



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA DE AUTOMOTRIZ**

**SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE EN LABVIEW
DE UNA MAQUETA DE MOTOR FUNCIONAL YESA-3140 A PARTIR DE DATOS
OBTENIDOS POR EL SCANNER**

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

**AUTORES: ALEX FERNANDO COSIOS VEGA
MARCO VINICIO ORTIZ APOLO**

TUTOR: ING. MARCOS EFRAÍN MILLÁN TRAVERSO, MGTR

Guayaquil – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Alex Fernando Cosíos Vega con documento de identificación N° 0955708870 y Marco Vinicio Ortiz Apolo con documento de identificación N° 0706357480; manifestamos que:

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

Guayaquil, 21 de Octubre del año 2024

Atentamente,

Alex Fernando Cosíos Vega

0955708870

Marco Vinicio Ortiz Apolo

0706357480

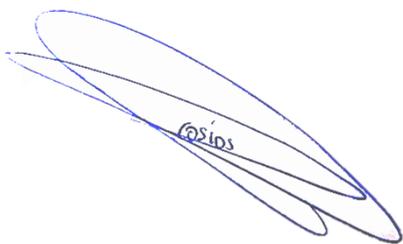
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Alex Fernando Cosios Vega con documento de identificación No. 0955708870 y Marco Vinicio Ortiz Apolo con documento de identificación No. 0706357480, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores Proyecto Técnico: “Simulación del Sistema de Inyección de Combustible en LabVIEW de una Maqueta de Motor Funcional YESA-3140 a Partir de Datos Obtenidos por el Scanner”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 17 de octubre del 2024

Atentamente,



Alex Fernando Cosios Vega

0955708870



Marco Vinicio Ortiz Apolo

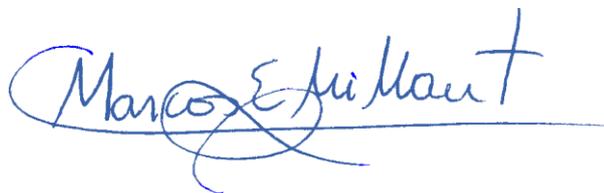
0706357480

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Marcos Efraín Millán Traverso con documento de identificación N° 0913608147, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE EN LABVIEW DE UNA MAQUETA DE MOTOR FUNCIONAL YESA-3140 A PARTIR DE DATOS OBTENIDOS POR EL SCANNER, realizado por Alex Fernando Cosios Vega con documento de identificación N° 0955708870 y por Marco Vinicio Ortiz Apolo con documento de identificación N° 0706357480, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 17 de octubre del 2024

Atentamente,



Marcos Efraín Millán Traverso

0913608147

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía, fortaleza y fuente de inspiración en cada paso de este viaje. Su sabiduría y gracia han sido mi luz en los momentos de incertidumbre y mi consuelo en los desafíos, a mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, sin su guía y sus sacrificios, este logro no habría sido posible, mis amigos, por ser mi fuente de ánimo en los momentos difíciles y por compartir conmigo cada paso de este camino.

A mis profesores y mentores, quienes con su paciencia, conocimientos y dedicación me inspiraron a superar mis propios límites y a seguir aprendiendo cada día. Y a todos aquellos que creyeron en mí, por recordarme que los sueños se pueden alcanzar con trabajo, pasión y fe en uno mismo.

DEDICATORIA

Primero dedico mi trabajo a Dios, quien me dio la fuerza, la paciencia y la inteligencia para seguir desde el inicio de mis estudios universitarios hasta la culminación de este trabajo. Dedico también mi trabajo a toda mi familia, amigos y personas que me rodean quienes creyeron en mí, y nunca dejaron de alentarme para culminar mi carrera, a pesar de todos los obstáculos que han surgido durante la carrera. En especial mi familia quien me dio el apoyo moral y económico para lograr este objetivo que es de gran importancia en mi vida.

Dedico a mis profesores este trabajo, ya que han sido como otra familia para mí al momento de educarme y guiarme por este camino que tiene altos y bajos, pero con la ayuda de ellos y sus enseñanzas estoy terminando este capítulo tan importante en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza, el discernimiento y la perseverancia necesarios para completar este proyecto. Sin Su guía y Su luz, este camino habría sido mucho más difícil de recorrer. A mis padres, quienes, con su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante han sido mi pilar fundamental. Gracias por enseñarme el valor del trabajo duro y por siempre creer en mí, incluso cuando yo dudaba. Este logro es también el reflejo de todo lo que ustedes me han brindado.

A mis profesores y mentores, por su orientación, paciencia y sabiduría a lo largo de este proceso. Su experiencia y sus consejos fueron esenciales para la elaboración de esta tesis y para mi crecimiento académico y personal. A mis compañeros de estudios, por su amistad y colaboración, y por ser una fuente de motivación en todo momento.

Finalmente, a mi institución académica, por brindarme las herramientas, los recursos y el entorno necesario para desarrollar esta investigación. Gracias a todos los que, de alguna manera, contribuyeron a que este sueño se hiciera realidad.

A todos, mi más sincero agradecimiento.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento comienza dándole gracias a Dios quien me ilumina el camino incluso cuando yo lo veía muy oscuro, me enseñó muchas cosas durante toda esta carrera como la perseverancia, la amistad, la paciencia entre demás valores.

Agradezco a mi familia, quienes han sido mi pilar fundamental porque ellos han estado ahí conmigo desde el primer momento hasta ahora el final que se culmina la carrera universitaria. Nunca dejaron de creer en mí. Agradezco a mis amigos lo cuales han estado apoyándome como yo a ellos a pasar cada uno de los desafíos que fueron apareciendo en mi camino hasta cuando incluso lo creía difícil el camino ellos me apoyaron y me ayudaron. También agradezco a mis profesores y personas que trabajan en esta prestigiosa institución ya que han formado un ser humano mejor, más preparado y lista para un mundo laboral lleno de retos los cuales gracias a sus enseñanzas poder superarlos.

Por último, a mi novia que ha estado a mi lado dándome fuerzas, amor y cariño para seguir. Quien me ha acompañado en largas noches de estudio y eventos universitarios siempre orgullosa de mí. Quien estuvo en buenos y malos momentos durante mi vida universitaria.

A todos ustedes muchas gracias.

RESUMEN

El presente Trabajo de titulación tiene como eje fundamental la simulación del sistema de inyección de combustible para posterior comparación del sistema de inyección del motor YESA-3140 por medio de LabVIEW. Se concentra en la parte gráfica del sistema, adquiriendo y analizando datos de sensores primordiales, como el de régimen, carga y la temperatura. Las pruebas se efectuarán a diferentes r.p.m. con tres muestras por régimen de 2 minutos. Asimismo, el marco teórico incluye la información preliminar, como los tipos de sensores CKP, MAP, MAF y ECT, y una introducción de lo que es LabVIEW. El proyecto también incorpora un flujograma del proceso experimental. Este proyecto técnico busca simular el referido sistema de inyección para contribuir a mejorar la comprensión y el control de su motor a través de la obtención de datos de sensores con ayuda del scanner, el posterior análisis y creación de curva en MATLAB, luego programar y simular en LabVIEW una curva del sistema de inyección con el uso de datos obtenidos del scanner y finalmente calcular la similitud entre la curva real y la simulada con el uso del método de áreas bajo la curva.

Este trabajo de titulación promete aportar conocimientos significativos en el campo educativo en la carrera de ingeniería automotriz, ofreciendo una visión detallada y práctica de la implementación de LabVIEW en la simulación de sistemas automotrices.

Palabras claves: Simulación, LabVIEW, sensores, escáner, sistema de inyección

ABSTRACT

The fundamental axis of this degree work is the simulation of the fuel injection system for subsequent comparison of the injection system of the YESA-3140 engine using LabVIEW. It focuses on the graphic part of the system, acquiring and analyzing data from key sensors, such as speed, load, and temperature. The tests will be carried out at different r.p.m. with three samples per 2-minute regime. Likewise, the theoretical framework includes preliminary information, such as the types of CKP, MAP, MAF sensors and the engine temperature sensor, and an introduction to what LabVIEW is. The proposal also incorporates a flowchart of the experimental process. This technical project seeks to simulate the aforementioned injection system to contribute to improving the understanding and control of its engine through obtaining sensor data with the help of the scanner, subsequent analysis and creation of curve in MATLAB, then programming and simulating in LabVIEW a curve of the injection system with the use of data obtained from the scanner and finally calculate the similarity between the real curve and the simulated one with the use of the areas under the curve method.

This degree work promises to provide significant knowledge in the educational field in the automotive engineering career, offering a detailed and practical vision of the implementation of LabVIEW in the simulation of automotive systems.

Key words: Simulation, LabVIEW, sensors, scanner, injection system

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
GLOSARIO.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvii
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos Generales y Específicos	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 Sensor CKP	6
2.1.1 Tipos de sensor CKP.....	6
2.2 Sensor MAP y MAF.....	7
2.2.1 Sensor MAF.....	7
2.2.2 Sensor MAP	8
2.3 Sensor de temperatura de motor (Refrigerante y aceite)	10
2.3.1 Sensor de temperatura del refrigerante	10
2.3.2 Sensor de temperatura del aceite.....	11
2.4 LabVIEW	12
2.4.1 Características	12

2.5	MATLAB	13
2.6	OBD-II.....	13
3	CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	14
3.1	Equipos de prueba	15
3.1.1	Maqueta de motor funcional YESA-3140	16
3.2	Software computacional OBDwiz.....	16
3.3	Software Excel.....	20
3.4	Condiciones previas a la toma de datos.....	20
3.4.1	Proceso experimental.....	22
3.5	Toma de datos.....	24
3.5.1	Tiempo de inyección.....	26
3.5.2	Justificación de uso de fórmula.....	27
3.6	Configuración del software computacional MATLAB	29
3.7	Programación de LabVIEW	30
3.8	Cronograma	32
3.9	Presupuesto.....	33
4	CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	34
4.1	Análisis de datos de pruebas realizadas.....	34
4.1.1	Régimen 1: ralentí.....	34
4.1.2	Régimen 2: 1500 r.p.m. (aceleración leve)	36
4.1.3	Régimen 3: 2500 r.p.m. (aceleración media)	38
4.1.4	Régimen 4: 4500 r.p.m. (aceleración alta)	40
4.2	Análisis de curvas de MATLAB y LabVIEW.....	42
5	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1	Conclusiones.....	42
5.2	Recomendaciones	44
6	REFERENCIAS.....	45
7	ANEXOS.....	48

GLOSARIO

- OBD-II: On-Board Diagnostic
- MAF: Mass Air Flow
- MAP: Manifold Absolute Pressure
- CKP: Crankshaft position
- ECT: Engine Coolant Temperature

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Diagrama de bloques del proceso experimental.....	15
Fig. 2. Maqueta de motor funcional YESA-3140.....	16
Fig. 3. Conexión del equipo IBDLinkMX+ al puerto OBD-II.....	17
Fig. 4. Llave puesta en encendido (sin arrancar el motor).....	17
Fig. 5. Equipo conectado correctamente.....	18
Fig. 6. Nombre del dispositivo para conexión bluetooth.....	18
Fig. 7. Interfaz del software OBDwiz.....	19
Fig. 8. Interfaz del software OBDwiz.....	19
Fig. 9. Interfaz del software OBDwiz.....	20
Fig. 10. Diseño 3D de platina	21
Fig. 11. Acelerador	22
Fig. 12. Proceso experimental	22
Fig. 13. Toma de datos (1° prueba ralenti)	24
Fig. 14. Toma de datos (1° prueba ralenti) interfaz del software OBDwiz	24
Fig. 15. Adecuación y funcionamiento del acelerador para la toma de datos	25
Fig. 16. Toma de datos (aceleración normal 2500 r.p.m.) interfaz del software OBDwiz.....	25
Fig. 17. Toma de datos (aceleración alta 4500 r.p.m.) interfaz del software OBDwiz	26
Fig. 18. Configuración del software MATLAB	29
Fig. 19. Diagrama de bloque del sistema inyección en LabVIEW.....	31
Fig. 20. Interfaz del usuario de la simulación del sistema de inyección en LabVIEW	32
Fig. 21. Curva patrón en ralenti en MATLAB a 850 r.p.m.	35
Fig. 22. Curva simulada en ralenti en LabVIEW a 850 r.p.m.	36
Fig. 23. Curva patrón en aceleración leve en MATLAB a 1500 r.p.m.	37
Fig. 24. Curva simulada en aceleración leve en LabVIEW a 1500 r.p.m.	38
Fig. 25. Curva patrón en aceleración normal en MATLAB a 2500 r.p.m.	39
Fig. 26. Curva simulada en aceleración normal en LabVIEW a 2500 r.p.m.	39
Fig. 27. Curva patrón en aceleración alta en MATLAB a 4500 r.p.m.	41
Fig. 28. Curva simulada en aceleración alta en LabVIEW a 4500 r.p.m.	41
Fig. 29. Curva simulada en ralenti en LabVIEW segunda muestra a 850 r.p.m.	48
Fig. 30. Curva simulada en ralenti en LabVIEW tercera muestra a 850 r.p.m.....	48
Fig. 31. Curva simulada en aceleración leve en LabVIEW segunda muestra a 1500 r.p.m....	49
Fig. 32. Curva simulada en aceleración leve en LabVIEW tercera muestra a 1500 r.p.m.	49

Fig. 33. Curva simulada en aceleración normal en LabVIEW segunda muestra a 2500 r.p.m.
.....50

Fig. 34. Curva simulada en aceleración normal en LabVIEW tercera muestra a 2500 r.p.m. 50

Fig. 35. Curva simulada en aceleración alta en LabVIEW segunda muestra a 4500 r.p.m.....51

Fig. 36. Curva simulada en aceleración alta en LabVIEW tercera muestra a 4500 r.p.m.....51

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	32
TABLA II PRESUPUESTO.....	33
TABLA III TABLA PROMEDIO EN RALENTÍ.....	34
TABLA IV TABLA PROMEDIO ACELERACIÓN LEVE.....	36
TABLA V TABLA PROMEDIO EN ACELERACIÓN NORMAL.....	38
TABLA VI TABLA PROMEDIO EN ACELERACIÓN ALTA.....	40
TABLA VII COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE TIEMPOS DE INYECCIÓN ENTRE MATLAB Y LABVIEW.....	42
TABLA VIII DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER RALENTÍ A 850 R.P.M. PRIMERA MUESTRA.....	51
TABLA IX DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER RALENTÍ A 850 R.P.M. SEGUNDA MUESTRA.....	52
TABLA X DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER RALENTÍ A 850 R.P.M. TERCERA MUESTRA.....	52
TABLA XI DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN LEVE A 1500 R.P.M. PRIMERA MUESTRA.....	53
TABLA XII DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN LEVE A 1500 R.P.M. SEGUNDA MUESTRA.....	53
TABLA XIII DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN LEVE A 1500 R.P.M. TERCERA MUESTRA.....	54
TABLA XIV DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN NORMAL A 2500 R.P.M. PRIMERA MUESTRA.....	54
TABLA XV DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN NORMAL A 2500 R.P.M. SEGUNDA MUESTRA.....	54
TABLA XVI DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN NORMAL A 2500 R.P.M. TERCERA MUESTRA.....	55
TABLA XVII DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN ALTA A 4500 R.P.M. PRIMERA MUESTRA.....	55
TABLA XVIII DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN ALTA A 4500 R.P.M. SEGUNDA MUESTRA.....	56
TABLA XIX DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN ALTA A 4500 R.P.M. TERCERA MUESTRA.....	56

ÍNDICE DE ECUACIONES

Tiempo de inyección.....	27
Tiempo de inyección.....	27
Tiempo de inyección.....	28
Tiempo de inyección.....	28
Tiempo de inyección.....	28

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

En Ecuador, el último año 2023 según el Servicio de Rentas Internas, SRI, y la Comisión de Tránsito del Ecuador, CTE, Se llegaron a matricular hasta el 31 de diciembre 3,065,967 de automotores de los cuales más de 89% son vehículos que usan gasolina lo que genera una gran dependencia del Ecuador a los combustibles fósiles. [1]. En Ecuador, durante el primer cuatrimestre del año 2023, se vendieron 46.555 vehículos nuevos, donde esto representa un aumento del 11% en el parque automotor en comparaciones con el año anterior [2]. De acuerdo con el Universo se estima que el crecimiento del parque automotor en Guayaquil fue de 45.000 vehículos entre el año 2015 y 2018 [3].

Los vehículos han modificado y cambiado sus sistemas de alimentación para cumplir con políticas de contaminación con el objetivo de reducir al máximo el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes al ambiente, de ahí que los sistemas de inyección han sustituido de forma total al sistema de alimentación por carburador, reduciendo de manera efectiva la cantidad de partículas contaminantes emitidas por los gases de escape [4].

En la actualidad, un alto porcentaje de vehículos que circulan por la ciudad, vienen integrados con sistema de inyección de combustible, donde este sistema se implementa para la reducción de contaminación [5].

La adquisición de datos de sensores de régimen carga y temperatura es esencial para el análisis detallado y el control preciso de la dosificación de combustible en motores automotrices [6]. La correcta interpretación de estos datos permite optimizar el rendimiento del motor y garantizar una eficiencia óptima en el consumo de combustible. La implementación de tecnologías como sistemas HMI, PLC, microcontroladores ARM y redes de sensores inalámbricos ha demostrado ser efectiva en la adquisición y procesamiento de datos de sensores de régimen, carga y temperatura [7]. Dicho análisis de

datos contribuye significativamente a mejorar la eficiencia operativa y el rendimiento del motor.

La adecuación de sistemas de adquisición de datos para el mapeo de motores de combustión interna, utilizando transductores de presión, temperatura, posición y revoluciones del cigüeñal, entre otros, es fundamental para construir los mapas del motor que constituyen la base para el diseño de los sistemas de control y diagnóstico de los motores modernos [8]. La aplicación de sistemas de adquisición de datos en tiempo real, basados en sensores de régimen, carga y temperatura, facilita el diagnóstico de problemas en el motor y abre oportunidades para el desarrollo de algoritmos de control adaptativo y sistemas de monitoreo avanzados [9].

La ausencia de una representación gráfica simulada del sistema de inyección de combustible se convierte en un obstáculo, ya que limita la capacidad de estudiar dicho sistema. Esta simulación se posiciona como un punto de partida crucial para el desarrollo de proyectos y la creación de herramientas tecnológicas o virtuales, las cuales podrían impulsar investigaciones destinadas a mejorar la eficiencia de los vehículos y, en consecuencia, reducir el consumo de combustible.

1.2 Antecedentes

Estos estudios abordan diversas áreas de la ingeniería automotriz y la tecnología aplicada. Carlos Humberto Mora en [10] explora los sistemas de inyección en vehículos y su impacto en la eficiencia y reducción de emisiones. Jorge Cando Mora en [11] se centra en la interpretación de señales de sensores de sincronización para identificar fallas en motores de encendido por compresión. Fabián Quito Varas y Yandry García Pérez en [12] proponen soluciones de adquisición de datos mediante OBD-II, con el primero desarrollando un prototipo IOT para predicción de fallos y el segundo creando una aplicación para la toma de datos en vehículos. Además, Azua Martin en [13] detalla un sistema de adquisición de datos agrícolas con Arduino, mientras que Rolando Caldas

Siavichay presenta un algoritmo de visualización para diagnóstico de fallas en motores de combustión [14].

Hugo Basantes Patiño en [15] se enfoca en desarrollar un sistema de acoplamiento de señales de sensores a sistemas embebidos para mejorar la precisión de la interpretación de datos al reducir el ruido y los errores. Su metodología en cascada abarca desde la definición de requerimientos hasta las pruebas, utilizando herramientas como MATLAB para validar el funcionamiento del sistema. Por otro lado, Daniel Correa Bernal en [16] evalúa la toma de señales del sensor CKP en vehículos durante ciclos de aceleración, registrando datos de velocidad angular para obtener curvas características del motor y analizar su rendimiento bajo fallos controlados. Edison Cajas Uyaguari en [17] propone un software que detecta fallos en sistemas electrónicos vehiculares mediante diagnóstico por imágenes, utilizando un algoritmo específico para procesarlas. Por último, Daniel Reynoso Méndez en [18] desarrolla un sistema de adquisición de datos para monitorear constantemente un motor Hyundai Sonata 2.0, utilizando LabVIEW y un dispositivo multifunción USB-6212 para analizar y comparar las señales de diferentes sensores en busca de fallos. Estos proyectos buscan mejorar la eficiencia y la precisión en el diagnóstico de problemas en vehículos.

1.3 Justificación

El análisis de la eficiencia de un sistema de inyección se realiza en una maqueta de un motor funcional modelo YESA-3140, donde las variables se verán controladas en comparación al uso de un motor de un vehículo de uso personal, ya que este tiene factores los cuales no son controlables como lo son: modo de conducción, tipo de combustible utilizado, temperatura ambiental, entre otros factores que pueden afectar a la toma de datos de las diferentes muestras.

Las representaciones gráficas del sistema de inyección son curvas de estudio que no han sido debidamente exploradas en el ámbito educativo, por lo que la simulación a realizarse funciona como base de estudios para futuras investigaciones e intervenciones en la formación teórica de ingeniería automotriz para proyectos en los cuales se puedan

desarrollar herramientas tecnológicas para la disminución del consumo excesivo de combustible, el cual es uno de los problemas ambientales más nombrados en la actualidad, y culpable de varias otras problemáticas relacionadas al mismo.

Dicha comparación entre la similitud y eficiencia de un sistema de inyección se basa en la necesidad de brindar a los estudiantes de ingeniería automotriz una experiencia práctica y significativa, permitiendo una mejor comprensión del funcionamiento del sistema de inyección en motores, con ayuda de herramientas tecnológicas como: LabVIEW y MATLAB, desarrollando una base para futuras investigación basada en dicho ámbito.

El presente trabajo de titulación se lleva a cabo dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, tiene como fecha de inicio mayo de 2024, cuyo trabajo está relacionado con las asignaturas de motores a combustión interna, sistemas de inyección y diseño de experimentos. Dicho proyecto técnico se realizará en una maqueta de motor funcional YESA-3140.

El estudio se enfoca en una representación gráfica del sistema de inyección mediante simulación en LabVIEW, con adquisición y análisis de datos proveniente de 3 sensores claves del motor: régimen, carga y temperatura, estos componentes son seleccionados por su importancia en la operación y control del motor.

La experimentación se realizará en un entorno controlado y académico, sin implicaciones en la operación real de vehículos en circulación, con ayuda de herramientas y software especializados para el análisis de datos y simulación (MATLAB, LabVIEW), con el objetivo de analizar la eficiencia del consumo de combustible en la maqueta de motor funcional YESA-3140, dónde las conclusiones y los resultados no tendrán implicaciones directas en la industria automotriz a gran escala.

1.4 Objetivos Generales y Específicos

1.4.1 Objetivo General

Simular un sistema de inyección en LabVIEW, a partir de datos obtenidos mediante Scanner, para análisis de eficiencia y similitud con respecto a la curva real del funcionamiento en una maqueta de un motor funcional YESA-3140.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Obtener los datos de los diferentes sensores: régimen, carga y temperatura del motor mediante scanner automotriz, para su posterior análisis.
- Analizar los datos obtenidos del scanner para obtener la curva patrón para posterior comparación con la simulación que será realizada en LabVIEW.
- Programar la simulación de la curva del sistema de inyección de combustible con los datos obtenidos mediante scanner automotriz, para realizar su respectiva comparación y validación.
- Validar la simulación y programación del sistema de inyección mediante comparaciones con curvas reales obtenidas.

2 **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

En el presente Trabajo de titulación se utilizan distintos equipos y programas informáticos para la experimentación, validación de datos y la creación de la herramienta digital. Todos los equipos, herramientas y programas serán explicadas de forma conceptual.

Los sensores que se utilizaran son los siguientes:

- Sensor CKP (posición del cigüeñal)
- Sensor MAP (Presión Absoluta del Colector) y MAF (Flujo de masa de aire)
- Sensor de temperatura de motor (Refrigerante y aceite)

2.1 Sensor CKP

El sensor CKP (Sensor de posición del cigüeñal) -en inglés Crankshaft Position Sensor- es el encargado de registrar la velocidad que tiene el motor y la posición del cigüeñal. Trabaja en conjunto con la información transmitida por el sensor del árbol de levas y otros sensores que envían señales a la computadora [19].

La función primordial del sensor CKP es registrar la velocidad que lleva el motor y la posición que tiene el cigüeñal. La computadora automotriz usará esta información para establecer el pulso de los inyectores y sincronizar la chispa de encendido. De manera que este sensor afecta dos sistemas: el de encendido, donde se produce la chispa por medio de las bujías (en caso del motor de gasolina). El de inyección, indica el momento preciso (ayudándose de otros sensores) en el cual se debe inyectar el combustible. [19]

La ubicación del sensor CKP (Crankshaft Position Sensor) cuando el motor posee distribuidor, la ubicación del sensor CKP es en el interior de este. En caso de que no lo posea, el sensor se localiza en la parte de abajo del monoblock hacia la cremallera [19].

2.1.1 Tipos de sensor CKP

2.1.1.1 Efecto Hall

Estos sensores utilizan el efecto Hall para detectar los cambios en el campo magnético generado por el giro del cigüeñal. Son bastante comunes y confiables en muchos motores modernos [19].

2.1.1.2 Inductivo

Estos sensores utilizan la variación de inductancia para detectar la posición del cigüeñal. Aunque menos comunes que los sensores de efecto Hall, todavía se encuentran en algunos sistemas de encendido. [19].

2.1.1.3 Magnético Variable Reluctancia (VR)

Estos sensores utilizan cambios en la reluctancia magnética para detectar la posición del cigüeñal. Son populares en aplicaciones de alto rendimiento y en sistemas de encendido más antiguos [19].

2.1.1.4 Óptico

Algunos sistemas utilizan sensores ópticos para detectar marcas o ranuras en el cigüeñal y determinar su posición. Estos sensores utilizan luz infrarroja u otros métodos para detectar cambios en la luz reflejada [19].

2.2 Sensor MAP y MAF

2.2.1 Sensor MAF

El sensor MAF (del inglés Mass Airflow Sensor) es un componente clave en el sistema de admisión de aire de un motor de combustión interna, ya sea de gasolina o diésel. Su función principal es medir la cantidad de aire que ingresa al motor. Esta información es vital para el sistema de inyección de combustible, ya que permite ajustar la cantidad de combustible que se inyecta en los cilindros para lograr una mezcla aire-combustible óptima [19].

El sensor MAF utiliza diferentes tecnologías para medir el flujo de aire, como hilo caliente, placa de vórtice, o sensor de hilo caliente. La información que proporciona se utiliza junto con otros datos del motor, como la temperatura del aire y la velocidad del vehículo, para calcular la cantidad precisa de combustible que debe ser inyectada en cada ciclo de combustión. [19].

Un funcionamiento incorrecto o fallos en el sensor MAF pueden causar problemas de rendimiento del motor, como tirones, pérdida de potencia, aumento del consumo de combustible o incluso la incapacidad de arrancar el motor. Por lo tanto, es importante

mantener este componente en buen estado y reemplazarlo si es necesario para garantizar el funcionamiento óptimo del motor [19].

2.2.1.1 Tipos de sensores MAF Hilo Caliente

El principio de funcionamiento de este tipo de sensor se basa en un filamento el cual es calentado de manera eléctrica, el cual se enfría al pasar el aire a través de él, por lo que la cantidad de corriente es necesaria para mantener el hilo a una cierta temperatura de manera constante, donde esta será proporcional al flujo de aire. [19]

Este tipo de componentes son precisos y responden de manera rápida a los cambios en el flujo de aire, pero son susceptibles a la acumulación de contaminantes afectando dicha precisión con el tiempo [19].

2.2.1.2 Película caliente

Su funcionamiento es de manera similar al del hilo caliente, pero este en lugar de un hilo, utiliza una película delgada calentada de manera eléctrica, a diferencia de los anteriores, estos son más robustos y menos propensos a la acumulación de contaminantes [19].

2.2.1.3 Vórtice de Kármán

Estos componentes miden la frecuencia de los vórtices de aire que se forman detrás de un objeto colocado en el flujo de aire, donde la frecuencia de estos vórtices es proporcional al flujo de aire, este tipo de sensores no tienen partes móviles y son bastante precisos, aunque pueden ser mucho más complejos y su fabricación es mucho más costosa [19].

2.2.2 Sensor MAP

El propósito del Sensor MAP, también conocido como Sensor de Presión Absoluta del Múltiple, consiste en calcular la cantidad de aire presente en el colector de admisión. Esto se basa en el principio de que la presión dentro del múltiple de admisión es proporcional al volumen de aire que ingresa durante la carrera del cilindro [19].

El Sensor MAP funciona al detectar la presión del múltiple de admisión luego de que el aire pasa por el cuerpo de aceleración o mariposa de la aceleración. Con esta señal la ECU calcula el volumen de aire en la admisión con una fórmula que determina la relación entre la presión del colector y las r.p.m. o velocidad del motor [19].

El sensor MAP funciona bajo el principio del material piezoeléctrico, es decir que contiene cristales de silicio, que varían su resistencia eléctrica a medida que se someten a la presión del vacío del aire en el múltiple de admisión o colector. Por lo tanto, el sensor en su parte interna cuenta con una cámara de vacío en la cual se aloja un chip de silicio o material piezocerámico. Al instalarse el sensor, queda una toma de aire directo del colector por la cual se toma la presión del vacío en la admisión. Este vacío, al entrar en la cámara interna del sensor, modifica las condiciones físicas del chip piezocerámico, es decir que lo “dilata físicamente”, y se emite una señal eléctrica, que va a la ECU. Con esta señal eléctrica la ECU determina el volumen de aire que está ingresando a la admisión del motor, y calcula la cantidad de combustible (Mezcla Aire Combustible) que deben aplicar los inyectores, así la señal del tiempo del encendido [19].

2.2.2.1 Tipos de sensores MAP

2.2.2.1.1 Analógicos

Este tipo de componente mide la presión absoluta en el colector de admisión del motor y convierte dicha medida en una señal de voltaje analógica la cual es enviada a la ECU, su fabricación es bastante simple y bajo costo de fabricación, ofrecen una mayor viabilidad a largo plazo con menos componentes electrónicos [19].

Son muy susceptibles a los cambios de temperatura ya que afectan a la precisión de las lecturas [19].

2.2.2.1.2 Digitales

Su funcionamiento es similar a los análogos ya que miden la presión absoluta en el múltiple de admisión, con la diferencia que estos envían una señal digital hacia la computadora del vehículo, utilizan tecnologías como sensores pnes o resistivos o capacitivos para la medición de la presión, convirtiéndola en una señal digital [19].

Dichos componentes tienen una mayor precisión y repetibilidad a la medición de la presión, tiene una menor susceptibilidad a interferencias eléctricas y posibilidad de integrar funciones de diagnóstico y autocomprobación, a su vez tiene un menor consumo de energía [19].

2.3 Sensor de temperatura de motor (Refrigerante y aceite)

2.3.1 Sensor de temperatura del refrigerante

El sensor de temperatura del refrigerante también conocido con las siglas ECT (Engine Coolant Temperature) es utilizado por el sistema de preparación de la mezcla para registrar la temperatura de funcionamiento del motor. La unidad de control adapta el tiempo de inyección y el ángulo de encendido a las condiciones de funcionamiento en función de la información que recibe del sensor. El sensor es un sensor de temperatura con coeficiente de temperatura negativo. Esto significa que la resistencia interna disminuye a medida que aumenta la temperatura [20].

En función de la temperatura del refrigerante, se modifica la resistencia del sensor de temperatura. A medida que va aumentando la temperatura, la resistencia va disminuyendo y se reduce con ello la tensión en el sensor. La unidad de control evalúa estos valores de tensión, ya que éstos están directamente relacionados con la temperatura del refrigerante (las bajas temperaturas dan como resultado valores de tensión altos en el sensor, mientras que las temperaturas altas dan como resultado valores de tensión bajos) [20].

2.3.2 Sensor de temperatura del aceite

El sensor de temperatura del aceite del motor, conocido como EOT (Engine Oil Temperature), es un dispositivo electrónico que utiliza un tipo de termistor. Este componente posee una resistencia interna que cambia en función de la temperatura. El termistor tiene una característica de resistencia negativa, lo que significa que su resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura del aceite del motor, y aumenta cuando la temperatura disminuye. Cuando esta resistencia varía, también lo hace la caída de voltaje entre las terminales del sensor, lo que proporciona señales eléctricas al PCM (Módulo de Control del Motor) indicando la temperatura del aceite [20].

Los sensores de temperatura tipo termistor suelen considerarse como dispositivos pasivos. Un sensor pasivo se conecta a una red de división de voltaje de manera que los cambios en su resistencia causan variaciones en el flujo total de corriente. El voltaje que se reduce a través de una resistencia fija en serie con la del sensor determina la señal de voltaje enviada al PCM. Esta señal es igual al voltaje de referencia menos la caída de voltaje a través de la resistencia fija [20].

El sensor de temperatura del aceite del motor (EOT) monitorea la temperatura del aceite variando su resistencia interna. Por lo general, estos sensores están roscados en el sistema de lubricación del motor. El PCM puede utilizar la información del sensor EOT para ajustar la sincronización variable del árbol de levas (VCT – CVVT) y para gestionar la sincronización del árbol de levas. Además, puede usar esta información junto con otros datos para evaluar la degradación del aceite [20].

Cuando el motor se calienta demasiado, el PCM puede emplear la lectura del sensor EOT para iniciar un apagado suave del motor y evitar daños debido a altas temperaturas del aceite. Este apagado suave se activa si las revoluciones del motor superan un nivel predefinido durante un período determinado. Las calibraciones para estas acciones son programadas en la memoria o firmware del módulo del motor por

el fabricante y pueden actualizarse mediante boletines de servicio para mejorar el rendimiento o corregir problemas operativos [20].

2.4 LabVIEW

Para el presente trabajo de investigación se implementa el uso de este software, el cual nos ayudara al mejor entendimiento, caracterización y representación de las señales emitidas por los sensores. [21].

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es un entorno de desarrollo de software gráfico creado por National Instruments. Su principal objetivo es proporcionar una plataforma para la creación de sistemas de prueba y medición, sistemas de control y sistemas embebidos. LabVIEW utiliza un lenguaje de programación basado en flujo de datos, lo que permite a los usuarios crear aplicaciones de forma intuitiva y eficiente [21].

2.4.1 Características

2.4.1.1 Programación gráfica

LabVIEW utiliza un enfoque de programación gráfica, donde los usuarios crean aplicaciones arrastrando y soltando bloques de funciones en un diagrama de bloques. Esto facilita la visualización y comprensión del flujo de datos y la lógica del programa [21].

2.4.1.2 Integración de hardware

LabVIEW ofrece una amplia gama de controladores y bibliotecas para integrar una variedad de hardware, como tarjetas de adquisición de datos, instrumentos de medición y dispositivos de control. Esto permite a los usuarios crear sistemas de medición y control personalizados [21].

2.4.1.3 Procesamiento de señales y análisis de datos

LabVIEW proporciona herramientas avanzadas para el procesamiento de señales y el análisis de datos. Los usuarios pueden aplicar filtros, realizar transformadas de Fourier, ajustar curvas y generar informes utilizando las funciones integradas [21].

2.4.1.4 Interfaz de usuario personalizable

LabVIEW permite a los usuarios crear interfaces de usuario personalizadas utilizando controles e indicadores gráficos. Esto facilita la visualización de datos en tiempo real y la interacción con el sistema [21].

2.4.1.5 Aplicaciones de LabVIEW

LabVIEW se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo: pruebas y mediciones automatizadas, control de procesos industriales, adquisición de datos, diseño y validación de sistemas embebidos, procesamiento de señales y análisis de datos, monitoreo de condiciones y mantenimiento predictivo [21].

2.5 MATLAB

Es un entorno de programación y un lenguaje de alto nivel desarrollado por MathWorks, donde su utilización es principalmente para el cálculo numérico, análisis de datos, simulación, modelado y visualización gráfica, siendo ampliamente empleado en ingeniería, matemáticas y ciencias aplicadas [22].

2.6 OBD-II

Un OBD-II (On-Board Diagnostics 2) es un estándar de diagnóstico a bordo para vehículos automotores que permite monitorear y diagnosticar el funcionamiento del motor y otros sistemas del vehículo, utiliza una serie de sensores ubicados en diferentes partes del vehículo para recopilar información sobre el funcionamiento del motor, la transmisión, el sistema de frenos, el sistema de airbags y otros sistemas críticos. Esta

información se transmite a través de la red de comunicación del vehículo (generalmente CAN bus) a una computadora central, que la procesa y almacena. [23].

El uso del OBD-II ha mejorado significativamente la capacidad de diagnosticar y reparar problemas en los vehículos modernos, además, ha contribuido a reducir las emisiones contaminantes al permitir una detección temprana y reparación de problemas relacionados con el sistema de control de emisiones. [23]

3 CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se detalla el proceso de recolección de datos realizado en la maqueta de motor funcional YESA-3140, un modelo didáctico basado en un motor de un Hyundai Sonata 2014. Se describen los equipos y software utilizados, incluyendo el OBDLinkMX+ y el software OBDwiz, que fueron esenciales para la adquisición de datos en diferentes regímenes de operación del motor.

También se abarca la metodología empleada para la toma de datos, destacando las modificaciones implementadas en la maqueta del motor para mejorar la precisión en las mediciones. Se incluye una descripción de las fórmulas utilizadas para calcular parámetros críticos como el tiempo de inyección, el caudal de combustible y la cantidad de combustible inyectado.

El alcance del proyecto se define en varios aspectos clave. En primer lugar, se enfoca en la recolección de datos precisos a través de herramientas como el OBDLinkMX+ y el software OBDwiz, que son esenciales para evaluar el rendimiento del motor en diferentes regímenes de operación. Las pruebas se llevarán a cabo bajo condiciones controladas, lo que asegura la fiabilidad de los datos obtenidos y minimiza las variables externas que podrían afectar los resultados.

Además, el proyecto busca no solo simular el sistema de inyección, sino también analizar la eficiencia de este mediante la comparación de curvas obtenidas en las simulaciones con las curvas reales del sistema. Finalmente, se presenta un cronograma de actividades y un presupuesto estimado, proporcionando una visión general del alcance y los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto técnico.

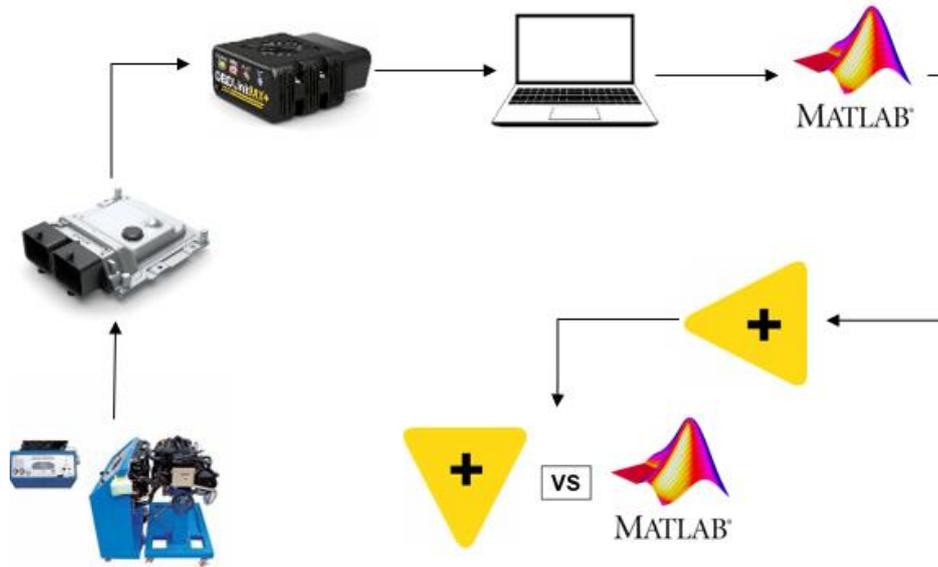


Fig. 1. Diagrama de bloques del proceso experimental

En la fig. 1 se ilustra el diagrama de bloques del proceso experimental que comienza con la adquisición de datos desde el motor mediante una ECU, los datos del motor son capturados en tiempo real a través de un dispositivo de adquisición y luego transferidos a una computadora para ser analizados. En este análisis se utiliza MATLAB, para la creación de curvas patrones.

Para su posterior creación de simulación que se realizara en el software computacional LabVIEW para la comparación las gráficas tanto de MATLAB y LabVIEW.

3.1 Equipos de prueba

Los equipos para utilizar en la realización de este trabajo de titulación fueron los siguientes:

- Maqueta de motor funcional YESA-3140
- Cable de acelerador
- OBDwiz
- Laptop

3.1.1 Maqueta de motor funcional YESA-3140

Es una maqueta funcional didáctica de un vehículo aplicado el cual en esta maqueta es de un Hyundai Sonata 2014 que cuenta con un motor 2.0 DOHC. Como se muestra en la Fig. 2. La maqueta mostrada tiene como objetivo de estudiar los diferentes sistemas del motor, como el encendido, el sistema electrónico, sistema de Inyección, sistema de combustión entre otros. Además, tiene la función de simulación de errores para el estudio en diferentes casos de falla de un motor para la generación de códigos de error y facilitar el estudio de este con los diferentes equipos de diagnóstico.



Fig. 2. Maqueta de motor funcional YESA-3140

Este motor fue utilizado como equipo principal de pruebas del presente estudio ya que es una maqueta que nos facilita el acceso y el posterior estudio en este caso del sistema de inyección de un motor funcional.

3.2 Software computacional OBDwiz

Software de diagnóstico de vehículos que se utiliza para leer y borrar códigos de error en el motor (DTCs, por sus siglas en inglés), monitorear datos en tiempo real, y realizar pruebas de diagnóstico en automóviles equipados con sistemas OBD-II (On-Board Diagnostics II). Es compatible con una variedad de adaptadores de hardware OBD-II que se conectan a la computadora de a bordo de un vehículo, generalmente a través de un puerto USB o Bluetooth [24].

3.2.1.1 Configuración del equipo OBDLinkMX+

- ✓ Para la toma de datos se conecta el OBDLinkMX+ al puerto OBD-II de la maqueta de motor funcional YESA-3140, donde mediante el software OBDwiz previamente instalado en el ordenador , almacenará los datos de las diferentes pruebas realizadas en el motor. Se muestra en la Fig. 3.



Fig. 3. Conexión del equipo OBDLinkMX+ al puerto OBD-II

- ✓ Una vez ya conectado el equipo se procede a establecer la conexión de este hacia al ordenador por vía bluetooth para la adquisición de datos de los diferentes sensores (régimen, carga, temperatura y flujo de aire) en la diferentes pruebas.
- ✓ Debe colocar la llave de contacto en encendido sin arrancar el motor, como se muestra en la Fig. 4



Fig. 4. Llave puesta en encendido (sin arrancar el motor)

- ✓ Si el adaptador está conectado de manera correcta se confirmará mediante el led verde, como se muestra en la Fig. 5



Fig. 5. Equipo conectado correctamente

- ✓ Como se muestra en la Fig. 6 es el nombre del bluetooth del dispositivo para emparejarlo con el ordenador.

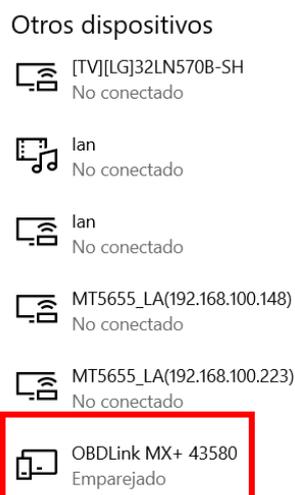


Fig. 6. Nombre del dispositivo para conexión bluetooth

- ✓ En la Fig. 7 se muestra la configuración del software para la comunicación del OBDLinkMX+ al ordenador.

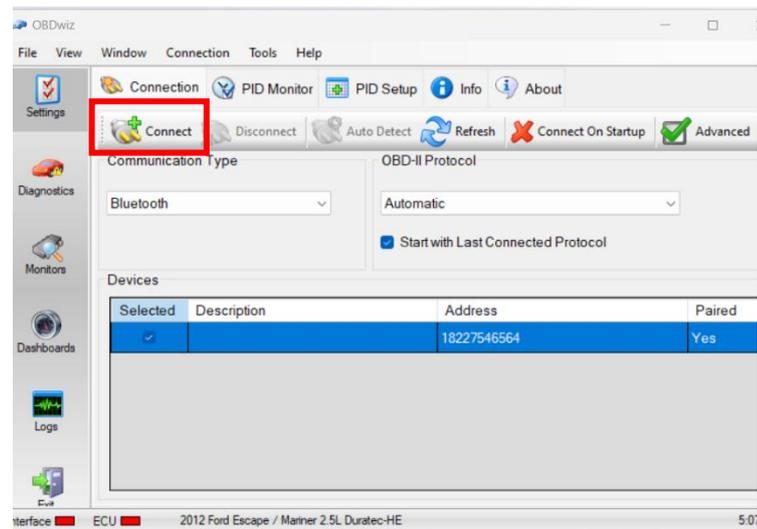


Fig. 7. Interfaz del software OBDwiz

- ✓ En la Fig. 8 el método de conexión para este caso se realizó mediante bluetooth, como se ve en la interfaz del software.

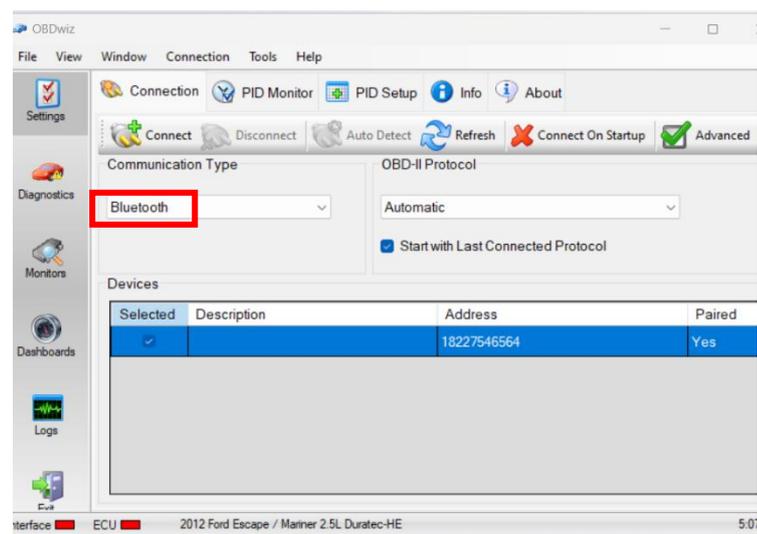


Fig. 8. Interfaz del software OBDwiz

- ✓ En la Fig. 9 se muestra la conexión se ha realizado correctamente, ya que el botón de conectar se torna a gris y los indicadores de interfaz y ECU se tornan de color verde.

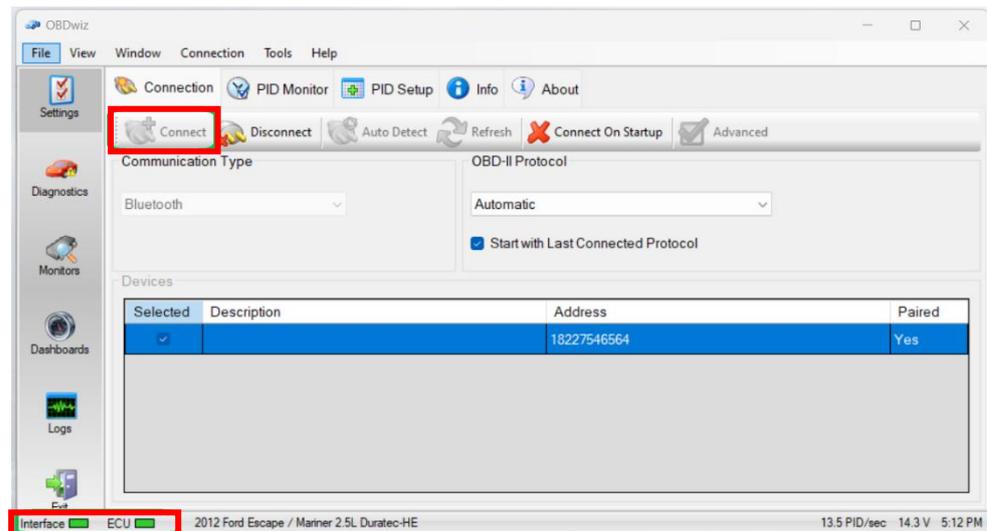


Fig. 9. Interfaz del software OBDwiz

3.3 Software Excel

Permite la creación de tablas, y calcular y analizar datos. Este tipo de software se denomina software de hoja de cálculo. Excel permite crear tablas que calculan de forma automática los totales de los valores numéricos que especifica, imprimir tablas con diseños cuidados, y crear gráficos simples. [25]

3.4 Condiciones previas a la toma de datos

Es de suma importancia tener en cuenta las condiciones en la que se realizarán las diferentes pruebas en el motor funcional YESA-3140, dichas condiciones serán detalladas a continuación:

- Las pruebas realizadas son de naturaleza estrictamente estática, dado que el motor, al tratarse de una maqueta didáctica, permanecerá en un entorno controlado con condiciones atmosféricas constantes. La temperatura ambiente se mantendrá en un rango aproximado de 25 a 30 °C, con una humedad relativa cercana al 80 %, acorde con el clima característico de la ciudad de Guayaquil. La presión atmosférica será de aproximadamente 1 atm. Estas condiciones ambientales, al ser constantes, no influyen significativamente en la recolección y análisis de datos durante las diferentes pruebas realizadas.

- El tiempo asignado para la recolección de datos en los distintos rangos de revoluciones se estableció en un máximo de 2 minutos. Este intervalo permite al escáner utilizado capturar entre 100 y 150 datos, aproximadamente.
- Para asegurar la precisión en la recolección de datos a diferentes regímenes de operación, se mantendrá el acelerador lo más estable posible durante todo el período de medición. Esto minimiza la variabilidad y reduce significativamente la dispersión de los datos adquiridos, garantizando la fiabilidad de los resultados obtenidos.
- Para optimizar la recolección de datos, se implementaron dos modificaciones clave en la maqueta del motor funcional YESA-3140. La primera consistió en la creación de una platina, cuya función es ampliar el recorrido de sujeción del cuerpo de aceleración, eliminando así el contacto y fricción entre el cable del acelerador y el cuerpo de aceleración. Esta modificación, como se ilustra en la Fig. 10 correspondiente, permite un funcionamiento más suave y preciso del sistema.

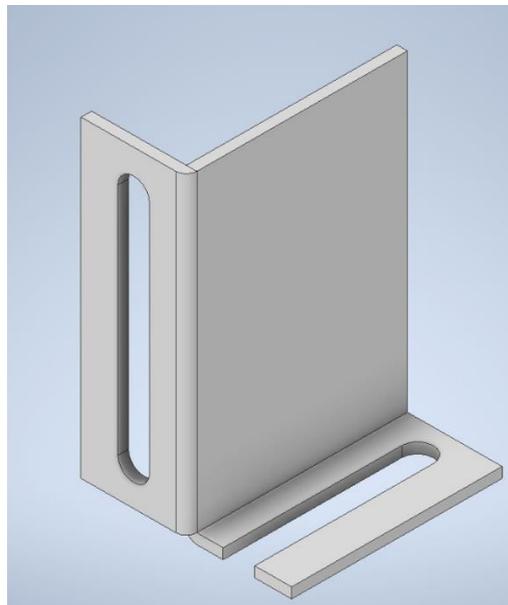


Fig. 10. Diseño 3D de platina

- El segundo cambio consiste en la creación del acelerador que cuenta con un ahogador mejorando la precisión en lo r.p.m. estipulados en cada prueba, como se puede demostrar en la siguiente Fig. 11.



Fig. 11. Acelerador

3.4.1 Proceso experimental

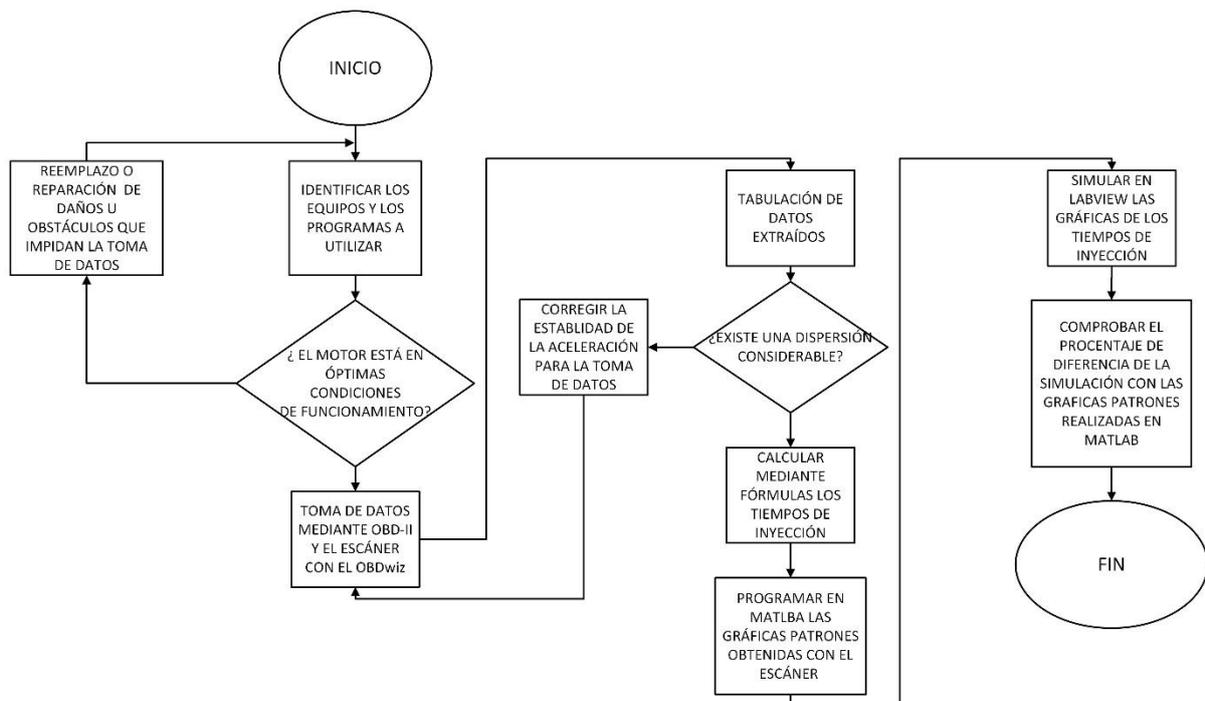


Fig. 12. Proceso experimental

El diagrama de flujo que se muestra en la Fig. 12 describe el proceso para la simulación del sistema de inyección de combustible utilizando herramientas como OBD II y programas como MATLAB y LabVIEW. El proceso comienza identificando los equipos y programas necesarios, como el escáner automotriz y los softwares mencionados. Luego, se verifica si el motor está en condiciones óptimas de funcionamiento. Si se encuentran problemas que interfieran con la toma de datos, estos deben ser reparados antes de continuar.

Una vez que el motor está listo, se procede a la toma de datos utilizando el escáner OBD-II con el software OBDwiz, que recolecta información sobre régimen, carga y temperatura. Si la aceleración es inestable, se corrige para garantizar datos confiables. Estos datos son tabulados para su análisis y se verifica si existe una dispersión considerable. Si hay dispersión, se analiza con más detalle; si no, se calculan los tiempos de inyección utilizando fórmulas específicas.

Posteriormente, los tiempos de inyección calculados se programan en MATLAB para generar gráficas patrones del sistema de inyección. Con las gráficas listas, se procede a simular el comportamiento del sistema en LabVIEW, donde se comparan las gráficas simuladas con la curva patrón. Finalmente, se determina el porcentaje de diferencia entre ellas, concluyendo así el análisis del sistema de inyección.

La recopilación de datos será mediante la grabación del registro de datos mediante el conector directo a la ECU del vehículo que es el OBD-II con la ayuda del OBDLinkMX+.

Para la lectura de los datos se ha llegado a un consenso mediante la lectura de trabajos previos que se tendrán 4 regímenes diferente del motor los cuales son:

- Ralentí 850 r.p.m.
- Aceleración leve 1500 r.p.m.
- Aceleración normal 2500 r.p.m.
- Aceleración alta 4500 r.p.m.

Por cada uno de los regímenes a estudiar se tomarán 3 muestras, las cuales tendrán una duración de 2 minutos en los cuales se mantendrá una aceleración lo más constante posible para que no haya una dispersión de datos en las pruebas que se estén realizando.

3.5 Toma de datos

Para la toma de datos se estipularon 3 muestras por cada 4 regímenes diferentes, con una duración de 2 minutos por cada muestra.



Fig. 13. Toma de datos (1° prueba ralentí)

En la Fig. 13 se muestra la primera toma de datos correspondiente a la primera prueba que es la de ralentí (oscila entre las 600 y 700 r.p.m.), para esta prueba se optó a que el motor este la temperatura optima de funcionamiento para la toma más precisa de datos en ralentí, ya que el motor en frio no era lo idóneo, porque sus revoluciones estaban muy elevadas.



Fig. 14. Toma de datos (1° prueba ralentí) interfaz del software OBDwiz

En la Fig. 14 se muestra la misma prueba, vista desde el software instalado en el ordenador donde se puede observar la r.p.m. con más precisión, contando con una estabilidad de 640 r.p.m. aproximadamente.



Fig. 15. Adecuación y funcionamiento del acelerador para la toma de datos

Previamente dicho que se hizo la adecuación de un acelerador para una mejor precisión y reducción en la dispersión en la toma de datos, que corresponde a un ahogador, como se muestra en las Fig. 15.



Fig. 16. Toma de datos (aceleración normal 2500 r.p.m.) interfaz del software OBDwiz

En la Fig. 16 se muestra otra de las pruebas realizadas correspondiente a la de aceleración normal (2500 r.p.m.) vista correspondiente al software OBDwiz, el cual se mantendría por el tiempo establecido de 2 minutos, cuyos datos eran almacenados en el ordenador.



Fig. 17. Toma de datos (aceleración alta 4500 r.p.m.) interfaz del software OBDwiz

Como última prueba fue la de aceleración alta (4500 r.p.m.), vista correspondiente al software OBDwiz como se muestra en la Fig. 17, tiempo de toma de datos 2 min. 3 muestras correspondiente de esta.

Formulas utilizadas

3.5.1 Tiempo de inyección

Los tiempos de inyección se refieren al intervalo durante el cual un inyector de combustible permanece abierto, permitiendo la entrada de combustible en la cámara de combustión del motor. Este parámetro es crucial para regular la cantidad de combustible suministrado, lo cual impacta directamente en el rendimiento, eficiencia y niveles de emisión del motor.

El tiempo de inyección, generalmente medido en milisegundos (ms), puede variar según diversos factores como la carga del motor, la velocidad, la temperatura y las condiciones operativas. En los sistemas de inyección modernos, como los de inyección electrónica, estos tiempos se ajustan dinámicamente en tiempo real para maximizar el rendimiento del motor.

$$T_i = \frac{MAF * 120}{AFR * r.p.m.* n} * k \quad (1)$$

Donde:

- T_i : Corresponde al tiempo de inyección en milisegundos (ms)
- MAF : Flujo de aire medido por el sensor MAF en gramos por segundo (g/s).
- $r.p.m.$: Revoluciones por minuto del motor.
- AFR : Pertenece a la relación de aire combustible, ya sea esta estequiométrica o real, para este caso se utiliza el valor de 14,7.
- n : Número de cilindros del motor.
- **120**: Esta constante ajusta las unidades porque la fórmula está diseñada para motores de cuatro tiempos. Un ciclo de cuatro tiempos requiere inyecciones cada 720 grados de rotación del cigüeñal (2 vueltas completas), lo que implica que las r.p.m. deben ajustarse en un factor de 120.

3.5.2 Justificación de uso de fórmula

A continuación se pondrán las ecuaciones utilizadas para el cálculo de los tiempos de inyección, estas ecuaciones incluyen factores los cuales al ser considerado existía un gran dispersión de datos los cuales elevaban el tiempo de inyección, alejándolo de los tiempos reales de inyección que fueron tomados del osciloscopio y el scanner por lo que fueron descartadas para la experimentación y simulación de este proyecto. Además fueron descartadas por motivos de que ciertos valores salen de forma teórica pero el motor YESA-3140 al ser un maqueta de uso educativo, esta trabaja a diferentes condiciones de trabajo por lo que no se iguala a los valores teóricos obtenidos de ciertas formulas.

$$Ti = \frac{Cc}{Fi} \quad (2)$$

Donde:

- Cc: carga de combustible por ciclo
- Fi: Flujo de inyector

(3)

$$Ti = \frac{MAF}{r.p.m.*n} * k$$

Donde:

- MAF: valor del sensor de flujo de aire
- r.p.m.: número de revoluciones del motor
- N: número de cilindros
- K: factor de corrección del ECT

(4)

$$Ti = \frac{Qcomb * RPM}{360 * Pcomb * E}$$

Donde:

- Qcomb: cantidad de combustible requerido
- r.p.m.: número de revoluciones del motor
- Pcomb: presión de combustible
- E: eficiencia del inyector

(5)

$$Ti: \frac{Mcomb}{Nvol * V * \rho}$$

Donde:

- Mcomb: masa de combustible requerido

- Nvol: eficiencia volumétrica
- V: volumen de entrada
- ρ : densidad de aire

3.6 Configuración del software computacional MATLAB

La programación de MATLAB se basó en la generación de una onda cuadrada donde se ingresaron los datos de los tiempos de inyección que fueron obtenidos del uso del osciloscopio y el escáner para tener una doble verificación del dato obtenido en cada régimen. Como se puede observar en el siguiente script.

```

Command Window
>> % Parámetros de la onda
duty_cycle = 20;           % Duty cycle en porcentaje (puedes modificarlo)
tiempo_inyeccion = 0.003; % Tiempo activo en segundos (tiempo de inyección)
num_ciclos = 10;          % Número de ciclos de la onda cuadrada

% Calcular la frecuencia para cumplir con el tiempo de inyección y duty cycle
periodo = tiempo_inyeccion / (duty_cycle / 100); % Periodo ajustado en segundos
frecuencia = 1 / periodo; % Frecuencia calculada en Hz
tiempo_total = periodo * num_ciclos; % Tiempo total para los ciclos
t = linspace(0, tiempo_total, 1000 * num_ciclos); % Eje de tiempo

% Generación de la onda cuadrada con tiempo de inyección exacto y duty cycle ajustado
onda = square(2 * pi * frecuencia * t, duty_cycle);

% Graficar la onda cuadrada
figure;
plot(t, onda);
title('Tiempos de inyeccion');
xlabel('Tiempo (s)');
ylabel('Amplitud');
axis([0 tiempo_total -1.5 1.5]);
grid on;

% Información adicional
fprintf('Frecuencia ajustada: %.2f Hz\n', frecuencia);
fprintf('Periodo de la señal: %.4f s\n', periodo);
fprintf('Duty Cycle: %.2f%%\n', duty_cycle);
fprintf('Tiempo de inyección (activo): %.4f s\n', tiempo_inyeccion);
Frecuencia ajustada: 66.67 Hz
Periodo de la señal: 0.0150 s
Duty Cycle: 20.00%
Tiempo de inyección (activo): 0.0030 s
>>

```

Fig. 18. Configuración del software MATLAB

Como se puede observar en la Fig. 18, el tiempo de inyección es ingresado como dato, a su vez también el ciclo de trabajo también llamado el ciclo de trabajo que es el encargado de la modulación de la onda cuadrada en este caso el cual nuestro tiempo de inyección obtenido corresponde al tiempo activo de la onda.

3.7 Programación de LabVIEW

El diagrama que se muestra en la Fig. 19 representa un sistema de control de inyección de combustible, en el cual se procesan diversos parámetros clave para determinar y visualizar el tiempo de inyección en un motor. El sistema recibe como entradas el MAF (flujo de masa de aire), que mide la cantidad de aire que ingresa al motor, un valor crucial para calcular la cantidad adecuada de combustible que debe inyectarse para mantener una combustión eficiente. Además, se utiliza el número de cilindros, representado por N, para ajustar los cálculos de inyección en función de la cantidad de cilindros que tiene el motor.

Otro parámetro fundamental que se maneja es la relación aire-combustible (AFR), siendo 16:1, siendo una mezcla pobre. A esto se suma la entrada de las r.p.m. (revoluciones por minuto), que indica la velocidad de rotación del motor y se usa para calcular cuántas inyecciones de combustible ocurren por minuto, ajustando el tiempo en que los inyectores deben permanecer abiertos. El valor K actúa como una constante en el sistema, como factores de corrección del sensor de temperatura del refrigerante.

El ciclo de trabajo se define como el porcentaje de tiempo durante el cual el inyector permanece abierto en cada ciclo de inyección. El sistema permite modificar este valor, lo que afecta directamente la cantidad de tiempo que el inyector permanece activado en cada ciclo. Este ajuste se refleja gráficamente en el sistema.

El cálculo del tiempo de inyección se realiza a partir de estos parámetros, y el resultado es convertido a milisegundos para luego ser representado en una gráfica que permite monitorear visualmente cómo varía este tiempo en función de las entradas.

Además de gestionar el tiempo de inyección, el sistema también monitorea la temperatura, lo cual se visualiza en una gráfica independiente, lo que sugiere que la temperatura del motor puede influir en la mezcla de aire y combustible o en otros parámetros de inyección. El sistema cuenta con un control de pestañas (Tab Control) que probablemente ofrezca diferentes vistas o configuraciones adicionales dentro del sistema, permitiendo una interacción más completa y organizada del control del motor.

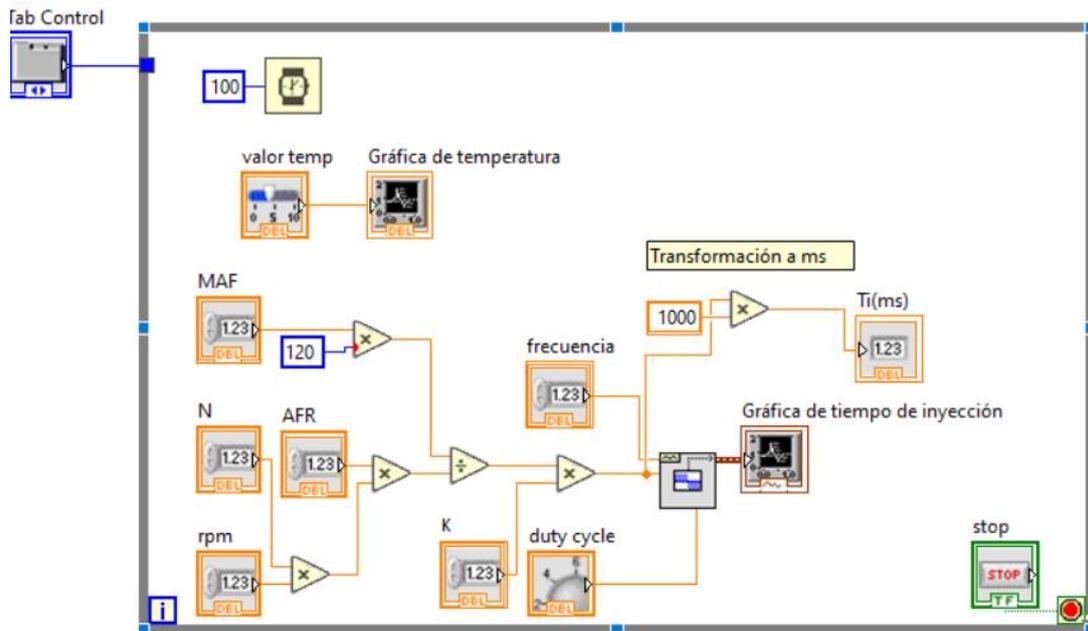


Fig. 19. Diagrama de bloque del sistema inyección en LabVIEW

En la Fig. 20 se representa la interfaz de simulación para calcular el tiempo de inyección en un motor utilizando diversos parámetros de entrada y salida. La interfaz está dividida en dos secciones principales: Datos de Ingreso y Datos de Salida.

- **Sensor MAF:** Indica el flujo de masa de aire.
- **Valor R.P.M.:** Muestra las revoluciones por minuto del motor.
- **Valor K:** Representa una constante de ajuste del sistema.
- **Cilindros:** Indica el número de cilindros del motor (4 cilindros).
- **Relación AFR:** Establece la relación aire-combustible (16:1).
- **Frecuencia:** Define la frecuencia de inyección.
- **Temperatura:** Se representa con una barra deslizante, mostrando la temperatura en grados Celsius.

Análisis de datos	X	X	X					
Análisis de MATLAB			X	X	X			
Programación de LabVIEW		X	X	X	X	X		
Presentación de avance					X			
Análisis de resultados						X	X	
Conclusiones							X	X
Presentación final								X

3.9 Presupuesto

TABLA II PRESUPUESTO

PRESUPUESTO PROYECTO	
Valores desembolsables	
Elemento	Precio
Combustible	\$20
Subtotal	\$20
Valores no desembolsables	
Equipos de laboratorio:	
Scanner (\$25/hora)	\$375
Laptop	\$150
Maqueta de motor funcional	\$500
Suministros de oficina	\$40
Subtotal	\$1065
Total	\$1165

4 CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En este apartado se presenta el análisis de los datos obtenidos mediante un escáner de los diferentes sensores (carga, régimen, temperatura y flujo de aire). La tabulación inicial de estos datos se realizó en Excel para su posterior procesamiento en LabVIEW, donde se generaron un total de 12 gráficos, cada uno correspondiente a pruebas específicas en diferentes regímenes de operación.

Tras la programación en MATLAB de los tiempos de inyección reflejados por la ECU del vehículo, se procedió a la simulación del sistema de inyección del motor YESA-3140, complementada con la creación de gráficos adicionales en el software LabVIEW. Este proceso permite comparar los resultados obtenidos en ambos entornos de software y llevar a cabo un análisis detallado de las diferencias entre las gráficas. Además de esto se obtuvieron aproximadamente 120 datos por muestra correspondiente a ralentí por lo que se elaboraron tablas resumen sacando un promedio de cada muestra obtenida en los diferentes regímenes.

4.1 Análisis de datos de pruebas realizadas

Las pruebas fueron iniciadas con las configuraciones del OBDwiz el cual fue la herramienta de extracción de datos que se utilizó para la obtención de valores de los sensores.

Como se mencionó fueron utilizados 4 regímenes en los cuales se tomaron los datos de los sensores y también el tiempo de inyección con ayuda de un osciloscopio, validando este tiempo con el valor obtenido del escáner.

4.1.1 Régimen 1: ralentí

TABLA III TABLA PROMEDIO EN RALENTÍ

Ralentí (850 r.p.m.)			
	Primera muestra	Segunda muestra	Tercera muestra
Engine r.p.m. (CKP)	705	710	725
Mass Air Flow (MAF) g/s	3.0	3,1	3,0
Engine coolant temperature (ECT)°C	86	86	91

Luego de esto se procede a ingresar los datos promedios obtenidos en la formula ya menciona como se muestra en los siguientes cálculos:

$$T_i = \frac{MAF * 120}{AFR * r.p.m.* n} * k$$

$$T_i = \frac{3 * 120}{16 * 705 * 4} * 0.9$$

$$T_i = \frac{360}{43136} * 0.9$$

$$T_i = 7.1ms$$

El cálculo anterior fue el resultado utilizando la ecuación del tiempo de inyección. Por otro lado, el tiempo de inyección obtenido con el osciloscopio y el escáner fue de 6.6 ms como podemos observar en la Fig. 21 de MATLAB.

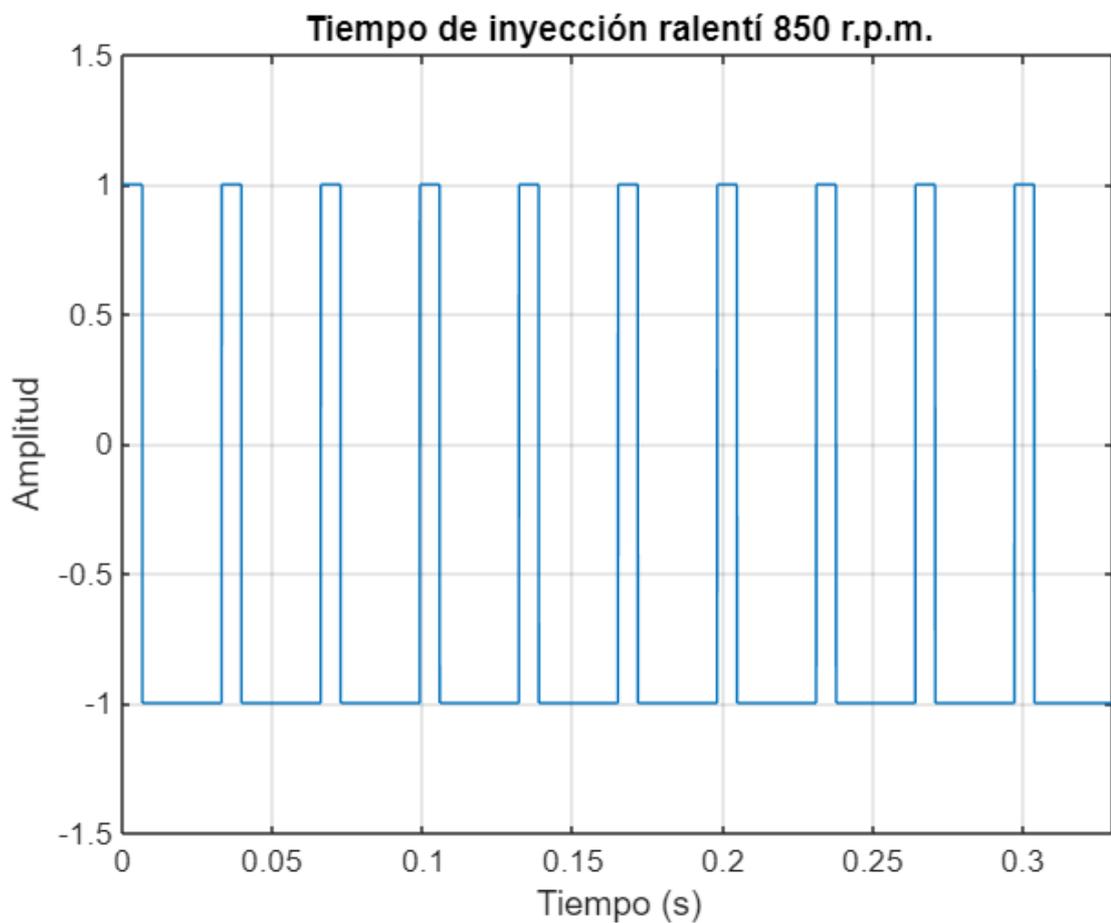


Fig. 21. Curva patrón en ralentí en MATLAB a 850 r.p.m.

Por último, con el resultado de la ecuación se procede a ingresar los datos para la obtención de la gráfica de la simulación realizada en LabVIEW. Como se muestra en la Fig. 22.

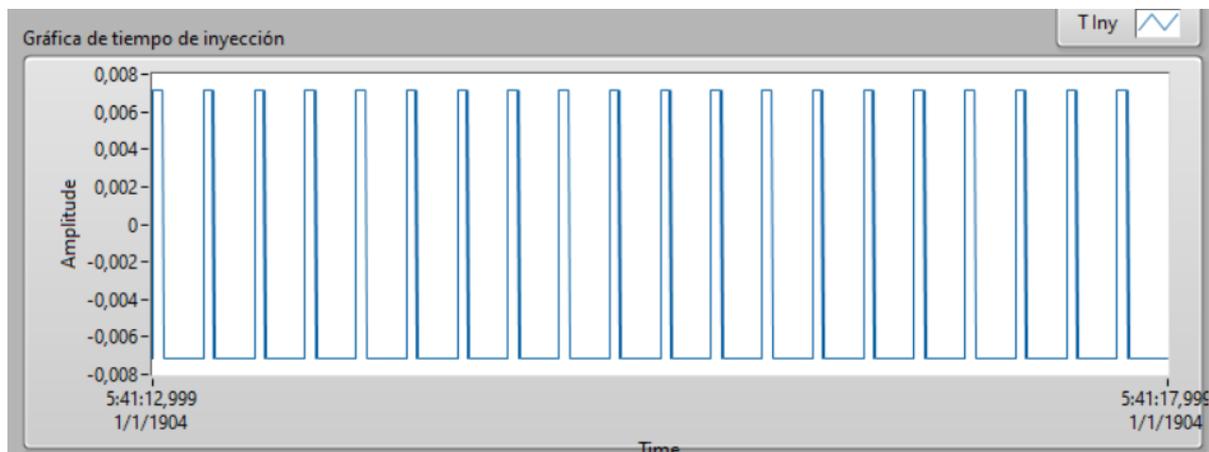


Fig. 22. Curva simulada en ralentí en LabVIEW a 850 r.p.m.

4.1.2 Régimen 2: 1500 r.p.m. (aceleración leve)

Para la segunda toma de datos, las r.p.m. fueron elevadas hasta 1500 con un sistema externo de acelerador como fue mencionado anteriormente. Se procedió a tomar los datos con los cuales aproximadamente entre 70 y 100 datos por muestra con los cuales nos salieron los siguientes promedios.

TABLA IV TABLA PROMEDIO ACELERACIÓN LEVE

	Aceleración leve (1500 r.p.m.)		
	Primera muestra	Segunda muestra	Tercera muestra
Engine r.p.m. (CKP)	1550	1545	1542
Mass Air Flow (MAF) g/s	5.5	5.6	5.45
Engine coolant temperature (ECT)°C	83	85	85

Luego de esto se procede a ingresar los datos promedios obtenidos en la formula ya menciona como se muestra en los siguientes cálculos:

$$T_i = \frac{MAF * 120}{AFR * r.p.m. * n} * k$$

$$T_i = \frac{5.5 * 120}{16 * 1550 * 4} * 0.9$$

$$T_i = \frac{660}{99200} * 0.9$$

$$T_i = 6ms$$

El cálculo anterior fue el resultado utilizando la ecuación del tiempo de inyección. Por otro lado, el tiempo de inyección obtenido con el osciloscopio y el escáner fue de 5.7 ms como podemos observar en la Fig. 23 de MATLAB.

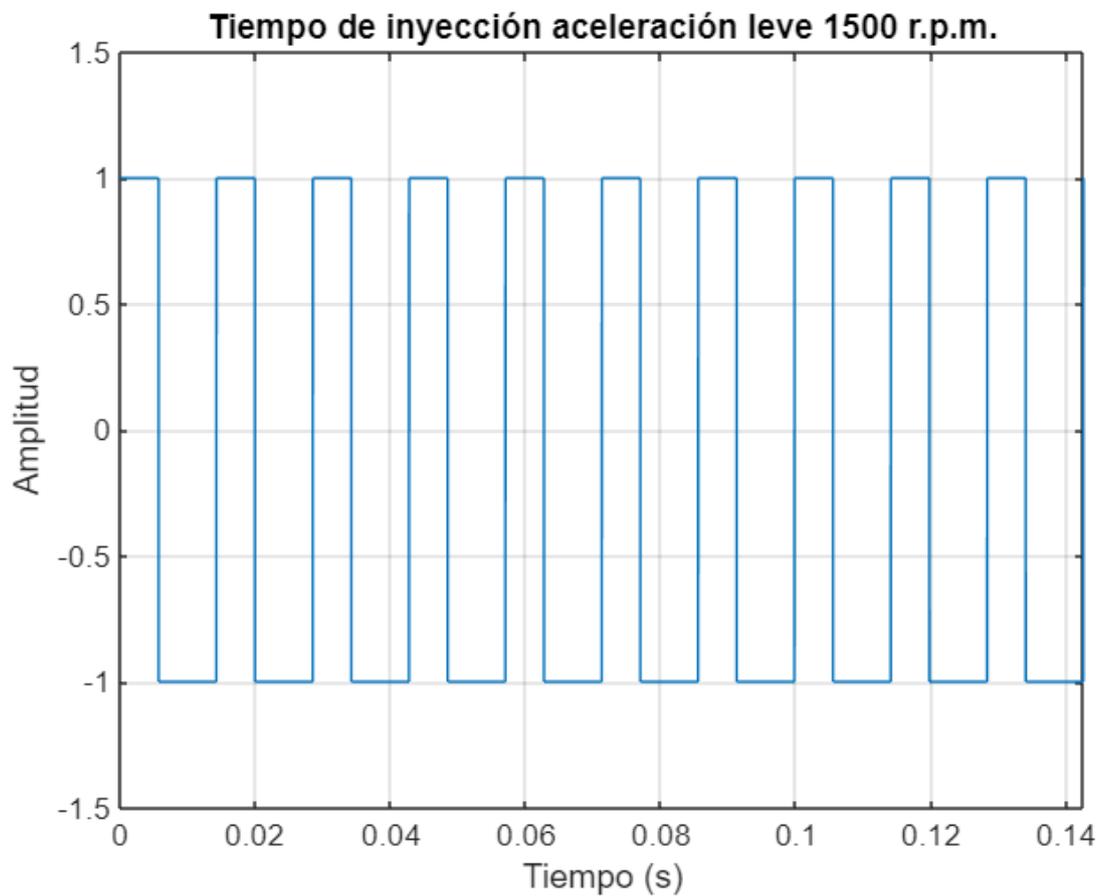


Fig. 23. Curva patrón en aceleración leve en MATLAB a 1500 r.p.m.

Por último, con el resultado de la ecuación se procede a ingresar los datos para la obtención de la gráfica de la simulación realizada en LabVIEW. Como se muestra en la Fig. 24.

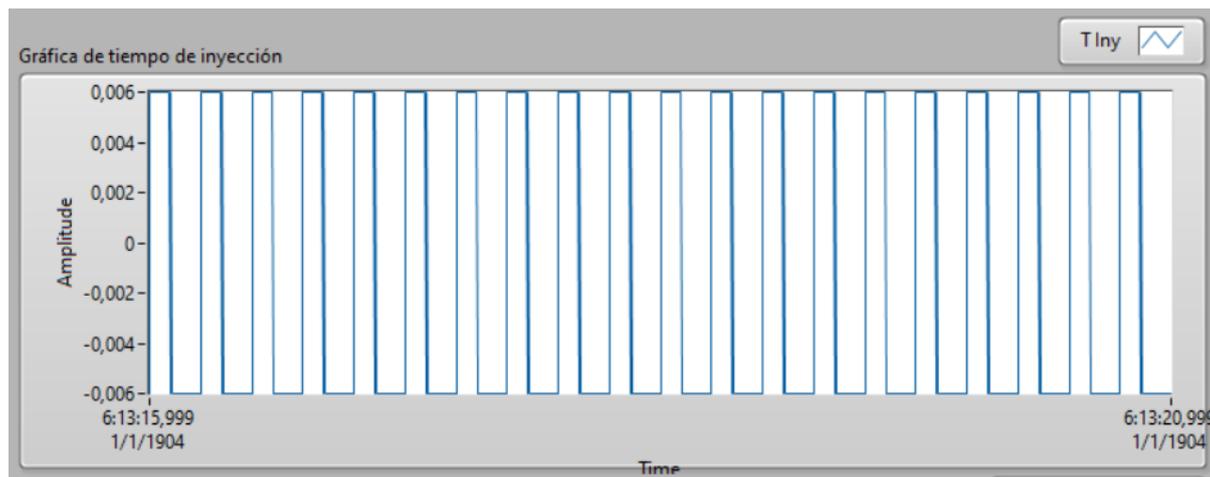


Fig. 24. Curva simulada en aceleración leve en LabVIEW a 1500 r.p.m.

4.1.3 Régimen 3: 2500 r.p.m. (aceleración media)

Para la segunda toma de datos, las r.p.m. fueron elevadas hasta 1500 con un sistema externo de acelerador como fue mencionado anteriormente. Se procedió a tomar los datos con los cuales aproximadamente entre 70 y 100 datos por muestra con los cuales nos salieron los siguientes promedios como los mostrados en la siguiente TABLA V.

TABLA V TABLA PROMEDIO EN ACELERACIÓN NORMAL

Aceleración normal (2500 r.p.m.)			
	Primera muestra	Segunda muestra	Tercera muestra
Engine r.p.m. (CKP)	2590	2580	2598
Mass Air Flow (MAF) g/s	6.5	6.8	6.75
Engine coolant temperature (ECT)°C	94	92	93

Luego de esto se procede a ingresar los datos promedios obtenidos en la formula ya menciona como se muestra en los siguientes cálculos:

$$T_i = \frac{MAF * 120}{AFR * r. p. m. * n} * k$$

$$T_i = \frac{6.5 * 120}{16 * 2590 * 4} * 0.9$$

$$T_i = \frac{780}{165760} * 0.9$$

$$T_i = 4.2ms$$

El cálculo anterior fue el resultado utilizando la ecuación del tiempo de inyección. Por otro lado, el tiempo de inyección obtenido con el osciloscopio y el escáner fue de 3.8 ms como podemos observar en la Fig. 25 de MATLAB.

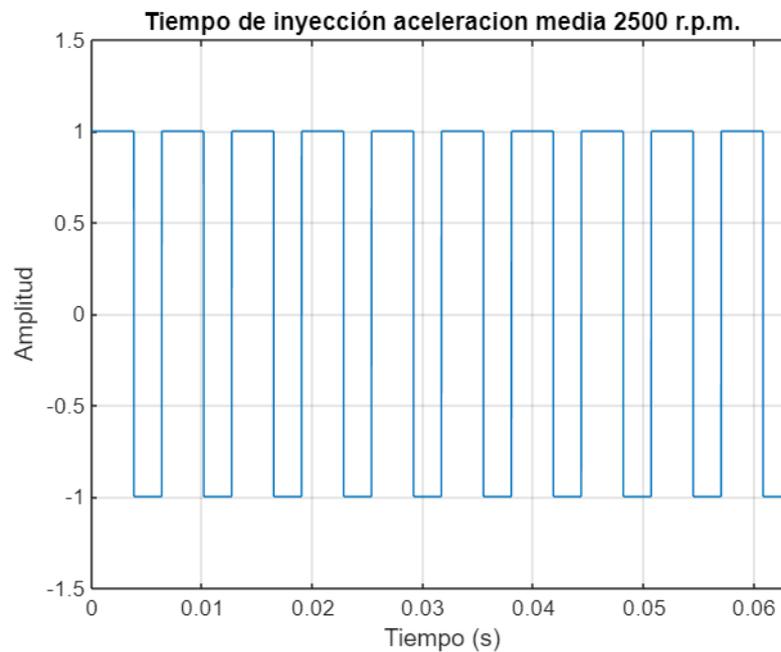


Fig. 25. Curva patrón en aceleración normal en MATLAB a 2500 r.p.m.

Por último, con el resultado de la ecuación se procede a ingresar los datos para la obtención de la gráfica de la simulación realizada en LabVIEW. Como se muestra en la Fig. 26.

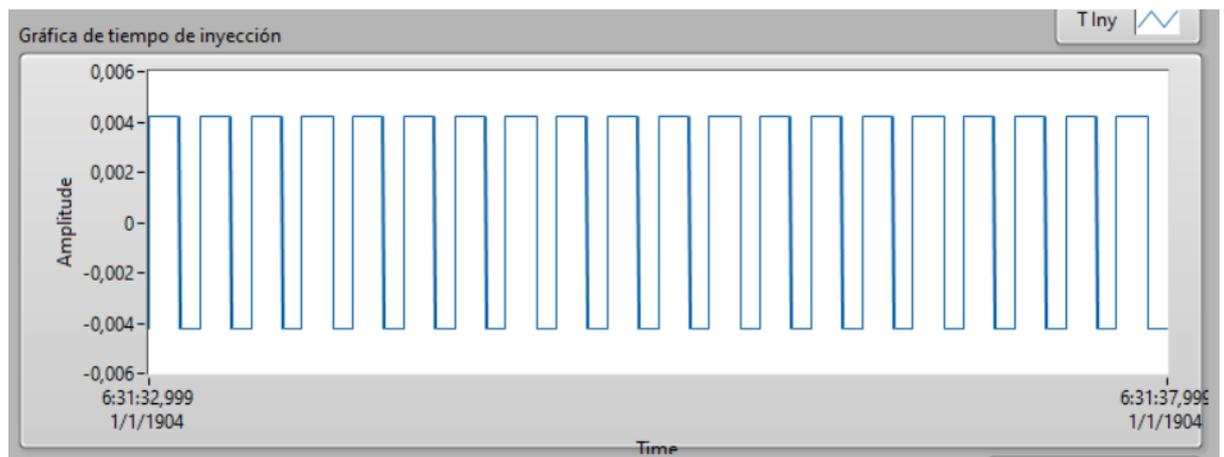


Fig. 26. Curva simulada en aceleración normal en LabVIEW a 2500 r.p.m.

4.1.4 Régimen 4: 4500 r.p.m. (aceleración alta)

Para la segunda toma de datos, las r.p.m. fueron elevadas hasta 1500 con un sistema externo de acelerador como fue mencionado anteriormente. Se procedió a tomar los datos con los cuales aproximadamente entre 70 y 100 datos por muestra con los cuales nos salieron los siguientes promedios como los mostrados en la siguiente tabla.

TABLA VI TABLA PROMEDIO EN ACELERACIÓN ALTA

Aceleración alta (4500 r.p.m.)			
	Primera muestra	Segunda muestra	Tercera muestra
Engine r.p.m. (CKP)	4521	4552	4540
Mass Air Flow (MAF) g/s	9	9.10	8.95
Engine coolant temperature (ECT)°C	95	95	95

Luego de esto se procede a ingresar los datos promedios obtenidos en la formula ya menciona como se muestra en los siguientes cálculos:

$$T_i = \frac{MAF * 120}{AFR * r.p.m.* n} * k$$

$$T_i = \frac{9 * 120}{16 * 4575 * 4} * 0.9$$

$$T_i = \frac{1080}{292800} * 0.9$$

$$T_i = 3.3ms$$

El cálculo anterior fue el resultado utilizando la ecuación del tiempo de inyección. Por otro lado, el tiempo de inyección obtenido con el osciloscopio y el escáner fue de 2.9 ms como podemos observar en la Fig. 27 de MATLAB.

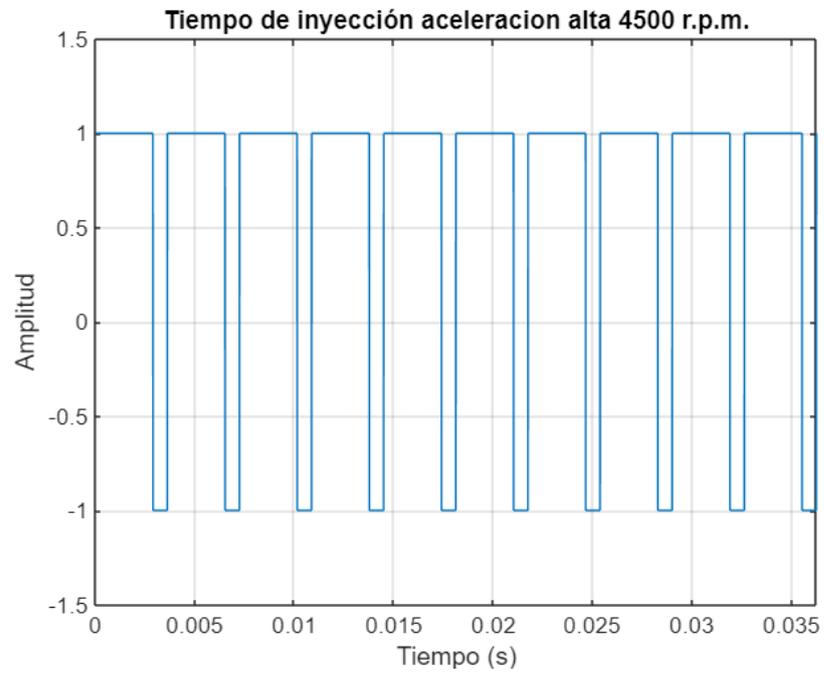


Fig. 27. Curva patrón en aceleración alta en MATLAB a 4500 r.p.m.

Por último, con el resultado de la ecuación se procede a ingresar los datos para la obtención de la gráfica de la simulación realizada en LabVIEW. Como se muestra en la Fig. 28.

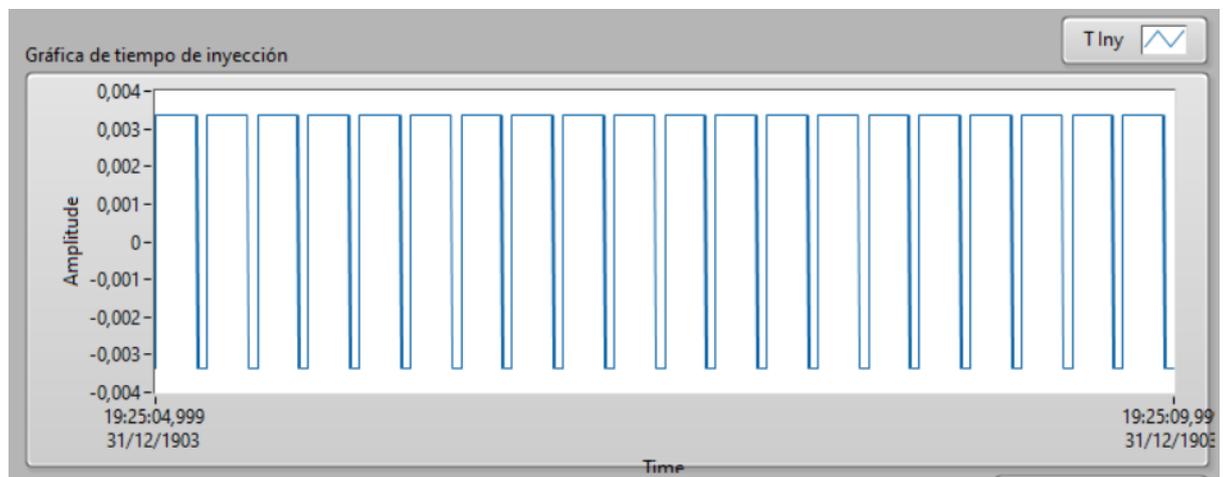


Fig. 28. Curva simulada en aceleración alta en LabVIEW a 4500 r.p.m.

4.2 Análisis de curvas de MATLAB y LabVIEW

Una vez realizadas ambas curvas tanto la obtenida con los datos del escáner y el osciloscopio y la obtenida con los datos de los sensores se procede al cálculo del porcentaje de diferencia que existen entre ellas, tomando como grafica patrón la gráfica obtenida con el programa MATLAB.

En la siguiente TABLA VII se incluirán los resultados y su porcentaje de diferencia entre ambas curvas.

TABLA VII COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE TIEMPOS DE INYECCIÓN ENTRE MATLAB Y LABVIEW

MATLAB (ms)	LabVIEW(ms)	Porcentaje con respecto a MATLAB (%)
6.6	7.1	7.5
5.7	6.0	5.1
3.8	4.2	10
2.9	3.3	13

Como resultado se obtiene un máximo de un 13% de diferencia entre el tiempo de inyección generado por la ECU y obtenido con el scanner con una validación con el osciloscopio en comparación con el tiempo de inyección simulado utilizando una formula ingresando los datos que se obtuvieron del scanner, pero de diferentes sensores que funcionan en el motor.

5 CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El trabajo de titulación logró cumplir con el objetivo general al recolectar y analizar datos de sensores clave (régimen, carga y temperatura) mediante escáner automotriz, permitiendo la creación de una curva patrón para su posterior comparación. La simulación se llevó a cabo con éxito utilizando estos datos y se realizaron comparaciones significativas entre la curva real y la simulada, lo que validó el modelo y proporcionó un

análisis detallado de la eficiencia del sistema de inyección en la maqueta del motor funcional YESA-3140.

En el análisis de los tiempos de inyección, se observó una diferencia del 10% entre el tiempo medido con el osciloscopio, que fue de 3.8 ms, y el tiempo simulado en LabVIEW, que resultó ser de 4.2 ms. Esta discrepancia sugiere que, aunque los métodos de medición son generalmente precisos, es crucial considerar las variaciones que pueden surgir debido a factores externos o condiciones del motor.

En el caso del análisis de aceleración alta a 4500 r.p.m., se registró una diferencia del 13% entre el tiempo de inyección obtenido, que fue de 2.9 ms, y el simulado, que resultó en 3.3 ms. Este margen de error indica que, aunque los resultados son relativamente cercanos, la variabilidad en el rendimiento del motor puede influir en las mediciones al igual que paso con los demás regímenes. Esto resalta la importancia de realizar múltiples pruebas para obtener un promedio más representativo.

La metodología empleada para la recolección de datos, que incluyó el uso de herramientas como el OBDwiz y el osciloscopio, permitió una evaluación precisa de los parámetros del motor. Los márgenes de error en las mediciones de tiempo de inyección fueron de hasta ± 0.4 ms, lo que se traduce en un margen de error porcentual de aproximadamente $\pm 10\%$ en las simulaciones, lo cual es aceptable en el contexto de pruebas experimentales.

Es importante destacar que las pruebas se realizaron bajo condiciones controladas, lo que garantizó la fiabilidad de los datos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las variaciones en las condiciones del motor, como la temperatura y la calidad del combustible, pueden afectar los resultados. Por ello, se recomienda que futuras investigaciones consideren estos factores para minimizar los márgenes de error.

La implementación del protocolo OBD2 demostró ser efectiva en la detección de problemas en el sistema de inyección. La capacidad de obtener datos precisos y en tiempo real contribuye a una mejor comprensión del rendimiento del motor y a la reducción de emisiones contaminantes. Los márgenes de error en las lecturas del OBD2 fueron de aproximadamente $\pm 3\%$, lo que refuerza la validez de los diagnósticos realizados.

Finalmente, este estudio no solo proporciona una comprensión más profunda del sistema de inyección de combustible, sino que también establece un marco para futuras investigaciones en la optimización de sistemas automotrices.

5.2 Recomendaciones

Para la realización de las pruebas iguales o similares en un motor para la obtención de datos siempre es de vital importancia tener un motor en un óptimo estado ya que se requiere un alto nivel de precisión para la realización de dichas pruebas, además de que se necesitan tener los valores más exactos posibles por lo que se quiere del uso de un programa que sea preciso.

Además de esto se requiere siempre tomar en cuenta de las condiciones de uso del motor antes de toma de datos ya que esto requiere atención al momento de realizar los cálculos como la exactitud del valor de la densidad del combustible entre otros factores. Cabe recalcar que estas pruebas fueron realizadas en una maqueta de un motor funcional, lo que indica que las condiciones de uso son bastante controladas con respecto a la realización de las pruebas en un vehículo automotor en los que influye un sin número de factores que pueden afectar la toma de datos.

6 REFERENCIAS

- [1] Instituto Nacional de estadísticas y Censos, «Estadísticas de vehículos matriculados,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/vehiculos-matriculados/>.
- [2] La Hora, «Parque automotor en aumento en el 2023,» p. 2, 6 Julio 2023.
- [3] El Universo, «Aumenta el parque automotor en Guayaquil,» 2019.
- [4] G. Guachanamá y W. Morocho, Diseño e implementación de un controlador de presión de combustible en un motor Otto, mediante realimentación de variables de estado, Cuenca, 2017.
- [5] I. Pilco, *Evaluación Técnica del Sensor de Oxígeno de un Motor Otto con Sistema OBD II a través de un Osciloscopio en Función del Uso de las Gasolinas Eco y Super*, Guayaquil, Guayas: UIDE, 2021.
- [6] W. Riobo, Diseño de un sistema automatizado para adquisición de datos y monitoreo de recibo y despacho de gas propano de la empresa Lidagas SA, Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2020.
- [7] J. Cortes, C. Boada y F. Ramos, Prototipo de sistema didáctico para control y monitoreo basado en HMI y PLC para un banco de prueba automotriz implementado en la Sena CTT., Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2019.
- [8] E. Suárez, La adecuación de sistemas de adquisición de datos para el mapeo de motores de combustión interna, utilizando transductores de presión, temperatura, posición y revoluciones del cigüeñal, entre otros, es fundamental para construir los mapas del motor que co, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2018.
- [9] W. Ramírez y W. Carrion, Desarrollo de una herramienta didáctica para la carrera de ingeniería automotriz, que permita caracterizar el consumo de combustible empleando la señal de los sensores del motor en la red CAN, Riobamba: Escuela Superior Politécnica

de Chimborazo, 2019.

- [10] C. H. M. Quijano, *Polo del conocimiento*, Manta: Casa del Polo, 2022.
- [11] C. M. J. OVIDIO, *INTERPRETACIÓN DE SEÑALES DE SENSORES DE SINCRONIZACIÓN DE MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FALLAS*, Ibarra: Universidad técnica del Norte , 2023.
- [12] F. A. Q. V. Y. P. D. S. CASANOVA, *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO IOT DE ADQUISICIÓN DE DATOS OBD-II CON MONITOREO WEB SERVER PARA ANÁLISIS DE DETECCIÓN DE FALLAS*, Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana , 2021.
- [13] M. A. Barrón, *Sistema de adquisición de datos de bajo costo con la plataforma de arduino*, Chapingo : Universidad Autónoma Chapingo , 2019.
- [14] R. Siavichay, *Diseño de un algoritmo de visualización para el diagnóstico de fallas en motores de encendido provocado mediante la utilización de la transformada de Wavelet*, Cuenca: Universidad Politencica Salesiana, 2018.
- [15] H. Patiño, *Sistema de acomplamiento fisicade señales de sensores a sistemas embebidos*, Ibarra: Universidad tecnica del Norte, 2023.
- [16] D. Bernal, *Analisis de comportamiento de la potencia efectiva medida por el metodo de la aceleracion libre al inducir diferentes modos de fallos en un motor de combustion interna a gasolina con sistema de inyeccion electronica*, Quito: Escuela politecnica Nacional, 2019.
- [17] E. Uyaguari, *Diseño e implementacion de un software para la deteccion de fallos en los sistemas electronicos del vehiculos aplicando la tencica de diagnostico por imagen*, Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana, 2019.
- [18] D. Reinoso, *Implementacion de un sistema DAQ para el monitoreo de los sensores en un motor Hyundai Sonata a a gasolina*, Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana, 2023.
- [19] M. concepcion, *Sensores automotrices y Analisis de ondas*, Mandy concepcion , 2011.
- [20] V. M., *Sensores de temperatura*, 2014.
- [21] National Instruments, «NI,» 10 Mayo 2023. [En línea]. Available:

<https://www.ni.com/es/shop/labview.html>.

[22] MathWords, «MathWords,» 1994-2024. [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com>.
[Último acceso: 2024 Mayo 10].

[23] M. concepcion, Estrategias de sistemas automotrices OBD-II, Mandy concepcion, 2011.

[24] OBDLink, «OBDLink,» 2024. [En línea]. Available:
<https://www.obdlink.com/software/>.

[25] Microsoft, «Microsoft,» 2024. [En línea].

7 ANEXOS

A continuación, se adjuntarán el restante de las pruebas y sus respectivas graficas. Además, se adjuntará la respectiva simulación del programa LabVIEW.

- Ralentí (850 r.p.m.) Segunda muestra

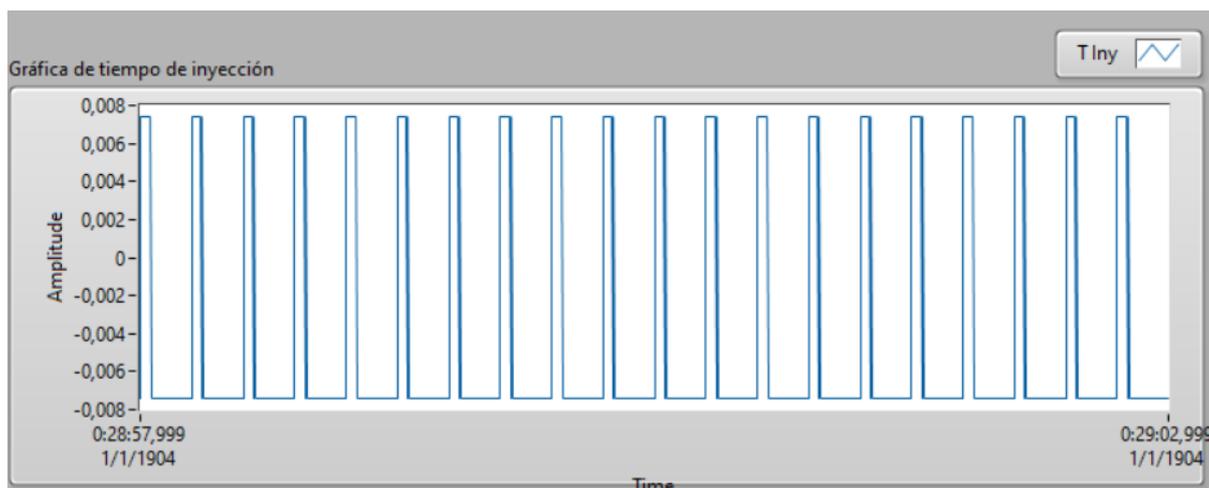


Fig. 29. Curva simulada en ralentí en LabVIEW segunda muestra a 850 r.p.m.

- Ralentí (850 r.p.m.) Tercera muestra

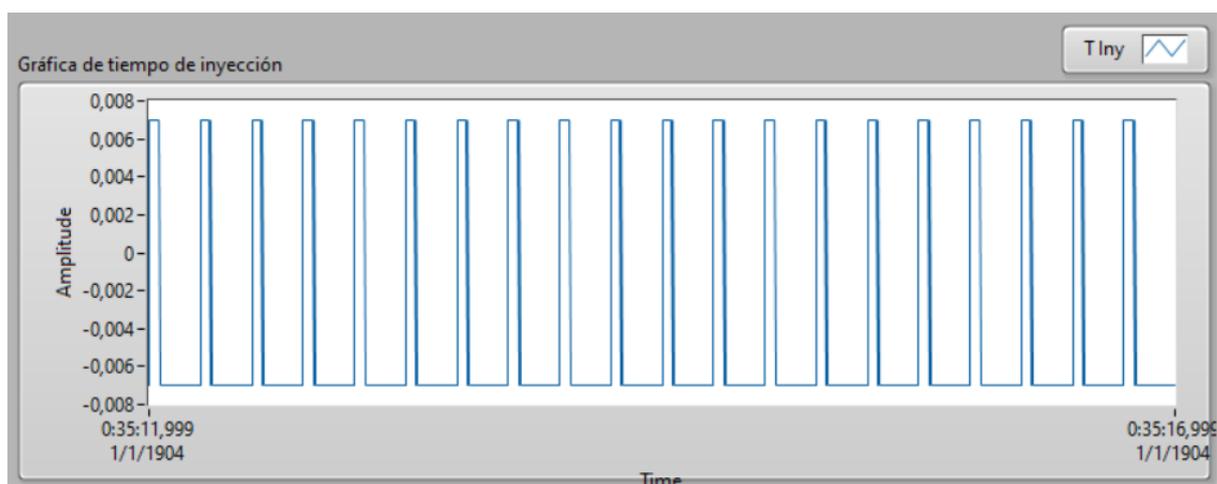


Fig. 30. Curva simulada en ralentí en LabVIEW tercera muestra a 850 r.p.m.

- Aceleración leve (1500 r.p.m.) Segunda muestra

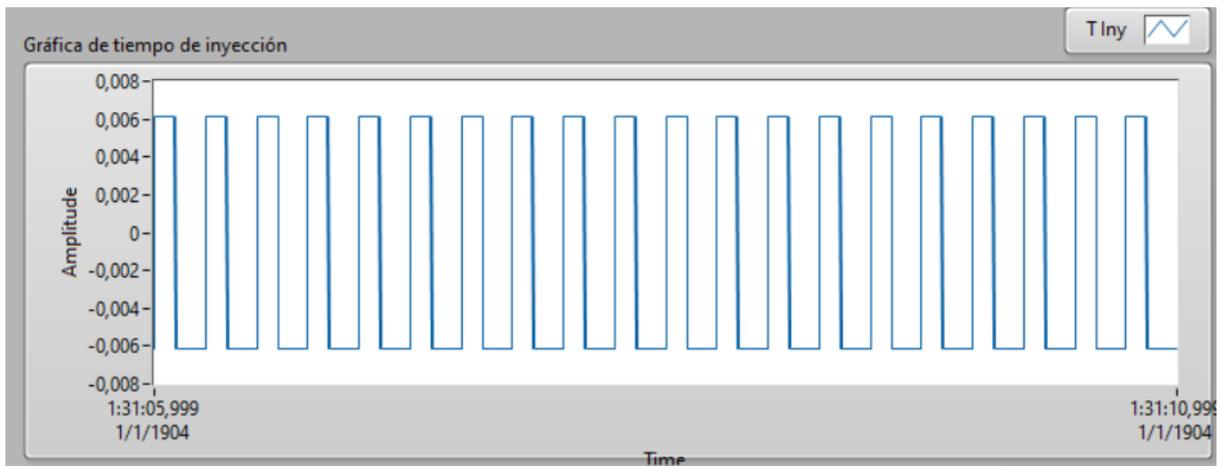


Fig. 31. Curva simulada en aceleración leve en LabVIEW segunda muestra a 1500 r.p.m.

- Aceleración leve (1500 r.p.m.) Tercera muestra



Fig. 32. Curva simulada en aceleración leve en LabVIEW tercera muestra a 1500 r.p.m.

- Aceleración normal (2500 r.p.m.) Segunda muestra



Fig. 33. Curva simulada en aceleración normal en LabVIEW segunda muestra a 2500 r.p.m.

- Aceleración normal (2500 r.p.m.) Tercera muestra



Fig. 34. Curva simulada en aceleración normal en LabVIEW tercera muestra a 2500 r.p.m.

- Aceleración alta (4500 r.p.m.) Segunda muestra

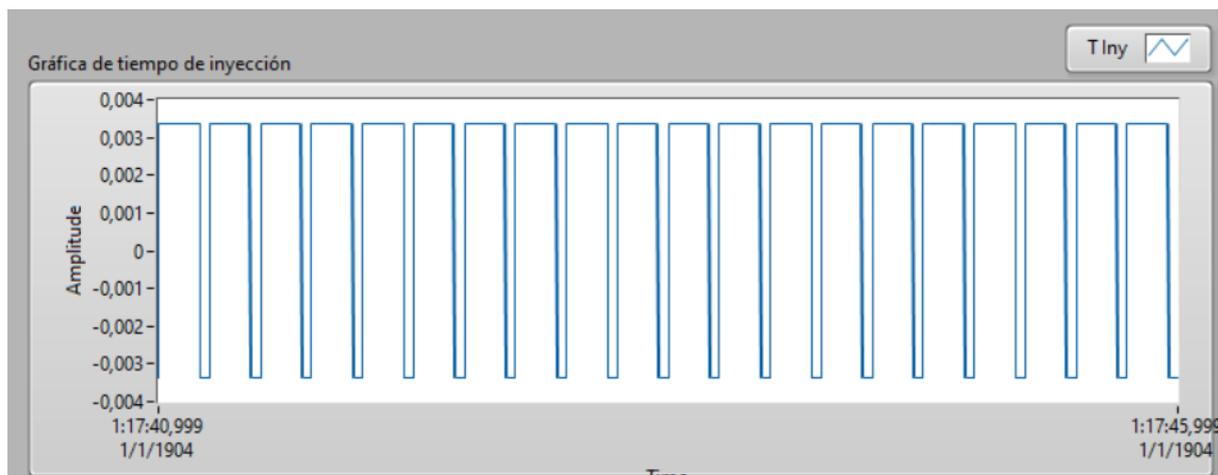


Fig. 35. Curva simulada en aceleración alta en LabVIEW segunda muestra a 4500 r.p.m.

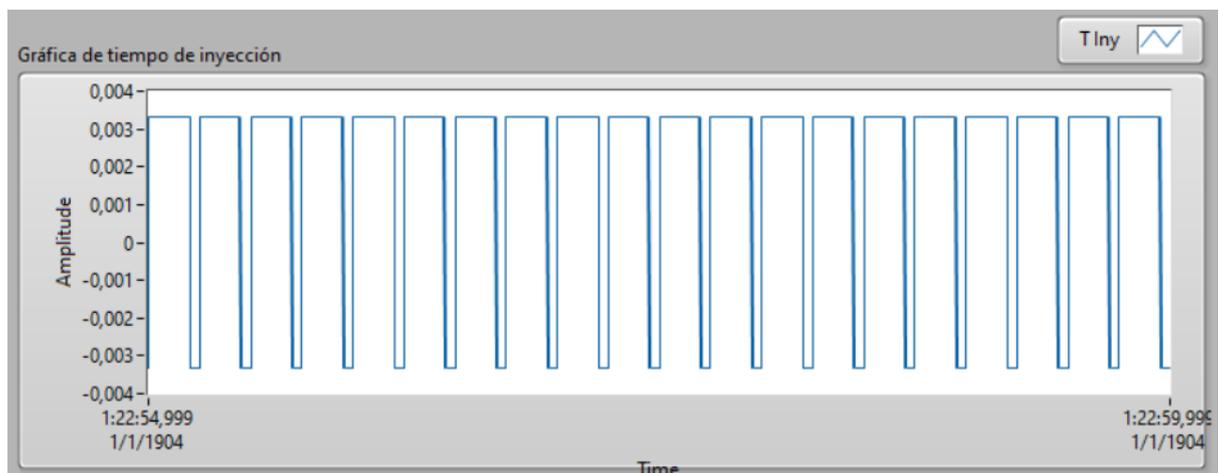


Fig. 36. Curva simulada en aceleración alta en LabVIEW tercera muestra a 4500 r.p.m.

Además se adjuntan tablas de datos resumidas en las que se tomaron cada 10 segundos una muestra de cada tabla en las que tenemos aproximadamente 120 datos por cada muestra.

1. Ralentí

TABLA VIII DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER RALENTÍ A 850 R.P.M.
PRIMERA MUESTRA

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/15/2024 11:49:25.0062 a. m.	84	700	3,0
07/15/2024 11:49:35.6279 a. m.	85	702	3,0

07/15/2024 11:49:45.3040 a. m.	85	706	3,0
07/15/2024 11:49:55.4923 a. m.	85	709	3,0
07/15/2024 11:50:05.5821 a. m.	86	705	3,0
07/15/2024 11:50:15.1697 a. m.	86	704	3,0
07/15/2024 11:50:25.3095 a. m.	86	725	3,0
07/15/2024 11:50:35.1718 a. m.	86	690	3,0
07/15/2024 11:50:45.5184 a. m.	86	700	3,0
07/15/2024 11:50:55.1054 a. m.	86	703	3,0
07/15/2024 11:51:05.2429 a. m.	86	705	3,0
07/15/2024 11:51:15.2654 a. m.	86	706	3,0
07/15/2024 11:51:25.4914 a. m.	86	710	3,0

**TABLA IX DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER RALENTÍ A 850 R.P.M.
SEGUNDA MUESTRA**

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/15/2024 11:52:35.3082 a. m.	86	710	3,1
07/15/2024 11:52:45.8140 a. m.	86	708	3,1
07/15/2024 11:52:55.6313 a. m.	86	725	3,1
07/15/2024 11:53:05.5807 a. m.	86	705	3,1
07/15/2024 11:53:15.2172 a. m.	86	708	3,1
07/15/2024 11:53:25.9841 a. m.	86	709	3,1
07/15/2024 11:53:35.9917 a. m.	86	712	3,1
07/15/2024 11:53:45.1429 a. m.	86	715	3,1
07/15/2024 11:53:55.7093 a. m.	86	725	3,1
07/15/2024 11:54:05.0358 a. m.	86	695	3,1
07/15/2024 11:54:15.7662 a. m.	86	707	3,1
07/15/2024 11:54:25.6856 a. m.	86	702	3,1
07/15/2024 11:54:35.3767 a. m.	86	710	3,1

**TABLA X DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER RALENTÍ A 850 R.P.M.
TERCERA MUESTRA**

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/15/2024 11:56:59.5607 a. m.	91	722	3,0
07/15/2024 11:57:09.0991 a. m.	91	725	3,0
07/15/2024 11:57:19.0972 a. m.	91	718	3,0
07/15/2024 11:57:29.6093 a. m.	91	715	3,0
07/15/2024 11:57:39.7046 a. m.	91	740	3,0
07/15/2024 11:57:49.0162 a. m.	91	725	3,0
07/15/2024 11:57:59.5638 a. m.	91	735	3,0
07/15/2024 11:58:09.5897 a. m.	91	723	3,0
07/15/2024 11:58:19.5093 a. m.	91	722	3,0
07/15/2024 11:58:29.3412 a. m.	91	718	3,0

07/15/2024 11:58:39.5939 a. m.	91	730	3,0
07/15/2024 11:58:49.3152 a. m.	91	725	3,0
07/15/2024 11:58:59.2410 a. m.	91	725	3,0

2. Aceleración leve 1500 r.p.m.

TABLA XI DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN LEVE A 1500 R.P.M. PRIMERA MUESTRA

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/15/2024 12:54:02.5484 p. m.	83	1548	5,5
07/15/2024 12:54:12.0020 p. m.	83	1545	5,5
07/15/2024 12:54:22.1454 p. m.	83	1550	5,5
07/15/2024 12:54:32.4561 p. m.	83	1556	5,5
07/15/2024 12:54:42.1851 p. m.	83	1560	5,5
07/15/2024 12:54:52.2841 p. m.	83	1574	5,5
07/15/2024 12:55:02.5094 p. m.	83	1553	5,5
07/15/2024 12:55:12.1716 p. m.	83	1535	5,5
07/15/2024 12:55:22.4067 p. m.	83	1549	5,5
07/15/2024 12:55:32.1989 p. m.	83	1537	5,5
07/15/2024 12:55:42.0404 p. m.	83	1550	5,5
07/15/2024 12:55:52.0734 p. m.	83	1551	5,5
07/15/2024 12:56:02.0260 p. m.	83	1553	5,5

TABLA XII DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN LEVE A 1500 R.P.M. SEGUNDA MUESTRA

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/15/2024 12:59:03.7055 p. m.	83	1541	5,6
07/15/2024 12:59:13.8934 p. m.	83	1538	5,6
07/15/2024 12:59:23.8521 p. m.	83	1550	5,6
07/15/2024 12:59:33.0339 p. m.	83	1546	5,6
07/15/2024 12:59:43.3890 p. m.	83	1545	5,6
07/15/2024 12:59:53.2079 p. m.	83	1562	5,6
07/15/2024 01:00:03.5023 p. m.	83	1531	5,6
07/15/2024 01:00:13.1862 p. m.	83	1542	5,6
07/15/2024 01:00:23.4207 p. m.	83	1549	5,6
07/15/2024 01:00:33.0832 p. m.	83	1552	5,6
07/15/2024 01:00:43.7343 p. m.	83	1548	5,6
07/15/2024 01:00:53.4534 p. m.	83	1541	5,6
07/15/2024 01:01:03.0590 p. m.	83	1540	5,6

TABLA XIII DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN LEVE A
1500 R.P.M. TERCERA MUESTRA

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/15/2024 01:03:09 p. m.	85	1530	5,45
07/15/2024 01:03:19 p. m.	85	1530	5,45
07/15/2024 01:03:29 p. m.	85	1534	5,45
07/15/2024 01:03:39 p. m.	85	1548	5,45
07/15/2024 01:03:49 p. m.	85	1552	5,45
07/15/2024 01:03:59 p. m.	85	1544	5,45
07/15/2024 01:04:09 p. m.	85	1551	5,45
07/15/2024 01:04:19 p. m.	85	1548	5,45
07/15/2024 01:04:29 p. m.	85	1542	5,45
07/15/2024 01:04:39 p. m.	85	1539	5,45
07/15/2024 01:04:49 p. m.	85	1548	5,45
07/15/2024 01:04:59 p. m.	85	1541	5,45
07/15/2024 01:05:09 p. m.	85	1539	5,45

3. Aceleración normal 2500 r.p.m.

TABLA XIV DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN NORMAL A
2500 R.P.M. PRIMERA MUESTRA

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/12/2024 11:54:19.4000 a. m.	94	2580	6,5
07/12/2024 11:54:29.3207 a. m.	94	2595	6,5
07/12/2024 11:54:39.7504 a. m.	94	2600	6,5
07/12/2024 11:54:49.7249 a. m.	94	2575	6,5
07/12/2024 11:54:59.3018 a. m.	94	2585	6,5
07/12/2024 11:55:08.5854 a. m.	94	2592	6,5
07/12/2024 11:55:19.8271 a. m.	94	2590	6,5
07/12/2024 11:55:29.5474 a. m.	94	2570	6,5
07/12/2024 11:55:39.8344 a. m.	94	2583	6,5
07/12/2024 11:55:49.5338 a. m.	94	2579	6,5
07/12/2024 11:55:59.1821 a. m.	94	2592	6,5
07/12/2024 11:56:09.9681 a. m.	94	2588	6,5
07/12/2024 11:56:19.6942 a. m.	94	2594	6,5

TABLA XV DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN NORMAL A
2500 R.P.M. SEGUNDA MUESTRA

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/12/2024 12:04:14.0043 p. m.	92	2580	6,8
07/12/2024 12:04:24.5081 p. m.	92	2578	6,8
07/12/2024 12:04:34.8276 p. m.	92	2550	6,8

07/12/2024 12:04:44.4433 p. m.	92	2579	6,8
07/12/2024 12:04:54.7587 p. m.	92	2575	6,8
07/12/2024 12:05:04.2613 p. m.	92	2572	6,8
07/12/2024 12:05:14.3559 p. m.	92	2586	6,8
07/12/2024 12:05:24.0097 p. m.	92	2569	6,8
07/12/2024 12:05:34.4442 p. m.	92	2571	6,8
07/12/2024 12:05:44.5950 p. m.	92	2586	6,8
07/12/2024 12:05:54.7943 p. m.	92	2590	6,8
07/12/2024 12:06:04.5811 p. m.	92	2581	6,8
07/12/2024 12:06:14.9220 p. m.	92	2579	6,8

TABLA XVI DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN NORMAL
A 2500 R.P.M. TERCERA MUESTRA

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/12/2024 12:07:09.7489 p. m.	93	2594	6,75
07/12/2024 12:07:19.6575 p. m.	93	2588	6,75
07/12/2024 12:07:29.3679 p. m.	93	2587	6,75
07/12/2024 12:07:39.4215 p. m.	93	2595	6,75
07/12/2024 12:07:49.9744 p. m.	93	2591	6,75
07/12/2024 12:07:59.2292 p. m.	93	2593	6,75
07/12/2024 12:08:09.4490 p. m.	93	2595	6,75
07/12/2024 12:08:19.2327 p. m.	93	2597	6,75
07/12/2024 12:08:29.5520 p. m.	93	2588	6,75
07/12/2024 12:08:39.7748 p. m.	93	2596	6,75
07/12/2024 12:08:49.5474 p. m.	93	2590	6,75
07/12/2024 12:08:59.6741 p. m.	93	2598	6,75
07/12/2024 12:09:09.4922 p. m.	93	2599	6,75

4. Aceleración alta 4500 r.p.m.

TABLA XVII DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN ALTA A
4500 R.P.M. PRIMERA MUESTRA

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/12/2024 12:33:51.9496 p. m.	95	4517	9
07/12/2024 12:34:01.4682 p. m.	95	4515	9
07/12/2024 12:34:11.4737 p. m.	95	4525	9
07/12/2024 12:34:21.7013 p. m.	95	4520	9
07/12/2024 12:34:31.1993 p. m.	95	4517	9
07/12/2024 12:34:41.6788 p. m.	95	4523	9
07/12/2024 12:34:51.0540 p. m.	95	4500	9
07/12/2024 12:35:01.2443 p. m.	95	4512	9
07/12/2024 12:35:11.7235 p. m.	95	4518	9
07/12/2024 12:35:21.8190 p. m.	95	4526	9

07/12/2024 12:35:31.4258 p. m.	95	4523	9
07/12/2024 12:35:41.2488 p. m.	95	4520	9
07/12/2024 12:35:51.3555 p. m.	95	4523	9

TABLA XVIII DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN ALTA A 4500 R.P.M. SEGUNDA MUESTRA

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/12/2024 12:33:51.9496 p. m.	95	4560	9,1
07/12/2024 12:34:01.4682 p. m.	95	4549	9,1
07/12/2024 12:34:11.4737 p. m.	95	4565	9,1
07/12/2024 12:34:21.7013 p. m.	95	4557	9,1
07/12/2024 12:34:31.1993 p. m.	95	4523	9,1
07/12/2024 12:34:41.6788 p. m.	95	4547	9,1
07/12/2024 12:34:51.0540 p. m.	95	4538	9,1
07/12/2024 12:35:01.2443 p. m.	95	4551	9,1
07/12/2024 12:35:11.7235 p. m.	95	4549	9,1
07/12/2024 12:35:21.8190 p. m.	95	4552	9,1
07/12/2024 12:35:31.4258 p. m.	95	4553	9,1
07/12/2024 12:35:41.2488 p. m.	95	4523	9,1
07/12/2024 12:35:51.3555 p. m.	95	4569	9,1

TABLA XIX DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ESCÁNER ACELERACIÓN ALTA A 4500 R.P.M. TERCERA MUESTRA

Duración	Temperatura del refrigerante (°C)	r.p.m.	Flujo de aire (g/s)
07/12/2024 12:49:37.0003 p. m.	95	4532	8,95
07/12/2024 12:49:47.5984 p. m.	95	4550	8,95
07/12/2024 12:49:57.3458 p. m.	95	4531	8,95
07/12/2024 12:50:07.6169 p. m.	95	4525	8,95
07/12/2024 12:50:17.8819 p. m.	95	4520	8,95
07/12/2024 12:50:27.4499 p. m.	95	4553	8,95
07/12/2024 12:50:37.8266 p. m.	95	4526	8,95
07/12/2024 12:50:47.1073 p. m.	95	4538	8,95
07/12/2024 12:50:57.5799 p. m.	95	4531	8,95
07/12/2024 12:51:07.9920 p. m.	95	4532	8,95
07/12/2024 12:51:17.9895 p. m.	95	4537	8,95
07/12/2024 12:51:27.6520 p. m.	95	4540	8,95
07/12/2024 12:51:37.2302 p. m.	95	4560	8,95