

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
“CONSULTING GROUP ECUADOR ESCULAPIO”

Registro SENESCYT N° 17-061



Estudio comparativo del flujo de inyección de inyectores GDI vs inyectores convencionales mediante los equipos de diagnóstico.

Proyecto de investigación presentado como requisito parcial para optar por el título de
Tecnólogo Superior en Mecánica Automotriz

Autor: Williams Alejandro Amancha Guaña

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0073-3311>

Autor: Stalin Daniel Chalapú Albán

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5879-7508>

Tutor: Ing. Boris Nicolás Muñoz Sigcha M.Sc

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-6892-2768>

Quito, 16 de diciembre 2024

Referencias del Autor: Amancha Guaña Williams Alejandro

williamsamancha601@gmail.com

williams.amancha@istcge.edu.ec

Referencias del Autor: Chalapú Albán Stalin Daniel

stalinchalapu@hotmail.com

stalin.chalapu@istcge.edu.ec

Referencias del Tutor: Ing. Boris Nicolás Muñoz Sigcha M. Sc

bnmunozs@gmail.com

b.munoz@istcge.edu.ec

Referencias Investigativas: Estudio comparativo del flujo de inyección de inyectores GDI vs inyectores convencionales mediante los equipos de diagnóstico.

Amancha Guaña Williams Alejandro, Chalapú Albán Stalin Daniel, (2025). Estudio comparativo del flujo de inyección de inyectores GDI vs inyectores convencionales mediante los equipos de diagnóstico. Mecánica Automotriz. Quito – Ecuador, 99p.

DERECHOS DE AUTOR

Williams Alejandro Amancha Guaña y Stalin Daniel Chalapú Albán, en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación titulado “Estudio comparativo del flujo de inyección de inyectores GDI vs inyectores convencionales mediante los equipos de diagnóstico”, modalidad semipresencial, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor del Instituto Superior Tecnológico Consulting Group Ecuador – Esculapio una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, de acuerdo con la normativa citada.

Asimismo, autorizamos al Instituto Superior Tecnológico Consulting Group Ecuador – Esculapio para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en su repositorio virtual, conforme a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe los derechos de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando al Instituto Superior Tecnológico Consulting Group Ecuador – Esculapio de toda responsabilidad

En la ciudad de Quito, a los 16 días del mes de diciembre del 2024.

Williams Alejandro Amancha Guaña
Cédula: 1726348897

Stalin Daniel Chalapú Albán
Cédula: 1725024440

Correo: williams.amancha@istcge.edu.ec

Correo: stalin.chalapu@istcge.edu.ec

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Williams Alejandro Amancha Guaña y Stalin Daniel Chalapú Albán, estudiantes de la carrera de Mecánica Automotriz del Instituto Tecnológico Superior “Consulting Group Ecuador- Esculapio”; declaramos que el proyecto de investigación titulado “Estudio comparativo del flujo de inyección de inyectores GDI vs inyectores convencionales mediante los equipos de diagnóstico” presentado en 99 folios, es un requerimiento parcial para la obtención del grado académico de tecnólogo en Mecánica Automotriz y es de nuestra autoría.

Por lo tanto, declaro lo siguiente:

He mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes, de acuerdo establecido por las normas de elaboración de trabajo académico.

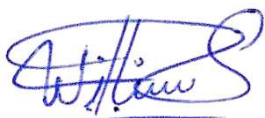
No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquellas expresadamente señaladas en este trabajo.

Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.

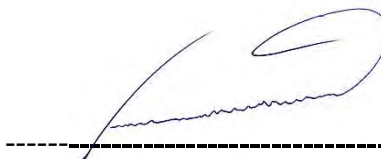
Somos conscientes de que nuestro trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagio.

De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el procedimiento disciplinario.

Quito, 16 de diciembre de 2024



Williams Alejandro Amancha Guaña



Stalin Daniel Chalapú Albán

Cédula: 1726348897

Correo: williams.amancha@istcge.edu.ec

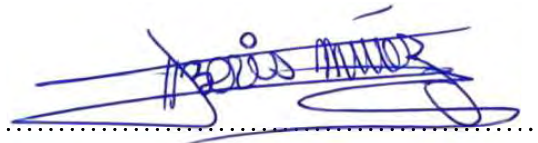
Cédula: 1725024440

Correo: stalin.chalapu@istcge.edu.ec

APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Boris Nicolás Muñoz Sigcha en calidad de tutor del trabajo de titulación “Estudio comparativo del flujo de inyección de inyectores GDI vs inyectores convencionales mediante los equipos de diagnóstico”, CIUDAD DE QUITO, elaborado por los estudiantes Williams Alejandro Amancha Guña, con cédula 1726348897 y Stalin Daniel Chalapú Albán, con cédula 1725024440 de la Carrera de Mecánica Automotriz, APRUEBO, dentro de la línea de investigación PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, en consideración que el trabajo de titulación reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico para ser sometido al jurado examinador que se designe en virtud de continuar con el proceso de titulación determinado por el Instituto Superior Tecnológico Consulting Group Ecuador – Esculapio.

En la ciudad de Quito, a los 16 días del mes de diciembre de 2024



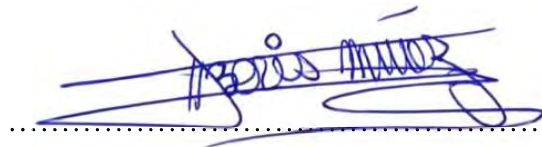
Ing. Boris Nicolás Muñoz Sigcha M.Sc

b.munoz@istcge.edu.ec

APROBACIÓN DEL TUTOR DEL NIVEL DE SIMILITUD DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo Boris Nicolás Muñoz Sigcha en calidad de tutor del trabajo de titulación “Estudio comparativo del flujo de inyección de inyectores GDI vs inyectores convencionales mediante los equipos de diagnóstico” EN LA CIUDAD DE QUITO, elaborado por los estudiantes Williams Alejandro Amancha Guaña y Stalin Daniel Chalapú Albán, de la Carrera de Mecánica Automotriz, APRUEBO, el nivel de similitud en correspondencias con los parámetros establecidos considerando el resultado del programa especializado para tal efecto, el análisis y revisión personal. Se anexa la hoja resumen del programa especializado en imagen PDF.

En la ciudad de Quito, a los 16 días del mes diciembre de 2024



Ing. Boris Nicolás Muñoz Sigcha M.Sc

b.munoz@istcge.edu.ec



TESIS INYECTORES GDI-Amancha - Chalapú

19%
Textos sospechosos



- 3% Similitudes
0% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
- 1% Idiomas no reconocidos
- 15% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: TESIS INYECTORES GDI-Amancha - Chalapú.pdf

ID del documento: 84b259d5a32634f011a2f004335d662d3d6f4a55

Tamaño del documento original: 2,15 MB

Autores: []

Depositante: DAVID ALEXANDER MORALES LOPEZ

Fecha de depósito: 20/1/2025

Tipo de carga: interface

fecha de fin de análisis: 20/1/2025

Número de palabras: 16.098

Número de caracteres: 120.466

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.ucv.edu.pe	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (118 palabras)
2	Documento de otro usuario #d913c5 El documento proviene de otro grupo 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (107 palabras)
3	repositorio.unemi.edu.ec	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (89 palabras)
4	repositorio.unemi.edu.ec	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (64 palabras)
5	polodelconocimiento.com Análisis experimental de la gestión electrónica de un ve... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (48 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	polodelconocimiento.com Vol 8, No 7 (2023)	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	mail.polodelconocimiento.com Análisis de los sistemas modernos de inyección a ...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
3	www.academia.edu (PDF) Prediseño y simulación de un sistema de inyección direc...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
4	vdocuments.mx UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE FILOSOFÍA	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
5	riunet.upv.es	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://orcid.org/0000-0003-0073-3311
2	https://orcid.org/0000-0001-5879-7508
3	https://orcid.org/0009-0002-6892-2768
4	http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16012/1/65T00404.pdf
5	http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/12459

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, ofrezco agrado a Dios por darme la fuerza y por permitir llegar hasta aquí. A mi familia, sobre todo a los que compartieron conmigo esta etapa, gracias a su amor, apoyo incondicional y por ser mi fuerza de trabajo en cada una de las fases de este viaje académico. A mis asesores y docentes, quienes comparten conmigo su conocimiento y experiencia, guiándome con paciencia y sabiduría. Estos me orientaron en el transcurso del desarrollo de este trabajo y por ellos fue posible. A mis compañeros y amigos, por el compañerismo, las palabras de aliento y las experiencias compartidas. Al final, gracias a esas personas y a esas instituciones que de una forma u otra han contribuido al desarrollo de esta tesis. Cada aporte, grande o pequeño, fue una pieza clave en este logro.

Williams Alejandro Amancha Guaña

Primero agradezco a Dios por brindarme salud y mantenerme firme durante este arduo camino de estudio, gracias a él; hoy estoy culminando una meta y empezando una vida llena de retos en el ámbito profesional. Agradezco también a mi madre, padre y hermanas por el apoyo incondicional, sus palabras de aliento me permitieron seguir adelante a pesar de lo forzado de la jornada. Por último, agradezco a los amigos, conocidos y demás personas que me apoyaron en este camino con sus consejos y me alentaron a continuar sin decaer.

Stalin Daniel Chalapú Albán

DEDICATORIA

A Dios, primeramente, a quien le dedico mi proyecto, ya que considero que me dio la fuerza e inteligencia suficiente como para poder alcanzar mis objetivos. A mi familia, quienes me acompañaron en esta difícil tarea, especialmente a mis padres, gracias a quienes finalmente cuento con las armas suficientes para desenvolverme en esta sociedad; el conocimiento, el cual gracias a su esfuerzo personal propio me han otorgado. A mis profesores y compañeros de clase, que compartieron conmigo saberes académicos y momentos de alegría que de cierta manera nos forjaron los mejores seres humanos.

Williams Alejandro Amancha Guaña

En primer lugar, le dedico este trabajo a Dios, en quien he encontrado la fortaleza y las destrezas para alcanzar mis metas; segundo, a mi familia por acompañarme, especialmente mis padres por brindarme consejo y enseñanza de perseverancia y esfuerzo. Por otra parte, a mis docentes y compañeros de clase con quien no solo comparto enseñanza sino igualmente momentos a menos que nos convirtieron en mejores personas.

Stalin Daniel Chalapú Albán

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	v
APROBACIÓN DEL TUTOR DEL NIVEL DE SIMILITUD DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTOS	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	17
INTRODUCCIÓN	17
1.1. Contextualización del Problema	17
1.2. Señales de la Existencia del Problema	19
1.3. Formulación del Problema	20
1.4. Justificación de la Investigación	22
1.5. Objetivos de la Investigación	23

1.6. Hipótesis	25
1.7. Variables	26
CAPITULO II	27
MARCO TEÓRICO	27
2.1. Antecedentes de la investigación	27
Antecedentes Internacionales:	27
Antecedentes Nacionales:	28
2.2. Bases teóricas	28
2.3. Definición de términos	31
CAPÍTULO III	33
METODOLOGÍA	33
3.1. Diseño de la Investigación	33
3.2. Diseño de Contrastación de Hipótesis	33
3.2. Población	34
3.2. Muestra	35
3.3. Muestreo	35
3.4. Informantes Claves	36
3.5. Métodos de Recolección de Datos	36
3.6. Técnicas de Recolección de Datos	37
3.7. Instrumentos de Recolección de Datos	37
3.8. Procesamiento de Recolección de Datos	38

3.9. Análisis de Datos	39
3.5 Criterios para determinar si el proyecto cumple con I+D	44
CAPITULO IV	47
ESQUEMA O PLAN DE TRABAJO	47
4.1. Cronograma de actividades	47
4.2. Presupuesto	48
4.3. Financiamiento	49
4.4. Pruebas	49
CAPÍTULO V	68
RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	68
Análisis de pruebas de ruta	72
CAPÍTULO VI	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
6.1. Conclusiones	75
6.2. Recomendaciones	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	82
Operacionalización de la Variable	82
Instrumento de Recolección de Datos o Información	84
Validación del Instrumento por Juicio de Expertos	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables	82
Tabla 2 Referencias Bibliográficas	92
Tabla 3 Matriz de Consistencia.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Conocimiento sobre Inyectores GDI.....	39
Figura 2	<i>Experiencia con Inyectores GDI</i>	39
Figura 3	Influencia del Flujo GDI en el Rendimiento	40
Figura 4	Facilidad de Diagnóstico de Inyectores.....	40
Figura 5	Importancia de Equipos de Diagnóstico.....	41
Figura 6	Diferencias en Consumo de Combustible	41
Figura 7	Problemas de Mantenimiento de Inyectores GDI	42
Figura 8	Eficiencia de Inyectores GDI en Motores Modernos.....	42
Figura 9	Uso de Equipos para Inyectores Convencionales.....	43
Figura 10	Necesidad de Formación Técnica en GDI.....	43
Figura 11	Lavado de Inyectores por Ultrasonido	50
Figura 12	Medición de la Resistencia.....	50
Figura 13	Prueba 1 Velocidad Baja	51
Figura 14	Prueba 2 Velocidad Media	52
Figura 15	Prueba 3 Velocidad Alta.....	52
Figura 16	Prueba 4 Goteo	53
Figura 17	Prueba 5 Acumulativa	54
Figura 18	Prueba 6 Simulación.....	54
Figura 19	Medición de Resistencias	55
Figura 20	Lavado por Ultrasonido.....	55
Figura 21	Prueba 1 Velocidad Baja	56
Figura 22	Prueba 2 Velocidad Media	57
Figura 23	Prueba 3 Velocidad Alta.....	57
Figura 24	Prueba 4 Goteo	58
Figura 25	Prueba 5 Acumulativa	59
Figura 26	Prueba 6 Simulación.....	59
Figura 27	Valor Bruto del Pedal del Acelerador 2 en Voltios.....	60
Figura 28	<i>Solicitud de Par de la Rueda del Pedal del Acelerador</i>	61
Figura 29	Valor Bruto del Pedal del Acelerador 1 en Voltios.....	62
Figura 30	<i>Cantidad de Inyección Deseada de Pil Cilindro 1</i>	63
Figura 31	<i>Cantidad de Inyección Deseada de Pil 1 Cilindro 2</i>	64
Figura 32	<i>Cantidad de Inyección Deseada de Pil Cilindro 3</i>	64
Figura 33	<i>Cantidad de Inyección Deseada por los 4 Inyectores</i>	65
Figura 34	<i>Presión Absoluta de la Mariposa</i>	66
Figura 35	<i>Regulación de la Inyección de Corto Alcance Banco 1</i>	66
Figura 36	<i>Regulación de la Inyección de Largo Alcance Banco 1</i>	67

RESUMEN

El análisis se realiza con la ayuda de dispositivos de diagnóstico que son capaces de evaluar y definir el fluido de combustible a través de diferentes modos de operación.

Por tanto, el objetivo de la investigación es entender y analizar el rendimiento, la eficiencia y los patrones de flujo de los dos tipos de inyectores. Los inyectores GDI, que presentan un defecto de ser rocío de combustible en la cámara de combustión, durante los ciclos en contraposición a los inyectores de combustible normales, que rocían combustible en el colector de admisión son comparados. La posición de la inyección de combustible ocasiona una diferencia en la atomización de la inyección, la formación de mezcla aire-combustible, las emisiones en la combustión así la eficacia del mismo.

Los experimentos tienen lugar en tiempo real con el fin de examinar los parámetros de funcionamiento del motor en el banco de pruebas diseñado específicamente para tal fin. Por lo tanto, se adjudican medidas de fluido con el objetivo de dar cuenta de las cuales son las características de fluido de los distintos tipos de inyectores, incluyendo la admisibilidad de fluido, la capacidad de respuesta y la uniformidad del patrón de inyección. Asimismo, el estudio busca establecer el margen de las diferentes técnicas entre los dos sistemas. Retrabajar en las funciones de mejoraría en rendimiento general del motor, reduciría el tiempo de utilización de dispositivos dañinos y disminuiría la cantidad de emisiones.

Palabras clave: inyección directa de gasolina (GDI), inyectores convencionales, fluido de los inyectores, cámara de combustión, colector de admisión, atomización de la inyección, emisiones de combustión y eficacia.

ABSTRACT

The analysis is performed with the help of diagnostic devices that are able to evaluate and define the fuel fluid through different modes of operation.

Therefore, the objective of the research is to understand and analyze the performance, efficiency and flow patterns of the two types of injectors. GDI injectors, which have a defect of spraying fuel into the combustion chamber during cycling as opposed to normal fuel injectors, which spray fuel into the intake manifold, are compared. The position of the fuel injection causes a difference in the injection atomization, the formation of the air-fuel mixture, the combustion emissions and its efficiency.

The experiments take place in real time in order to examine the engine operating parameters on the test bench specifically designed for this purpose. Therefore, fluid measurements are assigned to account for the fluid characteristics of different types of injectors, including fluid admissibility, responsiveness, and injection pattern uniformity. Likewise, the study seeks to establish the margin of the different techniques between the two systems. Reworking the functions would improve the overall performance of the engine, reduce the time of use of harmful devices and reduce the amount of emissions.

Keywords: gasoline direct injection (GDI), conventional injectors, injector fluid, combustion chamber, intake manifold, injection atomization, combustion emissions and efficiency.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualización del Problema

Los inyectores GDI y los inyectores comunes son dos categorías de cómo se administra el combustible en los motores de combustión interna. Aunque los inyectores GDI, al suministrar combustible directamente a la cámara, ofrecen una eficiencia y rendimiento superiores, también implican el peligro de pérdida de rendimiento debido a la acumulación de depósitos de carbón. En contraste, los inyectores convencionales, cuando se insertan en el colector de admisión, provisionan una mezcla más homogénea, pero con una eficiencia de combustión reducida y un mayor consumo de combustible. Con estas diferencias, es importante llevar a cabo una evaluación detallada del control del fluido de inyección para determinar cómo estas tecnologías afectan el rendimiento del motor, el consumo de combustible y las emisiones.

¿Qué sucede?

Los GDI permiten la inyección directa en la misma cámara, aumentando la eficiencia de la combustión, el rendimiento en el motor y reduce las emisiones. Sin embargo, es más probable que se adhiera a las válvulas de admisión, por lo tanto, podrían afectar el rendimiento a largo plazo. Por el contrario, los inyectores convencionales suministran combustible al colector de admisión, que resulta en válvulas más limpias. No obstante, se mantiene una baja eficiencia, lo que lleva a más combustible con altas emisiones.

¿Cuándo sucede?

La inyección de combustible en una unidad GDI ocurre a veces en la fase de compresión del GDI o justo antes de la chispa en el ciclo del motor, porque el combustible se inyecta directamente en la cámara de combustión. Esto hace posible realizar inspecciones más eficientes, aumentando la relación aire-combustible y por ende mejorando el rendimiento de la combustión, al permitir un mejor equipamiento de inyección en términos de dosificación y sincronización.

Con un inyector convencional, se cuenta con un sistema que inyecta el combustible en ultrasonido tomando como referencia la apertura de la ventana de la válvula de aspiración, en la fase de apertura. Se inyecta el combustible en el turbocompresor y se pasa el aire de manera que se produce la mezcla con el combustible antes de entrar en la cámara de combustión. Si se le compara a un sistema GDI, este sistema de inyección es menos exacto simple debido a que el combustible inyectado cuenta con mayor tiempo para mezclarse con aire antes de ser introducido, sin embargo, el control iniciado en dichos sistemas no es tan elevado.

¿Por qué sucede?

El sistema GDI inyecta el combustible de forma directa a la cámara de combustión, lo cual mejora la mezcla de aire y combustible al control de la atomización del combustible y permite un mejor control de la mezcla de aire y combustible, optimizando así la eficiencia y el alojamiento del motor. Aumenta la potencia mientras que sumerge el consumo y las emisiones de gases, sin embargo, si da lugar a la formación de depósitos de carbón en las válvulas. Por el contrario, los inyectores convencionales rocían combustible directamente en el colector de admisión, asegurando una mezcla adecuada y uniforme de combustible y aire antes de entrar en la cámara de combustión. Este también ayuda a mantener las válvulas limpias. Sin embargo, dicho enfoque es eficiente en

comparación con los sistemas GDI, lo que resulta en un mayor consumo de combustible y emisiones.

¿Dónde sucede?

Los inyectores GDI proveen un enfoque de inyección directo evolucionado, porque el inyector se rocía directamente en la cámara de combustión bajo alta presión, por lo tanto, permite una mezcla más suave con el aire. Gracias a la transmisión se ha mejorado mucho la generación de potencia del motor. El combustible en un inyector convencional en el colector de admisión se inyecta y se mezcla con aire antes de que alcance a la cámara de combustión. Es una mezcla de combustible mejor y más limpia, que mantiene limpias las válvulas de admisión. Sin embargo, esta no es tan efectiva como el GDI.

1.2. Señales de la Existencia del Problema

Inyectores GDI:

- Pérdida de potencia: la menor eficiencia del motor puede deberse a un problema de inyección, como el ensuciamiento de los inyectores o válvulas.
- Aumento en el consumo de combustible: el aumento en el consumo de combustible presenta el problema con los inyectores.
- Altas Emisiones: el incremento de las emisiones que contaminan podría indicar una mala pulverización de combustible o un problema con la mezcla de aire y combustible.
- Dificultad para arrancar: el bloqueo o daño al inyector de combustible puede llevar a un problema con el arranque en frío o incluido al funcionamiento anormal del motor.

- Ruidos inusuales: Los ruidos extraños del motor, como golpes o vibraciones inusuales, pueden indicar un problema con la inyección.

Inyectores Convencionales:

- Bajo del rendimiento del motor: La pérdida de potencia y una aceleración incorrecta podrían mostrar un inconveniente de inyección.
- Consumo excesivo de combustible: El incremento del uso de combustible puede ser por una inyección ineficiente o a un inyector defectuoso.
- Altas emisiones: Las emisiones mayores a lo normal indican una mezcla errónea de aire y combustible.
- Dificultad en el arranque o funcionamiento brusco: Los problemas de arranque o el funcionamiento brusco pueden estar relacionados con la acumulación de sedimentos en el colector de admisión o problemas en el inyector.
- Acumulación de sedimentos en el colector: si hay depósitos importantes en el colector de admisión, puede ser una indicación de que los inyectores no funcionan de manera eficiente.

1.3. Formulación del Problema

Las mejores tecnologías asociadas con los sistemas de inyección de combustible han llegado a un momento en el rendimiento del motor, como a una difusión en las emisiones de contaminantes. Los sistemas de entrega de combustible que incorporan tecnología de inyección directa de gasolina (GDI) se destacan por ser capaces de trabajar a mayores presiones, lo que conducen a una pulverización más fina del combustible, lo que en teoría permite una mejor en la combustión y el rendimiento del motor. Sin embargo, estos beneficios han venido acompañados

de problemas relacionados con la formación de depósitos de carbono en las válvulas de admisión y las puntas de los inyectores.

En general, en comparación con los inyectores PFI, los inyectores GDI tienen mayor riesgo de acumulación de depósitos, lo que se debe a las temperaturas y presiones más bajas a las que operan. Además del disuasivo por disolución en la eficiencia de combustión, este fenómeno produce un aumento en el nivel de contaminantes, provocando incumplimientos de regulaciones ambientales y gastos de mantenimiento resultantes. También, las diferencias de presión detectores para los sistemas GDI y PFI, afecta las tasas de fluido de la inyección de combustible, el consumo de gas y la durabilidad del operador, en una variante de condiciones operativas.

Convenientemente, los inyectores tienen una baja tendencia a la acumulación de depósitos, pero también tienen sus propias limitaciones en cuanto a la atomización del combustible, la eficiencia de combustión y la reducción de emisiones. Todo esto sugiere que ambas técnicas, debido a la diferencia en la atomización del combustible, la presidencia de encendido y el mantenimiento, deben ser algunas a un análisis comparativo para determinar cuál de ellas se desempeña mejor en cuanto al consumo de combustible y tiene una viabilidad a largo plazo.

Dado este contexto, es pertinente plantar las siguientes preguntas clave de investigación: ¿Cómo influyen las diferencias en la atomización del combustible, la acumulación de depósitos, la presión de inyección y las necesidades de mantenimiento entre los inyectores GDI y PFI en el rendimiento del motor, el consumo de combustible y las emisiones de contaminantes bajo diferentes condiciones de operación?

Problemas Específicos

- La diferencia en la calidad de la atomización del combustible entre los inyectores GDI y PFI en diferentes condiciones operativas afectará la estabilidad de la combustión, especialmente en motores de alta carga o condiciones de baja temperatura.
- Factores como la acumulación de depósitos o el desgaste de los componentes son responsables del rendimiento desigual a lo largo del tiempo pasado de inyectores GDI y, por lo tanto, pueden conducir al debilitamiento de la potencia del motor.
- El efecto de las condiciones extremas (altas temperaturas y presiones) en la eficiencia de suministro de combustible de los inyectores GDI puede aumentar las emisiones contaminantes sin que se cumplan los estándares de mantenimiento.
- Los depósitos en las boquillas y válvulas de los inyectores GDI causan desequilibrios en los flujos de combustible, lo que afecta la combustión y, por lo tanto, aumenta la emisión de partículas y NOx.
- La ausencia o aplicación inadecuada de herramientas de diagnóstico modernas prolongan el monitoreo de fallas pasadas, lo cual afecta directamente no solo a los precios totales de reparación, sino también a la vida útil disminuida del sistema.

1.4. Justificación de la Investigación

Justificación Social. La productividad y la sostenibilidad del uso de combustibles son cuestiones fundamentales en la sociedad contemporánea, al igual que la evaluación de los impactos ecológicos y económicos del uso de combustibles fósiles. Los estudios comparativos entre inyectores GDI e inyectores convencionales tienen una gran importancia social ya que tienen como objetivo optimizar el rendimiento y la eficiencia de los motores de combustión interna, reduciendo así el uso de combustible y, por tanto, las emisiones de gases contaminantes. Esto beneficia

directamente a las personas al ayudar a mitigar el cambio climático y reducir la dependencia energética. Además, un desarrollo óptimo del motor puede prolongar la durabilidad de los vehículos, al reducir los costos para los usuarios y consumidoras optimizando la calidad del aire en el medio urbano.

Justificación Metodológica. El estudio se basó en la metodología rigurosa que utilizó el uso de equipos de diagnóstico especializados para medir y comparar los caudales inyectados y convencionales. No sólo entrega datos precisos y confiables, sino que también proporciona un marco para futuras investigaciones dentro del dominio de la tecnología automovilística. Además, los métodos utilizados en este estudio pueden reproducirse y adaptarse a otros estudios, apoyando así a progresar conocimiento técnico y científico dentro del dominio de la ingeniería automotriz.

Justificación Institucional. El estudio se basó en una metodología rigurosa que incluyó el uso de equipos de diagnóstico especializados para medir y comparar el flujo de inyección, la atomización del combustible y otros factores importantes del GDI y los inyectores convencionales. Este enfoque no sólo ayuda a recopilar datos precisos y fiables, sino que también proporciona un esquema para futuras investigaciones en el campo de la tecnología automotriz. Además, los métodos utilizados en este estudio pueden replicarse y adaptarse en otros estudios, contribuyendo así al avance del conocimiento técnico y científico en el campo de la ingeniería automotriz.

1.5. Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Desarrollar e investigar un enfoque completamente nuevo y actualizado para el monitoreo del desempeño del flujo de inyección y atomización y la optimización de inyectores de gasolina de inyección directa GDI en comparación con inyectores antiguos a través del diseño y la

realización a largo plazo de ensayos experimentales y observaciones usando aumentos de equipo especializado, utilizando el conocimiento adquirido en el campo de la ciencia de flujo líquido e inyectores para utilizarlo en áreas como la industria de los autos.

Objetivos específicos

1. Diagnosticar utilizando los equipos avanzados disponibles de limpieza de inyectores y escáneres OBDII para determinar el flujo de inyección y atomización de combustible de los inyectores GDI y los convencionales y evaluar el nivel de precisión y eficiencia en la distribución de combustible de cada sistema.
2. Se diseñarán modelos analíticos para la comparación de la efectividad de la combustión en inyectores GDI y PFI, esto permitirá no solo determinar la influencia de la implementación de la tecnología sobre la potencia del motor, sino también extraer conclusiones sobre el impacto en la economía y emisión.
3. Se realizaron pruebas para comparar la eficiencia de combustible de los sistemas GDI y los inyectores estándar, que también fueron seguidas por pruebas de rendimiento específicas para determinar la capacidad real de estos sistemas para reducir el consumo y las emisiones.
4. Utilizar métodos predictivos y de diagnóstico avanzados para identificar fallas recurrentes y acumulación de depósitos en GDI e inyectores convencionales para estimar la vida útil y las necesidades de mantenimiento.
5. En base a los resultados obtenidos se elaborarán recomendaciones destinadas para optimizar el sistema de inyección. Los enfoques serán estimulados no solo al proceso de implementación de mejoramiento drásticos del rendimiento del motor, sino también minimización del deterioro del medio ambiente a través de soluciones técnicas implementadas y pequeñas adaptaciones del proceso de mantenimiento.

1.6. Hipótesis

Hipótesis General.

Las diferencias importantes entre los inyectores GDI y PFI, incluida la atomización del combustible y la formación de depósito en la boquilla, las presiones de inyección y los requisitos de mantenimiento, influyen en el rendimiento del motor, el consumo de combustible y las emisiones perjudiciales. Aunque los inyectores GDI ofrecen una atomización y combustión superiores, plantean problemas con la acumulación de depósito y mantenimiento en comparación con el rendimiento de los inyectores PFI en condiciones de conducción determinadas.

Hipótesis Específicas.

- El flujo de combustible proporcionado por los inyectores GDI es más uniforme y eficaz que el método de bomba indirecta, lo que facilita una atomización del combustible efectiva y un control más exacto de la combinación aire-combustible.
- En comparación con los inyectores convencionales, los inyectores GDI proporcionan una eficiencia de combustión superior y optimizan el rendimiento de la potencia del motor en las mismas condiciones de funcionamiento.
- Los inyectores GDI transfieren significativamente menos combustible en comparación con los inyectores convencionales.
- La acumulación de depósitos y la generación de residuos es más común en los inyectores GDI que en los inyectores convencionales, lo que compromete su rendimiento y aumenta la necesidad de mantenimiento periódico.
- Los equipos de diagnóstico especializados contribuyen a la detección precisa de anomalías o problemas de funcionamiento de los inyectores GDI, lo que mejora los procedimientos de mantenimiento y el rendimiento de conducción.

1.7. Variables

Variables Independientes:

- Tipo de inyector: GDI vs. Inyector tradicional.
- Presión de inyección: El cambio de presión cuando se inyecta combustible.
- Duración del pulso de inyección: El tiempo durante el cual el inyector está abierto.
- Ciclos de limpieza: Diferentes métodos y frecuencias de limpieza aplicados a los inyectores.
- Condiciones de operación del motor: Diferentes velocidades del motor, carga, y temperatura.

Variables Dependientes:

- Flujo de inyección: Cantidad de combustible inyectada por ciclo.
- Rendimiento del motor: Potencia y eficiencia de combustión.
- Consumo de combustible: Medido como litros por kilómetro o eficiencia energética.
- Acumulación de depósitos: Cantidad de residuos acumulados en los inyectores o válvulas.
- Emisión del motor: La cantidad de gases contaminantes emitidos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Antecedentes Internacionales:

En las últimas décadas, la investigación y el desarrollo de inyectores de inyección directa de gasolina (GDI) ha atraído un gran interés a nivel internacional, especialmente en países con fuertes industrias automovilísticas como Japón, Alemania y Estados Unidos. Los científicos han documentado que la tecnología GDI ha logrado avances en la eficiencia del combustible y la reducción de emisiones. Por ejemplo, estudios realizados en Europa han demostrado que los motores de inyección directa son un 15 por ciento más eficientes que los motores convencionales, lo que ha contribuido a la adopción generalizada de la tecnología en los vehículos actuales. Sin embargo, también identificamos algunos desafíos, como una tendencia a la acumulación de carbón en las válvulas de admisión, lo que podría afectar el rendimiento a largo plazo. Las investigaciones realizadas en Japón y Estados Unidos han buscado respuestas a esta pregunta, incluida la mejora de los patrones de inyección y la adición de aditivos al combustible.

En lo académico, varios artículos científicos han comparado el desempeño y la eficacia de los inyectores GDI con inyectores convencionales, centrándose en elementos como la atomización de combustible, formación de mezcla y emisión de contaminantes. La investigación en este dominio sigue, y los desarrollos recientes en tareas de gestión tuvieron un impacto en reducir problemas asociados con depósitos de sedimento.

Antecedentes Nacionales:

En los últimos años, a nivel nacional, la investigación sobre inyectores GDI ha comenzado a recibir atención, especialmente en universidades e instituciones de investigación en el campo de la ingeniería automotriz. En Estados Unidos, la industria automotriz se ha ido adaptando gradualmente a las tecnologías emergentes y las investigaciones han mostrado un interés creciente en comprender cómo los inyectores GDI pueden mejorar la eficiencia del vehículo y reducir las emisiones en las condiciones locales. En el ámbito académico, varias universidades han lanzado proyectos para analizar la viabilidad de la tecnología GDI en vehículos de producción nacional o modificados. Estas investigaciones normalmente se centran en evaluar el rendimiento del motor en diversos entornos de conducción y evaluar el impacto en el consumo de combustible y las emisiones. Además, se estudió la adaptabilidad de las tecnologías de limpieza y mantenimiento de inyectores GDI en talleres automotrices locales, buscando soluciones a los desafíos especiales que estos sistemas presentan a nivel nacional, como la calidad del combustible disponible.

Si bien la implementación de inyectores GDI en el mercado local es relativamente nueva en comparación con otros países, la tendencia hacia la modernización y el cumplimiento de regulaciones ambientales más estrictas está incentivando la investigación y el desarrollo en esta área, convirtiendo al país en un país emergente en la implementación de regulaciones ambientales más estrictas. participantes. Estándares ambientales para tecnologías automotrices avanzadas.

2.2. Bases teóricas

1. Teoría de la Inyección de Combustible: La administración de combustible es un procedimiento esencial en los motores de combustión interna, encargado de suministrar el volumen

preciso de combustible a la cámara de combustión con la finalidad de mezcle con el aire y promueva la combustión. La eficiencia del proceso de inyección afecta directamente al rendimiento del motor, al consumo de combustible y a las emisiones de gases contaminantes.

- **Inyección Directa de Gasolina (GDI):** un sistema GDI inyecta combustible directamente en la cámara de combustión a alta intensidad, lo que permite un mejor control de la mezcla de aire y combustible. Los inyectores GDI logran una mejor eficiencia de combustión al ajustar el tiempo de combustión y la inyección de volumen de combustible, reducir la pérdida de calor y generar más potencia, pero en última instancia los hacen más susceptibles a los depósitos de carbón en la válvula de admisión.
- **Inyección Convencional (Puerto de Inyección o PFI):** en cambio, el combustible se entrega al colector de admisión antes de que la mezcla de aire y combustible ingrese a la cámara de combustión. Aunque el GDI carece de eficiencia, ofrece una mezcla más uniforme, lo que mantiene una válvula de admisión más limpia y reduce la posibilidad de que se acumulen depósitos. Sin embargo, los motores con inyectores tradicionales son menos efectivos y arrojan más emisiones al medio ambiente.

2. Dinámica de fluidos en la inyección de combustible: es un elemento clave en la teoría de la inyección de combustible, ya que explica el movimiento y la atomización del combustible en el sistema de inyección.

- **Presión de Inyección:** El nivel de presión de combustible es un componente importante para determinar la eficiencia del sistema. Los niveles de presión significativamente más altos utilizados en el sistema GDI facilitan una mejor atomización y un proceso de combustión más eficiente. Sin embargo, las altas presiones también facilitan la

acumulación de depósitos en la válvula de admisión, aunque no tan prominentes como en el sistema PFI.

3. Impacto ambiental y eficiencia energética: Los combustibles inyectados directamente en el motor reflejan aún más el consumo de combustible y las emisiones contaminantes, aspectos críticos para los rigurosos protocolos y legislaciones actuales para minimizar la huella de carbono de los vehículos.

- **Emisiones de gases contaminantes:** Los niveles de eficiencia están implicados en gran medida en gases como CO₂, NO_x y otras partículas que expulsa el motor. Las partículas en suspensión son mínimas debido a la creación de carbono, aunque el PFI es menos eficiente.
- **Consumo de Combustible:** La mejora en la eficiencia de combustión del sistema GDI se traduce en una reducción del consumo de combustible, Esto es beneficioso tanto desde una perspectiva económica como medioambiental. Sin embargo, el mantenimiento regular es fundamental para mantener esta eficiencia a largo plazo, ya que la acumulación de sedimentos puede afectar negativamente al rendimiento.

4. Mantenimiento y durabilidad de los sistemas de inyección: la vida útil del inyector y los requisitos de mantenimiento son factores importantes al comparar los sistemas GDI y PFI. Desde un punto de vista de mantenimiento, se sabe que los depósitos se acumulan en los inyectores GDI y, aunque existen formas documentadas de limpiarlos, puede ser necesaria una técnica especializada para lograr un rendimiento del motor óptimo. Del otro lado, los inyectores convencionales que requieren menos mantenimiento en términos de acumulación de depósitos, no son tan amigables energéticamente producen un rendimiento mucho peor.

2.3. Definición de términos.

- **Inyección directa de gasolina (GDI): - Inyección de gasolina directa:** Mecanismo de suministro de combustible en el cual la gasolina se va a alta presión directamente a la cámara de combustión del motor. A pesar de su mayor necesidad de limpieza y mantenimiento, ofrece mucho más control sobre la mezcla aire-combustible que permite combustión más eficiente y emisiones reducidas.
- **Inyección PFI (puerto de inyección):** Es un sistema de gestión de combustible en que la gasolina se suministra al colector de admisión antes de entrar en la cámara de combustión. Cabe resaltar que este proceso es menos eficiente en cuanto a rendimiento. Los inyectores también ayudan a mantener limpias las válvulas de admisión.
- **Pulso de inyección:** También conocido como el tiempo que el inyector permanece abierto durante un ciclo de inyección. Esto se relaciona directamente con la cantidad de gasolina que ingresa en la cámara de combustión, afectando la relación aire-combustible y el rendimiento del motor.
- **Caudal de inyección:** La cantidad de combustible que circula por un inyector en un tiempo determinado. El proceso de gestión es un elemento clave en la calibración del sistema de gestión de combustible, ya que afecta directamente la eficiencia y la potencia del motor.
- **Presión de inyección:** Se trata de la presión a la que el combustible se introduce en la cámara de combustión o, en otros casos, se suministra al colector de admisión. La presión aplicada en los sistemas GDI es significativamente más alta en comparación con los sistemas PFI, lo que beneficia la atomización del combustible.
- **Depósitos de Carbono:** Existen factores como los depósitos de carbono, que son depósitos de carbón en las válvulas de admisión y algunas partes del motor debido a la combustión

incompleta de la gasolina, que hacen que el flujo de aire y combustible sea incorrecto, así como una combustión eficiente.

- **Combustión:** Es un proceso químico en el que el combustible interactúa con el oxígeno dentro de la cámara de combustión para producir energía. La eficiencia es una variable vital para el rendimiento del motor y las emisiones.
- **Eficiencia de combustión:** Significa la cantidad de energía liberada durante la combustión para realizar un trabajo útil, lo que se traduce en un mejor uso de la gasolina y, por lo tanto, menores emisiones.
- **Emisiones:** Son gases y partículas arrojados al ambiente a través de la combustión del motor. Incluye CO₂, que es el dióxido de carbono, NO_x, que son los óxidos de nitrógeno, HC, no otros hidrocarburos y PM, que son partículas pequeñas.
- **Relación Aire-Combustible (AFR):** La relación entre masa de aire y la de combustible en la mezcla que se incorpora a la cámara de combustión. La AFR perfecta (estequiometría) garantiza una combustión completa, reduce las emisiones y aumenta la eficiencia del motor.
- **Diagnóstico automotriz:** Es el proceso de encontrar y solucionar cualquier problema en el vehículo usando herramientas y equipos técnicamente avanzados. En este trabajo, se centra en la utilización de equipos de diagnóstico para evaluar la eficiencia y el rendimiento del inyector de gasolina.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1. Diseño de la Investigación

El estudio se basará exclusivamente en el método cuantitativo, ya que los datos se recogerán mediante pruebas experimentales realizadas mediante equipos de diagnóstico especializados, así como en pruebas controladas en carretera. Estas mediciones permitirán una evaluación objetiva y repetible de variables como el caudal de inyección, la presión de funcionamiento, la atomización del combustible, el caudal y las emisiones contaminantes.

3.2. Diseño de Contrastación de Hipótesis

La contrastación de hipótesis utilizado en este estudio es un diseño cuasi-experimental que utilizó un enfoque de medidas repetidas.

Hipótesis General:

- **H₀**: No existen diferencias significativas en rendimiento, eficiencia y mantenimiento entre los inyectores GDI y los inyectores convencionales.
- **H₁**: Los inyectores GDI ofrecen importantes ventajas de rendimiento y eficiencia sobre los inyectores convencionales, pero también presentan desafíos de mantenimiento.

Hipótesis Específicas:

- **H₀₁**: El flujo de inyección de combustible en los inyectores GDI no es más uniforme ni eficiente que en los inyectores convencionales.

H₁₁: El flujo de inyección de combustible en los inyectores GDI es más uniforme y eficiente que en los inyectores convencionales.

- **H₀₂:** Los inyectores GDI no mejoran significativamente la potencia del motor en comparación con los inyectores convencionales bajo las mismas condiciones.

H₁₂: Los inyectores GDI mejoran significativamente la potencia del motor en comparación con los inyectores convencionales bajo las mismas condiciones.

- **H₀₃:** No hay diferencias significativas en el consumo de combustible entre inyectores GDI y convencionales.

H₁₃: Los inyectores GDI permiten una disminución importante en el dispendio de combustible en comparación con los inyectores convencionales.

- **H₀₄:** La acumulación de depósitos no es mayor en los inyectores GDI que en los inyectores convencionales.

H₁₄: La acumulación de depósitos es mayor en los inyectores GDI que en los inyectores convencionales.

- **H₀₅:** El uso de equipos de diagnóstico no es más efectivo para identificar problemas en los inyectores GDI comparados con los convencionales.

H₁₅: Los equipos de diagnóstico especializados son más efectivos para identificar problemas en los inyectores GDI que en los convencionales.

3.2. Población

La población de este estudio incluyó a técnicos automotrices y profesionales que trabajan en talleres mecánicos dedicados al diagnóstico, mantenimiento y reparación de sistemas de inyección de combustible, especialmente GDI e inyectores convencionales.

La otra población del estudio son todos los inyectores de gasolina, tanto de inyección directa (GDI) como de inyección indirecta (PFI), que podrán evaluarse en el banco de pruebas. Esto también se aplica a todos los vehículos equipados con este sistema de inyección de combustible que se encuentren en condiciones adecuadas para las pruebas en carretera. Este grupo incluye muchas marcas, modelos y configuraciones técnicas, que manifiestan el estado real de la tecnología en sistemas de pulverización.

3.2. Muestra

Se seleccionó una muestra de 10 mecánicos automotrices de diversos talleres especializados en sistemas de inyección de combustible. Los participantes completaron una encuesta cerrada de 10 preguntas (sí/no) que evaluó su conocimiento y experiencia con la operación, mantenimiento y rendimiento de los inyectores GDI en comparación con los inyectores normales.

En caso de pruebas en banco, se analizarán al menos 8 inyectores (4 GDI y 4 convencionales), seleccionados en función de sus parámetros técnicos como presión de trabajo, estructura y diseño del proceso presentado. Para las pruebas de ruta, se utilizarán 1 vehículos con sistemas GDI y 1 vehículos con sistemas PFI, todos en las mismas condiciones de operación y mantenimiento. Esta elección garantizará la representatividad y comparabilidad de los resultados de ambas técnicas.

3.3. Muestreo

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia porque los participantes fueron seleccionados intencionalmente en función de su experiencia directa y su voluntad de participar

en el estudio. Se eligió este enfoque para proporcionar a los informantes clave el conocimiento técnico necesario para proporcionar información confiable y relevante sobre el tema de investigación.

El muestreo será intencional, con medios seleccionados según criterios preestablecidos. Estos estándares incluirán la representación de las tecnologías más utilizadas actualmente, la disponibilidad de componentes para volver a realizar pruebas y las especificaciones técnicas relevantes para el estudio. Este enfoque garantiza los inyectores y los medios estén incluidos en la muestra, lo que permite un análisis detallado y significativo de las diferencias entre las técnicas GDI y PFI.

3.4. Informantes Claves

Los informantes principales de este estudio serán expertos en sistemas de inyección quienes brindarán información sobre la operación y mantenimiento de los inyectores GDI y PFI. También se considerará la experiencia del ingeniero fabricante de inyectores que proporcionó la información técnica necesaria. Además, los conductores que participan en pruebas en carretera se convierten en informantes clave que registran el comportamiento del vehículo en condiciones de conducción específicas. Finalmente, investigadores o científicos con experiencia en motores de combustión interna contribuirán a la interpretación y verificación de los resultados.

3.5. Métodos de Recolección de Datos

El reciente estudio usó la técnica de encuesta como principal estrategia de recopilación de datos, enmarcado en un enfoque cuantitativo. Este método se seleccionó porque permite recopilar

información estructurada y objetiva de un grupo de técnicos automotrices con experiencia en el uso de inyectores GDI y convencionales.

3.6. Técnicas de Recolección de Datos

La técnica empleada fue la aplicación directa de encuestas cerradas y observación experimental.

- **Técnica de preguntas cerradas.** Se crearon preguntas cerradas con respuestas dicotómicas (sí/no) para facilitar la recopilación de datos y permitir un análisis estadístico sencillo.
- **Técnica de observación experimental.** Se utilizarán experimentos y mediciones directas como métodos de recopilación de datos. El banco de pruebas realizará experimentos en condiciones controladas para registrar parámetros clave como el consumo de combustible y la atomización. Las pruebas en carretera recopilarán datos sobre el desempeño del motor, la utilización de combustible y las emisiones utilizando sensores y sistemas de seguimiento a bordo. Estos métodos garantizan la exactitud y seguridad de los resultados adquiridos.

3.7. Instrumentos de Recolección de Datos

El instrumento principalmente empleado para recopilar la información fue un cuestionario estructurado específicamente para reconocer las experiencias y apreciación de los técnicos sobre GDI y los inyectores convencionales.

Los instrumentos utilizados serán dispositivos especializados diseñados para obtener datos cuantitativos con alta precisión. En el banco de pruebas se utilizaron lavador de inyectores,

flujómetros para registrar el flujo y un multímetro de promedio de ohmios (resistencia). Durante las pruebas en carretera, se utilizarán sistemas de diagnóstico OBD-II (On-Board Diagnostics) para medir los parámetros de rendimiento del motor.

3.8. Procesamiento de Recolección de Datos

El objetivo del programa es procesar y analizar datos obtenidos a través de encuestas cerradas a técnicos, estudiantes y profesionales de la industria automotriz. La encuesta constaba de 10 preguntas cerradas (que se respondían "sí" o "no"), lo que nos permitió recopilar información clave para identificar percepciones y tendencias sobre los inyectores GDI e inyectores convencionales, su diagnóstico y su mantenimiento. El análisis tiene como objetivo validar las hipótesis propuestas, identificar necesidades de formación técnica y realizar recomendaciones prácticas.

– Organización de los datos

Los datos recopilados a través de Google Forms se guardan y tabulan automáticamente para generar gráficos circulares.

– Tabulación y categorización de datos

Cada interrogante se tabula por separado y evidencia frecuencias absolutas y relativas.

– Herramientas utilizadas para el procesamiento

Formularios de Google: para recopilación y generación automatizada de gráficos.

3.9. Análisis de Datos

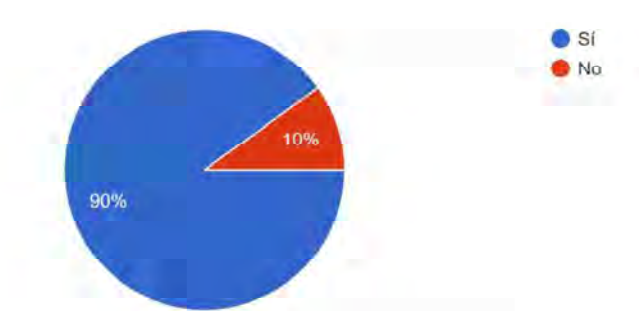
Análisis Individual: Interpretación independiente de cada pregunta para definir puntos de vista específicos.

Figura 1

Conocimiento sobre Inyectores GDI

1. ¿Conoce usted la diferencia entre inyectores GDI e inyectores convencionales?

10 respuestas



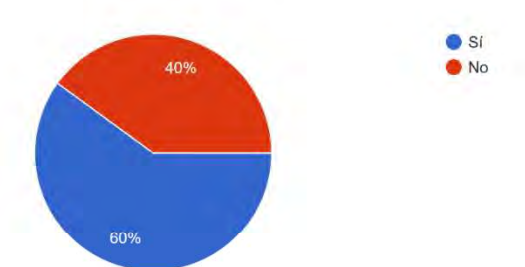
Nota: La mayoría de los encuestados tenía una comprensión básica de las diferencias entre GDI y los inyectores convencionales, lo que indica una profunda base técnica entre los participantes.

Figura 2

Experiencia con Inyectores GDI

2. ¿Ha trabajado o realizado pruebas con inyectores GDI en su entorno profesional o educativo?

10 respuestas



Nota: Aunque más de la mitad de los encuestados tenía experiencia directa con los inyectores GDI, una gran proporción (40%) no los había usado, lo que refleja posibles brechas en la exposición profesional o educativa.

Figura 3

Influencia del Flujo GDI en el Rendimiento

3. ¿Cree que el flujo de inyección de los inyectores GDI influye significativamente en el rendimiento del motor?
10 respuestas

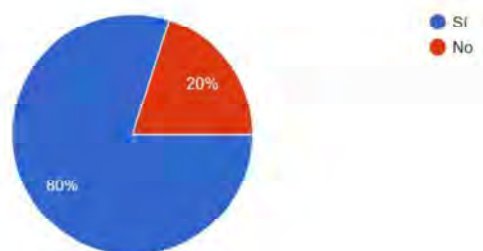


Nota: Todos los entrevistados coincidieron en que el flujo de inyección GDI afecta notablemente la productividad del motor. Esto refuerza la relevancia de este sistema en términos de eficacia y rendimiento del motor.

Figura 4

Facilidad de Diagnóstico de Inyectores

4. ¿Considera que los inyectores convencionales son más fáciles de diagnosticar que los GDI?
10 respuestas



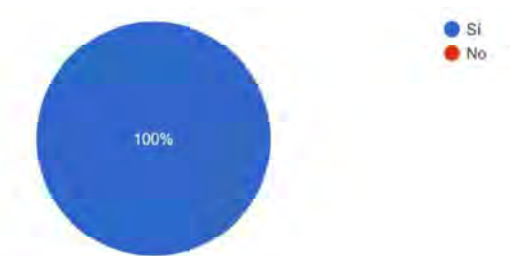
Nota: La mayoría de las personas encuentran que los inyectores convencionales son más fáciles de diagnosticar que los inyectores GDI. Esto puede deberse a la dificultad técnica de los inyectores GDI.

Figura 5

Importancia de Equipos de Diagnóstico

5. ¿Está de acuerdo en que los equipos de diagnóstico actuales son indispensables para evaluar el rendimiento de los inyectores?

10 respuestas



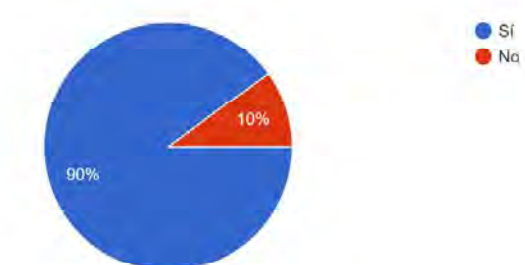
Nota: Esta congruencia en las respuestas demuestra que los encuestados creen que es esencial utilizar herramientas especializadas para valorar el rendimiento del inyector, enfatizando la necesidad de técnicas de diagnóstico avanzadas.

Figura 6

Diferencias en Consumo de Combustible

6. ¿Ha observado diferencias notables en el consumo de combustible entre vehículos con inyectores GDI y convencionales?

10 respuestas



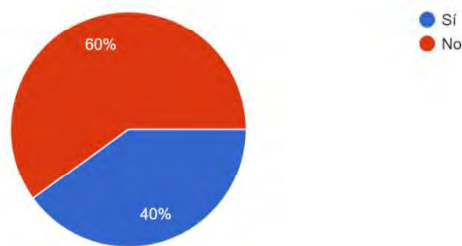
Nota: La mayoría observó diferencias significativas en el consumo de gasolina entre los vehículos equipados con GDI y aquellos con inyectores convencionales, lo que respalda la idea de que el GDI puede proporcionar una mejor eficacia de combustible.

Figura 7

Problemas de Mantenimiento de Inyectores GDI

7. ¿Cree que los inyectores GDI presentan mayores problemas de mantenimiento comparados con los convencionales?

10 respuestas



Nota: La mayoría no creía que hubiera problemas significativos de mantenimiento con los inyectores GDI, pero el 40% creía que había otros problemas, pero sugirió que se deben examinar los desafíos específicos que pueden surgir al utilizar estos sistemas.

Figura 8

Eficiencia de Inyectores GDI en Motores Modernos

8. ¿Considera que el uso de inyectores GDI mejora la eficiencia en motores modernos?

10 respuestas



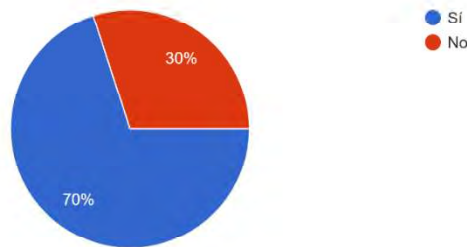
Nota: Todos los entrevistados reconocieron que los inyectores GDI ayudan a optimizar la eficacia de los motores modernos, subrayando su importancia en la producción automotriz reciente.

Figura 9

Uso de Equipos para Inyectores Convencionales

9. ¿Ha utilizado equipos de diagnóstico para evaluar inyectores convencionales en su trabajo o estudios?

10 respuestas



Nota: Aunque la mayoría utiliza equipos de diagnóstico con inyectores tradicionales, el 30% sobrante puede señalar una carencia de oportunidades o capacitación para emplear estas herramientas.

Figura 10

Necesidad de Formación Técnica en GDI

10. ¿Considera necesario implementar más formación técnica sobre el uso y diagnóstico de inyectores GDI?

10 respuestas



Nota: Reflejaron unánimemente un claro reconocimiento de la necesidad de incrementar la capacitación técnica acerca de los inyectores GDI, lo que podría plantear las brechas identificadas en experiencia y diagnóstico.

Los resultados muestran que los inyectores GDI se consideran sistemas avanzados y eficientes, aunque enfrentan desafíos de mantenimiento y diagnóstico. Además, se han identificado como prioritarias las necesidades de capacitación técnica en esta área, brindando oportunidades para programas educativos y capacitación profesional. Estos resultados apoyan las hipótesis propuestas y proporcionan un marco para formular recomendaciones y estrategias en el grupo automotriz.

3.5 Criterios para determinar si el proyecto cumple con I+D

Novedad

Criterio: Indicar apuntado nuevos hallazgos (novedad).

El objetivo es indagar y desarrollar un método innovador para mejorar los inyectores GDI y compararlos con las unidades convencionales. Además, el progreso de nuevos modelos analíticos implica innovación. Dado este hecho, el proyecto satisface el criterio de novedad y proporciona el conocimiento aplicable.

Creatividad

Criterio: Basado en conceptos e hipótesis originales y no obvios (creatividad).

Incluye el diseño de pruebas experimentales avanzadas y el uso de equipos especializados, como el limpiador de inyectores y el escáner OBDII, en combinación a través de modelos

analíticos: implica creatividad al reunir tecnologías y herramientas para lograr un objetivo particular.

Incertidumbre

Criterio: Incertidumbre acerca el resultado final (incertidumbre).

Los retos de este proyecto, como la economía del combustible y la identificación de fallas, se pueden denominar inciertos porque el autor no garantiza que los modelos o pruebas propuestos tengan éxito. Además, la comparación y optimización de los inyectores de GDI y las ofertas tradicionales son una tarea incierta.

Sistemático

Criterio: Estar planificado y presupuestado (sistemático).

Este proyecto tiene una metodología. Incluye pruebas piloto, el autor realiza procedimientos innovadores con dispositivos específicos tales como lavador de inyectores y escáner OBDII. Para alcanzar el objetivo, el autor proporciona un enfoque experimental con etapas de evaluación, desarrollo de modelos, análisis comparativo y formulación de recomendaciones.

Reproducibilidad

Criterio: Estar dirigido a resultados que podrían ser reproducidos (transferibles y / o reproducibles).

Metodología Clara: La hipótesis de diseño de contraste, la recopilación de información y los métodos de análisis estadístico se definen claramente, lo que permite a otros investigadores replicar los experimentos y comparar los resultados.

Transparencia en Procedimientos: La documentación detallada de los procedimientos y equipos de diagnóstico permite la posibilidad a otros reproducir el estudio bajo condiciones similares.

Los resultados son aplicables al sector automotriz para optimizar el rendimiento de los motores, optimizar el consumo de combustible y aminorar el impacto medioambiental. Esto implica que el proyecto tiene un fuerte componente de factibilidad.

Conclusión. Este proyecto satisface los cinco criterios de I + D. Por lo tanto, si se realizan en estas condiciones, se puede concluir que el proyecto es el I+D.

CAPITULO IV

ESQUEMA O PLAN DE TRABAJO

4.1. Cronograma de actividades.

Actividades	2024					
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Octu
Elaboración del Capítulo I. Introducción	X					
Elaboración del Capítulo II. Marco teórico	X					
Elaboración del Capítulo III. Metodología de la investigación		X				
Elaboración del Capítulo IV. Plan o esquema de trabajo		X				
Elaboración del Capítulo V. Análisis y discusión de los resultados de investigación			X			
Elaboración de las conclusiones y recomendaciones			X			
Elaboración del informe final.				X		
Evaluación del proyecto de investigación.					X	
Sustentación del proyecto de investigación.						X

Fuente: Los autores.

4.2. Presupuesto

CÓDIGO	PARTIDA	CANTIDAD	MONTO
BIENES			
1.8.1.1 DE OFICINA			
1.8.1.1.1	REPUESTOS Y ACCESORIOS		
	-Cartuchos de tinta de Impresora	2 unidades	\$10
	Subtotal		\$20
1.8.1.1.2	PAPEL EN GENERAL, UTILES Y MATERIALES DE OFICINA		
	-Papel A4 80 gr.	Un millar y medio	\$10
	-Resaltadores, correctores, cds, lápices, tajadores, borradores, lapiceros, resaltadores, plumones gruesos.	02 unidades de cada material.	\$10
	Subtotal		\$20
BIENES			\$40
SERVICIOS			
1.8.1.2 VIAJES DOMESTICOS			
1.8.1.2.1	PASAJ. Y GAST. DE TRANSP.		
	-Movilidad	1 persona	\$100
	Subtotal		\$140
1.8.1.3 SERVICIOS DE TELEFONIA E INTERNET			
1.8.1.3.1	SERVIC. DE TELEFONIA MÓVIL		
	-Servicio Telefónico Móvil	(estimado)	\$60
	Subtotal		\$200

1.8.1.3.2	SERVICIO DE INTERNET		
	-Uso de internet	(estimado)	\$200
	Subtotal		\$400
1.8.1.4 SERV. DE PUBLIC., IMPRES., DIFUS., E IMAGEN INSTITUCIONAL			
1.8.1.4.1	SERV. DE IMPR., ENC. Y EMP		
	-Fotocopias	2 juegos	\$60
	-Espiralados	12	\$20
	Subtotal		\$480
1.8.1.5 VALIDACIÓN DE PREUBAS Y ENSAYOS			
	-Análisis, estudios y pruebas		800
TOTAL			\$1280

Fuente: Los autores.

4.3. Financiamiento

El proyecto será financiado con recursos de los investigadores.

4.4. Pruebas

La finalidad de este tipo de pruebas consistirá en la obtención de datos e información para el análisis y comparación del rendimiento de los inyectores de inyección directa de gasolina con los inyectores convencionales. Todo ello con la intención de obtener información clave acerca del comportamiento de ambos tipos de inyectores, en cuestiones de eficiencia, precisión, fallas y oportunidades de mejora en el diseño y uso de dicho componente.

- ***Inyectores GDI (inyección directa)***

En el proceso de limpieza ultrasónica del inyector que se muestra en la Figura 11, el inyector pasa por una fase de limpieza profunda que quita los depósitos de suciedad, residuos de carbón, pintura y otros contaminantes acumulados en el interior y el exterior.

Figura 11

Lavado de Inyectores por Ultrasonido



La medición de la resistencia de un inyector GDI (Inyección Directa de Gasolina) se realiza para diagnosticar su condición eléctrica y determinar si su bobina interna está funcionando correctamente, como se observa en la Figura 12.

Figura 12

Medición de la Resistencia



Esto comienza con la prueba 1 como se muestra la Figura 13, que es la prueba de baja velocidad, que simula el funcionamiento del inyector a bajas revoluciones del motor, tomando en cuenta las pruebas de activación del inyector de baja frecuencia y evaluación de la forma del rocío, medición del flujo de combustible e identificación de problemas comunes. A bajas RPM, los inyectores GDI mantuvieron una pulverización fina y uniforme, regulando con precisión el flujo de combustible con precisión para evitar goteos o una combustión incompleta. La atomización eficaz a estas bajas velocidades contribuye a un mejor rendimiento en ralentí.

Figura 13

Prueba 1 Velocidad Baja



La prueba 2 es la de velocidad media, que implica el funcionamiento de los inyectores en condiciones de carga moderada, como cuando el motor funciona está a revoluciones medias. El dispositivo mide la cantidad de combustible inyectado durante un tiempo determinado y se examina si el inyector pulveriza uniformemente. En condiciones de carga moderada, los GDI mantuvieron una atomización constante, con menos variabilidad de flujo, lo que mejoró la combustión y redujo el dispendio de combustible, como se puede ver en la Figura 14.

Figura 14

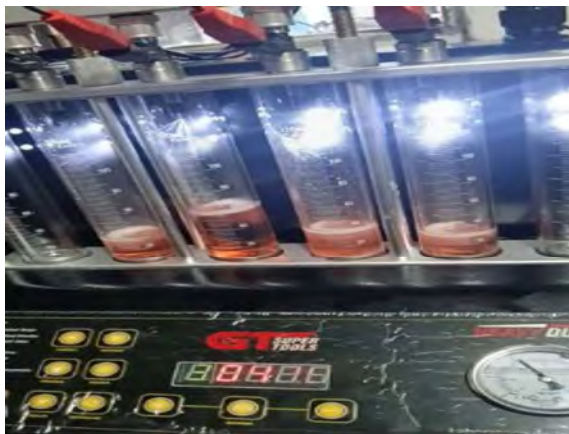
Prueba 2 Velocidad Media



En la prueba de alta velocidad 3 en la Figura 15, que opera el inyector en condiciones muy exigentes, como durante una aceleración rápida o elevadas revoluciones del motor, el equipo activa los inyectores con rápidos impulsos eléctricos, generando altas RPM del motor, se estima si el inyector mantiene una pulverización estándar incluso a altas revoluciones, se ha demostrado que los GDI mantienen un patrón de pulverización estándar incluso con pulsos rápidos y altas presiones, lo que garantiza una combustión completa y minimiza los depósitos en la cámara de combustión.

Figura 15

Prueba 3 Velocidad Alta



Durante la prueba 4 de goteo se realiza para detectar posibles fugas en los inyectores cuando se encuentran completamente cerrados. Este procedimiento es fundamental para garantizar que no se produzca pérdida incontrolada de combustible, que pueda provocar problemas de rendimiento del motor, en caso de fuga puede causar carbonización. Los inyectores GDI mostraron una buena retención de presión (70-120 PSI) con una mínima incidencia de goteo, reduciendo así el riesgo de carbonización en la cámara de combustión mostrado en la Figura 16.

Figura 16

Prueba 4 Goteo



En la Prueba acumulativa 5 en la Figura 17, se evaluó la aptitud del inyector para proporcionar gasolina de forma consistente y precisa mientras un período extenso en condiciones de utilización constante del motor. Se activa repetidamente mediante impulsos eléctricos en diferentes condiciones de capacidad y velocidades del motor. En pruebas a largo plazo, GDI se destacó por su capacidad para sostener una atomización consistentemente eficiente en una variedad de condiciones, optimizando el rendimiento del motor.

Figura 17

Prueba 5 Acumulativa



La simulación de la Prueba 6 es una evaluación que recrea condiciones reales de operación del motor y permite observar la conducta del inyector a diferentes cargas y velocidades porque incorpora variables dinámicas y verifica el funcionamiento en tiempo real. Las simulaciones del mundo real confirmaron que el inyector GDI proporciona una atomización fina y concreta que coincide bien con la dinámica del motor que se muestra en la Figura 18.

Figura 18

Prueba 6 Simulación



- ***Inyectores Convencionales (FDI)***

En la Figura 19, la medición de resistencias asegura que la bobina del inyector no esté abierta (circuito interrumpido) ni en cortocircuito. La resistencia fuera del rango especificado puede indicar una bobina dañada o desgastada o una bobina quemada.

Figura 19

Medición de Resistencias



La limpieza por ultrasonido utiliza ondas de alta frecuencia en un medio líquido para eliminar la suciedad y residuos incrustados en los componentes internos del inyector, lo que no sería posible con los métodos tradicionales como se indica en la Figura 20.

Figura 20

Lavado por Ultrasonido



En la prueba 1 de baja velocidad en la Figura 21, el inyector se activa con pulsos eléctricos de baja frecuencia, como en ralentí o velocidad lenta para evaluar el comportamiento del inyector en condiciones de mínima demanda. En ralentí, los inyectores convencionales presentaban un patrón de pulverización más grueso. Aunque esto es suficiente para el funcionamiento básico del motor, una mezcla menos homogénea puede generar un aumento de las emisiones de hidrocarburos.

Figura 21

Prueba 1 Velocidad Baja



En la prueba 2 de velocidad media, el inyector funciona en condiciones normales de funcionamiento del motor, cuando está bajo carga intermedia o cuando va a una velocidad constante. Esta prueba en la Figura 22 ayuda a evaluar el rendimiento del inyector en condiciones de conducción típicas. Los inyectores convencionales presentaron una atomización adecuada para velocidad media, pero con mayor dispersión en el patrón de pulverización. Esto puede generar ligeros desequilibrios en la mezcla aire-combustible en algunos ciclos.

Figura 22

Prueba 2 Velocidad Media



La prueba 3 de alta velocidad que se muestra en la Figura 23 es esencial para garantizar que el inyector pueda suministrar suficiente combustible y mantener una secuencia de pulverización óptima en situaciones extremas, el inyector es activado con pulsos eléctricos a alta frecuencia por encima de las 3000 RPM.

Figura 23

Prueba 3 Velocidad Alta



Durante la prueba de de goteo, se aplica presión de combustible al inyector (normalmente, la presión de funcionamiento del inyector oscila entre los 30 y 60 PSI en sistemas convencionales). El inyector permanece cerrado durante toda la prueba, no recibe un impulso eléctrico como se ve en la Figura 24. Los inyectores convencionales tenían un mayor riesgo de goteo, especialmente en los inyectores más antiguos, lo que puede contribuir a la formación de depósitos en las válvulas y los puertos de admisión.

Figura 24

Prueba 4 Goteo



En la Figura 25, se realiza la prueba acumulativa 5 para evaluar el desempeño general del inyector por un periodo extendido, estableciendo el funcionamiento en condiciones de operación del motor, a baja, media y alta rpm. Permite evaluar cómo se comporta el inyector bajo un ciclo continuo de diferentes pulsos. Los inyectores convencionales muestran una leve disminución en la calidad de la atomización a medida que se acumulan los ciclos de trabajo, especialmente a velocidades altas, debido a la menor presión de operación.

Figura 25

Prueba 5 Acumulativa



La prueba de simulación 6 se utiliza para reproducir el comportamiento del inyector en condiciones de funcionamiento del motor, pero de forma controlada. Este tipo de prueba permite verificar cómo reacciona el inyector ante diferentes condiciones de operación, como cambios en las revoluciones del motor. Aunque los inyectores convencionales pudieron replicar condiciones reales de operación, su atomización fue menos uniforme como se muestra en la Figura 26.

Figura 26

Prueba 6 Simulación



Pruebas de Ruta

Las pruebas de ruta con un escáner OBDII para evaluar el comportamiento de los inyectores permite diagnosticar problemas en el sistema de inyección de combustible (ya sea GDI o convencional) en condiciones reales de conducción. Estas pruebas son particularmente útiles para analizar el rendimiento, la eficiencia del inyector y detectar fallos como obstrucciones, fallas eléctricas o problemas de sincronización.

La Figura 27 muestra al valor bruto del sensor del pedal del acelerador 2 en voltaje. Este gráfico está vinculado con el sistema electrónico del acelerador del vehículo, Drive-by-Wire. El acelerador pedal sensor tiene dos circuitos redundantes denominados APP1 y APP2 para estar al tanto de la seguridad y precisión. Los valores que se obtienen de la prueba no corresponden a nuestro rango de valores de maniobra, nos estaría mandando a decir que a falla el sensor, los cables y o la unidad de control. Observar cómo varía el voltaje de acuerdo al grado de aplicación del pedal acelerador en la prueba dinámica se puede diagnosticar posibles fallas intermitentes.

Figura 27

Valor Bruto del Pedal del Acelerador 2 en Voltios



La solicitud de par de la rueda del pedal del acelerador está relacionada con la cantidad de torque que el conductor solicita a través del pedal del acelerador. Estos datos son procesados por la ECU del motor para ajustar el rendimiento del vehículo según las necesidades de conducción. Cuanto mayor sea la presión sobre el pedal, mayor será la demanda de par. Un escáner automotriz puede monitorear en tiempo real cómo cambia la demanda de torque según la posición del pedal mostrado en la Figura 28.

Figura 28

Solicitud de Par de la Rueda del Pedal del Acelerador



El valor bruto del pedal del acelerador 1 en voltios en la Figura 29 es una señal eléctrica generada por el sensor de posición del pedal del acelerador (APP), que mide la presión aplicada al pedal. El APP1 suele ser el canal principal, mientras que el APP2 actúa como respaldo o control. El primer valor informado en el momento resaltado es 1622,60 mV. Esto corresponde a la presión parcial del pedal del acelerador, ya que los valores típicos varían desde 500 mV en reposo hasta 4500 mV en aceleración máxima.

Figura 29

Valor Bruto del Pedal del Acelerador 1 en Voltios



La cantidad de inyección deseada del cilindro 0 de pil 0 revela la cantidad de combustible que el sistema de control electrónico del motor (ECU) considera necesario inyectar en un momento dado, en función de la demanda de potencia, la velocidad y las situaciones de operación. El gráfico mostrado en la Figura 30 muestra la variación de la cantidad de inyección deseada a lo largo del tiempo. Se puede observar que hay picos y caídas, que pueden ser normales dependiendo de la carga y las condiciones del motor.

Figura 30

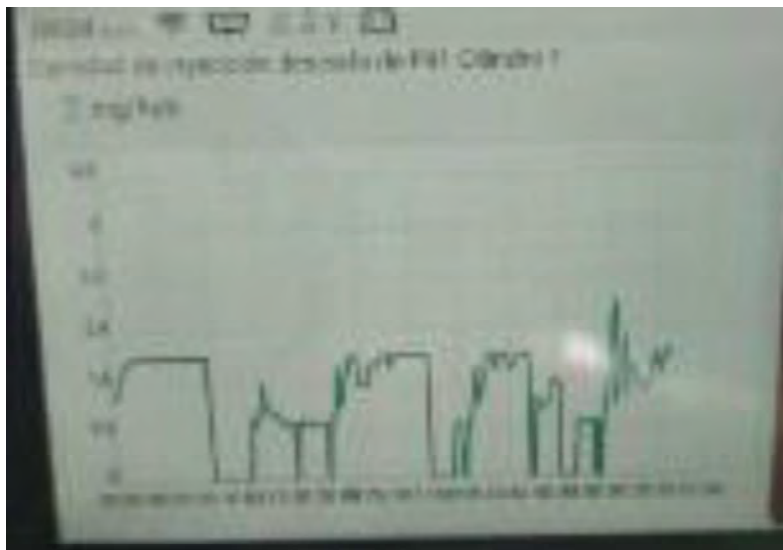
Cantidad de Inyección Deseada de Pil 0 Cilindro 0



La cantidad de inyección deseada de pil cilindro 1, el valor promedio que se muestra en la Figura 31, es de 2 mg/hub, lo que representa la cantidad de combustible que necesita la ECU para el inyector de este cilindro. Este valor puede variar dependiendo de la carga, velocidad y condiciones de funcionamiento del motor. Hay fluctuaciones que parecen normales en un sistema de inyección directa, con períodos de estabilidad y caídas ocasionales a 0.

Figura 30

Cantidad de Inyección Deseada de Pil Cilindro 1



La cantidad de inyección deseada de pil 1 cilindro 2, su valor promedio de 1,68 mg/hub es cercano al de los cilindros anteriores (1,75 mg/hub en el cilindro 0 y 2 mg/hub en el cilindro 1), lo que puede indicar que el sistema trabaja de forma equilibrada. Sin embargo, en este caso se observa una ligera fluctuación hacia valores más bajos. La Figura 32 muestra picos y caídas más pronunciados que en los otros cilindros, alcanzando valores cercanos a 0 mg/hub varias veces.

Figura 31

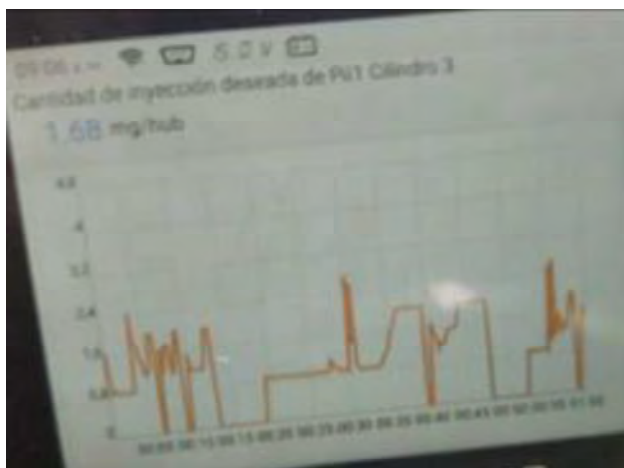
Cantidad de Inyección Deseada de Pil 1 Cilindro 2



La cantidad de inyección deseada de pil cilindro 3 que se muestra en la Figura 33 es en promedio de 1,68 mg/hub, lo que concuerda con los valores de los otros cilindros, lo que indica que el sistema está tratando de mantener un equilibrio general. Sin embargo, hay cambios notables en el comportamiento. El gráfico muestra tendencias más pronunciadas y frecuentes, que pueden reflejar desgaste o suciedad en el inyector, problemas con el control electrónico (ECU).

Figura 32

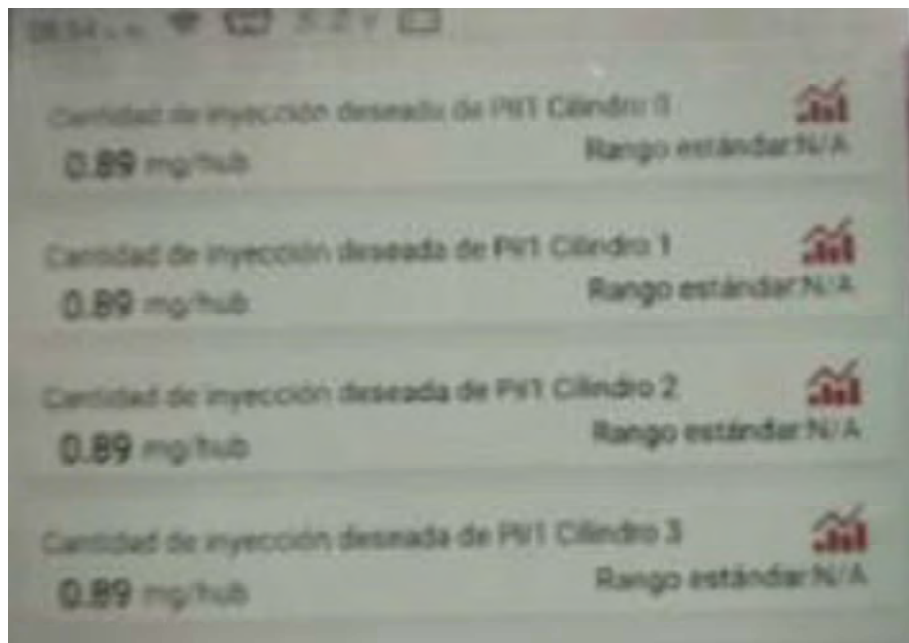
Cantidad de Inyección Deseada de Pil Cilindro 3



La cantidad de inyección deseada para los 4 cilindros que se observa en la Figura 34 muestra la cantidad de inyección deseada para los cuatro cilindros del motor, con valores promedio iguales de 0,89 mg/hub en todos los inyectores. Esto indica que el sistema requiere un equilibrio uniforme en la inyección de combustible entre los cilindros.

Figura 33

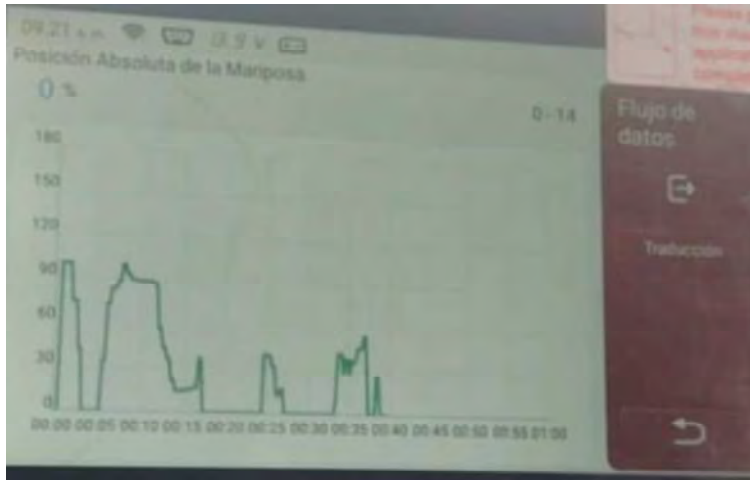
Cantidad de Inyección Deseada por los 4 Inyectores



La presión absoluta de la mariposa que se ve en la Figura 35 corresponde a la medición del sensor TPS. Este sensor monitorea la posición de la mariposa o válvula del acelerador en un motor. "Posición absoluta de la mariposa" Se refiere al porcentaje de apertura de la válvula del acelerador. 0% indica que la válvula está completamente cerrada (ralentí), mientras que valores cercanos al 100% indican que está completamente abierta (aceleración máxima).

Figura 34

Presión Absoluta de la Mariposa



La regulación de la inyección de corto alcance banco 1 es una lectura importante para evaluar cómo el sistema de control de motor ajusta la mezcla de aire-combustible en tiempo real, como se puede visualizar en la Figura 36.

Figura 35

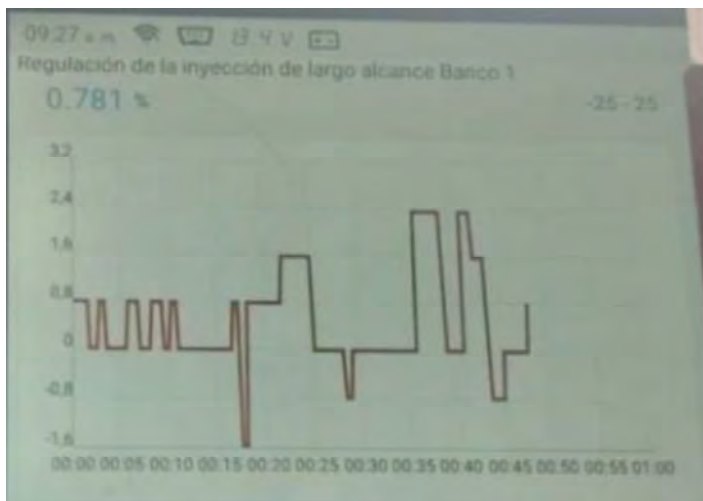
Regulación de la Inyección de Corto Alcance Banco 1



En la regulación de la inyección de largo alcance banco 1 en la Figura 37 se muestra cómo la computadora del vehículo (ECU) compensa la mezcla de aire-combustible en base a lecturas acumuladas, corrige desequilibrios en la mezcla aire-combustible debido a problemas persistentes como inyectores sucios, fugas de vacío y daños en los sensores.

Figura 36

Regulación de la Inyección de Largo Alcance Banco 1



CAPÍTULO V

RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Análisis de los resultados de las pruebas en ruta y en herramientas tecnológicas

El presente análisis detalla los resultados conseguidos de las pruebas realizadas a los inyectores de gasolina de tipo GDI (Inyección Directa de Gasolina) y convencionales (inyección indirecta). Se explora en profundidad en las diferencias técnicas, similitudes y motivos del comportamiento de cada uno, a partir de limpiezas, pruebas de resistencia, y simulaciones bajo diferentes condiciones de funcionamiento del motor.

Limpieza por Ultrasonido

Inyectores GDI:

El más básico es el ultrasonido de limpieza profunda debido que, debido a su diseño más complejo que se encuentra en el funcionamiento directamente a la cámara de combustión, los residuos de carbón son más frecuentes.

La acumulación de escombros afecta la atomización precisa del combustible, que es crucial para la combustión de alta eficiencia del sistema GDI.

Inyectores Convencionales:

Beneficios del ultrasonido, la suciedad es menor y emite el combustible en el colector de admisión, donde la temperatura es más baja. Esta suciedad acumulada puede afectar la rociada quedado adecuada del patrón y flujo.

La limpieza ultrasónica es más crítica para los inyectores GDI debido a su mayor exposición a condiciones operativas severas.

Medición de Resistencia

Inyectores GDI:

La resistencia de la bobina debe mantener una cantidad específica para prevenir fallas eléctricas. Incluso si se limpia lo suficiente con el avance del ultrasonido; estos inyectores tienen aún más resistencia debido a lo más sofisticado de sus componentes.

Resistencia más baja de (1-4 ohms) para permitir una respuesta más rápida a las altas demandas del motor.

Valores fuera del límite pueden referirse a desgaste, posibles problemas eléctricos, o defectos de la bobina interna.

Inyectores Convencionales:

La resistencia es mayor (10-16 ohms) debido a las menores exigencias del motor, los mismos valores fuera de rango pueden indicar envejecimiento o daños en la bobina interna.

También se debe medir la resistencia para garantizar la funcionalidad. Sin embargo, los valores son menos críticos debido a su diseño más simple.

Conclusión: en ambos tipos de inyectores, el monitoreo de la resistencia es importante, pero en la GDI, es esencial dada la importancia del control electrónico.

Pruebas de Velocidad (baja, media y alta)

Inyectores GDI:

Velocidad Baja: Los GDI muestran un patrón de pulverización más uniforme gracias a su diseño optimizado para condiciones de ralentí.

Velocidad Media: Una alta eficiencia asegurando la adición precisa de la cantidad justa de combustible lo que reduce el consumo.

Velocidad Alta: Una respuesta directa a los pulsos eléctricos rápidos significa una pulverización uniforme a pesar de los RPM extremados. Inyectores convencionales.

Inyectores Convencionales:

Velocidad Baja: Un patrón de pulverización decente pero menos preciso que el GDI.

Velocidad Media: En carga media, se comporta aceptablemente, pero sin lograr la eficiencia del GDI.

Velocidad Alta: Más inestable en las altas RPM se observaron ligeras variaciones en la pulverización.

Conclusión: Los inyectores GDI superan a sus iguales convencionales en todos los test de velocidad porque pueden regular la cantidad de combustible con más precisión.

Prueba de Goteo

Inyectores GDI:

Debido a las altas presiones de operación (70-120 PSI), esta prueba es esencial para evitar fugas de combustible y garantizar que los inyectores permanezcan completamente cerrados cuando no estén en uso.

El inyector con fugas puede causar carbonización dentro de la cámara de combustión, lo que influye en la eficacia, elevando las emisiones.

Inyectores Convencionales:

Funcionan a una presión más baja de 30-60 PSI, aún deben ser estancos para evitar fugas. Incluso una gota puede disminuir significativamente el rendimiento general del motor y provocar un uso intensivo de combustible.

Por consiguiente, la prueba de goteo es importante en ambos casos, aunque se necesita una mayor resistencia en el inyector GDI a causa de la presión más elevada de operación.

Pruebas Acumulativa y de Simulación

Inyectores GDI:

La prueba acumulativa refleja su capacidad para mantener un suministro de combustible consistente y preciso durante largos periodos de tiempo. Las simulaciones demostraron su desempeño superior en condiciones de funcionamiento reales.

Revelan posibles dificultades en el control dinámico de la ECU o deterioro de componentes internos.

Inyectores Convencionales:

De igual manera, las pruebas acumulativas pueden ser implementadas en inyectores comunes con cierta efectividad, pero no con el nivel de precisión en GDI.

Aunque una simulación muestra un buen resultado, es prácticamente inútil ante los cambios dinámicos.

Similitudes y diferencias

A largo plazo, los inyectores GDI son mejores para adaptarse a las circunstancias del mundo real y entregar un flujo de gasolina equilibrado. A pesar de estas similitudes, existen diferencias significativas. Primero, el primer inyector de trabajo con GDI tiene una presión más alta, diseño más complejo, atomización de gasolina más precisa y rendimiento general. Todo eso es acompañado por un nivel mínimo de mantenimiento.

Los inyectores de combustible GDI son técnicamente superiores a los inyectores de combustible tradicionales y tienen un deseable rendimiento en términos de eficacia, precisión y adaptabilidad a diferentes condiciones de trabajo. Sin embargo, debido a su dificultad, esto también implica mayores requisitos de mantenimiento y diagnóstico. Los inyectores convencionales, en cambio, aunque menos eficientes, ofrecen una solución más sencilla y económica para motores menos exigentes. Este análisis evidencia que la elección del tipo de inyector debe adaptarse a las necesidades específicas del motor y a las circunstancias de desempeño del vehículo.

Análisis de pruebas de ruta

1. Valor bruto del pedal del acelerador 2 en voltios

GDI: Debido a que la ECU procesa los datos en tiempo real, las lecturas del sensor de posición del pedal (APP) en los sistemas GDI son más precisas T 4%; por lo tanto, el motor puede ajustarse de inmediato para ofrecer lectores resultados óptimos según las señales. do el conductor.

Convencionales: Los lectores también resultarán fiables, pero la respuesta es menos reactiva, debido a que la ECU es más simple. El programa las lecturas, y el motor pierde dinamismo.

2. Solicitud de par de la rueda del pedal del acelerador

GDI: El GDI acelera la ECU que regula la respuesta con rapidez, ajustando la cantidad de combustible y el tiempo de inyección para optimizar la torsión del motor. Da como resultado una respuesta más rápida y eficiente a los cambios bruscos en la carga.

Convencionales: La respuesta es adecuada en condiciones estables, pero menos efectivos en situaciones dinámicas, porque el control de la ECU está menos avanzado.

3. Cantidad de inyección deseada (cilindros 0, 1, 2 y 3)

GDI: Se centra en valores equilibrados y consistentes entre cilindros, lo que implica un diseño de alta precisión del sistema. Las fluctuaciones menores son normales y generalmente reflejan ajustes en tiempo real.

Convencionales: Estos valores también están equilibrados en condiciones normales, en condiciones de alta carga presentarán variaciones que pueden desfavorecer la eficiencia del motor.

4. Presión absoluta de la mariposa

GDI: Según el control de la apertura de la válvula del acelerador sea más preciso y continuo ajuste, la eficiencia del combustible y el poder son también más elevados. Conjuntamente aquí, obtenemos los gráficos más dinámicos y receptivos.

Convencionales: Menos dinámicas que debido a un control básico del flujo de aire. Lo cual implica la capacidad de adaptarse para diferentes condiciones.

5. Regulación de la inyección (corto y largo alcance)

Corto alcance (GDI): Lo que ocurre con los ajustes en tiempo real es que corregirá con rapidez los desequilibrios en la mezcla de combustible de aire y combustible para mejorar la actuación del motor.

Largo alcance (GDI): La compensación acumulativa le permite corregir problemas continuos, como inyectores sucios o pequeñas fugas, garantizando un desempeño eficiente a largo plazo.

Convencionales: Aunque se aplique la regulación, el ajuste es más lento y menos dinámico por lo que el periodo de ineficacia se extiende antes de estabilizarse.

El sistema GDI es altamente adaptable y se ajusta más rápidamente a diferentes condiciones del motor. Utilizando ECU más avanzada que proporciona un mejor control de motor del par, la mezcla de aire y combustible y la reacción del acelerador, provee productividad más eficaz y dinámica. Por otro lado, en sistemas convencionales, aunque sea confiable y satisfactorio en condiciones estables es malo para varios escenarios porque utiliza sistemas de control menos complejos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Un análisis exhaustivo de los sistemas de inyección directa de gasolina (GDI) y de inyección convencional proporciona una comprensión integral de sus ventajas, limitaciones y áreas potenciales de progreso. Los sistemas juegan un papel fundamental en el desempeño del motor de combustión interna, pero sus aplicaciones y ventajas varían en función de las necesidades del consumidor y de las necesidades del vehículo.

El inyector GDI ha demostrado ser tecnología avanzada y eficiente que mejora la mezcla de aire y combustible directamente en la cámara de combustión. Por lo tanto, la eficiencia combustible, una potencia específica deseable y un mejor control de emisiones son las ventajas al comparar con los sistemas convencionales. No obstante, su diseño y funcionamiento plantean desafíos significativos, como la deposición de carbón que afecta a las válvulas de admisión.

Los sistemas de inyección convencionales, por otro lado, aunque menos complejos, presentan sencillez y confiabilidad comprobadas a costos de producción y mantenimiento menores. En vehículos donde requerirán resistencia y sencillez, estos sistemas son ideales; su productividad en términos del uso de combustible y las emisiones es baja, especialmente en comparación con las estrictas regulaciones ambientales actuales. Además, no presentan la capacidad de acoplamiento fino por la cual son conocidos los inyectores GDI, lo que también los hace menos eficientes.

Desde un punto de vista de progreso, los inyectores GDI podrían beneficiarse del avance de materiales más resistentes a los depósitos de carbón y de la adopción de sistemas de autolimpieza para disminuir el mantenimiento. Igualmente, la integración de sensores más avanzados permitirá un seguimiento y regulación más concreta en tiempo real. Al igual que con los inyectores convencionales, su desarrollo podría centrarse en la integración de tecnologías híbridas que aumenten la eficacia sin sacrificar la simpleza, como patrones mejorados de atomización del combustible.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda que el progreso y mejora de los sistemas GDI y de inyección convencionales se vea facilitado por avances tecnológicos que optimicen su productividad, reduzcan sus límites y aumenten su durabilidad.

Para que en los sistemas GDI la formación de depósito de carbón y el mantenimiento sean problemas; los materiales más duraderos y auto limpiables deben alentarse. La inclusión de sensores más avanzados y los costos de producción reducidos están autorizando la tecnología.

Los sistemas de inyección convencionales, por el contrario, deben cuidar de optimizar la atomización del combustible y adaptarse al reglamento actual, sin perder su sencillez y reduciendo costes. La combinación de elementos híbridos entre las dos tecnologías podría ser la solución para sacar las fortalezas de cada una.

Finalmente, se recomienda reforzar la capacitación técnica en diagnóstico, mantenimiento y reparación de ambas tecnologías para afianzar que los expertos estén dispuestos a colaborar con estas innovaciones y saciar las necesidades del mercado automotriz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andía Vargas, J. M., Salinas Rojas, M., & Orellana Lafuente, R. (2023). ESTADO DEL ARTE SOBRE LA INFLUENCIA DE MEZCLAS ETANOL-GASOLINA EN EL DESEMPEÑO DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA. INVESTIGACION & DESARROLLO, 23, 93-106. doi:10.23881/idupbo.023.1-7i

Carrión Ramos, F. A., Castelo Valdivieso, J. C., Quevedo Rios, A. J., & Sinaluisa Lozano, I. F. (2023). Análisis experimental de la gestión electrónica de un vehículo con sistema de inyección directa estratificada de combustible, en condiciones estáticas y dinámicas. Dialnet, 8, 962-980. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9234467>

Chadán Tintín, E. C., & Coque Guanopatin, J. E. (26 de 11 de 2021). DSpace ESPOCH. Obtenido de REPOTENCIACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECCIÓN INDIRECTA: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16012/1/65T00404.pdf>

Chica Segovia, J. F., & Rivera Campoverde, N. D. (14 de 12 de 2015). Repositorio Digital de la Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/12459>

Doménech Armisén, J. (2014). Puesta en marcha y caracterización de un nuevo sistema de inyección directa de gasolina. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/181982>

- Fung Gásperi, C. A. (2020). Diseño y calibración de un medidor de tasa de inyección aguas arriba para inyectores GDI utilizando medidas instantáneas de presión. Valencia, España: Universitat Politècnica de València. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/153254>
- García Gómez, V. (2021). Simulación CFD del proceso de atomización y mezcla de un inyector GDI a partir de modelos de acomplamiento unidireccional (One-way coupling). València: Universidad Politécnica de València. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/170204>
- González Valdés, R., Rodríguez López, Y., García Taín, Y., & Fernández, L. (2010). Consumo de combustible de los motores de combustión interna. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 19(1), 01-08. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542010000100001&lng=es&tlng=es
- Guasumba Maila, J. E., Garay Cisneros, V. A., Solís Santamaria, J. M., & Jima Matailo, J. C. (2021). Análisis del sistema de inyección electrónica de combustible para motor de combustión interna respecto a sus fallas y mantenimiento (Vol. 6). Manta: Casa Editora del Polo . Obtenido de <https://mail.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2167>
- Leguisamo Milla, J. C., & Colcha Proaño, D. F. (2020). Caracterización del impacto de la conducción eficiente (ecodriving) en el consumo de combustible y emisiones contaminantes de un motor de combustión interna a gasolina con inyección indirecta a 2800 metros sobre el nivel del mar. Quito: Universidad Internacional SEK. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3814>

- Llácer Gregorio, P. (2018/). Simulación CFD del proceso de atomización y mezcla de un inyector GDI en condiciones de motor real. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/112323>
- Llanes Cedeño, E. A., Guardia Puebla, Y., Andino, A., Cevallos Carvajal, S., & Rocha Hoyos, J. C. (2019). Detección de fallas en motores de combustión mediante indicadores de temperatura y presión de inyección. *Ingenius Revista de Ciencia y Tecnología*(22), 38-46. doi:<https://doi.org/10.17163/ings.n22.2019.04>
- Mantilla, J. M., Galeano, C., & Ochoa, J. L. (2007). Prediseño y simulación de un sistema de inyección directa para un motor de combustión interna de dos tiempos. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <https://ojs2.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/5577/3113>
- Manzano, J., Azevedo, B., Bomfirm, G., & Royuela, Á. (2014). Diseño y predicción del funcionamiento de inyectores Venturi en riego localizado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental/Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, 1209-1217. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1209-1217
- Montiel Quintero, D. E. (2016). Detección y Diagnóstico de Fallas en Sistema de Inyección de Combustible de un Motor de Combustión Interna. México, México: Tecnológico Nacional de México. Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/7635>
- Muñoz Lacedón, P. (2020). Análisis de la interacción entre spray de fuel y pared en motores GDI mediante radiografía de rayos X. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/149096>

- Ocampo Rodriguez, L. E. (2022). Control Tolerante a Fallas con Aplicación en Proceso de Combustión. México, México: Tecnológico Nacional de México. Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/3633>
- Ortega Arribas, A. (2020). Estudio experimental de inyección de gasolina usando un inyector multiorificio GDI en condiciones de flash boiling y spray collapse. València, España: Universidad Politécnica de València. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/148808>
- Parera, A. M. (1990). Inyección Electrónica en Motores de Gasolina. Barcelona: Marcombo. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YFghI1bGeKsC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Inyectores+de+gasolina&ots=qJ5hTxT0eM&sig=VM3u-FbzFc9-nDHCpPe3wGqsUEw>
- Paz Zeballos, R. (2015). Influencia de la presión de inyección combustible y estado de los inyectores sobre el rendimiento y emisión de contaminantes del motor diesel. Revista Tecnológica, 11(17). Obtenido de http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-75322015000100003&lng=en&nrm=iso#:~:text=E1%20inyector%2C%20es%20uno%20de,la%20reacci%C3%B3n%20llegue%20a%20completarse
- Sandovalin Malitaxi, J. D., Correa Sacan, E. D., Guasumba Maila, J. E., & Calero Torres, D. A. (2022). Los sistemas de Inyección Electrónicos y el Control de Gases. 7. Obtenido de <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3828/html>

Tulcanaz Vinueza, K. A., Rodríguez Fiallos, J. L., & Álvarez Jramillo, E. R. (2022). Análisis de los sistemas modernos de inyección a gasolina. Dialnet, 123-137. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9401617>

Vaquerizo Sánchez, D. (2016). Medidas de flujo másico y determinación de geometría de un inyector GDI VCO multiorificio guiado por spray. Valencia, España: Universidad Politécnica de València. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/59718>

ANEXOS

Operacionalización de la Variable

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Tipo de inyector.	Diferentes tecnologías de inyectores utilizadas en motores, como GDI y convencionales.	Tecnología del inyector	GDI o convencional.	Nominal
		Material del inyector	Tipo de material (acero, plástico, etc.).	
Presión de inyección.	Fuerza con la que el combustible es introducido en la cámara de combustión.	Nivel de presión	Presión en PSI.	Intervalo
		Estabilidad de la presión.	Variación de la presión durante el ciclo (%).	
		Capacidad del sistema.	Máxima presión soportada (PSI).	
Duración del pulso de inyección.	Tiempo durante el cual el inyector permanece abierto para inyectar combustible.	Tiempo promedio de apertura.	Duración en milisegundos (ms).	Intervalo
		Frecuencia de inyección.	Número de pulsos por minuto (Hz).	
		Eficiencia del pulso.	Relación entre tiempo y cantidad inyectada.	Razon

Ciclos de limpieza.	Métodos y frecuencia de mantenimiento aplicados a los inyectores.	Frecuencia de limpieza.	Número de limpiezas por periodo.	Razon
		Método aplicado.	Método utilizado (ultrasónico, etc.).	Nominal
		Efectividad de la limpieza	90% de depósitos eliminados por limpieza.	Porcentaje
Condiciones de operación del motor.	Parámetros de operación del motor, como velocidad, carga y temperatura.	Velocidad del motor.	Velocidad en RPM.	Intervalo
		Temperatura de operación.	Temperatura en °C.	
Flujo de inyección.	Cantidad de combustible que se inyecta por ciclo de trabajo.	Volumen inyectado.	Volumen en cm ³ por ciclo.	Intervalo
		Consistencia del flujo.	Variación en el flujo según RPM	
Rendimiento del motor.	La potencia generada y la relación entre el consumo de combustible.	Eficacia de combustión	Relación combustible/aire óptimo.	Porcentaje
		Durabilidad del motor.	Horas de operación sin pérdida de potencia.	Intervalo
Consumo de combustible.	Cantidad de combustible usada por unidad de distancia o de tiempo.	Dispendio promedio.	Litros por kilómetro (12L/km).	Intervalo
		Consumo por ciclo.	Cantidad utilizada por ciclo de trabajo.	Razon
Acumulación de depósitos.	Cantidad de residuos acumulados en los inyectores o válvulas durante la operación.	Ubicación de depósitos.	Áreas afectadas (inyector, válvula, etc.).	Nominal

Instrumento de Recolección de Datos o Información

Cuestionario: Flujo de inyección de inyectores GDI vs inyectores convencionales.

Objetivo: Recopilar información para la investigación titulado “Estudio comparativo del flujo de inyección de inyectores GDI vs inyectores convencionales mediante los equipos de diagnóstico”.

La presente encuesta no se utiliza para ningún otro propósito que no sea el académico y no se divulgará ninguna información a terceros. Gracias por su tiempo y apoyo.

Instrucciones: Por favor, responda las siguientes preguntas marcando la opción que mejor lo represente.

Preguntas:

1. ¿Conoce usted la diferencia entre inyectores GDI e inyectores convencionales?
 - Si
 - No
2. ¿Ha trabajado o realizado pruebas con inyectores GDI en su entorno profesional o educativo?
 - Si
 - No
3. ¿Cree que el flujo de inyección de los inyectores GDI influye significativamente en el rendimiento del motor?
 - Si
 - No
4. ¿Considera que los inyectores convencionales son más fáciles de diagnosticar que los GDI?
 - Si

- No
5. ¿Está de acuerdo en que los equipos de diagnóstico actuales son indispensables para evaluar el rendimiento de los inyectores?
- Si
 - No
6. ¿Ha observado diferencias notables en el consumo de combustible entre vehículos con inyectores GDI y convencionales?
- Si
 - No
7. ¿Cree que los inyectores GDI presentan mayores problemas de mantenimiento comparados con los convencionales?
- Si
 - No
8. ¿Considera que el uso de inyectores GDI mejora la eficiencia en motores modernos?
- Si
 - No
9. ¿Ha utilizado equipos de diagnóstico para evaluar inyectores convencionales en su trabajo o estudios?
- Si
 - No
10. ¿Considera necesario implementar más formación técnica sobre el uso y diagnóstico de inyectores GDI?
- Si
 - No

Validación del Instrumento por Juicio de Expertos

En la ciudad de Quito, a los 7 días del mes de noviembre de 2024, se reunieron los abajo firmantes, quienes actúan en calidad de expertos, para llevar a cabo la validación del instrumento titulado **“Estudio comparativo del flujo de inyección de inyectores GDI vs inyectores convencionales mediante los equipos de diagnóstico”**, diseñado para validar las pruebas obtenidas mediante los equipos de diagnóstico para la comprensión de los sistemas de inyección.

Fueron los expertos en base a su experiencia y trayectoria en el ámbito de la Ingeniería construcción y afines quienes revisaron y evaluaron el instrumento bajo los criterios de pertinencia, claridad, coherencia y relevancia.

Resultados de la evaluación:

1. **Pertinencia:** El instrumento es adecuado para cumplir con los objetivos propuestos.
2. **Claridad:** Los ítems y preguntas que componen el instrumento son comprensibles y están redactados en un lenguaje claro y preciso.
3. **Coherencia:** Existe una adecuada relación lógica entre los ítems y los objetivos del instrumento.
4. **Relevancia:** Los ítems son significativos y relevantes para el contexto en el cual será aplicado el instrumento.

Observaciones y recomendaciones: Los expertos realizaron las siguientes observaciones y recomendaciones para el mejoramiento del instrumento:

No se realizaron observaciones

En virtud de lo anterior, los expertos consideran que el instrumento es validado para su aplicación en el contexto definido.

A continuación, los expertos suscriben la presente acta en señal de conformidad:

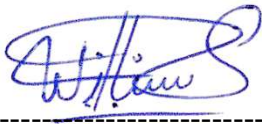


Gaibor Padilla Kenneth Isaías
CI: 1727356840

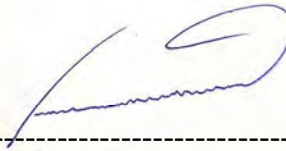


Flores Muzo Dennis Josué
CI: 1724186364

FIRMA DE LOS INVESTIGADORES



Amancha Guaña Williams Alejandro
CI: 1726348897



Chalapú Albán Stalin Daniel
CI: 1725024440

NOTA: Este documento debe acompañarse con copia de cédula de identidad y título de tercer nivel.

CÉDULA DE IDENTIDAD REPÚBLICA DEL ECUADOR
 DIRECCIÓN GENERAL DE REGISTRO CIVIL, IDENTIFICACIÓN Y CEDULACIÓN

CONDICIÓN CIUDADANIA

APELLIDOS
GAIBOR
PADILLA

NOMBRES
KENNETH ISAIAS

NACIONALIDAD
ECUATORIANA

FECHA DE NACIMIENTO
29 ENE 1999

LUGAR DE NACIMIENTO
PICHINCHA QUITO

SAN BLAS

FIRMA DEL TITULAR

SEXO
HOMBRE

No. DOCUMENTO
067525040

FECHA DE VENCIMIENTO
06 SEP 2033

NAT/CAN
276794

NUI.1727356840

APELLIDOS Y NOMBRES DEL PADRE
GAIBOR GAIBOR RAUL FIDEL

APELLIDOS Y NOMBRES DE LA MADRE
PADILLA GASFOR PATRICIA ELIZABETH

ESTADO CIVIL
SOLTERO

CÓDIGO DACTILAR
V433V3442

TIPO SANGRE O+

DONANTE
SI

LUGAR Y FECHA DE EMISIÓN
QUITO 06 SEP 2023

DIRECTOR GENERAL

**I<ECU0675250403<<<<<1727356840
 9901292M3309069ECU<SI<<<<<<<<9
 GAIBOR<PADILLA<<KENNETH<ISAIAS**



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Secretaría de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

Quito, 12/01/2025

CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, certifica que GAIBOR PADILLA KENNETH ISAIAS, con documento de identificación número 1727356840, registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre: GAIBOR PADILLA KENNETH ISAIAS
Número de documento de identificación: 1727356840
Nacionalidad: Ecuador
Género: MASCULINO

Título(s) de tercer nivel técnico-tecnológico superior

Número de registro	2239-2021-2397626
Institución de origen	INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CENTRAL TÉCNICO
Institución que reconoce	
Título	TECNOLOGO SUPERIOR EN MECANICA AUTOMOTRIZ
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2021-12-17
Área o Campo de	INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION
Observaciones	

CÉDULA DE IDENTIDAD  **REPÚBLICA DEL ECUADOR**
 DIRECCIÓN GENERAL DE REGISTRO CIVIL, IDENTIFICACIÓN Y CALIFICACIÓN
 CONDICIÓN CIUDADANÍA

APELLIDOS
FLORES

NOMBRES
MUZO

NOMBRES
DENNIS JOSUE

NACIONALIDAD
ECUATORIANA

FECHA DE NACIMIENTO
03 ENE 1995

LUGAR DE NACIMIENTO
PICHINCHA QUITO

SAN BLAS

FIRMA DEL TITULAR

SEXO
HOMBRE

No. DOCUMENTO
066209229

FECHA DE VENCIMIENTO
08 SEP 2033

NAT/CAN
015144

NUI.1724186364






APELLIDOS Y NOMBRES DEL PADRE
FLORES ESCOBAR VIRGILIO

APELLIDOS Y NOMBRES DE LA MADRE
MUZO ROMERO PAOLA MALENA

ESTADO CIVIL
SOLTERO

CÓDIGO DACTILAR
V2343V3242

TIPO SANGRE O+

DONANTE
SI

LUGAR Y FECHA DE EMISIÓN
QUITO 08 SEP 2023

DIRECTOR GENERAL

QR CODE

I<ECU0662092296<<<<<1724186364
 9501038M3309081ECU<SI<<<<<<<<2
 FLORES<MUZO<<DENNIS<JOSUE<<<<<

Quito, 12/01/2025

CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, certifica que FLORES MUZO DENNIS JOSUE, con documento de identificación número 1724186364, registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre: FLORES MUZO DENNIS JOSUE
Número de documento de identificación: 1724186364
Nacionalidad: Ecuador
Género: MASCULINO

Título(s) de tercer nivel técnico-tecnológico superior

Número de registro	2239-2022-2575084
Institución de origen	INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CENTRAL TÉCNICO
Institución que reconoce	
Título	TECNOLOGO SUPERIOR EN MECANICA AUTOMOTRIZ
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2022-11-30
Área o Campo de	INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION
Observaciones	

Tabla 2

Referencias Bibliográficas

Referencias	Resumen de la Investigación
Andia Vargas, J. M., Salinas Rojas, M., & Orellana Lafuente, R. (2023). Estado del arte sobre la influencia de mezclas etanol-gasolina en el desempeño de motores de combustión interna. <i>investigacion & desarrollo</i> , 23, 93-106. doi:10.23881/idupbo.023.1-7i	Este estudio analiza cómo las mezclas de etanol y gasolina influyen en el rendimiento de los motores de combustión interna en los aspectos del consumo de combustible y la reducción de emisiones.
Carrión Ramos, F. A., Castelo Valdivieso, J. C., Quevedo Rios, A. J., & Sinaluisa Lozano, I. F. (2023). Análisis experimental de la gestión electrónica de un vehículo con sistema de inyección directa estratificada de combustible, en condiciones estáticas y dinámicas. <i>Dialnet</i> , 8, 962-980. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9234467	Probar el rendimiento de un vehículo con inyección directa estratificada durante las condiciones estáticas y dinámicas centrándose en la experimentación era un criterio de este trabajo.
Chadán Tintín, E. C., & Coque Guanopatin, J. E. (26 de 11 de 2021). DSpace ESPOCH. Obtenido de REPOTENCIACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECCIÓN INDIRECTA:	Proporciona un rediseño y mejora de un banco de pruebas de sistemas de inyección indirecta, evaluando su impacto en el análisis del rendimiento de motores de combustión interna.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16012/1/65T00404.pdf>

- Chica Segovia, J. F., & Rivera Campoverde, N. D. (14 de 12 de 2015). Abordar los principios y el funcionamiento de los sistemas de inyección electrónica en motores y los determinantes de la eficiencia y el mantenimiento. Repositorio Digital de la Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/12459>
- Tulcanaz Vinueza, K. A., Rodríguez Fiallos, J. L., & Álvarez Jramillo, E. R. (2022). Análisis de los sistemas modernos de inyección a gasolina. Dialnet, 123-137. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9401617> Examinar los sistemas de inyección de gasolina, sus desarrollos actuales e inclusión de la inyección directa y la optimización de la quema y las emisiones como tecnologías.
- Doménech Armisén, J. (2014). Puesta en marcha y caracterización de un nuevo sistema de inyección directa de gasolina. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/181982> Este estudio presenta la implementación de un sistema de inyección directa de gasolina, incluyendo su configuración original y pruebas de caracterización para valorar su desempeño.
- Fung Gásperi, C. A. (2020). Diseño y calibración de un medidor de tasa de inyección aguas arriba para inyectores GDI utilizando medidas instantáneas de presión. Valencia, España: Universitat Politècnica de València. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/153254> Diseño de un medidor de flujo de inyección de gasolina para motores GDI basado en la medición de presión para refinar la precisión del análisis del flujo.

González Valdés, R., Rodríguez López, Y., García Taín, Y., &

Fernández, L. (2010). Consumo de combustible de los motores de combustión interna. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1), 01-08. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542010000100001&lng=es&tlng=es

Analizar los determinantes del consumo de combustible por parte de motores de combustión interna basados en rendimiento y condiciones.

Ortega Arribas, A. (2020). Estudio experimental de inyección de gasolina usando un inyector multiorificio GDI en condiciones de flash boiling y spray collapse. València, España: Universidad Politécnica de València. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/148808>

Examinar el comportamiento de inyectores de gasolina porosos en condiciones extremas y observar fenómenos como la evaporación repentina y el colapso del rociado.

Parera, A. M. (1990). *Inyección Electrónica en Motores de Gasolina*. Barcelona: Marcombo. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YFghI1bGeKsC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Inyectores+de+gasolina&ots=qJ5hTxT0eM&sig=VM3u-FbzFc9-nDHCpPe3wGqsUEw>

Es un libro abarcando en detalle y aplicaciones los sistemas clásicos de inyección de gasolina para motores de referencia.

Tabla 3

Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLES	MARCO TEÓRICO (ESQUEMA)	MÉTODO
¿Cómo influyen las diferencias en la atomización del combustible, la acumulación de depósitos, la presión de inyección y las necesidades de mantenimiento entre los inyectores GDI y PFI en el rendimiento del motor, el consumo de combustible y las emisiones de contaminantes bajo diferentes condiciones de operación?	Las diferencias en la atomización del combustible, la acumulación de depósitos, la presión de inyección y las necesidades de mantenimiento entre los inyectores GDI y PFI influyen significativamente en el rendimiento del motor, el consumo de combustible y las emisiones de contaminantes. Los inyectores GDI, son más eficientes en la atomización y en la mejora de la combustión, presentan mayores desafíos relacionados con la acumulación de	Desarrollar e investigar una nueva metodología para el análisis y optimización del flujo de inyección, atomización y desempeño de los Inyectores Directos de Gasolina (GDI) en comparación con los inyectores convencionales, mediante la planificación y ejecución de pruebas experimentales modernas utilizando equipos especializados, con el objetivo de adquirir conocimientos que	V1. Tipo de inyector: GDI vs. inyectores convencionales. V2. Flujo de inyección: Cantidad de combustible inyectada por ciclo.	Bases teóricas. La inyección de combustible es diseñada para suministrar la cantidad precisa de aire-combustible. Antecedentes. En el ámbito internacional Japón, Alemania y EE. UU. han aumentado la eficiencia un 15% con la tecnología GDI, pero enfrentan depósitos de carbono. En el país, los estudios sobre la conveniencia de adaptar GDI a los automóviles fabricados en el ámbito local se	Enfoque de la Investigación: cuantitativo Método de Investigación: Hipotético-Deductivo Tipo de investigación: Descriptivo

	depósitos y el mantenimiento, en comparación con los inyectores PFI.	puedan ser aplicados en el área automotriz.	destacaron por la promoción de las áreas de eficiencia y emisiones, por la mejora de la calidad de la gasolina.
			Definición de Términos Básicos.
			GDI PFI Pulso y caudal de inyección Presión de inyección Depósitos de carbono Combustión y su eficiencia Emisiones Relación aire-combustible (AFR) Diagnóstico automotriz
Problemas Específicos	Hipótesis Específicas	Objetivos específicos:	
P.E.1: La variación en la calidad de la atomización del combustible entre los inyectores GDI y PFI bajo	H.E.1. El flujo de combustible proporcionado por los inyectores GDI es más	1.- Diagnosticar utilizando los equipos avanzados disponibles de limpieza de inyectores y escáneres OBDII para determinar el flujo de inyección y	Población: La población de estudio se compone de los técnicos y especialistas Muestreo: No probabilístico por conveniencia, en el que se seleccionaron los

distintas condiciones de operación puede afectar la estabilidad de la combustión, especialmente en motores de alta carga o en condiciones de bajas temperaturas.

uniforme y eficaz que el método de bomba indirecta, lo que facilita una atomización del combustible efectiva y un control más exacto de la combinación aire-combustible.

atomización de combustible de los inyectores GDI y los convencionales y evaluar el nivel de precisión y eficiencia en la distribución de combustible de cada sistema.

automotrices que trabajan en talleres mecánicos en las áreas de diagnóstico, mantenimiento y reparación a los sistemas de inyección de combustibles. La población de estudio la componen todos los inyectores GDI y los inyectores convencionales de gasolina.

participantes con experiencia y disponibilidad equivalente y suficiente para aportar la información necesaria. Igualmente se utilizó para esta investigación inyectores y vehículos también seleccionados de manera intencional.

Muestra: Esta compuesta por 10 técnicos automotrices provenientes de distintos talleres especializados en sistemas de inyección. En el caso del banco de pruebas, se analizarán al menos 8 inyectores (4 GDI y 4 convencionales).

P.E.2: La falta de uniformidad en el desempeño de los inyectores GDI en aplicaciones prolongadas

H.E.2. Los inyectores GDI ofrecen una eficiencia de combustión superior y optimizan el

2.- Desarrollar modelos analíticos para comparar el desempeño de combustión en motores con inyectores GDI y tradicionales, analizando la influencia de cada tipo de

Técnica: Encuesta.

Instrumento: cuestionario.

Métodos de Análisis de Datos: Estadístico

puede generar una disminución de la potencia del motor, debido a factores como la acumulación de depósitos o el desgaste de componentes.

P.E.3: Para condiciones extremas de impacto, como alta temperatura y presión, la eficiencia del suministro de combustible de las boquillas PFI puede afectar drásticamente las emisiones contaminantes debido al mantenimiento inadecuado de las GDI.

P.E.4: La acumulación de deposiciones en el cuerpo de la boquilla y el soporte de la válvula provoca que la fluctuación del suministro de combustible de los inyectores de los sistemas GDI no solo afectaría la combustión, sino que también aumentaría las emisiones de PM y NOx.

desempeño del motor en términos de potencia, frente a los inyectores tradicionales, bajo las mismas condiciones de funcionamiento.

H.E.3. Los inyectores GDI posibilitan una disminución notable en el uso de combustible en relación a los inyectores tradicionales, gracias a una eficiencia superior en la entrega de combustible.

H.E.4. La deposición y generación de residuos en boquillas y válvulas es mucho más común para la tecnología de inyector GDI que para la primera, deteriorando su rendimiento y aumentando la demanda de mantenimiento regular.

inyector en la potencia, economía y emisiones del motor.

3.- Se realizaron pruebas para comparar la eficiencia de combustible de los sistemas GDI y los inyectores estándar, que también fueron seguidas por pruebas de rendimiento específicas para determinar la capacidad real de estos sistemas para reducir el consumo y las emisiones.

4.- Implementar métodos de predicción y diagnóstico avanzado cuando se trata de fallas recurrentes y acumulación de GDI con una combinación de predicción del GDI y los anteriores para evaluar la vida útil y las necesidades de mantenimiento.

P.E.5: La accesibilidad insuficiente o insuficiente de las herramientas de diagnóstico avanzado dificultará significativamente la identificación de la falla del inyector GDI y la rotura del sistema o los costos de reparación, poniendo en peligro la longevidad del sistema.

H.E.5. Los dispositivos de diagnóstico especializados permiten una identificación más precisa de las deficiencias e irregularidades operativas de los inyectores GDI, lo que refuerza significativamente los procedimientos de mantenimiento y el rendimiento del motor.

5.- Elaborar recomendaciones para los sistemas de inyección y ajustes de las operaciones de mantenimiento y avances tecnológicos dedicados para mejorar la huella de carbono y el rendimiento del motor, con base en los resultados obtenidos.