



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 DE UN SISTEMA DE ENCENDIDO COIL ON PLUG MEDIANTE
EL ANÁLISIS DE LAS SEÑALES DEL PRIMARIO Y SECUNDARIO DE LA
BOBINA**

AUTORES:

BRANDON JOSEPH PORTILLA ARTEAGA

CÉSAR FERNANDO LESCOANO PULLOPAXI

DIRECTOR:

ING. IGNACIO BAYARDO BENAVIDES CEVALLOS MSc

IBARRA, 2023



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

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.

CERTIFICACIÓN

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “DIAGNÓSTICO DE UN SISTEMA DE ENCENDIDO COIL ON PLUG MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LAS SEÑALES DEL PRIMARIO Y SECUNDARIO DE LA BOBINA” presentado por los señores: César Fernando Lescano Pullopaxi con número de cédula 1750410696 y Brandon Joseph Portilla Arteaga con número de cédula 0402087019, 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 13 días de julio del 2023.

Atentamente

Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos 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:	1750410696		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Lescano Pullopaxi César Fernando		
DIRECCIÓN:	Ibarra – San Antonio – Santa Clara		
EMAIL:	cflescanop@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0968573139

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0402087019		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Portilla Arteaga Brandon Joseph		
DIRECCIÓN:	Ibarra – Los sagrarios – Los Olivos		
EMAIL:	bjportillaa@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0964066497

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DIAGNÓSTICO DE UN SISTEMA DE ENCENDIDO COIL ON PLUG MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LAS SEÑALES DEL PRIMARIO Y SECUNDARIO DE LA BOBINA
AUTOR (ES):	LESCANO PULLOPAXI CÉSAR FERNANDO – PORTILLA ARTEAGA BRANDON JOSEPH
FECHA: DD/MM/AAAA	13/07/2023
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ignacio Benavides MSc.

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan 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 el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días de julio del 2023.

AUTORES:



Firma

César Fernando Lescano Pullopaxi
C.I.: 1750410696



Firma

Brandon Joseph Portilla Arteaga
C.I.: 0402087019

Dedicatoria

El presente trabajo de grado se lo dedico a todas y cada una de las personas que confiaron en mi para alcanzar esta meta. Todo su apoyo incondicional hizo posible lograr este objetivo, empezando por la ayuda constante de mis padres Cesar Lescano y Blanca Pullopaxi, su influencia me dio el ánimo necesario para avanzar hasta lograrlo. A mis tíos por abrirme las puertas de su hogar cuando me fue necesario, a mis hermanos y primos que estuvieron al pendiente de toda ayuda que necesitase, por ello y mucho más, mil gracias.

CÉSAR FERNANDO LESCOANO PULLOPAXI

El presente trabajo de grado se lo dedico a mi familia por todo el apoyo brindado para lograr concluir de manera exitosa mi carrera universitaria. Gracias a mis padres José Luis Portilla y Elizabeth Arteaga por estar a mi lado brindándome los recursos necesarios y aconsejándome siempre para hacer de mí una mejor persona a través de sus enseñanzas y cariño. A mis hermanas por siempre estar presentes acompañándome y brindándome su ayuda para cualquier necesidad que se presentara, finalmente a mi mascota monse que siempre estuvo a mi lado desvelándose para acompañarme a terminar la tesis. Por eso y muchas cosas más, siempre les voy a estar profundamente agradecido.

BRANDON JOSEPH PORTILLA ARTEAGA

Agradecimientos

Deseo presentar mis más sinceros agradecimientos a esta prestigiosa universidad por todo el conocimiento que se me ha otorgado en estos años. A todos los ingenieros que conforman la carrera de Ingeniería Automotriz por el compromiso y la vocación que tuvieron para impartir cada clase. A mi director de trabajo de grado Ing. Ignacio Benavides y mi asesor Carlos Mafla, por todo su apoyo y recomendaciones para que se llevara a cabo y con éxito este proyecto.

Además, agradezco a mi familia y en especial a mis padres por guiarme de la mejor manera y hacer posible este logro.

CÉSAR FERNANDO LESCOLO PULLOPAXI

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica del Norte por la formación académica que se me ha otorgado durante estos años. Agradecer a todo el personal docente que conforma la carrera de Ingeniería automotriz por el compromiso y vocación para impartir el conocimiento en cada una de sus clases. A mi director de trabajo de grado Ing. Ignacio Benavides MSc. y a mi asesor Ing. Carlos Mafla MSc. por toda su dedicación y recomendaciones brindadas para lograr concluir de manera exitosa el presente proyecto. A mis compañeros de carrera que me acompañaron durante toda esta trayectoria e hicieron ameno el recorrido compartiendo cada uno de los buenos momentos.

Además, agradezco a mi familia y en especial a mis padres por su apoyo y enseñanzas que hicieron posible el alcanzar una meta más en mi vida.

BRANDON JOSEPH PORTILLA ARTEAGA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I	1
1. Revisión Bibliográfica	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Situación actual	2
1.3. Prospectiva	3
1.4. Planteamiento del problema.....	3
1.5. Objetivos	3
<i>1.5.1. Objetivo General</i>	3
<i>1.5.2. Objetivo Específicos</i>	4
1.6. Alcance.....	4
1.7. Justificación.....	4
1.8. Fundamentos de un motor de combustión interna	5
<i>1.8.1. Fundamentos del sistema de encendido</i>	5
<i>1.8.2. Tipos de sistemas de encendido</i>	6
1.9. Fundamentos del sistema de encendido COP	10
<i>1.9.1. Componentes involucrados en el encendido: sensores y actuadores</i>	12
1.10. Análisis y diagnóstico: señales y códigos de falla	23
<i>1.10.1. Señales</i>	23
<i>1.10.2. Códigos de falla asociados al sistema de encendido</i>	25
CAPÍTULO II.....	26
2. Metodología.....	26
2.1 Materiales.....	27

2.1.1 Caracterización del vehículo de pruebas	27
2.1.2 Definición de variables de estudio	27
2.1.3 Selección de equipos.....	28
2.2 Métodos.....	30
2.2.1 Pruebas piloto.....	30
2.2.2 Definición de ensayos y/o pruebas	32
CAPITULO III.....	35
3. Resultados	35
3.1 Guía 1: Mediciones bobinado primario.....	35
3.1.1 Procedimiento.....	35
3.1.2 Análisis de resultados	44
3.2 Guía 2: Medición bobinado secundario	50
3.2.1 Procedimiento.....	50
3.2.2 Análisis de resultados	55
CAPITULO IV.....	66
4. Conclusiones y recomendaciones	66
4.1. Conclusiones	66
4.2. Recomendaciones.....	67
Referencias Bibliográficas	68
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
Figura 1.1 Sistema de encendido DIS.....	8
Figura 1.2 Oscilograma primario y secundario bobina DIS	9
Figura 1.3 Sistema de encendido directo	10
Figura 1.4 Bobina de encendido independiente	10
Figura 1.5 Oscilograma primario y secundario de la bobina COP	11
Figura 1.6 Chispa de activación	12
Figura 1.7 Principio de funcionamiento CKP inductivo	13
Figura 1.8 Oscilograma CKP	13
Figura 1.9 Oscilograma CMP	14
Figura 1.10 Funcionamiento sensor MAP	15
Figura 1.11 Oscilograma sensor MAP	15
Figura 1.12 Oscilograma del TPS	16
Figura 1.13 Oscilograma ECT	16
Figura 1.14 Oscilograma del sensor de detonación	17
Figura 1.15 Tipos de bujías según su grado térmico	19
Figura 1.16 Relación entre la distancia de los electrodos y la tensión necesaria para generar la chispa	20
Figura 1.17 Diagrama electrico bobina COP de 2 pines	21
Figura 1.18 Diagrama eléctrico bobina COP de 3 pines	22
Figura 1.19 Diagrama eléctrico de bobina COP de 4 pines	23
Figura 1.20 Ignition Control Circuit	23
Figura 1.21 Ignition Generation Circuit	24
Figura 2.1 Flujograma de la metodología	26
Figura 2.2 BOSCH FSA 740	28
Figura 2.3 Multímetro	29
Figura 2.4 Pruebas piloto en el vehículo Toyota Prius	30
Figura 2.5 Oscilograma del cilindro 1 a 690 RPM	31

Figura 2.6	Oscilograma de la sincronización entre la Bobina 1 y el sensor CKP.	31
Figura 2.7	Imagen referencial del cable de diagnóstico para bobina independientes.....	32
Figura 2.8	Flujograma de la Guía 1: Mediciones bobinado primario	33
Figura 2.9	Flujograma de la Guía 2: Mediciones bobinado secundario.....	34
Figura 3.1	Descripción de la función de los cables de la bobina	35
Figura 3.2	Conexión de cables para adaptación completa	36
Figura 3.3	Oscilograma del primario de la bobina en adaptación completa.....	36
Figura 3.4	Conexión para osciloscopio primario.....	37
Figura 3.5	Oscilograma del primario de la bobina.....	38
Figura 3.6	Conexión para osciloscopio universal	38
Figura 3.7	Oscilograma de la tensión y consumo de corriente del primario de la bobina	39
Figura 3.8	Descripción de la función de los cables del inyector	40
Figura 3.9	Conexión bobina e inyector	40
Figura 3.10	Oscilograma de tensión del primario de la bobina e inyectores	41
Figura 3.11	Descripción de la función de los cables del sensor CKP.....	42
Figura 3.12	Conexión bobina y CKP.....	42
Figura 3.13	Oscilograma de tensión del primario de la bobina y el sensor CKP	43
Figura 3.14	Representación gráfica de la tabulación del bobinado primario a 690 rpm	44
Figura 3.15	Representación gráfica de la tabulación del tiempo de saturación	45
Figura 3.16	Representación gráfica de la tabulación del tiempo de repetición de ciclo	46
Figura 3.17	Representación gráfica de la tabulación del tiempo de retraso entre inyectores y bobinas	47
Figura 3.18	Representación gráfica de la tabulación de la Comparación bobinado primario y CKP	48
Figura 3.19	Conexión Adaptación completa bobinado secundario	50
Figura 3.20	Informe del secundario de la bobina en adaptación completa	51
Figura 3.21	Conexión para medición en el osciloscopio secundario	52
Figura 3.22	Oscilograma del secundario de la bobina a 690 rpm.....	52
Figura 3.23	Oscilograma del secundario con bujía descalibrada a 690 rpm.....	53
Figura 3.24	Conexión bobinas múltiples en osciloscopio secundario	54

Figura 3.25 Oscilograma del secundario de la bobina en conjunto54

Figura 3.26 Representación gráfica de la tabulación del voltaje de activación por régimen del motor en adaptación completa55

Figura 3.27 Representación gráfica de la tabulación del voltaje de quemado por régimen del motor en adaptación completa56

Figura 3.28 Representación gráfica de la tabulación del tiempo de quemado por régimen del motor en adaptación completa57

Figura 3.29 Representación gráfica de la tabulación del tiempo de activación por régimen del motor58

Figura 3.30 Representación gráfica de la tabulación del voltaje de activación por régimen del motor60

Figura 3.31 Representación gráfica de la tabulación del tiempo de quemado por régimen del motor61

Figura 3.32 Representación gráfica de la tabulación del voltaje de quemado por régimen del motor63

Figura 3.33 Representación gráfica de la tabulación del tiempo de repetición de ciclo por régimen del motor64

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	PÁGINA
Tabla 2.1 Características del vehículo de pruebas	27
Tabla 3.1 Tabulación de datos del oscilograma del bobinado primario a ralenti.	45
Tabla 3.2 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de saturación.	46
Tabla 3.3 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de repetición de ciclo.	47
Tabla 3.4 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de retraso entre inyectores y bobinas.	48
Tabla 3.5 Tabulación de datos del oscilograma de la relación entre el tiempo de repetición y la repetición del ciclo del sensor CKP.....	49
Tabla 3.6 Tabulación de datos de los oscilogramas del voltaje de activación del secundario a diferente régimen en una adaptación completa	56
Tabla 3.7 Tabulación de datos de los oscilogramas del voltaje de quemado del secundario a diferente régimen en una adaptación completa	57
Tabla 3.8 Tabulación de datos de los oscilogramas del tiempo de quemado del secundario a diferente régimen en una adaptación completa	58
Tabla 3.9 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de activación del secundario a diferente régimen	59
Tabla 3.10 Tabulación de datos del oscilograma del voltaje de activación del secundario a diferente régimen	61
Tabla 3.11 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de quemado del secundario a diferente régimen	62
Tabla 3.12 Tabulación de datos del oscilograma del voltaje de quemado del secundario a diferente régimen	64
Tabla 3.13 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de repetición de ciclo del secundario a diferente régimen	65

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
NÚM.	
I. VARIACIÓN DE VOLTAJE EN ADAPATACIÓN COMPLETA BOBINADO PRIMARIO	75
II. VARIACIÓN DE VOLTAJE EN OSCILOSCOPIO PRIMARIO.....	76
III. VARIACIÓN DE VOLTAJE DEL PRIMARIO EN OSCILOSCOPIO UNIVERSAL	78
IV. VARIACIÓN DE VOLTAJE EN LA BOBINA COMPARADA CON INYECTORES	81
V. VARIACIÓN DE VOLTAJE EN LA BOBINA COMPARADA CON EL SENSOR CKP	82
VI. VARIACIÓN DE VOLTAJE EN ADAPATACIÓN COMPLETA BOBINADO SECUNDARIO.....	83
VII. VARIACIÓN DE VOLTAJE EN OSCILOSCOPIO SECUNDARIO.....	85
VIII. VARIACIÓN DE VOLTAJE EN CONJUNTO EN OSCILOSCOPIO SECUNDARIO	92

RESUMEN

El presente estudio propone el diagnóstico de un sistema de encendido independiente mediante el uso de un equipo Bosch FSA 740, capaz de medir las señales emitidas por el encendido primario y secundario de la bobina, para el diagnóstico del sistema el análisis se enfocó en los oscilogramas obtenidos. Para esto se realizó una investigación bibliográfica donde se describe el funcionamiento de un motor de combustión interna, tipos de sistema de ignición, funcionamiento del sistema de encendido independiente, diferentes sensores y actuadores, valores referenciales del correcto funcionamiento, y tipos de bobinas independientes. El desarrollo del estudio se llevó a cabo mediante dos guías de laboratorio, cada una enfocada al encendido primario y secundario de la bobina respectivamente. Estas guías detallan el procedimiento realizado en el motor Honda WR-V, además, describen el análisis y tabulación de datos de su funcionamiento acorde a los resultados obtenidos como el tiempo de quemado y el voltaje de activación ideal, comprobando que el sistema se encuentre en una buena condición y estableciendo el momento en que realiza el mayor trabajo. En adición, busca facilitar el aprendizaje del funcionamiento del equipo Bosch FSA 740 para diagnosticar un sistema de encendido moderno, y aportar al conocimiento acerca de las soluciones a los posibles fallos del motor para aplicarlas en distintos modelos que utilicen un sistema de encendido similar.

ABSTRACT

This study proposes the diagnosis of an independent ignition system through the use of a Bosch FSA 740 equipment, capable of measuring the signals emitted by the primary and secondary ignition of the coil, for the diagnosis of the system the analysis focused on the oscillograms obtained. For this purpose, a bibliographic research was carried out describing the operation of an internal combustion engine, types of ignition system, operation of the independent ignition system, different sensors and actuators, reference values of the correct operation, and types of independent coils. The development of the study was carried out by means of two laboratory guides, each one focused on the primary and secondary ignition of the coil, respectively. These guides detail the procedure performed on the Honda WR-V engine, and also describe the analysis and tabulation of data on its operation according to the results obtained, such as the burn time and the ideal activation voltage, verifying that the system is in good condition and establishing the moment in which it performs the greatest work. In addition, it seeks to facilitate the learning of the operation of the Bosch FSA 740 equipment using it to diagnose a modern ignition system, and to contribute to the knowledge about the solutions to the possible failures of the engine to apply them in different models that use a similar ignition system

INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación comienza con la formulación de un problema acorde al diagnóstico de un sistema de encendido, en busca de mejorar la forma en que se identifica averías en dicho sistema, para ello se inició por una breve revisión bibliográfica acerca de los sistemas de encendido, sus fallas y consecuencias. Seguidamente, se propuso los materiales necesarios para llevar a cabo el estudio, y a su vez se detalla los métodos que se aplicarán para el desarrollo del mismo, dicha metodología está dividida en fases. Luego de aplicar la metodología, se detallan los resultados obtenidos en forma de gráficos de barras y tablas de datos, los cuales son analizados y sometidos a discusión, dichos resultados fueron comparados con los valores referenciales dados por los fabricantes, y a partir de ello se corroboró el estado de funcionamiento del sistema de encendido. Finalmente, se verificó que se hayan cumplido los objetivos propuestos al inicio del estudio, adicionalmente se plantearon recomendaciones para un mejor desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO I

1. Revisión Bibliográfica

1.1. Antecedentes

Desde los inicios de la fabricación de motores, el conseguir un encendido óptimo de la mezcla comprimida de aire combustible ha sido uno de los mayores desafíos para los diseñadores (BERU, 2013).

Bosch empezó el desarrollo del sistema de encendido electrónico en la década de 60. Desde entonces, los nuevos sistemas están siendo constantemente desarrollados y actualizados (Bosch, 2016).

En la constitución general de un sistema de encendido se debe tener en cuenta la disposición y estructura de las bobinas, las mismas dependerán del tipo de encendido: independiente, simultáneo y hall. Siendo que el sistema de encendido independiente posee una bobina para cada cilindro, simultáneo una bobina para dos cilindros (chispa perdida) y el hall una bobina para todos los cilindros (Gía Cornejo & Riera Parra, 2015).

El sistema de encendido convencional es el más sencillo de los sistemas de encendido por bobina, se caracterizan por disponer de una bobina para todo el sistema de encendido y un elemento llamado platino que controla la apertura y cierre del circuito con impulsos de masa. (Medina Carpio & Medina Carpio, 2013).

Estos sistemas de repartición de chispa contenían elementos mecánicos, propensos a desgaste y de baja eficiencia. El avance vertiginoso de la electrónica ha permitido acoplar y reemplazar dichos elementos por esquemas de control mejorando el desempeño de los motores con el menor consumo de combustible, por consiguiente, se minimiza la contaminación ambiental (Ortiz Villamarín, 2014).

Una gran innovación para el encendido fue el sistema electrónico con captador inductivo, está instalado en la cabeza del distribuidor sustituyendo al ruptor, la señal eléctrica que genera se envía a la unidad electrónica que gestiona el corte de la corriente del bobinado primario de la bobina para generar la alta tensión que se envía a las bujías (Salazar Ayala, A. D., & Sanchez Sanchez, 2012).

El sistema de encendido DIS es controlado por el módulo de control electrónico del vehículo que a diferencia del sistema de encendido convencional recibe la señal de sensores que indican la posición del cigüeñal para conocer la ubicación de los pistones y de la barra de levas permitiendo una alta precisión en el momento de la generación de la explosión de la mezcla durante la chispa (Macías Monserrate & Macías Monserrate, 2015).

1.2. Situación actual

Los sistemas de encendido Coil on plug proporcionan mayor potencia en la chispa y mejoran el funcionamiento del motor ya que no existen interferencias eléctricas, las bobinas dan mayor tiempo para saturar el campo magnético (Marcelo et al., 2017).

El sistema de encendido automotriz Coil on plug se compone de dos devanados de transformador con un secundario, donde la fuente de alto voltaje alimenta directamente a una bujía y ocurre el salto de chispa en otra bujía al mismo tiempo, donde el número de bobinas de encendido del auto corresponden al número de cilindros del motor (J. Jia, Q. Wang, J. Yu, 2010).

Si el sistema de encendido es completamente inaccesible, es necesario usar un diagnóstico por medición de alto voltaje y pulsos de corriente conectando las pinzas de escaneo (Sebok et al., 2020).

1.3. Prospectiva

El sistema por bobinas independientes es el sistema de encendido más avanzado y llamativo dado que tienen una mayor precisión en la sincronización, sin embargo, no están exentas de posibles fallas que pueden afectar al rendimiento del motor, del presente estudio se espera conseguir un diagnóstico acertado para solventar o prevenir fallas en este tipo de sistema de encendido, utilizando un equipo de medición modular se obtendrá señales del funcionamiento de las bobinas e incluso simulación de fallas en las mismas para un diagnóstico predictivo.

1.4. Planteamiento del problema

Con la implementación de los sistemas electrónicos se ha logrado una mayor eficiencia en el motor perfeccionando la sincronización de los diferentes elementos en el sistema, la demanda de inducir alto voltaje con mayor frecuencia genera factores que afectan a su funcionamiento, siendo uno de los más importantes el aumento excesivo de temperatura, esto en una cantidad elevada puede generar pérdidas de tensión.

Además, una excesiva temperatura produce un mayor desgaste en los devanados primario y secundario. Dado que el motor genera vibraciones puede generar daños a los devanados de las bobinas y a su aislamiento, y esto a su vez provoca cortocircuitos. Una bujía no calibrada adecuadamente puede generar un sobreesfuerzo en las bobinas provocando un recalentamiento al generar el alto voltaje. Una resistencia demasiado baja en los devanados de las bobinas puede generar un incremento del flujo de electricidad causando fallas en todo el sistema de encendido.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Analizar el diagnóstico de señales en un sistema de encendido Coil on Plug en diferentes situaciones de funcionamiento utilizando un dispositivo BOSCH FSA 740.

1.5.2. Objetivo Específicos

- Analizar las señales en un sistema de encendido COP cuando el motor se encuentra en función de arranque, ralentí y máxima carga.
- Establecer el momento de mayor trabajo del sistema comparando las señales obtenidas.
- Identificar problemas de funcionamiento e implementar un diagnóstico predictivo para evitar dichas fallas.

1.6. Alcance

El presente proyecto pretende introducir una forma de diagnóstico basado en la medición de señales del primario y secundario de las bobinas con el manejo de un equipo modular Bosch FSA 740, tomando en cuenta parámetros como resistencia, voltaje y consumo de corriente.

Al analizar las curvas características del primario y secundario de las bobinas se definirá la forma en la que se realiza el diagnóstico del sistema de encendido. El desarrollo del estudio se llevará a cabo en los diferentes campus de la Universidad Técnica del Norte, haciendo uso de una maqueta de un motor que posee un sistema de encendido independiente ubicado en el taller de la carrera de Ingeniería Automotriz.

1.7. Justificación

El desarrollo del proyecto será un antecedente sobre el correcto uso de un equipo de medición modular en sistemas de encendido COP, logrando una mejora del diagnóstico en automóviles con gestión electrónica.

Tendencias recientes en la industria automotriz conducen a un incremento en el rendimiento y a reducir la producción de contaminantes contenidos en los gases de escape, todo llevado a cabo mientras se reduce el consumo de combustible. Esto es asociado con un gran desarrollo en el campo del sistema de encendido de un motor de combustión interna. Los sistemas de

encendido se encuentran entre los más importantes en el campo de gestión del motor, por lo cual se hace gran énfasis en el diagnóstico del mismo y en determinar la causa exacta de la falla (Kubis et al., 2020).

Realizar un correcto diagnóstico del sistema de encendido ayuda a optimizar tiempo y recursos al prevenir fallas en el motor. El equipo de diagnóstico modular FSA 740 ofrece obtener medidas de ondas de curva de los sistemas primarios y secundarios de las bobinas de encendido con mayor precisión y una mejor recolección de datos que servirá para un diagnóstico más acertado.

1.8. Fundamentos de un motor de combustión interna

Un motor de combustión interna es un conjunto de elementos mecánicos que permiten obtener energía mecánica mediante el desplazamiento lineal del émbolo de un mecanismo biela manivela a partir del estado térmico de un fluido mediante un trabajo generado por un proceso de combustión. Un motor durante su funcionamiento realiza una serie de procesos que se repiten periódicamente y constituyen un ciclo termodinámico abierto, los cuatro procesos básicos que tienen lugar son: admisión, compresión, expansión y escape. Junto con los procesos básicos mencionados anteriormente se tiene que dar otra serie de procesos secundarios, los más importantes son: la formación de la mezcla aire combustible, la ignición o encendido, la lubricación, la refrigeración, así como procesos mecánicos del motor (Antonio A.R. 2016).

1.8.1. Fundamentos del sistema de encendido

El propósito del sistema de encendido es crear una chispa que cause la ignición de la mezcla aire-combustible en el cilindro de un motor. Esto debe realizarse en el momento exacto y repetirse cientos de veces por minuto para cada cilindro. Si la chispa se retrasa por una fracción de segundo, el motor tendrá un funcionamiento pobre. El sistema de encendido envía un alto voltaje hacia la bujía en cada cilindro cuando el pistón está en la parte más alta de su carrera

de compresión. El voltaje que maneja varía entre 8000 voltios a 50.000 voltios (Concepcion, 2011).

1.8.2. Tipos de sistemas de encendido

1.8.2.1. Encendido transistorizado con contactos.

Conserva los componentes del sistema de encendido convencional, aunque los contactos o platinos manejan la bobina a través de transistores. Suelen usarse transistores Darlington para evitar el deterioro de los contactos por corrientes elevadas, consiguiendo que la corriente de la bobina sea constante y mucho mayor. El transistor es mucho más rápido al momento de la conmutación logrando un campo magnético sobre la bobina que varía de forma más violenta y por lo tanto puede entregar mejor energía a la bujía. Se incorpora la electrónica a fin de mejorar las limitaciones en los sistemas de encendido convencionales, como la aparición de fallos de encendido a altas revoluciones del motor y desgaste de los contactos del ruptor (Mogrovejo Lata, 2007).

1.8.2.2. Encendidos transistorizados sin contactos.

Una evolución importante del distribuidor fue sustituir el ruptor por un generador de impulsos y eliminar el condensador. Con este tipo de distribuidores se consiguió un sistema de encendido electrónico sin contactos, sustituyendo el elemento mecánico. Las otras funciones del encendido se mantienen, conservando la bobina, bujías y el distribuidor con los elementos de variación del punto de encendido (regulador centrífugo y por depresión) (Sánchez, 2011).

Se pueden diferenciar dos tipos de encendido electrónico:

- Encendido electrónico con generador inductivo: TZ-I o TSZ-I.
- Encendido electrónico con generador hall: TZ-H o TSZ-H.

1.8.2.3. Encendido transistorizado con generador de impulsos inductivo.

Los componentes de este sistema de encendido de altas prestaciones son: Generador de impulsos de inducción, el distribuidor y unidad de control. La unidad de control o centralita electrónica de encendido recibe los impulsos eléctricos que envía el generador de impulsos desde el distribuidor. Esta centralita está dividida en tres etapas fundamentales: El modulador de impulsos, el estabilizador y el mando del ángulo de cierre (Sánchez, 2011).

1.8.2.4. Encendido transistorizado por generador de impulsos por efecto Hall.

Sistema de encendido transistorizado que se caracteriza por que la señal que comanda el sistema para el corte de energía del bobinado primario es captada por un sensor de efecto Hall ubicado en la cabeza del distribuidor. El efecto hall se produce cuando un semiconductor es recorrido por una corriente y sometido a un campo magnético, generando en sus extremos una diferencia de tensión (Sánchez, 2011).

1.8.2.5. Encendido electrónico integral.

Se suprimen el número y la composición de los componentes. Esta vez desaparecen los elementos de corrección del avance del punto de encendido como regulador centrífugo y regulador de vacío, evitando la posibilidad de desajuste. Además, también desaparece el generador de impulsos del interior del distribuidor, realizando ahora sus funciones los componentes electrónicos que son insertados en la unidad de control. Este tipo de encendido distribuye la tensión de la bobina a cada una de las bujías, se puede incluir un generador de impulsos de efecto hall para informar a la ECU la posición de los cilindros del motor (Sánchez, 2011).

1.8.2.6. Encendido DIS Estático.

En este tipo de encendido prima la ausencia de un distribuidor de alta tensión, de esta manera el sistema ya no cuenta con elementos mecánicos que puedan averiarse.

El sistema de encendido DIS es controlado por una centralita que a diferencia del sistema de encendido convencional recibe la señal de sensores que indican la posición del cigüeñal para conocer la ubicación de los pistones y de la barra de levas, permitiendo una alta precisión en el momento de la generación de la explosión de la mezcla durante la chispa (Macias Monserrate & Macias Monserrate, 2015).

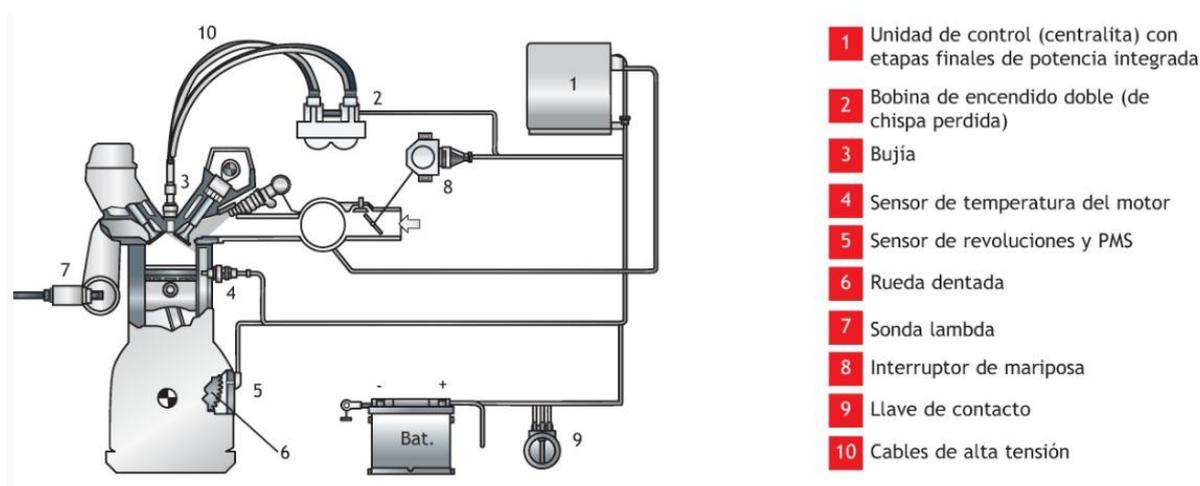


Figura 1.1 Sistema de encendido DIS

(Sánchez, 2011)

Ventajas ante el sistema de encendido convencional

- Nivel de perturbaciones electromagnéticas sensiblemente reducido, ya que no existe chispa en espacios abiertos.
- Tiene un gran control sobre la generación de la chispa ya que hay más tiempo para que la bobina genere el suficiente campo magnético para hacer saltar la chispa que inflame la mezcla. Eso reduce el número de fallos de encendido a altas revoluciones del motor.

- Existe un margen mayor para el control del encendido, por lo que se puede jugar con el avance de encendido con mayor precisión.
- Número reducido de uniones de alta tensión. Las bobinas pueden ser colocadas cerca de las bujías lo que puede reducir la longitud de los cables de alta tensión.

El sistema de encendido DIS para un motor de cuatro cilindros está formado por dos bobinas dobles que suelen estar agrupadas en una misma carcasa y son alimentadas por una etapa de potencia doble. Cada bobina tiene un primario y un secundario aislados entre ellos eléctricamente. En los motores de seis cilindros se utilizan seis bobinas dobles y en motores con un número impar de cilindros se emplean bobinas independientes (Sánchez, 2011, p. 66).

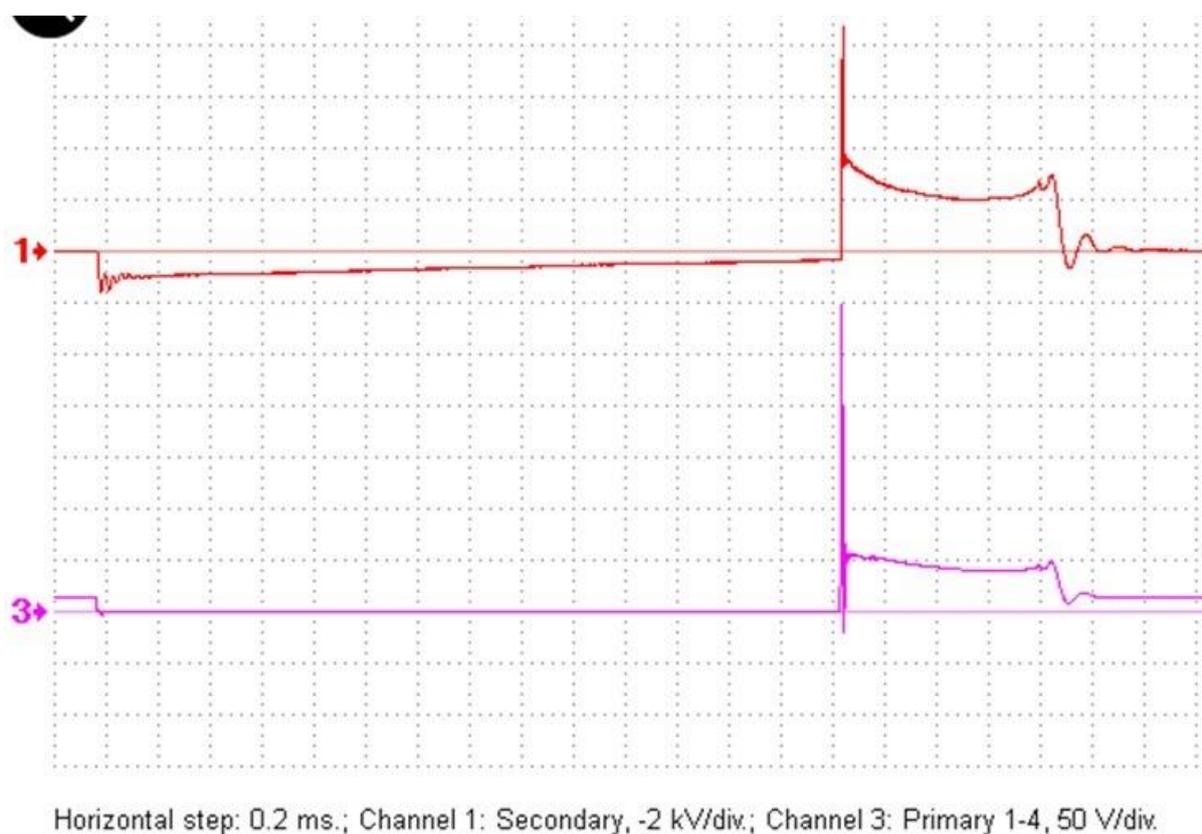


Figura 1.2 Oscilograma primario y secundario bobina DIS

(USB Autoscope, 2018)

1.9. Fundamentos del sistema de encendido COP

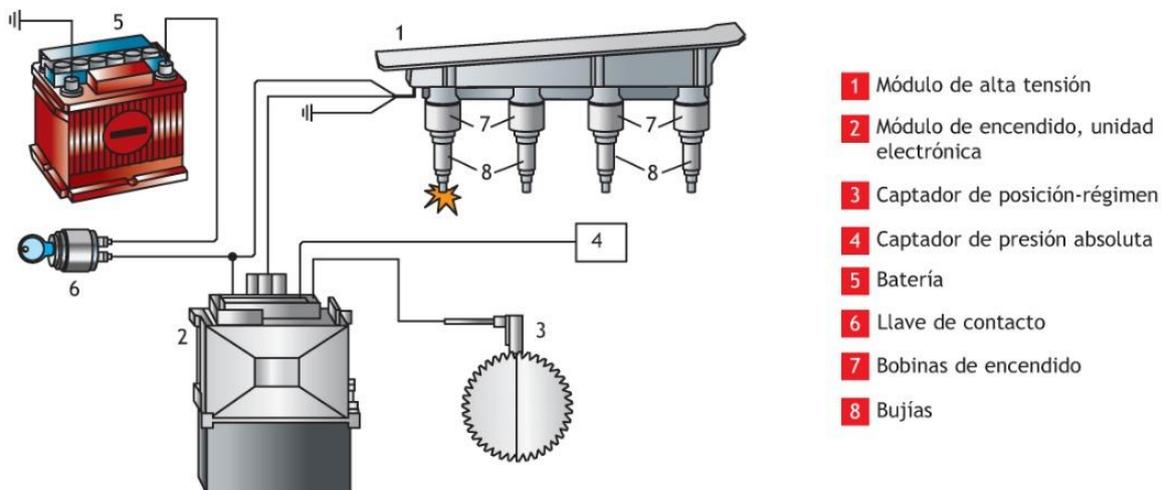


Figura 1.3 Sistema de encendido directo

(Sánchez, 2011)

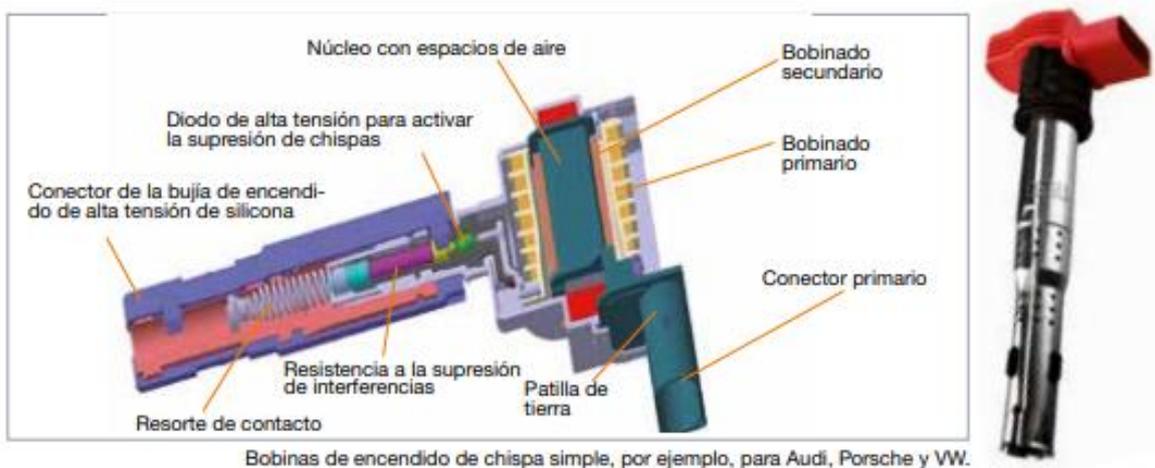


Figura 1.4 Bobina de encendido independiente

(BERU, 2013)

Las bobinas se componen de tres cables de conexión, dos entradas al primario, una de positivo y otra del módulo de potencia, y una tercera de salida. El secundario de la bobina lleva un extremo directo a las bujías y otro a masa de unidad de control. En este sistema se eliminan por completo los cables de alta tensión (Sánchez, 2011, p. 69).

(Sánchez, 2011) menciona que entre las principales características de las bobinas tenemos:

- Dada su ubicación sobre la bujía se garantiza que su eficiencia aumentará un 25% en comparación con los sistemas anteriormente citados.
- Al compararlas con las bobinas de los otros sistemas se puede observar una diferencia significativa de tamaño, la cual puede ser hasta cuatro veces menor.
- La ausencia de cables brinda mayor seguridad al sistema, disminuyendo las probabilidades de daños por descargas o contactos con masa.
- Aún con las diferencias mencionadas previamente, las señales de estas bobinas son iguales a las de los sistemas con bobinas tradicionales.

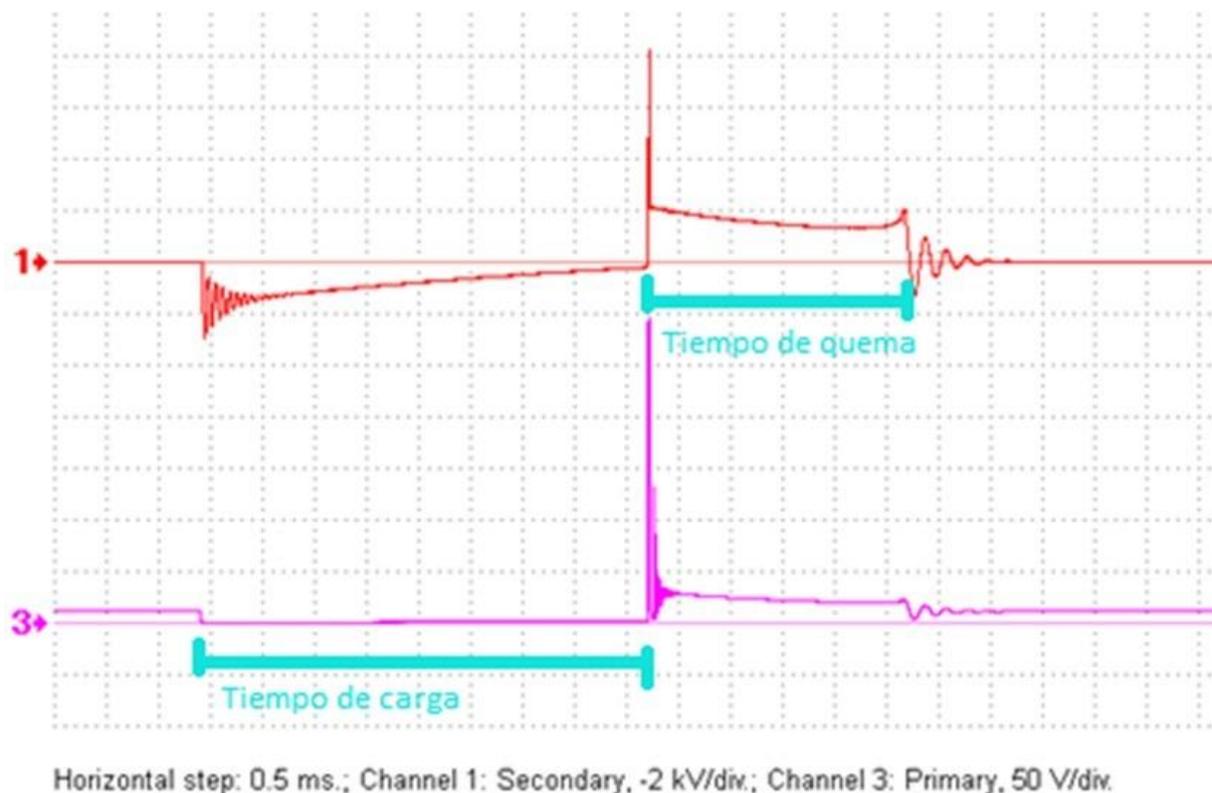


Figura 1.5 Oscilograma primario y secundario de la bobina COP

(USB Autoscope, 2018)

Si se toma un oscilograma de las señales del primario y secundario de la bobina se nota que son casi un reflejo una de la otra, presentan ligeras variaciones a diferencia de los otros sistemas donde la diferencia es más notoria.

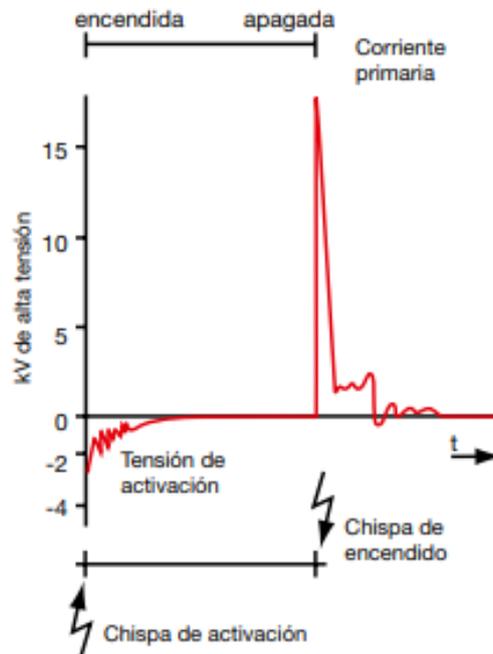


Figura 1.6 Chispa de activación

(BERU, 2013)

La etapa de carga de la bobina dura entre 1.5 a 3.5 ms dependiendo del diseño de esta. Por otro lado, el tiempo de quema se encuentra entre un rango de 1.0 a 2.0 ms dependiendo también de la construcción de la bobina. El voltaje de activación puede alcanzar el valor de 25 a 40 kV, el voltaje de quemado o línea de chispa debe estar entre el valor de 1.5 a 2.5 kV (Villarreal, 2016).

1.9.1. Componentes involucrados en el encendido: sensores y actuadores

1.9.1.1. Sensores.

Entre las mayores peculiaridades del sistema se encuentra el uso de componentes que envían señales para que la unidad de control las procese. Entre las más importantes están:

1.9.1.1.1. Sensor del número de revoluciones por generador de impulsos de tipo inductivo (CKP).

Compuesta de una rueda dentada acoplada al volante motor y un captador magnético formado por un imán permanente y una bobina. Se obtiene la señal gracias a la variación del campo magnético producido por la rueda dentada frente a la bobina, produciendo una corriente alterna que tiene una frecuencia proporcional a la velocidad de la rueda. La rueda dentada suele disponer de un diente con una apertura más ancha que los demás utilizada para representar que el pistón llegará al PMS 90 grados después (Medina, 2013).

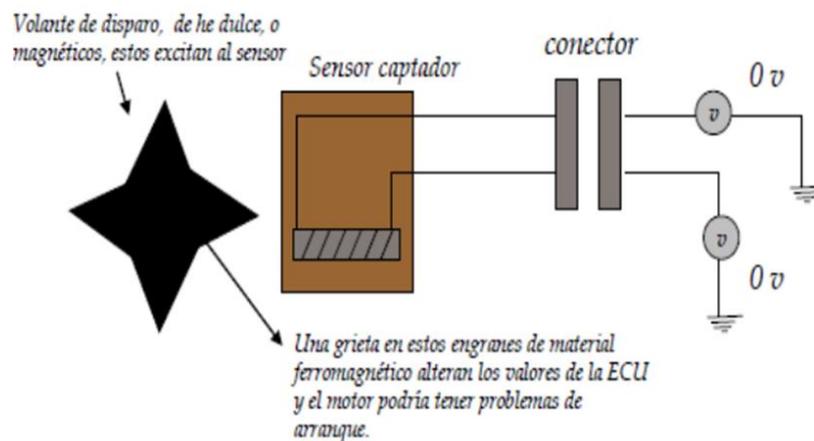


Figura 1.7 Principio de funcionamiento CKP inductivo

(Flores, 2010)

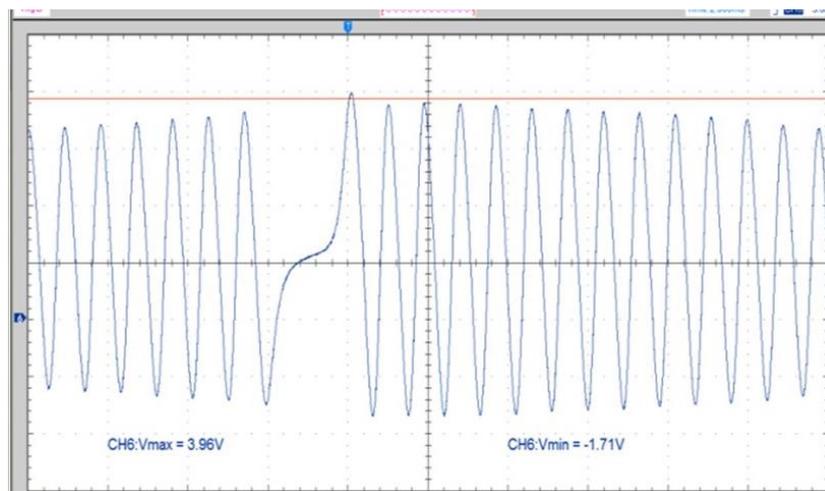


Figura 1.8 Oscilograma CKP

(Carrillo, 2014)

1.9.1.1.2. Sensor de posición del árbol de levas (CMP).

El CMP es un sensor de tipo magnético y se encuentra en la cabeza del motor a la altura del árbol de levas, su función es la de verificar que el árbol de levas se encuentre girando adecuadamente, y con la señal que envía hacia la ECU esta regula la mezcla aire-combustible (Medina, 2013).

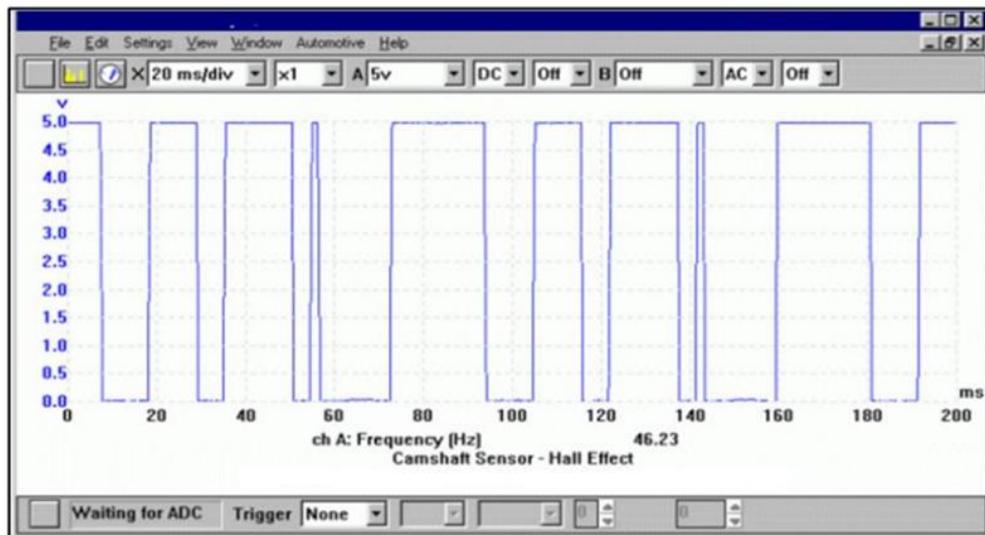


Figura 1.9 Oscilograma CMP

(Oterino, 2015)

1.9.1.1.3. Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

Este sensor está unido al cuerpo de aceleración por medio de una manguera flexible, lo cual le permite monitorear el vacío que se produce o se genera en el múltiple de admisión. Tiene la función de transformar el valor de la variación de presión que hay en el colector de admisión en una señal eléctrica que será enviada e interpretada por la centralita electrónica, El sensor MAP utiliza la presión de aire en la admisión para definir la cantidad adecuada de aire y combustible requeridas para los cilindros de encendido (Medina, 2013).

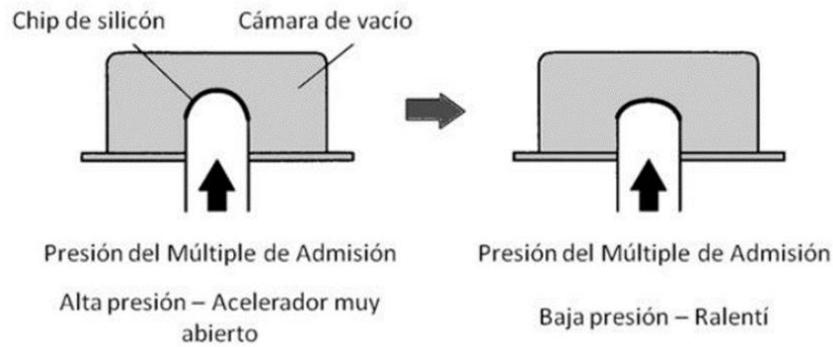


Figura 1.10 Funcionamiento sensor MAP

(Flores, 2010)

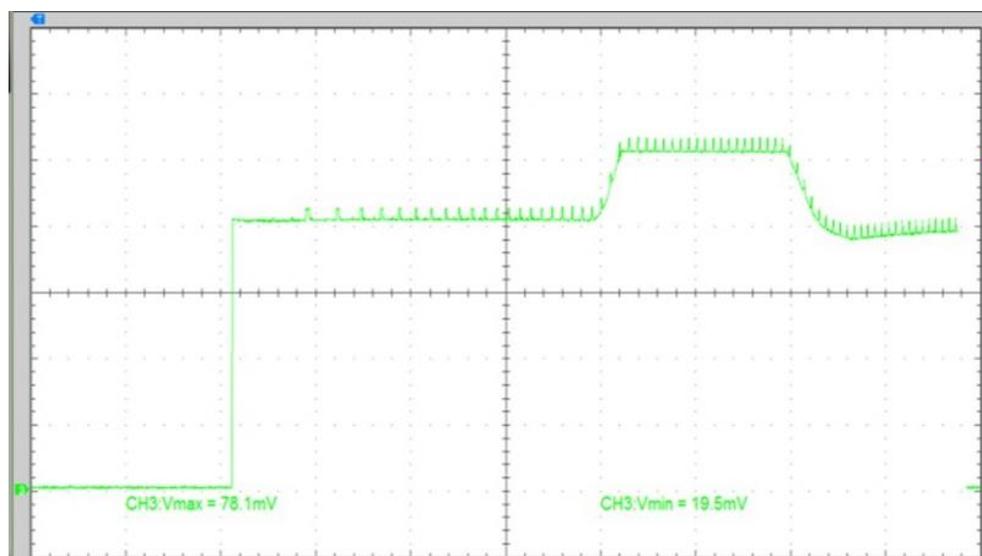


Figura 1.11 Oscilograma sensor MAP

(Carrillo, 2014)

1.9.1.1.4. Sensor de posición del acelerador (TPS).

Es el sensor de posición de la mariposa, el cual va instalado sobre el cuerpo de aceleración y lo que hace es medir el ángulo de la mariposa, convirtiendo este ángulo o apertura en una señal eléctrica, a medida que el ángulo se incrementa, también se incrementa el voltaje y esta señal es la que recibe la computadora y ella la utiliza para determinar la potencia que el conductor solicita, además estas informaciones son utilizadas en el cálculo del tiempo de inyección y avance de la ignición, para el correcto funcionamiento de un motor de inyección electrónica (Medina, 2013).

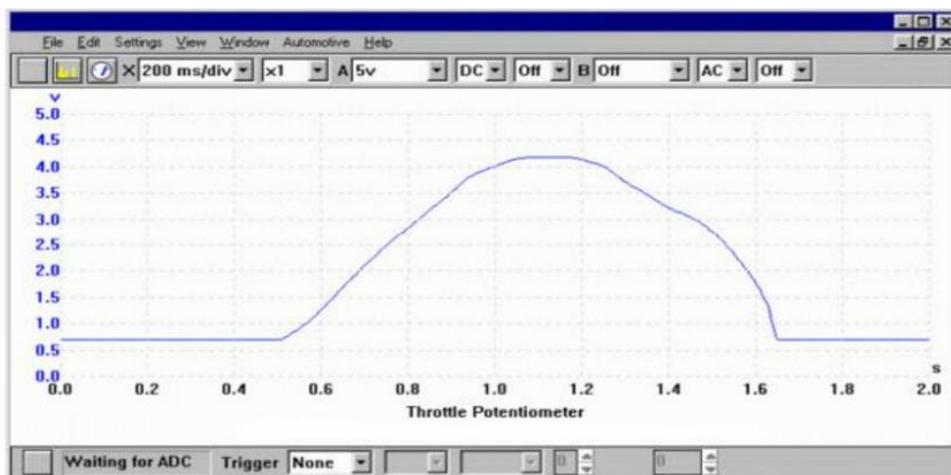


Figura 1.12 Oscilograma del TPS

(Carrillo, 2014)

1.9.1.1.5. Sensor de temperatura.

Normalmente se utiliza termistores de tipo NTC (coeficiente de temperatura negativo), está situado en el bloque de motor donde suministra al aparato de mando una señal correspondiente para la temperatura del motor. Este sensor monitorea la temperatura del anticongelante del motor, para que de esta manera la PCM o ECU conozca el valor promedio de la temperatura en general del motor (Medina, 2013).

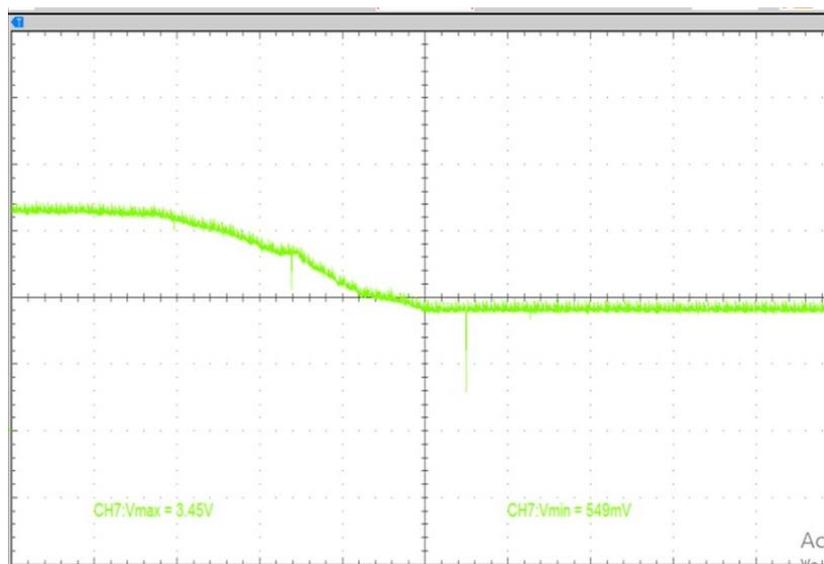


Figura 1.13 Oscilograma ECT

(Carrillo, 2014)

1.9.1.1.6. Sensor de golpeteo.

Es un sensor de tipo piezoeléctrico colocado sobre el bloque motor, es capaz de informar que se ha producido una detonación en el interior del cilindro del motor mediante una señal de tensión a la UCE. A partir de este momento la UCE modifica el encendido, adoptando una curva de avance inferior. Para obtener la señal del sensor se configura el osciloscopio a 5V por división y una señal de muestra de 1 μ s, se conecta la sonda en la salida del sensor y se deberá observar la forma de onda que corresponde a la señal que emite el sensor cuando existe explosión en un cilindro. Normalmente este sensor detecta las detonaciones del motor y envía una señal de voltaje a la unidad electrónica misma que realiza un ajuste en la ignición hasta que el motor se estabilice. Si el sensor no funciona correctamente, las detonaciones en el motor no son controladas y puede ocasionar graves problemas mecánicos, además de provocar pérdida de potencia e incremento de emisiones (Medina, 2013).

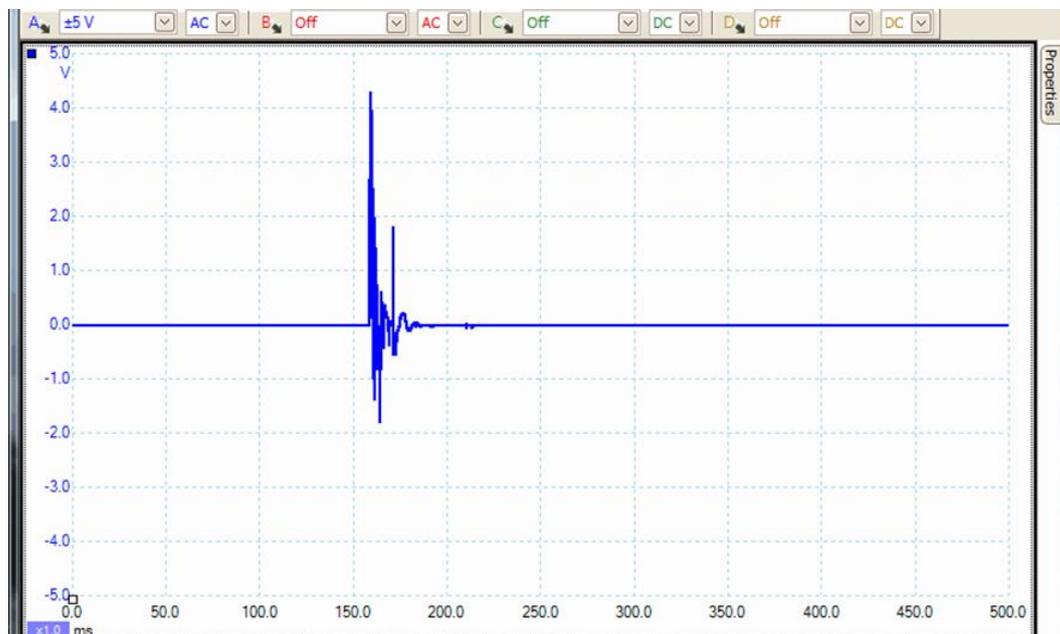


Figura 1.14 Oscilograma del sensor de detonación

(A, 2017)

1.9.1.2. Bujías

La bujía es el elemento que produce la chispa la cual funciona como detonante de la mezcla aire-combustible en cada cilindro. El alto voltaje que envía la bobina hacia la bujía crea un arco entre la separación de sus electrodos, y así consigue el salto de la chispa (Niegel, 1999).

1.9.1.2.1. Grado térmico de las Bujías.

El grado térmico de una bujía es indicado por el fabricante con una escala propia. El orden de esta escala puede crecer o decrecer con la capacidad de evacuación del calor de la bujía. Las tablas de equivalencia entre fabricantes permiten relacionar los distintos índices de grado térmico empleados, junto con otras características de las bujías (Pardiñas & Feijó, 2018).

La elección correcta de las bujías está ligada a las características del motor, ya que depende de la temperatura que pueda alcanzar al momento de la combustión.

La temperatura de trabajo de la bujía debe estar comprendida entre los 400 y los 850 °C. Además, 400 °C es el límite de autolimpieza, ya que por debajo de esa temperatura se acumulan depósitos de carbonilla y poco a poco disminuye la calidad de la chispa. Por encima de los 850 °C la mezcla se inflama prematuramente al entrar en contacto con las partes calientes de la bujía, provocando el autoencendido con el riesgo de dañar gravemente el motor (GONZÁLEZ CALLEJA, 2015).

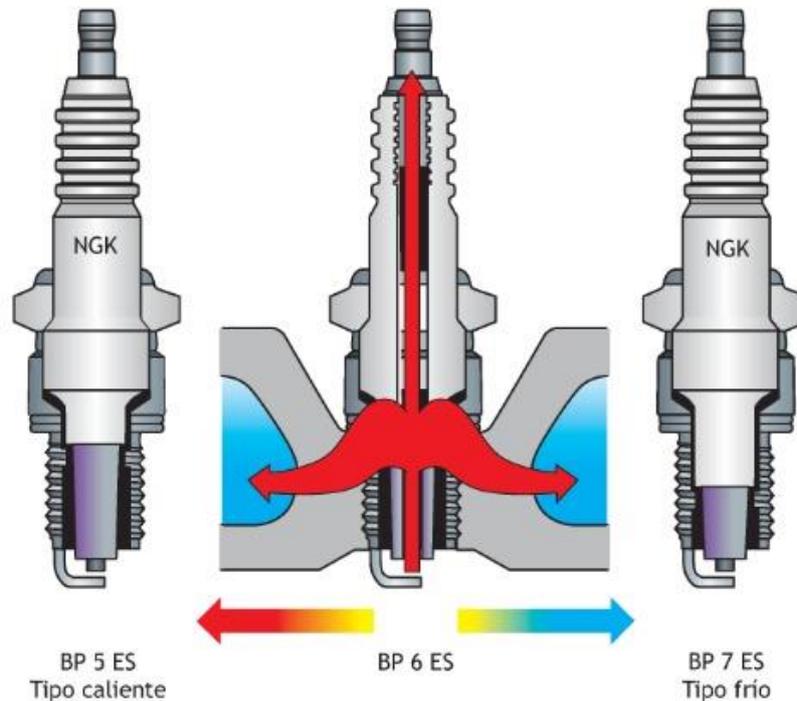


Figura 1.15 Tipos de bujías según su grado térmico

(Sánchez , 2011)

(GONZÁLEZ CALLEJA, 2015) clasifica las bujías en tres tipos de acuerdo con su grado térmico:

- Calientes o de grado térmico alto: el pie del aislador es largo y el calor tiene que recorrer un gran camino desde la zona de absorción a la zona de cesión, por lo que tiene poca capacidad de evacuarlo. Este tipo de bujías es adecuado para motores de baja compresión, poca potencia y reducidas temperaturas en la cámara de combustión.
- Intermedias o de grado térmico medio: el pie del aislador es un poco más corto que el caso anterior, mejorando la capacidad de evacuar el calor. Se emplean para motores de prestaciones medias.
- Frías o de grado térmico bajo: el pie del aislador es muy corto y el calor se evacua rápidamente. Se usa para motores de elevada compresión, potentes y que alcanzan altas temperaturas en la cámara de combustión. (pág. 290)

1.9.1.2.2. Calibración de las Bujías.

La calibración de una bujía hace referencia a la distancia que existe entre los electrodos de esta, dicha distancia influye en la calidad de la combustión.

La distancia entre los electrodos de la bujía influye, entre otros factores, en la tensión de encendido. Una separación demasiado pequeña implica una tensión baja. Esto puede acarrear problemas, debido a una transmisión insuficiente de energía a la mezcla con la consiguiente dificultad para inflamarla. Por el contrario, una separación demasiado grande conlleva una elevada tensión de encendido, lo cual supone una reducción de la reserva de tensión, con el peligro de que haya más fallos en el encendido (Pardiñas & Feijó, 2018).

La calibración que debe tener la bujía está dada por el fabricante del motor. En la siguiente figura se aprecia la relación que existe entre la tensión y la distancia adecuada.

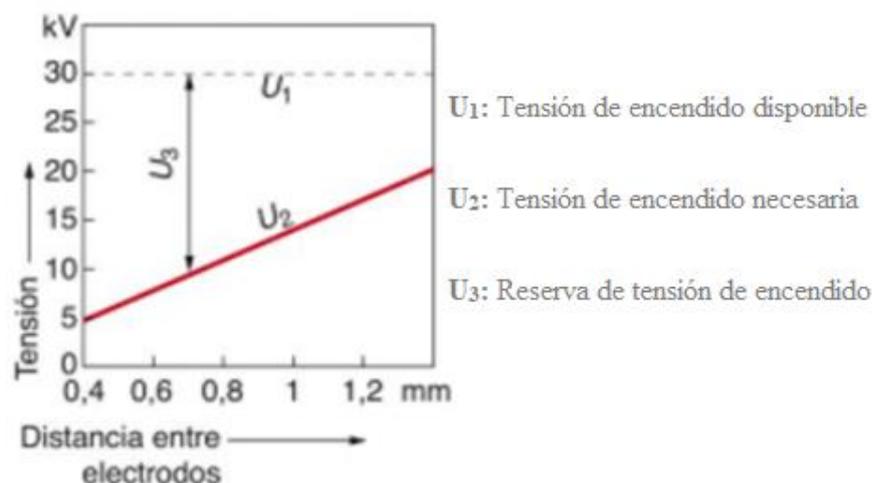


Figura 1.16 Relación entre la distancia de los electrodos y la tensión necesaria para generar la chispa

(Pardiñas & Feijó, 2018)

1.9.1.3. Inyectores

Van fijados a la culata e inyectan el combustible a alta presión directamente al interior del cilindro. Su misión es la de inyectar el combustible en un tiempo mínimo, adecuadamente pulverizado y de forma específica según el modo operativo momentáneo. Durante la inyección se excita el bobinado electromagnético en el inyector y se genera un campo magnético. A raíz de ello se atrae el inducido con la aguja, con lo cual abre el inyector y proyecta el combustible. Al dejarse de excitar el bobinado se neutraliza el campo magnético y la aguja es oprimida por el muelle de compresión contra su asiento en el inyector (Sanchez, 2011).

1.9.1.4. Bobinas.

1.9.1.4.1. Bobinas de 2 pines.

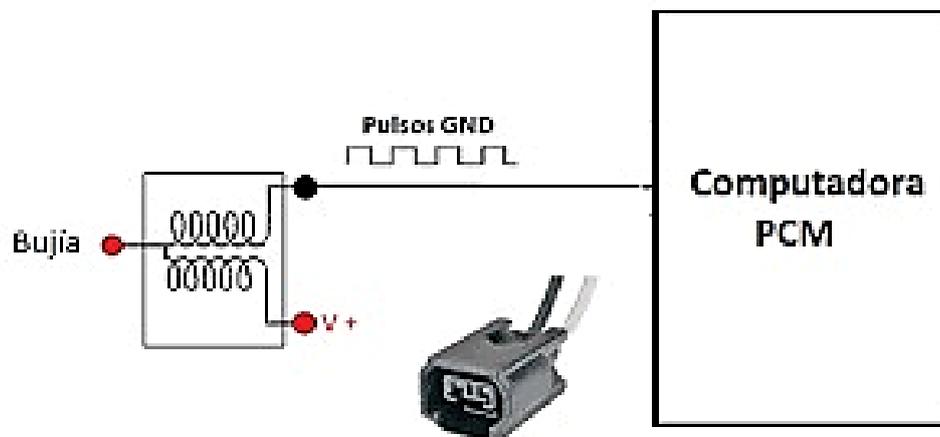


Figura 1.17 Diagrama eléctrico bobina COP de 2 pines

(Innova, 2016)

Este tipo de bobina tiene dos conectores en su entrada, uno de ellos para el voltaje positivo y el otro para una señal pulsante negativa recibida directamente de la computadora del vehículo. Internamente la PCM ya cuenta con la etapa de potencia para elevar y enviar el pulso negativo a la bobina para generar el alto voltaje (Innova, 2016).

1.9.1.4.2. Bobinas de 3 pines o con transistor incorporado.

La diferencia de este tipo de bobina con la anterior es que dentro de la bobina incluyen el transistor de potencia para la activación de la misma, la disposición de los pines del conector depende del fabricante (Innova, 2016).

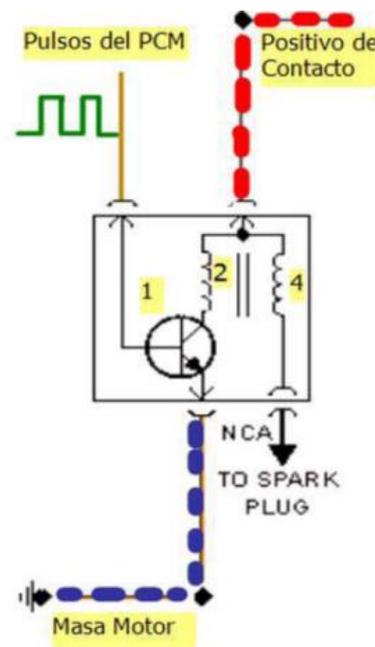


Figura 1.18 Diagrama eléctrico bobina COP de 3 pines

(Equipo Automotriz Javaz, 2009)

En la figura 1.18 se observa que la bobina tiene tres conectores, en los cuales se encuentra un contacto positivo o de ignición sombreado con rojo, una masa de motor sombreada con azul y una serie de pulsos provenientes de la PCM, cada uno de estos pulsos logran excitar la base del transistor y de esta forma logra unir el colector con el emisor, el cual está anclado en la masa, de esta manera se satura la bobina y se genera la chispa (Equipo Automotriz Javaz, 2009).

1.9.1.4.3. Bobinas de 4 pines o con modulo incorporado.

Este tipo de bobina es muy similar a la bobina de 3 cables, la diferencia es que el fabricante anexa un cuarto cable (pin) de conexión, el cual se encarga de llevar una señal pulsante de

regreso a la PCM cuando la bobina se activa correctamente, esta señal de regreso es emitida por cada una de las bobinas con las que cuenta el vehículo (Innova, 2019).

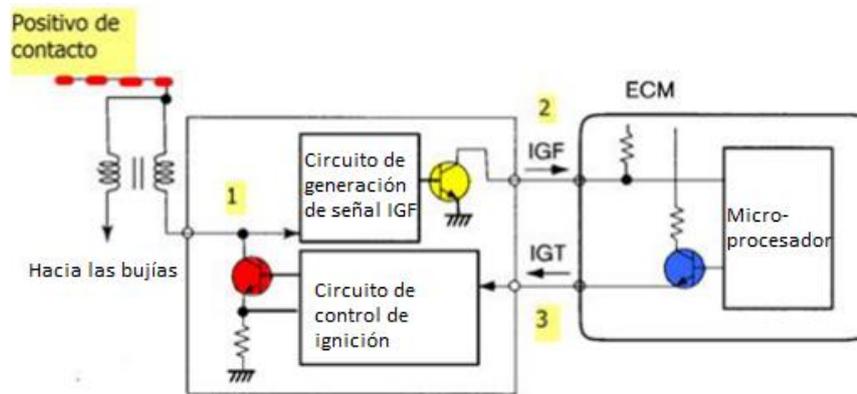


Figura 1.19 Diagrama eléctrico de bobina COP de 4 pines

(Equipo Automotriz Javaz, 2009)

Para analizar el funcionamiento de esta bobina, se debe tomar en cuenta que el esquema que se utiliza para generar la chispa es exactamente igual al explicado en las bobinas con tres cables, con lo cual lo único que las diferencia es que la bobina de 4 pines envía una señal a la PCM cada vez que se genera una inducción en el primario (Equipo Automotriz Javaz, 2009).

1.10. Análisis y diagnóstico: señales y códigos de falla

1.10.1. Señales

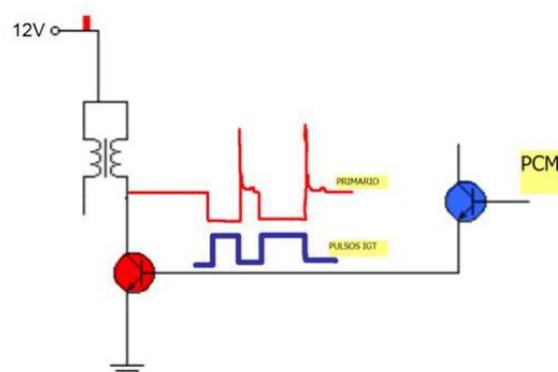


Figura 1.20 Ignition Control Circuit

(Equipo Automotriz Javaz, 2009)

Internamente el PCM, contiene un circuito el cual puede ser como en este caso sombreado con azul un transistor NPN, donde su salida es un positivo. Este transistor NPN está conectado directamente al microprocesador, este pulso positivo sale de la PCM a la bobina y se conoce como IGT (Ignition timing) y en otras marcas como SPOUT (Spark out). Este pulso llega hasta el módulo dentro de la bobina llamado en el esquema Ignition Control Circuit, básicamente este pulso activa la base del transistor rojo (Equipo Automotriz Javaz, 2009).

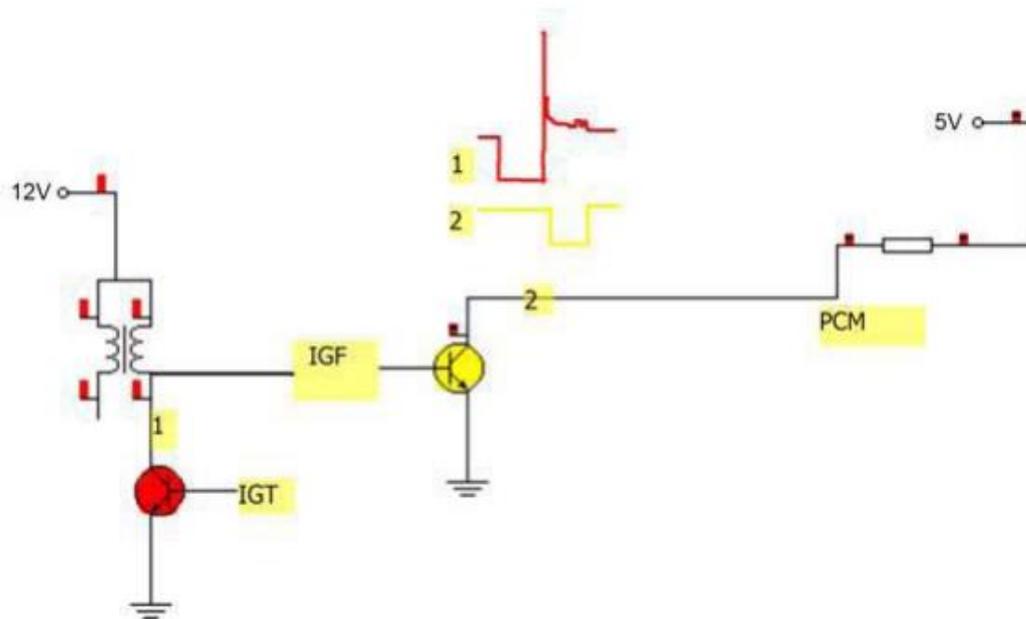


Figura 1.21 Ignition Generation Circuit

(Equipo Automotriz Javaz, 2009)

Este circuito toma la señal del primario, y cada vez que se produce un correcto proceso de inducción, hacia el secundario el circuito IGF, coloca un pulso al transistor amarillo de la gráfica superior, o sea que este pulso por parte del IGF es una comprobación que el primario de la bobina realizó la inducción, este pulso al transistor amarillo en la imagen colocada a masa un voltaje de referencia que el PCM mantiene en el cable IGF (Equipo Automotriz Javaz, 2009).

1.10.2. Códigos de falla asociados al sistema de encendido

En OBD2 se tiene varios códigos de falla relacionados al sistema de encendido, sin embargo, se enfoca solo en aquellos que tienen una relación con la bobina, se tiene los siguientes:

- P0300: Señala que se ha detectado un problema de Misfire en varios cilindros. Dado que el problema es la falta de chispa, se debe asumir que una de las causas podría ser el mal funcionamiento de la bobina.
- P0301 al P0312 son los códigos de falla relacionados al Misfire dependiendo del número de cilindros que tenga el motor.
- P0350: Indica que existe un mal funcionamiento en el primario y/o secundario de la bobina.
- P0351 al P0362 dependiendo del cilindro que en el que este fallando primario y/o secundario de la bobina.

CAPÍTULO II

2. Metodología

El presente estudio se desarrolló siguiendo fases o pasos que se muestran en la figura 2.1. Este flujograma permitió abordar de manera sencilla y didáctica el alcance del estudio. Se dividió el desarrollo de la metodología en 5 fases, como primera parte se realizó una caracterización del vehículo de pruebas donde se detalló exclusivamente las características del motor de combustión interna, seguidamente se definió las variables mediante las cuales se pudo medir los valores necesarios para llevar a cabo el estudio del trabajo. Posteriormente, se detalló las características de los equipos que se utilizaron en el desarrollo de la propuesta, destacando como principal componente el equipo de medición Bosch FSA 740. En el cuarto apartado se relató el desarrollo de las pruebas piloto del equipo Bosch FSA 740 realizadas en el vehículo Toyota Prius perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, el objetivo de las pruebas es familiarizarse con el equipo y de ser posible encontrar de antemano la solución a fallas o complicaciones que puedan presentarse. Finalmente, una vez culminadas las pruebas piloto se desarrolló el plan final de pruebas y ensayos que se aplicó en el estudio del sistema de encendido del vehículo Honda WR-V.

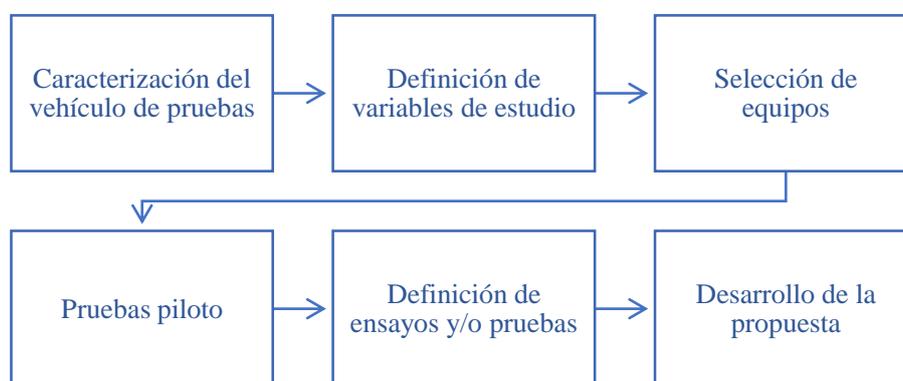


Figura 2.1 Flujograma de la metodología

2.1 Materiales

2.1.1 Caracterización del vehículo de pruebas

Para el desarrollo de las pruebas fue utilizado un motor de marca Honda obtenido de la maqueta de la carrera de Ingeniería Automotriz perteneciente a la Universidad Técnica del Norte. Este motor fue desmontado del modelo WR-V fabricado en el año 2021. El motor constaba de las siguientes especificaciones: cuatro cilindros en línea, un cilindraje de 1496 cm³, un sistema de encendido independiente, además de una transmisión automática CVT y otras características que se detallan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características del vehículo de pruebas

HONDA WR-V 2021	
Modelo	LX
Cilindros	4 en línea
Cilindraje	1496 cm ³
Potencia	(CV/RPM) 120/6600
Par motor	(Nm/RPM) 145,04/4800
Relación de compresión	10.3:1
Sistema de inyección	PGM-FI
Sistema de encendido	COP

Fuente: (Honda, 2021)

2.1.2 Definición de variables de estudio

Con el propósito de diagnosticar el encendido primario y secundario de la bobina del motor de pruebas, las variables definidas para el siguiente estudio son aquellas que se establecen en la ley de Ohm y que permiten comprender los fundamentos principales de los diferentes circuitos eléctricos. De ahí que, las tres variables seleccionadas fueron las que se describen a continuación:

- Voltaje. - Se mide la variación de la tensión de los diferentes componentes involucrados en el sistema de encendido en función del tiempo.
- Intensidad de corriente. - Se mide el consumo de corriente para verificar el correcto funcionamiento del componente actuador.
- Resistencia. Se verifica el valor de resistencia de los bobinados primario para comprobar que la bobina se encuentre en buen estado.

2.1.3 Selección de equipos

2.1.3.1 Equipo de medición FSA 740

El equipo de medición Bosch FSA 740 fue utilizado para el análisis de los sistemas del motor. Este equipo está conformado por tres módulos: un scanner, una biblioteca virtual operativa mediante ESI[tronic] y un analizador de gases. La selección de este instrumento moderno se debió al diagnóstico rápido y preciso de los diferentes componentes eléctricos y electrónicos de vehículo.



Figura 2.2 BOSCH FSA 740

El equipo FSA cuenta con algunos instrumentos entre los cuales se puede mencionar:

- Una pinza inductiva
- Una pinza amperimétrica de 30 y otra de 1000 amperios
- Un conjunto de cables para el primario
- Una sonda
- Un conjunto de cables para el secundario
- Agujas disponibles para dos canales del osciloscopio
- Par de pinzas para la batería
- Medidor de temperatura del aceite

2.1.3.2 Multímetro

Este instrumento permitió medir el voltaje en los diferentes sockets de las bobinas, sensores e inyectores. Además, generó los valores de la resistencia de los bobinados. En la Figura 2.3 se indica el instrumento utilizado.



Figura 2.3 Multímetro

2.2 Métodos

2.2.1 Pruebas piloto

En los ensayos preliminares fueron realizadas todas las pruebas propuestas en el vehículo Toyota Prius el cual se indica en la Figura 2.4, siendo este propiedad de la Universidad Técnica del Norte. Dichas pruebas se realizaron en la ciudad de Ibarra, la cual se encuentra a una altitud de 2225 m y cuenta con una presión atmosférica promedio de 79 kPa.



Figura 2.4 Pruebas piloto en el vehículo Toyota Prius

2.2.1.1. Identificación de cables de la bobina

En primer lugar, el multímetro fue utilizado para obtener las medidas de voltaje del bobinado primario, para lo cual, la bobina del socket fue desconectada, identificando así el tipo de señal en cada uno de los pines. Para llevar un orden adecuado, los pines del socket fueron enumerados de izquierda a derecha: pin 1 alimentación (12V), pin 2 señal de retroalimentación (0,5V), pin 3 señal de bobina (5V) y pin 4 masa (0V).

2.2.1.2. Medición en el bobinado primario

Para la medición estándar del bobinado primario fue usado un conjunto de 5 cables con denominación alfabética desde la A hasta la D y el cable extra para captar la señal de alimentación del primario, es importante mencionar que una pinza amperimétrica y una pinza inductiva fueron utilizados para medir el régimen del motor.

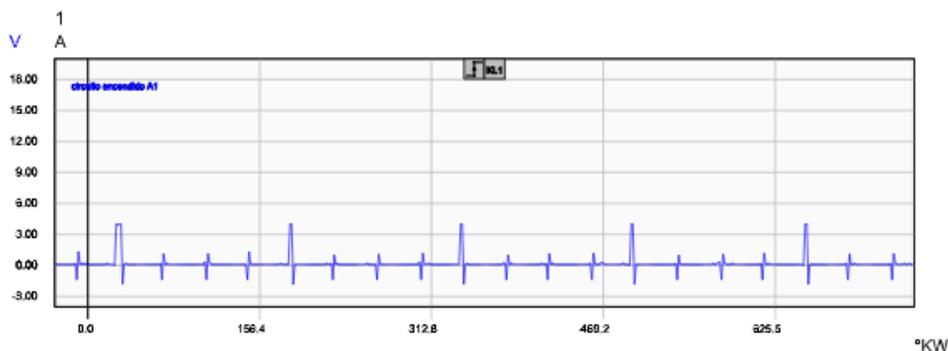


Figura 2.5 Oscilograma del cilindro 1 a 1010 RPM.

En primer lugar, la medición fue realizada con la pinza inductiva para el proceso de adaptación completa, posteriormente se reemplazó la pinza inductiva con la pinza amperimétrica para la medición del osciloscopio primario. La Figura 2.5 refleja los resultados conseguidos, donde se muestra el voltaje de activación de la bobina obtenido del encendido primario utilizando la opción de una adaptación completa.

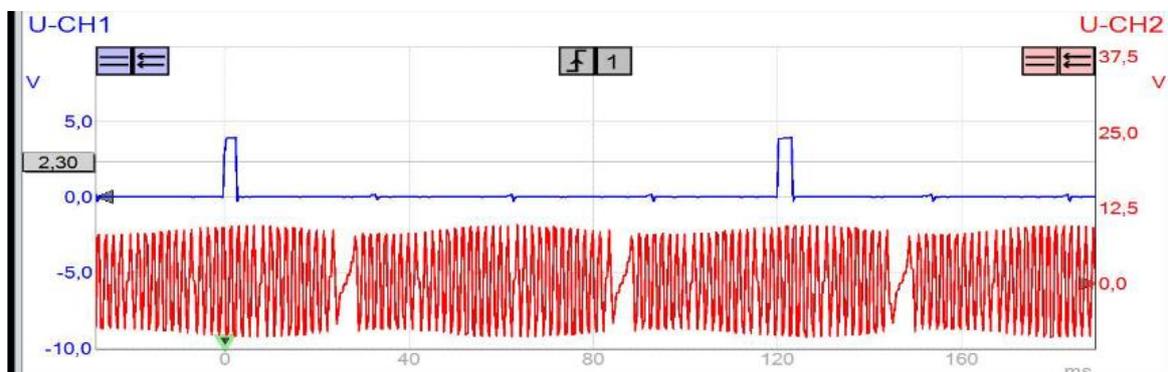


Figura 2.6 Oscilograma de la sincronización entre la Bobina 1 y el sensor CKP.

Por otro lado, utilizando la opción del osciloscopio universal se generó datos más detallados, acortando los valores de voltaje de activación, así como los tiempos de saturación, de ciclo y retroalimentación. Por un lado, se comparó los valores entre las tensiones de las bobinas con los sensores CKP y CMP con la finalidad de observar la sincronización entre los mismos como se muestra en la Figura 2.6.



Figura 2.7 Imagen referencial del cable de diagnóstico para bobina independientes.

Finalmente, las pruebas del bobinado secundario presentaron problemas en la medida de la adaptación completa entre la sonda y las bobinas independientes arrojando resultados erróneos. Esto conlleva a mejorar el proceso en las pruebas posteriores con el motor Honda mediante la implementación de un cable para diagnóstico de bobinas independientes como se muestra en la figura 2.7.

2.2.2 Definición de ensayos y/o pruebas

El presente estudio se desarrolló mediante dos guías de taller que abarcan el diagnóstico de la bobina de encendido por medio del análisis del bobinado primario y secundario. La guía 1 se enfocó en la medición del bobinado primario, se desarrolló un flujograma que detalla las pruebas y el orden lógico del procedimiento realizado como se muestra en la figura 2.8. Las pruebas fueron planificadas según las funciones del equipo para analizar el funcionamiento de la bobina del sistema de encendido del motor, los ensayos fueron realizados bajo las mismas condiciones de estudio que las pruebas piloto relatadas en el apartado anterior.

Para el bobinado primario se consideraron las siguientes medidas:

- Identificación de pines de la bobina
- Variación de voltaje en adaptación completa del primario
- Variación de voltaje en Osciloscopio primario
- Variación de voltaje en Osciloscopio universal
- Variación de voltaje en la bobina comparada con inyectores y sensor CKP.

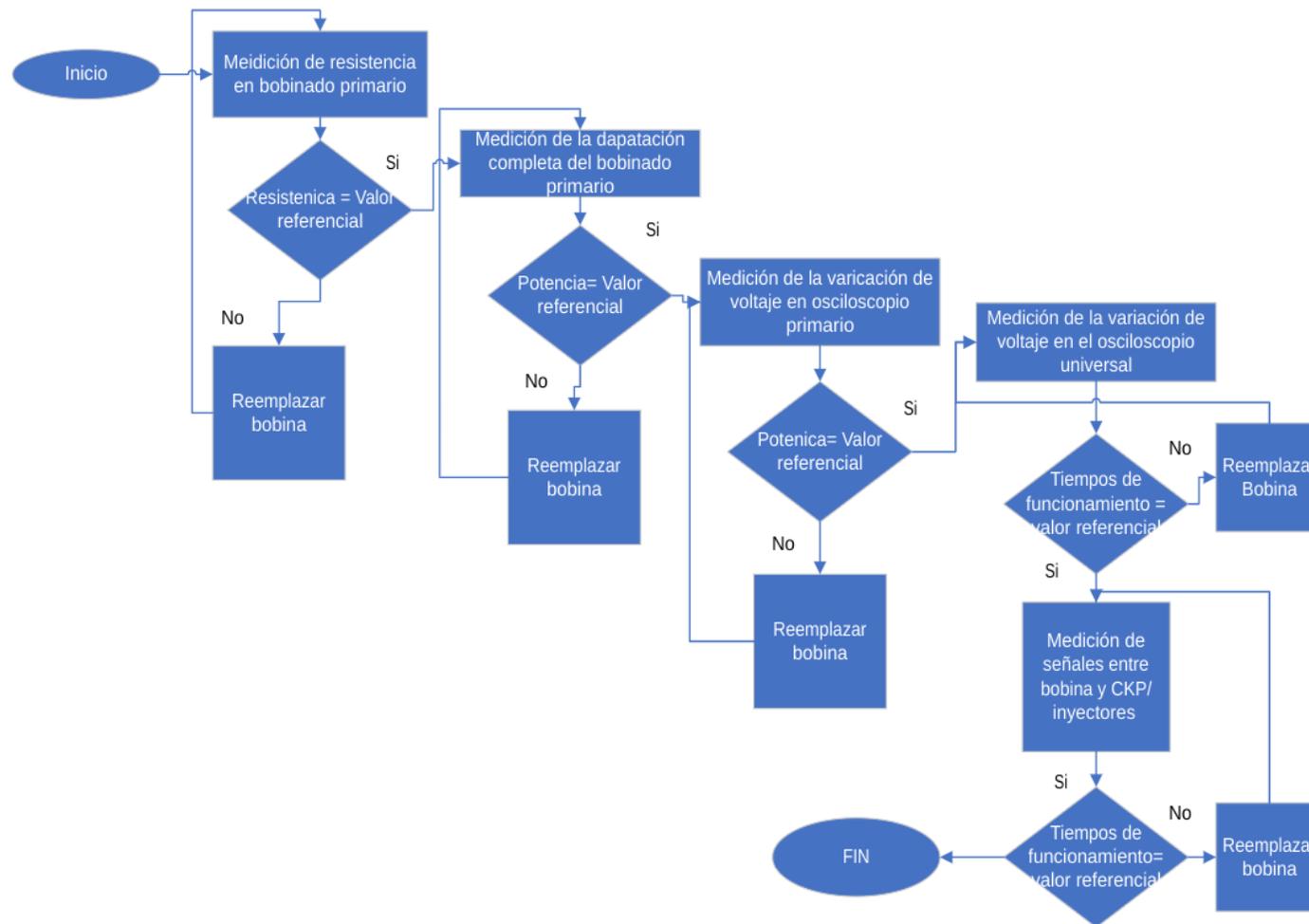


Figura 2.8 Flujoograma de la Guía 1: Medición bobinado primario

La guía 2 por otro lado se enfocó en la medición del bobinado secundario, de la misma manera en la figura 2.9 se puntualiza el flujograma con el orden y descripción de las pruebas. Por otro lado, las medidas consideradas para el bobinado secundario fueron:

- Adaptación completa
- Variación de voltaje Osciloscopio secundario

En el siguiente capítulo se analizó los resultados mediante una tabulación de datos y se representó gráficamente para una mejor comprensión.

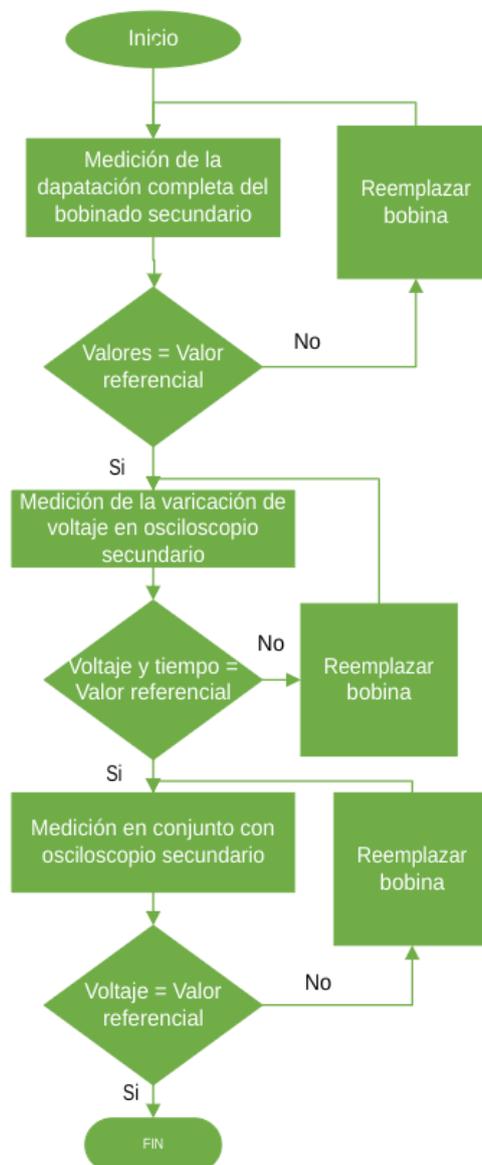


Figura 2.9 Flujograma de la Guía 2: Medición bobinado secundario

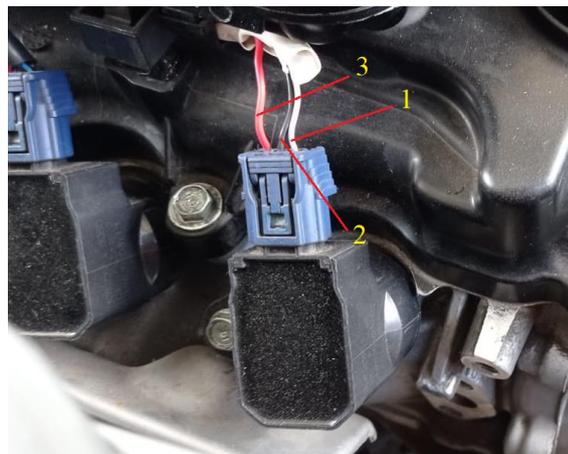
CAPITULO III

3. Resultados

3.1 Guía 1: Mediciones bobinado primario

3.1.1 Procedimiento

3.1.1.1. Identificación de los pines de la bobina.



Cables:
 1.- Blanco: Señal
 2.- Negro: Masa
 3.- Rojo: Alimentación

Figura 3.1 Descripción de la función de los cables de la bobina

Para comenzar, se identificó la función que cumple cada cable de la bobina. para ello con ayuda del multímetro se midió el voltaje en cada cable. Se colocó el motor en contacto y se conectó la aguja roja del multímetro a los diferentes cables del conector de la bobina mostrados en la figura 3.1, por otro lado, la aguja negra del multímetro se conectó a masa. Se obtuvo los siguientes datos: cable blanco.- 5 V equivalente a señal, cable negro.- 0 V equivalente a masa y cable rojo.-12 V equivalente a alimentación.

3.1.1.2. Variación de voltaje en adaptación completa bobinado primario

Se configuró el equipo BOSCH FSA 740 para el tipo de motor diagnosticado, seleccionando el número de cilindros, su orden de encendido y el tipo de ignición. Antes del inicio de la medición, se navegó a través las funciones del software y se seleccionó la opción de adaptación completa del primario.

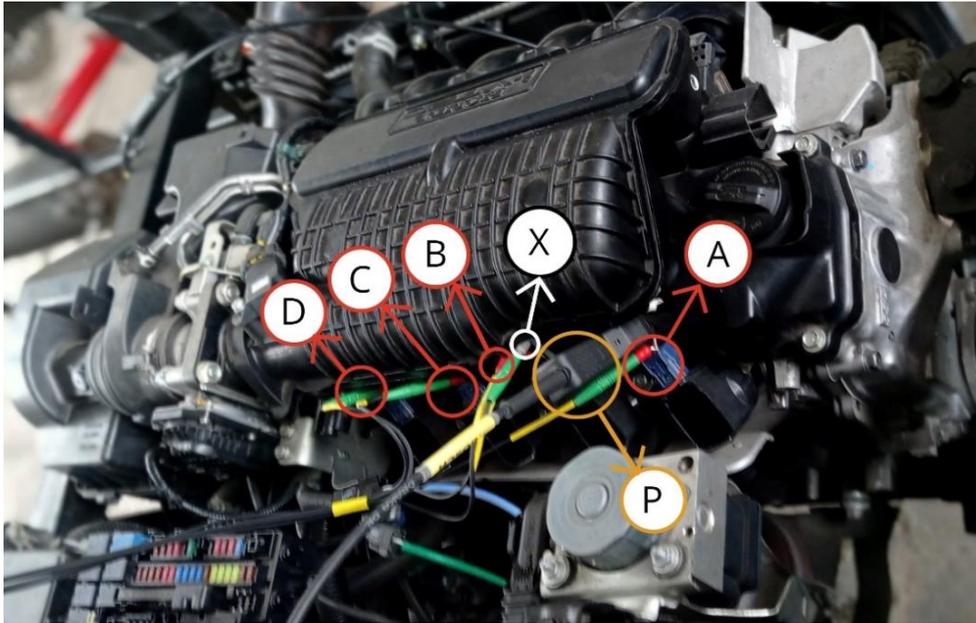


Figura 3.2 Conexión de cables para adaptación completa

Para empezar, como se muestra en la figura 3.2 se conectó el conjunto de cables etiquetados con letras de la A hasta la D al cable de señal de cada bobina, además, el cable sin denominación (X) se conectó al cable de alimentación de la bobina del segundo cilindro. Adicionalmente, se conectó la pinza inductiva (P) al cable de alimentación de la bobina del primer cilindro para medir el régimen del motor.

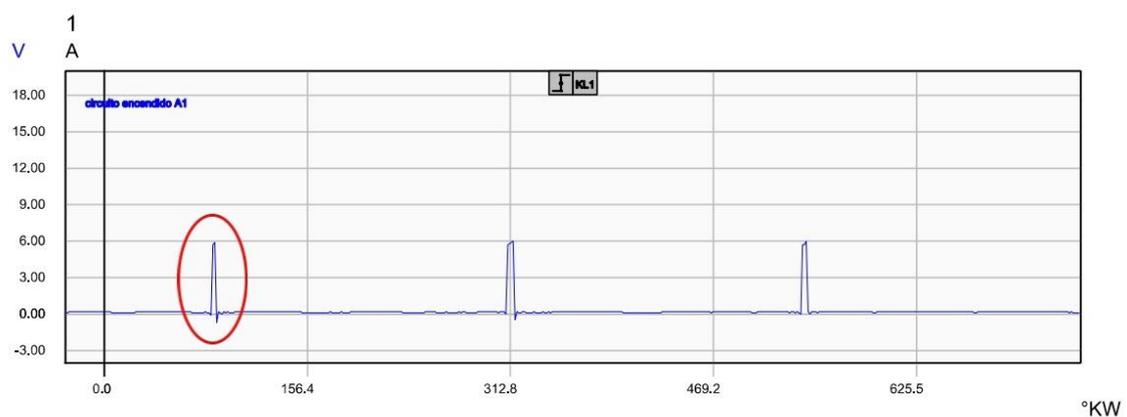


Figura 3.3 Oscilograma del primario de la bobina en adaptación completa

En la figura 3.3 se puede visualizar el oscilograma del primario de la bobina mediante una adaptación completa generado por el equipo Bosch FSA 740, el ancho de pulso modulado que se señala en la figura con un círculo rojo indica el instante donde la unidad de control envía la señal de 6 voltios aproximadamente y comienza el tiempo de saturación del secundario de la bobina, es importante aclarar que el oscilograma se midió a 690 rpm, los oscilogramas restantes generados a diferentes revoluciones se muestran en el anexo I.

3.1.1.3. Variación de voltaje en Osciloscopio primario

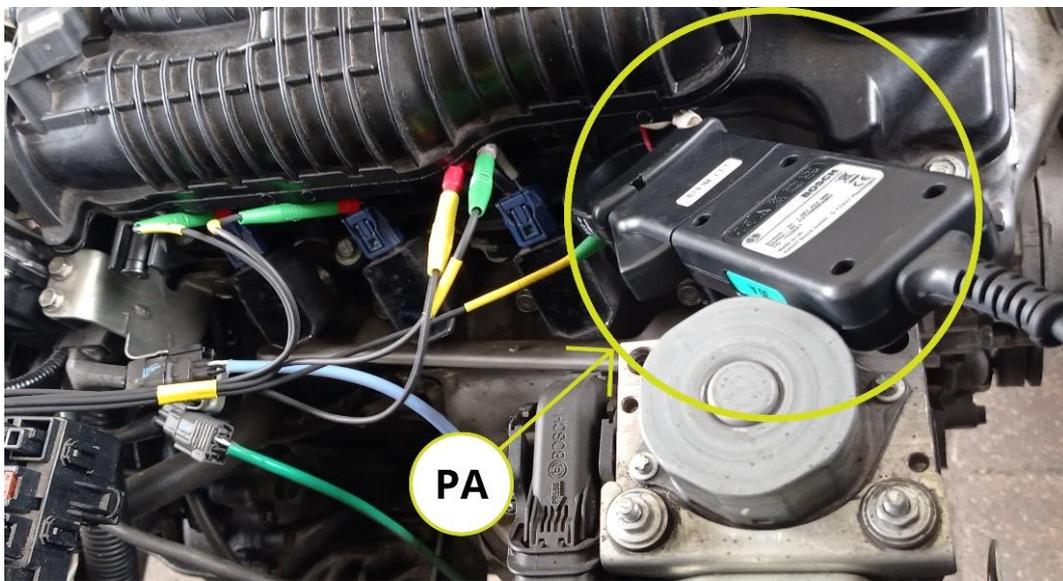


Figura 3.4 Conexión para osciloscopio primario

Se regresó al menú principal del software y se cambió a la opción de Osciloscopio primario. Para esta medición se conservó la conexión realizada para la opción de adaptación completa con excepción de la pinza inductiva que fue reemplazada por la pinza de 30 Amperios (PA) conectada en dirección al socket como se ilustra en la figura 3.4.

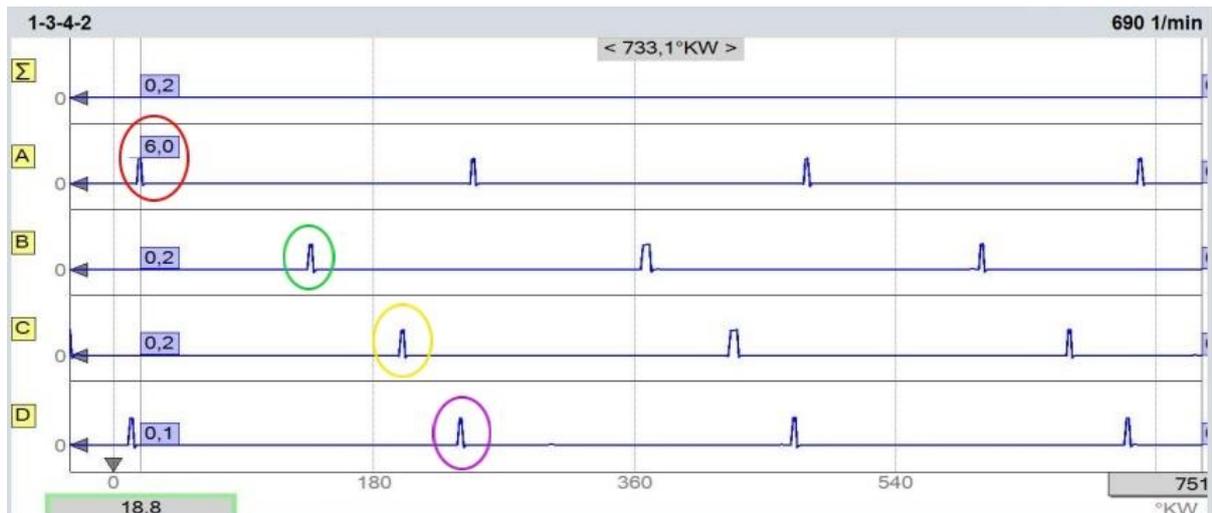


Figura 3.5 Oscilograma del primario de la bobina

La figura 3.5 muestra el oscilograma del primario de la bobina mediante la opción de osciloscopio primario, las señales de activación resaltadas en la figura representan el momento de activación de cada bobina en los diferentes cilindros donde siguen el orden de encendido 1-3-4-2, es importante aclarar que el oscilograma se midió a 690 rpm, los oscilogramas restantes generados a diferentes revoluciones se muestran en el anexo II.

3.1.1.4. Variación de voltaje en Osciloscopio universal

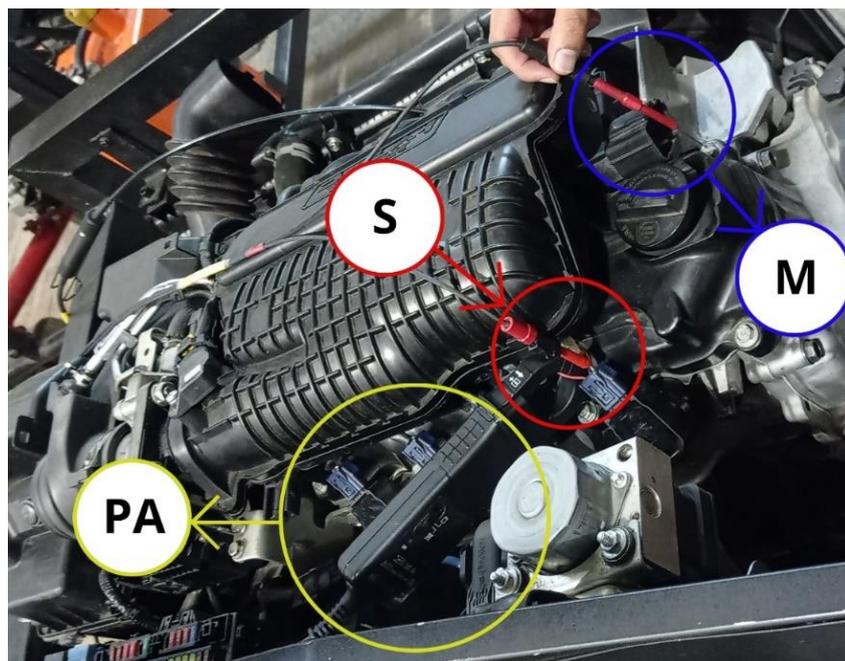


Figura 3.6 Conexión para osciloscopio universal

Se regresó al menú principal del software y se cambió a la opción de Osciloscopio universal. Para esta medición es necesario utilizar los dos canales del osciloscopio, por lo cual el canal uno incluirá una pareja de cables y el canal dos una pinza amperimétrica. Inicialmente, se conectó la pareja de cables con el uso de agujas al socket de la bobina, como se muestra en la figura 3.6 se colocó el cable rojo (S) a señal y el cable negro (M) a masa. Seguidamente, se conectó la pinza amperimétrica de 30 Amperios (PA) al cable de alimentación en el socket. Las mediciones se realizaron a diferentes revoluciones: 690 rpm, 1500 rpm y 2500 rpm. Se observó en el canal uno la variación de voltaje y en el canal dos el consumo de corriente de la bobina. Finalmente, se utilizó el cursor del osciloscopio para visualizar los valores de saturación y repetición del ciclo.

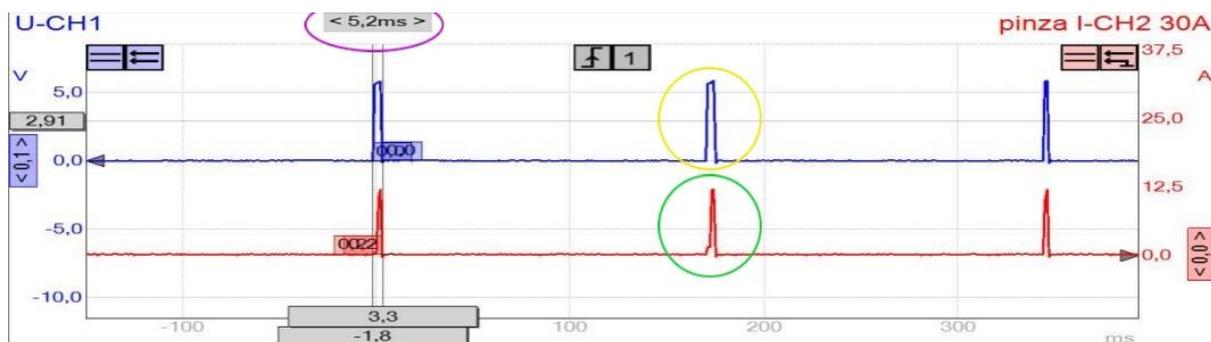


Figura 3.7 Oscilograma de la tensión y consumo de corriente del primario de la bobina

La figura 3.7 muestra el oscilograma del primario de la bobina mediante la opción de osciloscopio universal, el círculo amarillo resalta el impulso de tensión de aproximadamente 6 voltios que activa el primario de la bobina y el círculo verde representa el consumo de corriente de 12 amperios que realiza la bobina durante su funcionamiento, además el círculo púrpura muestra el tiempo de duración del impulso de tensión y consumo de corriente, es importante aclarar que el oscilograma se midió a 690 rpm, los oscilogramas restantes generados a diferentes revoluciones se muestran en el anexo III.

3.1.1.5. Variación de voltaje en la bobina comparada con inyectores

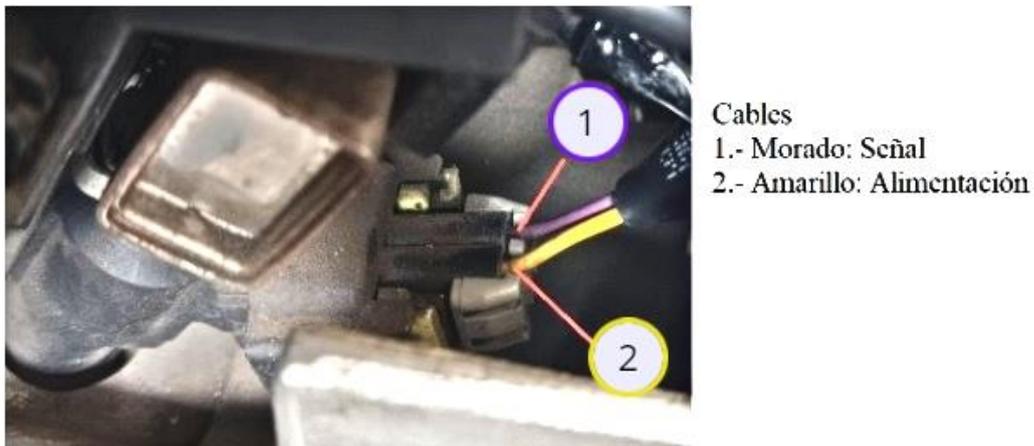


Figura 3.8 Descripción de la función de los cables del inyector

Para esta medición se comienza identificando los cables de los inyectores realizando el mismo proceso descrito en el apartado 3.1.1.1, de esta manera, se concluyó que el cable de color morado pertenece a la señal del inyector, debido a que se obtuvo una medida de 0V, por otro lado, la medida en el cable amarillo fue de 12V por lo que se dedujo que funciona como alimentación, adicionalmente la función de cada cable se muestra en la figura 3.8.

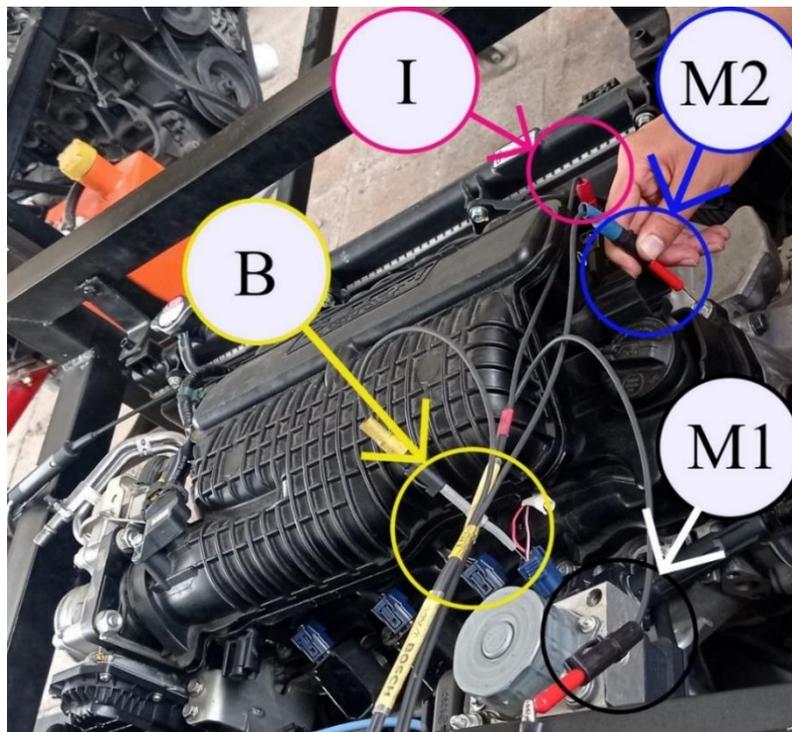


Figura 3.9 Conexión bobina e inyector

A continuación, en el canal 1 se conecta el primer cable(I) a la señal del inyector y el segundo cable (M1) va a masa de la batería mediante una pinza, posteriormente se desconectó la pinza amperimétrica del canal 2 y se la reemplazó por una pareja de cables de color amarillo y azul, se conectó el cable amarillo(B) a la señal de la bobina y el cable azul(M2) a masa como se muestra en la figura 3.9. Seguidamente, se tomó las mediciones a distintos regímenes y se utilizó el cursor para obtener los valores del tiempo de retraso de la inyección.

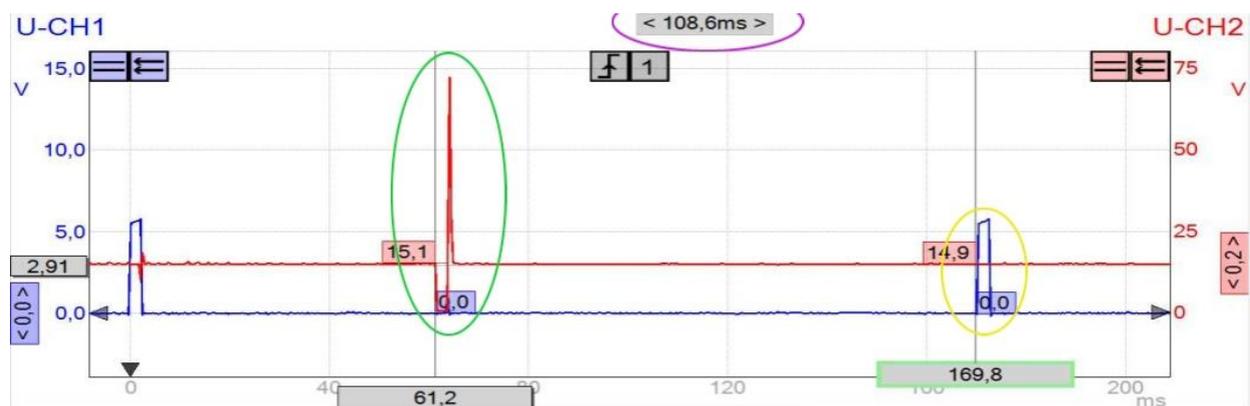


Figura 3.10 Oscilograma de tensión del primario de la bobina e inyectores

La figura 3.10 muestra un oscilograma donde se observa la señal de tensión la bobina y el inyector de forma conjunta. En el círculo amarillo se observa la señal de tensión que activa la bobina y el círculo verde resalta la señal de tensión del inyector, además con un círculo purpura se resalta el tiempo de retraso que existe desde la activación del inyector hasta que se activa la bobina para inducir el alto voltaje y generar la chispa en la bujía, el tiempo de retraso presenta un valor de 108,6 milisegundos a un régimen de 690 rpm, los oscilogramas generados a diferente régimen del motor se muestran en el anexo IV.

3.1.1.6. Variación de voltaje en la bobina comparada con el sensor CKP

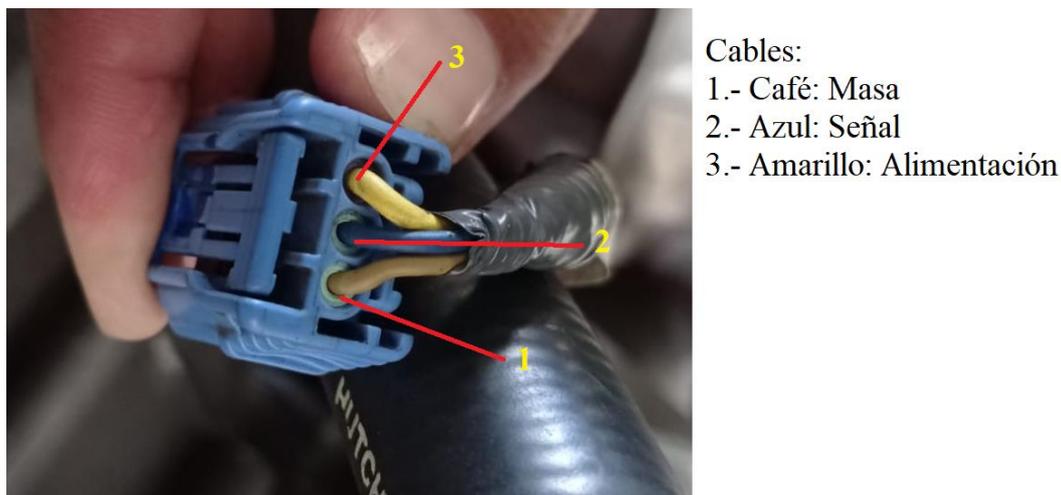


Figura 3.11 Descripción de la función de los cables del sensor CKP

Para esta prueba, se comenzó identificando la función de los cables del sensor CKP realizando el mismo proceso descrito en el apartado 4.1.1.1. De este modo, se identificó que el cable de color café pertenece a la masa del sensor, debido a que se obtuvo una medida de 0V, por otro lado, la medida en el cable azul fue de 5V perteneciente a la señal del sensor, finalmente el cable de color amarillo arrojó un voltaje de 12 V por lo que se dedujo que es alimentación. Adicionalmente la función de cada cable se muestra en la figura 3.11.

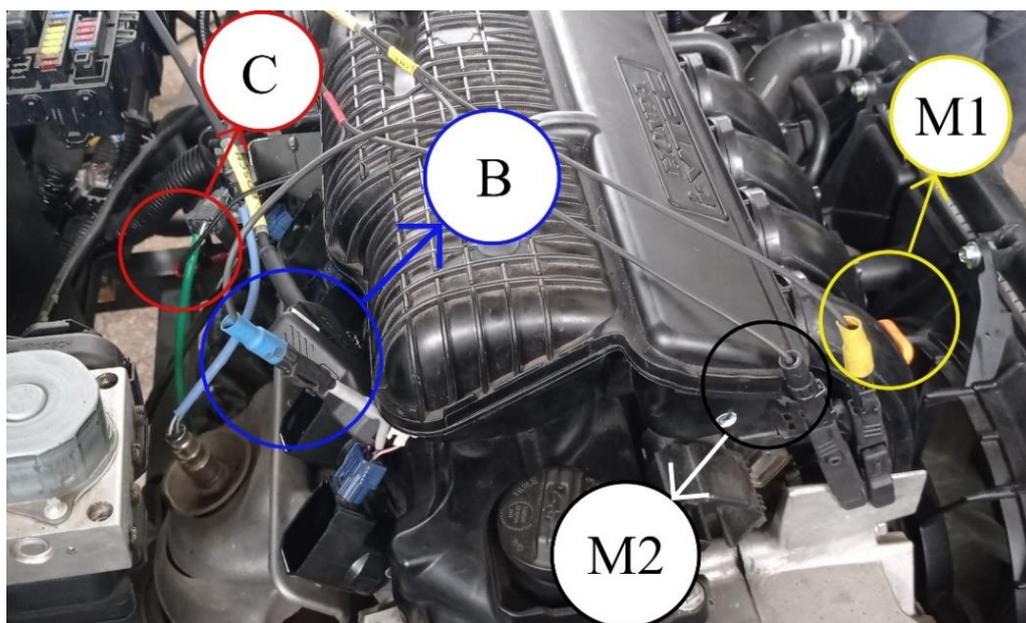


Figura 3.12 Conexión bobina y CKP

Para finalizar con el diagnóstico del encendido primario, se midió en conjunto las señales de la bobina y el sensor CKP. La conexión requerida fue igual a la utilizada para la comparación con inyectores, en el canal 1 se conectó el primer cable(C) a la señal del sensor CKP y el segundo cable(M2) a masa, en el canal 2 se conectó el cable azul(B) a la señal de la bobina y el cable amarillo(M1) a masa como se detalla en la figura 3.12.



Figura 3.13 Oscilograma de tensión del primario de la bobina y el sensor CKP

La Figura 3.13 detalla el oscilograma en conjunto de la señal de la bobina y el sensor CKP. El círculo de color azul señala el número de dientes con el que cuenta el volante de inercia donde se puede contabilizar 58 picos, por otro lado, el círculo de color púrpura indica al diente perdido que existe en la rueda dentada. Además, vemos que la activación de la señal de la bobina (Círculo verde) se repite luego de dos vueltas de la rueda dentada. Cabe recalcar que el este oscilograma es a 1500 rpm.

3.1.2 Análisis de resultados

3.1.2.1. Análisis de los oscilogramas obtenidos del osciloscopio primario.

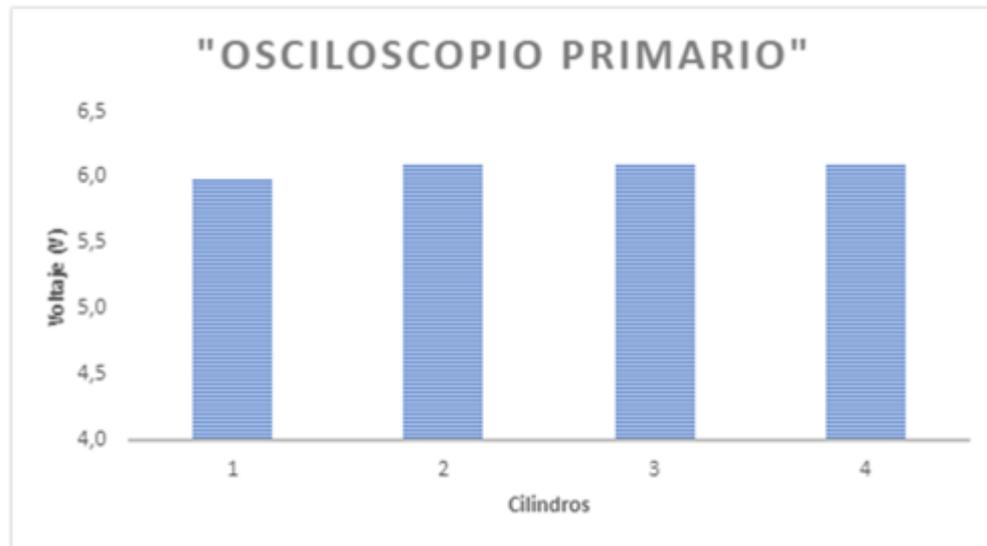


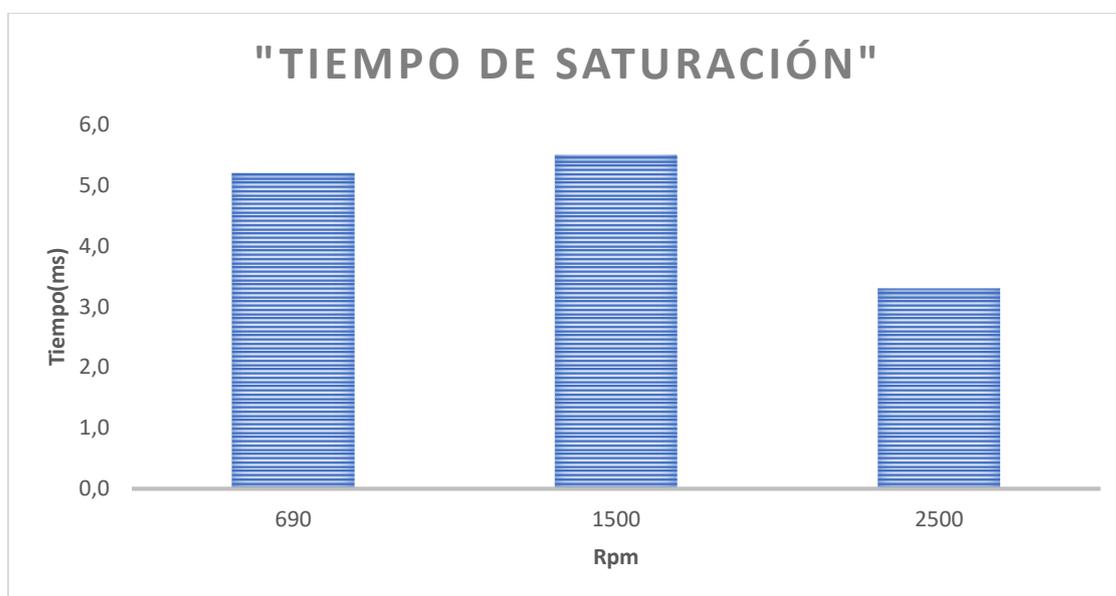
Figura 3.14 Representación gráfica de la tabulación del bobinado primario a 690 rpm

El gráfico de barras de la figura 3.14 nos presenta la tensión con la que funciona la bobina en cada cilindro, esta tensión está tomada a 690 rpm. Se observa que en casi todos los cilindros es la misma, excepto en el primer cilindro donde existe una ligera variación. El voltaje que tienen la mayoría de los cilindros es de 6,1 V. Sin embargo, en el primer cilindro es tan solamente de 6 V. La diferencia es mínima y puede deberse al desgaste de la bobina del primer cilindro, no obstante, al ser mínima se puede asumir que no habrá problema en su funcionamiento. La variación de este valor indica que el voltaje de la bobina es inadecuada lo que provoca un mal funcionamiento del sistema de encendido, por ende, la combustión será incompleta o deficiente. Lo que provocaría una pérdida de rendimiento y consigo un aumento en las emisiones contaminantes.

Tabla 3.1 Tabulación de datos del oscilograma del bobinado primario a 690 rpm.

Osciloscopio primario a 690 rpm	
Cilindro	Voltaje (V)
1	6,0
2	6,1
3	6,1
4	6,1

3.1.2.2. Análisis de los oscilogramas obtenidos del osciloscopio universal.

**Figura 3.15** Representación gráfica de la tabulación del tiempo de saturación

La Figura 3.15 muestra la variación en el tiempo de saturación o carga del bobinado primario a diferentes revoluciones. Este tiempo se encuentra entre un rango de 3 a 3.5 milisegundos aproximadamente, sin embargo, estos valores dependen del tipo de bobina y su fabricante, tal como, las bobinas de la marca BERU presentan un tiempo de carga de 1.5 a 4.0 milisegundos. En este caso de estudio el tiempo de saturación alcanza un valor de 5.0 milisegundos a 690 rpm, no obstante, el valor no presenta una tendencia definida al variar las revoluciones. El

tiempo obtenido a un régimen de 1500 rpm es mayor que el obtenido a 690 rpm, lo cual ayuda a conseguir un voltaje más alto, sin embargo, la chispa para encender la mezcla aire-combustible se retrasa, provocando una combustión incompleta. Como es de conocimiento una combustión incompleta aumenta el porcentaje de emisiones contaminantes que se emana al ambiente. Se visualiza que no tiene una tendencia definida, puesto que, a mediano régimen el valor aumenta y seguidamente disminuye a poco más de la mitad.

Tabla 3.2 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de saturación.

Tiempo de Saturación	
Régimen (rpm)	Tiempo (ms)
690	5,5
1500	5,2
2500	3,3

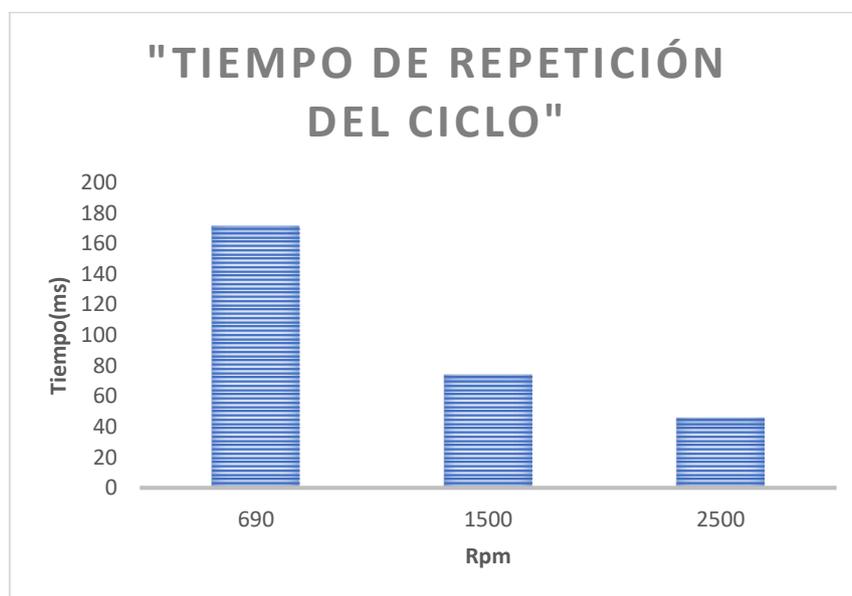


Figura 3.16 Representación gráfica de la tabulación del tiempo de repetición de ciclo

La figura 3.16 nos detalla el tiempo que se demora la bobina en activarse nuevamente. Se observa claramente que mientras las revoluciones aumentan el tiempo será más corto. Aquella

diferencia de tiempo entre regímenes estaba dada por la necesidad que tiene el motor de conseguir que la chispa salte en las bujías en un lapso cada vez menor. Si la tendencia no es decreciente provoca una combustión deficiente, lo que disminuye el rendimiento del motor, causando la caída de la potencia y del par motor. Además, dicha falencia conllevaría al incremento en emisiones contaminantes como se mencionó previamente.

Tabla 3.3 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de repetición de ciclo.

Tiempo de Repetición de ciclo	
Régimen (rpm)	Tiempo (ms)
690	171,6
1500	74,1
2500	46,2

3.1.2.3. Análisis de los oscilogramas obtenidos de la comparativa entre bobina e inyector.

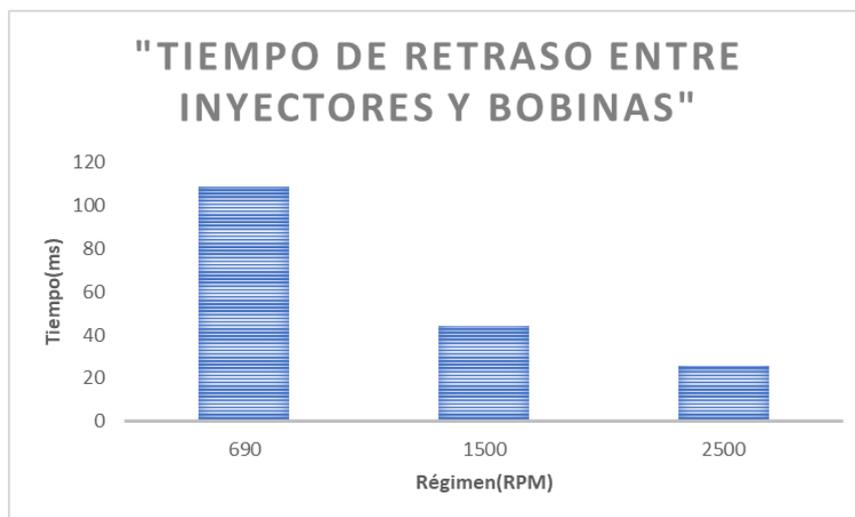


Figura 3.17 Representación gráfica de la tabulación del tiempo de retraso entre inyectores y bobinas

La figura 3.17 detalla una comparativa entre el tiempo que se demora la activación de la bobina desde la inyección. Como es de esperarse, se observa una tendencia decreciente del tiempo

mientras el régimen aumenta. Esta tendencia es consecuente con la necesidad del motor de repetir este ciclo más veces en menor tiempo, mientras el vehículo acelera. Estos dos componentes deben estar sincronizados adecuadamente, ya que, caso contrario provocarían una combustión incompleta, como consecuencia de ello, la potencia y el par del motor se ven afectados y con ello un aumento de las emisiones contaminantes.

Tabla 3.4 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de retraso entre inyectores y bobinas.

Tiempo de retraso entre inyectores y bobinas	
Régimen (rpm)	Tiempo (ms)
690	108,6
1500	44,1
2500	25,6

3.1.2.4. Análisis de los oscilogramas obtenidos de la comparativa entre bobina y el sensor CKP.

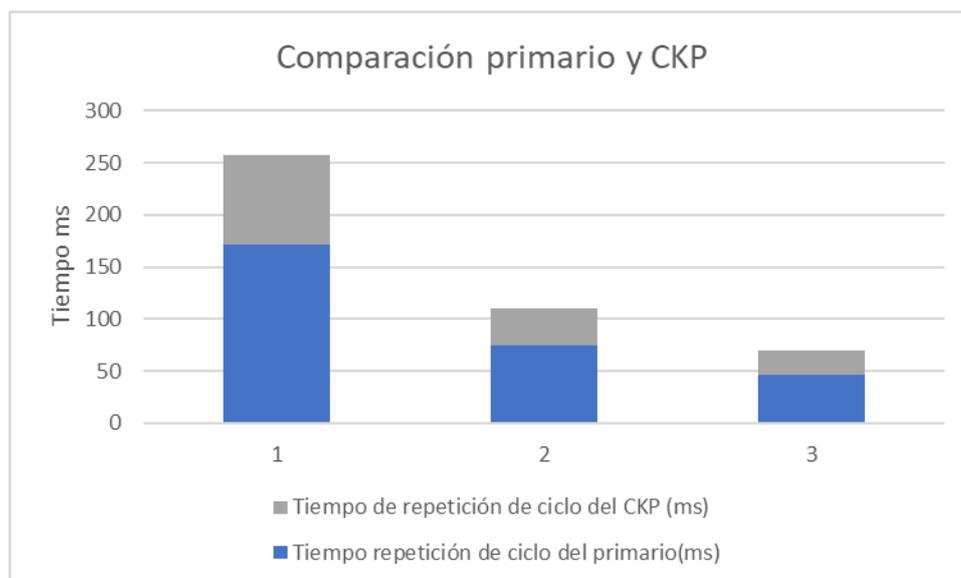


Figura 3.18 Representación gráfica de la tabulación de la Comparación bobinado primario y CKP

La figura 3.18 es una comparativa que señala la variación del tiempo de repetición del ciclo de activación del primario de la bobina a la par con la variación en tiempo de funcionamiento del sensor CKP. Si se observa a detalle, se nota que el tiempo de repetición de la bobina es casi el doble del tiempo del ciclo del sensor CKP, por lo cual se afirma que existe una relación de 2:1 entre dichos valores. Relación que indica que cada dos vueltas del cigüeñal, se activa la bobina y salta la chispa en el cilindro número 1.

Tabla 3.5 Tabulación de datos del oscilograma de la relación entre el tiempo de repetición y la repetición del ciclo del sensor CKP.

Relación entre tiempo de repetición de ciclo del primario de la bobina y del sensor CKP			
Régimen (rpm)	Tiempo primario de la bobina (ms)	Tiempo sensor CKP (ms)	Relación
690	171,6	85,9	1,99
1500	74,1	36,1	2,05
2500	46,2	23,9	1,93

3.2 Guía 2: Medición bobinado secundario

3.2.1 Procedimiento

3.2.1.1. Adaptación completa bobinado secundario.

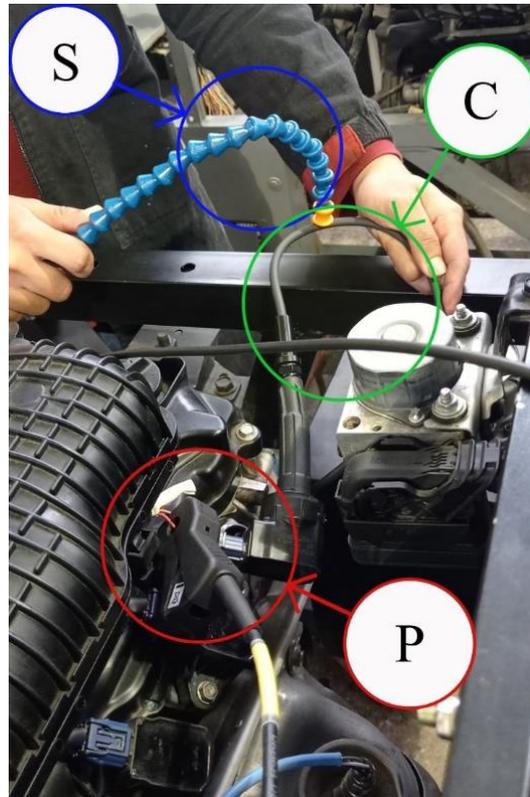


Figura 3.19 Conexión Adaptación completa bobinado secundario

En el menú principal del software se seleccionó la opción de adaptación completa del bobinado secundario. Seguidamente, se procedió desmontando la bobina del motor y se conectó el cable utilizado para el diagnóstico de bobinas independientes(C). A continuación, se conectó la pinza inductiva(P) al cable de alimentación de la bobina para obtener el régimen del motor. La sonda(S) fue colocada sobre el cable de diagnóstico(C) y se recorrió hasta encontrar el mejor lugar donde la sonda arrojara una señal coherente y estable como se muestra en la figura 3.19. Se obtuvo los valores de tensión de activación del secundario, tensión de quemado y el tiempo de quemado.



Figura 3.20 Informe del secundario de la bobina en adaptación completa

En la figura 3.20 se puede visualizar el informe del secundario de la bobina generado mediante una adaptación completa, el círculo purpura señala una gráfica de barra que representa el voltaje de activación de la bobina del cilindro 1 con un valor aproximado de 25 kilovoltios, por otro lado, el círculo naranja indica la tensión de combustión en el primer cilindro con un valor aproximado de 0.40 kilovoltios, finalmente el círculo azul representa la duración de la combustión en el cilindro 1 con un valor cercano a 1,5 milisegundos. Es importante aclarar que el oscilograma se midió a 700 rpm, los informes restantes generados a diferentes revoluciones se muestran en el anexo VI.

3.2.1.2. Variación de voltaje del secundario en el Osciloscopio.

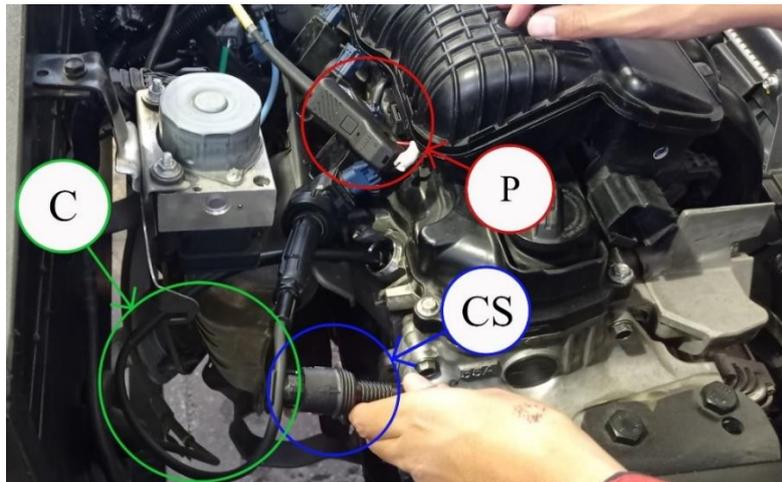


Figura 3.21 Conexión para medición en el osciloscopio secundario

En el menú principal del software se seleccionó la opción de osciloscopio secundario. Para realizar esta medición se conservó la conexión anterior, se desconectó la sonda y se la sustituyó por el conjunto de cables para medir el secundario de la bobina(CS). A continuación, conectamos uno de los tres cables(CS) hacia el cable de diagnóstico de bobinas independientes(C) como se muestra en la figura 3.21. Seguidamente, se midió a diferentes revoluciones, 690 rpm, 1500 rpm y 2500 rpm. Finalmente, se utilizó el cursor del osciloscopio para visualizar los valores de voltaje de activación, voltaje de quemado, tiempo de repetición de ciclo y tiempo de quemado.



Figura 3.22 Oscilograma del secundario de la bobina a 690 rpm

La figura 3.22 muestra el oscilograma del secundario de la bobina, el círculo naranja indica el tiempo de activación o saturación de la bobina con un valor de 2,4 milisegundos, por otro lado, el círculo verde señala el valor del pico de activación de la bobina correspondiente a 13 kilovoltios, a continuación, el círculo rojo representa al tiempo de combustión o tiempo de quemado que presenta un valor de 1,5 milisegundos, finalmente el círculo celeste muestra el voltaje de quemado con un valor de 2,3 kilovoltios, es importante aclarar que el oscilograma se midió con una bujía a una distancia entre los electrodos de 0,95 mm. Además, los oscilogramas generados a diferentes revoluciones se muestran en el anexo VII.



Figura 3.23 Oscilograma del secundario con bujía descalibrada a 690 rpm

La figura 3.23 muestra el oscilograma del secundario de la bobina donde se observa la variación de onda respecto a la señal medida con una bujía calibrada, la distancia entre los electrodos cambió a 0.80 mm, lo que representa una variación considerable en el tiempo de quemado que como observamos en la figura anterior era de 1.5 ms, con esta modificación se obtuvo un valor de 1.8 ms, esto sucede debido a que al ser la distancia entre electrodos menor el voltaje requerido para generar la chispa disminuye ocasionando que la energía residual aumente la duración del tiempo de quemado.

3.2.1.3. Variación de voltaje en conjunto del secundario en el Osciloscopio.

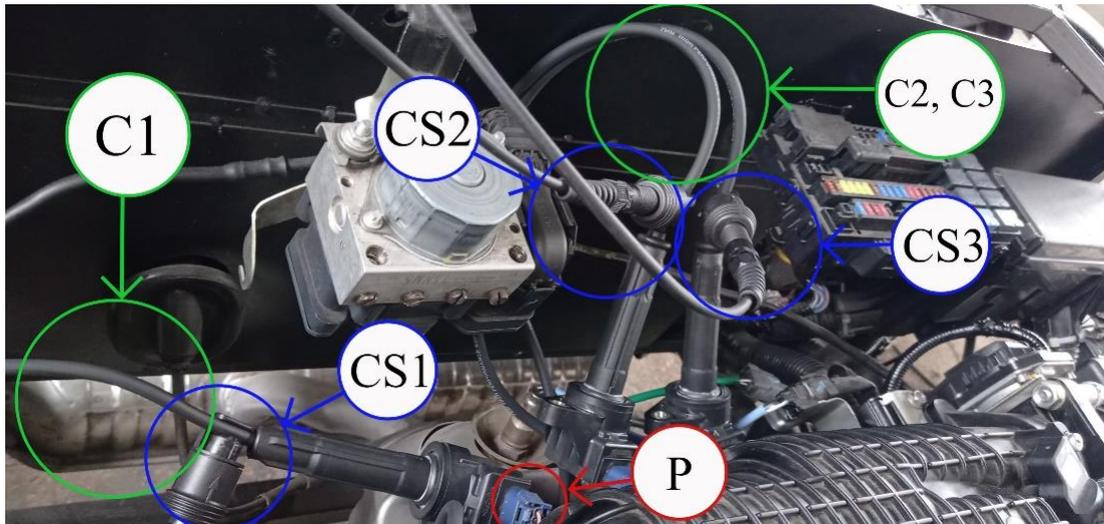


Figura 3.24 Conexión bobinas múltiples en osciloscopio secundario

Se procedió a desmontar la bobina del cilindro 2 y 3, y se realizó la conexión con los cables de diagnóstico para bobinas independientes (C1, C2, C3). Se conectó la pinza inductiva (P) a la bobina a analizar y se conectó los 3 cables de medición del secundario (CS) a cada cable de diagnóstico (C) como se muestra en la figura 3.24. A continuación, se habilitó la medición en conjunto en el programa y se observó el trabajo de las 3 bobinas al mismo tiempo.

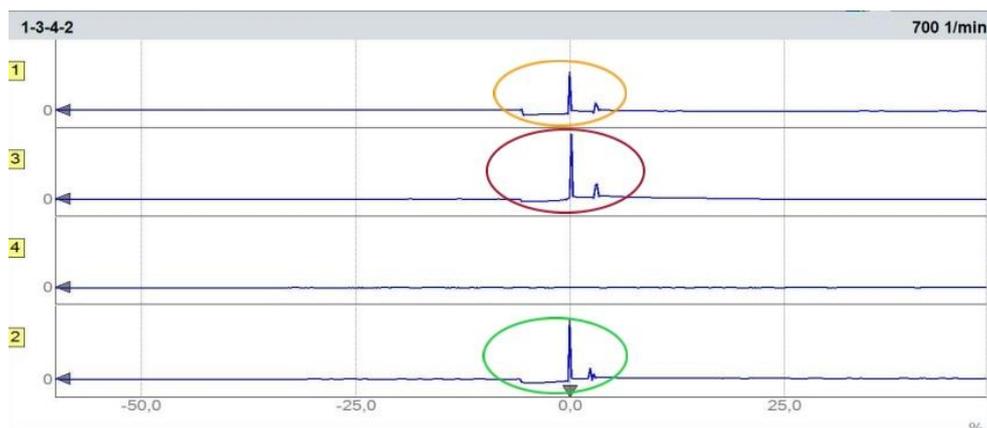


Figura 3.25 Oscilograma del secundario de la bobina en conjunto

En la figura 3.25 se puede visualizar el oscilograma del secundario de la bobina medido en conjunto, se indica con círculos la señal de onda en cada cilindro, correspondiendo naranja al

primero, verde al segundo, rojo al tercero y es importante aclarar que no se muestra la señal del cuarto cilindro debido a que solo se contaba con 3 cables para la medición, el oscilograma se midió a 700 rpm y los oscilogramas restantes generados a diferentes revoluciones se muestran en el anexo VIII.

3.2.2 Análisis de resultados

3.2.2.1. Análisis de los oscilogramas del voltaje de activación del secundario en adaptación completa.

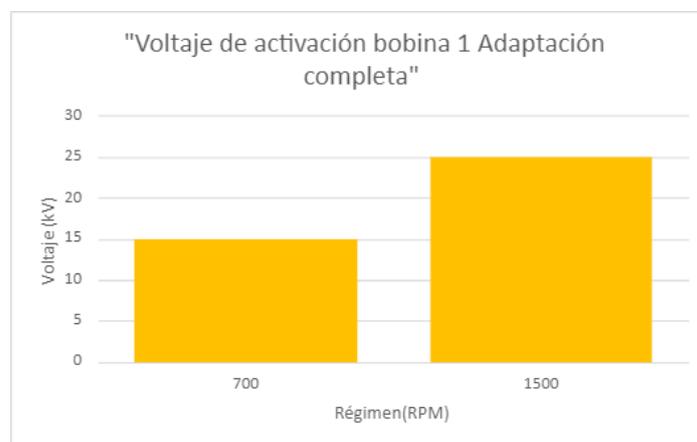


Figura 3.26 Representación gráfica de la tabulación del voltaje de activación por régimen del motor en adaptación completa.

La gráfica de barras de la figura 3.26 muestra la variación del voltaje de activación de la bobina 1 provocado por el aumento del régimen del motor de 700 rpm a 1500 rpm en la opción de medición de adaptación completa. Se observa que el voltaje de activación empieza con un valor 15kV y aumenta hasta 25kV cuando se acelera a 1500 rpm. El valor ideal del voltaje de activación se encuentra entre el rango de 25 kV a 40kV. El valor de alto voltaje a 700 rpm es demasiado bajo, puede ocasionarse por problemas de calibración de bujía resultando en que el voltaje requerido para realizar el salto de chispa sea menor, para corroborar esto es necesario analizar el tiempo de quemado, ya que, un voltaje demasiado bajo tiene como consecuencia un tiempo de quemado más extenso de lo normal. Si el tiempo de quemado se encuentra entre el

rango de funcionamiento normal puede significar un problema en la sonda utilizada para medir el secundario de la bobina o una interferencia con el cable de diagnóstico de bobinas independientes.

Tabla 3.6 Tabulación de datos de los oscilogramas del voltaje de activación del secundario a diferente régimen en una adaptación completa

Voltaje de activación bobina 1 adaptación completa	
Régimen (rpm)	Voltaje (kV)
700	15
1500	25

3.2.2.2. Análisis de los oscilogramas del voltaje de quemado del secundario en adaptación completa.

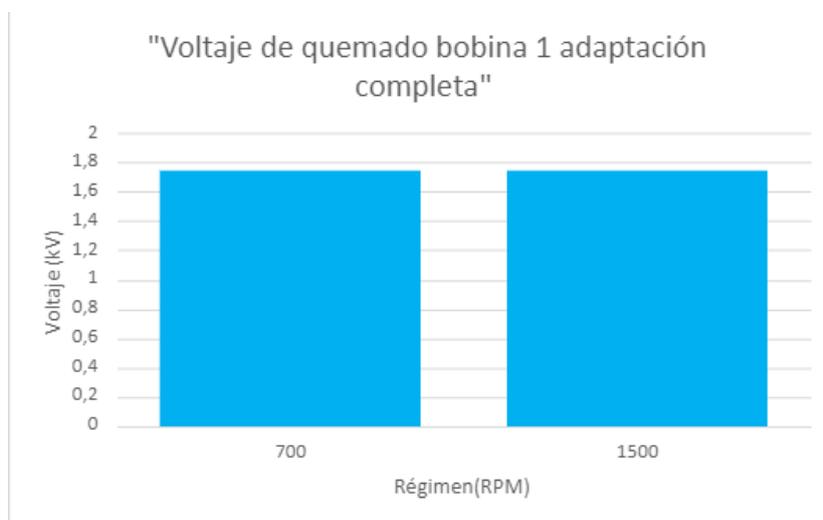


Figura 3.27 Representación gráfica de la tabulación del voltaje de quemado por régimen del motor en adaptación completa

La gráfica de barras de la figura 3.27 muestra la variación del voltaje de quemado de la bobina 1 provocado por el aumento del régimen del motor de 700 rpm a 1500 rpm en la opción de medición de adaptación completa. Se observa que el voltaje de quemado se mantiene igual

hasta las 1500 RPM con un valor de 1,75kV, el voltaje de quemado en el secundario tiene una tolerancia de 1.5 a 2.5 kV, estableciendo como valor ideal una tensión de combustión que oscile los 2 kV, si bien el voltaje de combustión es más bajo del ideal se mantiene dentro del rango de un buen funcionamiento, cabe destacar que una tensión de combustión demasiado alta puede ser ocasionada por una mezcla pobre o una calibración inadecuada de las bujías ocasionando una combustión incompleta y desencadenando en pérdidas de potencia, par y aumento de gases contaminantes.

Tabla 3.7 Tabulación de datos de los oscilogramas del voltaje de quemado del secundario a diferente régimen en una adaptación completa

Voltaje de quemado bobina 1 adaptación completa	
Régimen (rpm)	Voltaje (kV)
700	1,75
1500	1,75

3.2.2.3. Análisis de los oscilogramas del tiempo de quemado del secundario en adaptación completa.

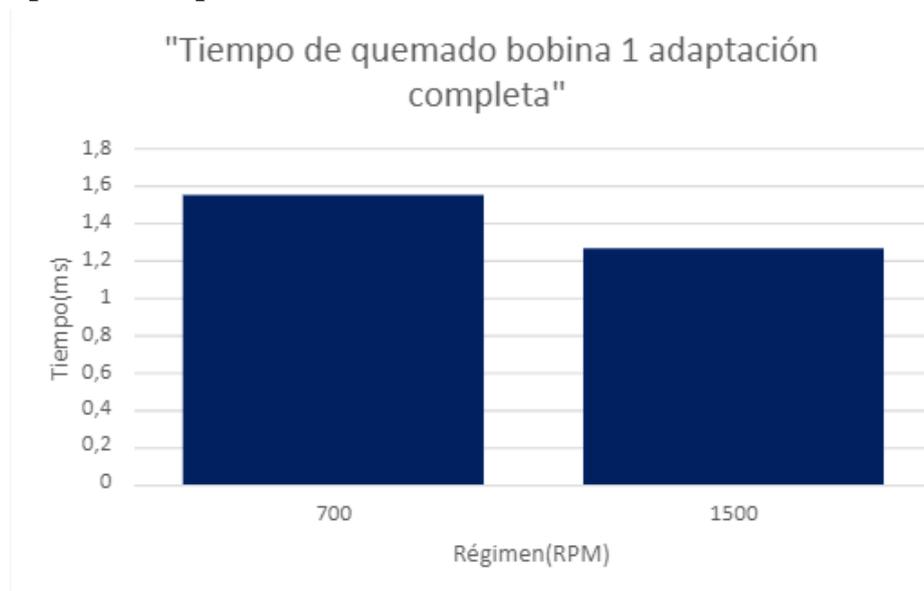


Figura 3.28 Representación gráfica de la tabulación del tiempo de quemado por régimen del motor en adaptación completa

La gráfica de barras de la figura 3.28 muestra la variación del tiempo de quemado de la bobina 1 provocado por el aumento del régimen del motor de 700 rpm a 1500 RPM en la opción de adaptación completa. Se observa que el tiempo de quemado empieza en un valor de 1.55 milisegundos, sin embargo, comienza a decaer hasta 1,26 ms cuando se aumenta el régimen a 1500 rpm presentando una pérdida del 18,70%. Un tiempo de quemado adecuado tiene una tolerancia de 1.0 a 2.0 ms, cabe destacar que el tiempo de quemado ideal oscila el valor de 1,5 ms, razón por la cual se puede afirmar que la bobina medida se encuentra en buen funcionamiento y el problema con el voltaje de saturación del apartado 3.2.2.1 se relaciona con la inestabilidad de la sonda en la medición de adaptación completa o la interferencia que puede causar el cable de diagnóstico para bobinas independientes.

Tabla 3.8 Tabulación de datos de los oscilogramas del tiempo de quemado del secundario a diferente régimen en una adaptación completa

Tiempo de quemado bobina 1 adaptación completa	
Régimen (rpm)	Tiempo (ms)
700	1,55
1500	1,26

3.2.2.4. Análisis de los oscilogramas del tiempo de activación del secundario.

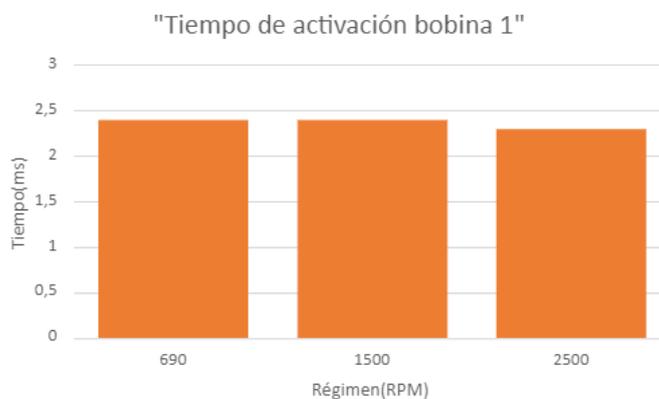


Figura 3.29 Representación gráfica de la tabulación del tiempo de activación por régimen del motor

La gráfica de barras de la figura 3.29 muestra la variación del tiempo de activación o saturación de la bobina 1 provocado por el aumento del régimen del motor de 690 rpm a 2500 rpm. Se observa que el tiempo de activación se mantiene constante en 2.4 ms hasta las 1500 RPM, sin embargo, comienza a decaer levemente cuando se aumenta el régimen a 2500 RPM. La caída que existe en el tiempo es de 0,1 ms equivalente a una pérdida del 4,16 % del tiempo de activación inicial. Según BERU el tiempo de saturación ideal encuentra en el rango de 1.5 a 3.5 ms, por lo que el sistema de encendido funciona de manera correcta durante toda la prueba. Un valor menor al ideal puede ocasionar problemas en la bobina debido a pérdidas de tensión o problemas de sobreesfuerzo al intentar generar el alto voltaje requerido para generar la chispa ocasionando problemas de sobrecalentamiento y desgaste en el bobinado. Un valor mayor al ideal puede ocasionar sobrecarga en la bobina generando un calentamiento y desgaste de la misma, así mismo puede ocasionar variación en el pico de alto voltaje desencadenando en un tiempo de quemado inestable.

Tabla 3.9 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de activación del secundario a diferente régimen

Tiempo de activación bobina 1	
Régimen (rpm)	Tiempo (ms)
690	2,4
1500	2,4
2500	2,3

3.2.2.5. Análisis de los oscilogramas del voltaje de activación del secundario.

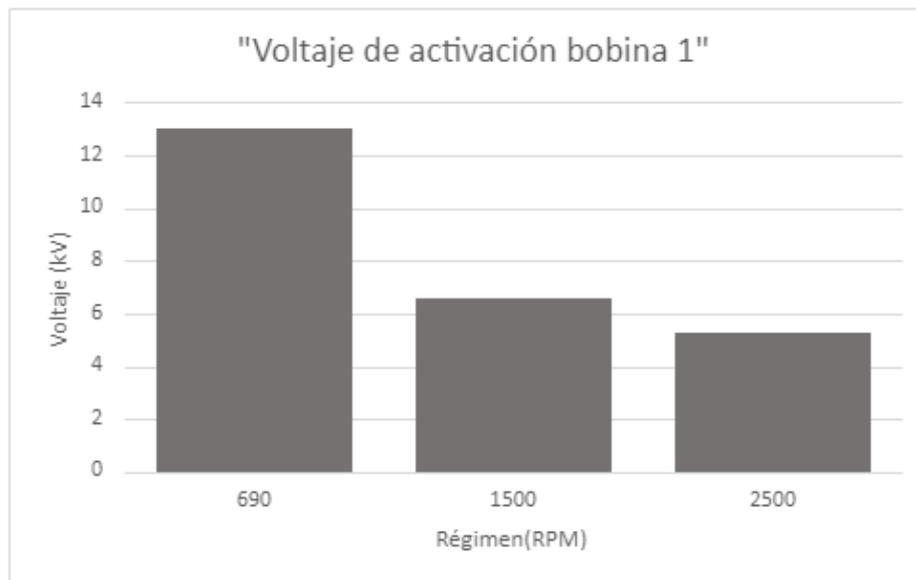


Figura 3.30 Representación gráfica de la tabulación del voltaje de activación por régimen del motor

La gráfica de barras de la figura 3.30 muestra la variación del voltaje de activación de la bobina 1 provocado por el aumento del régimen del motor de 690 rpm a 2500 rpm. Se observa que el voltaje de activación empieza con un valor 13kV a 690 rpm y se registra un descenso del 49,23 % cuando se acelera a 1500 rpm, sin embargo, la caída de voltaje continúa cuando se aumenta el régimen a 2500 RPM presentando una pérdida del 59,69 % del valor inicial. El valor ideal del voltaje de activación se encuentra entre 25kV a 40kV, los valores obtenidos durante la prueba se encuentran bajo el rango de tolerancia del valor ideal, como se explica en el apartado 3.2.2.1 esto puede ocasionarse por problemas de calibración de bujía resultando en que el voltaje sea menor, para comprobar esto es necesario analizar el tiempo de quemado, ya que, un voltaje demasiado bajo tiene como consecuencia un tiempo de quemado más extenso de lo normal. Si el tiempo de quemado se encuentra entre el rango de funcionamiento normal puede significar que el cable para medir bobinas independientes genera una interferencia al medir el voltaje de activación. Es importante comentar que un voltaje de activación demasiado alto

puede ocasionarse por una apertura demasiado grande entre los diodos de las bujías requiriendo mayor tensión para generar el arco de chispa, una tensión muy alta desencadena en un tiempo de quemado más pequeño, esto resulta en una combustión incompleta generando problemas de potencia y mayor emisión de gases contaminantes.

Tabla 3.10 Tabulación de datos del oscilograma del voltaje de activación del secundario a diferente régimen

Voltaje de activación bobina 1	
Régimen (rpm)	Voltaje (kV)
690	13
1500	6,6
2500	5,3

3.2.2.6. Análisis de los oscilogramas del tiempo de quemado del secundario.

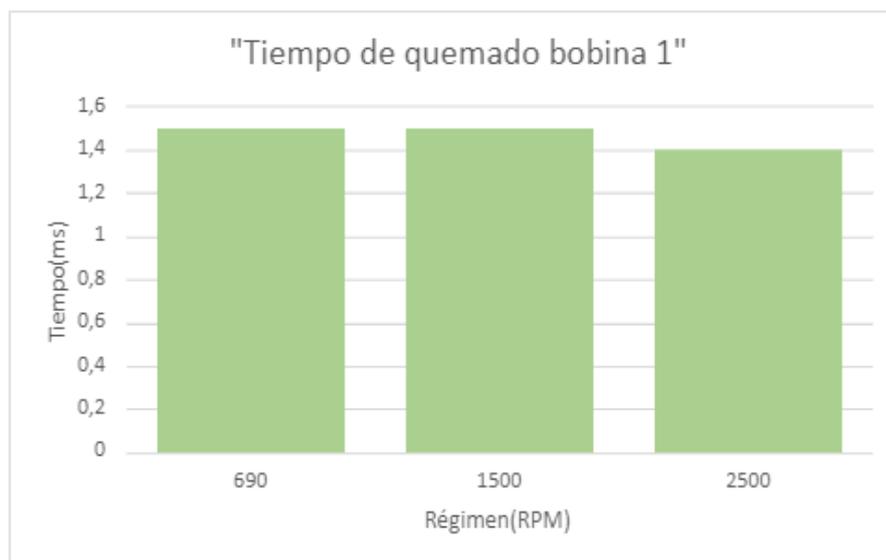


Figura 3.31 Representación gráfica de la tabulación del tiempo de quemado por régimen del motor

La gráfica de barras de la figura 3.31 muestra la variación del tiempo de quemado de la bobina 1 provocado por el aumento del régimen del motor de 690 rpm a 2500 rpm. Se observa que el tiempo de quemado comienza con un valor de 1,5 ms y se mantiene constante hasta las 1500 RPM, sin embargo, comienza a decaer levemente cuando se aumenta el régimen a 2500 RPM. La caída que existe en el tiempo es de 0,1 milisegundo refiriéndose a una caída del 6,16 % del tiempo de activación total. La tolerancia del tiempo de quemado va desde 1.0 a 2,0 milisegundos manteniéndose en el rango establecido durante todo el aumento de régimen, por lo cual podemos comprobar que la bobina se encuentra en buen estado y el problema del apartado anterior se encuentra relacionado al uso de cables de diagnóstico de bobina independientes. Cabe aclarar que un tiempo de quemado fuera del rango establecido puede ocasionarse por problemas de calibración de bujías desencadenando en pérdidas de potencia, torque y aumento de gases contaminantes.

Tabla 3.11 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de quemado del secundario a diferente régimen

Tiempo de quemado bobina 1	
Régimen (rpm)	Tiempo (ms)
690	1,5
1500	1,5
2500	1,4

3.2.2.7. Análisis de los oscilogramas del voltaje de quemado del secundario.

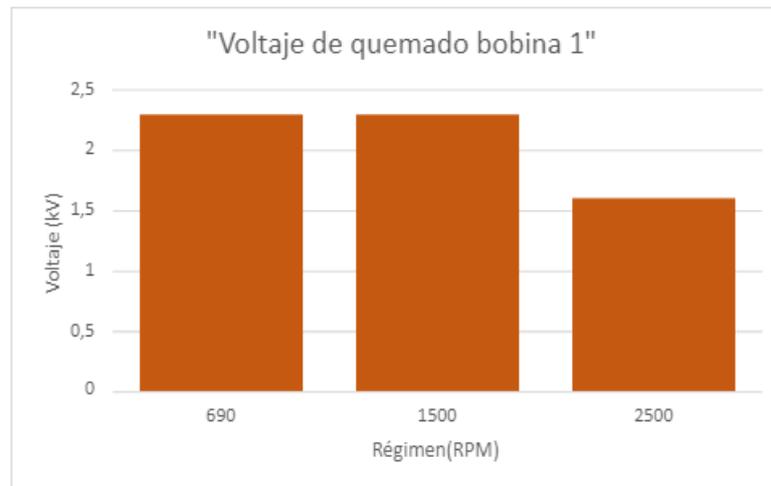


Figura 3.32 Representación gráfica de la tabulación del voltaje de quemado por régimen del motor

La gráfica de barras de la figura 3.32 muestra la variación del voltaje de quemado de la bobina 1 provocado por el aumento del régimen del motor de 690 a 2500 rpm. Se observa que el voltaje de quemado empieza con un valor de 2,3 kV y se mantiene estable hasta las 1500 rpm, sin embargo, tiene un descenso del 30,43% cuando se aumenta el régimen a 2500 rpm. El voltaje de quemado en el secundario tiene una tolerancia de 1.5 kV a 2.5 kV, estableciendo como valor ideal una tensión de combustión de combustión que oscile los 2 kV, la bobina 1 se mantiene dentro del rango de un buen funcionamiento en todo momento, como se mencionó en el apartado 3.2.2.2 cabe destacar que una tensión de combustión demasiado alta puede ser ocasionada por una mezcla pobre o una calibración inadecuada de las bujías ocasionando una combustión incompleta y desencadenando en pérdidas de potencia, par y aumento de gases contaminantes.

Tabla 3.12 Tabulación de datos del oscilograma del voltaje de quemado del secundario a diferente régimen

Voltaje de quemado bobina 1	
Régimen (rpm)	Voltaje (kV)
690	2,3
1500	2,3
2500	1,6

3.2.2.8. Análisis de los oscilogramas del tiempo de repetición de ciclo del secundario.

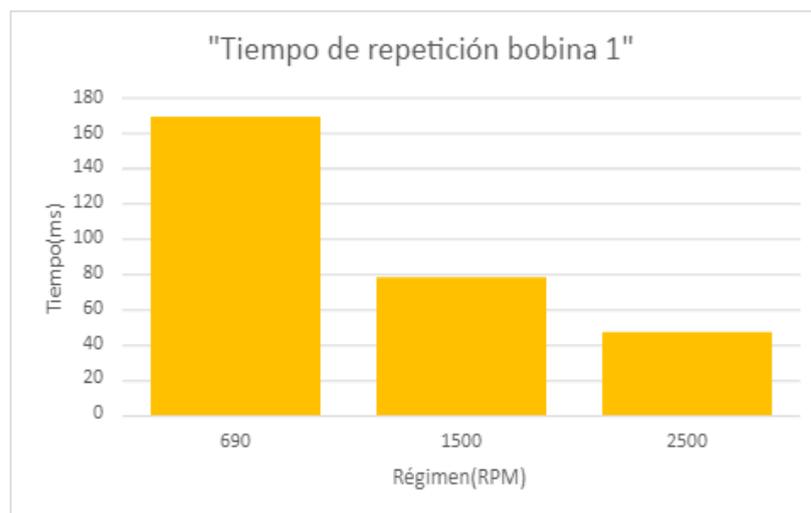


Figura 3.33 Representación gráfica de la tabulación del tiempo de repetición de ciclo por régimen del motor

La gráfica de barras de la figura 3.33 muestra la variación del tiempo de repetición de ciclo de la bobina 1 provocado por el aumento del régimen del motor de 690 a 2500 rpm. Se observa que el tiempo de repetición empieza con un valor de 169,7 milisegundos y presenta una disminución del 53,74 % al aumentar el régimen a 1500 rpm, cuando se aumenta el régimen a 2500 rpm se registra un descenso del 72,24 % del valor inicial. Al aumentar el régimen del motor se disminuye el tiempo de repetición de ciclo para lograr abastecer con el encendido de

la combustión, como se revisó en el apartado 3.1.2.4 se puede afirmar que el sistema de encendido funciona de manera sincronizada. Una incorrecta sincronización en el sistema de encendido con la compresión del cilindro puede ocasionar problemas de combustión y detonaciones a destiempo generando a largo tiempo daños en las válvulas, en los pistones y los cilindros.

Tabla 3.13 Tabulación de datos del oscilograma del tiempo de repetición de ciclo del secundario a diferente régimen

Tiempo de repetición de ciclo bobina 1	
Régimen (rpm)	Tiempo (ms)
690	169,7
1500	78,5
2500	47,1

CAPITULO IV

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

- El sistema de encendido se encuentra en correcto funcionamiento, ya que tomando en cuenta que el tiempo de quemado ideal es de 1.5 ms, el tiempo obtenido fue de un promedio 1.46, por lo que se afirma que cumple con los parámetros establecidos por los fabricantes que sitúan este valor entre 1.0 ms a 2.0 ms. Además, el voltaje de quemado obtenido fue de un valor promedio de 2.3 kV, los fabricantes establecen que el rango de funcionamiento ideal se encuentra entre 1.5 kV a 2.5 kV. Finalmente, el voltaje de activación oscila entre 13 kV y 25 kV, de lo que el fabricante afirma que el rango ideal debe estar entre valores de 25 a 45 kV, por lo que podemos asegurar que la variación se ocasiona por los inconvenientes que tiene el equipo y su sonda para medir el Voltaje del secundario en estas bobinas. Cabe destacar que estos valores fueron tomados a una altitud de 2200 msnm a una presión aproximada de 79 kPa.
- El esfuerzo de la bobina aumenta acorde al incremento de las revoluciones en el motor como es de esperarse. Por lo cual, fue obtenida una disminución del 74 % del tiempo de activación en el primario al aumentar las revoluciones hasta 2500 en comparación con su tiempo a 690 rpm. De igual manera, la diferencia entre el tiempo de activación en el secundario disminuyó un 73% en dicha variación de revoluciones. En suma, el momento de mayor trabajo se da con el motor a máxima carga, ya que la bobina tiene menos tiempo para inducir el alto voltaje y trabaja a un ritmo más acelerado.
- Al momento de comparar las señales entre la bobina y el sensor CKP, la señal del sensor muestra 58 picos que hacen referencia a los dientes del volante de inercia, por otro lado, la señal de la bobina forma una onda cuadrada que indica los pulsos de

activación de la bobina, al compararlas fue corroborado que existe una adecuada sincronización en el encendido, puesto que la señal de activación sucede cada dos ciclos de la onda producida por el CKP, justamente en el diente perdido que representa el inicio del ciclo de la combustión o la posición del pistón en el PMS.

- Al cambiar la distancia entre los electrodos de la bujía en el cilindro 1, se comprobó como el valor del tiempo de quemado aumentó de manera considerable superando por 0.3 ms al valor ideal de 1.5 ms, por lo cual se afirma que una calibración incorrecta de bujías provoca variaciones en los valores de funcionamiento que pueden terminar en problemas de rendimiento y aumento de emisiones contaminantes.
- En suma, el sistema de encendido independiente diagnosticado en este estudio cumple con los parámetros necesarios para considerarse en correcto funcionamiento, sin embargo, las pruebas realizadas en esta guía con el equipo BOSCH FSA 740 son de gran utilidad para detectar problemas de rendimiento en forma rápida y eficaz sin realizar un diagnóstico agresivo.

4.2. Recomendaciones

- Para conectar los instrumentos de medición es necesario buscar el manual de taller del vehículo, debido a que el equipo BOSCH FSA 740 posee información limitada, la cual no es suficiente para usar como guía en este diagnóstico, puesto que es necesario contar con un esquema del sistema de encendido y sus componentes.
- Se recomienda el uso de cables de diagnóstico para bobinas COP o unos cables de bujías adaptados para la obtención de datos más estables en el secundario de la bobina. El equipo BOSCH FSA 740 cuenta con una sonda para la medida del bobinado secundario, sin embargo, en el sistema de encendido independiente no se obtienen resultados precisos midiendo directamente sobre la bobina.

- Para realizar el diagnóstico preventivo se debe revisar el sistema de encendido de forma constante y ante cualquier anomalía de datos donde se salga del rango de funcionamiento adecuado, se recomienda indagar profundamente hasta encontrar la falla antes de recurrir a sustituir una bobina de encendido defectuosa.
- Los valores de voltaje y tiempo podrían sufrir variaciones de acuerdo al tipo de sistema de encendido con el que cuente el vehículo además del sistema de alimentación que este tenga por lo que se recomienda para futuros trabajos realizar este diagnóstico en vehículos GDI y sobrealimentados.

Referencias Bibliográficas

Concepcion, M. (2011). *Automotive Ignition Systems Explained - General Motors*. Mandy Concepcion. <https://books.google.es/books?id=-Yq9XnN8-7gC>

GONZÁLEZ CALLEJA, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Ediciones Paraninfo, S.A. <https://books.google.com.ec/books?id=19ASCgAAQBAJ>

Niegel, A. (1999). *Bujías de Encendido, Edición 1999: Novedad con SUPER 4 y platino plus 4, Instrucción Técnica*. Reverte. <https://books.google.com.ec/books?id=5N7O-C8p5kC>

Pardiñas, J., & Feijó, R. (2018). *Sistemas auxiliares del motor (2018)*. Editorial Editex. <https://books.google.com.ec/books?id=4hhfDwAAQBAJ>

Sanchez, E. (2011). *Sistemas auxiliares del motor*. Macmillan Iberia, S.A. <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/52815>

BERU. (2013). *Información completa sobre las bobinas de encendido*. Federal Mogul, 7, 24. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi3-5Ln9P73AhWTSTABHwC-AJgQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.beruparts.es%2Fcontent%2Fdam>

%2Fmarketing%2Femea%2Fberu%2Fbrochure%2Fes-all-about-ignition-coils.pdf&usg=AOvVaw38b1sbUX_uSr4j2VhrkcZm

Macías Monserrate, O. G., & Macías Monserrate, O. G. (2015). *Estudio y análisis del sistema de encendido y arranque del toyota prius.*

USB Autoscope. (2018, enero). *Oscilogramas de tensión en los circuitos primario y secundario del sistema de encendido individual* [Gráfico]. Autoscope Technology.
<https://usbautoscope.eu/wp-content/uploads/2018/01/912.png>

USB Autoscope. (2018, enero). *Oscilogramas de tensión en los circuitos primario y secundario del sistema de encendido DIS* [Gráfico]. Autoscope Technology.
<https://usbautoscope.eu/wp-content/uploads/2018/01/909.png>

Mogrovejo Lata, D. S. (2007). Sistema de encendido tipo DIS (Sistema de Encendido Directo). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/106>

401, R. (2019). *El sensor de revoluciones: tipos, averías y consejos de mantenimiento.* blog.reparación-vehículos. <https://blog.reparacion-vehiculos.es/el-sensor-de-revoluciones-tipos-averias-y-consejos-de-mantenimiento>

Flores, C. O. (2010). Diagnóstico Y Reparación De Fallas En El Sistema De Inyección Electrónica A Gasolina. Mexico.

Carrillo. (2014). Diseño Y Construcción De Un Banco De Pruebas Para El Análisis De Señales De Los Sensores Y Actuadores Del Automóvil Por Medio De Un Osciloscopio”. Riobamba.

Avance, A. (2017). *Sensor de Detonación.* Curso-Automotriz.
<https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/88-sensor-de-detonacion/>

- Sensor de Detonación* (2022). *Qué es, función y fallas*. CódigoDTC. <https://codigosdtc.com/sensor-ks/>
- A. (2020). *Sensor de temperatura refrigerante – Sensor ECT*. Que-es-un-Sensor-Automotriz. <https://www.queesunsensorautomotriz.top/2019/09/sensor-ect.html>
- A. (2020). *Pensado para optimizar el funcionamiento interno de la entrega de combustible de Leer más*. CódigosOBD2. <https://codigosobd2.net/sensores/tps/>
- 401, R. (2021). *El sensor MAP, componente clave para el rendimiento óptimo del motor*. blog.reparación-vehículos. <https://blog.reparacion-vehiculos.es/el-sensor-map-un-componente-clave-para-el-rendimiento-optimo-del-motor>
- Oterino, F. J. (2015). *Diagnóstico Automóvil*. Obtenido De Diagnóstico Automóvil: <Http://Diaftec.Blogspot.Com/2012/06/Sensor-Maf-OCaudalimetro.Html>
- Sensor CMP, Función, Fallas y Pruebas*. (2015). Autodaewoospark. <https://www.autodaewoospark.com/sensor-CMP.php>
- INNOVA. (2016, 6 mayo). *Boletín Técnico #3*. Innova México. Recuperado 20 de mayo de 2022, de http://mx.innova.com/Content/Support/Downloads/Mexico/boletin_3%20La%20Prueba%20COP.pdf
- Equipo Automotriz Javaz. (2009, 19 septiembre). *Técnicas de Diagnostico – Sistemas de Encendido*. CISE electronics. Recuperado 20 de mayo de 2022, de https://equipoautomotrizjavaz.com/datos_tecnicos/encendidodis.pdf
- Antonio, A. R. & Muñoz Domínguez, M. (2016). *Motores de combustión interna*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/48846?>
- Concepcion, M. (2011). *Automotive Ignition Systems Explained - General Motors*. Mandy

Concepcion. <https://books.google.es/books?id=-Yq9XnN8-7gC>

GONZÁLEZ CALLEJA, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Ediciones Paraninfo, S.A. <https://books.google.com.ec/books?id=19ASCgAAQBAJ>

Niegel, A. (1999). *Bujías de Encendido, Edición 1999: Novedad con SUPER 4 y platino plus 4, Instrucción Técnica*. Reverte. <https://books.google.com.ec/books?id=5N7O-wC8p5kC>

Pardiñas, J., & Feijó, R. (2018). *Sistemas auxiliares del motor (2018)*. Editorial Editex. <https://books.google.com.ec/books?id=4hhfDwAAQBAJ>

Sanchez, E. (2011). *Sistemas auxiliares del motor*. Macmillan Iberia, S.A. <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/52815>

BOSCH. (2019, 4 enero). Descripción Del Producto; Uso Conforme A Lo Previsto; Requisitos Del Sistema Para El Funcionamiento; Volumen De Suministro - Bosch FSA 500 Original Instructions Manual [Page 91] | ManualsLib. ManualsLib. <https://www.manualslib.com/manual/1913240/Bosch-Fsa500.html?page=91>

BERU. (2013). Información completa sobre las bobinas de encendido. Federal Mogul, 7, 24. http://beru.federalmogul.com/sites/default/files/ti07_ignition_coils_es_2013.pdf

Bosch, S. (2016). Sistemas de Encendido.

http://www.boschautopartes.com/media/la/aa_sites_la/products_and_services/automotive_parts/gasoline_1/download_5/HIRES_PDF_59958.pdf

Cortez Reinoso, F. E., & Molina Salvador, K. R. (2018). REDICCES: Diseño y construcción de equipo para el diagnóstico de dispositivos electrónicos usados en el encendido de motores de combustión interna : en asocio con IMPRESSA. <http://www.redicces.org.sv/jspui/handle/10972/3668>

- Gía Cornejo, P. F., & Riera Parra, M. F. (2015). Diseño y construcción de un banco didáctico para comprobar sistemas de encendido electrónico. :
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4862>
- J. Jia, Q. Wang, J. Yu, Y. Z. (2010). Wideband equivalent circuit model and parameter computation of auto-motive ignition coil based on finite element analysis.
- Kubis, M., Sebok, M., Beno, P., Kucera, M., & Gutten, M. (2020). Diagnostics of the ignition system for various fault conditions. Proceedings of the 2020 International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering, Diagnostika 2020.
<https://doi.org/10.1109/DIAGNOSTIKA49114.2020.9214714>
- Macías Monserrate, O. G., & Macías Monserrate, O. G. (2015). Estudio y análisis del sistema de encendido y arranque del toyota prius. :
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/833>
- Marcelo, E., Sarmiento, S., & Sevilla, E. M. (2017). I SISTEMAS DE ENCENDIDO SIN DISTRIBUIDOR Construcción y caracterización de un banco de pruebas de encendido sin distribuidor.
- Medina Carpio, H. W., & Medina Carpio, H. W. (2013). Diseño y construcción de un simulador de sistema de encendido DIS, con monitoreo de variables externas.
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/124>
- Ortiz Villamarín, A. M. (2014). Artículo Científico - Diseño y construcción de un simulador de encendido óptico para el Laboratorio de Autotrónica.
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/9247>

Quinga Chiguano, E. X. (2017). Construcción de un banco de pruebas para bobinas del sistema de encendido de vehículos automotores. :

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/24476>

Salazar Ayala, A. D., & Sanchez Sanchez, D. M. (2012). TECNOLOGÍA.

<http://www.areatecnologia.com/electronica/como-es-un-led.html>

Sebok, M., Kucera, M., Kubis, M., Beno, P., Gutten, M., & Valko, N. (2020). Thermal and voltage diagnostics of automotive ignition system. Proceedings of the 2020

International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering, Diagnostika 2020.

<https://doi.org/10.1109/DIAGNOSTIKA49114.2020.9214689>

Villarreal, D. (2016). ESTUDIO DE LA RELACIÓN DEL SECUNDARIO DEL ENCENDIDO Y LA LIMPIEZA DE INYECTORES POR ULTRA SONIDOS EN EL VEHÍCULO.

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1565/1/T-UIDE-097.pdf>

ANEXOS

ANEXO I

VARIACIÓN DE VOLTAJE EN ADAPATACIÓN COMPLETA BOBINADO

PRIMARIO

Resultado	Unidad	Min.	Máx.	Medido
número revoluciones	1/min	---	---	690
temperatura aceite	°C	---	---	71.3
tensión de batería	V	---	---	14.6
tensión a borne 15	V	---	---	14.6
tens. contact.dinám.	V	---	---	---
corr. prim. max.(CH1)	A	---	---	---
ángulo de cierre	%	---	---	---

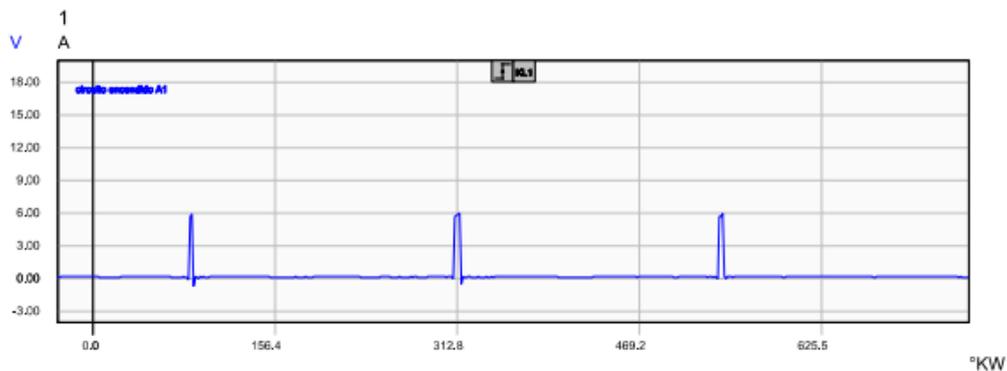


FIGURA AI.1. Adaptación completa bobinado primario a 690 rpm

Resultado	Unidad	Min.	Máx.	Medido
número revoluciones	1/min	---	---	1500
temperatura aceite	°C	---	---	72.3
tensión de batería	V	---	---	14.6
tensión a borne 15	V	---	---	14.6
tens. contact.dinám.	V	---	---	---
corr. prim. max.(CH1)	A	---	---	---
ángulo de cierre	%	---	---	---

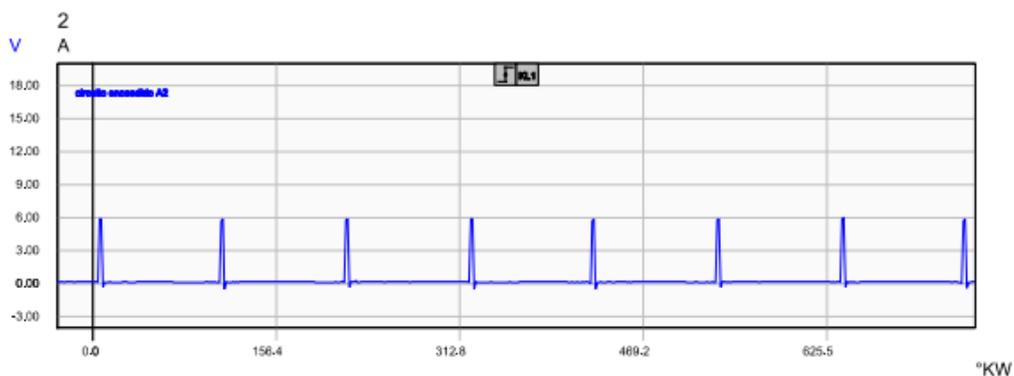


FIGURA AI.2. Adaptación completa bobinado primario a 1500 rpm

Resultado	Unidad	Mín.	Máx.	Medido
número revoluciones	1/min	----	----	2590
temperatura aceite	°C	----	----	73.7
tensión de batería	V	----	----	14.5
tensión a borne 15	V	----	----	14.5
tens. contact.dinám.	V	----	----	----
corr. prim. max.(CH1)	A	----	----	----
ángulo de cierre	%	----	----	----

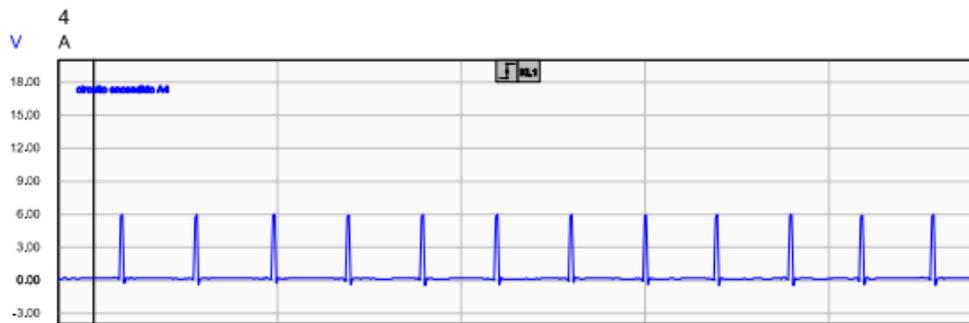


FIGURA AI.3. Adaptación completa bobinado primario a 2500 rpm

ANEXO II

VARIACIÓN DE VOLTAJE EN OSCILOSCOPIO PRIMARIO

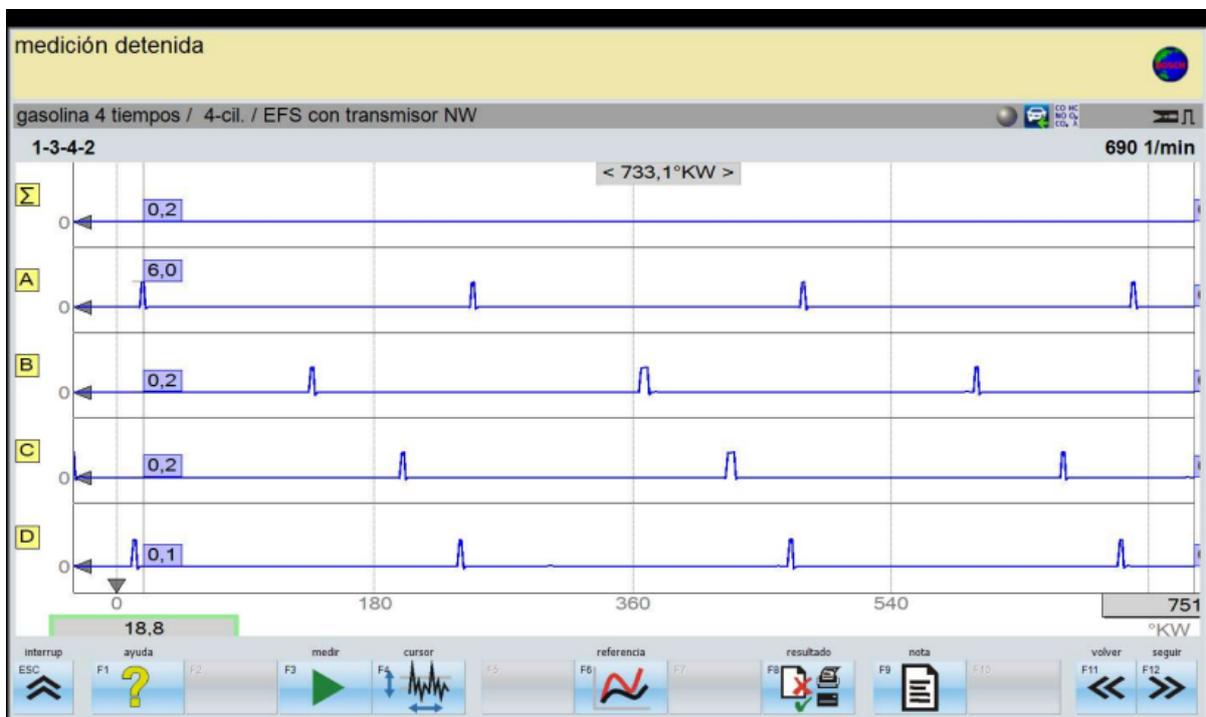


FIGURA AII.1. Oscilograma del bobinado primario a 690 rpm

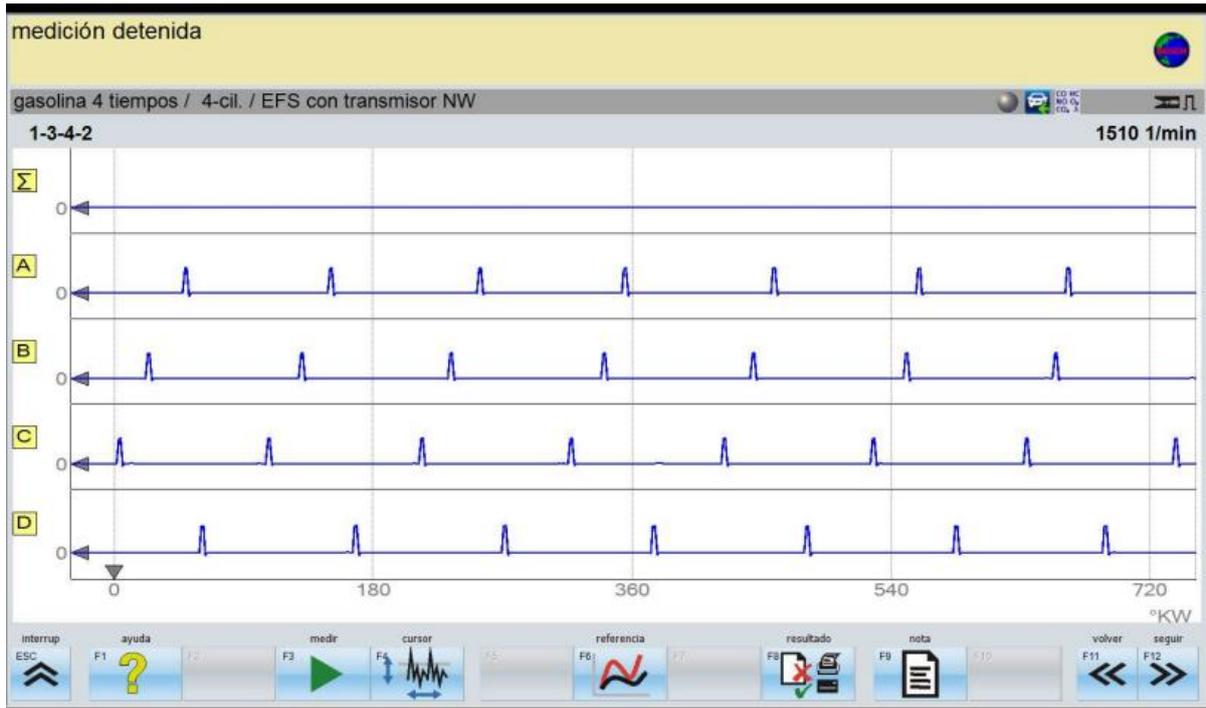


FIGURA AII.2. Oscilograma del bobinado primario a 1500 rpm

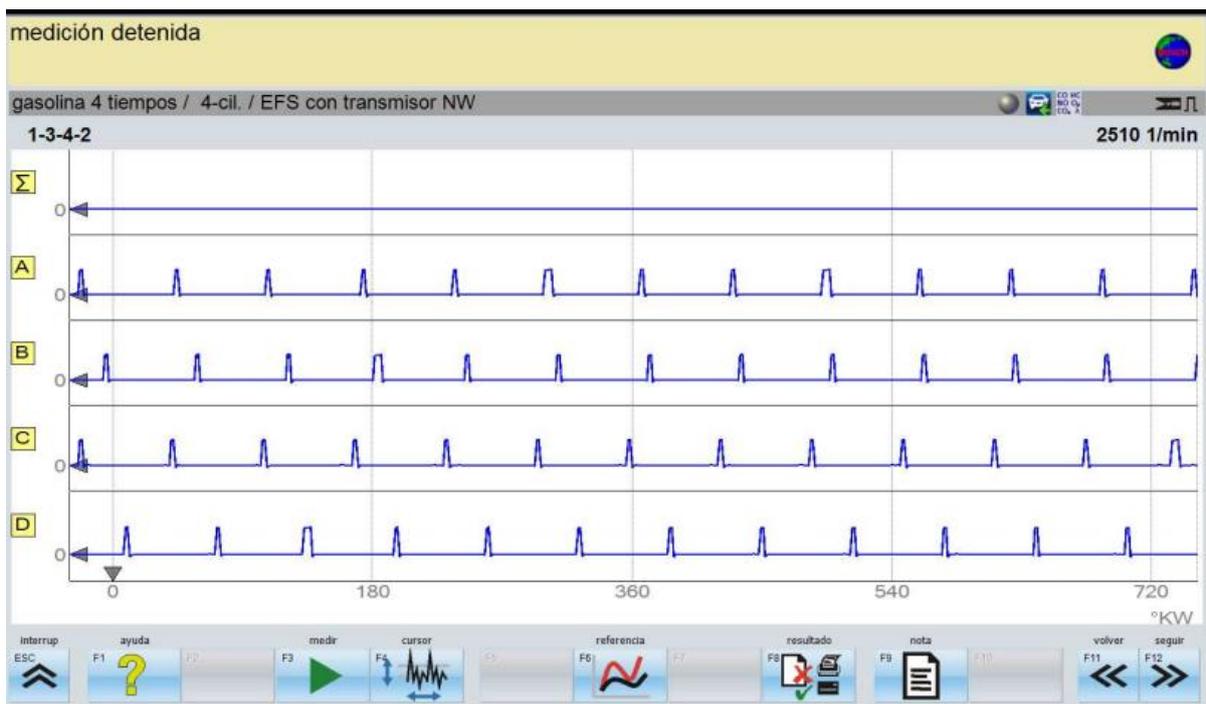


FIGURA AII.3. Oscilograma del bobinado primario a 2500 rpm

ANEXO III

VARIACIÓN DE VOLTAJE DEL PRIMARIO EN OSCILOSCOPIO UNIVERSAL

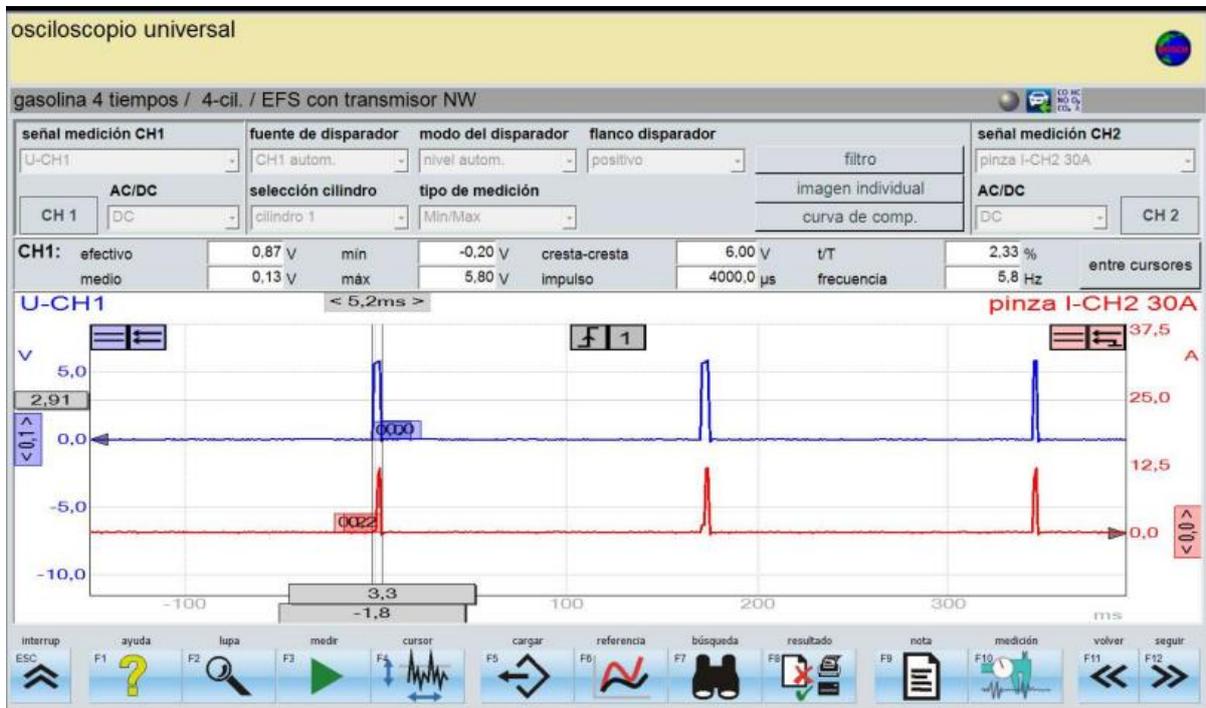


FIGURA AIII.1. Oscilograma del tiempo de saturación de la bobina 1 a 690 rpm

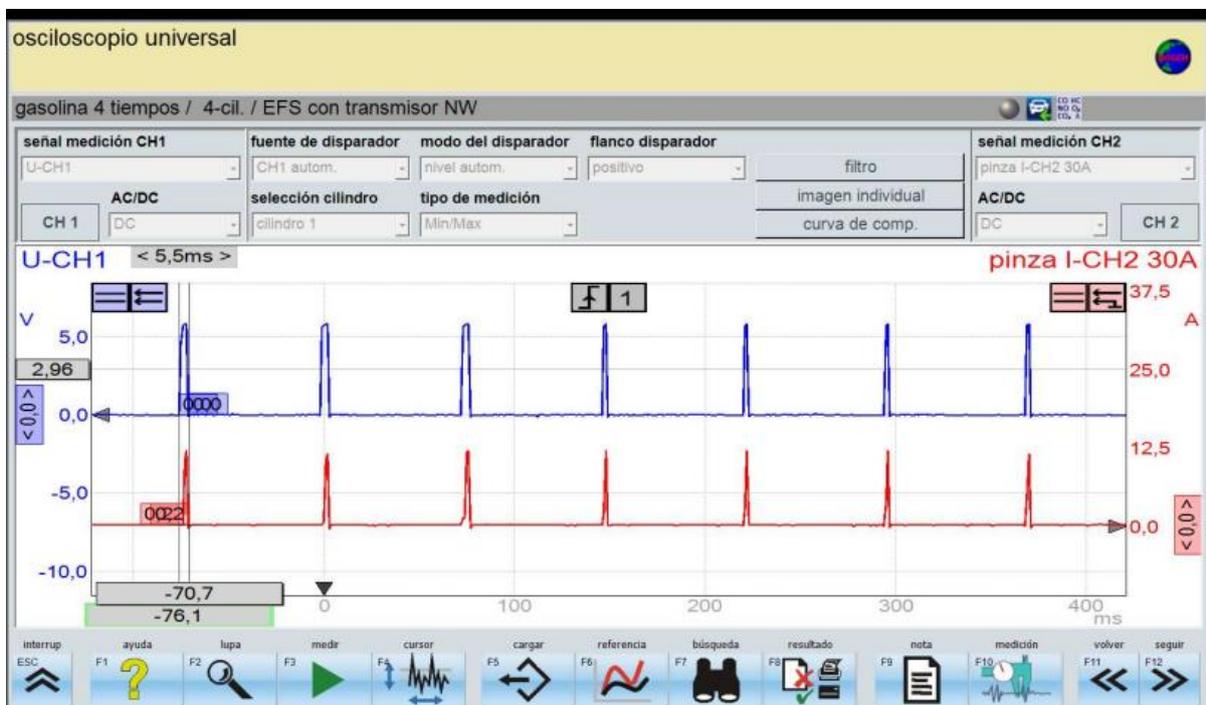


FIGURA AIII.2. Oscilograma del tiempo de saturación de la bobina 1 a 1500 rpm

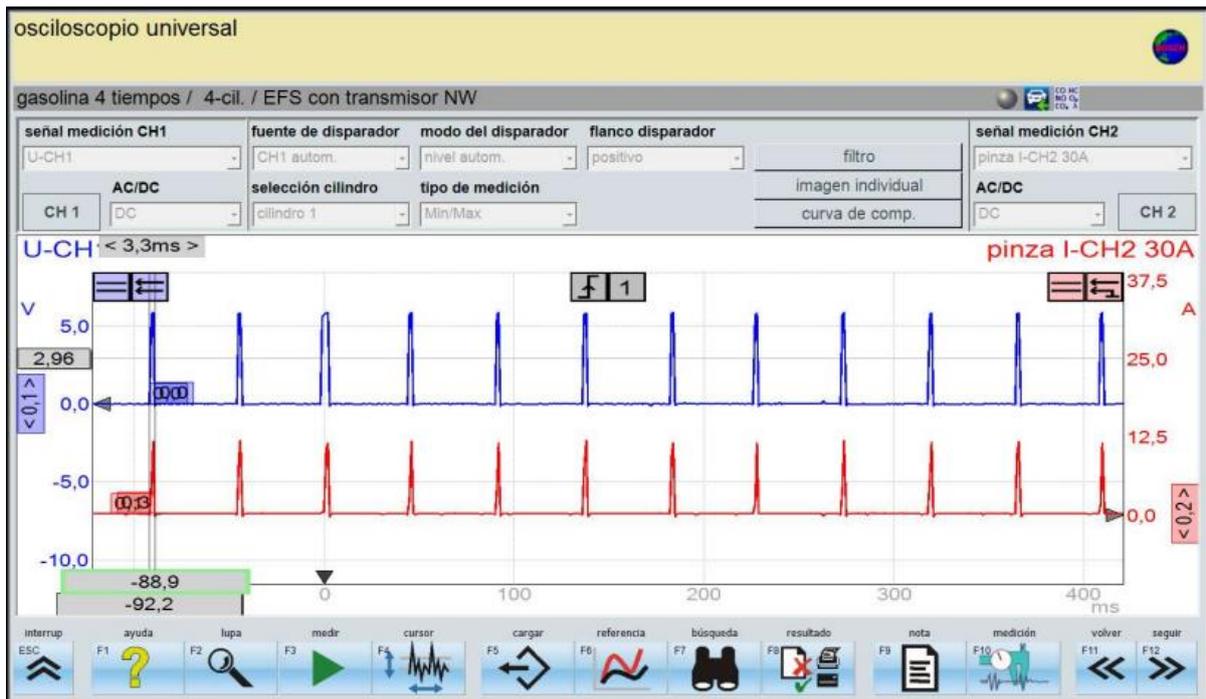


FIGURA AIII.3. Oscilograma del tiempo de saturación de la bobina 1 a 2500 rpm

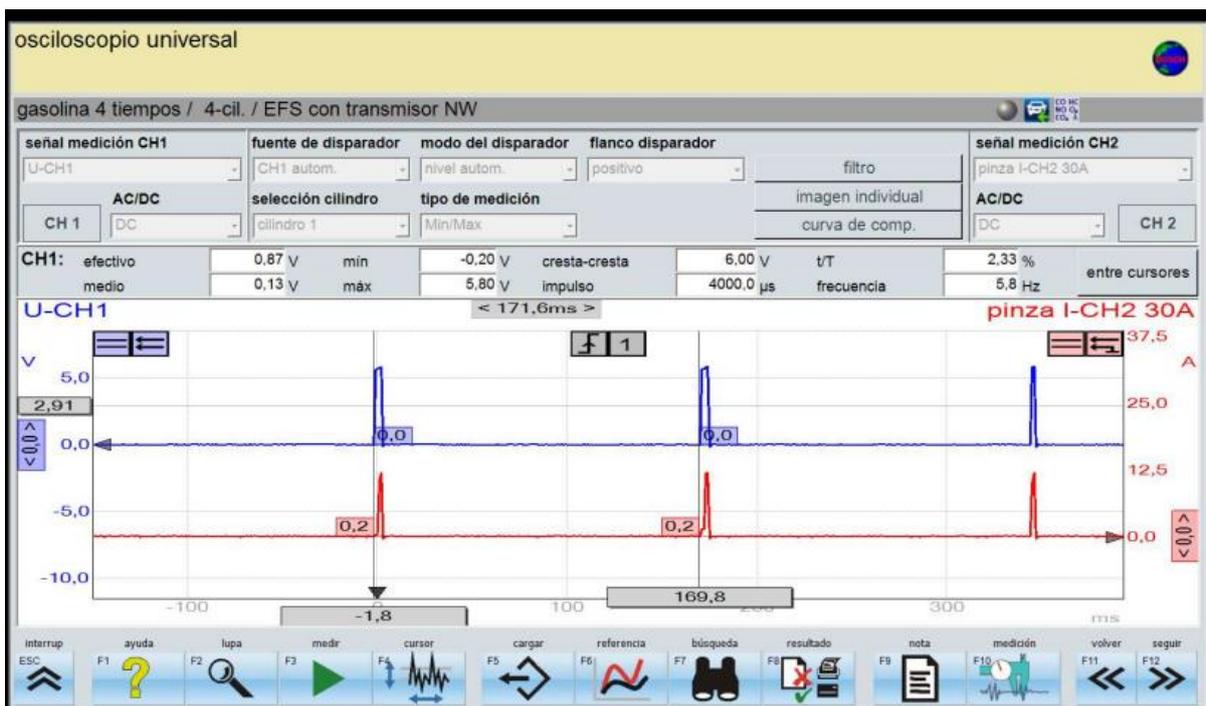


FIGURA AIII.4. Oscilograma del tiempo de repetición de ciclo de la bobina 1 a 690 rpm

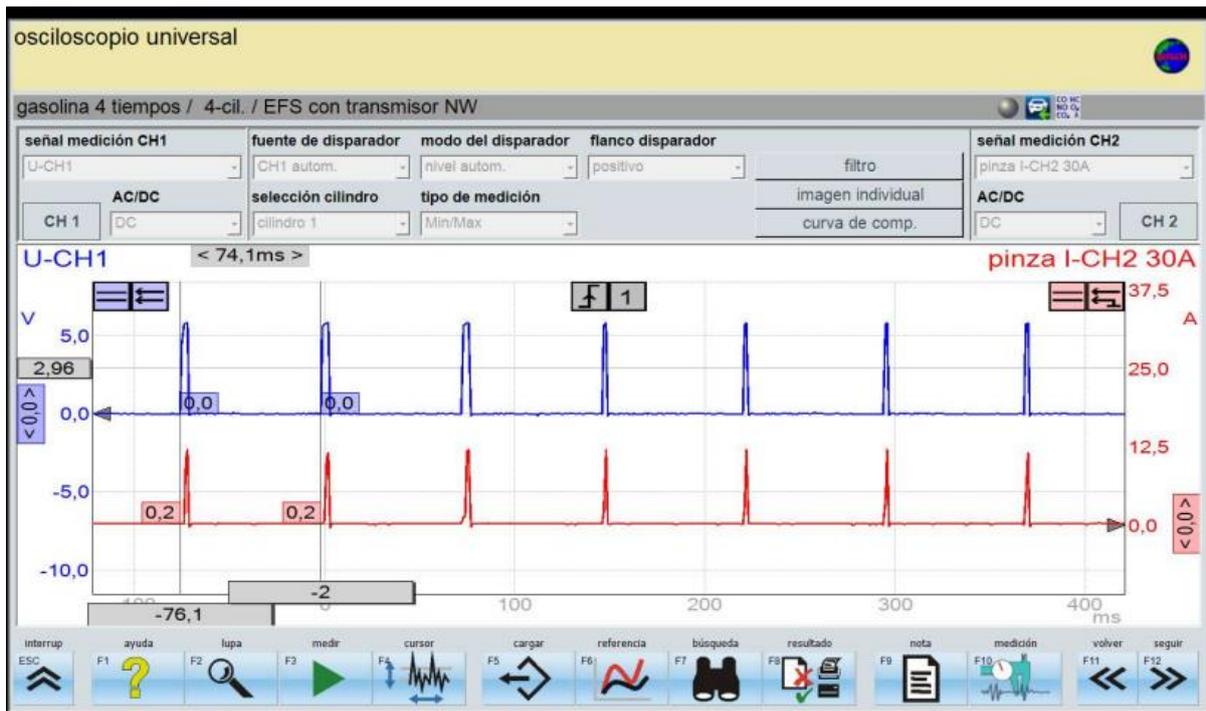


FIGURA AIII.5. Oscilograma del tiempo de repetición de ciclo de la bobina 1 a 1500 rpm

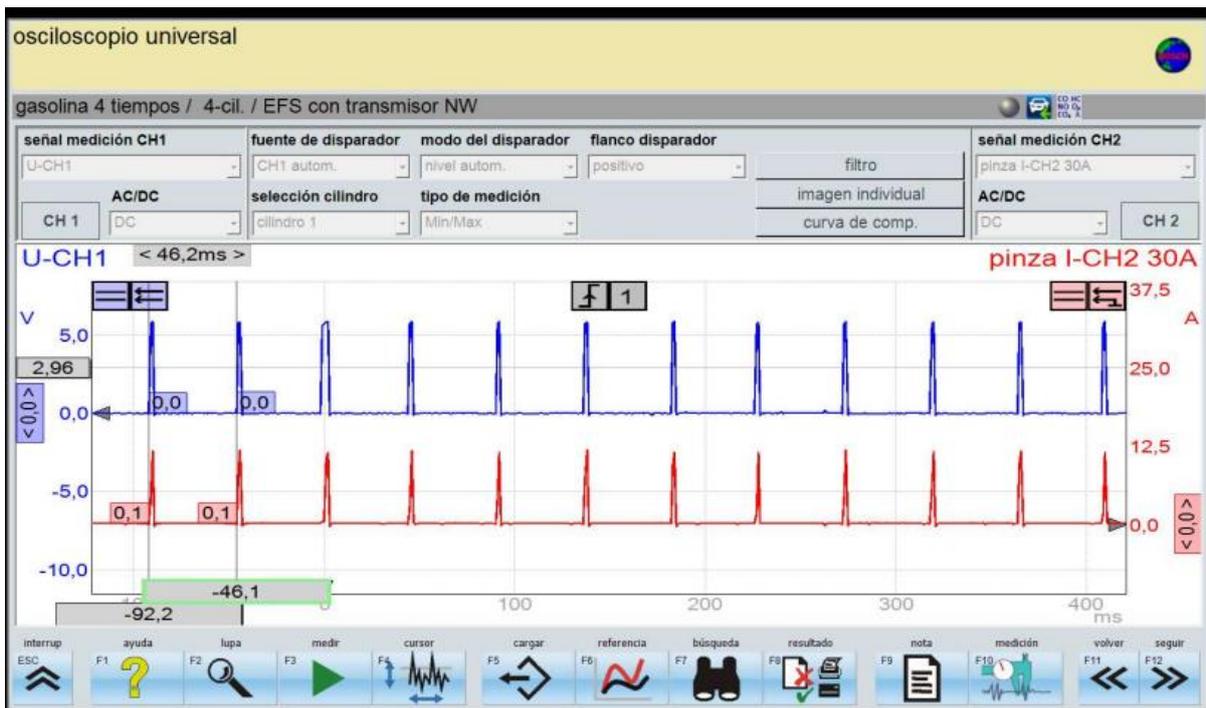


FIGURA AIII.6. Oscilograma del tiempo de repetición de ciclo de la bobina 1 a 2500 rpm

ANEXO IV

VARIACIÓN DE VOLTAJE EN LA BOBINA COMPARADA CON INYECTORES

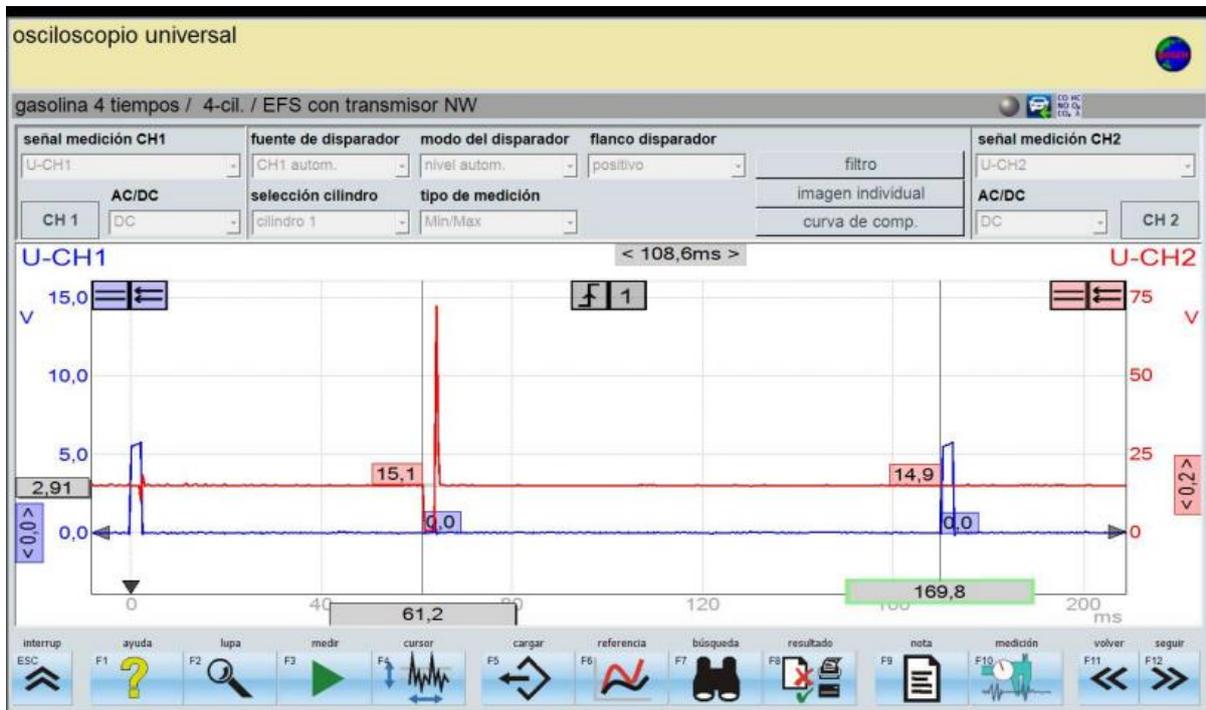


FIGURA AIV.1. Oscilograma del tiempo de retraso a la inyección a 690 rpm

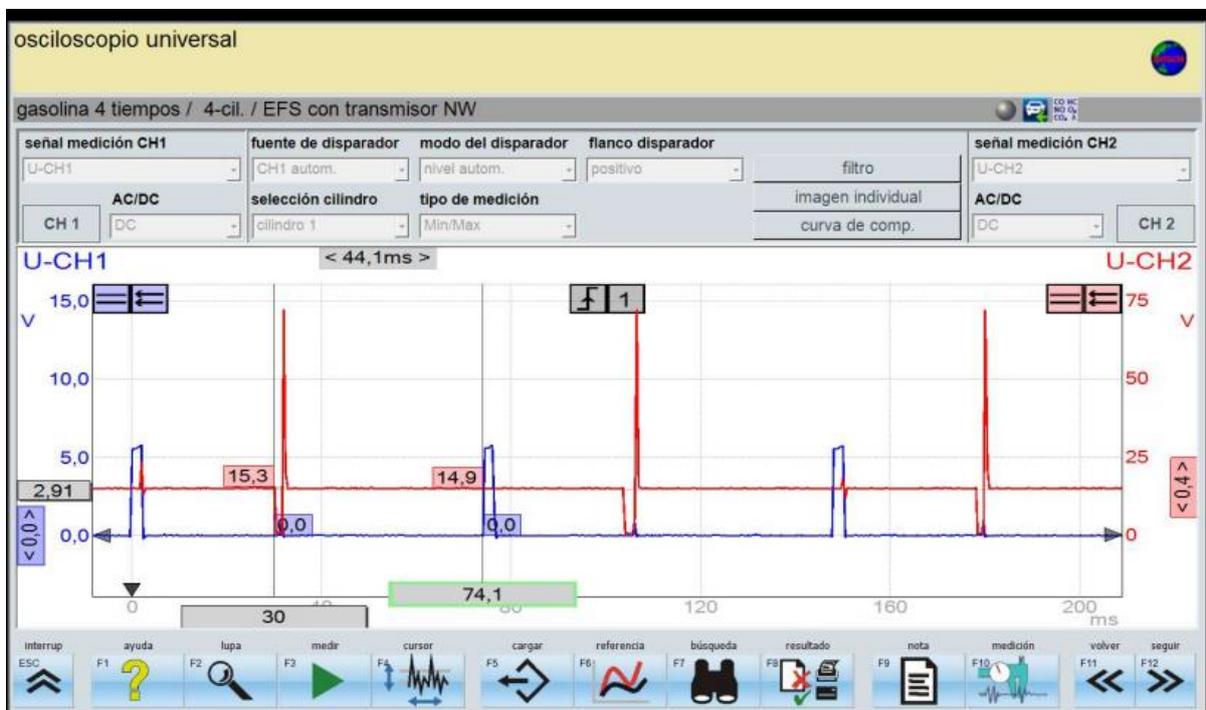


FIGURA AIV.2. Oscilograma del tiempo de retraso a la inyección a 1500 rpm

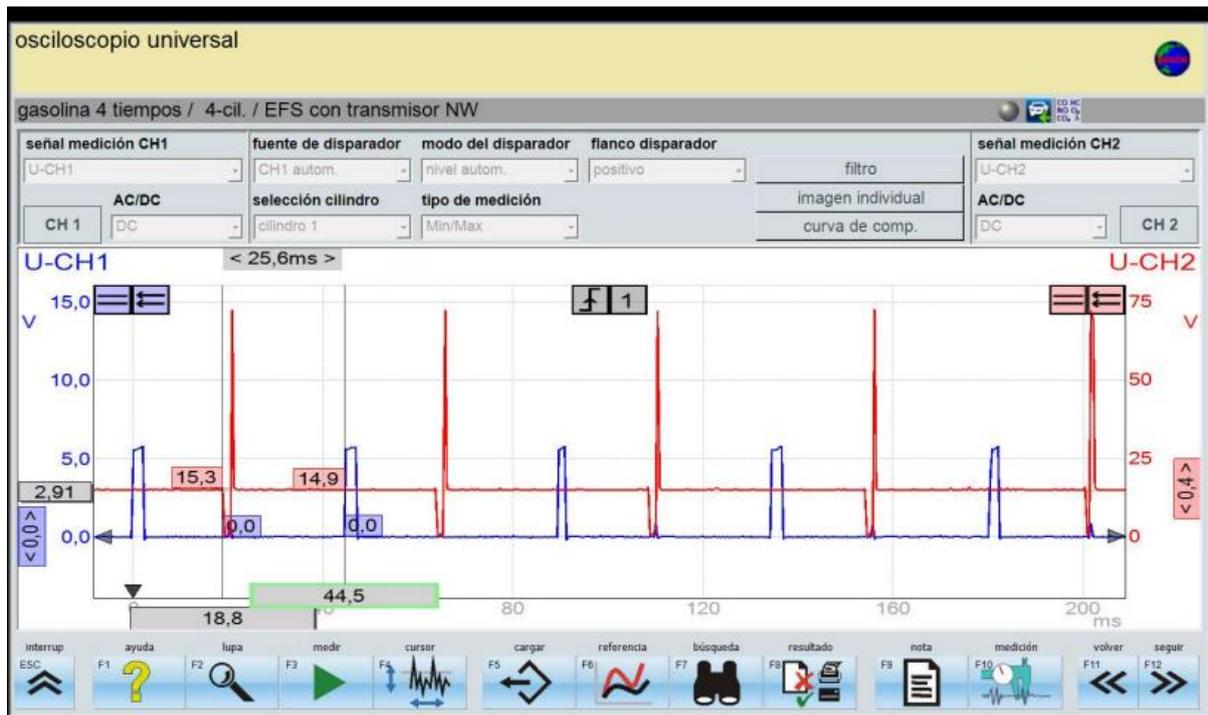


FIGURA AIV.3. Oscilograma del tiempo de retraso a la inyección a 2500 rpm

ANEXO V

VARIACIÓN DE VOLTAJE EN LA BOBINA COMPARADA CON EL SENSOR CKP

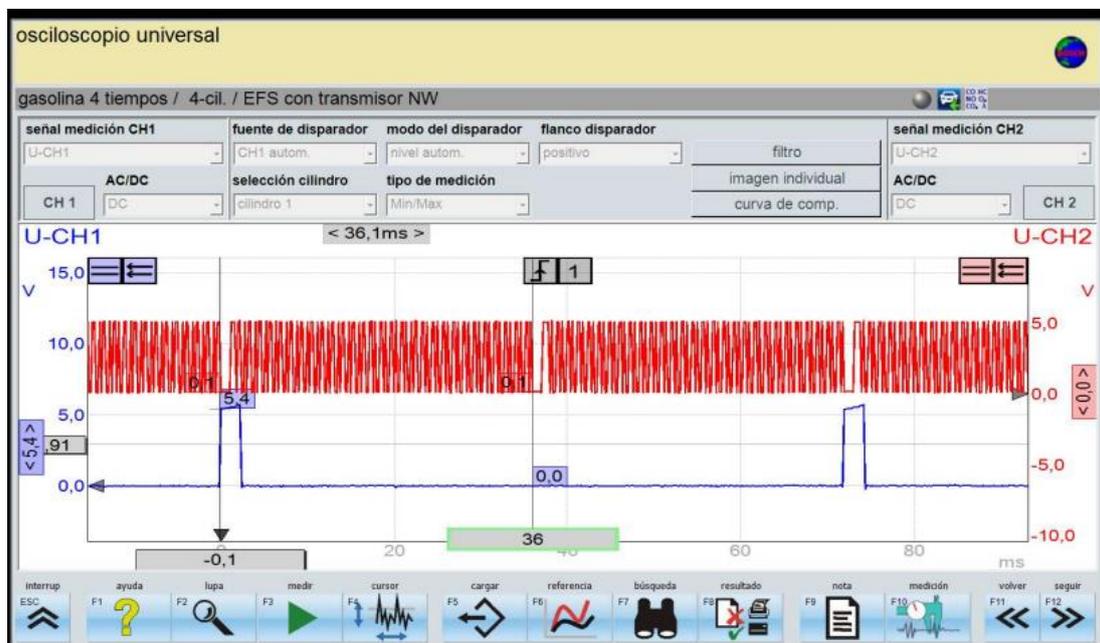


FIGURA AV.1. Oscilograma de la comparativa de la variación de voltaje primario de la bobina y el sensor CKP

ANEXO VI

VARIACIÓN DE VOLTAJE EN ADAPATACIÓN COMPLETA BOBINADO SECUNDARIO

encend.secund.: adaptación completa 1

Resultado	Unidad	Mín.	Máx.	Medido
número revoluciones	1/min	---	---	700
temperatura aceite	°C	---	---	88.5



FIGURA VI.1. Medición adaptación completa bobinado secundario a 690 rpm

encend.secund.: adaptación completa 1

Resultado	Unidad	Mín.	Máx.	Medido
número revoluciones	1/min	---	---	1510
temperatura aceite	°C	---	---	75.2

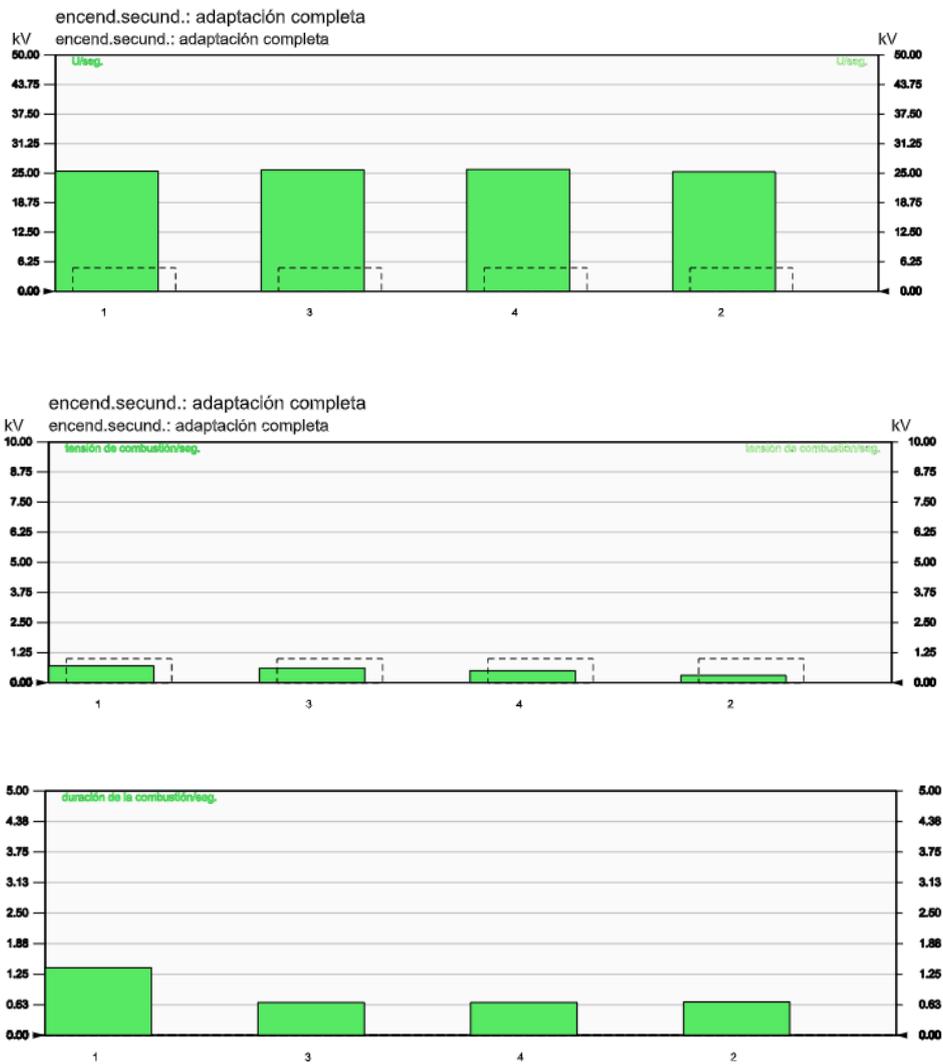


FIGURA VI.2. Medición adaptación completa bobinado secundario a 1500 RPM

ANEXO VII

VARIACIÓN DE VOLTAJE EN OSCILOSCOPIO SECUNDARIO



FIGURA VII.1. Oscilograma del tiempo de activación del secundario de la bobina a 690 rpm



FIGURA VII.2. Oscilograma del tiempo de activación del secundario de la bobina a 1500 rpm



FIGURA VII.3. Oscilograma del tiempo de activación del secundario de la bobina a 2500 rpm



FIGURA VII.4. Oscilograma del voltaje de activación del secundario de la bobina a 690 rpm

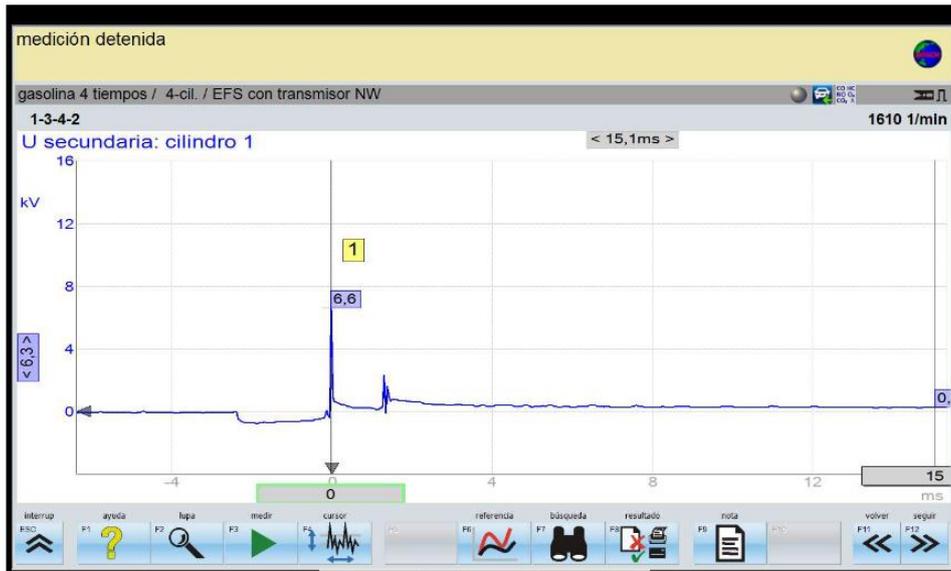


FIGURA VII.5. Oscilograma del voltaje de activación del secundario de la bobina a 1500 rpm

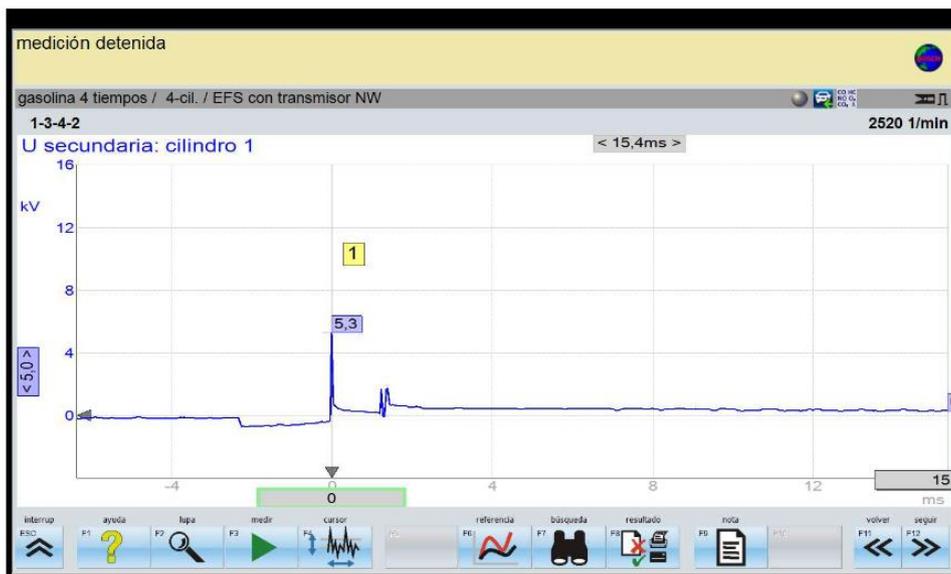


FIGURA VII.6. Oscilograma del voltaje de activación del secundario de la bobina a 2500 rpm



FIGURA VII.7. Oscilograma del tiempo de quemado del secundario de la bobina a ralentí

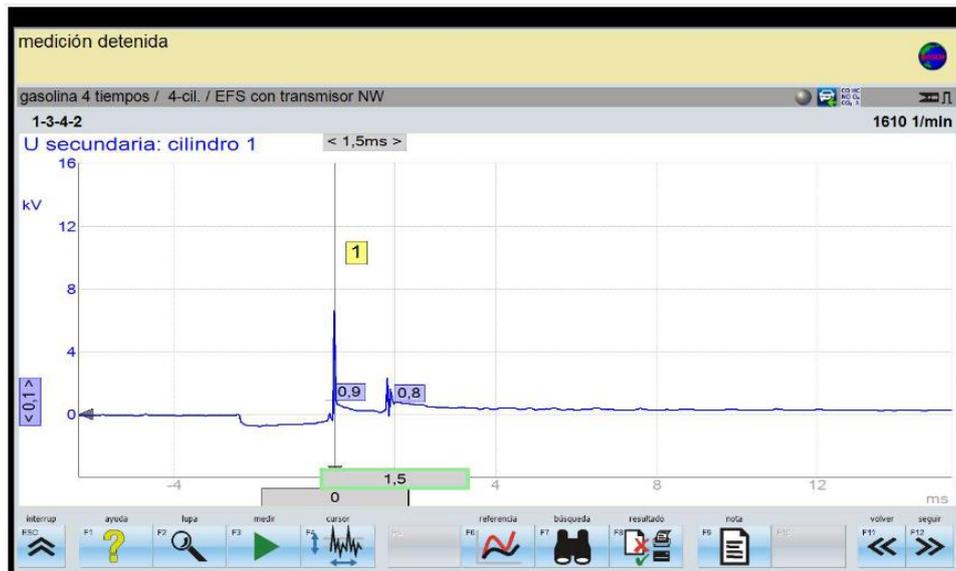


FIGURA VII.8. Oscilograma del tiempo de quemado del secundario de la bobina a 1500

rpm



FIGURA VII.9. Oscilograma del tiempo de quemado del secundario de la bobina a 2500

rpm



FIGURA VII.10. Oscilograma del voltaje de quemado del secundario de la bobina a 690 rpm

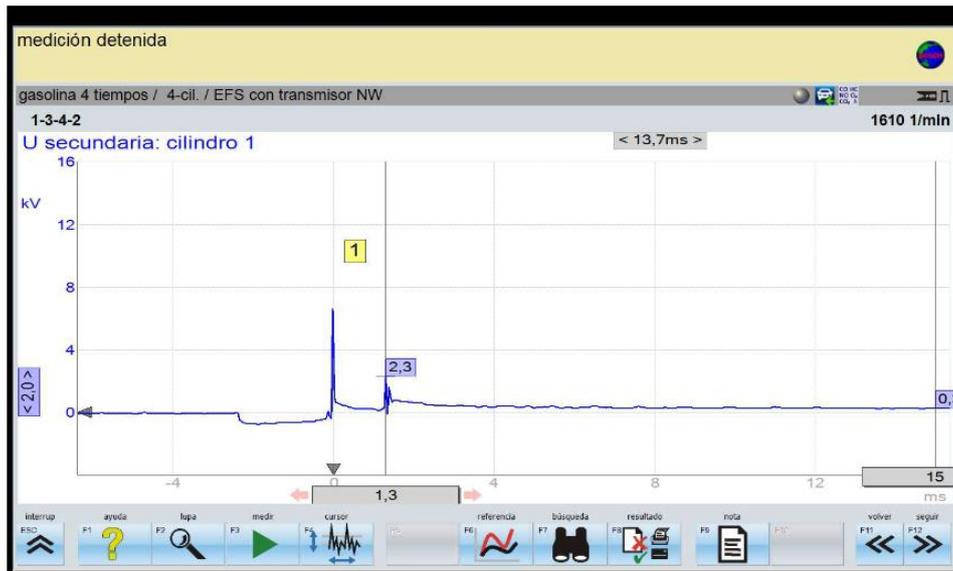


FIGURA VII.11. Oscilograma del voltaje de quemado del secundario de la bobina a 1500 rpm



FIGURA VII.12. Oscilograma del voltaje de quemado del secundario de la bobina a 2500 rpm



FIGURA VII.13. Oscilograma del tiempo de repetición de ciclo del secundario de la bobina a 690 rpm



FIGURA VII.14. Oscilograma del tiempo de repetición de ciclo del secundario de la bobina a 1500 rpm

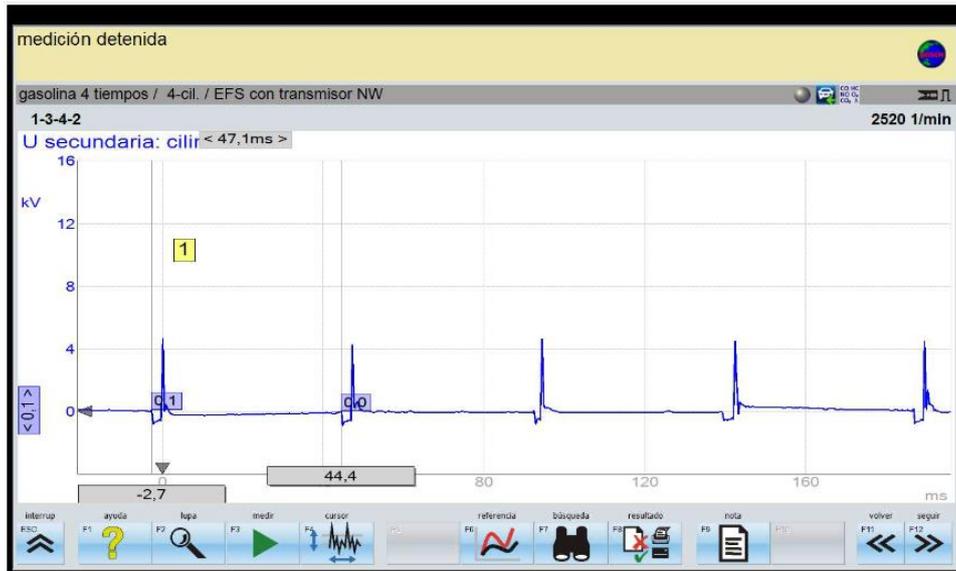


FIGURA VII.15. Oscilograma del tiempo de repetición de ciclo del secundario de la bobina a 2500 rpm

ANEXO VIII

VARIACIÓN DE VOLTAJE EN CONJUNTO EN OSCILOSCOPIO SECUNDARIO

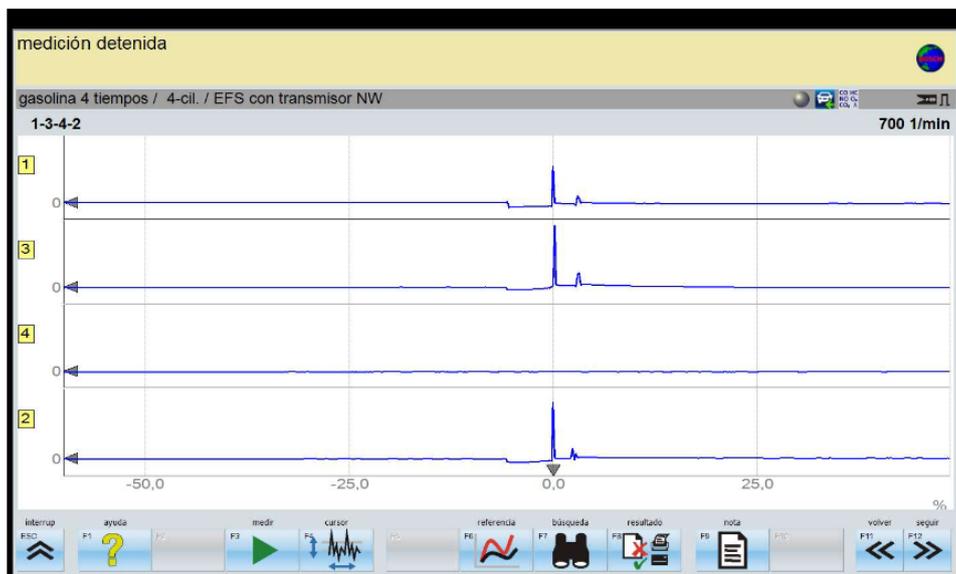


FIGURA VIII.1. Oscilograma del voltaje de activación del secundario de las bobinas en conjunto.