



Universidad Técnica del Norte

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

**Tema: Diagnóstico Estequiométrico con Osciloscopio / Análisis del
sistema de encendido del motor 2ZR-FXE**

Autores:

López Valenzuela Cristian Darío

Benitez Haro Jorge Anderson

Director: Benavides Cevallos Ignacio Bayardo Msc.

Ibarra, 2023

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR


En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "DIAGNÓSTICO ESTEQUIOMÉTRICO CON OSCILOSCOPIO / ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ENCENDIDO DEL MOTOR 2ZR-FXE" presentado por el señor: BENITEZ HARO JORGE ANDERSON con número de cédula 1004979959 y el señor: LÓPEZ VALENZUELA CRISTIAN DARÍO con número de cédula 1004914790, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 19 días del mes de septiembre del 2023.

Atentamente:



Ing. Ignacio Benavides MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004979959		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Benitez Haro Jorge Anderson		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Imbabura, Ecuador		
EMAIL:	jabenitez@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2914150	TELÉFONO MÓVIL:	0994976814

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004914790		
APELLIDOS Y NOMBRES:	López Valenzuela Cristian Darío		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Imbabura, Ecuador		
EMAIL:	cdlopezv@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2904202	TELÉFONO MÓVIL:	0996479399

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diagnóstico Estequiométrico con Osciloscopio / Análisis del sistema de encendido del motor 2ZR-FXE
AUTOR (ES):	Benitez Haro Jorge Anderson, López Valenzuela Cristian Darío
FECHA: DD/MM/AAAA	19-09-2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Carlos Mafla MSc / Ing. Ignacio Benavides MSc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el

contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de septiembre de 2023

AUTORES:



Firma: _____
Benitez Haro Jorge Anderson



Firma: _____
López Valenzuela Cristian Darío

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
1. CAPÍTULO I.....	4
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1 ANTECEDENTES.....	4
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3 ALCANCE.....	5
1.4 OBJETIVOS.....	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.6 VEHÍCULOS HÍBRIDOS	8
1.6.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS	9
1.6.2 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS.....	9
1.6.2.1 VEHÍCULOS HÍBRIDOS EN SERIE.....	9
1.6.2.2 VEHÍCULOS HÍBRIDOS EN PARALELO	10
1.7 MOTOR 2ZR-FXE	11
1.7.1 CICLO ATKINSON.....	11
1.8 SISTEMA DE ENCENDIDO	12
1.8.1 SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO INTEGRAL.....	13
1.8.2 SEÑAL IGT	14

1.8.3	SEÑAL IGF	15
1.8.4	BOBINAS DE ENCENDIDO	15
1.8.5	SISTEMA DE ENCENDIDO DE BOBINAS INDIVIDUALES (COP).....	16
1.8.6	BUJÍAS DE ENCENDIDO	17
1.9	MODOS DE OPERACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECM).....	17
1.9.1	LAZO ABIERTO	18
1.9.2	LAZO CERRADO.....	18
1.9.2.1	SONDA LAMBDA.....	18
1.9.2.2	SONDA LAMBDA DE BANDA ANCHA	19
1.10	EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO	19
1.10.1	OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ	20
1.10.2	ESCÁNER AUTOMOTRIZ.....	20
2.	CAPÍTULO II	22
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
2.1	MATERIALES.....	22
2.1.1	GSCAN 2.....	22
2.1.2	OSCILOSCOPIO HANTEK 2C72.....	22
2.1.2.1	CABLES Y ELEMENTOS DE CONEXIÓN DEL OSCILOSCOPIO	23
2.1.3	TOYOTA PRIUS DE TERCERA GENERACIÓN	24
2.1.4	CABLES DE BUJÍAS	25
2.2	METODOLOGÍA	26
2.2.1	FLUJOGRAMAS	26
2.2.2	CONDICIONES DEL ESTUDIO	28
2.2.3	INTRODUCCIÓN AL MANEJO DEL EQUIPO	28

2.2.4	INICIAR EL PROGRAMA.....	28
2.2.4.1	HANTEK 2XX2.....	29
2.2.4.2	CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE	30
2.2.5	PREPARACIÓN DEL VEHÍCULO	31
2.2.6	TEST DE COMPONENTES	32
2.2.6.1	COMPOBACIÓN DE BUJÍAS	33
2.2.7	DIAGNÓSTICO DE BOBINAS DE ENCENDIDO.....	34
2.2.7.1	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO EN MODO MANTENIMIENTO	34
2.2.8	MEDICIÓN DE SEÑALES DE CONSUMO DE CORRIENTE Y SECUNDARIO DE LA BOBINA	35
2.2.8.1	MEDICIÓN DE CONSUMO DE CORRIENTE DE BOBINA	35
2.2.8.2	MEDICIÓN DE SECUNDARIO DE BOBINA	36
2.2.9	MEDICIONES EN LAZO ABIERTO Y LAZO CERRADO.....	37
2.2.9.1	REALIZACIÓN DE MEDICIONES EN “OPEN LOOP” O LAZO ABIERTO	37
2.2.9.2	REALIZACIÓN DE MEDICIONES EN “CLOSE LOOP” O LAZO CERRADO	37
2.2.10	MEDICIÓN DE VALORES DE SENSOR DE OXÍGENO	38
2.2.10.1	SENSOR LAMBDA EN EL DIAGNÓSTICO DE BOBINAS.....	39
2.2.11	SIMULACIÓN DE FALLAS.....	39
2.2.12	RECOLECCIÓN DE SEÑALES IGT, IGF	40
3.	CAPÍTULO III	42
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
3.1	VALORES DE FUNCIONAMIENTO NORMAL SEGÚN EL FABRICANTE ..	42
3.2	FORMAS DE ONDA DEL OSCILOGRAMA	42

3.3	RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS BUJÍAS RECOMENDADAS POR EL FABRICANTE.....	43
3.3.1	BOBINA 1	43
3.3.2	BOBINA 2	44
3.3.3	BOBINA 3	45
3.3.4	BOBINA 4	46
3.3.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS BUJÍAS RECOMENDADAS POR EL FABRICANTE	47
3.4	RESULTADOS OBTENIDOS CON BUJÍAS ALTERNATIVAS CON MENOR DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	49
3.4.1	BOBINA 1	49
3.4.2	BOBINA 2	50
3.4.3	BOBINA 3	51
3.4.4	BOBINA 4	52
3.4.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON BUJÍAS ALTERNATIVAS CERRADAS	53
3.5	RESULTADOS OBTENIDOS CON BUJÍAS ALTERNATIVAS Y MAYOR DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	54
3.5.1	BOBINA 1	54
3.5.2	BOBINA 2	56
3.5.3	BOBINA 3	57
3.5.4	BOBINA 4	58
3.5.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON BUJÍAS ALTERNATIVAS ABIERTAS	59
3.6	ANÁLISIS DE LAS SEÑALES IGT, IGF OBTENIDAS	60
3.6.1	FUNCIONAMIENTO NORMAL DE LAS SEÑALES IGT E IGF	60

3.6.2	SEÑAL IGT E IGF BOBINA 1 CON BUJÍAS DEL FABRICANTE.....	60
3.6.3	SEÑAL IGT E IGF BOBINA 1 CON LAS BUJÍAS ALTERNATIVAS.....	61
3.6.4	SEÑAL IGT E IGF BOBINA 4 CON BUJÍAS DEL FABRICANTE.....	62
3.6.5	SEÑAL IGT E IGF BOBINA 4 CON LAS BUJÍAS ALTERNATIVAS.....	63
3.7	ANÁLISIS DE SEÑALES IGT E IGF OBTENIDAS.....	64
4.	CAPITULO IV	66
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
4.1	CONCLUSIONES	66
4.2	RECOMENDACIONES	70
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
6.	ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas del scanner automotriz G-scan 2.....	22
Tabla 2.2 Especificaciones técnicas del osciloscopio hantek 2c72	23
Tabla 2.3 Especificaciones técnicas del Toyota Prius generación 3	25
Tabla 2.4 Parámetros del sensor de oxígeno	38
Tabla 2.5 Especificaciones de la bujía NGK LZKAR7A.....	40
Tabla 3.1 Resultados obtenidos de la bobina 1 con las bujías recomendadas por el fabricante	43
Tabla 3.2 Resultados obtenidos de la bobina 2 con las bujías recomendadas por el fabricante	44
Tabla 3.3 Resultados obtenidos de la bobina 3 con las bujías recomendadas por el fabricante	46
Tabla 3.4 Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías recomendadas por el fabricante	47
Tabla 3.5 Resultados obtenidos de la bobina 1 con las bujías alternativas cerradas	49
Tabla 3.6 Resultados obtenidos de la bobina 2 con las bujías alternativas cerradas	50
Tabla 3.7 Resultados obtenidos de la bobina 3 con las bujías alternativas cerradas	52
Tabla 3.8 Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías alternativas cerradas	53
Tabla 3.9 Resultados obtenidos de la bobina 1 con las bujías alternativas abiertas	55
Tabla 3.10 Resultados obtenidos de la bobina 2 con las bujías alternativas abiertas	56
Tabla 3.11 Resultados obtenidos de la bobina 3 con las bujías alternativas abiertas	57
Tabla 3.12 Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías alternativas abiertas	58
Tabla 3.13 Duración de los pulsos IGT, IGF en la bobina 1	61
Tabla 3.14 Duración de los pulsos IGT, IGF bobina 1 con bujías alternativas.....	62

Tabla 3.15 Duración de los pulsos IGT, IGF bobina 4.....63

Tabla 3.16 Duración de los pulsos IGT, IGF bobina 4 con bujías alternativas.....64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura básica del sistema híbrido.....	8
Figura 1.2 Esquema del vehículo híbrido en serie	10
Figura 1.3 Esquema del vehículo híbrido en paralelo	10
Figura 1.4 Diagrama ciclo atkinson en comparación con el ciclo otto	12
Figura 1.5 Esquema del sistema de encendido convencional	13
Figura 1.6 Diagrama del sistema de encendido.....	14
Figura 1.7 Partes de la bobina de encendido	15
Figura 1.8 Funcionamiento de las bobinas tipo COP.....	16
Figura 1.9 Osciloscopio Hantek modelo 2C72.....	20
Figura 1.10 Escáner automotriz Gscan 2.....	21
Figura 2.1 Toyota Prius de tercera generación.....	24
Figura 2.2 Cables de bujías	25
Figura 2.3 Característica de seguridad de Windows Core Isolation	29
Figura 2.4 Pantalla de inicio del software	30
Figura 2.5 Configuración del software hantek 2xx2	31
Figura 2.6 Ubicación de las bobinas y estructura que dificulta el acceso a las mismas.....	32
Figura 2.7 Códigos de error que se muestran en el escáner	32
Figura 2.8 Medición de la calibración de las bujías	33
Figura 2.9 Panel del vehículo mostrando el mensaje "MODO DE MANTENIMIENTO"	35
Figura 2.10 Conexiones del socket de la bobina de encendido.....	36
Figura 2.11 Modificación con cables de bujía en la bobina de encendido.....	37

Figura 2.12 Pantalla de valores de los distintos sensores en el escáner	38
Figura 2.13 Parámetros de holgura de la bujía	39
Figura 2.14 Conexión del osciloscopio al socket de la bobina.....	41
Figura 3.1 Ejemplos de patrones de encendido y sus correspondientes fallas del motor.....	42
Figura 3.2 Oscilograma de la bobina 1 con la bujía recomendada por el fabricante	43
Figura 3.3 Oscilograma de la bobina 2 con la bujía recomendada por el fabricante	44
Figura 3.4 Oscilograma de la bobina 3 con la bujía recomendada por el fabricante	45
Figura 3.5 Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías recomendadas por el fabricante	46
Figura 3.6 Resultados obtenidos de la bobina 1 con las bujías alternativas cerradas	49
Figura 3.7 Resultados obtenidos de la bobina 2 con las bujías alternativas cerradas	50
Figura 3.8 Resultados obtenidos de la bobina 3 con las bujías alternativas cerradas	51
Figura 3.9 Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías alternativas cerradas	52
Figura 3.10 Resultados obtenidos de la bobina 1 con las bujías alternativas abiertas	54
Figura 3.11 Resultados obtenidos de la bobina 2 con las bujías alternativas abiertas	56
Figura 3.12 Resultados obtenidos de la bobina 3 con las bujías alternativas abiertas	57
Figura 3.13 Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías alternativas abiertas	58
Figura 3.14 Patrón de funcionamiento normal de las señales IGT, IGF.....	60
Figura 3.15 Señales IGT, IGF obtenidas de la bobina 1	60
Figura 3.16 Señales IGT, IGF obtenidas de la bobina 1 con bujías alternativas.....	61
Figura 3.17 Señales IGT, IGF obtenidas de la bobina 4	62
Figura 3.18 Señales IGT, IGF obtenidas de la bobina 4 con bujías alternativas.....	63
Figura 3.19 Grafica que represente una posible falla en la bobina 3	64

RESUMEN

Los vehículos híbridos han surgido como una alternativa para reducir las emisiones contaminantes en comparación con los vehículos convencionales, lo que ha generado un nuevo campo en el ámbito del mantenimiento automotriz. Dado que estos vehículos operan de manera distinta, es esencial investigar métodos de diagnóstico más efectivos y rápidos para sus diversos sistemas. En el caso del sistema de encendido, factores como la estequiometría de la mezcla de combustible y aire, así como el flujo y consumo eléctrico, son elementos cruciales. A pesar de que la parte mecánica siempre está sujeta al desgaste, es importante reconocer que cualquier alteración en la estequiometría afecta directamente el flujo eléctrico, y estas variaciones pueden ser detectadas mediante un osciloscopio. Sin embargo, es relevante destacar que estas irregularidades pueden corregirse debido a los ajustes continuos realizados por la computadora, que busca mantener la mezcla de aire y combustible óptima. Por lo tanto, aunque el osciloscopio y el sensor lambda en tiempo real pueden indicar un mal funcionamiento en el sistema de encendido, no proporcionan información específica sobre fallos en componentes individuales. Sin embargo, esta información en tiempo real resulta valiosa para descartar problemas en otros sistemas del vehículo durante el diagnóstico, lo que agiliza la detección de posibles averías que podrían afectar el rendimiento de vehículos híbridos, como el Toyota PRIUS, equipados con el motor 2ZRFXE.

ABSTRACT

Hybrid vehicles have emerged as an alternative to reduce pollutant emissions compared to conventional vehicles, opening a new field in automotive maintenance. Since these vehicles operate differently, it is essential to research more effective and faster diagnostic methods for their various systems. In the case of the ignition system, factors such as the stoichiometry of the fuel and air mixture, as well as electrical flow and consumption, are crucial elements. While the mechanical components are always subject to wear and tear, it is important to recognize that any alterations in stoichiometry directly impact electrical flow, and these variations can be detected using an oscilloscope. However, it is worth noting that these irregularities can be corrected due to ongoing adjustments made by the computer, which aims to maintain the optimal air-fuel mixture. Therefore, although the oscilloscope and real-time lambda sensor can indicate a malfunction in the ignition system, they do not provide specific information about faults in individual components. Nevertheless, this real-time information is valuable for ruling out issues in other vehicle systems during diagnosis, expediting the detection of potential problems that could affect the performance of hybrid vehicles like the Toyota PRIUS, equipped with the 2ZRFXE engine.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento constante en la utilización de vehículos híbridos subraya la necesidad de contar con información más completa sobre su mantenimiento adecuado y diagnóstico. Por lo tanto, el uso de herramientas automotrices para detectar posibles problemas se vuelve crucial para optimizar el proceso de detección de fallos cuando un vehículo presenta mal funcionamiento. Para lograrlo, es fundamental contar con una fuente de información confiable que actúe como referencia de apoyo, garantizando la precisión del procedimiento de diagnóstico. Este proyecto introduce un método de diagnóstico que se basa en las variaciones en la estequiometría del motor 2ZRFXE y en cómo estas influyen directamente el flujo eléctrico en los componentes del sistema de encendido, específicamente las bobinas de encendido. Esto se logra mediante el uso de un osciloscopio automotriz y el análisis tanto de oscilogramas como de los valores de funcionamiento normal recomendados por el fabricante. El objetivo es determinar la viabilidad de diagnosticar los componentes del sistema de encendido y si las alteraciones en la relación aire-combustible efectivamente provocan variaciones en el flujo eléctrico. Además, el procedimiento documentado servirá como modelo para futuras repeticiones y se espera que brinde valiosos conocimientos para futuros profesionales en este campo.

1. CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 ANTECEDENTES

El aumento en el volumen vehicular a nivel mundial ha causado un incremento inevitable de la contaminación ambiental, debida al ruido, a las cantidades de dióxido de carbono generado y al deterioro de paisaje urbano, entre otros aspectos que afectan directamente la salud mundial. El aumento en la producción de gases contaminantes causa enfermedades respiratorias, como el asma y el cáncer al pulmón, entre otras. De igual manera, la presencia de metales pesados en el aire de las ciudades llega a altos niveles, y se considera que los medios de transporte terrestre son de los más contaminantes del mundo(Muñoz Pérez et al., 2021).

Si bien en muchas partes del mundo se ha tomado medidas para reducir la contaminación ambiental, generada por los vehículos que circulan por las carreteras de todo el mundo, no se puede evitar el crecimiento desmesurado del sector automotriz. Por lo tanto, es necesario que los vehículos con tecnologías híbridas y limpias jueguen un papel más importante en el número total de vehículos que circulan por el mundo(Giraldo Quintero, 2022).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio climático, la contaminación y la escasez de recursos se han convertido en un gran problema durante las últimas décadas, por este motivo el ser humano con el fin de frenar esta situación se ha visto en la necesidad de investigar y desarrollar nuevas y mejores formas de aprovechar los combustibles, de esta manera nacen los vehículos híbridos que por lo general funcionan con dos fuentes de poder; el motor MCI alimentado por combustible fósil ya sea gasolina o diésel y un motor eléctrico, de manera que este tipo de automotores consiguen reducir de manera significativa sus emisiones lo que supone un menor impacto en el medio ambiente. Además, estos automóviles no son solo capaces de ahorrar

combustible, sino que a este factor se le suma que esta combinación también tiene como objetivo el de bajar la cilindrada del motor y obtener mucha más potencia y torque instantáneo gracias al motor eléctrico. En otras palabras, este tipo de vehículos reúne lo mejor de ambos mundos, el motor eléctrico proporciona una gran eficiencia energética y un par instantáneo, por su parte el motor de combustión interna aporta una mayor autonomía (López Martínez, 2015).

Sin embargo y a pesar de todas las ventajas que supone este tipo de vehículo, no está exento de futuras averías y complicaciones tal y como lo sería cualquier objeto de uso cotidiano, esto a su vez conlleva una necesidad de profesionales que se especialicen no solo en la reparación y mantenimiento de estos vehículos sino también de personal con los conocimientos necesarios para poder prevenir futuras averías en los sistemas que conforman este tipo de automotores híbridos, la información e investigación acerca del correcto funcionamiento de los mismos juega un papel clave para la preparación y diagnóstico de los futuros profesionales, por lo que mediante esta investigación se pretende solventar una parte de esa falta de información acerca de diagnóstico vehicular híbrido esperando que así, sirva de utilidad no solo para el campo automotriz sino también para la sociedad en general que requiera este conocimiento.

1.3 ALCANCE

Esta investigación va a estar enfocada en una parte indispensable del vehículo híbrido, se centra en el sistema de encendido, analizando partes importantes como bujías, bobinas y el cableado de estos componentes, además de la verificación de oscilogramas, comparando la información obtenida en diferentes escenarios de funcionamiento con el uso de herramientas de diagnóstico automotriz como por ejemplo el osciloscopio “un instrumento electrónico de medición, el cual representa de manera gráfica en una pantalla las diferentes señales eléctricas que por su constitución no son perceptibles para el ojo humano, para luego poder analizar sus distintos parámetros como son: frecuencia, periodo, amplitud, los picos de voltaje altos y mínimos”(Narváez Clerque, 2019), sirviendo de referencia para consultar aspectos clave, ya sean voltajes de referencia y protocolos a seguir para el análisis de averías

que pudiese tener el vehículo en cuanto al sistema de encendido y mezcla estequiométrica del motor 2ZR-FXE, con ello se pretende conocer el estado actual y el correcto funcionamiento de los sistemas previamente detallados esperando así que la información obtenida sirva de apoyo a profesionales técnicos, ingenieros y estudiantes de la rama automotriz.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar estequiométricamente mediante el uso del osciloscopio el sistema de encendido y el funcionamiento del motor 2ZR-FXE.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Usar una herramienta de diagnóstico para conocer la relación estequiométrica del motor 2ZR-FXE mediante el sistema de encendido y comparar los resultados obtenidos.
- Analizar y diagnosticar el sistema de encendido del motor 2ZR-FXE a partir de la información obtenida de los oscilogramas.
- Comparar los resultados obtenidos en el diagnóstico del sistema de encendido con los datos que registren en distintos escenarios, tanto en lazo abierto como en lazo cerrado del motor 2ZR-FXE que alteran su relación estequiométrica para su posterior análisis.
- Elaborar una guía para facilitar el diagnóstico con osciloscopio del sistema de encendido y funcionamiento del motor 2ZR-FXE.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La Unión Europea junto con 27 países miembros de la misma aprobó un proyecto, en el cual se especifica que para el año 2035 las firmas encargadas de producir y comercializar vehículos con motor térmico, de combustión interna deben terminar en su totalidad con la producción de este tipo de motores.

En Bélgica, los dueños de vehículos reciben bonos por parte del gobierno para reemplazar sus vehículos por otros que consigan producir emisiones de CO₂ menores a 146 gr/Kg(Campos Canales, 2019).

Con ello se busca reducir las emisiones que producen los mismos y su impacto en el medio ambiente, sin embargo y a pesar de que en los países de primer mundo reemplazar gradualmente sus vehículos de combustión interna por otros propulsados por energía eléctrica podría ser un proceso relativamente más rápido, no obstante no es el caso para países menos desarrollados en los cuales aún dependen en gran parte de automóviles que hacen uso de combustibles derivados del petróleo, por ello los vehículos con tecnología híbrida comienzan a tener mayor relevancia.

De acuerdo con (BARRERA DOBLADO OSCAR ROS MARIN JOAN ANTONI, 2017) Las ventas de vehículos que requieren energías alternativas como combustible continúan en aumento año tras año desde que se conoce su tipo de alimentación en utilitario.

“En 2022 la venta de autos híbridos alcanzó las 4.269 unidades, según datos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (Aeade). Ese número representa un aumento en las ventas del 271 % comparado con el 2020 y del 201 % en relación con el 2019”(SEBASTIÁN ANGULO, 2022).

A raíz de lo anterior mencionado podemos ver que tanto factores como el precio de los combustibles o los impuestos que el gobierno impone sobre estos automotores, provoca que las personas eleven su interés en este tipo de sistemas híbridos, elevando así la necesidad no solo de personal calificado capaz de diagnosticar y prevenir correctamente posibles averías en estos sistemas, sino también de conocimientos e información pertinente en lo que respecta al diagnóstico y correcto funcionamiento de este tipo de vehículos, el presente proyecto contribuirá con conocimientos en el ámbito del diagnóstico estequiométrico del motor 2ZR-

FXE a través del sistema de encendido del Toyota Prius con sistema híbrido, mediante el uso de herramientas de diagnóstico automotriz y comparación de resultados obtenidos en diferentes situaciones de funcionamiento, de esta manera se cuenta con mayor información necesaria para todo aquel profesional automotriz que lo requiera, logrando así un correcto diagnóstico más rápido y eficiente que no solo prevendrá posibles averías sino también alargará la vida útil de este tipo de vehículos que toman cada vez más fuerza en este lado del mundo.

1.6 VEHÍCULOS HÍBRIDOS

El concepto básico de vehículos híbridos se puede entender como el uso de un motor de combustión interna que puede tener distintas características dependiendo del fabricante y modelo de automóvil, un generador y un motor eléctrico que puede ser abastecido ya sea por un generador o un banco de baterías, el conjunto de todos los componentes anteriormente detallados trabajan en conjunto para conformar el sistema híbrido que es capaz de impulsar al vehículo de tal manera que cuando este se encuentra en funcionamiento supone un menor consumo de combustible y una considerable reducción en las emisiones de gases contaminantes el medio ambiente con el uso de esta fuente de energía alternativa (Macías Monserrate Oscar German, 2015)

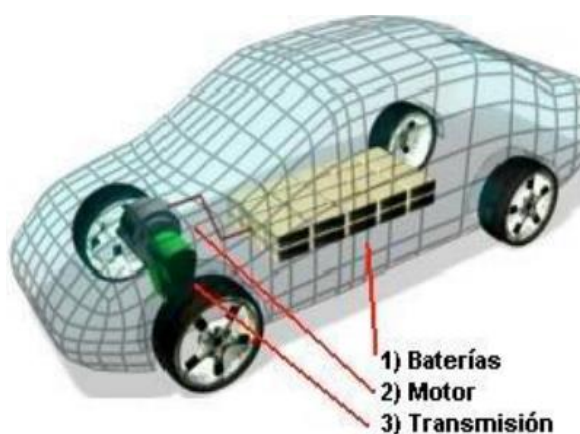


Figura 1.1 Estructura básica del sistema híbrido
(Universidad Iberoamericana, 2010, boletín 24)

1.6.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Los vehículos híbridos presentan varias ventajas en comparación con los vehículos convencionales, en primer lugar, pueden lograr el doble de eficiencia al eliminar la mayor parte de la pérdida de potencia que se produce en los vehículos convencionales. Además, el sistema de frenado regenerativo permite absorber energía y reducir la pérdida de eficiencia, adicional a eso, el tamaño del motor se utiliza solo para la potencia promedio, mientras que la potencia máxima es proporcionada por la fuente de energía de respaldo(Colcha et al., 2022).

En cuanto a las desventajas a considerar, como el aumento de peso debido a las baterías, la complejidad de los componentes y la gestión de la energía, así como el precio de venta elevado y la vida útil de las baterías. No obstante, se están logrando importantes avances en estos aspectos, lo que hará que los vehículos híbridos sean una opción cada vez más competitiva en el mercado automovilístico actual(Waliño, 2020).

1.6.2 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Una manera de clasificar los vehículos híbridos es según su configuración del tren de potencia: serie o paralelo, dentro de estos grupos pueden hacerse matices que originan subdivisiones sin embargo para este estudio solo se detallan los anteriormente mencionados.

1.6.2.1 VEHÍCULOS HÍBRIDOS EN SERIE

En el caso de un híbrido en serie, el motor de combustión está conectado a un generador que suma su potencia a la de la batería. Esta energía combinada se transmite a un motor eléctrico que impulsa las ruedas, dado que el motor de combustión está desconectado del tren motriz, puede operar en sus puntos de mayor eficiencia, ya que tiende a ser ineficiente en estados transitorios, sin embargo, esta configuración no es ideal para la conducción interurbana debido a las pérdidas de potencia y la necesidad de motores eléctricos más potentes. Por lo tanto, se utiliza principalmente en vehículos pequeños urbanos y autobuses urbanos(Waliño, 2020).

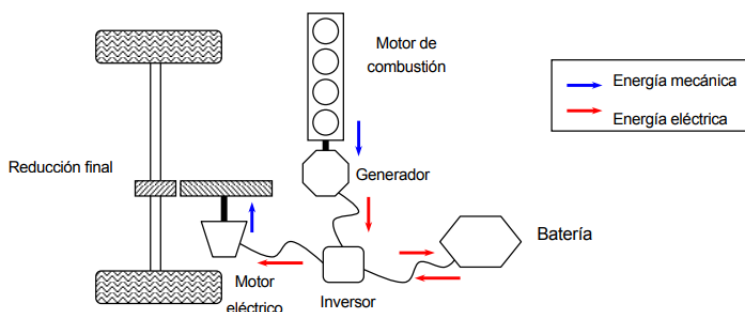


Figura 1.2 Esquema del vehículo híbrido en serie
(Universidad Politécnica de Cataluña, 2007, p. 31)

1.6.2.2 VEHÍCULOS HÍBRIDOS EN PARALELO

En un sistema híbrido paralelo, tanto el motor de combustión como el motor eléctrico impulsan las ruedas y su potencia se utiliza según las condiciones, este sistema se denomina paralelo porque la energía fluye hacia las ruedas en paralelo, en este sistema, la batería se carga al encender el motor eléctrico para que funcione como generador, y la electricidad almacenada en la batería se utiliza para impulsar las ruedas. Aunque este sistema tiene una estructura simple, no puede conducir las ruedas únicamente con el motor eléctrico mientras carga la batería, ya que solo cuenta con un motor (Escobar, 2018).

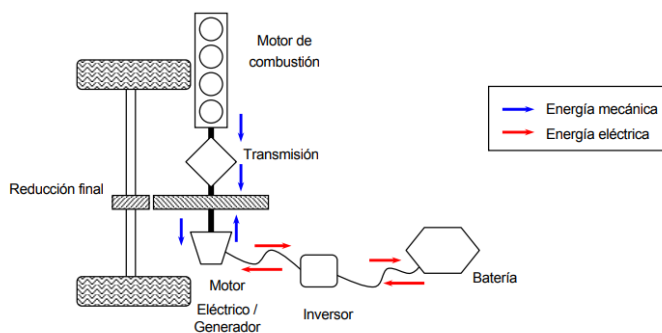


Figura 1.3 Esquema del vehículo híbrido en paralelo
(Universidad Politécnica de Cataluña, 2007, p. 31)

1.7 MOTOR 2ZR-FXE

El motor 2ZR-FXE es un tipo de motor de combustión interna utilizado en vehículos híbridos Toyota. Es un motor de cuatro cilindros y 1.8 litros de desplazamiento. Está diseñado para ofrecer eficiencia de combustible y bajas emisiones(Matsuo et al., 2016).

El motor 2ZR-FXE utiliza tecnología de ciclo Atkinson, lo que significa que tiene un ciclo de compresión más largo en comparación con un motor de ciclo Otto tradicional. Esto permite una mayor eficiencia térmica al reducir las pérdidas por bombeo y mejorar la eficiencia en cargas ligeras, además, el motor 2ZR-FXE cuenta con un sistema híbrido que combina un motor eléctrico y una batería para proporcionar asistencia adicional durante la aceleración y reducir el consumo de combustible en situaciones de baja carga(SAE International, 2011).

1.7.1 CICLO ATKINSON

El ciclo Atkinson en el Toyota Prius es una variante del ciclo de combustión interna de cuatro tiempos. A diferencia del ciclo convencional, el ciclo Atkinson utiliza una estrategia de cierre de válvulas de admisión retardado para lograr una mayor eficiencia en el consumo de combustible.

Durante la fase de admisión, la válvula de admisión permanece abierta más tiempo de lo habitual, permitiendo que una pequeña cantidad de la mezcla de aire y combustible sea empujada de regreso hacia el colector de admisión. Esto se conoce como reflujo de gases. Posteriormente, la válvula de admisión se cierra y el pistón asciende para comprimir la mezcla en el cilindro.

Debido al reflujo de gases, la cantidad de mezcla retenida en el cilindro es menor en comparación con el ciclo convencional. Esto resulta en una relación de compresión efectiva más baja. Sin embargo, al utilizar relaciones de compresión más altas en el Toyota Prius (como 13:1), se logra un mayor aprovechamiento de la energía liberada durante la expansión de la mezcla combustible.

El ciclo Atkinson en el Prius ha sido denominado "de cinco tiempos" debido a las características particulares de su funcionamiento: admisión, reflujo de gases, compresión, expansión y escape. Aunque los motores que operan con este ciclo tienden a tener una potencia ligeramente inferior, esta diferencia se compensa con el motor eléctrico del sistema híbrido del Prius, que proporciona la potencia adicional necesaria para la propulsión. En conjunto, el ciclo Atkinson y el sistema híbrido contribuyen a una mayor eficiencia de combustible en el Toyota Prius (Macías Monserrate, 2015).

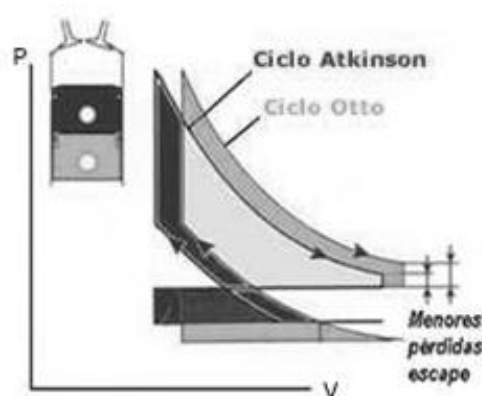


Figura 1.4 Diagrama ciclo atkinson en comparación con el ciclo otto
(Equipo Rutamotor, 2015, p. 1)

1.8 SISTEMA DE ENCENDIDO

Su principal objetivo es proporcionar la chispa necesaria en las bujías para encender la mezcla de aire y combustible en las cámaras de combustión y así iniciar el funcionamiento del motor. A lo largo de los años, los sistemas de encendido han evolucionado desde los sistemas mecánicos hasta los sistemas electrónicos más avanzados, que utilizan tecnología de control y sensores para optimizar el rendimiento del motor, mejorar la eficiencia y reducir las emisiones. Estos sistemas suelen incluir componentes como la bobina de encendido, el distribuidor (en sistemas más antiguos), los cables de encendido y las bujías. Cada

componente cumple un papel importante en el proceso de encendido y garantiza un funcionamiento suave y confiable del motor del vehículo.

El encendido de un motor térmico de gasolina demanda que se complete un circuito eléctrico a través del aire para generar una chispa para lo cual es necesario un voltaje muy alto debido a que el circuito tiene una resistencia muy elevada por el aire entre los electrodos de bujías, esta resistencia que se produce es de miles de ohmios, mientras que la temperatura y la presión en el interior del cilindro es bastante elevada lo que produce una alta resistencia, sin embargo la mezcla aire combustible es un conductor de alta resistencia (Ken Layne, 1992).

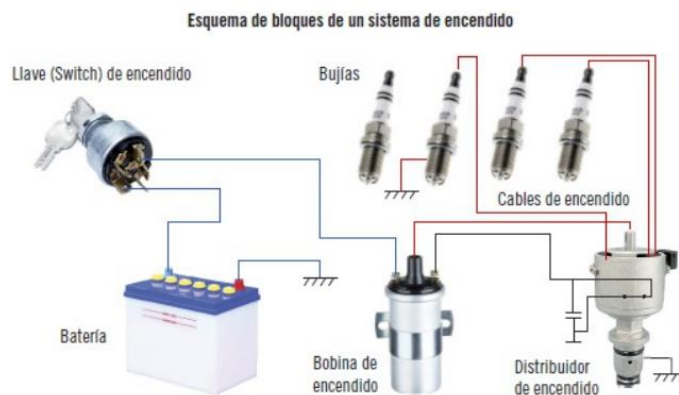


Figura 1.5 Esquema del sistema de encendido convencional
(Cabrera Armijos, 2012, p. 19)

1.8.1 SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO INTEGRAL

El Toyota Prius utiliza el sistema electrónico integral que controla y coordina la secuencia de encendido de las bujías, el ajuste del tiempo de encendido y la distribución de energía entre el motor de combustión interna y el motor eléctrico. Esto se logra mediante el uso de sensores y algoritmos de control en la ECU que monitorean y optimizan continuamente el rendimiento del sistema híbrido (Larico Huanca, 2018).

En este sistema electrónico integral se gestiona tanto el encendido del motor de combustión interna como la gestión del motor eléctrico/generador.

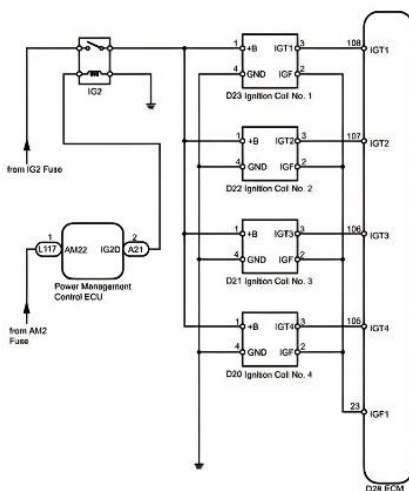


Figura 1.6 Diagrama del sistema de encendido
(Toyota motors, 2010, p. 1)

1.8.2 SEÑAL IGT

El flujo de corriente en la bobina primaria es gestionado por la Unidad de Control del Motor (ECM) mediante la señal de tiempo de encendido IGT. Esta señal representa un voltaje que activa o desactiva el transistor principal en el módulo de encendido. Cuando el voltaje cae a cero, el transistor se apaga, lo que provoca un rápido colapso del campo magnético y genera un voltaje alto en la bobina secundaria. Si este voltaje supera la resistencia del circuito secundario, se produce una chispa en la bujía.

La función principal del módulo de encendido es regular la corriente de la bobina primaria, de acuerdo con la señal recibida de la ECM a través de IGT. Además, el módulo de encendido o ECM puede desempeñar varias funciones, como confirmar la ignición (IGF), controlar el ángulo del tiempo de espera, prevenir el bloqueo del circuito de sobretensión y limitar la corriente, entre otras.

Es fundamental asegurarse de que, al reemplazar el módulo de encendido, este esté configurado adecuadamente para el tipo de bobina de encendido y ECM utilizados (Quishpe, 2019).

1.8.3 SEÑAL IGF

El ECM utiliza la señal IGF para comprobar el correcto funcionamiento del sistema de encendido. Dependiendo de esta señal, el ECM suministrará energía a la bomba de combustible y a los inyectores en la mayoría de los sistemas de encendido.

Si la señal IGF está ausente, el vehículo arrancará brevemente y luego perderá potencia. Sin embargo, en ciertos sistemas de encendido directo con el módulo de encendido integrado en la bobina, el motor continuará funcionando (E-auto, 2023).

1.8.4 BOBINAS DE ENCENDIDO

La bobina de encendido es un componente esencial del sistema de encendido de un automóvil. Su función principal es transformar la corriente de baja tensión proveniente de la batería en corriente de alta tensión necesaria para encender la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión, consta de dos bobinas enrolladas alrededor de un núcleo de hierro y se encuentra dentro de una carcasa llena de aceite para actuar como refrigerante. La bobina primaria, ubicada en el exterior, recibe la corriente de baja tensión de la batería. Por otro lado, la bobina secundaria, con muchas más vueltas de alambre que la primaria, es la encargada de transmitir la corriente de alta tensión necesaria para generar la chispa en la bujía y encender la mezcla de aire y combustible (Mitsubishi, 2020).

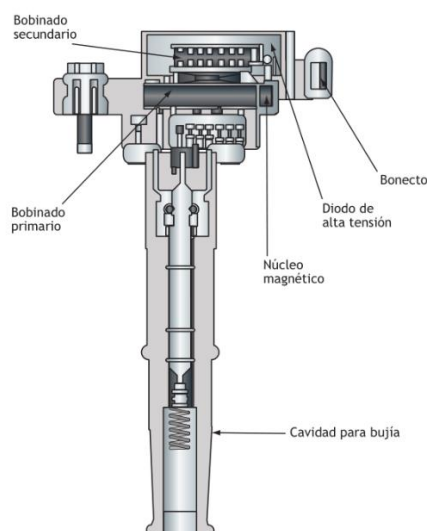


Figura 1.7 Partes de la bobina de encendido
(AutoyTécnica, 2023)

1.8.5 SISTEMA DE ENCENDIDO DE BOBINAS INDIVIDUALES (COP)

El sistema de encendido (COP) es un sistema que busca mejorar la eficiencia de los motores de combustión interna al eliminar las pérdidas de tensión que ocurrían en los cables de alta tensión, su objetivo principal es reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases. En este sistema, cada bobina de encendido está conectada directamente a cada bujía, lo que permite una entrega de chispa más eficiente y precisa. Esto optimiza el rendimiento del motor y mejora la eficiencia del encendido (Pillajo et al., 2022).

Como se mencionó anteriormente en este sistema se prescinde del uso de cables de alta tensión que se colocan entre la bobina y la bujía, en el sistema de encendido COP, cada bujía tiene su propia bobina y estas se agrupan juntas, el funcionamiento es similar al sistema de encendido DIS (Distribuidor de Ignición) o de Chispa Perdida, el circuito primario de la bobina se conecta al polo positivo de la batería a través de un interruptor o relé adicional. Además, el sistema COP requiere la señal de posición del cigüeñal y del árbol de levas, que se emiten hacia la Unidad de Control Electrónico (ECU) como una referencia de la posición del pistón, lo que permite determinar el cilindro número 1 durante el tiempo de compresión. Cuando la ECU detecta esta señal, envía una señal a la bobina para determinar el momento exacto en el que se produce el salto de chispa (Pillajo et al., 2022)

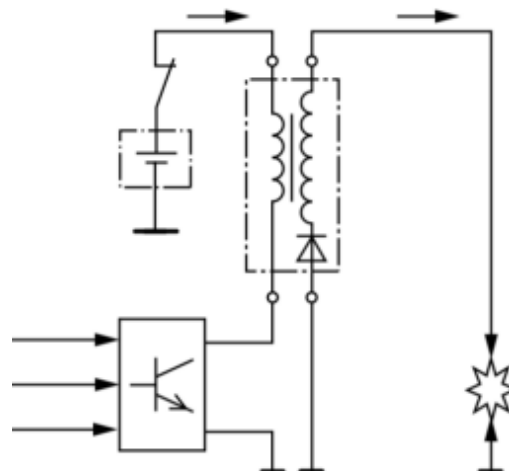


Figura 1.8 Funcionamiento de las bobinas tipo COP
(Pillajo et al., 2022, p. 35)

1.8.6 BUJÍAS DE ENCENDIDO

Las bujías tienen la función de proporcionar la chispa necesaria para encender el combustible dentro de la cámara de combustión. Es crucial que las bujías no cedan ante los niveles de presión, evitando así que los gases del interior del cilindro se escapen hacia el exterior(Rodes, 2019).

La bujía es un componente formado por una carcasa metálica conectada a un aislante de porcelana y un electrodo que atraviesa dicho aislante. La carcasa metálica cuenta con otro electrodo, unido a ella y curvado hacia el centro de la bujía. Una parte de la carcasa está roscada, lo que permite su sujeción en un orificio también roscado en la culata del motor. Ambos electrodos están fabricados con un metal especial y se separan por una distancia de hasta 0,040 pulgadas. La chispa se genera en este espacio, provocando la ignición de la mezcla de gases comprimidos en la cámara de combustión, desde el electrodo central hacia el electrodo de masa externo(Larico, 2018)

Las bujías deben resistir los productos químicos generados durante la combustión, como hidrocarburos y ácidos, al mismo tiempo que mantienen su capacidad de aislamiento eléctrico gracias a su resistencia térmica, mecánica y eléctrica. Además, es crucial que las bujías mantengan una temperatura constante mientras están en funcionamiento, dentro de un rango de 500°C a 900°C, ajustando su grado térmico según las necesidades específicas en cada momento(Rodes, 2019).

1.9 MODOS DE OPERACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECM)

Los modos de operación de un vehículo se refieren a los diferentes estados o condiciones en los que puede encontrarse durante su funcionamiento, cada modo tiene características y funciones específicas que permiten al vehículo adaptarse a diferentes situaciones de conducción(Juan Trujillo-Tello et al., 2020).

1.9.1 LAZO ABIERTO

Un sistema de bucle abierto no realiza un seguimiento de su salida ni realiza ajustes en función de esta. Un ejemplo de esto es el control de temperatura en un vehículo sin aire acondicionado automático. En este caso, el sistema simplemente emite una señal para activar la calefacción o el enfriamiento sin tener en cuenta la temperatura real del interior del vehículo(E-auto, 2019)

La ECM estará en modo de lazo abierto:

- Al arrancar el motor.
- Cuando el motor está frío.
- Durante la aceleración.
- Durante el corte de combustible.
- Con la mariposa totalmente abierta.

1.9.2 LAZO CERRADO

Cuando la unidad de control del motor (ECM) utiliza la retroalimentación de sensores como el sensor de oxígeno o el sensor de aire/combustible para ajustar la relación aire/combustible, se considera que el sistema funciona en modo de bucle cerrado.

El ECM debe monitorear el flujo de escape y realizar ajustes en la relación aire/combustible para lograr una eficiencia óptima del catalizador y reducir las emisiones de gases. La medición del nivel de oxígeno residual después de la combustión es una forma de determinar la proporción adecuada de aire y combustible(E-auto, 2019).

1.9.2.1 SONDA LAMBDA

Con el transcurso del tiempo, los sistemas de control de combustible presentaron dificultades en las mezclas de combustible, lo que condujo a la necesidad de introducir sistemas automatizados. Estos sistemas ofrecen un control preciso y controlado, se implementó una sonda de concentración de oxígeno en el colector de escape, conocida como sonda lambda, que requiere el uso de sistemas electrónicos de inyección (Juan Trujillo-Tello et al., 2020).

1.9.2.2 SONDA LAMBDA DE BANDA ANCHA

La sonda lambda de banda ancha, también conocida como sensor de oxígeno de banda ancha o sensor de relación aire-combustible (A/F), es una versión avanzada de la sonda lambda convencional, la información proporcionada por una sonda lambda de banda ancha permite al sistema de gestión del motor ajustar de manera más precisa la inyección de combustible y optimizar la combustión en tiempo real. Esto ayuda a mejorar la eficiencia del motor, reducir las emisiones contaminantes y maximizar el rendimiento del vehículo.

La ventaja de una sonda lambda de banda ancha es que proporciona una retroalimentación más precisa y detallada sobre la relación aire-combustible en comparación con una sonda lambda convencional. Esto es especialmente útil en motores de alto rendimiento o en sistemas de control de emisiones más avanzados (González Mora, 2016).

1.10 EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO

Los equipos de diagnóstico automotriz son herramientas electrónicas diseñadas para ayudar en el diagnóstico y reparación de problemas en vehículos. Estos dispositivos se utilizan para escanear y comunicarse con los sistemas electrónicos del automóvil, permitiendo a los técnicos y mecánicos identificar fallos y averías de manera más rápida y precisa. Los equipos de diagnóstico automotriz varían en cuanto a su nivel de complejidad y funcionalidad.

En ocasiones, al enfrentarse al diagnóstico y solución de problemas de un vehículo, algunos técnicos tienden a emplear herramientas inapropiadas para llevar a cabo dichas tareas. Como resultado, si no se utiliza un equipo de diagnóstico adecuado, puede ocurrir que el técnico no realice correctamente su labor y se diagnostique erróneamente el vehículo (Donado, 2020).

1.10.1 OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ

Un osciloscopio automotriz es un instrumento de medición electrónico utilizado para representar gráficamente en una pantalla las señales eléctricas que no son visibles para el ojo humano. Permite analizar diversos parámetros, como la frecuencia, el periodo, la amplitud y los picos de voltaje alto y bajo de las señales. El osciloscopio procesa la información capturada y la utiliza para reconstruir la forma de onda en la pantalla. La representación gráfica en la pantalla del osciloscopio muestra la evolución temporal de las señales analizadas (Narváez & Narváez, 2019).

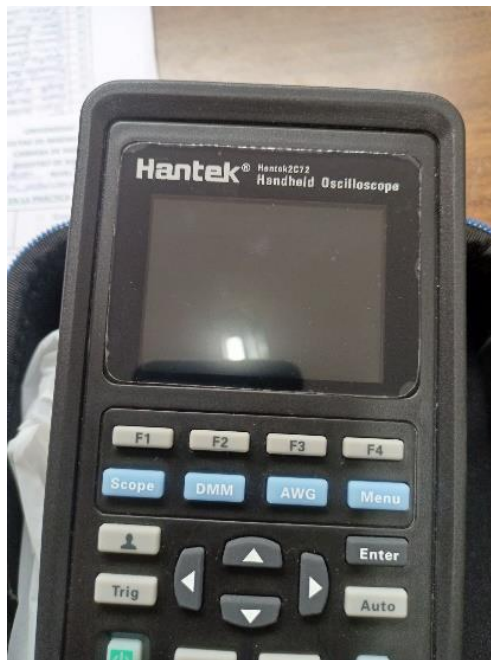


Figura 1.9 Osciloscopio Hantek modelo 2C72
(Elaboración propia)

1.10.2 ESCÁNER AUTOMOTRIZ

Un escáner automotriz es una herramienta, que se utiliza para diagnosticar las fallas registradas en el área electrónica de un automóvil específico, particularmente en su sistema informático. Esta herramienta accede a la información almacenada en la computadora leyendo los códigos registrados y reportándolos. (Quezada Cordero et al., 2019)

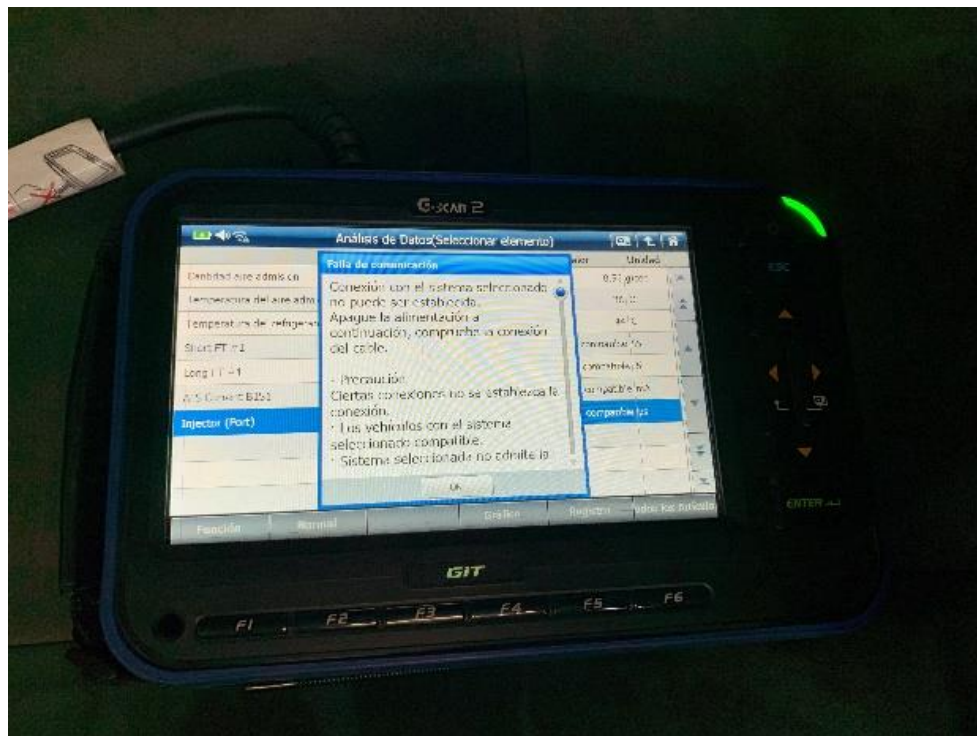


Figura 1.10 Escáner automotriz Gscan 2
(Elaboración propia)

2. CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

2.1.1 GSCAN 2

El G-Scan 2 es un paquete de herramientas de escaneo completo y versátil diseñado para talleres que necesitan una herramienta de escaneo de primer nivel que pueda manejar vehículos tanto OBD 1 como OBD 2, incluidas las variantes de gasolina y diésel, con soporte de voltaje para 12v y sistemas 24v. Además, incluye una amplia gama de adaptadores necesarios para adaptarse a los modelos de automóviles y camiones más antiguos, incluidos los camiones Isuzu e Hino.(G-SCAN Oceania, 2019)

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas del scanner automotriz G-scan 2

Dispositivos de entrada	Pantalla táctil, teclas de encendido, intro, ESC, teclas direccionales de cuatro vías, teclas de función f1 a f6
Batería	Li-ion polímero 2100mAh 1 celda
Tensión de funcionamiento	7-35V CC (10-35V para carga)
Puerto COM externo	1 USB 2.0 (maestro) 1 mini USB (esclavo)
Modulo WIFI	On Board
Modulo Bluetooth	On Board
Frecuencia	50/60 Hz
Potencia de entrada	100-240V CA

Fuente: (G-SCAN Oceania, 2019)

2.1.2 OSCILOSCOPIO HANTEK 2C72

El osciloscopio Hantek2000, es un equipo pequeño y liviano, que está equipado con un probador multifunción tres en uno: osciloscopio, fuente de señal y multímetro. El diseño de

la suspensión admite el ajuste de múltiples ángulos; Interfaz de carga tipo C de consumo de energía ultra bajo, la carga cada 2 horas puede funcionar todo el día o en espera durante dos meses, pantalla LCD en color de alta definición clara y delicada. Diseño de teclado minimalista, operación simplificada, fácil de usar(Hantek, 2021).

Tabla 2.2 Especificaciones técnicas del osciloscopio hantek 2c72

Canales	2 canales
Ancho de banda	70 MHz
Tasa de muestreo	250 Sa/s (un canal), 125 Sa/s (dos canales en simultaneo).
Pantalla	LCD a color 2,8"
Carga	Rápida mediante USB C
Autonomía	Bajo consumo y gran autonomía
Tipo de onda	Senoidal, cuadrada, triangular, señal de pulso
Funciones	Multímetro

Fuente: (Hantek, 2021)

2.1.2.1 CABLES Y ELEMENTOS DE CONEXIÓN DEL OSCILOSCOPIO

El osciloscopio utiliza cables de prueba, también llamados sondas, para medir y capturar las señales eléctricas del circuito. Estos cables tienen una punta de prueba en un extremo y se conectan al osciloscopio en el otro extremo. Las puntas de prueba se colocan en los puntos de medición para transmitir la señal al osciloscopio y analizarla. Las agujas, que son accesorios opcionales, también se pueden utilizar en lugar de las puntas de prueba estándar. Estas agujas tienen una punta afilada y una abrazadera que son útiles para medir señales en cables o pines pequeños. Además de permitir una conexión precisa y segura a los puntos de medición(Santos, 2020).

La pinza amperimétrica es una herramienta de medición utilizada para medir la corriente eléctrica en un circuito sin necesidad de interrumpirlo. A diferencia de un multímetro tradicional, que requiere la conexión directa de los cables al circuito, una pinza

amperimétrica se coloca alrededor del conductor y mide la corriente a través del campo magnético generado por el flujo de corriente(Becerra Bonza & Chía Neira, 2020).

2.1.3 TOYOTA PRIUS DE TERCERA GENERACIÓN

Como se muestra en la Figura 2.1 el Toyota Prius 2010, que marca el primer año de producción de lo que se conoce como la tercera generación del Prius, mejorando en términos de eficiencia de combustible en comparación con el Prius de segunda generación, alcanzando un estimado de 51 millas por galón (MPG) en condiciones de conducción urbana y 48 (MPG) en condiciones de conducción en carretera. Según las especificaciones publicadas, el vehículo cuenta con tracción delantera y está impulsado por un motor de combustión interna (MCI) de 4 cilindros y 1.8 litros con 98 caballos de fuerza (73 kW). Con la ayuda de una batería de hidruro de níquel-metal de 36 caballos de fuerza (27 kW), el sistema alcanza una potencia nominal neta de 134 caballos de fuerza (100 kW)(Burress et al., 2011).

Por un lado, es un símbolo de la ecología que se convierte en un coche económico y sin columna para ir del punto A al punto B. Por otro lado, es una forma interesante y muy nueva de reducir los costos de combustible(Autorip, 2021).



Figura 2.1 Toyota Prius de tercera generación
(Elaboración propia)

Tabla 2.3 Especificaciones técnicas del Toyota Prius generación 3

Motor a gasolina	1.8 litros, 4 cilindros en serie.
Tipo de hibridación	Toyota Hibrid Synergy Drive
Tipo de baterías	Níquel-metal hidruro
Potencia combinada	134 hp-99kw
Torque	142 Nm a 4000 rpm
Transmisión	CVT con modo manual secuencial
Velocidad máxima	180 km/h
Ancho	1.75m
Altura	1.49m
Peso	1380kg, 1425kg según la versión

Fuente:(km77, 2012)

2.1.4 CABLES DE BUJÍAS

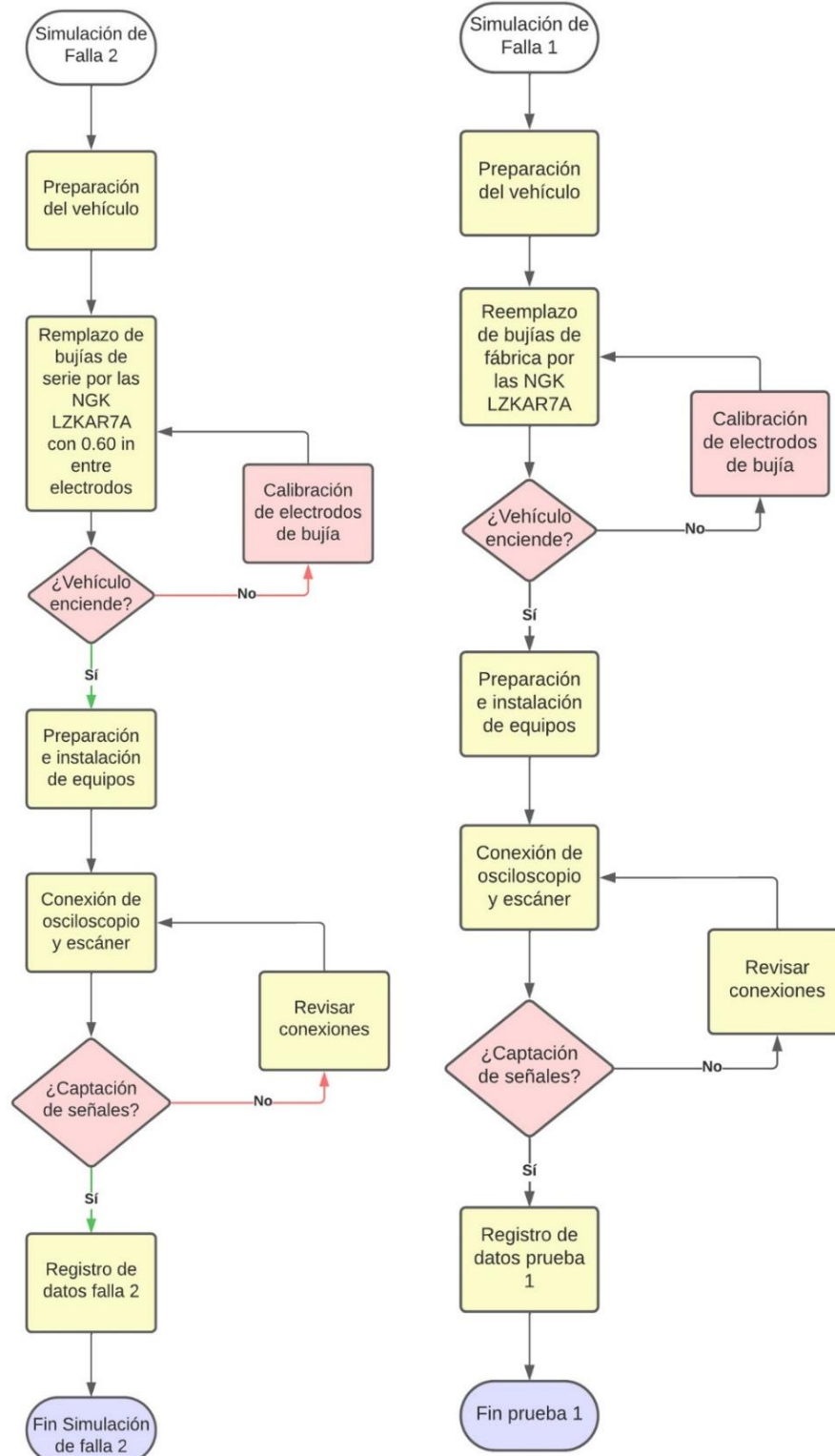
El cable de bujía es uno de los elementos del sistema de encendido de un vehículo de gasolina. Su función es conectar el distribuidor a la bobina de encendido y la bujía para permitir el paso de la corriente y crear chispas que provoquen la combustión en el cilindro para arrancar el motor(López, 2022).

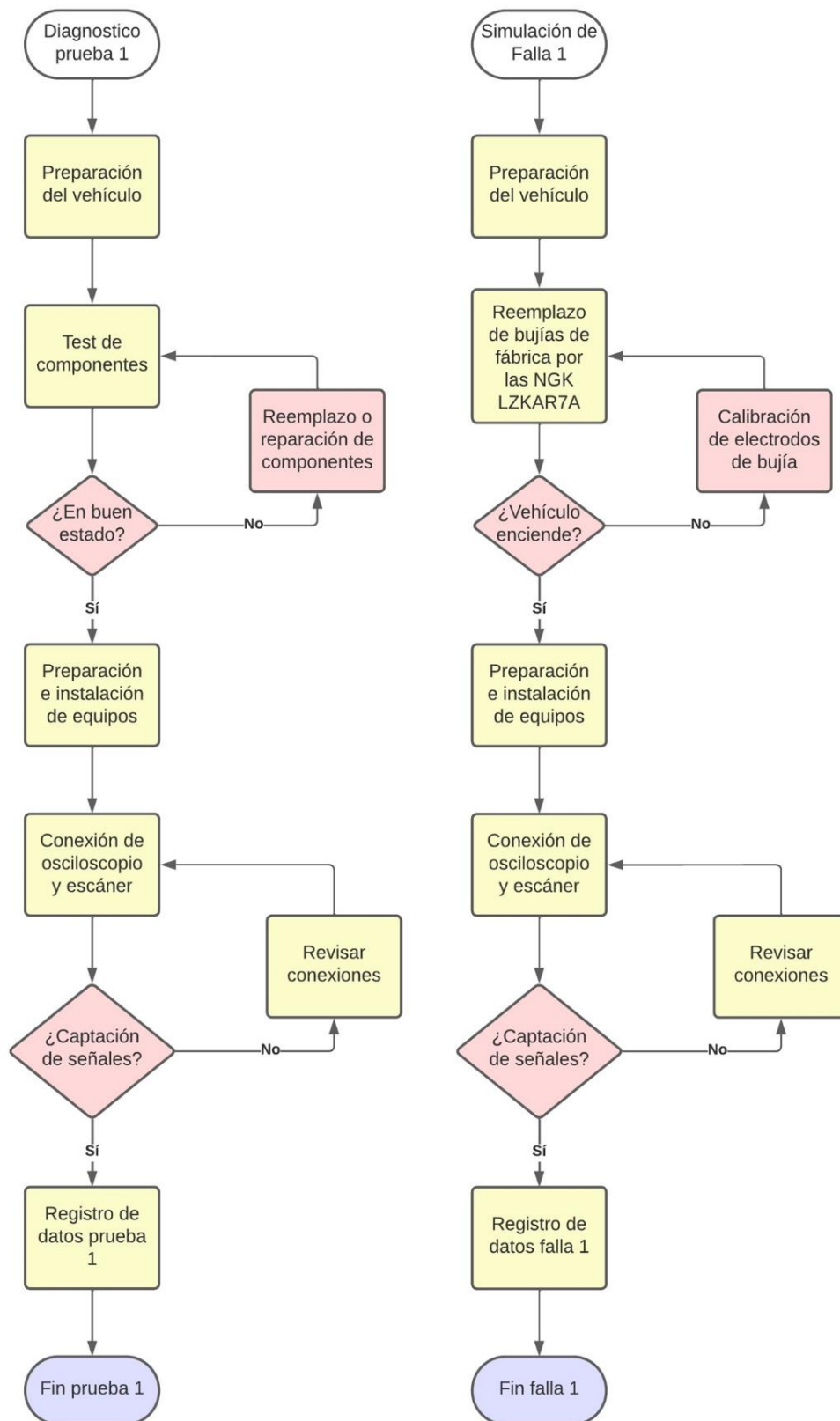


Figura 2.2 Cables de bujías
(Elaboración propia)

2.2 METODOLOGÍA

2.2.1 FLUJOGRAMAS





2.2.2 CONDICIONES DEL ESTUDIO

Este estudio fue realizado en las siguientes condiciones:

- Ciudad de Ibarra, aproximadamente a 2225 msnm.
- La presión atmosférica varía según las condiciones meteorológicas, sin embargo, un aproximado en la ciudad de Ibarra es de 75993 Pascales
- Inyectores de pico y retención, que tienen un control más preciso en la inyección de combustible.
- Para formar o establecer una correcta mezcla de aire y combustible interviene varios sensores y actuadores como son el ECT, MAP MAF, TPS, entre otros. Sin embargo, para este estudio se dará un enfoque en el sistema de encendido (bujías y bobinas) y como mediante este se puede diagnosticar fallos en la estequiometría, así como cualquier fallo en los actuadores de este sistema puede repercutir en la estequiometría. Dicho análisis se lo realizara mediante el análisis de exhaustivo basado en la en la evaluación y análisis de las gráficas generadas por las bujías y las bobinas.

2.2.3 INTRODUCCIÓN AL MANEJO DEL EQUIPO

Para poder obtener los datos de manera correcta es necesario comprender el funcionamiento de las distintas herramientas de diagnóstico, sus respectivas marcas y la disponibilidad de software para el computador. En este caso se utilizará el osciloscopio automotriz debido a que el mismo es capaz de registrar y mostrar el comportamiento eléctrico en las bobinas de encendido, “cualquier desbalance en la mezcla se refleja simultáneamente en la conducta eléctrica de la corriente que fluye por el sistema de encendido. Es justamente ese flujo eléctrico el que se puede monitorear y diagnosticar.” (Óscar Hernández, 2021).

Una vez se cuenta con los materiales necesarios se continua a ejecutar los siguientes pasos.

2.2.4 INICIAR EL PROGRAMA

El osciloscopio automotriz Hantek 2c72 cuenta con un software que permite registrar el oscilograma de las bobinas en tiempo real, además el mismo es capaz de guardar la información en un determinado momento para medir los distintos datos registrados en el punto del tiempo deseado.

2.2.4.1 HANTEK 2XX2

El software Hantek 2xx2 está disponible de manera gratuita en la página oficial del fabricante con un peso de 12.1MB, una vez que se ha descargado e instalado el software se ejecuta.

Para que el software pueda funcionar es necesaria la instalación de un controlador en el computador, para lo cual es requerido por el programa inhabilitar la opción de seguridad “core isolation” dentro del programa “Windows security” que impide que el controlador se instale y pueda funcionar correctamente.

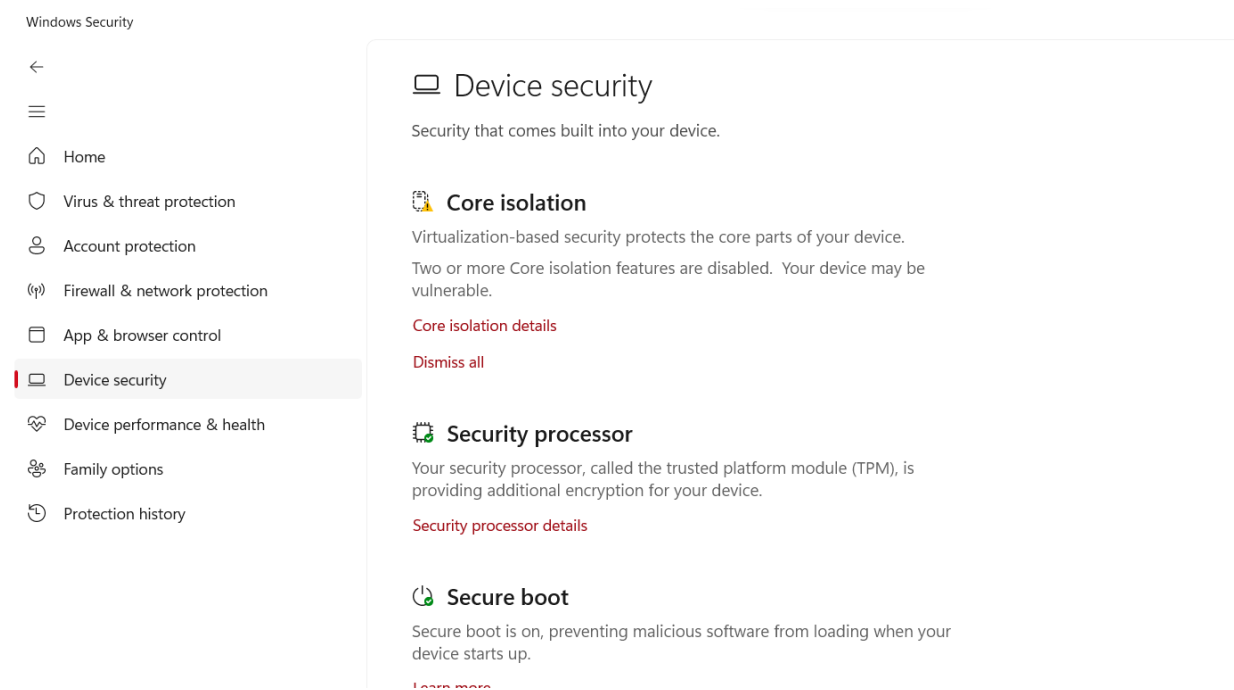


Figura 2.3 Característica de seguridad de Windows Core Isolation
(Elaboración propia)

Para que el controlador se instale se debe abrir el programa y posteriormente conectar el osciloscopio encendido mediante su cable USB, después de esto el programa puede funcionar con normalidad.



Figura 2.4 Pantalla de inicio del software
(Elaboración propia)

2.2.4.2 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE

Para poder recoger adecuadamente los datos se configuró los parámetros en el computador puesto que si no se configura correctamente la escala se puede dañar el osciloscopio, la escala que se seleccionó fue x1000 y el tiempo de 1 milisegundos, además de que cada sección debe estar en 5kv para que la gráfica se muestre de manera correcta, luego se procedió con la configuración del segundo canal para poder medir el consumo de corriente en amperios para lo cual se escogió la opción de CC1100 y la el valor de cada división se fío en 1 amperio, posteriormente se procedió a escoger los canales que se muestran en la pantalla mediante la opción, en este caso se seleccionó ambos canales para que se muestren al mismo tiempo , por último se configuro la herramienta para que esta recoja señales de corriente directa DC en ambos canales mediante la opción.



Figura 2.5 Configuración del software hantek 2x2
(Elaboración propia)

2.2.5 PREPARACIÓN DEL VEHÍCULO

Para la conexión del osciloscopio a las bobinas y bujías las cuales son el objeto de estudio es necesario preparar el vehículo, en el caso del Toyota Prius las bobinas del motor de combustión interna ubicado en la parte delantera del chasis del automóvil, se encuentran en un lugar de difícil acceso ya que existe una estructura diseñada para recolectar el agua de la lluvia y retener residuos la cual estaba localizada abajo del parabrisas que impedía retirar dichos componentes por lo que fue necesario desmontar esta estructura con el fin de poder conectar las bobinas con los cables de bujías y de esta manera continuar con el diagnóstico. Para poder desmontar este componente fue necesario retirar en primer lugar las plumas del parabrisas para ello se requirió una racha y un dado de 10 milímetros, para retirar las demás tuercas que sujetan la estructura fue necesario usar un dado de 14 milímetros y una extensión para poder llegar a las zonas más complicadas, por último, se retiró con precaución el

componente liberando los distintos seguros que este posee para evitar dañar la estructura que esta hecha de policarbonato.



Figura 2.6 Ubicación de las bobinas y estructura que dificulta el acceso a las mismas
(Elaboración propia)

2.2.6 TEST DE COMPONENTES

Antes de proceder con el diagnóstico del sistema de encendido se verifico el buen estado tanto de cables, conexiones como de demás componentes del sistema de manera visual.

Ademas, se verificó con ayuda del escáner que no existan los códigos de error o DTS que se muestran en la Figura 2.7 y que están directamente relacionados con el mal funcionamiento las bobinas de encendido.

DTC	P0351	Ignition Coil "A" Primary / Secondary Circuit
DTC	P0352	Ignition Coil "B" Primary / Secondary Circuit
DTC	P0353	Ignition Coil "C" Primary / Secondary Circuit
DTC	P0354	Ignition Coil "D" Primary / Secondary Circuit

Figura 2.7 Códigos de error que se muestran en el escáner
(Toyota Motors, 2010, p. 2413)

2.2.6.1 COMPOBACIÓN DE BUJÍAS

Antes de diagnosticar el sistema de encendido, era importante comprobar el correcto funcionamiento de uno de sus elementos más importantes. Las bujías recomendadas por el fabricante son las bujías de iridio de la marca Denso SC20HR11. Es recomendable inspeccionar este elemento en primer lugar antes de realizar una intervención en las bobinas independientes, con el fin de evitar un diagnóstico incorrecto de las mismas, para comenzar se realizó una inspección visual de la bujía con el fin de determinar si existe algún problema en base a su aspecto, luego se procedió a medir la calibración de estas puesto a que este es un factor que influye tanto en el rendimiento como en el consumo de combustible del motor(Bosch, 2023).

En este caso la bujía no se encontraba en buen estado debido a que en ella se pudieron apreciar residuos de combustible, sin embargo, la calibración de esta se encontraba en 0.04 in o 1 milímetro, en base a lo que expresa el fabricante este valor es el apropiado para el correcto funcionamiento y desempeño del motor(Toyota Motors, 2010).



Figura 2.8 Medición de la calibración de las bujías
(Elaboración propia)

2.2.7 DIAGNÓSTICO DE BOBINAS DE ENCENDIDO

Una vez que se comprobó que las bujías se encontraban funcionando correctamente el siguiente paso es proceder con el diagnóstico de las bobinas de encendido, para lo cual se usó un dado de 10 milímetros con una media vuelta con el fin de extraer las mismas del motor, al extraer la primera bobina se procedió con la conexión de los cables de bujía que permiten tener un mejor acceso al secundario de esta para poder registrar los datos con el osciloscopio, una vez se ha preparado los componentes para la diagnosis se procede con los siguientes pasos.

2.2.7.1 CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO EN MODO MANTENIMIENTO

Debido a que el Toyota Prius es un vehículo híbrido su motor de combustión interna, solo se enciende cuando el vehículo lo requiera, bajo condiciones de demanda de mayor potencia y deja de funcionar posteriormente, debido a lo anterior mencionado es necesario configurar el vehículo en modo mantenimiento, este modo evita que el motor de combustión se apague y lo mantiene encendido de manera continua de esta manera se puede realizar la recolección de datos de diagnóstico con normalidad.

El modo mantenimiento es un procedimiento, que los fabricantes implementan cuando revisan y prueban el motor de combustión interna de un vehículo híbrido. En resumen, cuando el técnico necesite evaluar las condiciones de funcionamiento del motor de combustión interna, tendrá que realizar este procedimiento, el sistema híbrido se cancelará, es decir, el motor seguirá funcionando hasta que se presione el botón de Start/Stop de nuevo(Chavez, 2020).

Para poner el vehículo en modo mantenimiento se deben realizar los siguientes pasos:

- 1) Con el vehículo en “parking” se deben pulsar dos veces el botón start.
- 2) Pisar 2 veces el acelerador.
- 3) Pisar el freno y colocar la palanca en neutro.
- 4) Pisar 2 veces el acelerador.
- 5) Pisar el freno y colocar la palanca en “Parking”.

- 6) Pisar 2 veces el acelerador, se mostrará en el panel de instrumentos el mensaje “MODO MANTENIMIENTO”.
- 7) Pisar el freno y pulsar el botón Start, luego el motor se encenderá.



Figura 2.9 Panel del vehículo mostrando el mensaje "MODO DE MANTENIMIENTO"
(Elaboración propia)

2.2.8 MEDICIÓN DE SEÑALES DE CONSUMO DE CORRIENTE Y SECUNDARIO DE LA BOBINA

2.2.8.1 MEDICIÓN DE CONSUMO DE CORRIENTE DE BOBINA

Este motor posee bobinas de encendido independientes, es decir una bobina por cada cilindro, las cuales poseen 4 cables cada una, los que corresponden a un cable de alimentación, señal, retroalimentación y masa o tierra, para poder medir el consumo de corriente y secundario es importante identificarlos:

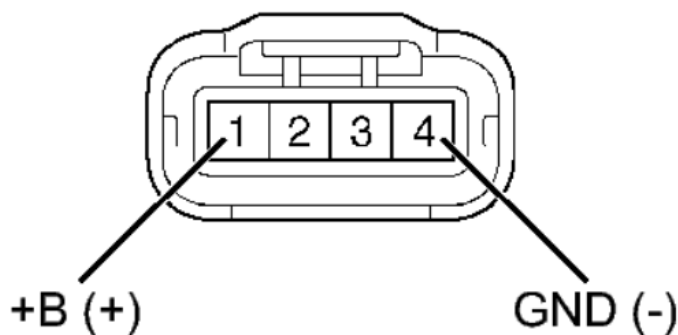


Figura 2.10 Conexiones del socket de la bobina de encendido
(Toyota Motors, 2010, p. 556)

1. Alimentación 12V
2. Señal (digital onda cuadrada)
3. Retroalimentación (señal digital)
4. Masa o tierra

Finalmente, una vez identificado los pines se procedió a conectar el osciloscopio mediante la pinza amperimétrica en el canal 1 en el cable 1 de color negro de la bobina para poder observar la gráfica del consumo de corriente de la bobina.

2.2.8.2 MEDICIÓN DE SECUNDARIO DE BOBINA

Para obtener la gráfica del secundario se puede hacerlo con un captador o paleta captadora, ubicándola por encima de la bobina, en este caso no fue posible percibir la señal así que se procedió a realizar una pequeña modificación por lo que fue necesario retirar la bobina y conectar un cable de encendido, sirviendo así de puente para poder captar la señal mediante una sonda para obtener la gráfica correspondiente.

Se procedió a realizar un puente o modificación en cada una de las bobinas, asegurando que todas estuvieran funcionando con el puente al momento de recopilar los datos.

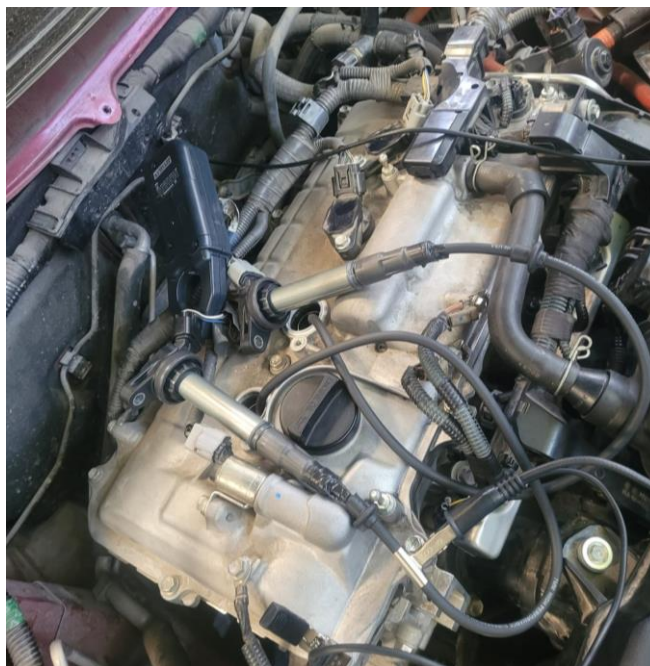


Figura 2.11 Modificación con cables de bujía en la bobina de encendido
(Elaboración propia)

2.2.9 MEDICIONES EN LAZO ABIERTO Y LAZO CERRADO

2.2.9.1 REALIZACIÓN DE MEDICIONES EN “OPEN LOOP” O LAZO ABIERTO

El vehículo entra en modo de lazo abierto únicamente cuando se requiere una mayor potencia, como al subir pendientes o adelantar a otro automóvil. Cuando está en modo de mantenimiento, su capacidad se limita a 2500 RPM y el sensor lambda está operativo desde el arranque en frío. En resumen, el vehículo no entra en lazo abierto, o "open loop", mientras está inmóvil.

2.2.9.2 REALIZACIÓN DE MEDICIONES EN “CLOSE LOOP” O LAZO CERRADO

Para realizar estas mediciones es importante que el vehículo o en este caso el motor este a temperatura de operación entre 90 a 95°C, una manera fácil de comprobarlo es que el electroventilador se haya encendido por lo menos 2 veces, esto con el fin de que el sensor

lambda se encuentre midiendo correctamente y poder corroborar las mediciones de las bobinas.

2.2.10 MEDICIÓN DE VALORES DE SENSOR DE OXÍGENO

El sensor de oxígeno que utiliza el Toyota Prius es digital por lo que no se puede obtener lecturas con el osciloscopio, por lo tanto, se procedió a conectar el escáner al puerto OBD II del vehículo ubicado bajo el volante, posteriormente se encendió el escáner (el vehículo debe estar encendido), una vez que el escáner terminó de encender se eligió la opción “diagnóstico”, luego se escogió la marca y modelo de vehículo , posteriormente se seleccionó la opción “tren de potencia”, luego se accedió al apartado de “TCCS (Motor/AT)” y finalmente se escogió la opción “análisis de datos”, después de esto se logró ver los valores de voltaje y corriente del sensor.

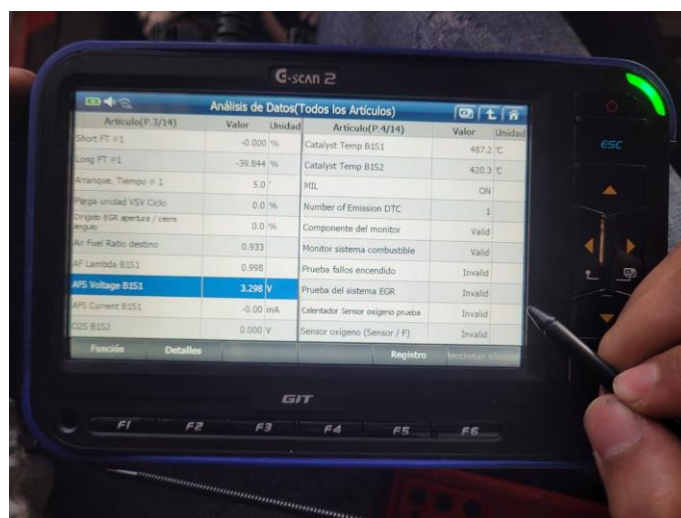


Figura 2.12 Pantalla de valores de los distintos sensores en el escáner
(Elaboración propia)

Tabla 2.4 Parámetros del sensor de oxígeno

Artículo	Descripción
AF LAMBDA B1S1	Valor lambda tiende a llegar a 1
APS VOLTAGE B1S1	Tiende a llegar a 3.3 voltios
APS CURRENT B1S1	Mezcla rica tiende a valores negativos Mezcla pobre tiende a valores positivos

Fuente:(Toyota Motors, 2010)

2.2.10.1 SENSOR LAMBDA EN EL DIAGNÓSTICO DE BOBINAS

El oscilograma del sensor lambda es útil para diagnosticar las bobinas de encendido en un vehículo. Al analizar la forma de onda, que normalmente oscila entre voltajes altos y bajos mientras el motor está en funcionamiento, se puede obtener información sobre el rendimiento de las bobinas de encendido. Si se detectan irregularidades en la forma de onda, puede indicar un problema con las bobinas de encendido.

2.2.11 SIMULACIÓN DE FALLAS

Una vez que se han realizado las mediciones correspondientes con vehículo funcionando en buenas condiciones, se realizó una modificación en la calibración de las bujías de encendido con el objetivo de simular condiciones que impliquen un mal funcionamiento en el sistema de encendido, como se mencionó anteriormente las bujías son una de las partes más importantes del sistema de encendido

Mientras mayor sea la distancia entre los electrodos, la chispa tendrá que saltar una mayor distancia para encender la mezcla aire-combustible. Esto provocando así una mayor exigencia en las bobinas. (Mogul, 2018)

Si la bujía de encendido se encuentra en malas condiciones puede representar tanto: aumento en el consumo de combustible como pérdida de potencia en el vehículo entre otros (RACE, 2021).

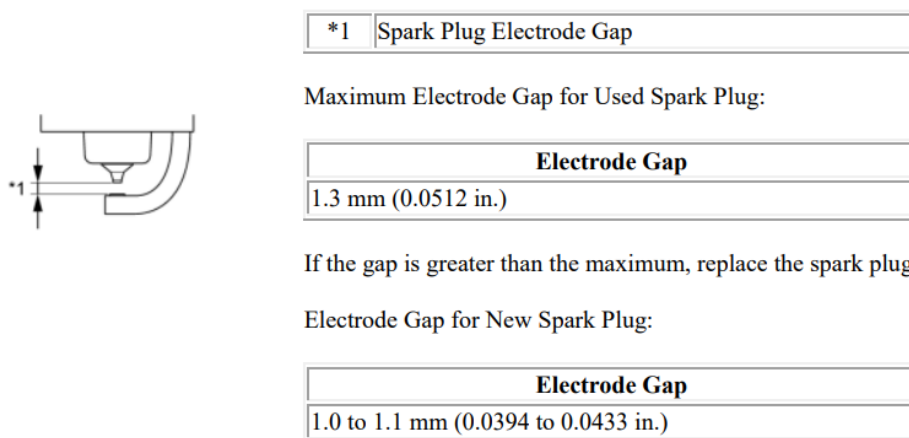


Figura 2.13 Parámetros de holgura de la bujía
(Toyota Motors, 2010)

Con las bujías de encendido modificadas y debido a que el Toyota Prius es un vehículo híbrido su motor de combustión interna solo se enciende cuando el vehículo lo requiera bajo condiciones de demanda de mayor potencia y deja de funcionar posteriormente, debido a lo anterior mencionado es necesario configurar el vehículo en modo mantenimiento, este modo evita que el motor de combustión se apague y lo mantiene encendido de manera continua de esta manera se puede realizar la recolección de datos, además la estequiometría de la mezcla cambió, una vez que se corroboró con el escáner se repitieron todas las mediciones detalladas anteriormente en el apartado 2.2.7.1 y en el 2.2.7.2 y se procedió a registrarlas para su posterior análisis.

Tabla 2.5 Especificaciones de la bujía NGK LZKAR7A

BUJIA “NGK LZKAR7A”	
DISTANCIA ELECTRODOS	0.9mm
DIAMETRO ROSCA	12mm
LARGO ROSCA	26.5mm
ANCHO LLAVE	14mm
N° ELECTRODOS MASA	1

Fuente: (Nitterra, 2021)

2.2.12 RECOLECCIÓN DE SEÑALES IGT, IGF

Para recolectar las señales IGF y las señales IGT fue necesario conectar el osciloscopio a los pines 2 y 3 del socket como se muestra en la figura 2.10 con ayuda de agujas, en este caso se recolectaron los datos de las bobinas 1 y 4.



Figura 2.14 Conexión del osciloscopio al socket de la bobina
(Elaboración propia)

3. CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 VALORES DE FUNCIONAMIENTO NORMAL SEGÚN EL FABRICANTE

Las bobinas de encendido automotrices modernas deben tener un voltaje de funcionamiento que oscila entre los 20000 y 45000 voltios aproximadamente en el secundario cuando se encuentran en buen estado, además de un consumo de corriente de entre 4 a 20A, el tiempo de saturación debe estar entre 1.5 a 4 milisegundos, mientras que el tiempo de quemado debería estar entre 1 a 1.7 milisegundos (Beru, 2013).

La variación de estos valores puede deberse a desgaste en la bobinas o fallas en otros componentes como por ejemplo las bujías.

3.2 FORMAS DE ONDA DEL OSCIOGRAMA

El análisis del patrón de encendido se emplea como un método de diagnóstico para problemas en los motores de gasolina de los automóviles. El mecánico, basándose en su experiencia y en manuales de referencia, intenta determinar las piezas defectuosas al examinar la forma de onda del patrón de encendido (Vong & Wong, 2011).

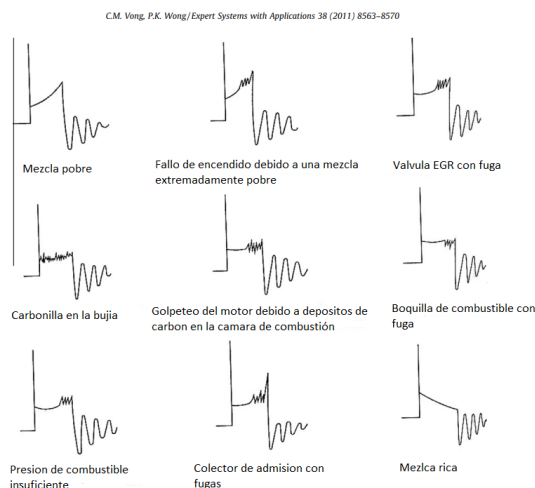


Figura 3.1 Ejemplos de patrones de encendido y sus correspondientes fallas del motor (Vong & Wong, 2011, p. 2)

3.3 RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS BUJÍAS RECOMENDADAS POR EL FABRICANTE

3.3.1 BOBINA 1

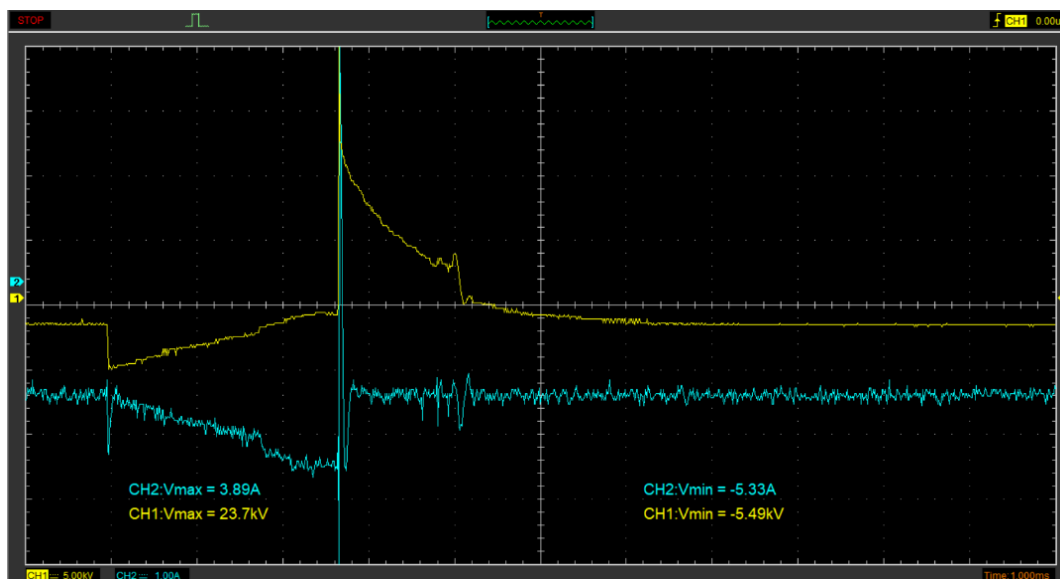


Figura 3.2 Oscilograma de la bobina 1 con la bujía recomendada por el fabricante

En la figura 3.1 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 1 del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado además de que su forma de onda sugiere que el cilindro 1 tiene mezcla rica como se muestra en la Figura 3.1.

Tabla 3.1 Resultados obtenidos de la bobina 1 con las bujías recomendadas por el fabricante

Bobina 1	
Pico máximo de voltaje del secundario	23.7 kV
Pico mínimo de voltaje del secundario	-5.49 kV
Tiempo de saturación	2.68 ms
Tiempo de quemado	1.33 ms
Consumo de corriente del primario	3.89 A
Valor de sonda lambda	0.994
Temperatura del motor	40-70°C

Como se puede observar en la Tabla 3.1 el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 23.7kV el cual se encuentra en un rango de funcionamiento normal de acuerdo con

el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación se encuentra dentro del rango de operación normal y el tiempo de quemado está dentro del rango por lo cual podemos concluir que la bobina 1 se encuentra en buenas condiciones.

3.3.2 BOBINA 2

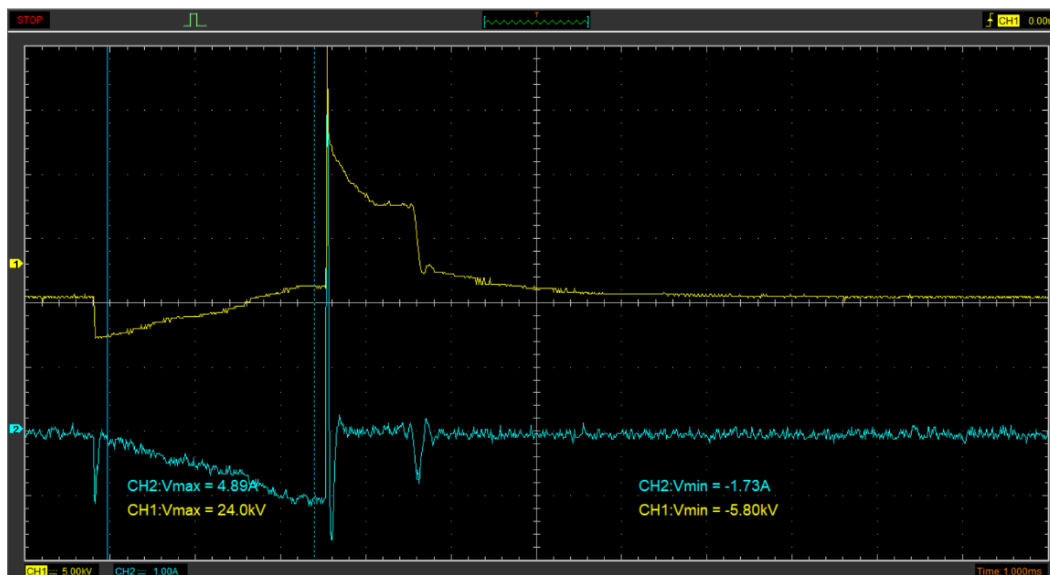


Figura 3.3 Oscilograma de la bobina 2 con la bujía recomendada por el fabricante

En la figura 3.3 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 2 del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado además de que su forma de onda sugiere que el cilindro 2 podría tener una ligera falta de presión de combustible debido a que se asemeja a la gráfica propuesta en la Figura 3.1.

Tabla 3.2 Resultados obtenidos de la bobina 2 con las bujías recomendadas por el fabricante

Bobina 2	
Pico máximo de voltaje del secundario	24 kV
Pico mínimo de voltaje del secundario	-5.8 kV
Tiempo de saturación	2.70 ms
Tiempo de quemado	1.01 ms
Consumo de corriente del primario	4.89 A
Valor de sonda lambda	0.981
Temperatura del motor	40-70°C

Como se puede observar en la Tabla 3.2 el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 24 kV el cual se encuentra en un rango de funcionamiento normal de acuerdo con el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación se encuentra dentro del rango de operación normal mientras que el tiempo de quemado es bajo por lo cual podríamos intuir que existe una posible mezcla pobre sin embargo la sonda lambda indica que en ese momento la relación estequiométrica se acerca a la ideal, esta discrepancia puede deberse a que la computadora se encuentra realizando ajustes en la inyección de combustible, por ende podemos concluir que existe un posible problema con la estequiometria en el cilindro 2 que puede deberse alguna falla en alguno de los sistemas que están involucrados en el encendido ya se bobinas, bujías o inyectores.

3.3.3 BOBINA 3

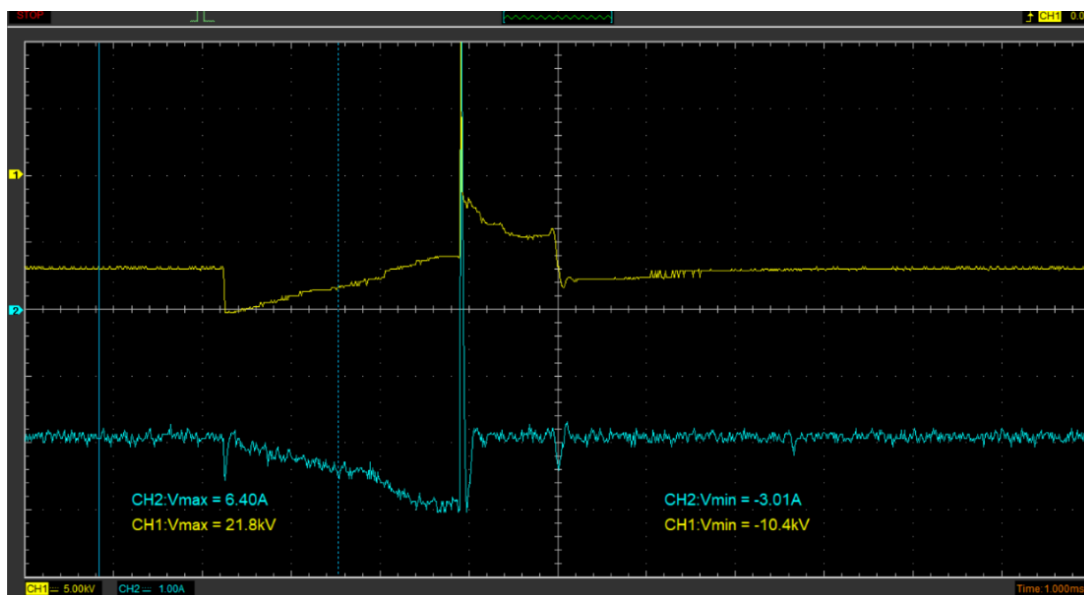


Figura 3.4 Oscilograma de la bobina 3 con la bujía recomendada por el fabricante

En la figura 3.4 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 3 del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado además de que su forma de onda sugiere que el cilindro 3 podría tener carbonilla en la bujía debido al ruido que presenta en el tiempo de quemado del oscilograma, además de que puede estar tendiendo a enriquecer la mezcla estequiométrica como se observa en comparación con la Figura 3.1.

Tabla 3.3 Resultados obtenidos de la bobina 3 con las bujías recomendadas por el fabricante

Bobina 3	
Pico máximo de voltaje del secundario	21.8 kV
Pico mínimo de voltaje del secundario	-10.4 kV
Tiempo de saturación	2.67 ms
Tiempo de quemado	1.05 ms
Consumo de corriente del primario	6.40 A
Valor de sonda lambda	1.095
Temperatura del motor	70-95°C

Como se puede observar en la Tabla 3.3 el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 21.8kV el cual se encuentra en un rango de funcionamiento normal de acuerdo con el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación se encuentra dentro del rango de operación normal, sin embargo, el tiempo de quemado es bajo además de que en este punto la sonda lambda indica que la mezcla estequiométrica es pobre, mientras que el oscilograma muestra un funcionamiento casi normal, esto puede deberse a factores como desgaste de las bobinas.

3.3.4 BOBINA 4

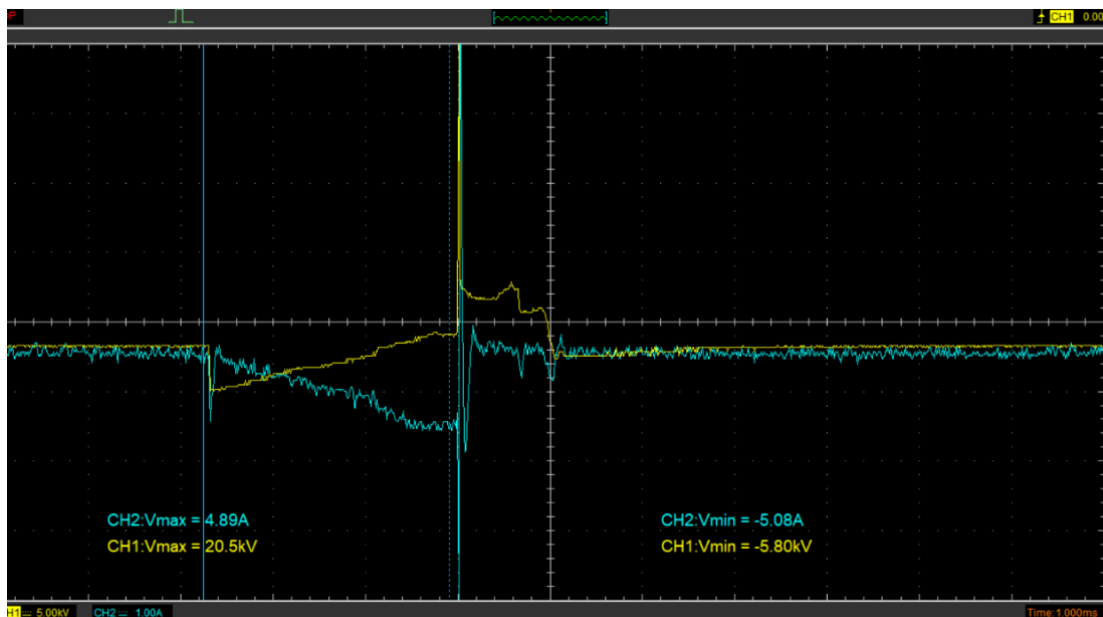


Figura 3.5 Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías recomendadas por el fabricante. En la figura 3.5 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 4 del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado además de que su forma

de onda sugiere que el cilindro 4 podría existir una presión insuficiente de combustible como se observa en comparación con la Figura 3.1 esto puede estar ocasionando que el tiempo de quemado sea corto.

Tabla 3.4 Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías recomendadas por el fabricante

Bobina 4	
Pico máximo de voltaje del secundario	20.5 kV
Pico mínimo de voltaje del secundario	-5.80 kV
Tiempo de saturación	2.70 ms
Tiempo de quemado	0.62 ms
Consumo de corriente del primario	4.89 A
Valor de sonda lambda	0.921
Temperatura del motor	70-95°C

Como se puede observar en la Tabla 3.4 el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 20.5kV el cual se encuentra en un rango de funcionamiento normal de acuerdo con el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación se encuentra dentro del rango de operación normal, sin embargo, el tiempo de quemado es demasiado bajo además de que en este punto la sonda lambda indica que la mezcla estequiométrica rica, mientras que el oscilograma muestra que puede existir una presión insuficiente de combustible lo cual nos podría sugerir en base a la comparación con la Figura 3.1 que el inyector en el cilindro 4 podría estar obstruido.

3.3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS BUJÍAS RECOMENDADAS POR EL FABRICANTE

En conclusión los oscilogramas del secundario de las bobinas de encendido reflejan lo que ocurre con el flujo de corriente durante el momento en el que se produce la chispa y la mezcla estequiométrica se combustiona en ellos podemos medir tanto el tiempo de quemado como de saturación de la bobina gracias a esto es posible determinar si existe algún posible problema en el sistema de encendido en este caso no solo haciendo énfasis en la estequiometría, como se muestra en la Figura 3.1 gracias a la forma de la onda es posible determinar posibles fallas en otros componentes del sistema de encendido, sin embargo

como se menciona en la investigación de (Vong & Wong, 2011), estos resultados esta sujetos a múltiples variables y no son precisos.

Si la mezcla estequiométrica es rica esto provocará un mayor tiempo de quemado debido a que existe mayor combustible para reaccionar, por el contrario si la mezcla estequiométrica es pobre esto ocasionará un tiempo de quemado menor, sin embargo en el caso de que esto no se cumpla podría deberse a un problema en los distintos componentes que están involucrados en el sistema de encendido y que modifican directamente la mezcla estequiométrica como es el caso de las bujías o inyectores, provocando que el módulo de control intente constantemente ajustar la mezcla de aire y combustible en busca de una relación ideal, factores como por ejemplo el tiempo de saturación de la bobinas nos pueden servir como referente para conocer el estado de las mismas que como se puede evidenciar en los resultados obtenidos el rango de saturación es bastante similar lo cual nos podría sugerir a que no se trata de un problema en las bobinas además de que se corrobora con los respectivos valores de voltaje que se encuentran dentro del rango de funcionamiento normal, como se puede observar en la Figura 3.5 la forma de onda nos sugiere que podría existir una falta de presión al momento de inyectar combustible por lo cual podríamos intuir que el inyector 4 podría estar obstruido lo cual toma más sentido si nos fijamos en la Tabla 3.4 donde el tiempo de quemado es muy bajo, además como se evidencia en los resultados obtenidos en cuanto a valores lambda podemos ver que la computadora se encuentra constantemente ajustando la mezcla estequiométrica, para terminar podemos decir si bien es posible detectar un posible problema en el sistema de encendido con ayuda del osciloscopio, esta no es la mejor manera de realizar una diagnosis de este apartado además de que los resultados obtenidos serán imprecisos, es importante realizar un correcto diagnóstico inspeccionando cada uno de los elementos tanto de manera visual inspeccionando cables o calibración y estado de las bujías, como técnica con ayuda de herramientas como el escáner automotriz.

3.4 RESULTADOS OBTENIDOS CON BUJÍAS ALTERNATIVAS CON MENOR DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS

Si la distancia entre los electrodos de las bujías es demasiado pequeña, la chispa puede saltar prematuramente o puede haber una mayor posibilidad de que los electrodos se toquen, lo que se conoce como "chispa perdida". Esto puede provocar una combustión ineficiente y una mezcla pobre de combustible y aire. Una mezcla pobre puede resultar en una pérdida de potencia y un aumento de las emisiones.

3.4.1 BOBINA 1

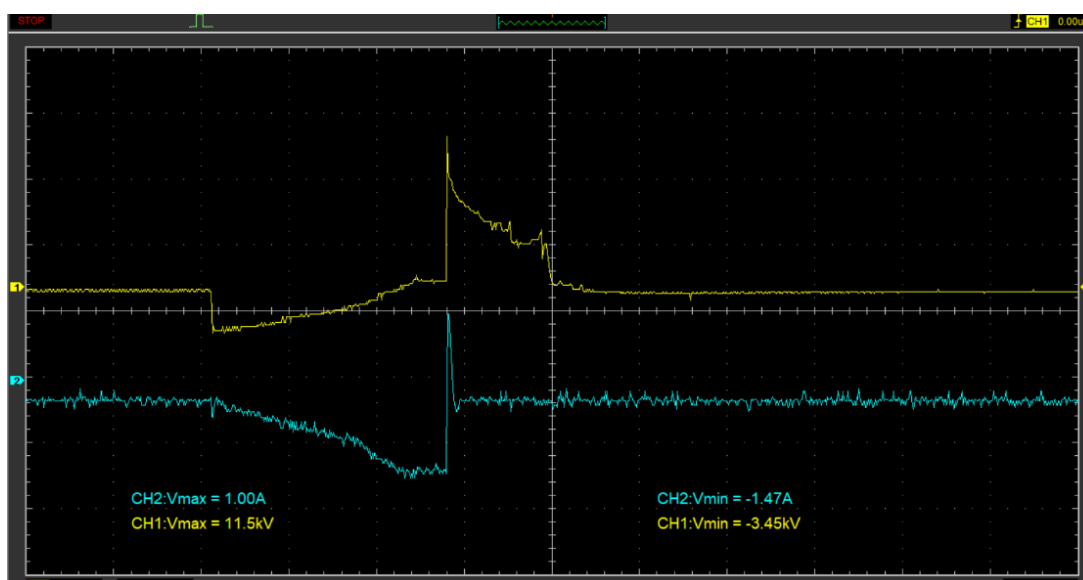


Figura 3.6 Resultados obtenidos de la bobina 1 con las bujías alternativas cerradas

En la figura 3.6 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 1 del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado además de que su forma de onda sugiere que el cilindro 1 podría tener una ligera falta de presión de combustible debido a que se asemeja a la gráfica propuesta en la Figura 3.1.

Tabla 3.5 Resultados obtenidos de la bobina 1 con las bujías alternativas cerradas

Bobina 1	
Pico máximo de voltaje del secundario	11.5 kV
Pico mínimo de voltaje del secundario	-3.45 kV
Tiempo de saturación	2.68 ms
Tiempo de quemado	1.09 ms

Consumo de corriente del primario	1 A
Valor de sonda lambda durante medición	0.821
Temperatura del motor	(40 – 70) °C

Como se puede observar en la Tabla 3.5 el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 11.5 kV el cual se encuentra en un rango de funcionamiento bajo de acuerdo con el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación se encuentra dentro del rango de operación normal mientras que el tiempo de quemado y consumo de corriente es bajo. Por lo cual podríamos intuir que existe una posible mezcla rica debido a que para esta prueba se utilizó la bujía NGK LZKAR7A la cual no es recomendada para este tipo de motor, además de que la distancia entre los electrodos es menor a la recomendada por el fabricante.

3.4.2 BOBINA 2

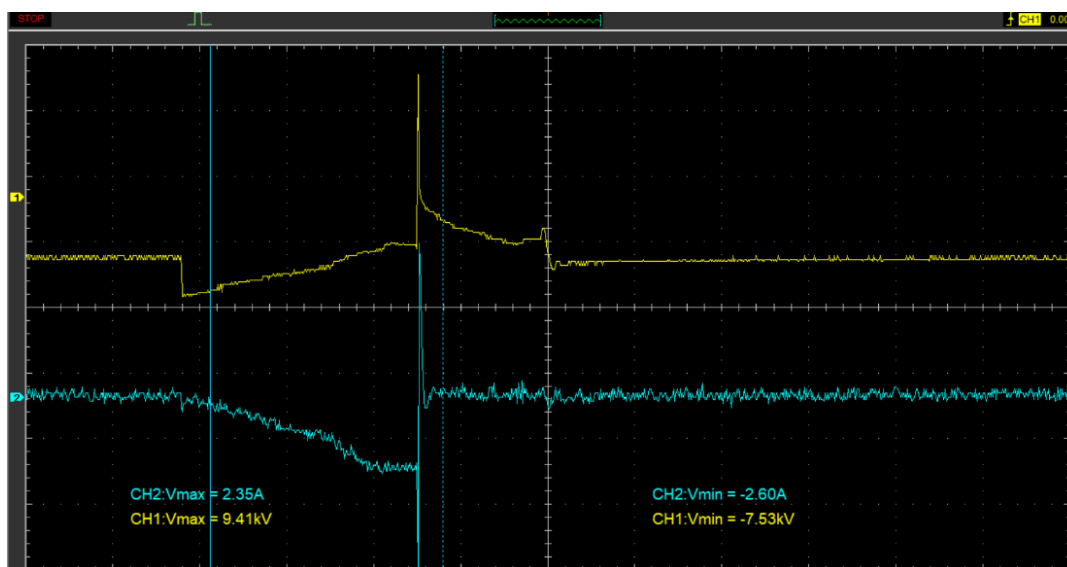


Figura 3.7 Resultados obtenidos de la bobina 2 con las bujías alternativas cerradas. En la figura 3.7 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 2 del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado además de que su forma de onda sugiere que el cilindro que podría indicar una tendencia a mezcla rica Figura 3.1.

Tabla 3.6 Resultados obtenidos de la bobina 2 con las bujías alternativas cerradas

Bobina 2	
Pico máximo de voltaje del secundario	9.41 kV

Pico mínimo de voltaje del secundario	-7.53 kV
Tiempo de saturación	2.68 ms
Tiempo de quemado	1.43 ms
Consumo de corriente del primario	2.35 A
Valor de sonda lambda durante medición	0.821
Temperatura del motor	(40 – 70) °C

Como se puede observar en la Tabla 3.6 el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 9.41 V el cual se encuentra en un rango de funcionamiento bajo de acuerdo con el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación y tiempo de quemado se encuentra dentro del rango de operación normal mientras que el consumo de corriente es bastante bajo. Por lo cual podríamos intuir que existe una posible mezcla rica debido a que para esta prueba se utilizó la bujía NGK LZKAR7A la cual no es recomendada para este tipo de motor, además de que la distancia entre los electrodos es menor a la recomendada por el fabricante.

3.4.3 BOBINA 3

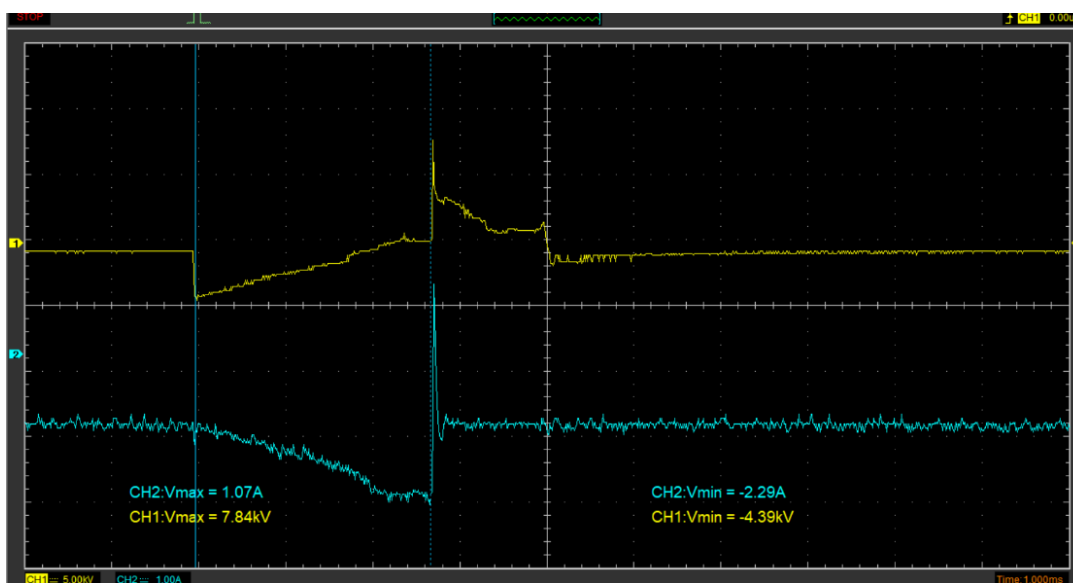


Figura 3.8 Resultados obtenidos de la bobina 3 con las bujías alternativas cerradas

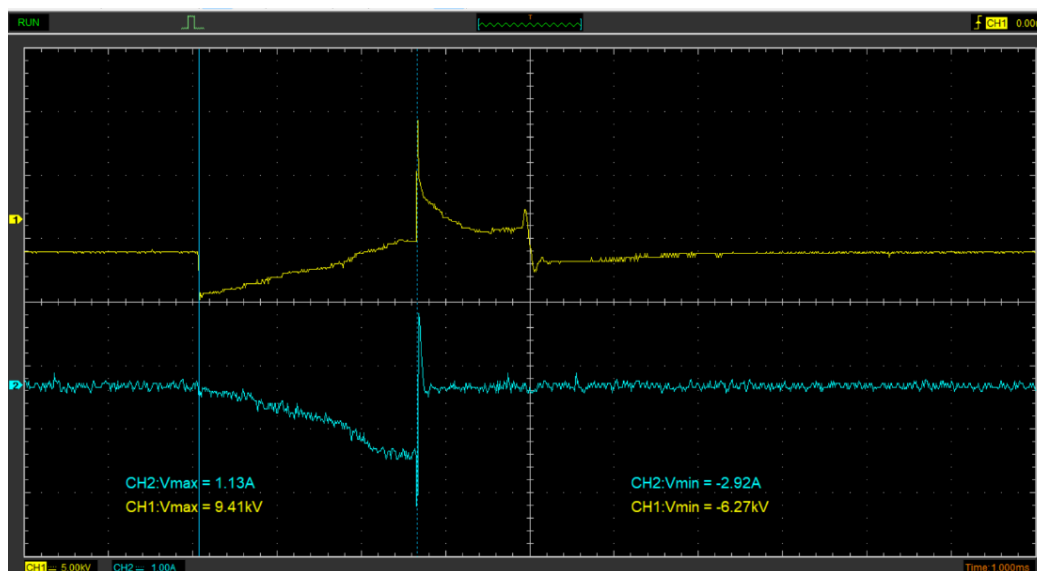
En la figura 3.8 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 3 del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado además de que su forma de onda sugiere que el cilindro que podría indicar una tendencia a mezcla rica Figura 3.1.

Tabla 3.7 Resultados obtenidos de la bobina 3 con las bujías alternativas cerradas

Bobina 3	
Pico máximo de voltaje del secundario	7.84 kV
Pico mínimo de voltaje del secundario	-4.39 kV
Tiempo de saturación	2.7 ms
Tiempo de quemado	1.24 ms
Consumo de corriente del primario	1.07 A
Valor de sonda lambda durante medición	1.232
Temperatura del motor	(70 – 95) °C

Como se puede observar en la Tabla 3.7 el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 7.84 V el cual se encuentra en un rango de funcionamiento bajo de acuerdo con el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación y tiempo de quemado se encuentra dentro del rango de operación normal mientras que el consumo de corriente es bastante bajo. Sin embargo, el valor lambda indica un valor que sugiere una mezcla pobre, ya que si el valor lambda se excede de 1 a 1.1 se considera una mezcla pobre, y así mismo si es menor de 1 a 0.9 se considera una mezcla rica.

3.4.4 BOBINA 4

**Figura 3.9** Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías alternativas cerradas

En la figura 3.9 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 4 del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado, además de que su forma de onda sugiere que el cilindro que podría indicar una tendencia a mezcla rica Figura 3.1.

Tabla 3.8 Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías alternativas cerradas

Bobina 4	
Pico máximo de voltaje del secundario	7.41 kV
Pico mínimo de voltaje del secundario	-6.27 kV
Tiempo de saturación	2.59ms
Tiempo de quemado	1.25 ms
Consumo de corriente del primario	1.13 A
Valor de sonda lambda durante medición	1.214
Temperatura del motor	(70 – 95) °C

Como se puede observar en la Tabla 3.8 el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 7.84 V, el cual se encuentra en un rango de funcionamiento bajo de acuerdo con el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación y tiempo de quemado se encuentra dentro del rango de operación normal mientras que el consumo de corriente es bastante bajo. Sin embargo, el valor lambda indica un valor que sugiere una mezcla pobre.

3.4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON BUJÍAS ALTERNATIVAS CERRADAS

Como se puede apreciar tanto en las tablas como en las figuras que los valores de los picos de voltaje y consumo de corriente han disminuido. Esto ocurre debido al reemplazo de una bujía de iridio por una de cobre, lo cual puede resultar en una menor resistencia de la bujía de cobre y, por consiguiente, en un voltaje de salida más bajo de las bobinas de encendido. La bobina COP es capaz de detectar esta menor resistencia y suministra un voltaje reducido para generar la chispa necesaria. Por otro lado, los valores de lambda tienden a variar considerablemente. Hasta que la temperatura del motor alcance valores entre 70 y 95 °C, la ECU tiende a enriquecer la mezcla. Una vez que la temperatura se encuentra dentro de este intervalo, la mezcla tiende a empobrecerse. Finalmente, después de aproximadamente 35 minutos de funcionamiento del motor, la mezcla vuelve a enriquecerse y se genera un DTC (P0172) que indica una mezcla rica.

Por lo tanto, al realizar modificaciones en el sistema de encendido, como la sustitución de las bujías por otras que no sean las recomendadas, se evidencia un cambio en los valores

lambda, consumo de corriente y picos de voltaje, lo cual implica una variación en la estequiometría de la mezcla. Este fenómeno se aprecia claramente mediante el uso de un osciloscopio, ya que todas las gráficas muestran una tendencia hacia una mezcla rica. No obstante, para verificar con precisión el estado de la mezcla estequiométrica, resulta imprescindible emplear un escáner capaz de mostrar los valores lambda. Esto nos proporcionará una confirmación sólida de la composición de la mezcla y nos permitirá tomar decisiones adecuadas para optimizar el rendimiento y eficiencia del sistema de encendido.

3.5 RESULTADOS OBTENIDOS CON BUJÍAS ALTERNATIVAS Y MAYOR DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS

Si la distancia entre los electrodos de las bujías es demasiado grande, puede haber dificultades para generar una chispa adecuada. Esto puede llevar a una combustión incompleta del combustible, lo que resulta en una mezcla rica de combustible y aire. Una mezcla rica puede causar un mayor consumo de combustible, un rendimiento deficiente del motor y una mayor emisión de contaminantes.

3.5.1 BOBINA 1

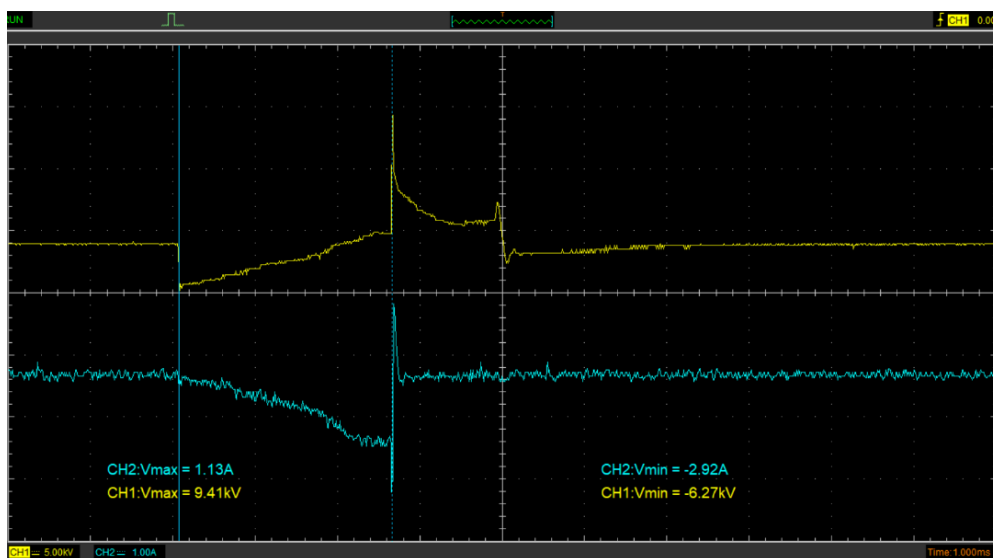


Figura 3.10 Resultados obtenidos de la bobina 1 con las bujías alternativas abiertas

En la figura 3.10 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 1 con las bujías alternativas abiertas del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado además de que su forma de onda sugiere que todo se encuentra relativamente correcto con una ligera tendencia a enriquecer la mezcla.

Tabla 3.9 Resultados obtenidos de la bobina 1 con las bujías alternativas abiertas

Bobina 1	
Pico máximo de voltaje del secundario	9.41 kV
Pico mínimo de voltaje del secundario	-7.06 kV
Tiempo de saturación	2.59 ms
Tiempo de quemado	1.12 ms
Consumo de corriente del primario	1.13 A
Valor de sonda lambda	0.957
Temperatura del motor	50-70°C

Como se puede observar en la Tabla 3.9 el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 9.41kV el cual se encuentra apenas alcanzando el un rango de funcionamiento normal de acuerdo con el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación se encuentra dentro del rango de operación normal, de igual manera el tiempo de quemado se encuentra dentro de los parámetros, sin embargo, el consumo de corriente ha caído significativamente, a pesar de esto la sonda lambda indica una mezcla estequiométrica normal esto se puede deber al cambio de bujías.

3.5.2 BOBINA 2

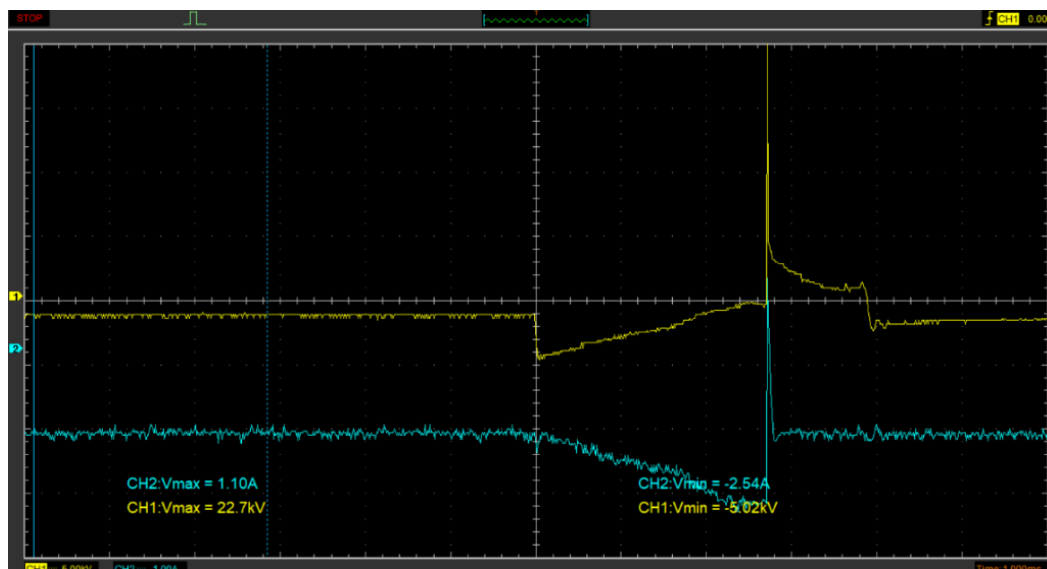


Figura 3.11 Resultados obtenidos de la bobina 2 con las bujías alternativas abiertas

En la figura 3.11 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 2 con las bujías alternativas abiertas del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado además de que su forma de onda sugiere que todo se encuentra relativamente correcto.

Tabla 3.10 Resultados obtenidos de la bobina 2 con las bujías alternativas abiertas

Bobina 2	
Pico máximo de voltaje del secundario	22.7 kV
Pico mínimo de voltaje del secundario	-5.02 kV
Tiempo de saturación	2.71 ms
Tiempo de quemado	1.15 ms
Consumo de corriente del primario	1.10 A
Valor de sonda lambda	0.901
Temperatura del motor	50-70°C

Como se puede observar en la Tabla # el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 22.7kV el cual se encuentra en un rango de funcionamiento normal de acuerdo con el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación se encuentra dentro del rango de operación normal, de igual manera el tiempo de quemado se encuentra dentro de los parámetros, sin

embargo, el consumo de corriente ha caído significativamente, a pesar de esto la sonda lambda indica una mezcla estequiométrica normal esto se puede deber al cambio de bujías.

3.5.3 BOBINA 3

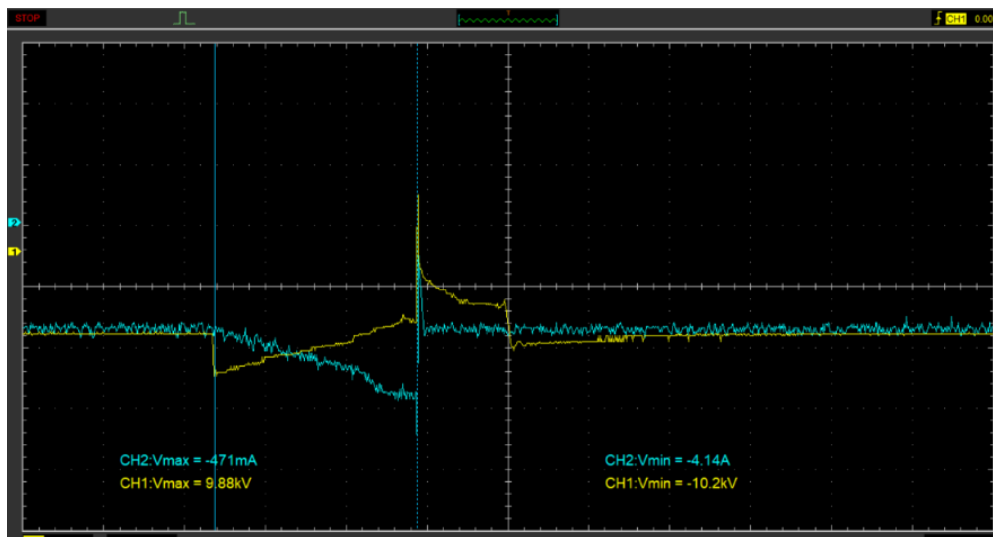


Figura 3.12 Resultados obtenidos de la bobina 3 con las bujías alternativas abiertas

En la figura 3.12 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 3 del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado además de que su forma de onda sugiere que el cilindro que podría indicar una ligera tendencia a mezcla rica Figura 3.1.

Tabla 3.11 Resultados obtenidos de la bobina 3 con las bujías alternativas abiertas

Bobina 3	
Pico máximo de voltaje del secundario	9.88 kV
Pico mínimo de voltaje del secundario	-10.2 kV
Tiempo de saturación	2.51ms
Tiempo de quemado	1.11 ms
Consumo de corriente del primario	0.417 A
Valor de sonda lambda durante medición	1.214
Temperatura del motor	(70 – 95) °C

Como se puede observar en la Tabla 3.11 el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 9.88 kV, el cual se encuentra en un rango de funcionamiento bajo de acuerdo con

el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación y tiempo de quemado se encuentra dentro del rango de operación normal, mientras que el consumo de corriente es bastante bajo. Sin embargo, el valor lambda indica un valor que sugiere una mezcla pobre.

3.5.4 BOBINA 4

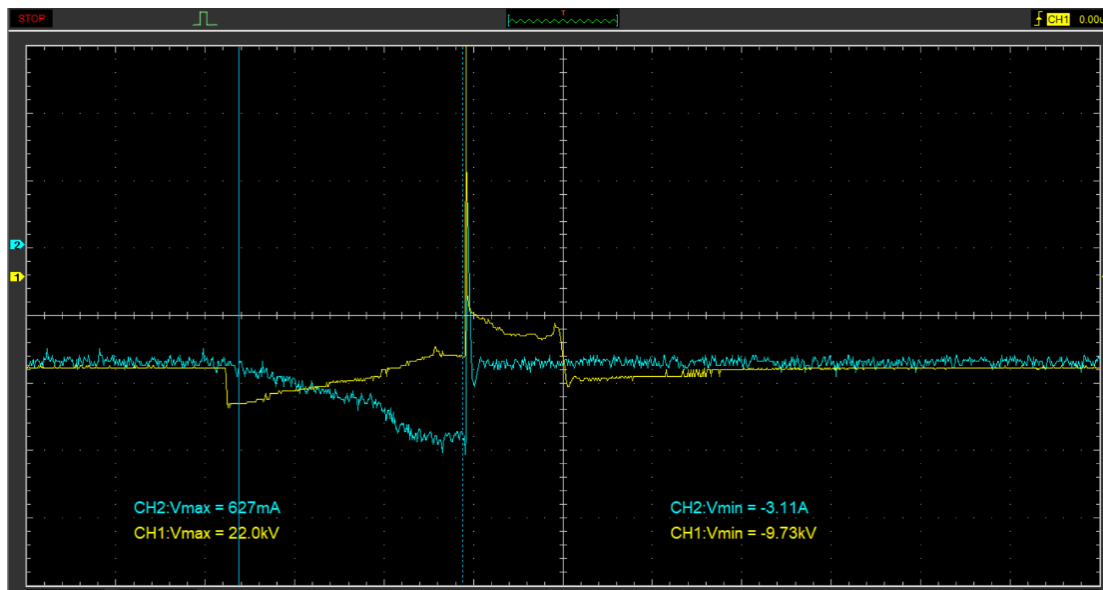


Figura 3.13 Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías alternativas abiertas

En la figura 3.13 se muestra un oscilograma proveniente del secundario de la bobina 3 del cual se puede obtener datos de tiempo de saturación y tiempo de quemado, además de que su forma de onda sugiere que el cilindro que podría indicar una ligera tendencia a mezcla rica Figura 3.1.

Tabla 3.12 Resultados obtenidos de la bobina 4 con las bujías alternativas abiertas

Bobina 4	
Pico máximo de voltaje del secundario	22 kV
Pico mínimo de voltaje del secundario	-9.73 kV
Tiempo de saturación	2.70 ms
Tiempo de quemado	1.01 ms
Consumo de corriente del primario	0.627 A
Valor de sonda lambda durante medición	0.82
Temperatura del motor	(70 – 95) °C

Como se puede observar en la Tabla 3.12 el voltaje máximo alcanzado por el secundario de la bobina es de 22 kV, el cual se encuentra en un rango de funcionamiento relativamente normal de acuerdo con el fabricante. Por otra parte, el tiempo de saturación y tiempo de quemado se encuentra dentro del rango de operación normal, mientras que el consumo de corriente es muy bajo. Sin embargo, el valor lambda indica un valor que sugiere una mezcla rica.

3.5.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON BUJÍAS ALTERNATIVAS ABIERTAS

La apertura en los electrodos de las bujías de encendido afecta directamente a la estequiometría de la mezcla sin embargo, como se mencionó con anterioridad también tiene efectos en el flujo eléctrico el material del cual están conformados estos elementos que como ya se pudo evidenciar, son componentes de vital importancia para el sistema de encendido, el cambio en la estequiometría de la mezcla se debe a que la distancia en los electrodos es mayor, por tanto es más difícil para la bujía generar la chispa para combustionar lo cual ocasiona una combustión incompleta y a su vez genera una mezcla rica, ocasionando una alteración en el voltaje de las bobinas ,sin embargo debido a la variación en el material el voltaje ya se vio alterado con anterioridad, a pesar de que la alteración en la estequiometría de la mezcla tienda a enriquecerse, la computadora es capaz de ajustar la relación para que sea la más eficiente y se encuentre más cerca de la relación ideal de aire y combustible, a pesar de esto la variación en la relación aire y combustible que se produce es mayor por ende el ajuste que se realiza también lo es, debido a esto la computadora genera un código de falla que puede ser visto con ayuda del escáner automotriz, en este caso los ajustes de combustible para mantener la mezcla se dan en intervalos determinados de tiempo por lo cual resulta muy complicado obtener oscilogramas apropiados que nos ayuden a determinar posibles fallas, debido a que la computadora se encuentra de manera constante e inmediata realizando ajustes en la estequiometría.

3.6 ANÁLISIS DE LAS SEÑALES IGT, IGF OBTENIDAS

3.6.1 FUNCIONAMIENTO NORMAL DE LAS SEÑALES IGT E IGF

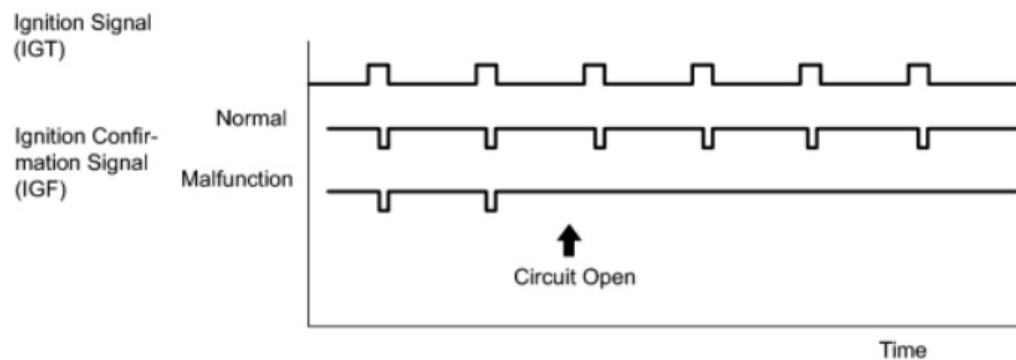


Figura 3.14 Patrón de funcionamiento normal de las señales IGT, IGF

En la figura 3.14 se muestra la forma de onda de funcionamiento normal de las señales IGT e IGF, tomada de todas las bobinas al mismo tiempo debido a esto se muestra la señal IGF de una forma continua y similar a la IGT.

3.6.2 SEÑAL IGT E IGF BOBINA 1 CON BUJÍAS DEL FABRICANTE

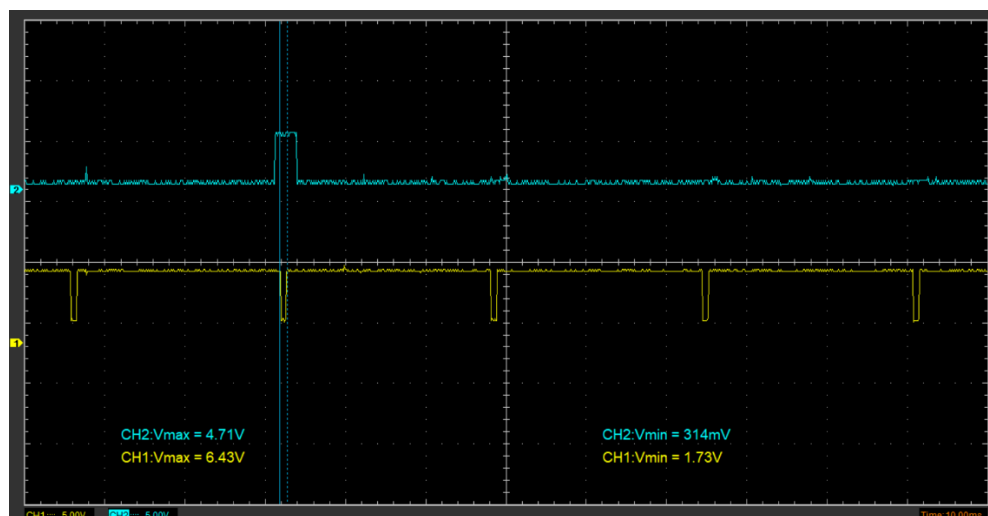


Figura 3.15 Señales IGT, IGF obtenidas de la bobina 1

Como se puede observar en la figura 3.15 tanto las señales IGT como las IGF coinciden con un patrón de funcionamiento normal, debido a que fueron tomadas de una sola bobina se puede

observar un solo pulso, sin embargo, la señal IGF se puede mostrar en cualquier bobina, dando así los siguientes resultados.

Tabla 3.13 Duración de los pulsos IGT, IGF en la bobina 1

Duración de los pulsos IGT, IGF bobina 1	
IGT	2.93ms
IGF	0.757ms

Como se puede apreciar en la tabla 3.13 se encuentran el tiempo que dura el pulso de la señal IGT e IGF en la bobina 1, valores que se toman de referencia para el análisis de los resultados obtenidos que se muestran a continuación, debido a que esta bobina presentó un funcionamiento normal y se encuentra en buenas condiciones como de detalló anteriormente.

3.6.3 SEÑAL IGT E IGF BOBINA 1 CON LAS BUJÍAS ALTERNATIVAS

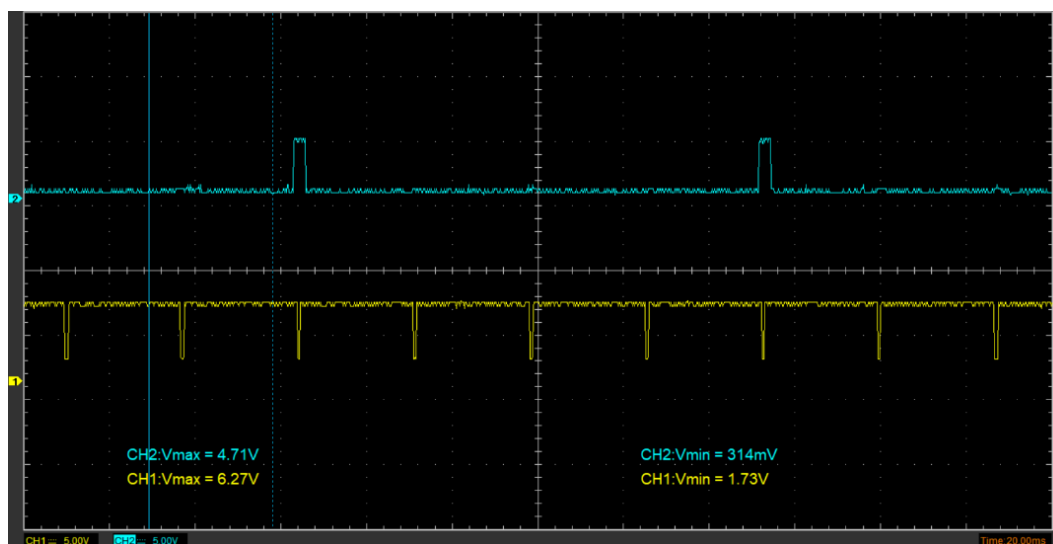


Figura 3.16 Señales IGT, IGF obtenidas de la bobina 1 con bujías alternativas

Como se muestra en la figura 3.16 tanto las señales IGT como las IGF coinciden con un patrón de funcionamiento normal a pesar de que se cambió la bujía, debido a que fueron tomadas de una sola bobina se puede observar un solo pulso sin embargo la señal IGF se puede mostrar en cualquier bobina, dando así los siguientes resultados.

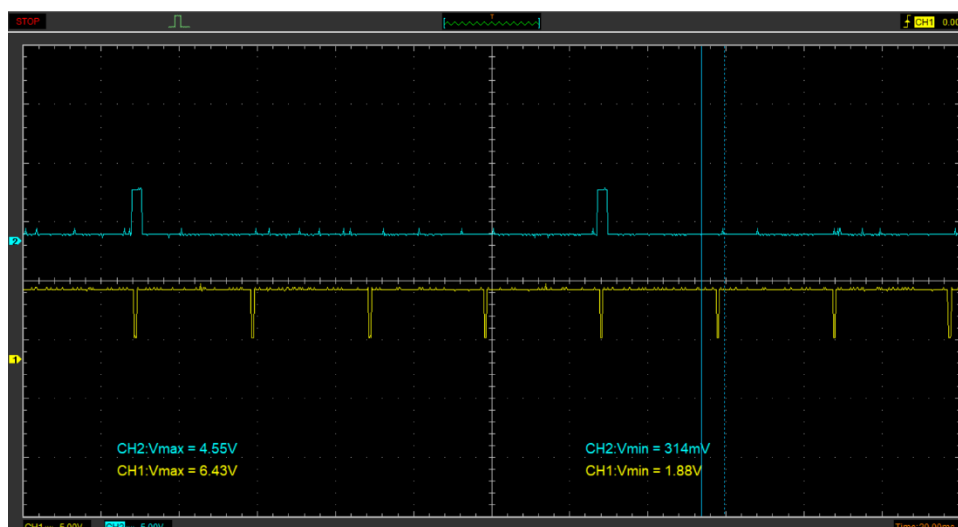
Tabla 3.14 Duración de los pulsos IGT, IGF bobina 1 con bujías alternativas

Duración de los pulsos IGT, IGF bobina 1 con bujías alternativas	
IGT	2.93ms
IGF	1.04ms

Como se había mencionado, la señal IGT es la señal que activa o desactiva el transistor principal de la bobina que provoca la chispa, mientras que la señal IGF es una señal de confirmación para la ECU de que todos los elementos (bobinas) se encuentren funcionando.

Como resultado al comparar las tablas 3.13 y 3.14, los pulsos de activación de la señal IGF se ven alterados, esto se debe al tipo de bujía que se utilizó para la segunda medición, ya que esta es fabricada con un material y tecnología diferente.

3.6.4 SEÑAL IGT E IGF BOBINA 4 CON BUJÍAS DEL FABRICANTE

**Figura 3.17** Señales IGT, IGF obtenidas de la bobina 4

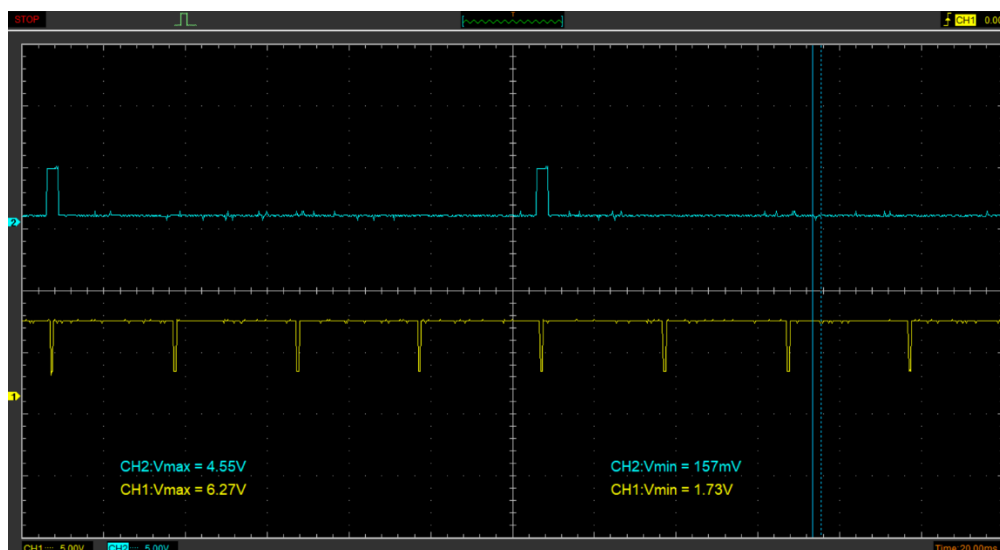
Como se puede observar en la figura 3.17 tanto las señales IGT como las IGF coinciden con un patrón de funcionamiento normal, debido a que fueron tomadas de una sola bobina se puede observar un solo pulso sin embargo la señal IGF se puede mostrar en cualquier bobina, dando así los siguientes resultados.

Tabla 3.15 Duración de los pulsos IGT, IGF bobina 4

Duración de los pulsos IGT, IGF bobina 4	
IGT	2.93ms
IGF	0.757ms

Como se puede apreciar en la tabla 3.13 se encuentran el tiempo que dura el pulso de la señal IGT e IGF, que en comparación con la tabla 3.13 los valores arrojados son idénticos, por lo cual se podría tomar esta información como un indicador de que la bobina 4 se encuentra funcionando correctamente, y que de existir algún posible problema en el sistema de encendido no es debido al mal funcionamiento de las bobinas sino más bien de otro de los componentes que forman parte de este sistema.

3.6.5 SEÑAL IGT E IGF BOBINA 4 CON LAS BUJÍAS ALTERNATIVAS

**Figura 3.18** Señales IGT, IGF obtenidas de la bobina 4 con bujías alternativas

Como se puede observar en la figura 3.18 tanto las señales IGT como las IGF coinciden con un patrón de funcionamiento normal, a pesar de que se cambió la bujía, debido a que fueron tomadas de una sola bobina se puede observar un solo pulso, sin embargo, la señal IGF se puede mostrar en cualquier bobina, dando así los siguientes resultados.

Tabla 3.16 Duración de los pulsos IGT, IGF bobina 4 con bujías alternativas

Duración de los pulsos IGT, IGF bobina 4 con bujías alternativas	
IGT	2.93ms
IGF	1.04ms

Como se puede apreciar en la tabla 3.13 se encuentran el tiempo que dura el pulso de la señal IGT e IGF,

3.7 ANÁLISIS DE SEÑALES IGT E IGF OBTENIDAS

La recolección de las señales IGT e IGF en el diagnóstico también es muy importante, ya que se complementa con la información de los oscilogramas que se obtener, de estas señales se puede verificar que estos elementos del sistema se encuentren funcionando, es decir si una bobina no estuviese funcionando o presentara algún tipo de falla por corto, se podría observar de manera gráfica.

Por ejemplo, si la bobina 3 no estuviera funcionando, no se podría observar el pulso correspondiente a esta en la señal IGF ni en la IGT, además de la forma de onda que se obtenga de los oscilogramas también nos sugeriría un mal funcionamiento.

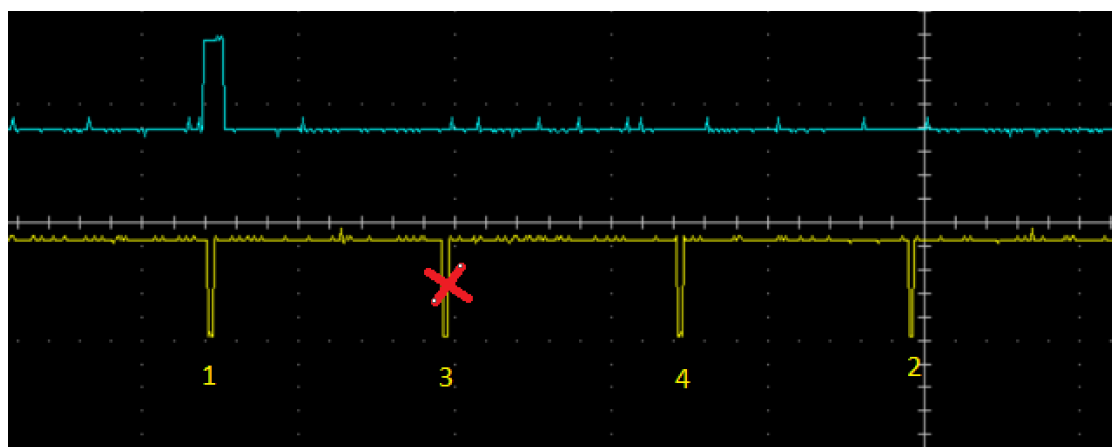


Figura 3.19 Grafica que represente una posible falla en la bobina 3

A partir de los oscilogramas obtenidos se puede observar el tiempo del primer y cuarto pulso del IGF aumentan, esto al utilizar las bujías alternativas esto quiere decir que la bobina demora

más tiempo en cargar y emitir la señal, misma que se puede entender como el tiempo de saturación de la bobina, esto ocurre debido al cambio en el material del núcleo de la bujía, mientras que las de originales poseen núcleo de iridio, las alternativas tienen un núcleo de cobre, por este motivo podemos concluir que este material representa una mayor resistencia. Por lo tanto, de esta manera se podría observar mediante la duración del pulso de la señal IGF, el tiempo de saturación de la bobina, la cual puede variar debido al tipo de bujía y a la distancia entre electrodos, es decir que, si este pulso es mayor a lo normal, se podría decir que existe una mayor distancia entre electrodos por lo que posiblemente exista una combustión incompleta.

4. CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

El flujo eléctrico que atravesó las bobinas de encendido del vehículo experimentó modificaciones significativas cuando se alteró la estequiometría en el motor. Estos cambios en el flujo eléctrico se manifestaron claramente en la forma de onda registrada a través del osciloscopio, revelando alteraciones en parámetros como el tiempo de combustión de la mezcla y el tiempo de saturación. Estos indicadores, de hecho, permitieron detectar que la relación estequiométrica había sufrido modificaciones cuando se reemplazaron las bujías originales por bujías alternativas con un núcleo fabricado con materiales diferentes a los recomendados por el fabricante. Sin embargo, es importante destacar que estos oscilogramas no proporcionaron información suficiente para identificar posibles fallos en componentes específicos del sistema de encendido.

El reemplazo de las bujías de iridio por bujías de cobre alteró el voltaje en todas las bobinas. Las bujías de cobre, al ser mejores conductores, redujeron la resistencia eléctrica, lo que resultó en una menor caída de voltaje. Con bujías alternativas abiertas, el voltaje se mantuvo normal en las bobinas 2 y 4, pero disminuyó en las bobinas 1 y 3, similar a las bujías cerradas.

En relación con los tiempos de combustión de la mezcla, se observó un patrón consistente en la mayoría de los casos. Cuando se utilizaron bujías alternativas cerradas en lugar de las recomendadas por el fabricante, hubo un aumento en el tiempo de combustión, con una diferencia de hasta 0.42 milisegundos en la bobina 2. Por otro lado, cuando se emplearon bujías alternativas abiertas, el tiempo de combustión disminuyó en comparación con las bujías cerradas, aunque aún era mayor que con las bujías originales.

Sin embargo, se registró una excepción en la bobina 1, que presentó un tiempo de combustión de 1.33 milisegundos, el más largo con las bujías recomendadas por el fabricante. Esto sugiere un posible problema en la estequiometría del cilindro 1. Por otro lado, la bobina 4 también mostró una diferencia significativa en su tiempo de combustión, con un valor de 0.62

milisegundos, que tendió a estabilizarse cuando se usaron tanto bujías alternativas cerradas como abiertas. Esta bobina siguió el patrón de variación de tiempo mencionado anteriormente.

En cuanto al tiempo de saturación, tanto con bujías alternativas abiertas como cerradas, el tiempo de saturación promedio con bujías originales fue de 2.68 milisegundos. Sin embargo, hubo dos bobinas que mostraron diferencias notables. En la bobina 3, con bujías originales, el tiempo de saturación fue de 2.67 milisegundos, mientras que con bujías alternativas abiertas, se redujo a 2.51 milisegundos, una diferencia de 0.16 milisegundos. La bobina 1 también experimentó una disminución en el tiempo de saturación con bujías alternativas abiertas, registrando 2.59 milisegundos, siendo la segunda bobina con la mayor alteración.

Los oscilogramas de la bobina número 1 revelan una tendencia hacia una mezcla rica tanto con las bujías recomendadas por el fabricante como con las alternativas. Sin embargo, cuando se utilizan bujías con un electrodo más abierto, se observa una tendencia hacia una onda normal, indicando una mejor calidad de chispa. No obstante, al cambiar las bujías, el motor experimentó vibraciones más intensas y, finalmente, se generó un DTC, específicamente el P0172, que señala una mezcla rica en el sistema.

La forma de onda en los oscilogramas de la bobina número 2 indica una tendencia hacia una mezcla normal tanto con las bujías recomendadas por el fabricante como con las alternativas. Sin embargo, al realizar el cambio de bujías, el motor experimentó un aumento significativo en las vibraciones y, como resultado, se generó un DTC específico, el P0172, que confirma la presencia de una mezcla rica en el sistema.

Los oscilogramas de la bobina 3 revelaron que, con las bujías originales, la mezcla inicialmente mostraba una pendiente que indicaba una riqueza en la mezcla. Sin embargo, al usar bujías alternativas cerradas, esta pendiente se estabilizó y el tiempo de combustión se alargó. Por otro lado, al volver a utilizar bujías alternativas cerradas, se observó que la pendiente que señalaba una mezcla rica volvió a ser más pronunciada.

La forma de onda en los oscilogramas de la bobina número 4 muestra un pico de voltaje significativamente bajo al utilizar las bujías recomendadas por el fabricante, lo que sugiere un posible fallo en la bobina o la bujía. Sin embargo, al verificar la señal IGT, se descartó cualquier daño en la bobina, lo que apuntó hacia un problema en la bujía en cuestión. Resulta interesante

destacar que, a pesar de este hallazgo, el vehículo no presentaba vibraciones notables ni generaba códigos de diagnóstico de fallas (DTC) relevantes. Sin embargo, al sustituir las bujías por alternativas, se observó una tendencia hacia una mezcla más equilibrada. Paradojalmente, el motor comenzó a experimentar vibraciones más intensas y, en última instancia, se generó un DTC específico, el P0172, indicando una mezcla rica en el sistema. Estos resultados confirmaron de manera concluyente que las bujías de encendido de las bobinas número 1 y 4 estaban defectuosas

En este estudio, se emplearon las bujías NGK LZKRAR7A (con núcleo de cobre) como reemplazo de las bujías Denso SC20HR11 (con núcleo de iridio) con el propósito de inducir fallas y analizar cómo este cambio afecta la calidad de la chispa, incidiendo así en la combustión y en la estequiometría del sistema. Esta situación es relevante y puede ser un escenario habitual en el entorno, dado que existe una tendencia arraigada a sustituir piezas o componentes por alternativas más económicas. Esta práctica, aunque puede generar ahorros inmediatos, plantea la posibilidad de comprometer el rendimiento y la eficiencia del vehículo, ya que componentes de menor calidad pueden no cumplir con los estándares necesarios para un funcionamiento óptimo. Por tanto, es esencial analizar de manera integral las implicaciones de tales decisiones, ya que pueden tener un impacto significativo en la calidad de la combustión y, en última instancia, en el desempeño del motor.

Estos resultados resaltan la influencia de una multitud de variables en la relación estequiométrica, incluyendo la presión y la altitud en la ubicación donde se llevó a cabo el estudio. Alterar las condiciones de prueba en dicho entorno conduce a resultados diversos. Además, estas alteraciones se reflejan en los oscilogramas que representan el flujo eléctrico. En resumen, las adaptaciones en las bujías y las condiciones experimentales impactaron significativamente las mediciones eléctricas y los tiempos de combustión, subrayando la importancia de considerar múltiples factores al evaluar la estequiometría en un sistema.

Las señales IGF e IGT desempeñaron un papel esencial en la evaluación del funcionamiento apropiado de las bobinas de encendido, en particular, en las bobinas 1 y 4, que presentaban las mayores discrepancias en los datos. La señal IGT confirmó que las bobinas estaban operando

de manera correcta, ya que el ancho de pulso permaneció constante 2.96ms a pesar del cambio de bujías.

En cuanto a la señal IGF, al efectuar la sustitución de las bujías, se observó una constante cantidad de pulsos, pero el ancho de pulso aumentó de 0.757 ms a 1.04 ms. Esto señaló un cambio en la calidad de la chispa y, por consiguiente, en la eficiencia de la combustión. De hecho, este cambio se tradujo en la generación de un código de diagnóstico de fallas (DTC) P0172, que indica una mezcla rica. En resumen, este ejemplo ilustra que incluso un aparentemente pequeño cambio en las bujías puede tener un impacto sustancial en la estequiometría de la mezcla, lo que a su vez afecta significativamente la calidad de la combustión y las emisiones de gases contaminantes

4.2 RECOMENDACIONES

Realizar el mismo estudio utilizando bujías de iridio genéricas o equivalentes a las Denso SC20HR11 de distintas marcas, y replicar este análisis a nivel del mar para observar las posibles variaciones en los resultados en comparación con los obtenidos en este trabajo.

Usar una interfase que cuente con varios canales para poder medir varias señales al mismo tiempo para así captar los oscilogramas tanto de las señales IGT, IGF, secundario y primario de la bobina, además de los sensores MAF, MAP, ECT y EGR al mismo tiempo. Además de que esta no presente retrasos al momento de captar los oscilogramas.

En el caso del Toyota Prius con motor 2ZRFXE, el modo de operación de lazo abierto solo se activa cuando se requiere potencia del motor, por lo tanto, para diagnosticar el sistema de encendido en lazo abierto, es necesario analizar los datos del osciloscopio junto con los datos del sensor lambda en tiempo real en una prueba dinámica en donde se demande potencia al motor.

Para un mejor análisis es necesario la adaptación en el múltiple de escape para colocar un sensor lambda por cada cilindro y así verificar de manera más fácil que cilindro presenta problemas con la estequiometría.

Si se tiene algún inconveniente al realizar este diagnóstico se recomienda leer la guía propuesta para solventar cualquier duda.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Autorip. (2021, February 15). *Prius 3ra Generación. Toyota Prius Iii Es Un Híbrido De Todo El Planeta. Leyendas Y Verdad*. <https://Autorip.Ru/Es/Prius-3-Pokoleniya-Toyota-Prius-Iii-Gibrid-Vseya-Planety-Legendy-i/>.
2. BARRERA DOBLADO OSCAR, & ROS MARIN JOAN ANTONI. (2017). *Vehículos eléctricos e híbridos* (BARRERA DOBLADO OSCAR ROS MARIN JOAN ANTONI, Ed.; 1st ed., Vol. 1, pp. 6–6). Parainfo.
https://books.google.com.ec/books?id=3LwrDwAAQBAJ&dq=veh%C3%ADculos+h%C3%ADbridos&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
3. Becerra Bonza, J. F., & Chía Neira, R. (2020). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para pinzas amperimétricas*. Universidad Antonio Nariño.
4. Beru. (2013). All about ignition coils Ignition Technology.
<https://www.techtips.ie/BERU/All-about-Ignition-Coils.Pdf>, 5–7.
5. Bosch. (2023). 16 consejos Bosch sobre el aspecto de las bujías de encendido.
<https://www.superprofesionalesbosch.com/plataforma/course/view.php?id=4#section-4>, 1–1.
6. Burress, T. A., Campbell, S. L., Coomer, C., Ayers, C. W., Wereszczak, A. A., Cunningham, J. P., Marlino, L. D., Seiber, L. E., & Lin, H.-T. (2011). *Evaluation of the 2010 Toyota Prius Hybrid Synergy Drive System*. <https://doi.org/10.2172/1007833>
7. Campos Canales, R. P. G. (2019). Tecnología y recambio energético en el transporte automotor de America Latina y el Caribe. *Boletín FAL / FAL Bulletin*, 368, 4–5.
8. Chavez, I. (2020, April 19). *Procedimiento de Modo Mantenimiento en Vehículo Híbrido*. <https://www.taaet.com.app/exur.com/news-taaet-blog/modo-mantenimiento-vehiculo-hibrido-toyota>.
9. Colcha, S., Caiza, L., & Pineda, P. (2022). Características de los vehículos con motores híbridos. Una revisión bibliográfica. *Open Journal Systems*, 7, 6–6.
10. Donado, A. (2020, December 18). *Tipos de herramientas para el Diagnóstico Automotriz*. <https://autosoprote.com/Tipos-de-Herramientas-Para-El-Diagnostico-Automotriz/#:~:Text=Es%20un%20instrumento%20utilizado%20para,Que%20se%20va%20a%20analizar>.
11. E-auto. (2019). *Lazo abierto y lazo cerrado en la inyección*. <https://www.e-auto.com.mx/ew/index.php/boletines-tecnicos/electronica-vehicular/91-boletines-tecnicos/electronica-vehicular/3438-lazo-abierto-y-lazo-cerrado-en-la-inyeccion>.

12. E-auto. (2023, July 19). *Sistema de Ignición 2/3*. <https://www.e-auto.com.mx/Enew/Index.php/85-Boletines-Tecnicos/7068-Sistema-de-Ignicion-2-3>.
13. Escobar, A. (2018). *Estudio del Funcionamiento del Conjunto de Baterías del Toyota Prius C Híbrido*. Universidad Internacional del Ecuador.
14. Giraldo Quintero, B. (2022). *Vehículos híbridos y medio ambiente en Colombia*. Institución Universitaria Pascual Bravo.
15. Gonzáles Mora, H. (2016). *Monitorización de la mezcla aire-combustible de los gases de escape de un motor de competición mediante sonda lambda de banda ancha*. Universidad Politecnica de Valencia .
16. G-SCAN Oceania. (2019). *G-SCAN 2*. https://www.gscan.com.au/index.php?Route=product/Product&product_id=52.
17. Hantek. (2021, November 18). *Hantek2000 Series*. <http://hantek.com/products/detail/13174>.
18. Juan Trujillo-Tello, J. T.-T., Padilla-Padilla, C., Buenaño-Moyano, L., & Cuaical-Angulo, B. (2020). Evolución y Tendencia de los Sistemas de Control de Motores de Combustión Interna Alternativos, Una Revisión Bibliográfica. *INGENIO*, 3(2), 5–14. <https://doi.org/10.29166/ingenio.v3i2.2718>
19. Ken Layne. (1992). *Manual de electronica y electricidad automotrices*. https://books.google.co.ve/books/about/Manual_de_electronica_y_electricidad_aut.html?id=e503KAAACAAJ
20. km77. (2012). *Toyota Prius 1.8 HSD Eco (2010-2012) | Precio y ficha técnica*. <https://www.km77.com/coches/toyota/prius/2009/5-Puertas/Eco/Prius-18-Hsd-Eco/Datos>.
21. Larico, A. (2018). *Diagnóstico Del Sistema De Encendido Por Bobinas Independientes Cop (Bobina De Encendido Sobre La Bujía) Del Motor Toyota Iaz Fse*. Universidad Mayor de San Andrés.
22. Larico Huanca, A. (2018). *Diagnóstico del sistema de encendido por bobinas independientes COP (Bobina de encendido sobre la bujía) del motor Toyota IAZ FSE*. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE TECNOLOGÍA.
23. López, D. (2022, April 8). *Cables para bujías: para qué sirven, fallas, cómo cambiarlos, precio*. <https://www.actualidadmotor.com/cables-de-bujias/>.
24. Lopez Martinez, J. M. (2015). *Vehiculos hibridos y electricos: diseno del tren propulsor*. Dextra Editorial. <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/131530>
25. Macías Monserrate, O. G. (2015). *Estudio y análisis del sistema de encendido y arranque del toyota prius*. [Investigacion]. Universidad Internacional del Ecuador.

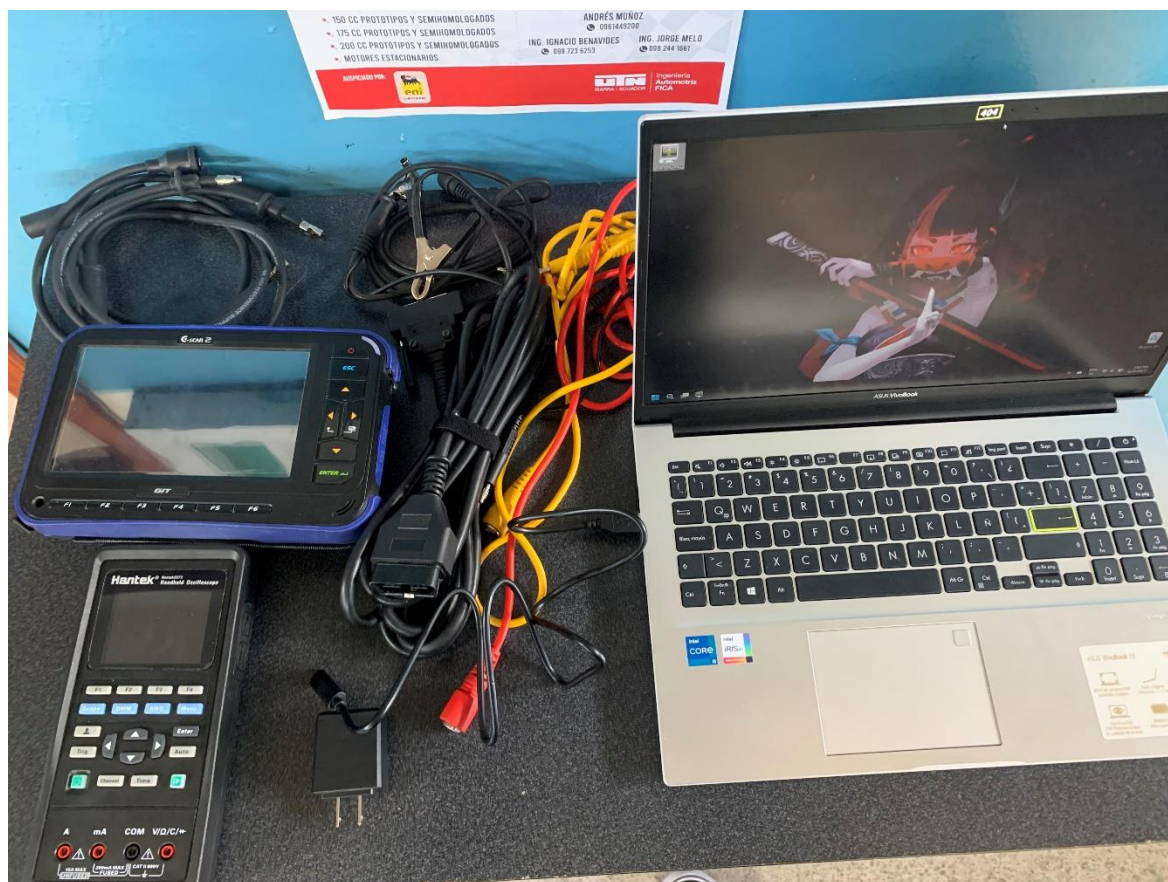
26. Macías Monserrate Oscar German. (2015). *ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ENCENDIDO Y ARRANQUE DEL TOYOTA PRIUS* [Universidad Internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/833>
27. Matsuo, S., Ikeda, E., Ito, Y., & Nishiura, H. (2016, April 5). *The New Toyota Inline 4 Cylinder 1.8L ESTEC 2ZR-FXE Gasoline Engine for Hybrid Car*. <https://doi.org/10.4271/2016-01-0684>
28. Mitsubishi, M. (2020, April 17). *3 señales de una bobina de encendido en mal estado*. <https://www.mitsubishi-motors.com.pe/blog/senales-bobina-encendido-mal-estado/>.
29. Muñoz Pérez, S., Salcedo Reátegui, J., & Sotomayor Mendoza, A. (2021). Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura. *INVENTUM*, 16(30), 20–30. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.16.30.2021.20-30>
30. Narváez Clerque, J. I. N. M. J. J. (2019). *Análisis de los sistemas eléctricos y electrónicos de un motor de combustión interna mediante la utilización del osciloscopio automotriz BOSCH FSA – 500*. Universidad Técnica del Norte.
31. Narváez, J., & Narváez, I. (2019). *Análisis de los sistemas eléctricos y electrónicos de un motor de combustión interna mediante la utilización del osciloscopio automotriz bosch fsa – 500*. Universidad Técnica del Norte .
32. Niterra. (2021). Catalogo de bujías y calentadores NGK. <https://www.ngkntk.com/es/Soporte/Descargas/>, 214–215.
33. Óscar Hernández. (2021, December 9). *Diagnóstico Estequiométrico con osciloscopio / Análisis del sistema de encendido / ICAAT / TER-AN'S*. CNT Workshop Team.
34. Pillajo, P., Perez, R., & Josselyn, A. (2022). *Construcción e implementación de un módulo didáctico del sistema de encendido sin distribuidor tipo COP como recurso de aprendizaje para el Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva*. INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA.
35. Quezada Cordero, A. S., Neira Alvarado, D. F., Arias Faicán, J. D., Moscoso Sarmiento, C. A., & Moscoso Sarmiento, C. A. (2019). Diagnóstico de sensores TPS y MAF en un motor Hyundai sonata 2.0 mediante el uso de scanner automotriz y osciloscopio. *Repositorio Institucional de La Universidad Politécnica Salesiana*, 3–3.
36. Quishpe, G. (2019). *Ensamblaje de una unidad de control electrónico programable para la comparación de señales de salida con el módulo de control electrónico original en un motor TOYOTA 2AZ-FE*. Universidad mayor de San Andrés.
37. RACE. (2021, March 29). *Los síntomas que nos dan la pista de que una bujía puede estar en mal estado*. <https://www.race.es/sintomas-bujias-mal-estado>.

38. Rodes. (2019). *Las bujías son el último componente del sistema de ignición y ayudan a disipar el calor de la cámara de combustión*. <https://www.Ro-Des.Com/Mecanica/Que-Son-Las-Bujias-y-Como-Funcionan/#:~:Text=Las%20buj%C3%ADas%20entran%20en%20juego,Hacia%20el%20sistema%20de%20refrigeraci%C3%B3n>.
39. SAE International. (2010). *Electric and Hybrid - Electric Vehicles - Engines and Powertrains* (Ronald K Jurgen, Ed.; 1st ed.). SAE Bookstore.
40. Santos, P. (2020). *O uso do osciloscópio: uma revisão bibliográfica*. Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
41. SEBASTIÁN ANGULO. (2022, February 9). *Autos híbridos: más atractivos en tiempos de gasolina cara*. <https://www.Expreso.Ec/Actualidad/Economia/Autos-Hibridos-Atractivos-Tiempos-Gasolina-Cara-121327.Html>.
42. Toyota Motors. (2010). *Toyota Prius Repair Manual 2010* (Vol. 1).
43. Vong, C. M., & Wong, P. K. (2011). Engine ignition signal diagnosis with Wavelet Packet Transform and Multi-class Least Squares Support Vector Machines. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8563–8570. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.058>
44. Waliño, P. (2020). *Vehículos híbridos. Pasado, presente y futuro*. [Trabajo de fin de grado]. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

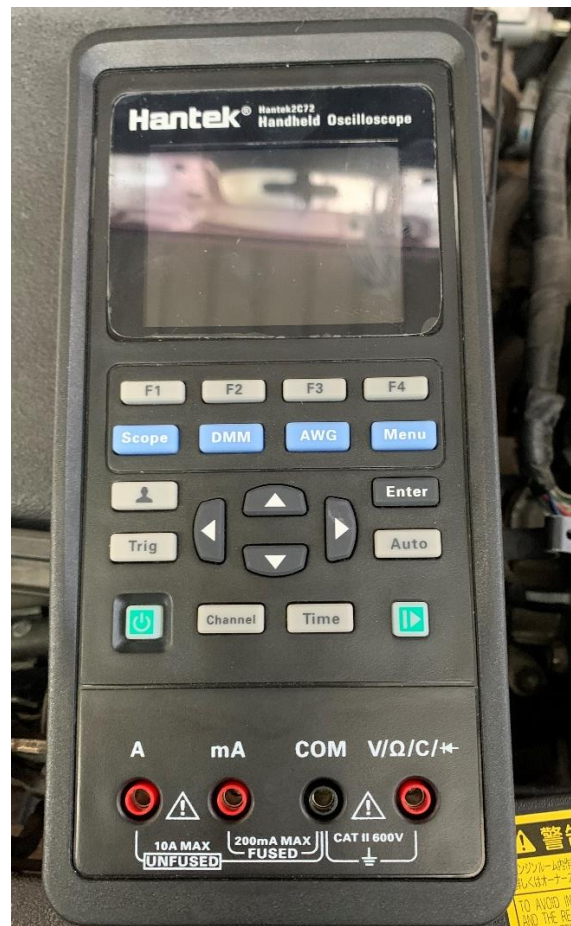
6. ANEXOS

ANEXO I

EQUIPOS DE MEDICION



AI 1: Equipos utilizados para la medición



AI 2: Osciloscopio hantek 2C72



AI 3: Escáner G-Scan 2



AI 4: Cables de bujías

ANEXO II

CAMPO DE MEDICIÓN DE DATOS



AII 1: Toyota Prius de tercera generación



AII 2: Preparación de equipos y vehículo de prueba