



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO
AUTOMOTRIZ

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

Análisis de la sincronización de la ignición en motores MEP a través de
sensores de posición para diagnosis

AUTORES: CHRISTIAN ANDRÉS BASTIDAS BENALCÁZAR
KEVIN ALEXIS BENAVIDES IPIALES

DIRECTOR: ING. ERIK PAÚL HERNÁNDEZ RUEDA MSc.

Ibarra, Noviembre 2022

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento 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 **"Análisis de la sincronización de la ignición en motores MEP a través de sensores de posición para diagnóstico"** presentado por el señor: Bastidas Benalcázar Christian Andrés con número de cédula 1004547848, 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 29 días del mes noviembre del 2022.

Atentamente



Ing. Erik Hernández MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

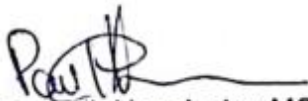
En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es **"Análisis de la sincronización de la ignición en motores MEP a través de sensores de posición para diagnosis"** presentado por el señor: Benavides Ipiales Kevin Alexis con número de cédula 1004605133, 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 29 días del mes noviembre del 2022.

Atentamente



Ing. Erik Hernández MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004547848		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Bastidas Benalcázar Christian Andrés		
DIRECCIÓN:	Ibarra, San Francisco, Cruz Verde		
EMAIL:	cabastidasb@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062640154	TELÉFONO MÓVIL:	0986711293
DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004605133		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Benavides Ipiales Kevin Alexis		
DIRECCIÓN:	Ibarra, San Francisco, Los Ceibos		
EMAIL:	kabenavidesi@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062644263	TELÉFONO MÓVIL:	0985292386

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Análisis de la sincronización de la ignición en motores MEP a través de sensores de posición para diagnosis
AUTOR (ES):	Bastidas Benalcázar Christian Andrés Benavides Ipiales Kevin Alexis
FECHA: DD/MM/AAAA	29/11/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Erik Paúl Hernández MSc.

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de noviembre de 2022

LOS AUTORES:



Bastidas Benalcázar Christian Andrés

1004547848



Benavides Ipiates Kevin Alexis

1004605133

Contenido

RESUMEN	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	14
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	14
1.3 ALCANCE.....	15
1.4 JUSTIFICACIÓN	15
1.5 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (MCI)	16
1.5.1 COMPONENTES MECÁNICOS	16
1.5.2 CICLOS DE FUNCIONAMIENTO.....	18
1.5.3 ORDEN DE ENCENDIDO	19
1.6 TIPOS DE DISTRIBUCIÓN.....	20
1.6.1 VÁLVULA LATERAL (SV).....	20
1.6.2 VÁLVULA EN CULATA (OHV)	20
1.6.3 ÁRBOL DE LEVAS EN CULATA (OHC).....	21
1.6.4 DOBLE ÁRBOL DE LEVAS EN CULATA (DOHC).....	21
1.7 COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE SINCRONIZACIÓN.....	21
1.7.1 TIPOS DE SENSORES DE POSICIÓN	21
1.7.2 SENSOR DE POSICIÓN DE CIGUEÑAL (CKP)	22
1.7.3 SENSOR DE POSICIÓN DE ÁRBOL DE LEVAS (CMP)	22
1.8 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SINCRONIZACIÓN.....	23
1.8.1 ENCENDIDO CONVENCIONAL	23

1.8.2	ENCENDIDO ELECTRÓNICO	23
1.9	DIAGNÓSTICO DE FALLOS EN EL SISTEMA DE ENCENDIDO	24
1.10	EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO	25
1.10.1	BOSCH FSA 740.....	25
1.10.2	MÓDULO DE MEDICIÓN KTS 560.....	25
1.10.3	MÓDULO DE MEDICIÓN FSA 720	26
1.10.4	OPACÍMETRO BEA 070 – ANALIZADOR DE GASES BEA 060	27
1.10.5	SISTEMA OPERATIVO.....	27
CAPÍTULO II.....		28
2	MATERIALES Y MÉTODOS	28
2.1	MATERIALES	28
2.1.1	VEHÍCULO DE PRUEBA.....	28
2.1.2	EQUIPO FSA 720	29
2.1.3	PINZA AMPERIMÉTRICA 30 A.....	30
2.2	MÉTODOS	31
2.2.1	MEDICIÓN DE COMPONENTES.....	32
2.3	Glosario.....	35
CAPÍTULO III.....		36
3	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES	36
3.1	RESULTADOS.....	36
3.1.1	ANÁLISIS DE PARÁMETROS	36
3.1.2	ANÁLISIS COMPARTIVO ENTRE COMPONENTES	39
3.2	DISCUSIONES.....	45
PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO.....		48
CAPÍTULO IV		51
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51

4.1	CONCLUSIONES	51
4.2	RECOMENDACIONES.....	52
	REFERENCIAS.....	53
	ANEXOS	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Partes del motor.....	17
Figura 1.2 Ciclos de funcionamiento de MCI	18
Figura 1.3 Equipo de diagnóstico FSA 740.....	25
Figura 2.1 Módulo FSA 720.....	29
Figura 2.2 Pinza amperimétrica Bosch.....	30
Figura 2.3 Diagrama de flujo de sincronización electrónica	31
Figura 2.4 Ubicación y diagrama eléctrico sensor CKP.....	32
Figura 2.5 Ubicación y diagrama eléctrico sensor CMP	33
Figura 2.6 Ubicación y diagrama eléctrico bobina cilindro uno	33
Figura 3.1 Resultado oscilograma sensor CKP	36
Figura 3.2 Resultado oscilograma sensor CMP.....	37
Figura 3.3 Resultados oscilograma bobina COP	38
Figura 3.4 Comparativa entre sensores CKP y CMP ralentí	39
Figura 3.5 Comparativa entre sensores CKP y CMP 3000rpm	40
Figura 3.6 Comparativa entre CMP y bobina COP ralentí.....	41
Figura 3.7 Comparativa entre CMP y bobina COP 3000 rpm.....	42
Figura 3.8 Comparativa entre sensor CKP y bobina ralentí.....	43
Figura 3.9 Comparativa entre sensor CKP y bobina 3000rpm.....	44
Figura 3.10 Fallo en sensor CMP	46
Figura 3.11 Fallo bobina de ignición y CMP	47
Figura 3.12 Fallo bobina de ignición.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Fallas de encendido del motor	24
Tabla 1.2 Rangos de medición del osciloscopio.....	26
Tabla 2.1 Materiales.....	28
Tabla 2.2 Ficha técnica vehículo	28
Tabla 2.3 Ficha técnica FSA 720.....	29
Tabla 2.4 Ficha técnica pinza amperimétrica Bosch	30
Tabla 3.1 Resultados del sensor CKP.....	37
Tabla 3.2 Resultados sensor CMP	38
Tabla 3.3 Resultados bobina tipo COP.....	38
Tabla 3.4 Desfase CKP y CMP ralentí	39
Tabla 3.5 Desfase CKP y CMP 3000rpm	40
Tabla 3.6 Desfase sensor CMP y bobina COP ralentí	41
Tabla 3.7 Desfase sensor CMP y bobina COP 3000rpm	42
Tabla 3.8 Desfase entre CKP y bobina COP ralentí.....	43
Tabla 3.9 Desfase entre CKP y bobina COP 3000 rpm.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

I ORDEN DE ENCENDIDO FORD F150 5.4L 2003	58
II RUEDA DENTADA CKP	58
III RUEDA DENTADA CMP	59
IV RESISTENCIA-VOLTAJE-FRECUENCIA SENSOR CKP	59
V RESISTENCIA-VOLTAJE-FRECUENCIA SENSOR CMP	61
VI MEDICIONES SENSORES CKP Y CMP RALENTÍ	63
VII MEDICIONES SENSORES CKP Y CMP 3000 RPM	65
VIII MEDICIONES SENSOR CMP Y BOBINA COP RALENTÍ	67
IX MEDICIONES SENSOR CMP Y BOBINA COP 3000 RPM	69
X MEDICIONES SENSOR CKP Y BOBINA COP RALENTÍ	71
XI MEDICIONES SENSOR CKP Y BOBINA COP 3000 RPM	73
XII AVANCE DE ENCENDIDO RÉGIMEN RALENTÍ Y 3000 RPM	75

RESUMEN

El trabajo realizado se basa en la medición de la sincronización del cilindro uno y el momento de ignición generado por las bobinas tipo COP en motores de encendido provocado a través de sensores de posición (CKP y CMP), mediante los cuales se analizaron los parámetros emitidos por dichos componentes electrónicos a través de un multímetro digital que, al compararlos con los datos brindados por el fabricante se comprobó su estado de funcionamiento. Luego, se utilizó el osciloscopio que integra el banco de pruebas Bosch FSA 740 para obtener las señales características de los mismos y así compararlos de manera simultánea; haciendo uso de los dos canales que dispone el equipo, se realizaron varias mediciones a diferentes velocidades de motor (ralentí y 3000 rpm) para determinar un promedio del desfase existente entre los sensores de posición y el momento exacto en el que se activa la bobina de ignición. Finalmente, se provocaron fallos en los componentes mencionados para poder definir posibles averías mecánicas o electrónicas en el sistema de distribución del motor, y con estos datos se realizó una tabla de diagnóstico a manera de resumen en la cual se señalaron las probables causas que provocan inestabilidad del motor debido a una mala sincronía de partes mecánicas o a su vez fallos en el conjunto electrónico. A través de este procedimiento se efectuó un diagnóstico no invasivo para verificar el estado del sistema de sincronización del motor evitando gastos innecesarios de tiempo y dinero.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene la finalidad de mejorar la eficiencia del diagnóstico automotriz a través de nuevas tecnologías aplicadas a la electrónica del vehículo, evitando procesos de desmontaje innecesarios en componentes mecánicos. Un avance vanguardista son los bancos de diagnóstico integrados de Bosch, específicamente hablando del FSA 740 el cual facilita el uso de varios accesorios para un análisis profundo.

Para determinar la importancia que tienen estas nuevas tecnologías en la actualidad, se realizó un estudio en el cual se recopilaron datos importantes de los manuales de taller del vehículo marca Ford F-150 5.4L año 2003, con el propósito de conocer los parámetros de funcionamiento adecuados de los sensores de posición CMP y CKP como a su vez de las bobinas de ignición tipo COP.

Con la información recolectada se realiza un flujograma en el cual se detalla la metodología a seguir para determinar el buen o mal funcionamiento del sistema de distribución del vehículo, haciendo uso de una investigación de tipo práctica en donde se producen ensayos de prueba y error.

Se comprobó los sensores y el actuador de forma individual con el fin de corroborar que los parámetros sensados concuerden con los proporcionados por el fabricante, además, se desarrolló comparaciones de las señales de los componentes en conjunto para verificar el desfase que existe entre la parte mecánica y electrónica.

Para una mejor validación de los resultados se efectuó fallos en los componentes electrónicos anteriormente mencionados, que consisten en producir interferencias en las líneas de comunicación del cableado para determinar la variación del desfase generado por dichas anomalías, comparando y teniendo como referencia los datos de funcionamiento del motor en buen estado. Como resultado de la investigación se generó una tabla de diagnóstico con la cual se puede analizar el correcto funcionamiento del sistema de sincronización del motor.

CAPÍTULO I

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Por qué se producen fallas de ignición en un motor y qué consecuencias trae?

Existen algunas razones por las que existen fallas de ignición, una de las más importantes se debe a una mala sincronización de este o por mal funcionamiento de sus sensores de posición.

Esto puede ocasionar averías en el motor dependiendo de qué tan desfasado se encuentre el sistema de distribución, de acuerdo con (Gutierrez, 2021), las fallas más comunes que se producen por una mala sincronización son: pérdida de fuerza en el motor, esto sucede porque las válvulas de admisión y de escape no realizan correctamente su ciclo, puesto a que puede estar demasiado adelantado o atrasado, lo que también produce un golpeteo en el mismo; dificultad a la hora del encendido debido a que, al no estar bien sincronizado, la chispa no salta en el momento adecuado y no permite que la mezcla aire – combustible se inflame a tiempo, esto también conlleva a un aumento en el consumo de combustible y por ende de las emisiones que salen por el tubo de escape (HC y CO), de acuerdo con (Vintimilla Jarrín, 2015) esto ocurre porque el combustible no se quema completamente.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Medir la sincronización del cilindro 1 y el momento de ignición en motores de encendido provocado a través de sensores de posición.

1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Diferenciar las señales y gráficas de los componentes de sincronización del motor con el banco de pruebas FSA-740.
- Formular un estudio comparativo entre los parámetros de los sensores CKP y CMP con el sistema de ignición (bobina).
- Establecer procesos de diagnóstico correctos para la sincronización del motor de manera electrónica

1.3 ALCANCE

El estudio se centró en la sincronización de tres componentes esenciales de los MEP, que son los sensores de posición CKP y CMP con el sistema de ignición de la chispa, del modelo COP (bobina sobre bujía) en el cual se tomaron sus señales a través del banco de pruebas BOSCH FSA-740, este trabajo se lo realizó en un vehículo tipo camioneta, marca Ford, modelo F150, año 2003 con un motor 5.4 litros, que se encuentren en la ciudad de Ibarra.

Se llegó a provocar fallos en cada sistema con el fin de analizar diferentes factores como son las gráficas, señales, corrientes y voltajes en cada componente y en conjunto, para poder lograr un proceso de diagnóstico correcto en una mala sincronización de motor y de esta forma se analizó los síntomas que ocasionan este tipo de fallas y los daños que surgen en los vehículos, de manera electrónica.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En los automóviles modernos, la sincronización de un motor conlleva dos partes importantes: la mecánica y electrónica, de tal manera que van a estar enlazados para que sus señales generen la chispa en el momento adecuado, si esto no llega a suceder, el sistema va a presentar anomalías o fallos lo que conlleva a problemas de consumo de combustible y fallas mecánicas, causando un aumento de gastos económicos para el propietario.

A raíz de estos inconvenientes se produce un aumento en las emisiones vehiculares lo cual va a afectar directamente a la población debido a que este tipo de gases son nocivos para la salud y el ambiente; según (Chiriboga Bustamante, 2018) en la ciudad de Ibarra en los últimos 10 años los gases contaminantes han aumentado un 6.54% debido a diferentes factores y uno de ellos va a ser el mal mantenimiento de los sistemas ignición de los motores.

El estudio que se realizó va a tener un impacto positivo con la comunidad y el ambiente, que, a través de un buen diagnóstico de ignición se obtiene un efecto directo en la reducción de gases contaminantes que son expulsados por el tubo de escape de los automóviles, lo que va a generar una limitación de la contaminación ambiental, minimizando el efecto de los gases de invernadero que son perjudiciales para humanos, animales y plantas. De esta manera el proyecto aportó en el cumplimiento del objetivo de “*Garantizar los*

derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones”, de acuerdo con (CNP, 2021).

1.5 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (MCI)

Las máquinas térmicas necesitan de tres principales componentes para realizar su trabajo: combustible, comburente (oxígeno) y calor. Los motores de combustión interna trabajan de manera similar al sistema respiratorio de un ser vivo debido a que necesitan oxígeno, el cual se obtiene del aire, de acuerdo con (Ayala, 2016), este es uno de los elementos principales para que el motor lleve a cabo su funcionamiento; además debe realizar el trabajo de expulsión de gases residuales. A estos se los denominan sistemas de admisión y de escape, respectivamente.

Este proceso se lleva a cabo desde que el aire ingresa al colector, pasa al múltiple de admisión donde se mezcla con el combustible, para luego llegar a la cámara de combustión, donde se realiza la transformación de energía química a mecánica, y así finalmente los gases combustionados sean expulsados a través del múltiple de escape, de acuerdo con (Malo Boza, 2013).

1.5.1 COMPONENTES MECÁNICOS

En la figura 1.1 se muestra los componentes principales de un motor de combustión los cuales están conformados por una serie de elementos mecánicos (móviles y fijos) que, en conjunto, permiten un correcto funcionamiento del motor; (León, 2019) afirma que no todos los motores son iguales, pero las principales piezas que comparten entre sí son las siguientes:

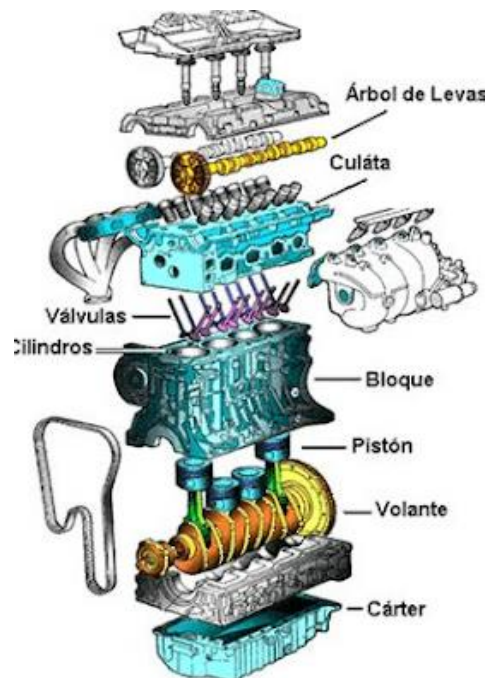


Figura 1.1 Partes del motor

(Guzmán, 2020)

1.5.1.1 CONJUNTO BIELA MANIVELA

Está conformado por tres componentes esenciales: los pistones, reciben directamente el impacto de la combustión realizando un movimiento lineal; el cigüeñal está acompañado en su extremo del volante de inercia, generalmente fabricados de hierro fundido que cumplen la función de transformar el movimiento rectilíneo de los pistones en circular, la biela es el elemento de unión entre el cigüeñal y los pistones para realizar el trabajo (Noroña et al., 2017).

1.5.1.2 BLOQUE Y CILINDROS

El bloque es un elemento fijo del motor, que cuenta con orificios que se denominan cilindros, en los cuales se van a movilizar los pistones de manera vertical, el bloque tiene tantos pistones como cilindros tenga el motor; además, tiene un mecanizado interno por el cual va a circular el líquido refrigerante (Barona López & Velasteguí López, 2020).

1.5.1.3 CÁRTER

Es un depósito que se encuentra unido a la parte inferior del bloque a través de una junta hermética, el cárter se encarga de almacenar el aceite del motor, para posteriormente distribuirlo gracias a una bomba de aceite (Buchelli, 2015).

1.5.1.4 VÁLVULAS Y ÁRBOL DE LEVAS

Según (Boza, 2018), las válvulas se encargan de ingresar o expulsar gases, en el lado de admisión introducen aire del ambiente en los cilindros, las de escape permiten que los gases producidos por la combustión sean librados al exterior. El árbol de levas controla la apertura o cierre de las válvulas en el momento exacto.

1.5.1.5 CULATA

Se encuentra ubicada en la parte superior del bloque mediante una junta especial que evita fugas de compresión y líquido refrigerante; en ella se encuentra el sistema de accionamiento de válvulas y árbol de levas (Mantilla, 2010).

1.5.2 CICLOS DE FUNCIONAMIENTO

En la actualidad los vehículos de transporte o tipo turismo usan el ciclo de motor de cuatro tiempos sin importar el número de cilindros que tengan. En la figura 1.2 se observa de forma teórica las carreras que recorre el pistón en un ciclo de trabajo.

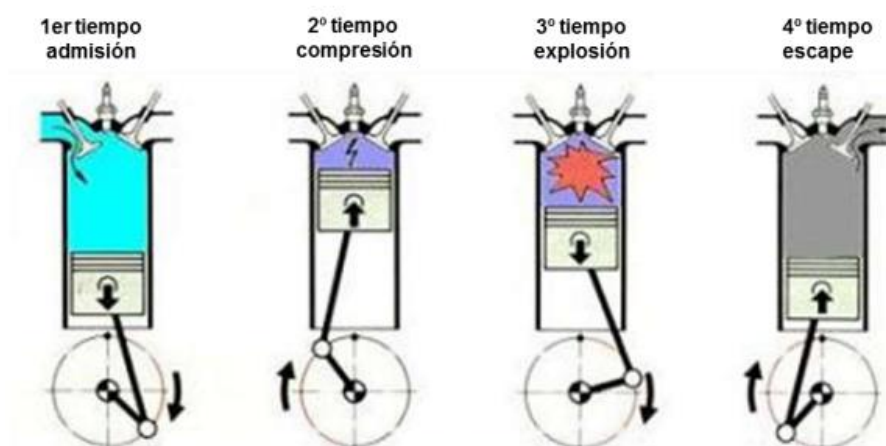


Figura 1.2 Ciclos de funcionamiento de MCI
(Yolanda et al., 2018)

1.5.2.1 CICLO OTTO.

Para el correcto funcionamiento de un motor mecánico debe cumplir una serie ordenada de pasos, tomando en cuenta un motor de cuatro tiempos, el pistón va a cumplir cuatro carreras mientras el cigüeñal recorrerá dos vueltas y el árbol de levas una de manera sincrónica (Yolanda, Morales, & Guzmán, 2018).

- **Carrera de admisión.** – La válvula de admisión se abre y el pistón comienza el descenso, ingresando la mezcla comprendida entre aire y combustible.
- **Carrera de compresión.** – La válvula de admisión se cierra y el pistón comienza a subir de manera que comprime la mezcla.
- **Carrera de explosión.** – El pistón un momento antes de llegar al punto muerto superior (PMS) salta la chispa de la bujía ocasionando la explosión de la mezcla haciendo bajar el pistón.
- **Carrera de escape.** – La válvula de escape se abre mientras el pistón sube nuevamente, dejando libre el paso de los gases quemados para ser expulsados al ambiente.

1.5.2.2 CICLO DIESEL

Este ciclo es muy similar al Otto, cumpliendo con sus 4 carreras del pistón que son: admisión, compresión, expansión y escape; sin embargo, las carreras de admisión y expansión difieren de la del ciclo Otto debido a que no se utiliza una energía de ignición independiente para que se produzca la combustión.

De acuerdo con (Rubio, 2020), en la carrera de admisión ingresa solamente aire a la cámara de combustión el cual se comprime hasta que el pistón está cerca del punto muerto superior, luego se inyecta el combustible directamente a la cámara para iniciar con el proceso de expansión del motor; en este ciclo, el orden de inyección de combustible cumple la misma función que el orden de encendido en el caso de ciclo Otto.

1.5.3 ORDEN DE ENCENDIDO

Los motores de combustión interna independientemente el número de cilindros que este posea deberá tener un orden de encendido concreto dependiendo de su diseño y construcción, este orden es necesario para repartir las fuerzas generadas en los cojinetes de bancada, equilibrando equitativamente el cigüeñal, evitando que cilindros adyacentes generen el encendido al mismo tiempo.

El orden de encendido de los cilindros depende del sistema de encendido del motor, ya que este se sincroniza dependiendo la secuencia de los pistones, generando la relación entre los componentes mecánicos y electrónicos (Bernet, 2019). **Ver anexo I**

El mejor momento para que la mezcla combustione correctamente dentro del cilindro es entre los 17° - 23° del giro, por lo que es necesario adelantar el momento de salto de chispa unos grados justo antes que el pistón llegue al PMS, esto se genera cuando el cigüeñal está en 0° (Nilson Becker, 2018).

1.6 TIPOS DE DISTRIBUCIÓN

Según (NTN, 2018) El sistema de distribución de los motores se clasifica dependiendo la ubicación del árbol de levas, este puede ir desde el bloque de motor, culata o sobre la culata.

La funcionalidad es la conexión entre el cigüeñal y el árbol de levas para el correcto funcionamiento y sincronización de los elementos mecánicos, esta unión se puede entrelazar mediante correas o cadenas dependiendo el fabricante.

1.6.1 VÁLVULA LATERAL (SV)

Este sistema lleva las válvulas en el bloque motor, así como el árbol de levas, situado a un costado de los cilindros, este sistema ya no es utilizado debido a sus deficiencias por el tamaño reducido de las cabezas de las válvulas (Iglesias, 2016).

1.6.2 VÁLVULA EN CULATA (OHV)

Este sistema se caracteriza por tener el árbol de levas en el bloque del motor y las válvulas en la culata, están conectados mediante una correa o cadena de distribución o a su vez conectados directamente a través de engranajes (Saldarregui et al., 2019).

Los motores que están equipados por este sistema se limitan las altas revoluciones debido a que se necesita un mayor número de elementos móviles por la distancia existente entre sus componentes y las altas temperaturas generadas.

1.6.3 ÁRBOL DE LEVAS EN CULATA (OHC)

De acuerdo con (Botia Jonathan, 2019) el sistema se basa en tener las válvulas y el árbol de levas en la culata del motor, por lo que se tiene una mayor precisión en la apertura y cierre de las mismas, considerando estas características los motores pueden elevar el número de revoluciones y reducción de temperaturas.

Los componentes de conexión por tener una mayor distancia entre el cigüeñal y el árbol de levas necesitan de mantenimientos recurrentes. Este sistema tiene dos tipos de configuraciones, sistema SOCH (un árbol de levas sobre la culata) donde un solo árbol de levas acciona las válvulas de escape y admisión.

1.6.4 DOBLE ÁRBOL DE LEVAS EN CULATA (DOHC)

Este sistema monta dos árboles de levas sobre la culata del motor, uno para accionar las válvulas de escape y otro para las válvulas de admisión.

Ciertas características de este tipo de configuración es el aumento de eficiencia y rendimiento de los motores ya que tiene accionamientos independientes por lo que regula con mayor precisión el trabajo de las válvulas. Según (López Diego, 2018) debido a su diseño permite ubicar la bujía en el centro de la cámara en el caso de motores gasolina y en motores diésel el inyector, generando una mejor combustión.

1.7 COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE SINCRONIZACIÓN

La sincronización de un motor es muy importante para mantener al mismo en buenas condiciones de funcionamiento, para ello es necesario que sus componentes electrónicos se encuentren limpios, en buenas condiciones y correctamente instalados.

1.7.1 TIPOS DE SENSORES DE POSICIÓN

1.7.1.1 SENSOR EFECTO HALL

El trabajo se basa en el efecto hall, que comprende la aparición de un campo eléctrico por medio de la separación de cargas en el interior del conductor. Genera una señal cuadrada, está compuesto por un imán y un acoplador, si el imán se aproxima, emitirá un voltaje (Hernández, 2018).

1.7.1.2 SENSOR EFECTO ÓPTICO

Está compuesto por un foto transistor, un diodo LED y un rotor. Cuando el rotor pasa por el diodo y el transistor, las ranuras de la placa intervienen la luz emitida generando el voltaje. Genera una señal cuadrada (CeleraMotion, 2019).

1.7.1.3 SENSOR EFECTO INDUCTIVO

Se caracterizan por poseer una bobina interna donde circula una corriente y genera un campo magnético, el cual varía en función de la proximidad con la rueda dentada, dando como resultado una señal senoidal (Clarck, 2021).

1.7.1.4 SENSOR EFECTO MAGNÉTICO

Genera una señal senoidal, está compuesto por una bobina y un imán, en el momento que un diente perdido de la rueda pasa sobre el imán este genera un campo magnético, el cual produce un voltaje. (Hernández, 2018).

1.7.2 SENSOR DE POSICIÓN DE CIGUEÑAL (CKP)

Este sensor permite determinar la posición en la que se encuentra el pistón número 1, ya sea en punto muerto superior o punto muerto inferior (PMS o PMI, respectivamente).

De acuerdo con (AutoAvance, 2019), al conocer en qué posición se encuentra el pistón se puede determinar el momento exacto en el que van a trabajar los actuadores encargados de la ignición dentro de la cámara de combustión (inyectores y bobina), debido a que el CKP trabaja con una señal eléctrica (análoga o digital) que envía a la ECU la cual se encarga de activar dichos actuadores.

Se localizó el sensor en la parte frontal del bloque motor a un lado de la polea del cigüeñal, consta de dos cables que, de acuerdo con el diagrama, el cable de color gris representa el negativo de batería y el otro cable de color azul oscuro es la señal que envía el sensor hacia la computadora.

1.7.3 SENSOR DE POSICIÓN DE ÁRBOL DE LEVAS (CMP)

Este sensor es el encargado de determinar la posición en la que se encuentra el árbol de levas, es decir, la carrera en la que se encuentra el pistón número 1; trabaja en conjunto con el CKP para una mayor precisión y control de los actuadores de ignición, (MTE, 2018)

afirma que tanto la señal del CMP y del CKP deben estar en perfecta sincronía para que la ECU determine el momento exacto en el que se genera la chispa en cada cilindro.

El sensor está ubicado en la parte delantera de la culata del primer banco del motor, consta de dos cables, según el esquema eléctrico, el cable celeste representa el negativo de la batería, y el cable verde oscuro es la señal enviada a través del sensor a la computadora.

1.8 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SINCRONIZACIÓN

Como se menciona anteriormente, tanto los componentes electrónicos como mecánicos deben estar correctamente sincronizados, de esta forma, en motores a gasolina, se puede calcular el momento preciso en el que se va a activar el arco eléctrico de la bujía, que viene comandado ya sea por un distribuidor o por una bobina (Saralegui & Pary, 2019).

1.8.1 ENCENDIDO CONVENCIONAL

El sistema convencional de encendido comprende ciertos elementos como el distribuidor, condensador, bobina y bujías. De acuerdo con (SENA, 2012) la función de este conjunto es generar un arco eléctrico en los electrodos de las bujías mediante la elevación de tensión de la batería, siendo esta chispa la causante de generar el encendido de la mezcla aire-combustible que se encuentra en la cámara de combustión.

El distribuidor está conectado directamente con el árbol de levas o a su vez con la bomba de aceite dependiendo el diseño del motor y sus constructores, mediante esta transmisión se genera la sincronización exacta del arco eléctrico en la bujía del cilindro que corresponde en el momento preciso.

1.8.2 ENCENDIDO ELECTRÓNICO

En el caso del encendido electrónico, se elimina el conjunto distribuidor anteriormente mencionado y se lo reemplaza por una bobina que es comandada por la ECU, (Rios, 2016) afirma que existen dos tipos de bobina DIS y COP:

- Bobina DIS. – también denominada de chispa perdida, que funciona activando 2 bujías simultáneamente mediante cables de alta tensión, sin embargo, solo una va a realizar el proceso de ignición en el motor de acuerdo con el orden de encendido establecido por el fabricante.

- Bobina COP. –Este sistema tiene una bobina independiente para cada bujía, eliminando así los cables de alta tensión de la bobina DIS anteriormente mencionado. Consta de dos cables que, de acuerdo con el diagrama eléctrico del vehículo utilizado, el cable de color rojo con verde representa el negativo de batería, el otro cable de color blanco y verde es la señal que recibe la bobina desde la computadora.

1.9 DIAGNÓSTICO DE FALLOS EN EL SISTEMA DE ENCENDIDO

Los motores de combustión interna pueden llegar a presentar fallos mecánicos o electrónicos en sus sistemas, debido a desgastes o daños en sus componentes que provocan anomalías en su funcionamiento. En la tabla 1.1 se indica los inconvenientes más comunes que se pueden generar:

Tabla 1.1 Fallas de encendido del motor

CAUSAS	SÍNTOMA
Bobinas defectuosas Conectores en mal estado Conexiones eléctricas dañadas Desfase en el tiempo de encendido Sensores en mal estado Bujías desgastadas	Golpeteo o detonaciones
Sistema eléctrico de alta tensión en mal estado Batería defectuosa Inyectores obstruidos Cadena de distribución desfasada o rota Válvulas rotas	Motor no enciende
Interferencias en señales de sensor CKP, CMP Mal ajuste de cables de bujías Bujías carbonizadas Bobinas independientes en mal estado	Inestabilidad de funcionamiento del motor

Fuente: (Israel Cabrera Prieto Darío Alejandro Collahuazo Reinoso, 2012)

1.10 EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO

1.10.1 BOSCH FSA 740

De acuerdo con (BOSCH, 2022), es una herramienta multifuncional que agrupa diferentes equipos de medición con varios sensores incorporados que se utilizan para el diagnóstico electrónico de automóviles, esto lo realiza mediante un procedimiento preestablecido en el software. En la figura 1.3 se observa el equipo de diagnóstico con sus diferentes complementos, la mayoría de ellos vienen incluidos en el banco de pruebas, no obstante, es compatible con diferentes sistemas auxiliares para un análisis de datos efectivo.



Figura 1.3 Equipo de diagnóstico FSA 740
(Bosch, 2021)

1.10.2 MÓDULO DE MEDICIÓN KTS 560

Es un equipo que permite captar las señales emitidas por los sensores de los vehículos para generar los oscilogramas correspondientes, de esta manera se facilita el diagnóstico electrónico de los sistemas y componentes. Se puede trabajar de manera simultánea sensando hasta cuatro señales diferentes gracias a sus canales incorporados.

Este osciloscopio no cuenta con una interfaz propia en la que se pueda visualizar los datos, sin embargo, se conecta directamente con el banco de pruebas FSA 740 además de poseer una conexión inalámbrica mediante bluetooth. En la tabla 1.2 se detalla las especificaciones de módulo.

Tabla 1.2 Rangos de medición del osciloscopio

Voltaje	0 hasta 60 V
Corriente	0 hasta 1000 A
Temperatura de termistores	-20 °C hasta 100 °C
Cantidad de componentes medibles	30
Alcance bluetooth	30 m

Fuente: (Bosch, 2021)

1.10.3 MÓDULO DE MEDICIÓN FSA 720

Es un sistema que permite la intercomunicación entre los componentes medibles y el sistema operativo del banco de pruebas mediante el software SystemSoft plus, facilitando la rápida extracción de datos análogos y digitales de los sensores, generando la medición y una eficaz comprobación de las señales del motor. (Bosch, 2019).

Dicho módulo cuenta con diferentes complementos necesarios para un diagnóstico completo, como son:

- Cables de conexión. – Posee un cableado diferente dependiendo el uso y componente que se vaya a medir.
- Luz estroboscópica. – Herramienta que permite comprobar o modificar el avance de encendido de un motor gasolina, dependiente el tipo ignición que posea (Vascones, 2006).
- Pinza amperimétrica. – Componente que permite realizar mediciones de corriente de manera exacta mediante un campo electromagnético generado por la misma (Vascones, 2006).
- Sensor de temperatura. – Termistor que tiene la capacidad de variar su resistencia a medida que aumenta o disminuye la temperatura de un fluido (Vizcaino, 2017).

1.10.4 OPACÍMETRO BEA 070 – ANALIZADOR DE GASES BEA 060

De acuerdo con (Bosch, 2022), el módulo de medición de gases de humo BEA 070 ayuda a sensar las emisiones generadas en vehículos con motor diésel a través del tubo de escape. Esta prueba nos permite medir el porcentaje de opacidad presente en los gases generados por la quema incompleta del combustible.

El analizador de gases BEA 060 permite medir los gases de escape en automotores impulsados por gasolina, como son: hidrocarburos (HC), óxidos de carbono (CO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x) y el oxígeno (O_2) presente, de esta manera se calcula el factor lambda, el cual es indispensable para una correcta combustión. Los datos que se obtienen deben estar dentro de los límites permitidos de acuerdo con la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204 (INEN, 2017).

1.10.5 SISTEMA OPERATIVO

El equipo FSA 740 cuenta con un sistema operativo Windows 10, en el cual se encuentra instalado el software BEA-PC donde se va a observar las señales emitidas por los distintos accesorios de diagnóstico (Bosch, 2022).

Dicho software contiene diversas funciones que permiten una fácil interacción entre el equipo y el técnico operador, ya que, se puede realizar ajustes, análisis de sistemas vehiculares mediante la generación de señales de sensores y comprobación de componentes.

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

El estudio se realizó mediante el uso de un banco de diagnóstico electrónico que comprende diferentes equipos de medición, entre ellos se encuentran: un osciloscopio para generación de gráficas, multímetro para medición de valores y un escáner automotriz con su respectivo software para la interpretación de los datos recopilados de los sensores de posición y bobina del motor.

Para medir la sincronización del motor de forma electrónica se utilizó los equipos que se detallan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Materiales

Cantidad	Descripción
1	Banco de diagnóstico Bosch FSA 740
1	Cables de conexión FSA 720
1	Módulo de medición KTS 560
1	Vehículo Ford F-150 5.4 2003
1	Pinza amperimétrica 30 A
1	Multímetro

2.1.1 VEHÍCULO DE PRUEBA

Se utilizó para las pruebas pertinentes un vehículo tipo camioneta, marca Ford F-150 Lariat, año 2003. En la tabla se presenta la ficha técnica. De acuerdo con la tabla 2.2 se especifica los datos técnicos del vehículo.

Tabla 2.2 Ficha técnica vehículo

Marca	Ford	Motor	V8
Modelo	F-150 Lariat	Tracción	4WD
Año	2003	Combustible	Gasolina
Tipo	Pick-up	Potencia	256 HP – 191KW
Cilindraje	5406 cc	Torque	467 Nm

Fuente: (Ford, 2002)

2.1.2 EQUIPO FSA 720

Las pruebas realizadas en los sensores de posición se llevaron a cabo mediante el uso de las herramientas de este módulo, que específicamente comprenden las puntas de medición para dos canales, sensor de revoluciones y pinza amperimétrica de 30 A. De acuerdo con la tabla 2.3 se detalla las especificaciones técnicas del equipo.

Tabla 2.3 Ficha técnica FSA 720

Peso	5 kg
Dimensiones	210x550x220 mm
Sistema Operativo	SystemSoft[plus]
Fuente de alimentación	90 – 264 VAC
Rango de medición de voltaje	0 – 60 V
Rango de medición de corriente	0 – 1000 A
Tasa de escaneado	50 MS/s
Temperatura de funcionamiento	5 – 40 °C

Fuente:(Bosch, 2019)



Figura 2.1 Módulo FSA 720

(Bosch, 2019)

En la figura 2.1 se puede observar a detalle los componentes con los que está equipado el módulo de medición los más utilizados son: dos canales de medición, un canal de medición de bobinas de ignición y el canal de conexión de la pinza amperimétrica.

2.1.3 PINZA AMPERIMÉTRICA 30 A

Este accesorio fue utilizado para determinar el consumo de corriente debido a su tamaño compacto, puede usarse en espacios de difícil acceso, permitiendo una instalación y manejo sencillo. En la figura 2.2 se observa la pinza amperimétrica de 30A junto con su cable de conexión el cual se insertó en el módulo FSA 720.



Figura 2.2 Pinza amperimétrica Bosch
(Bosch, 2019)

En la tabla 2.4 se visualiza las especificaciones técnica y parámetros de trabajo de la pinza.

Tabla 2.4 Ficha técnica pinza amperimétrica Bosch

Función	Parámetros
Corriente directa	1 ACD 30 - ACD
Corriente alterna	1 ACA 30 - ACA
Ciclo de trabajo	Amplitud 101us – 101 ms
Temperatura de trabajo	-110 a 1100 °C

(Bosch, 2019)

2.2 MÉTODOS

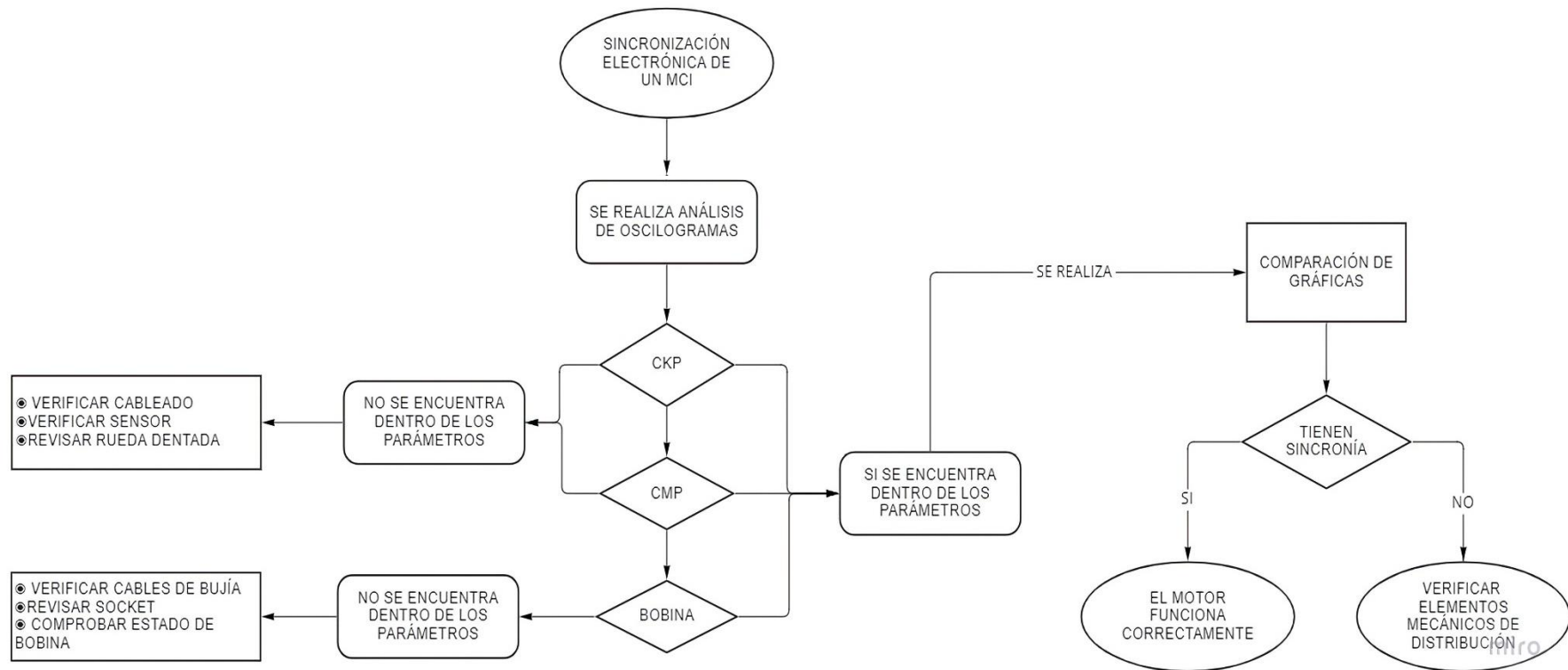


Figura 2.3 Diagrama de flujo de sincronización electrónica

En la figura 2.3 se observa el proceso metodológico que se va a seguir en un motor de combustión interna que cuenta con bobinas tipo COP.

Se usó el tipo de investigación práctica para poder llegar al objetivo principal del documento, debido a que se realizó un proceso de diagnóstico del funcionamiento de los sensores y el actuador con base a ensayos de prueba y error para determinar las causas por la cuales fallan dichos componentes.

2.2.1 MEDICIÓN DE COMPONENTES

Se ingresaron los datos correspondientes del vehículo en el software ESI[tronic] del FSA 740, donde se adquirió la información necesaria para las pruebas realizadas.

2.2.1.1 SENSOR DE POSICIÓN DE CIGÜEÑAL (CKP)

En la figura 2.4 se muestra la ubicación del sensor en el motor y además los colores de los cables que coinciden con el diagrama eléctrico del vehículo.

Se utilizó los cables del canal uno perteneciente al FSA 720, que mediante acoples de tipo aguja, se insertaron en el cable azul oscuro del sensor para adquirir la señal y en el cable gris perteneciente a negativo, de esta manera se pudo observar el oscilograma referencial del sensor a dos regímenes diferentes.



Figura 2.4 Ubicación y diagrama eléctrico sensor CKP

2.2.1.2 SENSOR DE POSICIÓN DE ÁRBOL DE LEVAS (CMP)

En la figura 2.5 se observa la ubicación del sensor en el motor, junto con su respectivo diagrama y esquema de color. Se utilizan los cables que pertenecen al canal uno del FSA 720, se conecta al cable verde oscuro del sensor a través de un pin acoplador para recibir la señal, y el otro terminal al cable azul claro que pertenece al polo negativo, de esta manera se generó el oscilograma.



Figura 2.5 Ubicación y diagrama eléctrico sensor CMP

2.2.1.3 BOBINA TIPO COP

Las bobinas se localizaron en la parte superior de los bancos del motor con un total de ocho, es importante mencionar que para este procedimiento se midió la bobina perteneciente al cilindro uno. En la figura 2.6 se visualiza la ubicación del actuador con su respectivo diagrama y colores del cableado.



Figura 2.6 Ubicación y diagrama eléctrico bobina cilindro uno

Se utilizó el osciloscopio FSA 720, mediante las pinzas de conexión, que se insertaron en el cable blanco con rosa de la bobina para adquirir la señal y en el cable rojo con verde perteneciente a negativo, generando el oscilograma característico del sensor.

2.2.1.4 SENSORES CKP Y CMP

Se conectaron los dos canales del osciloscopio FSA 720 a los cables de señal y negativo de batería de los sensores correspondientemente. Se ingresó en el software del sistema para generar los oscilogramas a través de la opción de osciloscopio universal.

2.2.1.5 SENSOR CMP Y BOBINA

El procedimiento de medición se lo realizó mediante la conexión de los acopladores del osciloscopio a los cables de señal y negativo del sensor CMP y de la bobina correspondientemente.

2.2.1.6 SENSOR CKP Y BOBINA

En esta prueba se utilizaron los canales uno y dos del módulo FSA 720 que, a través de las puntas de medición, se conectaron directamente a los cables de señal del sensor CKP y bobina del cilindro uno.

2.3 Glosario

Bancada. – Acoplamiento del cigüeñal para soporte.

Biela. - Pieza que conecta el cigüeñal con el pistón para transmitir el movimiento.

CKP. - Crankshaft Position Sensor (Sensor de posición de cigüeñal).

CMP. - Camshaft Position Sensor (Sensor de posición de árbol de levas).

CO.- Monóxido de carbono.

COP. - Coil on plug (Bobina sobre bujía).

DIS. - Distributerless Ignition System (Sistema de encendido sin distribuidor).

DOHC. - Double OverHead Camshaft (Doble árbol de levas sobre culata).

ECU. - Engine control unit (Unidad de control de motor).

HC. - Hidruro de carbono (Hidrocarburos).

MCI.- Motor de combustión interna.

MEP. - Motor de encendido provocado.

ms. – milisegundos.

OHC. - OverHead Camshaft (Árbol de levas en culata).

OHV. - OverHead Valve (Válvulas en culata).

PMI. - Punto muerto inferior.

PMS. - Punto muerto superior.

Sinusoidal. – Curva representativa de la función seno.

SOHC. - Single OverHead Camshaft (Un árbol de levas sobre culata).

SV. - Side Valves (Valvulas laterales).

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 RESULTADOS

3.1.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS

Se compararon los resultados obtenidos por el equipo FSA-740 con los datos proporcionados en el manual de servicio, para verificar que los componentes eléctricos medidos se encuentren dentro de los parámetros de funcionamiento adecuados.

El osciloscopio que se usó para realizar las pruebas entrega valores medios de voltajes máximo, mínimo, efectivo, medio debido a que el software capta las señales continuas del sensor con respecto al régimen del motor en una escala de tiempo corta.

3.1.1.1 SENSOR CKP

Mediante el oscilograma generado por el equipo Bosch, se pudo visualizar que la corona dentada del vehículo consta de 35 dientes normales (color azul) y 1 perdido (color verde) de acuerdo con la figura 3.1. Esto se determinó mediante el conteo de picos que posee la gráfica sinusoidal y observando que el comienzo de un nuevo ciclo son los dientes perdidos de la corona, indicando que el pistón número uno se encuentra en el PMS. **Ver anexo II.**

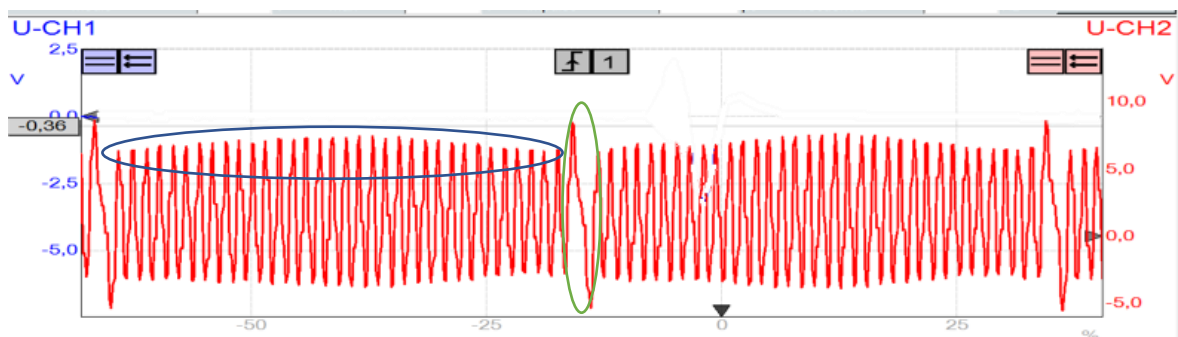


Figura 3.1 Resultado oscilograma sensor CKP

Tabla 3.1 Resultados del sensor CKP

RÉGIMEN (RPM)	VOLTAJE (VAC)	FRECUENCIA (Hz)	RESISTENCIA (Ω)
710	3.54	402	1636
3000	9.85	1342	2846
Datos Fabricante	Entre 0.5 a 10	Entre 300 a 1800	Entre 600 a 3000

Con los resultados que se observan en la tabla 3.1, en comparación con los del manual de reparación, se puede asegurar que el sensor CKP está funcionando de manera adecuada. **Ver Anexo IV**

3.1.1.2 SENSOR CMP

El pico sinusoidal de la figura 3.2 indicó que el árbol de levas ha dado una vuelta completa (dos vueltas de cigüeñal), que fue sentido a través de un saliente situado en la parte frontal del engranaje del árbol de levas del banco número uno. **Ver Anexo III**

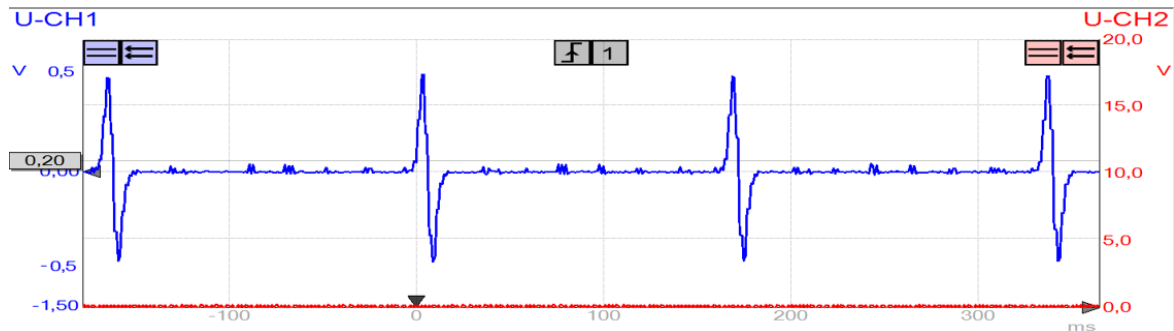


Figura 3.2 Resultado oscilograma sensor CMP

Con los resultados que se observan en la tabla 3.2, en comparación con los del manual de reparación, se puede asegurar que el sensor CKP está funcionando de manera adecuada. **Ver Anexo V.**

Tabla 3.2 Resultados sensor CMP

RÉGIMEN (RPM)	VOLTAJE (VAC)	FRECUENCIA (Hz)	RESISTENCIA (Ω)
710	0.1	5	321
3000	0.32	19	489
Datos fabricante	Entre 0.1 a 0.4	Entre 4 a 20	Entre 300 a 600

3.1.1.3 BOBINA DE ENCENDIDO

Como se muestra en la figura 3.3, existen tres picos a velocidad de ralentí (parte superior), que hacen referencia a un sistema de ignición multichispa que tiene una relación inversa con el régimen del motor, es decir, a mayores revoluciones, menor número de picos tendrá el oscilograma, hasta llegar a un solo pulso de ignición.

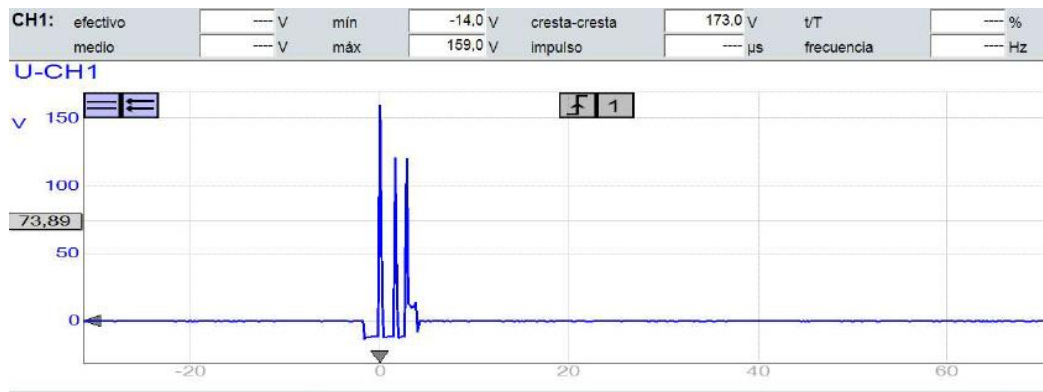


Figura 3.3 Resultados oscilograma bobina COP

De acuerdo con la tabla 3.3, se muestran los resultados más relevantes que se obtuvieron de las pruebas realizadas a diferentes regímenes.

Tabla 3.3 Resultados bobina tipo COP

RPM	VOLTAJE MÁX.	NÚM. DE PICOS	TIEMPO DE CHISPA
710	159	3	1.6 ms – 1.4ms – 0.5ms
3000	147	1	1.5 ms
Datos fabricante	Entre 130 a 170	-	1.5 ms

3.1.2 ANÁLISIS COMPARTIVO ENTRE COMPONENTES

Con los resultados obtenidos anteriormente de los sensores de forma individual, se procedió a comparar entre los mismos, el desfase existente y comprobar que el vehículo se encuentra correctamente sincronizado.

3.1.2.1 SENSORES CKP-CMP

3.1.2.1.1 Ralentí

En los resultados obtenidos de la comparativa entre las gráficas sinusoidales de los sensores CKP y CMP, se pudo identificar sus ondas características que indican la posición y el ciclo en el que se encuentra el pistón número uno a régimen de ralentí.

Como se observa en la figura 3.4, el desfase existente entre CKP(línea roja) y CMP(línea azul) es de aproximadamente 60°; tomando en cuenta que el PMS se encuentra justo en el pico máximo del sensor CMP.

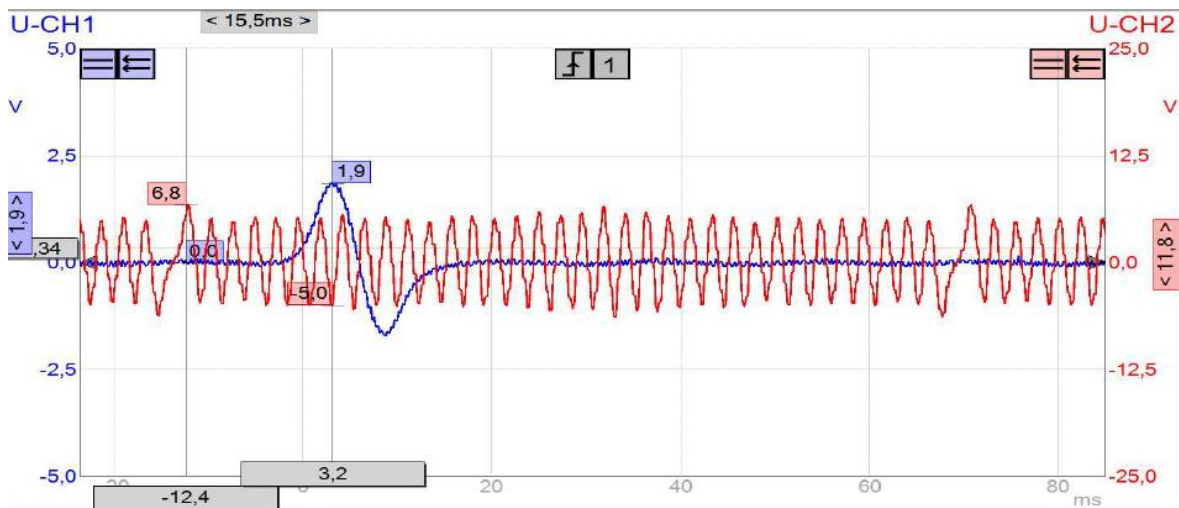


Figura 3.4 Comparativa entre sensores CKP y CMP ralentí

Tabla 3.4 Desfase CKP y CMP ralentí

MEDICIÓN	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO
DESFASE (ms)	15.5	14.9	15.2	15.2	15.3	15.1	15.2 ms

En la tabla 3.4, se muestra el promedio de las mediciones correspondientes al desfase entre el sensor CKP y CMP el cual es de un 15.22 ms a un régimen de ralentí, lo que equivale aproximadamente a 60° de diferencia entre los dos componentes. **Ver Anexo VI**

3.1.2.1.2 3000 RPM

Como se observa en la figura 3.5, los grados de diferencia entre sensor CKP y CMP, no varían, siempre se va a mantener en 60°

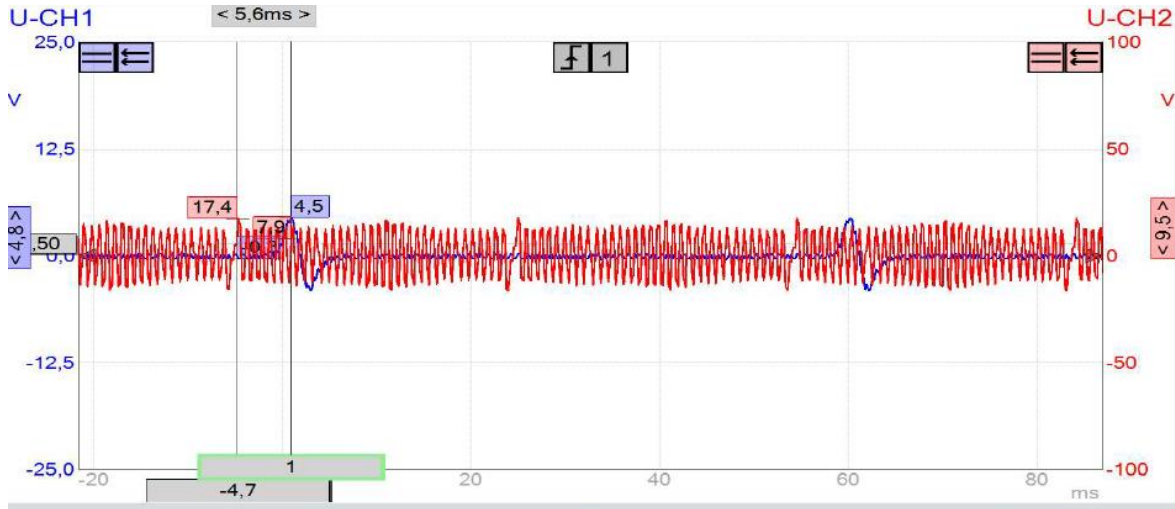


Figura 3.5 Comparativa entre sensores CKP y CMP 3000rpm

En la tabla 3.5 se muestra el promedio de las mediciones el cual es de 5.52 ms a un régimen de 3000 rpm que, con respecto al régimen de ralentí (15.2 ms) se observa que existe una diferencia significativa; esto demuestra que, a mayor velocidad del motor, el tiempo de desfase entre componentes varía. **Ver Anexo VII**

Tabla 3.5 Desfase CKP y CMP 3000rpm

MEDICIÓN	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO
DESFASE (ms)	5.4	5.5	5.5	5.6	5.6	5.5	5.52 ms

3.1.2.2 SENSOR CMP BOBINA DE IGNICIÓN

3.1.2.2.1 Ralentí

En la figura 3.6, se indica el momento en el que la bobina de ignición (línea azul) entrega la chispa en comparación con la señal generada por el sensor CMP (línea roja), el cual indica el PMS.

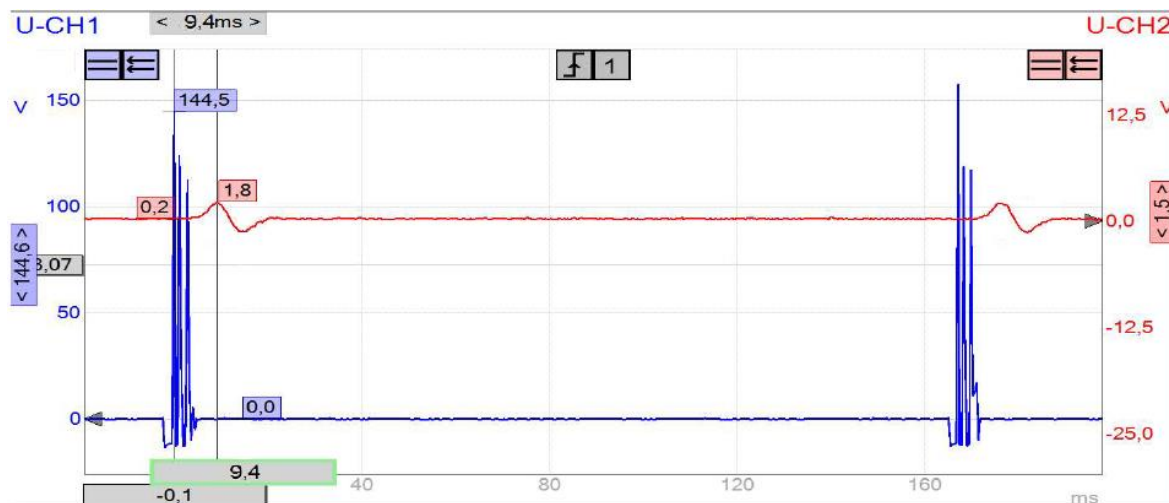


Figura 3.6 Comparativa entre CMP y bobina COP ralentí

En la tabla 3.6 se muestra el promedio de tiempo entre los picos máximos del sensor CKP y la bobina de encendido a un régimen de ralentí. **Ver Anexo XIII**

El promedio de desfase entre el inicio de la chispa y el pico máximo del sensor CMP es de 9.65 ms, del cual, aproximadamente la mitad del tiempo correspondería al avance de encendido; es decir, al tiempo que transcurre desde el salto de la chispa hasta el PMS.

Tabla 3.6 Desfase sensor CMP y bobina COP ralentí

MEDICIÓN	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO
DESFASE (ms)	9.4	9.8	10.5	8.9	9.4	9.9	9.65 ms

3.1.2.2.2 3000 RPM

En la figura 3.7 se muestra el desfase existente entre el sensor CPM y el salto de la chispa a un régimen de 3000 rpm.

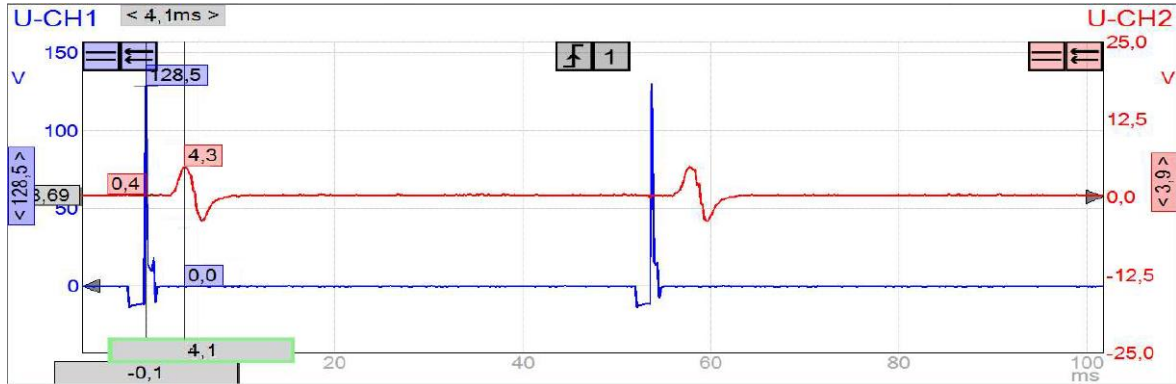


Figura 3.7 Comparativa entre CMP y bobina COP 3000 rpm

En la tabla 3.7 se indica el promedio de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a dicho sensor y actuador (**Ver Anexo IX**). El promedio de tiempo obtenido mediante las mediciones fue de 4.42 ms, que, en comparación con el promedio de tiempo a ralentí (9.65 ms), existe una notable diferencia de 5.23 ms lo que significa que, a mayor velocidad del motor, la ECU enviará la señal de activación de la bobina con mayor antelación respecto al PMS; esto se traduce a un avance de encendido mayor.

Tabla 3.7 Desfase sensor CMP y bobina COP 3000rpm

MEDICIÓN	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO
DESFASE (ms)	4.1	4.9	4.2	4.2	4.5	4.6	4.42 ms

3.1.2.3 SENSOR CKP- BOBINA DE IGNICIÓN

3.1.2.3.1 Ralentí

En la figura 3.8 se indica la señal emitida por el sensor CKP (color rojo) y la bobina COP (color azul), en la cual se puede diferenciar el desfase entre sus picos máximos; además, al tener en cuenta que cada onda que muestra el sensor CKP equivale a 10° , se puede calcular el avance de encendido.

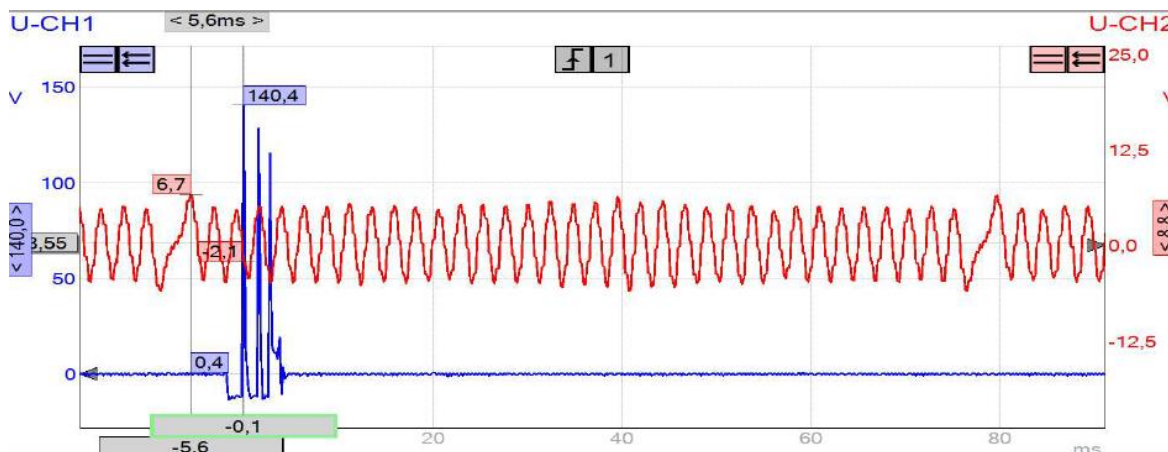


Figura 3.8 Comparativa entre sensor CKP y bobina ralentí

En la tabla 3.8 se muestran los resultados del desfase existente entre el sensor y la bobina (**Ver Anexo X**). El promedio que se obtuvo de los oscilogramas realizados fue de 6.06 ms hasta el primer pico de la bobina (máximo), sin embargo, si se toma en cuenta la chispa final que entrega la bobina (20° antes del PMS), el tiempo aumenta aproximadamente en 2.8 ms, dando como resultado 8.86 ms.

Tabla 3.8 Desfase entre CKP y bobina COP ralentí

MEDICIÓN	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO
DESFASE (ms)	5.6	5.8	6.3	6.4	6.3	6.0	6.06 ms

3.1.2.3.2 3000 RPM

Como se observa en la figura 3.9, el tiempo entre ondas se reduce notablemente debido al aumento de la velocidad del motor.

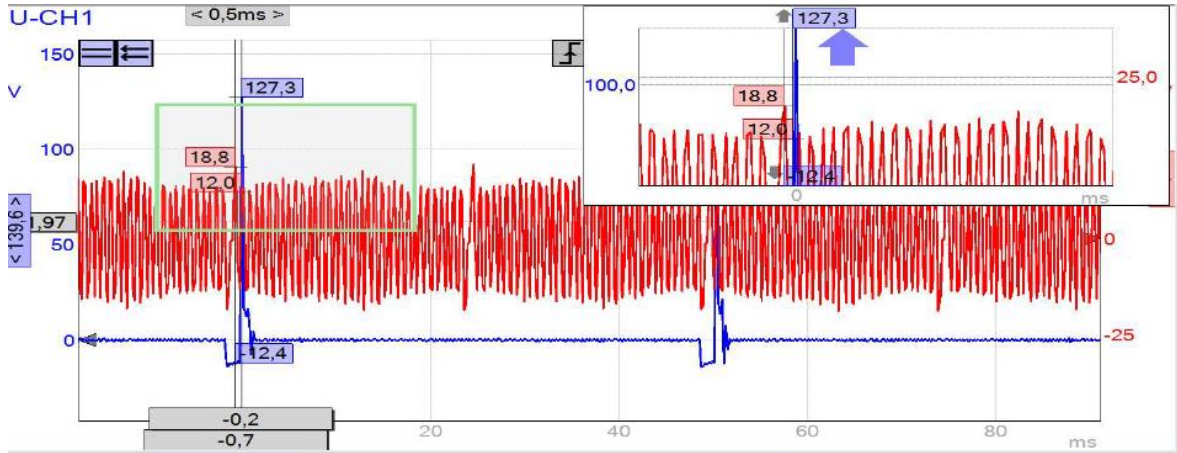


Figura 3.9 Comparativa entre sensor CKP y bobina 3000rpm

En la tabla 3.9 se determinó un promedio en ms, tomando en cuenta el desfase que existe entre el sensor CKP y la bobina a una velocidad de motor mayor a la de ralentí (**Ver Anexo XI**). El promedio que se obtuvo de los oscilogramas analizados fue de 0.6 ms que, en comparación con el resultado de la tabla 3.8 (6.06 ms) es menor con una diferencia de 5.46 ms; por lo tanto, se puede afirmar que el desfase que existe entre estos componentes disminuye, debido a que la bobina necesita un tiempo determinado de “carga” para volver a generar nuevamente la chispa.

Tabla 3.9 Desfase entre CKP y bobina COP 3000 rpm

MEDICIÓN	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO
DESFASE (ms)	0.8	0.6	0.4	0.5	0.6	0.7	0.6 ms

3.2 DISCUSIONES

Los parámetros adecuados para que el sensor CKP trabaje de manera correcta se encuentra entre 0.5 a 10 VAC con frecuencia de 300 a 1800 Hz de acuerdo con (TecnoAutos, 2011), de igual manera, se obtuvieron los datos de resistencia que oscilan entre 600 a 3000 ohms dependiendo de la velocidad del motor **Ver Anexo IV**. Por lo tanto, se puede afirmar que los datos obtenidos en la **tabla 3.1** (Resultado oscilograma sensor CKP) se encuentran dentro de los rangos de trabajo.

De acuerdo con (Ford, 2003), el sensor CMP trabaja en un rango de voltaje entre 0.1 a 0.4 VAC con resistencia de 300 a 600 ohm y, de igual manera, los datos de frecuencia del sensor oscilan entre 4 a 20 Hz dependiendo de las revoluciones del motor. Tomando como referencia la **tabla 3.2** (Resultado oscilograma sensor CMP), se comprobó que el sensor se encuentra en óptimas condiciones.

Tomando como referencia los datos técnicos de (Ford, 2003), la bobina de ignición tipo COP debe generar un voltaje máximo de hasta 170V a cualquier velocidad de motor, que, comparándolo con los datos obtenidos en la **tabla 3.3** (Resultados oscilograma bobina COP), se afirma que el actuador trabaja de manera adecuada.

De acuerdo con la **figura 3.4 y figura 3.5** (Desfase CKP y CMP ralentí y 3000 rpm) respectivamente, se puede afirmar que el árbol de levas se encuentra en correcta sincronía con respecto al cigüeñal, debido a que mantiene un ángulo de 60° que, de acuerdo con (Israel Cabrera Prieto Darío Alejandro Collahuazo Reinoso, 2012) este valor debe mantenerse independientemente de la velocidad del motor.

En la **figura 3.7** (Comparativa entre CMP y bobina COP 3000 rpm) se observa que, el número de picos disminuye a uno en comparación a la **figura 3.6** (Comparativa entre CMP y bobina COP ralentí), esto se debe a que la ECU necesita enviar la señal de activación hacia la bobina en un periodo de tiempo más corto para que no existan combustiones incompletas o a destiempo.

Verificando las **figuras 3.6 y 3.8** (Comparativa entre sensor CKP y bobina ralentí) se calculó el avance de encendido a ralentí tomando en cuenta el desfase de 60° entre CKP - CMP y 35° aproximadamente entre CKP – Bobina; generando una diferencia de 25° pertenecientes a dicho avance, el cual se comprobó con los datos obtenidos con el escáner automotriz. **Ver anexo XII**

Siguiendo el procedimiento anteriormente detallado, se calculó el avance de encendido a un régimen de 3000 revoluciones, con las **figuras 3.5 y 3.10** (Comparativa entre sensor CKP y bobina 3000rpm) y tomando en cuenta que el desfase entre CKP – Bobina es de aproximadamente 25° , genera una diferencia de 35° ; este avance comparado con el régimen de ralentí es mayor debido al aumento de velocidad del vehículo. **Ver anexo XII**

En la **figura 3.6**, se evidencia el desfase existente entre la chispa que entrega la bobina y señal generada por el sensor CMP, esto se debe al avance de encendido que cada vehículo debe tener para que la mezcla de aire-combustible pueda quemarse completamente en el tiempo adecuado; debido a que, en el ciclo teórico, la chispa se da en el momento que el pistón se encuentra exactamente en el PMS, sin tomar en cuenta los factores físicos y químicos, según (Robert Peterson, 2019). En la figura 3.10 se puede identificar el trabajo en conjunto de los oscilogramas de la bobina de ignición (línea azul) con el sensor CMP (línea roja) el cual experimenta un fallo.

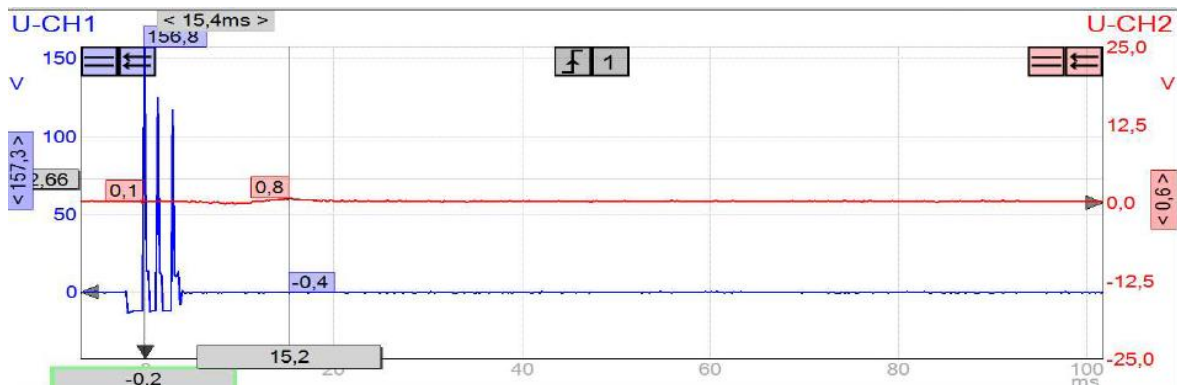


Figura 3.10 Fallo en sensor CMP

La disminución de voltaje del sensor de posición de levas es de aproximadamente un voltio en comparación a la **figura 3.2** (Resultado oscilograma sensor CMP), esto se da por un apriete inadecuado en el tornillo de sujeción, lo que ocasiona inestabilidad en el motor y un mayor avance de encendido (de 5.75 ms), a diferencia de la **tabla 3.6** (desfase sensor CMP y bobina COP ralentí). En la figura 3.11 se evidencia el fallo provocado por el intercambio de conectores en bobinas de ignición (línea roja), entre los cilindros uno y cinco del motor.

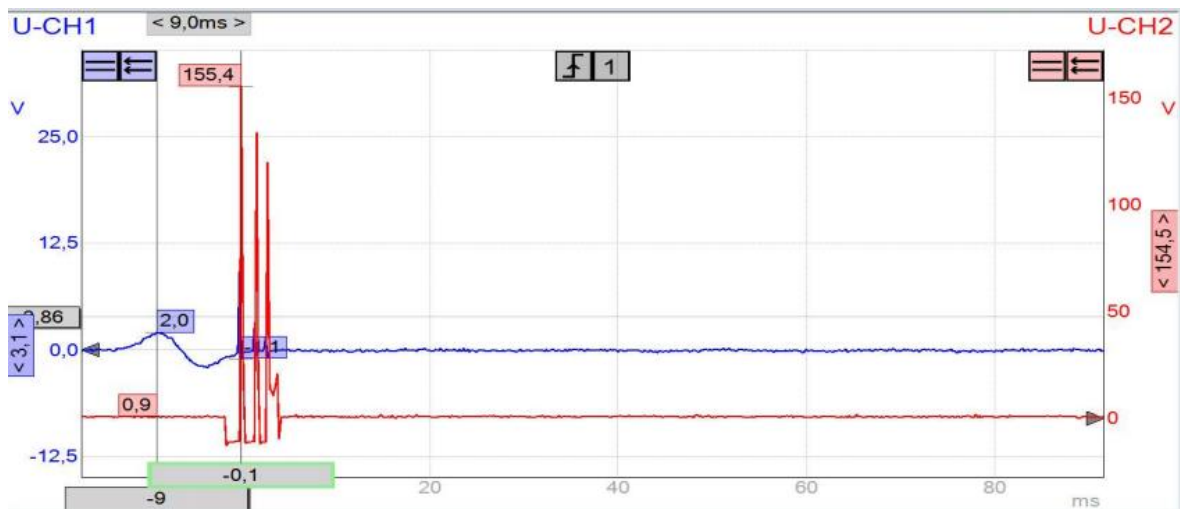


Figura 3.11 Fallo bobina de ignición y CMP

En comparación con la **tabla 3.6** (desfase sensor CMP y bobina COP ralentí), ya no genera un avance, lo que provoca es un retardo en la ignición de la mezcla de 9 ms debido al orden de encendido preestablecido en el motor, tomando en cuenta que para generar el fallo se intercambiaron los conectores del primer cilindro de cada banco. En la figura 3.12 se presenta la falla experimental de la bobina de ignición que consistió en el intercambio de sockets entre el cilindro 1 y 2.

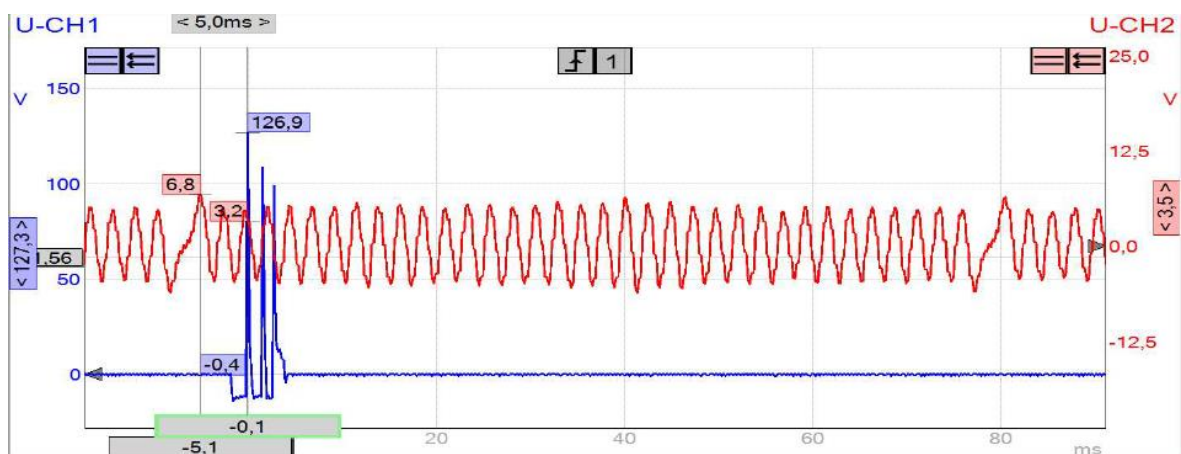


Figura 3.12 Fallo bobina de ignición

En esta figura se puede evidenciar un avance de encendido de 1,06 ms a comparación con la **tabla 3.8** (Desfase entre CKP y bobina COP ralentí); debido a que la ECU está preestablecida con un determinado orden de encendido para cada cilindro, lo que ocasiona un mayor desfase entre la chispa y el PMS al no conectar correctamente el arnés de las bobinas.

PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO

En la tabla 3.10 se indican las observaciones que se tomaron en cuenta para determinar un procedimiento de diagnóstico adecuado.

N°	OBSERVACIÓN
A	Se encuentra dentro de los rangos establecidos.
B	Los valores exceden los parámetros máximos permisibles.
C	Los valores no sobrepasan el valor mínimo de funcionamiento.
1	El componente puede ser comparado con los demás elementos electrónicos.
2	Mal apriete del sensor.
3	Socket en mal estado.
4	Cortocircuito a tierra.
5	Cableado deteriorado.
6	Fuga de corriente.
7	Transistor quemado.
8	Disipación de calor deficiente.
9	Los componentes están correctamente sincronizados.
10	Aumento en la diferencia del ángulo entre los picos de componentes (10° o más).
11	Disminuye la diferencia del ángulo entre los picos de componentes (10° o más).
12	Tensor y guías de distribución en mal estado.
13	Conexiones intercambiadas de bobinas.
14	Módulo de control defectuoso.
15	El vehículo arranca, pero no enciende.
16	Golpe de válvulas.
17	Detonaciones a destiempo (Golpeteo).
18	Motor inestable
19	Pérdida de potencia
20	Fuga de gases de combustión por válvula de admisión

En la tabla 3.11, se puede evidenciar una guía de diagnóstico de los principales componentes electrónicos que se analizaron en este documento para una correcta sincronización del motor.

Tabla 3.11 Guía de resumen de diagnóstico

COMPONENTES	RÉGIMEN	PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO	OBSERVACIONES	
CKP	RALENTÍ	$3.52 \geq x \leq 3.56$ (VAC)	A	1
			B	2 - 14 - 15 - 19
			C	3 - 4 - 5 - 14 - 15
CMP		$0.07 \geq x \leq 0.11$ (VAC)	A	1
			B	2 - 19
			C	3 - 4 - 5
BOBINA COP		$80 \geq x \leq 170$ (V)	A	1
			B	14
			C	6 - 8 - 14 - 19
CKP - CMP		$14.9 \geq x \leq 15.5$ (ms)	A	9
			B	10 - 12 - 15 - 16
			C	11 - 17 - 18 - 19
CMP - BOBINA	$9.4 \geq x \leq 10.5$ (ms)	A	9	
		B	17 - 18 - 19	
		C	17 - 18 - 19 - 20	
CKP - BOBINA	$5.6 \geq x \leq 6.4$ (ms)	A	9	
		B	13 - 14 - 17 - 18 - 19	
		C	17 - 18 - 19	
CKP	3000 RPM	$9.57 \geq x \leq 10.27$ (VAC)	A	1
			B	2 - 14 - 19
			C	3 - 4 - 5 - 14
CMP		$0.31 \geq x \leq 0.39$ (VAC)	A	1
			B	2 - 19
			C	3 - 4 - 5
BOBINA COP		$80 \geq x \leq 150$ (V)	A	1
			B	14
			C	6 - 8 - 14 - 19

CKP – CMP		$5.4 \geq x \leq 5.6$ (ms)	A	9
			B	10 – 12 – 15 - 16
			C	11 – 17 – 18 - 19
CMP – BOBINA		$4.1 \geq x \leq 4.9$ (ms)	A	9
			B	17 – 18 - 19
			C	17 – 18 - 19 - 20
CKP - BOBINA		$0.4 \geq x \leq 0.8$ (ms)	A	9
			B	13 - 14 – 17 – 18 - 19
			C	17 – 18 - 19

Si los componentes se encuentran en la categoría A, indica que el motor se encuentra correctamente sincronizado de forma mecánica; sin embargo, en las categorías B existe un aumento y en la C una disminución, con respecto a los límites de los parámetros analizados con anterioridad, debido a anomalías existentes del motor.

De acuerdo con esta tabla, se puede tener una idea clara respecto a las similitudes existentes entre las fallas mecánicas de la sincronización de un motor y el análisis gráfico de sus componentes electrónicos, teniendo como finalidad realizar un correcto diagnóstico del vehículo, haciendo uso de herramientas modernas que permitan determinar la causa de forma rápida y eficaz en un menor período de tiempo.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El motor se encuentra correctamente sincronizado de forma mecánica, tomando en cuenta que el desfase existente entre el sensor CKP y CMP se encuentra en 15.2 ms a ralentí y 5.52 ms a 3000 rpm, es decir, a mayor velocidad, menor tiempo de desfase; sin embargo, el ángulo de diferencia entre los dos picos de los sensores se mantiene en 60°, este valor no se modificará sin importar la variación de velocidad del motor, ya que el cigüeñal y el árbol de levas mantienen aquella posición de armado gracias a la sujeción de la cadena de distribución.
- El desfase existente entre el pico de la bobina y del CMP es de 9.65 ms a ralentí y 4.42 ms a 3000 rpm, lo que se traduce a un avance de encendido de entre 25 a 35 grados, ya que, a mayor velocidad del motor es necesario un mayor avance de encendido para que la mezcla aire-combustible tenga el tiempo necesario para realizar una correcta combustión.
- Al comparar las figuras obtenidas con el banco de pruebas FSA 740, se comprobó que la onda sinusoidal característica del sensor CKP detecta 35 picos seguido de una caída perteneciente al diente perdido, por otro lado, el sensor CMP consta de una sola onda que pertenece a la muesca ubicada en el piñón del árbol de levas, indicando el PMS del cilindro número uno. Finalmente, la gráfica generada por la bobina de ignición consta de 3 picos multichispa a ralentí y se reduce a un solo pico al aumentar la velocidad del motor.
- Se realizó un estudio comparativo del desfase existente entre los sensores de posición y la bobina de ignición evaluando dos situaciones diferentes, la primera en condiciones adecuadas de trabajo y la segunda provocando fallos en cada uno de ellos, lo que genera un tiempo de retraso al encendido; entre CMP-bobina de 9 ms y entre CKP-bobina de 8.3 ms; dando a entender que el motor tiene una falla mecánica en la sincronización.
- Se estableció una tabla de resultados a manera de resumen con los valores mínimos y máximos de los parámetros de los sensores de posición y bobina de ignición, trabajando de manera individual y en conjunto, la cual es una guía a seguir para un correcto diagnóstico no invasivo al sistema de sincronización del motor y así determinar posibles fallas en el mismo, sin realizar desmontaje de piezas de manera innecesaria.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se debe tomar en cuenta la ubicación geográfica donde se realizan las mediciones y a su vez el buen funcionamiento de los sensores principales del motor ya que estos factores pueden generar variaciones en el avance de encendido.
- Se recomienda tener en cuenta la polaridad de los cables en sensores y actuadores con los del equipo de medición FSA 740, debido a que una conexión errónea de los mismos provoca que el oscilograma se invierta.
- Para una mejor diferenciación entre los oscilogramas del sistema de sincronización electrónica se recomienda hacer uso de componentes defectuosos los cuales provoquen fallas significativas en el funcionamiento del motor.
- Para mejorar el diagnóstico en el vehículo se recomienda realizar las mismas pruebas en un dinamómetro, así como también en condiciones ambientales diferentes para poder determinar la variación de los parámetros en pruebas de manejo cercanas a la realidad.

REFERENCIAS

- AutoAvance. (2019, June 8). *Sensor de Posición del Cigüeñal CKP - Blog Técnico Automotriz*. <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/135-sensor-de-posicion-del-cigüenal-ckp/>
- Barona López, G., & Velasteguí López, E. (2020). Materiales de aleación aluminio-silicio aplicados en la fabricación de partes de motores de combustión interna alternativos Parte II. *ConcienciaDigital*, 3(2), 6–16. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i2.1203>
- Bernet, J. (2019). *Análisis del funcionamiento de un motor de encendido provocado tji mediante una herramienta de diagnóstico de la combustión* [UPV]. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/124012/20864430_TFG_15621399207386372314027326364673.pdf?sequence=1
- BOSCH. (2022). FSA 740 Vehicle System Analysis. *Soluciones Para El Taller*, 30. https://www.boschaftermarket.com/xrm/media/images/country_specific/es/downloads_8/diagnostics_and_test_equipment/catalogo_general_et.pdf
- Bosch. (2022). FSA 740 Vehicle System Analysis. *Soluciones Para El Taller*, 30. http://mediathek.bosch-automotive.com/files/bosch_wa/989/400.pdf
- Bosch, R. (2019). FSA 720 | Bosch Automotive Aftermarket. *IMT*, 12–13. <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/analisis/analisis-de-sistemas-del-veh%C3%ADculo/fsa-720/>
- Bosch, R. (2021, June 14). *FSA 500 | Bosch Automotive Aftermarket* /. <https://am.boschaftermarket.com/ar/es/equipamiento/servicio-de-motor/analizado-de-sistemas-de-vehículos/fsa-500/>
- Botia Jonathan. (2019, August). *El Sistema OHC y DOHC* | PDF. <https://es.scribd.com/document/356036914/El-Sistema-OHC-y-DOHC>
- Boza, M. (2018). *Diseño e implementación del sistema de accionamiento electromagnético para la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape de un motor de combustión interna de cuatro tiempos de 175 cc* [Universidad Internacional Del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/167/1/T-UIDE-0110.pdf>

- Buchelli, C. (2015, September). *Detección temprana de fallas en motores de combustión interna a diesel mediante la técnica de análisis de aceite*.
<https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663829010.pdf>
- CeleraMotion. (2019, August 15). *Guía Introductoria para Sensores de Posición - Encoders inductivos Zettlex*.
<https://www.celeramotion.com/zettlex/es/asistencia/documentacion-tecnica/sensores-de-posicion/>
- Chiriboga Bustamante, S. (2018). “*Análisis de emisiones de CO2 del transporte en la ciudad de Ibarra.*”
- Clarck, B. (2021, February 7). *SENSOR CMP | Guía 2021*.
<https://sensorautomotriz.com/sensor-cmp/>
- CNP. (2021). *Plan Nacional Del Buen Vivir*.
- Explicofacil. (2020). *Curso de Mecánica: partes de un motor de cuatro (4) tiempos a gasolina*. <https://www.explicofacil.com/2012/03/curso-de-mecanica-partes-de-un-motor-de.html>
- Ford. (2002, November 2). *Ford F-150 Heritage SuperCab 4x4 234 - Fichas técnicas & Prestaciones - 1001Moteurs*.
<http://www.1001moteurs.com/prestaciones/ficha-Ford-F-150-Heritage+SuperCab+4x4-14598.html>
- Ford. (2003). *Manual Ford F-150 (2003) (español - 20 páginas)*.
<https://www.manualpdf.es/ford/f-150-2003/manual>
- Gutierrez, A. (2021, May). *Fallas que se solucionan con una sincronización*.
- Hernández, C. (2018, November 13). *Sensores automotrices*.
<http://cbtis160automotrizelectrica.blogspot.com/2013/05/los-sensores-hallmagneticoinductivo-y.html>
- Iglesias, P. (2016, January 15). *Caracterización de válvulas de admisión y expulsión de aire comerciales*. 55–69.
<https://www.redalyc.org/pdf/3535/353544005005.pdf>

- INEN. (2017, January 5). *Gestión ambiental aire vehículos automotores límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina* (No. 02). NTE. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf
- Israel Cabrera Prieto Darío Alejandro Collahuazo Reinoso, J. (2012). *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Facultad De Ingenierías Ingeniería Mecánica Automotriz Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico Automotriz*. Universidad Politécnica Salesiana.
- León, E. (2019, September 18). *¿Cuáles son las piezas de un motor de coche? -- Autobild.es*. <https://www.autobild.es/practicos/cuales-son-piezas-motor-coche-494409>
- López Diego. (2018, November 14). *¿Qué es el DOHC? Te contamos cómo funciona, sus ventajas y contras | Actualidad Motor*. <https://www.actualidadmotor.com/qu-es-el-dohc/>
- Mantilla, J. (2010, April 1). *Análisis comparativo del desempeño y emisiones de un motor diesel de gran capacidad operando bajo dos escenarios: trabajo en ruta activa y trabajo en banco*. 118–124. <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v30n1/v30n1a20.pdf>
- MTE. (2018, July 23). *¿Qué es un sensor CMP?* <https://mte-thomson.com/es/mte-responde/que-es-un-sensor-cmp/>
- Nilson Becker. (2018). *avance de encendido*. <https://www.actualidadmotor.com/que-es-el-avance-de-encendido/>
- Noroña, M. V., Reyes Campana, G. G., Cañizares, F., & Villacres, A. (2017). *Análisis mecánico del brazo de biela mediante norma ASTM e8. INNOVA Research Journal*, 2(5), 190–204. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n5.2017.184>
- NTN. (2018). *DISTRIBUCIÓN MOTOR*. 5. https://www.ntn-snr.com/sites/default/files/2017-06/doc.rabrochdistribution.ea_.web_.pdf
- Rios, R. (2016, August 12). *Sistema de encendido DIS COP*. by Ricardo Rios. <https://prezi.com/aweggxr5gwge/sistema-de-encendido-dis-cop/>

- Roberth Peterson. (2019). *Ciclo Práctico y teórico del Motor diesel de 4 tiempos - Proyecto Motor Pro Earth*.
<https://sites.google.com/site/proyectomotorproearthbiodiesel/ciclo-practico-y-teorico-del-motor-diesel-de-4-tiempos>
- Rubio, J. (2020, August 2). *Comportamiento del tbn en los aceites de motores diesel*.
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4397/1/T-UIDE-0094.pdf>
- Saralegui, G. D., & Pary, G. (2019). *Parámetros de semejanza MCI*.
- SENA. (2012). *Sincronización del encendido*.
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5636/sincronizacion_encendido.pdf;jsessionid=B8009DA1FCB5B70EAA37FC8BACD057CD?sequence=1
- TecnoAutos. (2011, May 12). *Ficha Técnica del Ford F 150, ensamblado en 2003 | TecnoAutos.com*.
<https://tecnoautos.com/automoviles/fichas-tecnicas/ficha-tecnica-del-ford-f-150-ensamblado-en-2003/>
- Vazcones, A. (2006). *La pinza amperimétrica - Sistemas Eléctricos del Automóvil*.
 SeGOn. <http://sistemaselectricosdelautomovil.com/pinza-amperimetrica-automocion/>
- Vintimilla Jarrín, P. (2015). *Análisis de resultados de la medición de emisiones de gases contaminantes de fuentes móviles a partir de la implementación de la revisión técnica vehicular en el cantón Cuenca*.
- Vizcaino, J. (2017, May 3). *Herramientas automotrices*.
<http://ingenierovizcaino.com/ecci/ei/sensores/xxx%20sensores%20automotriz/Sensor%20de%20temperatura.pdf>
- Yolanda, M., Morales, R., & Guzmán, A. H. (2018). *Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible*.
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>

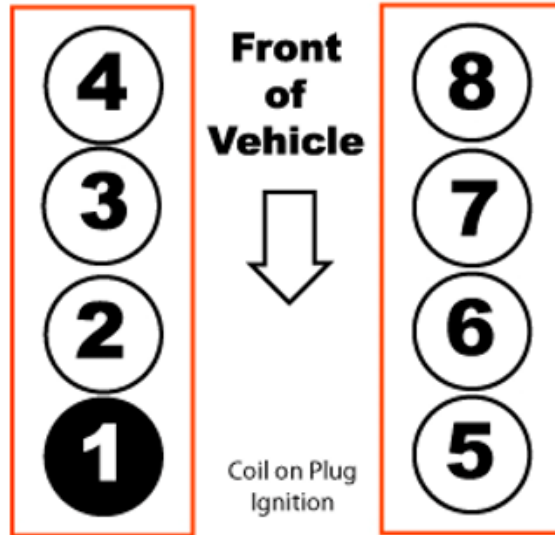
ANEXOS

ANEXO I

I ORDEN DE ENCENDIDO FORD F150 5.4L 2003

Ford 5.4 liter V-8 VIN "3", "5", "L", "M", "Z"

Firing Order 1-3-7-2-6-5-4-8



ANEXO II

II RUEDA DENTADA CKP



ANEXO III

III RUEDA DENTADA CMP



ANEXO IV

IV RESISTENCIA-VOLTAJE-FRECUENCIA SENSOR CKP





ANEXO V

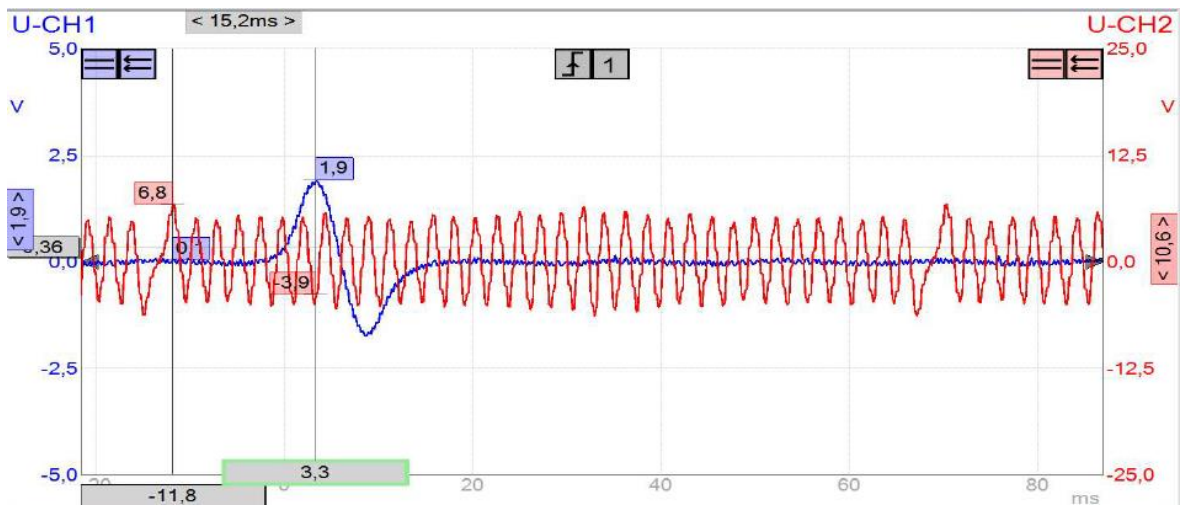
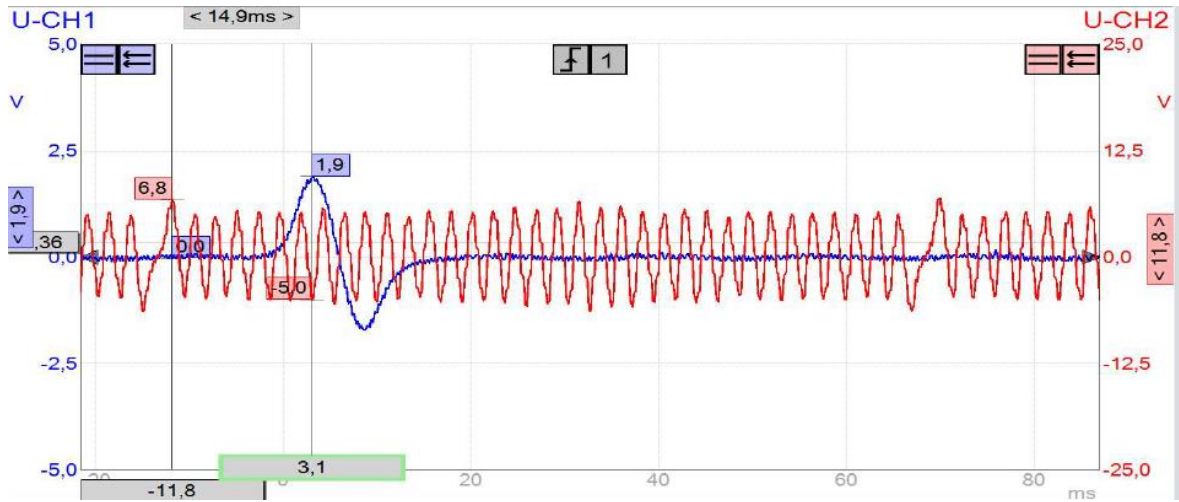
V RESISTENCIA-VOLTAJE-FREUENCIA SENSOR CMP

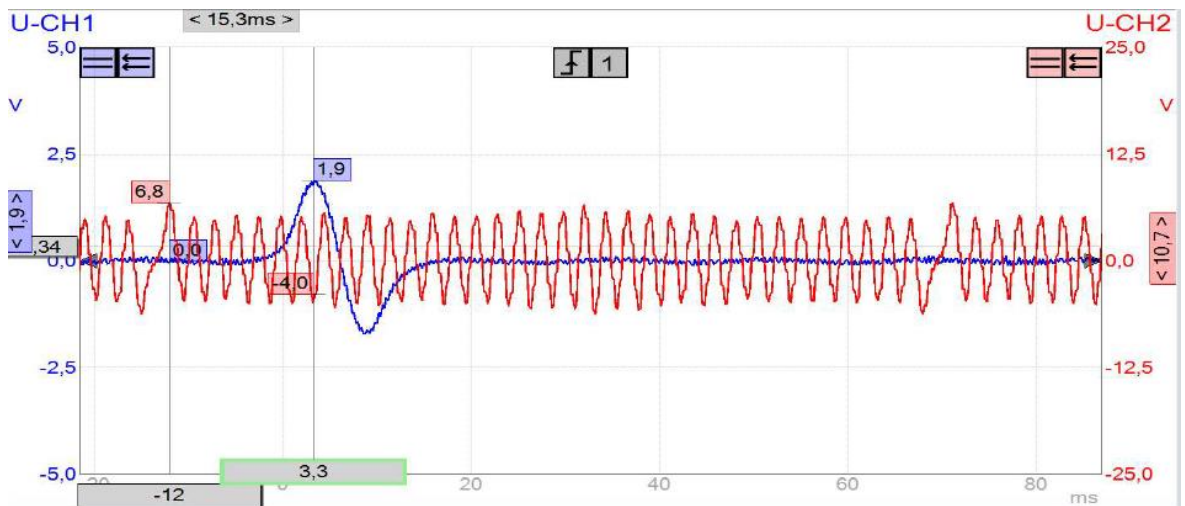
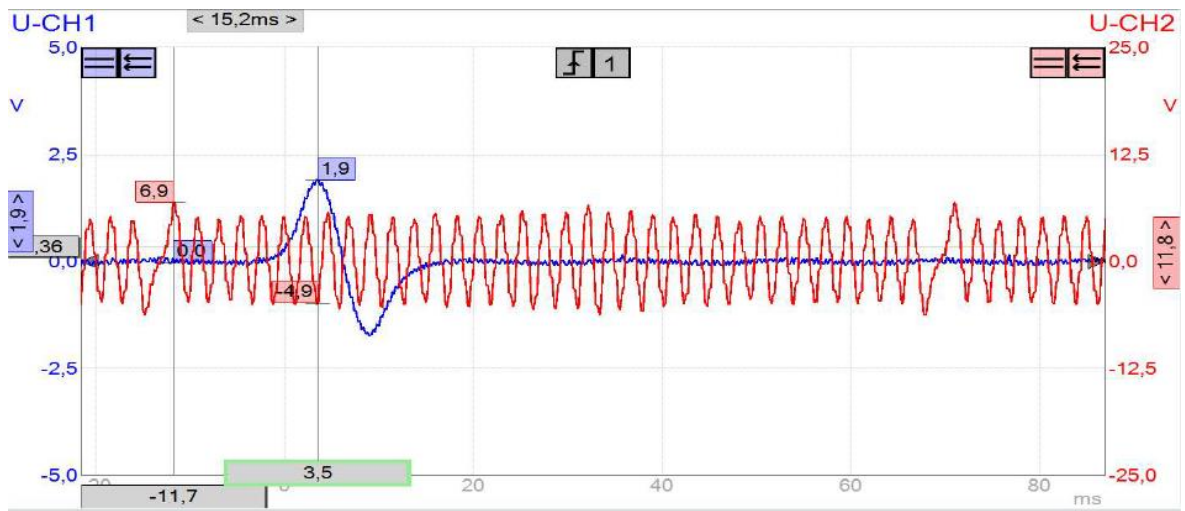
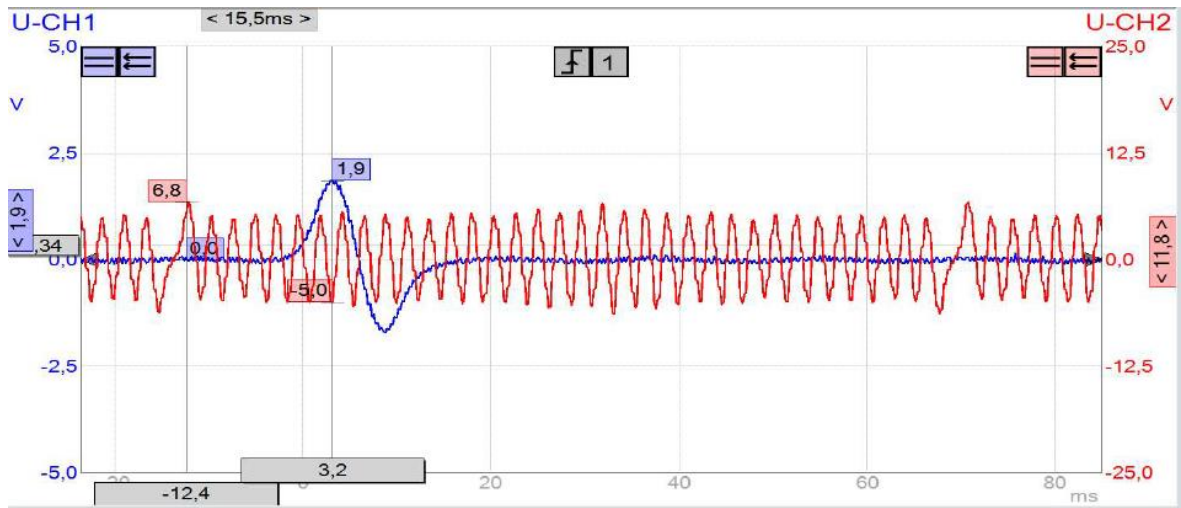




ANEXO VI

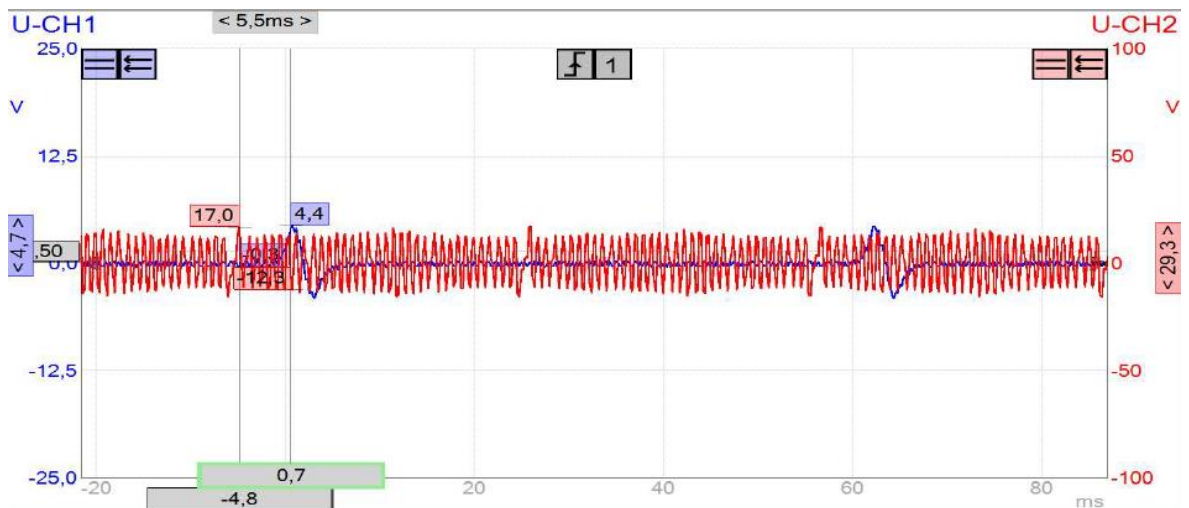
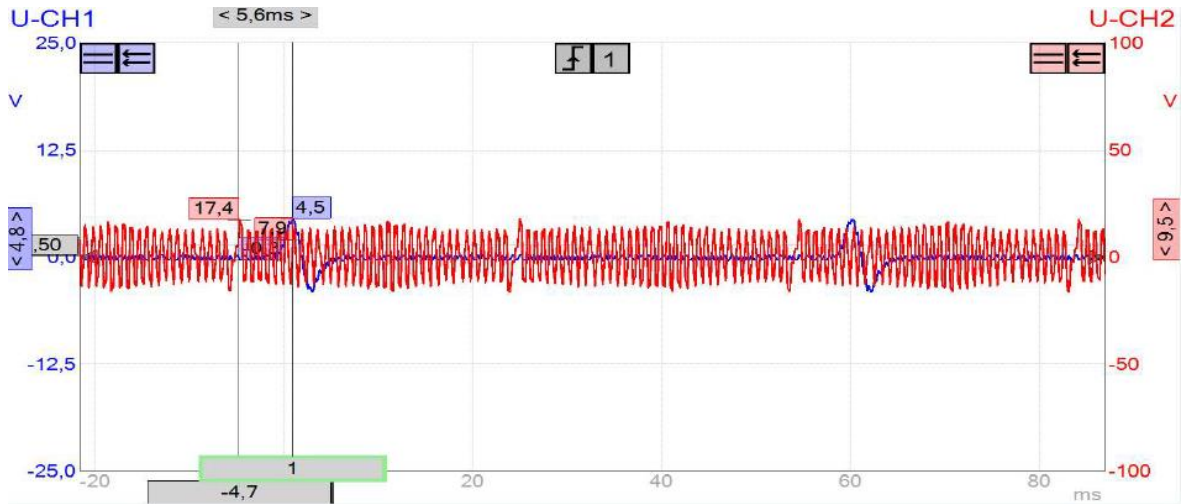
VI MEDICIONES SENSORES CKP Y CMP RALENTÍ

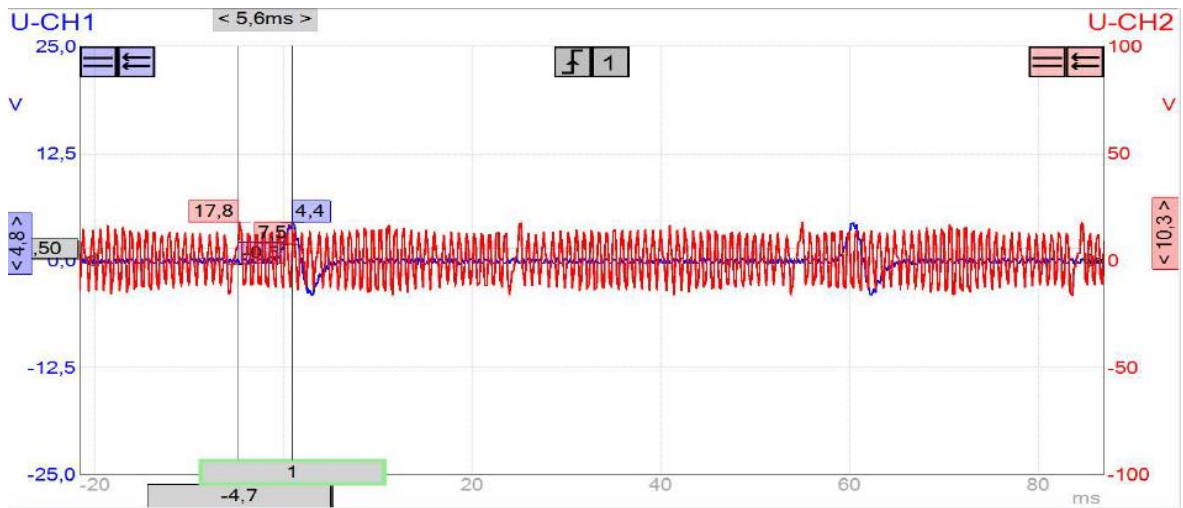
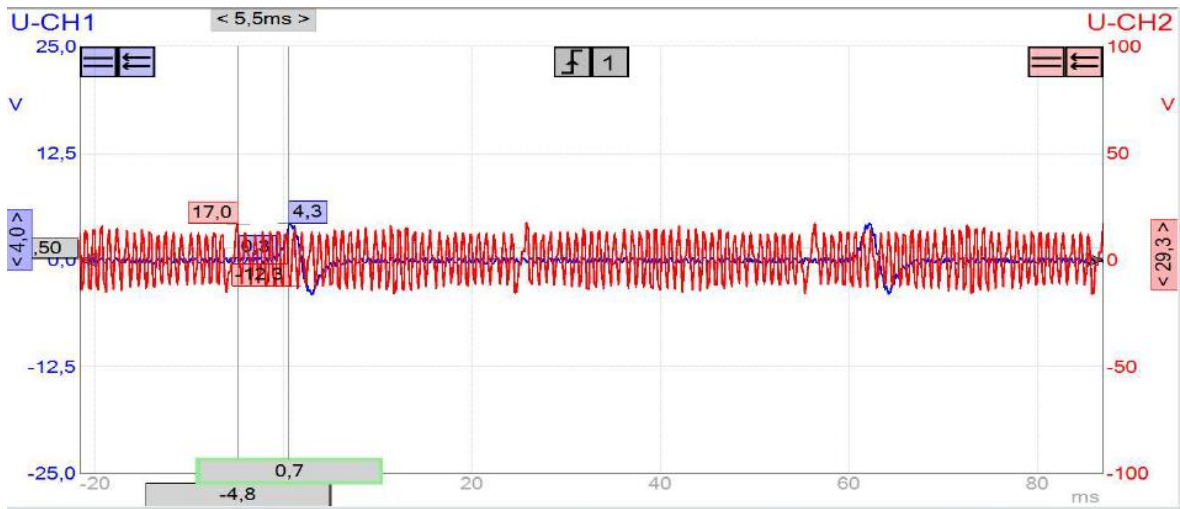
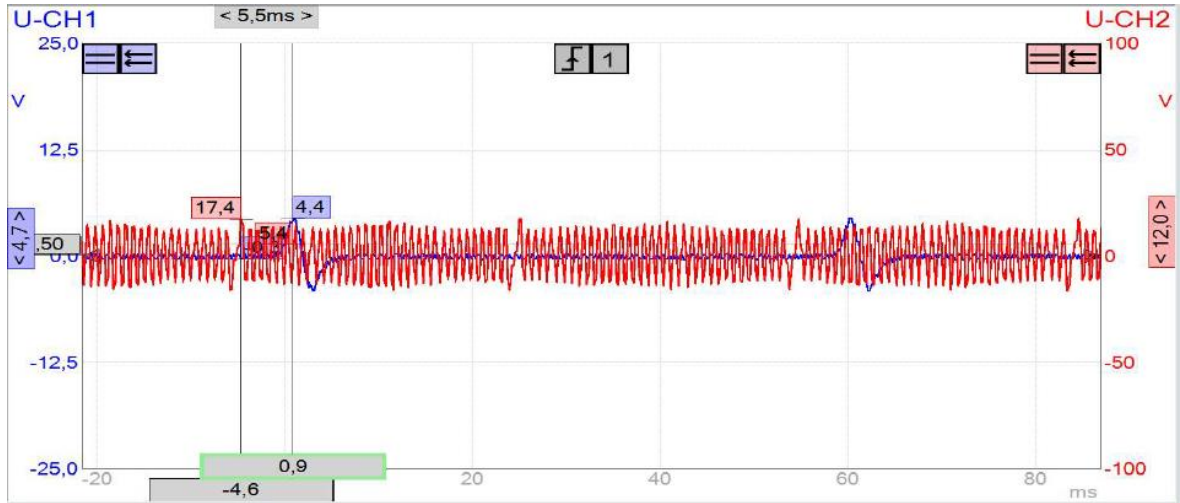




ANEXO VII

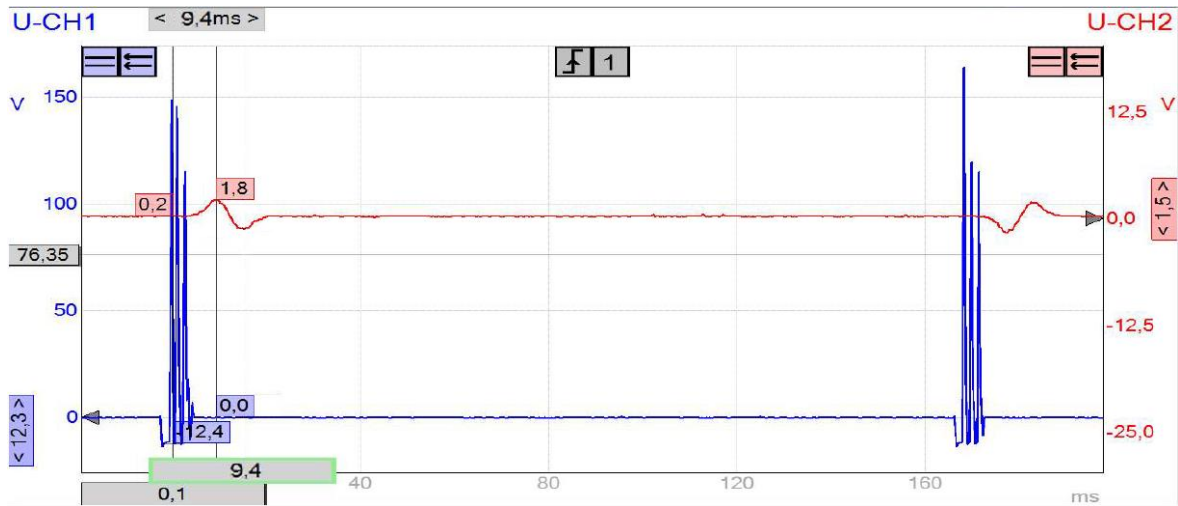
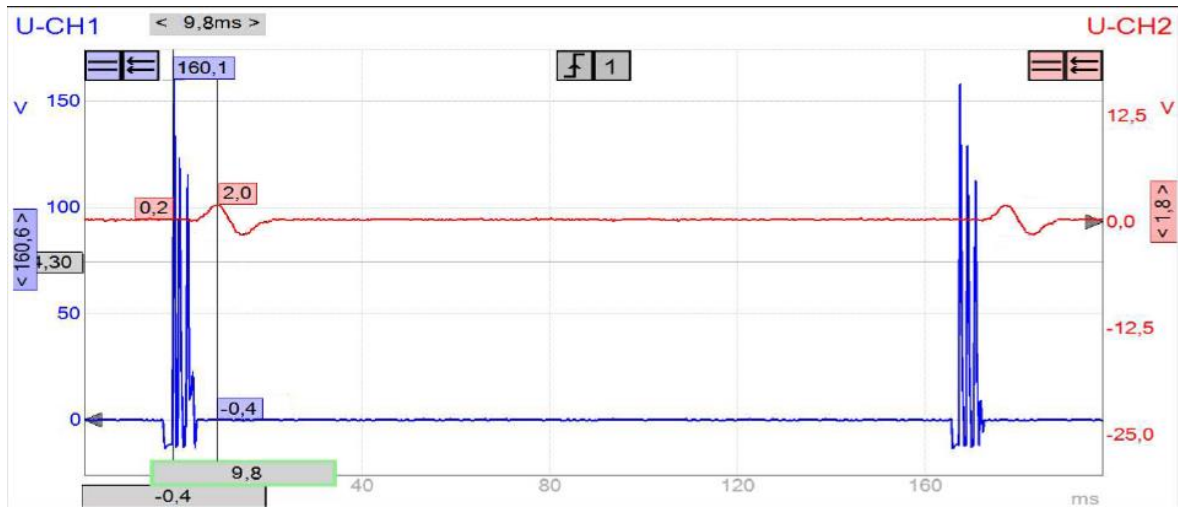
VII MEDICIONES SENSORES CKP Y CMP 3000 RPM

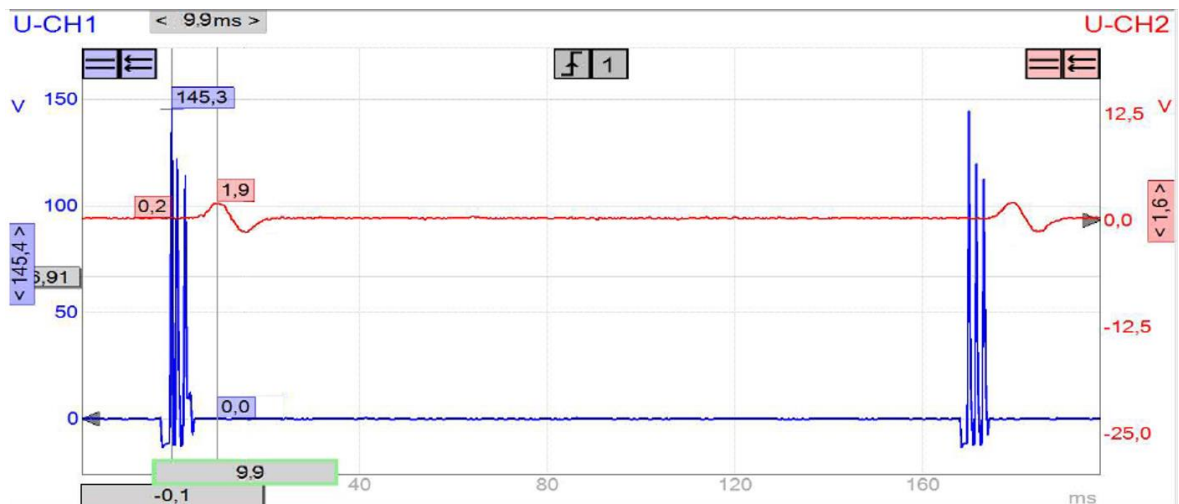
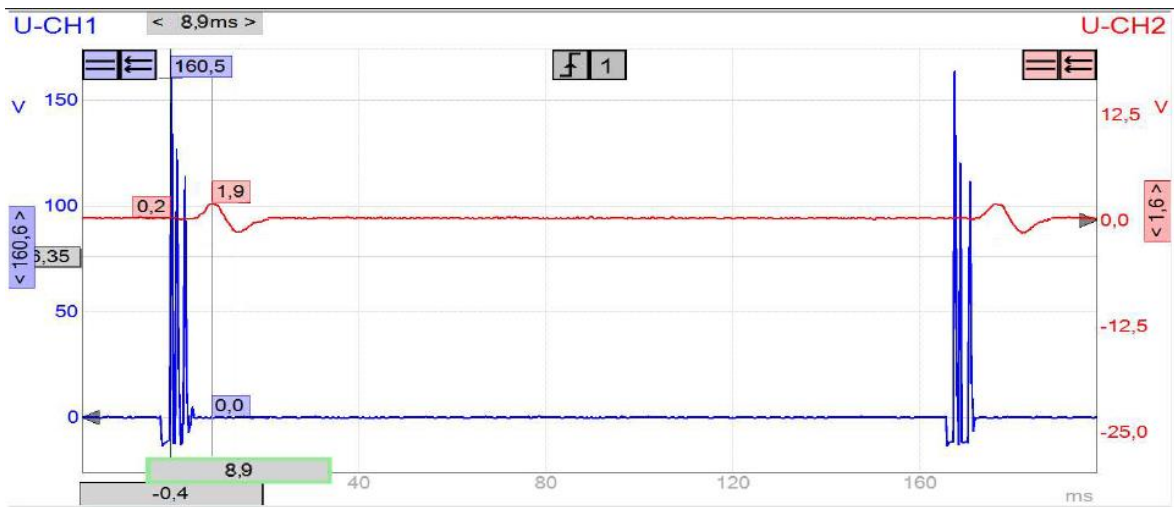
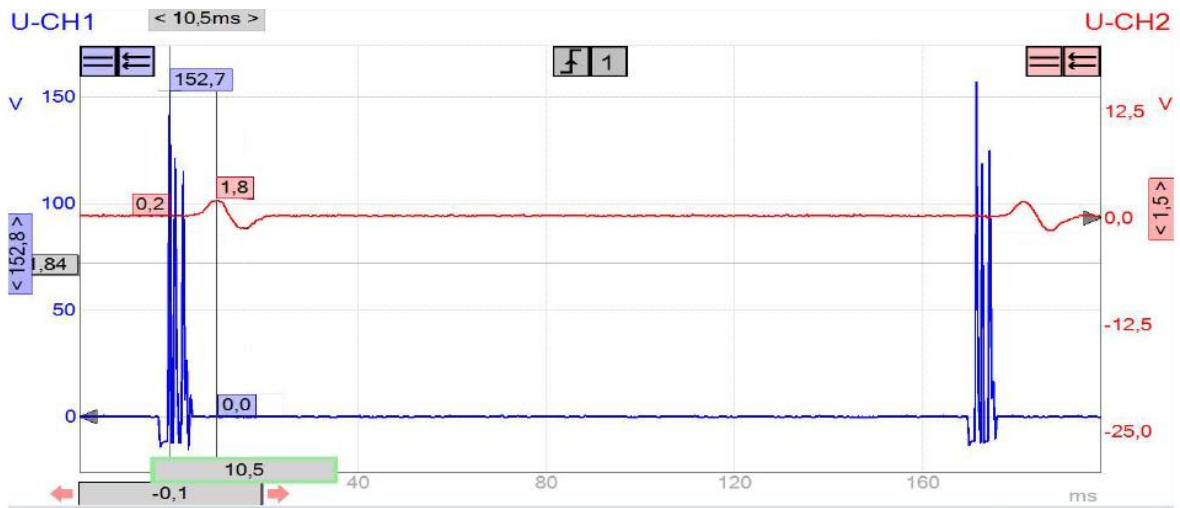




ANEXO VIII

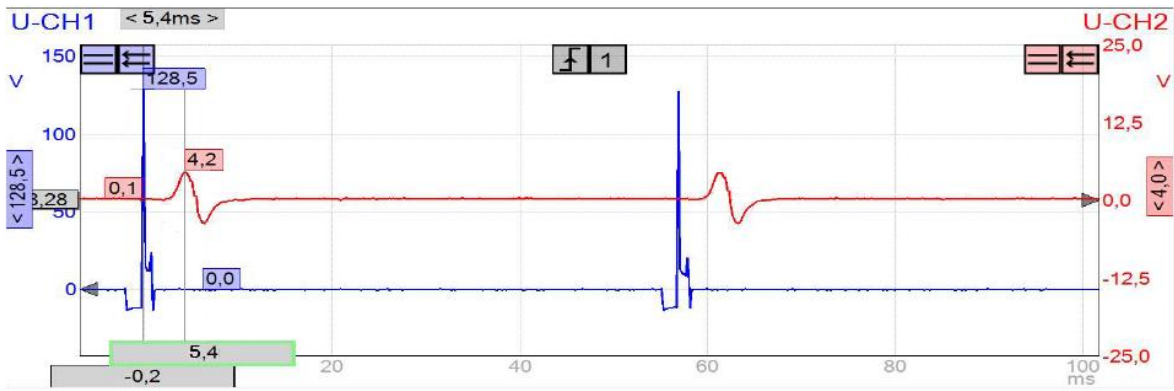
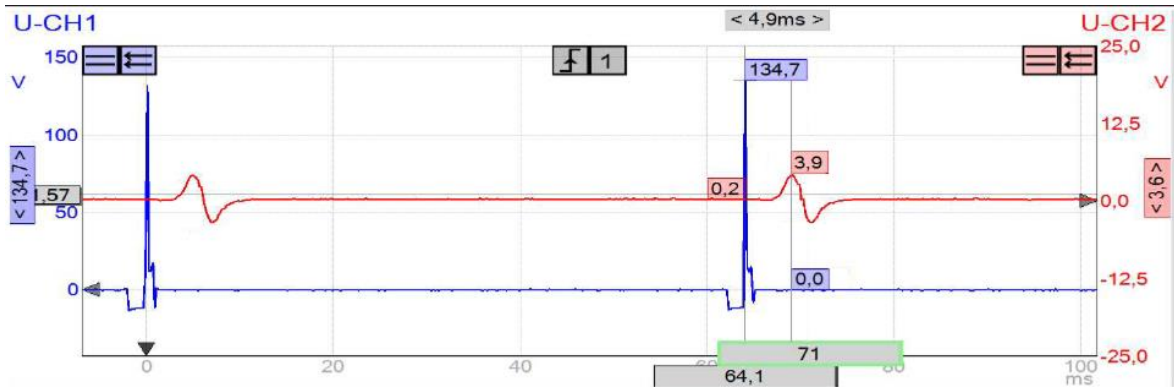
VIII MEDICIONES SENSOR CMP Y BOBINA COP RALENTÍ

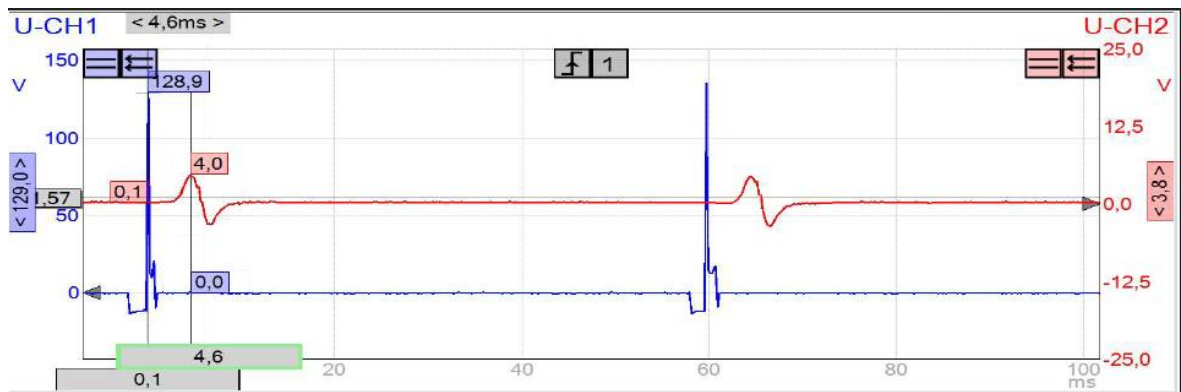
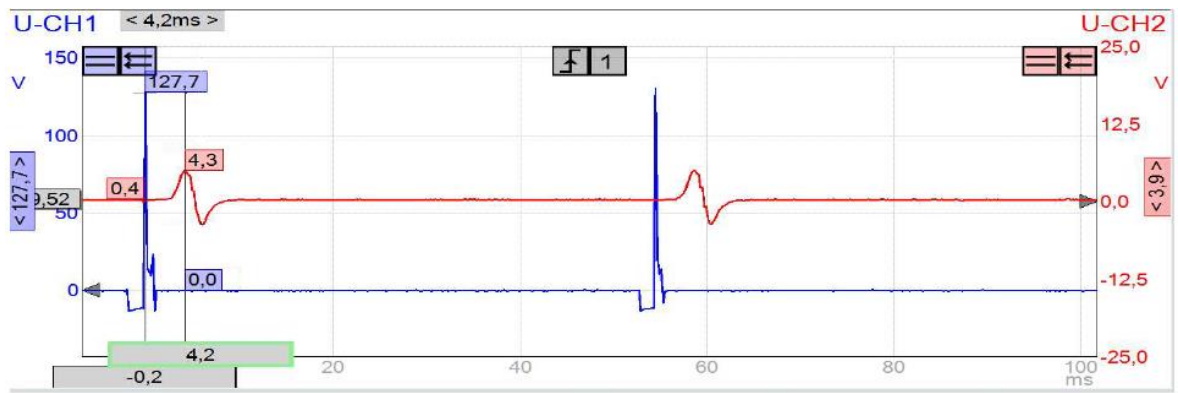
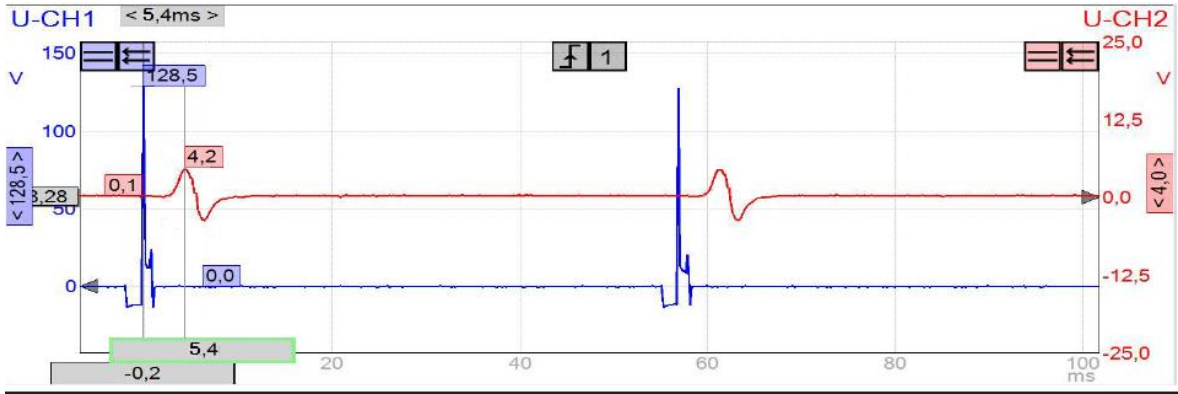




ANEXO IX

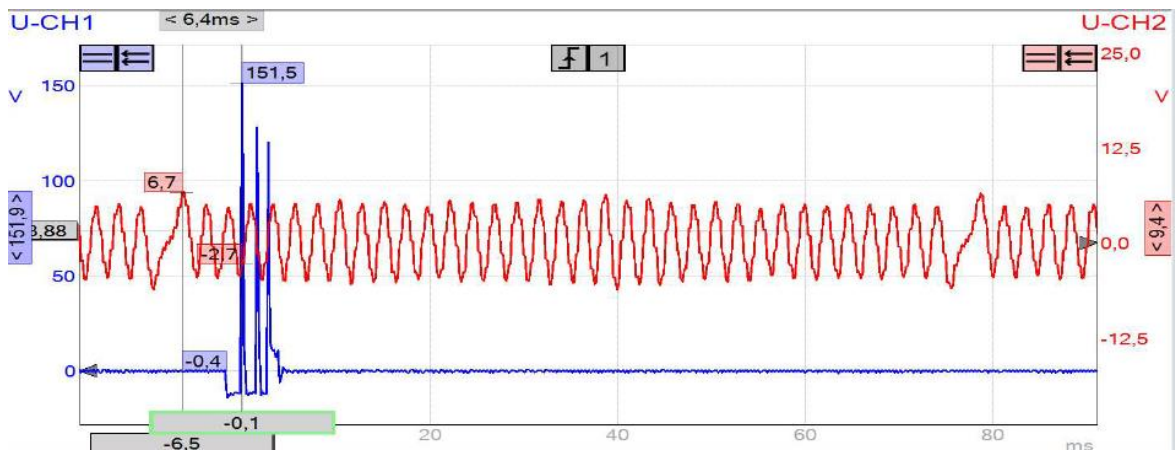
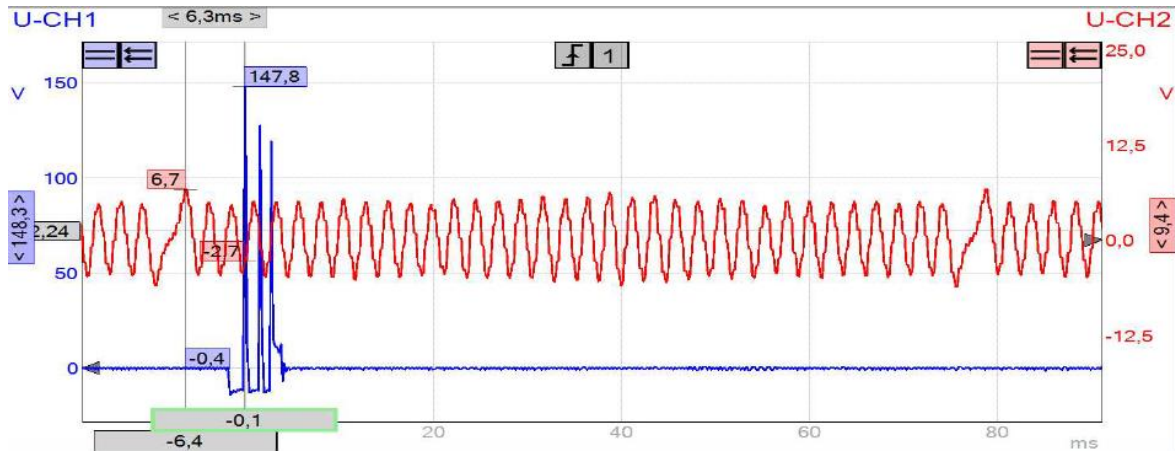
IX MEDICIONES SENSOR CMP Y BOBINA COP 3000 RPM

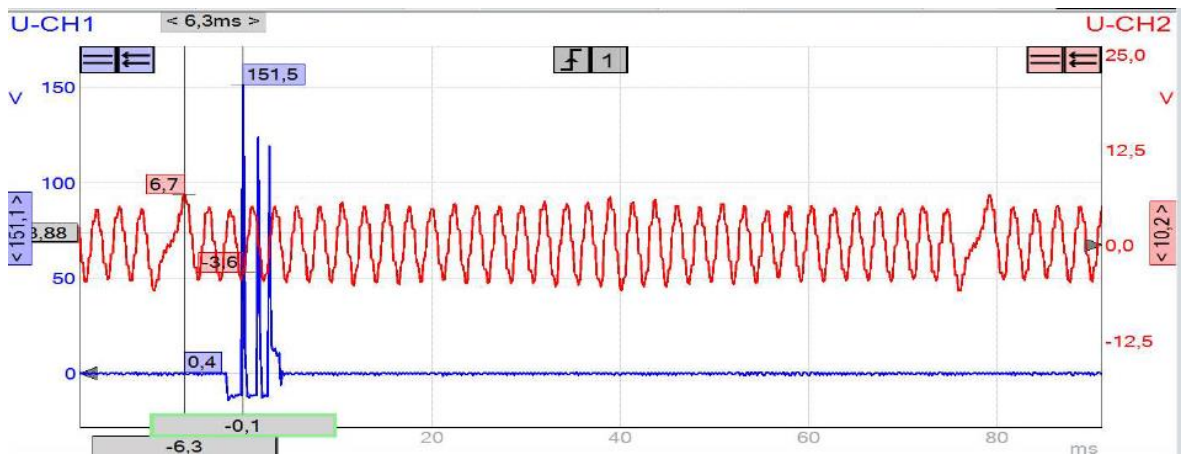
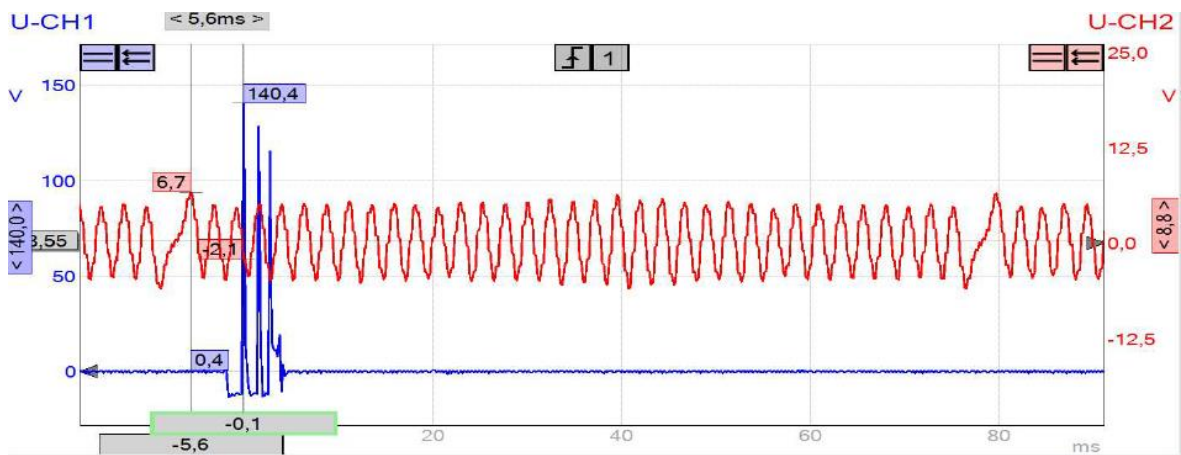
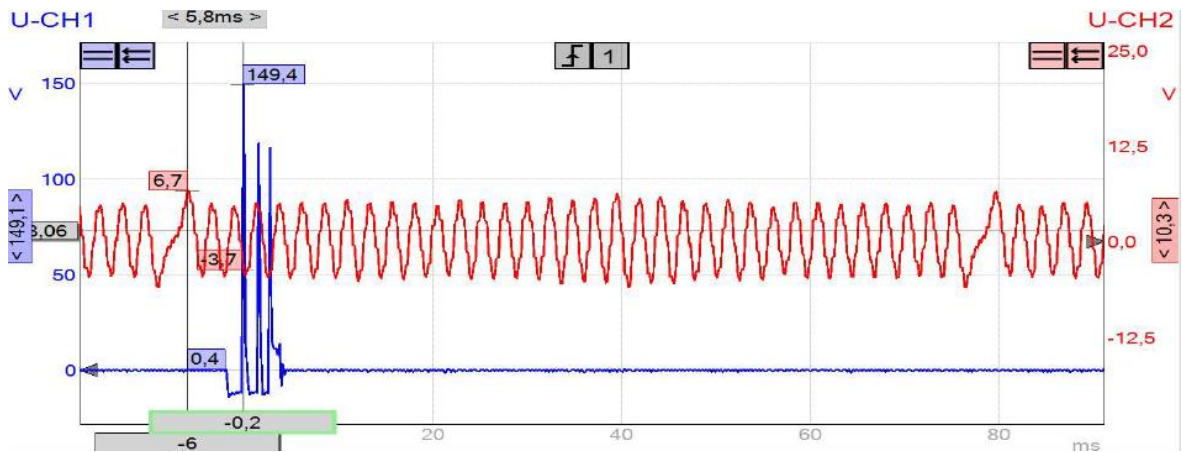




ANEXO X

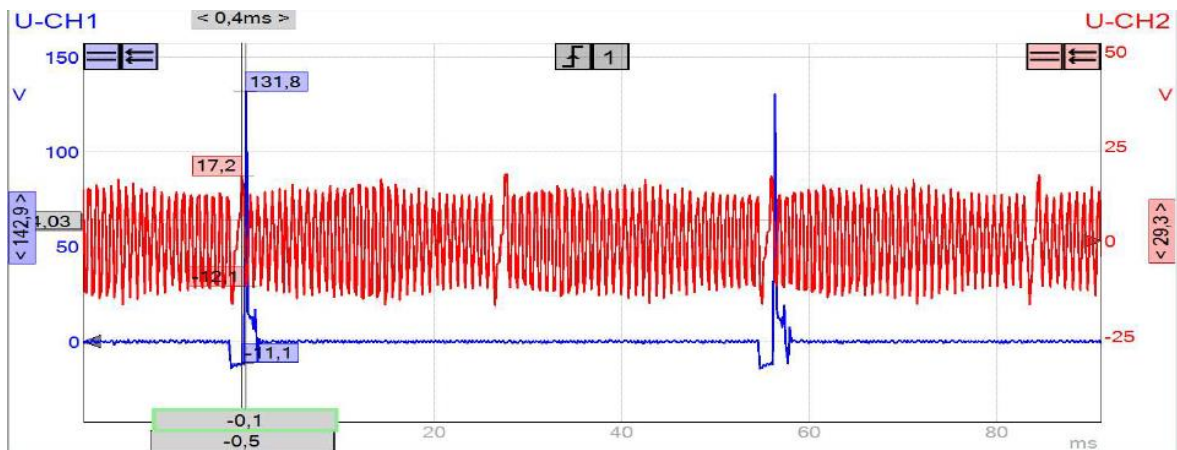
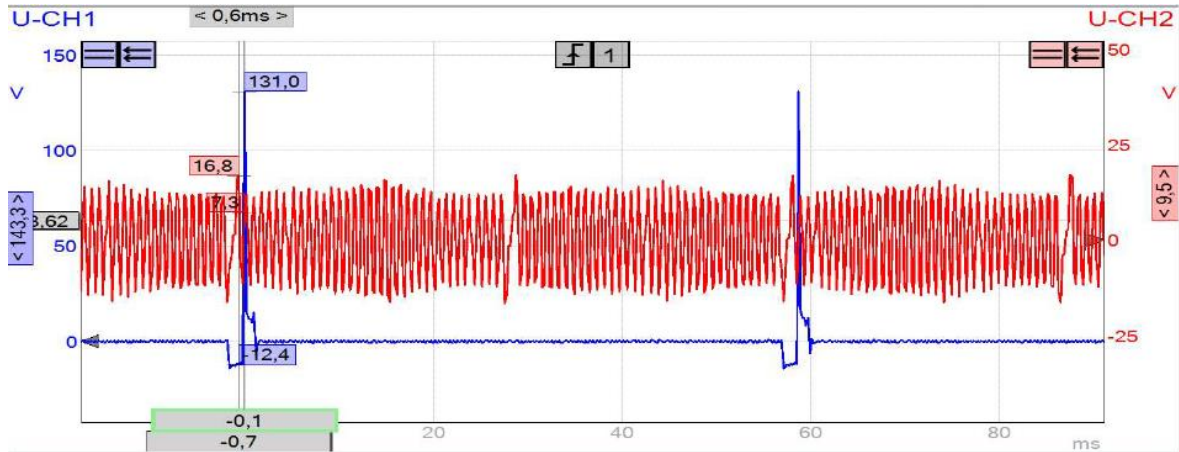
X MEDICIONES SENSOR CKP Y BOBINA COP RALENTÍ

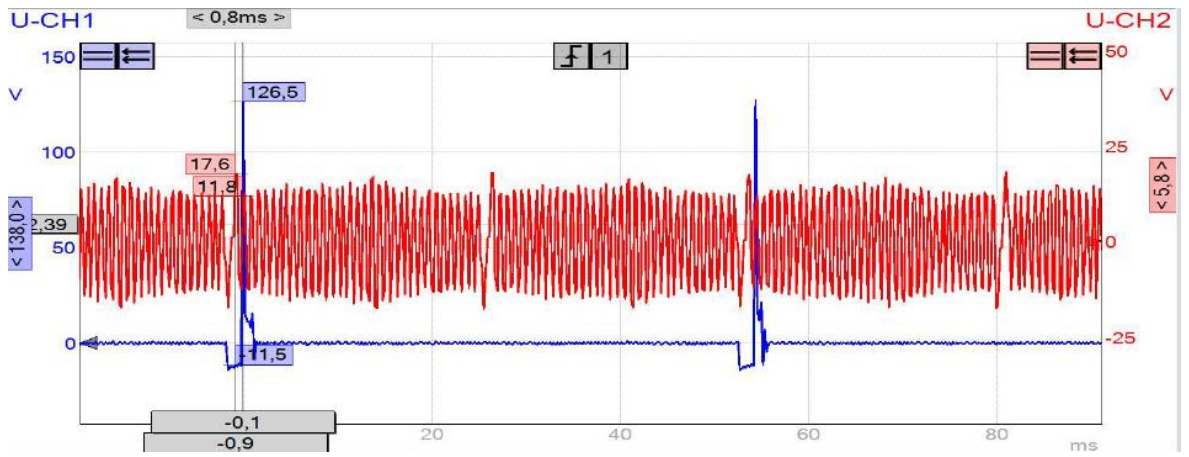
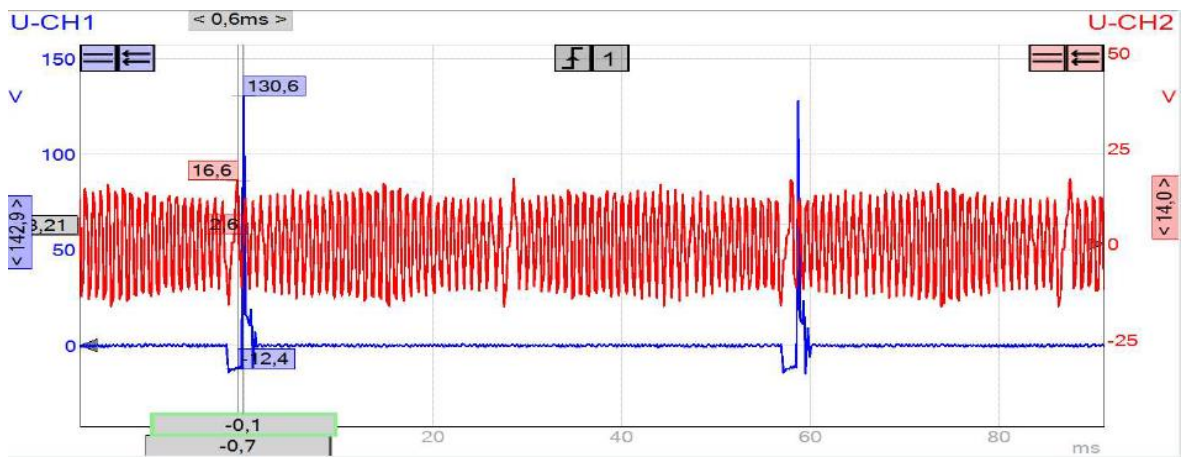
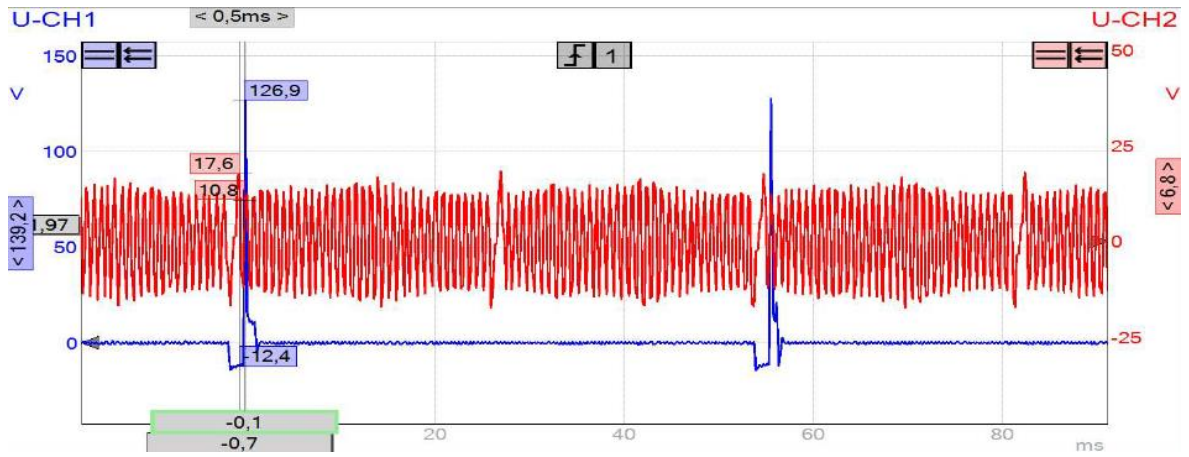




ANEXO XI

XI MEDICIONES SENSOR CKP Y BOBINA COP 3000 RPM





ANEXO XII

XII AVANCE DE ENCENDIDO RÉGIMEN RALENTÍ Y 3000 RPM

Revoluciones del motor	720 rpm
Velocidad del vehículo	0 km/h
Avance del encendido	20 °
Temperatura del aire del colector de admisión	30 °C
Velocidad del flujo del aire MAF	5.48 g/sec
Posición de la mariposa de admisión	19.22 %

Revoluciones del motor	3009 rpm
Velocidad del vehículo	0 km/h
Avance del encendido	35 °
Temperatura del aire del colector de admisión	36 °C
Velocidad del flujo del aire MAF	34.05 g/sec
Posición de la mariposa de admisión	32.16 %