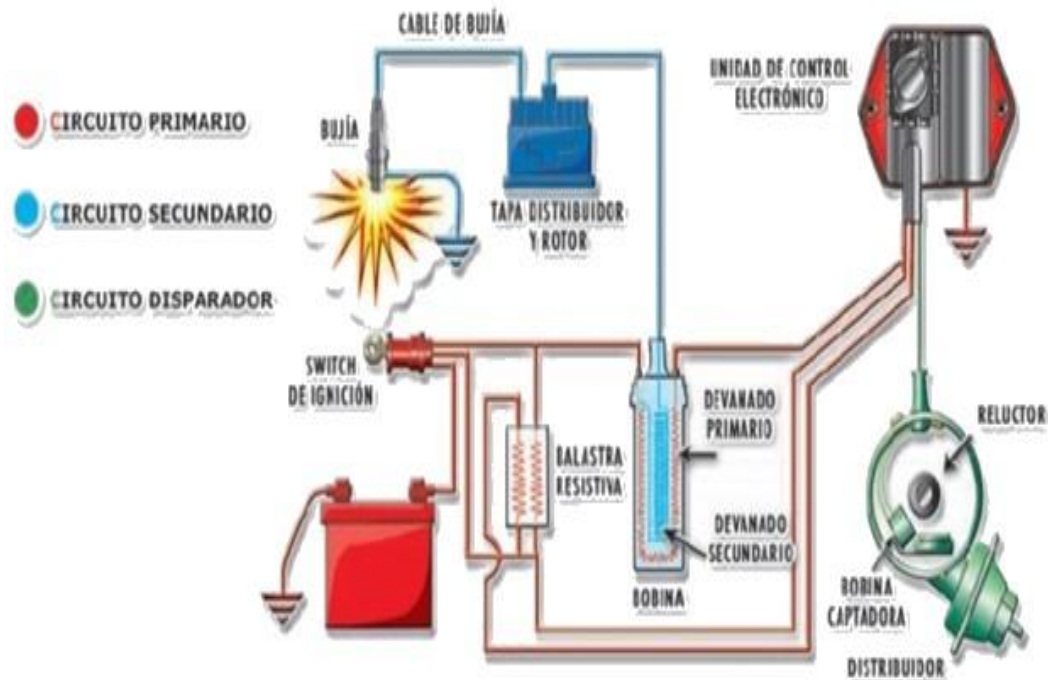
Fuente: (Cam2, 2022)

2.1.2. Sistema de Encendido en Motores a Gasolina

La función del sistema de encendido se lo puede definir como, ver figura 6, el encargado de avalar que la mezcla aire-gasolina (pulverizada) se haga de forma adecuada para alcanzar la estequiometría adecuada y óptima; esta acción debe ocurrir en el momento preciso que la bujía emite la chispa eléctrica necesaria que es dirigida hacia el interior del cilindro, se debe tomar en cuenta que la secuencia está determinada de forma ordenada que obedece al orden de encendido establecido por el fabricante, esto ayudara que la distribución de fuerzas en el motor sea de forma adecuada y bis distribuida.

Figura 6

Encendido electromecánico convencional.



Fuente: (E-auto, 2025).

2.1.3. Componentes del Sistema de Encendido en Motores a Gasolina

Los componentes del sistema de inyección son los encargados de trabajar en forma conjunta para que el encendido se realice de forma apropiada, entre ellos destacamos los siguientes:

2.1.4. Batería de Encendido del Automóvil

La batería, se encarga de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento inicial del circuito de encendido, posee una tensión nominal de 12 V, aunque en la práctica puede aumentar hasta llegar al valor de cercano a los 13.6 V, ver figura 7.

2.1.5. Bobinas de Encendido

Las bobinas de encendido, ver figura 8, transforman la corriente que es de bajo voltaje (12 V), hasta en corriente de alto voltaje necesaria para que se genere el arco eléctrico y se logre el salto de la chispa y se genere el encendido del motor, actualmente se utilizan las bobinas tipo COP.

Figura 7*Batería*

Fuente: (Firestone, 2025).

2.1.6. Bobinas de Encendido

Las bobinas de encendido, ver figura 8, transforman la corriente que es de bajo voltaje (12 V), hasta en corriente de alto voltaje necesaria para que se genere el arco eléctrico y se logre el salto de la chispa y se genere el encendido del motor, actualmente se utilizan las bobinas tipo COP.

2.1.7. Cables de Bujías del Motor a Gasolina Otto

Los cables de bujías son conocidos también como cables de alta tensión, son los encargados de transportar la alta tensión que se genera en la bobina y de allí llevarla hasta el interior de los cilindros y producir la chispa eléctrica, están diseñados para resistir aislamiento eléctrico y altas temperaturas, ver figura 9.

2.1.8. Inyector de combustible del Motor a Gasolina

El inyector de combustible, ver figura 10, su accionamiento se inicia desde la orden impartida desde la computadora, dicha información proviene de diversos sensores, por lo tanto, un inyector de gasolina es una válvula operada por un solenoide controlado por la ECU (centralita del motor) para liberar una cantidad controlada de combustible presurizado hacia el interior del motor.

Figura 8

Bobinas tipo Cop



Fuente: (NGKntk.br, 2025)

Figura 9

Cables de bujías



Fuente: (Alevaisgrues, 2025).

Figura 10 *inyector de combustible*

Fuente: (Inyesur, 2023).

2.1.9. Algunos Sensores Presentes en el Motor a Gasolina

Los sensores en el motor a gasolina proporcionan información a la ECU sobre algunos parámetros del motor como por ejemplo la posición del cigüeñal, árbol de levas, temperatura del aire, entre otros, para que el encendido y funcionamiento se realice en el momento exacto, y se trabaje de forma apropiada y sincronizada.

2.1.10. Bujías utilizadas en el Motor de Combustión Interna a Gasolina

Las bujías de encendido que se utilizan en los motores de combustión interna a gasolina son los elementos encargados de emitir la chispa eléctrica en el momento preciso cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior y la mezcla aire-combustible ha sido comprimida en la cámara de combustión de cada cilindro, ver figura 11, es decir que la alta tensión transmitida desde la bobina hace que se forme la chispa entre el o sus electrodos y se encienda la mezcla de aire y combustible, (Sanchez, 2019).

Figura 11

Bujías de encendido de uso automotriz



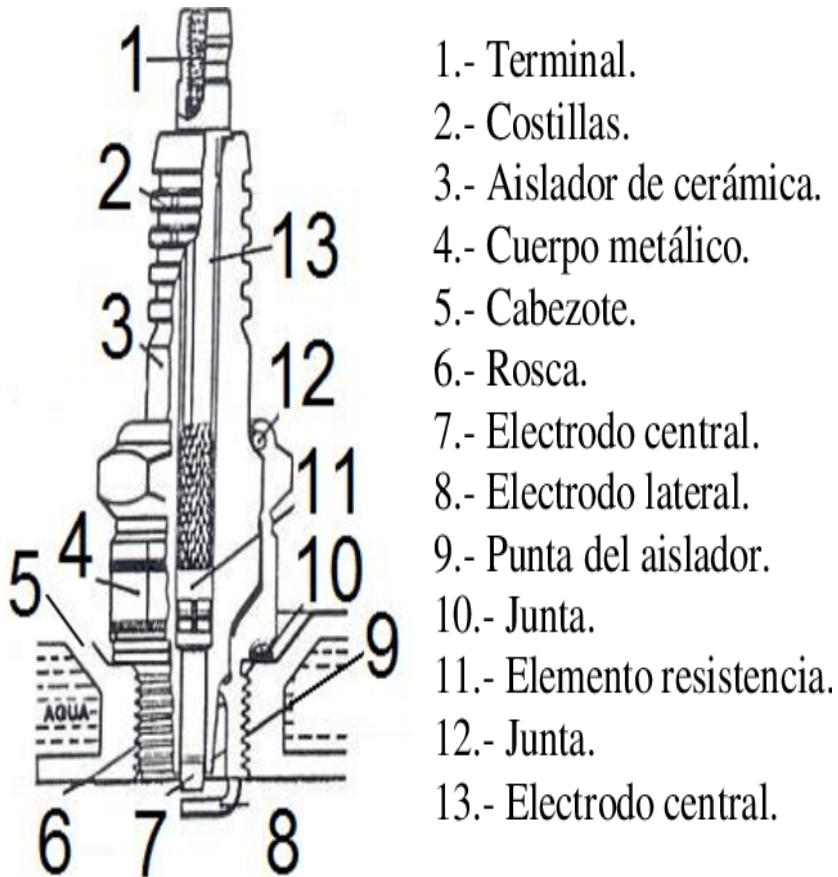
Fuente: (Boschecuador, 2023)

2.1.11. Partes de la Bujía

Las bujías están compuestas por varias componentes, ver figura 12, y cada una de ellas cumplen una función específica para que su funcionamiento sea de forma ideal entre sus partes podemos mencionar las siguientes:

El terminal, es el punto de conexión que se realiza con el cable de alta tensión, y por medio del cual se recibe la corriente eléctrica proveniente del sistema de encendido del automóvil. El aislador cerámico, generalmente son fabricados de óxido de aluminio y tiene la misión de disipar el calor que se genera al realizar la explosión de la mezcla aire y combustible.

El cuerpo de la bujía es la parte donde se encuentra la rosca que permite la fijación hacia la culata o cabezote del motor, además ayuda a la disipación del calor. La arandela, es el elemento que ayuda al cierre hermético entre la bujía y la culata, también ayuda a evitar la fuga de los gases o pérdida de compresión del motor, es decir que no se disipe la mezcla aire y combustible.

Figura 12*Partes de la bujía*

Fuente: (Researchgate, 2024)

El cuerpo de la bujía es la parte donde se encuentra la rosca que permite la fijación hacia la culata o cabezote del motor, además ayuda a la disipación del calor. La arandela, es el elemento que ayuda al cierre hermético entre la bujía y la culata, también ayuda a evitar la fuga de los gases o pérdida de compresión del motor, es decir que no se disipe la mezcla aire y combustible.

Electrodo central o de masa, siempre se encuentra conectado a un conductor interno y a una serie de resistencias cerámicas para reducir el ruido de la chispa; por último, podremos mencionar el espacio de luz que se encuentra entre el electrodo central y el de masa aquí se produce el salto de la chispa que enciende la mezcla aire-combustible.

2.1.12. Clasificación de las Bujías de Encendido en Motores a Gasolina

Existen varias formas de realizar la clasificación de las bujías de encendido, por ello postulamos algunas de ellas en los siguientes enunciados:

2.1.13. Por su Grado Térmico

Por medio de esta clasificación existen dos tipo de bujías; las bujías frías que se caracterizan realizar el disparo de la chispa con mayor rapidez, esto debido a que el electrodo central es de menor longitud, se la recomienda utilizar en motores de grandes prestaciones de potencia o rendimiento debido a que trabajan a muy altas temperaturas, ellas ayudan a la disipación del calor y además minimizan al autoignición por calentamiento, es decir su grado térmico es más alto; mientras tanto que las bujías calientes son de grado termino bajo, transmiten el calor más lento el aislante del electrodo central es más largo, se las diseña para motores de exigencia térmica, por ello mantienen una temperatura adecuada y por ello se asegura un autolimpieza y por ello se evita la deposición del carbón.

Hay dos tipos las de grado térmico alto o bujías frías se caracterizan por transmitir el calor con mayor rapidez y el material aislante en el electrodo es pequeño, también están las de grado térmico bajo que transmiten el calor más lentamente, a estas se les conoce como bujías calientes y el material aislante más largo, ver figura 13.

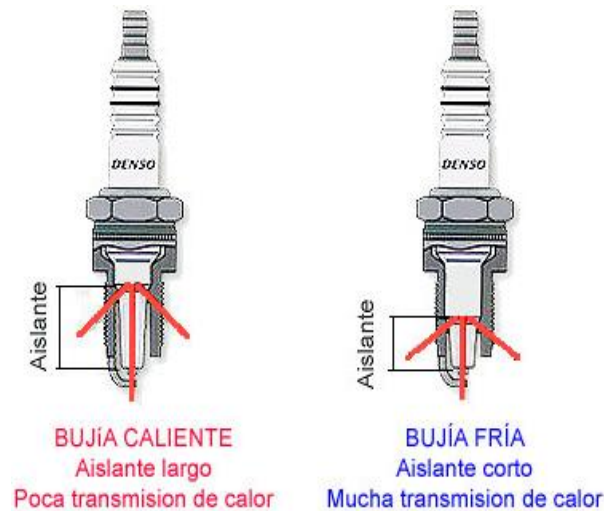
2.1.14. Por el Tipo de Resistencia

Las bujías por el tipo de resistencia se las clasifica como las de resistencia desnuda, ver figura 14, que fueron las primeras en ser utilizadas, su resistencia se encontraba al descubierto y por este motivo su eficiencia es muy baja para la transmisión de calor y el salto de la chispa de forma apropiada; tambien se tiene a las de resistencia protegida, ver figura 15, las cuales se las utiliza para el precalentamiento del motor pero en este tipo la resistencia cuenta con una protección de funda la cual recubre la resistencia y esto permite transmitir el calor de una funda para transmitir el calor manera más rápida y efectiva, se las utiliza procesos de precalentamiento del motor; por último podemos nombrar a las de resistencia antiparasitaria; que es una mejora a las anteriores y se diferencian en que en su

interior tiene una resistencia destinada a reducir o eliminar las interferencias eléctricas que puedan afectar el sistema de encendido.

Figura 13

Bujías frías y calientes



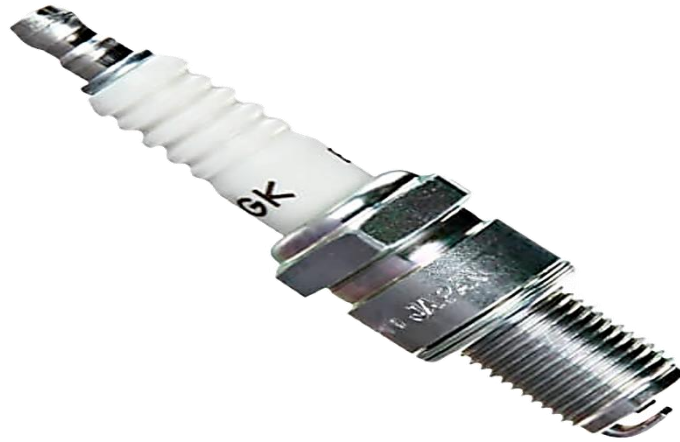
Fuente: (Mecafenix, 2025).

2.1.15. Bujías por el Tamaño del Arco

Este tipo de bujías se caracterizan por la distancia que debe recorrer la chispa entre el electrodo central y el electrodo lateral debido a esto se las clasifica en las de abertura normal donde el salto del arco llega hasta los 9 mm; y las de abertura grande, que se las utiliza con la combinación de bobinas de alto voltaje debido a que a la distancia recorrida entre electrodos llega hasta los 2.5 mm, ver figura 16.

2.1.16. Bujías por el Tipo de Combustible

Una de las bujías por el tipo de combustibles son las que se utilizan en gas pudiendo ser para Gas Natural Vehicular (GNV) o las de Gas Licuado de Petróleo (GLP), ver figura 17, requieren un voltaje más elevado debido a que la mezcla aire-gas es más estable que la que se realiza entre el aire-gasolina, vienen recubierta níquel lo cual mejora la resistencia en altas temperaturas; las utilizadas en los motores a gasolina son las más comunes y predominan en el mercado automotriz, generalmente presentan las características de las bujías convencionales desnudas, están diseñadas para generar la chispa necesaria en condiciones normales de operación.

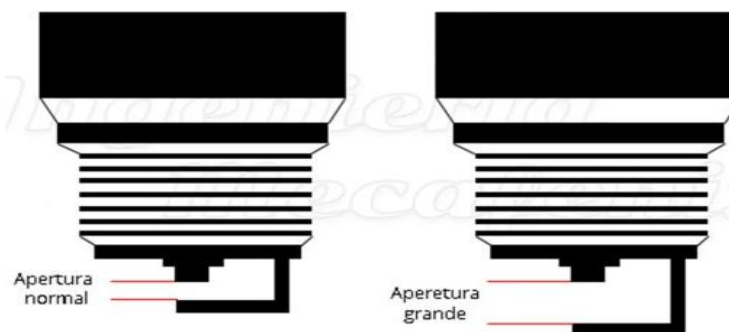
Figura 14*Bujía de resistencia desnuda*

Fuente: (NGKntk.br, 2025)

Por último, tenemos las bujías de tipo incandescentes o de precalentamiento, ver figura 18, que son utilizados en vehículos con motores diésel, no producen ningún tipo de chispa, pero sirven para mejorar o elevar la temperatura que posee el aire en el interior de la cámara de combustión, llegando hasta los 1000 °C, esta acción facilita el arranque en frío.

Figura 15*Bujía de resistencia protegida*

Fuente: (Ingmecafenix, 2025).

Figura 16*Bujías de abertura normal y grande*

Fuente: (Mecafenix, 2025).

Figura 17

Bujías para motores a gas



Fuente: (Ingmecafenix, 2025).

2.1.17. Bujías por el Número de Electrodo

En este grupo tenemos a bujías que poseen desde un solo electrodo que son las más comunes y utilizadas en la mayoría de los motores de combustión interna a gasolina, poseen un electrodo central y un electrodo de masa lateral, se caracterizan por la facilidad que presentan al momento de ser calibradas, ver figura 19; también existen bujías que poseen varios electrodos pueden ser de dos, tres y cuatro electrodos, esta situación sirve de ayuda para que la chispa se pueda generar en diferentes puntos, esto es de ayuda para prolongar la vida útil de las bujías, porque el desgaste se distribuye de manera uniforme en todos los electrodos que posea, este aspecto también ayuda a mejorar el encendido del motor bajo condiciones extremas.

Figura 18

Bujías para motores a diésel



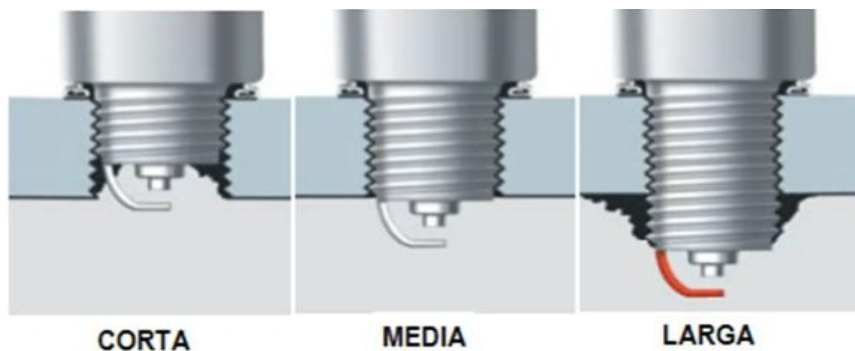
Fuente: (Ingmecafenix, 2025).

Figura 19*Bujías de uno o varios electrodos*

Fuente: (Club.autodoc, 2025).

2.1.18. Bujías por el Cuello de Rosca

Esta característica de las bujías es muy importante debido a que deben quedar perfectamente alineadas al nivel del cabezote, no debiendo quedar muy larga porque se corre el riesgo que tope al pistón al momento del ascenso al punto muerto superior, y si quedan muy corta la chispa se puede disipar y no llegar de forma eficiente al interior del cilindro, entre ellas tenemos las de asiento tipo cónico que son más delgadas y no es necesario que tengan la arandela de estanqueidad porque alcanzan un sellado hermético al momento del apriete; luego tenemos las de alcance corto, en este caso la longitud de la rosca es reducido, debido a esto se las utiliza en culatas o cabezotes delgados; y por último a las de alcance largo, ellas poseen una rosca de mayor alcance y se las diseña para las culatas que poseen un mayor espesor y de esta forma se garantiza el ajuste adecuado y que el salto de la chispa sea el apropiado, ver figura 20.

Figura 20*Bujías con diferentes cuellos de rosca*

Fuente: (Mecafenix, 2025).

2.1.19. Clasificación por el Tipo de Material

Por el tipo de material tenemos a las de cobre que actualmente son las más utilizadas y comunes en medio porque presentan mejores prestaciones al momento de conducir la electricidad, sin embargo se resalta que su vida útil es más reducida; también existen las de bujías cuyo electrodo central es de platino, esto garantiza una mayor resistencia al desgaste y por ende una mayor vida útil, se las emplea especialmente en motores de alto rendimiento; además podemos describir a las bujías de iridio que presentan una tecnología superior y su electrodo es altamente resistente a la corrosión y a las temperaturas extremas proporcionan una chispa de mayor potencia, por este motivo mejora la eficiencia de la combustión, reduce el consumo de combustible y optimiza el rendimiento general del motor, ver figura 21.

Figura 21

Bujías de cobre, platino e iridio



Fuente: (Club.autodoc, 2025).

2.2. Equipo de Diagnóstico Automotriz Brain Bee

Para desarrollar el presente proyecto enfocado al análisis de emisiones de gases del motor del vehículo Mazda 3 2.0, se aplicará la alternancia de las bujías de dos y cuatro electrodos se empleará el equipo de diagnóstico automotriz denominado Brain Bee AGS - 699, el mismo que se ilustra en la figura 22; el equipo se destaca por ser un equipo muy sencillo de utilizar muy ágil y de alta precisión, se diseñó se enfoca en la verificación del sistema eléctrico, electrónico y sistema de alimentación de combustible; el equipo posee sistemas modernos de diagnóstico capaces de generar una gráfica apropiada para el análisis de los gases contaminantes; Estas prestaciones lo convierten en un instrumento

valioso para los técnicos en mecánica automotriz. Adicionalmente, incluye una sonda específica para efectuar el análisis de gases necesario para este proyecto, (Bosch, 2024).

2.2.1. Características del Equipo Brain Bee AGS - 699

Las características que posee el equipo de diagnóstico de uso automotriz Brain Bee AGS – 699 son las siguientes, (Globaltech, 2025).

- Sistema Premium de medición.
- Función automática de calibración a cero.
- Tiempo de calentamiento menor a 10 minutos.
- Sistema de filtrado reforzado y con trampa de agua.

Figura 22

Equipo de diagnóstico Brain Bee Ags - 699



Fuente: (Globaltech, 2025).

- Pruebas automáticas para residuos de HC y vacío.
- Auto prueba y auto diagnóstico.
- Compensador de altura.
- Medición inalámbrica vía radio de RPM y temperatura de aceite con el accesorio MGT-300/R (opcional).
- Pantalla LCD con iluminación de fondo.
- Software para PC de múltiples aplicaciones.
- Conexión a PC vía Cable USB. Opcionalmente vía Bluetooth.
- Impresora térmica de alta velocidad.

- Mide: HC, CO, CO₂, O₂.
- Cálculo de Lambda y CO corregido.
- Habilitado para medición de NOx con sensor opcional.
- Cámara de medición.
- Aspiración de gas medición de 4 L/min.
- Control Automático de sensor O₂.
- Reinicio Automático.

Capítulo III

Metodología

En el actual capítulo se detalla de forma exclusiva el método que se utilizó para desarrollar el análisis y comparativa en los gases generados por el motor de combustión interna al utilizar bujías de dos y cuatro electrodos, las mismas que se utilizaron en el motor del vehículo Mazda 3 2.0, se lo hace con el propósito de obtener un diagnóstico confiable de los gases emitidos al momento de realizar la combustión del motor, y al mismo tiempo promover el uso de bujías alternativas en los clientes y talleres; también, se pretende proporcionar instrumentos prácticos que simplifiquen el estudio de las emisiones contaminantes.

Se debe destacar que la adecuada metodología será elemento de garantía para que los hallazgos sean fiables y aun futuro puedan ser replicados, y por este medio se pueda aplicar de forma efectiva en mantenimientos reales de varios vehiculos.

3.1 Estudios Implementados en la Investigación Realizada

En el trabajo presentado se desarrolló se realizó la aplicación de múltiples tipos de investigación, tales como lo son; la investigación descriptiva, investigación bibliográfica y la investigación de campo.

3.2.1 Investigación Descriptiva

La investigación de tipo descriptiva se la utilizó para realizar el detalle de la situación problemática concerniente y referente al diagnóstico realizado en los gases emitidos por los motores de combustión interna, esto con la variación del tipo de bujía utilizado, en este caso fueron las bujías de dos y cuatro electrodos.

3.2.2 Investigación Bibliográfica

Para desarrollar la presente aplicación se aplicó la investigación de tipo bibliográfica con la finalidad de recabar información relacionada al tema, para ello se consultó libros, enciclopedias, revistas, guías y portales de internet que se relacionan con la temática en estudio, esto sirvió para establecer el diagnostico real y apropiado de los gases emitido por los motores de combustión al utilizar bujías de dos y cuatro electrodos.

3.2.3 Investigación de Campo

Este tipo de investigación se la utilizó para alcanzar la optimización del proceso de diagnóstico de sistemas relacionados a la emisión de gases contaminantes del motor de combustión interna del automóvil, con esto se alcanzó la aplicación de un método experimental para probar el objetivo principal del trabajo investigativo.

3.3 Descripción del Proceso Evaluativo

El diagnóstico de los gases contaminantes emitidos por el motor del vehículo Mazda 3, se utilizó el equipo automotriz conocido como BRAIN BEE, ver figura 23, el trabajo se desarrollará en el taller automotriz Checopart's ubicado en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, en las calles Tulcán y Clemente Ballen.

Figura 23

Equipo de diagnóstico Brain Bee Ags - 699



Fuente: (Autotools, 2025)

3.4 Procedimientos de Análisis de las Bujías de Dos y Cuatro Electrodo

Con la finalidad de alcanzar el entendimiento adecuado y necesario para realizar el diagnóstico de los gases contaminantes emitidos por el motor de combustión interna del vehículo Mazda 3, se utiliza el equipo descrito en el punto anterior, en él se puede visualizar los valores de emisiones de los NO_x, HC, CO y O que son los gases más perjudiciales para el medio ambiente, y es por ello su importancia de análisis de los gases, por ello se detalla

la siguiente secuencia para realizar el análisis, se debe considerar que en nuestro país el Ecuador, al momento de realizar la revisión técnica vehicular por normativa NTE INEN 2204 no se considera los valores de NO_x , esto debido a la mala calidad de combustible que tenemos; se consideran los siguientes valores para los vehículos que han sido fabricado desde el año 2000, para el CO, como máximo debe ser del 1.0%; para el HC máximo 200 ppm; y para el O debe mantenerse por debajo del 2% durante la operación normal del motor y para esta practica se usara combustible Ecopáís de 85 octanos.

Antes de iniciar las pruebas se debe ubicar el vehículo en una posición que facilite la operación del caso, es decir que facilite la conexión de la sonda en el tubo de escape, además que de facilidades de la conexión del equipo, resaltando que para su funcionamiento debe tener alimentación de 110 voltios.

3.1.1. Análisis con las Bujías de Dos Electrodos

Primero se realizó la prueba con la bujía de dos electrodos, ver figura 24, para se procedió a realizar el cambio de las bujías tradicionales de cobre de un solo electrodo, para ello se retiro la parte superior de la protección del motor, para extraer las bobinas de tipo COP que este caso utiliza el vehículo Mazda 3, ver figura 25.

Figura 24

Bujías de cobre de uno y dos electrodos



Figura 25

Cambio de bujías de cobre de un electrodo por las de dos electrodos



Luego se procedió a realizar la conexión del equipo a la fuente de 110 voltios y se procede a encender el equipo de diagnóstico BRAIN BEE, se debe esperar unos 10 o 15 minutos para que realice el calentamiento del equipo, lo cual se puede apreciar con una lectura que se desplaza en el equipo. ver figura 26.

Figura 26

Calentamiento de equipo del diagnóstico Brain Bee



Seguido de procede a realizar la estanqueidad del equipo, es decir es un ensayo o prueba que se realiza para comprobar si el equipo que posee un sistema de tubería no

contiene fugas y esta perfectamente sellado, su objetivo es asegurar que no exista ningún tipo fugas de los gases que van a ser analizados, ver figura 27, esta prueba se tarda de 8 a 10 minutos.

Figura 27

Prueba de estanquidad del equipo de diagnóstico Brain Bee



Una vez que se ha alcanzado el calentamiento correspondiente y la prueba de estanquidad correspondiente se procede a obtener las lecturas al régimen de ralentí y se obtiene los valores que se visualizan en la pantalla, los mismos que serán analizados en una tabla general para el análisis correspondiente, recordando que estamos analizando el CO, HC y el O de los gases de escape, ver figura 28.

Figura 28

Valores emitidos a régimen de ralentí con las bujías de dos electrodos



Luego se procede a realizar la prueba de análisis de gases combustionados, en este caso se lo realizó a 2500 rpm, esta acción se da por lo establecido en la normativa NTE INEN 2204, también podemos visualizar en la pantalla los valores emitidos en correspondiente análisis que se realizará posteriormente, ver figura 29.

Figura 29

Valores emitidos a 2500 rpm con las bujías de dos electrodos



3.1.2. Análisis con las Bujías de Cuatro Electrodos

Antes de empezar el análisis correspondiente con las bujías de cuatro electrodos se procedió a realizar el cambio de las bujías con las de dos electrodos, para lo cual se realizó el mismo procedimiento inicial para el cambio de bujías correspondiente, ver figura 30.

Figura 30

Cambio de bujías de dos electrodos por las de cuatro electrodos



Debido a que paso un tiempo prolongado mientras se realizó el cambio de bujías primero se debe realizar el proceso de encendido del equipo, para ello se precede a realizar el apagado del equipo y se presión la tecla escape o ESC, ver figura 31, adicional debido al tiempo de espera por el cambio de bujías se debe realizar todo el procedimiento de calentamiento y de estanqueidad del equipo tal como se lo realizo al iniciar la prueba anterior.

Figura 31

Auto encendido del equipo de diagnóstico



Para realizar las pruebas con las bujías de cuatro electrodos se seguirá la misma secuencia que se utilizó con las bujías de dos electrodos, es decir primero se tomará la lectura a régimen de ralentí, ver figura 32, y luego se procedió a topar la lectura a un régimen de 2500 rpm, ver figura 33.

Se debe destacar que todas las lecturas serán analizadas en el posterior capítulo tomando como base lo establecido en la normativa NTE INEN 2204, las mismas que son las vigentes en nuestro país, allí se establecerá si los gases contaminantes emitidos por el motor del vehículo Mazda 3 se encuentran dentro de lo establecido en la normativa vigente y con ello se podrá establecer las condiciones que el motor presenta en la actualidad.

Figura 32

Valores emitidos a régimen de ralentí con las bujías de cuatro electrodos

**Figura 33**

Valores emitidos a 2500 rpm con las bujías de cuatro electrodos



Capítulo IV

Análisis de Resultados

Para alcanzar un análisis apropiado de los resultados que se obtuvieron en proyecto desarrollado debemos tomar como base lo establecido en la normativa NTE INEN 2204, la misma que es utilizada incluso por los centros de revisión técnica vehicular de nuestro país el Ecuador.

Por ello analizamos los datos obtenidos en todas las pruebas realizadas, es decir debemos considerar las pruebas realizadas con las bujías de dos electrodos tanto a ralentí como a 2500 rpm, además de las pruebas realizadas con las bujías de cuatro electrodos de igual forma a ralentí y a 2500 rpm.

Para ello realizaremos el análisis de todos los datos mostrados en la tabla 1, donde se visualiza lo establecido en la normativa vigente y los datos obtenidos en las cuatro pruebas realizadas.

Tabla 1

Tabla Comparativa de datos obtenidos con los establecidos en la normativa

Parámetro	Valor de Normativa	Bujía de Dos Electrodo a Ralentí	Bujía de Dos Electrodo a 2500 RPM	Bujía de Cuatro Electrodo a Ralentí	Bujía de Cuatro Electrodo a 2500 RPM
CO ₂ (%)	1.0	7.47	1.23	0.42	1.69
HC (ppm)	200	276	210	158	205
O (%)	< a 2	0.27	9.70	4.84	6.33

Nota. En Esta Tabla se Observa los Diferentes Valores Obtenidos Vs los Establecidos en la Normativa Vigente

En la tabla 1, se puede visualizar los valores establecidos en la normativa vigente y los valores obtenidos en las cuatro pruebas, donde podemos visualizar que en la bujía de dos electrodos a ralentí supera por mucho las emisiones de CO₂, el valor de excedente es de 6.47%, mientras que en valor del HC, llego a 276 ppm, es decir supero el valor el 76 unidades de ppm, sin embargo podemos visualizar que el valor del oxigeno llego apenas a un 0.27%, es decir se mantiene por debajo de lo dispuesto en la normativa.

En la siguiente prueba que fue con la bujía de dos electrodos a 2500 rpm se pueden visualizar que el valor de CO_2 , bajo a un valor de 1.23%, con relación a la prueba anterior, es decir que se encuentra muy cercano a lo establecido en la normativa que es un valor de 1%; también se visualiza una reducción de las emisiones de los HC, donde llegó a un valor de 210 ppm, muy cercano al valor de 200 establecido en la norma; por último podemos observar que existe un aumento muy notorio en la emisión de oxígeno llegando a un valor de 9.70% superando por mucho lo establecido en la normativa que es un valor de 2%.

A continuación se realizó la tercera prueba donde se procedió al retiro de las bujías de dos electrodos y se instalaron las bujías de cuatro electrodos y se obtuvieron los siguientes resultados, para el motor en ralentí se obtuvo que el CO_2 , emitió un valor 0.42% estando por debajo de lo establecido en la normativa, es decir presentó una reducción de 0.58% de lo máximo permitido; para el valor los HC se obtuvo un valor de 158 ppm, estando 42 ppm más bajo de lo permitido; sin embargo para el oxígeno mostró un valor de 4.84%, es decir 2.84% más alto de lo permitido.

Finalmente se realizó la toma de datos a 2500 rpm, donde se obtuvo que el CO_2 , emitió un valor 1.69% estando 0.69% más alto de lo permitido; para los valores de HC mostró un resultado de 205 ppm que es muy cercano a los 200 ppm establecidos en la norma; y por último se visualiza que el valor del O está muy elevado, pues llegó a un valor de 6.33%, es decir un 4.33% más alto de lo permitido.

Analizando la tabla generada podemos decir que la bujía de cuatro electrodos presentó mejores prestaciones en relación a los parámetros de CO_2 , pues en la prueba de ralentí presentó un valor menor a lo establecido y para las 2500 rpm superó lo permitido en un 0.69% lo estipulado; en la otra prueba de análisis que fueron los HC, cuando se analizó ralentí se obtuvo un valor muy inferior a lo establecido, y a las 2500 rpm estuvo muy cerca a lo permitido; sin embargo hay que destacar que para los valores del O se presentó la novedad que en ambos casos superó el límite permitido teniendo como base este dato se puede decir que existe un problema con el sistema inyección y está presentando una tipo de mezcla pobre y por ende va a presentar problemas en el funcionamiento adecuado.

Conclusiones

Se realizó el análisis de los gases contaminantes generados por el motor del vehículo Mazda 3 2.0, variando con bujías de dos y cuatro electrodos, y obtuvieron lecturas del CO₂, HC y el O que se emiten a la atmósfera, se los comparó con la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204, que está vigente para la revisión técnica vehicular en el Ecuador, además se logró establecer la recopilación de información relacionada a las bujías y los gases generados por motor de combustión interna.

Se alcanzó a realizar la contrastación de los gases generados en la combustión del motor a gasolina utilizando bujías de dos y cuatro electrodos por medio del equipo automotriz BRAIN BEE, tomando como referencia la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204, donde se estableció que los valores de los gases emitidos cuando se utilizó la bujía de cuatro electrodos se aproximan más a los establecidos en la normativa, para CO₂, tanto en ralentí como a 2500 rpm se acercan a los valores establecidos siendo estos 0.42% y 1.69% respectivamente y el valor referencial es de 1%; los valores obtenidos en los HC también son muy cercanos a los 200 ppm de la normativa, dando como resultado 158 ppm y 205 ppm, respectivamente; sin embargo hay que destacar que los valores de oxígeno están muy lejos de lo permitido, llegando a estar con valores de 4.83% y 6.33% respectivamente, alejándose del < a 2% que tenemos como referencia, los valores de la bujía de dos electrodos están muy lejos a lo permitido tal como se muestra en la tabla 1.

Tomando como base los valores establecidos y realizando un análisis comparativo con los valores obtenidos se puede determinar que la bujía de cuatro electrodos es la más apropiada para el motor del vehículo Mazda 3 2.0, esto debido a que se acercan mucho a los valores estipulados permitidos en la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204, que está vigente y se aplica en los centros de revisión técnica vehicular en todo el país.

Recomendaciones

Para tener éxito en la prueba se recomienda realizar el cambio de las bujías con el motor caliente, es decir cuando ha alcanzado su temperatura de funcionamiento y hacerlo considerando que la limpieza del caso para evitar posibles problemas en el funcionamiento del motor, también se recomienda tener el conocimiento pleno de los valores permitidos en la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204 vigente en nuestro país.

Se recomienda realizar pruebas adicionales a diferentes regímenes de RPM (ralentí, 1500, 3000 RPM) para validar si el comportamiento observado a 2500 RPM se mantiene consistente; asimismo, se sugiere calibrar y verificar periódicamente el equipo BRAIN BEE para asegurar la precisión de las mediciones y repetir las pruebas bajo condiciones ambientales controladas.

Se recomienda implementar las bujías de dos electrodos como estándar para este vehículo, complementando esta decisión con un programa de mantenimiento preventivo que incluya: verificación del sistema de inyección, limpieza de filtros de aire, uso de combustible de calidad certificada, y análisis de gases cada 5,000 km. Adicionalmente, se sugiere evaluar otras marcas de bujías de dos electrodos que puedan optimizar aún más los resultados obtenidos

Bibliografía

- Acdelco. (2023). *Cables de Bujías*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.acdelco.mx/pdf/cables-para-bujias.pdf
- Actualidadmotor. (2022). Obtenido de <https://www.actualidadmotor.com/cables-de-bujias/>
- Alevaisgrues. (2025). Obtenido de <https://www.alevaisgrues.com/es/los-cables-de-bujias-y-la-importancia-de-su-revision-periodica/>
- AutoAvance. (2022). *AutoAvance*. Obtenido de AutoAvance: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/105-distribuidor-de-encendido/>
- AutoPlanet.pe. (2023). *AutoPlanet.pe*. Obtenido de AutoPlanet.pe: <https://autoplanet.pe/blog/para-que-sirven-los-cables-de-bujia-en-un-auto/>
- Autosoporte. (2023). *Baterías Automotrices*. Obtenido de <https://autosoporte.com/analisis-tecnico-del-uso-del-osciloscopio-automotriz/>
- Autotools. (2025). Obtenido de https://autotools.com.co/wp-content/uploads/2020/05/Analizador_de_Gases_Brain_Bee_AGS-688_royrwp.jpg
- Bateriasecuador. (2024). *Baterías Automotrices*. Obtenido de <https://bateriasecuador.com/producto/f65/>
- Bosch. (2024). Obtenido de <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/analisis/analisis-de-sistemas-del-veh%C3%ADculo/fsa-740-sin-kts-560/>
- Boschecuador. (2023). Obtenido de <https://www.boschecuador.com/shop/producto?id=2186>
- Britannica. (2024). Obtenido de https://www.britannica.com/technology/internal-combustion-engine?utm_source=chatgpt.com
- Buscadordetalleres. (2023). Obtenido de <https://buscadordetalleres.com/blog/tipos-de-bujias-fabricadas-por-ngk/>
- Bwdbrand. (2023). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https

- Cam2. (2022). *Sistema de Alimentación de Combustible*. Obtenido de <https://www.cam2.com.pe/single-post/2019/12/16/sistema-de-alimentaci%C3%B3n-de-combustible-y-sus-partes>
- Caranddriver. (2025). Obtenido de <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a65034494/todo-sobre-el-motor-de-gasolina-que-equipan-mas-de-7-millones-de-coches-en-80-paises-del-mundo/>
- Club.autodoc. (2025). Obtenido de <https://club.autodoc.es/magazin/hechos-a-tener-en-cuenta-al-elegir-las-bujias>
- como-funciona. (2023). *como-funciona*. Obtenido de como-funciona: <https://como-funciona.co/el-encendido-del-motor-sistema/>
- CONAUTO. (2023). *CONAUTO*. Obtenido de CONAUTO: <https://www.conauto.com.ec/index.php/launch-scanner-x-431-pro-v-5-0/>
- E-auto. (2025). Obtenido de [https://www.e-auto.com.mx/](https://www.e-auto.com.mx/enew/index.php?view=article&id=3469)
- Energy.gov. (2024). Obtenido de https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/internal-combustion-engine-basics?utm_source=chatgpt.com&nrg_redirect=301241
- Ferrovial. (2023). Obtenido de <https://www.ferrovial.com/es/stem/osciloscopio/#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20os>
- Finaltest. (2024). Obtenido de <https://www.finaltest.com.mx/product-p/art-9.htm>
- Firestone. (2025). Obtenido de <https://www.firestone.com.mx/tips-firestone/otros/como-funciona-la-bateria-de-tu-auto/>
- Fullmecanica*. (2023). Obtenido de <https://www.fullmecanica.com/definiciones/i/1490-mecanica-automotriz-gasolina-el-sistema-de-combustible>
- Globaltech. (2025). Obtenido de <https://globaltech-car.com/tiendaonline/analizador-de-gases-brain-bee-modelo-ags-688/>
- González, C. D. (2019). *Motores*. Madrid: Paraninfo.
- helloauto. (2024). Obtenido de <https://helloauto.com/glosario/encendido-dis>

- Heroesdelimon. (2024). Obtenido de <https://www.heroesdelimon.com/es/los-tipos-de-motores-diesel-mas-conocidos>
- Incropera, F., & DeWitt, D. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. México: Prearson Prentice Hall.
- Ingmecafenix. (2025). Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/mecanica/automotriz/bujias/>
- Inyeccionelectronicamotores. (2023). Obtenido de <https://inyeccionelectronicamotores.blogspot.com/2016/08/bobina-de-encendido-cop-multichispa.html>
- Inyesur. (2023). Obtenido de <https://inyesur.com/reparar-inyectores-gasolina/>
- Mecafenix, I. (2025). Obtenido de <https://i0.wp.com/www.ingmecafenix.com/wp-content/uploads/2018/09/Partes-de-bujias.webp?resize=683%2C384&ssl=1>
- Motorgiga. (2024). Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/distribuidor-de-encendido-definicion-significado/gmx-niv15-con193887.htm>
- Motorpasión. (2019). *Motorpasión*. Obtenido de Motorpasión: <https://www.motorpasion.com/revision/funcionamiento-motor-combustion-paso-a-paso-video>
- motoryracing. (2024). Obtenido de <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/el-carburador-su-historia-partes-funcion-y-mantenimiento/>
- Over-blog. (2023). Obtenido de <http://sebastiandeargentina.over-blog.com/article-que-osciloscopio-analogico-85905406.html>
- Pérez, B. M. (2019). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Paraninfo.
- Perfectprime. (2023). *Perfectprime*. Obtenido de Perfectprime: <https://perfectprime.com/>
- petrolheadgarage. (2023). Obtenido de <https://petrolheadgarage.com/cursos-automocion/injector-gasolina/#:~:text=en%20un%20coche-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20inyector%20de%20gasolina%3F>
- Prodwaregroup. (2023). Obtenido de <https://blog.prodwaregroup.com/es/perfiles/niveles-mantenimiento-pasar-postura-reactiva-proactiva/>

- Pruebaderuta. (2023). Obtenido de <https://www.pruebaderuta.com/las-bujias.php>
- rentingfinders. (2023). *rentingfinders*. Obtenido de rentingfinders: <https://rentingfinders.com/glosario/bobina-encendido/>
- Researchgate. (2024). Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-166-Partes-de-la-bujia_fig23_309350889
- Ro-des. (2023). *Cables de Bujías de Alto Rendimiento*. Obtenido de <https://www.ro-des.com/mecanica/cables-para-bujias/>
- Rondón, N., torres, O., Niño, E., Eduardo, M., & Johan, R. (2018). *Manual de Reparación de Autompoviles* .
- Sanchez, E. (2019). *Sistemas Auxiliares del Motor*. MacMillan.
- Solverdca. (2025). Obtenido de <https://www.solverdca.com.ar/motor-de-combustion-interna-partes-que-lo-integran/>
- Standardbrand. (2024). Obtenido de <https://www.standardbrand.com/es/products/ignition/ignition-wire-and-cable/coil-on-plug-boots>
- Talleres, B. (2022). *Buscando Talleres*. Obtenido de Buscando Talleres: <https://buscadordetalleres.com/blog/diferentes-tipos-de-sistemas-de-refrigeracion/>