

Construcción y caracterización de un banco de pruebas de encendido sin distribuidor

Esteban Marcelo Sevilla Sarmiento

Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional SEK, Quito

Nota de Autor

Esteban M. Sevilla, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional SEK;
Director Ing. Juan Carlos Rocha M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
e.sevilla.uisek.mec@uisek.com.

Declaración Juramentada

Yo, ESTEBAN MARCELO SEVILLA SARMIENTO, con cédula de identidad 1720877495, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Esteban M. Sevilla Sarmiento

C.I.: 1720877495

Dedicatoria

A mis padres, Lauro e Ibelia, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su apoyo incondicional en todos estos años; por su compañía, cariño y consejos. Su ejemplo de responsabilidad y honradez siempre estarán guardados en mi alma.

Esteban Marcelo Sevilla Sarmiento

Agradecimiento

A Dios, creador de todas las cosas en el universo, gracias por acompañarme en estos años de estudio, por iluminar mi camino y llenar mi vida de personas que me ayudaron a ser una persona de bien.

A Lourdes, Jimena, Marisol, Nelly y Katy; por cumplir cada uno de mis anhelos, por darme ánimos y ser ejemplo de trabajo.

A mis primas y primos, por compartir conmigo la alegría de vivir.

A mis tíos, por sus consejos y ayuda a lo largo de mi carrera; especialmente a Alfredo, por compartir conmigo noches de desvelo en la preparación de exámenes y proyectos.

A mis profesores, por su amistad, paciencia, comprensión y permanente apoyo en la adquisición de conocimientos y profesionalización.

Esteban Marcelo Sevilla Sarmiento

Índice

Índice	V
Resumen	13
Abstract	14
Antecedentes	15
Objetivo	18
Justificación	18
Marco teórico	19
Sistemas de encendido	19
Sistemas de encendido sin distribuidor.	20
Sistemas de encendido DIS (Direct Ignition System).	20
Funcionamiento del sistema DIS.	21
Ventajas del sistema DIS.	22
Desventajas del sistema DIS.	22
Componentes del sistema de encendido DIS.	23
Batería.	23
Bobinas de encendido de chispa perdida.	24
Función de las bobinas de chispa perdida	24
Diseño y constitución de las bobinas de chispa perdida.	25
Sistema de encendido de chispa perdida con bobina simple.	26
Bujías.	28
Grado térmico de bujía	29
Bujías calientes.	30
Bujías frías.	30
Sensores empleados en el sistema DIS.	33
Sensor de posición del cigüeñal CKP.	34
Ubicación del sensor CKP	34
Tipos de sensores CKP.	35
Sensor de tipo Inductivo.	35
Sensor CKP de tipo Hall.	36
Sensor de detonación.	36
Sensor MAP.	37

Sensor de temperatura 39

Unidad de control electrónico-ECU. 40

Cables de alta tensión. 42

Características especiales. 42

Constitución de los cables de alta tensión 42

Sistema de encendido COP..... 43

Componentes del sistema COP..... 44

Estructura de la bobina COP 45

Sistema de encendido COP de bobina simple. 46

Sistema de encendido COP de bobina con transistor incorporado 47

Ventajas aportadas del sistema de encendido COP. 48

Síntomas de fallas de los sistemas de encendido..... 49

Método 51

 Módulo de pruebas de sistemas de encendido electrónico 51

 Módulo sistema DIS 51

 Modo de funcionamiento:..... 51

 Diseño electrónico del sistema DIS 51

 Diagrama de bloques del sistema 53

Controladores del sistema DIS 54

Características del arduino nano 54

 Bobina de encendido Chevrolet Corsa evolution 55

 Transistor 56

 Cálculo de la resistencia del sistema de control DIS 58

 Cálculo de la potencia de la resistencia del transistor del sistema DIS 60

 Accionamiento de las bobinas del sistema DIS 61

 Módulo sistema COP 65

 Diseño electrónico: 65

 Controladores utilizados en el sistema COP 68

 Bobina independiente de encendido 68

 Cálculo de la resistencia y potencia sistema COP. 71

 Accionamiento de las bobinas sistema COP 72

 Fuente de alimentación 78

 Pruebas de funcionamiento..... 80

Diseño del tablero de pruebas.....	82
Disposición de elementos en el tablero	85
Guías de laboratorio.....	89
Guía de Laboratorio # 1.....	89
Guía de Laboratorio # 2.....	97
Guía de Laboratorio # 3.....	106
Guía de Laboratorio # 4.....	116
Guía de Laboratorio # 5.....	129
Guía de Laboratorio # 6.....	136
Resultados	142
Discusión.....	155
Conclusiones	155
Recomendaciones.....	157
Referencias.....	159
Anexos.....	162

Índice de figuras

Figura 1: Sistema de encendido convencional	16
Figura 2: Encendido en un motor de 4 cilindros.	21
Figura 3: Batería.....	23
Figura 4. Esquema eléctrico de una bobina de chispa doble.....	24
Figura 5: Diagrama esquemático de una bobina de encendido.	25
Figura 6: Circuito del sistema de chispa perdida con bobina simple.	26
Figura 7: Circuito de sistema de chispa perdida con bobina simple del tipo doble.	27
Figura 8: Circuito de una bobina DIS con transistor incorporado.	28
Figura 9: Estructura de la bobina.	29
Figura 10: Grado térmico de una bujía.....	30
Figura 11: Aspecto normal de una bujía.	31
Figura 12: Depósitos en la bujía.....	31
Figura 13: Fusión de los electrodos.....	32
Figura 14: Bujía con depósitos de aceite.....	32
Figura 15: Bujía con exceso de carbonilla.	32
Figura 16: Bujía con óxido.....	33
Figura 17: Ubicación del sensor CKP.	34
Figura 18: Sensor CKP de tipo inductivo.....	35
Figura 19: Sensor CKP Tipo Hall.	36
Figura 20: Ubicación del sensor de detonación	37
Figura 21: Funcionamiento del sensor MAP cuando el motor se encuentra detenido.....	38
Figura 22: Funcionamiento del sensor map cuando el motor está en ralentí..	38
Figura 23: Diagrama eléctrico del sensor MAP.	39
Figura 24: Esquema de un sensor de temperatura.	40
Figura 25: Cables de alta tensión.	42
Figura 26: Esquema eléctrico que representa una bobina montada directamente sobre bujía.	44
Figura 27: Sección transversal de bobina de encendido.	45
Figura 28: Configuración eléctrica de una bobina de sistema independiente.	46

Figura 29: Sistema de encendido con bobina simple.....	47
Figura 30. Bobina de encendido COP con transistor incorporado.....	47
Figura 31 : Bobina de encendido COP con módulo incorporado.....	48
Figura 32: Sensor de Efecto Hall.....	52
Figura 33: conexión del sensor.....	53
Figura 34: Diagramas de bloque del sistema DIS.....	53
Figura 35: Bobina de encendido DIS.....	55
Figura 36: Conexión de bujías del sistema DIS.....	56
Figura 37: Conexión del controlador 1 del sistema DIS.....	59
Figura 38: Control de la bobina lateral 1.....	61
Figura 39: Control de la bobina lateral 2.....	62
Figura 40: Esquema del circuito de la bobina DIS.....	63
Figura 41: Circuito de conexión del sensor al controlador 2 y a la pantalla led.....	63
Figura 42: Conexión de pines del controlador 3 a la pantalla led.....	64
Figura 43: Sensores Hall del sistema COP.....	66
Figura 44: Conexión del sensor Hall.....	67
Figura 45 : Diagrama de bloques del sistema.....	68
Figura 46: Bobina COP.....	69
Figura 47: Bobinas de encendido electrónico COP.....	70
Figura 48: Optocoplador.....	71
Figura 49: Control de bobina 1 COP.....	72
Figura 50: Control de bobina 2 COP.....	73
Figura 51: Control de bobina 3 COP.....	73
Figura 52: Control de bobina 4 COP.....	74
Figura 53: Circuito del controlador 1 del sistema COP.....	75
Figura 54: Circuito de conexión del controlador 2 a los sensores y a la pantalla led.....	76
Figura 55: Conexión del controlador 3 a la pantalla led.....	77
Figura 56: Fuente de alimentación.....	78
Figura 57: Multímetro.....	79
Figura 58: Multímetro con indicación de voltaje.....	79
Figura 59: Prueba del funcionamiento del motor A.C.....	80
Figura 60: Prueba de funcionamiento de la pantalla led.....	81

Figura 61: Prueba de funcionamiento de revoluciones	81
Figura 62: Osciloscopio	82
Figura 63: Diseño del banco de pruebas del sistema de encendido sin distribuidor	83
Figura 64: Vista frontal del tablero de pruebas	83
Figura 65: Vista lateral del tablero de pruebas.....	84
Figura 66: Vista superior del tablero de pruebas.....	84
Figura 67: Verticales del tablero de pruebas	85
Figura 68: Tablero de pruebas del sistema de encendido sin distribuidor	85
Figura 69: Tablero de pruebas encendido	86
Figura 70. Comprobación del voltaje de entrada de la bobina DIS	87
Figura 71: Comprobación del voltaje de entrada del sistema COP.....	87
Figura 72: Funcionamiento del sensor en 1 lógico	144
Figura 73: Gráfica característica del sensor hall en funcionamiento	144
Figura 74: Señal del sensor CKP y CMP del sistema COP	146
Figura 75: Señal del sensor CKP y CMP del sistema COP a 821 rpm	148
Figura 76: Señal del sensor CKP y CMP del sistema COP a 1584 rpm	148
Figura 77: Señal del sensor CKP y CMP del sistema COP a 2406 rpm	149
Figura 78: Señal de entrada desde la microcomputador hacia la bobina de encendido DIS..	150
Figura 79: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina DIS (desconectada)	151
Figura 80: Señales de entrada desde la microcomputador hacia las bobinas 1 y 4 del Sistema COP	152
Figura 81: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina 1 y 3 del Sistema COP	152
Figura 82: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina 3 y 4 del Sistema COP	153
Figura 83: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina 2 y 1 del Sistema COP	153
Figur 84: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina 4 y 2 del Sistema COP	154
Figura 85: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina 2 y 3 del Sistema COP	154

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Ley de Ohm	57
Ecuación 2: Ganancia de corriente	58
Ecuación 3: Ley de Ohm	59
Ecuación 4: Cálculo de potencia	60

Índice de tablas

Tabla 1: Valores de la resistencia del circuito primario del sistema DIS	142
Tabla 2: Resultados de resistencias del circuito primario del sistema COP	142
Tabla 3: Valores del voltaje del sensor Hall	143
Tabla 4: Valores del sensor CKP tipo Hall del sistema COP.....	145
Tabla 5: Valores del sensor CMP tipo Hall del sistema COP.....	145
Tabla 6: Datos de revoluciones y frecuencias medidas mediante equipos específicos y el banco de pruebas del sistema DIS	146
Tabla 7: Datos de frecuencias y revoluciones del sistema COP	147

Resumen

El presente trabajo muestra la construcción y caracterización de un banco didáctico de sistemas de encendido sin distribuidor: Direct Ignición Sistema (DIS) y Coil On Plug (COP). Responde a la necesidad de vincular la teoría con la práctica y pretende mejorar el aprendizaje del Ingeniero Automotriz de la Universidad Internacional SEK.

En primera instancia, se realizó un estudio bibliográfico con el fin de conocer el tema y contar con una visión más profunda sobre las características y elementos de los sistemas de encendido sin distribuidor, su evolución y transformación.

Obtenido el conocimiento sobre los sistemas de encendido, se identificó la existencia de estos elementos en el mercado para determinar los más adecuados para la construcción del banco didáctico; con lo cual se diseñó forma, tamaño y distribución de elementos; tomando en cuenta las características de cada sistema se armó el equipo para simular el funcionamiento de los sistemas de encendido DIS y COP.

Con el fin de lograr un aprendizaje significativo, este trabajo cuenta con guías de laboratorio. Mediante el empleo del multímetro y el osciloscopio se puede analizar el estado de funcionamiento de las bobinas DIS y COP, verificar el funcionamiento de los sensores utilizados, observar el funcionamiento de los sistemas de encendido, las revoluciones a las cuales funciona el simulador y la chispa que se genera en las bujías.

Abstract

The present work shows the construction and characterization of a didactic bank of ignition systems without distributor: Direct Ignition System (DIS) and Coil On Plug (COP). It responds to the need to link the theory with practice and aims to improve the learning of the Automotive Engineer SEK International University.

In the first instance, a bibliographic study was carried out in order to get to know the subject and to have a deeper insight into the characteristics and elements of ignition systems without distributor, its evolution and transformation.

Once the knowledge about the ignition systems was obtained, the existence of these elements in the market was identified to determine the most suitable ones for the construction of the didactic bank. With which it was designed form, size and distribution of elements. Taking into account the characteristics of each system, the equipment was assembled to simulate the operation of the DIS and COP ignition systems.

In order to achieve meaningful learning, this work has laboratory guides. Through the use of the multimeter and the oscilloscope can analyze the operating status of DIS and COP coils, verify the operation of the sensors used, observe the operation of the ignition systems, the revolutions to which the simulator works and see the spark generated in the spark plugs.

Antecedentes

El automóvil es uno de los inventos más espectaculares de la humanidad, su nacimiento fue muy rudimentario; sin embargo, su gran transformación se debe a la presencia de la electricidad en varios de sus componentes: batería, arranque, alumbrado, accesorios y sistema de encendido.

En los primeros motores, se lograba el encendido gracias a un generador eléctrico, que proporcionaba un campo magnético. Luego se pasó al uso de bobinas, bujías, platinos, condensador y distribuidor, denominado encendido por contacto; que tenía el problema del desgaste de los platinos por quemaduras y fricción; además de no suministrar una chispa de alta calidad.

Con el paso de los años y la llegada de la era electrónica se consigue eliminar el distribuidor y los elementos mecánicos propensos a sufrir desgaste. Actualmente, se optimiza el encendido empleando una sola unidad de control, logrando que el chispazo en las bujías sea más preciso y eficiente.

Sin embargo, el funcionamiento del sistema de encendido mantiene el mismo principio básico: cambiar la corriente de bajo voltaje del circuito primario de la bobina de encendido a corriente de alto voltaje en el circuito secundario para encender las bujías (Santander, 2010).

Los sistemas de encendido se encargan de generar una chispa para inflamar la mezcla de aire-combustible, de los motores a gasolina (Belló, 2011).

En el siglo 20 el francés Etienne Lenoir inventó la bujía, aunque este elemento no podía generar la chispa para el funcionamiento del motor, en el año 1911 Franklin Kettering

creó el primer sistema de encendido convencional que utilizaba platinos, un condensador, bujías, cables y una bobina, este sistema fue el que mejor se adaptó al encendido del motor y se volvió común en la industria automotriz, (García, 2012)

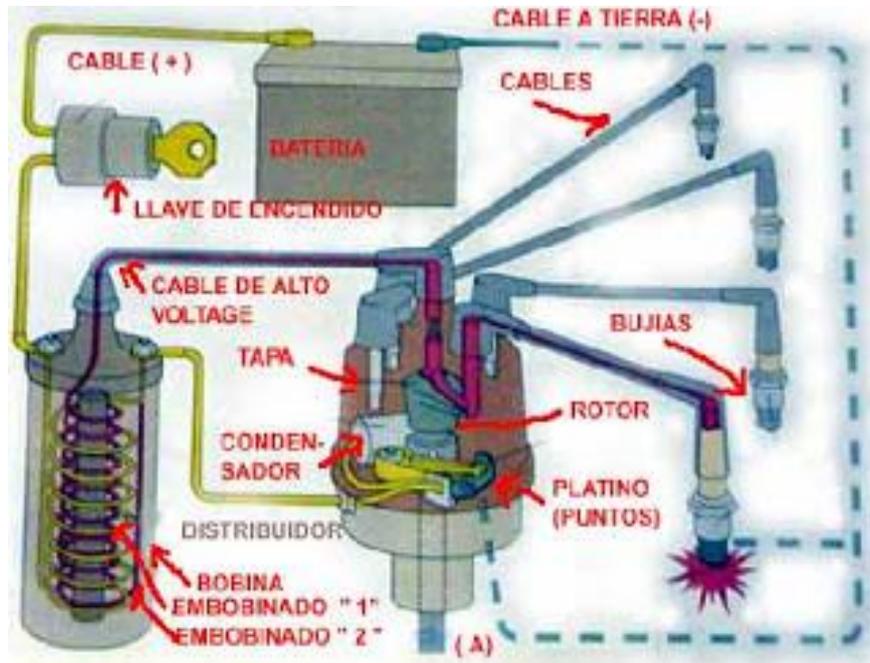


Figura 1: Sistema de encendido convencional (Velandia, 2009)

En la figura 1 se puede observar un sistema común de encendido que utiliza platinos, condensador y un distribuidor, en donde el platino o ruptor es el encargado de cortar la corriente de la batería hacia el circuito primario, la desventaja de este sistema es que los contactos de los platinos sufren un gran desgaste por quemaduras y abrasión, además de no suministrar una chispa de alta calidad. (Robert Bosch, 1999).

Desde los años 70 el sistema de encendido convencional se produjo en masa, siendo económico y seguro, y desde esa década los Ingenieros Automotrices encontraron que los sistemas electrónicos les permitían controlar la operación del motor con mayor exactitud y facilidad. (INACAP, 2001).

Posteriormente, se crea el sistema transistorizado que tiene la ventaja, con respecto al encendido convencional, de liberar al ruptor de la función de alimentar de corriente al circuito primario de la bobina, dicha labor la realiza un transistor de potencia. (INACAP, 2001)

En los años 80 se incorpora una microcomputadora como elemento de control, se inicia la aplicación de nuevas tecnologías al sistema de encendido, logrando un gran avance, porque se eliminan los platinos como elemento mecánico y se sustituye por un componente electrónico. (INACAP, 2001).

En el sistema de encendido sin platinos se utiliza un transistor para interrumpir la corriente del circuito primario de la bobina de encendido, que es controlado por un generador de pulsos que es un dispositivo capaz de producir una señal, ya sea análoga o digital en el distribuidor. Este sistema ya no sufre desgaste de elementos mecánicos como la leva y los platinos, evitando un constante mantenimiento. (Santander, 2010).

Ya en la década de los 90 se logra eliminar el distribuidor y se crea los sistemas que se tienen actualmente: DIS (Direct Ignition System) y COP (Bobinas sobre cilindro) que eliminan el distribuidor y todos los elementos mecánicos propensos a sufrir desgaste y averías, tanto el control de la inyección y del encendido es realizado por una sola unidad de control (INACAP, 2001).

Esta Investigación está basado en el estudio de los dos sistemas de encendido sin distribuidor: el sistema de bobina directo dotado de una bobina por cada par de cilindros, denominado sistema DIS y el sistema directo integrado que tiene la bobina montada directamente arriba de la bujía, que elimina el uso de cables de alto voltaje; denominado sistema COP.

Objetivo

Construir y caracterizar un banco didáctico de sistemas de encendido electrónico sin distribuidor: DIS y COP, mediante el acoplamiento de elementos que muestren el funcionamiento de cada uno de los sistemas, para ser utilizado como apoyo práctico en la materia de Electrónica del Vehículo, Carrera de Ingeniería Automotriz, de la Universidad Internacional SEK.

Justificación

El banco didáctico de sistemas de encendido sin distribuidor, permitirá a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz, entender de manera clara, precisa y concreta estas nuevas tecnologías. Los docentes que dicten la materia de Electrónica del Vehículo, tendrán un soporte experimental importante para vincular la teoría con la práctica.

Marco teórico

Sistemas de encendido.

Los motores de combustión interna para su funcionamiento necesitan un sistema capaz de encender la mezcla de aire y combustible esto se logra por medio del sistema de encendido, es necesario para inflamar la mezcla aire-combustible la descarga de un arco eléctrico entre los electrodos de la bujía, iniciándose así la combustión. (Alonso M. , 1998).

La mezcla de aire y combustible debe inflamarse con seguridad en todas las condiciones de funcionamiento del motor, por lo que es necesario cumplir con los siguientes requisitos:

- La chispa de encendido debe ser lo suficientemente fuerte para inflamar mezclas estequiométricas (Proporción ideal de aire y combustible en un motor de gasolina, 14,7 kg de aire por 1 kg de combustible), mezclas pobres (Contiene menos gasolina de lo debido o exceso de aire) y mezclas ricas (Contiene más gasolina de la necesaria o falta aire), cuando la energía de encendido es insuficiente no tiene lugar al encendido, no se inflaman la mezcla y se producen fallos en el motor. (Robert Bosch, 1999).
- Debe haber suficiente energía de encendido para que incluso en condiciones extremas se tenga la seguridad que se inflame la mezcla aire-combustible (Robert Bosch, 1999)
- Un funcionamiento correcto del sistema de encendido sin importar el régimen de revoluciones a las que esté funcionando el motor, a bajas revoluciones debe de existir una chispa de mayor duración y potencia, y a altas revoluciones un chispa constante. (Robert Bosch, 1999)

Sistemas de encendido sin distribuidor.

En este sistema de encendido las chispas de alta tensión son disipadas directamente desde las bobinas, la sincronización de la chispa es controlada por una unidad de control ECU, el sistema de encendido puede tener una bobina por cilindro como en el sistema COP o una bobina para cada par de cilindros, sistema DIS. (tecnoficio, 2016).

Sistemas de encendido DIS (Direct Ignition System).

En este tipo de encendido se elimina el distribuidor, disminuyendo la posibilidad de desgastes o averías a todo elemento móvil sujeto a contacto físico, en este sistema una misma bobina puede abastecer a dos cilindros simultáneamente, si bien la combustión no se puede producir a ambos a la vez; estas bobinas disponen de un arrollamiento secundario cuyos dos extremos están conectados a los dos bornes de salida de alta tensión, por lo tanto la chispa salta en dos bujías a la vez. (Belló, 2011)

Por ejemplo, en un motor de 4 cilindros (Figura: 2) saltaría la chispa en el cilindro 1 y 4 a la vez o 2 y 3 a la vez. Al producirse la chispa en dos cilindros a la vez, solo una de las chispas será aprovechada para provocar la combustión de la mezcla, y será la que coincide con el cilindro que está en la carrera de final de compresión, mientras que la otra chispa no se aprovecha debido a que se produce en el cilindro que se encuentra en la carrera de final de escape.

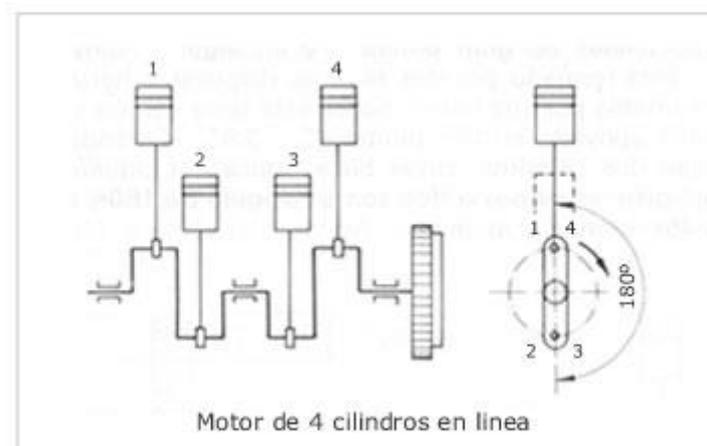


Figura 2: Encendido en un motor de 4 cilindros. (Aficionados a la Mecánica, 2014)

Funcionamiento del sistema DIS.

Al cerrar el circuito primario, circula corriente por la bobina del primario desde el borne positivo al negativo a través del dispositivo de apertura y cierre del circuito.

Mientras circula corriente por el primario la energía se acumula en forma magnética. En el momento de apertura del circuito deja de circular corriente por el primario, pero la energía magnética se transfiere a la bobina del secundario donde buscará salir para cerrar el circuito, y como la bobina del secundario es de muchas espiras y por tanto la relación de transformación es elevada saldrá una tensión de varios kilovoltios (miles de voltios). (e-auto, 2016)

La alta tensión tiende a saltar en el cilindro donde haya mucha presión de gases: el cilindro en compresión, mientras que necesitará solo unos centenares de voltios en el cilindro que está en depresión, es decir el que está en escape. Durante el ciclo siguiente, cuando los cilindros cambien de estado la alta tensión saltará de nuevo en el cilindro que se halle en compresión (e-auto, 2016)

Ventajas del sistema DIS.

- Tiene un gran control sobre la generación de la chispa ya que hay más tiempo para que la bobina genere el suficiente campo magnético para hacer saltar la chispa que inflame la mezcla. Esto reduce el número de fallos de encendido a altas revoluciones en los cilindros por no ser suficiente la calidad de la chispa que impide inflamar la mezcla aire-combustible.
- Las interferencias eléctricas del distribuidor son eliminadas por lo que se mejora la fiabilidad del funcionamiento del motor.
- Las bobinas pueden ser colocadas cerca de las bujías con lo que se reduce la longitud de los cables de alta tensión.
- Existe un margen mayor para el control del encendido, por lo que se puede jugar con el avance al encendido con más precisión.
- Mayor potencia de chispa, al poder disponer la bobina de mayor tiempo para saturar el campo magnético.
- Ausencia de pérdidas de energía en el distribuidor, al suprimirse el mismo.
- Menor mantenimiento, derivado de la ausencia de distribuidor, ya que con el tiempo el distribuidor presenta problemas de funcionamiento. (Belló, 2011)

Desventajas del sistema DIS

- En este sistema se siguen manteniendo los cables de alta tensión.
- Las bujías trabajan el doble, una de las chispas es perdida ya que solo trabaja con pocos centenares de voltios y la otra chispa es de alta tensión, de miles de voltios, por lo que hay que proveer un grado térmico superior.

Componentes del sistema de encendido DIS

El sistema de encendido DIS está compuesto por:

- Unidad de control
- Módulo de encendido
- Bobinas de encendido
- Bujías
- Sensor de temperatura del motor
- Sensor de revoluciones
- Sensor de detonación
- Llave de contacto
- Cables de alta tensión
- Sensor CKP Y CMP
- Batería de 12V

Batería

En el automóvil, la batería tiene la misión de recoger y almacenar la energía eléctrica que produce el alternador, para suministrarla a los diferentes órganos que la necesiten en un momento determinado. En el sistema de encendido la batería suministra el voltaje hacia el positivo de la bobina, y de acuerdo a las órdenes de la ECU esta corriente alimenta o corta su energía hacia la bobina. (Alonso M. , 1998)



Figura 3: Batería. (Motors, 2016)

Bobinas de encendido de chispa perdida.

Las bobinas de encendido que se utilizan en estos sistemas generan tensiones de hasta 35.000 V. Por tanto, es crucial evitar fallos de encendido y, como consecuencia, una combustión incompleta, (BERU, 2013)

Función de las bobinas de chispa perdida

La bobina de encendido cumple con la función de elevar el voltaje normal que suministra la batería en un valor unas 1000 veces mayor con objeto de lograr el arco eléctrico o chispa en la bujía, para permitir la inflamación de la mezcla aire/combustible en la cámara de combustión. (BERU, 2013)

Las bobinas de encendido de chispa doble como se puede ver en la Figura 5 generan una tensión de encendido en diferentes cilindros para cada dos bujías y dos cilindros. La tensión se distribuye de forma que la mezcla de aire-combustible de un cilindro se enciende en el extremo de la carrera de compresión (chispas primarias, chispa de gran alcance) y la chispa del otro cilindro salta en la carrera de escape (chispas secundarias, energía baja). (BERU, 2013)

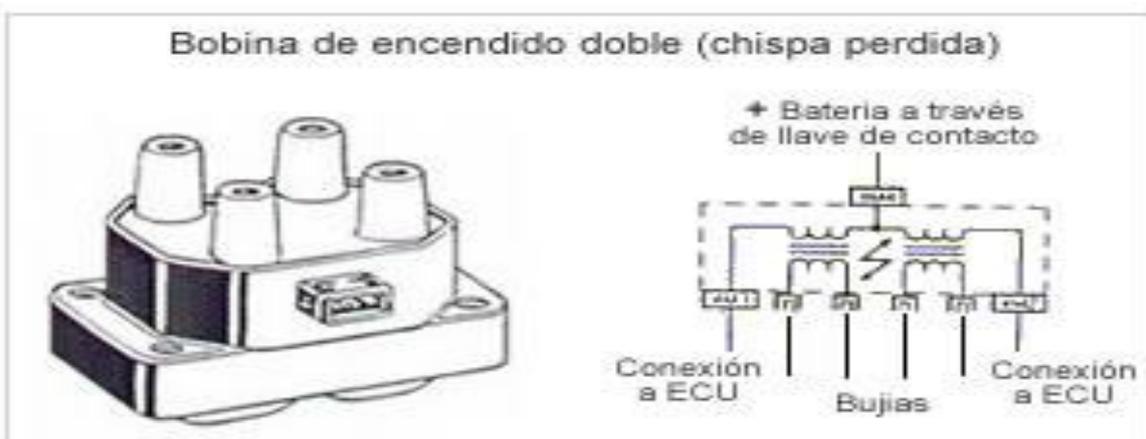


Figura 4. Esquema eléctrico de una bobina de chispa doble. (Aficionados a la Mecánica, 2014)

Diseño y constitución de las bobinas de chispa perdida

Las bobinas de encendido funcionan según el principio del transformador.

Básicamente, se componen de un bobinado primario, un bobinado secundario, el núcleo de hierro, una carcasa con material de aislamiento y resina epoxi como relleno (BERU, 2013).

El bobinado está formado por dos circuitos, el circuito primario está formado de cable de cobre grueso con unas 200 vueltas (diámetro aproximado de 0,75 mm). El circuito secundario de cable de cobre fino con unas 20.000 vueltas (diámetro aproximado de 0,063 mm) (BERU, 2013)

El núcleo de hierro está laminado, lo que implica que está construido normalmente con varias láminas de chapa ferro magnéticas dispuestas en capas. La función principal del núcleo de hierro es reforzar el campo magnético que se forma en la bobina en cuanto este se somete a una tensión. En el campo magnético se almacena energía. Mientras no se desconecte la tensión primaria, se dice que la bobina se carga. (NGK, 2017)

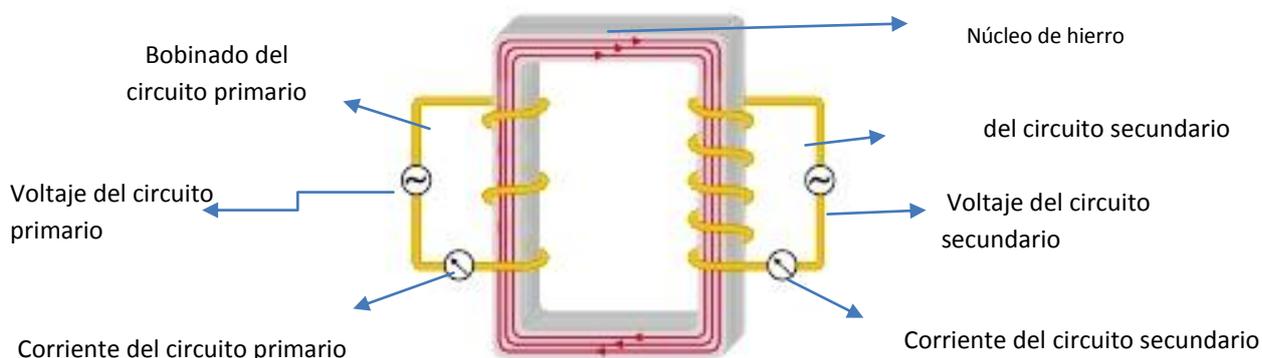


Figura 5: Diagrama esquemático de una bobina de encendido. (BERU, 2013)

Sistema de encendido de chispa perdida con bobina simple.

Esta bobina es un autotransformador donde el cierre a masa del circuito primario se realiza a través de la ECU, por medio de un transistor de potencia en un módulo aparte como se observa en la figura 6.

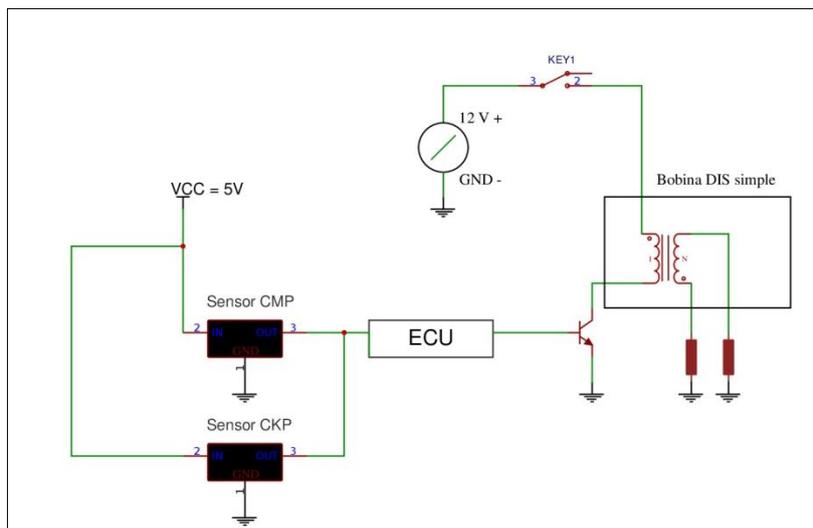


Figura 6: Circuito del sistema de chispa perdida con bobina simple.

En este tipo de bobinas el más común es del tipo doble, que cuentan con 3 pines de conexión, 2 pines conectados a la ECU, 1 pin conectado a la batería por medio de una llave de contacto y 4 pines que son conectados a las bujías como puede verse en la figura 7.

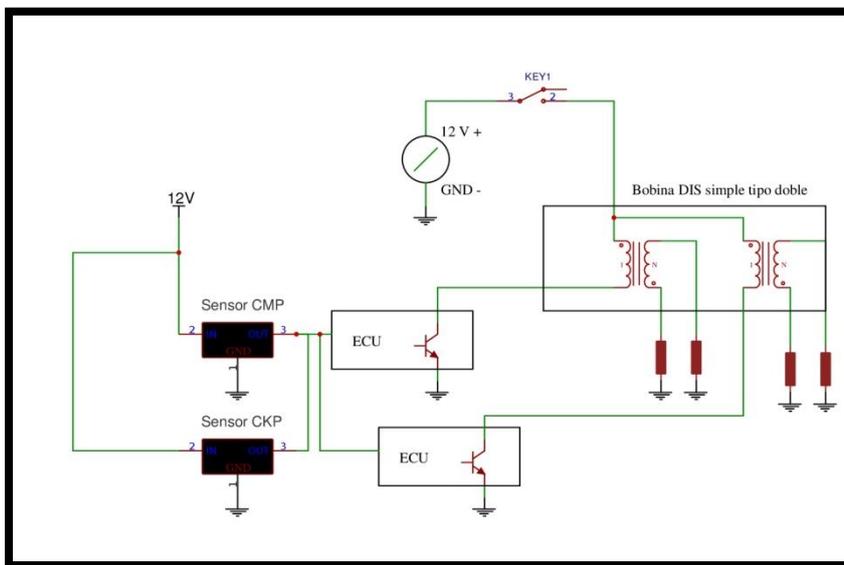


Figura 7: Circuito de sistema de chispa perdida con bobina simple del tipo doble.

Sistema de encendido de chispa perdida de bobina con transistor incorporado

La característica fundamental de estas bobinas, es el incorporar el transistor de potencia en su cuerpo, En caso de incorporar el transistor de potencia, el PCM solo enviará a las bobinas una serie de pulsos que excitan el transistor, para cortar el circuito primario y así generar el salto de chispa en las bujías.

La figura siguiente muestra el diagrama eléctrico de este tipo de bobinas en cuyo interior se encuentran los transistores de potencia, esto es para una bobina de tres terminales de conexión.

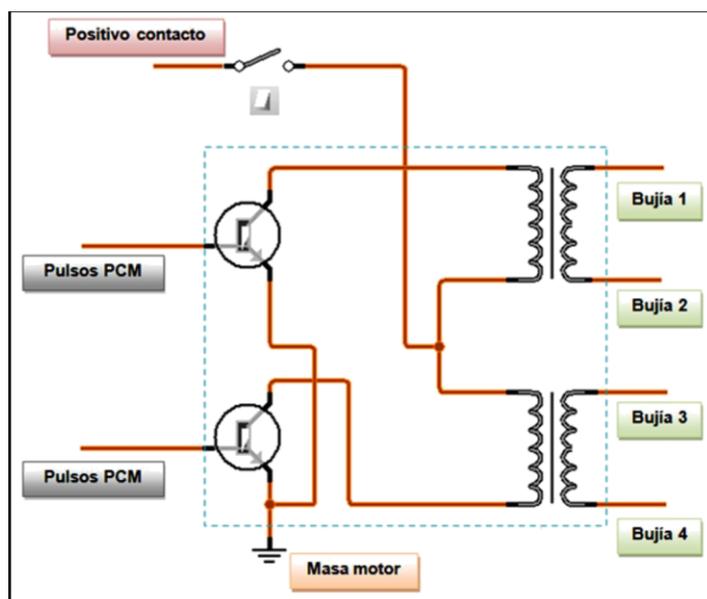


Figura 8: Circuito de una bobina DIS con transistor incorporado. (Jiménez, 2014)

Bujías.

Tienen como función permitir que la corriente que se produce en el circuito secundario salte en forma de un arco eléctrico que se forma entre sus electrodos para inflamar la mezcla aire-combustible. (Robert Bosch, 1999)

Las bujías de encendido deben ofrecer las máximas prestaciones: Entre unas 500 y 3.500 chispas por minuto, la bujía debe suministrar una potente chispa de encendido incluso a la máxima potencia durante horas o con un tráfico de parada y arranque; incluso a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ deben asegurar que se alcance rápidamente la temperatura de servicio. (Información técnica BERU, 2013).

Las bujías de encendido como se ve en la Figura 9 deben lograr una transmisión segura en tensiones de encendido hasta 45.000 Voltios, buena disipación de calor, debe garantizar un aislamiento de hasta $1.000\text{ }^{\circ}\text{C}$, la bujía debe soportar presiones que aparecen en

la cámara de combustión hasta 100 Bares, la parte de la bujía que penetra en la cámara de combustión está expuesta a procesos químicos a altas temperaturas exigiendo una resistencia contra gases y residuos corrosivos, el aislador de la bujía debe tener una alta resistencia a la sollicitación térmica (termo-shock) ya que está expuesto a cambios bruscos de temperatura, debido a las altas temperaturas de los gases y la mezcla aire combustible. , (Información técnica BERU, 2013)

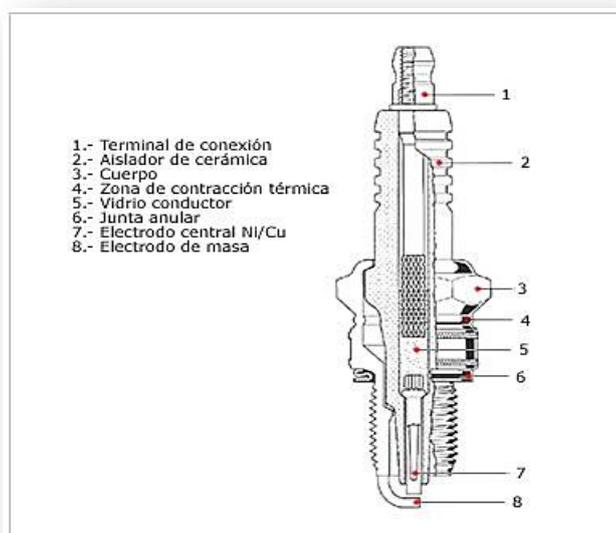


Figura 9: Estructura de la bobina. (Robert Bosch, 1999)

Grado térmico de bujía

Es la capacidad que tiene la bujía de disipar el calor. Existen dos tipos de bujías según su grado térmico, bujías calientes y bujías frías como se ve en la figura 10.

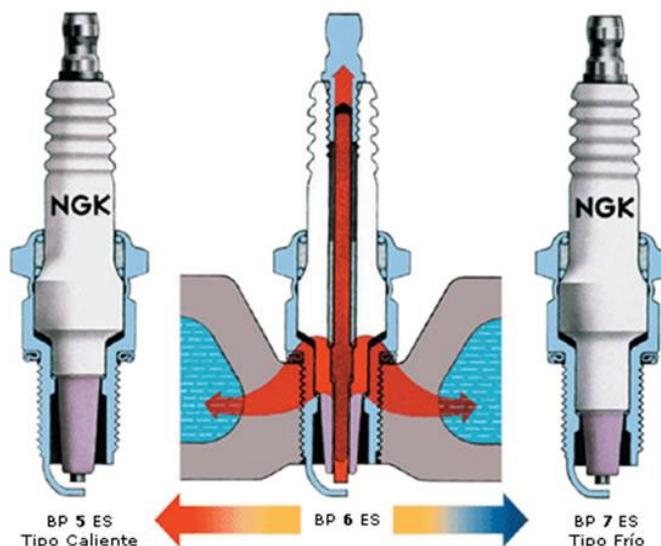


Figura 10: Grado térmico de una bujía (Leiva Autopartes)

Bujías calientes.

Tienen la punta del aislador muy larga, conducen el calor con lentitud por lo que se mantienen calientes; ideal para vehículos que realizan recorridos cortos por la ciudad con arranques y paradas frecuentes. (Aficionados a la Mecánica, 2014)

Bujías frías.

Tienen la punta del aislador corta y el recorrido de calor es directo por lo que conducen el calor con mayor rapidez y se mantiene frías; ideal para largos recorridos, altas velocidades o conducción con cargas. (Aficionados a la Mecánica, 2014)

Aspecto de las bujías

El aspecto de la bujía permite detectar averías del motor luego de su funcionamiento.



Figura 11: Aspecto normal de una bujía. (Agueda, 2009)

En la Figura 11, se observa el aspecto normal de una bujía, tiene una coloración entre blanca y parda, cuanto más oscura esté, mayor riqueza posee la mezcla que alimenta el motor, si al contrario el aspecto es demasiado blanquecino, la mezcla es demasiado pobre. (Belló, 2011).



Figura 12: Depósitos en la bujía. (Agueda, 2009)

En la Figura 12, se observa una bujía con muchos depósitos. El motivo puede ser, por ejemplo, la mala calidad del combustible o pérdidas de aceite a través de los segmentos del pistón, esto genera residuos que se solidifican en la punta de la bujía . (Agueda, 2009)



Figura 13: Fusión de los electrodos. (Agueda, 2009)

En la bujía de la figura 13, el electrodo de masa y el central se han fundido. Esto sucede cuando la bujía se sobrecalienta debido a que la bujía elegida no es la correcta. (Grado térmico incorrecto). (Agueda, 2009)



Figura 14: Bujía con depósitos de aceite. (Agueda, 2009)

En la bujía de la figura 14, la punta de encendido está engrasada, húmeda y negra, la causa es que los segmentos del pistón están con fugas o el cilindro está gastado o dañado. (Agueda, 2009)

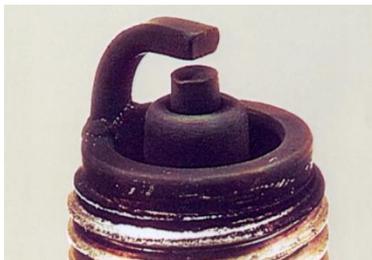


Figura 15: Bujía con exceso de carbonilla. (Agueda, 2009)

En la bujía de la imagen N 15, la punta de encendido se presenta totalmente cubierta de residuos de carbón. La causa es por una mezcla aire/combustible demasiado rica. (Agueda, 2009)



Figura 16: Bujía con óxido. (Agueda, 2009)

En la bujía de la figura 16, el material de los electrodos aparece oxidado y en casos extremos adopta un color verdoso. La oxidación y la corrosión pueden aparecer por varias causas: uso de combustibles de mala calidad, demasiados aditivos en el combustible, ambientes húmedos o vehículos sin uso durante largos periodos de tiempo. (Agueda, 2009)

Sensores empleados en el sistema DIS.

Los sensores son los encargados de monitorear las condiciones de operación del vehículo y de enviar su información a la computadora para que ésta ordene a los actuadores a operar sobre ciertos parámetros de acuerdo a las condiciones cambiantes de funcionamiento del motor. (Rodríguez, 2016)

Los sensores convierten las condiciones de funcionamiento del motor como son: temperatura, presión, revoluciones, movimientos mecánicos, etc. en un voltaje eléctrico que es enviado a la computadora para ser procesado y comparado con datos de referencia grabados en sus memorias. Los actuadores son los dispositivos que realizan los cambios en la operación del vehículo, para adecuar su funcionamiento a diferentes condiciones específicas (Rodríguez, 2016).

Dentro de la constitución del sistema de encendido (DIS); existen tres sensores que forman parte fundamental en el funcionamiento de este encendido, estos son:

- Sensor de régimen de giro del motor (CKP) (Crankshaft Position Sensor).
 - Sensor de posición del árbol de levas (CMP) (Camshaft Position Sensor).
 - Sensor de presión del múltiple de admisión (MAP) (Multiple Pressure Admisión)
- (Núñez, 2013)

También se deben tomar otras señales para confirmar las circunstancias de funcionamiento del motor, estas son: temperatura del motor, detonación de la mezcla (KS) y cantidad de oxígeno en el escape (Sonda lambda).

Sensor de posición del cigüeñal CKP.

Es el encargado de informar cómo gira el cigüeñal y la velocidad del motor, ayuda a determinar el preciso instante donde el sistema de encendido entrega la chispa al cilindro cuando éste se está acercando al punto muerto superior de la carrera de compresión. (Juan Carlos Oliveros, 2012).

Ubicación del sensor CKP

El sensor de posición del cigüeñal está localizado como se indica en la figura 17 en la parte inferior del motor al lado del monoblock a un costado de la polea del cigüeñal.



Figura 17: Ubicación del sensor CKP. (Electrónica del auto, 2012)

Tipos de sensores CKP.

Dentro de la gama de sensores CKP existen dos diferentes tipos que se utilizan en el sistema de encendido DIS

- Inductivo
- Hall

Sensor de tipo Inductivo.

El sensor CKP inductivo mostrado en la figura 18, no necesita ningún tipo de alimentación externa para crear la señal ya que se genera únicamente por efecto causado por el magnetismo generado entre la rueda de rotación y el propio sensor. Este sensor está formado por una bobina y un imán permanente, el campo magnético en el sensor es interrumpido por el paso de los dientes del volante, esto genera una tensión de voltaje, mientras más altas las revoluciones más altas será el voltaje inducido. En este tipo de sensor la señal de salida es análoga (Flores, 2008)



Figura 18: Sensor CKP de tipo inductivo. (Cisterna, 2014)

Sensor CKP de tipo Hall.

Los sensores CKP por efecto Hall mostrado en la figura 19, por lo general cuentan con tres pines, el primer pin es la de alimentación en ella podemos encontrar 12V o 5V, la segunda es el pin de tierra, y la tercera es la señal hacia la computadora, al momento de que el motor gira la rueda dentada se posiciona el frente del sensor, en un hueco de la rueda mantiene un voltaje y no hay caída, pero cuando se mueve de nuevo y se encuentra sobre uno de los dientes de la rueda provoca la caída de tensión produciendo así la señal digital de unos y ceros. (Ingeniería Autoavance, 2013)

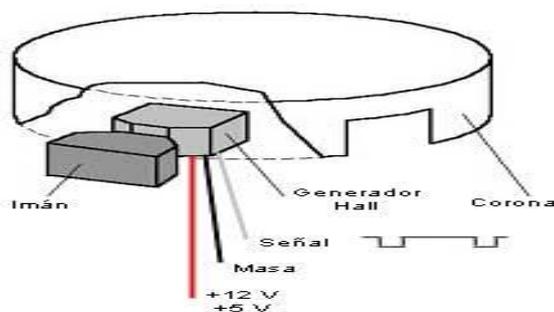


Figura 19: Sensor CKP Tipo Hall. (Luis Roberto, 2012)

Sensor de posición de árbol de leva.

El sensor CMP se utiliza para la identificación de los cilindros, ésta información es utilizada por la ECU y junto con el sensor CKP detectan la posición del pistón en cada uno de los cilindros de esta manera ayuda a determinar la sincronización de la chispa en las bobinas. Hay dos tipos comunes de sensores, el de imán permanente y efecto hall. (Juan Carlos Oliveros, 2012).

Sensor de detonación.

Este sensor sirve como informante cuando se producen detonaciones en uno de los cilindros, el computador identifica que cilindro es y cómo se ha producido el encendido, por

lo tanto recibirá la información que ha generado el efecto de la detonación, almacena esta información en la memoria operativa y para el siguiente encendido en secuencia, establece un atraso en el encendido del cilindro. Este sensor como se observa en la figura 20 se encuentra en el bloque del motor estratégicamente dispuesto, con el fin de poder captar todas las detonaciones en cualquier cilindro. (Juan Carlos Oliveros, 2012)

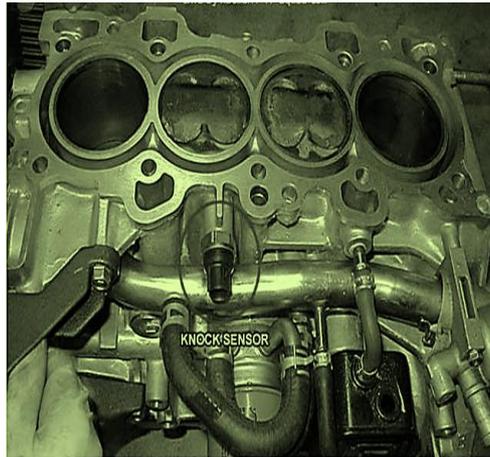


Figura 20: Ubicación del sensor de detonación. (Mecatrónica automotriz, 2011)

Sensor MAP

El sensor de depresión del múltiple de admisión MAP mide la presión que ingresa en el múltiple de admisión, el sensor MAP trabaja en conjunto con el sensor de posición de cigüeñal, esta información es enviada a la unidad de control para calcular la entrega de combustible y el tiempo de encendido.

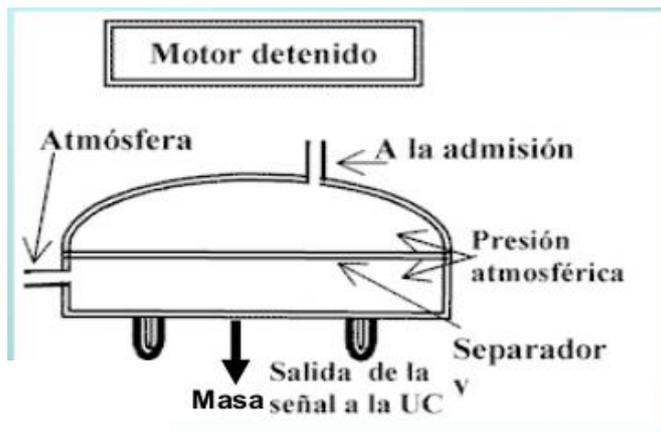


Figura 21: Funcionamiento del sensor MAP cuando el motor se encuentra detenido. (Cisterna, 2014).

El sensor de depresión de múltiple de admisión como se ve en la figura 21, tiene dos cavidades, una se encuentra a la presión atmosférica y la otra está conectada a la presión del múltiple de admisión. Al estar el motor detenido las presiones son iguales a ambos lados de la membrana (separador) la cual contiene resistencias piezoresistivas las cuales varían su valor según la flexión de la membrana. (Cisterna, 2014).

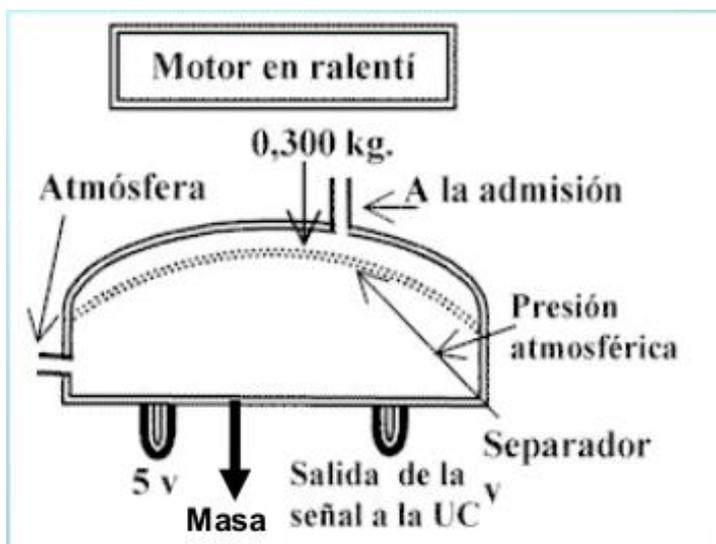


Figura 22: Funcionamiento del sensor map cuando el motor está en ralentí. (Cisterna, 2014).

Al estar el motor en funcionamiento la presión negativa generada por las constantes admisiones de los cilindros flexionan la membrana como se ve en la figura 22, actuando sobre

las piezo resistencias que están alojadas en su superficie, variando el valor de resistencia dentro del sensor y a la vez el voltaje que llega a la ECU (Cisterna, 2014)

El sensor MAP tiene 3 cables: un cable para tierra (E2), un cable para alimentación de 5V (+ 5VC) y un cable de señal salida hacia la ECU (PIM) como se puede ver en la figura 23. La conexión de masa se encuentra aproximadamente en el rango de los 0 a 0.08 volts, la tensión de entrada VC es generalmente de unos 5 volts mientras que la de salida PIM varía entre los 0.6 y 2.8 volts y entre los 4,8 y 5. Esta última es la encargada de enviar la señal a la unidad de control electrónico. (autodaewospark, 2016).

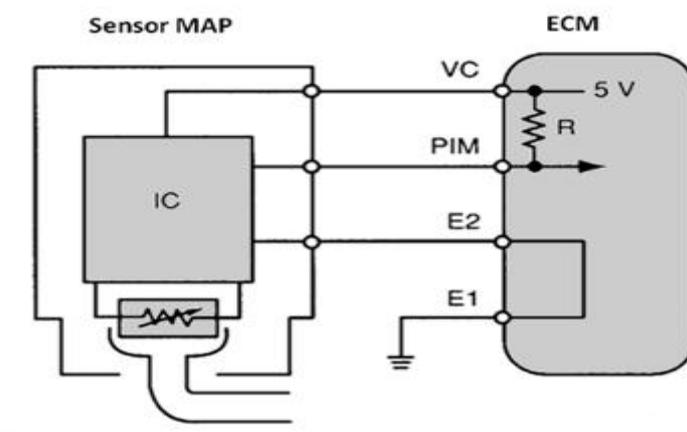


Figura 23: Diagrama eléctrico del sensor MAP. (autodaewospark, 2016)

Sensor de temperatura.

Como se ve en la figura 24, este sensor mide la temperatura del refrigerante del motor, se encuentra ubicado en contacto directo con el flujo del refrigerante del motor, es un sensor del tipo resistivo N. T. C, es decir de coeficiente negativo de temperatura, al aumentar la temperatura su resistencia interna disminuye. (Cisterna, 2014).

Cuando la mezcla de aire y combustible entra en un motor frío parte de ella se topa con las paredes de los cilindros a muy baja temperatura, esto provoca que cuando se produce la combustión la llama tienda a apagarse y provoque una combustión deficiente, para corregir este síntoma se requiere de aumentar la cantidad de combustible por lo menos en el arranque en frío, una vez que se genera temperatura en el motor la cantidad de combustible entregada debe ir disminuyendo hasta alcanzar la proporción ideal de 14.7 partes de aire por una de gasolina. (Mecánica Básica, 2014)

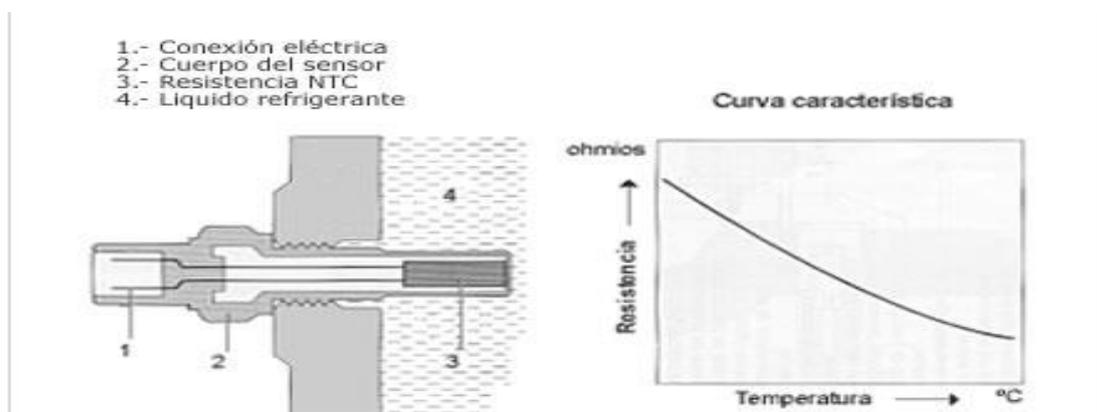


Figura 24: Esquema de un sensor de temperatura. (Aficionados a la Mecánica, 2014)

Unidad de control electrónico-ECU.

La unidad electrónica de control es un microordenador de gran rendimiento, que controla el funcionamiento de los actuadores. Una de las principales tareas en los motores de gasolina es calcular el momento justo de la inyección, ignición y la cantidad de combustible necesario en el momento adecuado. (Núñez, 2013)

La unidad de control electrónica fue creada para controlar de manera más eficaz la combustión del motor y que al mismo tiempo sea menos contaminante (referido a gases tóxicos) (Núñez, 2013)

La ECU es la unidad de control electrónico que regula al motor. Es el corazón de un complejo sistema electrónico compuesto por sensores y actuadores, en la que los sensores informan a la unidad central y ésta envía la orden necesaria a los actuadores para transformar dicha información inicial. (Núñez, 2013)

La función de los sensores es la de registrar diversos parámetros sobre el funcionamiento del vehículo (tales por ejemplo, como las revoluciones del motor, temperatura de los sistemas, señal de la posición del acelerador, etc.) Estos sensores transforman dichas magnitudes físicas en electrónicas. Los actuadores son los elementos que son dirigidos a su vez por la ECU y son los encargados de convertir las señales eléctricas recibidas en magnitudes mecánicas. (Núñez, 2013)

Actualmente las ECUs son de 32 bits a 60 Mhz y al igual que sucede con cualquier ordenador de sobremesa o portátil, es necesario que disponga de su propio sistema operativo para poder funcionar. Algunos sistemas operativos funcionales pueden ser osCAN o MicrosarOs. (Núñez, 2013)

Las unidades de control han evolucionado, desde las que controlaban solo la cantidad de combustible inyectado hasta las que conocemos hoy en día, con elementos de autodiagnóstico, que nos avisa de los posibles errores que ésta puede padecer si detecta valores fuera del rango pre-establecido por fábrica. Este sistema hace un análisis cuando se inicia el arranque y si existe error alguno lo comunica directamente mediante distintos símbolos situados en el cuadro de mandos del automóvil. (Núñez, 2013)

Además, si las ECUs son programables, éstas pueden ser modificadas como consecuencia de un cambio de algún componente del vehículo, se les programa de nuevo para configurar correctamente el comportamiento y rendimiento adecuado del automóvil.

El avance de la tecnología, hace que el mecánico automotriz analice desde otra óptica el funcionamiento del automóvil, especialmente de los autos sin distribuidor. (Núñez, 2013)

Cables de alta tensión.

Los cables de encendido como se muestra en la figura 25 se encargan de llevar la tensión necesaria a la bujía procurando, en la medida de lo posible, que no se produzcan pérdidas, pues con el paso del tiempo pueden deteriorarse y afectar de forma negativa al funcionamiento del motor y al gasto de combustible. (Belló, 2011)



Figura 25: Cables de alta tensión. (Ochoa, 2015)

Características especiales.

- Gran capacidad de aislamiento, evitando las derivaciones parciales o totales a masa.
- Resistencia a la temperatura y a los agentes químicos.
- Elevado valor óhmico para evitar interferencias electromagnéticas en los componentes electrónicos del vehículo y perturbaciones en la recepción de ondas de radio de los equipos de audio.

Constitución de los cables de alta tensión.

Están formados por un núcleo que es el conductor en sí, este puede ser de fibra de vidrio impregnados con carbono, o de cobre, el aislante es de un recubrimiento de silicona

resistente a altas tensiones al que se añade goma para ganar elasticidad, también es frecuente añadir una capa intermedia de fibra de vidrio o poliéster para reforzar el aislamiento, el revestimiento de caucho de silicona es de alta resistencia a la temperaturas, al aceite y a la gasolina. (Belló, 2011).

Las fallas que producen los cables de alta tensión generan pequeña inestabilidad en el funcionamiento del vehículo, llevando al motor a funcionar incorrectamente ya que pueden inhibir el flujo normal de corriente eléctrica que llega a los enchufes de las bujías, lo cual puede causar un funcionamiento errático y defectuoso. El motor puede fallar cuando se produce una combustión incompleta o errática, que puede ser debido a la falla en los cables de alta tensión. Para evitar que existan fallas en el motor por desgaste de cables de alta tensión siempre deben revisarse y sustituirlos cada 40.000 km, sin importar que estos no presenten daños externos como grietas o fisuras. (Belló, 2011).

Sistema de encendido COP.

El sistema de encendido COP dispone de una bobina por cilindro, que se monta directamente sobre la correspondiente bujía, es decir que no dispone de cables de alta tensión, de esta manera el circuito secundario queda conectado a dicha bujía como se puede observar en la figura 26. (Alonso J. M., 2009)

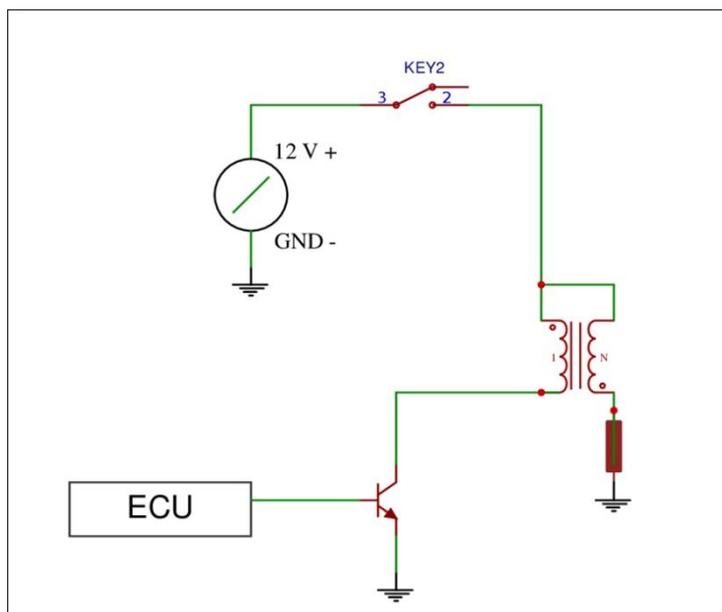


Figura 26: Esquema eléctrico que representa una bobina montada directamente sobre bujía.

Componentes del sistema COP

El sistema de encendido COP está compuesto por:

- Unidad de control
- Módulo de encendido
- Bobinas de encendido
- Bujías
- Sensores
- Llave de contacto
- Batería de 12V

Estos elementos que forman parte del sistema COP, también forman parte del sistema DIS, que ya se detallaron anteriormente, con excepción de la bobina de encendido, que se detallará a continuación.

Bobinas de encendido COP

El principio básico es el mismo que la bobina utilizada en el sistema DIS, de una tensión baja de batería de 12 voltios se crea una tensión de kilovoltios (en vehículos modernos

hasta 45 000 voltios). La tensión se transforma y se incrementa considerablemente (NGK, 2017)

Estructura de la bobina COP

Está formado por dos circuitos, un circuito primario y un circuito secundario. Un núcleo de hierro el cual está laminado, lo que implica que está construido normalmente con varias láminas de chapa ferromagnéticas dispuestas en capas. La función principal del núcleo de hierro es reforzar el campo magnético que se forma en la bobina en cuanto este se somete a una tensión (NGK, 2017) .

En la figura 27 se puede observar la sección transversal de una bobina de encendido

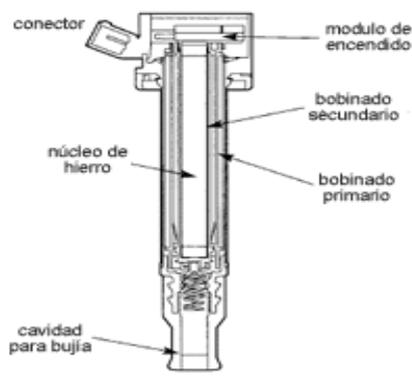


Figura 27: Sección transversal de bobina de encendido. (Beto Booster, 2016)

Para el funcionamiento de este sistema de encendido, el circuito primario de este tipo de bobina se encuentra conectado a positivo de la batería a través de un switch o de un relé, después el sistema COP necesita de la información de un sensor de posición hacia la computadora como referencia para determinar el cilindro 1 en tiempo de compresión, para estos sistemas el sensor CMP es quien indica a la computadora el punto muerto superior en el tiempo de compresión del cilindro 1. La ECU recibe esta señal para reconocer el orden de encendido (1-3-4-2 encendido más común). A partir de este momento la ECU puede

interrumpir la corriente en el circuito primario de cada bobina dependiendo el orden de encendido previamente almacenado, la interrupción de la corriente puede darse en el computador, módulo de encendido o en la misma bobina, todo dependiendo del tipo de bobina COP que se tenga que puede ser de bobina simple, con transistor incorporado o con módulo incorporado. (Ayala, 2013)

En la figura 28 se puede observar la configuración de una bobina COP

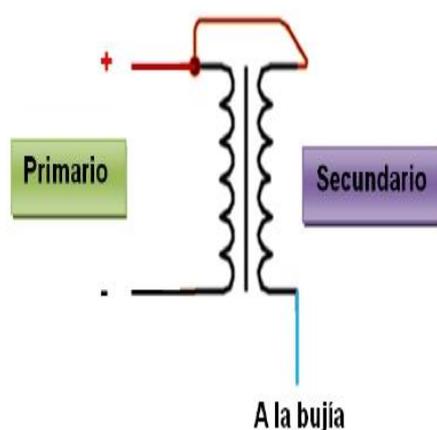


Figura 28: Configuración eléctrica de una bobina de sistema independiente. (Ayala, 2013)

Sistema de encendido COP de bobina simple.

Como se muestra en la figura 29, esta bobina utilizada en el sistema COP es la configuración más sencilla, únicamente tiene dos pines de conexión, un positivo de contacto y un cierre a masa. De un switch proviene un positivo de contacto hacia el bobinado primario y una masa a través de un transistor de potencia dentro del módulo de control comandado por pulsos, el bobinado secundario comparte positivo con el primario, por lo tanto cualquier descarga del secundario se va a realizar buscando al final el electrodo de masa de la bujía (Ayala, 2013).

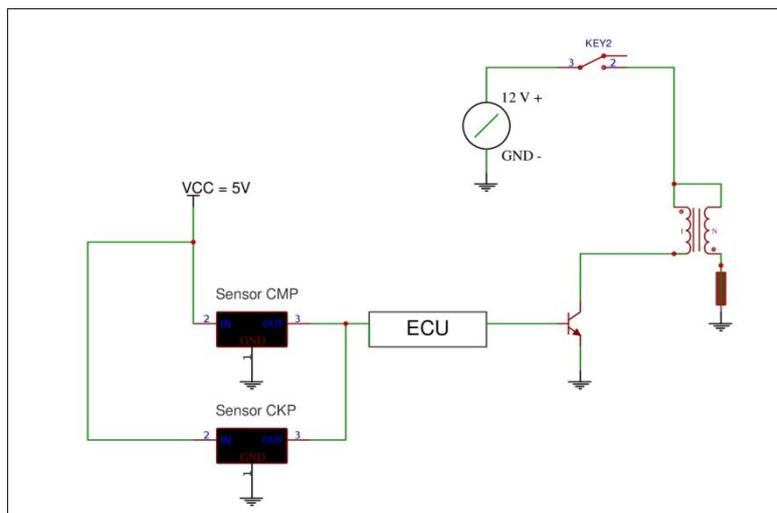


Figura 29: Sistema de encendido con bobina simple.

Sistema de encendido COP de bobina con transistor incorporado

Este tipo de bobinas incorpora un transistor en su cuerpo, por lo tanto el comando de ellas va a estar dado por el PCM a través de pulsos, este tipo de bobinas cuenta con tres pines de conexión, en la figura 30 se muestra una bobina de estas características, un positivo, una masa y una señal que son los pulsos provenientes del PCM hacia el transistor . (Ayala, 2013)

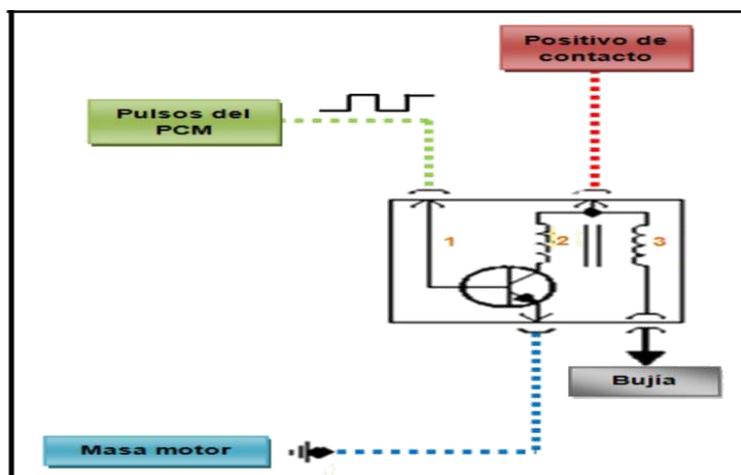


Figura 30. Bobina de encendido COP con transistor incorporado (Ayala, 2013)

Sistema de encendido COP de bobina con módulo incorporado

Este tipo de bobina funciona exactamente igual a la bobina con transistor incorporado de 3 pines con la diferencia que posee un pin adicional conectado a un módulo que genera una señal de retroalimentación al PCM cada vez que se genera una correcta inducción en el circuito primario de la bobina de encendido. En la figura 31 se observa el módulo que incorpora cada una de las bobinas y su conexión con el PCM. (Ayala, 2013)

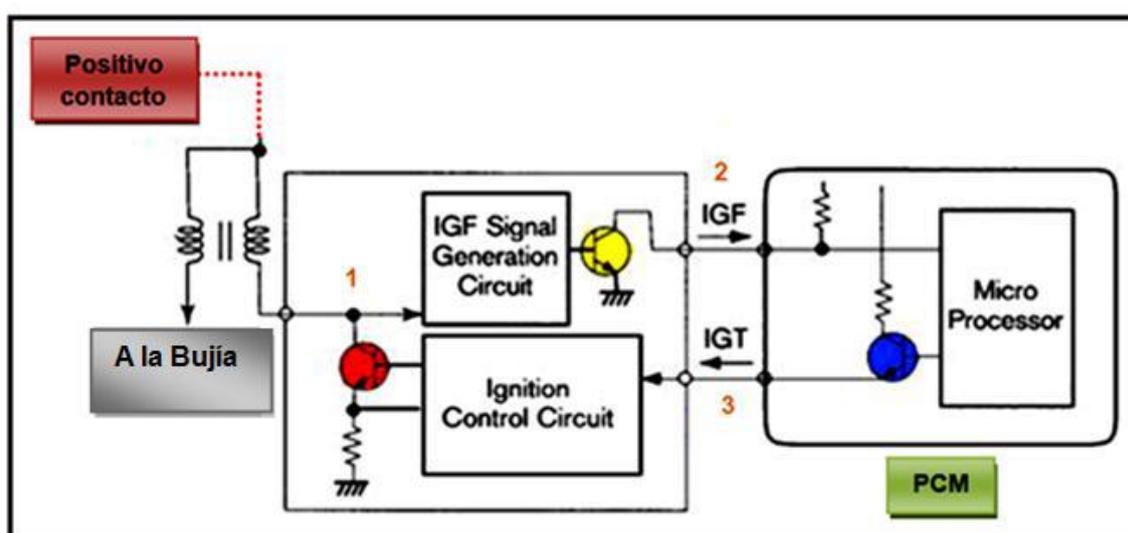


Figura 31 : Bobina de encendido COP con módulo incorporado. (Ayala, 2013)

Ventajas aportadas del sistema de encendido COP.

- Mayor potencia de chispa, al poder disponer la bobina de mayor tiempo para saturación del campo magnético, sin las condicionantes que el ángulo de cierre posee a alto régimen, además aventaja al sistema DIS ya que toda la energía de la bobina va a parar a una sola bujía. (Belló, 2011)
- Ausencia de cables de alta tensión, disminuyendo el riesgo de averías, así como menores pérdidas de energía.

- Ausencia de mantenimiento del sistema en sí, a excepción de las bujías, ya que si se tratan de unidades especiales de larga duración con electrodos fabricados con materiales como platino o iridio los intervalos de sustitución se llevan a cabo por encima de los 100.000 kilómetros (Belló, 2011)

Síntomas de fallas de los sistemas de encendido

Las principales fallas que presenta el motor debido al sistema de encendido son

- Cascabeleo
- Pérdida de potencia del motor
- Inestabilidad del motor
- El motor no arranca

Si en el vehículo se presentan estas fallas puede ser debido al sistema de encendido por lo cual se procede a realizar una comprobación de cada elemento que conforma este sistema.

Una de las primeras actividades que se realiza es verificar el estado en que se encuentran las bujías, realizando el cambio adecuado según el tipo de bujía, en este caso se utilizan bujías de platino e iridio por lo que deben ser cambiadas cada 100.000 km (Longo, 2010)

Se debe revisar el estado de los cables de bujía, que su cubierta externa no presente grietas ya que el flujo de corriente eléctrica hacia las bujías del motor va a ser errático, El resultado de esto es que la combustión en el motor es irregular e incompleta, por lo que se recomienda realizar el cambio de cables de bujía así no presenten fisuras o grietas cada 40.000km o 6 años de uso. (Fierrosclásicos, 2014)

Las bobinas de encendido también pueden dañarse y deben ser reemplazadas, las bobinas de encendido pueden fallar debido a la humedad, el desgaste normal producido por las altas tensiones que se manejan y si sufre golpes. Cuando la bobina deja de funcionar simplemente el motor no enciende, aunque pueden presentarse otros síntomas en el motor debido a su mal funcionamiento: (Fava, 2017)

- Consumo excesivo de combustible. Esto se debe a que el vehículo necesita más potencia para funcionar cuando las bujías reciben menos corriente. Por lo tanto, cuando una bobina de encendido comienza a fallar y se vuelve menos capaz de entregar energía, el auto necesita más combustible para funcionar y esto afecta la economía de combustible. (Fava, 2017)
- Fallas del tubo de escape. El resultado del aumento del consumo de combustible y el funcionamiento deficiente del motor se observa en un cambio notable en el escape, este puede volverse negro y oler a gasolina, por los gases mal quemados dentro de la cámara de combustión. (Fava, 2017)
- Puesta en marcha dificultosa. Debido a que la falla de una bobina de encendido significa que una bujía ya no recibe la cantidad adecuada de energía, los autos que padecen este problema suelen ser más difíciles de poner en marcha. Esto puede notarse especialmente cuando el motor está frío. (Fava, 2017)
- Pérdida de potencia.
- Paradas del motor. Los autos que tienen problemas en la bobina de encendido pueden sufrir paradas del motor, sobre todo cuando se encuentran en ralentí. (Fava, 2017)

También se pueden verificar si los sensores se encuentran en mal estado, para ello se utiliza un osciloscopio y se comprueba su funcionamiento, comparando los valores con los datos del fabricante.

Método

Módulo de pruebas de sistemas de encendido electrónico

El módulo de pruebas muestra el funcionamiento y operación del sistema DIS y COP; para lo cual es necesario diferenciar el modo de operación de cada uno de ellos.

Módulo sistema DIS

Modo de Operación: Un sensor

Modo de trabajo: 360 grados

Modo de funcionamiento:

- Primera vuelta activación de bujías 1 y 4
- Segunda vuelta activación de bujías 2 y 3
- Sensor de Efecto Hall
- Señal de emulación de la rueda dentada del cigüeñal del vehículo

Diseño electrónico del sistema DIS

En esta etapa del proyecto se evaluó el modo de operación y funcionamiento del sistema; y se separó en dos partes fundamentales que corresponden al circuito de control y al circuito de potencia.

El control del sistema se lo realiza con el uso de un sensor de Efecto Hall, el cual permite obtener una señal de activación cada vez que el imán pasa cerca del sensor.

En la figura 32, se puede observar la rueda dentada y 3 sensores Hall utilizados en el sistema de encendido, la flecha distingue el sensor hall utilizado exclusivamente en el sistema DIS.

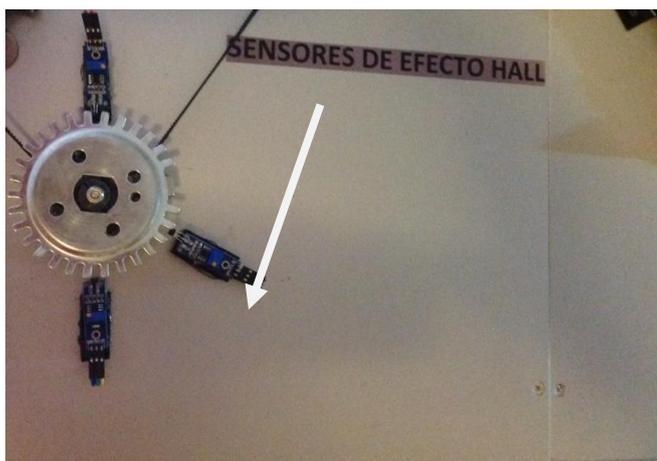


Figura 32: Sensor de Efecto Hall

La señal que se espera del sensor corresponde a un tren de pulsos (cuadrados).



Los mismos que trabajaran en forma sincronizada de acuerdo a la frecuencia y velocidad de la rueda dentada del cigüeñal (emulada). El sensor utilizado permite obtener las señales con buena precisión y exactitud para lecturas de altas frecuencias de operación (3000 rpm)

En la figura 33, se observa la conexión del sensor de efecto Hall utilizado en el banco de pruebas de encendido, el pin 3 es la salida digital que está conectada a una resistencia de 10 ohmios y a 5 voltios. El pin 2 está conectado a tierra y el pin 1 está conectado al pin 3.

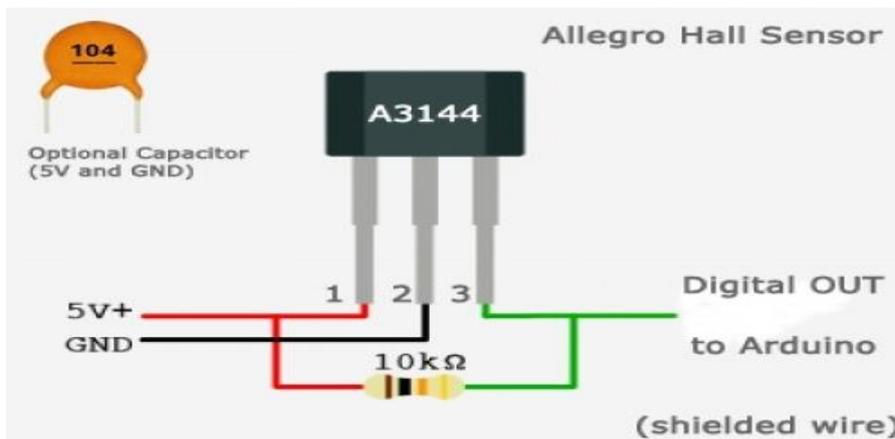


Figura 33: Conexión del sensor. (Arduino., 2014)

Diagrama de bloques del sistema

En la figura 34, se observa el diagrama de bloques del sistema DIS que cuenta con el sensor hall, 3 controladores, un circuito de potencia, 2 pantallas de visualización del sistema y la bobina DIS.

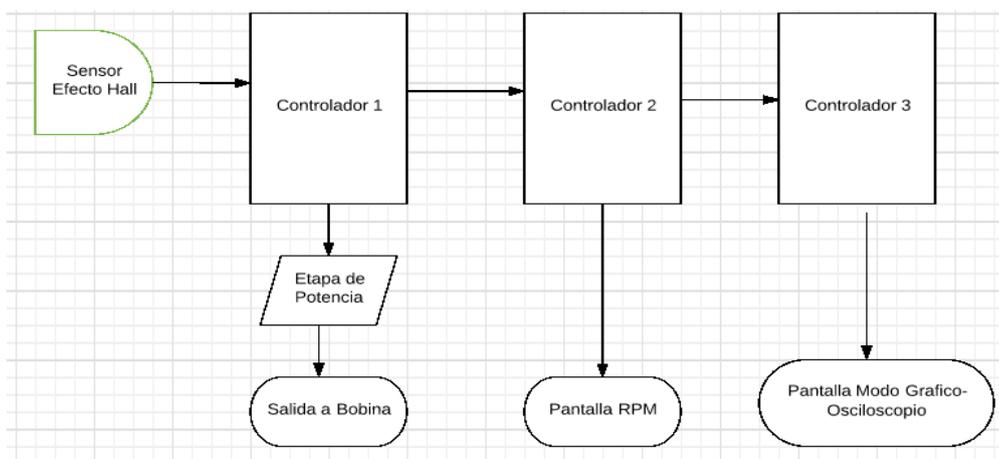


Figura 34: Diagramas de bloque del sistema DIS

Como se muestra en la figura 34 el sistema consta de tres controladores que trabajan en paralelo utilizando simultáneamente la misma señal del sensor. El diseño utiliza el concepto de paralelismo con el fin de obtener a la salida de la bobina un funcionamiento real y no con retardos de tiempo por motivos de procesamiento en pantalla ya que se trabaja con velocidades altas de hasta 3000 rpm; y con el fin de obtener los pines de conexión necesarios para trabajar con las dos pantallas adyacentes, las cuales indican las revoluciones por minuto a la cual está trabajando el sensor (pantalla 16x2 LCD) y el comportamiento del sensor y funcionamiento del sistema (pantalla GLCD 128X64).

El controlador 1 permite poner en accionamiento la bobina del vehículo, mostrando la chispa sincronizada de acuerdo al orden de encendido para lo cual resulta necesario conocer las especificaciones técnicas de la bobina a utilizar.

Controladores del sistema DIS

Para los controladores del circuito del sistema de encendido DIS se utilizaron arduinos nano, ya que esta es una placa pequeña y económica, para su funcionamiento el arduino nano utiliza un cable usb.

Características del arduino nano

- Microcontrolador: Atmel ATmega328
- Tensión de Operación (nivel lógico): 5 V
- Tensión de Entrada (recomendado): 7-12 V
- Tensión de Entrada (límites): 6-20 V
- Pines E/S Digitales: 14 - 100mA
- Memoria Flash: 32 KB
- Dimensiones: 18,5mm x 43,2mm
- Cable de alimentación usb

Bobina de encendido Chevrolet Corsa evolution

En la figura 35, se observa la conexión de la bobina de encendido DIS en el banco de pruebas.



Figura 35: Bobina de encendido DIS

Voltaje de trabajo 12v

Socket de conexión: 3 pines

Activación: Por pulsos negativos

Conexión:

- pin 1(izquierda) (activa salida a bujías 2 y 3)(pulso negativo generado por sensor).
- pin2 (centro) (conexión a positivo 12 v constantes).
- pin 3(derecha)(activa salida a bujías 1 y 4)(pulso negativo generado por sensor)

En la figura 36, se muestra la conexión de los cables de alta tensión y las bujías del sistema DIS.



Figura 36: Conexión de bujías del sistema DIS

En primera instancia se utilizó relés con el fin de generar los pulsos, sin embargo, debido a la corriente que se maneja internamente dentro de la bobina y la frecuencia a la que va a trabajar, se desertó esta idea, ya que en ciertas pruebas de funcionamiento los relés quedaban soldados por las corrientes altas y porque no respondían a velocidades superiores a los 1000 rpm. Considerando lo anterior, se utilizó transistores de potencia que sí permiten realizar esta operación.

Transistor

Tomando en cuenta que la corriente que se manejó fue superior a 1 Amperio se utilizó un transistor de potencia TIP 3055 el cual tiene la configuración NPN.

De acuerdo a los datos técnicos brindados por el datasheet se verifica que los valores de funcionamiento están dentro de los rangos a los cuales va a trabajar el sistema y estos son:

Voltaje colector emisor = 12 v

Corriente IC= 2 Amperios min

IC = 15 Amperios max

Para determinar la corriente IC del circuito se utiliza la ley Ohm

$$IC = \frac{V}{R}$$

Ecuación 1: Ley de Ohm

Voltaje. Es el valor de la fuente que alimenta la bobina DIS, que es igual a 12V

Resistencia. Es el valor de la resistencia del circuito primario de la bobina DIS máxima a la que la bobina puede encender es igual a 6 Ω (Jiménez, 2014)

$$IC = \frac{12V}{6\Omega} = 2A$$

Es importante saber qué corriente pasa por el punto donde se colocará el transistor para que actúe como interruptor. En este caso fue un amperaje igual a 2 amperios por las especificaciones de la fuente de voltaje y la resistencia de la bobina. La corriente de IC del transistor es el primer parámetro para la selección de este elemento.

Hfe= Gain = 20 (valor adimensional)

La relación entre la corriente del colector IC y la corriente de base IB se llama ganancia de corriente hfe, es un valor adimensional, y es un dato que se puede calcular para la selección del transistor de potencia.

$$hfe = \frac{IC}{IB}$$

Ecuación 2: Ganancia de corriente

Corriente IC. Es el dato de la corriente mínima necesaria para activar la bobina

Corriente IB. Es la corriente que entrega el arduino a la base del transistor, de acuerdo a las características del micro controlador es una corriente de 100mA.

$$hfe = \frac{IC = 2A}{IB = 100ma = 0,1A} = 20 hfe$$

Entonces el transistor puede ser activado (saturación) o desactivado (corte) desde el micro controlador usado por el arduino Nano.

El transistor ha sido seleccionado de acuerdo a la carga inductiva a manejar en el banco didáctico. El transistor TIP 3055 (el cual se usó) permite tensiones de hasta 60 V y corrientes de hasta 15 A.

. Una vez seleccionado el transistor se calculó la resistencia entre el pin del micro controlador y el pin base del transistor; sin olvidar que el valor de hFe, ganancia de corriente mínima del transistor, es de 20.

Cálculo de la resistencia del sistema de control DIS

A continuación se presenta el cálculo de la resistencia en ohmios que permite operar al transistor en modo corte saturación (conmutador). Se conoce el voltaje y la corriente, razón por la cual se puede emplear la Ley de Ohm $I = V * R$

$$R = \frac{V - 0,7}{\frac{I}{hF_e}}$$

Ecuación 3: Ley de Ohm

R = resistencia V = voltaje; I = corriente hFe = ganancia de corriente

Voltaje (V): Es la tensión que proporciona el pin del micro controlador (Arduino-Nano), normalmente 5 o 3,3 V. Se resta 0,7 V. porque es la caída de tensión típica entre la base y el emisor de un transistor, también conocido en el datasheet del transistor como Vb.

Corriente (I): Es la corriente que consume el circuito que queremos encender o apagar.(2A)

hFe: Es la ganancia de corriente (current gain) que tiene el transistor, indicado por el fabricante (y puede ser medido en un multímetro) (si hay varios valores se debe elegir el más pequeño).

En la figura 37 se observa la malla para el cálculo de resistencia conectado al pin 7 del arduino

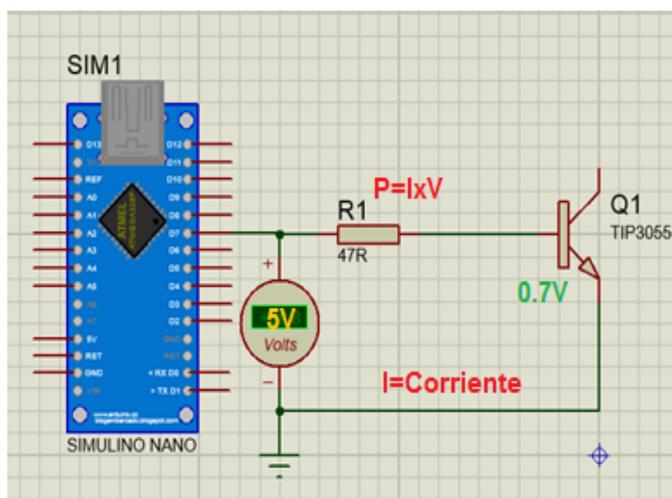


Figura 37: Conexión del controlador 1 del sistema DIS

$$\text{Cálculo: } R(\Omega) = \frac{5V - 0,7V}{\frac{2A}{20}} = 43\Omega$$

Como no existe un valor comercial exacto de la resistencia se utilizó el valor de la resistencia superior disponible en el mercado (47 ohmios).

Cálculo de la potencia de la resistencia del transistor del sistema DIS

La potencia se calculó con la siguiente ecuación

$$P = I * V$$

Ecuación 4: Cálculo de potencia

$$P = I * V$$

$$P = (5v - 0.7) * 100mA$$

$$P = (4.3) * 100mA$$

$$P = 0.43watt$$

$$P \approx \frac{1}{2} watt$$

Especificaciones de resistencia

Valor : 47 Ω Potencia : ½ watt (baja potencia)

Como se trata de dos salidas digitales que se manejaron para la misma bobina pero para diferentes bujías; para ambas se utiliza la misma resistencia con las mismas especificaciones.

Accionamiento de las bobinas del sistema DIS

A continuación en la figura 38 y 39 se muestran el circuito que controla el accionamiento de la bobina lateral 1, cilindro 1-4 y bobina lateral 2, cilindro 2-3, que consta del sensor hall una resistencia de 47 Ω y el transistor TIP3055.

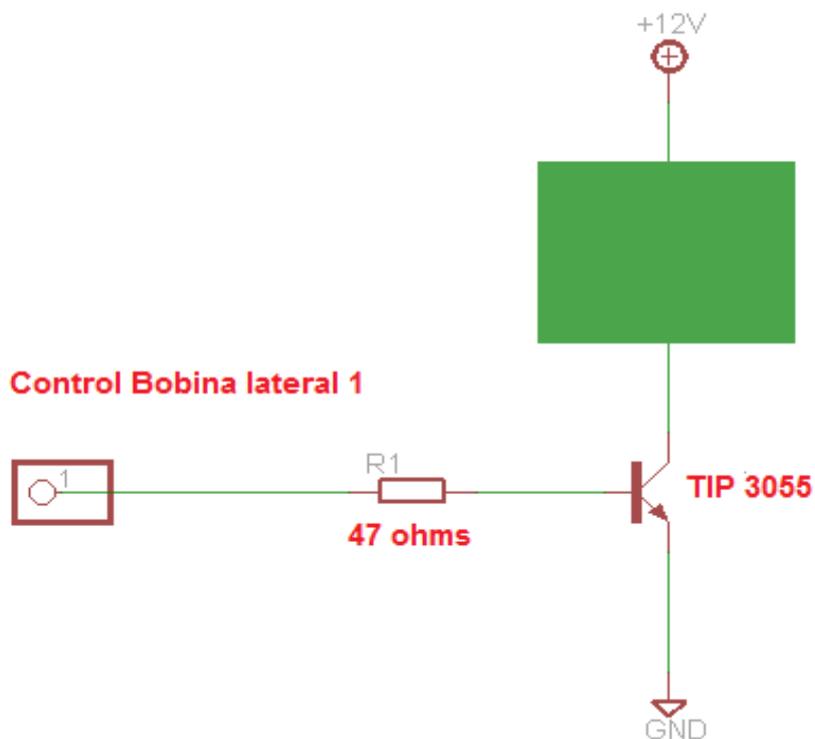


Figura 38: Control de la bobina lateral 1

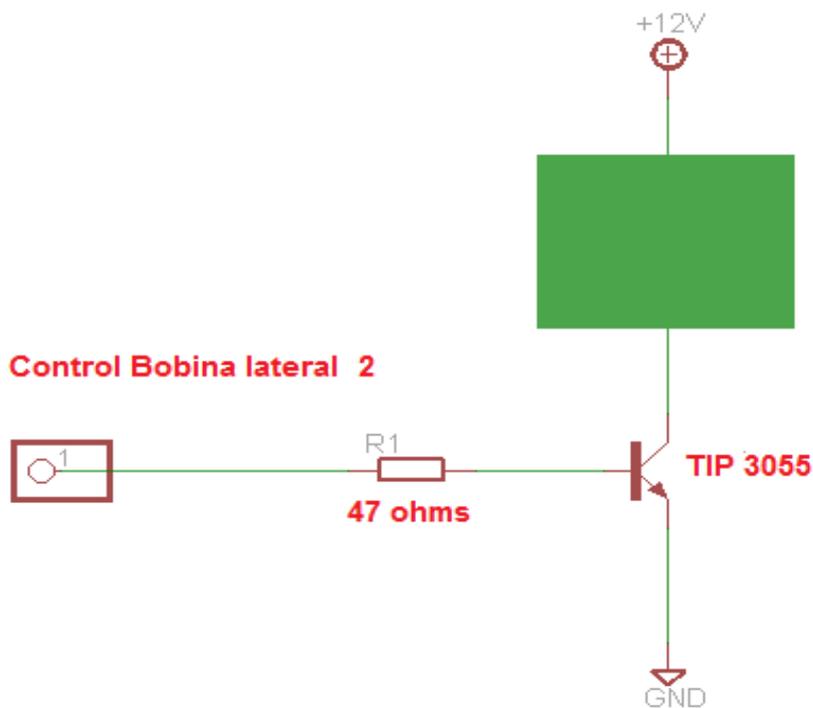


Figura 39: Control de la bobina lateral 2

Posteriormente se colocó un Diodo Zener de 100 V entre el colector y emisor del transistor para evitar daños en el TIP3055 por retornos de corrientes parásitas. Al igual que un diodo en paralelo a la bobina para evitar el elevado arco eléctrico internamente en la bobina.

En la figura 40 se observa el circuito del controlador 1 del sistema DIS, queda dispuesto de la siguiente manera (sensor Hall, circuito de control; circuito de potencia y bobina DIS).

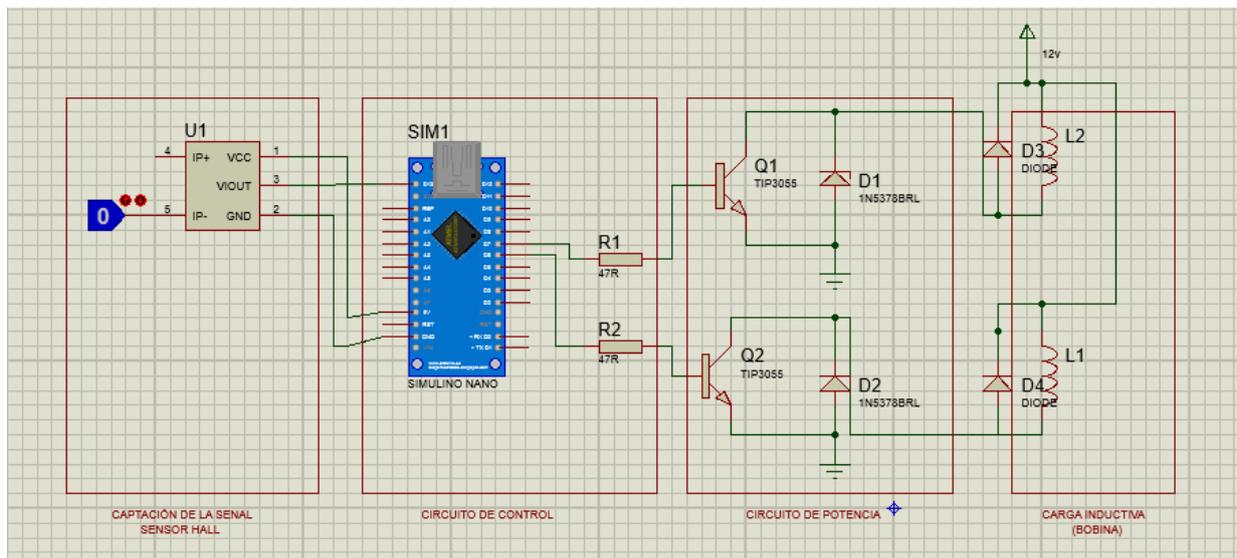


Figura 40: Esquema del circuito de la bobina DIS

En la figura 41, se observa la conexión del controlador 2 al sensor hall y a la pantalla led, donde el controlador 2 permite tomar las lecturas en milisegundos cada vez que el sensor capta el campo magnético del imán para realizar el cálculo de las revoluciones por minuto y de las revoluciones por segundo, se puede visualizar en la pantalla led las revoluciones del sistema DIS.

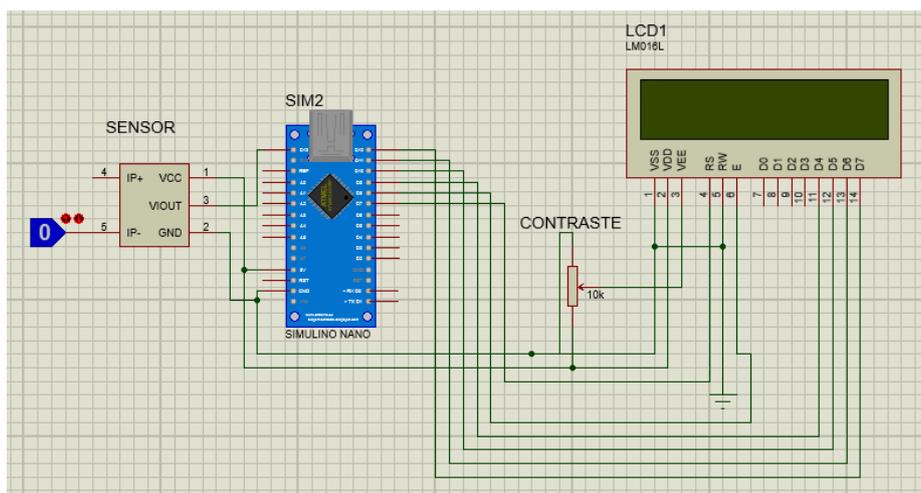


Figura 41: Circuito de conexión del sensor al controlador 2 y a la pantalla led

En la figura 42 se observa El controlador 3, el cual permite realizar la visualización del funcionamiento de la activación de las bujías. .

La pantalla que se utilizó en el primer módulo es una pantalla GLCD 128X64 con controlador ST7920 con modo de conexión serial.

La disposición y conexión a los pines del controlador se muestran a continuación:

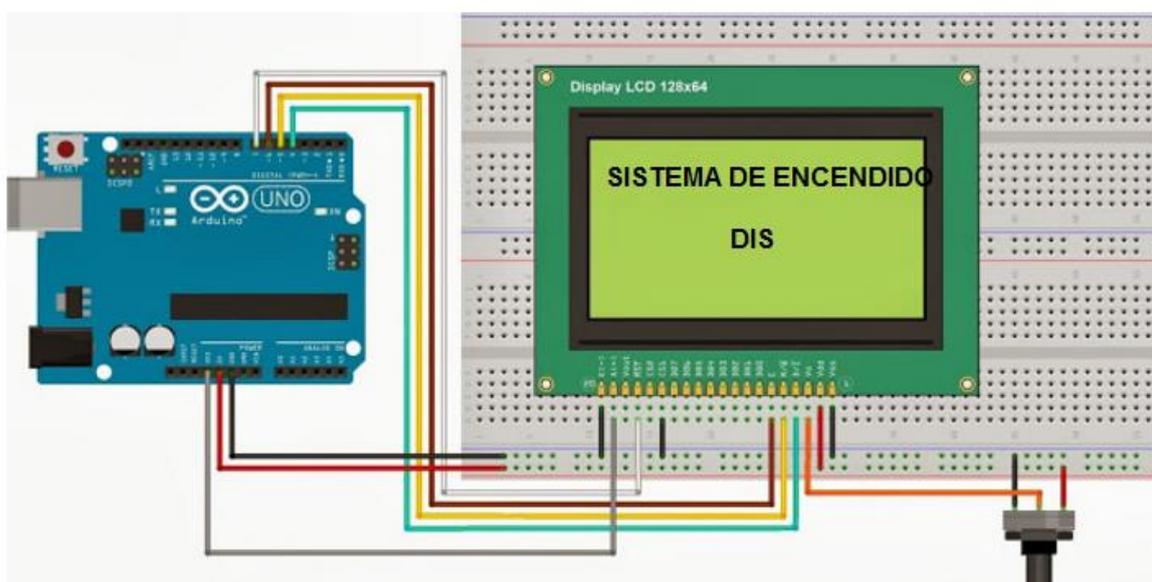


Figura 42: Conexión de pines del controlador 3 a la pantalla led

Se puede tomar en consideración que las conexiones tanto para el Arduino Nano como para el Arduino Uno son las mismas ya que se basan en el mismo controlador.

Para programar fue necesario utilizar el software IDE de arduino disponible en la página oficial de arduino versión 1.6.12; y se solicitó la codificación que permita realizar la emulación de la ECU del automóvil con los parámetros necesarios.

Módulo sistema COP

Para este sistema de Bobinas Independientes, se consideran las siguientes características:

Modo de Operación: Dos sensores

Modo de trabajo: 180 grados

Modo de funcionamiento:

- Primera vuelta sensor 1 activación de bujía 1
- Primera vuelta sensor 2 activación de bujía 3
- Segunda vuelta sensor 1 activación de bujía 4
- Segunda vuelta sensor 2 activación de bujías 2

Tipo de Sensor Utilizado: Efecto Hall

Captación de Señal: Emulación rueda dentada del cigüeñal del vehículo.

Diseño electrónico:

En esta etapa del proyecto se evaluó el modo de operación y funcionamiento del sistema; y se separó en dos partes fundamentales que corresponden al circuito de control y al circuito de potencia independiente para cada bobina.

El control del sistema se lo realiza con el uso de dos sensores de Efecto Hall, los cuales se muestran mediante flechas en la figura 43; desfasados 180 grados uno de otro.

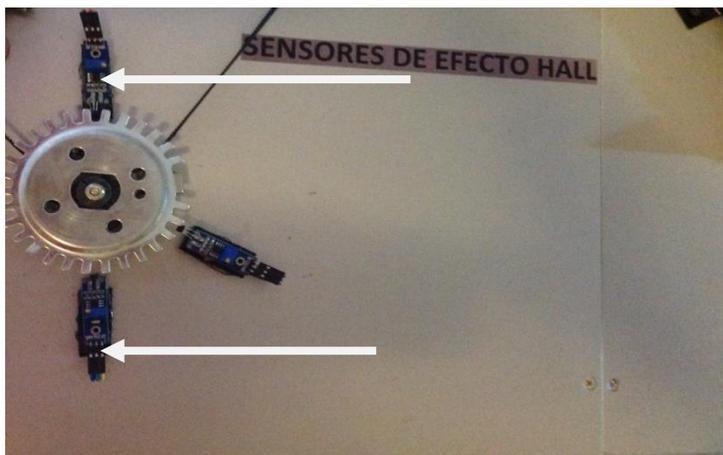
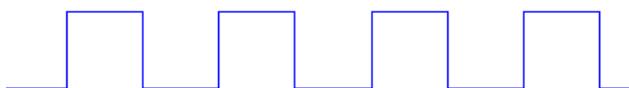


Figura 43: Sensores Hall del sistema COP

Lo cual permite obtener una señal de activación cada vez que el imán pase cerca del sensor. La señal que se espera de los sensores corresponde a un tren de pulsos (cuadrados).

Sensor 1



Sensor 2



El sensor utilizado

permite

obtener las señales con buena

precisión y exactitud y lo más importante esta acondicionado para reconocer y tener lecturas a altas frecuencias de operación (≤ 7000 rpm)

En la figura 44 se muestra la configuración de pines del sensor Hall

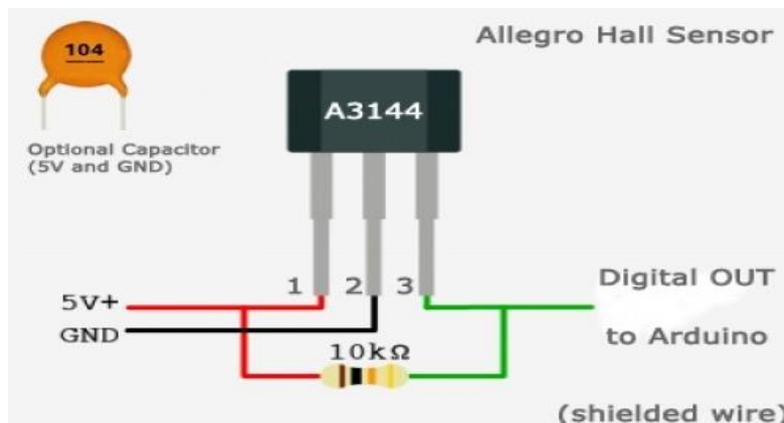


Figura 44: Conexión del sensor Hall. (Arduino, 2014)

Como se muestra en la figura 43; el sistema COP consta de tres controladores que trabajan en paralelo utilizando simultáneamente la misma señal del sensor.

El diseño utiliza el concepto de paralelismo con el fin de obtener a la salida de la bobina un funcionamiento real y no con retardos de tiempo por motivos de procesamiento en pantalla ya que se trabaja con velocidades altas de hasta (3000 rpm) y con el fin de obtener los pines de conexión necesarios para trabajar con las dos pantallas adyacentes, las cuales indican la habilitación para poner en funcionamiento el sistema una vez que se ha registrado el correcto funcionamiento de los sensores (pantalla 16x2 LCD) y el comportamiento del sensor y funcionamiento del sistema (pantalla GLCD 128X64).

El controlador 1 permite poner el accionamiento las bobinas del vehículo, mostrando la chispa sincronizada de acuerdo al orden de encendido para lo cual es necesario conocer las especificaciones técnicas de la bobina a utilizar.

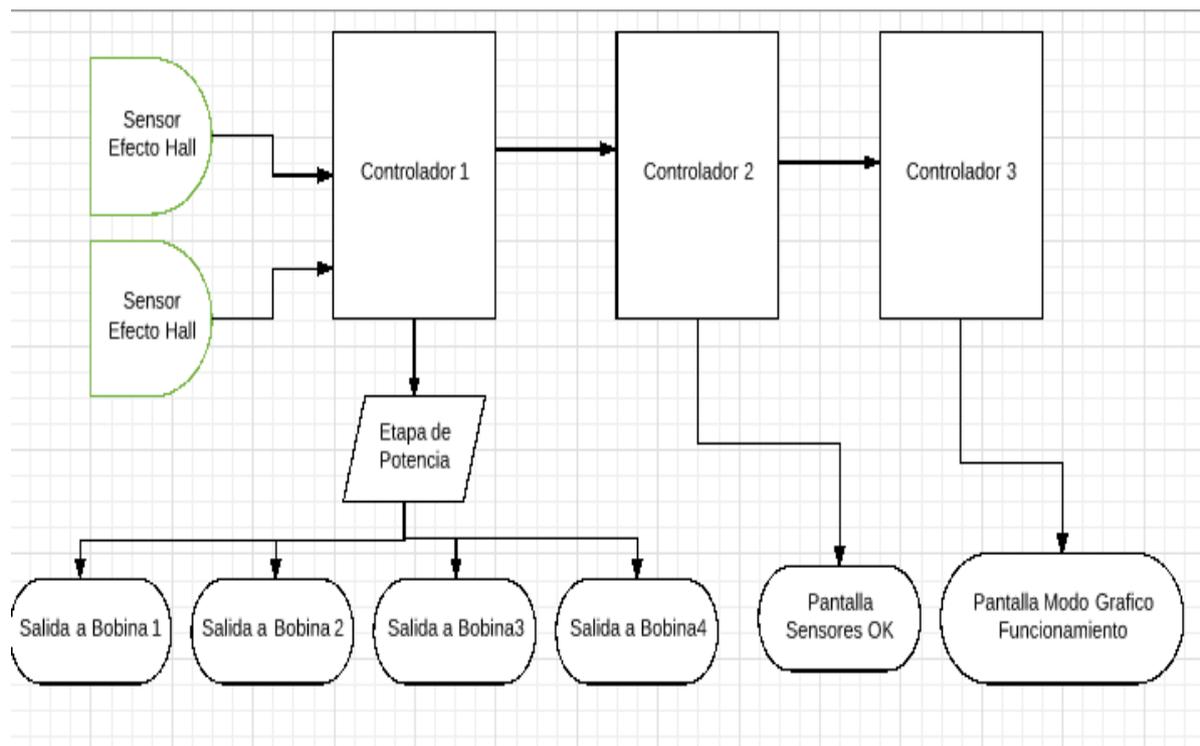


Figura 45 : Diagrama de bloques del sistema

Controladores utilizados en el sistema COP

Los controladores del sistema COP son los mismos utilizados en el sistema DIS, son arduinos nanos

Bobina independiente de encendido

En la figura 46, se puede observar la configuración interna de la bobina COP donde se puede ver el bobinado primario, el bobinado secundario, el núcleo de hierro, el capuchón de la bujía y el conector.

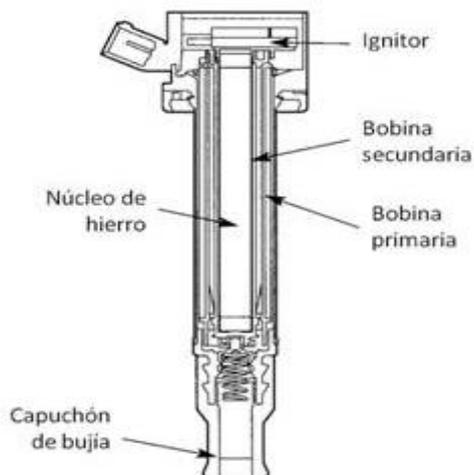


Figura 46: Bobina COP. (Beto Booster, 2016)

Para este módulo se usaron 4 bobinas independientes para poner en funcionamiento las 4 bujías.

Voltaje de trabajo 12v

Socket de conexión: 2 pines

Activación: Por pulsos negativos

Conexión:

Los pines de conexión no tienen polaridad, cualquiera de ellos puede ir conectado al positivo común de 12v y el otro pin al pulso negativo generado por el sensor.

La figura 47, muestra la conexión de bobinas del sistema COP, conectado de la siguiente manera:

- pin 1(izquierda) (activa salida a bujía) (pulso negativo generado por sensor).
- pin2 (derecho) (conexión a positivo 12 v constantes).

Esta conexión se repite para las cuatro bobinas independientes.



Figura 47: Bobinas de encendido electrónico COP

Para la generación de pulsos negativos, al igual que el circuito anterior se utilizó relés con el fin de generar los pulsos; sin embargo, considerando la corriente que se maneja internamente dentro de la bobina y la frecuencia a la que va a trabajar se desertó esta idea ya que en ciertas pruebas de funcionamiento los relés quedaban pegados por las corrientes altas y no respondían a velocidades superiores a los 1000 rpm.

Considerando lo anterior se utilizó transistores de potencia que si permiten realizar esta operación; y se agregó opto acopladores a la salida del controlador para evitar que se induzcan corrientes parásitas dentro del circuito.

La figura 48, muestra el optoacoplador el cual permite separar a los circuitos de control y de potencia que tienen carga inductiva.

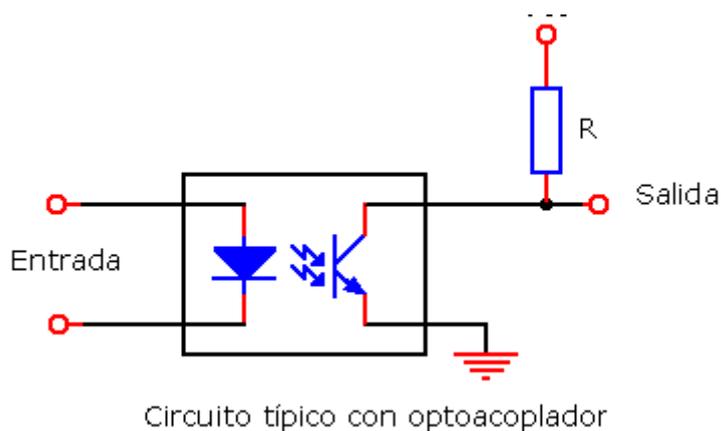


Figura 48: Optocoplador. (Proyectos electrónicos, 2008)

Tomando en cuenta que la corriente que se maneja es superior a 1 Amperio se utilizó un transistor de potencia TIP 3055 el cual tiene la configuración NPN utilizado igual en el sistema DIS ya que los valores máximos de resistencias son los mismo $R = 6 \Omega$.

De acuerdo a los datos técnicos brindados por el datasheet se verifica que los valores de funcionamiento están dentro de los rangos a los cuales va a trabajar el sistema y estos son:

Voltaje colector emisor = 12 v

Corriente IC= 2 Amperios

Hfe= Gain = 20(valor adimensional)

Cálculo de la resistencia y potencia sistema COP.

El cálculo del valor de la resistencia y el valor de la potencia fueron explicados en el sistema DIS, y son utilizados también en el sistema COP.

Especificaciones de resistencia

Valor : 47Ω Potencia : $\frac{1}{2}$ watts

Como se trata de cuatro salidas digitales que se manejan para la misma bobina pero para diferentes bujías; para las cuatro se utiliza la misma resistencia con las mismas especificaciones.

Accionamiento de las bobinas sistema COP

En la figura 49, 50, 51 y 52, se muestra el circuito que controlara el accionamiento de la bobina 1, bobina 2, bobina 3 y bobina 4. El transistor de potencia TIP 3055, configuración NPN el cual conmuta el sistema para la secuencia de trabajo que se utiliza en el banco de pruebas que es el más común para un motor de 4 tiempos 1-3-4-2.

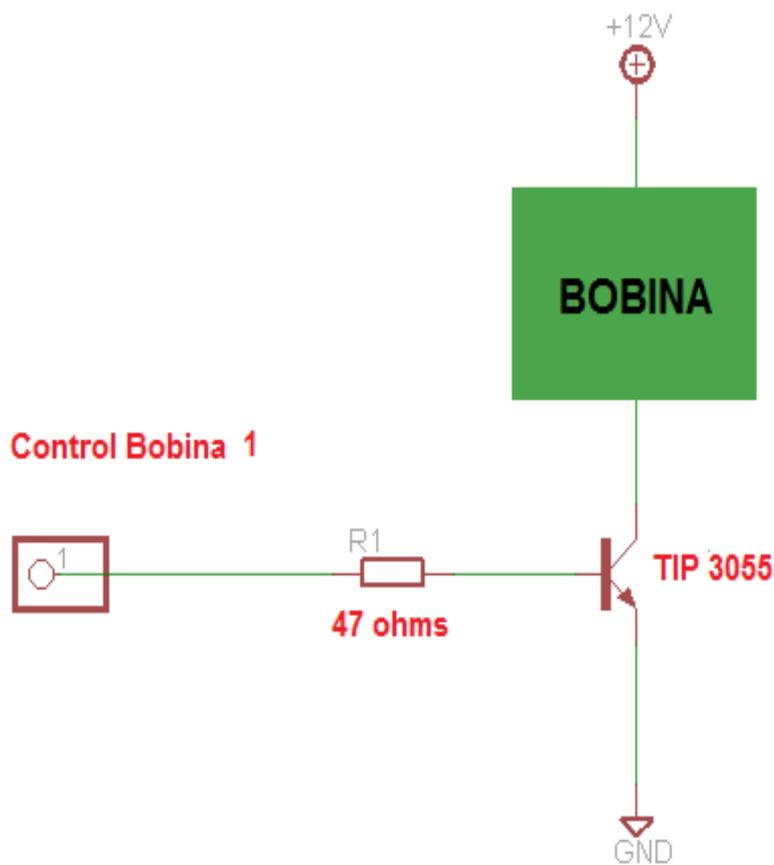


Figura 49: Control de bobina 1 COP

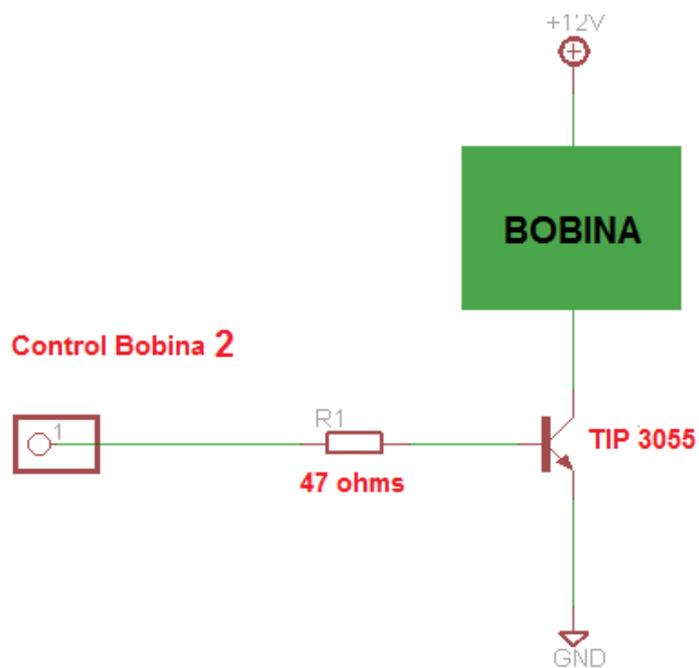


Figura 50: Control de bobina 2 COP

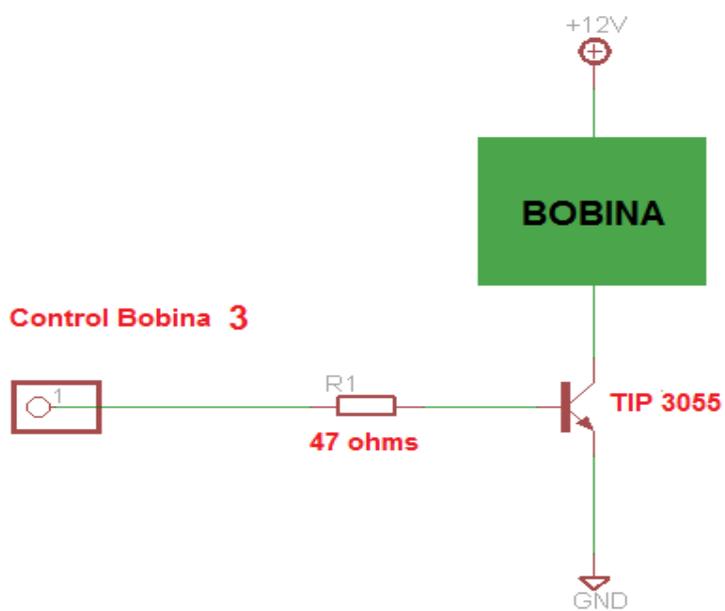


Figura 51: Control de bobina 3 COP

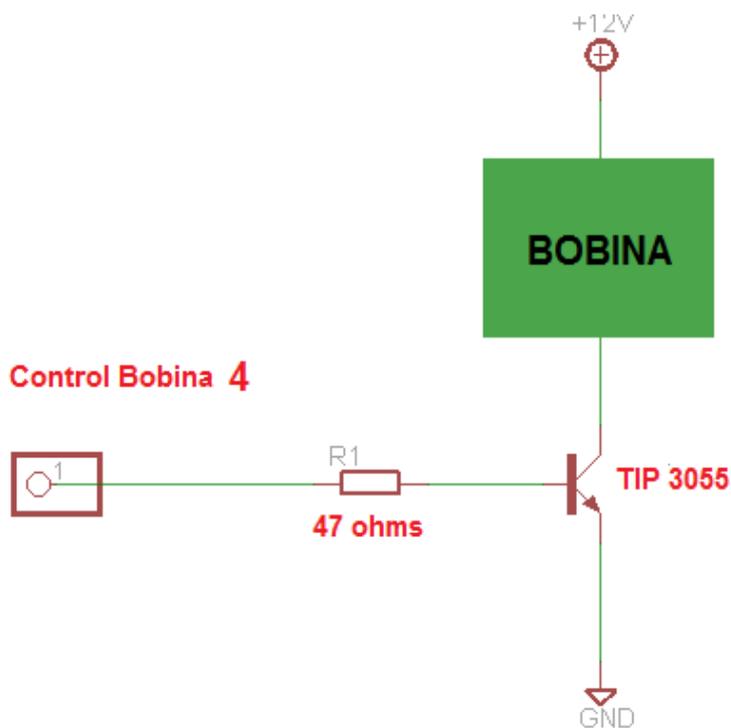


Figura 52: Control de bobina 4 COP

Posteriormente se colocó un Diodo Zener de 100 V entre el colector y emisor del transistor para evitar daños en el TIP3055 por retornos de corrientes parásitas; y un diodo en paralelo a la bobina para evitar el elevado arco eléctrico internamente en la bobina.

En la figura 53, se muestra el circuito del sistema COP con el sensor Hall conectado al circuito de control 1, el circuito de potencia conectado a las 4 bobina, ambos circuitos separados por octocopladores.

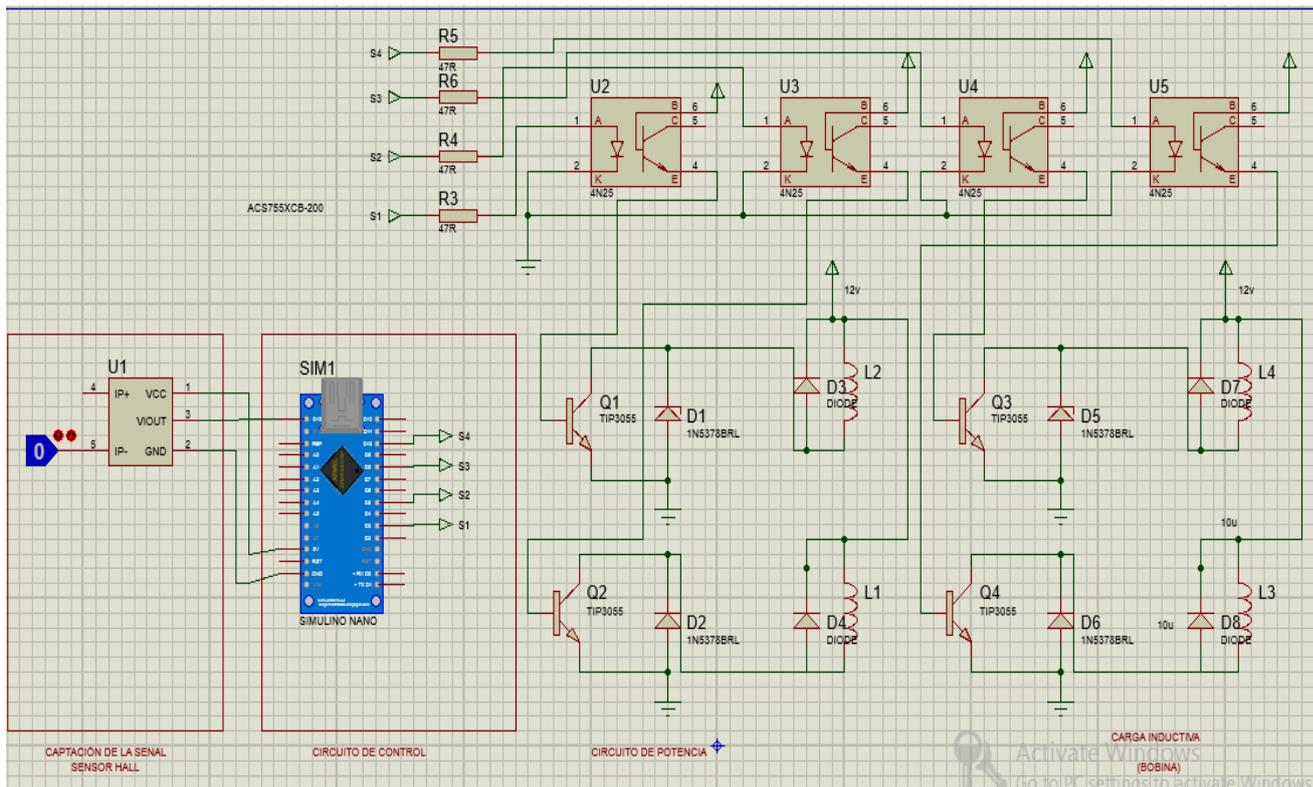


Figura 53: Circuito del controlador 1 del sistema COP

Mediante el controlador dos mostrado en la figura 54, se verifica el estado del sistema, cuando los sensores son detectados el sistema está listo para funcionar.

En esta etapa se eliminó la lectura de las revoluciones por minuto ya que el ruido blanco generado por las bobinas independientes impiden la visualizacion en tiempo real.

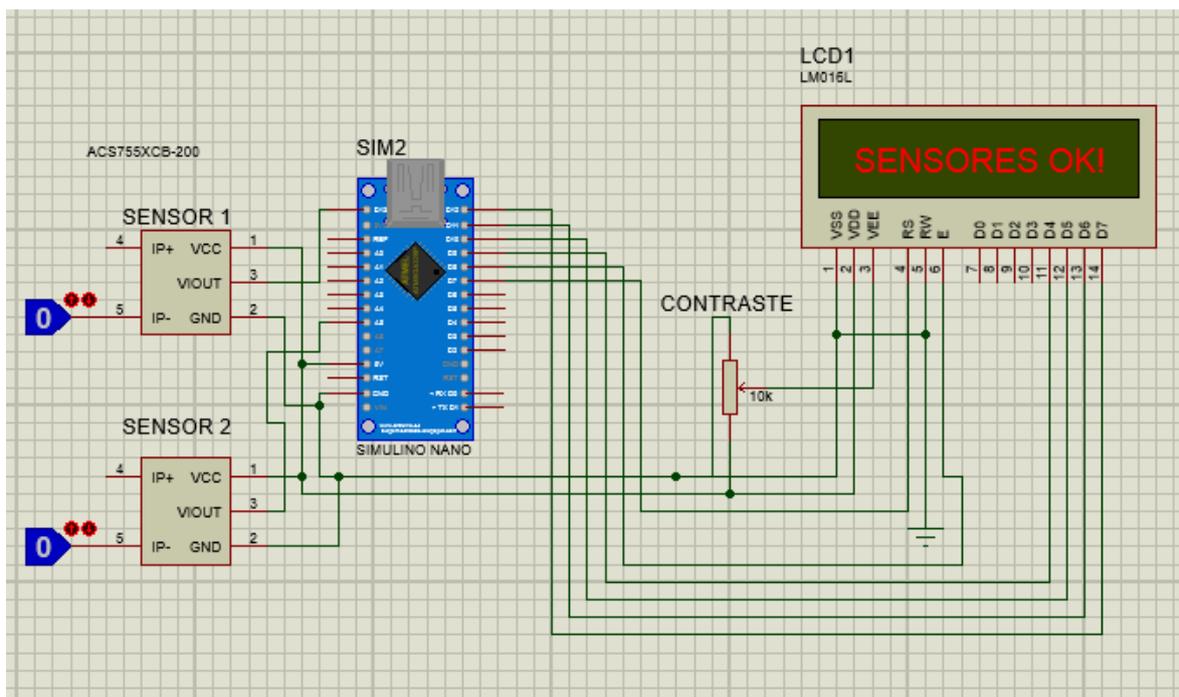


Figura 54: Circuito de conexión del controlador 2 a los sensores y a la pantalla led

En la figura 55 se muestra la configuración de los pines del controlador 3 a la pantalla led, el controlador 3 permite realizar la visualización del funcionamiento de la activación de las bujías y observar el comportamiento de cada bobina con su respectiva bujía.

La pantalla que se ha utilizado en el segundo módulo es una pantalla GLCD 128X64 con controlador ST7920 con modo de conexión serial.

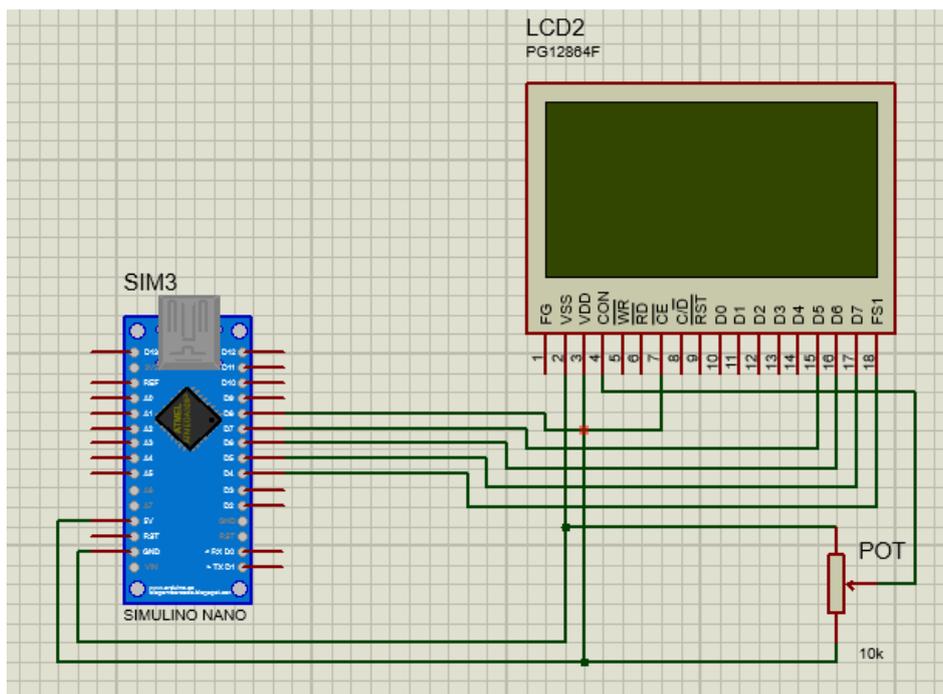


Figura 55: Conexión del controlador 3 a la pantalla led

Se debe tomar en cuenta que las conexiones tanto para el Arduino Nano como para el Arduino Uno son las mismas ya que se basan en el mismo controlador.

Para programar fue necesario utilizar el software IDE de arduino disponible en la página oficial de Arduino versión 1.6.12; y se solicitó la codificación que permita realizar la emulación de la ECU del automóvil con los parámetros necesarios.

Finalmente se armó todo el sistema y se colocó una fuente de alimentación AC-DC (110VAC-12VDC) con una corriente de funcionamiento de 6 amperios.

Los controladores son alimentados en paralelo, compartiendo una tierra común para el circuito de control y el circuito de Potencia. La conexión a masa se la realiza a la estructura del módulo.

Fuente de alimentación

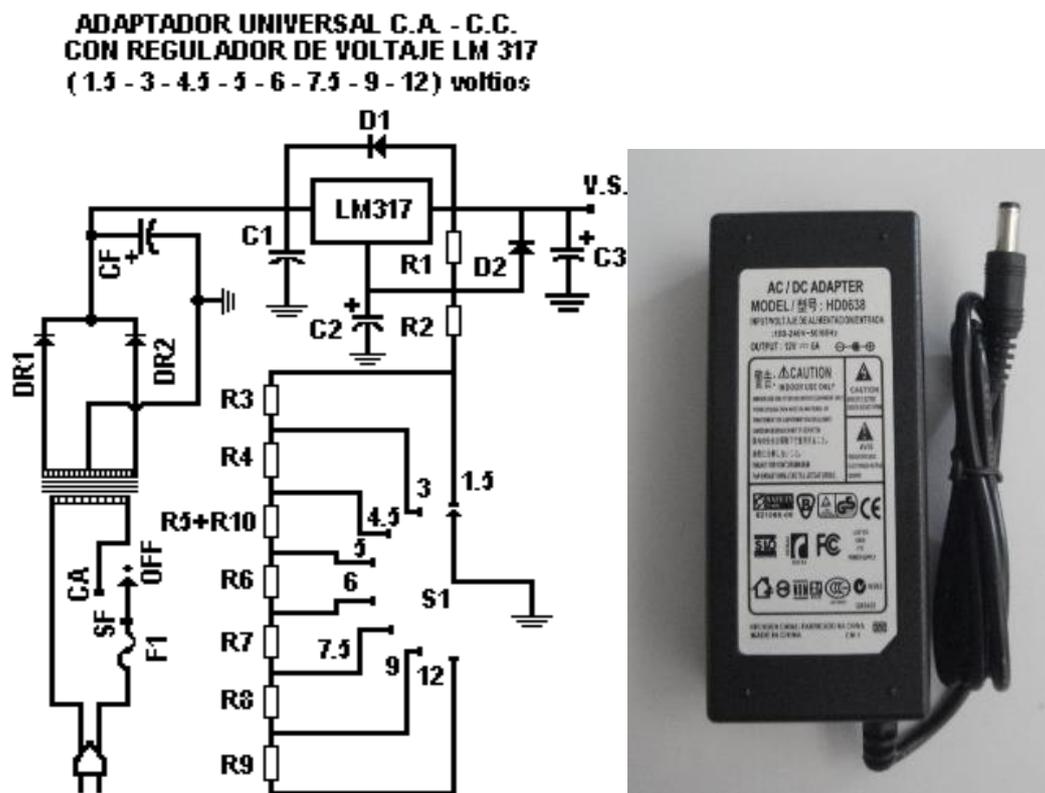


Figura 56: Fuente de alimentación

Es importante que la fuente sea de 12 voltios y 6 Amperios ya que en caso de alimentar con una fuente de menor amperaje es posible que las pantallas o el circuito de potencia no funcione correctamente y no se pueda visualizar la chispa en el sistema.

Una vez que se comprueba las especificaciones de la fuente de voltaje se midió el voltaje en los terminales para comprobar el voltaje y la posición del terminal positivo y negativo independientemente del color de los cables(rojo=positivo, blanco o negro = negativo); para lo cual se utilizó el multímetro digital de la siguiente manera:

En la figura 57, se observa las unidades que se van a utilizar para la medición de voltaje de la fuente de alimentación del banco de pruebas.



Figura 57: Multímetro

Como se observa en la figura 58, se obtiene la siguiente medida de 12,83, en caso de haber tomado los terminales correctos, caso contrario en caso de indicar -12 voltios solo indica que el terminal positivo es el opuesto al que se esta tomando la medida.



Figura 58: Multímetro con indicación de voltaje

Es importante conocer los terminales ya que al conectarlos de manera opuesta puede dañar elementos que se encuentran dentro del circuito.

A continuación se alimentó los microcontroladores pertenecientes a las placas de los Arduino Nano en los terminales Vin (+12V) y GND (-) respectivamente; con un voltaje de 12V.

Pruebas de funcionamiento

Para realizar las pruebas de funcionamiento se utilizó un motor de taladro DC al cual se le acopló un imán en una élise creada para pruebas y se ubicó los sensores con un desfase de 180 grados. Los resultados fueron calibrados en base a los datos reales tomados con equipos de uso específico.

En la figura 59, se puede observar una prueba de funcionamiento del motor A.C. que se utiliza en el banco de pruebas para accionar el sistema de poleas.

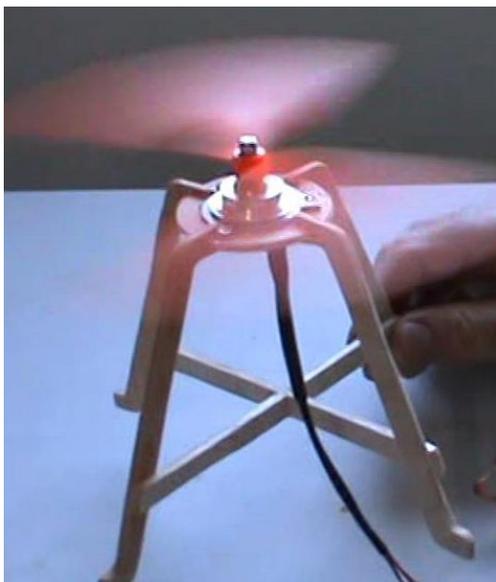


Figura 59: Prueba del funcionamiento del motor A.C.

En las figuras 60 y 61 se observa el funcionamiento de las pantallas led, y el funcionamiento de las revoluciones (rpm) de los sistemas de encendido.

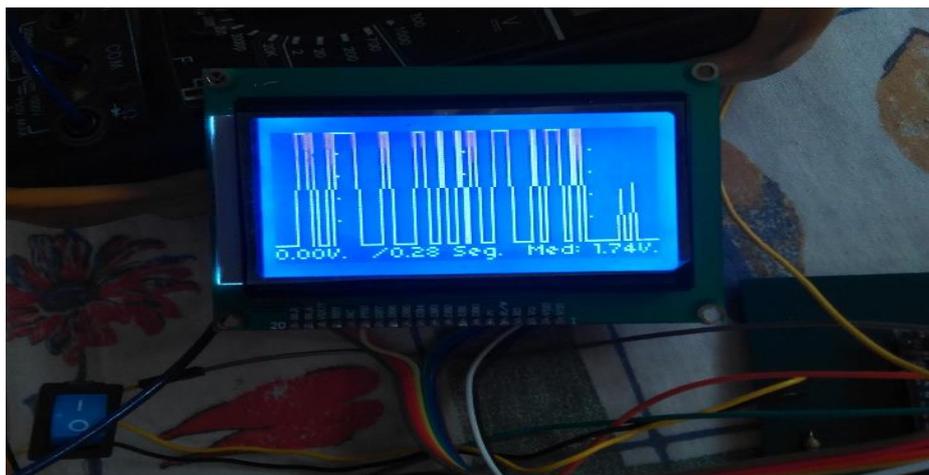


Figura 60: Prueba de funcionamiento de la pantalla led



Figura 61: Prueba de funcionamiento de revoluciones

En la figura 62, se muestra el Equipo utilizado para comprobar funcionamiento y lectura del sensor.



Figura 62: Osciloscopio

Diseño del tablero de pruebas

Para la construcción del banco didáctico se consideró los requisitos necesarios para una interacción óptima con el estudiante, se tomó en cuenta las dimensiones de la estructura analizando todos los aspectos necesarios: dimensiones, peso, materiales, color y se escogió como elementos que conforman los sistemas de encendido los más adecuados para que el estudiante de autotrónica 2 realice las prácticas de una manera fácil.

En las figuras 63, 64, 65, 66, se puede observar el diseño completo del tablero de pruebas.

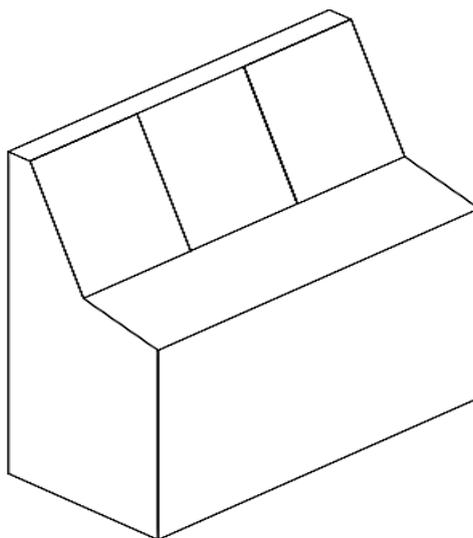


Figura 63: Diseño del banco de pruebas del sistema de encendido sin distribuidor

Peso total: 6.4 kg

Dimensiones: 70x170cm

Material del tablero:

Madera 5mm

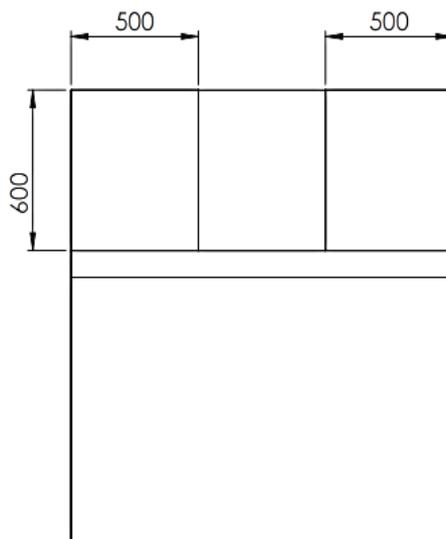


Figura 64: Vista frontal del tablero de pruebas

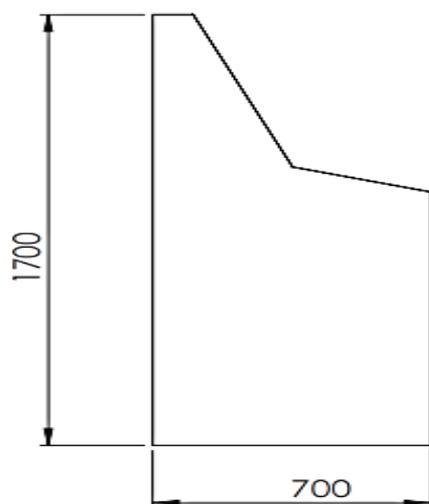


Figura 65: Vista lateral del tablero de pruebas

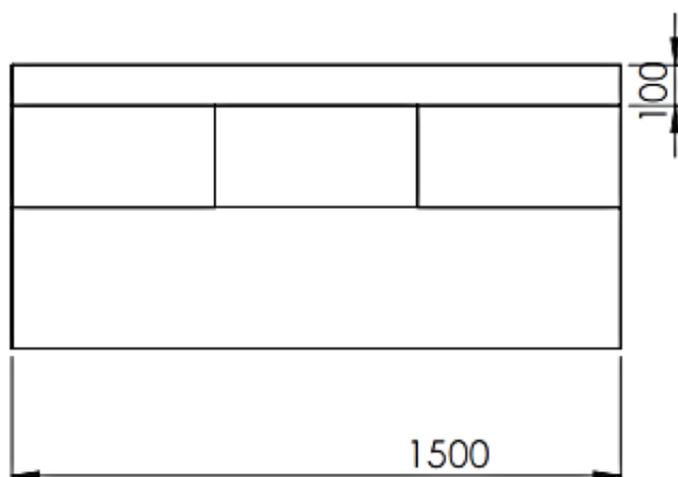


Figura 66: Vista superior del tablero de pruebas

En la figura 67, se puede observar la estructura metálica con tubos cuadrados de 16 mm de sección transversal del banco de pruebas.

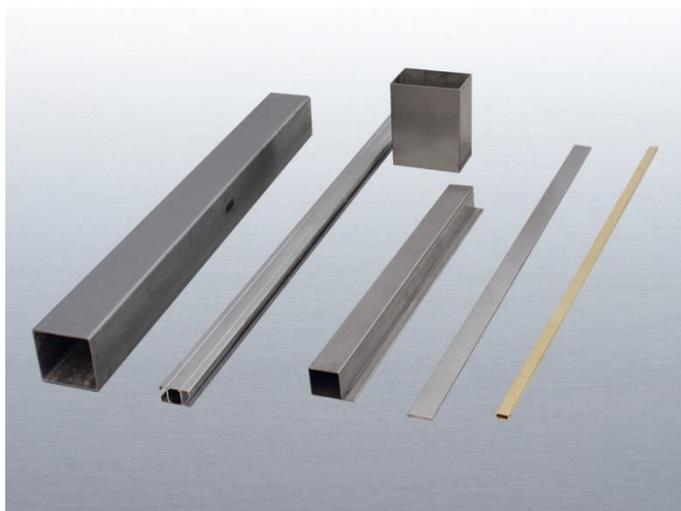


Figura 67: Verticales del tablero de pruebas

Disposición de elementos en el tablero

En la figura 68, se muestra la ubicación de los elementos del sistema de encendido tomando en consideración sus dimensiones y las funciones que desempeñan.



Figura 68: Tablero de pruebas del sistema de encendido sin distribuidor

En el centro se ubicó un acrílico para proteger a los sensores y al motor que acciona la rueda dentada.

En la figura 69, se muestra el banco de pruebas encendido



Figura 69: Tablero de pruebas encendido

Se verifica si la fuente está suministrando los 12v al positivo de las bobinas, tanto para las bobinas COP como para la bobina DIS, para lo cual se utiliza un multímetro y se procede a medir el voltaje de entrada en las bobinas como se muestra en la figura 70 y 71.

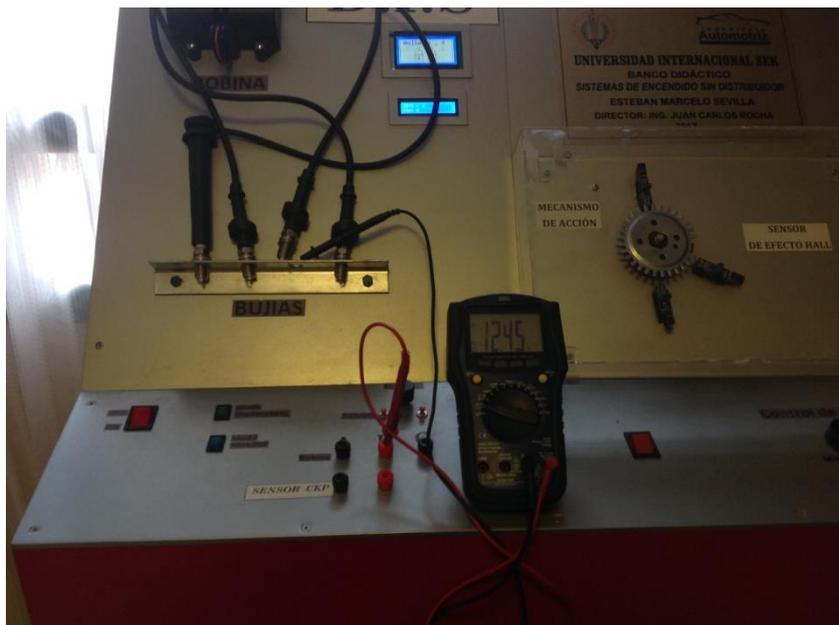


Figura 70: Comprobación del voltaje de entrada de la bobina DIS

En la figura 70 se puede observar cómo se mide el voltaje de entrada de la bobina DIS, se conecta la punta de prueba roja del multímetro al borne positivo de la bobina y la negra a tierra y se mide el voltaje que ingresa.

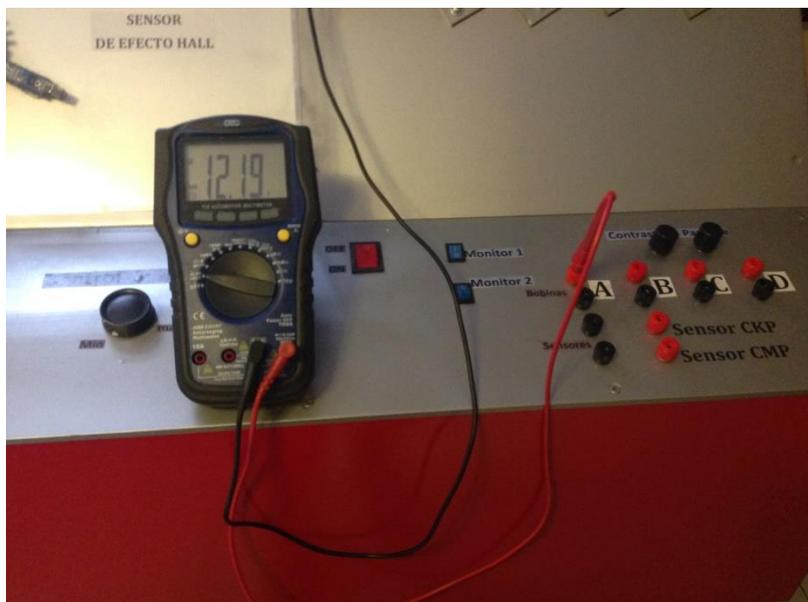


Figura 71: Comprobación del voltaje de entrada del sistema COP

En la figura 71 se observa la medición del voltaje que ingresa en la bobina 1 del sistema COP. Se conecta la punta de prueba negra a tierra y la punta de prueba rojo a cada borne de su respectiva bobina 1-A, 2-B, 3-C, 4-D.

Guías de laboratorio

Guía de Laboratorio # 1, Sistemas De Encendido Electrónico Sin Distribuidor

Comprobación del funcionamiento de la bobina de ignición en el circuito primario y secundario

(SISTEMA DIS)

Universidad Particular Internacional SEK

Nota de Autor

Esteban M. Sevilla, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional SEK;

Director Ing. Juan Carlos Rocha M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

e.sevilla.uisek.mec@uisek.com.

Antecedentes

Objetivo:

- Determinar el valor de la resistencia en el circuito primario de la bobina de ignición en el sistema DIS.
- Analizar los valores obtenidos al realizar las mediciones.
- Obtener un criterio técnico y de diagnóstico acerca del funcionamiento de las bobinas de ignición.

Revisión Teórica

La bobina de encendido cumple con la función de elevar el voltaje normal que suministra la batería en un valor unas 1000 veces mayor con objeto de lograr el arco eléctrico o chispa en la bujía, para permitir la inflamación de la mezcla aire/combustible en la cámara de combustión. (EcuRed, 2016)

Las bobinas de encendido funcionan según el principio del transformador. Básicamente, se componen de un bobinado primario, un bobinado secundario, el núcleo de hierro, una carcasa con material de aislamiento (BERU, 2013).

El circuito primario está formado de cable de cobre grueso con unas 200 vueltas (diámetro aproximado de 0,75 mm). Y el circuito secundario de cable de cobre fino con unas 20.000 vueltas (diámetro aproximado de 0,063 mm), y el núcleo de hierro que ayuda a reforzar el campo magnético (BERU, 2013).

En este tipo de bobinas más común es del tipo doble, que cuentan con 7 pines de conexión, 2 pines conectados a la ECU, 1 pin conectado a la batería por medio de una llave de contacto y 4 pines que son conectados a las bujías como puede verse en la figura 1.

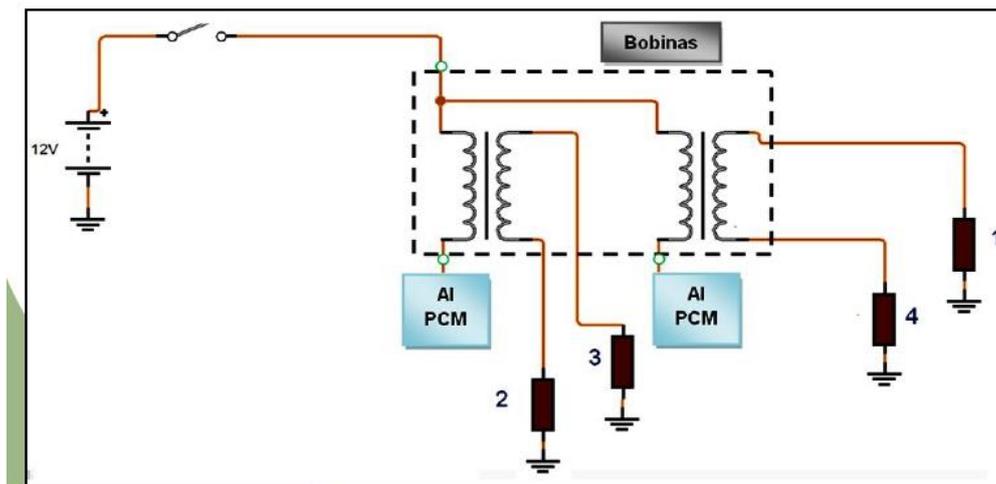


Figura 1: Circuito de sistema de chispa perdida con bobina simple. (Ayala, 2013)

Valores permitidos en una bobina de encendido DIS

Estos valores se encuentran generalmente entre 0,3 y 6 Ω para el devanado primario, dependiendo obviamente de la bobina con que se esté trabajando. La siguiente tabla N1 muestra los valores de resistencia que generalmente indican que la bobina se encuentra en mal estado. (Jiménez, 2014)

Valor de resistencia Ω	Causas
Mayor al especificado (por ejemplo 10 Ω)	Excesiva resistencia de sus contactos internos
Menor al especificado (por ejemplo 0 o 0,01)	Devanado en cortocircuito
Resistencia infinita	Devanado abierto

Tabla 1: Valores de resistencia del circuito primario de la bobina y sus causas (Jiménez, 2014)

Método

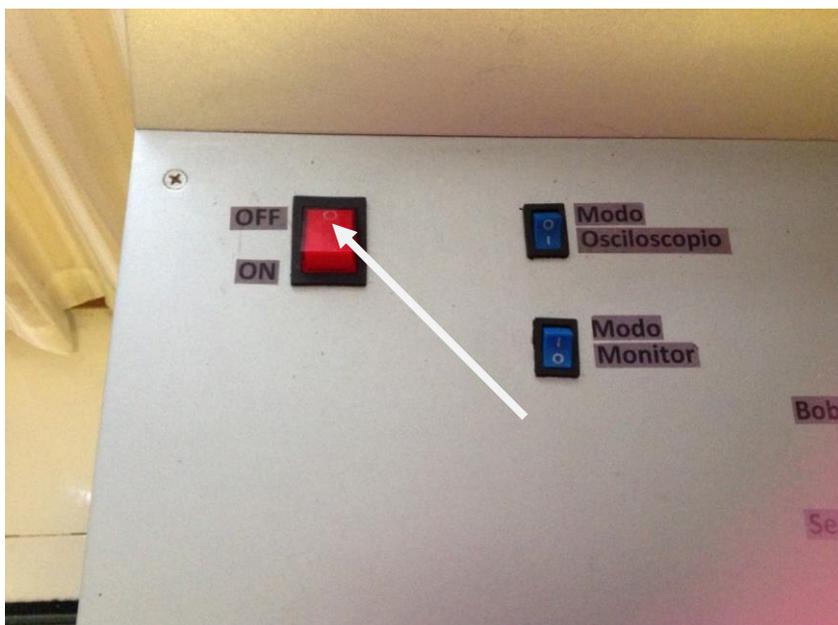
Materiales:

- Multímetro
- Puntas en buen estado

Procedimiento para la comprobación de circuito primario y secundario de la bobina de encendido DIS

Circuito Primario

1.-Verficar que el banco de pruebas se encuentre totalmente apagado.



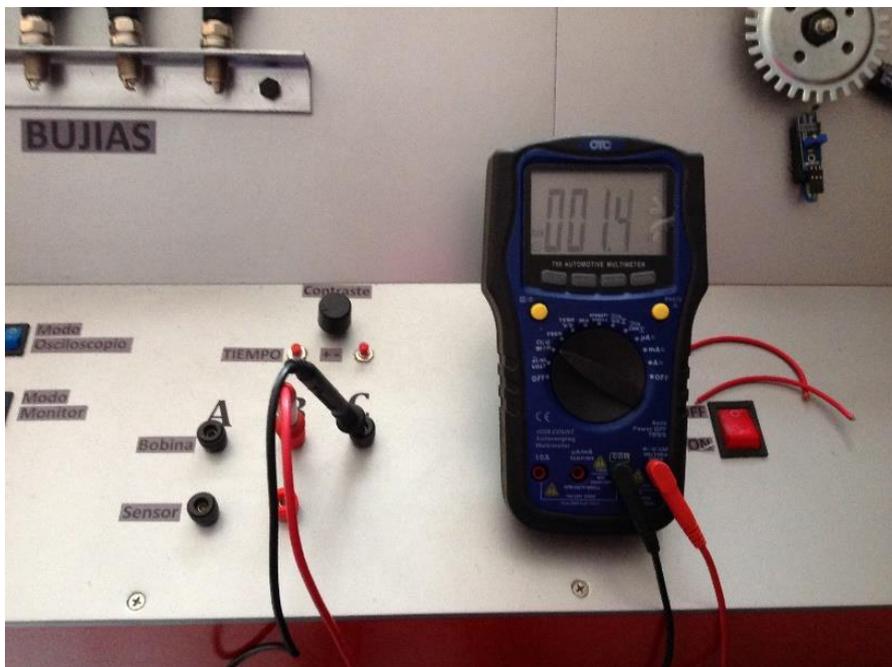
2.-Ubicar en el multímetro las puntas de prueba en los bornes COM (cable negro), Ohm (cable rojo), y el selector del multímetro en las unidades de resistencia (ohms).



3.-Ubicar las puntas de prueba en los bornes del tablero



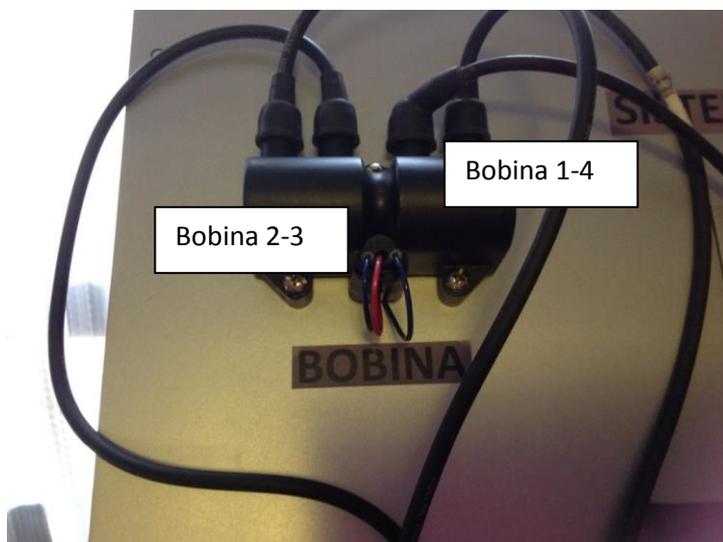
Los bornes B-C corresponden a la bobina 1-4



Los bornes A-B corresponden a la bobina 2-3



Se muestra en la siguiente figura la configuración de la bobina DIS indicando cual es la bobina gobernante de cada cilindro



- 4.-Tomar nota de los valores medidos.
- 5.-Verificar los valores obtenidos.

Circuito Secundario

- Desconectar el multímetro del módulo de pruebas
- Encender el módulo de pruebas.
- Arrancar el motor.
- Verificar la existencia de arco eléctrico en la salida de bujía a masa

Resultados

Numero de Prueba	Resistencia bobina 1-4 (Ω)	Resistencia bobina 2-3 (Ω)
1		
2		
3		
4		
5		

Estado de la bobina DIS	Buen estado	Incorrecto funcionamiento	Mal estado
Bobina 1-4			
Bobina 2-3			
Observaciones			

Promedio		
----------	--	--

Una vez obtenidos los datos se procede a analizar el estado funcional en el cual se encuentra la bobina

Discusión

Cuestionario

- ¿Por qué se pueden obtener valores de resistencia igual a cero en uno de los devanados del circuito primario de la bobina?
- ¿Cuál es el orden de funcionamiento de la bobina del sistema DIS?
- ¿Si se desea remplazar la bobina de ignición es necesario considerar el orden de los cables?
- ¿Qué interpretación tiene obtener un valor infinito en la bobina?
- ¿Qué sucedería si se tomara las medidas de resistencia con el módulo de pruebas encendido?
- ¿En qué ciclo de funcionamiento del motor se produce la chispa para poder inflamar la mezcla aire-combustible?

Conclusiones (Establecer mínimo 5 conclusiones)

- Esta práctica permite comprobar el estado de la bobina tanto para el devanado primario como para el devanado secundario, se puede observar el arco eléctrico como resultado de un correcto y adecuado estado de la bobina.

Recomendaciones. (Establecer mínimo 5 recomendaciones)

- Para verificar el arco eléctrico en el circuito encienda el módulo y el motor.
Desconecte el multímetro para evitar daños.
- Antes de encender el módulo verifique que los cables de bujías se encuentren bien conectados a sus terminales.

Referencias

- Ayala, R. (30 de Julio de 2013). *Scribd*. Obtenido de Scribd:
<https://es.scribd.com/doc/150909776/SISTEMA-DE-ENCENDIDO-COP-pptx>
- BERU. (2013). Información completa sobre las bobinas de encendido. *Información técnica BERU* , 23.
- EcuRed. (2016). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed: http://www.ecured.cu/Bobina_del_encendido
- Jiménez, J. (2014). *PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL*. Latacunga .

Anexos

Guía de Laboratorio # 2, Sistemas De Encendido Electrónico Sin Distribuidor

Comprobación del funcionamiento de las bobinas de ignición en el circuito primario y secundario

(SISTEMA COP)

Nota de Autor

Esteban M. Sevilla, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional SEK;
Director Ing. Juan Carlos Rocha M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
e.sevilla.uisek.mec@uisek.com.

Antecedentes

Objetivo:

- Comprender el concepto de bobinas independientes en un sistema de encendido.
- Determinar el valor de la resistencia en el circuito primario de cada una de las bobinas de ignición en el sistema COP.
- Analizar los valores obtenidos al realizar las mediciones.
- Obtener un criterio técnico y de diagnóstico acerca del funcionamiento de las bobinas de ignición independientes.

Revisión Teórica

COP, Coil On Plug (bobina sobre bujía). Este tipo de sistema dispone de una configuración muy diferente a las bobinas del sistema Chispa Perdida, su particularidad está en que no dispone de cables de alta tensión, ya que las bobinas van ubicadas justo arriba de cada bujía, con lo cual se simplifica la resistencia a la alta tensión de los cables y se mejora la eficiencia del quemado (Jiménez, 2014)

La configuración eléctrica de este tipo de bobinas (que se muestra en la figura N1) permite un arreglo en el cual se cuenta con un positivo de contacto, una masa del PCM, y una salida de alta tensión hacia la respectiva bujía (Jiménez, 2014)

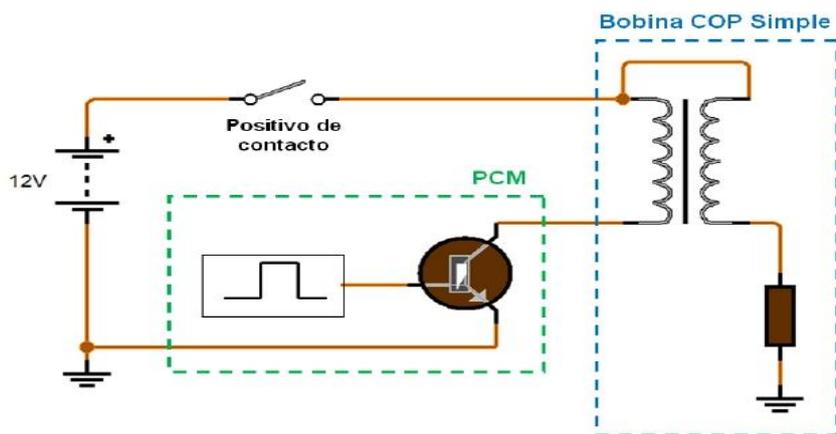


Figura 1: Diagrama de la bobina de encendido COP. (Jiménez, 2014)

Como se observa en la Figura 1 el circuito primario se encuentra colocado a positivo de batería a través de un switch o de un relé, después el sistema COP necesita de la información de un sensor de posición hacia el PCM como referencia, para determinar el cilindro 1 en tiempo de compresión. Para estos sistemas el sensor CMP es quien indica al PCM el punto muerto superior en el tiempo de compresión del cilindro número 1 (Jiménez, 2014)

Valores permitidos en una bobina de encendido COP

Estos valores se encuentran generalmente entre 0,3 y 6 Ω para el devanado primario, dependiendo obviamente de la bobina con que se esté trabajando. La tabla 1 muestra los valores de resistencia que generalmente indican que la bobina se encuentra en mal estado. (Jiménez, 2014)

Valor de resistencia Ω	Causas
Mayor al especificado (por ejemplo 6 Ω)	Excesiva resistencia de sus contactos internos
Menor al especificado (por ejemplo 0 o 0,01)	Devanado en cortocircuito
Resistencia infinita	Devanado abierto

Tabla 1: Valores de resistencia del circuito primario de la bobina y sus causas. (Jiménez, 2014)

Método

Materiales:

- Multímetro
- Puntas en buen estado

Procedimiento para la comprobación de circuito primario y secundario del sistema COP

Circuito Primario

1.- Verificar que el banco de pruebas se encuentre totalmente apagado.



2.-Ubicar en el multímetro las puntas de prueba en los bornes COM (cable negro), Ohm (cable rojo) y ubicar el selector del multímetro en las unidades de resistencia (Ohm).

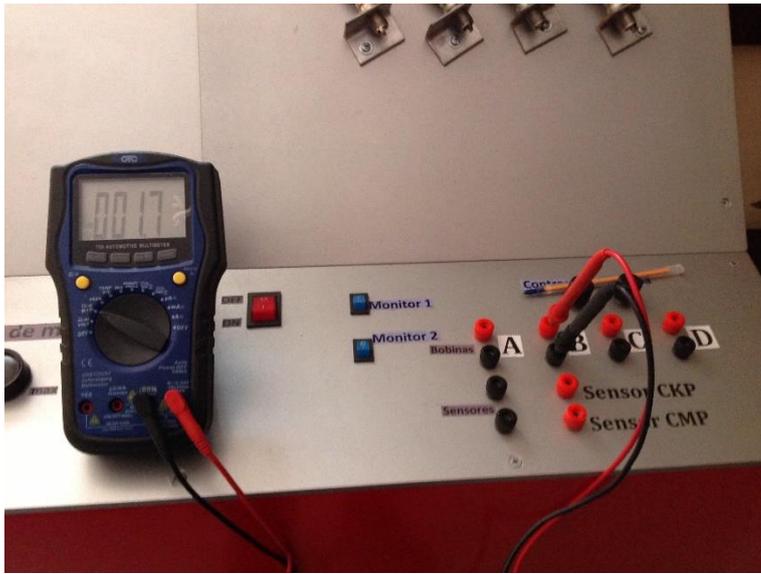


3.-Ubicar las puntas de prueba en los bornes del tablero correspondiente a cada bobina, sin importar el color de las puntas del multímetro

- La bobina 1 en los bornes A.



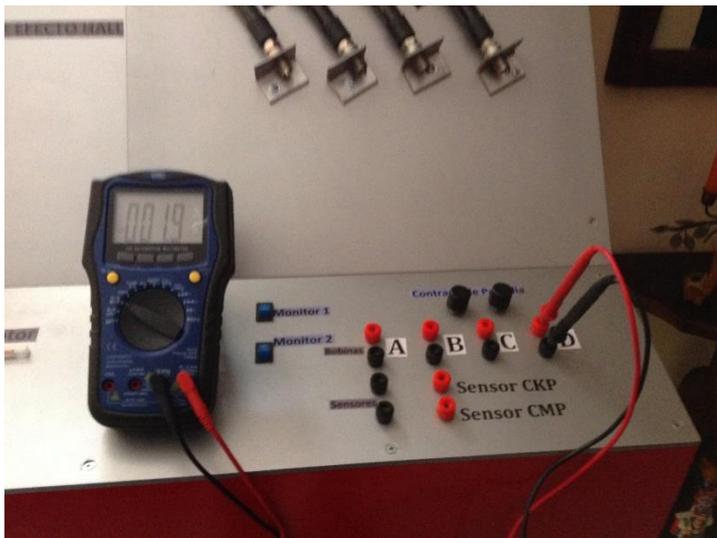
- La bobina 2 en el borne B.



- La bobina 3 en el borne C.



- La bobina 4 en el borne D.



- 4.-Tomar nota de los valores medidos.
- 5.-Verificar los valores obtenidos.

Circuito Secundario

- Desconectar el multímetro del módulo de pruebas
- Encender el módulo de pruebas.
- Poner en marcha el motor.
- Verificar la existencia de arco eléctrico en la salida de cada bujía a masa.

Resultados

N. De Prueba	Bobina 1 Ω	Bobina 2 Ω	Bobina 3 Ω	Bobina 4 Ω
1				
2				
3				

4				
5				
Promedio				

- Una vez obtenidos los datos se procede a analizar el estado funcional en el cual se encuentra cada una de las bobinas.

Estado de las bobinas COP	Buen estado	Incorrecto funcionamiento	Mal estado
Bobina 1			
Bobina 2			
Bobina 3			
Bobina 4			
Observaciones			

Discusión

Cuestionario

- ¿Qué ventaja se presenta el sistema COP? Mínimo analizar 3 ventajas
- ¿Qué papel desempeña la bobina dentro del sistema de encendido?
- ¿Qué efectos produce en el vehículo el fallo de la o las bobinas de ignición?
- ¿Cuáles son las diferencias de la bobina de encendido DIS y la bobina de encendido COP? Mínimo establecer 3 diferencias
- ¿Cuántos pines de conexión presenta la bobina de encendido COP simple y que funciones cumplen?

Conclusión. (Se recomienda establecer un mínimo de 5 conclusiones)

- Los valores obtenidos en la práctica permiten verificar el estado de la bobinas tanto para el devanado primario como para el devanado secundario, permitiéndonos observar el arco eléctrico como resultado de un correcto y adecuado estado de la bobinas.(Todas las bobinas funcionan- aunque una de ellas estaría próxima a ser remplazada)

Recomendaciones. (Se recomienda establecer un mínimo de 5 recomendaciones)

- Para verificar el arco eléctrico en el circuito, encienda el módulo y el motor y desconecte el multímetro para evitar daños.
- NO acercar componentes metálicos a los terminales de las bujías por cuestiones de seguridad.

Referencias

Jiménez, J. (2014). *PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL*. Latacunga .

Anexos

Guía de Laboratorio # 3, Sistemas De Encendido Electrónico Sin Distribuidor

Comprobación del funcionamiento del Sensor CKP (Sensor de posición de cigüeñal-
SISTEMA DIS) De efecto Hall

Universidad Particular Internacional SEK

Nota de Autor

Esteban M. Sevilla, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional SEK;

Director Ing. Juan Carlos Rocha M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

e.sevilla.uisek.mec@uisek.com.

Antecedentes

Objetivo:

- Determinar el estado de funcionamiento del sensor de efecto Hall en el sistema DIS.
- Determinar la curva característica del sensor de efecto Hall
- Determinar el modo de activación del sensor (alto o bajo)
- Analizar los valores obtenidos al momento de tomar mediciones.

Revisión Teórica

Los sensores CKP por efecto Hall por lo general cuentan con tres pines, Como se ve en la figura1, el primer pin es la de alimentación, puede ser de 12V o 5V, la segunda es el pin de tierra, y la tercera es la señal proveniente de la computadora, la ECU se encarga de enviar un voltaje a través de una alta resistencia el cual, al momento de que el motor gira la rueda dentada se posiciona al frente del sensor y se mantiene un voltaje de 5v, pero cuando se mueve de nuevo y se encuentra sobre uno de los imanes de la rueda provoca la caída de tensión produciendo así la señal digital, esto quiere decir que cuando el motor se encuentre en funcionamiento se tendrá un valor de 0 y 5 V y cuando el motor se encuentre detenido el valor del sensor será de solo 5V. Los mismos que trabajaran en forma sincronizada de acuerdo a la frecuencia y velocidad de la rueda dentada del cigüeñal (emulada). El sensor utilizado permite

obtener las señales con buena precisión y exactitud para lecturas de altas frecuencias de operación (≤ 7000 rpm) (Ingeniería Autoavance, 2013)

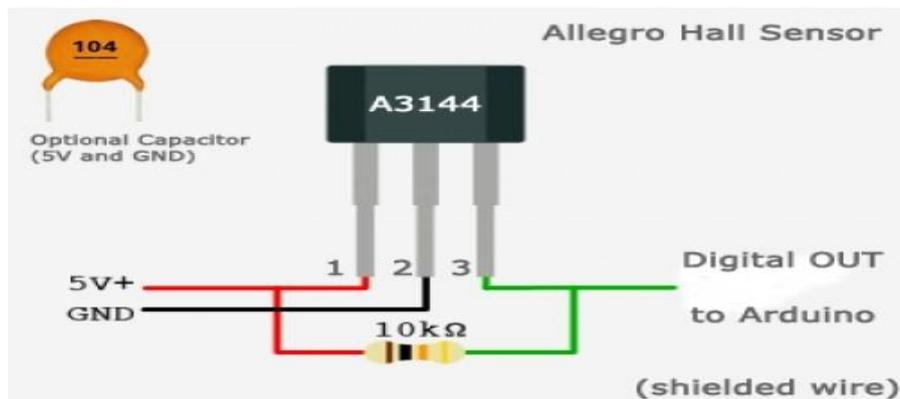


Figura 1. Configuración de pines del sensor Hall. (Arduino., 2014)

La señal que se espera del sensor se puede ver en la figura 2 y corresponde a un tren de pulsos (cuadrados).



Figura 2. Señal característica del sensor Hall

Método

Materiales:

- Multímetro.
- Osciloscopio
- Puntas de prueba en buen estado.
- Cables banana lagarto

Procedimiento para la comprobación del sensor CKP del sistema DIS

Funcionamiento del Sensor

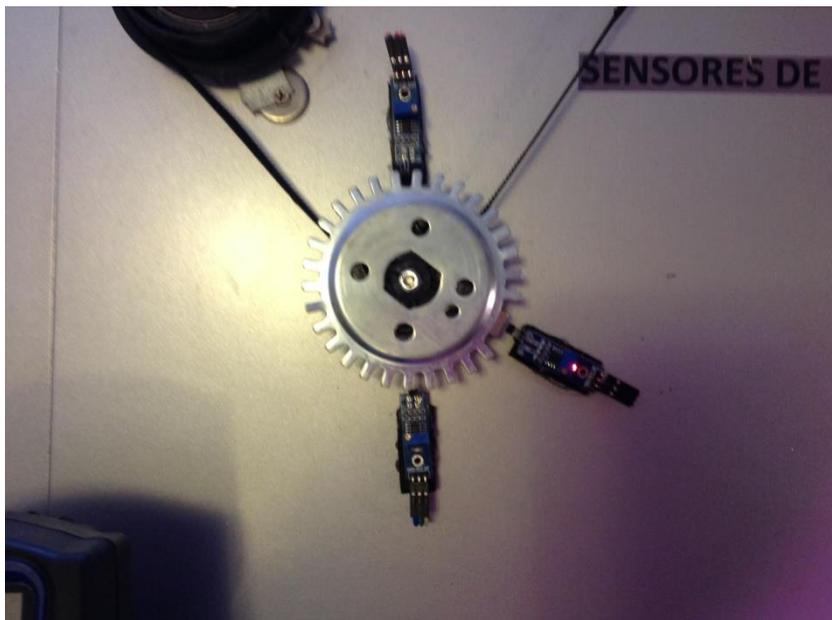
- Encender el banco de pruebas del sistema DIS.
- Ubicar en el multímetro las puntas de prueba en los bornes COM (cable negro), Vol (cable rojo) y el selector del multímetro en las unidades de voltaje DC (Corriente continua).



- Ubicar las puntas de prueba en los bornes del tablero correspondiente al sensor (rojo + negro -).



- Tomar nota del valor medido.
- Ubicar el imán de la rueda dentada frente al sensor, para verificar la activación del mismo.



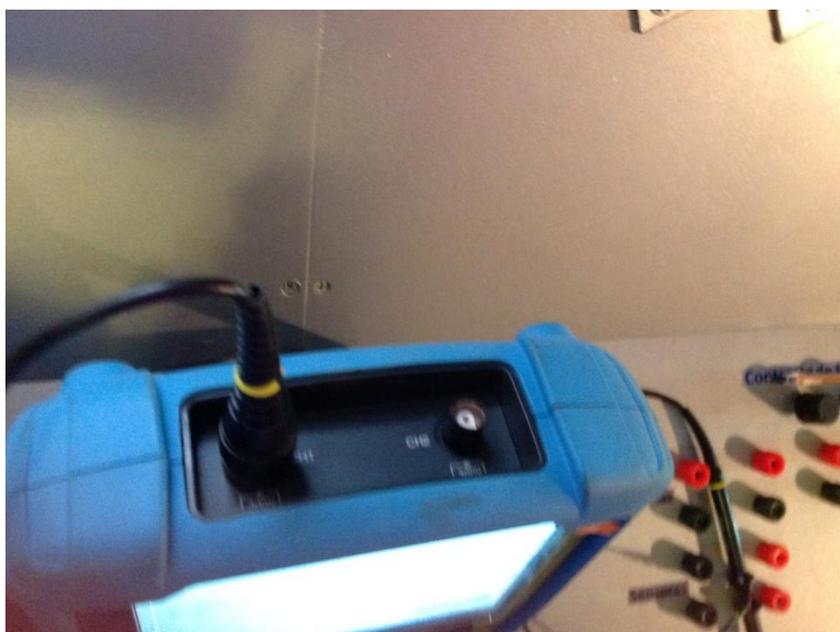
- Observar los resultados de voltaje en el multímetro con el imán de la rueda frente al sensor



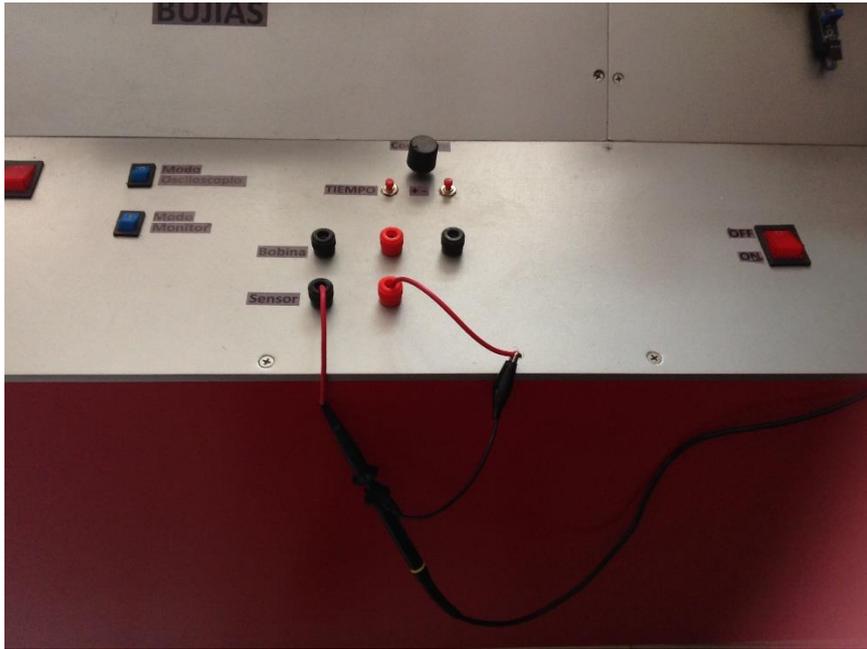
Curva característica.

Una vez realizados todos los pasos anteriores se procede a encender el osciloscopio.

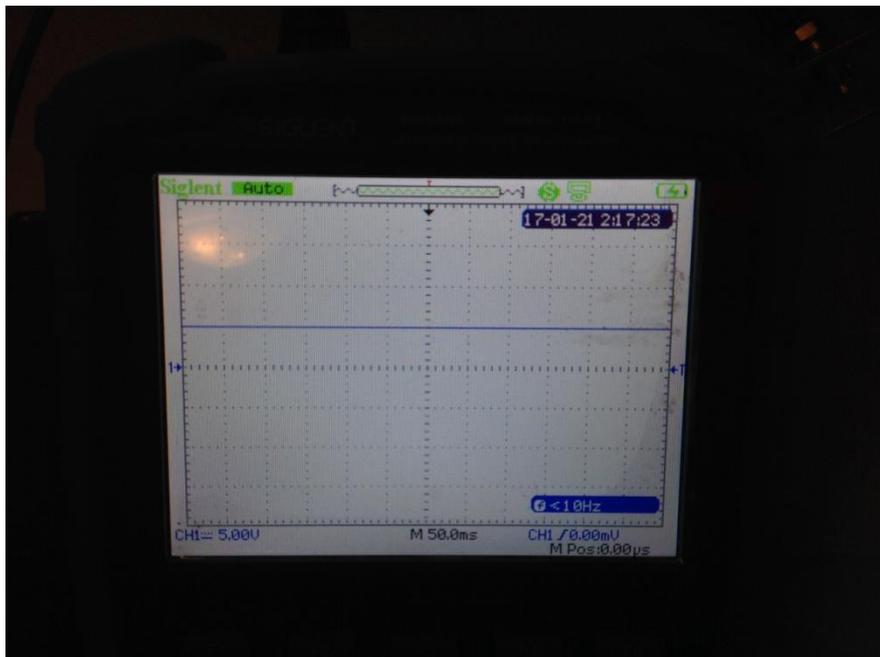
- Conectar las puntas de prueba a un canal.



- Conectar las puntas de prueba a los bornes del sensor en el tablero.



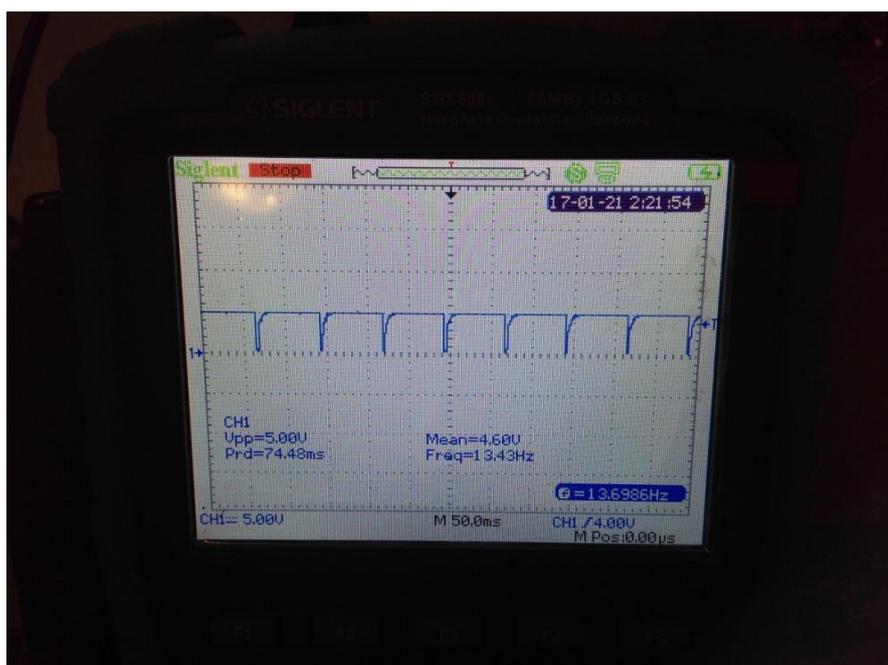
- Acondicionar el osciloscopio para visualizar y medir la onda cuando no está en funcionamiento el motor del sistema



- Poner en marcha el motor (Ubicar una velocidad moderada).



- Tomar imagen de la onda obtenida a cualquier revolución del motor



- Verificar los datos obtenidos por el osciloscopio y las medidas tomadas en el multímetro

Resultados

Valor de voltaje sensor Hall (Con multímetro)	Sensor Hall con presencia de Imán (V)	Sensor Hall sin presencia de Imán (V)
1		
2		
3		
4		
5		
Promedio		

Valor de voltaje sensor Hall (Con osciloscopio)	Sensor Hall con presencia de Imán (V)	Sensor Hall sin presencia de Imán (V)
1		
2		
3		
4		
5		
Promedio		

Prueba del sensor hall con multímetro		
	5V (buen estado)	≠ 5V Mal estado
Con presencia de imán		
	0V (Buen estado)	≠ 0V Mal estado
Sin presencia de imán		
Observaciones		

Prueba del sensor hall con osciloscopio		
	5V (buen estado)	≠ 5V Mal estado
Con presencia de imán		
	0V (Buen estado)	≠ 0V Mal estado
Sin presencia de imán		
Observaciones		

Discusión

Cuestionario

- ¿Por qué la onda generada es de tipo cuadrada? Explique.
- ¿Cuántos terminales posee el sensor y para qué sirven?
- ¿Qué sucedería si el sensor se activará en alto y no en bajo?
- ¿Qué ventaja considera usted que tiene la utilización de sensor Hall en estos sistemas?
- ¿Cuándo se activa el sensor hall?

Conclusión. (Establecer mínimo 5 conclusiones)

- Los valores obtenidos en la práctica permiten verificar el funcionamiento del sensor de efecto Hall y permiten verificar la forma de onda resultante.
- El sensor tipo hall emite señales de voltaje precedentes de una magnitud física como es el caso de las revoluciones y los envía hacia la Unidad de Control Electrónica para activar la bobina.

Recomendaciones. (Establecer mínimo 5 conclusiones)

- Conocer el manual del osciloscopio que se está utilizando.
- Utilizar cable banana-lagarto para poder realizar las mediciones.

Referencias

- Ingeniería Autoavance. (20 de Abril de 2013). *Autoavance*. Obtenido de Autoavance: <http://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/135-sensor-de-posicion-del-cigueenal-ckp/135-sensor-de-posicion-del-cigueenal-ckp>

Anexos

Guía de Laboratorio # 4, Sistemas De Encendido Electrónico Sin Distribuidor

Verificación del funcionamiento de los Sensores CKP y CMP de efecto Hall
(SISTEMA COP)

Universidad Particular Internacional SEK

Nota de Autor

Esteban M. Sevilla, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional SEK;
Director Ing. Juan Carlos Rocha M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
e.sevilla.uisek.mec@uisek.com.

Antecedentes

Objetivo:

- Determinar el estado de funcionamiento de los sensores de efecto Hall en el sistema COP.
- Determinar la curva caracteriza de los sensores CKP y CMP dentro del sistema
- Determinar el modo de activación del sensor (alto o bajo), para cada sensor
- Analizar los valores obtenidos al momento de tomar mediciones.
- Obtener un criterio técnico acerca del funcionamiento de los sensores utilizados.

Revisión Teórica

Los sensores por efecto Hall por lo general cuentan con tres pines. Como se indica en la figura, el primer pin es la de alimentación en ella podemos encontrar 12V o 5V, la segunda es el pin de tierra, y la tercera es la señal proveniente de la computadora, la ECU se encarga de enviar un voltaje a través de una alta resistencia el cual, al momento de que el motor gira la rueda dentada posicionando el frente del sensor en un hueco mantiene un voltaje y no hay caída, pero cuando se mueve de nuevo y se encuentra sobre uno de los dientes de la rueda provoca la caída de tensión produciendo así la señal digital de unos y cero, Los mismos que trabajaran en forma sincronizada de acuerdo a la frecuencia y velocidad de la rueda dentada del cigüeñal (emulada). El sensor utilizado permite obtener las señales con buena precisión y exactitud para lecturas de altas frecuencias de operación (≤ 7000 rpm) (Ingeniería Autoavance, 2013)

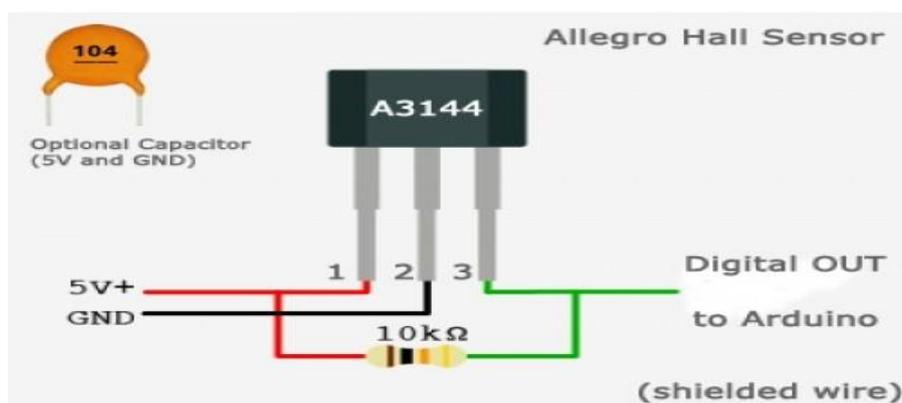


Figura 1. Configuración de pines del sensor Hall. (Arduino., 2014)

La señal que se espera del sensor se puede ver en la figura 2 y corresponde a un tren de pulsos (cuadrados).

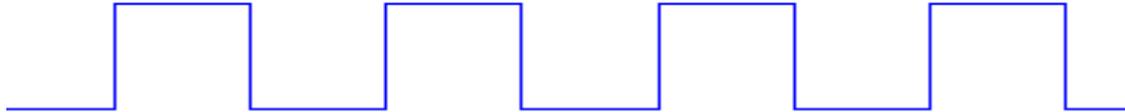


Figura 2. Señal característica del sensor Hall

Método

Materiales:

- Multímetro.
- Osciloscopio
- Puntas de prueba en buen estado.
- Cables banana lagarto

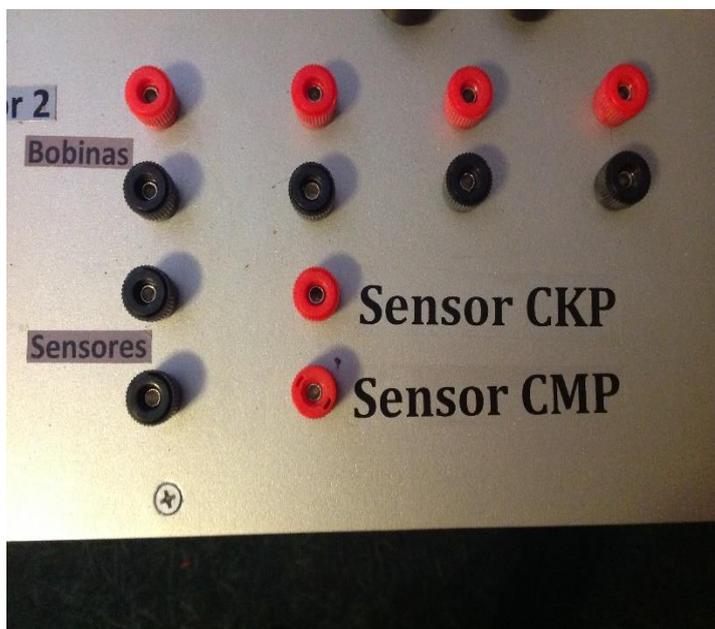
Procedimiento para la comprobación del sensor CKP y CMP del sistema COP

Funcionamiento del Sensor

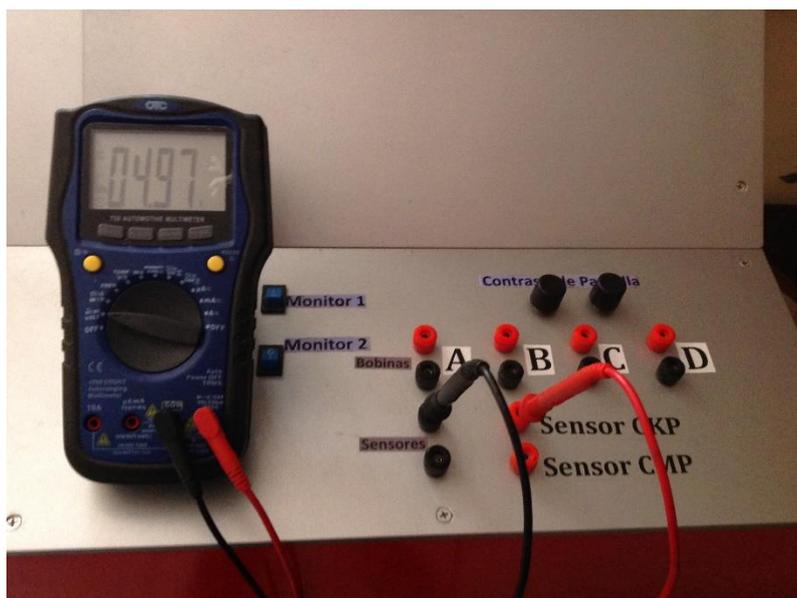
- Encender el banco de pruebas del sistema COP
- Ubicar en el multímetro las puntas de prueba en los bornes COM (cable negro), Ohm (cable rojo).
- Ubicar el selector del multímetro en las unidades de voltaje DC (Corriente continua).



- Ubicar las puntas de prueba en los bornes del tablero correspondiente al sensor 1 (rojo + negro -).



- Ubicar las puntas de prueba en el sensor CKP

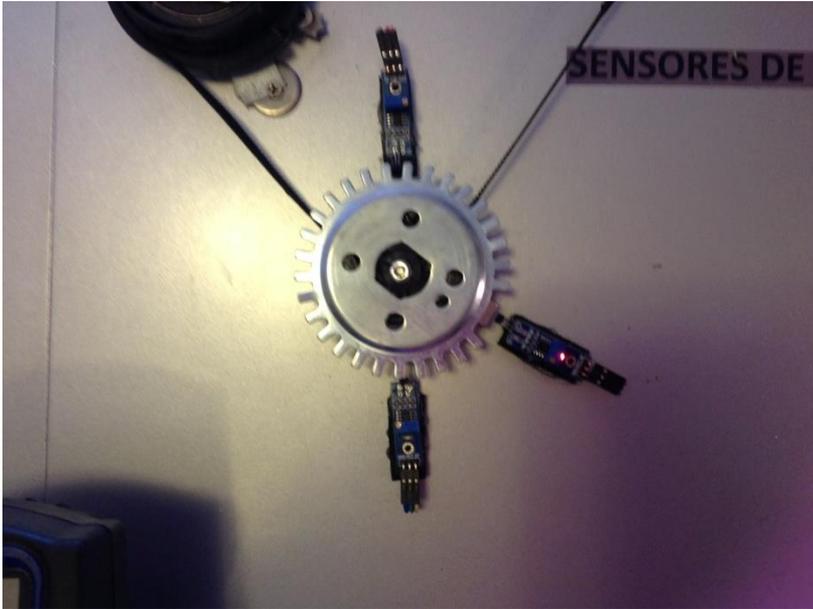


- Ubicar las puntas de prueba en el sensor CMP



- Tomar nota del valor medido.

- Ubicar el imán de la rueda dentada frente al sensor, para verificar la activación del mismo observando los valores en el multímetro.



Se observa los valores en el multímetro cuando el imán pasa a través de los sensores CKP y CMP



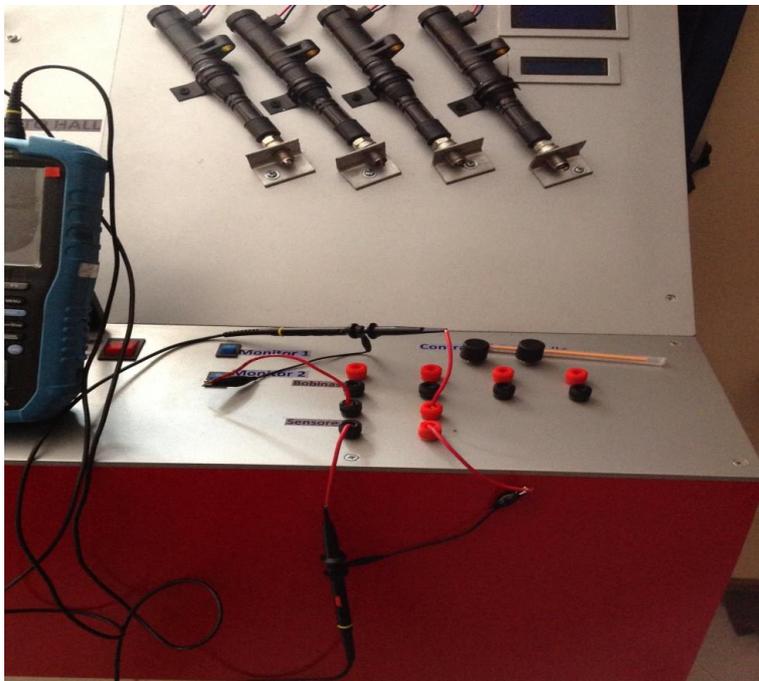
Curva característica.

Una vez realizados todos los pasos anteriores se procede a encender el osciloscopio.

- Conectar las puntas de prueba a los dos canales.



- Conectar las puntas de prueba a los bornes de los sensores en el tablero.



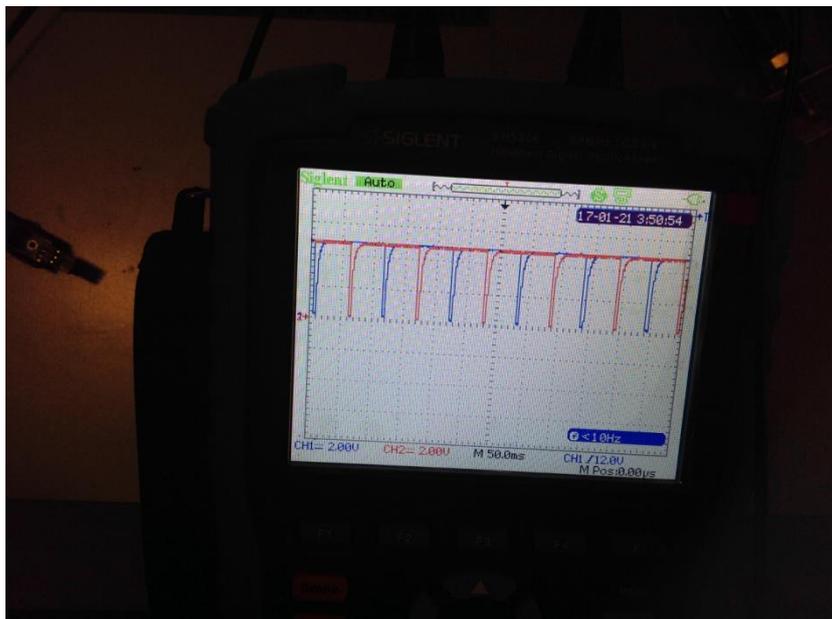
- Acondicionar el osciloscopio para visualizar y medir la onda.



- Poner en marcha el motor (Ubicar una velocidad moderada).



- Tomar imagen de la onda obtenida, analizar las ondas obtenidas



Resultados

Valor de voltaje sensor CKP (Multimetro)	Sensor Hall con presencia de Imán	Sensor Hall sin presencia de Imán
1		
2		
3		
4		
5		
Promedio		

Valor de voltaje sensor CKP (Osciloscopio)	Sensor Hall con presencia de Imán	Sensor Hall sin presencia de Imán
1		
2		
3		
4		
5		
Promedio		

Prueba del sensor hall CKP con multímetro		
	5V (buen estado)	≠ 5V Mal estado
Con presencia de imán		
	0V (Buen estado)	≠ 0V Mal estado
Sin presencia de imán		
Observaciones		

Prueba del sensor hall CKP con osciloscopio		
	5V (buen estado)	≠ 5V Mal estado
Con presencia de imán		
	0V (Buen estado)	≠ 0V Mal estado
Sin presencia de imán		
Observaciones		

Valor de voltaje sensor CMP (Multímetro)	Sensor Hall con presencia de Imán	Sensor Hall sin presencia de Imán
1		
2		
3		
4		
5		
Promedio		

Valor de voltaje sensor CMP (Osciloscopio)	Sensor Hall con presencia de Imán	Sensor Hall sin presencia de Imán
1		
2		
3		
4		
5		
Promedio		

Prueba del sensor hall CKP con multímetro		
	5V (buen estado)	≠ 5V Mal estado
Con presencia de imán		
	0V (Buen estado)	≠ 0V Mal estado
Sin presencia de imán		
Observaciones		

Prueba del sensor hall CKP con multímetro		
	5V (buen estado)	≠ 5V Mal estado
Con presencia de imán		
	0V (Buen estado)	≠ 0V Mal estado
Sin presencia de imán		
Observaciones		

Discusión

Cuestionario

- ¿De qué se encarga el sensor CKP?
- ¿Dónde se encuentra ubicado el sensor CKP
- ¿De forma práctica como se puede realizar el diagnóstico de la falla de un sensor previo a comprobar el funcionamiento del mismo?
- ¿Qué es el sensor CMP y qué función tiene?
- ¿Hasta cuantos voltios se le puede alimentar al sensor hall?

Conclusión. (Establecer mínimo 5 conclusiones)

- Los valores obtenidos en la práctica permiten verificar el funcionamiento de
- los sensores CKP Y CMP representados en el módulo de pruebas.

Recomendaciones. (Establecer mínimo 5 conclusiones)

- Conocer el manual del osciloscopio que se está utilizando.
- Utilizar cable banana-lagarto para poder realizar las mediciones.

Referencias

- Ingeniería Autoavance. (20 de Abril de 2013). *Autoavance*. Obtenido de Autoavance: <http://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/135-sensor-de-posicion-del-cigueenal-ckp/135-sensor-de-posicion-del-cigueenal-ckp>

Anexos

Guía de Laboratorio # 5, Sistemas De Encendido Electrónico Sin Distribuidor

Análisis y Comprobación del funcionamiento del SISTEMA DIS

Universidad Particular Internacional SEK

Nota de Autor

Esteban M. Sevilla, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional SEK;
Director Ing. Juan Carlos Rocha M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
e.sevilla.uisek.mec@uisek.com.

Antecedentes

Objetivo:

- Determinar el funcionamiento del sistema de encendido DIS.
- Comprobar la sincronización del sistema.
- Verificar el orden de encendido de las bujías del sistema.
- Realizar mediciones de parámetros técnicos a altas, medias y bajas frecuencias.
- Comprobar los datos medidos con los datos reales del módulo de pruebas
- Obtener un criterio técnico acerca del funcionamiento del Sistema de encendido tipo DIS.

Revisión Teórica

En este tipo de sistema se presenta un fenómeno por el cual la corriente en el secundario pasa a través de dos bujías al mismo tiempo, la disposición de los cables de alta tensión hace que cada vez que se genere la alta tensión, ésta se aproveche únicamente en el cilindro que se encuentre en el tiempo de compresión, mientras que en el otro cilindro esta chispa salta sin ningún efecto, por esta razón el sistema recibe el nombre de Chispa Perdida. En este sistema se presenta la activación y desactivación del circuito primario, y en el secundario se tiene un circuito que pasa por dos cilindros al mismo tiempo. (Jiménez, 2014)

El sistema de encendido DIS está formado por los siguientes componentes

- Llave de contacto
- Fuente de alimentación de 12V
- Bobina DIS
- Cables de alta tensión

- ECU
- Bujías

Método

Materiales:

- Multímetro.
- Osciloscopio
- Puntas de prueba en buen estado.
- Cables banana lagarto

Funcionamiento del Sistema DIS (Orden de encendido y Sincronización)

- Encender el banco de pruebas del sistema DIS.
- Poner en marcha el motor (Regular a conveniencia del usuario).
- Verificar el arco eléctrico en las bujías variando la velocidad del motor

Parámetros técnicos.

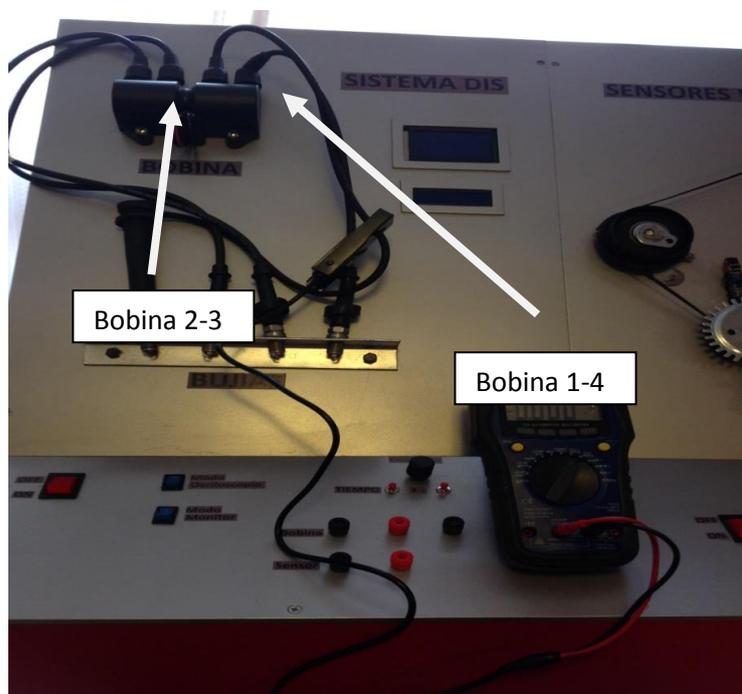
Revoluciones por minuto rpm

Una vez realizados todos los pasos anteriores se procede a apagar el módulo de pruebas.

- Conectar la pinza inductiva al multímetro (negro=COM, rojo=ms)



- Conectar el multímetro con la pinza inductiva al primer cable de bujía.
- Poner en marcha el módulo junto con el motor (Ubicar una velocidad moderada).



- Tomar 5 datos medidos y 5 reales de la pantalla del multímetro.



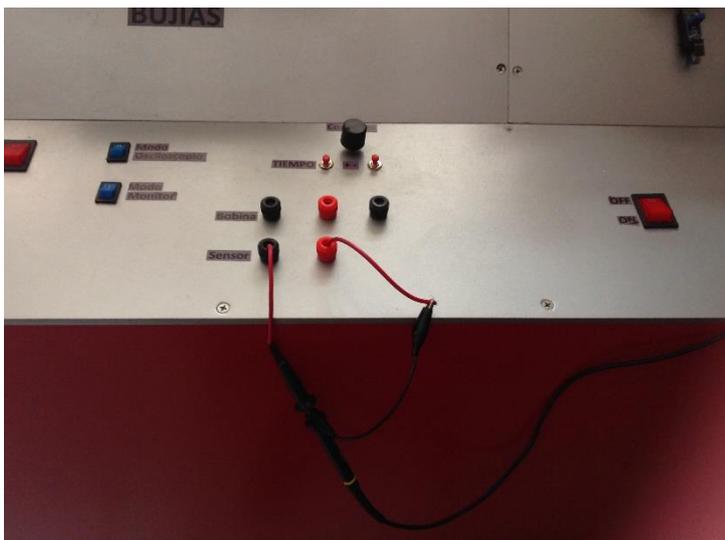
- Tomar 5 datos medidos y 5 reales de la pantalla del módulo



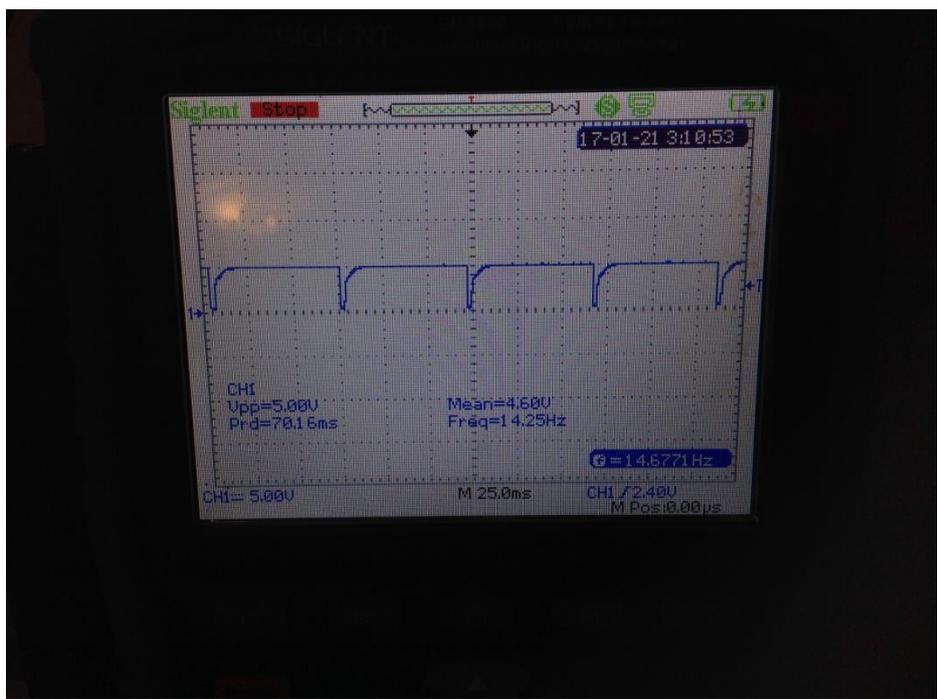
- Variar la velocidad para comprobar el funcionamiento en altas, bajas, y medias frecuencias, se recomienda tomar notas a 800, 1200, 1600, 2000, 2400 RPM

Frecuencias

1.- Conectar las puntas de prueba a los bornes del módulo del sensor.



2.-Toma de medidas y análisis de gráficos en el osciloscopio.



Resultados

Pruebas	Revoluciones multímetro	Revoluciones banco de pruebas	Frecuencia osciloscopio	Frecuencia banco de pruebas
1				
2				
3				
4				
5				

COLOCAR GRÁFICAS DEL OSCILOSCOPIO

Discusión

Cuestionario

- ¿Cuál es la forma de trabajo de un sistema DIS?
- ¿A cuántos grados de fase trabaja el sensor de efecto Hall en el sistema DIS?

- ¿Cuántos sensores utiliza el Sistema DIS para su funcionamiento y como se llaman?
- ¿Qué otro tipo de sensores existen en el mercado para sistemas de encendido?

Conclusión. (Establecer mínimo 5 conclusiones)

- Los datos medidos por el módulo, tienen un error medio cuadrático del 4% comparándolo con equipos de uso específicos, lo cual nos brinda confiabilidad en los datos obtenidos.
- Los valores obtenidos en la práctica nos permiten verificar el correcto funcionamiento del Sistema DIS, comprender su modo de operación y sincronismo.
- El sistema DIS permite emitir señales perfectamente ordenadas y sincronizadas para el funcionamiento del motor.

Recomendaciones. (Establecer mínimo 5 recomendaciones)

- Conocer el manual del osciloscopio que se está utilizando.
- Utilizar cable banana-lagarto para poder realizar las mediciones.

Referencias

- Jiménez, J. (2014). *PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL*. Latacunga .

Anexos

Guía de Laboratorio # 6, Sistemas De Encendido Electrónico Sin Distribuidor

Comprobación de funcionamiento del SISTEMA COP

Universidad Particular Internacional SEK

Nota de Autor

Esteban M. Sevilla, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional SEK;
Director Ing. Juan Carlos Rocha M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
e.sevilla.uisek.mec@uisek.com.

Antecedentes

Objetivo:

- Determinar el funcionamiento del sistema de encendido COP.
- Comprobar la sincronización del sistema.
- Verificar el orden de encendido de las bujías del sistema.
- Realizar mediciones de parámetros técnicos a altas, medias y bajas frecuencias.
- Obtener un criterio técnico acerca del funcionamiento del Sistema de encendido tipo COP.

Revisión Teórica

El sistema de encendido COP dispone de una bobina por cilindro, que se monta directamente sobre la correspondiente bujía, es decir que no disponen de cables de alta tensión, de esta manera el circuito secundario queda conectado a dicha bujía como se puede observar en la figura 1

En la figura 1 se puede observar la configuración de una bobina COP

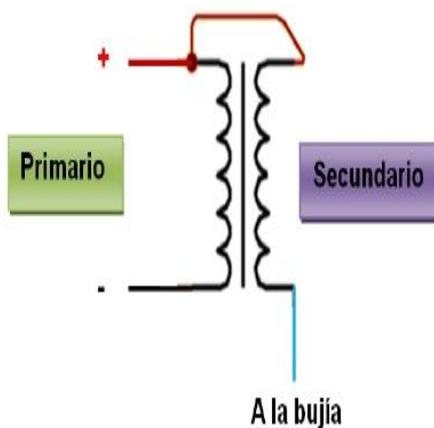


Figura 1: Configuración eléctrica de una bobina sistema independiente. (Ayala, 2013)

En la figura 2 el primario se encuentra conectado a positivo de la batería a través de un switch o de un relé, después el sistema COP necesita de la información de un sensor de posición hacia la computadora como referencia para determinar el cilindro 1 en tiempo de compresión, para estos sistemas el sensor CMP es quien indica al computador el punto muerto superior en el tiempo de compresión del cilindro 1. La ECU recibe esta señal para poder reconocer el orden de encendido. A partir de este momento la ECU puede interrumpir la corriente en el circuito primario de cada bobina dependiendo del orden de encendido previamente almacenado, la interrupción de la corriente puede darse en el computador, módulo de encendido o en la misma bobina, todo dependiendo del tipo de bobina COP que se tenga que puede ser de bobina simple, con transistor incorporado o con módulo incorporado. (Ayala, 2013)

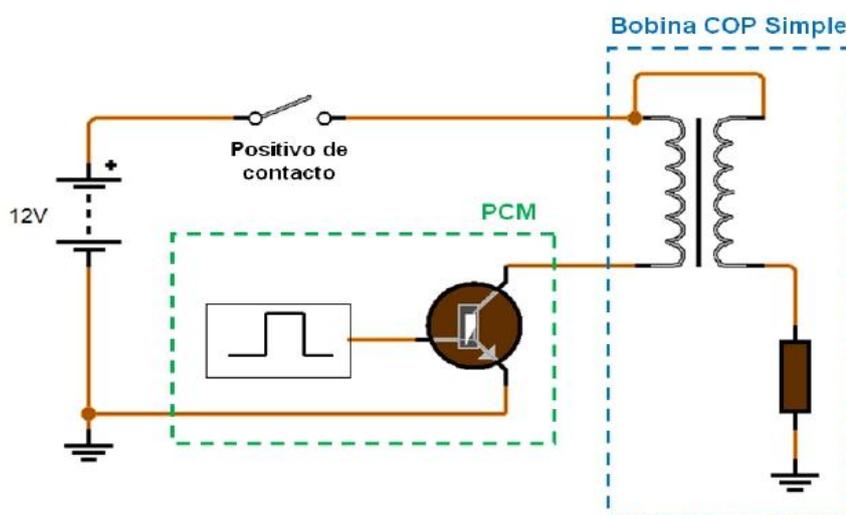


Figura 2: Circuito del sistema de bobina COP. (Ayala, 2013)

Método

Materiales:

- Multímetro.
- Osciloscopio
- Puntas de prueba en buen estado.

- Cables banana lagarto

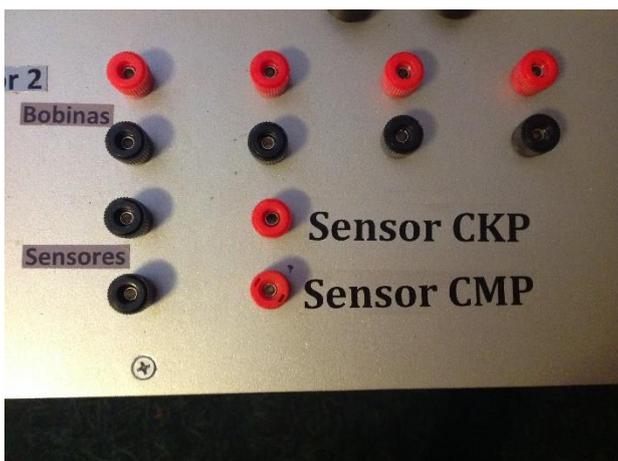
Funcionamiento del Sistema COP (Orden de encendido y Sincronización)

- Encender el banco de pruebas del sistema COP.
- Poner en marcha el motor (Regular a conveniencia del usuario).
- Verificar el arco eléctrico en las bujías variando la velocidad del motor

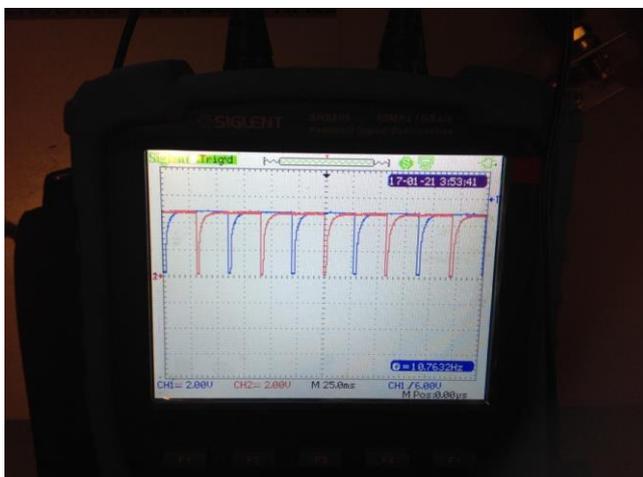
Parámetros técnicos.

Revoluciones por minuto rpm y frecuencias

- Conectar las puntas de prueba a los bornes del módulo de los dos sensores.



- Tomar medidas en el osciloscopio de las frecuencias obtenidas con velocidades bajas, medias y altas del motor.



- Analizar las gráficas obtenidas.
- A partir de la frecuencia calcular los valores en rpm que está dando el motor

Resultados

Datos obtenidos	Frecuencia (rps)	RPM
1		
2		
3		
4		
5		

- Se pudo verificar el funcionamiento y sincronismo del sistema de encendido Tipo COP.
- Al aumentar la velocidad aumenta la frecuencia y disminuye el periodo de la señal de cada sensor.

Discusión

Cuestionario

- ¿Cuál es el orden más común de encendido de un sistema COP?
- ¿A cuántos grados de fase trabajan los sensores CKP Y CMP respectivamente en el sistema COP?
- ¿Cuántos sensores utiliza el Sistema COP para su funcionamiento?
- ¿De qué tipo pueden ser estos sensores?
- ¿Dónde van ubicados los sensores del sistema COP?

Conclusión. (Establecer mínimo 5 conclusiones)

- Los valores obtenidos en la práctica nos han permitido verificar el correcto funcionamiento del Sistema COP. Comprender su modo de operación, funcionamiento y sincronización
- La señal que emite el sensor a altas o bajas frecuencias siempre será cuadrada.

Recomendaciones. (Establecer mínimo 5 recomendaciones)

- Conocer el manual del osciloscopio que se está utilizando.
- Utilizar cable banana-lagarto para poder realizar las mediciones.
- Utilizar el osciloscopio del módulo únicamente como un emulador de señales.

Referencias

- Ayala, R. (30 de Julio de 2013). *Scribd*. Obtenido de Scribd:
<https://es.scribd.com/doc/150909776/SISTEMA-DE-ENCENDIDO-COP-pptx>
- Alonso, M. (1998). *Técnicas del automóvil, equipo eléctrico*. Madrid: Paraninfo

Anexos

Resultados

La tabla 1 muestra los valores de la resistencia del circuito primario de la bobina de encendido DIS

Tabla 1: Valores de la resistencia del circuito primario de la bobina de encendido del sistema DIS

Numero de Prueba	Resistencia bobina 1-4 (Ω)	Resistencia bobina 2-3 (Ω)
1	1,8	1,7
2	1,7	1,8
3	1,9	1,7
4	1,8	1,8
5	1,8	1,8
Promedio	1,8	1,75

El valor obtenido del circuito primario es de 1,8 Ω en la bobina 1-4; y de 1,75 Ω en la bobina 2-3, lo cual significa que las bobinas está en buen estado ya que cumplen con el rango establecido 0,3 a 6 Ω .

En la tabla 2 se muestra los valores de las resistencias del circuito primario del sistema COP de las bobinas 1, 2,3 y 4

Tabla 2: Resultados de resistencias del circuito primario de la bobina de encendido del sistema COP

N. De Prueba	Bobina 1 Ω	Bobina 2 Ω	Bobina 3 Ω	Bobina 4 Ω
1	1,9	1,9	1,8	1,9
2	1,9	1,9	1,9	1,9
3	1,8	1,9	1,9	1,9
4	1,9	1,9	1,9	1,9
5	1,8	1,9	1,8	1,8
Promedio	1,86	1,9	1,86	1,88

La tabla 3 muestra los valores obtenidos del circuito primario, que es de $1,86 \Omega$ en la bobina 1; $1,9 \Omega$ en la bobina 2, $1,86 \Omega$ en la bobina 3, y $1,88 \Omega$ en la bobina 4, lo cual significa que las bobinas está en buen estado ya que cumplen con el rango establecido 0,3 a 6Ω .

Tabla 3: Valores del voltaje del sensor CKP tipo Hall del sistema DIS

Valor de voltaje sensor Hall	Sensor Hall sin presencia de Imán (V)	Sensor Hall con presencia de Imán (mV)
1	5.01	59,9
2	5.01	60
3	5.0	59,9
4	5.0	60
5	5.0	59,9
Promedio	5	59,9

En la tabla 3 se observa los valores del sensor Hall utilizado en el sistema DIS. El valor obtenido del sensor con presencia de imán es $59,9\text{mV}$; aunque se asume este valor como un 0 lógico y el valor con presencia del imán es de 5V , lo cual quiere decir que el sensor Hall funciona correctamente de acuerdo al datasheet del sensor.

En la figura 72 se puede observar el funcionamiento del sensor utilizando osciloscopio cuando este se encuentra en 1 lógico, lo que quiere decir en 5v ; lo que determina que el sensor funciona adecuadamente, de acuerdo al datasheet.

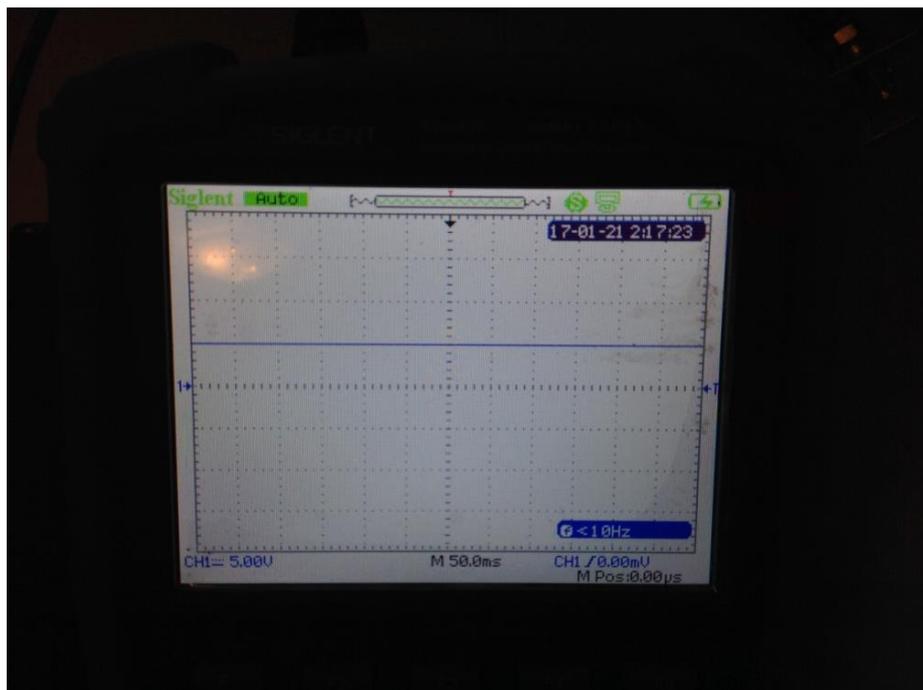


Figura 72: Funcionamiento del sensor en 1 lógico

En la figura 73 se puede observar el funcionamiento correcto del sensor hall en el cual el osciloscopio muestra la onda cuadrada con una frecuencia de 13,43 Hz, característica de este tipo de sensores, lo cual indica que el sensor funciona correctamente.

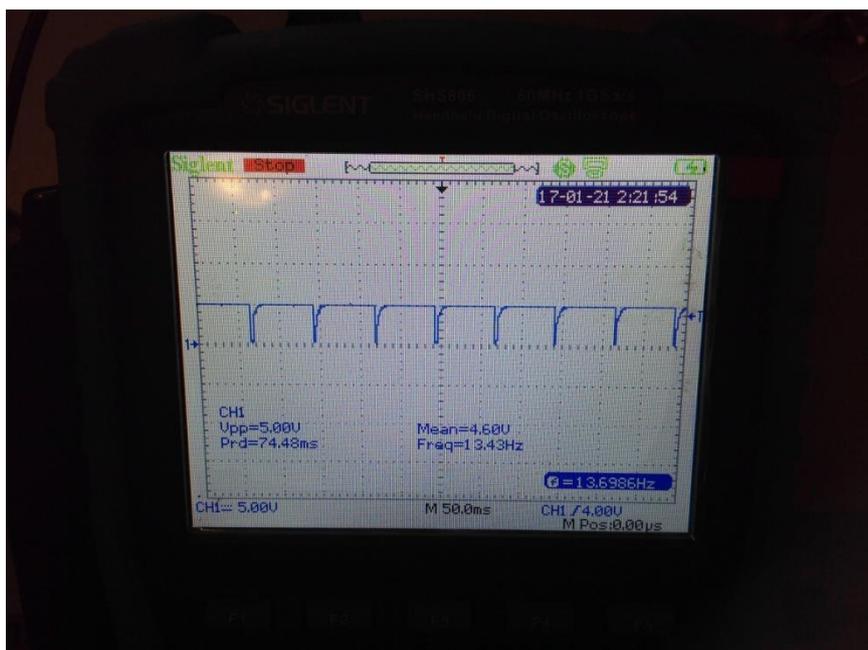


Figura 73: Gráfica característica del sensor hall en funcionamiento

Tabla 4: Valores del sensor CKP tipo Hall del sistema COP+

Valor de voltaje sensor CKP	Sensor Hall con presencia de Imán (mV)	Sensor Hall sin presencia de Imán (V)
1	59,9	5
2	59,9	5
3	60	5
4	59,9	5
5	59,9	5
Promedio	59,9	5

En la tabla 4, se observan los valores obtenidos del sensor con presencia de imán es 59,9mV; aunque se asume este valor como un 0 lógico y el valor con presencia del imán es de 5V, lo cual quiere decir que el sensor Hall funciona correctamente de acuerdo al datasheet del sensor.

Tabla 5: Valores del sensor CMP tipo Hall del sistema COP

Valor de voltaje sensor CMP	Sensor Hall con presencia de Imán (mV)	Sensor Hall sin presencia de Imán (V)
1	59,9	5
2	59,9	5
3	59,9	5
4	60	5
5	59,9	5
Promedio	59,9	5

En la tabla 5, se observan los valores obtenidos del sensor con presencia de imán es 59,9mV; aunque se asume este valor como un 0 lógico y el valor sin presencia del imán es de 5V, lo cual quiere decir que el sensor Hall funciona correctamente de acuerdo al datasheet del sensor.

En la figura 74, se muestra la onda cuadrada de los sensores CMP y CKP a 180°

medidos en el osciloscopio.

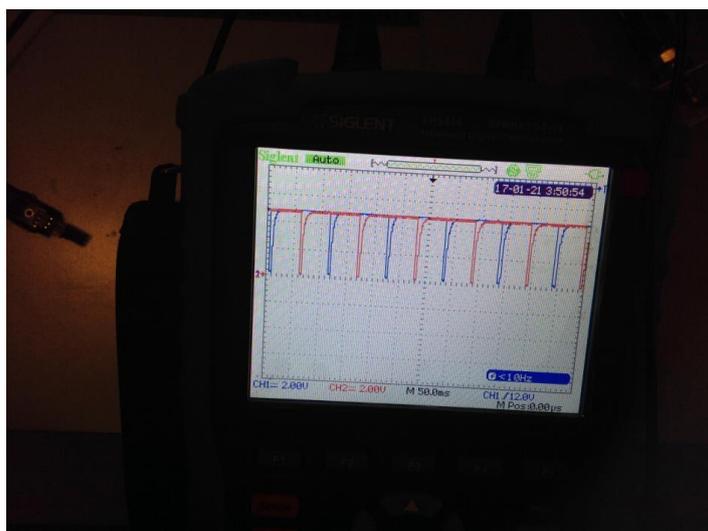


Figura 74: Señal del sensor CKP y CMP del sistema COP

La figura 74 muestra el funcionamiento del sensor CKP y CMP, el cual se puede ver como una onda cuadrada, los cuales funcionan con un voltaje pico de 5V, activados con un 0 lógico en presencia del imán y desfasados a 180°, lo que quiere decir que el sensor CKP y CMP funcionan adecuadamente de acuerdo al datasheet.

En la tabla 6, se puede ver la sincronización y el valor obtenido de las revoluciones y las frecuencias del banco de pruebas del sistema DIS y los datos medidos con el osciloscopio

Tabla 6: Datos de revoluciones y frecuencias medidas mediante equipos específicos y el banco de pruebas del sistema DIS

Prueba	Revoluciones multímetro	Revoluciones banco de pruebas	Frecuencia osciloscopio	Frecuencia banco de pruebas
1	792	800	14,55	13
2	1150	1200	20,20	20
3	1567	1600	26,12	26
4	1986	2000	33,74	33
5	2333	2400	40,72	40

La tabla 6 muestra que el valor obtenido en los equipos como el multimetro y el osciloscopio son muy parecidos a los del banco de pruebas, por lo que se puede comprobar que los datos son fiables; el banco de pruebas del sistema DIS funciona correctamente.

La tabla 7 también muestra que la frecuencia del sistema es directamente proporcional a las revoluciones.

Tabla 7: Datos de frecuencias y revoluciones del sistema COP

Datos obtenidos	Frecuencia (rps)	RPM
1	13,69	800
2	19,56	1200
3	26,41	1600
4	33,26	2000
5	40,11	2400

La tabla 7 muestra que los datos de frecuencia del sistema COP medidos con el osciloscopio son muy parecidos a los del banco de pruebas con un error del 4%, por lo que los datos obtenidos en el banco de pruebas son fiables.

La figura 75, 76 y 77 muestra el funcionamiento del sensor CKP y CMP del sistema COP a diferentes revoluciones

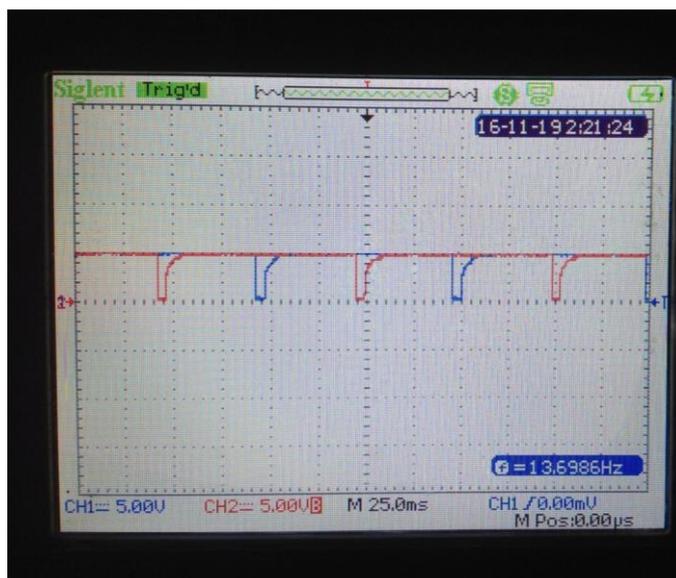


Figura 75: Señal del sensor CKP y CMP del sistema COP a 821 rpm



Figura 76: Señal del sensor CKP y CMP del sistema COP a 1584 rpm

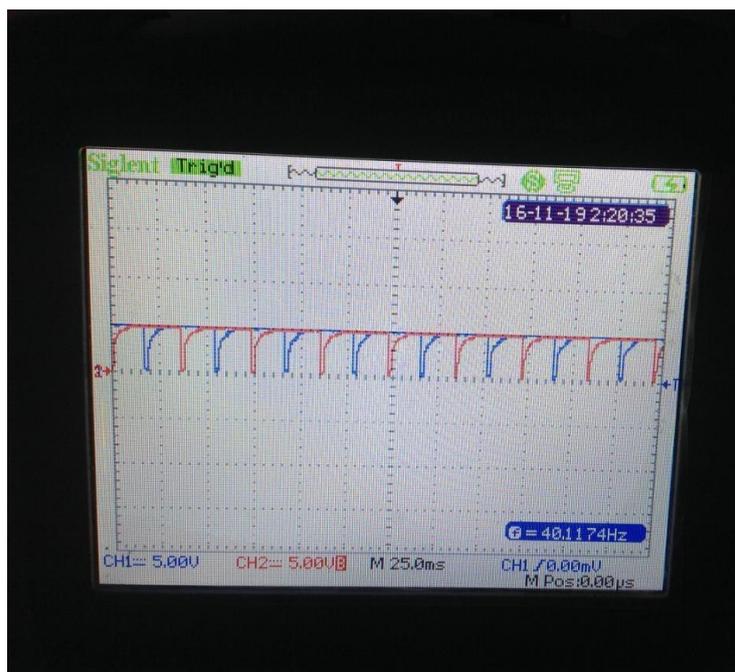


Figura 77: Señal del sensor CKP y CMP del sistema COP a 2406 rpm

Se puede ver en el osciloscopio el funcionamiento de los sensor CKP y CMP, las figura 75,76 y 77 muestran que el sensor funciona perfectamente en bajas, medias y altas revoluciones ya se mantiene la onda cuadrada a cualquier régimen de revoluciones del motor,



Figura 78: Señal de entrada desde el microcomputador hacia la bobina de encendido DIS

En la figura 78 se puede observar en el osciloscopio las señales de entrada a 2500rpm desde el microcontrolador hacia la bobina DIS activando los bloques 1-4(señales de color azul) y 2-3(señales de color rojo) . Además se observa el ruido electromagnético que interfieren en el correcto funcionamiento de las pantallas led, el ruido generado en la bobina está presente en cualquier régimen de revoluciones del motor.



Figura 79: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina DIS (desconectada)

En la figura 79 se observa las señales de entrada desde la microcomputadora hacia la bobina DIS y el desfase que existe entre los dos bloques de bobina 1-4 y 2-3, a diferencia de la figura 78 esta no presenta ruido electromagnético ya que la bobina DIS está desconectada.

En las figuras 80,81,82,83,84,85 se muestra la sincronización del orden de encendido del sistema COP a 2500 rpm, las gráficas muestran el desfase de cada bobina: las bobinas 1-4 están a 360° , las bobinas 3-2 a 360° , las bobinas 1-3, 3-4 y 1-2 están a 180° , los pulsos de la bobina 1 están antes que los pulsos de la bobina 3, los pulsos de la bobina 3 antes que la bobina 4, los pulsos de la bobina 4 están antes que los pulsos de la bobina 2, y los pulsos de la bobina 2 antes que la bobina 1, de esta manera se cumple el perfecto orden de encendido utilizado en el sistema COP que es 1-3-4-2.

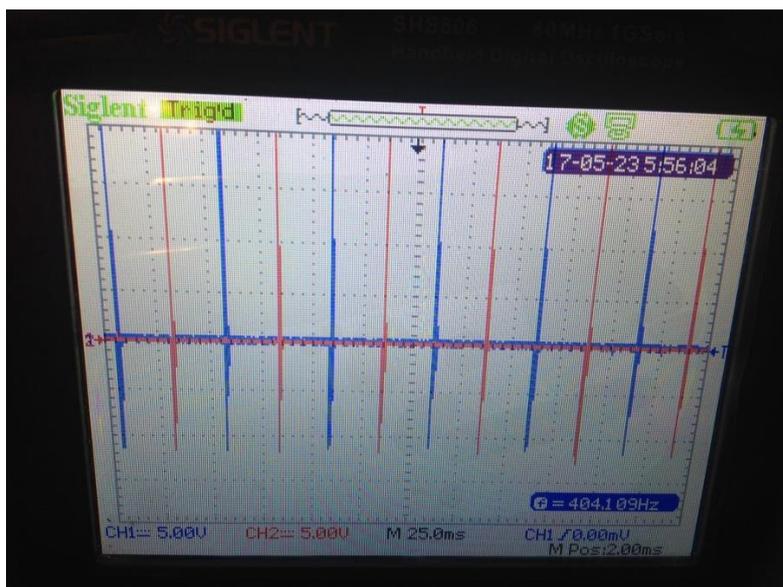


Figura 80: Señales de entrada desde la microcomputador hacia las bobinas 1 y 4 del Sistema COP

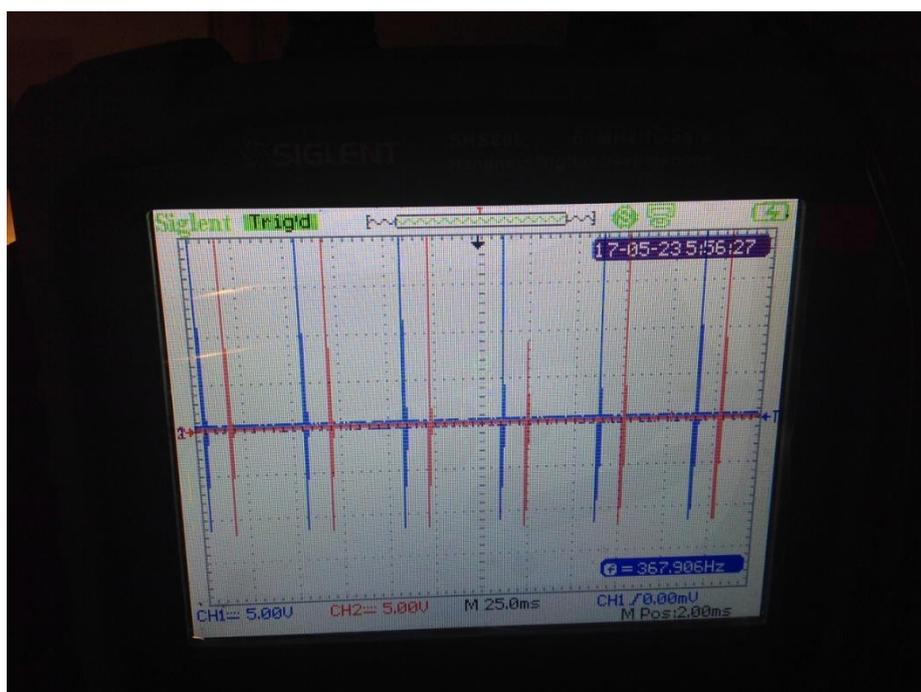


Figura 81: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina 1 y 3 del Sistema COP

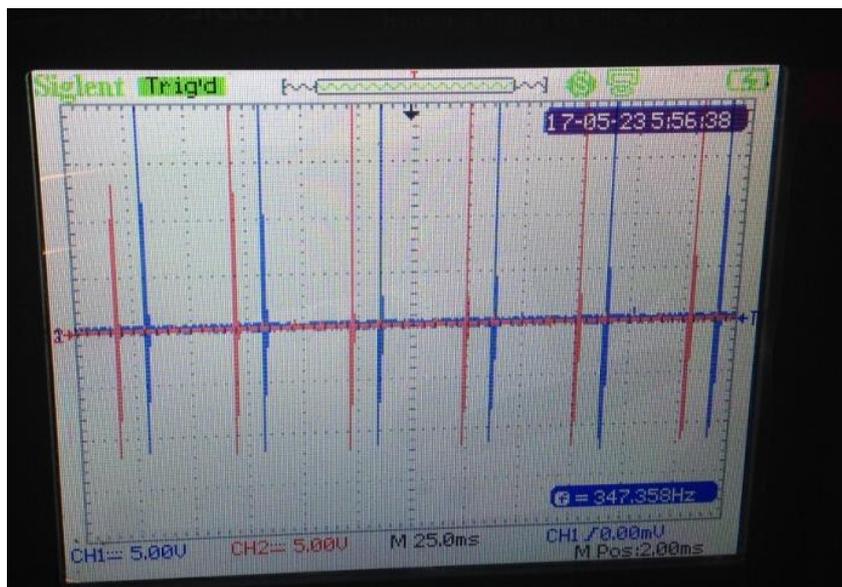


Figura 82: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina 3 y 4 del Sistema COP

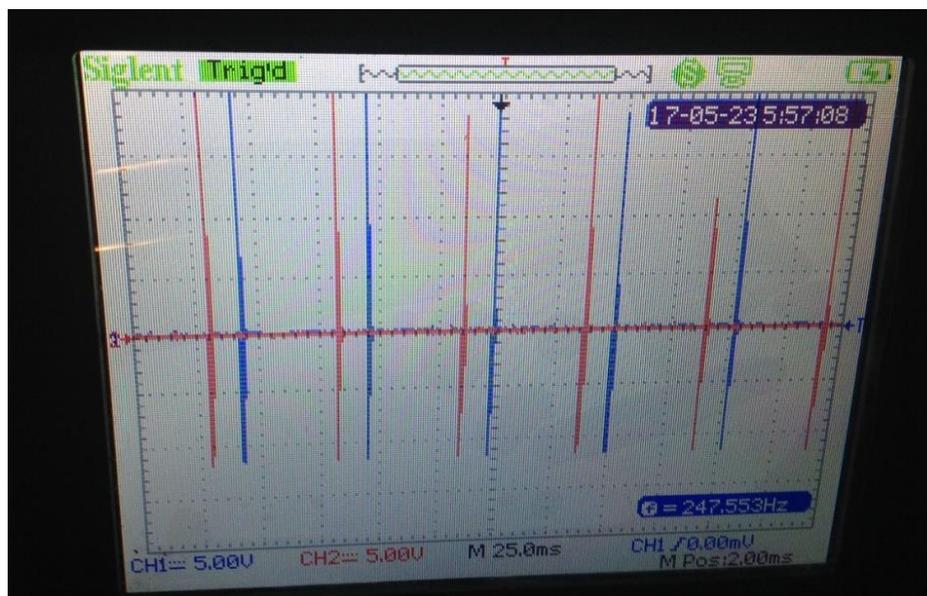


Figura 83: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina 2 y 1 del Sistema COP

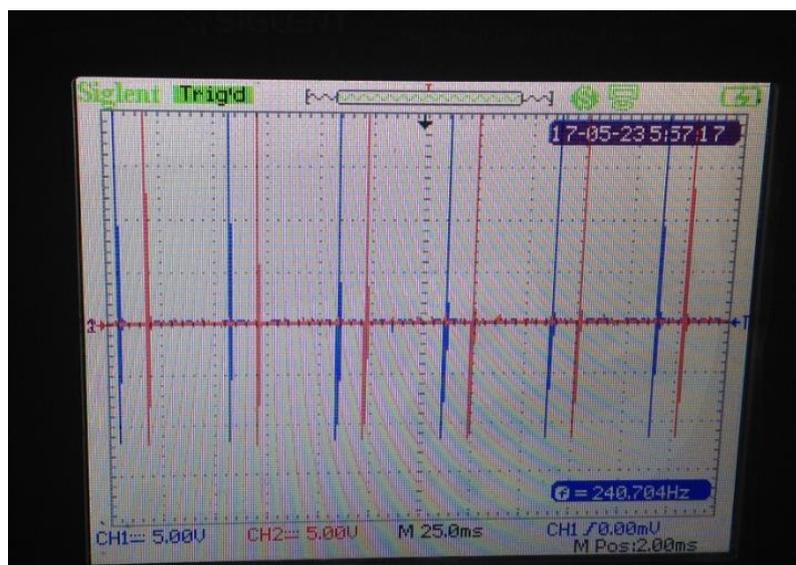


Figura 84: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina 4 y 2 del Sistema COP

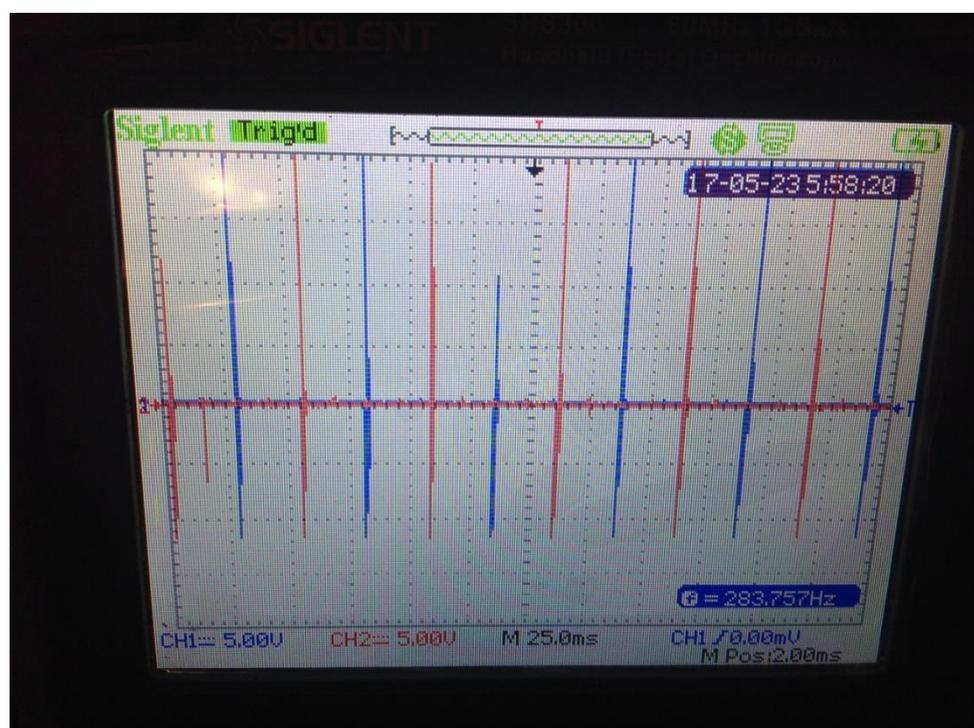


Figura 85: Señales de entrada desde el microcontrolador hacia la bobina 3 y 2 del Sistema COP

Discusión

Conclusiones

Los sistemas de encendido electrónico sin distribuidor mejoran el funcionamiento del automóvil, ahorran tiempo y dinero ya que no requieren constante mantenimiento ni largos cables de alta tensión, en el caso del sistema COP.

Los sistemas de encendido sin distribuidor proporcionan mayor potencia en la chispa y mejoran el funcionamiento del motor ya que no existen interferencias eléctricas, las bobinas dan mayor tiempo para saturar el campo magnético. .

La onda generada de los sensores del sistema DIS y del sistema COP mantiene la curva cuadrada características a cualquier revolución de motor.

En el banco didáctico, emplear el concepto de paralelismo permite trabajar con varios controladores a la vez, dando como resultado una mejor respuesta de medida en tiempos reales y un funcionamiento sincronizado.

Los valores obtenidos de la resistencia del circuito primario del sistema DIS permiten verificar el correcto funcionamiento de la bobina ya que están en el rango de $0,3 \Omega$ a 6Ω dichas ya en la teoría.

Los valores obtenidos del sensor tipo hall utilizado en el sistema DIS han permitido verificar el funcionamiento correcto del mismo, ya que el valor establecido por el datasheet de 5V sin presencia del imán y 0V en presencia del imán coinciden con el banco de pruebas.

La gráfica mostrada en el osciloscopio determina el funcionamiento correcto del sensor tipo hall cuando esta encendido en el banco de pruebas a cualquier revolución del motor utilizados en el sistema DIS ya que coinciden con la gráfica del fabricante.

El sensor tipo hall emite señales de voltaje precedentes de una magnitud física como es el caso de las revoluciones y los envía hacia la Unidad de Control Electrónica para activar la bobina.

Los valores obtenidos, 5v sin presencia de imán y 0v con presencia de imán en la práctica han permitido verificar el funcionamiento de los sensores CKP Y CMP tipo hall representado en el módulo de pruebas COP.

Los valores de las revoluciones de 0 a 2400 rpm del banco de pruebas coinciden con los valores de los equipos de uso específico como el multímetro y el osciloscopio por lo que el banco de pruebas tiene fiabilidad en sus datos y un perfecto funcionamiento.

Al aumentar la velocidad aumenta la frecuencia y disminuye el periodo de la señal de cada sensor de los sistemas DIS y COP.

Las interferencias electromagnéticas presentes en la bobina DIS y en la bobina COP cuando estas están activadas, alteran únicamente el correcto funcionamiento de las pantallas led, los demás equipos utilizados en este sistema funcionan en óptimas condiciones.

El orden de encendido del sistema COP se verifica usando el osciloscopio, en el cual se identifica el orden de pulsos que está entrando en cada una de las bobinas, 1-3-4-2.

El ruido generado por las bobinas DIS y COP se visualiza usando el osciloscopio, en el cual se observa los picos de voltaje cuando la bobina está conectada. En el sistema DIS se puede desconectar la bobina para observar los pulsos de entrada a la bobina, desde la computadora, sin interferencias.

Recomendaciones

Es necesario conocer las especificaciones técnicas de cada equipo y de cada elemento que se utilice (Manual o datasheet), para operar el banco didáctico con normalidad.

Es importante la utilización de una masa (tierra común), la tierra común debe estar conectada a la base donde se asientan las bujías, caso contrario terminaría dañando la fuente de alimentación principal.

Se restringe el uso de silicona para adherir las placas electrónicas a los módulos ya que es un dieléctrico que en ocasiones y bajo ciertas condiciones conduce corriente eléctrica y provoca alteraciones en el funcionamiento de los circuitos.

Las pruebas de bobina se deben realizar con el módulo apagado, ya que de no ser así los equipos utilizados en las mediciones pueden resultar dañados.

Para realizar las medidas es necesario utilizar cables banana para evitar contactos no deseados.

Para comprobar si ingresa corriente al positivo de las bobinas de encendido tanto para el sistema DIS y para el sistema COP, el valor del voltaje debe ser igual a al valor de voltaje de fuente

Es necesario arrancar el motor con la perrilla a $\frac{1}{2}$ de su velocidad total para que arranque, luego se le decremento la velocidad para obtener las revoluciones bajas

(aproximadamente 800 rpm.-relantin), con el fin de no fatigar el torque del motor al momento de arrancar el sistema de emulación.

Antes de encender el sistema es recomendable verificar que las bujías se encuentren correctamente asentadas en el punto de masa, ya que esto podría ocasionar ruido (interferencias) en la pantalla de medición de rpm. En caso de suceder esto solo se debe resetear la pantalla, ya que el ruido no afecta directamente al funcionamiento, sino solo a la visualización.

Para realizar las mediciones de los sensores en los sistemas DIS y COP respectivamente es necesario encender el módulo y conectar las puntas del osciloscopio a los conectores del módulo, se puede medir sensor por sensor o los dos sensores a la vez.

Se puede utilizar ambos módulos a la vez, pero se recomienda utilizarlos por separado para evitar ruido electromagnético generado por las bujías de un sistema a otro; por lo general el ruido se puede hacer presente en altas revoluciones como consecuencia de la fricción del sistema.

Los sensores, las bujías y las bobinas deben ser conectados con mucho cuidado, una mala conexión provoca un cortocircuito y la pérdida de estos elementos por quemaduras.

Si el banco de pruebas el sistema DIS o el sistema COP presentan fallas, se recomienda comprobar cada elemento antes de desmontar los componentes.

Referencias

- Aficionados a la Mecánica. (2014). *Aficionados a la Mecánica*,. Obtenido de Aficionados a la Mecánica,: http://www.aficionadosalamecanica.net/encend_convencional.htm
- Agueda, E. (2009). *Técnicas básicas de mecánica y mantenimiento de vehículos* . Madrid .
- Alonso, J. M. (2009). Técnicas del automovil, motores . En J. M. Alonso, *Técnicas del automovil, motores* (pág. 724). Madrid: Paraninfo .
- Alonso, M. (1998). *Tecnicas del automóvil, equipo eléctrico*. Madrid: Paraninfo .
- autobild. (s.f.). *autobild*. Obtenido de autobild: <http://www.autobild.es/practicos/10-sintomas-bujias-detectar-averias-motor-217141>
- autodaewoospark. (2016). *autodaewoospark*. Obtenido de autodaewoospark: <http://autodaewoospark.com/sensor-MAP.php>
- Ayala, R. (30 de Julio de 2013). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/150909776/SISTEMA-DE-ENCENDIDO-COP-pptx>
- Belló, M. P. (2011). *Sistemas auxiliares del motor* . Madrid : Paraninfo .
- BERU. (2013). Información completa sobre las bobinas de encendido. *Información técnica BERU* , 23.
- Beto Booster. (2016). *www.encendido electrónico.com*.
- checkengine. (s.f.). *checkengine*. Obtenido de checkengine: http://checkengine.es/tl/%3Cspan-style%3D-g-color-d--rgb-k1-255,-255,-255-k2-%3B--g-%3E%26%239827%3B-DIAGNOSTICANDO-M%3D3DULOS-CHEVROLET%3C-s-span%3E%3Cspan-style%3D-g-background_color-d--rgb-k1-0,-0,-0-k2-%3B--g-%3E%3Cspan-style%3D-g-color-d--rgb-k1-0,-20
- Cisterna, M. (31 de Mayo de 2014). *SlideShare* . Obtenido de SlideShare : <http://es.slideshare.net/MatiasCisterna/sensores-35345127>
- Dorf, R. (México). *Introducción a los circuitos eléctricos* . México : Alfa Omega .
- e-auto. (2016). *e-auto, sistema de encendido*. Obtenido de e-auto, sistema de encendido: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=214
- EcuRed. (2016). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed: http://www.ecured.cu/Bobina_del_encendido
- Electrónica del auto. (28 de Mayo de 2012). *Electrónica del auto*,. Obtenido de Electrónica del auto,: http://electronicdelautocbtis160.blogspot.com/2012_05_01_archive.html
- Fierrosclásicos. (28 de Agosto de 2014). *Fierrosclásicos* . Obtenido de Fierrosclásicos : <http://www.fierrosclasicos.com/los-cables-de-las-bujias-problemas-tipos/>

- Flores, C. (2 de Septiembre de 2008). *Youtube*. Obtenido de Youtube :
<https://www.youtube.com/watch?v=7Y7jWHFUdbg>
- García, C. (Octubre de 2012). *Motores y Más* . Obtenido de Motores y Más :
<http://motoresymas.com/sitio/edicion-no-51/el-sistema-de-encendido-primera-parte/>
- INACAP. (2001). Inyección electrónica nivel 1 . *INACAP Capacitación* , 72.
- Ingeniería Autoavance. (20 de Abril de 2013). *Autoavance*. Obtenido de Autoavance:
<http://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/135-sensor-de-posicion-del-cigueenal-ckp/135-sensor-de-posicion-del-cigueenal-ckp>
- Jiménez, J. (2014). *PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL*. Latacunga .
- Juan Carlos Oliveros, N. R. (2012). Miller Manual de reparación de automóviles. En J. C. Oliveros, *Miller Manual de reparación de automóviles* (pág. 1055). Barcelona: Grafos S.A. Arte sobre papel.
- Luis Roberto. (2012 de Mayo de 2012). *Blogspot* . Obtenido de Blogspot :
http://luisrobertolopeznieto.blogspot.com/2012_05_01_archive.html
- Mecatrónica automotriz. (19 de Julio de 2011). *blogspot*. Obtenido de blogspot:
<http://mecatronicaautomotriz20092010.blogspot.com/2011/07/knock-sensor.html>
- Motors, D. (2016). *D.C.G. Motors*,. Obtenido de D.C.G. Motors, :
<http://www.dcgmotors.cl/repuestos/bateria-bosch-12v-55ah-pd-2/>
- ngk. (s.f.). *NGK*. Obtenido de NGK: <https://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/bujias-de-encendido/diagnostico/fotos-de-bujias-danadas/>
- Núñez, J. (2013). Sistema de encendido electrónico . *Tesis de grado* . Riobamba , Chimborazo, Ecuador.
- Ochoa, I. (10 de Noviembre de 2015). *Actualidad Motor*. Recuperado el 11 de Enero de 2017, de <https://www.actualidadmotor.com/cables-de-bujias/>
- Robert Bosch. (1999). Manual de la técnica del automovil tercera edición . En Robert Bosch, *Manual de la técnica del automovil tercera edición* (pág. 893). Barcelona : Reverté .
- Rodriguez, I. C. (2016). Tu taller mecánico,. *Tu taller mecánico*,, 48.
- Santander, J. R. (2010). Técnico en mecánica y electrónica automotriz segunda edición . En J. R. Santander, *Jesús Rueda Santander* (pág. 498). Colombia : Diseli .
- Scribd. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/128601330/sis-encendido-inyeccion-electronica-mecanica-automotriz-pdf>
- Taller de trial. (2016). *Taller de Trial*. Obtenido de Taller de Trial:
<http://www.todotrial.com/ttactual/taller/capitulo3.htm>
- tecnoficio. (2016). *tecnoficio, electricidad del automotor*. Obtenido de tecnoficio, electricidad del automotor:
http://www.tecnoficio.com/electricidad/electricidad_del_automotor8.php

Velandia, M. (18 de Febrero de 2009). *Desarrollo Automotriz* . Recuperado el 9 de Febrero de 2017, de Desarrollo Automotriz :
<http://desarrolloautomotriz.blogspot.com/2009/02/sistema-de-encendido-convencional-en-un.html>

webcindario. (s.f.). *webcindario* . Obtenido de
http://aro4x4.webcindario.com/sistemas_de_encendido.htm

Anexos

Anexo A: Especificaciones del sensor

Especificaciones

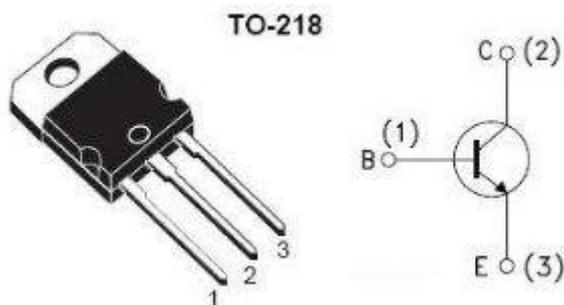
Chip : Sensor LM393,3144
 Voltaje de funcionamiento: (DC) 5V
 Características:

1. indicación de salida de señal
2. Un canal de salida de señal
3. Salida de señal efectiva es bajo nivel
4. Ajuste de sensibilidad
5. Cuando hay corte de campo magnético hay salida de señal
6. Se puede utilizar en tales ocasiones como la velocidad del motor / ubicación de detección



Anexo B: Datos técnicos del transistor de potencia

Los datos técnicos obtenidos del datasheet del producto se muestran a continuación:



Absolute maximum rating

Table 2. Absolute maximum rating

Symbol	Parameter	Value		Unit
		NPN	TIP3055	
		PNP	TIP2955	
V_{CBO}	Collector-emitter voltage ($I_E = 0$)	100	V	
V_{CER}	Collector-emitter voltage ($R_{BE} = 100 \Omega$)	70	V	
V_{CEO}	Collector-emitter voltage ($I_B = 0$)	60	V	
V_{EBO}	Collector-base voltage ($I_C = 0$)	7	V	
I_C	Collector current	15	A	
I_B	Base current	7	A	
P_{tot}	Total dissipation at $T_c \leq 25^\circ\text{C}$	90	W	
T_{stg}	Storage temperature	-65 to 150	$^\circ\text{C}$	
T_J	Max. operating junction temperature	150	$^\circ\text{C}$	

For PNP type voltage and current values are negative

Electrical characteristics

($T_{\text{case}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; unless otherwise specified)

Table 3. Electrical characteristics

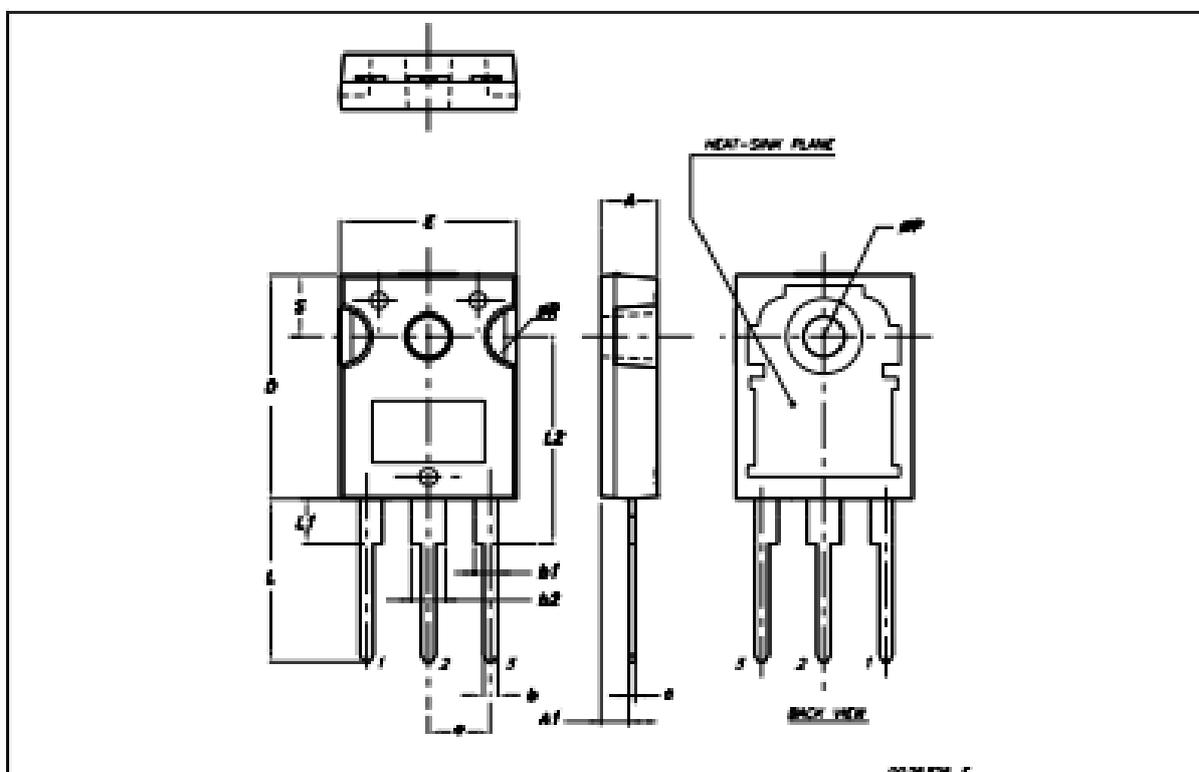
Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEX}	Collector cut-off current ($V_{\text{BE}} = -1.5\text{ V}$)	$V_{\text{CE}} = 100\text{ V}$			1	mA
		$V_{\text{CE}} = 100\text{ V}$ $T_{\text{C}} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$			5	mA
I_{CEO}	Collector cut-off current ($I_{\text{B}} = 0$)	$V_{\text{CE}} = 30\text{ V}$			0.7	mA
I_{EBO}	Emitter cut-off current ($I_{\text{C}} = 0$)	$V_{\text{EB}} = 7\text{ V}$			5	mA
$V_{\text{CEO(sus)}}^{(1)}$	Collector-emitter sustaining voltage ($I_{\text{B}} = 0$)	$I_{\text{C}} = 200\text{ mA}$	60			V
$V_{\text{CER(sus)}}^{(1)}$	Collector-emitter sustaining voltage ($R_{\text{BE}} = 100\ \Omega$)	$I_{\text{C}} = 200\text{ mA}$	70			V
$V_{\text{CE(sat)}}^{(1)}$	Collector-emitter saturation voltage	$I_{\text{C}} = 4\text{ A}$ $I_{\text{B}} = 400\text{ mA}$			1	V
		$I_{\text{C}} = 10\text{ A}$ $I_{\text{B}} = 3.3\text{ A}$			3	V
$V_{\text{BE}}^{(1)}$	Base-emitter voltage	$I_{\text{C}} = 4\text{ A}$ $V_{\text{CE}} = 4\text{ V}$			1.8	V
$h_{\text{FE}}^{(1)}$	DC current gain	$I_{\text{C}} = 4\text{ A}$ $V_{\text{CE}} = 4\text{ V}$	20		70	
		$I_{\text{C}} = 10\text{ A}$ $V_{\text{CE}} = 4\text{ V}$	5			

1. Pulse duration = 300 μs , duty cycle $\leq 1.5\%$

Note: For PNP type voltage and current values are negative

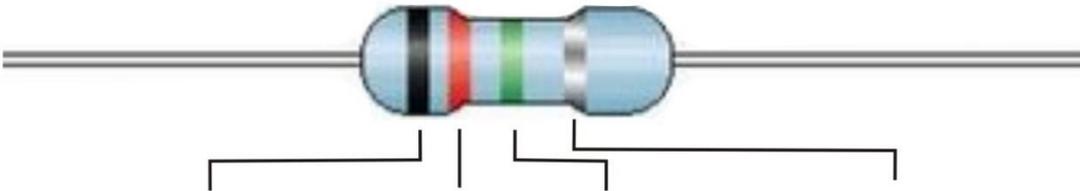
TO-247 Mechanical data

Dim.	mm.		
	Min.	Typ	Max.
A	4.85		5.15
A1	2.20		2.60
b	1.0		1.40
b1	2.0		2.40
b2	3.0		3.40
c	0.40		0.80
D	19.85		20.15
E	15.45		15.75
e		5.45	
L	14.20		14.80
L1	3.70		4.30
L2		18.50	
øP	3.55		3.65
øR	4.50		5.50
S		5.50	



Anexo C: Especificaciones de la resistencia

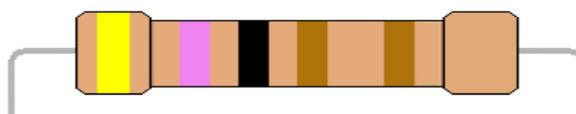
Estas resistencias se rigen y se comercializan de acuerdo al código de colores vigente el cual se muestra a continuación.



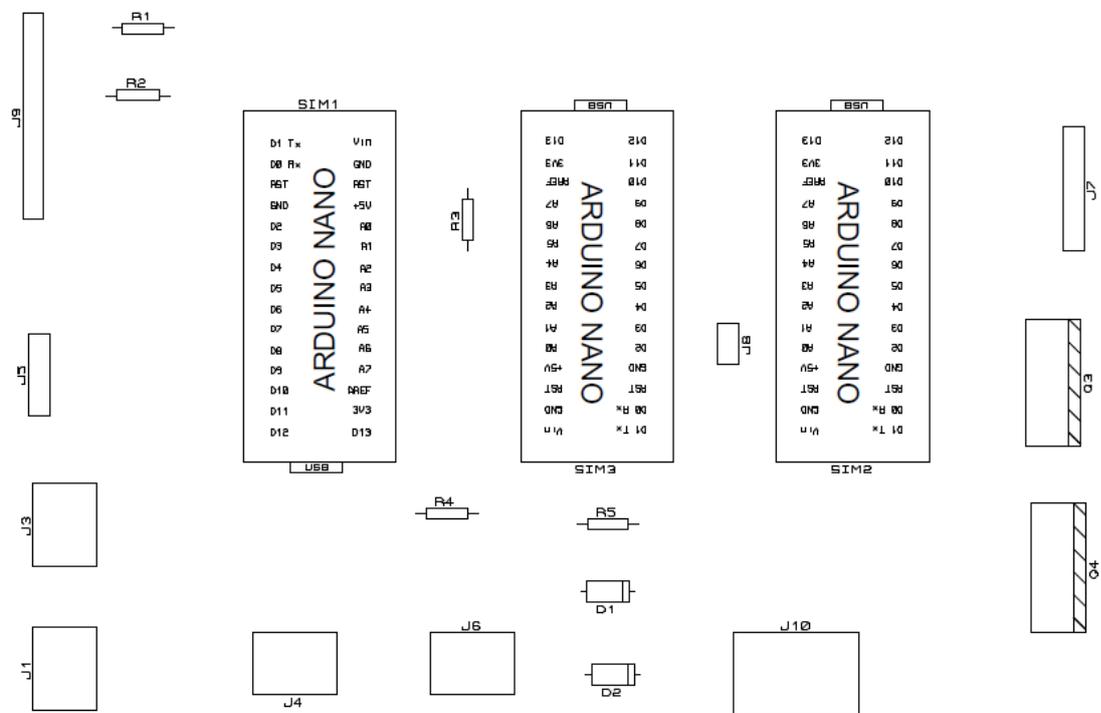
Color	1ra. Banda	2da. Banda	3ra. Banda Multiplicador	Tolerancia %
Negro	0	0	x1	
Cafe	1	1	x10	
Rojo	2	2	x100	2%
Naranja	3	3	x1000	
Amarillo	4	4	x10000	
Verde	5	5	x100000	
Azul	6	6	x1000000	
Violeta	7	7	x10000000	
Gris	8	8	x100000000	
Blanco	9	9	x1000000000	
				Dorado 5%
				Plata 10%

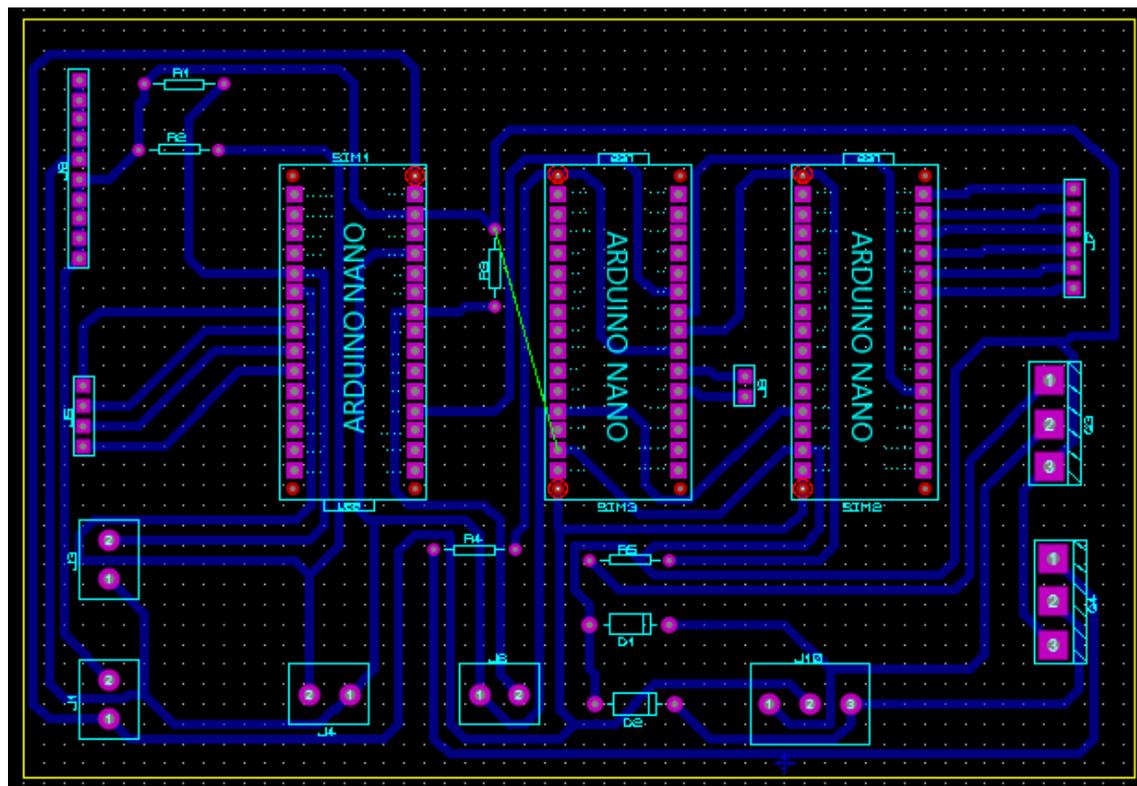
Circuitos Básicos

De acuerdo al código de colores la resistencia que se utilizó se visualiza de la siguiente manera.

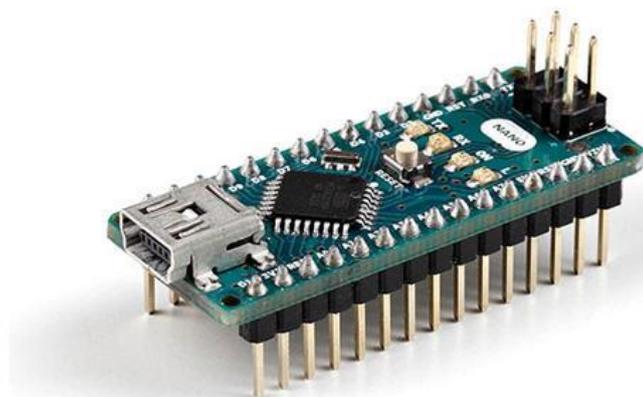


Anexo D: Diseño de placa PCB





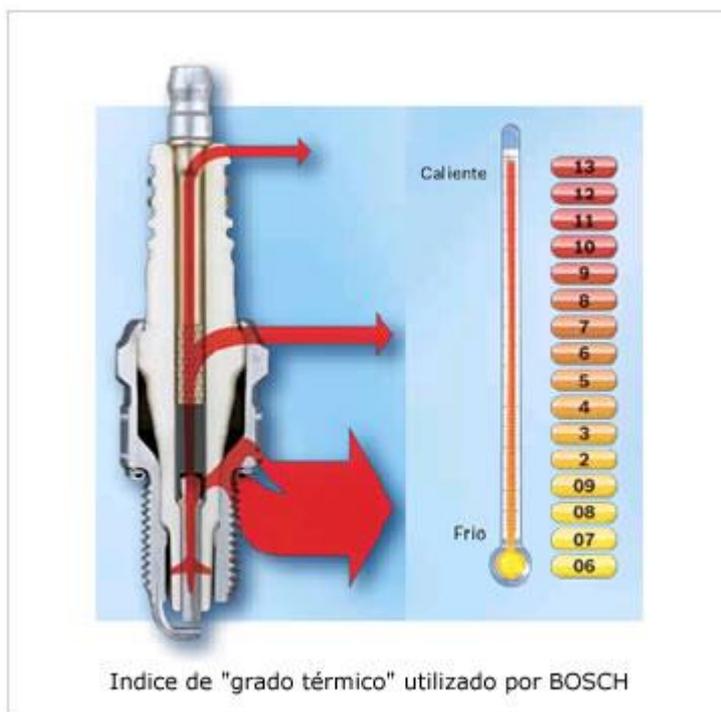
Anexo E: Arduino nano



Anexo F: Bobina de encendido DIS marca Herlux



Anexo G:



Anexo H: Código de identificación de bujas Bosch

Tipo de asiento y rosca	Ejecución	Indicador de rango térmico	Largo de rosca Posición de la chispa	Tipo de electrodo	Material de electrodo	Versión
W	R	7	D	T	C	X
D M18x1,5	B Bujas blindada para cable ϕ 7mm C Bujas blindada para cable ϕ 5mm E Chispa deslizando sin electrodo de masa G Chispa deslizando con electrodo de masa H Semirosca L Chispa deslizando al aire M Motores deportivos R Resistor S Bujas para pequeños motores	13	A		C Cobre	R Resistor 1k Ω (Contra electrodo erosión)
F M14x1,25		12	B		E Niquel-Itrio	S
H M14x1,25		11	C		T Platino	T
M M18x1,5		10	D		Q	U
U M10x1		9	E			V
V M12x1,25		8	F			W
W M14x1,25		7	G			X
X M12x1,25		6	H			Y
Y M12x1,25		5	K			Z
Z M12x1,25		4	L			0 Desviaciones versiones bujitas
		3	M			1 Versiones de F10 con electrodo de masa de Ni
		2	N			2 Electrodo de masa de dos materiales
		09	S			4 Pie del aislador extendido
	08	T			9 versiones PSA	
	07					
	06					

* Bihexagonal

Anexo I: Nomenclatura de un bujía**Anexo J: Transistor NPN**