Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

MÉTODOS PARA PRODUCIR EL ARRANQUE (CHISPA) EN EL MOTOR A GASOLINA DEL AUTOMÓVIL

MARIO ABEL ROSALES MONTERROSO
Asesorado por Ing. Byron Giovanny Palacios Colindres

Guatemala, Enero de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉTODOS PARA PRODUCIR EL ARRANQUE (CHISPA) EN EL MOTOR A GASOLINA DEL AUTOMÓVIL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

POR

MARIO ABEL ROSALES MONTERROSO

ASESORADO POR

ING. BYRON GIOVANNY PALACIOS COLINDRES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ENERO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	---
VOCAL II	Lic. Amahán Sanchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Figueroa
EXAMINADOR	Ing. Victor Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Osmar Rodas
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MÉTODOS PARA PRODUCIR EL ARRANQUE (CHISPA) EN EL MOTOR A GASOLINA DEL AUTOMÓVIL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 12 de Agosto de 2005

Mario Abel Rosales Monterroso

AGRADECIMIENTOS

A Dios, que me iluminó y ayudó
a alcanzar mi carrera profesional.

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo
incondicional en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTACIONES…… v
GLOSARIO……... vii
OBJETIVOS…….. xi
INTRODUCCIÓN……xiii

1. GENERALIDADES DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA……1
1.1 Funcionamiento general del motor de 4 tiempos a gasolina…… 1

2. ENCENDIDO ELECTRÓNICO POR EFECTO INDUCTIVO…….. 13
2.1 Introducción……. 13
2.2 Componentes o elementos del sistema de encendido…….. 14
2.2.1 Acumulador, batería,…….. 15
2.2.2 Interruptor de encendido……... 15
2.2.3 Bobina de encendido……. 15
2.2.4 Bobinas secas y compactas……. 17
2.2.5 Bujías…….. 20
2.2.6 Dispositivo de cierre y apertura……... 21
2.2.7 El condensador…….. 23
2.3 Encendido por Platinos……. 23
2.4 Efecto Inductivo……. 24
2.5 Funcionamiento del Sistema Inductivo…….. 27
2.6 Pruebas a Bobina de Encendido……. 31
2.7 Pruebas a Módulo de Encendido……... 32
2.8 Pruebas Bobinas Captoras……. 32
2.9 Pruebas Generales al Sistema de Encendido……. 34

3. ENCENDIDO POR EFECTO ÓPTICO…… 36

3.1 Principio del Efecto Óptico…… 36

3.2 Elementos del Efecto Óptico…… 39

3.3 Funcionamiento del Efecto Óptico…….. 41

3.4 Pruebas a Dispositivo Óptico…… 42

3.5 Pruebas a Transistor de Potencia…… 44

3.6 Pruebas Generales al Sistema de Encendido…….. 45

4. ENCENDIDO POR EFECTO HALL…… 46

4.1 Principio del Efecto Hall...…… 46

4.2 Elementos del Efecto Hall…… 49

4.3 Funcionamiento del Efecto Hall…….. 51

4.4 Pruebas a Módulo de Encendido…… 52

4.5 Pruebas a Dispositivo Hall…….. 53

4.6 Pruebas Generales del Efecto Hall……... 55

5. ENCENDIDO DIS Y EDIS……..…….. 58

5.1 Definiciones…… 58

5.2 Principio de Funcionamiento…….. 59

5.3 Elementos de los Sistemas…… 60

5.4 Prueba de Bobina de Encendido…… 64

5.5 Prueba de Señales para Módulo de Control de Motor…… 65

5.6 Mediciones a Sensor de Posición de Cigüeñal…… 66

5.7 Mediciones a Sensor de Posición de Eje de Levas…… 67

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICE A

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1	Acondicionamiento de diversos cilindros	3
2	Carrera de admisión	6
3	Carrera de compresión	7
4	Carrera de expansión	8
5	Carrera de escape	9
6	Gráfico de ciclo Otto	12
7	Triangulo de fuego	13
8	Bobina de encendido	16
9	Circuitos de bobina de encendido	17
10	Bobinas secas	18
11	Sistema de encendido	19
12	Estructura de la bujía	21
13	Circuito eléctrico sistema de encendido	22
14	Imán acercándose a espira	25
15	Espira Girando sobre su eje	26
16	Experimento generación de corriente	26
17	Esquema sensor inductivo	27
18	Generador inductivo	28
19	Secuencia de conversión de señal	29
20	Esquema eléctrico de un sistema inductivo	30
21	Forma de onda	33
22	Estructura básica de un encendido electrónico	35
23	Unión pn	38

24	Diodo emisor de luz	39
25	Esquema sensor óptico	41
26	Esquema eléctrico efecto óptico	43
27	Forma de onda cuadrada	45
28	Voltaje de disparo de la bobina	46
29	Curva de histéresis	48
30	Efecto Hall	50
31	Elementos efecto Hall	51
32	Estructura del sensor Hall	53
33	Esquema eléctrico efecto Hall	54
34	Alimentación efecto Hall	55
35	Partes de la bujía	57
36	Elementos del sistema DIS	61
37	Bobina de encendido por chispa perdida	62
38	Bobina individual	63
39	Bobina individual con transistor o modulo incorporado	64
40	Esquema de comprobación de bobina	65
41	Circuito eléctrico de bobina y transistor incorporado	66

GLOSARIO

Amperaje	Flujo de electrones que fluyen a través de un conductor, intensidad de la corriente eléctrica.
Amperio	Unidad de medida de la corriente eléctrica.
Arco	Chispa que salta en el espacio de aire entre dos conductores eléctricos.
Amplitud	Magnitud de una señal, aplicada a señales de forma senoidal.
Bobina Alta Tensión	Transformador que se utiliza para elevar la tensión del primario hasta la alta tensión necesaria para producir la chispa entre los electrodos de la bujía.
Bobina Captora	Es la bobina en que es inducida la tensión generada por la variación de un campo magnético.
Bujía	Medio que se utiliza en los sistemas de encendida para hacer saltar la corriente de un electrodo a otro originando una chispa.
Capacitor	Dispositivo eléctrico que es capaz de almacenar energía eléctrica.

Detonación	Explosión no deseada, es el resultado de una explosión errática no controlada después o antes que salte la chispa de la bujía.
Diodo	Dispositivo electrónico que permite el paso de corriente en un solo sentido.
Encendido	Acción de la chispa para iniciar la combustión de la mezcla aire combustible.
Frecuencia	Número de veces que una señal o evento se repite en un segundo, la unidad de medida es Hertz.
Inducción	Acción de producir una tensión en un conductor o bobina por el movimiento del conductor o de la bobina a través de un campo magnético.
Interruptor	Dispositivo que abre o cierra un circuito eléctrico cuando es activado.
Led	Siglas en inglés que significan diodo emisor de luz.
Magnético	Que posee la propiedad de atraer materiales ferrosos, condición que puede ser permanente o depender de un flujo de corriente.
Motor Térmico	Maquina que convierte energía térmica en energía mecánica.

Ohmio	Unidad de medida de la resistencia eléctrica.
Reluctor	Rotor metálico que sustituye a la leva convencional de encendido por platino.
Resistencia eléctrica	Oposición al flujo de corriente eléctrica a través de un conductor.
Ruptor	Dispositivo formado por dos contactos que por la acción de una leva abre y cierra el circuito primario de la bobina.
Sensor	Dispositivo encargado de convertir un efecto físico como un sonido, presión o intensidad en una señal eléctrica.
Tacómetro	Es un dispositivo que mide la velocidad del motor en revoluciones por minuto.

OBJETIVOS

General

Establecer una guía practica de los diferentes sistemas de encendido, chispa, que se encuentran en el mercado automotriz, para ser utilizada como una herramienta de apoyo para ingenieros, estudiante de ingeniería, técnicos automotrices y personas que se interesen en el tema.

Específicos

1. Conocer los cambios y mejoras en el sistema de encendido de los automóviles desde sus inicios hasta la última tecnología aplicada.
2. Dar a conocer los diferentes sistemas de encendido automotriz utilizados por los fabricantes de automóviles.
3. Establecer fundamentos teóricos y de aplicación respecto de los diferentes sistemas de encendido.
4. Ilustrar de una forma esquematizada el funcionamiento de los sistemas de encendido electrónico del automóvil.
5. Influencia del encendido electrónico en la reducción de las emisiones no deseadas de los motores de combustión interna a gasolina.
6. Elaborar un panel didáctico en el cual se pueda comprobar el funcionamiento del sistema de encendido inductivo.

INTRODUCCIÓN

El Motor a gasolina de los automóviles ha sido afectado por modificaciones en su funcionamiento con el fin de lograr mejores combustiones, esto con la finalidad de reducir las emisiones contaminantes a nuestro medio ambiente. Para lograr reducir las emisiones no deseadas, se han hecho arreglos en el sistema de admisión de aire, el sistema de entrega de combustible y en el sistema de arranque o chispa. Para efectos específicos de este trabajo se estudiará únicamente las modificaciones o cambios en el sistema de arranque o chispa que inician desde los sistemas de distribuidor con platinos hasta llegar a eliminar todas las piezas móviles del sistema de chispa.

En el primer capitulo se tratan aspectos muy generales respecto del motor de combustión interna y, como es de especial interés, las diferentes partes del motor de 4 tiempos a gasolina o ciclo Otto y su funcionamiento, esto orientará a entender la necesidad de crear una chispa para encender la mezcla aire combustible y que dependiendo de la calidad de esta chispa así será el aprovechamiento del combustible y por lo tanto el rendimiento del motor.

Para continuar con el desarrollo de este trabajo, se tratará el tema de los primeros sistemas de encendido donde el elemento principal era el ruptor o platino, conociendo el origen y la necesidad de un sistema de encendido, se conocerá el principio de funcionamiento de los sistemas de encendido por efecto inductivo, los cuales constituyen un gran avance en la obtención de chispa de mejor calidad y, principalmente, en la reducción de las emisiones no deseadas producto de la combustión.

En los capítulos siguientes, se tratarán los diferentes sistemas de encendido utilizados en el industria automotriz, se conocerá sus principio de funcionamiento, los elementos utilizados y la interrelación de cada uno de los elementos entre sí, además, se hará una guía de procedimientos de prueba para el diagnóstico de cada uno de los elementos involucrados en los diferentes sistemas de encendido.

Al finalizar el trabajo de investigación respecto a la forma de producir la chispa en los motores de combustión interna a gasolina se ha agregado un apéndice, en el cual se describe el funcionamiento de un panel de uso didáctico el que será donado para uso en el laboratorio de motores de combustión interna para comprender de forma práctica el funcionamiento del sistema de encendido por efecto inductivo.

1. GENERALIDADES DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

1.1 Funcionamiento general del motor de 4 tiempos a gasolina

El motor de combustión interna es un mecanismo diseñado para transformar energía térmica en movimiento rotativo, la energía térmica se producirá al encender una mezcla comprimida de aire-combustible dentro de una cámara acondicionada especialmente para dicho proceso. El movimiento rotativo se obtiene mediante un cigüeñal y una biela.

Los motores de combustión interna se clasifican por su forma de encender la mezcla aire- combustible en dos categorías:

Encendido por Chispa
Encendido por Compresión

También pueden clasificarse por las carreras del embolo o pistón necesario para completar el ciclo:

Dos Carreras (dos tiempos)
Cuatro carreras (cuatro tiempos)

En la clasificación de los motores encendidos por chispa se pueden encontrar motores de dos carreras y de cuatro carreras ya que las carreras necesarias para completar los procesos de admisión, compresión, fuerza y escape dependerá exclusivamente del diseñador del motor, sucede exactamente los mismo con los motores de encendido por compresión, es decir,

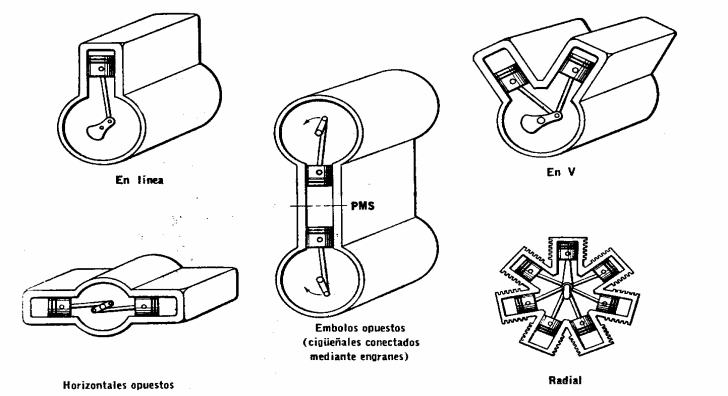
también se en encuentran estos motores con ciclo de dos carreras y ciclo de 4 carreras.

En vista de que la velocidad y consecuentemente la potencia de un motor está limitada por las fuerzas de inercia originadas al acelerar y desacelerar algunas de sus partes, es conveniente dividir el motor en un cierto número de cilindros individuales. Mediante este recurso, se reducen las fuerzas de inercia por cilindro; incluso, las fuerzas en uno de ellos pueden contrarrestarse o "balancearse", con un acomodo conveniente de los otros y también el uso de poleas y volantes en el eje cigüeñal.

En la figura 1 se muestran diferentes arreglos. El motor en línea es el diseño usual para aplicaciones tanto estacionarias como de transportación, porque ofrece la solución más simple de construcción y mantenimiento. Un motor con menor longitud que el del tipo en línea y de la misma potencia, es el motor en V, que consiste en dos bancadas de cilindros en línea, colocadas una con respecto a la otra un cierto ángulo (generalmente 90˚) para formar la letra V. En este caso se sujetan dos bielas a un muñón del cigüeñal.

Cuando se presenta el problema de falta de espacio, como es el caso de los motores colocados en la parte posterior de los vehículos, puede ser preferible un motor plano con cilindros horizontales. En el motor horizontal opuesto de la Figura 1, los émbolos están desalineados y se requiere un muñón por separado para cada cilindro.

Figura 1. **Acondicionamiento de diversos cilindros**



Fuente: “MANUAL de reparación del automóvil”. U.S.A.: Chilton Book Company. 1986

Bloque de cilindros, es aquí el lugar en donde se encuentran colocados los cilindros, son construidos de hierro fundido, aluminio y en algunos casos de placas de acero soldadas, posee conductos de lubricación y también de paso de agua en el caso de ser enfriado por agua, también es la base en la que se asienta el cigüeñal y la culata o cabeza de cilindros.

Eje cigüeñal, se encuentra instalado en la parte baja del bloque de cilindros y montado sobre cojinetes simples (tejas centrales) recibe lubricación desde la bomba de aceite pasando por el bloque de cilindros, esta construido regularmente de acero forjado o hierro fundido dependiendo de los costos del fabricante. Su función es convertir el movimiento lineal de la biela y pistón en movimiento rotativo.

Pistón y biela, los pistones están construidos de aluminio o acero fundido, su función es transmitir a la biela la fuerza producida por la combustión de la mezcla aire-combustible, para evitar que los gases resultantes de la combustión se pasen al carter se le instalan tres anillos o sellos siendo de estos dos de compresión y uno de aceite que recoge el aceite del cilindro enviándolo

de nuevo al carter o aceitera, la biela es la encargada de conectar el pistón con el cigüeñal.

Eje de Levas, como su nombre lo indica en el se encuentran las levas que hacen que se activen las válvulas de admisión y de escape, esta conectado al cigüeñal por medio de engranajes, cadenas o fajas dentadas y con una relación de 2:1 con el cigüeñal, es decir, por dos giros del cigüeñal este dará únicamente un giro.

Válvulas, son las encargadas de permitir el paso o salida de gases, es decir, la válvula de admisión permitirá el ingreso a la cámara de combustión de la mezcla aire-combustible y la válvula de escape permitirá la salida de los gases ya quemados.

Cabeza de cilindros, se encuentra justo encima del bloque de cilindros y es aquí donde de forma la cámara de combustión, su construcción puede ser de aluminio o hierro fundido, en algunos casos sirve también de base para la instalación del eje de levas, regularmente en su estructura interna posee conductos para paso de aceite lubricante como también de liquido refrigerante, en su interior se encuentran alojadas las válvulas de admisión y de escape.

Aceitera, también llamada karter, sirve de deposito de aceite, es decir en su interior se encontrara el aceite que la bomba enviara para realizar la lubricación y después de terminar esta operación regresara nuevamente el aceite al karter.

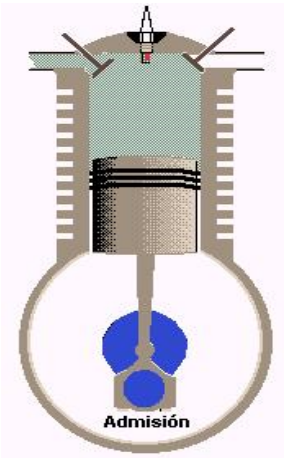
Las partes antes descritas son de las principales de un motor de combustión interna, sin embargo no esta demás aclarar que los motores utilizan mucho mas piezas de estas dependiendo de las necesidades del fabricante

Los motores de 4 tiempos a gasolina también son conocidos como motores de ciclo OTTO, esto se debe a que en 1876 OTTO, un ingeniero alemán, construyó un motor basado en el principio de funcionamiento de Beau de Rochas; en su mayoría son construidos mediante el principio de embolo reciprocante, es decir, un embolo que se desliza en un cilindro hacia delante y hacia atrás transmitiendo un fuerza motriz al mecanismo biela manivela.

Beau de Rochas en 1862 propuso la secuencia de funcionamiento para un motor de embolo reciprocante, secuencia hoy en día se sigue utilizando, esta serie de etapas o carreras del embolo son las siguientes:

Carrera de Admisión (figura 2): se produce cuando el embolo o pistón desciende, la válvula de admisión se encuentra abierta y la válvula de escape cerrada, de esta manera es introducida una mezcla de aire-combustible, una de las mejoras que se han realizado es abrir la válvula de admisión antes que el pistón llegue al PUNTO MUERTO SUPERIOR (PMS) y así facilitar el ingreso de la mezcla al cilindro. Durante el descenso del pistón desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior la mezcla en el sistema de admisión adquiere energía cinética, es decir, se crea una turbulencia, por lo tanto es necesario atrasar el cierre de la válvula de admisión para permitir que se siga llenando el cilindro después de que el pistón llego a PMI.

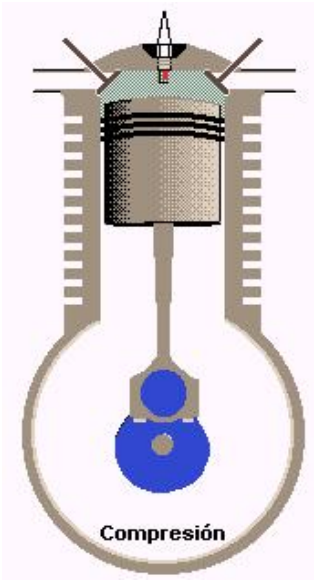
Figura 2. **Carrera de admisión**



Fuente: “MANUAL de reparación del automóvil”. U.S.A.: Chilton Book Company. 1986

Carrera de Compresión (figura 3): se realiza cuando el pistón empieza a ascender encontrándose cerradas las válvulas de admisión y de escape, este proceso se realiza de forma isentrópica. Justo antes de que el pistón llegue a PMS se produce la chispa de encendido lo cual provocará que se inflame la mezcla. Al iniciar la combustión antes de llegar al PMS se logra que el momento en que el pistón pasa por el punto muerto superior la combustión se está desarrollando a máxima velocidad, el proceso de la quema de la mezcla de aire-combustible se desarrolla a volumen constante y produce un calentamiento.

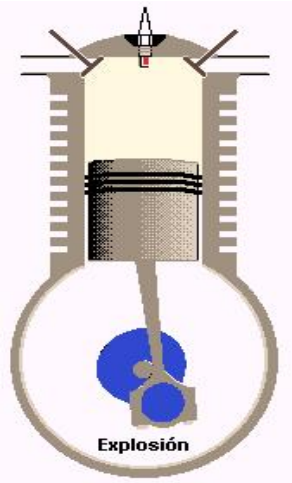
Figura 3. **Carrera de compresión**



Fuente: “MANUAL de reparación del automóvil”. U.S.A.: Chilton Book Company. 1986

Carrera de expansión (figura 4): al momento de generarse la combustión de la mezcla aire combustible se libera energía ocasionando una elevación de la temperatura y la presión, este proceso es realizado isentrópicamente, esto obliga al pistón a descender transmitiendo la fuerza al cigüeñal por medio de la biela.

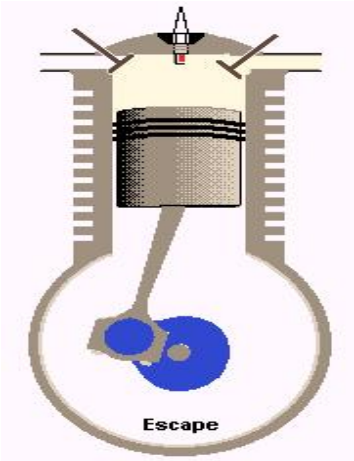
Figura 4. **Carrera Expansión**



Fuente: “MANUAL de reparación del automóvil”. U.S.A.: Chilton Book Company. 1986

Carrera de escape (figura 5): Al llegar el pistón a punto muerto inferior luego de terminar la carrera de expansión se abre la válvula de escape, permitiendo así la salida de los gases ya quemados hacia el medio ambiente, una de las mejoras al sistema de escape ha sido adelantar el momento de apertura de la válvula de escape, es decir, iniciar la abertura antes que el pistón llegue a punto muerto inferior y así lograr que la presión de los gases dentro del cilindro se encuentre en valores muy bajos cuando el pistón pase por el punto muerto inferior.

Figura 5. **Carrera de escape**



Fuente: “MANUAL de reparación del automóvil”. U.S.A.: Chilton Book Company. 1986

Las carreras del pistón antes mencionadas son las que completan un ciclo de 4 tiempos y se realizaran con un giro del cigüeñal de 720˚, esto quiere decir que para que cada carrera se complete se necesita medio giro del cigüeñal o sea 180˚.

Todos los motores de 4 tiempos completan estas carreras sin importar la disposición de los cilindros.

Anteriormente describimos algunas características de los motores de 4 tiempos o de ciclo Otto, sin embargo, estas se limitan a condiciones teóricas de funcionamiento, esto quiere decir que en la realidad se ven afectadas debido a las condiciones reales de funcionamiento.

En la carrera de Admisión se dice que el cilindro se llenara con una presión igual a la del medio ambiente, pero en realidad no es así, esto de debe

a que en la trayectoria de la admisión se registran perdidas de carga ocasionadas por los diferentes elementos que se encuentran en la trayectoria del aire de entrada, por ejemplo: filtro de aire, en el proceso de filtrado del aire se provoca una restricción a la entrada de aire, ductos o mangueras también provocaran perdidas debido al rozamiento del aire en las paredes lo mismo que sucederá en el múltiple de admisión, la válvula de admisión es otro elemento que provoca perdidas ya que al momento de abrirse siempre una parte del aire de admisión entrara en contacto con ella.

Al final de la carrera de admisión el llenado del cilindro será a una presión menor a la del ambiente, esto provocara una ausencia de aire en la cámara lo que se reflejara en perdida de potencia.

Durante la carrera de compresión la presión inicial será menor a la del ambiente debido a las perdidas antes explicadas, razón por la que también la presión al final de la carrera de compresión será menor que la presión teórica.

En el momento de la combustión también se registran perdidas estas se deben a que en la teoría el tiempo de la combustión seria 0, sin embargo en la realidad no sucede esto ya que la combustión se inicia en la bujía y posterior a esto se propaga en toda la cámara de combustión, al producirse la combustión el pistón inmediatamente inicia el descenso y el volumen en el cilindro aumenta, esto provoca que la presión sea menor a la esperada.

La carrera de potencia también se ve afectada por las perdidas ya que el terminar la carrera de compresión con mayor volumen y menor presión esto provocara una reducción del área de trabajo.

En la carrera de escape se abrirá la válvula de escape, en ese momento de abertura de la válvula de escape la presión en el cilindro tendría que caer a la presión ambiente, sin embargo esto no sucede, ya que en el trayecto del los gases de escape existen restricciones como el múltiple de escape, catalizador, ducto de escape y silenciador.

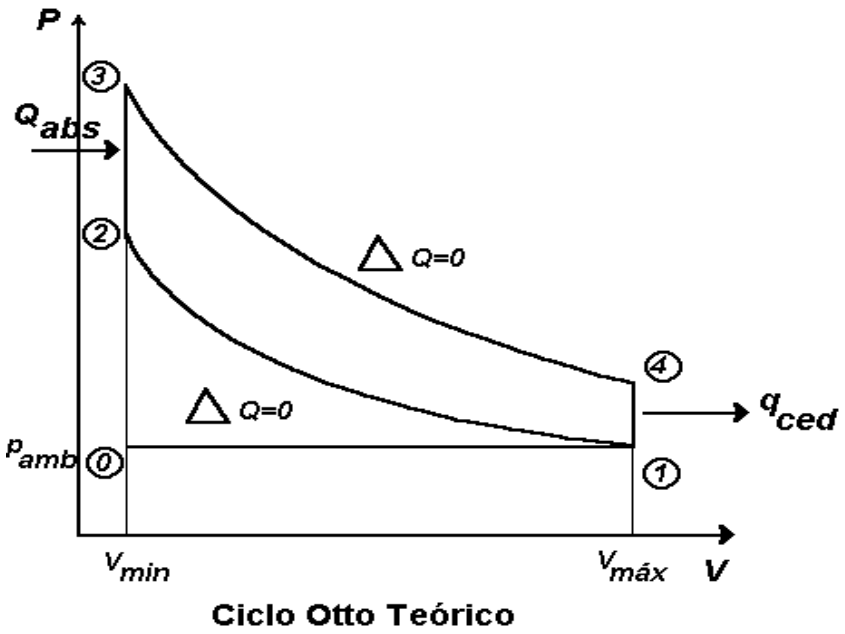
Si se considera la grafica del ciclo Otto con los puntos 1-2-3-4 notamos que se crea una de trabajo positivo, sin embargo existe otra grafica de trabajo que surge en el desarrollo de los puntos 0-1 y1-0 considerándose estos como trabajo negativos.

El trabajo 0-1 corresponde al trabajo realizado en la carrera de admisión o trabajo de admisión y el trabajo 1-0 corresponden al trabajo realizado para vaciar el cilindro o expulsar los gases ya quemados, a esta área de trabajo se le llama Potencia de bombeo, siendo esta simplemente el trabajo de bombeo por unidad de tiempo.

La potencia de bombeo se utiliza para controlar el trabajo producido por el ciclo Otto, esto se logra mediante la estrangulación del paso de aire en el sistema de admisión lo cual dará como resultado el incremento en el área de trabajo de bombeo provocando que el motor tenga potencia únicamente para funcionar en marcha mínima con muy poca potencia.

Las condiciones antes descritas nos provocaran perdidas de consideración en el desarrollo de la potencia del motor lo que nos indica que existen grandes diferencias entre un ciclo Otto teórico y un ciclo Otto real.

Figura 6. **Grafico de ciclo Otto**



Fuente: LAYNE Ken. "**Manual de electrónica automotriz".** Tomo 2. México: Prentice-Hall, Hispanoamérica, S.A. 1991

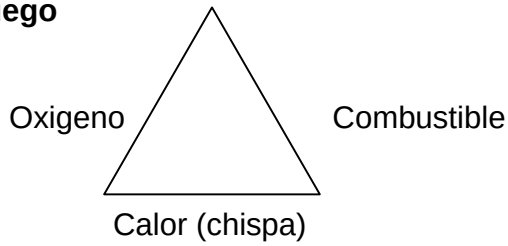
2. ENCENDIDO ELECTRÓNICO POR EFECTO INDUCTIVO

2.1 Introducción

Para producir combustión dentro de la cámara se necesita de tres elementos indispensables, que son: Oxigeno, lo encontramos en el aire natural e ingresa a la cámara de combustión en la carrera de admisión, el aire de nuestro ambiente esta compuesto en un 78% de nitrógeno, 21% de oxigeno y el 1% restante de diversos gases tales como argón, dióxido de carbono, ozono, metano, monóxido de carbono, helio, neón, criptón y xenón.

Combustible, la gasolina es el medio combustible y también ingresa a la cámara de combustión en la carrera de admisión, la gasolina pertenece a los hidrocarburos y se obtiene del petróleo mediante procesos de destilación, se clasifica como un combustible liviano. Chispa (o calor), esta se produce antes de que el pistón llegue a PMS (punto muerto superior), y la provee dentro de la cámara de combustión la bujía.

Figura 7. **Triangulo del fuego**



Fuente: LAYNE Ken. "**Manual de electrónica automotriz".** Tomo 2. México: Prentice-Hall, Hispanoamérica, S.A. 1991

En este capitulo estudiaremos la forma de producir la Chispa dentro de la cámara de combustión.

Los sistemas de encendido han experimentado cambios muy importantes, y esto se debe a los constantes avances tecnológicos, especialmente los electrónicos.

El sistema de encendido es el encargado de producir un arco eléctrico que sea capaz de llegar desde el electrodo de la bujía hasta la masa más cercana, esto con el objeto de encender la mezcla aire-combustible que se encuentra dentro de la cámara de combustión. Todos los sistemas de encendido funcionan con el mismo principio básico de cambiar la corriente de bajo voltaje del sistema primario a la corriente de alto voltaje en el circuito secundario de la bobina.

La diferencia entre un sistema de encendido antiguo y uno moderno consiste en la forma de conmutar (abrir o cerrar) el circuito primario de la bobina de arranque, las mezclas pobres de aire-combustible necesitan un voltaje mas alto para disparar la bujía que las mezclas ricas, por lo tanto, los sistemas de encendido de alto voltaje se utilizaron en los motores de emisión controlada que utilizan mezclas pobres. Los sistemas platinados no transportaban la suficiente corriente primaria como para desarrollar el alto voltaje secundario que requerían estos motores. Debido a esto fue necesario cambiar los sistemas platinados por dispositivos electrónicos que fueran capaces de transmitir mayores corrientes, adicional como resultado del alto voltaje secundario fue necesario incrementar la capacidad de aislamiento en los conductores del área de alto voltaje del sistema de encendido.

2.2 Componentes del sistema de encendido

Entre los componentes del sistema de encendido encontramos:

2.2.1 Acumulador (batería)

Su función es proveer de voltaje y amperaje al sistema de encendido, antes durante y después del arranque.

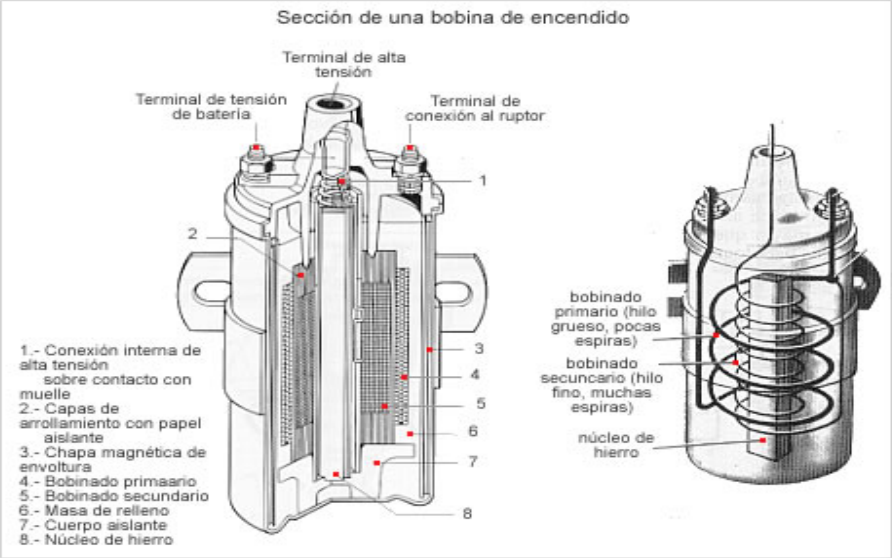
2.2.2 Interruptor de encendido

Es el encargado de abrir o cerrar el circuito de ignición para iniciar la marcha del vehículo, es decir, al hacer la acción de conmutarlo se energiza todo el sistema eléctrico del automóvil.

2.2.3 Bobina de encendido

Convierte el voltaje bajo del primario en un voltaje alto en el secundario. Están constituidas por dos embobinados de alambre de cobre. El embobinado primario consta de 100 a 220 vueltas produciendo una resistencia de aproximadamente 2 a 3.5 Ohm, debido a la baja resistencia permite que circule una corriente alta a través de él. El embobinado secundario se encuentra en la parte externa del embobinado primario y posee alrededor de 18000 a 22000 vueltas de alambre de cobre, esto produce una resistencia aproximada de 10000 a 15000 Ohm. Los alambres de ambos embobinados están revestidos de barniz aislante y las capas del embobinado se separan con papel aceitado. En el centro de las bobinas se instala un núcleo de hierro que concentra el campo magnético y su intensidad.

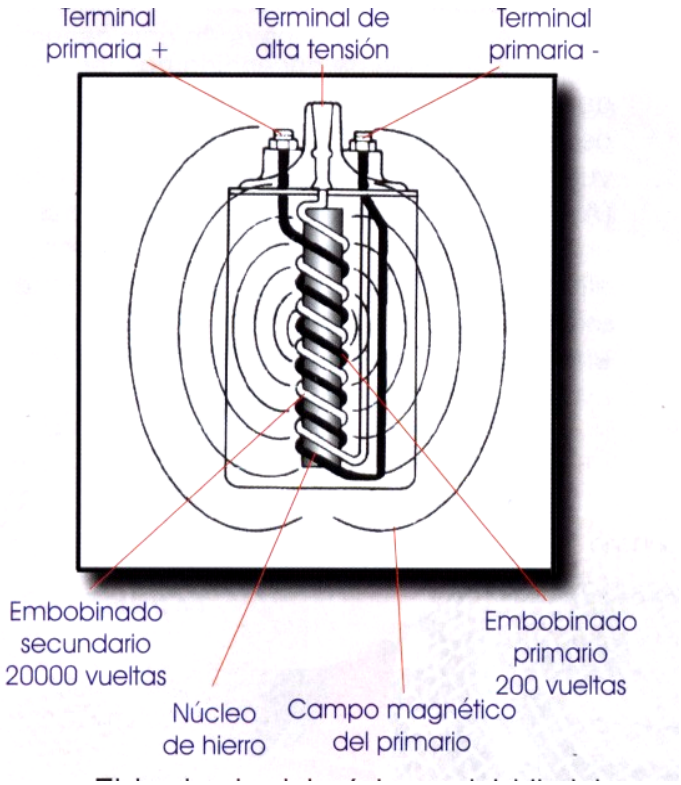
Figura 8. **Bobina de encendido**



Fuente: LAYNE Ken. "**Manual de electrónica automotriz".** Tomo 2. México: Prentice-Hall, Hispanoamérica, S.A. 1991

La terminal de entrada positiva de la bobina se conecta al extremo del devanado primario, el otro extremo se conecta a la terminal negativa de la bobina del primario, internamente en la bobina queda conectado un extremo del devanado secundario al positivo de la bobina y el otro extremo se conecta a la terminal de alto voltaje o torre de salida de la bobina donde se produce alto voltaje.

Figura 9. **Circuitos de bobina de encendido**



Fuente: LAYNE Ken. "**Manual de electrónica automotriz".** Tomo 2. México: Prentice-Hall, Hispanoamérica, S.A. 1991

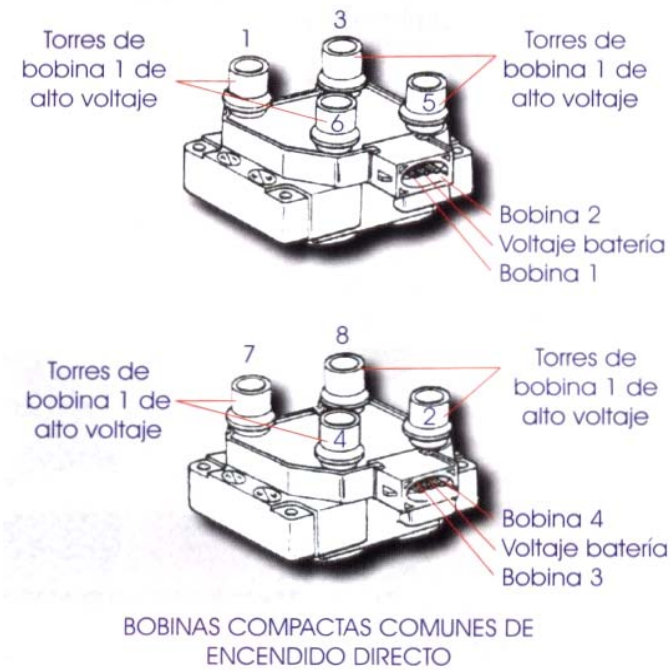
2.2.4 Bobinas secas y compactas

Estas bobinas se caracterizan por ser compactas y sin liquido (aceite) refrigerante, el funcionamiento es el mismo de las anteriores

Las bobinas compactas se utilizan en sistemas de encendido sin distribuidor, consisten en dos, tres o cuatro bobinas de encendido instaladas en una misma base. Hay dos terminales de alto voltaje para cada bobina y en cada una de estas enciende un par de bujías simultáneamente, una en la carrera de

compresión y otra en la carrera de escape. Cada bujía se encuentra conectada en serie a través del secundario de la bobina

Figura 10. **Bobinas secas**



Fuente: **"Fuel Injection and electronic engine control".** U.S.A.: Chilton Book Company 1990

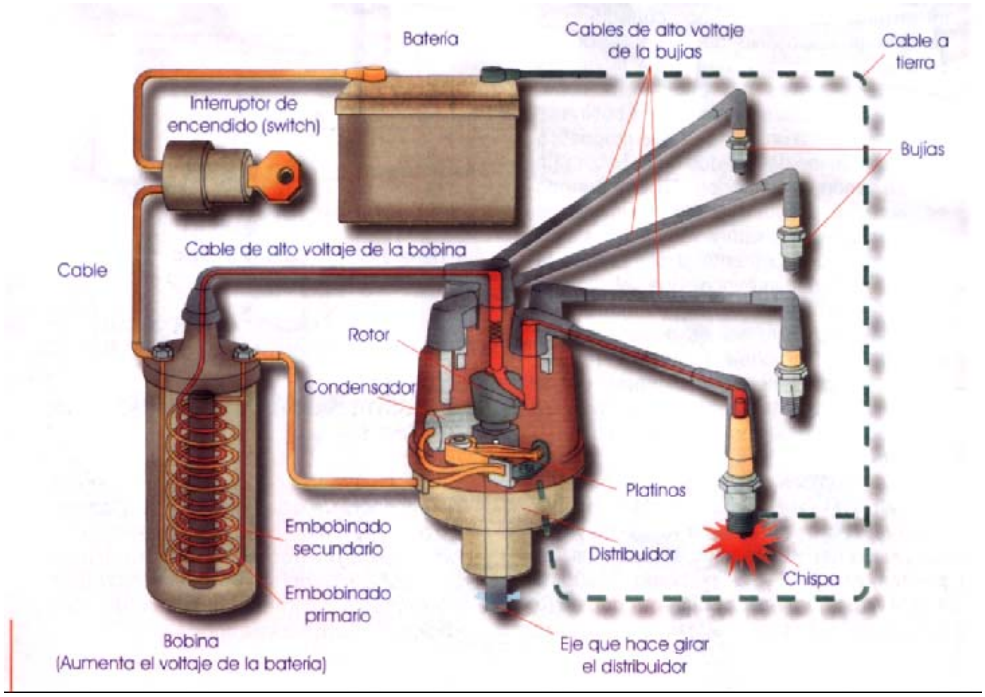
La bobina de encendido funciona como un transformador de voltaje, es decir recibe un voltaje bajo y lo convierte en alto voltaje. Al momento de poner el interruptor principal en posición de encendido y los platinos o transistor cerrado hace que fluya la corriente a través del circuito primario.

En este tiempo el circuito primario de la bobina se energiza y forma un fuerte campo magnético alrededor de los devanados de la bobina (a esto se le

llama periodo de reposo), cuando se abre los platinos o transistor se interrumpe la corriente del circuito primario de la bobina, lo cual provoca que el campo magnético en la bobina colapse abruptamente induciendo un voltaje muy alto en los devanados del secundario. El voltaje sigue la ruta o trayectoria con menor resistencia de la terminal de alto voltaje a la bujía y a través del distribuidor en los sistemas con distribuidor.

Las bobinas de encendido modernas cuentan con una capacidad de reserva adecuada para producir un voltaje muy alto para mantener el encendido de las bujías. Se pueden producir voltajes como 35000 a 40000 voltios, aunque la bobina produce sólo el voltaje para encender las bujías.

Figura 11. **Sistema de encendido**



Fuente: **"Fuel Injection and electronic engine control".** U.S.A.: Chilton Book Company 1990

2.2.5 Bujías

En el espacio de los electrodos en la cámara de combustión se efectúa una chispa para encender la mezcla de aire-combustible.

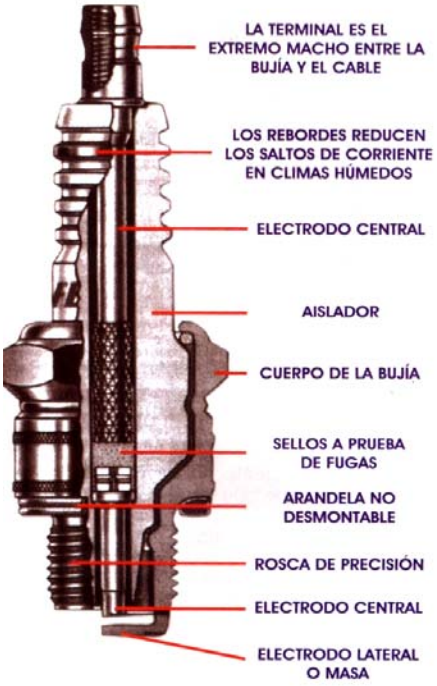
Es uno de los elementos básicos en nuestro sistema de encendido, se puede encontrar en una amplia variedad de tamaños y aplicaciones, la bujía moderna es el resultado de la más avanzada ingeniería que combina las especialidades de porcelana, metalúrgica y técnicas de manufactura.

Las bujías deben ser capaces de aislar el alto voltaje producido por la bobina de encendido de tal manera que lleguen directo a la cámara de combustión, adicional a esto debe proporcionar un sellado en la cámara de combustión.

La función principal de la bujía es proporcionar la chispa para que la mezcla aire combustible que se encuentra dentro de la cámara de combustión pueda quemarse completamente.

La construcción básica de la bujía consiste en un electrodo central que se encuentra separado del cuerpo de la bujía por un aislador que suele ser porcelana. La parte superior es la terminal está atornillada sobre el electrodo central, la parte de la porcelana posee ranuras las cuales aumentan el trayecto a recorrer de una corriente en fuga aumentando la resistencia a estas corrientes.

Figura 12. **Estructura de la bujía**

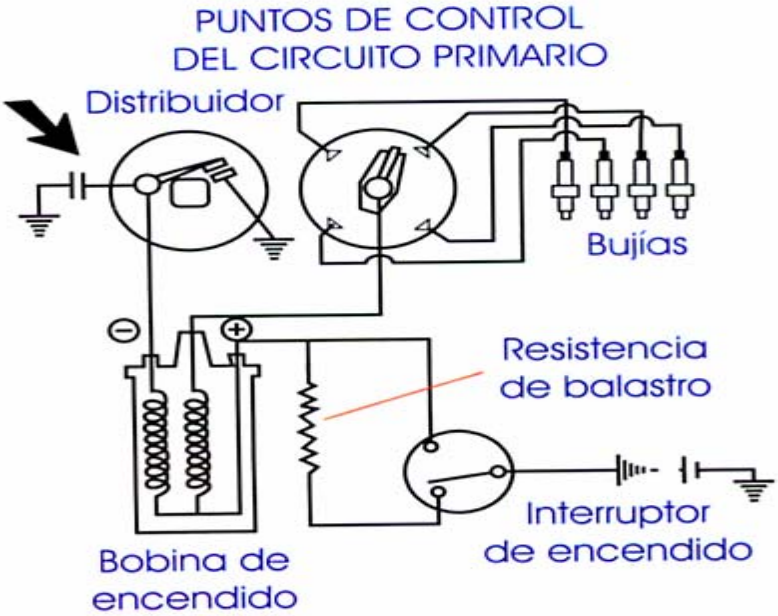


Fuente: **"Fuel Injection and electronic engine control".** U.S.A.: Chilton Book Company 1990

2.2.6 Dispositivo de cierre y apertura

Pueden ser los platinos o cualquier dispositivo que realice la operación de abrir y cerrar el circuito primario de la bobina de ignición.

Figura 13. **Circuito eléctrico sistema de encendido**



Fuente: **"Fuel Injection and electronic engine control".** U.S.A.: Chilton Book Company 1990

2.2.7 El condensador

Se clasifica como un capacitor electrolítico, la función principal del condensador es evitar la formación de arco eléctrico al momento de abrirse el ruptor. Esto se explica de acuerdo al principio del condensador de placas paralelas el que consiste en dos placas conductoras con un área determinada separadas una distancia d. Al momento de fluir la corriente a través de el se comporta como un circuito de baja impedancia actuando en paralelo con el ruptor provocando que el arco eléctrico que se formaría en los contactos del ruptor se absorbido por las placas paralelas como un almacenamiento de carga eléctrica.

El sistema de encendido opera con dos circuitos, el primario y el secundario.

Circuito primario este circuito se refiere a los componentes que operan con el voltaje de la batería siendo estos componentes, la batería, interruptor de encendido, platinos o transistor, resistencia.

Circuito secundario es donde circula el alto voltaje es decir el circuito secundario de la bobina de encendido, cables de bujías, tapa de distribuidor, rotor de distribuidor. El circuito secundario esta compuesto por tasa de distribuidor, rotor, cables de alta tensión y bujías.

2.3 Encendido por platino

Al poner el interruptor principal en posición de encendido y el platino se encuentra cerrado hacen que la corriente fluya a la bobina y así logran energizar el devanado primario de la bobina, al momento que el platino se abre

se detiene la corriente en el devanado primario de la bobina causando el rompimiento del campo magnético producido en la bobina y causa que en el embobinado secundario de la bobina se induzca alto voltaje, esto para que salte la chispa en la bujía con un voltaje aproximado de 7000 a 8000 voltios.

El sistema de platino ofrece varias desventajas que fueran las que obligaron a reemplazarlos por otros sistemas, entre estas desventajas podemos mencionar que mientras los contactos se abren la corriente tiende a seguir circulando por el circuito primario de la bobina, esto provoca que el circuito primario aun siga con corriente evitando el colapso del campo magnético que rodea el embobinado primario de la bobina.

Los sistemas platinados tenían limitantes para manejar la corriente, es decir la cantidad de corriente que podían manejar es baja comparada con la que puede manejar un transistor de potencia. Los sistemas platinados en la actualidad son de poco uso ya que están siendo desplazados por otros sistemas.

2.4 Efecto inductivo

El sistema de encendido por efecto inductivo basa sus principios en la ley de Faraday, Michael Faraday en 1831 realizo experimentos y descubrió el fenómeno de la inducción magnética, el experimento consistía en observar el resultado de la variación de un flujo magnético a través de una superficie de una espira cerrada da como resultado una corriente eléctrica. En conclusión, la ley de Faraday nos dice que una corriente eléctrica se puede inducir en una bobina por el efecto de la variación del campo magnético, expresado de forma matemática se dice que la magnitud de la corriente eléctrica inducida es igual a la razón de cambio del flujo magnético a través de una bobina.

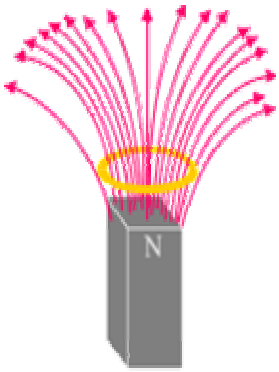
Variación del campo magnético

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Respecto del tiempo

Como se expuso anteriormente la corriente de inducción se producirá al hacer variar el campo magnético, esto da como resultado que podamos tomar algunas opciones para inducir la corriente, veamos la primera, si colocamos una espira fija y formamos un campo magnético por medio de un imán permanente y este imán permanente lo desplazamos dentro de la espira fija se podrá observar claramente que se produce la inducción de corriente debido a la variación de campo magnético.

Figura 14. **Imán acercándose a espira**

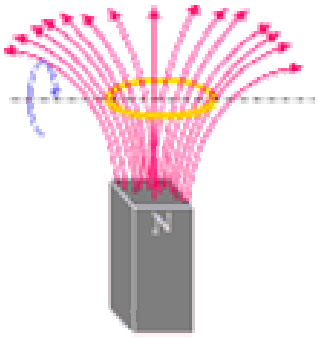


En esta figura observamos el acercamiento del imán permanente a la espira fija dando como resultado la inducción de corriente.

Fuente: **"Fuel Injection and electronic engine control".** U.S.A.: Chilton Book Company 1990

Otra forma de obtener los mismos resultados que en el ejemplo anterior seria hacer varias la posición de la espira y dejando fijo el imán permanente, situación que resultaría en la inducción de corriente.

Figura 15. **Espira girando sobre su eje**

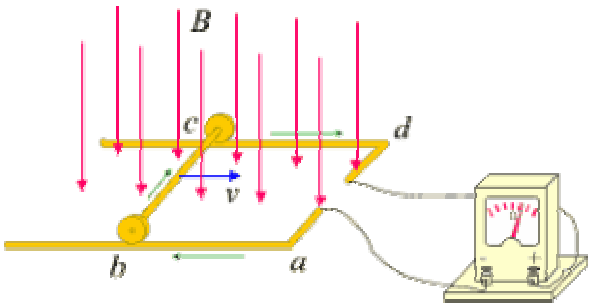


Aquí se observa la espira girando sobre un eje y el imán permanente fijo, el resultado es la inducción de corriente en la espira.

Fuente: **"Fuel Injection and electronic engine control".** U.S.A.: Chilton Book Company 1990

Ya hemos observado dos formas de hacer producir la inducción de corriente sin embargo también podemos pensar en una tercera, esta podría ser la de tener un campo magnético fijo y una espira deformándose o haciendo cambiar su área.

Figura 16. **Experimento generación de corriente**



Fuente: **"Fuel Injection and electronic engine control".** U.S.A.: Chilton Book Company 1990

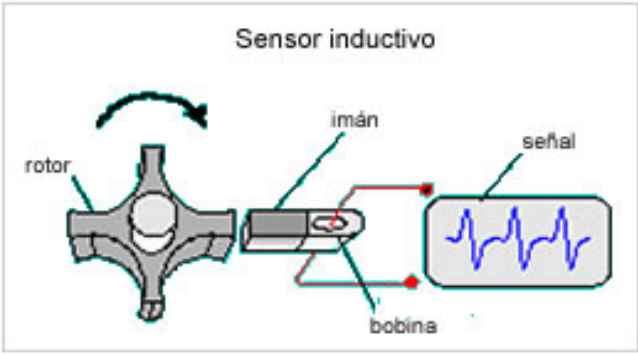
En este ejemplo se tiene un campo magnético constante, sin embargo el área que atraviesa de la espira es variable debido al desplazamiento de los rodos c y b dando como resultado en el Galvanómetro una lectura de corriente.

2.5 Funcionamiento del sistema inductivo

Como se hizo mención anteriormente existen varias formas de inducir una corriente o un voltaje, para el caso del sistema de encendido inductivo dicha inducción será por medio de una rueda dentada llamada "rotor", que produce durante su rotación una variación del flujo magnético del imán permanente que induce de esta forma una tensión en la bobina que se hace llegar a la unidad electrónica o modulo de encendido, en algunos casos llamado centralita, la otra parte de este sistema de inducción esta formada por un imán permanente, el arrollamiento de inducción y el núcleo del generador de inducción que en algunos casos es también llamado estator.

El rotor tiene tantas aspas como cilindros tiene el motor y a medida que se acerca cada una de ellas a la bobina de inducción, la tensión va subiendo cada vez con más rapidez hasta alcanzar su valor máximo cuando la bobina y el aspa esté frente a frente.

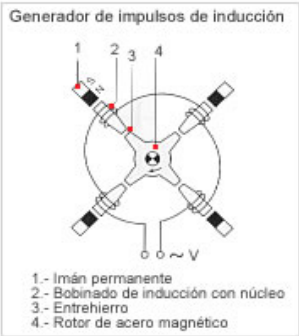
Figura 17. **Esquema sensor inductivo**



Fuente: **"Fuel Injection and electronic engine control".** U.S.A.: Chilton Book Company 1990

Al alejarse el aspa siguiendo el giro, la tensión cambia muy rápidamente y alcanza su valor negativo máximo, el valor de la tensión depende de la velocidad de giro del motor, aproximadamente 0,5 V a bajas revoluciones y cerca de 10 V (el voltaje generado corresponde a un voltaje alterno) a altas revoluciones. En este cambio de tensión se produce el encendido y el impulso así originado en el distribuidor se hace llegar a la unidad electrónica o modulo de encendido. Cuando las aspas de la rueda no están enfrentadas a la bobina de inducción no se produce el encendido debido a que el modulo o centralita únicamente tomara para efectos del encendido el pico máximo positivo de la generación de voltaje.

Figura 18. **Generador inductivo**



Fuente: **"Fuel Injection and electronic engine control".** U.S.A.: Chilton Book Company 1990

El modulo de encendido o centralita recibe los impulsos eléctricos que le envía el generador de impulsos desde el distribuidor, este modulo realiza algunos arreglos para interpretar los pulsos que recibe y estos son:

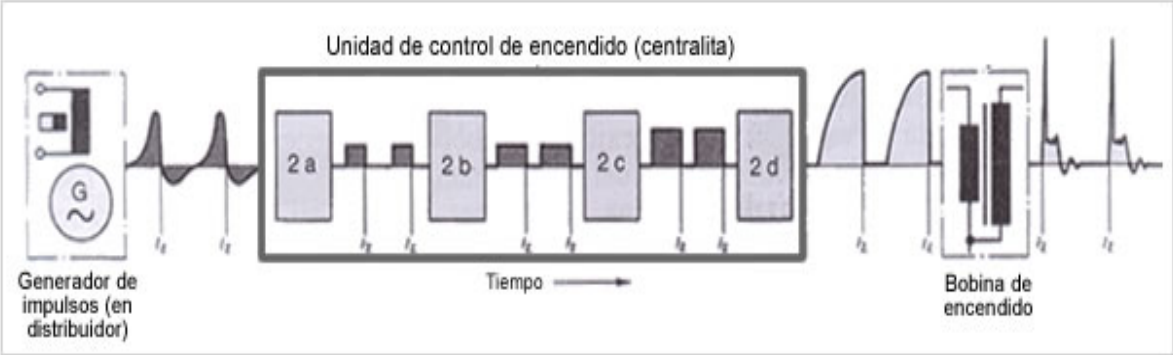
- modulador de impulsos
- mando de ángulo de cierre
- estabilizador

El modulador de impulsos transforma la señal de tensión alterna que le llega del generador de inducción en una señal de onda cuadrada de longitud e intensidad adecuadas para el gobierno de la corriente primaria y el instante de corte de la misma, esta función puede interpretarse como un transformador de señal de analógica a digital. Estas magnitudes (longitud e intensidad de impulsos), son independientes de la velocidad de rotación del motor.

El estabilizador tiene la misión de mantener la tensión de alimentación lo mas constante posible, es decir una regulación de los picos de tensión enviados por el generador.

El mando del ángulo de cierre varia la duración de los impulsos de la señal de onda cuadrada en función de la velocidad de rotación del motor.

Figura 19. **Secuencia conversión de señal**

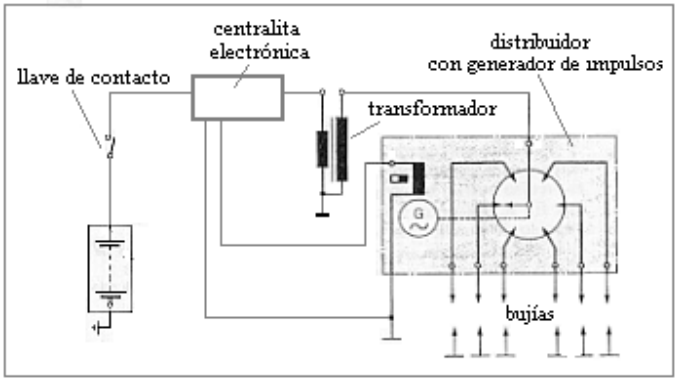


Fuente: BOSCH, **“Sistemas de encendido electrónico”**. Alemania: Robert Bosch Ltda. 1990

En la figura 19 se muestra la transformación que sufre la señal del generador de inducción una vez que entra en el modulo de encendido y como es adecuada en las diferentes etapas de la misma para mas tarde salir y alimentar al primario de la bobina y así provocar el encendido. La tensión

alterna que se crea en el generador de impulsos es enviada al modulo de encendido donde el modulador 2a, que es un circuito electrónico multivibrador, la transforma en una onda cuadrada (proceso de transformación de analógico a digital), adecuada para el gobierno de la corriente primaria. Esta señal de onda cuadrada pasa a continuación al circuito electrónico 2b de mando del ángulo de cierre, que realiza una modificación de la longitud de los impulsos, adaptándolos a la velocidad de rotación del motor para así poder gobernar el ángulo de cierre, es decir, para poder adecuar el tiempo de conducción del primario de la bobina a las revoluciones por minuto del motor, de manera que en cualquier condición de funcionamiento, se alcance siempre el valor máximo de la corriente primaria y se obtenga la saturación magnética en la bobina de alta tensión, lo cual se logra haciendo que el instante de comienzo del paso de corriente por el arrollamiento primario se adelante en el tiempo a medida que aumenta el régimen de giro del motor, en lo que se conoce como ángulo de cierre variable. Seguidamente, la señal pasa a la etapa de excitación 2c, que amplifica los impulsos y los adapta para el gobierno posterior por medio de un transistor de potencia en la etapa de potencia 2d, que es la encargada de cortar o dar paso a la corriente primaria para que se produzca la alta tensión en el secundario de la bobina.

Figura 20. **Esquema eléctrico de un sistema inductivo.**



Fuente: BOSCH, **“Sistemas de encendido electrónico”**. Alemania: Robert Bosch Ltda. 1990

2.6 Pruebas a bobina de encendido

Como hemos dicho anteriormente la bobina de alta tensión es la encargada de transformar la baja tensión, es decir, los 12 voltios en un voltaje mucho mas alto, ya que sabemos que la función es similar a la de un transformador de voltaje podremos realizar las pruebas necesarias para evaluar el estado de dicha pieza.

Las bobinas de encendido están diseñadas para proporcionar una tensión máxima, sin embargo, es necesario aclarar que la tensión de trabajo será menor a la tensión máxima, esto se debe a que la tensión de trabajo será de acuerdo a algunas de las siguientes condiciones; calibración del electrodo de la bujía, distancia entre la salida de alta tensión de la punta del rotor y la tapa del distribuidor, resistencia de los cables de alta tensión, condiciones de la mezcla aire-combustible, temperatura del motor.

Para medir el estado de una bobina de alta tensión se utiliza un osciloscopio que sea capaz de medir la tensión de trabajo suministrada por la bobina, esta medición no debe confundirnos ya que si al momento de hacer la medición leemos que la tensión es de aproximadamente 8 KW podríamos pensar que la bobina está defectuosa ya que esta lectura es mas baja que la tensión máxima de la bobina, esta lectura esta dentro de lo normal ya que el valor de esta tensión dependerá de la condiciones internas dentro de la cámara de combustión y también de los elementos del sistema de encendido.

Otra forma de medir el estado de una bobina es midiendo el valor de la resistencia de los circuitos primario y secundario, esta medición se realiza a temperatura ambiente y los valores de resistencia para un circuito primario estarán en un rango de 0.7 ohm a 1.5 ohm para sistemas de encendido

electrónico. El valor resistivo del circuito secundario se establece en un rango de 10,000 ohm a 16,000 ohm.

2.7 Prueba a modulo de encendido

El modulo de encendido o centralita recibe la señal de la bobina captora y la transforma en pulsos para la activación del circuito primario de la bobina, debido a esta función tan importante es necesario conocer los procedimientos de prueba.

Una prueba para verificar el funcionamiento del modulo de encendido es utilizar un simulador de señales para introducir una señal similar a la de la bobina captadora, es decir, una señal analógica que este en los valores aproximados de los 100mV a 200mV, esta señal es dirigida hacia las entradas del modulo y en la salida del modulo se debe construir el resto del circuito primario utilizando una bobina de alta tensión, al momento de hacer funcionar el generador de señales si el modulo esta en buen estado se producirán los disparos de alta tensión.

Otra prueba similar será cambiando el simulador de señales por una pila de 1.5 V de la cual conectaremos uno de los polos a una de las entradas del modulo y con el otro polo de la pila haremos pequeños contactos con la otra entrada del modulo, el resultado de esta operación será un disparo de la bobina de alta tensión por cada contacto que hagamos con el modulo.

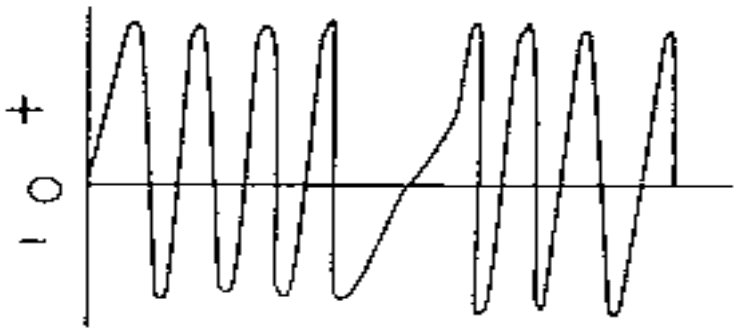
2.8 Pruebas a bobinas captoras

En los sistemas de encendido por efecto inductivo es a través de la bobina captadora que se induce el voltaje, como su nombre lo indica es una

bobina y una de las pruebas comunes es medir la resistencia que para la aplicación automotriz puede estar entre los rangos de 200 ohm a 1200 ohm.

Una prueba más a estas bobinas es medir la generación de voltaje por medio de un osciloscopio, los rangos de voltaje que se genera esta en un rango de 100 mV a 150mV con unas revoluciones por minuto del motor aproximadamente de 400, es decir, al momento de hacer el arranque. Al hacer esta medición con el osciloscopio observaremos un voltaje generado del tipo alterno con una forma de onda que dependerá del diseño del reluctor, esto significa que no todas las formas de onda serán iguales para todos los vehículos o aplicaciones de estos sistemas, también nos indica claramente que si medimos voltaje simplemente con un multímetro podríamos cometer el error de diagnosticar una bobina captora en buen estado, sin embargo la forma de la onda estar distorsionada y no lo podríamos observar. Al estar una onda de generación de voltaje distorsionada el modulo de encendido no seria capaz de interpretar si es necesario conmutar el circuito primario de la bobina y el resultado seria ausencia de chispa es por esta razón que se recomienda el uso del osciloscopio para el diagnostico del estado de una bobina captadora.

Figura 21. **Forma de onda**



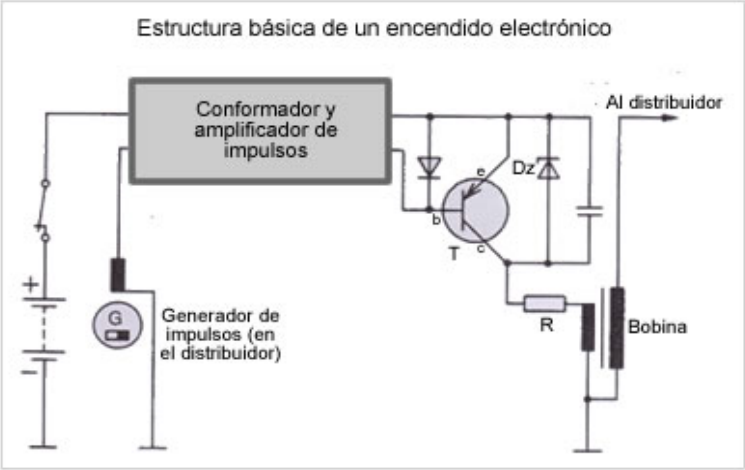
Fuente: MITCHEL **“On demand”** Version 2002 U.S.A.: Mitchel International 2002.

2.9 Pruebas generales al sistema de encendido

Prueba de alimentación de voltaje.	Comprobar con un multímetro en medida de voltaje continuo, (DC) que llegue tensión de batería a la bobina de encendido. El voltaje de la batería si la carga es del 80 al 90% debe estar comprendido entre 12,50 a 12,70 V. Si la tensión de batería es inferior a 12,30 V, conviene recargarla, desconectando bornes (+) y (-) de la batería para no deteriorar los módulos electrónicos.

Comprobar positivos y negativos al modulo de encendido o unidad de control electrónico.	Medir que llegue tensión de batería al módulo de encendido que en muchos vehículos forma parte de la unidad de control electrónico. En todo caso debe verificarse que la masa o negativo sea correcto, no admitiéndose caídas de tensión superiores a 50 mV medidos en (DC). Para medir la caída de tensión se conectara la punta roja del multímetro en el cable (+) de la batería o al mismo borne positivo de la batería, y la punta negra se pinchará o conectará en el sitio de la medición. Los valores leídos en el multímetro indicarán las caídas ó pérdidas de tensión producidas en ese tramo de línea por el que circula la corriente, no admitiéndose caídas de tensión entre la batería y el punto de utilización superior al 5% con consumos de uso normal.

Figura 22. **Estructura básica de un encendido electrónico**



Fuente: **"Fuel Injection and electronic engine control".** U.S.A.: Chilton Book Company 1990

3. ENCENDIDO POR EFECTO ÓPTICO

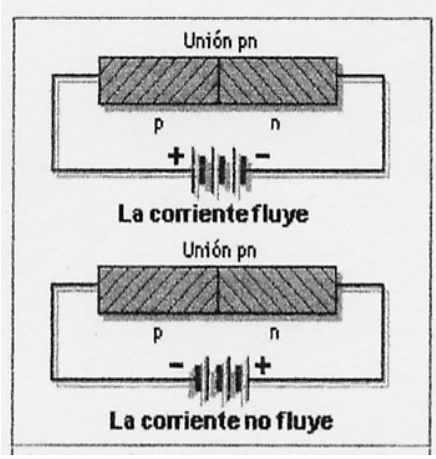
3.1 Principios del efecto óptico

Los sistemas de encendido por efecto óptico son sistemas que basan su funcionamiento en una serie de elementos electrónicos como lo son los diodos receptores de luz, diodos emisores de luz y los amplificadores operacionales.

Los diodos receptores de luz también llamados fotodiodos son semiconductores del tipo pn y son diseñados de manera que al percibir la luz genera una corriente eléctrica, estos fotodiodos son utilizados como foto detectores que se conmutaran y regularan la corriente eléctrica en un circuito externo en respuesta de la percepción luminosa.

En un fotodiodo la unión pn queda expuesta a través de una ventana a la luz o radiación luminosa, cuando la luz llega sobre el fotodiodo, los fotones absorbidos por el cristal semiconductor de tipo pn excitan los electrones de la ultima orbita de los átomos (los de valencia), este proceso se aprovecha para enviar una señal de percepción de luz, lo que para efectos de un sistema de encendido nos indica algunos puntos de referencia o momentos en que esta sucediendo un evento.

Figura 23. **Unión pn**



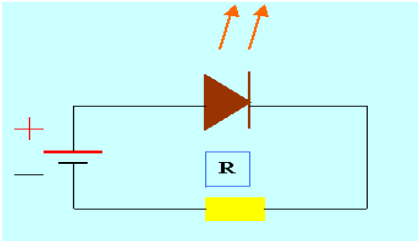
Fuente: “MANUAL de reparación del automóvil”. U.S.A.: Chilton Book Company. 1986

Un elemento muy importante de los sistemas de efecto óptico lo constituyen los diodos emisores de luz también conocidos como led (de sus iniciales en ingles Light emmitting diode), como su nombre lo indica este elemento emite luz al momento de suministrarle voltaje, al polarizar una unión pn directamente, se inyectan portadores minoritarios de un lado a otro de la unión y se difunden en las regiones p y n, se puede hacer que esta recombinación de lugar a emitir luz al construir estas uniones que utilicen un semiconductor del tipo conocido como material de separación de banda directa, el arseniuro de galio pertenece a este grupo y por ello es utilizado en la fabricación de diodos emisores de luz.

Al combinar un diodo emisor de luz y un fotodiodo en un mismo paquete obtendremos un dispositivo llamado opto aislador, el led convierte en luz una señal eléctrica aplicada al opto aislador, esta es detectada por el fotodiodo y es convertida nuevamente en una señal de salida del opto aislador, el uso del opto

aislador produce un completo aislamiento eléctrico entre el circuito eléctrico que se conecta a la entrada del aislador y el circuito que se conecta a la salida, siendo utilizado el aislamiento para reducir el efecto de interferencia eléctrica en la transmisión de señales en un sistema y por esto los foto aisladores se utilizan con frecuencia en el diseño de sistemas digitales como lo es el sistema de encendido por efecto óptico.

Figura 24. **Diodo emisor de luz**



Fuente: “MANUAL de reparación del automóvil”. U.S.A.: Chilton Book Company. 1986

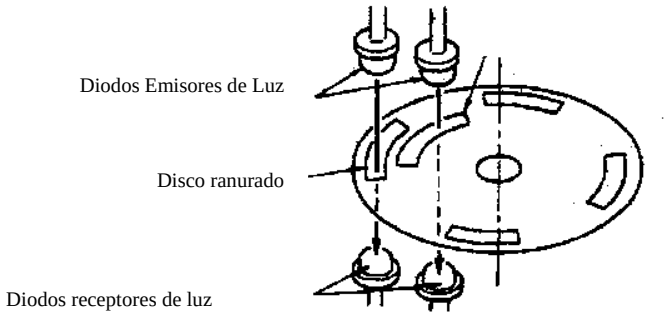
Los sistemas de encendido por efecto óptico utilizan para su funcionamiento un tercer elemento clave, este es el amplificador operacional.
Los amplificadores operacionales están diseñados para captar la diferencia entre las señales de voltaje aplicadas en sus dos terminales de entrada, esto multiplicarlo por un numero ya calculado y hacer que el voltaje resultante aparezca en la terminal de salida. Se utilizan para ampliar la señal débil de cualquier elemento fotoeléctrico, la respuesta a los pulsos de un amplificador determina su capacidad de reproducir un pulso de entrada de onda cuadrada de forma rápida y precisa, las entradas de onda cuadrada son dirigidas hacia un amplificador para su recuento y cronometraje.

Los amplificadores suelen clasificarse por el tipo de elemento eléctrico del circuito, los amplificadores de acoplamiento por inductancia, están conectados sobre bobinas y transformadores, los de acoplamientos por capacitancia mediante condensadores y los de acoplamiento por impedancia mediante reóstatos. Los amplificadores de acoplamiento directo están conectados sin ese tipo de componentes eléctricos y se utilizan para alternar corrientes de muy baja frecuencia, como las que se producen en muchos ordenadores analógicos.

3.2 Elementos del efecto óptico

Los sistemas de efecto óptico están compuestos por un modulo o efecto óptico que tiene la función de sensor de posición de cigüeñal y de censor de posición del eje de levas, este modulo esta instalado en el árbol distribuidor y es activado por medio de un plato ranurado el cual permitirá el paso de luz producida por el emisor hacia el receptor. El árbol distribuidor es activado directamente por el eje cigüeñal o eje de levas y esta sincronizado mecánicamente para indicar con precisión la posición del eje de cigüeñal y eje de levas, en algunos vehículos se encontraran en el distribuidor la bobina de encendido junto con el modulo y el transistor de potencia y en la mayoría que se utiliza este sistema solamente encontraremos los censores de posición de eje de levas y cigüeñal, el resto de los elementos serán externos al distribuidor.

Figura 25. **Esquema sensor óptico**



Fuente: MITCHEL **"On demand"** Version 2002 U.S.A.: Mitchel International 2002.

El transistor de potencia es otro elemento importante en el sistema de encendido de efecto óptico, en un transistor se pueden combinar dos uniones para obtener amplificación, un tipo llamado transistor de unión npn, consiste en una capa muy fina de material tipo p entre dos secciones material tipo n, formando un circuito, el material tipo n en un extremo representa el elemento emisor del transistor, para permitir el avance de la corriente a lo largo de la unión np el emisor tiene un pequeño voltaje negativo con respecto a la capa tipo p o componente base, esta capa controla el flujo de electrones. El material tipo n en el circuito de salida sirve como elemento colector y tiene un voltaje positivo con respecto a la base, para evitar la inversión del flujo de la corriente. Los electrones que salen del emisor entran en la base, son atraídos hacia el colector cargado positivamente y fluyen a través del circuito de salida. En el sistema de encendido esta actividad es aprovechada para abrir y cerrar el circuito primario de la bobina de alta tensión.

Este sistema de encendida utiliza un modulo de control electrónico para procesar las señales enviadas por los censores de posición de cigüeñal y de eje de levas, este modulo de encarga de sincronizar el momento presido de la

chispa en cada cilindro y también de controlar la entrega de combustible, generalmente es conocido como la computadora del automóvil, al recibir la señal del censor de posición de cigüeñal la computadora interpreta el movimiento e inicia la secuencia de señal para la activación del transistor de potencia y la activación de los inyectores.

3.3 Funcionamiento del efecto óptico

El funcionamiento del efecto óptico radica en el paso de luz hacia un receptor, para efectos de esta actividad contamos con un diodo emisor de luz, un diodo receptor de luz y el acondicionamiento de amplificadores operacionales.

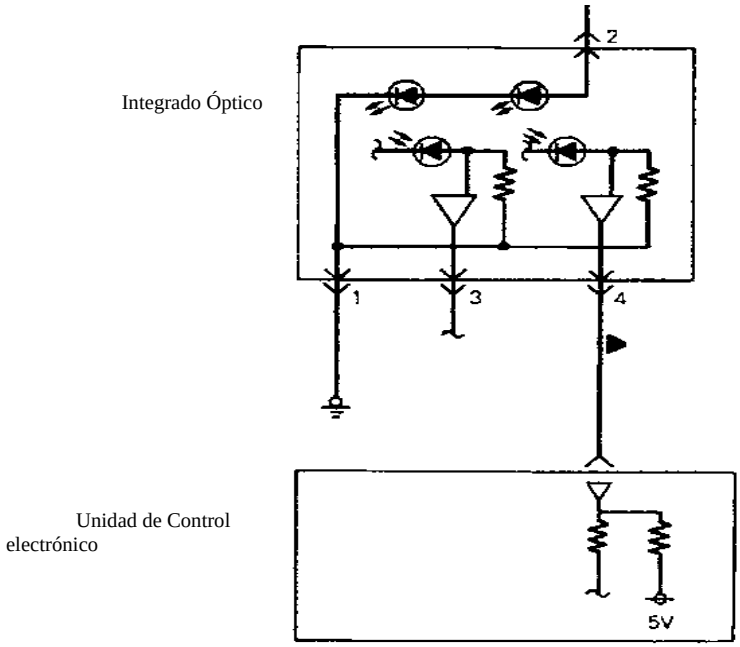
Al iniciarse la puesta en marcha del motor también se inicia la rotación del disco ranurado del sistema óptico, este disco permitirá o cortara el paso de la luz infrarroja emitida por el diodo emisor de luz hacia el diodo receptor de luz, en la mayoría de los casos utilizan dos diodos emisores se luz y dos diodos receptores de luz los cuales corresponden uno al censor de posición de eje de levas y el otro al censor de posición del cigüeñal respectivamente.

La unidad de control electrónico del vehículo envía una señal de voltaje de 5 voltios hacia la unidad de efecto óptico, esta señal realizara cambios en su voltaje dependiendo de la respuesta del diodo receptor de luz, estos cambios serán de 0 a 5 voltios dependiendo de si el disco ranurado permite o no el paso de luz hacia el receptor.

Estos cambios originaran una señal digital la cual será analizada por la unidad de control electrónico para enviar activar el transistor de potencia y la inyección de combustible para el motor.

La señal que envía la unidad de control electrónico del vehículo para activar el transistor de potencia es la que gobierna la apertura o cierre del circuito primario de la bobina, esto significa que es la unidad de control electrónica la encargada de gobernar el adelanto o retraso de tiempo de encendido de la mezcla aire combustible, este adelanto o retraso del tiempo de encendido será de acuerdo a las condiciones de funcionamiento del motor, por ejemplo la carga a que esta sometido, temperatura del refrigerante, posición de la mariposa del acelerador, entre otros, el análisis de estas condiciones es de vital importancia para mejor control de la emisiones y obtener rendimiento en los combustibles mayores a los sistemas tradicionales de encendido.

Figura 26. **Esquema eléctrico efecto óptico**



Fuente: MITCHEL **"On demand"** Version 2002 U.S.A.: Mitchel International 2002.

3.4 Pruebas a dispositivo de efecto óptico

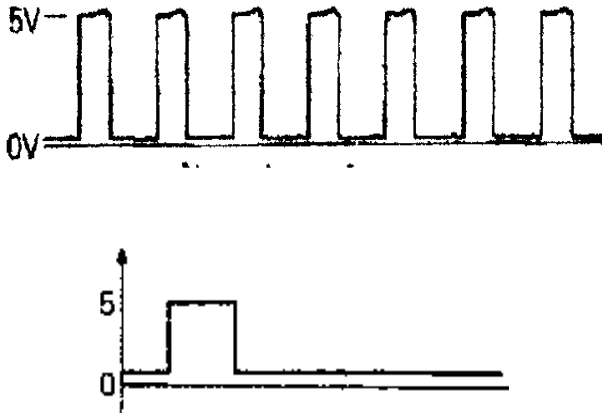
En la fase de diagnostico de un dispositivo de efecto óptico se procede a comprobar las alimentaciones, es decir, medir que la línea negativa o masa mida dentro de los parámetro permitidos (hasta una máximo de 10mV) y que la línea positiva suministre 12 voltios, la línea positiva se deriva del relevador de alimentaciones principal que es activado con voltaje de encendido.

Luego de comprobar las alimentaciones principales procedemos a medir las señales de referencia del censor de posición del eje de levas y de posición de cigüeñal, estas señales son enviadas desde la unidad de control electrónico, los valores de referencia de estas dos líneas son de 5 voltios, para hacer esta medición es necesario tener desconectado el conector del arnés y el conector del distribuidor.

Ya que hemos comprobado las señales de referencia procedemos a enchufar los conectores del arnés y distribuidor. Con el distribuidor conectado instalamos un osciloscopio a las dos líneas de referencia para comprobar la operación del dispositivo óptico, en la pantalla del osciloscopio deberá mostrarnos la grafica de una señal digital que opera con los valores de 0 a 5 voltios, esto es para la señal de posición de cigüeñal y para la señal de posición de eje de levas.

La diferencia que mostraran estas señales será con la frecuencia, ya que la señal de posición de cigüeñal tendrá más ventanas en el disco ranurado y por consiguiente una mayor frecuencia. En el caso de la señal de posición de eje de levas o de cilindro numero uno será menor debido a que el disco ranurado poseo menos ventanas para detectar esta señal.

Figura 27. **Forma de onda cuadrada**



Fuente: MITCHEL **"On demand"** Version 2002 U.S.A.: Mitchel International 2002.

3.5 Pruebas a transistor de potencia

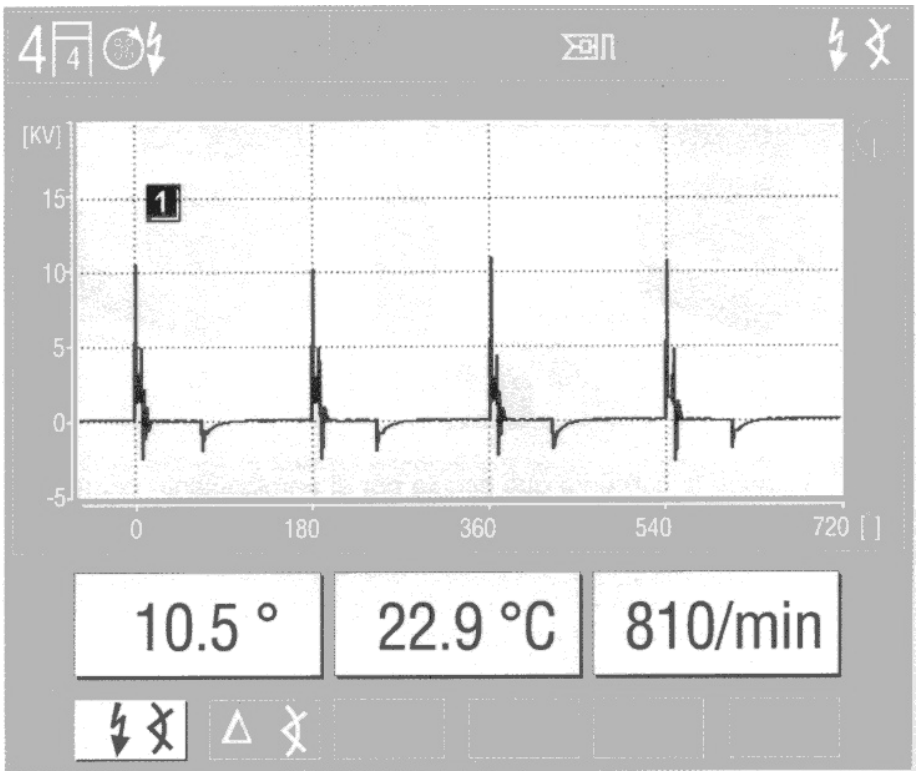
Los transistores de potencia de los sistemas de ignición son los encargados de abrir y cerrar el circuito primario de la bobina de alta tensión, la unidad de control electrónico del automóvil envía una señal al transistor de potencia por medio de la cual este se activa cerrando el circuito primario y al dejar de recibir este voltaje abre el circuito primario de la bobina provocando una descarga de alto voltaje en el poste de alta tensión de la bobina.

La forma de comprobar este elemento es introduciendo un voltaje a la línea de activación similar al de la unidad de control electrónico, es decir, para la mayoría de los casos un voltaje de 1.5 voltio, para esta prueba podemos utilizar una pila de carbón de 1.5 voltio.

3.6 Pruebas generales al sistema de encendido

Una de las principales pruebas que se realizan a un sistema de encendido es la de voltaje de disparo de las bujías, esta medición se realiza con un osciloscopio y en condiciones normales notaremos una lectura de alrededor de los 8 KV a 14 KV, debe notarse que estos valores se encuentran por debajo de la capacidad de la bobina de alta tensión, sin embargo el hecho de capacitar la bobina para un voltaje de disparo mayor es garantizar que en todo momento o bajo las condiciones internas de la cámara de combustión se dará la chispa.

Figura 28. **Voltaje de disparo de la bobina**



Fuente: BOSCH, **"Sistemas de encendido electrónico"**. Alemania: Robert Bosch Ltda. 1990

4. ENCENDIDO POR EFECTO HALL

4.1 Principios del efecto Hall

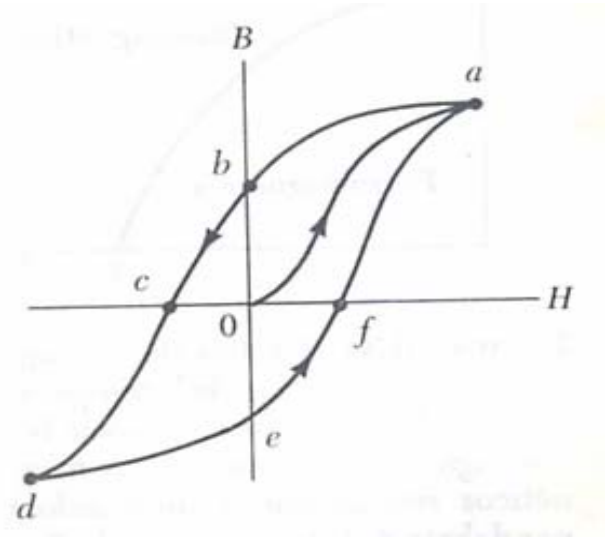
El principio del efecto Hall se puede iniciar describiendo algunas características del magnetismo como lo es la clasificación de los materiales magnéticos, esta clasificación se basa en el comportamiento de los materiales ante un campo magnético y es la siguiente: diamagnético, paramagnético, ferromagnético.

El comportamiento de un material diamagnético se puede notar cuando un campo magnético externo es aplicado a una muestra de dicho material; los dominios magnéticos se alinean de tal forma que se oponen al campo magnético externo aplicado, este es un efecto propio de algunos materiales compuestos como el benceno o algunos compuestos de bismuto.

En el caso de los materiales paramagnéticos estos favorecen la formación de campos magnéticos, debido a que los dominios magnéticos que los forman se alinean con el campo magnético externo aplicado, pero al retirar este campo magnético los dominios se desalinean provocando esto que desaparezca el campo magnético inducido en el material paramagnético por efecto de la alineación de los dominios magnéticos. Los materiales ferromagnéticos se encuentran en el extremo opuesto a los materiales diamagnéticos; el ferromagnetismo es una propiedad en la cual los dominios magnéticos que forman el material se alinean con el campo magnético externo de tal forma que incrementan el magnetismo. El limite para dicho magnetismo surge en el punto de saturación del material, el cual se presenta cuando todos

los dominios magnéticos han sido alineados, al momento de retirarse el campo magnético externo algunos de los dominios se desordenan, sin embargo la gran mayoría de los dominios magnéticos retienen su orientación, estas propiedades de alinearse con el campo magnético y de retener la orientación dan origen al concepto de ferromagnetismo. Adicionalmente los materiales ferromagnéticos presentan un comportamiento de saturación es decir, un punto en el cual el campo magnético inducido es máximo, este punto no puede ser superado aunque el campo magnético externo sea incrementado considerablemente. El comportamiento ferromagnético es de especial interés por las distintas aplicaciones prácticas que se le dan a los materiales que lo poseen. Cuando se estudian las propiedades magnéticas es de especial interés analizar la curva de histéresis. La curva muestra los puntos a y d de saturación magnética, los puntos f y c retentividad magnética en la trayectoria del punto o al punto a se magnetiza el material y del punto a es imposible regresar al punto o debido a la saturación magnética.

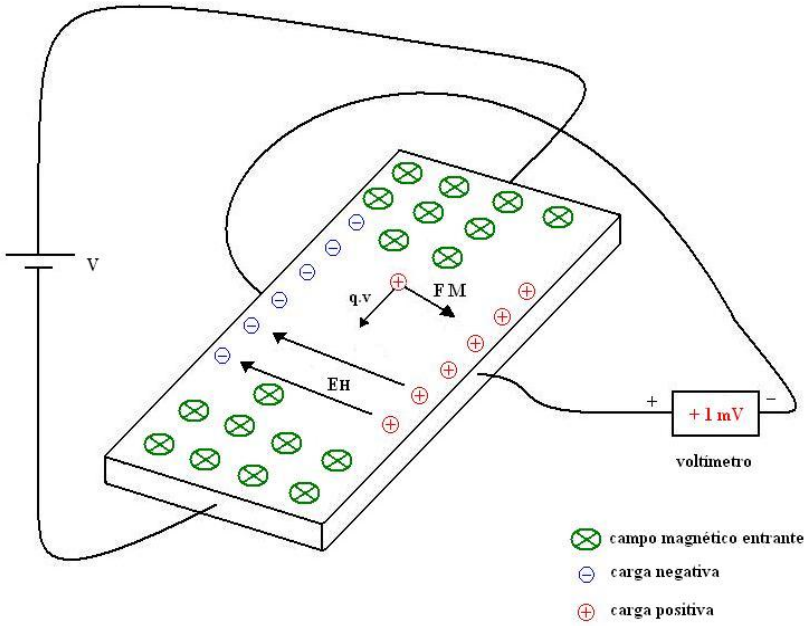
Figura 29. **Curva de Histéresis**



Fuente: SERWAY Raymond A. **"Física"** 3ª ed. Tomo 2. México: Mcgraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V. 1993

Edwin Hall descubrió en el año 1879 que cuando a un conductor se le induce una corriente eléctrica y se coloca este mismo conductor en un campo magnético, se obtendrá como resultado la creación de una diferencia de potencial perpendicular a la dirección de la corriente eléctrica y del campo magnético aplicado al conductor, este descubrimiento es conocido como efecto hall y se debe a la orientación de las cargas que atraviesan el conductor, estas cargas se colocan en los extremos del conductor debido a la fuerza magnética experimentada. Este efecto es utilizado para los sistemas de encendido electrónico del automóvil para calcular el instante en que se debe disparar a chispa a la bujía.

Figura 30. **Efecto Hall**



Fuente: CHILTON, "**Manual de reparación y mantenimiento"**. U.S.A.: Chilton Book Company, 2000.

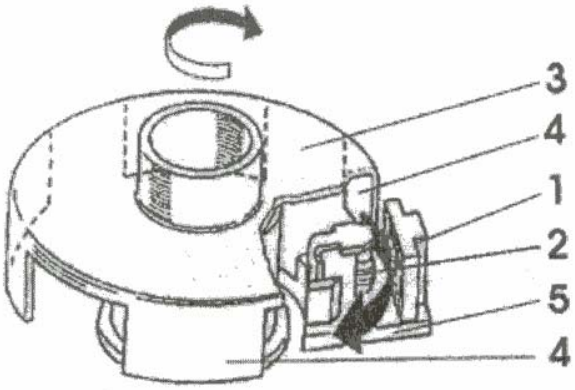
4.2 Elementos del efecto Hall

1. Circuito Integrado hall
2. Imán Permanente
3. Rotor
4. Hoja Obturadora
5. Base del censor hall

El circuito Integrado hall es el elemento que se encarga de recibir las señales de campo magnético y según sea el caso de existencia o no de estas líneas el conmutara su circuito.

Un imán permanente es el encargado de proporcional las líneas de campo magnético que deberán llegar al circuito integrado hall. El rotor es el elemento que proporcionara el movimiento físico y es accionado directamente por el eje cigüeñal o el eje de levas. La hoja obturada es una lamina ranurada que consta de tantas ranuras como cilindros tenga el motor y que según la haga girar el rotor interrumpirá las líneas de campo magnético hacia el circuito integrado hall, esta pieza esta construida de un material diamagnético, por ultimo tenemos la base de el dispositivo hall, esta nos proporcionara el soporte para los elementos antes mencionados y regularmente se encuentra en el distribuidor.

Figura 31. **Elementos efecto Hall**



Fuente: MITCHEL **"On demand"** Version 2002 U.S.A.: Mitchel International 2002.

La señal producida por el efecto hall es de tipo digital y es enviada a un modulo electrónico que se encarga de procesarla y en base a esta señal sincronizar el encendido o chispa, en algunos casos este modulo se encuentra integrado junto con la unidad de control electrónico del automóvil.

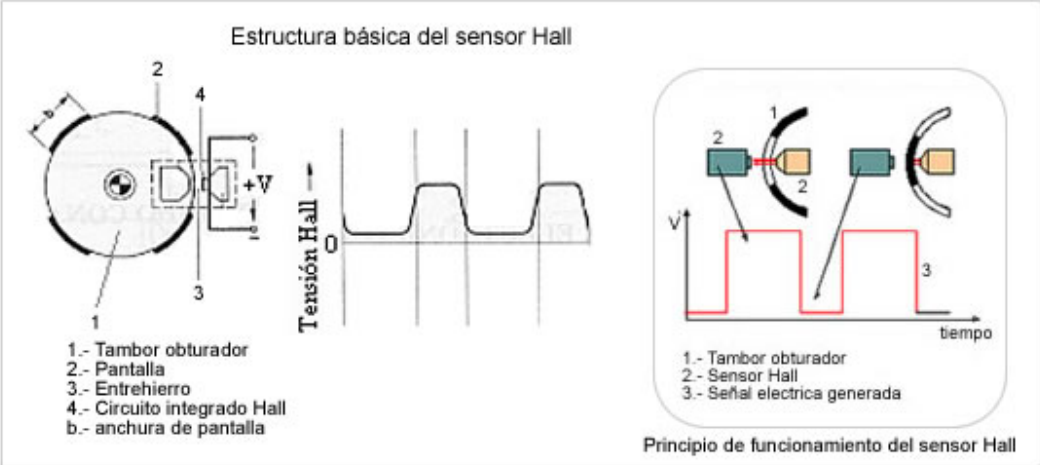
El transistor de potencia es otro elemento que forma parte del encendido por efecto hall, este es el encargado de cerrar y abrir el circuito primario de la bobina para provocar las descargas de alta tensión.

4.3 Funcionamiento del efecto Hall

El funcionamiento de los sistemas de encendido por efecto hall operan creando una barrera magnética que es interrumpida periódicamente para crear una señal que es enviada a la unidad de control electrónico o al modulo de encendido. La hoja obturada al girar se interpone entre un cristal semiconductor conocido como integrado Hall alimentado por corriente continua y un electroimán. Al momento que la parte metálica de la hoja obturada se sitúa entre el integrado Hall y el electroimán, el campo magnético de éste último es desviado y cuando entre ambos se sitúa la ranura de la placa obturada el integrado hall recibe el campo magnético del imán y se genera el efecto Hall.

El sensor Hall esta alimentado directamente por la unidad de control a una tensión de 5 V aproximadamente, a esta señal se le llama de referencia y es la que se convierte en una señal cuadrada ya que el censor hall envía este voltaje a tierra y luego lo abre según la posición del obturador. Además de esta señal también recibe dos alimentaciones una de 12 V o de encendido y otra de masa o tierra.

Figura 32. **Estructura del sensor hall**



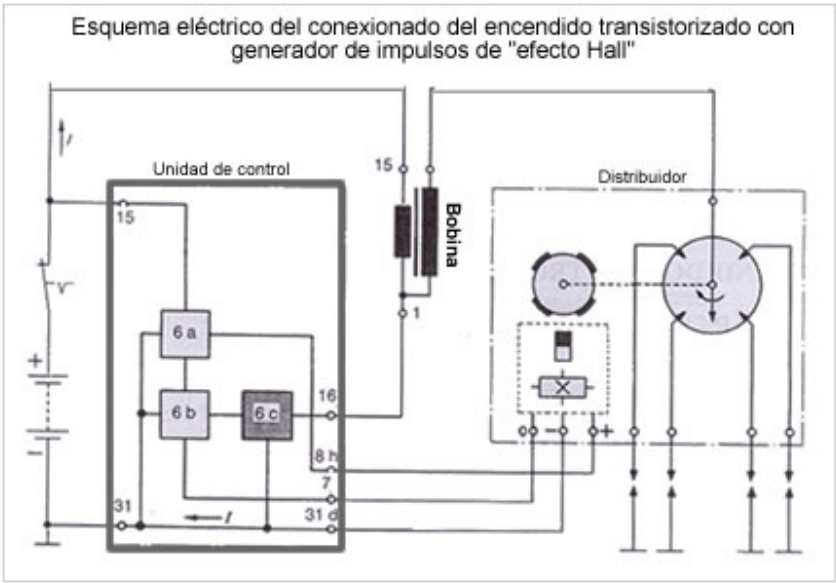
Fuente: LAYNE Ken. "**Manual de electrónica automotriz".** Tomo 2. México: Prentice-Hall, Hispanoamérica, S.A. 1991

4.4 Pruebas a modulo de encendido

El modulo de encendido en los sistemas de encendido hall es el encargado de recibir la señal producida por el efecto hall para sincronizar el tiempo del encendido, en algunos casos cuentan internamente con un transistor de potencia que es el encargado de abrir y cerrar el circuito primario de la bobina y con lograr un disparo de alto voltaje, para iniciar la secuencia de pruebas es necesario comprobar las alimentaciones, una de ellas es proporcionada por el interruptor de encendido, es decir, 12 voltios de encendido. Así como es necesario el voltaje positivo también es necesario contar con una masa o tierra apropiada (10 mV máximo), ya que se han comprobado las alimentaciones se debe medir la señal que este modulo debe enviar al censor Hall, en la mayoría de los casos este voltaje es de 5 voltios y también son conocidos como voltaje de referencia. En el caso de los módulos que poseen en su interior el transistor de potencia también se deberá

comprobar que la señal se este produciendo para la activación de la bobina de alta tensión.

Figura 33. **Esquema eléctrico efecto Hall**



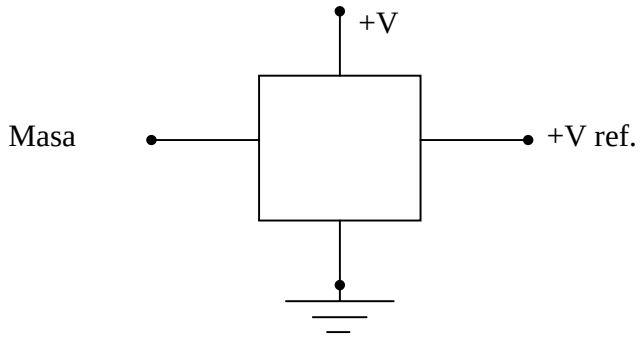
Fuente: Manual de electrónica automotriz

4.5 Pruebas a dispositivo Hall

Otra forma de describir un efecto Hall es como una delgada placa de material semiconductor depositada sobre un material dieléctrico. Para uso automotriz lo utilizaremos para detectar revoluciones del motor y posición de los cilindros, cuando existe un campo magnético aplicado y este es interrumpido por la placa obturada. Su consumo de energía es muy bajo y la precisión de la señal es ideal, trabaja a altas temperaturas. La mayoría de los sensores de efecto Hall son construidos en semiconductores de GaAs. La señal obtenida del sensor Hall es procesada para dar una señal digital como respuesta. La estructura básica de un dispositivo de efecto Hall integrado es la pastilla de efecto Hall y una circuitería electrónica apropiada que permite amplificar la

tensión de salida, esta señal es utilizada para abrir y cerrar el circuito de la señal de referencia que es proporcionada por la unidad de control electrónico o el modulo de encendido y regularmente es de 5 voltios. Los sensores de efecto hall aplicados al área automotriz en la mayoría de vehículos consta de tres líneas, 12 voltios proporcionados por el interruptor de encendido, masa o tierra y 5 voltios de referencia proporcionados por la unidad de control electrónico o el modulo de encendido. La prueba correcta de estos sensores es comprobar que reciba las alimentaciones antes descritas y por medio de un osciloscopio comprobar la forma de la señal proporcionada por este sensor a través de la línea de 5 voltios.

Figura 34. **Alimentación efecto Hall**



Fuente: LAYNE Ken. "**Manual de electrónica automotriz".** Tomo 2. México: Prentice-Hall, Hispanoamérica, S.A. 1991

4.6 Pruebas generales al efecto Hall

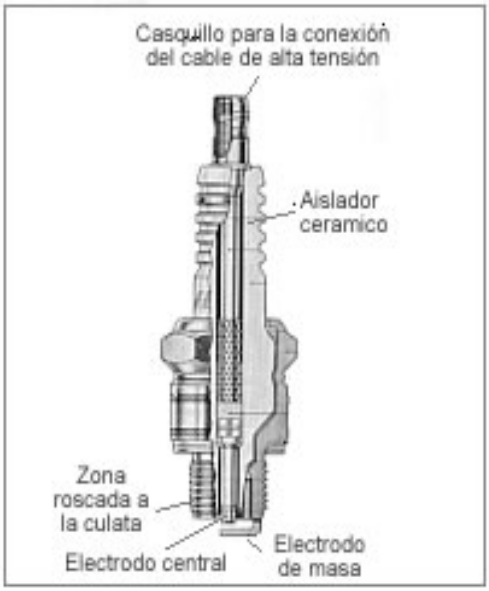
Comprobar voltaje y negativos al modulo Hall	La comprobación del funcionamiento del sistema de encendido tiene como objetivo principal la certeza en el diagnostico, al iniciar las pruebas a este sistema de encendido se debe comprobar las alimentaciones que suministra el interruptor de encendido que son de 12 voltios y que llegan al modulo Hall como también a la bobina de alta tensión y al modulo de encendido, seguido a estas mediciones es necesario comprobar los negativos a masa de los circuitos involucrados en el encendido.

Un encendido deficiente nos da como resultado un consumo excesivo de combustible, perdida de potencia y una elevación en las emisiones no deseadas producidas por el motor, sin embargo, estas deficiencias son provocadas debido a la mala aplicación de algunos elementos como lo son las bujías.

Las bujías son el medio que se utiliza para provocar el arco eléctrico de alta tensión conocido como chispa para inflamar la mezcla de aire-combustible dentro de la cámara de combustión. Los elemento importante de las bujías son los electrodos que están sometidos a esfuerzos químicos y térmicos que se desarrollan dentro de la cámara de combustión, influyendo notablemente sobre la calidad de la chispa y por tanto sobre el encendido, debido a estas condiciones es que se debe observar algunas características en las bujías como lo son el grado térmico, este se refiere a la capacidad de disipar el calor, clasificándose en bujías frías que son aplicadas en motores de alta relación de compresión o que la temperatura dentro de la cámara de combustión es muy

alto y por lo tanto necesita una rápida disipación del calor, y bujías calientes que son aplicadas a motores de relación de compresión menores o que su temperatura de operación no es muy alta por lo tanto necesitaran disipar de forma mas lenta el calor para evitar enfriamiento en la bujía. La necesidad actual ha obligado a crear bujías multirango esto quiere decir que en ciertas condiciones de temperatura se comportaran como frías y al variar estas condiciones su comportamiento será como bujías calientes, esto se debe a que los motores actuales pueden provocar diversas condiciones de temperatura según su desplazamiento, es decir, en condiciones de trafico y aceleraciones consecutivas se observará la tendencia a calentarse la bujía, esta condición necesitara que la bujía sea capaz de disipar el exceso de calor y en el caso de conducción en marcha continua a velocidades de crucero la tendencia será contraria, por lo tanto la bujía deberá disipar menos calor.

Figura 35**. Partes de la bujía**



Fuente: LAYNE Ken. "**Manual de electrónica automotriz".** Tomo 2. México: Prentice-Hall, Hispanoamérica, S.A. 1991

Comprobar avance del encendido	En los vehículos que utilizan sistemas de encendido por efecto Hall es necesario ajustar el tiempo de adelanto de la chispa para lograr una combustión que se acerque bastante a lo ideal o estequiométrica, esta actividad es controlada en la mayoría de los casos por la unidad de control electrónico, sin embargo, se necesita de un punto de referencia para que la computadora del vehículo se pueda orientar y lograr hacer las correcciones de adelanto necesario, este punto de referencia se conoce como tiempo base, este ajuste no se puede aplicar a todos los vehículos de la misma manera y cada fabricante establece los procedimientos adecuados los cuales se tienen que realizar para lograr una eficiente quema de la mezcla aire y combustible, esta información la encontraremos en los manuales del fabricante o libros de información de reglajes de ajuste de diversas marcas de automóviles.

5. ENCENDIDO DIS Y EDIS

5.1 Definiciones

Con el constante desarrollo de la tecnología los sistemas de encendido han tenido que ser mejorados, esto ha contribuido al mejor uso de los combustibles y la protección del medio ambiente.

Los sistemas de encendido DIS y EDIS son el resultado del desarrollo de mejores sistemas de encendido, el nombre DIS es la sigla de su nombre en ingles direct ignition system y significa que es un sistema de encendido directo, es decir no utiliza distribuidor, en algunas marcas de automóviles la sigla DIS la aplican bajo los términos de distributorless ignition system, que significa exactamente lo mismo, sin distribuidor.

Como dijimos anteriormente estos sistemas han suprimido el uso del distribuidor de corriente utilizando bobinas de alta tensión directamente sobre las bujías y tomando como referencia para la sincronización de la chispa de encendido las señales enviadas por los sensores de revoluciones por minuto o de posición de eje de levas. Estas señales que ya existían en los sistemas de Inyección ahora son utilizadas para lograr una mejor sincronización de la chispa de encendido y por consiguiente su adelanto según sea necesario específicamente para cada cilindro que la requiera, esto quiere decir que el ajuste del avance del encendido será particularmente para cada cilindro dependiendo de las condiciones de carga y temperatura del motor, logrando con esto un mejor aprovechamiento de la gasolina.

El hecho de la eliminación del distribuidor también implica la eliminación de los cables de alta tensión y todas las piezas móviles instaladas dentro de los distribuidores, estas piezas móviles estaban expuestas a desgastes y provocaban desajustes en el encendido, esta desventaja de los sistemas de encendida fue corregida con el surgimiento de los sistemas de encendido DIS y EDIS.

5.2 Principios de Funcionamiento

El principio de funcionamiento de los sistemas de encendido DIS y EDIS se basan en generar la alta tensión lo mas cercano posible a la bujía, la primera versión de estos sistemas surgió utilizando una bobina de alta tensión para alimentar dos bujías, es decir, existía chispa en el cilindro que finalizaba su carrera de compresión y también existía chispa en el cilindro que finalizaba la carrera de escape, a este sistema se le agrego el nombre encendido por chispa de deshecho o desperdicio, para estos sistemas el circuito secundario de la bobina de alta tensión se conecta en sus extremos a cada una de las bujías provocando un recorrido de la corriente a través de las dos bujías, es decir, en una bujía la corriente circulara del electrodo central hacia el poste de masa y en la otra bujía será el proceso inverso, del poste de masa hacia el electrodo central. Como hemos dicho se estará produciendo un chispazo al final de la carrera de escape del cilindro correspondiente esto ayudara a que si existen restos de mezcla aire combustible aun sin quemar será este el momento oportuno antes de que se deposite en el catalizador.

Entre los logros de estos sistemas esta obtener mejor control sobre el momento de producir la chispa controlando el tiempo de ángulo de reposo
Para que la bobina genere el suficiente campo magnético y hacer saltar la chispa que inflame la mezcla. Esto dará como resultado la reducción del

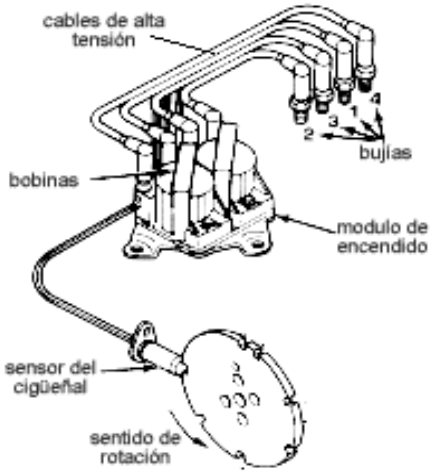
numero de fallos de encendido a altas revoluciones en los cilindros por no ser suficiente la calidad de la chispa para lograr inflamar la mezcla aire combustible, las interferencias eléctricas del distribuidor son eliminadas por lo que se mejora la fiabilidad del funcionamiento del motor, la optimización de la gasolina y también se reducen las emisiones, dando como resultado la utilización de motores mas limpios y mejor rendimiento de combustible.

5.3 Elementos de los Sistemas

Estos sistemas de encendido de caracterizan por utilizar un reducido número de elementos los cuales son los siguientes:

- Bobinas de Encendido
- bujías
- Modulo de Encendido
- Sensor de Posición de Cigüeñal
- Cables de alta tensión

Figura 36. **Elementos del sistema de encendido DIS**

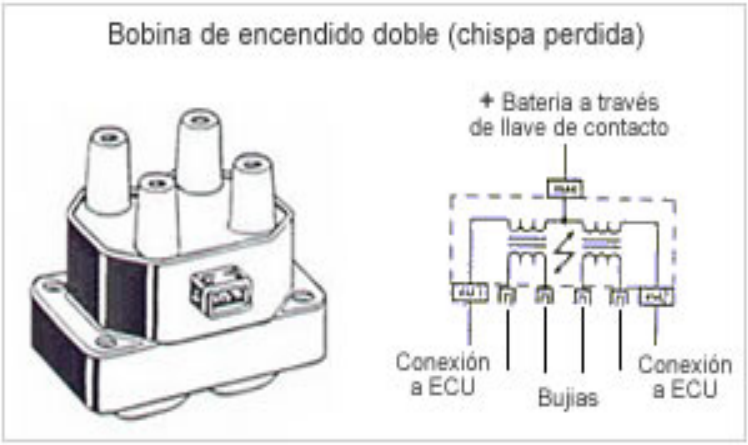


Fuente: SNAP-ON Diagnostics, “Ford reference manual”. 8 ed. U.S.A.: Snap-on incorporated. Noviembre 1997

Las bobinas de funcionamiento de estos sistemas se pueden encontrar en dos tipos, unas que se encuentran en paquetes o conjuntos y las individuales.

Las bobinas que encontramos en conjuntos o paquetes son para los sistemas que hemos denominado que funcionan con chispa de desecho o desperdicio, es decir, que al momento de producirse el chispas será en dos cilindros a la ves, en estos paquetes encontraremos al menos dos bobinas.

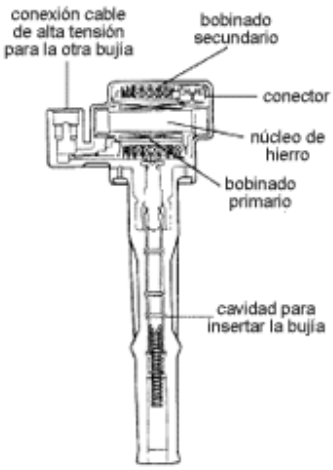
Figura 37. **Bobina de encendido por chispa perdida**



Fuente: SNAP-ON Diagnostics, “Ford reference manual”. 8 ed. U.S.A.: Snap-on incorporated. Noviembre 1997

El otro tipo de bobina en los sistemas DIS y EDIS son las individuales, estas tendrán la capacidad de activar únicamente una bujía y están instaladas directamente sobre la bujía esto permite eliminar también el cable de alta tensión.

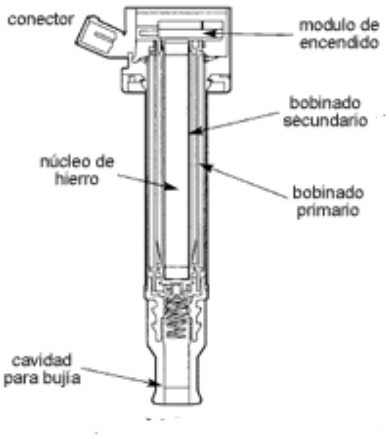
Figura 38. **Bobina individual**



Fuente: MITCHEL **"On demand"** Version 2002 U.S.A.: Mitchel International 2002.

Estas bobinas individuales fueron modificadas en algunos modelos agregándoles o incorporando en ella misma el transistor de potencia para su activación.

Figura 39. **Bobina individual con transistor o modulo incorporado**



Fuente: NORBYE Jan P. "**Fuel injection"** México: Prentice-Hall Hispanoamérica S.A. 1994.

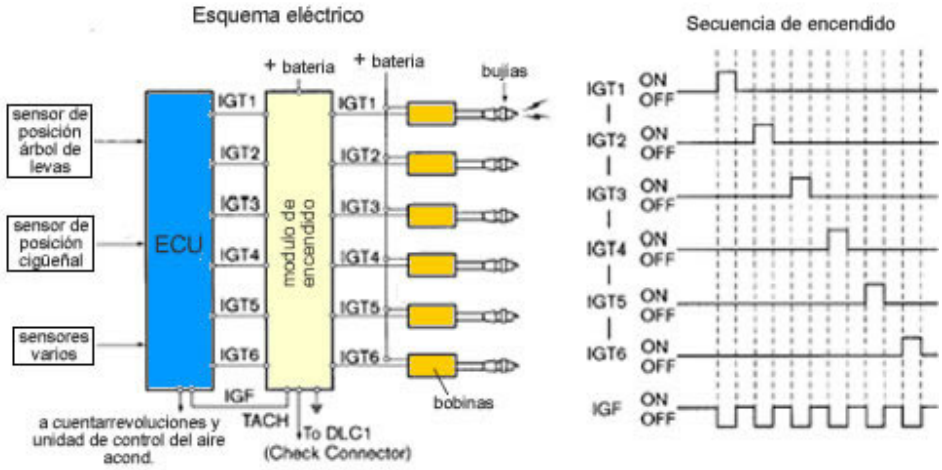
El modulo de control electrónico es el encargado de procesar las señales recibidas de diferentes sensores y enviar como respuesta la activación de la bobina, es modulo de control electrónico también llamado la computadora del automóvil es el que gobierna el adelanto del tiempo de encendido dependiendo de las condiciones de carga del motor y esto ha hecho que los motores actuales sean menos contaminantes del medio ambiente y aprovechen de mejor manera el combustible.

El sensor de posición de cigüeñal o sensor de revoluciones por minuto es el que produce la señal que indica a la unidad de control electrónico que el motor se ha puesto en marcha y la velocidad con que este gira, este es una información muy importante ya que el resultado de la combustión en el cilindro se convertirá en un impulso al cigüeñal o sea en velocidad, esto quiere decir que al momento de existir una falla de encendido en cualquier cilindro será registrada como una baja de velocidad en el cigüeñal y la computadora identificara con precisión el cilindro responsable de esta falla lo cual nos indicara por medio de un código.

5.4 Prueba de bobina de encendido

Los sistemas de encendido de DIS y EDIS utilizan en la unidad de control electrónico un verificador de funcionamiento de las bobinas de encendido, esto lo logran leyendo los cambios de voltaje en la línea de activación del circuito primario, a esta señal le han denominado algunos fabricantes señal IGT, esta función en la unidad de control electrónico del automóvil funciona de forma similar a un osciloscopio ya que envía una lectura de comprobación del circuito primario de la bobina de alta tensión.

Figura 40. **Esquema de comprobación de bobinas**

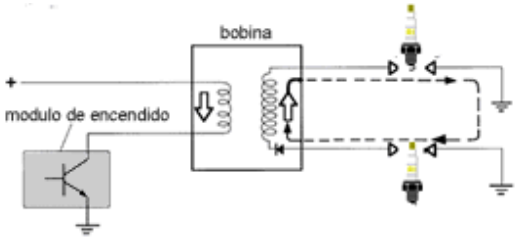


Fuente: CHILTON, "**Manual de reparación y mantenimiento"**. U.S.A.: Chilton Book Company, 2000

Para la comprobación de los circuitos secundarios de las bobinas de estos sistemas de encendido se realiza de la misma forma que con los sistemas convencionales, es decir, por medio de un osciloscopio, teniendo como único cambio para esta medición el uso de implementos distintos para la conexión de la bobina y el osciloscopio.

Para el caso de las bobinas en que el transistor de potencia se encuentra integrado se limitan las pruebas ya que únicamente puede medirse el voltaje de disparo del circuito secundario, esta limitación es a causa de la construcción de la bobina ya que los extremos del circuito secundario no quedan externos por el motivo de estar internamente conectados con el transistor de potencia.

Figura 41. **Circuito eléctrico de bobina y transistor incorporado**



Fuente: MITCHEL **"On demand"** Version 2002 U.S.A.: Mitchel International 2002.

5.5 Prueba de señales para modulo de control de motor

Los módulos de control del motor en el automóvil son el cerebro del funcionamiento ya que según la información que se recibe así será la respuesta que mejor se adecue a las condiciones de carga y velocidades del automóvil una de estas señales el la del censor de temperatura del refrigerante, esta señal es manejada por una línea del modulo que envía 5 voltios al censor el cual según la temperatura del motor provocara una caída a este voltaje siendo este cambio el que interprete la unidad de control, el censor de posición de la mariposa es una información similar ya que la computadora envía un voltaje llamado de referencia y según los cambios de este voltaje la computadora entenderá la posición del acelerador.

Un sensor determinante en el control de tiempo de encendido es el receptor de las vibraciones de las detonaciones denominado "sensor de detonaciones", que registra los ruidos que surgen al comenzar las detonaciones, los transforma en señales eléctricas y transmite estas a la unidad electrónica de control. La posición de montaje del sensor de detonaciones se elige de tal modo que se pueda reconocer con seguridad y en cualquier situación de detonación en cada cilindro. Generalmente esta situado en el lado ancho del bloque motor. Con 6 cilindros o más, no es suficiente un solo sensor de detonaciones para el registro de todos los cilindros. En estos casos se utilizan dos sensores por motor, conectados según el orden de encendido. Esta señal será utilizada por la computadora del automóvil a fin de corregir el tiempo de encendido para cada uno de los cilindros.

5.6 Mediciones a sensor de posición de cigüeñal:

El sensor de posición de cigüeñal es un generador de voltaje de tipo inductivo en la mayoría de los casos, estos sensores están constituidos por un imán permanente y un bobinado estos dos elementos se instales cerca de un reluctor el cual al girar producirá una variación del campo magnético y como consecuencia la inducción de un voltaje.

Para la prueba de este censor se utiliza un multímetro en función de voltímetro de corriente alterna y luego se procede a hacer girar el reluctor, el resultado de esta acción se leerá en el multímetro como un voltaje producido de un valor aproximado de 200 milivoltios. Esta misma prueba puede realizarse con un osciloscopio en el cual leeremos la misma lectura y además se observara la forma de la onda producida por este censor al momento de generar, esta forma de onda es de gran importancia ya que se podrá observar la calidad de la generación y también si existiera algún daño en el reluctor se

podrá verificar esta deformación en la onda generada. Una segunda prueba será de medir la resistencia de la bobina captora la cual podrá oscilar entre los valores de 400 ohm a 1200 ohm, esta es una prueba alternativa ya que la del osciloscopio es la mas recomendada por la cantidad de información que transmite en una sola lectura, sin embargo todas las indicadas son validas para efectuar la evaluación de la condición del censor de posición de cigüeñal.

5.7 Mediciones al sensor de posición de eje de levas

El sensor de posición de eje de levas envía una señal a la computadora que es utilizada para sincronizar el tiempo de encendido como también la Inyección de combustible, el funcionamiento de este sensor es similar al de posición de cigüeñal ya que en la mayoría de los casos es un sensor de tipo inductivo y por lo consiguiente las pruebas serán las mismas.

En algunos modelos el sensor de posición de eje de levas es del tipo de efecto hall, en este caso las pruebas son distintas y se inicia por el cheque de las alimentaciones que deberán ser tres líneas, una con 12 voltios de encendido, otra con 5 voltios que es la señal de referencia que envía la computadora y la tercera que es la masa o tierra. Posterior a comprobar alimentaciones ya puede comprobarse el funcionamiento del censor y para esto se medirá únicamente la línea de 5 voltios que se comportara variando de 5 a o voltios al momento de girar el motor, esto da como resultado la creación de una señal digital que es interpretada por la computadora para realizar los ajustes necesarios, si esta prueba se realiza con un osciloscopio será visible muy claramente la forma de la señal.

CONCLUSIONES

1. Los sistemas de encendido tienen gran incidencia en la mejora de la combustión y a esto se debe que los sistemas modernos son capaces de hacer funcionar un motor de combustión interna con la menor producción de gases contaminantes.

2. La tecnología continua su desarrollo y los sistemas de encendido no son la excepción, ya que, constantemente han estado cambiando desde su implementación hasta hoy día.

3. Existe desconocimiento del funcionamiento de los sistemas de encendido y es a esto que se debe que se cometen demasiados errores al momento de realizar los diagnósticos teniendo que recurrir al procedimiento de prueba y error.

4. Es necesario implementar programas de capacitación y leyes que obliguen a los técnicos automotrices a tener que cumplir con un mínimo de horas de capacitación anual para ser autorizados a trabajar en el sector automotriz.

5. Es necesario crear leyes que regulen el funcionamiento de talleres de servicio automotriz, estas leyes deberán contener requisitos mínimos en infraestructura, equipos de diagnóstico y manejo de desechos, tanto líquidos como sólidos.

6. La industria automotriz actual requiere de ingenieros que conozcan los principios de funcionamiento de los sistemas de encendido para ejecutar diagnósticos acertados.

RECOMENDACIONES

1. Al decano que implemente una especialización para el área automotriz que incluya todos los sistemas electrónicos del automóvil.

2. Que de un enfoque de manera más directa a las aplicaciones mecánicas y eléctricas de los diversos sistemas que se estudian.

3. Al director, que en la escuela exista un laboratorio de controles electrónicos del motor de combustión interna.

4. Que impulse proyectos relacionados con la protección del medio ambiente, tanto en el cuidado del aire como para el manejo de desechos líquidos y sólidos producidos por el sector automotriz.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOSCH, **“Sistemas de encendido electrónico”**. Alemania: Robert Bosch Ltda. 1990

2. CHILTON, “**Manual de reparación y mantenimiento”**. U.S.A.: Chilton Book Company, 2000.

3. **“Fuel Injection and electronic engine control”.** U.S.A.: Chilton Book Company 1990

4. LAYNE Ken. “**Manual de electrónica automotriz”.** Tomo 2. México: Prentice-Hall, Hispanoamerica, S.A. 1991

5. “MANUAL de reparación del automóvil”. U.S.A.: Chilton Book Company. 1986

6. MITCHEL **“On demand”** Version 2002 U.S.A.: Mitchel International 2002.

7. NORBYE Jan P. “**Fuel injection”** México: Prentice-Hall Hispanoamerica S.A. 1994.

8. SERWAY Raymond A. **“Física”** 3ª ed. Tomo 2. México: Mcgraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V. 1993

9. SNAP-ON Diagnostics, “Ford reference manual”. 8 ed. U.S.A.: Snap-on incorporated. Noviembre 1997

APÉNDICE A

PANEL DIDACTICO DE UN SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO DEL TIPO INDUCTIVO

1. Introducción

Con la finalidad de hacer un aporte a la escuela de Ingeniería Mecánica se elaboro un panel didáctico para uso de los estudiantes en el que de una manera muy practica y sencilla se podrá comprobar el funcionamiento de los elementos involucrados en un sistema de encendido del tipo inductivo, este panel posee terminales de prueba para realizar mediciones del comportamiento real en un automóvil y se espera que sea de mucha utilidad para el estudiante que curse el laboratorio de motores de combustión interna.

2. Realización de pruebas

En el panel didáctico se puede observar el esquema eléctrico del sistema inductivo con la indicación del nombre de las piezas y su respectiva conexión eléctrica y en la parte superior se encuentran instalados las piezas físicas y reales del sistema de encendido.

Este panel es activado con el interruptor de encendido y la rotación del distribuidor será manualmente.

Medir generación de corriente	La primera prueba que es posible realizar en este panel es la de generación de voltaje de las bobinas captoras, en panel cuenta con puertos de medición para que sea de mayor comodidad la medición, si el sistema esta activado al momento de rotar el distribuidor se podrá observar el disparo de la bobina de alta tensión a través de la bujía de prueba instalada en el panel.

En este panel se podrá realizar mediciones de la alimentación del sistema de encendido, por medio de los puertos de medición.

Medición al modulo de encendido	El modulo de encendido no es la excepción ya que también se podrá verificar el funcionamiento de este elemento que es el encargado de transformar la señal analógica del distribuidor en una señal digital y así producir la activación del transistor de potencia para la apertura del circuito primario de la bobina y con esto lograr un disparo de alta tensión en la bujía.