



# **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 del módulo de ignición en un vehículo con motor de  
encendido provocado**

Autores:

Figuerola Chapi Franklin Alexis

Puenayán Perugachi Francisco José

**Director: Ing. Jorge Luis Melo Obando, MSc.**

**Ibarra, 2023**

## CERTIFICADO

### ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

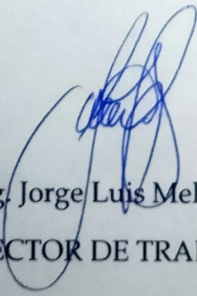
En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

#### CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "DIAGNÓSTICO DEL MÓDULO DE IGNICIÓN EN UN VEHÍCULO CON MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO" presentado por los señores: Figueroa Chapi Franklin Alexis con número de cédula 0401890884 y Puenayán Perugachi Francisco José con número de cédula 0401824602, 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 31 días del mes de mayo del 2023.

Atentamente,



Ing. Jorge Luis Melo Obando, MSc.  
DIRECTOR DE 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           |                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| <b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b> | 0401890884                           |
| <b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b> | Figueroa Chapi Franklin Alexis       |
| <b>DIRECCIÓN:</b>           | San Gabriel, Rio Curaray y Rio Daule |
| <b>EMAIL:</b>               | fafigueroac@utn.edu.ec               |
| <b>TELÉFONO MÓVIL:</b>      | 0978738252                           |

| DATOS DE CONTACTO           |                                       |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| <b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b> | 0401824602                            |
| <b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b> | Puenayán Perugachi Francisco José     |
| <b>DIRECCIÓN:</b>           | Julio Andrade, Juan Montalvo y Tulcán |
| <b>EMAIL:</b>               | fjpuenayanp@utn.edu.ec                |
| <b>TELÉFONO MÓVIL:</b>      | 0963975330                            |

| DATOS DE LA OBRA               |  |
|--------------------------------|--|
| <b>TÍTULO:</b>                 | "Diagnóstico del módulo de ignición en un vehículo con motor de encendido provocado" |
| <b>AUTOR (ES):</b>             | Figueroa Chapi Franklin Alexis<br>Puenayán Perugachi Francisco José                  |
| <b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>       | 31/05/2023   |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO    |  |
| <b>PROGRAMA:</b>               | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO       |
| <b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b> | Ingeniero Automotriz   |
| <b>ASESOR /DIRECTOR:</b>       | Ing. Jorge Luis Melo Obando, MSc.  |

#### 2. CONSTANCIAS

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

(es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 31 días del mes de mayo de 2023

**AUTORES:**



**Figueroa Chapi Franklin Alexis**

**0401890884**



**Puenayán Perugachi Francisco José**

**0401824602**



# Dedicatoria

A mi amada familia y amigos, quienes han sido mi fuente de apoyo y motivación durante todo este proceso. Gracias por estar siempre a mi lado, por escuchar mis ideas y por alentarme a seguir adelante.

Esta tesis se la dedico especialmente a la memoria de mi querida abuela Marlene.

*Francisco José.*

A mis amados padres, familiares, profesores y amigos, les dedico esta tesis como muestra de mi profundo agradecimiento por su amor incondicional, apoyo constante y confianza en mí. Vuestra presencia y respaldo han sido fundamentales en mi camino académico, brindándome fuerza, motivación y alegría en cada etapa. Agradezco a mis padres por su sacrificio y dedicación, a mi familia por su aliento y comprensión, a mis profesores por su sabiduría y guía, y a mis amigos por su apoyo inquebrantable. Sin ustedes, este logro no habría sido posible. ¡Gracias por ser mi inspiración constante!

*Franklin Alexis.*

# Índice de contenido

|  |              |
|--|--------------|
| <b>Resumen</b>                                   | <b>XVI</b>   |
| <b>Abstract</b>                                  | <b>XVIII</b> |
| <b>Introducción</b>                              | <b>XIX</b>   |
| <b>1. Revisión Bibliográfica</b>                 | <b>1</b>     |
| 1.1. Antecedentes . . . . .                      | 1            |
| 1.2. Situación Actual . . . . .                  | 3            |
| 1.3. Prospectiva . . . . .                       | 4            |
| 1.4. Planteamiento del Problema . . . . .        | 6            |
| 1.5. Formulación del Problema . . . . .          | 6            |
| 1.6. Objetivos . . . . .                         | 6            |
| 1.6.1. Objetivo General . . . . .                | 6            |
| 1.6.2. Objetivos Específicos . . . . .           | 7            |
| 1.7. Alcance . . . . .                           | 7            |
| 1.8. Justificación . . . . .                     | 7            |
| 1.9. Contexto . . . . .                          | 8            |
| <b>2. Marco Teórico</b>                          | <b>10</b>    |
| 2.1. Motores de Combustión Interna . . . . .     | 10           |
| 2.1.1. Motores de Encendido Provocado . . . . .  | 11           |
| 2.2. Elementos de Sistema de Encendido . . . . . | 13           |
| 2.2.1. Batería . . . . .                         | 13           |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 2.2.2.    | Cableado de alta tensión . . . . .                           | 14        |
| 2.2.3.    | Bujías . . . . .   | 15        |
| 2.3.      | Tipos de Sistema de encendido . . . . .                      | 17        |
| 2.3.1.    | Sistema de encendido convencional . . . . .                  | 18        |
| 2.3.2.    | Sistema de encendido con ayuda electrónica . . . . .         | 19        |
| 2.3.3.    | Sistema de encendido Transistorizado con contacto . . . . .  | 20        |
| 2.3.4.    | Sistema de encendido Transistorizado sin contactos . . . . . | 21        |
| 2.3.5.    | Sistema de encendido electrónico Integral . . . . .          | 24        |
| 2.3.6.    | Sistema de encendido DIS . . . . .                           | 25        |
| 2.3.7.    | Sistema de encendido COP . . . . .                           | 27        |
| 2.4.      | Tipos de Bobinas . . . . .                                   | 28        |
| 2.4.1.    | Bobinas de encendido de Cartucho . . . . .                   | 29        |
| 2.4.2.    | Bobinas de encendido de chispa perdida . . . . .             | 30        |
| 2.4.3.    | Bobina COP . . . . .   | 34        |
| 2.4.4.    | Bobina COP simple . . . . .                                  | 35        |
| 2.4.5.    | Bobina COP con módulo incorporado de 3 pines . . . . .       | 35        |
| 2.4.6.    | Bobina COP con módulo incorporado de 4 pines . . . . .       | 36        |
| 2.5.      | Unidad de control . . . . .                                  | 37        |
| 2.5.1.    | Módulo de encendido electrónico . . . . .                    | 39        |
| 2.5.2.    | Sensor de posición de cigüeñal (CKP) . . . . .               | 40        |
| 2.5.3.    | Sensor de posición de árbol de levas (CMP) . . . . .         | 41        |
| 2.5.4.    | Sensor de Golpeteo (KS) . . . . .                            | 42        |
| <b>3.</b> | <b>Metodología</b>   | <b>43</b> |
| 3.1.      | Caracterización de los vehículos de pruebas . . . . .        | 43        |
| 3.1.1.    | Caracterización del vehículo Chevrolet Alto . . . . .        | 43        |
| 3.1.2.    | Caracterización del vehículo Toyota Hilux . . . . .          | 44        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.2.      | Definición de las variables de estudio . . . . .                      | 44        |
| 3.3.      | Selección de equipos . . . . .  | 45        |
| 3.3.1.    | Equipo FSA 740 . . . . .  | 45        |
| 3.4.      | Desarrollo de pruebas piloto del vehículo Chevrolet Alto . . . . .    | 47        |
| 3.4.1.    | Evaluación la Batería y el Motor de arranque . . . . .                | 48        |
| 3.4.2.    | Evaluación de Alternador . . . . .                                    | 50        |
| 3.4.3.    | Medición de compresión relativa . . . . .                             | 51        |
| 3.4.4.    | Diagnóstico Computarizado Escáner . . . . .                           | 53        |
| 3.4.5.    | Búsqueda de información del vehículo . . . . .                        | 54        |
| 3.5.      | Desarrollo de pruebas piloto para vehículo Toyota Hilux . . . . .     | 55        |
| 3.5.1.    | Evaluación de la Batería y el Motor de Arranque . . . . .             | 56        |
| 3.5.2.    | Evaluación de Alternador . . . . .                                    | 58        |
| 3.5.3.    | Medición de compresión relativa . . . . .                             | 59        |
| 3.5.4.    | Diagnóstico Computarizado mediante Escáner . . . . .                  | 61        |
| 3.5.5.    | Búsqueda de información del vehículo . . . . .                        | 61        |
| 3.6.      | Flujograma guía de diagnóstico de módulo de encendido . . . . .       | 62        |
| <b>4.</b> | <b>Análisis y Resultados</b>  | <b>65</b> |
| 4.1.      | Diagnóstico de módulo de encendido externo Chevrolet Alto . . . . .   | 65        |
| 4.1.1.    | Caracterización del Sistema de Encendido . . . . .                    | 65        |
| 4.1.2.    | Identificación de componentes en el vehículo Chevrolet Alto . . . . . | 65        |
| 4.1.3.    | Comprobación de alimentación 12V . . . . .                            | 66        |
| 4.1.4.    | Comprobación de Masa . . . . .  | 67        |
| 4.1.5.    | Comprobación señal IGT y corriente de activación de bobina . . . . .  | 68        |
| 4.1.6.    | Prueba de Encendido Primario - Adaptación Completa . . . . .          | 72        |
| 4.1.7.    | Comprobación de Sensor de posición de cigüeñal y señal IGT . . . . .  | 75        |



|  |            |
|--|------------|
| 4.2. Diagnóstico de bobinas tipo COP con módulo de encendido externo de Toyota Hilux . . . . . | 78         |
| 4.2.1. Caracterización del Sistema de Encendido del vehículo Toyota Hilux . . . . .            | 78         |
| 4.2.2. Identificación de componentes en el vehículo Toyota Hilux . . . . .                     | 78         |
| 4.2.3. Comprobación de Alimentación 12V . . . . .  | 79         |
| 4.2.4. Comprobación de Masa . . . . .  | 80         |
| 4.2.5. Comprobación de señal IGT y corriente de activación de Bobina . . . . .                 | 81         |
| 4.2.6. Comprobación señal IGT y señal IGF . . . . .  | 84         |
| 4.2.7. Comprobación de sensor de posición de cigüeñal y señal IGT . . . . .                    | 88         |
| <b>5. Conclusiones y Recomendaciones</b>   | <b>92</b>  |
| 5.1. Conclusiones . . . . .  | 92         |
| 5.2. Recomendaciones . . . . .   | 94         |
| <b>Referencias Bibliográficas</b>  | <b>95</b>  |
| <b>A. Anexos de vehículo Chevrolet Alto</b>  | <b>98</b>  |
| A.1. Datos de prueba de Encendido primario Adaptación completa . . . . .                       | 98         |
| <b>B. Anexos de vehículo Toyota Hilux</b>  | <b>101</b> |
| B.1. Datos de prueba de señal IGT y consumo de corriente . . . . .                             | 101        |
| B.2. Datos de prueba de señal IGT y señal IGF . . . . .  | 105        |
| B.3. Datos de prueba sensor de posición de cigüeñal y señal IGT . . . . .                      | 109        |

# Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| 1.1. Componentes de un sistema de encendido tradicional (Rodríguez Melchor, 2012) . . . . .           | 2  |
| 2.1. Componentes de un Motor de Combustión Interna Alternativo (Muñoz & Rovira, 2015) . . . . .       | 10 |
| 2.2. Componentes del circuito de encendido (Pérez, 2014) . . . . .                                    | 13 |
| 2.3. Batería automotriz (Bosch, 2020a) . . . . .  | 14 |
| 2.4. Cable de alta tensión (Bosch, 2020b) . . . . .   | 15 |
| 2.5. Bujía de encendido(General-Motors, 2016) . . . . .   | 17 |
| 2.6. Esquema Sistema de encendido convencional (Pérez Bello, 2021) . . . . .                          | 19 |
| 2.7. Encendido transistorizado con contacto (Sánchez, 2011) . . . . .                                 | 20 |
| 2.8. Esquema de sistema encendido transistorizado sin contactos (Sánchez, 2011) . . . . .             | 21 |
| 2.9. Generador de señales inductivo (Alfaro & Enrique, 2017) . . . . .                                | 22 |
| 2.10. Estructura de un sensor de efecto hall (Martínez, 2020) . . . . .                               | 23 |
| 2.11. Estructura de un sensor de efecto óptico (Sapiensman, 2003) . . . . .                           | 24 |
| 2.12. Esquema del sistema electrónico integral (Sánchez, 2011) . . . . .                              | 25 |
| 2.13. Esquema de encendido DIS (Sánchez, 2011) . . . . .  | 27 |
| 2.14. Esquema de encendido COP (Sánchez, 2011) . . . . .  | 28 |
| 2.15. Bobina tipo Cartucho (BERU, 2017) . . . . .   | 30 |
| 2.16. Esquema de salto de chispa en bobinas tipo DIS (BERU, 2017) . . . . .                           | 31 |
| 2.17. Esquema del módulo de encendido en bobinas tipo DIS para 2 cilindros (Castillo, 2020) . . . . . | 32 |

|   |    |
|---|----|
| 2.18. Esquema del módulo de encendido en bobinas tipo DIS para 4 cilindros<br>(Castillo, 2020) . . . . .  | 33 |
| 2.19. Bobina tipo COP (Pico-technology, 2019) . . . . .   | 34 |
| 2.20. Estructura de Bobina COP simple (Rocha & Sarmiento, 2017) . . . . .                                 | 35 |
| 2.21. Bobina COP con transistor de potencia incorporado (Castillo, 2020) . . . . .                        | 36 |
| 2.22. Bobina COP con módulo de retroalimentación incorporado (Ayala, 2013)                                | 37 |
| 2.23. Unidad de control del encendido (Auto-y-técnica, 2018) . . . . .                                    | 38 |
| 2.24. Comparación cartográfica del ángulo de encendido (Auto-y-técnica, 2018)                             | 39 |
| 2.25. Señal de sensor CKP (Concepcion, 2011) . . . . .  | 41 |
| 2.26. Señal de sensor CMP (Concepcion, 2011) . . . . .  | 41 |
| 2.27. Señal de sensor de golpeteo (Mitianiec & Rodak, 2011) . . . . .                                     | 42 |
| <br>  |    |
| 3.1. Marco Metodológico . . . . .   | 43 |
| 3.2. Interfaz Osciloscopio FSA 740 . . . . .  | 47 |
| 3.3. Identificación del vehículo . . . . .  | 48 |
| 3.4. Conexión de Cables para pruebas . . . . .  | 49 |
| 3.5. Prueba Estado de Batería y Motor de arranque . . . . .   | 49 |
| 3.6. Medición Conducida de Alternador . . . . .   | 51 |
| 3.7. Medición conducida de Compresión relativa . . . . .  | 52 |
| 3.8. Oscilograma de caída de voltaje y consumo de corriente en prueba de<br>Compresión Relativa . . . . . | 53 |
| 3.9. Interfaz de escáner Equipo FSA 740 . . . . .   | 53 |
| 3.10. Información de cables de conexión de módulo de encendido . . . . .                                  | 54 |
| 3.11. Interfaz Osciloscopio FSA 740 . . . . .   | 55 |
| 3.12. Identificación de vehículo de pruebas Toyota Hilux . . . . .  | 56 |
| 3.13. Conexión de cables para pruebas . . . . .   | 57 |
| 3.14. Prueba estado batería y motor de arranque . . . . .   | 57 |

|  |    |
|--|----|
| 3.15. Medición conducida de alternador . . . . .   | 59 |
| 3.16. Medición conducida de Compresión relativa Toyota Hilux . . . . .   | 60 |
| 3.17. Prueba de Escáner para vehículo Toyota Hilux . . . . .   | 61 |
| 3.18. Flujograma de Diagnóstico Módulo de encendido para vehículo Chevrolet Alto . . . . .   | 63 |
| 3.19. Flujograma de Diagnóstico Módulo de encendido para vehículo Toyota Hilux . . . . .   | 64 |
| 4.1. Componentes del sistema de encendido Chevrolet Alto . . . . .   | 66 |
| 4.2. Verificación de alimentación de 12 V en módulo de encendido . . . . .   | 67 |
| 4.3. Verificación masa en módulo de encendido . . . . .  | 68 |
| 4.4. Conexión de accesorios Osciloscopio . . . . .   | 69 |
| 4.5. Oscilograma de señal IGT y consumo de corriente primario . . . . .  | 70 |
| 4.6. Conexión de accesorios para desarrollo de prueba Encendido primario - Adaptación Completa . . . . .   | 72 |
| 4.7. Oscilograma de Encendido primario adaptación completa . . . . .   | 73 |
| 4.8. Conexión accesorios osciloscopio para prueba sensor giro de motor . . . . .   | 75 |
| 4.9. Oscilograma de sensor régimen motor y señal de activación . . . . .   | 76 |
| 4.10. Componentes del sistema de encendido Toyota Hilux . . . . .  | 79 |
| 4.11. Verificación de alimentación de 12 V en módulo de bobina COP del vehículo Toyota Hilux . . . . .   | 80 |
| 4.12. Verificación masa en módulo de bobina COP del vehículo Toyota Hilux . . . . .  | 81 |
| 4.13. Conexión de accesorios para la obtención de señal IGT y corriente del módulo de la bobina de encendido del vehículo Toyota Hilux . . . . . | 82 |
| 4.14. Oscilograma de la Señal IGT y corriente del vehículo Toyota Hilux . . . . .  | 83 |
| 4.15. Conexión de accesorios para la obtención de la señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux . . . . .                                   | 85 |



|   |     |
|---|-----|
| 4.16. Oscilograma de la Señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux . . . .   | 86  |
| 4.17. Conexión de accesorios para la obtención de señal IGT y señal de posición de cigüeñal del vehículo Toyota Hilux . . . . . | 88  |
| 4.18. Oscilograma del sensor de régimen motor y señal de activación IGT del vehículo Toyota Hilux . . . . .                     | 89  |
| A.1. Informe de prueba de encendido primario Adaptación completa . . . . .  | 100 |
| B.1. Oscilograma de la Señal IGT y corriente del vehículo Toyota Hilux para el cilindro 1 . . . . .                             | 101 |
| B.2. Oscilograma de la Señal IGT y corriente del vehículo Toyota Hilux para el cilindro 2 . . . . .                             | 102 |
| B.3. Oscilograma de la Señal IGT y corriente del vehículo Toyota Hilux para el cilindro 3 . . . . .                             | 103 |
| B.4. Oscilograma de la Señal IGT y corriente del vehículo Toyota Hilux para el cilindro 1 . . . . .                             | 104 |
| B.5. Oscilograma de la Señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux para cilindro 1 . . . . .                                | 105 |
| B.6. Oscilograma de la Señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux para cilindro 2 . . . . .                                | 106 |
| B.7. Oscilograma de la Señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux para cilindro 3 . . . . .                                | 107 |
| B.8. Oscilograma de la Señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux para cilindro 4 . . . . .                                | 108 |
| B.9. Oscilograma del sensor de régimen motor y señal de activación IGT para cilindro 1 del vehículo Toyota Hilux . . . . .      | 109 |
| B.10. Oscilograma del sensor de régimen motor y señal de activación IGT para cilindro 2 del vehículo Toyota Hilux . . . . .     | 110 |

|   |     |
|---|-----|
| B.11. Oscilograma del sensor de régimen motor y señal de activación IGT para cilindro 3 del vehículo Toyota Hilux . . . . . | 111 |
| B.12. Oscilograma del sensor de régimen motor y señal de activación IGT para cilindro 4 del vehículo Toyota Hilux . . . . . | 112 |

# Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| 3.1. Características vehículo de pruebas Chevrolet Alto . . . . .                                   | 44 |
| 3.2. Características vehículo de pruebas Toyota Hilux . . . . .                                     | 44 |
| 3.3. Variables de estudio . . . . .   | 45 |
| 3.4. Datos Técnicos del Dispositivo FSA 740 . . . . .   | 46 |
| 4.1. Identificación de líneas de cableado . . . . .   | 65 |
| 4.2. Tabulación de datos de Prueba de señal IGT y señal de consumo de corriente . . . . .           | 71 |
| 4.3. Tabulación de datos Encendido primario Adaptación Completa . . . . .                           | 74 |
| 4.4. Datos de prueba sensor CKP . . . . .   | 77 |
| 4.5. Identificación de líneas de cableado . . . . .   | 78 |
| 4.6. Tabulación de datos de Prueba de señal IGT y señal de consumo de corriente . . . . .           | 84 |
| 4.7. Tabulación de datos de Prueba de señal IGT e IGF . . . . .                                     | 87 |
| 4.8. Tabulación de datos de Prueba de señal IGT y señal de sensor de posición de cigüeñal . . . . . | 90 |

## Resumen

El presente trabajo hace referencia a la línea de investigación tecnológica automotriz, que radica en “Diagnóstico del módulo de encendido con motor de encendido provocado” con el objetivo de realizar un análisis, diagnóstico de las principales variables que influyen para el correcto funcionamiento del módulo de encendido, mediante el equipo modular FSA 740. La investigación comienza con un análisis bibliográfico acerca de los sistemas de encendido para poder determinar la metodología y aplicarla de acuerdo con los fines investigativos del proyecto. En el estudio se emplearon dos vehículos: Un Chevrolet Alto que tiene un módulo de encendido externo, mientras que la Toyota Hilux tiene un módulo de encendido incorporado en las bobinas. Para realizar el diagnóstico, se utilizó una metodología que consistió en caracterizar a los vehículos de prueba, seleccionar las variables de estudio, desarrollar una serie de pruebas piloto que garantizaran el correcto funcionamiento del vehículo y, finalmente, se realizó dos flujogramas de diagnóstico en los que se describe el proceso para cada uno de los vehículos. Para el desarrollo del diagnóstico, se utilizó principalmente el componente del equipo modular osciloscopio FSA 500, que permitió obtener los datos de voltaje de alimentación, comprobación de masa, señal de activación del módulo (IGT), señal de retroalimentación (IGF) y estudiar la relación de estas con el sensor de posición del cigüeñal, que se puede analizar y solucionar en caso de avería. La utilización de este equipo es una herramienta importante en el proceso de diagnóstico del módulo de encendido, que permitió obtener los datos necesarios para realizar el diagnóstico de manera eficiente y precisa. Con el desarrollo de este proyecto, se obtienen una serie de resultados de las distintas variables de estudio que ayude a los técnicos y estudiantes a comprender mejor el proceso de obtención de datos del vehículo y a solucionar cualquier problema



relacionado con el módulo de encendido en motores de encendido provocado.

# Abstract

This work refers to the automotive technology research line, which is based on "Diagnosis of the ignition module with a spark ignition engine" with the aim of carrying out an analysis and diagnosis of the main variables that influence the correct functioning of the ignition module, using FSA 740 modular equipment. The research begins with a bibliographical analysis of ignition systems in order to determine the methodology and apply it in accordance with the research purposes of the project. Two vehicles were used in the study: A Chevrolet Alto which has an external ignition module, while the Toyota Hilux has an ignition module built into the ignition coils. To carry out the diagnosis, a methodology was used that consisted of characterising the test vehicles, selecting the study variables, developing a series of pilot tests that ensured the correct operation of the vehicle and, finally, creating two diagnostic flowcharts describing the process for each of the vehicles. For the development of the diagnosis, the FSA 500 modular oscilloscope equipment component was mainly used, which made it possible to obtain the supply voltage data, ground check, module activation signal (IGT), feedback signal (IGF) and to study the relationship of these with the crankshaft position sensor, which can be analysed and solved in the event of a fault. The use of this equipment is an important tool in the diagnostic process of the ignition module, which made it possible to obtain the necessary data to carry out the diagnosis efficiently and accurately. With the development of this project, a series of results of the different study variables are obtained to help technicians and students to better understand the process of obtaining data from the vehicle and to solve any problem related to the ignition module in spark ignition engines.

# Introducción

En las últimas décadas, el sector automotriz ha experimentado una serie de cambios tanto estructurales como electrónicos. La gestión electrónica de un motor es crucial para mejorar su rendimiento y controlar la emisión de gases contaminantes. En este contexto, el módulo de encendido juega un papel fundamental en el correcto funcionamiento de los vehículos de encendido provocado, además, su análisis y estudio permiten evaluar su comportamiento y desempeño en el momento en el que el motor realiza la combustión.

El objetivo de esta tesis es evaluar el módulo de encendido en vehículos de encendido provocado utilizando la herramienta de diagnóstico FSA 740 de BOSCH, con el fin de determinar su estado funcional. Esto permitirá conocer con mayor precisión el comportamiento del módulo de encendido y contribuirá a una mejor comprensión del funcionamiento del sistema de encendido en los vehículos modernos.

El marco teórico de la tesis aborda los sistemas del motor, centrándose en el sistema de encendido, los elementos principales que lo componen, los tipos de sistemas de encendido desarrollados, las diferentes configuraciones del módulo de encendido y los distintos equipos que se usan para el diagnóstico automotriz. Además, se presenta una revisión de conceptos relacionados con la gestión electrónica del motor.

La metodología de la tesis incluye la caracterización de los vehículos de prueba, la selección de equipos, variables de estudio, la realización de pruebas piloto y la descripción del proceso de diagnóstico mediante un flujograma para cada vehículo de estudio. Con ello se busca garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos y su reproducibilidad en futuros estudios.

En el capítulo de análisis y resultados, se estudian variables como el voltaje de alimentación, la comprobación de masa, la señal de activación del módulo y la señal de retroalimentación, y se analiza su relación con el sensor de posición del cigüeñal. De esta forma, se obtiene información detallada sobre el funcionamiento del módulo de encendido y se determina su estado funcional.

Por último, en el capítulo de conclusiones y recomendaciones, se presentan los resultados obtenidos y las recomendaciones para el diagnóstico del módulo de encendido en vehículos de encendido provocado. Asimismo, se reflexiona sobre la importancia del diagnóstico del módulo de encendido y su papel en el mantenimiento de los vehículos.

# Capítulo 1

## Revisión Bibliográfica

### 1.1. Antecedentes

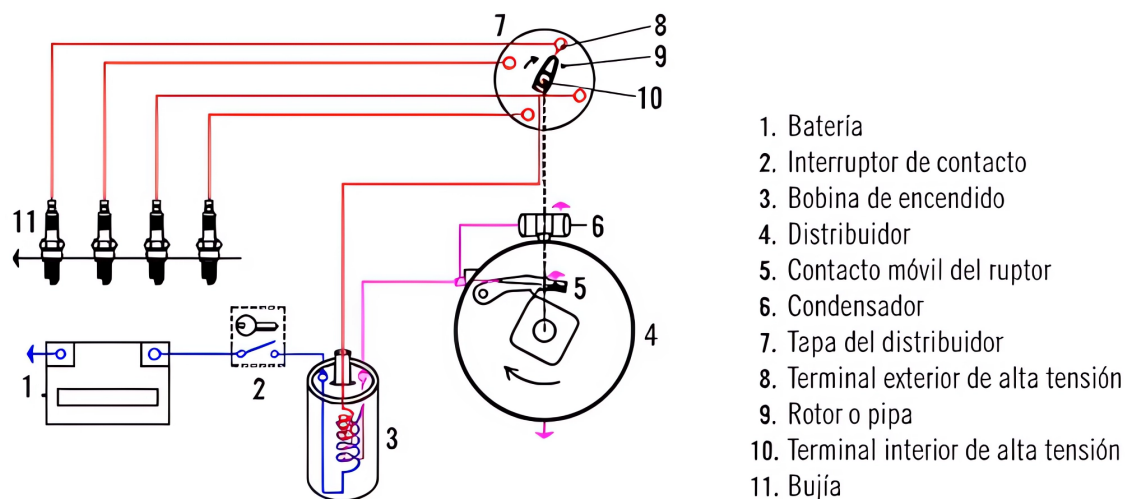
El funcionamiento práctico y autónomo del motor de combustión nos ha permitido mantenerlo así por muchos años, sin necesidad de realizar cambios significantes en su estructura interna. El principio de funcionamiento de un motor de combustión interna consiste en la deflagración de una mezcla de aire combustible que se propaga gracias a un frente de llama y la ignición provocada por un agente externo que puede ser el salto de una chispa (Muñoz & Rovira, 2015).

El avance tecnológico de los sistemas automotrices no ha interrumpido su evolución. Empezando desde la inyección mecánica con carburador y el sistema de encendido convencional con platino, hasta la inyección directa y el sistema de encendido tipo COP (bobinas sobre bujías).

En los inicios del motor de combustión, el sistema de encendido constaba de una bobina que tenía como función el transformar la baja tensión de la batería en alta tensión, el distribuidor cuya función es abrir el paso de corriente en el tiempo adecuado, y una bujía que permite inflamar la mezcla en la cámara de combustión. Este sistema de encendido no es exacto, por lo que presenta fallos regularmente. A causa de que su principio de funcionamiento es mecánico, sus componentes están expuestos a desgastes debido a fricción, abrasión, y la conducción de altas tensiones (Romero & Maldonado, 2008).

En la Figura (1.1), se puede observar los componentes del sistema de encendido en motores de combustión interna.

### Componentes de un sistema de encendido mecánico



**Figura 1.1.** Componentes de un sistema de encendido tradicional (Rodríguez Melchor, 2012)

Consecuentemente, se desarrolla el sistema transistorizado que trabaja con los componentes del sistema tradicional, pero su diferencia radica en que los platinos controlan la bobina en base a un generador de señales electrónicas para activar o desactivar los transistores del módulo del encendido. Este nuevo sistema permite que la alta corriente no deteriore los contactos debido al rebote y la aparición de chispas, generando una conmutación más rápida. Superando así los inconvenientes ocasionados por el ruptor en los sistemas tradicionales que pueden ser: fallos de inflamación de mezcla en altas revoluciones y desgastes prematuros en los platinos o ruptores (Sánchez, 2011).

En la década de los 80 la tecnología del sistema TZSI de BOSCH que se considera un sistema de encendido electrónico, permite el encendido por medio de impulsos inductivos logrando así un control del salto de chispa más efectivo y preciso. La evolución del sistema de encendido TZSI se da gracias a la incorporación de un generador de efecto hall, denominado TZ-H, que posee grandes ventajas frente a su antecesor, tales como un limitador de corriente que proporciona seguridad a la bobina de encendido

(Salazar, 2001).

De igual forma tenemos al sistema DIS integral, que de acuerdo con Sánchez (2011), su principal característica radica, en que se tiene tantos elementos de alta tensión como bujías se encuentren en el motor. Su instalación va directamente sobre la bujía, no necesita de cables de alta tensión, representando una ventaja significativa en cuanto a descargas o dispersiones de corriente.

La evolución en los sistemas automotrices, ha ido de la mano con el avance tecnológico y computacional. En un estudio realizado por Hardung et al. (2004) se determina que a inicios del siglo XXI el 90 % de los avances tecnológicos en la industria automotriz han sido realizados en base a la electrónica y el software.

## **1.2. Situación Actual**

Según INEC (2019), en el periodo 2009-2019, el parque automotor del Ecuador se incrementó en 1.439.572 vehículos, hasta alcanzar la cifra de 2.311.960. Lo que implica que la demanda de vehículos con tecnologías modernas en los motores y sistemas ha incrementado de manera importante en el sector ecuatoriano.

En la actualidad los vehículos contienen en sus partes una gran cantidad de tecnología. Por lo que su sistema de gestión electrónica cada vez se va computarizando. Convirtiendo así a este tipo de vehículos en un sistema complejo adaptable (Rivero, 2014).

Pese a la evolución de la tecnología, el modo de operación en cuanto a diagnóstico se sigue basando principalmente en base a la experiencia mediante la observación y análisis con herramientas que tienen un uso limitado.

En un estudio realizado por Salvador (2019), se destaca la evidente creciente de mecánicas clandestinas o mecánicas menores, en donde los usuarios llevan sus vehículos

a este tipo de lugares, con el fin de abaratar costos en el mantenimiento y arreglo de vehículos. En este tipo de talleres se evidencia la falta de preparación y especialización por parte de los mecánicos, así como la falta de infraestructura y limitada tecnología que estos talleres poseen.

Si bien la luz MIL o Check engine puede avisarnos de un problema en cuanto al motor se refiere, está enfocada a emisiones. En el estudio de Medina y Uyaguary (2019), que se enfoca en realizar fallos en el sistema de encendido electrónico de vehículos, se determina que esta luz no es un indicador confiable al momento de revisar una falla o al realizar un diagnóstico, debido a que este indicador no se enciende en muchas de las ocasiones en las que se le aplica una falla al sistema.

Sin embargo, en la actualidad existen herramientas de diagnóstico que permiten optimizar y realizar trabajos de forma segura y precisa, como lo es el equipo FSA-740 de BOSCH que es un módulo de medición de los sistemas electrónicos del vehículo. Permitiendo dar un diagnóstico rápido y eficiente a los clientes (Bosch, 2021).

### **1.3. Prospectiva**

La reducción de emisiones de gases contaminantes es uno de los desafíos que en la actualidad los ingenieros deben enfrentar. Las nuevas tecnologías apuntan a mejorar los sistemas de encendido, como puede ser la incorporación de dos bobinas en una misma carcasa, que de acuerdo con BERU (2017), estos sistemas desarrollados permiten reducir los retrasos al encendido, así como una sincronización más precisa, permitiendo realizar una mezcla significativamente más pobre y aumento en la recirculación de los gases de escape cumpliendo de esta manera requisitos medioambientales futuros.

De acuerdo con Pichler et al. (2021), en la Unión Europea se estima que para el periodo del 2025 al 2030 las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por vehículos, se vean reducidas



en un 15 %, que en comparación con el 2021 este porcentaje debería llegar a un 37,5 %, porcentaje que nos daría a entender de una eliminación gradual de vehículos con ICE (Motor de combustión Interna). Sin embargo, las políticas de control aplicadas son insuficientes para lograr reducir radicalmente las emisiones en 2030 y ni que hablar descarbonizar el sector de la movilidad para el año 2050, objetivo planteado en el acuerdo de Paris.

Con el surgimiento de energías alternativas, los vehículos eléctricos han ganado terreno en el mercado automotriz, siendo su principal desventaja es el abastecimiento de energía. De acuerdo con Elmeligy et al. (2021), la creciente demanda de vehículos eléctricos ha provocado la generación de nuevas estrategias para satisfacer los niveles de consumo de energía. Según se menciona en el artículo el sistema de almacenamiento móvil (MESS) abastecerá de energía a estaciones de recarga durante horas pico y de sobrecarga vehicular, mitigando así el nivel de demanda energética que se genera en estos momentos específicos.

Si bien los vehículos eléctricos son una apuesta para el futuro, en el 2023 apenas tendrán un 0,3 y 2.5 % de penetración en los países más desarrollados de la región como Chile y México (Gélvez et al., 2016) . Lo que implica que el motor de combustión interna seguirá siendo la tecnología que gobierne el sector automotor. El diagnóstico y eficacia al momento de realizar una reparación a los sistemas del vehículo debe seguir puliéndose, debido al avance tecnológico.

Con este estudio se espera otorgar a la comunidad técnica el conocimiento necesario para realizar un diagnóstico en sistemas netamente electrónicos, de manera precisa y efectiva.

## **1.4. Planteamiento del Problema**

Mediante la gestión electrónica del motor el módulo de encendido ha conseguido una mayor precisión al momento de enviar señales a la bobina de alto voltaje, sin embargo, esto conlleva problemas de sobrecalentamiento debido a su trabajo constante, lo que no excluye al módulo de encendido de fallos.

El rendimiento del motor se ve afectado principalmente por fallas en la gestión electrónica del módulo de encendido, creando fallos al momento de realizar la ignición de la mezcla aire combustible, influyendo en la cantidad de gases de escape que se producen en la cámara de combustión debido a un encendido deficiente.

El diagnóstico tradicional conlleva problemas eficiencia al momento de realizar la evaluación del estado del módulo de encendido. En un estudio realizado por Astudillo (2017), se determinó que la insatisfacción de usuarios de servicios automotrices es de 90 % debido a la ausencia de equipamiento y tecnología moderna adecuadas para llevar a cabo el proceso de diagnóstico con eficiencia y seguridad.

## **1.5. Formulación del Problema**

¿Cuáles serían las ventajas de realizar un diagnóstico del módulo del encendido con el equipo fsa-740 en un vehículo con Motor de Encendido Provocado?

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Diagnosticar el módulo del encendido con el equipo FSA 740 de Bosch en vehículos con Motor de Encendido Provocado.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Analizar el funcionamiento de los diferentes sistemas de ignición en los motores de encendido provocado.
- Diagnosticar el estado del módulo de encendido mediante valores de tensión, continuidad y consumo de corriente.
- Determinar la relación entre las distintas señales de los sensores que influyen de manera directa a la señal de activación del módulo de encendido

## **1.7. Alcance**

Con el presente proyecto se busca realizar un diagnóstico avanzado del módulo de encendido, para ello se va a utilizar el equipo de diagnóstico FSA 740 que proporcionará la información necesaria para observar su funcionamiento y posteriormente identificar problemas. Se realizará distintas pruebas con el propósito de comprobar que las señales del módulo de encendido estén en rangos de funcionamiento adecuados. Además de estudiar la interacción entre los principales sensores que tienen influencia de manera directa en el control del encendido.

## **1.8. Justificación**

De acuerdo con la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador AEADE (2021) el incremento regional de ventas de vehículos para el periodo de enero a mayo de 2021 se ve incrementado en un 33.1 %, en comparación con el 2020. En Ecuador las ventas reportadas del mes de mayo son de 2900 (2020) y 9100 (2021), de igual manera para el periodo de enero a mayo sus cifras son de 26800 (2020) y 44200 (2021). De acuerdo con los datos anteriores el crecimiento del parque automotor en Ecuador es notorio, lo que

implica gran demanda de técnicos capaces de realizar mantenimiento a vehículos que posean nuevas tecnologías.

La industria automotriz está a la vanguardia de la tecnología y es importante saber explotar equipos novedosos que optimicen la manera en la que se ejecutan los trabajos de diagnóstico tradicional (Reinosa & Salvador, 2018)

El uso de tecnologías modernas es importante debido a que permitirán a los estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz, tener un soporte experimental extenso. Lo que contribuye con el desarrollo de las habilidades y destrezas profesionales.

En un estudio realizado por Zurita y Osejos (2018) se determina que es fundamental la cooperación entre universidades con el sector empresarial, debido a que, con el trabajo desarrollado en conjunto se conseguirá mano de obra altamente capacitada en haberes y saberes que la industria o la empresa necesite, con habilidades como: creatividad, pensamiento crítico, habilidades que permitan llegar a una innovación en donde la universidad pueda ser beneficiada debido a que su alumnado y docentes pueden ejercer y tener acceso a herramientas de un nivel industrial en donde se puede aplicar sus conocimientos y habilidades, llegando a un nivel mayor de competitividad profesional.

## **1.9. Contexto**

Retomando el argumento de Astudillo (2017), expuesto en el planteamiento del problema de este proyecto se podría afirmar que poseer servicios de diagnóstico actuales brinda mayor satisfacción a los usuarios que acuden a centros de mantenimiento automotriz.

De igual manera Cerquera (2009), hace hincapié en lo importante que es la adquisición de equipos de diagnóstico y reparación, debido a que la industria automotriz está en constante avance tecnológico. El autor menciona que, para brindar un servicio de ca-

lidad el nivel de preparación académica del técnico debe ser excelente, así como las instalaciones donde se realiza la actividad debe ser la adecuada.

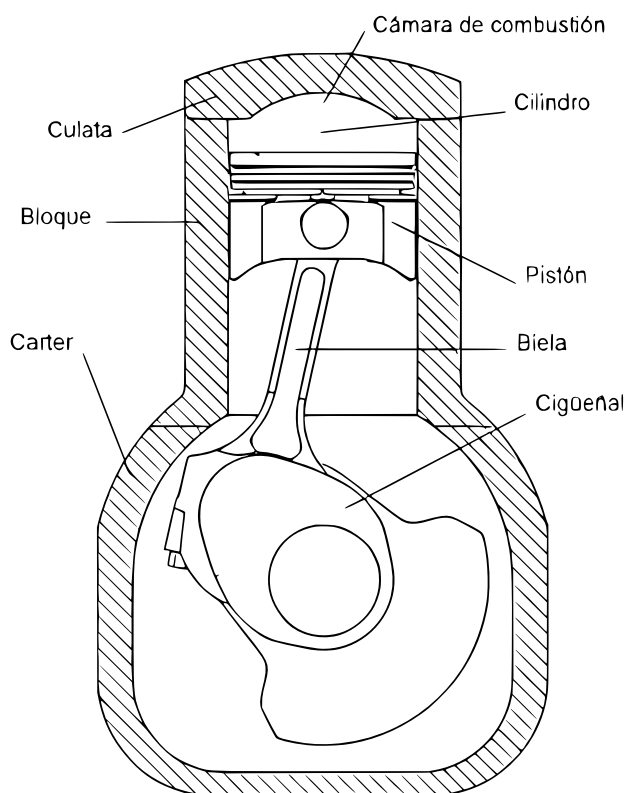
Continuando con la temática Reinoso y Salvador (2018), afirman que al invertir en equipos de mayor calidad aumenta la eficiencia con la que se desarrolla la evaluación de vehículo, logrando así, reducir tiempo de diagnóstico. En la investigación se menciona que además de poseer tecnología de diagnóstico, el técnico automotriz también debe de reforzar y actualizar sus conocimientos, que son necesarios para realizar una evaluación acertada en cuanto a sistemas de encendido electrónico en motores de combustión interna.

# Capítulo 2

## Marco Teórico

### 2.1. Motores de Combustión Interna

El motor de combustión interna alternativo MCIA, es un motor térmico volumétrico también llamado de desplazamiento positivo, denominado así por su forma de producir trabajo, ya que este se obtiene mediante desplazamiento lineal de un émbolo o pistón en un mecanismo denominado biela- manivela. Se denomina a un motor de combustión interna ya que el estado térmico se forma en una zona cerrada del motor. En la Figura (2.1) se puede visualizar los componentes de un MCIA (Muñoz & Rovira, 2015).



**Figura 2.1.** Componentes de un Motor de Combustión Interna Alternativo (Muñoz & Rovira, 2015)

### 2.1.1. Motores de Encendido Provocado

Un motor de encendido provocado MEP realiza la combustión de la mezcla aire combustible por medio de un aporte de energía externo al motor. La energía de aporte es una chispa eléctrica suministrada por una bobina, guiada a través de cables de alta tensión y descargada a través de una bujía que se ubica en la cámara de combustión.

La combustión se inicia instantes antes de que el pistón llegue al punto muerto superior, la mezcla de aire y combustible (en estado gaseoso o vaporizado) se la realiza previamente en el conducto de admisión, suministrándose directamente dentro de la cámara de combustión. Una vez que la combustión se inicia en el cilindro, se propaga a un ritmo constante a través del llamado frente de llama al resto de la cámara de combustión (Payri & Desantes, 2015).

Los motores de encendido provocado constan de algunos sistemas:

- **Sistema de lubricación:** Este sistema es responsable de lubricar las piezas móviles del motor para reducir el desgaste y el calor generado por la fricción. Consiste en una bomba de aceite que distribuye aceite a través de galerías internas del motor y de los conductos de los cojinetes de los ejes y los engranajes. El aceite es recogido en una cárter y posteriormente es filtrado y enfriado antes de volver a ser enviado al motor (Escudero, 2011).
- **Sistema de refrigeración:** Este sistema tiene como función reducir la temperatura del motor mediante la circulación de líquido refrigerante. Consiste en un radiador que enfría el líquido refrigerante, una bomba que lo circula a través de los conductos del motor y un termostato que regula la temperatura. El líquido refrigerante absorbe el calor generado por la combustión y lo lleva al radiador para disiparlo al ambiente (Calleja, 2015).

- **Sistema de distribución:** Este sistema se encarga de sincronizar la apertura y el cierre de las válvulas del motor. Incluye una cadena o correa de distribución, piñones y árboles de levas que accionan las válvulas. La sincronización correcta de las válvulas es esencial para un correcto funcionamiento del motor (Hurtado, 2019).
- **Sistema de alimentación de combustible** Este sistema es un conjunto de componentes que se encarga de suministrar la cantidad adecuada de combustible al motor de combustión interna para su correcto funcionamiento.

En los motores de gasolina, el sistema de alimentación típico incluye el tanque de combustible, la bomba de combustible, el filtro de combustible, el carburador o el sistema de inyección de combustible, los inyectores de combustible y los reguladores de presión de combustible (Bello, 2017).

- **Sistema de encendido** El sistema de encendido del motor es el encargado de aportar la energía que el motor de encendido provocado MEP necesita para combustionar la mezcla del aire y la gasolina en la cámara de combustión. La energía es aportada en forma de chispa mediante una bujía cuya tensión es de miles de voltios, esta energía proviene de la batería y es transformada en alta tensión mediante una bobina. A demás de producir la chispa, se encarga de realizar la distribución en todos los cilindros en los que se requiere una chispa de alta tensión (Pérez, 2014).

En la Figura (2.2), se observa más detalladamente los componentes que integran el sistema de encendido.

Actualmente existen algunos tipos de sistemas de encendido, estos se explican en los subcapítulos siguientes.



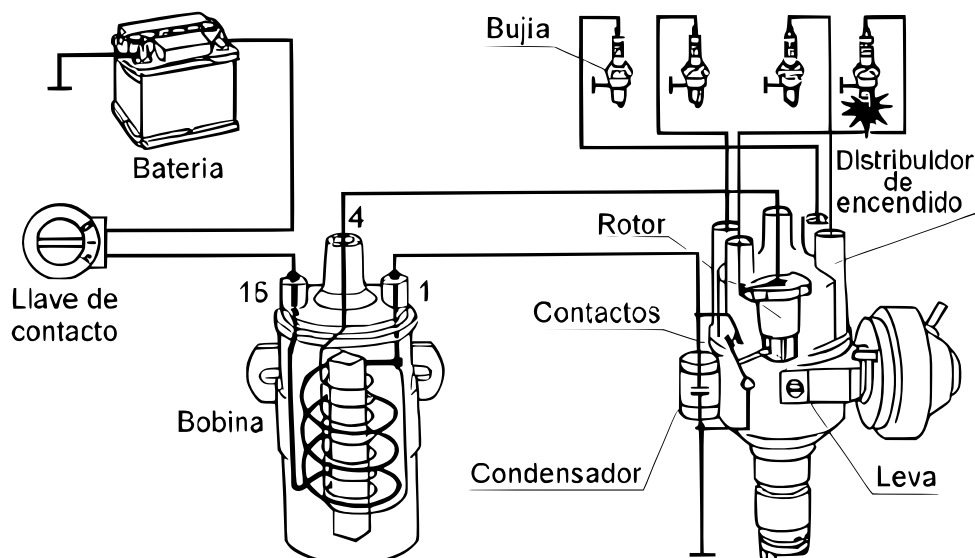


Figura 2.2. Componentes del circuito de encendido (Pérez, 2014)

## 2.2. Elementos de Sistema de Encendido

### 2.2.1. Batería

La batería es un acumulador de energía cuyo principio de funcionamiento es el de transformar la energía química en energía eléctrica. Esta es necesaria para brindar al vehículo tensión que sirve para energizar distintos componentes del auto tales como: sistemas de frenos, inyección, entretenimiento, ignición y arranque del vehículo. Una batería debe ser capaz de funcionar en distintas circunstancias tales como: almacenamientos prolongados, múltiples auto descargas, vibraciones, cargas no adecuadas del alternador entre otras (Bosch, 2020a).

Una batería de 12 v consta de grupos de placas positivas y negativas cuyos materiales pueden ser calcio, plata plomo. Estas son conectadas en serie y apartadas por materiales aislantes porosos tipo sobre. Son ensambladas en cajas de polipropileno y usan un electrolito de ácido sulfúrico y agua (Corrales, 2014).

Existen baterías de bajo y alto mantenimiento. Las de bajo mantenimiento poseen tapones que sirven para el llenado inicial, evacuación de gases, mientras que las baterías



**Figura 2.3.** Batería automotriz (Bosch, 2020a)

que no llevan mantenimiento poseen aberturas para evacuar los gases.

### **2.2.2. Cableado de alta tensión**

Este elemento es el encargado de transportar la alta tensión proveniente de la bobina hacia las bujías de encendido, logrando producirse la chispa que iniciara la ignición de la mezcla en el motor de encendido provocado.

Los cables de alta tensión tienen un revestimiento aislante proporcionando un transporte de la electricidad seguro y sin pérdidas en el trayecto hacia las bujías de encendido, además brindan la seguridad necesaria para el técnico que este manipulando este elemento.

El número de cables está directamente relacionado con el número de cilindros de motor. En sistemas de encendido convencionales existe un cable adicional el cual transporta corriente desde la salida del secundario hacia la entrada del distribuidor (ACDELCO, 2009).



**Figura 2.4.** Cable de alta tensión (Bosch, 2020b)

### 2.2.3. Bujías

Es el elemento principal del sistema de encendido, tiene como función recibir la alta tensión proveniente de la bobina, produciéndose la chispa que provocara la ignición del combustible en la cámara de compresión. Todo este proceso sucede en fracciones de segundo y la tensión que debe soportar la bujía es superior a los 25 kV (Calleja, 2015).

La chispa tiene lugar en el espacio entre electrodos de la bujía, cuyos extremos deben tener la calibración adecuada, para que al momento de quemar la mezcla aire-combustible sea lo más eficiente posible.

La cantidad de tensión por milímetro debe ser de 3kv. Un dato a tener en cuenta es el aire, es importante recalcar que en el momento de la compresión el aire es comprimido. Generalmente esta relación de compresión es de 10:1, esto significa que en ese espacio habrá 10 veces más partículas de aire de lo normal por lo que se requiere de un voltaje mínimo de 20kv (General-Motors, 2016).

Las bujías deben tener capacidades de aislamiento de temperaturas de hasta 1000 °C. Debido a las presiones que se dan en las cámaras de combustión de hasta 100 bares por lo que deben con seguir cierres adecuados para evitar pérdidas de compresión.

## Componentes de la bujía

Aunque existen una infinidad de bujías en el mercado, cada una tiene elementos básicos los cuales se describirán a continuación:

1. Terminal: es la conexión entre el cable de alta tensión y la bujía.
2. Aislante cerámico: protege a la bujía de las altas temperaturas generadas durante el proceso de combustión, además agrega propiedades anti vibratorias y resistencia a la corrosión. De igual forma se aísla el voltaje aplicado en el casquillo de la bujía.
3. Supresor: se encarga de reducir la interferencia por corrientes parásitas, regulariza la energía que produce la chispa, además funciona como sello entre el cable central y la culata para evitar fugas de compresión.
4. Cable central: se encarga de transportar el voltaje secundario, es resistente a la erosión gracias a su recubrimiento de cromo-níquel, está constituido por un núcleo de cobre.
5. Terminal lateral: se encarga de conducir la alta tensión del secundario a través del espacio de calibración, su composición es de una aleación cromo-níquel (General-Motors, 2016).

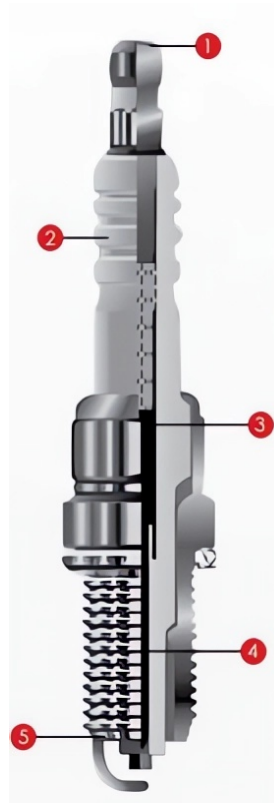


Figura 2.5. Bujía de encendido(General-Motors, 2016)

### 2.3. Tipos de Sistema de encendido

En los motores MEP (motores de encendido provocado) es necesario un sistema que se encargue de controlar el proceso de generación de la chispa que inicia la combustión, además de la distribución en cada uno de los cilindros según corresponda al orden de encendido de ese motor. Esto es necesario para conseguir encender la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión y conseguir así un incremento del volumen de los gases que mediante los pistones pueda realizar un trabajo(Macías, 2015).

El sistema de encendido debe ser capaz de controlar y mantener la ignición en todas las condiciones de funcionamiento del motor, por lo que es necesario que para cada régimen y carga del motor se otorgue un avance adecuado para cada proceso de combustión. Las evoluciones de los sistemas de encendido se podrían resumir en según su

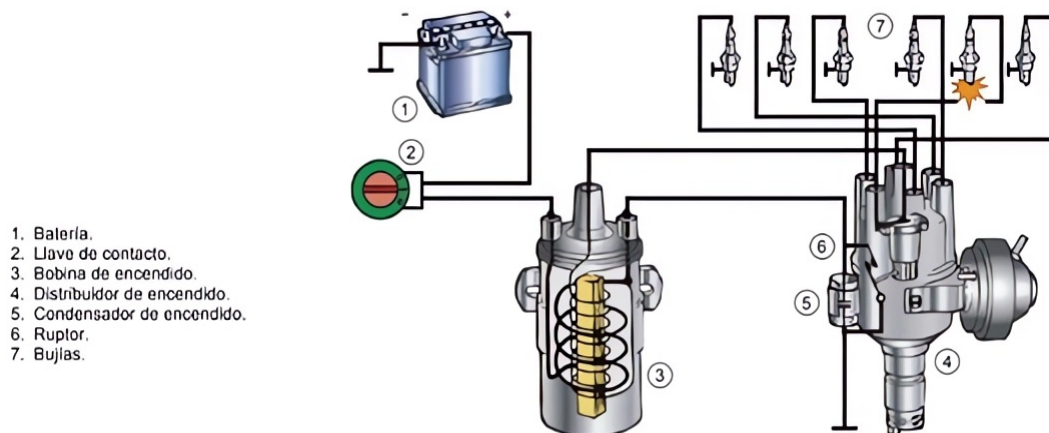
funcionamiento siendo estos:

- Sistema de encendido convencional con platinos (Primera generación).
- Sistema con ayuda electrónica sin contactos (Segunda generación)
- Sistemas integrales estáticos sin distribuidor (Tercera generación)

### **2.3.1. Sistema de encendido convencional**

El sistema de encendido es el encargado de sincronizar el salto de la chispa dentro del cilindro cuando este se encuentra en la etapa final del tiempo de compresión. El sistema de encendido convencional utiliza componentes mecánicos que permiten la sincronización del salto de chispa, aprovecha el movimiento del árbol de levas para distribuir la descarga de energía en cada uno de los cilindros del motor según el orden de encendido mediante un distribuidor.

El encendido convencional utiliza como fuente de alimentación una batería de 12 voltios, sin embargo, el voltaje proporcionado es insuficiente para producir la chispa y posterior inflamación de la mezcla aire-combustible, así que es necesario recurrir a dispositivos que eleven la tensión inicial que proporciona la batería, este dispositivo es denominado bobina. Este elemento es común para todos los sistemas de encendido, diferenciándose en la forma en la que se realiza el control de carga y descarga de tensión, así como la alimentación del dispositivo (Pérez Bello, 2021).



**Figura 2.6.** Esquema Sistema de encendido convencional (Pérez Bello, 2021)

### 2.3.2. Sistema de encendido con ayuda electrónica

Con los sistemas convencionales de encendido, la tensión de encendido que necesita la bujía para situaciones en los que el motor exige precisión, como altos regímenes de rotación. Provocan que los platinos se muevan con gran rapidez, lo que constituye en fallos al momento de realizar la ignición, debido a que la bobina no puede acumular la energía suficiente.

Bobinas de alta potencia mejoraron el comportamiento de estos sistemas debido a que se eleva la corriente hasta los 5 amperios, alcanzando el límite de las corrientes de corte del ruptor, lo que ocasiona el prematuro deterioro de los contactos.

El uso del transistor como interruptor permite al sistema manejar corrientes primarias de 10 Amperios. Si se tiene en cuenta que la inductancia de este tipo de bobinas es menor a la de las bobinas convencionales, se puede acumular hasta el doble de energía independientemente del régimen del motor(Sánchez, 2011).

### 2.3.3. Sistema de encendido Transistorizado con contacto

En este sistema se conserva los componentes del encendido convencional, sin embargo, los contactos o platinos controlan la bobina mediante transistores.

En este tipo de sistema se suele usar transistores Darlington que evitan que la corriente circulante dañe los contactos, evitando el desgaste temprano y proporcionando corrientes de mayor amperaje y constantes. A diferencia del ruptor que es accionado por una leva y corta a la corriente primaria. El transistor conmuta con una mayor rapidez, consiguiendo así una variación del campo magnético mucho más violento sobre la bobina lo que produce una entrega mayor de energía en la bujía. Al hacer uso de la electrónica en el encendido se supera las limitaciones mecánicas del ruptor, evitando desgastes y fallos de encendidos a altas revoluciones.

El circuito transistorizado de potencia se encuentra conectado de la siguiente forma: el emisor del transistor está conectado al primario de la bobina, el colector a la masa y la base a los contactos del ruptor (Sánchez, 2011).

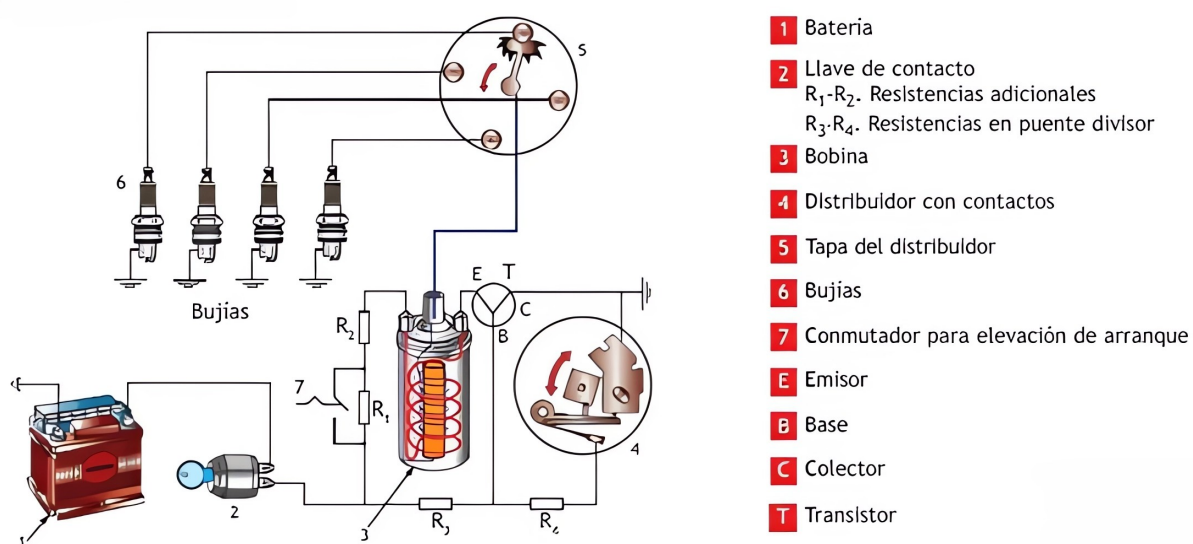


Figura 2.7. Encendido transistorizado con contacto (Sánchez, 2011)



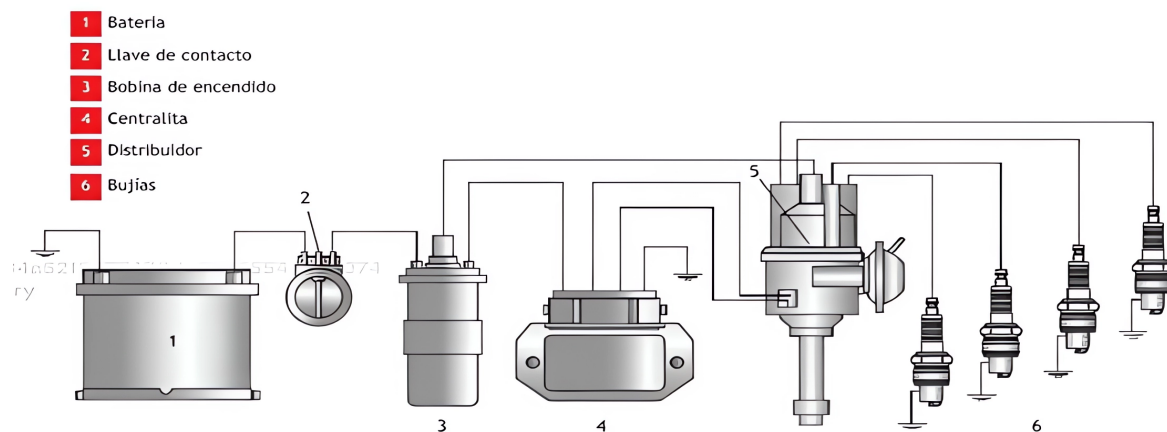
### 2.3.4. Sistema de encendido Transistorizado sin contactos

El sistema de encendido transistorizado sin contactos consiste en un transistor de conmutación y un circuito electrónico amplificador y formador de impulsos alojados en el módulo del encendido. Este módulo se conecta a un generador de impulsos alojado en el distribuidor. Un dispositivo estático (generador de impulsos) reemplaza al ruptor en el distribuidor. El generador de impulsos detecta el movimiento del distribuidor y genera señales eléctricas que se usan para controlar el transistor que maneja el primario de la bobina.

En este sistema de encendido, se conserva el distribuidor, las bujías y los elementos de variación del punto de encendido (reguladores por depresión y centrífugos). Los generadores de impulsos pueden ser del tipo inductivo o de efecto Hall (Sánchez, 2011).

Los generadores de impulsos pueden ser del tipo:

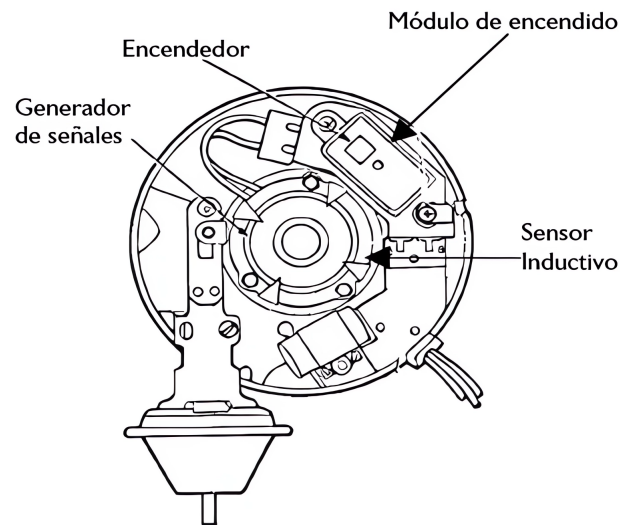
- Inductivo algunos ejemplos son el sistema TZ-I O TSZ-I
- Efecto Hall algunos ejemplos son TZ-H o TSZ-H
- Efecto óptico



**Figura 2.8.** Esquema de sistema encendido transistorizado sin contactos (Sánchez, 2011)

### Sistema de encendido por efecto inductivo

En el sistema de encendido por efecto inductivo, se dispone de los mismos elementos que en el encendido convencional, pero en lugar de un ruptor, se utiliza un generador inductivo. Este generador consta de un conjunto de imanes permanentes y un arrollamiento de inducción en el núcleo. En el eje de mando del distribuidor se encuentra el rotor, que tiene prolongaciones con perfil de diente. Cuando el rotor provoca una variación periódica del entrehierro entre el perfil del rotor y el estator, se obtiene una variación del flujo magnético, lo que induce una tensión alterna en el devanado. El generador de impulsos detecta esta señal y la envía a un módulo electrónico, que determina el instante de corte de la corriente del primario de la bobina y el salto de chispa en la bujía. (Larico, 2018)

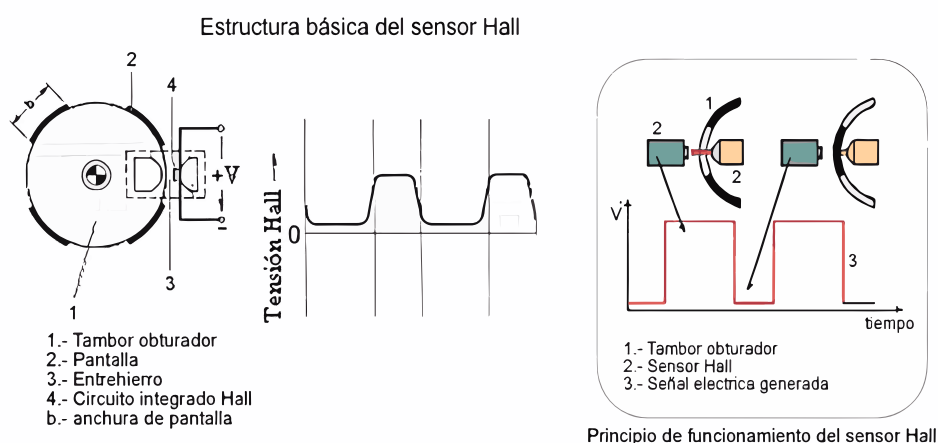


**Figura 2.9.** Generador de señales inductivo (Alfaro & Enrique, 2017)

## Sistema de encendido por efecto Hall

En el sistema de encendido por efecto Hall, el componente que genera la señal al circuito del primario de la bobina se basa en el efecto Hall. El generador de señal de efecto Hall crea una onda magnética para interrumpirla periódicamente, lo que envía una señal a la computadora o al módulo para determinar el avance de la bujía. Este generador está conformado por un imán permanente con piezas conductoras y una parte fija formada por un circuito integrado Hall. La parte móvil del generador es un tambor obturador que tiene pantallas en función de la cantidad de cilindros del motor. Cuando las pantallas pasan por el entrehierro de la onda o barrera magnética, esta desvía el campo magnético, evitando así el paso del campo magnético al circuito integrado. En el momento en que la pantalla del tambor obturador deja atrás al entrehierro, se vuelve a detectar el campo magnético por el circuito.

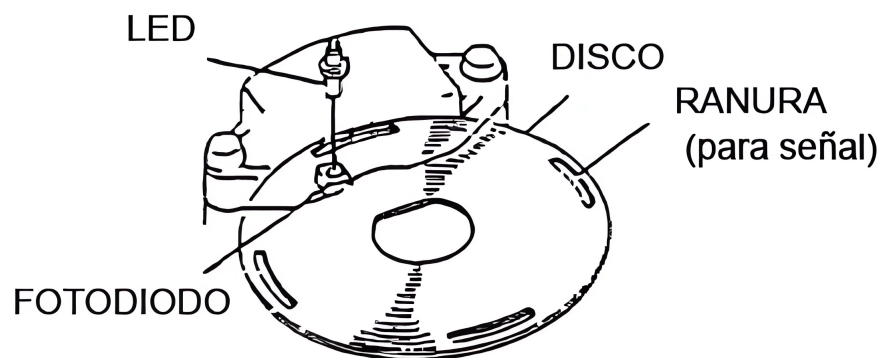
Es en ese instante cuando se da paso al encendido. El ancho de la pantalla determina el tiempo de conducción que realiza la bobina (Bosch, 2002).



**Figura 2.10.** Estructura de un sensor de efecto hall (Martínez, 2020)

### Sistema de encendido por efecto óptico

Este tipo de encendido basa su funcionamiento en dos componentes: Un emisor de luz y un receptor de esta. El elemento que emite el espectro de luz suele ser un fototransistor o fotodiodo y el que emite la luz de igual manera, este último lo envía al módulo de control. Mientras una reluctora (ruda o disco con perforaciones) sirve para indicar el grado de avance de encendido (Sapiensman, 2003).



**Figura 2.11.** Estructura de un sensor de efecto óptico (Sapiensman, 2003)

### 2.3.5. Sistema de encendido electrónico Integral

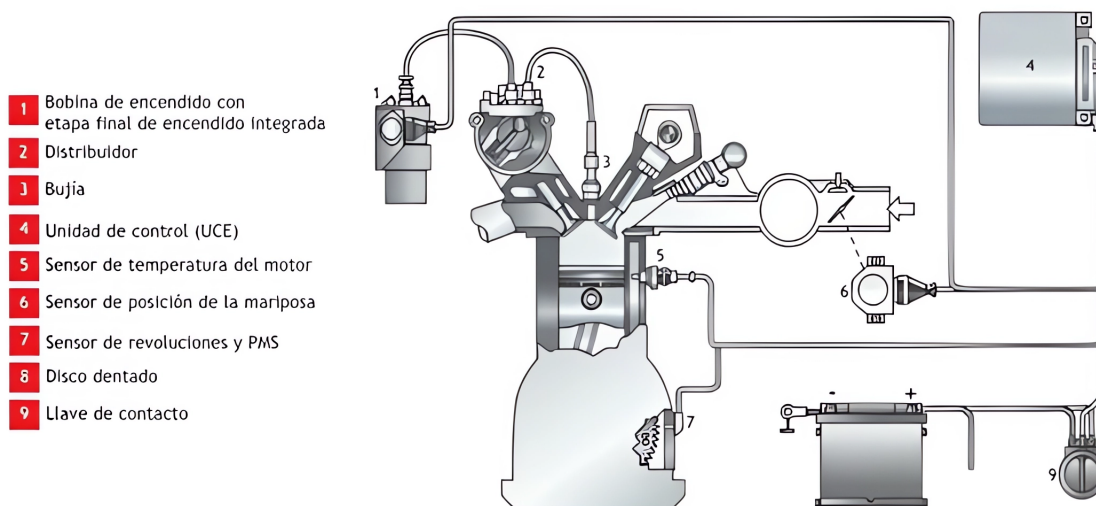
El encendido electrónico integral suprime los componentes mecánicos usados en los sistemas de encendido convencional que corrigen el avance del encendido (regulador centrífugo y regulador de vacío) y se sustituyen por componentes electrónicos.

En el encendido electrónico se corrige el avance del encendido mediante informaciones de carga y régimen del motor. El distribuidor en este caso se mantiene, pero se limita a transmitir la alta tensión a cada bujía (Núñez & Balseca, 2013).

El “regulador centrífugo”, es sustituido por un sensor de RPM, mientras que al “regulador de vacío” se lo sustituye por un sensor de presión. Con esto se consiguen progresos como:

- Mejoras en el consumo de combustible.
- Posibilidad de incorporar otros sensores para mejorar la ignición y por ende la eficiencia.
- Mejorar el comportamiento del motor a diferentes regímenes y cargas de este (Arranque, aceleraciones, retenciones y ralentí)

Con el sistema electrónico integral y gracias al control electrónico del encendido, se puede gestionar y trabajar junto con la inyección de combustible o mediante la gestión de encendido de forma independiente.



**Figura 2.12.** Esquema del sistema electrónico integral (Sánchez, 2011)

### 2.3.6. Sistema de encendido DIS

El sistema de encendido DIS (Direct Ignition System) es un sistema netamente electrónico, los dispositivos móviles desaparecen completamente, y el control del salto de chispa lo realiza el módulo de encendido basado en las señales recopiladas de los diferentes sensores que están presentes en el motor, procesadas y entregadas por parte de la ECU.

La característica principal de este sistema de encendido radica en que el salto de chispa

se lo realiza en 2 cilindros simultáneamente, los mismos que se encuentran en los tiempos de compresión y escape respectivamente. Por lo tanto, la bobina que se encarga de suministrar el voltaje cuenta con una conexión a 2 bornes de salida de alta tensión (Pérez Bello, 2021).

Para desarrollar un correcto salto de chispa el sistema DIS cuenta con 3 dispositivos principales, los cuales son: un controlador electrónico, una bobina que generalmente cuenta con 2 o más terminales de salida, un sensor de rpm. Sin embargo, en algunas configuraciones se hace el uso de un sensor de presión absoluta del múltiple de admisión.

Para que la distribución del encendido sea la correcta, el controlador electrónico se basa principalmente en la información proporcionada por sensor de posición de rpm, el mismo que está calibrado en referencia al punto muerto superior del primer cilindro, logrando así que al momento de encender la mezcla aire-combustible se pueda adelantar o retrasar el tiempo de salto de chispa.

La ECU envía señales de activación y desactivación al módulo de encendido y este a su vez a las bobinas para alcanzar la tensión necesaria, la chispa se envía a dos cilindros simultáneamente encendiendo la mezcla aire-combustible. Comúnmente en motores de 4 cilindros la chispa tiene lugar en los cilindros 1 – 4 y 2 – 3 (Denton, 2016).

Entre las ventajas del sistema DIS se puede mencionar las siguientes:

- La chispa puede ser controlada de una mejor manera, debido a una correcta saturación del campo magnético dentro de la bobina, logrando así un mejor desempeño a altas revoluciones.
- Debido al mejor control del encendido se puede realizar configuraciones para un correcto avance de salto de chispa.

- Las pérdidas por arco que se originaban en el distribuidor se eliminan, de igual forma la longitud de los cables de bujía se reducen o en algunos casos se eliminan.
- Menor mantenimiento debido a la ausencia de elementos móviles propensos a sufrir desgaste por fricción y arco eléctrico (Sánchez, 2011)

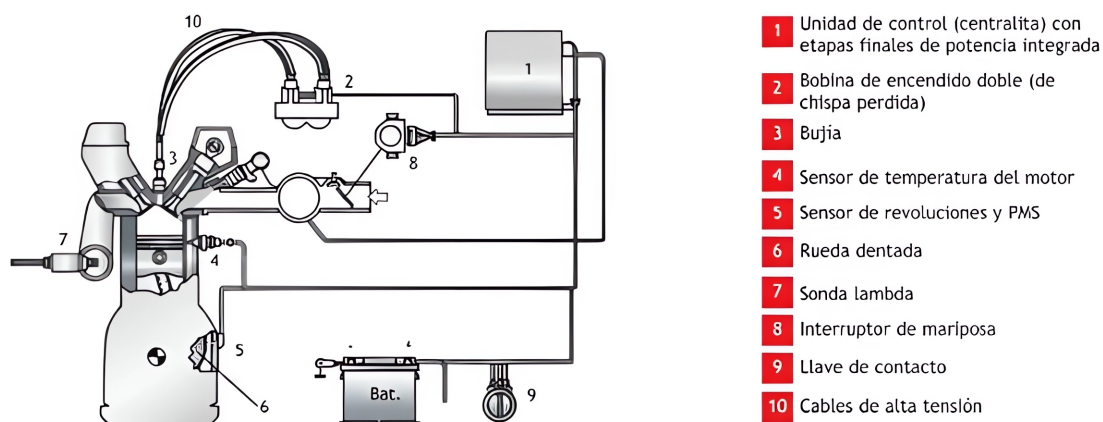


Figura 2.13. Esquema de encendido DIS (Sánchez, 2011)

### 2.3.7. Sistema de encendido COP

El sistema COP (Coil On Plug), también llamado Sistema de Encendido Directo, es la evolución directa del sistema DIS. Cada cilindro cuenta con una bobina independiente, ubicada directamente sobre la bujía, eliminando así el uso de los cables de alta tensión utilizados en los sistemas de encendido anteriormente mencionados.

Una característica de este sistema es que no necesita de un módulo de encendido apartado, ya que el control del avance de la inyección es controlado por la computadora central. Los transistores pueden estar dentro de la misma bobina, o en la computadora.

Con la implementación de esta tecnología el tiempo en el que el devanado primario llega a la saturación de tensión se ve significativamente reducido en comparación con el sistema DIS. El voltaje que se produce en el devanado secundario es de alrededor de 40 kV con lo cual la chispa que se produce es la ideal para procesos de arranque con

mezclas pobres y cuando el motor este frío (Denton, 2016).

Entre las ventajas del sistema de encendido COP tenemos las siguientes

- Se elimina por completo los cables de alta tensión, evitando así averías prematuras o fugas de corriente. De esta manera el mantenimiento se reduce, la revisión se enfoca principalmente en el estado de las bujías.
- El control del avance del encendido es controlado por la ECU quien procesa las señales de los distintos sensores como pueden ser: Presión múltiple de admisión (MAP), Temperatura de aire de admisión (IAT) , Flujo de masa de aire (MAF), Posición de cigüeñal (CKP) , Posición de árbol de levas (CMP), sensores de oxígeno (O2 sensor), sensores de golpeteo (KS).

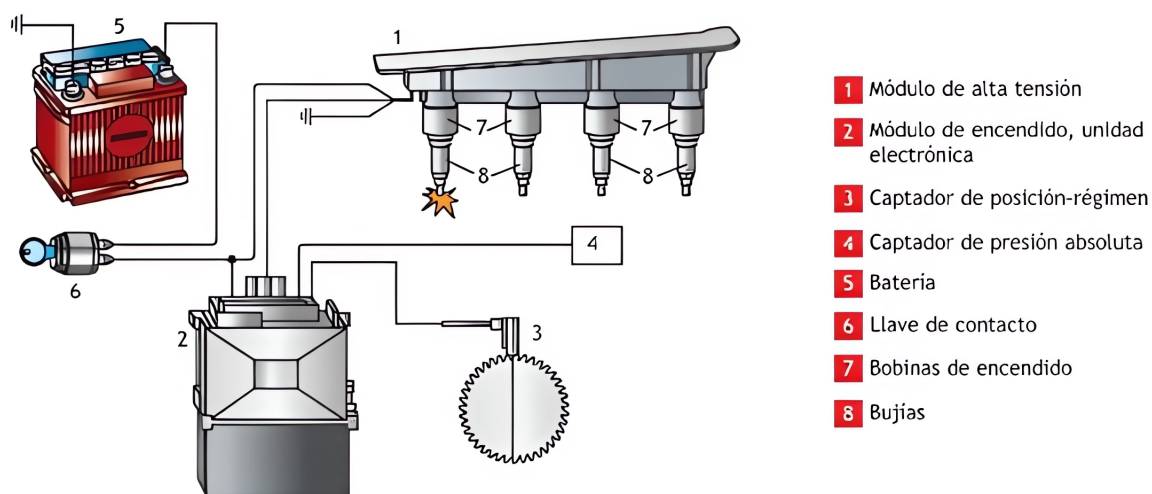


Figura 2.14. Esquema de encendido COP (Sánchez, 2011)

## 2.4. Tipos de Bobinas

En motores de encendido provocado para la ignición de la mezcla aire-combustible es necesario de un agente externo que provoque la quema de dicha composición, una bobina de encendido es el dispositivo que proporciona de una chispa eléctrica hacia la



bujía tras el tiempo de compresión.

Una bobina de encendido puede considerarse un transformador, en aplicaciones automotrices este dispositivo es el encargado de inducir una alta tensión a partir de una baja. Este elemento es parte fundamental del sistema de encendido en cualquier vehículo de encendido por chispa.

Las bobinas de encendido trabajan en condiciones de tensión eléctrica, mecánica, así como químicas, por lo tanto, es indispensable que funcionen en diferentes ambientes y situaciones que el motor exija. La bobina de encendido presenta variedad de disposiciones ya sea en la carrocería, en el bloque motor, sobre la bujía y en todas ellas debe trabajar de forma ininterrumpida durante un largo periodo de tiempo (BERU, 2017).

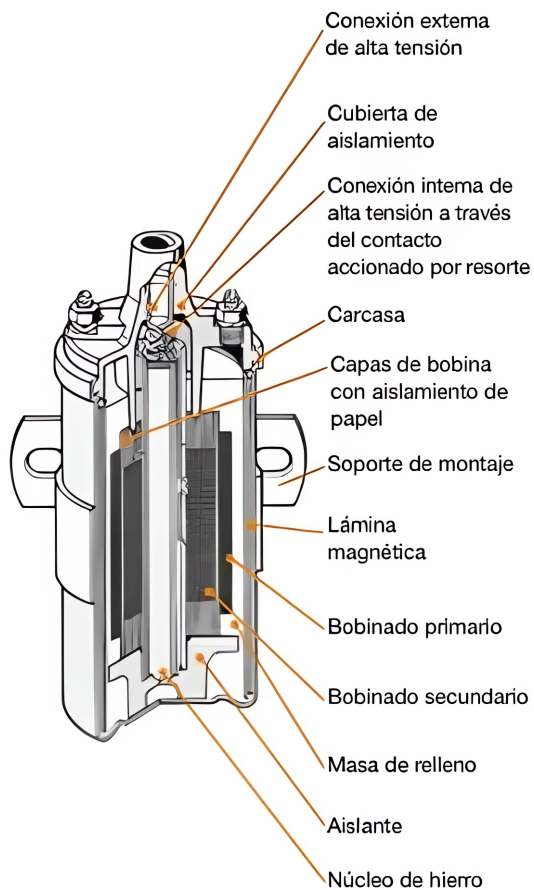
#### **2.4.1. Bobinas de encendido de Cartucho**

Las bobinas de encendido de tipo cartucho se utilizan en vehículos que aun utilizan sistema de encendido convencional.

Dentro de una bobina de encendido se puede encontrar los siguientes elementos: devanado primario, devanado secundario, núcleo de hierro y conexiones eléctricas. El bobinado primario está conformado por un hilo de cobre con grosores entre 0.6 – 0.9 mm, con valores de resistencia de 0.2 a 0.3 ohmios, va envuelto alrededor del bobinado secundario. El devanado secundario está conformado por un hilo de cobre de grosor de 0.05 – 0.1 mm tiene alrededor de 50 000 vueltas, con valores de resistencia de 5 y 20 kilo ohmios. La proporción entre primario y secundario es de 1:100 (BERU, 2017).

El voltaje que ingresa al devanado primario es el voltaje que entrega la batería del vehículo 12V. Al momento que el devanado primario se satura, genera un campo magnético, el mismo que se induce al devanado secundario, generando un incremento de voltaje de entre 15kV – 40kV (Hella, 2004).

En la Figura (2.15) se puede apreciar la estructura de una bobina utilizada en el sistema de encendido convencional.



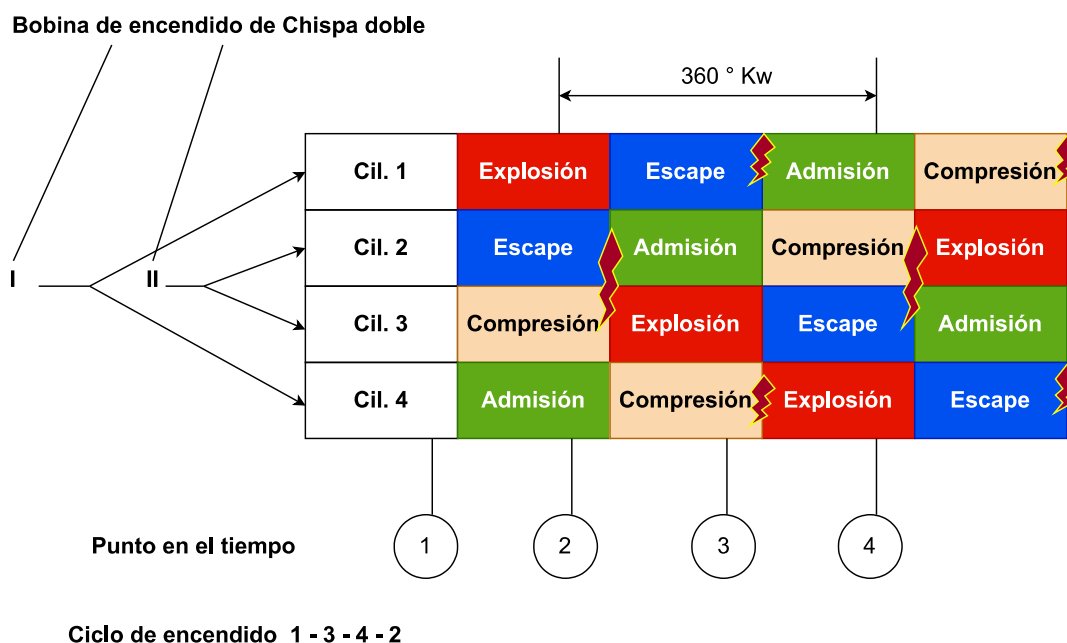
**Figura 2.15.** Bobina tipo Cartucho (BERU, 2017)

#### 2.4.2. Bobinas de encendido de chispa perdida

Este tipo de bobinas son instaladas en sistemas de encendido de alta tensión. Se usan en motores que poseen un número par de cilindros. La distribución de la tensión en las bobinas de chispa perdida se da de modo en el que se genera una chispa de gran alcance o chispa principal en la carrera de compresión de un cilindro en donde exista una mezcla de aire-combustible. Mientras que en el cilindro que se encuentra en la carrera de escape se genera una chispa secundaria o de energía baja. Las bobinas de

chispa doble generan dos chispas (primaria y secundaria) por cada giro del cigüeñal.

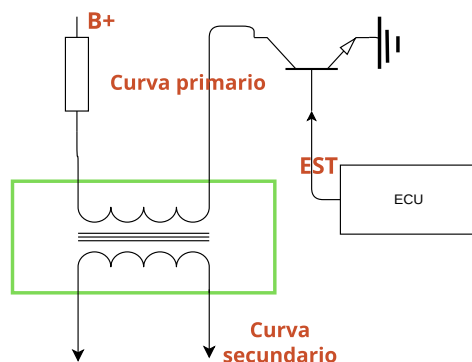
Para un motor de cuatro cilindros la distribución de la chispa en cada cilindro puede ser apreciada en la Figura (2.16). En caso de las bobinas de chispa perdida de distribución estática (sin distribuidor) las bujías son conectadas en serie, por lo tanto, la chispa de activación tiene que saltar los electrodos de cada bujía. Por ende, únicamente se aplica la mitad de tensión del bobinado secundario.



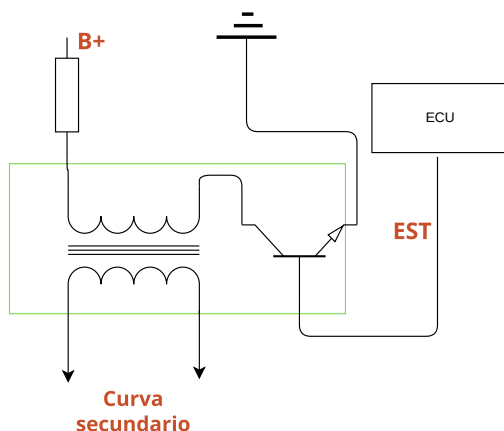
**Figura 2.16.** Esquema de salto de chispa en bobinas tipo DIS (BERU, 2017)

Existen algunos tipos de bobinas de chispa perdida: Bobina dupla este tipo de bobinas tiene como característica que el bobinado primario y secundario no tienen conexión común. Generalmente tienen dos pines (positivo y control por masa a través de transistor), el transistor suele ser comandado por señales (EST o IGT) cuadradas otorgadas por la ECU. Para controlar el primario puede ser conectado a masa o no mediante un transistor que posteriormente es controlado por la señal de la ECU, Pueden tener el módulo de encendido dentro (en este caso no se puede verificar la curva del primario) o fuera de la bobina.

En la Figura (2.17) se representa las disposiciones del transistor de potencia en las bobinas tipo DIS. En el caso de la Figura(2.17)(a) el transistor se ubica externamente a la bobina, en comparación con la Figura (2.17)(b) que el transistor se encuentra ubicado en la estructura de la bobina misma.



(a) Esquema Bobina DIS módulo externo



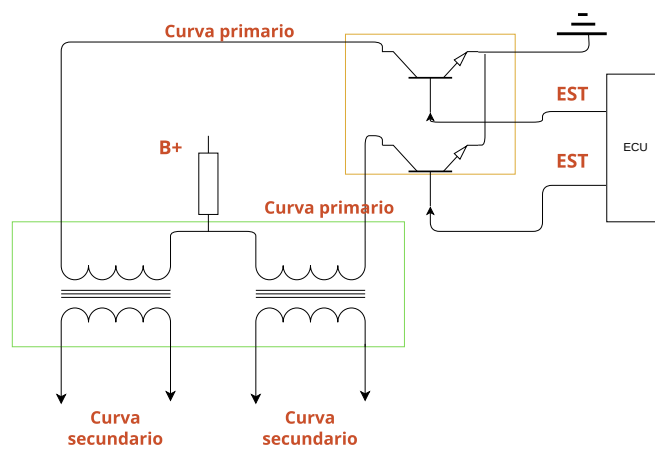
(b) Esquema bobina DIS módulo interno

**Figura 2.17.** Esquema del módulo de encendido en bobinas tipo DIS para 2 cilindros (Castillo, 2020)

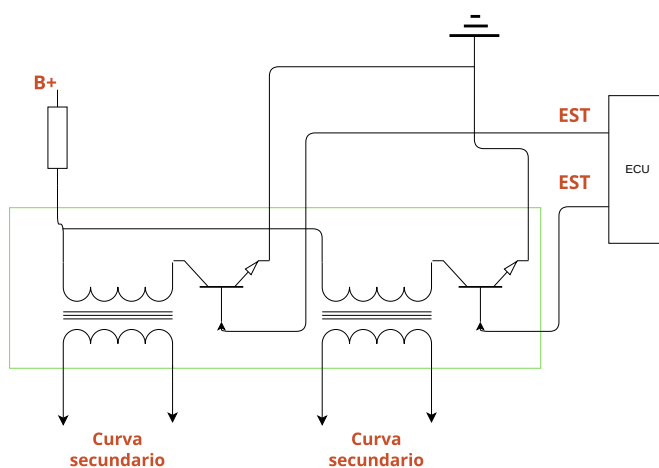
### Bobina para cuatro cilindros

Este tipo de bobina consiste en dos bobinados primarios con una conexión común a positivo. Cada bobinado primario tendrá el control por masa hacia un transistor que es controlado por una señal proveniente de la ECU. Una señal controlará al primario

de los cilindros 1 y 4 y otra para el primario de los cilindros 2 y 3. Puede o no tener los transistores incorporados. En la Figura (2.18) se observa la esquematización de este tipo de bobinas.



(a) Esquema Bobina DIS 4 cilindros módulo externo



(b) Esquema bobina DIS 4 cilindros módulo interno

**Figura 2.18.** Esquema del módulo de encendido en bobinas tipo DIS para 4 cilindros (Castillo, 2020)

### 2.4.3. Bobina COP

Al formar parte del sistema de alta tensión, esta está compuesta por un circuito primario y uno secundario. Además, posee un núcleo de hierro laminado que usualmente está construido de chapa ferromagnéticas, Esta tiene como función principal reforzar el campo magnético formado en la bobina. El circuito del primario es conectado al positivo de la batería mediante un relé. En este tipo de bobinas se elimina los cables de bujías.

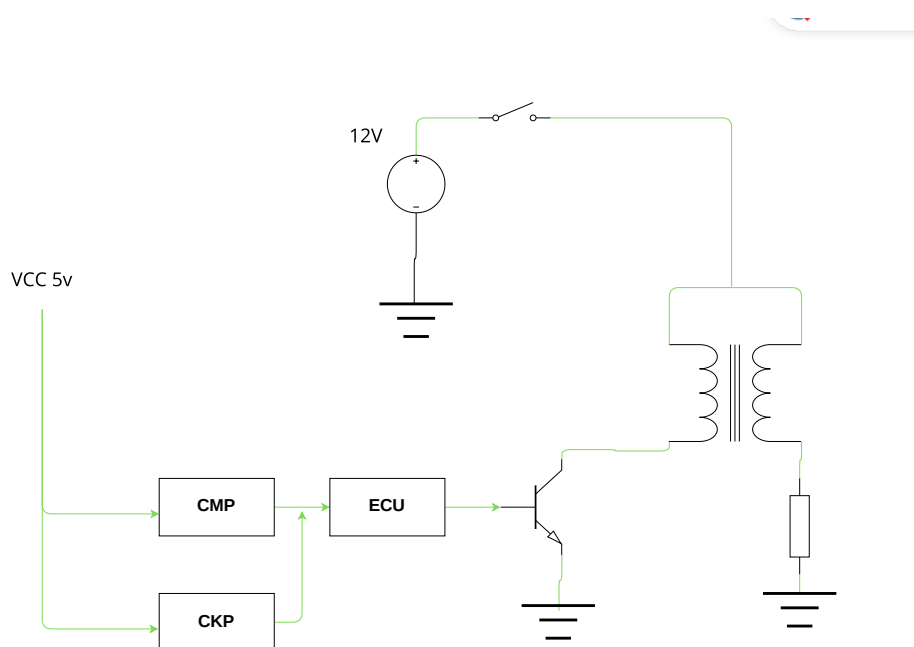
Para que se dé la activación de la ignición. Es necesaria una señal de un sensor (generalmente es CKP o CMP) que indique la posición del cilindro 1 en tiempo de compresión. A partir de este momento la ECU gestiona el corte de corriente en el primario en función del orden de encendido. Dependiendo del tipo de bobina COP el corte de corriente puede darse en el módulo de encendido, en la ECU o en la bobina misma, esto depende de la constitución de esta (Ayala, 2013). Como se puede observar en Figura (2.19) así está constituida una bobina de tipo COP.



**Figura 2.19.** Bobina tipo COP (Pico-technology, 2019)

#### 2.4.4. Bobina COP simple

Este tipo de bobina COP es la más sencilla ya que únicamente tiene dos pines, esto debido a su configuración interna que consiste en un pin positivo de contacto (este hace contacto tanto al primario como al secundario) y un cierre de masa. Hacia el primario de la bobina provienen 12 voltios de la batería y la masa está enlazada mediante un transistor de potencia (apartado) comandado mediante pulsos provenientes de la ECU.

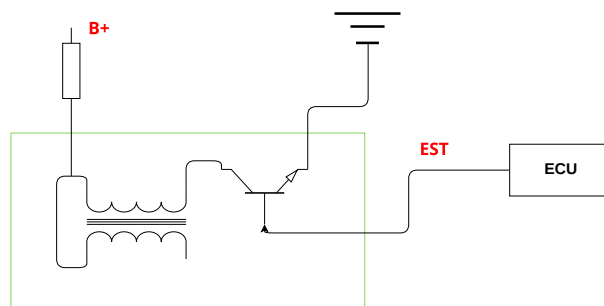


**Figura 2.20.** Estructura de Bobina COP simple (Rocha & Sarmiento, 2017)

#### 2.4.5. Bobina COP con módulo incorporado de 3 pines

El principio de funcionamiento es el mismo que el descrito anteriormente en las bobinas de tipo COP simple, la diferencia radica en que en este caso se integra el transistor de potencia dentro de la bobina. La base del transistor estará conectada a la ECU y será comandado mediante pulsos, el emisor estará conectado a masa y el receptor a positivo

del primario (este tendrá conexión común con el primario y su respectiva conexión hacia la bujía).



**Figura 2.21.** Bobina COP con transistor de potencia incorporado (Castillo, 2020)

#### 2.4.6. Bobina COP con módulo incorporado de 4 pines

Conocida también como bobina de 4 pines, su funcionamiento es igual al de la bobina con transistor incorporado cuya diferencia radica en que tiene un pin adicional conectado a un módulo que genera señal de retroalimentación hacia la ECU en el momento en el que se genera una inducción idónea en el primario.

EL funcionamiento de este tipo de bobinas se puede entender de la siguiente manera.

1. En la ECU el transistor del tipo NPN que está conectado directamente con el microprocesador el cual emite un pulso positivo, este pulso es el llamado IGT (IGNITION TIMING o SPOUT spark out). Este pulso llega hacia el Ignition control circuit para posteriormente activar al transistor que activa al primario (Larico, 2018).
2. En el caso del IGF Ignition Generation circuit, este se activa cada vez que se genera una correcta inducción del primario hacia el secundario. Cada vez que se toma



esta señal, se la envía hacia el transistor de retorno, que a su vez la procesa en el ignition control circuit y envía una señal en forma de voltaje a la ECU.

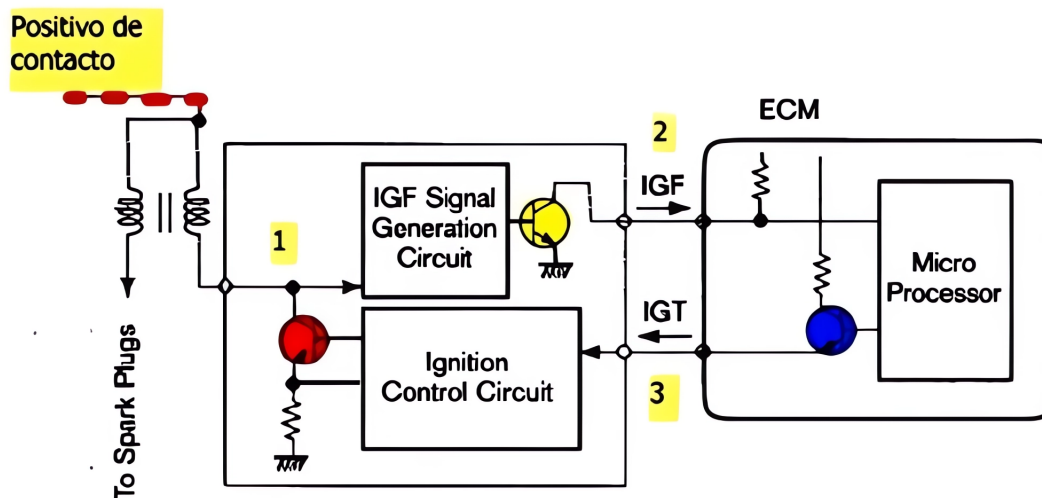


Figura 2.22. Bobina COP con módulo de retroalimentación incorporado (Ayala, 2013)

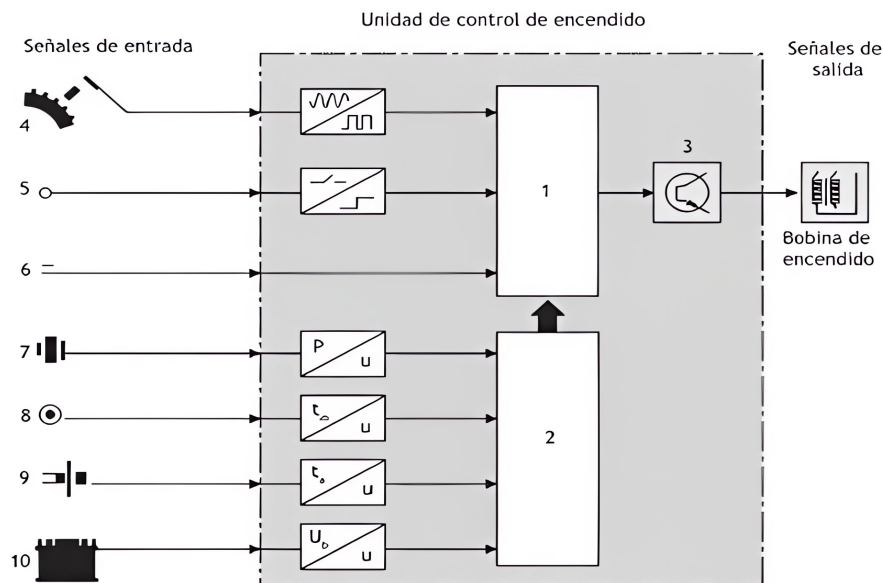
## 2.5. Unidad de control

El funcionamiento para la gestión de la ignición de los sistemas electrónicos ya sea integral o DIS, tienen como elemento principal a un microprocesador que contiene datos y programas que evalúan las magnitudes de entrada y a su vez las magnitudes de salida.

En caso de que las señales generadas por los sensores sean de forma analógica, estas deben ser procesadas y transformadas en forma digital para que el microprocesador pueda trabajar con ellas. Las magnitudes analógicas que deben ser transformadas son la de: presión de admisión (MAP), tensión de la batería, temperatura del motor (ECT), temperatura del aire del motor (IAT). Mientras que magnitudes del tipo digitales son RPM, CMP.

La unidad de control además de controlar las señales que gobiernan a la bobina también puede suministrar otras señales tales como son: la señal de RPM, inyección entre

otras. Esta unidad de control puede estar integrada con la unidad de inyección del combustible.



**Figura 2.23.** Unidad de control del encendido (Auto-y-técnica, 2018)

La interacción de estos datos consiste en que mediante la señal de giro del motor (RPM) se establece un mapa tridimensional del ángulo del encendido. En el plano horizontal se programa el avance del encendido adecuado en función de las RPM y la carga del motor, mientras que en el plano vertical se determina el avance al encendido, de modo que se mejore la eficiencia y consumo logrando así una reducción de emisiones. Estos mapas pueden tener hasta 4000 ángulos de encendido individuales (Núñez & Balseca, 2013).

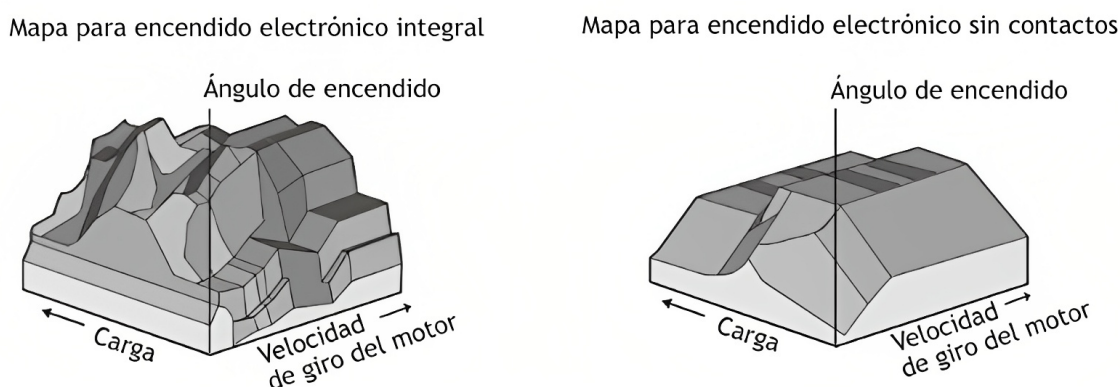
A los avances del encendido pueden ser calculados en función del estado del motor, por ejemplo:

- Para RPM inferiores al ralentí normal, se ajusta el encendido en “avance” para conseguir estabilizarlo mediante la elevación del par motor.
- En circunstancias de plena carga se configura los valores del encendido tomando

en cuenta los valores límites de detonación.

- Al momento de arrancar se debe configurar el avance en función de la temperatura y el régimen del motor para conseguir un óptimo par.

La cartografía en función de la carga, velocidad de giro y el avance comparado con sistemas de encendido electrónico sin contactos se puede apreciar en la Figura (2.24)



**Figura 2.24.** Comparación cartográfica del ángulo de encendido (Auto-y-técnica, 2018)

### 2.5.1. Módulo de encendido electrónico

El módulo del encendido básicamente es un amplificador electrónico. Es un dispositivo que, al recibir una señal del tipo digital, generalmente proveniente de la ECU, permite el paso de corriente hacia el primario de la bobina.

Existen dos tipos de módulos de encendido, aquellos que se emplean en sistemas de encendido electrónicos (no integrales) y en sistemas electrónicos integrales y tipo DIS. La diferencia entre estos dos tipos de módulos es que el primero se limita a reconocer y amplificar las señales del generador de impulsos ubicado en el distribuidor. Mientras que en el sistema de encendido tipo DIS, el módulo se enlaza a la unidad electrónica de control, que es la encargada de procesar las señales provenientes de los sensores del motor para enviarlos en forma de señales digitales al módulo de encendido que a

su vez mediante un transistor de potencia controla el primario de la bobina (Núñez & Balseca, 2013).

### **2.5.2. Sensor de posición de cigüeñal (CKP)**

El sensor de posición de cigüeñal es uno de los principales componentes de la gestión electrónica en los motores actuales. La señal que provee a la unidad de control informa posición, velocidad y referencia del cilindro 1. Existen diferentes tipos de sensores en base al principio de medición que ocupen.

Los sensores de posición de cigüeñal en su mayoría son del tipo inductivo, los mismos que basan su funcionamiento en la variación del campo magnético en una bobina. En el interior de sensor se encuentra un imán permanente, que conduce el campo magnético hacia el interior de la bobina a través de un núcleo.

El sensor se ubica en la parte posterior del motor, cerca de la rueda fónica, la misma que cuenta con 58 dientes y un espacio que corresponde a 2 dientes faltantes. La señal que emite el sensor es del tipo senoidal, utilizada para realizar la sincronización en el momento de encendido (Moina, 2021).

A continuación, en la Figura (2.25) se muestra la señal proporcionada por el sensor que se envía hacia la unidad de control electrónica.

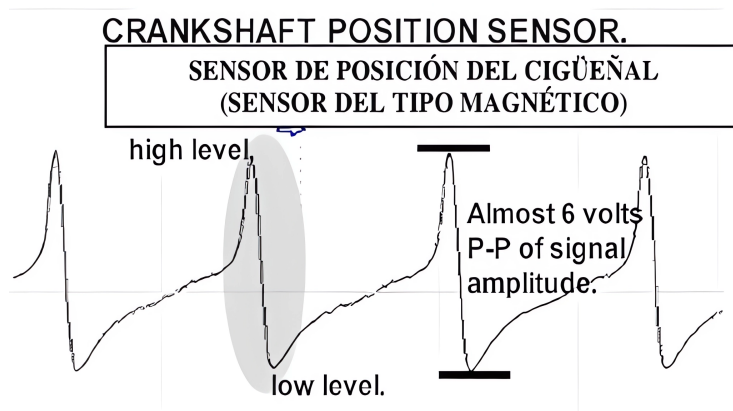


Figura 2.25. Señal de sensor CKP (Concepcion, 2011)

### 2.5.3. Sensor de posición de árbol de levas (CMP)

El sensor CMP se encuentra implementado principalmente en los sistemas de encendido secuencial, la información que brinda este tipo de sensor se la utiliza para determinar la correcta secuencia de ignición. En sistemas COP el sensor de posición de árbol de levas es de vital importancia ya que informa la posición en la que el cilindro 1 se encuentra en la carrera de compresión, para posteriormente alimentar a la bobina correcta.

A diferencia del sensor CKP, la información que brinda el sensor de posición de árbol de levas generalmente es del tipo PWM (Ancho de pulso modulado), aunque también puede ser del tipo inductivo. (Moina, 2021).

En la Figura (2.26), se muestra la señal PWM (Ancho de pulso modulado) que informa la posición del árbol de levas hacia la unidad de control electrónico.

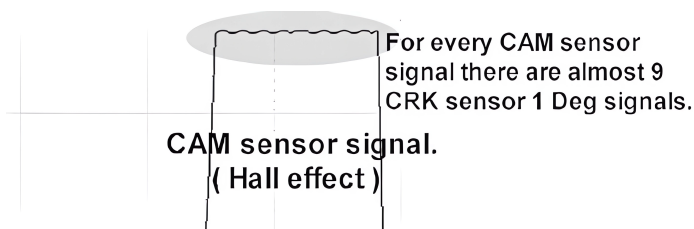


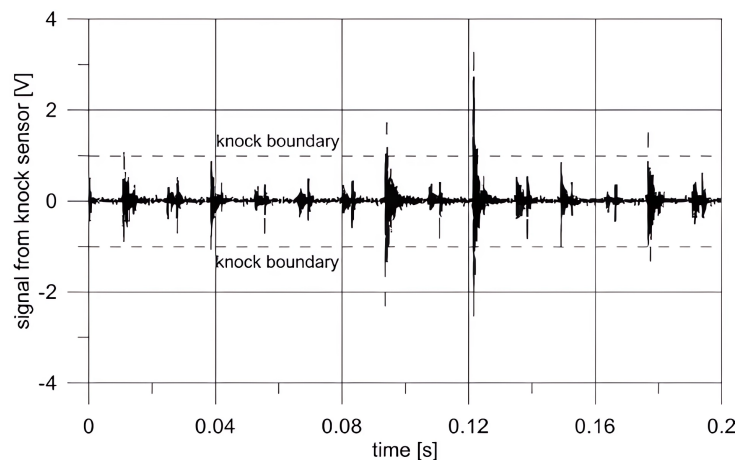
Figura 2.26. Señal de sensor CMP (Concepcion, 2011)

#### 2.5.4. Sensor de Golpeteo (KS)

Denominado sensor de golpeteo, este dispositivo se encarga de evaluar la calidad de la ignición de la mezcla aire-combustible, la misma que en caso de no realizarse en el momento adecuado hace que el motor tenga vibraciones abruptas y fuera de lugar.

Para detectar las detonaciones que se producen en el motor, se coloca un sensor de golpeteo en la parte superior del mismo. Utilizando esta información, la unidad de control electrónica ECU ajusta la ignición de la mezcla de aire y combustible para regular la combustión de manera óptima (Motorsport, 2020).

La señal que envía el sensor de golpeteo puede observarse en la Figura (2.27)

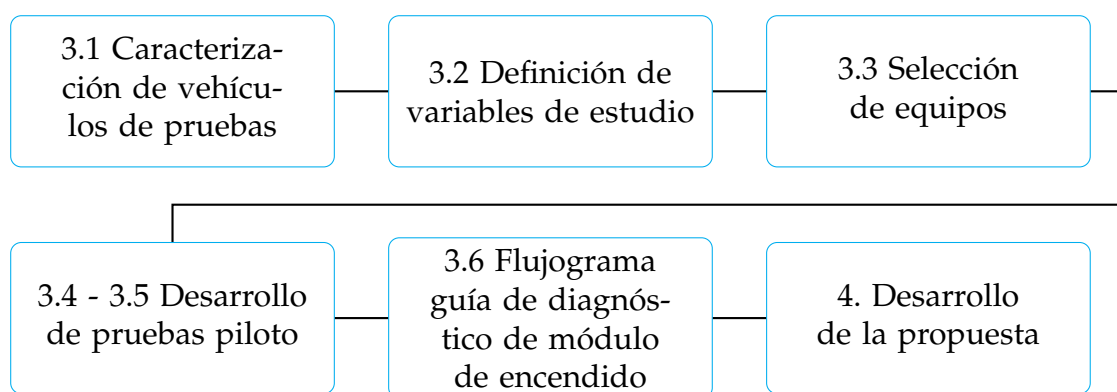


**Figura 2.27.** Señal de sensor de golpeteo (Mitianiec & Rodak, 2011)

# Capítulo 3

## Metodología

Para el desarrollo del proyecto, se propuso un marco metodológico de seis etapas, como se muestra en la Figura (3.1). En ella se describe el proceso de desarrollo del diagnóstico del módulo de encendido en un vehículo con motor de encendido provocado.



**Figura 3.1.** Marco Metodológico

### 3.1. Caracterización de los vehículos de pruebas

A fin de llevar a cabo el estudio se optó por seleccionar dos vehículos, los cuales hacen uso de un módulo de encendido, ya sea externo o incorporado en las bobinas. En este caso los vehículos en cuestión son: Chevrolet ALTO y Toyota Hilux.

#### 3.1.1. Caracterización del vehículo Chevrolet Alto

Para el desarrollo del presente proyecto se seleccionó el vehículo Chevrolet Alto, caracterizándose por incorporar un módulo de encendido externo. En la Tabla (3.1) se puede observar las especificaciones del vehículo.

**Tabla 3.1.** Características vehículo de pruebas Chevrolet Alto

| Especificaciones Chevrolet Alto |   |
|---------------------------------|---|
| Motor                           | K10 16v 4 cilindros en línea                  |
| Alimentación                    | Gasolina, inyección electrónica de multipunto |
| Potencia máxima                 | 65HP @6500rpm                                 |
| Torque máximo                   | 81Nm @3500rpm                                 |
| Cilindrada                      | 996cm <sup>3</sup>                            |
| Transmisión                     | Manual de 5 velocidades (MT)                  |
| Tracción                        | Delantera 4X2                                 |

### 3.1.2. Caracterización del vehículo Toyota Hilux

El segundo vehículo de pruebas que se seleccionó es la Pick up Toyota Hilux, caracterizándose por utilizar bobinas COP con un módulo de encendido incorporado. En la Tabla (3.2) se puede observar las especificaciones del vehículo.

**Tabla 3.2.** Características vehículo de pruebas Toyota Hilux

| Especificaciones Toyota Hilux |   |
|-------------------------------|---|
| Motor                         | 2TRFE 4 cilindros en línea                    |
| Alimentación                  | Gasolina, inyección electrónica de multipunto |
| Potencia máxima               | 160HP @5200rpm                                |
| Torque máximo                 | 241Nm @3800rpm                                |
| Cilindrada                    | 2693cm <sup>3</sup>                           |
| Transmisión                   | Manual de 5 velocidades (MT)                  |
| Tracción                      | Trasera 4X4                                   |

## 3.2. Definición de las variables de estudio

Para llevar a cabo el diagnóstico del módulo de encendido se ha optó por evaluar variables relacionadas a la ley de Ohm, así también como la variable de frecuencia. A continuación, en la Tabla (3.3) se presentan las variables de estudio que se analizaron, y sus unidades de medida.



**Tabla 3.3.** Variables de estudio

| Variable                                    | Unidad de medida           |
|---|----------------------------|
| Voltaje de alimentación de Módulo           | <i>Voltios</i> [V]         |
| Continuidad líneas de cableado              | <i>Ohmios</i> [ $\Omega$ ] |
| Consumo de corriente de módulo de encendido | <i>Amperios</i> [A]        |
| Frecuencia de activación de señales         | <i>Hertzios</i> [Hz]       |

### 3.3. Selección de equipos

Para llevar a cabo un diagnóstico eficiente es necesario contar con equipos que permitan desarrollar diversas pruebas las cuales permitan evaluar los sistemas eléctricos y electrónicos de los vehículos. En el mercado existen varias soluciones para el diagnóstico automotriz, desde equipos de medición como multímetros, comprobadores lógicos hasta equipos más sofisticados como osciloscopios y escáneres, los cuales permiten un trabajo eficiente y productivo. Debido a que este estudio aborda principalmente el diagnóstico del módulo de encendido, se decidió seleccionar el equipo FSA 740 de BOSCH, caracterizándose por ser un equipo modular que integra varias herramientas de diagnóstico.

#### 3.3.1. Equipo FSA 740

Este es un dispositivo de medición que fue desarrollado para la comprobación y diagnóstico de componente eléctricos y electrónicos del vehículo. Este dispositivo incluye varias herramientas como:

**KTS 560:** Esta herramienta es un escáner universal que permite identificar los códigos de falla del vehículo, mediante la observación de datos de los diferentes sensores en tiempo real con una alta frecuencia.

**Osciloscopio FSA 540:** Este elemento es un osciloscopio de 2 canales, que permite obtener una tasa de muestreo de 50 MS/s (Mega samples/s), permitiendo visualizar imá-

genes precisas de las diferentes ondas de los componentes electrónicos del vehículo.

**ESI TRONIC 2.0:** Este último módulo es un software de diagnóstico automotriz que contiene manuales de reparación, tareas de mantenimiento y diagramas de circuitos eléctricos para diferentes vehículos.

A continuación, en la Tabla (3.4), se presentan los datos técnicos que posee el dispositivo.

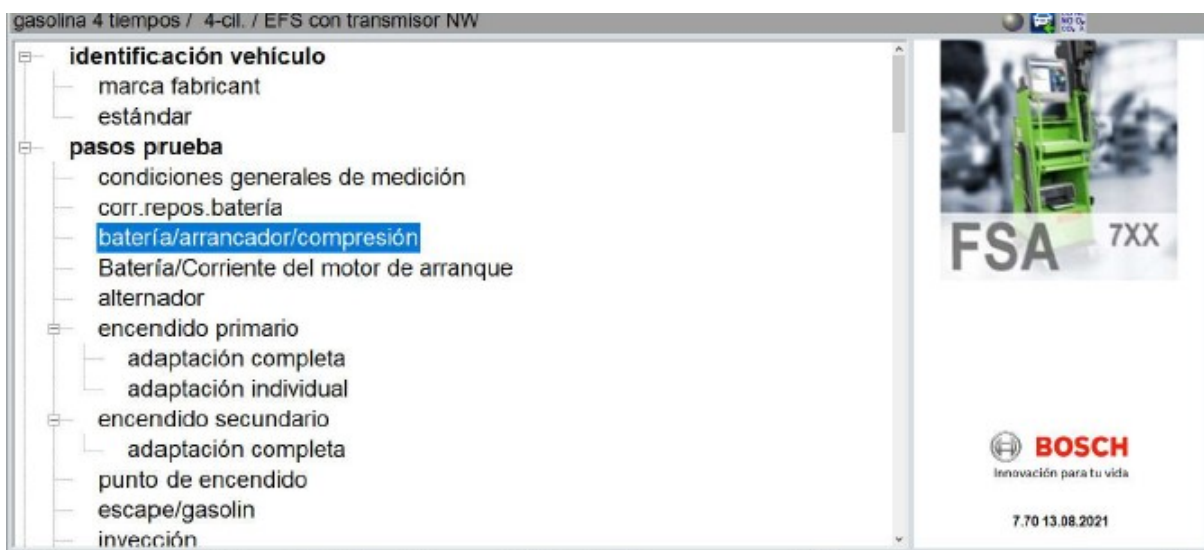
**Tabla 3.4.** Datos Técnicos del Dispositivo FSA 740

| Datos Técnicos                                       |  |
|--|--|
| Osciloscopio 2 Canales                               | Tasa de escaneo 50Ms/s                     |
| Generador de señales                                 | 10 a 12V con 4 formas de señal, 1Hz a 1KHz |
| Rango de medición de corriente                       | 0 a 1000A                                  |
| Rango de medición de resistencia                     | 0 a 1MΩ                                    |
| Rango de medición voltaje de encendido               | hasta ±50KV                                |
| Rango de medición de la velocidad de rotación        | 100 a 12000 rmp                            |
| Rango de medición temperatura aceite                 | 20 °C a 150°C                              |
| Medición temperatura Aire                            | 20 °C a 100°C                              |
| Rango medición presión atmosférica                   | 800hPa a 1500hPa                           |
| Rango medición presión de líquido                    | 0 a 100KPa                                 |
| Número de pruebas de componentes                     | 50 preconfiguradas                         |
| Número de procedimientos de prueba guiados           | 18 (con valores establecidos)              |
| Número de señales de sensor visibles simultáneamente | 6  |
| Almacenaje de secuencias de señales                  | Si   |
| Fuente de alimentación                               | 220V CC - 240V AC , 50 – 60Hz, 700W        |
| Rango de temperatura de funcionamiento               | 5°C a 40°C                                 |
| Dimensiones (an, al, pr)                             | 1740x860x760mm                             |
| Peso   | 95Kg                                       |

### 3.4. Desarrollo de pruebas piloto del vehículo Chevrolet Alto

Para realizar una correcta evaluación y obtención de datos de los componentes a estudiar fue necesario realizar una serie de ensayos experimentales, que confirmen el correcto funcionamiento del vehículo. Como parte de las pruebas piloto, se evaluó la batería y el motor de arranque, se valoró la carga del alternador y se midió la compresión relativa.

A continuación, se describe el procedimiento para llevar a cabo el desarrollo de las pruebas piloto. En la Figura (3.2) muestra la interfaz inicial del osciloscopio FSA 740, donde se encuentra el menú de funciones especiales.



**Figura 3.2.** Interfaz Osciloscopio FSA 740

El primer paso consiste en identificar el vehículo utilizando los parámetros requeridos por el software, como el tipo de motor, el número de cilindros, la secuencia de encendido, el tipo de sistema de encendido (encendido con distribuidor, encendido DIS, encendido COP sin módulo integrado, encendido COP con módulo integrado) como se observa en la Figura (3.3). Para el caso del vehículo Chevrolet Alto el tipo de siste-

ma de encendido es del tipo ROV lo que significa que el vehículo tiene un sistema de encendido con distribuidor.



The screenshot shows a software window titled "gasolina 4 tiempos / 4-cl. / ROV". It contains four dropdown menus for vehicle identification:

| Label               | Selected Value     |
|---------------------|--------------------|
| tipo de motor       | gasolina 4 tiempos |
| número de cilindros | 4                  |
| orden de encendido  | 1-3-4-2            |
| tipo de encendido   | ROV                |

**Figura 3.3.** Identificación del vehículo

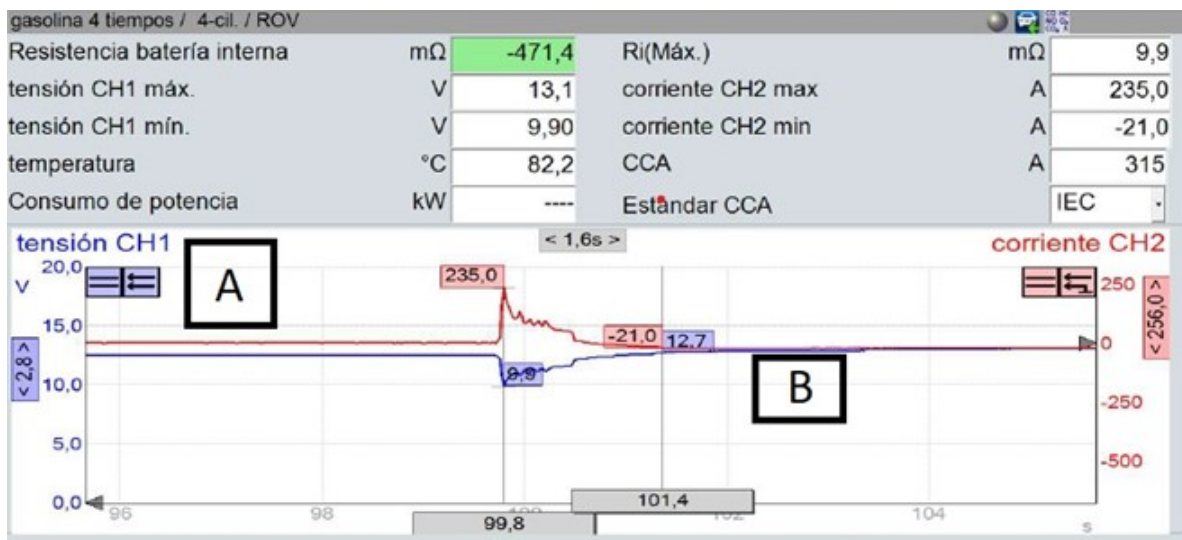
### 3.4.1. Evaluación la Batería y el Motor de arranque

Para la realización de la prueba piloto en cuestión, se conecta los terminales de batería especificados, teniendo en cuenta la polaridad de estos. El conector rojo se ubica en el borne positivo y el conector negro con el borne de masa. Adicionalmente, se conecta la pinza amperimétrica de 1000 A al canal 2 (CH2) y se ubica alrededor del cable correspondiente del motor de arranque, además se procede a ubicar la sonda de temperatura de aceite en lugar que ocupa la bayoneta de aceite motor. La conexión descrita puede observarse en la Figura (3.4). Seguidamente, se procede a encender el vehículo para capturar los valores de voltaje y corriente.



**Figura 3.4.** Conexión de Cables para pruebas

En la Figura (3.5) se observa dos curvas en función del tiempo, las cuales representan la corriente en color rojo (A) y tensión en color azul (B) respectivamente. La prueba se la realiza antes, durante y después de arranque, en la cual se evalúa la tensión, resistencia de la batería y la corriente del motor de arranque.



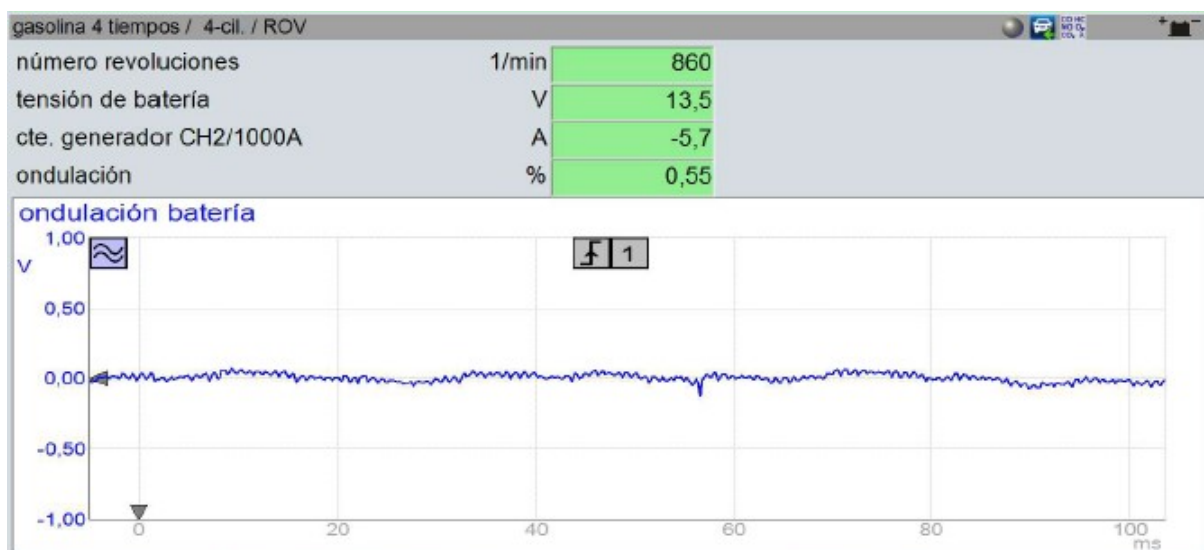
**Figura 3.5.** Prueba Estado de Batería y Motor de arranque

En los datos mostrados en la Figura (3.5) se identifica una tensión mínima de 9,90 voltios al momento del arranque, y retorna a los valores normales de tensión una vez que el motor se encuentra en marcha, que en este caso es de 13,1 voltios. Esto nos permite interpretar que no existen caídas de tensión que sugieran un desgaste de la batería, ni falencias en el sistema de carga. En caso de que el voltaje al momento del arranque caiga por debajo de los 9 voltios puede considerarse que la batería se encuentre en mal estado o que el alternador esté defectuoso, caso contrario si el voltaje de la batería supera los 15 voltios una vez que el motor se encuentre en marcha se debe verificar el estado del alternador.

El consumo de corriente del motor de arranque muestra un pico de 235 amperios debido a la superación de la inercia del motor; la caída posterior y las pequeñas ondas de consumo indican variaciones en el consumo de corriente debido al giro del motor, esto se examinó en detalle en la sección (3.4.3) de prueba de compresión relativa .

### **3.4.2. Evaluación de Alternador**

Para desarrollar la prueba del alternador se mantiene la conexión descrita en la parte (3.4.1) de tensión de la batería y corriente de motor de Arranque y se procede con la inicialización de la interfaz en la opción de Alternador y se inicia el desarrollo de la prueba. Seguidamente se enciende el motor y se obtiene la evaluación del alternador. Los resultados de la prueba se los observa en la Figura (3.6).



**Figura 3.6.** Medición Conducida de Alternador

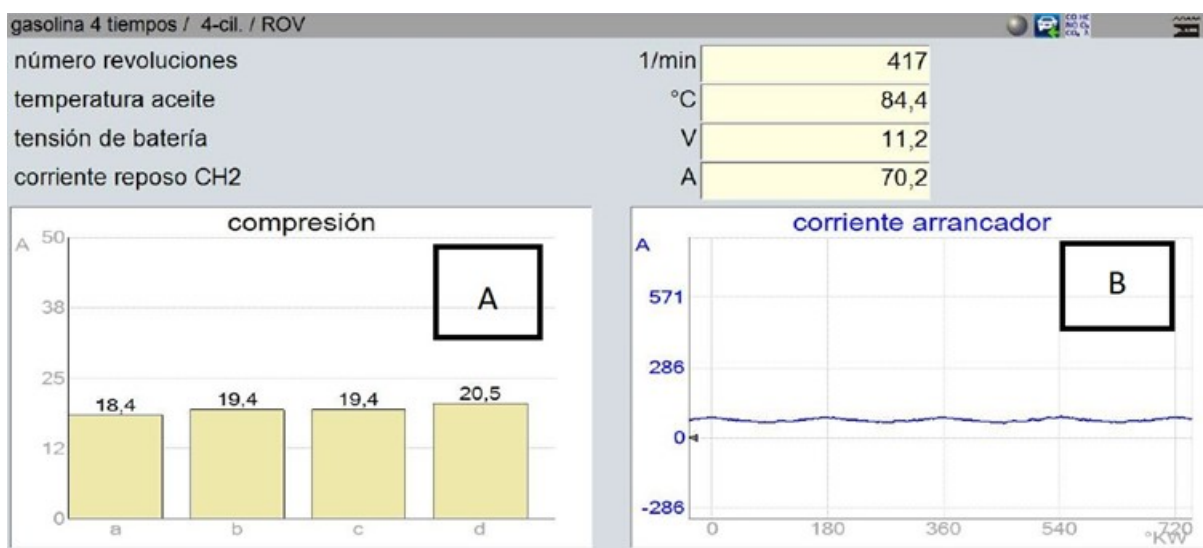
Los valores de ondulación se encuentran a un 0,55 %. Además se observa que, debido a los efectos de carga del alternador, el voltaje tiende a oscilar debido al trabajo interno de componentes tales: como diodos y regulador de voltaje, en consecuencia, se obtiene mínimas ondulaciones como las observadas y un voltaje continuo (DC). Durante el desarrollo de la prueba puede haber picos de ruido o saltos de voltaje, pero su presencia debe ser aleatoria. En caso de tener fluctuaciones que superen al 5 % o los 500mv el alternador podría alterar o dañar el funcionamiento de los componentes eléctricos.

### 3.4.3. Medición de compresión relativa

Para la prueba de compresión relativa se conservan las conexiones de la prueba de tensión e inicializamos la interfaz de osciloscopio en la opción de compresión relativa, sin embargo, durante la ejecución de este paso de prueba debe impedirse que se ponga en marcha el motor mediante intervenciones adecuadas, por ejemplo: retirando el fusible de la electrobomba de combustible, retirando el transductor de ejes de levas (CMP) o ya sea activando el bloqueo marcha.

Para llevar a cabo una prueba exitosa es necesario arrancar el vehículo hasta que los

resultados se muestren en la pantalla. Mediante este procedimiento se consigue medir la compresión relativa de cada cilindro mediante el trazado del consumo de corriente del motor de arranque como se observa en la Figura (3.7).



**Figura 3.7.** Medición conducida de Compresión relativa

En la sección A de la Figura (3.7), se puede observar una representación de la compresión relativa en forma de barras. Al analizar los resultados obtenidos de la prueba, se puede destacar que la diferencia entre los valores máximos y mínimos es de un 10%, lo cual indica que no existe un desgaste en los cilindros del motor.

Si un cilindro tuviese menor compresión, el consumo de corriente será menor con respecto al resto de cilindros. En consecuencia, si la compresión de un cilindro es demasiado baja, el consumo de corriente en el siguiente cilindro será elevada.

Por otra parte, en la sección B de la Figura (3.7) se aprecia el trazado del consumo de corriente en función del giro del motor captado por la pinza amperimétrica. Con mayor detalle se puede apreciar el trazado del consumo de corriente en la Figura (3.8) observando una correlación del consumo de corriente entre todos los cilindros del vehículo.

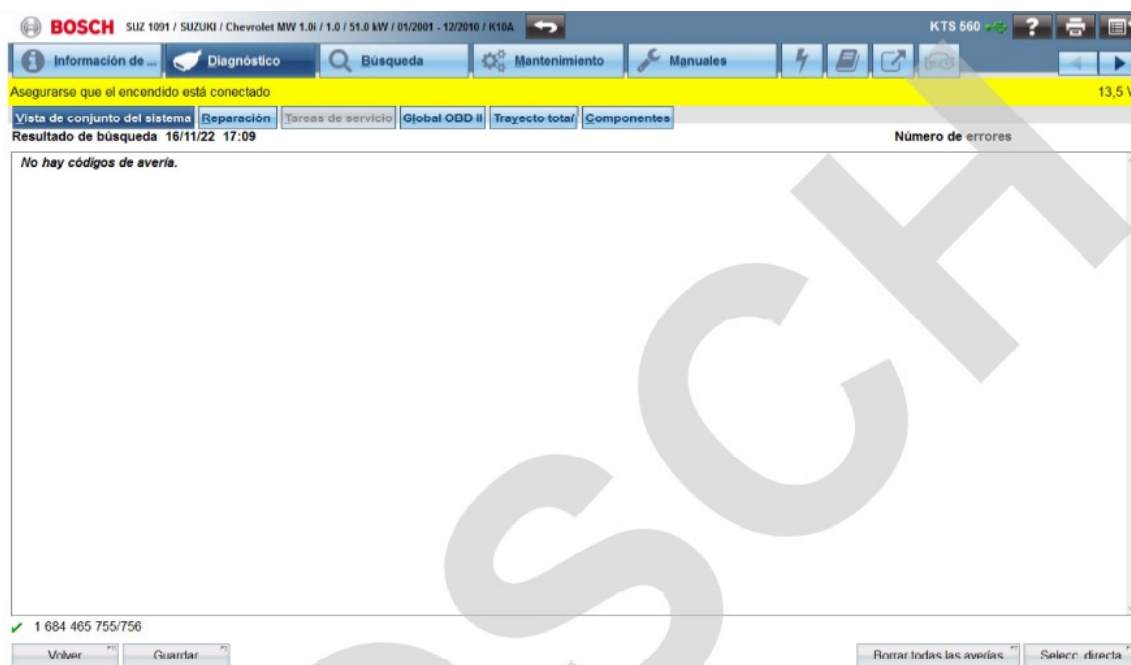




**Figura 3.8.** Oscilograma de caída de voltaje y consumo de corriente en prueba de Compresión Relativa

### 3.4.4. Diagnóstico Computarizado Escáner

Para complementar el diagnóstico se procede a conectar el vehículo mediante el escáner KTS 560 del dispositivo FSA 740, en este apartado se procede a realizar la conexión, la misma que puede ser por medio de selección manual de vehículo o ingreso del número VIN.



**Figura 3.9.** Interfaz de escáner Equipo FSA 740

Debido a que el vehículo no se encuentra cubierto por la base de datos de Bosh se accedió como modo genérico en el modo manual. Posteriormente se realizó el proceso de escaneado del vehículo y se verificó la no existencia de códigos DTC como se muestra en la Figura (3.9).

### 3.4.5. Búsqueda de información del vehículo

El vehículo Chevrolet alto cuenta con un módulo de encendido externo ubicado al lado derecho del compartimiento del motor junto a la bobina. En la Figura (3.10) sección A se puede observar la disposición de los pines del módulo de encendido del Chevrolet Alto. El cable de color café con blanco (1) tiene la conexión a la bobina de ignición, el cable de color negro (2) se conecta a masa y finalmente, el cable color naranja (3) representa a la señal proveniente de la ECU mediante la cual se controla el primario de la bobina.

Por otro lado, en la sección B de la Figura (3.10) se detalla el modelo del módulo de ignición, denominado PRW-2 que posee dos orificios cuya finalidad es la de adherir el módulo a una superficie, para disipar el calor que se genera debido al trabajo del transistor de potencia. Cabe que mencionar además que, este modelo se usa en algunos modelos de Nissan.

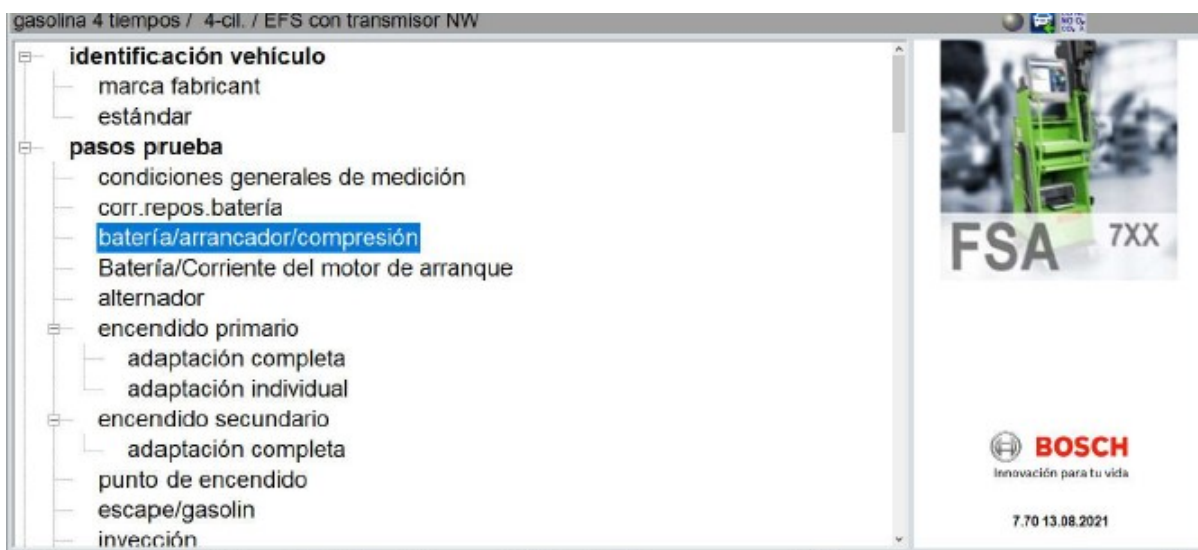


Figura 3.10. Información de cables de conexión de módulo de encendido

### 3.5. Desarrollo de pruebas piloto para vehículo Toyota Hilux

Para realizar una correcta evaluación y obtención de datos de los componentes a estudiar fue necesario realizar una serie de ensayos experimentales, que confirmen el correcto funcionamiento del vehículo. Como parte de las pruebas piloto, se evaluó la batería y el motor de arranque, se valoró la carga del alternador y se midió la compresión relativa.

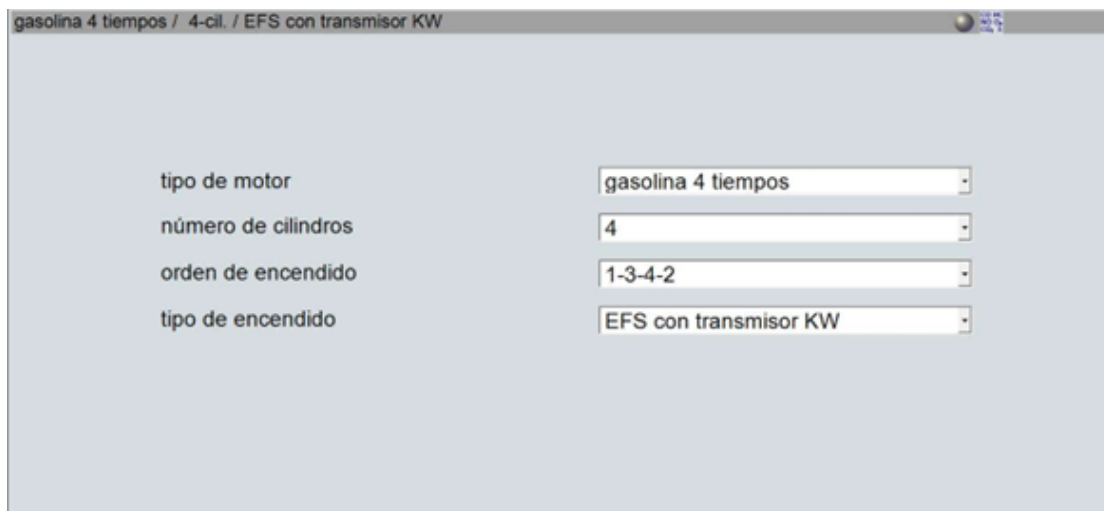
A continuación, se describe el procedimiento para llevar a cabo el desarrollo de las pruebas piloto. En la Figura (3.11) muestra la interfaz inicial del osciloscopio FSA 740, donde se encuentra el menú de funciones especiales.



**Figura 3.11.** Interfaz Osciloscopio FSA 740

El primer paso consiste en identificar el vehículo utilizando los parámetros requeridos por el software, como el tipo de motor, el número de cilindros, la secuencia de encendido, el tipo de sistema de encendido (encendido con distribuidor, encendido DIS, encendido COP sin módulo integrado, encendido COP con módulo integrado) como se observa en la Figura (3.12). Para el caso del vehículo Toyota Hilux el tipo de siste-

ma de encendido es del tipo KW lo que significa que el vehículo tiene un sistema de encendido tipo COP con módulo incorporado.

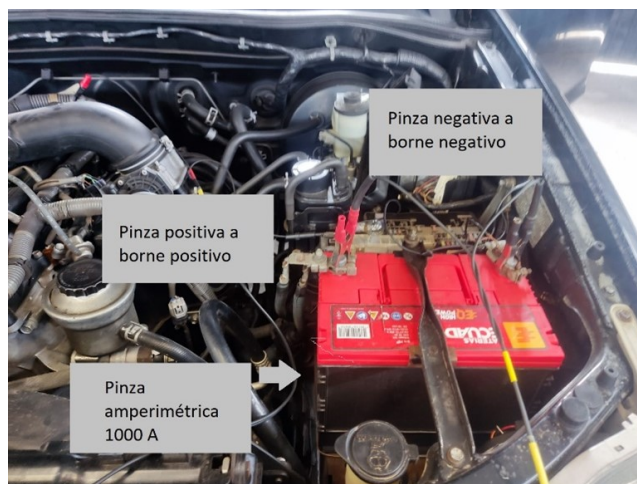


|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| tipo de motor       | gasolina 4 tiempos    |
| número de cilindros | 4                     |
| orden de encendido  | 1-3-4-2               |
| tipo de encendido   | EFS con transmisor KW |

**Figura 3.12.** Identificación de vehículo de pruebas Toyota Hilux

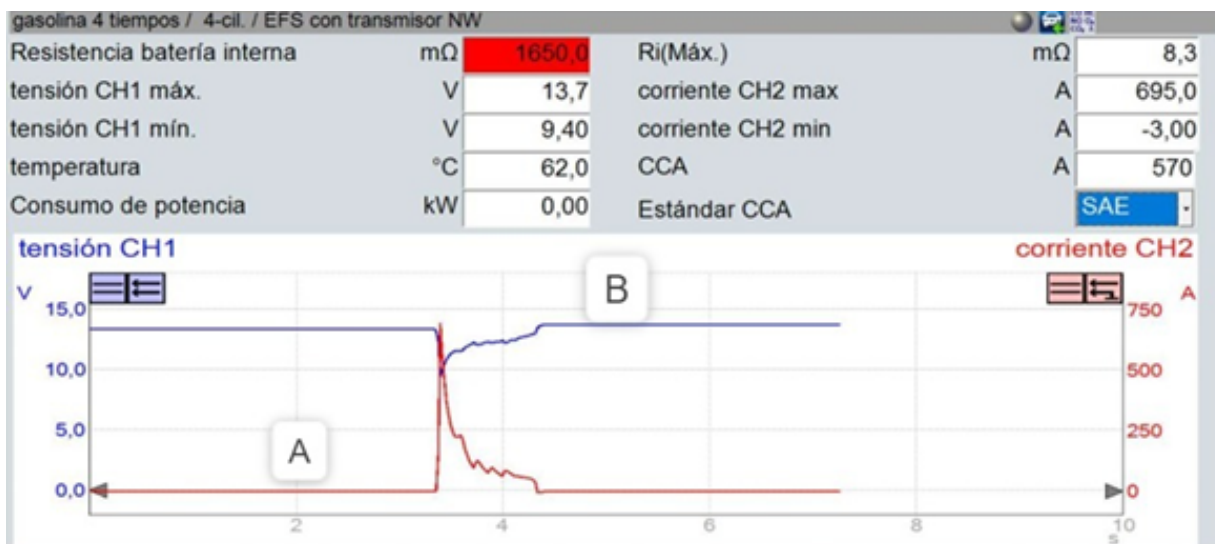
### 3.5.1. Evaluación de la Batería y el Motor de Arranque

Para la realización de la prueba piloto en cuestión, se conecta los terminales de batería especificados, teniendo en cuenta la polaridad de estos. El conector rojo se ubica en el borne positivo y el conector negro con el borne de masa. Adicionalmente, se conecta la pinza amperimétrica de 1000 A al canal 2 (CH2) y se ubica alrededor del cable correspondiente del motor de arranque, además se procede a ubicar la sonda de temperatura de aceite en lugar que ocupa la bayoneta de aceite motor. La conexión descrita puede observarse en la Figura (3.13). Seguidamente, se procede a encender el vehículo para capturar los valores de voltaje y corriente.



**Figura 3.13.** Conexión de cables para pruebas

En la Figura (3.14) se observa dos curvas en función del tiempo, las cuales representan la corriente en color rojo (A) y tensión en color azul (B) respectivamente. La prueba se la realiza antes, durante y después de arranque, en la cual se evalúa la tensión, resistencia de la batería y la corriente del motor de arranque.



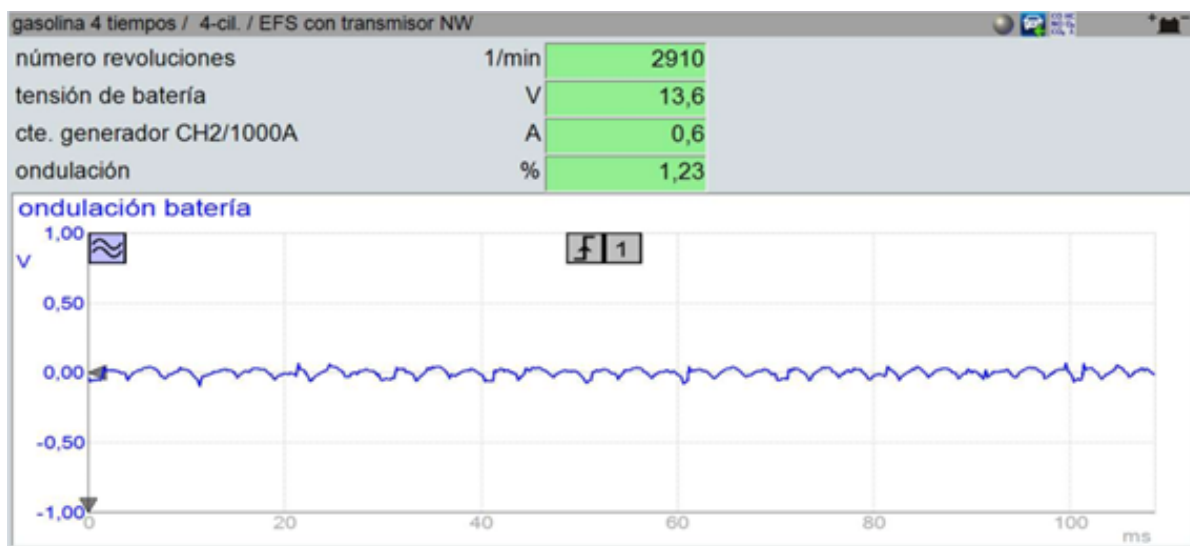
**Figura 3.14.** Prueba estado batería y motor de arranque

En los datos mostrados en la Figura (3.14) se identifica una tensión mínima de 9,40 voltios al momento del arranque, y retorna a los valores normales de tensión una vez que el motor se encuentra en marcha, que en este caso es de 13,7 voltios. Esto permite

interpretar que no existen caídas de tensión que sugieran un desgaste de la batería, ni falencias en el sistema de carga. En caso de que el voltaje al momento del arranque caiga por debajo de los 9 voltios puede considerarse que la batería se encuentre en mal estado o que el alternador esté defectuoso, caso contrario si el voltaje de la batería supera los 15 voltios una vez que el motor se encuentre en marcha se debe verificar el estado del alternador. El consumo de corriente del motor de arranque muestra un pico de 695 amperios debido a la superación de la inercia del motor; la caída posterior y las pequeñas ondas de consumo indican variaciones en el consumo de corriente debido al giro del motor esto se examinará en detalle en la sección (3.5.3) durante las pruebas de compresión relativa .

### **3.5.2. Evaluación de Alternador**

Para desarrollar la prueba del alternador se mantiene la conexión descrita en la sección (3.5.1) de tensión de la batería y corriente de motor de Arranque, se procede con la inicialización de la interfaz en la opción de Alternador y se inicia el desarrollo de la prueba. Seguidamente se enciende el motor y se obtiene la evaluación del alternador. Los resultados de la prueba se los observa en la Figura (3.15)



**Figura 3.15.** Medición conducida de alternador

Los valores de ondulación se encuentran a un 1,23 %. Además se observa que, debido a los efectos de carga del alternador, el voltaje tiende a oscilar debido al trabajo interno de componentes tales: como diodos y regulador de voltaje, en consecuencia, se obtiene mínimas ondulaciones como las observadas y un voltaje continuo (DC). Durante el desarrollo de la prueba puede haber picos de ruido o saltos de voltaje, pero su presencia debe ser aleatoria. En caso de tener fluctuaciones que superen al 5 % o los 500mv el alternador podría alterar o dañar el funcionamiento de los componentes eléctricos.

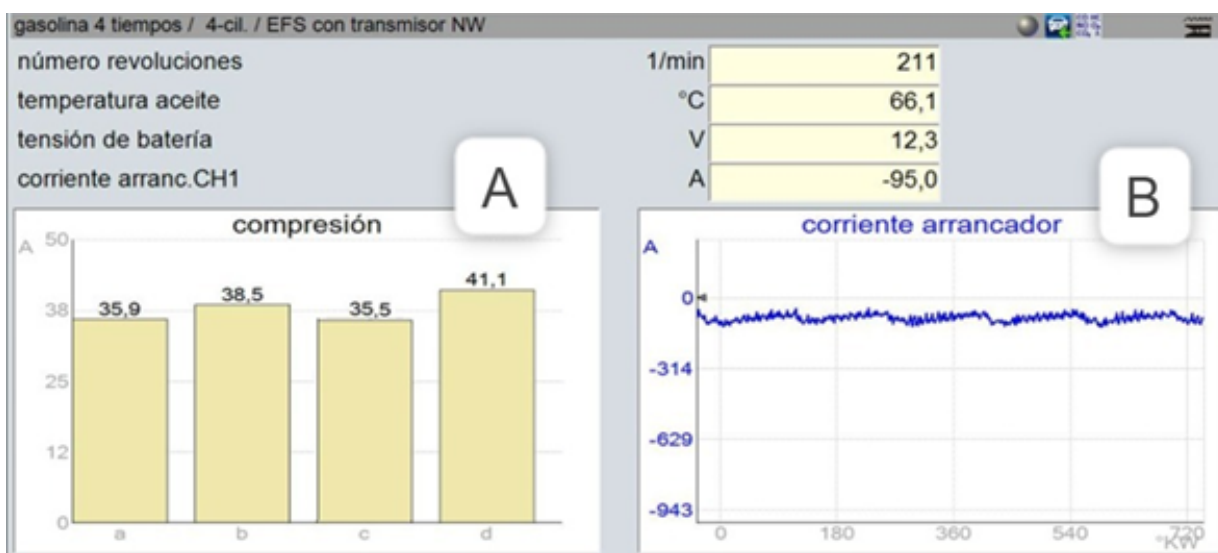
### 3.5.3. Medición de compresión relativa

Para la prueba de compresión relativa se conservan las conexiones de la prueba de tensión e inicializamos la interfaz de osciloscopio en la opción de compresión relativa, sin embargo, durante la ejecución de este paso de prueba debe impedirse que se ponga en marcha el motor mediante intervenciones adecuadas, por ejemplo: retirando el fusible de la electrobomba de combustible, retirando el transductor de ejes de levas (CMP) o ya sea activando el bloqueo marcha.

Para llevar a cabo una prueba exitosa es necesario arrancar el vehículo hasta que los



resultados se muestren en la pantalla. Mediante este procedimiento se consigue medir la compresión relativa de cada cilindro mediante el trazado del consumo de corriente del motor de arranque como se observa en la Figura (3.16).



**Figura 3.16.** Medición conducida de Compresión relativa Toyota Hilux

En la sección A de la Figura (3.16), se puede observar una representación de la compresión relativa en forma de barras. Al analizar los resultados obtenidos de la prueba, se puede destacar que la diferencia entre los valores máximos y mínimos es de un 13,62%, lo cual indica que no existe un desgaste excesivo e irregular entre los cilindros del motor.

Si un cilindro tuviese menor compresión, el consumo de corriente será menor con respecto al resto de cilindros. En consecuencia, si la compresión de un cilindro es demasiado baja, el consumo de corriente en el siguiente cilindro será elevada.

Por otra parte, en la sección B de la Figura (3.16) se aprecia el trazado del consumo de corriente en función del giro del motor captado por la pinza amperimétrica.



### 3.5.4. Diagnóstico Computarizado mediante Escáner

Para complementar el diagnóstico se procede a conectar el vehículo mediante el escáner KTS 560 del dispositivo FSA 740, en este apartado se procede a realizar la conexión, la misma que puede ser por medio de selección manual de vehículo o ingreso del número VIN.

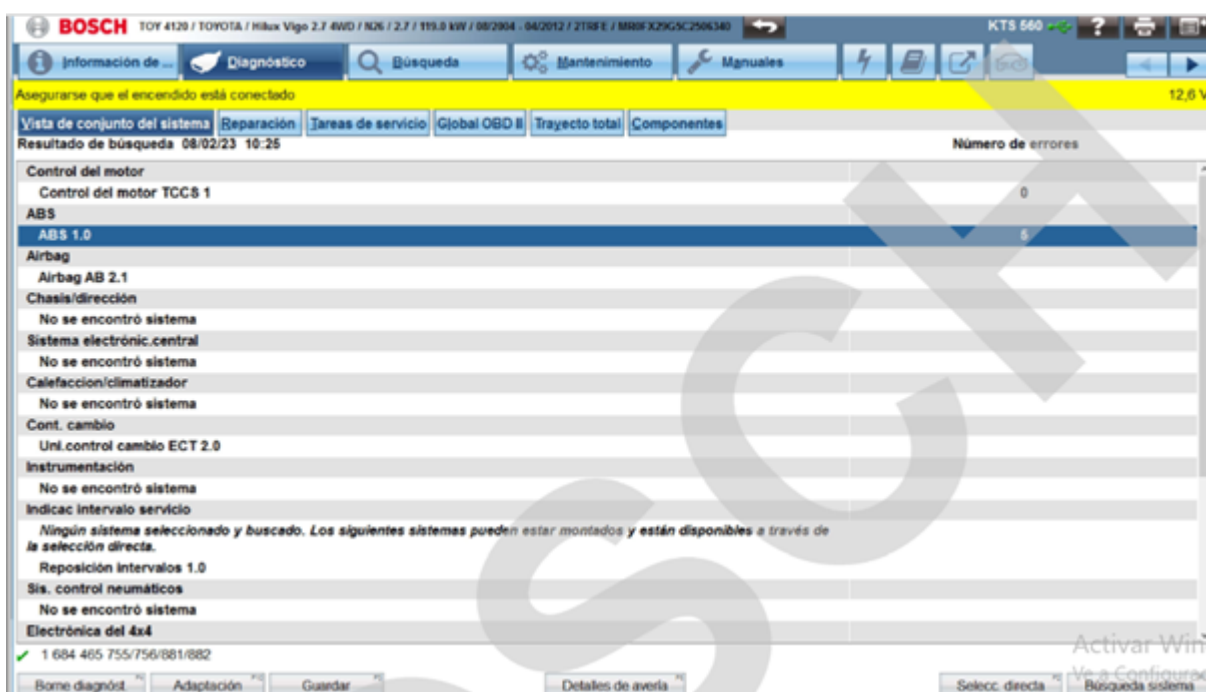


Figura 3.17. Prueba de Escáner para vehículo Toyota Hilux

Una vez realizada la conexión se realizó el proceso de escaneo del vehículo y se verificó la no existencia de códigos DTC como se muestra en la Figura (3.17).

### 3.5.5. Búsqueda de información del vehículo

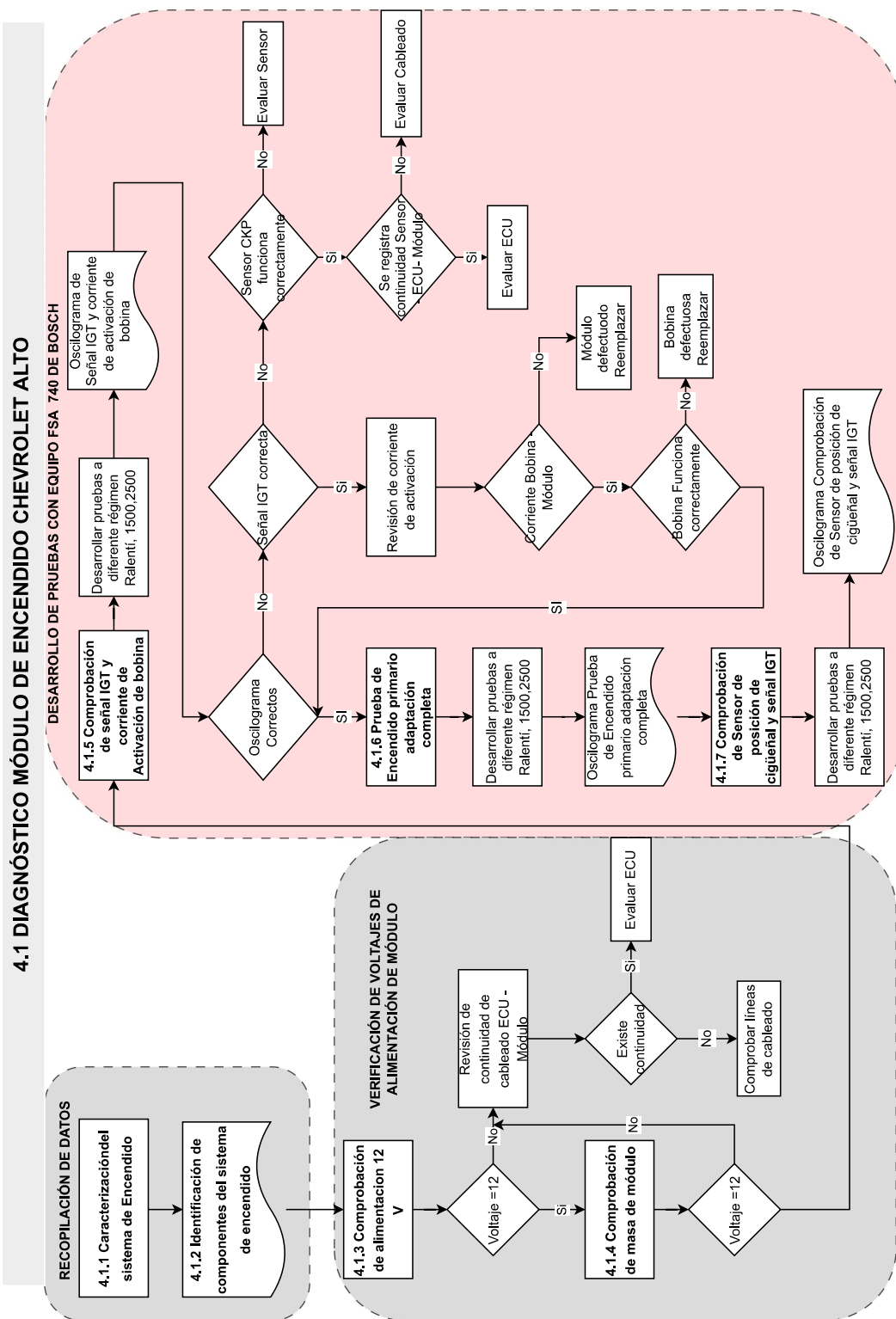
El vehículo Toyota Hilux cuenta con bobinas COP con módulo de encendido incorporado y están ubicadas sobre el motor en cada uno de los cilindros. En la Figura (3.18) sección A se puede observar la disposición de los pines del módulo de control de las bobinas identificados por números. El pin número (1) tiene la conexión de alimentación

positiva, el cable número (2) corresponde al cable de señal de activación de la bobina (IGT), el cable número (3) representa al cable de señal de retroalimentación de la bobina (IGF) y finalmente, el cable número (4) corresponde a la masa. Por otro lado, en la sección B de la Figura (3.18) se muestra la imagen de la bobina en cuestión.

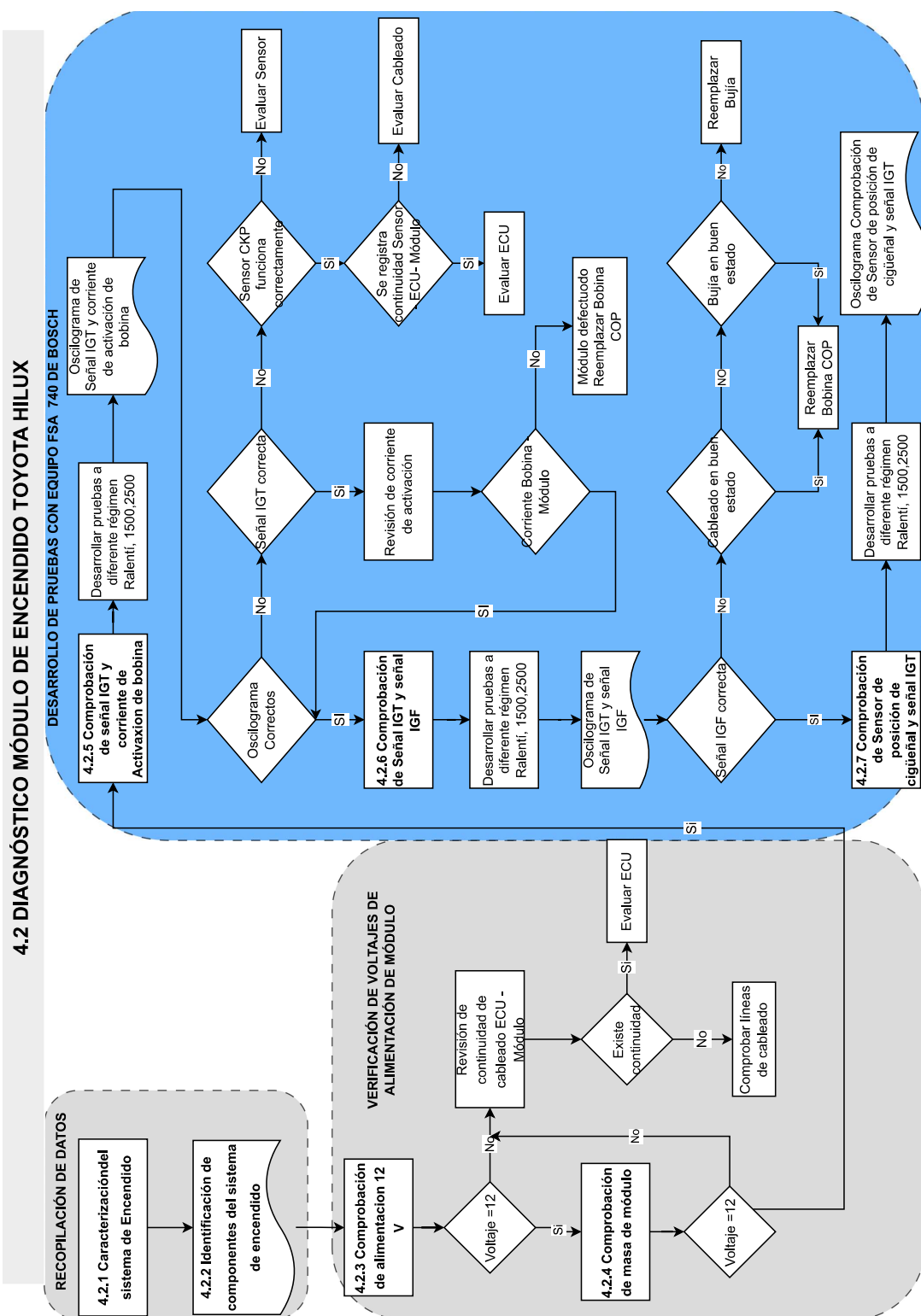
### **3.6. Flujograma guía de diagnóstico de módulo de encendido**

Tras realizar las pruebas piloto y verificar el correcto funcionamiento del vehículo, se propuso un diagrama de flujo de diagnóstico para los sistemas de encendido convencional con módulo externo y bobinas COP con módulo incorporado. Estos flujogramas representados en las Figuras (3.18) y (3.19), sirven como herramienta visual en la sección de análisis y resultados.

Las Figura (3.18) y (3.19) ilustran el proceso para diagnosticar el módulo de encendido externo y el módulo de encendido interno integrado en las bobinas COP, respectivamente. Este proceso se divide en tres fases fundamentales: la obtención de datos, la comprobación de los voltajes y la verificación de las señales de control del módulo.



**Figura 3.18.** Flujograma de Diagnóstico Módulo de encendido para vehículo Chevrolet Alto



**Figura 3.19.** Flujo de Diagnóstico Módulo de encendido para vehículo Toyota Hilux

# Capítulo 4

## Análisis y Resultados

### 4.1. Diagnóstico de módulo de encendido externo Chevrolet Alto

En esta sección se desarrolla los pasos de prueba para realizar un correcto diagnóstico del módulo de encendido externo descrito en la Figura (3.18).

#### 4.1.1. Caracterización del Sistema de Encendido

El sistema de encendido del vehículo Chevrolet Alto es del tipo electrónico integral, caracterizado por incorporar sensores para el control del encendido y la inyección de combustible, conservando un módulo de encendido externo. Para iniciar con el diagnóstico se procede a evaluar los componentes del sistema de encendido. Se toma como punto de partida la información obtenida en la sección (3.4.5). En la Tabla (4.1) se observa la descripción de los cables del módulo de encendido externo.

**Tabla 4.1.** Identificación de líneas de cableado

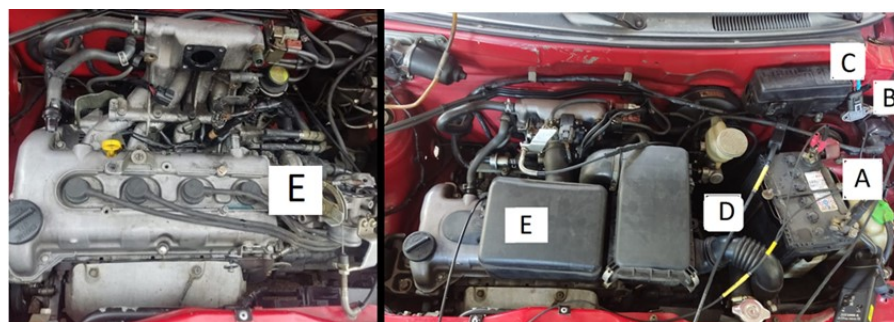
| Sistema de encendido Chevrolet Alto |                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Línea de conexión                   | Especificación                 |
| Cable (1) café/blanco               | Bobina de ignición             |
| Cable (2) negro                     | Masa                           |
| Cable (3) amarillo/rojo             | Señal de control de módulo IGT |

#### 4.1.2. Identificación de componentes en el vehículo Chevrolet Alto

En la Figura (4.1) se puede identificar y localizar los principales componentes del sistema de encendido del motor K10A del vehículo Chevrolet Alto. Cada uno de los componentes están representados por una letra mayúscula: A) Batería, B) Bobina de encendi-

do, C) Módulo de encendido, D) Distribuidor, (Captador Inductivo), E) Cables de alta tensión y bujías.

Es importante mencionar que, para el desarrollo de las pruebas de diagnóstico están enfocadas en el Módulo del Encendido (C) ubicado en la parte superior derecha del compartimento del motor junto a la bobina de encendido.



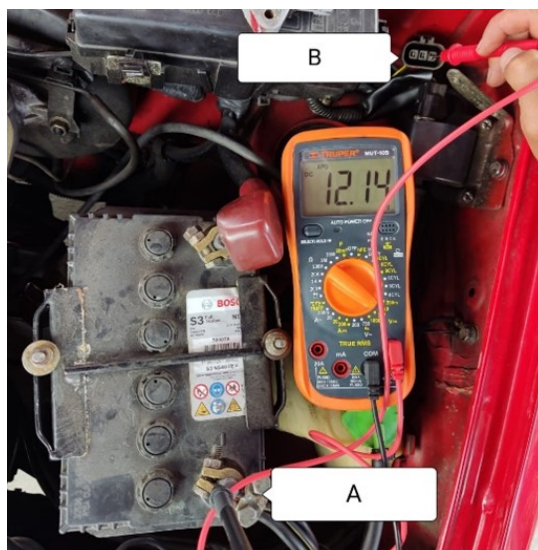
**Figura 4.1.** Componentes del sistema de encendido Chevrolet Alto

### 4.1.3. Comprobación de alimentación 12V

El diagnóstico del módulo de encendido comenzó con la verificación de la alimentación de 12 voltios. Para ello se utiliza un multímetro en la opción de voltaje continuo, la configuración de voltaje se verá como  $\Delta V$ . Debido a que se conoce que la batería del vehículo trabaja en un rango de 12 a 15 voltios la escala seleccionada en el multímetro es 20 V.

Como siguiente paso, se coloca el switch de encendido en la posición ON. A continuación, se conecta el cable COM (-) al terminal negativo de la batería (A) y el cable rojo (+) al pin número 1 del módulo de encendido (B) como se muestra en la Figura (4.2).

De acuerdo con el diagrama descrito en la Figura (3.18), el valor de tensión necesario debe estar entre 12 y 13V. En el caso del vehículo estudiado se obtuvo un valor de 12,14 voltios, lo cual evidencia que existe una correcta alimentación de la batería hacia el módulo de encendido.

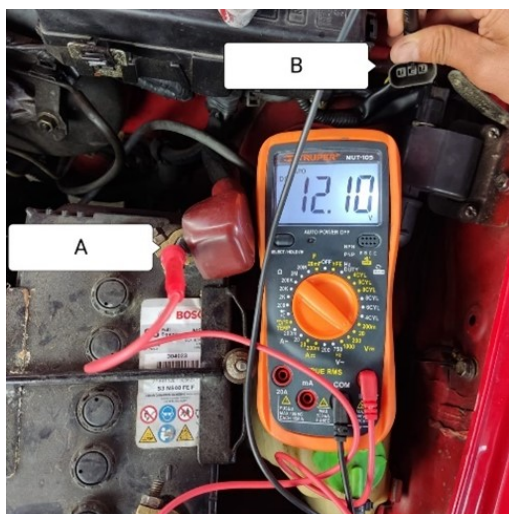


**Figura 4.2.** Verificación de alimentación de 12 V en módulo de encendido

#### **4.1.4. Comprobación de Masa**

Adicionalmente, se verifica la masa del módulo de encendido. Para ello se mantiene la configuración del multímetro empleado en prueba anterior. A continuación, se conecta el cable rojo(+) al terminal positivo de la batería y el cable COM(-) al pin 2 del conector del módulo de encendido (B) como se muestra en la Figura (4.3).

De acuerdo con el diagrama descrito en la Figura (3.18), el rango de tensión debe estar alrededor de 12 y 13V. En el caso del vehículo estudiado se obtuvo un valor de 12,10 voltios, lo cual evidencia que existe una masa adecuada en el módulo de encendido.



**Figura 4.3.** Verificación masa en módulo de encendido

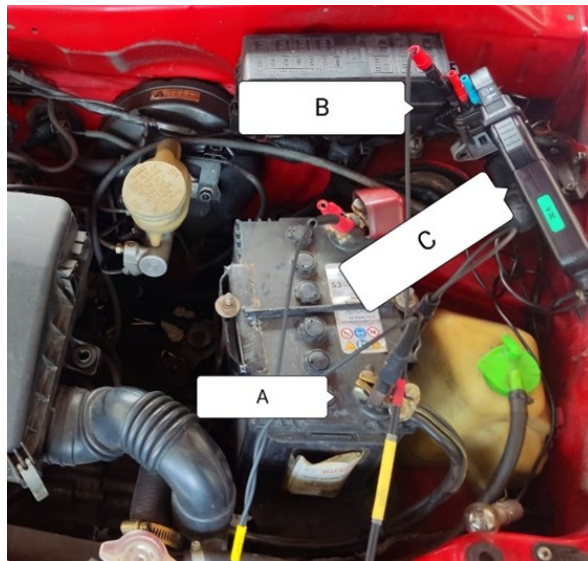
#### **4.1.5. Comprobación señal IGT y corriente de activación de bobina**

Para realizar las respectivas mediciones de las señales IGT (Ignition timing) y corriente de activación de la bobina, inicialmente se ejecuta la interfaz de osciloscopio en la opción de “Osciloscopio universal”, posteriormente se realizan la siguientes conexiones:

En primer lugar, deben conectarse los cables de medición al canal 2 (CH2) del osciloscopio, a su vez el extremo negativo debe conectarse al terminal de masa de la batería (A) y el extremo positivo al pin 3 del módulo de encendido (B). Adicionalmente, se conecta la pinza amperimétrica de 30 A al canal 1 (CH1) y se ubica alrededor del cable correspondiente al pin 1 (C) del módulo de encendido. La conexión descrita puede observarse en la Figura (4.4).

Seguidamente, se procede a encender el vehículo para capturar la señal de activación IGT proveniente de la ECU, así como, la señal de consumo de corriente de la bobina.





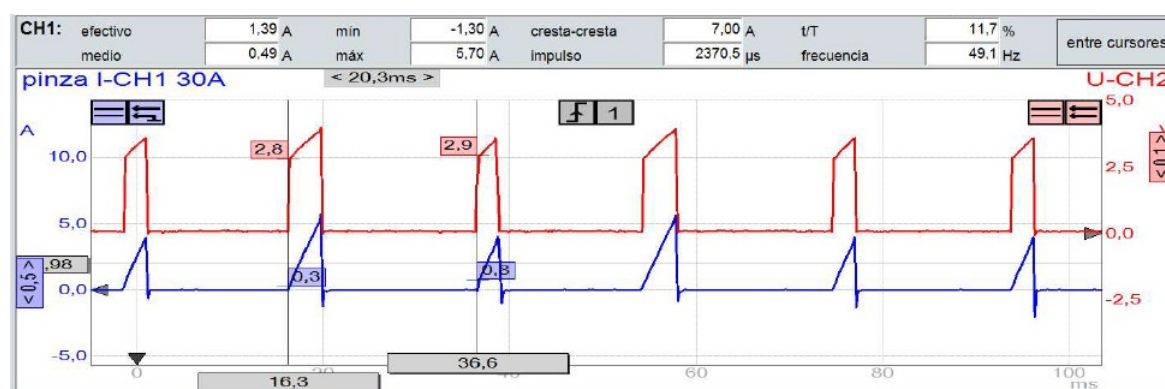
**Figura 4.4.** Conexión de accesorios Osciloscopio

A continuación, en la Figura (4.5) se muestran los oscilogramas de la señal IGT en color rojo y el consumo de corriente de activación de la bobina en color azul. Cada una de las mediciones mostradas se las realizó a diferentes regímenes de trabajo del motor, en este caso 860 rpm, 1500 rpm y 2500 rpm.

El oscilograma de la señal IGT es del tipo digital cuadrada que activa y desactiva el transistor de potencia en el módulo de ignición. Cuando el voltaje se mantiene en el pulso positivo de la señal, en este caso de 3 a 4 voltios, la corriente del primario se satura. Por otro lado cuando el voltaje cae a 0 voltios, la corriente en la bobina primaria llega al punto máximo de saturación, el campo magnético colapsa produciendo un alto voltaje en la bobina secundaria, la cual producirá una chispa en la bujía. Cabe destacar que el tiempo de saturación de la bobina es el mismo que la duración del pulso positivo.



(a) Prueba a 860 rpm



(b) Prueba a 1500 rpm



(c) Prueba a 2500 rpm

**Figura 4.5.** Oscilograma de señal IGT y consumo de corriente primario

En la Tabla (4.2) se presentan los datos de amperaje, periodo, frecuencia y ciclos de trabajo obtenidos en la prueba a diferentes regímenes del motor.

**Tabla 4.2.** Tabulación de datos de Prueba de señal IGT y señal de consumo de corriente

| Datos de prueba |              |              |                 |       |
|-----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|
| Régimen motor   | Amperaje [A] | Periodo [ms] | Frecuencia [Hz] | t/T % |
| 860 rpm         | 3.9          | 27.2         | 36.8            | 7.3   |
| 1500 rpm        | 4.7          | 20.3         | 49.3            | 11.7  |
| 2500 rpm        | 4.9          | 12.2         | 82.0            | 16.1  |

En el caso del amperaje se observa que a medida que el régimen del motor aumenta, el consumo de corriente se ve incrementado. Esto sucede debido a que a medida que las revoluciones del motor aumentan, el alternador gira más rápido, incrementando el voltaje en el sistema y provocando un aumento en la corriente eléctrica que se suministra a la bobina

En el caso del periodo los valores tienden a disminuir a medida que se incrementa el régimen del motor. Esto se debe a que se necesita un mayor número de pulsos en un mismo periodo de tiempo. Teniendo así, que el decremento para los valores de 1500 y 2500 rpm en comparación con ralentí fue de 25.3 % y 55.14 % respectivamente.

En el caso de la frecuencia, a medida que el régimen del motor aumenta se puede observar un incremento en los valores. Cabe destacar que el valor de la frecuencia es inversamente proporcional al periodo. Por lo tanto a medida que el régimen del motor aumenta, el número de pulsos que provocan la saturación de la bobina de ignición aumenta. Teniendo así que el incremento de la frecuencia para las pruebas de 1500 y 2500 rpm en comparación con ralentí fue de 33.96 % y 122.82 % respectivamente.

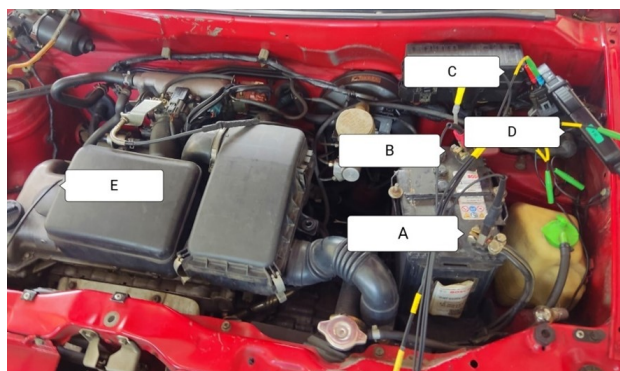
Finalmente, para el caso de ciclos de trabajo ( $t/T$ ), se registra un incremento en la duración del pulso respecto al periodo en función de las revoluciones del motor. Esto se debe a que mientras el periodo disminuye, el pulso de activación del módulo tiende a mantenerse, lo que implica que el pulso ocuparía un mayor porcentaje de tiempo del periodo. Por lo tanto el incremento del ciclo de trabajo para las pruebas de 1500 y 2500

rpm en comparación con el ralentí son aproximadamente de 60.27 % y 120.54 %.

#### 4.1.6. Prueba de Encendido Primario - Adaptación Completa

Para realizar las respectivas mediciones, inicialmente se ejecuta la interfaz de osciloscopio en la opción de “Encendido Primario Adaptación Completa”, posteriormente se realizan la siguientes conexiones:

Para realizar la medición de la señal del primario se conecta el cable negativo (A) del osciloscopio en el borne negativo de la batería, el cable positivo (B) en el borne positivo y el cable Multi-Mess (CH1) del osciloscopio (C) al cable de la señal del módulo de encendido en el pin 1 del módulo de encendido. Para medir la corriente de saturación del primario se debe conectar la pinza amperimétrica de 30 A (D) y ubicarla alrededor del cable correspondiente al pin1. Finalmente ubicamos la sonda de temperatura de aceite (E) en el orificio de la bayoneta del motor, como se muestra en la Figura (4.6). Es importante tener en cuenta la dirección de corriente indicada en la pinza amperimétrica.

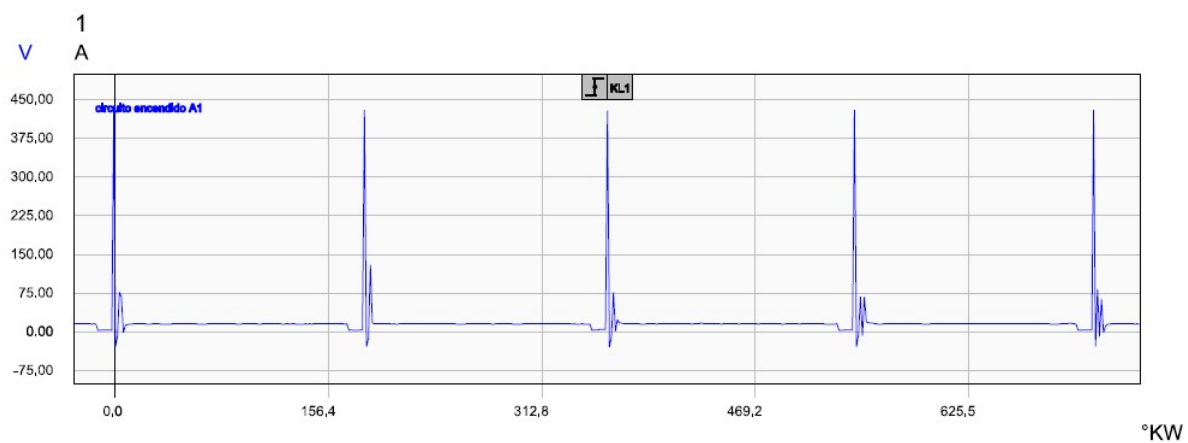


**Figura 4.6.** Conexión de accesorios para desarrollo de prueba Encendido primario - Adaptación Completa

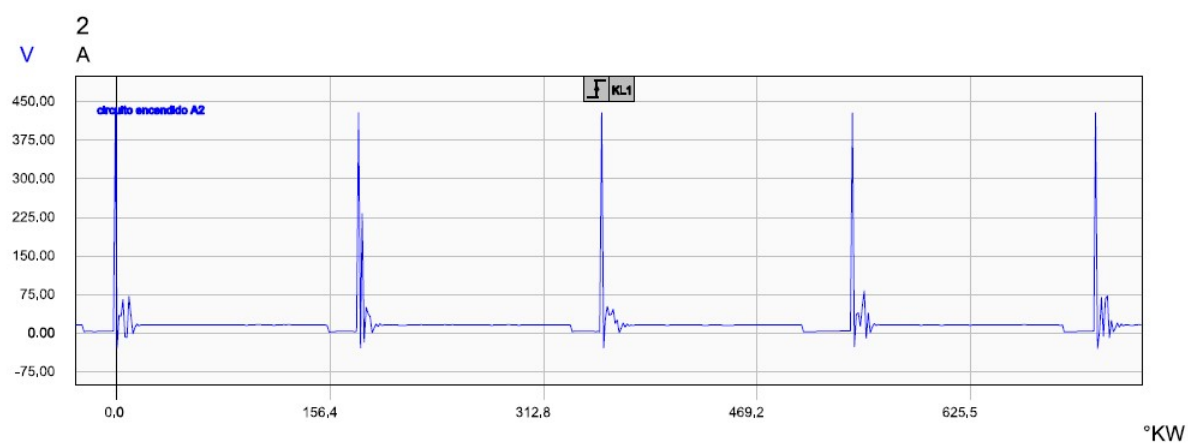
Una vez realizada las respectivas conexiones, es necesario poner en marcha al vehículo. Posteriormente se procede a capturar la señal del primario de la bobina.

En la Figura (4.7), se presentan los oscilogramas del encendido primario a diferentes regímenes del motor, en las cuales se puede observar los picos de voltaje producidos

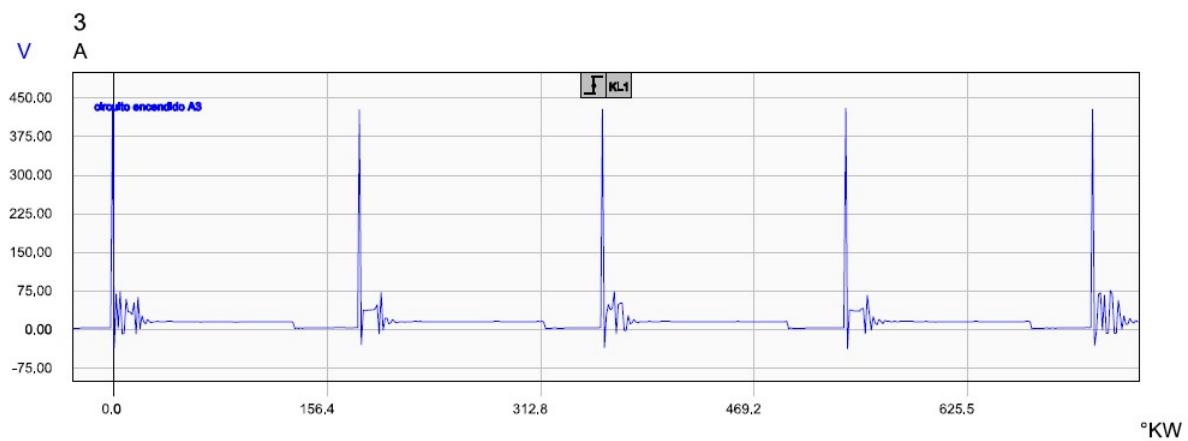
en función del tiempo.



(a) Prueba a 860 rpm



(b) Prueba a 1500 rpm



(c) Prueba a 2500 rpm

**Figura 4.7.** Oscilograma de Encendido primario adaptación completa

En la Tabla (4.3) se presentan los siguientes valores: régimen del motor, temperatura de aceite, tensión de batería, corriente primaria máxima y ángulo de cierre, las cuales se las realizó a diferentes regímenes de giro del motor.

**Tabla 4.3.** Tabulación de datos Encendido primario Adaptación Completa

| Datos de prueba            |          |          |          |
|----------------------------|----------|----------|----------|
|                            | Prueba 1 | Prueba 2 | Prueba 3 |
| Número de revoluciones rpm | 860      | 1620     | 2490     |
| Temperatura Aceite °C      | 66.3     | 67.1     | 68.3     |
| Tensión Batería V          | 13.6     | 13.7     | 13.8     |
| Corriente primario máx. A  | 3.58     | 3.62     | 4.28     |
| Ángulo de cierre %         | 6.5      | 13.1     | 25.9     |

Al analizar la Tabla (4.3) se observa que en todo el transcurso de la prueba los valores de: temperatura de aceite, Tensión de batería, no presentan variaciones significativas, debido a que es un ciclo normal de operación.

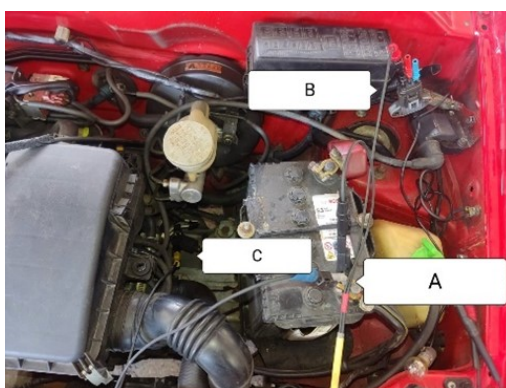
En el apartado de corriente máxima se analiza que el valor de corriente aumenta en función del régimen del motor. Es preciso mencionar que estas observaciones se relacionan con las pruebas ya analizadas en el apartado (4.1.7) de comprobación señal IGT y corriente de activación de la bobina.

Para finalizar, en el caso de ángulo de cierre se puede observar que los valores obtenidos incrementan respecto al régimen del motor. Este incremento se da debido a que se requiere que la saturación de la bobina de encendido se inicie grados antes para compensar la velocidad de giro del motor. Por lo tanto, a mayor número de revoluciones el ángulo de cierre ocupa un mayor porcentaje de grados de giro del cigüeñal. Así se tiene que, para 1500 y 2500 rpm el incremento del ángulo de cierre en comparación con el ralentí es de 101.53 % y 298.46 % respectivamente.

#### 4.1.7. Comprobación de Sensor de posición de cigüeñal y señal IGT

Para realizar las respectivas mediciones de las señales de Sensor de posición de cigüeñal y señal IGT inicialmente se ejecuta la interfaz de osciloscopio en la opción de “Osciloscopio universal”, posteriormente se realizan las siguientes conexiones:

En primer lugar, se debe conectar el cable de medición 1 al canal 1 (CH1) del osciloscopio, conectar el extremo negativo al terminal de masa de batería (A) y el extremo positivo al pin 3 del módulo de encendido (B). Adicionalmente, se conecta el cable de medición 2 al canal 2 (CH2) del osciloscopio, conectar el extremo negativo al terminal de masa de batería (A) y el extremo positivo a la salida de la señal de sensor de posición de cigüeñal (C). la conexión descrita puede observarse en la Figura (4.8).

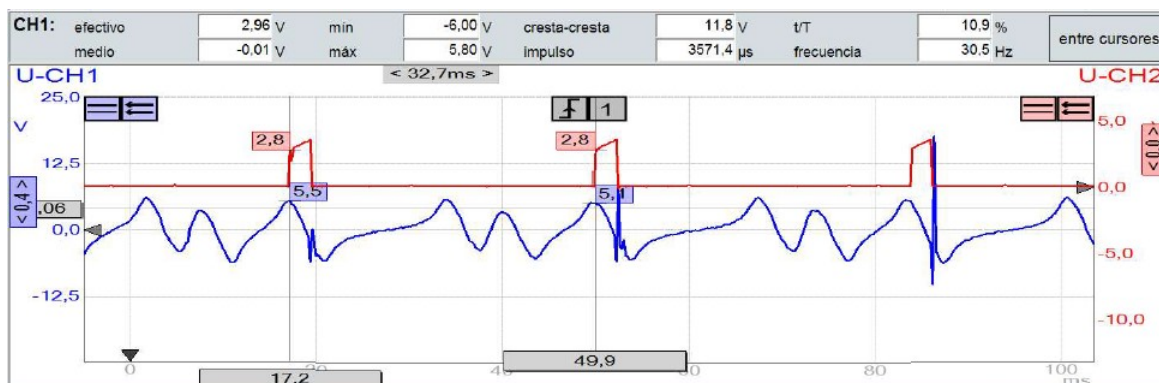


**Figura 4.8.** Conexión accesorios osciloscopio para prueba sensor giro de motor

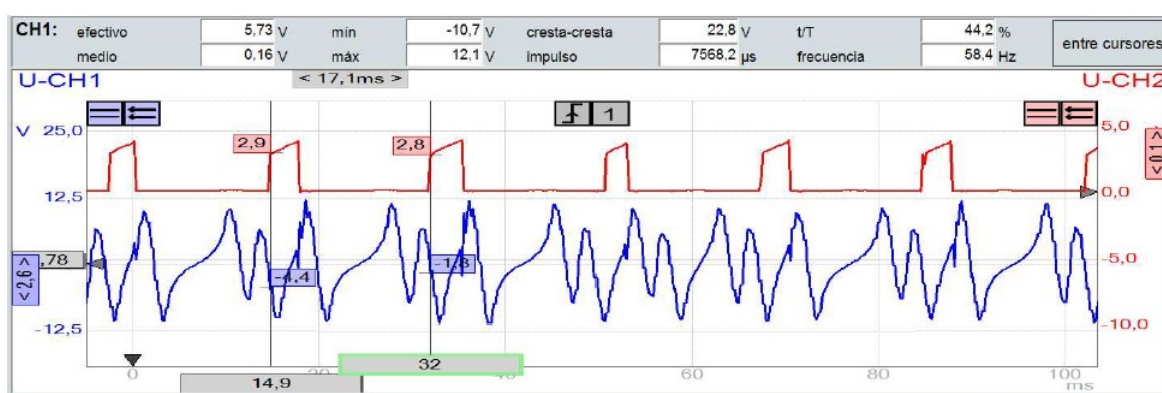
Seguidamente, se procede a encender el vehículo para capturar la señal de Sensor de posición de cigüeñal y señal de activación de módulo.

A continuación, en la Figura (4.9) se muestran los oscilogramas de la señal IGT en color rojo y la señal de posición de cigüeñal color azul. Cada una de las mediciones mostradas se las realizó a diferentes regímenes de trabajo del motor, en este caso 860 rpm, 1500 rpm y 2500rpm.

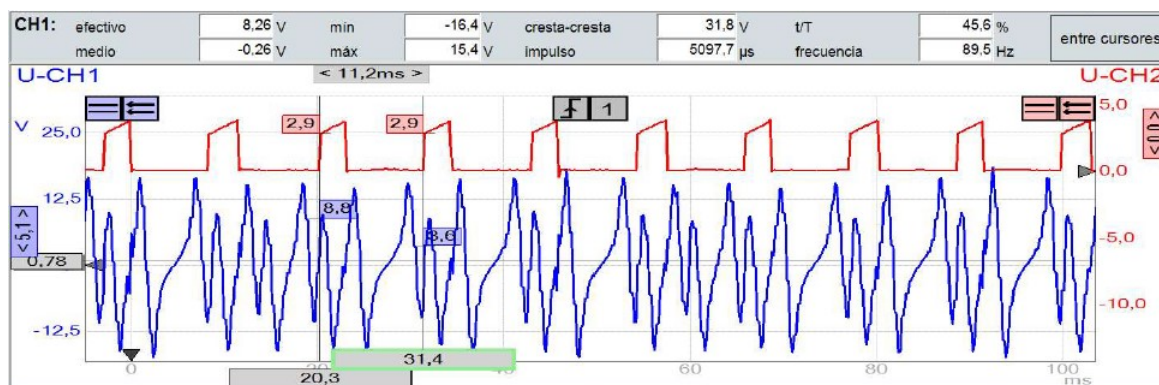




(a) Prueba a 860 rpm



(b) Prueba a 1500 rpm



(c) Prueba a 2500 rpm

**Figura 4.9.** Oscilograma de sensor régimen motor y señal de activación

En la Tabla (4.4) se presentan los datos de voltaje cresta a cresta, periodo, ciclos de trabajo y frecuencia, los cuales se los realizó a diferentes regímenes de giro del motor.



**Tabla 4.4.** Datos de prueba sensor CKP

| Datos de Prueba |                           |              |         |                 |
|-----------------|---------------------------|--------------|---------|-----------------|
| Régimen motor   | Voltaje cresta-cresta [V] | Periodo [ms] | t/T [%] | Frecuencia [Hz] |
| 860 rpm         | 11.8                      | 32.7         | 10.9    | 30.5            |
| 1500 rpm        | 22.2                      | 17.1         | 44.2    | 58.4            |
| 2500 rpm        | 31.8                      | 11.2         | 45.6    | 89.5            |

En primera instancia se entiende como al voltaje cresta a cresta a la suma de los picos positivos y negativos del voltaje debido a que es una señal alterna. En ese sentido se puede evidenciar que el voltaje se incrementa en función de las revoluciones debido a la excitación de la bobina inductiva del sensor de giro. Así se tiene que el incremento de voltaje cresta a cresta para el régimen de motor de 1500 y 2500 con respecto al ralenti es de 10.4 y 20 voltios respectivamente.

En el caso del periodo los valores tienden a disminuir a medida que se incrementa el régimen del motor. Esto se debe a que se genera un mayor número de revoluciones de la rueda fónica en un mismo periodo de tiempo. Teniendo así, que el decremento para los valores de 1500 y 2500 rpm en comparación con ralenti fue de 47.7 % y 65.74 % respectivamente.

En el caso de la frecuencia, a medida que el régimen del motor aumenta se puede observar un incremento en los valores. Cabe destacar que el valor de la frecuencia es inversamente proporcional al periodo. Teniendo así que el incremento de la frecuencia para las pruebas de 1500 y 2500 rpm en comparación con ralenti fue de 91.47 % y 193.44 % respectivamente.

Finalmente, para el caso de ciclos de trabajo (t/T), se registra un incremento en la duración de la forma de onda del sensor de giro respecto al periodo en función de las revoluciones del motor. Esto se debe a que mientras el periodo disminuye, la forma de onda del sensor de giro ocupa un menor tiempo para desarrollarse. Por lo tanto, el in-

cremento del ciclo de trabajo para las pruebas de 1500 y 2500 rpm en comparación con el ralentí fue de 305.5 % y 318.34 %

## 4.2. Diagnóstico de bobinas tipo COP con módulo de encendido externo de Toyota Hilux

En esta sección se desarrolla los pasos de prueba para realizar un correcto diagnóstico de bobina tipo COP con módulo de encendido incorporado descrito en la Figura (3.19).

### 4.2.1. Caracterización del Sistema de Encendido del vehículo Toyota Hilux

El sistema de encendido del vehículo Toyota Hilux es del tipo COP (Bobina sobre bujía), caracterizado por incorporar sensores para el control del encendido y la inyección de combustible, con la característica de poseer el módulo de encendido incorporado. Para iniciar con el diagnóstico se procede a evaluar los componentes del sistema de encendido. Se toma como punto de partida la información obtenida en la sección (3.5.5). En la Tabla (4.5) se observa la descripción de los cables del módulo de encendido externo.

**Tabla 4.5.** Identificación de líneas de cableado

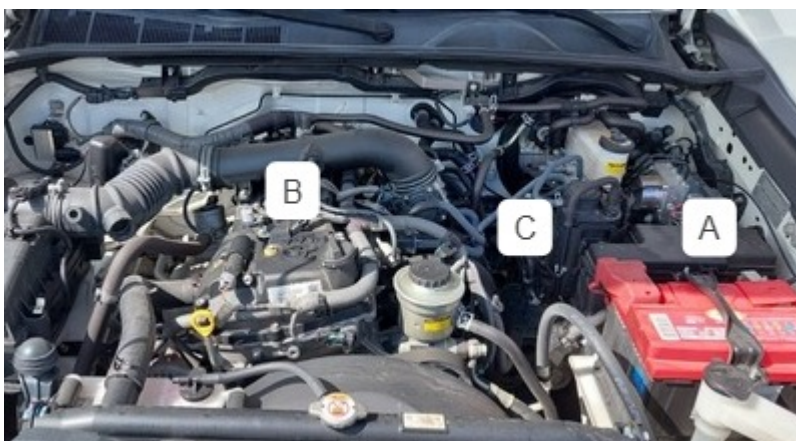
| Sistema de encendido Toyota Hilux |                                |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Línea de conexión                 | Especificación                 |
| Cable (1)                         | Alimentación                   |
| Cable (2)                         | Señal de control de módulo IGT |
| Cable (3)                         | Señal de control de módulo IGF |
| Cable (4)                         | Masa                           |

### 4.2.2. Identificación de componentes en el vehículo Toyota Hilux

En la Figura (4.10) se puede identificar y localizar los principales componentes del sistema de encendido del motor 2TRFE del vehículo Toyota Hilux. Cada uno de los componentes están representados por una letra mayúscula: A) Batería, B) Bobinas tipo COP,

C) Sensor CK (Captador Inductivo).

Es importante mencionar que, para el desarrollo de las pruebas de diagnóstico están enfocadas en las bobinas tipo COP (B) ubicado en la parte superior del motor.



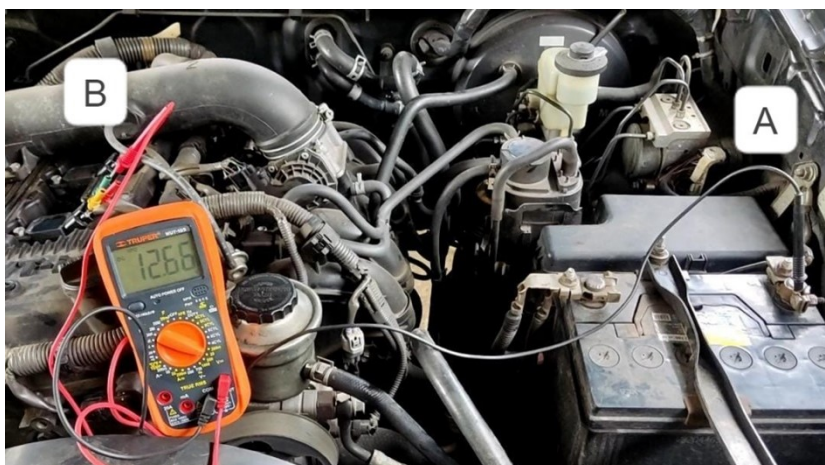
**Figura 4.10.** Componentes del sistema de encendido Toyota Hilux

### 4.2.3. Comprobación de Alimentación 12V

El diagnóstico de las bobinas tipo COP con módulo de encendido incorporado comenzó con la verificación de la alimentación de 12 voltios. Para ello se utiliza un multímetro en la opción de voltaje continuo, la configuración de voltaje se verá como  $\Delta V$ . Debido a que se conoce que la batería del vehículo trabaja en un rango de 12 a 15 voltios la escala seleccionada en el multímetro es 20 V.

Como siguiente paso, se coloca el switch de encendido en la posición ON. A continuación, se conecta el cable COM (-) al terminal negativo de la batería (A) y el cable rojo (+) al pin número 1 del módulo de la bobina (B) como se muestra en la Figura (4.11).

De acuerdo con el diagrama del apartado (3.7), el valor de tensión necesario debe estar entre 12 y 13V. En el caso del vehículo estudiado se obtuvo un valor de 12,66 voltios, lo cual evidencia que existe una correcta alimentación de la batería hacia el módulo de la bobina.



**Figura 4.11.** Verificación de alimentación de 12 V en módulo de bobina COP del vehículo Toyota Hilux

#### **4.2.4. Comprobación de Masa**

Adicionalmente, se verifica la masa del módulo de encendido. Para ello se mantiene la configuración del multímetro empleado en prueba anterior. A continuación, se conecta el cable rojo (+) al terminal positivo de la batería y el cable COM (-) al pin 4 del conector del módulo de encendido (B) como se muestra en la Figura (4.12).

De acuerdo con el diagrama del apartado (3.7), el rango de tensión debería estar alrededor de 12 y 13V. En el caso del vehículo estudiado se obtuvo un valor de 12,10 voltios, lo cual evidencia que existe una masa adecuada en el módulo de encendido.



**Figura 4.12.** Verificación masa en módulo de bobina COP del vehículo Toyota Hilux

#### 4.2.5. Comprobación de señal IGT y corriente de activación de Bobina

Para realizar las respectivas mediciones de las señales IGT (Ignition timing) y corriente de activación de la bobina, inicialmente se ejecuta la interfaz de osciloscopio en la opción de “Osciloscopio universal”, posteriormente se realizan las siguientes conexiones:

En primer lugar, se debe conectar los cables de medición al canal 2 (CH2) en el osciloscopio, a su vez el extremo negativo debe conectarse al terminal de masa de la batería (A) y el extremo positivo al pin 2 del módulo de la bobina de encendido (B). Adicionalmente, se conecta la pinza amperimétrica de 30 A (C) al canal 1 del osciloscopio (CH1) y se ubica alrededor del cable correspondiente al pin 1 del módulo de la bobina de encendido (B). La conexión descrita puede observarse en la Figura (4.13).

Seguidamente, se procede a encender el vehículo para capturar la señal de activación IGT proveniente de la ECU, así como, la señal de consumo de corriente de la bobina.

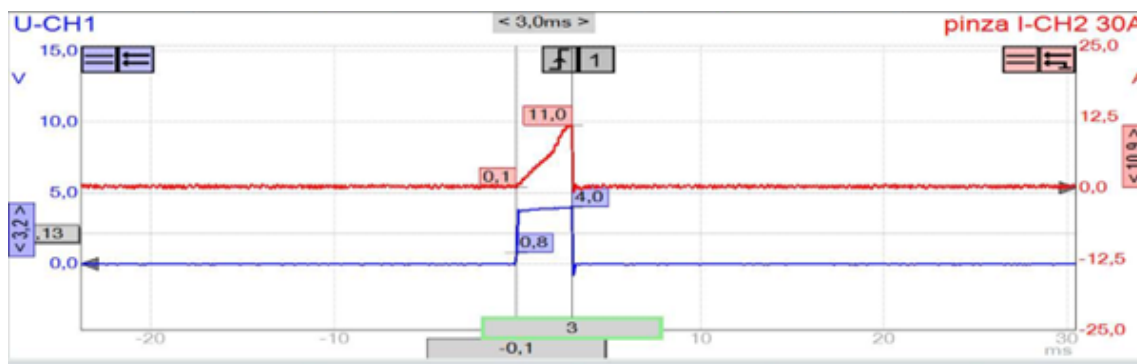


**Figura 4.13.** Conexión de accesorios para la obtención de señal IGT y corriente del módulo de la bobina de encendido del vehículo Toyota Hilux

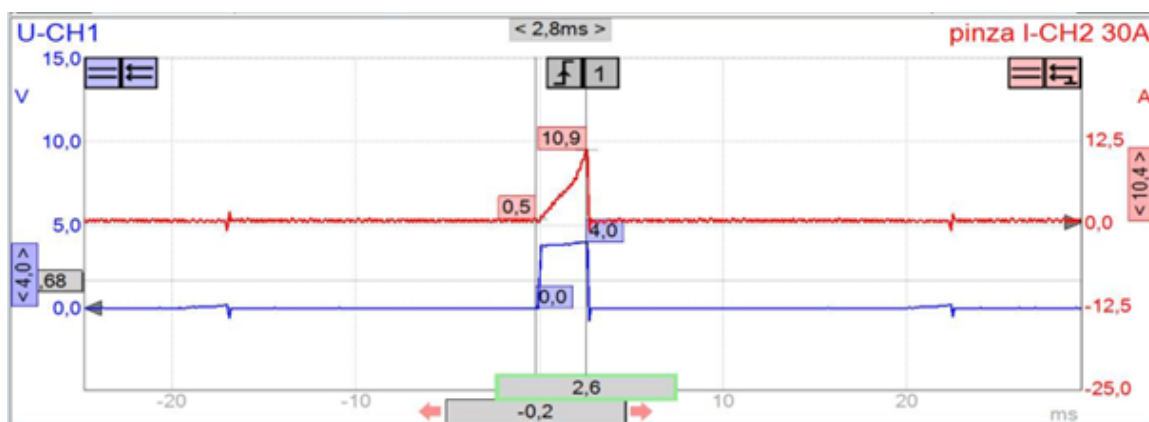
A continuación, en la Figura (4.14) se muestra un ejemplo del oscilograma de la señal IGT en color azul y el consumo de corriente de activación de la bobina en color rojo. Cada una de las mediciones mostradas se las realizó a diferentes regímenes de trabajo del motor, en este caso 690 rpm, 1500 rpm y 2500rpm. Para facilitar la comprensión del documento, es importante mencionar que la Figura (4.14) únicamente presenta las señales obtenidas de un cilindro. Las muestras restantes se pueden consultar en el apartado (B.1) de anexos.

El oscilograma de la señal IGT es del tipo digital cuadrada que activa y desactiva el transistor de potencia en el módulo de la bobina de ignición. Cuando el voltaje se mantiene en el pulso positivo de la señal, en este caso de 4 voltios, la corriente del primario se satura. Por otro lado, cuando el voltaje cae a 0 voltios, la corriente en la bobina primaria llega al punto máximo de saturación, el campo magnético colapsa produciendo un alto voltaje en la bobina secundaria, la cual producirá una chispa en la bujía. Cabe destacar que el tiempo de saturación de la bobina es el mismo que la duración del pulso positivo.

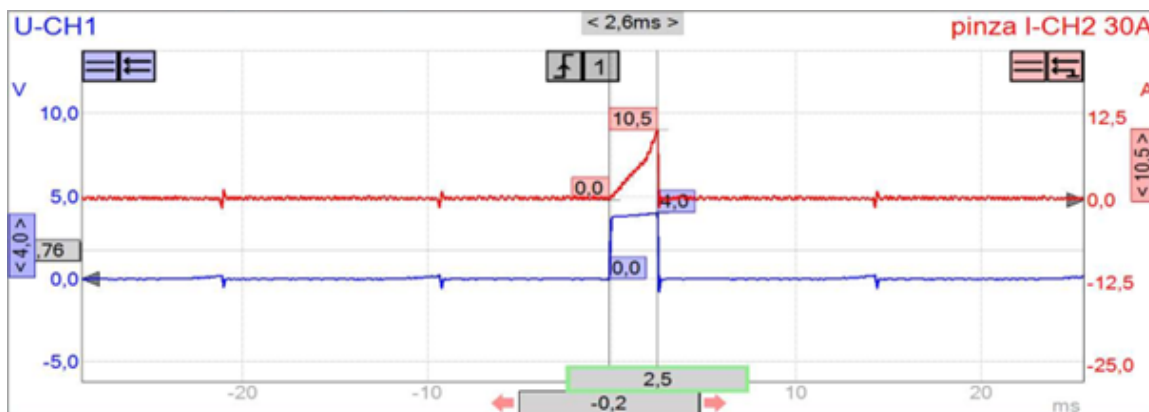




(a) Prueba a 690 rpm



(b) Prueba a 1500 rpm



(c) Prueba a 2500 rpm

**Figura 4.14.** Oscilograma de la Señal IGT y corriente del vehículo Toyota Hilux

En la Tabla (4.6) se muestran los valores máximos y mínimos de amperaje y período obtenidos en la prueba para todos los cilindros a diferentes regímenes del motor.

**Tabla 4.6.** Tabulación de datos de Prueba de señal IGT y señal de consumo de corriente

| Datos de prueba |              |                           |
|-----------------|--------------|---------------------------|
| Régimen motor   | Amperaje [A] | Tiempo de Activación [ms] |
| 690 rpm         | 11 - 11.1    | 3 - 3.2                   |
| 1500 rpm        | 10.9 - 11    | 2.6 - 2.7                 |
| 2500 rpm        | 10.5 - 10.6  | 2.6                       |

En el caso del amperaje se observa que a medida que el régimen del motor aumenta, el consumo de corriente se mantiene relativamente constante, pero con un pequeño decremento. Esto sucede debido a que la duración del pulso de encendido se reduce con el aumento de la velocidad del motor. A medida que el motor gira más rápido, el tiempo disponible para cargar la bobina se reduce, lo que significa que se requiere menos corriente para cargarla.

En el caso del periodo los valores tienden a disminuir a medida que se incrementa el régimen del motor. Esto se debe a que, para mantener la sincronización adecuada, la duración del pulso de encendido se debe reducir para asegurar que la chispa se genere en el momento adecuado en el ciclo de combustión. Es decir, el tiempo disponible para cargar la bobina se reduce, ya que el tiempo entre cada ciclo de ignición disminuye. Teniendo así, que el decremento para los valores de 1500 y 2500 rpm en comparación con ralentí es de 0,5ms y 0,6ms respectivamente.

#### 4.2.6. Comprobación señal IGT y señal IGF

Para realizar las respectivas mediciones de las señales IGT (Ignition timing) y la señal IGF (Ignition feedback), inicialmente se ejecuta la interfaz de osciloscopio en la opción de "Osciloscopio universal", y se realizan las siguientes conexiones:

En primer lugar, se debe conectar los cables de medición al canal 2 (CH2) en el osciloscopio, a su vez el extremo negativo debe conectarse al terminal de masa de la batería



(A) y el extremo positivo al pin 2 del módulo de la bobina de encendido (B). Adicionalmente, se conecta el segundo cable de medición al canal 2 del osciloscopio (CH2) y se ubica al pin 3 del módulo de la bobina de encendido (C). La conexión descrita puede observarse en la Figura (4.15). Seguidamente, se procede a encender el vehículo para capturar la señal de activación IGT y la señal IGF.

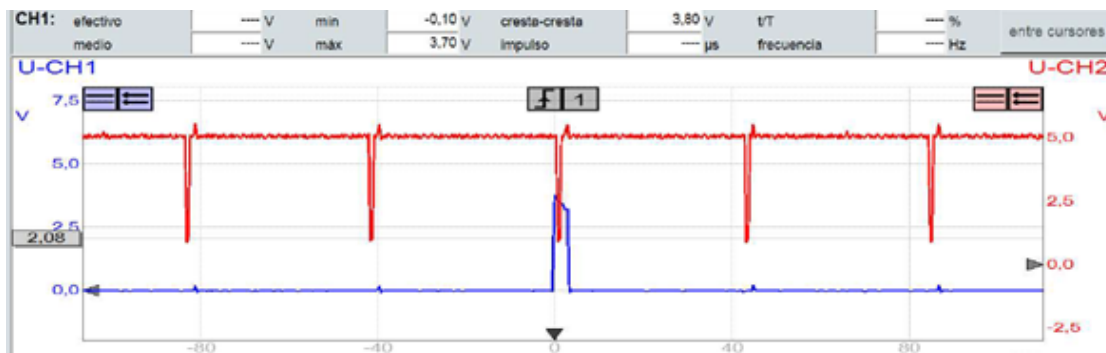


**Figura 4.15.** Conexión de accesorios para la obtención de la señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux

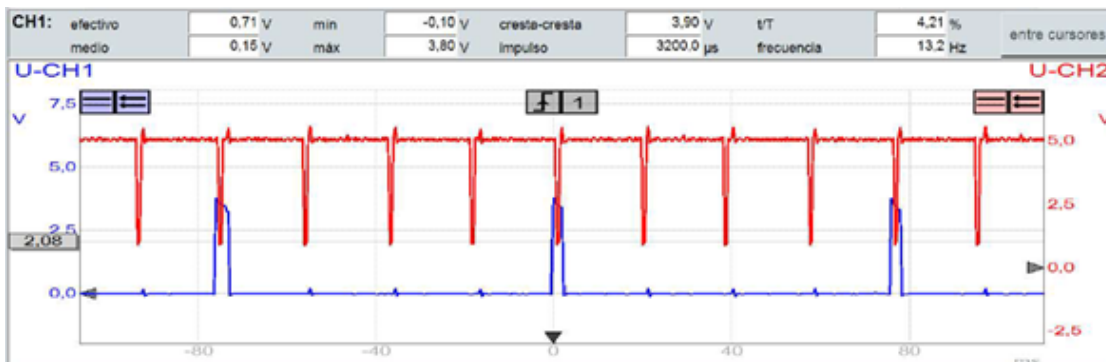
A continuación, en la Figura (4.16) se muestra un ejemplo del oscilograma de la señal IGT en color azul y la señal de retroalimentación IGF en color rojo. Cada una de las mediciones mostradas se las realizó a diferentes regímenes de trabajo del motor, en este caso 690 rpm, 1500 rpm y 2500rpm. Para facilitar la comprensión del documento, es importante mencionar que la Figura (4.16) únicamente presenta las señales obtenidas de un cilindro. Las muestras restantes se pueden consultar en el apartado (B.2) de anexos.

El oscilograma de la señal IGT se representa como una señal digital cuadrada que se utiliza para activar y desactivar el transistor de potencia en el módulo de la bobina de encendido. Por otro lado, la señal IGF se refiere a la señal de retroalimentación de la bobina de encendido, la cual informa a la unidad de control del motor (ECU) cuando

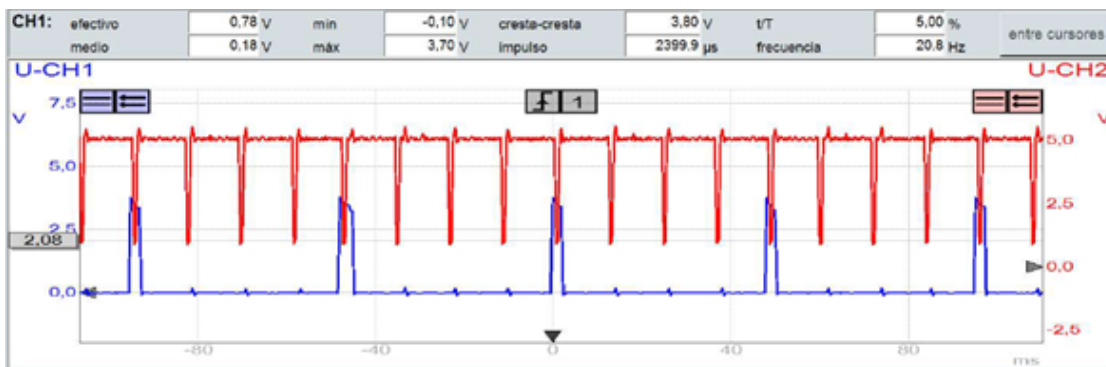
se produce el encendido en cada cilindro. Cuando el voltaje se mantiene en el pulso positivo de la señal, se produce la saturación de la bobina. Por otro lado, Cuando se detecta un consumo de corriente en el tiempo de saturación, se genera una señal IGF que se envía desde la bobina de encendido a la unidad de control del motor (ECU). Cabe destacar que la señal IGF se produce instantes después de la señal IGT.



(a) Prueba a 690 rpm



(b) Prueba a 1500 rpm



(c) Prueba a 2500 rpm

**Figura 4.16.** Oscilograma de la Señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux

En la tabla (4.7) se muestran los valores máximos y mínimos de voltaje de las señales IGT y señal IGF además de los ciclos de trabajo y frecuencia obtenidos en la prueba para todos los cilindros a diferentes regímenes del motor.

**Tabla 4.7.** Tabulación de datos de Prueba de señal IGT e IGF

| Régimen motor | Datos de prueba       |                       |                   |                           |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|
|               | Voltaje señal IGT [V] | Voltaje señal IGF [V] | t/T señal IGT [%] | Frecuencia señal IGT [Hz] |
| 690 rpm       | 3.8                   | 5                     | 2.17              | 5.4                       |
| 1500 rpm      | 3.8 - 3.9             | 5                     | 3.19 - 4.21       | 12 - 13.3                 |
| 2500 rpm      | 3.8 - 3.9             | 5                     | 5 - 5.93          | 20.8 - 21.2               |

En el caso de la señal IGT y la señal IGF se observa que a medida que el régimen del motor aumenta, el voltaje se mantiene relativamente constante. Eso se debe a la gestión electrónica de la unidad de control del motor (ECU).

En el caso de ciclos de trabajo ( $t/T$ ), se registra un decremento en la duración de la señal IGT y la señal IGF respecto al periodo en función de las revoluciones del motor. Esto se debe a que mientras el periodo disminuye, la señal IGT y la señal IGF ocupan un menor tiempo para desarrollarse. Por lo tanto, el incremento del ciclo de trabajo para las pruebas de 1500 y 2500 rpm en comparación con el ralentí es aproximadamente de 59,39 % y 74,52 %

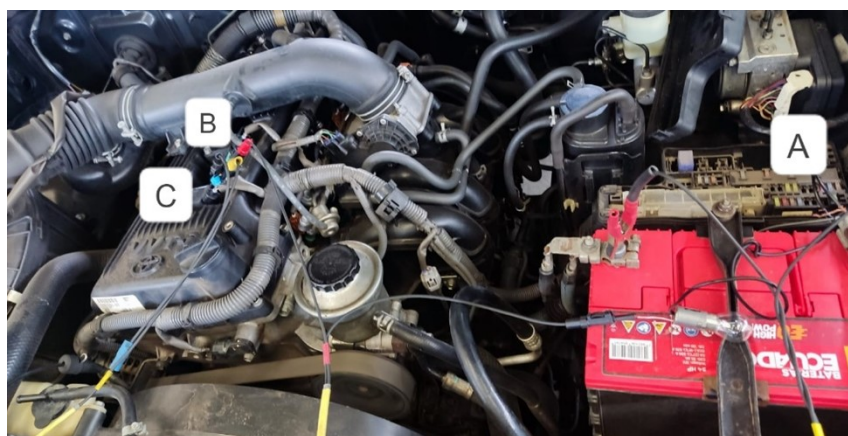
En el caso de la frecuencia, a medida que el régimen del motor aumenta se puede observar un incremento en los valores. Teniendo así que el incremento de la frecuencia para las pruebas de 1500 y 2500 rpm en comparación con ralentí fue de 48,45 % y 63,40 % respectivamente. Este fenómeno se produce debido a que, según el régimen del motor, es necesario saturar la bobina un número mayor de veces, lo que resulta en un aumento en la frecuencia en la que se genera los pulsos.

#### 4.2.7. Comprobación de sensor de posición de cigüeñal y señal IGT

Para realizar las respectivas mediciones de las señales de Sensor de posición de cigüeñal y señal IGT inicialmente se ejecuta la interfaz de osciloscopio en la opción de “Osciloscopio universal”, posteriormente se realizan las siguientes conexiones:

En primer lugar, se conecta el cable de medición al canal 1 (CH1) del osciloscopio, el extremo negativo del cable al terminal de masa de batería (A) y el extremo positivo al pin 2 del módulo de la bobina de encendido (B). Adicionalmente, se conecta el segundo cable de medición al canal 2 (CH2) del osciloscopio, el extremo negativo al terminal de masa de batería (A) y el extremo positivo al socket de la señal de salida de sensor de posición de cigüeñal (C). La conexión descrita puede observarse en la Figura (4.17).

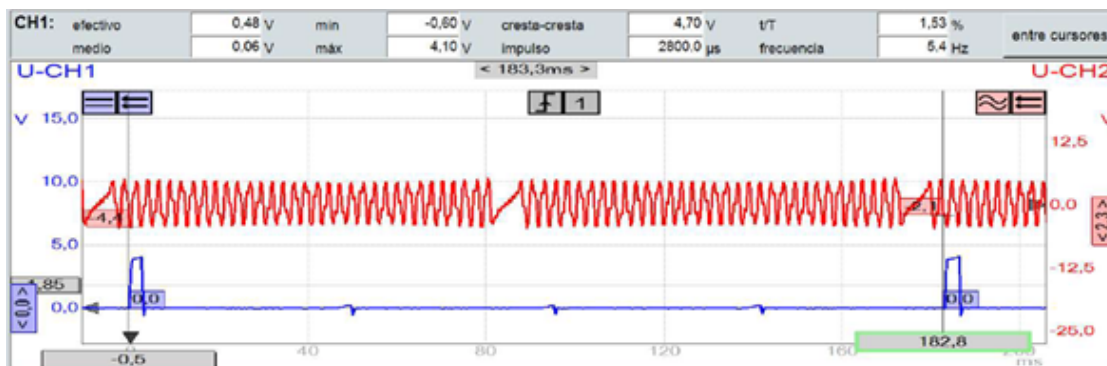
Seguidamente, se procede a encender el vehículo para capturar la señal de Sensor de posición de cigüeñal y señal de activación de módulo de la bobina de encendido.



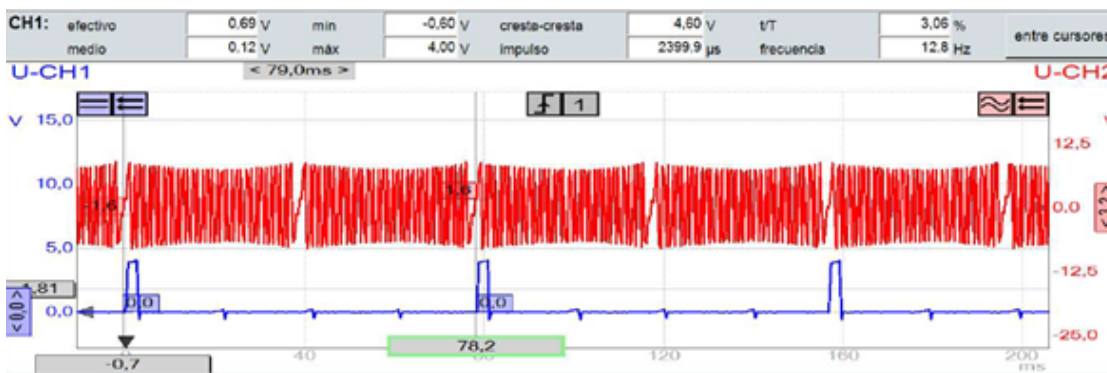
**Figura 4.17.** Conexión de accesorios para la obtención de señal IGT y señal de posición de cigüeñal del vehículo Toyota Hilux

A continuación, en la Figura (4.18) se muestran los oscilogramas de la señal IGT en color rojo y la posición de cigüeñal color azul. Cada una de las mediciones mostradas se las realizó a diferentes regímenes de trabajo del motor, en este caso 690 rpm, 1500 rpm y 2500rpm. Para facilitar la comprensión del documento, es importante mencionar que

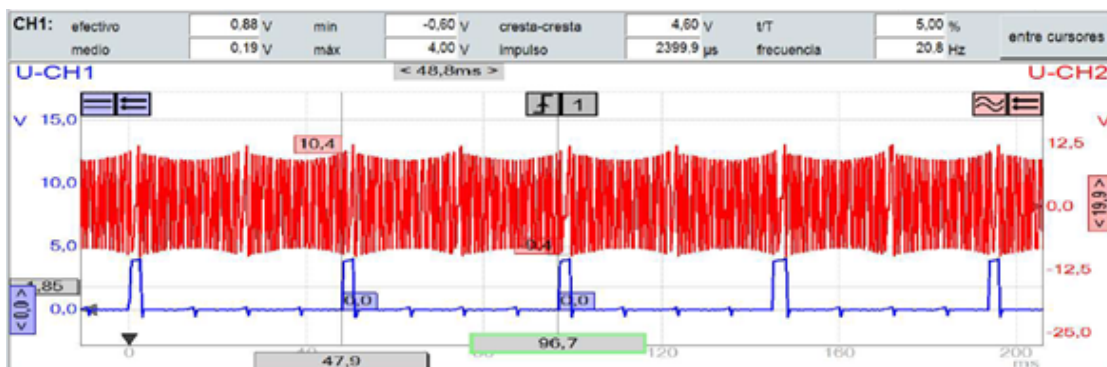
la Figura (4.18) únicamente presenta las señales obtenidas de un cilindro. Las muestras restantes se pueden consultar en el apartado (B.3) de anexos.



(a) Prueba a 690 rpm



(b) Prueba a 1500 rpm



(c) Prueba a 2500 rpm

**Figura 4.18.** Oscilograma del sensor de régimen motor y señal de activación IGT del vehículo Toyota Hilux

En la Tabla (4.8) se presentan los datos de voltaje cresta a cresta, periodo, ciclos de trabajo y frecuencia, los cuales se los realizó a diferentes regímenes de giro del motor.

**Tabla 4.8.** Tabulación de datos de Prueba de señal IGT y señal de sensor de posición de cigüeñal

| Datos de prueba |                                |                 |            |                    |
|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------|--------------------|
| Régimen motor   | Voltaje cresta<br>- cresta [V] | Periodo<br>[ms] | t/T [%]    | Frecuencia<br>[Hz] |
| 690 rpm         | 7.0 - 8.2                      | 183.1 - 183.8   | 1.3 - 2.57 | 5.4                |
| 1500 rpm        | 13.1 - 14.2                    | 72.5 - 79.8     | 3.0 - 3.87 | 12.5 - 13.8        |
| 2500 rpm        | 17.6 - 19.9                    | 46.5 - 48.8     | 5.0 - 5.17 | 20.8 - 21.6        |

En primera instancia se entiende como al voltaje cresta a cresta a la suma de los picos positivos y negativos del voltaje debido a que es una señal alterna. En ese sentido se puede evidenciar que el voltaje se incrementa en función de las revoluciones debido a la excitación de la bobina inductiva del sensor de giro. Así se tiene que el incremento de voltaje cresta - cresta para el régimen de motor de 1500 y 25000 con respecto al ralenti es de 6 y 11,7 voltios respectivamente.

En el caso del periodo los valores tienden a disminuir a medida que se incrementa el régimen del motor. Esto se debe a que se genera un mayor número de revoluciones de la rueda fónica en un mismo periodo de tiempo. Teniendo así, que el decremento para los valores de 1500 y 2500 rpm en comparación con ralenti fue de 56,58 % y 73,45 % respectivamente.

En el caso de la frecuencia, a medida que el régimen del motor aumenta se puede observar un incremento en los valores. Cabe destacar que el valor de la frecuencia es inversamente proporcional al periodo. Teniendo así que el incremento de la frecuencia para las pruebas de 1500 y 2500 rpm en comparación con ralenti fue de 155,5 % y 300 % respectivamente.

Finalmente, para el caso de ciclos de trabajo (t/T), se registra un incremento en la du-

ración de la forma de onda del sensor de giro respecto al periodo en función de las revoluciones del motor. Esto se debe a que mientras el periodo disminuye, la forma de onda del sensor de giro ocupa un menor tiempo para desarrollarse. Por lo tanto, el incremento del ciclo de trabajo para las pruebas de 1500 y 2500 rpm en comparación con el ralenti es aproximadamente de 1,3 y 2,6 puntos porcentuales.

# Capítulo 5

## Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

Para lograr el desarrollo y la implementación de las pruebas piloto y de diagnóstico del módulo de encendido, se requirió una exhaustiva búsqueda de información acerca del sistema de encendido y los vehículos en los que se llevaría a cabo la evaluación. La utilización del programa ESITRONIC del FSA 740 de Bosch facilitó significativamente esta tarea, permitiendo obtener los datos necesarios de manera eficiente.

Se pudo demostrar que el diagnóstico del módulo de encendido ya sea externo o interno, sigue el mismo principio de funcionamiento. Para facilitar la ejecución del diagnóstico en cada vehículo, se optó por crear un flujograma que describe los pasos a seguir durante el proceso de pruebas. Este flujograma permitió una organización eficiente y concisa del proceso de diagnóstico, lo que se tradujo en una mayor eficiencia en el tiempo y recursos invertidos.

Durante la evaluación de cada vehículo, se llevó a cabo diversas pruebas que abarcaron la evaluación de variables relacionadas con la ley de Ohm. Se encontró una tendencia constante en los valores de voltaje debido a la intervención de la Unidad de Control ECU, que proporciona una señal digital cuadrada, resultando en valores de alrededor de 4 voltios en los vehículos evaluados. Por otro lado, los valores de amperaje presentaron variaciones en función del vehículo y de sus particularidades técnicas. En el caso del Chevrolet Alto, se observó una tendencia de incremento en los valores de amperaje a medida que se aumentaba el régimen del motor, registrando valores de 3.9, 4.7 y 4.9 amperios para las pruebas realizadas en 860, 1500 y 2500 RPM, respectivamen-



te. En cambio, para el Toyota Hilux, se encontró una tendencia de decremento en los valores de amperaje, debido a la tasa de refresco más prolongada de cada bobina, lo que evita el sobrecalentamiento del bobinado interno y resulta en valores de 11.1, 11 y 10.6 amperios a régimen de 690, 1500 y 2500 RPM, respectivamente. En general, estos resultados destacan la importancia de considerar las particularidades técnicas de cada vehículo a la hora de evaluar su rendimiento eléctrico. Con respecto al periodo se ha comprobado que la cantidad de pulsos en un mismo período de tiempo disminuye a medida que se incrementa el régimen del motor, lo que puede afectar a la medición de ciertos parámetros. En el caso del Chevrolet Alto, se pudo observar que los valores de los parámetros disminuyeron en un 25,3 % y un 55,14 % a 1500 y 2500 rpm, respectivamente, en comparación con los valores obtenidos en ralentí. Para la Toyota Hilux, los valores de los parámetros disminuyeron en un 56,58 % y un 73,45 % a 1500 y 2500 rpm, respectivamente, lo cual se explica por el hecho de que en este vehículo la señal se produce para un solo cilindro, lo que resulta en una mayor cantidad de tiempo de señal a señal. Estos hallazgos demuestran la importancia de tener en cuenta la influencia del régimen del motor en la medición de los parámetros

En el vehículo Chevrolet Alto, los porcentajes de ciclos de trabajo pasaron de tener un inicial 10.9 % a un régimen de ralentí a tener 44.2 % y 45.6 % a regímenes de 1500 y 2500 rpm, respectivamente. Por otro lado, en el vehículo Toyota Hilux, los porcentajes de ciclo de trabajo pasaron de tener un inicial 2.57 % a régimen de ralentí a tener 3.87 % y 5.17 % a regímenes de 1500 y 2500 rpm.

Después de evaluar las señales IGT y el sensor CKP en los vehículos de prueba, se pudo observar un retraso en el encendido. Los resultados mostraron que, en función del régimen de giro del motor, la frecuencia de la señal IGT aumentó y hubo un mayor número de pulsos en un mismo periodo de tiempo, lo que afectó directamente el ciclo de trabajo de la señal. Además, se evidenció un desplazamiento de la señal IGT con

respecto a la señal del sensor CKP, lo que sugiere un avance en el encendido realizado por la Unidad de Control Electrónico ECU.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda continuar explorando e investigando en nuevas herramientas de diagnóstico, a fin de asegurar un mejor rendimiento y seguridad en el mantenimiento de los vehículos. Es importante destacar la relevancia del programa ESITRONIC del FSA 740 de Bosch, el cual demostró ser una herramienta valiosa en la búsqueda y recopilación de información en este proyecto y puede ser útil en futuros trabajos de investigación en el ámbito automotriz.

Se considera que la utilización de flujogramas para el diagnóstico del módulo de encendido es una herramienta útil y recomendable para llevar a cabo el proceso de forma efectiva y óptima. Se sugiere que este enfoque pueda ser adoptado en futuros proyectos y trabajos relacionados con el diagnóstico de sistemas electrónicos en vehículos.

Es importante tener en cuenta la posible aplicación práctica de estos hallazgos en la educación automotriz. Por ejemplo, los resultados obtenidos en esta investigación podrían ser utilizados para mejorar la formación de los técnicos y estudiantes automotrices, quienes podrían aprender cómo obtener mediciones precisas y confiables de los parámetros del vehículo en diferentes condiciones de operación del motor. De esta manera, los hallazgos de esta investigación podrían tener un impacto en la educación y en la formación de técnicos automotrices.

## Referencias Bibliográficas

1. ACDELCO. (2009). *Catálogo: Cables para Bujías*. <https://bit.ly/3YOMnGq>
2. AEADE. (2021). *Mercado Automotor Regional N°51 – AEADE*. <https://bit.ly/3WosIvn>
3. Alfaro, C., & Enrique, L. (2017). *Mecánica Automotriz: Sistema de encendido*. <https://bit.ly/3WIYK55>
4. Astudillo, L. E. N. (2017). *Diseño de un taller mecánico - eléctrico para el mantenimiento automotriz*. <https://bit.ly/3C2IYLE>
5. Auto-y-técnica. (2018). *Funcionamiento del Encendido electrónico integral - Auto y Técnica*. <https://bit.ly/3WrrCyW>
6. Ayala, R. D. (2013). *Sistema de Encendido Cop*. <https://bit.ly/3PWefo5>
7. Bello, M. Á. P. (2017). *Sistemas auxiliares del motor 2.ª edición*. <https://bit.ly/3WGXBuS>
8. BERU. (2017). *Información completa sobre las bobinas de encendido*. <https://bit.ly/3I3kKUn>
9. Bosch, R. (2002). *Los sensores en el automóvil*. <https://bit.ly/3VpBtng>
10. Bosch, R. (2020a). *Baterías: Intermedio: Baterías módulo II: Intermedio*. <https://bit.ly/3WvyH1B>
11. Bosch, R. (2020b). *Cables para bujías BOSCH*. <https://bit.ly/3hVWaKj>
12. Bosch, R. (2021). *Bosch Automotive Aftermarket*. <https://bit.ly/3WrgG4A>
13. Calleja, D. G. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. <https://bit.ly/3WuvFuW>
14. Castillo, F. A. C. (2020). *Bobinas Encendido DIS COP*. <https://bit.ly/3jwKmPc>
15. Cerquera, A. M. D. (2009). *Diseño e Implementación de un dispositivo de diagnóstico para sistemas de encendido de vehículos de inyección electrónica*. <https://bit.ly/3PXm4tH>
16. Concepcion, M. (2011). *Sensores Automotrices y Analisis de Ondas*. Createspace Independent Pub. <https://bit.ly/3hQmMwq>
17. Corrales, L. F. C. (2014). *La Batería Automotriz*. <https://bit.ly/3ImkrUT>
18. Denton, T. (2016). *Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil. Tecnología automotriz: mantenimiento y reparación de vehículos (4º)*. <https://bit.ly/3jmmmhu>
19. Elmeligy, M. M., Shaaban, M. F., Azab, A., Azzouz, M. A., & Mokhtar, M. (2021). A mobile energy storage unit serving multiple EV charging stations. *Energies*, 14. <https://doi.org/10.3390/en14102969>
20. Escudero, S. (2011). *Motores*. Macmillan Iberia. <https://bit.ly/3GIDz kf>
21. Gélvez, J. A. G. .-, Mojica, C. H., Kaul, V., & Isla, L. (2016). La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina. <https://bit.ly/3I4tgT5>
22. General-Motors. (2016). *ACDELCO Catálogo Bujías*. ACDELCO. <https://bit.ly/3VnJHN7>

23. Hardung, B., Kölzow, T., & Krüger, A. (2004). Reuse of software in distributed embedded automotive systems. *EMSOFT 2004 - Fourth ACM International Conference on Embedded Software*, 203-210. <https://doi.org/10.1145/1017753.1017787>
24. Hella. (2004). *Manual: Bobinas de Encendido - Función, Estructura, Chispa, Averías y Diagnósis - Mecánica Automotriz*. <https://bit.ly/3hRjysk>
25. Hurtado, J. I. L. (2019). Motores alternativos de combustión interna. *Apuntes privados de Termodinámica y Máquinas Térmicas, Universidad Pontificia Comillas.*, 427-476. <https://bit.ly/3vkg30B>
26. INEC. (2019). Anuario de Estadísticas de Transporte 2019. <https://bit.ly/3jsPgN4>
27. Larico, H. A. (2018). *Diagnóstico del sistema de encendido por bobinas independientes COP (bobina de encendido sobre la bujía) del motor TOYOTA 1AZ FSE*. <https://bit.ly/3PUESK1>
28. Macías, O. (2015). *Estudio y análisis del sistema de encendido y arranque del toyota prius*. GUAYAQUIL / UIDE / 2015. <https://bit.ly/3WMpWQt>
29. Martínez, J. C. (2020). *Sstemas Fuel Injection*. <https://bit.ly/3WNevIa>
30. Medina, J. L. M., & Uyaguary, J. F. N. (2019). *Análisis Del comportamiento de motores de combustión interna ciclo Otto y Diésel durante el efecto producido por averías en el sistema Electronico*. Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca. <https://bit.ly/3jy9xk9>
31. Mitianiec, W., & Rodak, U. (2011). Control problems in a turbocharged spark-ignition engine. <https://bit.ly/3I06sUp>
32. Moina, A. A. Z. (2021). *Diagnóstico del sistema de encendido del motor Chevrolet Sail a partir del analizador FSA 500*. Universidad Internacional del Ecuador. <https://bit.ly/3vlnHry>
33. Motorsport, B. (2020). *Knock Sensor KS4-P*. <https://bit.ly/3hRYqCp>
34. Muñoz, D., & Rovira, A. (2015). Motores de combustion interna. UNED - Universidad Nacional de Educacion a Distancia, 511. <https://bit.ly/3vghOvY>
35. Núñez & Balseca, O. (2013). *Implementación de un banco didáctico para el estudio de funcionamiento de los sistemas de encendido electrónico del automóvil en la escuela de ingeniería automotriz*. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH). <https://bit.ly/3C3iJn8>
36. Payri, F., & Desantes, J. M. (2015). Motores de combustión interna alternativos. <https://bit.ly/3VweO9k>
37. Pérez, J. M. A. (2014). *Sistemas auxiliares del motor*. <https://bit.ly/3Gv4M4h>
38. Pérez Bello, M. Á. (2021). *Sistemas auxiliares del motor 3ª edición (3º)*. Ediciones Paraninfo, SA. <https://bit.ly/3WOqMvU>
39. Pichler, M., Krenmayr, N., Schneider, E., & Brand, U. (2021). EU industrial policy: Between modernization and transformation of the automotive industry. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 38, 140-152. <https://doi.org/10.1016/J.EIST.2020.12.002>

40. Pico-technology. (2019). *Encendido: bobina sobre bujía, secundario (uso del rango de mV)*. <https://bit.ly/3PXu6mc>
41. Reinoso, F. E. C., & Salvador, K. R. M. (2018). Diseño y construcción de equipo para el diagnóstico de dispositivos electrónicos usados en el encendido de motores de combustión interna. <https://bit.ly/3VqUIxa>
42. Rivero, A. Á. L. (2014). De sistema mecánico a sistema tecnológico complejo El caso de los automóviles. *Contaduría y Administración*, 59, 11-39. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(14\)71253-7](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(14)71253-7)
43. Rocha, J. C., & Sarmiento, E. S. (2017). *SISTEMAS DE ENCENDIDO SIN DISTRIBUIDOR DIS Y COP*. Universidad Internacional SEK. <https://bit.ly/3I6HeDQ>
44. Rodríguez Melchor, J. C. (2012). Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto, 368. <https://bit.ly/3Ghd5PR>
45. Romero, L. M., & Maldonado, W. S. (2008). Diseño y construcción de un sistema prototipo para bloqueo electrónico en vehículos a carburador. <https://bit.ly/3Vqu2wD>
46. Salazar, C. (2001). *INACAP Sistema de Encendido e Inyección Electrónica* (Vol. Volumen 1). <https://bit.ly/3vhXSzt>
47. Salvador, R. J. P. (2019). *Plan estratégico para impulsar el posicionamiento de la mecánica automotriz "Mantencar" ubicada en la ciudad de Quito*. PUCE - Quito. <https://bit.ly/3jrAjLb>
48. Sánchez, E. (2011). Encendidos Transistorizados. *Sistemas Auxiliares del Motor*, 45-74. <https://bit.ly/3jrBf29>
49. Sapiensman. (2003). *Distribuidor de encendido electrónico*. <https://bit.ly/3PZ8eab>
50. Zurita, D. B. P., & Osejos, J. V. M. (2018). La responsabilidad de la Universidad en la transformación de la matriz productiva del sector automotriz del Ecuador. *INNOVA Research Journal*, 3, 136-145. <https://doi.org/10.33890/INNOVA.V3.N5.2018.532>

# Anexo A

## Anexos de vehículo Chevrolet Alto

### A.1. Datos de prueba de Encendido primario Adaptación completa

#### encend.primario (adaptac. completa)

7.70 13.08.2021

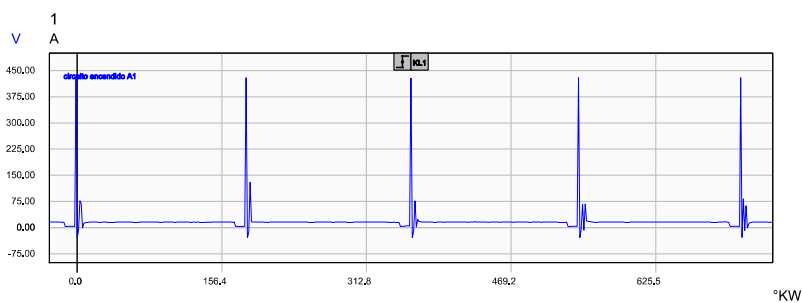
|                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Orden</b>                          | <b>Fecha</b> 16.11.2022 15:14:38      |
| <b>Cliente</b>                        | <b>Empresa</b>                        |
| Tel                                   | Tel                                   |
| Fax                                   | Fax                                   |
| Email                                 | Email                                 |
| <b>Vehículo</b>                       |                                       |
| Make                                  |                                       |
| Model                                 |                                       |
| Código del motor                      | Gasolina 4 tiempos / 4 cilindro / ROV |
| Placa del vehículo                    |                                       |
| Número de identificación del vehículo |                                       |
| kilometraje                           |                                       |

#### Prueba: encend.primario (adaptac. completa)

1

A 1

| Resultado             | Unidad | Mín. | Máx. | Medido |
|-----------------------|--------|------|------|--------|
| número revoluciones   | 1/min  | ---- | ---- | 860    |
| temperatura aceite    | °C     | ---- | ---- | 66,3   |
| tensión de batería    | V      | ---- | ---- | 13,6   |
| tensión a borne 15    | V      | ---- | ---- | 13,6   |
| tens. contact.dinám.  | V      | ---- | ---- | 3,5    |
| corr. prim. max.(CH1) | A      | ---- | ---- | 3,58   |
| ángulo de cierre      | %      | ---- | ---- | 6,5    |

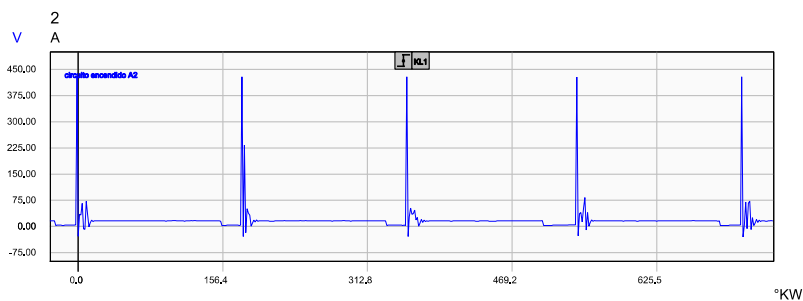


2

A 1

| Resultado           | Unidad | Mín. | Máx. | Medido |
|---------------------|--------|------|------|--------|
| número revoluciones | 1/min  | ---- | ---- | 1620   |
| temperatura aceite  | °C     | ---- | ---- | 67,1   |

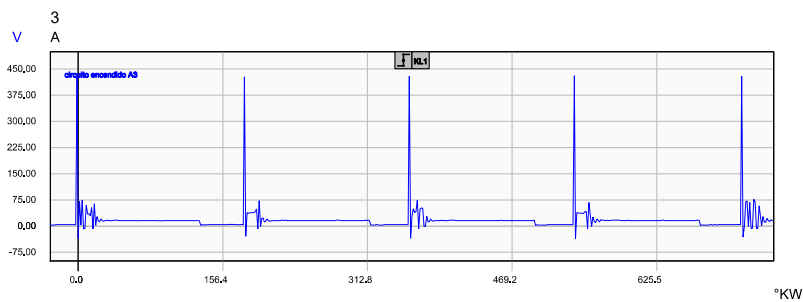
|                       |   |     |     |      |
|-----------------------|---|-----|-----|------|
| tensión de batería    | V | --- | --- | 13.7 |
| tensión a borne 15    | V | --- | --- | 13.7 |
| tens. contact.dinám.  | V | --- | --- | 3.5  |
| corr. prim. max.(CH1) | A | --- | --- | 3.62 |
| ángulo de cierre      | % | --- | --- | 13.1 |



## 3

## A 1

| Resultado             | Unidad | Mín. | Máx. | Medido |
|-----------------------|--------|------|------|--------|
| número revoluciones   | 1/min  | ---  | ---  | 2490   |
| temperatura aceite    | °C     | ---  | ---  | 68.3   |
| tensión de batería    | V      | ---  | ---  | 13.8   |
| tensión a borne 15    | V      | ---  | ---  | 13.8   |
| tens. contact.dinám.  | V      | ---  | ---  | 3.8    |
| corr. prim. max.(CH1) | A      | ---  | ---  | 4.28   |
| ángulo de cierre      | %      | ---  | ---  | 25.9   |

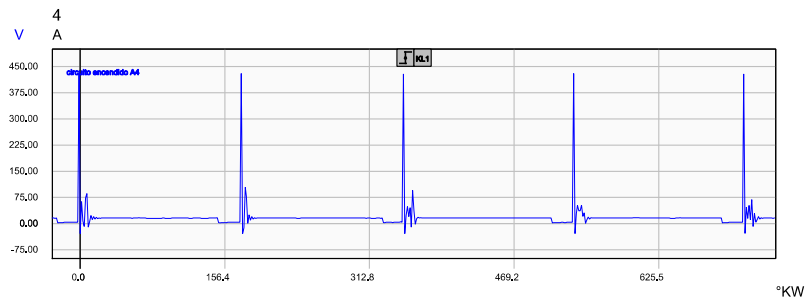


## 4

## A 1

| Resultado            | Unidad | Mín. | Máx. | Medido |
|----------------------|--------|------|------|--------|
| número revoluciones  | 1/min  | ---  | ---  | 1660   |
| temperatura aceite   | °C     | ---  | ---  | 69.3   |
| tensión de batería   | V      | ---  | ---  | 13.7   |
| tensión a borne 15   | V      | ---  | ---  | 13.7   |
| tens. contact.dinám. | V      | ---  | ---  | 3.6    |

|                       |   |     |     |      |
|-----------------------|---|-----|-----|------|
| corr. prim. max.(CH1) | A | --- | --- | 3,66 |
| ángulo de cierre      | % | --- | --- | 13,6 |



**Figura A.1.** Informe de prueba de encendido primario Adaptación completa

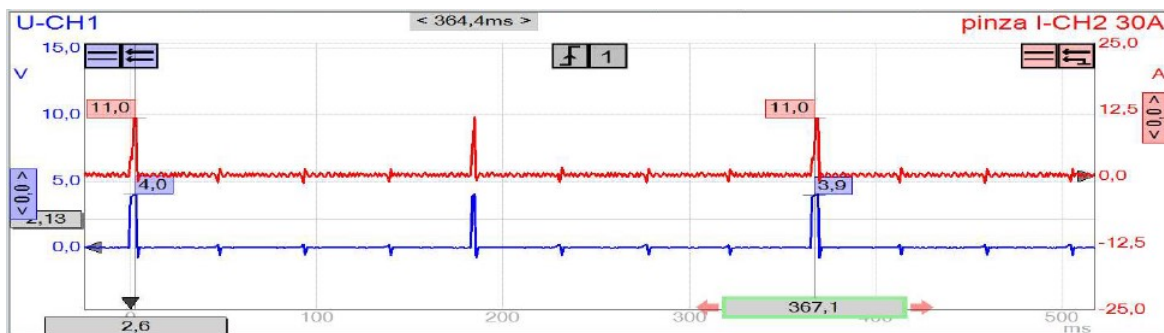


## Anexo B

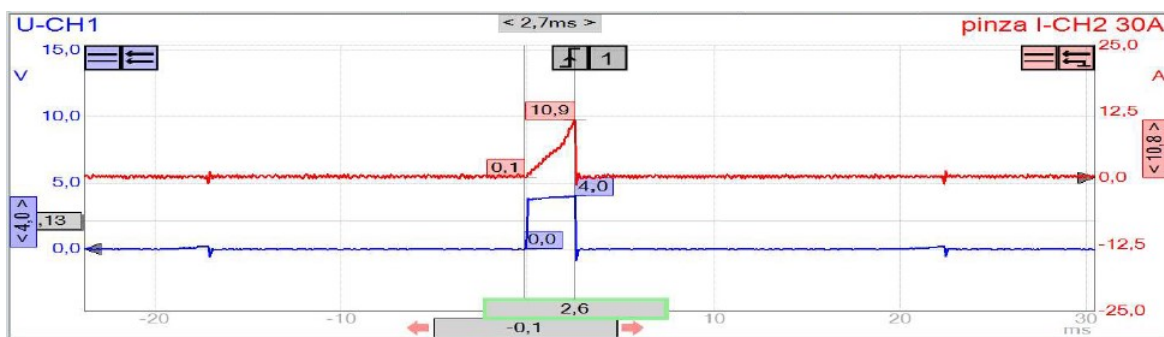
### Anexos de vehículo Toyota Hilux

#### B.1. Datos de prueba de señal IGT y consumo de corriente

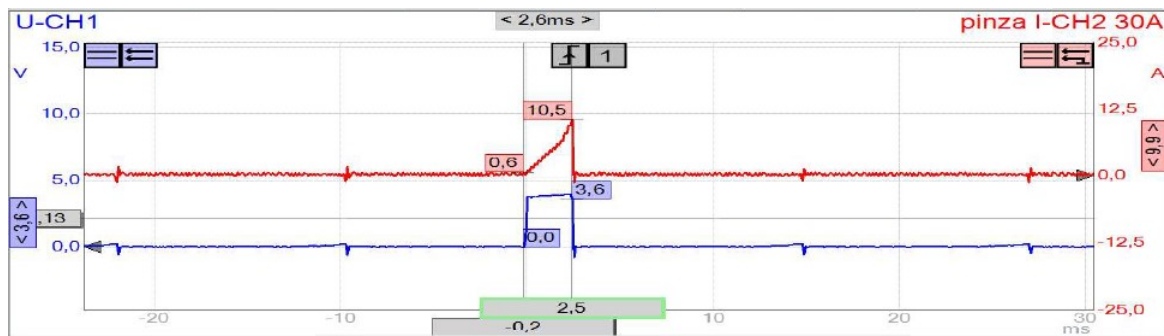
A continuación se muestra los oscilogramas de la prueba de Señal IGT y consumo de corriente.



(a) Prueba a 690 rpm

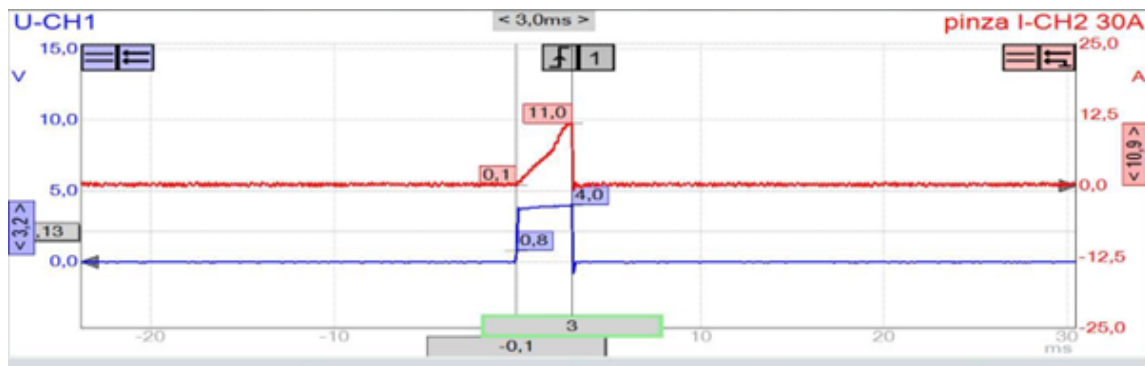


(b) Prueba a 1500 rpm

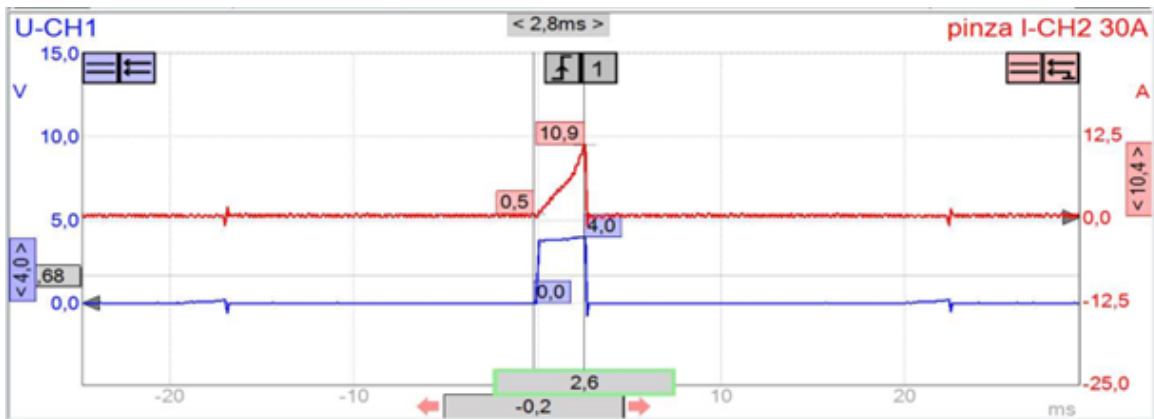


(c) Prueba a 2500 rpm

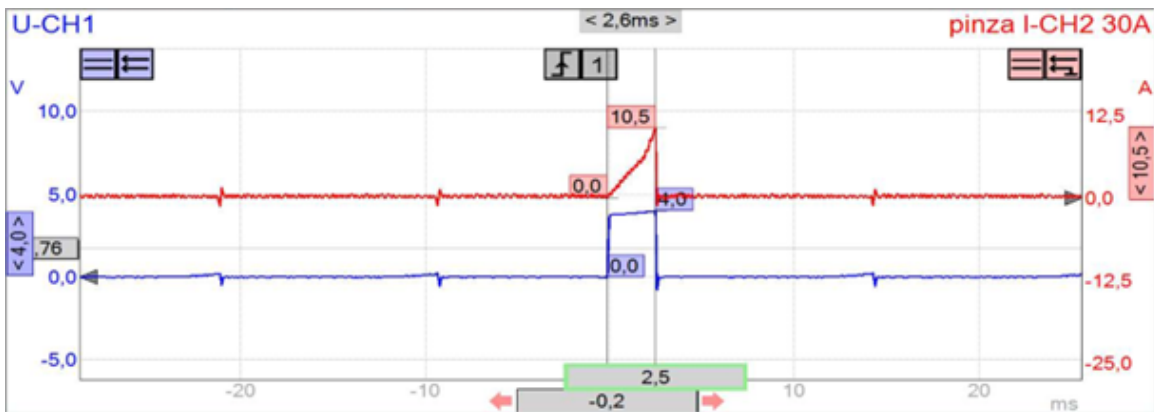
**Figura B.1.** Oscilograma de la Señal IGT y corriente del vehículo Toyota Hilux para el cilindro 1



(a) Prueba a 690 rpm

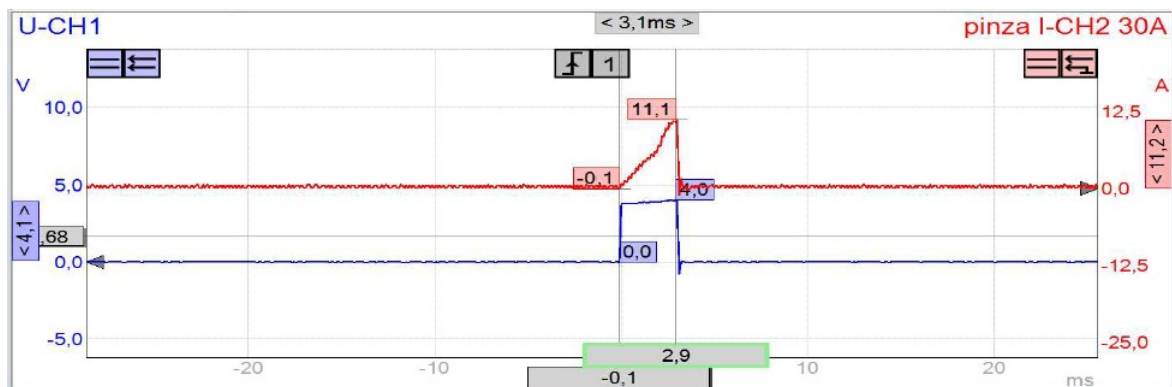


(b) Prueba a 1500 rpm

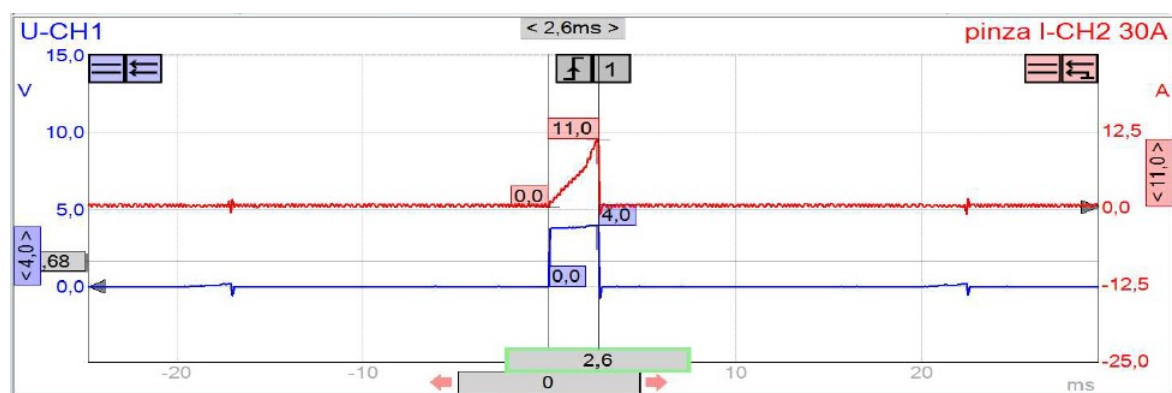


(c) Prueba a 2500 rpm

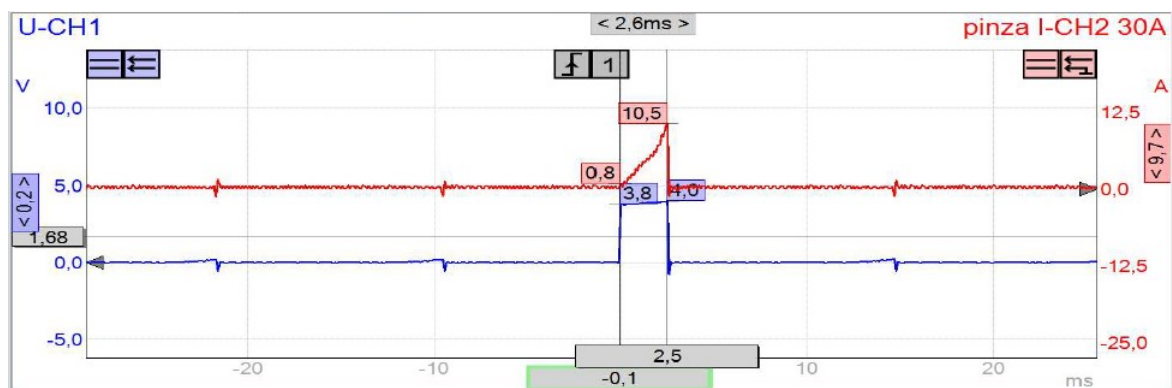
**Figura B.2.** Oscilograma de la Señal IGT y corriente del vehículo Toyota Hilux para el cilindro 2



(a) Prueba a 690 rpm

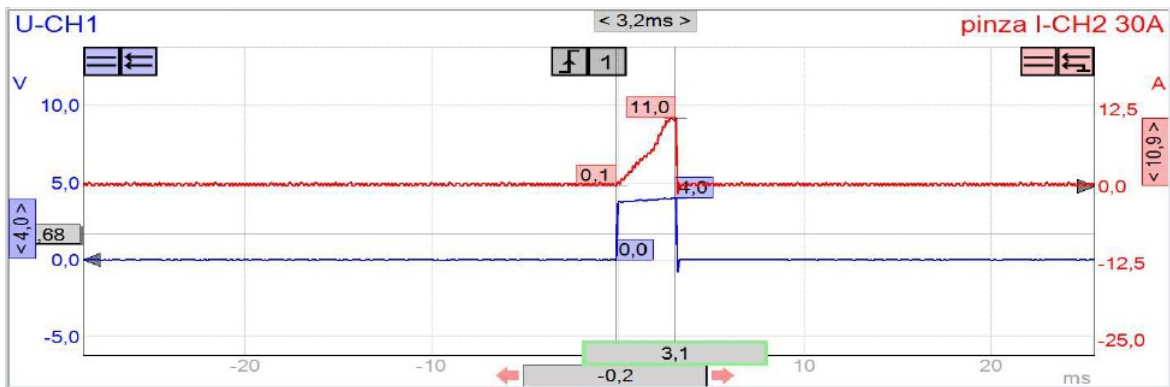


(b) Prueba a 1500 rpm

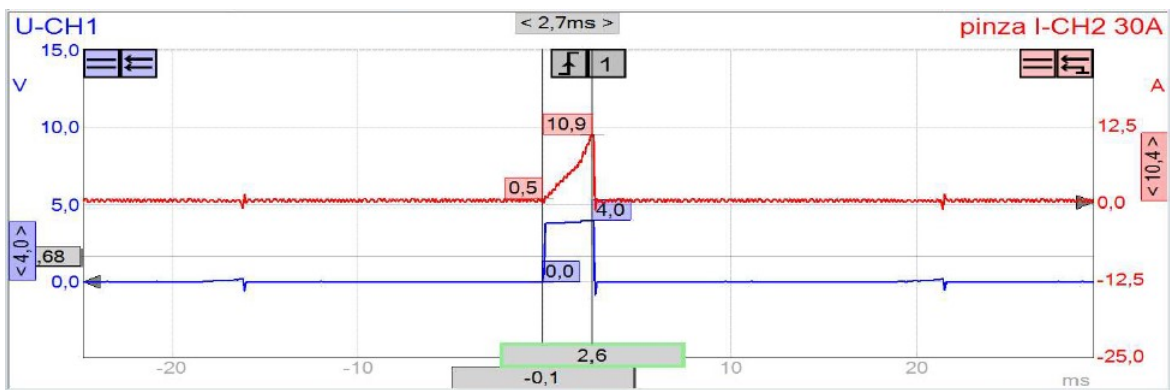


(c) Prueba a 2500 rpm

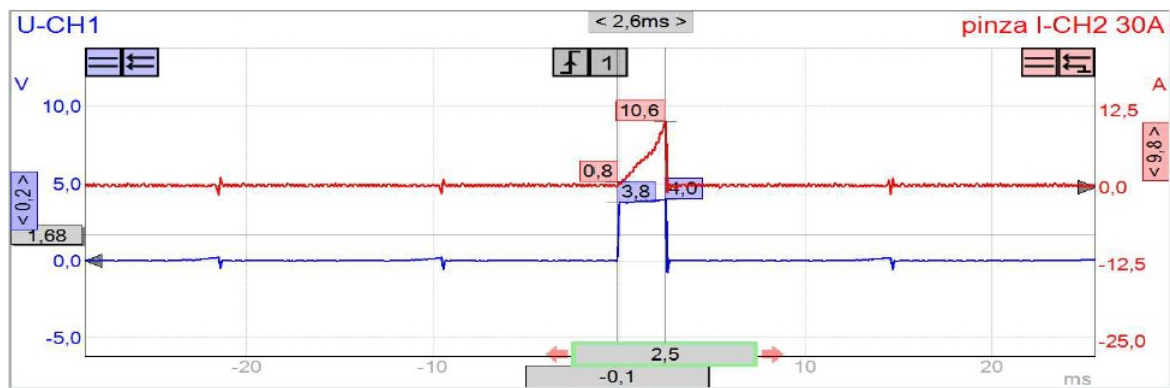
**Figura B.3.** Oscilograma de la Señal IGT y corriente del vehículo Toyota Hilux para el cilindro 3



(a) Prueba a 690 rpm



(b) Prueba a 1500 rpm

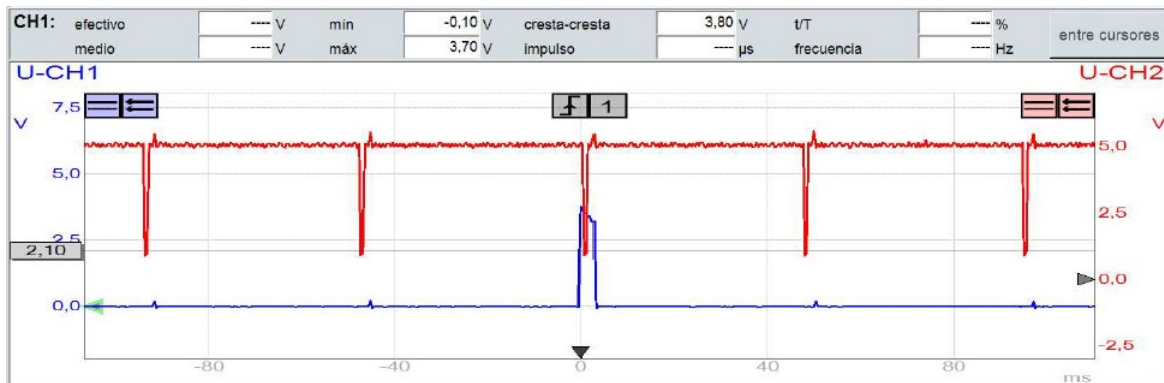


(c) Prueba a 2500 rpm

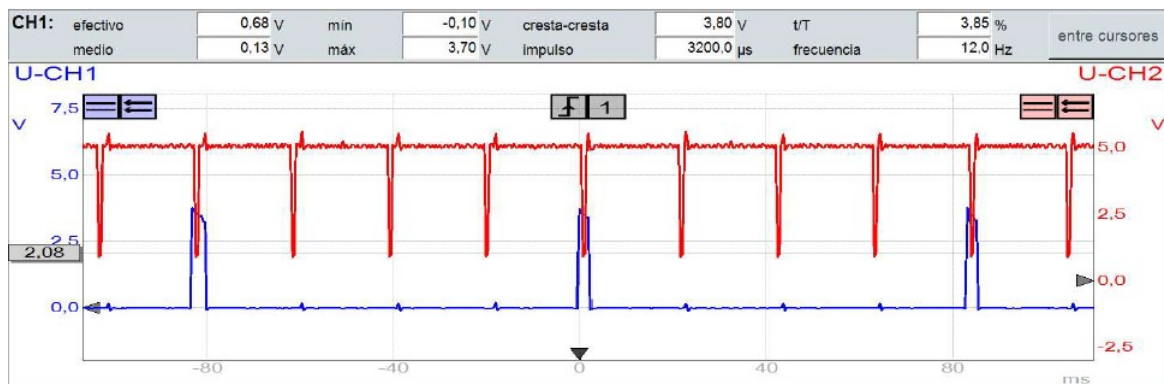
**Figura B.4.** Oscilograma de la Señal IGT y corriente del vehículo Toyota Hilux para el cilindro 1

## B.2. Datos de prueba de señal IGT y señal IGF

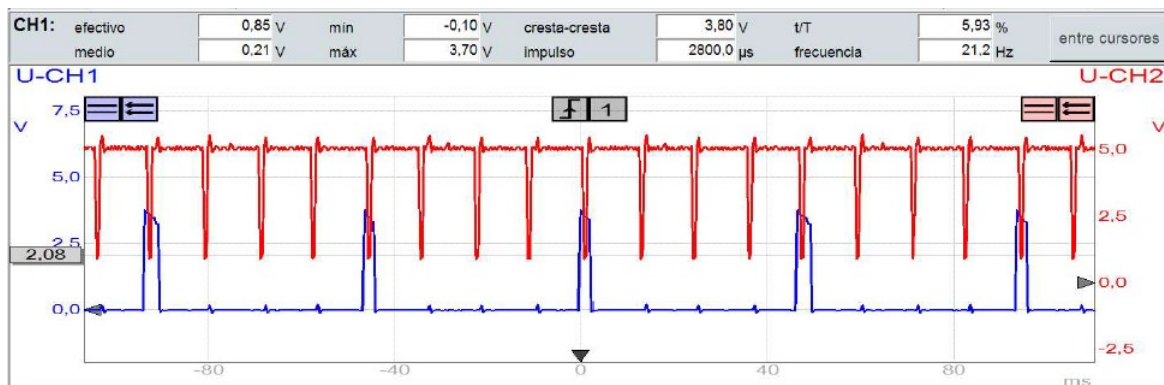
A continuación se muestra los oscilogramas de la prueba de señal IGT y señal IGF.



(a) Prueba a 690 rpm



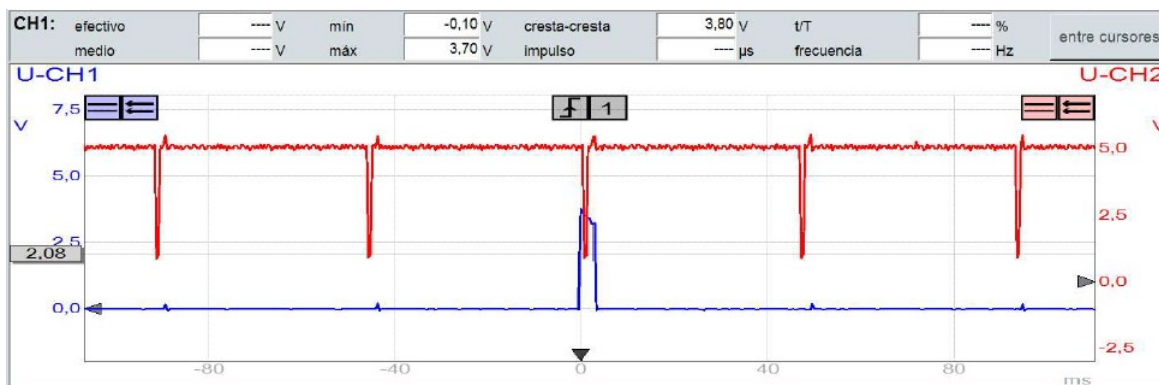
(b) Prueba a 1500 rpm



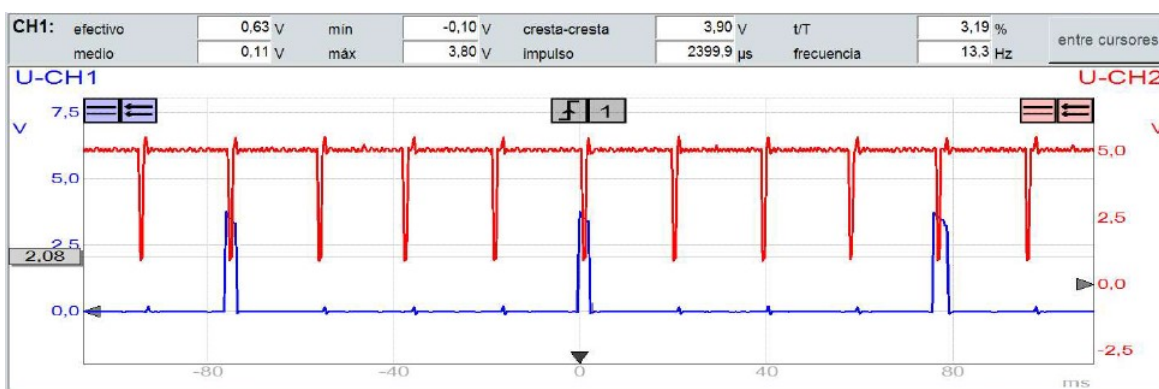
(c) Prueba a 2500 rpm

Figura B.5. Oscilograma de la Señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux para cilindro 1

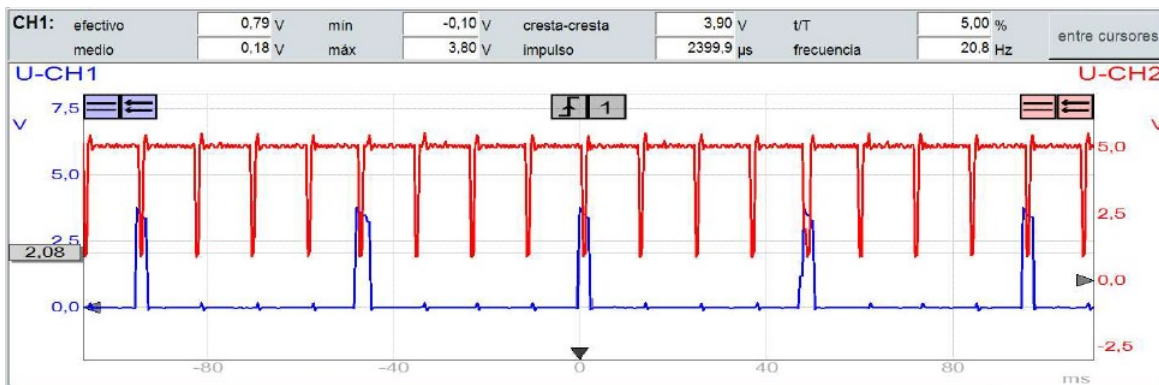




(a) Prueba a 690 rpm

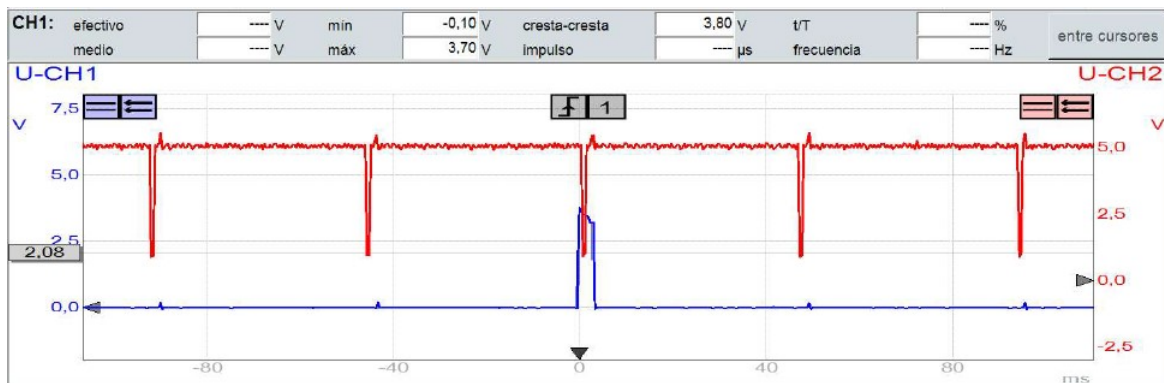


(b) Prueba a 1500 rpm

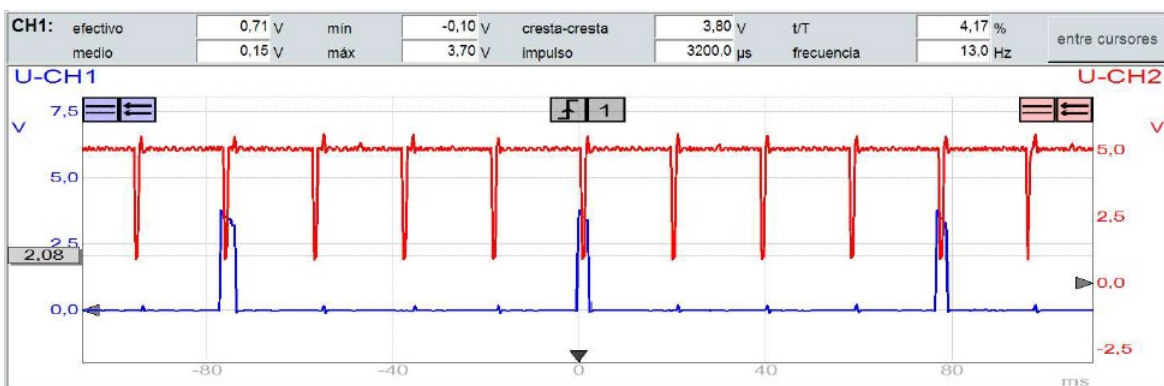


(c) Prueba a 2500 rpm

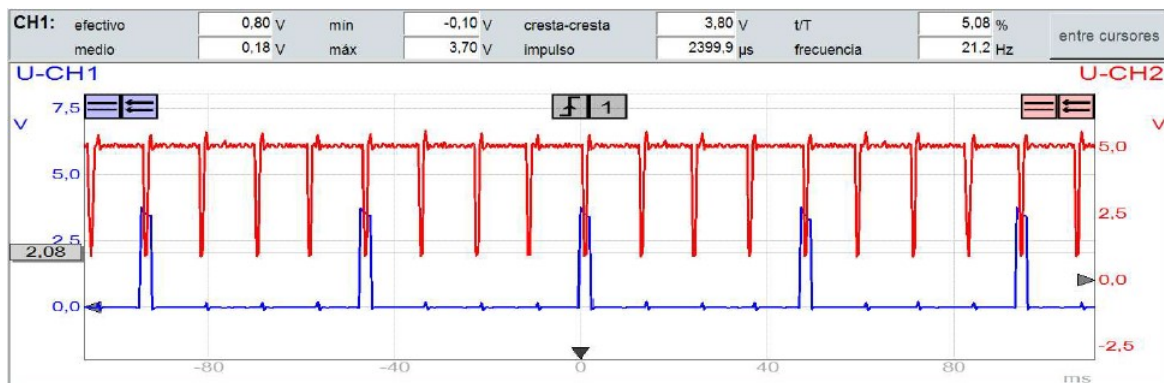
**Figura B.6.** Oscilograma de la Señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux para cilindro 2



(a) Prueba a 690 rpm

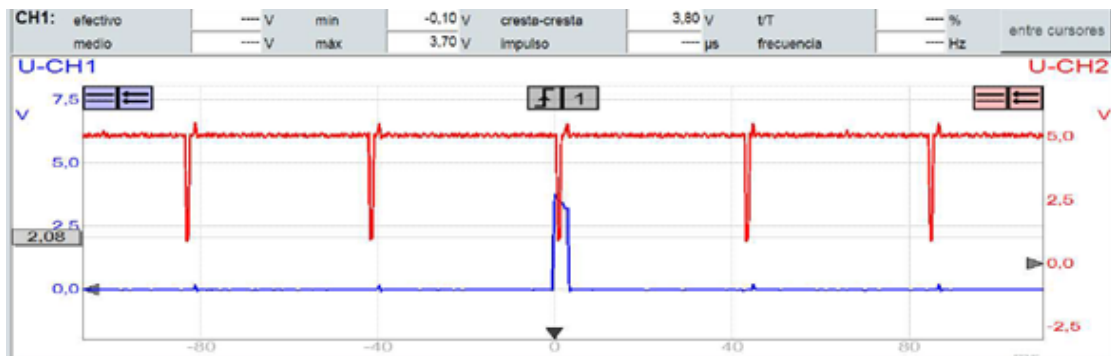


(b) Prueba a 1500 rpm

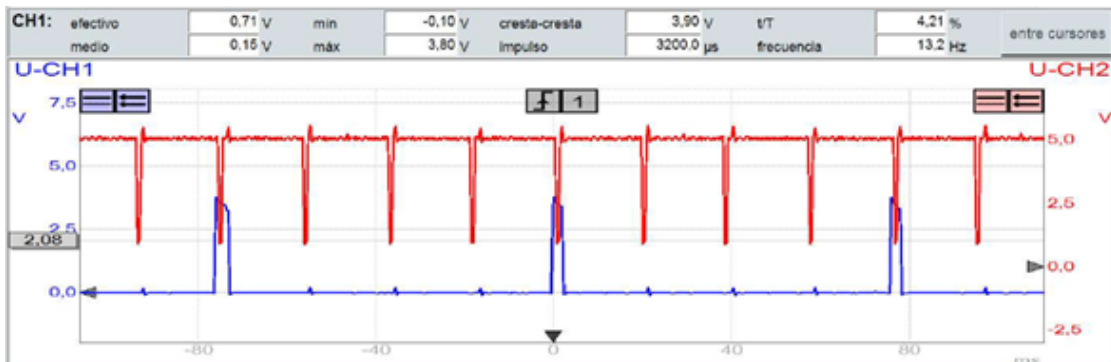


(c) Prueba a 2500 rpm

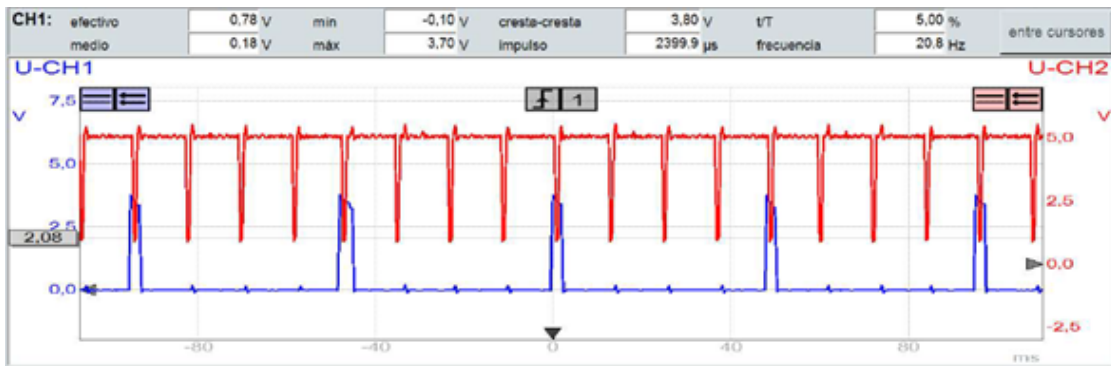
**Figura B.7.** Oscilograma de la Señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux para cilindro 3



(a) Prueba a 690 rpm



(b) Prueba a 1500 rpm



(c) Prueba a 2500 rpm

**Figura B.8.** Oscilograma de la Señal IGT y señal IGF del vehículo Toyota Hilux para cilindro 4



### B.3. Datos de prueba sensor de posición de cigüeñal y señal IGT

A continuación se muestra los oscilogramas de la prueba de sensor CKP y señal IGT.



(a) Prueba a 690 rpm

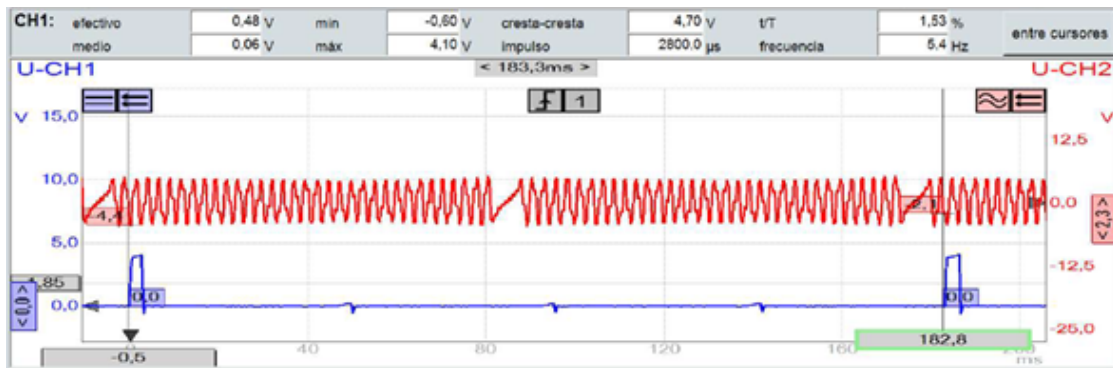


(b) Prueba a 1500 rpm

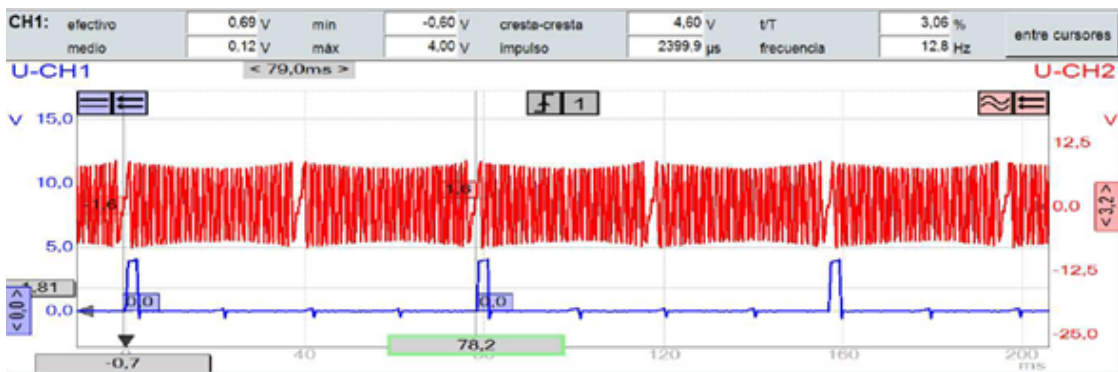


(c) Prueba a 2500 rpm

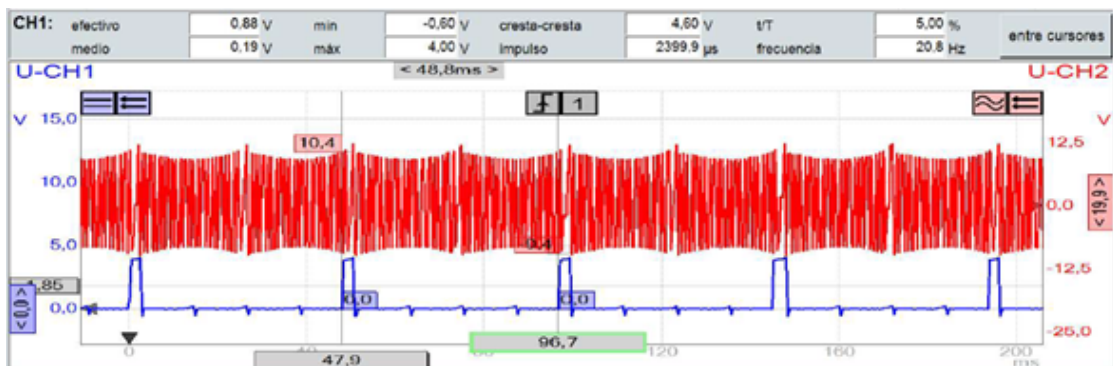
**Figura B.9.** Oscilograma del sensor de régimen motor y señal de activación IGT para cilindro 1 del vehículo Toyota Hilux



(a) Prueba a 690 rpm

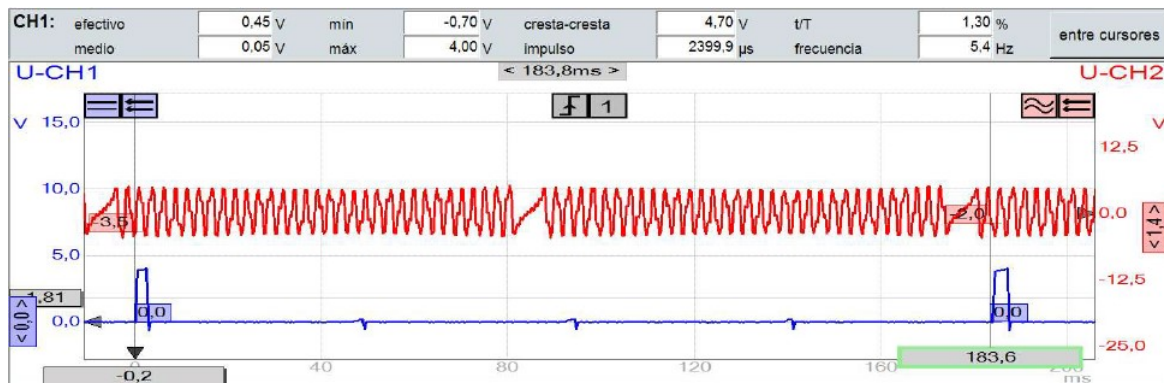


(b) Prueba a 1500 rpm

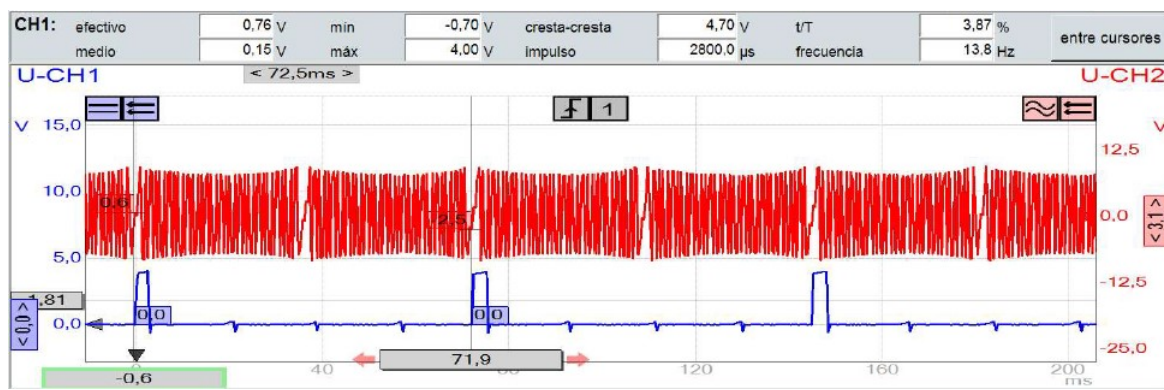


(c) Prueba a 2500 rpm

**Figura B.10.** Oscilograma del sensor de régimen motor y señal de activación IGT para cilindro 2 del vehículo Toyota Hilux



(a) Prueba a 690 rpm



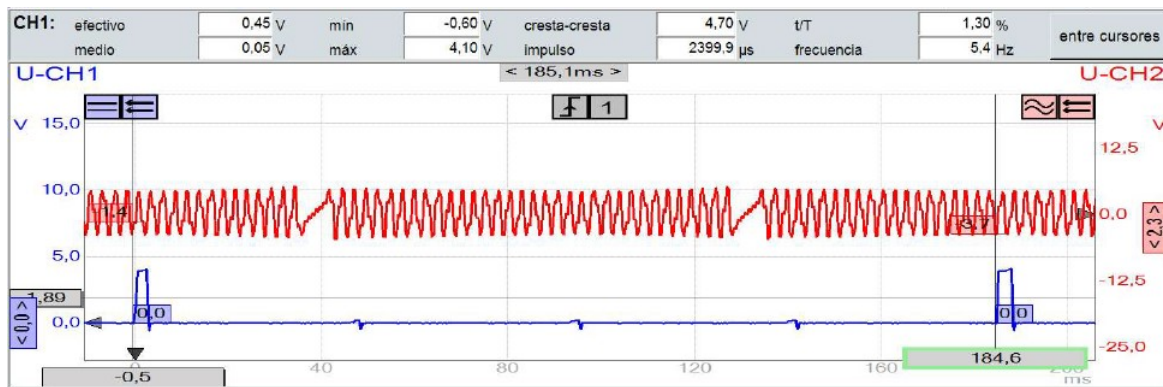
(b) Prueba a 1500 rpm



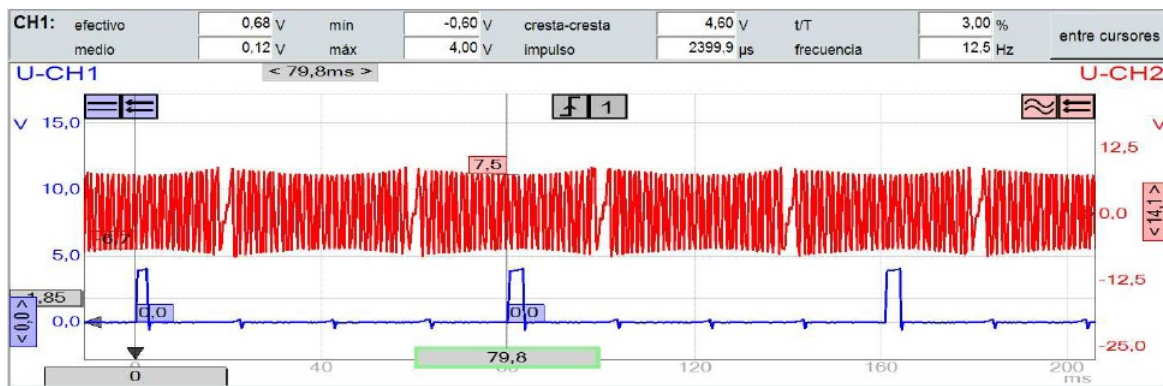
(c) Prueba a 2500 rpm

**Figura B.11.** Oscilograma del sensor de régimen motor y señal de activación IGT para cilindro 3 del vehículo Toyota Hilux





(a) Prueba a 690 rpm



(b) Prueba a 1500 rpm



(c) Prueba a 2500 rpm

**Figura B.12.** Oscilograma del sensor de régimen motor y señal de activación IGT para cilindro 4 del vehículo Toyota Hilux