

**REACONDICIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE
UN BANCO DE PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE
ENCENDIDO CONVENCIONAL Y ELECTRÓNICO
DE UN MOTOR DE IGNICIÓN POR CHISPA**

EDWIN ENRIQUE MARTÍNEZ MEJÍA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2009

**REACONDICIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE
UN BANCO DE PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE
ENCENDIDO CONVENCIONAL Y ELECTRÓNICO
DE UN MOTOR DE IGNICIÓN POR CHISPA**

EDWIN ENRIQUE MARTÍNEZ MEJÍA

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

JORGE LUIS CHACÓN VELASCO

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2009

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Mayo del 2009

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres.

AGRADECIMIENTOS

A Jorge Luís Chacón Velasco, ingeniero mecánico, director del proyecto, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A mis padres y familiares.

A todos mis amigos.

Edwin Martínez Mejía.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE ICH	2
HISTORIA DEL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS	2
FUNCIONAMIENTO	3
2. SISTEMA DE ARRANQUE	7
ARRANQUE POR MOTOR ELÉCTRICO	7
EL MOTOR ELÉCTRICO	8
EL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO	9
3. SISTEMAS DE ENCENDIDO	11
3.1. SISTEMA DE ENCENDIDO CONVENCIONAL	12
3.1.1. Funcionamiento	12
3.1.2. Bobina	15
3.1.3. Distribuidor	17
3.1.3.1. Sistema de Avance por Vacío	19
3.1.3.2. Sistema de Avance Centrífugo	20
3.1.4. Condensador	21
3.1.5. Platinos	22
3.1.6. Bujías	23
3.1.7. Cables de Alta Tensión	24
3.2. SISTEMA ENCENDIDO ELECTRÓNICO	25
3.2.1. Sistema de Encendido con Bobina Captadora	25
3.2.1.1. Unida Magnética y Reluctor	26
3.2.1.2. Funcionamiento	28
3.2.1.3. Módulo Electrónico	29
3.2.2. Encendido Electrónico con Efecto Hall	33
3.2.2.1. Sensor de Efecto Hall	34
3.2.2.2. Distribuidor de Encendido por Efecto Hall	35
3.3. SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO INTEGRAL	38
3.3.1. Funcionamiento	40
3.3.2. Generador de Impulsos Inductivos	41
3.3.3. Sensor de Vacío	43
3.3.4. Unidad de Control	43

3.4.	SISTEMA DE ENCENDIDO DIRECTO (DIS).	45
3.4.1.	Bobina doble	46
3.4.2.	Funcionamiento	48
3.4.3.	Evolución el Sistema DIS	52
3.4.4.	Unidad de Control	54
4.	SISTEMA DE ENCENDIDO: DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO	56
4.1.	LA SEGURIDAD, LAS HERRAMIENTAS Y EQUIPO DE DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ENCENDIDO Y ARRANQUE.	57
4.1.1.	Seguridad	57
4.1.2.	Herramientas y Equipos.	58
4.1.2.1.	Línea Diamantada para Platinos.	59
4.1.2.2.	Báscula Dinamométrica para Tensión de Resorte de Platinos.	59
4.1.2.3.	Medidor de Ángulo de Cierre de Platinos (DWELL).	60
4.1.2.4.	Tacómetro.	60
4.1.2.5.	Chispómetro.	61
4.1.2.6.	Banco de pruebas para distribuidores.	62
4.1.2.7.	Vacuómetro	63
4.1.2.8.	Compresómetro	63
4.1.2.9.	Densímetro para batería	64
4.1.2.10.	Analizadores de motores.	65
4.1.2.11.	Analizador de módulos de encendido electrónico.	66
4.2.	DIAGNÓSTICO DE FALLAS PREVIO A LA REPARACIÓN.	69
4.2.1.	Diagnóstico de Fallas en el Sistema de Encendido Convencional.	82
4.2.1.1.	Diagnóstico de Fallas en el Sistema de Encendido Electrónico.	86
4.3.	DESARME, INSPECCIÓN Y REPARACIÓN DEL SISTEMA ENCENDIDO CONVENCIONAL.	90
4.3.1.	Desmontar el Sistema de Encendido.	90
4.3.2.	Desarmar el distribuidor	93
4.3.3.	Limpiar el Distribuidor y las Bujías.	95
4.3.4.	Verificar el Sistema de Encendido.	96
4.3.5.	Armar Distribuidor.	98
4.3.6.	Montar los Elementos del Circuito de Encendido.	101
4.4.	DESARME, DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO.	103
4.4.1.	Desmontar el Sistema de Encendido.	103
4.4.2.	Desarmar el distribuidor (Fig. 86).	104

4.4.3.	Inspección de los elementos del sistema de encendido.	106
4.4.4.	Armar Distribuidor.	108
4.4.5.	Montar los Elementos del Circuito de Encendido.	111
4.5.	DESMONTE, DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DEL SISTEMA DE ARRANQUE.	114
4.5.1.	Comprobación del Circuito.	115
4.5.2.	Comprobación del Arranque.	117
4.5.3.	Instalación del Arranque y Prueba del Circuito.	118
4.6.	PUESTA A PUNTO DEL ENCENDIDO.	120
4.6.1.	Orden de Encendido.	120
4.6.2.	Sincronizar el Encendido.	122
5.	OPERACIÓN, DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO Y ARRANQUE DEL M.C.I. EN EL L.M.T.A.	128
5.1.	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL L.M.T.A.	128
5.2.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO.	133
5.2.1.	Parámetros de Diseño.	133
5.2.2.	Análisis de Diseños Existentes.	134
5.2.3.	Alternativas Estimadas.	137
5.2.4.	Proceso de Construcción.	142
5.3.	DESCRIPCIÓN DEL BANCO.	147
5.4.	OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO Y ARRANQUE EN EL BANCO DEL LMTA.	152
5.4.1.	Operación del Sistema de Encendido Convencional.	153
5.4.2.	Operación del Simulador de Encendido Electrónico.	154
5.5.	PRUEBAS DE LABORATORIO.	156
5.5.1.	Material a Utilizar	157
5.5.2.	Comprobación del Voltaje de la batería.	160
5.5.3.	Prueba de la Capacidad de la Batería.	161
5.5.4.	Prueba Corriente de Arranque.	163
5.5.5.	Prueba de Balance de Potencia.	164
5.5.6.	Prueba de Resistencia del Sistema de Encendido.	165
5.5.7.	Prueba de Platinos.	166
5.5.8.	Prueba de Bobina de Encendido.	167
5.5.9.	Cables de Bujía.	168
5.5.10.	Prueba de Motor Arranque.	169
5.5.11.	Prueba de Medición de Ángulos de Contacto.	171
5.5.12.	Medición de la Velocidad del Motor.	171
5.5.13.	Control de Avance del Encendido.	172
5.5.14.	Diagrama de Onda del Bobinado Primario.	175

5.6.	DIAGNÓSTICO DE LAS FALLAS DE LOS SISTEMAS DE ENCENDIDO Y DE ARRANQUE.	179
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	180
7.	BIBLIOGRAFIA	181
	ANEXO A. PRUEBAS EN EL L.M.T.A.	182
	ANEXO B. PLANO GENERAL DEL BANCO.	188

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Ciclo de cuatro tiempos.	5
Figura 2 Sistema de encendido convencional motor Ford	6
Figura 3 Esquema eléctrico del sistema de arranque	8
Figura 4 Vista de un sistema de arranque típico	9
Figura 5 Motor de arranque seccionado	10
Figura 6 Esquema eléctrico del Sistema Encendido Convencional	12
Figura 7 Elementos del distribuidor	14
Figura 8 Corte de una bobina	15
Figura 9 Bobina plástica	17
Figura 10 Elementos de un distribuidor	18
Figura 11 Esquema del avance en vacío	19
Figura 12 Esquema avance centrífugo	20
Figura 13 Foto del condensador	21
Figura 14 Platinos	22
Figura 15 Bujía	23
Figura 16 Cable de alta tensión	24
Figura 17 Esquema Sistema de Encendido Electrónico por Bobina Captadora	26
Figura 18 Elementos de bobina captadora	27
Figura 19 Bobina captadora	27
Figura 20 Esquema sistema encendido inductivo	28
Figura 21 Módulo electrónico fijado al distribuidor	29
Figura 22 Módulo electrónico en conjunto a la bobina.	30
Figura 23 Esquema eléctrico del módulo electrónico	32
Figura 24 Señales de osciloscopio para el módulo electrónico.	33
Figura 25 Sensor Hall	34

Figura 26 Distribuidor con generador Hall	35
Figura 27 Elementos de la unidad Hall	36
Figura 28 Funcionamiento de la barrera Hall	37
Figura 29 Mapa tridimensional del ángulo de avance en distintos sist. encendido	39
Figura 30 Esquema de un Sistema de encendido electrónico integral	41
Figura 31 Sensor revoluciones del cigueñal	42
Figura 32 Señal de un sensor inductivo en el cigueñal	42
Figura 33 Sensor de vacío	43
Figura 34 Esquema en bloques de la UCE	44
Figura 35 Sistema encendido estático.	46
Figura 36 Bobina doble para 4 cilindros	47
Figura 37 Esquema eléctrico de una bobina doble para 4 cilindros	47
Figura 38 Bobinas dobles en motor de 6 cilindros.	48
Figura 39 Salto de chispa en un motor de 4 cilindros con DIS.	49
Figura 40 Bobina doble, circuito primario cerrado.	50
Figura 41 Bobina doble, circuito primario abierto.	50
Figura 42 Bobina doble, circuito primario abierto en el siguiente ciclo.	51
Figura 43 Sistema de Encendido Estático Integral.	52
Figura 44 Sistema DIS Independiente.	53
Figura 45 Sistema DIS, simultáneo.	53
Figura 46 Unidad de Control DIS	55
Figura 47 Piedra diamantada	59
Figura 48 Dinamometro	60
Figura 49 Medidor DWELL	60
Figura 50 Lámpara de puesta a punto con tacómetro digital	61
Figura 51 Chispómetro	62

Figura 52 Banco de pruebas para distribuidor	62
Figura 53 Vacuometro	63
Figura 54 Manómetro	64
Figura 55 Densimetro	65
Figura 56 Analizador de motor	66
Figura 57 Analizador módulos electrónicos	67
Figura 58 Conexión del sistema encendido con el osciloscopio.	68
Figura 59 Osciloscopios digitales	68
Figura 60 Circuito de baja tensión en el sistema de encendido convencional.	71
Figura 61 Cables de alta tensión.	72
Figura 62 Toma tensión en la batería.	73
Figura 63 Salto de chispa.	74
Figura 64 Probador de chispa sencillo.	74
Figura 65 Bobina y su cable de alta tensión.	75
Figura 66 Medida de resistencia del primario.	76
Figura 67 Medida de resistencia del secundario.	77
Figura 68 Medición voltaje al terminal positivo de la bobina.	78
Figura 69 Lámpara de prueba.	79
Figura 70 Medida de resistencia interna de la bobina captadora.	80
Figura 71 Medida tensión en el sensor Hall.	81
Figura 72 Prueba del módulo electrónico con lámpara.	81
Figura 73 Puntos para desmontaje de el distribuidor.	91
Figura 74 Puntos para desmontaje de la bobina.	91
Figura 75 Desmonte de bujía.	92
Figura 76 Desarme del distribuidor.	93
Figura 77 Desmonte del pasador del piñón en el distribuidor.	94
Figura 78 Limpieza conductos de la tapa del distribuidor	95

Figura 79 Limpieza de bujías	96
Figura 80 Calibración de electrodos en una bujía.	97
Figura 81 Instalación de los bujes del distribuidor.	98
Figura 82 Montaje del eje del distribuidor.	99
Figura 83 Ajuste de apertura de platinos.	100
Figura 84 Elementos a desmontar del sistema de encendido electrónico.	103
Figura 85 Proceso de extracción del distribuidor con captador.	105
Figura 86 Desarme del distribuidor.	106
Figura 87 Analizador de módulos de encendido.	107
Figura 88 Montaje de los contrapesos.	108
Figura 89 Alineación del rotor.	108
Figura 90 Instalación de los resortes.	109
Figura 91 Instalación de la placa del disyuntor.	109
Figura 92 Montaje de la cámara de vacío.	110
Figura 93 Instalación de la bobina captadora.	110
Figura 94 Montaje del rotor.	111
Figura 95 Marca de sincronización "0".	112
Figura 96 Alineación del diente del reluctor.	112
Figura 97 Prueba de voltaje en el réle.	115
Figura 98 Prueba de puenteo en el motor de arranque.	116
Figura 99 Prueba del motor arranque fuera del vehículo.	118
Figura 100 Motor 4 cil. en línea, orden de encendido.	121
Figura 101 Motor 6 cil. en línea, orden de encendido.	121
Figura 102 Marcas en el carter para sincronización.	123
Figura 103 Conexión de la lámpara estroboscópica.	124
Figura 104 Disparando las marcas con lámpara estroboscópica.	125
Figura 105 Ajuste del distribuidor.	126

Figura 106 Desconexión del avance por vacío.	127
Figura 107 Banco antiguo del sistema encendido convencional Toyota F110.	129
Figura 108 Motor Toyota F110 antes de su mantenimiento.	130
Figura 109 Entrenador de fallas, SENA	134
Figura 110 Maqueta de simulación de encendido electrónico.	135
Figura 111 Panel simulador de diversos sistemas de encendido electrónico.	136
Figura 112 Banco del sistema de iluminación.	137
Figura 113 Propuesta maqueta sistema encendido electrónico.	138
Figura 114 Maquetas alternativas de modelo.	138
Figura 115 Banco estructura tubo redondo.	139
Figura 116 Vista frente de primera propuesta.	140
Figura 117 Propuesta estructura en tubo cuadrado.	141
Figura 118 Parte posterior estructura de tubo cuadrado.	142
Figura 119 Construcción inicial.	144
Figura 120 Tubos redondos para suavizar aristas.	145
Figura 121 Soporte temporal del simulador de sistema encendido electrónico.	145
Figura 122 Detalle de las gavetas.	146
Figura 123 División del tablero.	147
Figura 124 Simulador del sistema encendido electrónico.	148
Figura 125 Secciones en el tablero del sist. encendido electrónico.	149
Figura 126 Zona del tablero al sistema encendido convencional.	150
Figura 127 Diagrama y circuito eléctrico del sist. de encendido convencional.	151
Figura 128 Vista posterior del banco.	152

Figura 129 Esquema sistema de encendido convencional.	153
Figura 130 Panel del sistema de encendido electrónico.	155
Figura 131 Alltest 3710	157
Figura 132 Sonda TDV.	158
Figura 133 Sonda SAO.	158
Figura 134 Lámpara estroboscópica.	159
Figura 135 Osciloscopio análogo.	160
Figura 136 Polos de la batería.	161
Figura 137 Cable de alta tensión en el motor Toyota F110.	162
Figura 138 Bobina de encendido del motor Toyota.	165
Figura 139 Puntos de medición de resistencia en la bobina.	168
Figura 140 Cables de alta tensión.	169
Figura 141 Motor de arranque en el motor Toyota F110.	170
Figura 142 Conexiones de la pistola estroboscópica.	172
Figura 143 Visor de marcas de sincronización.	173
Figura 144 Apuntando la pistola sobre las marcas.	174
Figura 145 Ajuste del distribuidor.	175
Figura 146 Conexión de las onda del osciloscopio.	176
Figura 147 Diagrama guía del bobinado primario.	177
Figura 148 Oscilograma.	178

LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1 Diagnóstico del sistema de encendido, motor no arranca.	70
Diagrama 2 Sincronización del encendido con lámpara estroboscópica.	122
Diagrama 3 Proceso de fabricación del banco.	143
Diagrama 4 Pruebas de laboratorio según herramienta.	156

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Fallas en el sistema general de encendido convencional.	82
Tabla 2 Fallas en las bujías del encendido convencional.	84
Tabla 3 Fallas en el sistema de encendido electrónico.	86
Tabla 4 Matriz DOFA.	132
Tabla 5 Voltajes capacidad de batería en el arranque.	163

RESUMEN

TÍTULO:

REACONDICIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE ENCENDIDO CONVENCIONAL Y ELECTRÓNICO DE UN MOTOR DE IGNICIÓN POR CHISPA *

AUTORES:

Edwin Enrique Martínez Mejía. **

PALABRAS CLAVES:

Sistema de Encendido, Convencional, Motor de Ignición por Chispa, Diagnóstico y Reparación, Sistema Eléctrico.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo de este proyecto es dotar al Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (LMTA) adscrito al Grupo de Investigación en Energía y Medio Ambiente (GIEMA) de una serie de prácticas concernientes al estudio de los sistemas de encendido convencional y electrónico de Motores de Ignición por Chispa (MICH). Con este proyecto se diseñó y construyó un banco de pruebas para mostrar de manera didáctica a los estudiantes de Ing. Mecánica la operación, diagnóstico y la reparación de los diferentes sistemas de encendido.

Las prácticas se diseñaron con una orientación bastante técnica que ayuden a complementar la teoría estudiada en la asignatura MTA. y desarrollar los conceptos básicos que debe poseer un ingeniero en su formación.

El diseño del banco de pruebas se hizo de la manera más funcional y practica posible, con diagramas, esquemas y circuitos eléctricos que faciliten la comprensión del sistema de encendido a tratar. Divido el tablero en los dos sistemas de encendido, convencional y electrónico. Con una estética en su construcción para que sirva de base para los siguientes bancos a construir dentro del LMTA.

Este proyecto sirve de guía tanto para el auxiliar como para el estudiante y para que aprovechen al máximo de los beneficios que se les otorga al experimentar y constatar la teoría con la práctica.

Con este proyecto se intenta optimizar los recursos con que cuenta el LMTA para dar cabida al desarrollo básico de ingeniería en los motores, enfocándose en el sistema de encendido.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Jorge Luis Chacón Velasco.

SUMMARY

TITLE:

RESTRUCTURING AND CONSTRUCTION OF A PROVING STAND OF THE SYSTEMS OF CONVENTIONAL AND ELECTRONIC IGNITION OF A MOTOR OF IGNITION BY SPARK.*

AUTOR:

Edwin Enrique Martínez Mejía. **

KEY WORDS:

System of Ignition, Conventional, Motor of Ignition by Spark, Diagnosis and Repair, Electrical System.

DESCRIPTION:

The objective of this project is to provide alternative heat Machines Laboratory (LMTA), attached to the Research Group on Energy and Environment (Giem) a number of practices relating to the study of conventional ignition systems and electronic Ignition Engines Chispa (MICH). This project will design and build a test bed to demonstrate how teaching to students of Mechanical Eng operation, diagnosis and repair of different ignition systems.

The practices are designed with a rather technical guidance to help supplement the theory studied in the course MTA. and develop the basic concepts that should have an engineer in training.

The design of the test bed was the most functional and practical as possible, with charts, diagrams and electrical circuits that facilitate the understanding of the ignition system to be treated. Divided the board in the two ignition systems, conventional and electronic. With a beauty in its construction to serve as the basis for the following banks to build within the LMTA.

This project serves as a guide for the assistant to the student and to maximize the benefits that are given to verify the experiment and theory with practice.

This project seeks to optimize the resources available to the LMTA to accommodate the development of basic engineering engines, focusing on the ignition system.

* Thesis of degree

** School of Industrial Design and Mechanical Engineering. Faculty of Physical Mechanical Engineerings. Director: Ph.D Jorge Luís Chacón Velasco.

INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de optimizar los recursos del laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas(LMTA) se presento este proyecto de grado, para mejora las herramientas del laboratorio, hacerlas útil y poner en práctica la teoría. Tan necesarias en el proceso de aprendizaje por parte de los estudiantes.

Las prácticas aquí diseñadas ayudan al estudiante a entender los principios de funcionamiento de los sistemas de encendido, así como, a probar y evaluar cada falla posible recurriendo con simples herramientas para su estudio.

Se puede observar que encontrarán que las prácticas son fáciles de implementar, ejecutar y asimilar, lo que facilitan el adiestramiento práctico con los recursos del laboratorio.

Actualmente existe un banco para valorar algunas pruebas demostrativas para que el estudiante de Ing. Mecánica aprenda los conocimientos básicos del funcionamiento de los sistemas de encendido convencional. Sin embargo no existe material de apoyo para explicar el funcionamiento de los sistemas de encendido electrónico.

Comenzamos con una breve descripción de cada uno de los sistemas de encendido, convencional y electrónico. Luego nos referiremos a las posibles fallas y la manera de solucionarlos. Finalmente, se termina el proyecto de grado diseñando e implementando una serie de prácticas y procedimientos sencillos que facilitarán el aprendizaje por parte de los estudiantes de los diferentes sistemas de encendido.

1. EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE ICH

HISTORÍA DEL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS*

La gasolina, la cual se obtiene mediante la destilación fraccionada del petróleo, fue descubierta en 1857. En 1862 fue enunciado el ciclo de volumen constante por Beau de Rochas con el título "ciclo de cuatro tiempos". Posteriormente el alemán Otto lo aplicó a un motor térmico denominándolo como ciclo Otto.

Sí históricamente Carl Benz ha sido considerado como el padre del automóvil, ya que en 1885 fue el primer constructor de un motor de cuatro tiempos de encendido por bujías, hay que remontarse al año 1860 para encontrar los primeros experimentos sobre motores de combustión interna. El primer antecedente al motor de Carl Benz, fue ideado por un belga de fértil imaginación llamado Etienne Lenoir, que construyó su primer modelo práctico veinticinco años antes que Benz, y que en aquel momento abrió la puerta de la evolución y estableció una serie de principios técnicos que han permanecido inmutables hasta hace pocos años. La primera vez que el ciclo de cuatro tiempos se empleó con éxito fue en 1876, en un motor construido por un ingeniero alemán, el conde Nicholas Otto.

* Tomado de <http://www.geocities.com/mecanicoweb/kt1.htm>

Actualmente, algunos motores de explosión pueden funcionar también con etanol, gas natural comprimido, gas licuado del petróleo y/o hidrógeno, además de gasolina. Ahora los motores llamados así (ecológicos) están compuestos por una mezcla de aceite de maíz (etanol) el cual no perjudica en nada al medio ambiente.

FUNCIONAMIENTO*

En todo motor de movimiento alternativo, las dos posiciones extremas entre las que se puede mover un émbolo se llama “punto muerto superior” (PMS) y “punto muerto inferior” (PMI). En el motor de cuatro tiempos (Figura 1), cada émbolo comienza su carrera en el PMS. Al iniciar su primer movimiento hacia abajo, se abre en la parte superior del cilindro una válvula de admisión que da paso al vapor de gasolina mezclado con aire. Para cuando el émbolo llega al PMI ha succionado la cantidad precisa de este combustible. Por consiguiente, este primer movimiento se llama **tiempo de admisión**, véase Fig. 1a.

Durante el segundo tiempo –hacia arriba–, la válvula de admisión esta cerrada, mientras el émbolo comprime la mezcla combustible de forma que ésta se hace de fácil ignición. En consecuencia, este tiempo se llama **tiempo de compresión**, véase Fig. 1b.

Cuando el émbolo se acerca al PMS, entre los electrodos de la bujía salta una chispa eléctrica que enciende el vapor comprimido en la parte superior del cilindro. La combustión resultante, en la que la temperatura de la mezcla

* Tomado de <http://www.vochoweb.com/vochow/tips/red/motor>

puede llegar a los 2.000°C y la fuerza hasta 2 toneladas, empuja al émbolo hacia abajo. Es el **tiempo de explosión**, véase Fig. 1c.

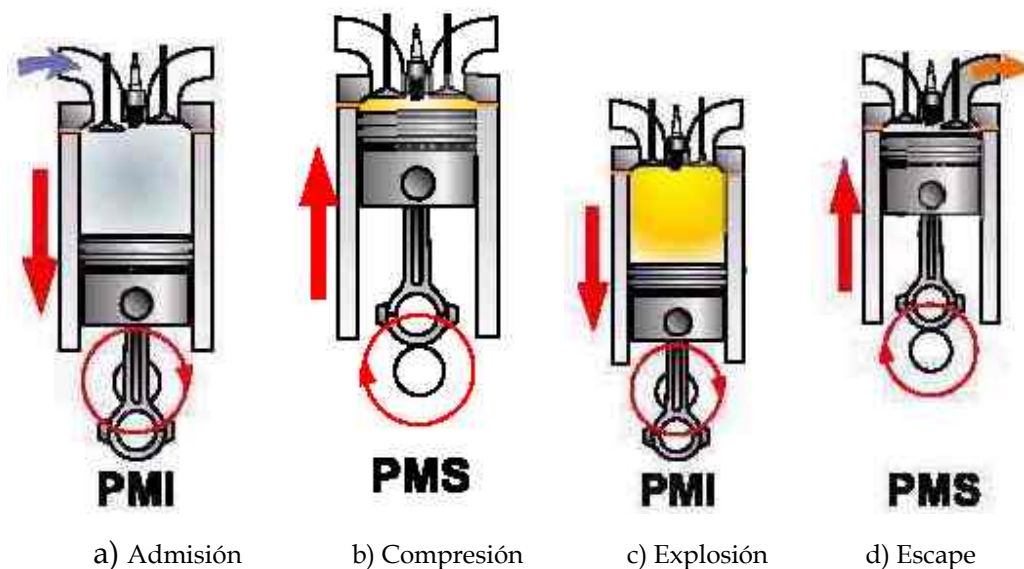
Para cuando el émbolo llega de nuevo al fondo del cilindro, se ha agotado la fuerza de la combustión. Resta sólo permitir que los productos de desecho de la combustión pasen al sistema de escape, y de él a la atmósfera. En este punto, pues, se abre en el cilindro una segunda válvula, la válvula de escape. Con esto, el émbolo, en su cuarto tiempo, o **tiempo de escape**, expulsa los gases a través de la parte superior del cilindro, véase Fig. 1d.

Ésta es la teoría del ciclo de cuatro tiempos, pero en la práctica, las diferentes fases no están tan netamente separadas como sugiere la teoría. Por ejemplo, el motor generará un máximo de energía si la combustión alcanza su mayor fuerza cuando el émbolo está en el punto extremo de su recorrido hacia arriba (PMS). Pero la combustión no es instantánea, sino que comienza en la parte de la mezcla que está más próxima a la bujía y se extiende en forma de abanico hasta que arde toda. Para permitir este retraso, el encendido debe ocurrir una fracción de segundo -o unos pocos grados de giro del cigüeñal- antes de que el émbolo llegue al PMS.

De la misma forma, hay un retraso entre el instante en que se abre una válvula y aquél en que el vapor combustible o el gas de escape puede atravesarla a la máxima presión. Por ello se hace a menudo que las válvulas se abran unos pocos grados antes (avance a la apertura) o se cierren unos pocos grados después (retraso al cierre), con lo que se consigue que aumente el rendimiento del motor. Estos intervalos son, por supuesto, fracciones mínimas de segundo, porque incluso en marcha al ralentí, el émbolo de un coche común se mueve hacia arriba o hacia abajo unas 1.000 veces por minuto.

Los constructores de automóviles fijan el avance a la apertura y el retraso al cierre (que, unidos, se llaman “solapo” o “cruzado” de las válvulas) para cada tipo de motor, y lo hacen en un diagrama de sincronización de las válvulas. Generalmente, cuanto más rápido ha de funcionar un motor, tanto mayor será el cruzado de las válvulas.

Figura 1 Ciclo de cuatro tiempos.*



Aunque el émbolo debe hacer cuatro movimientos para completar un ciclo de trabajo, la forma del cigüeñal nos hace ver que cada émbolo sólo puede describir dos tiempos -uno hacia arriba y otro hacia abajo- por cada revolución del propio cigüeñal. Es decir, que cada émbolo sólo puede aplicar fuerza sobre el cigüeñal una vez cada cuatro tiempos o dos revoluciones.

Es perfectamente factible mantener la inercia giratoria del cigüeñal entre cada tiempo de explosión por medio de un volante o mecanismo similar, y por consiguiente también es posible construir un motor de cuatro tiempos de un solo cilindro.

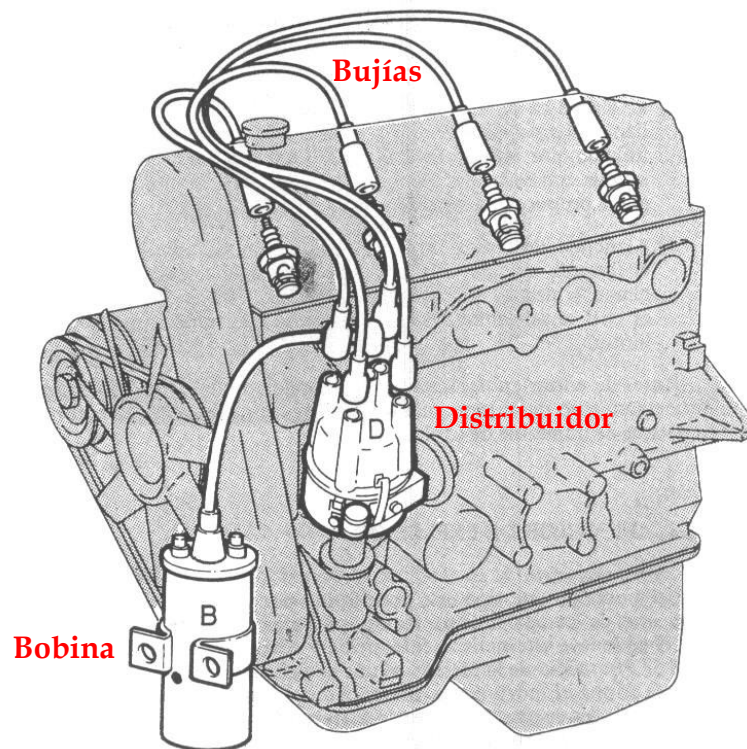
* Tomada de <http://www.vochoweb.com/vochow/tips/red/motor/pagina06.htm>

Los principales sistemas que constituyen un motor son:

- Sistema de Distribución
- Sistema de Lubricación
- Sistema de Alimentación
- Sistema de Enfriamiento
- Sistema de Arranque
- Sistema de Encendido

Con este trabajo de grado nos concentraremos principalmente en el Sistema de Encendido, ver Fig. 2, y parcialmente en el de arranque.

Figura 2 Sistema de encendido convencional motor Ford*



* Tomada de J.M., Alonso. Técnicas del automóvil, Equipo eléctrico, pág. 263.

2. SISTEMA DE ARRANQUE*

Al contrario que los motores y las turbinas de vapor, los MCI no producen un par de fuerzas cuando arrancan, lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo. Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor. Por otro lado, algunos motores pequeños se arrancan a mano girando el cigüeñal con una cadena o tirando de una cuerda que se enrolla alrededor del volante del cigüeñal. Otros sistemas de encendido de motores son los iniciadores de inercia, que aceleran el volante manualmente o con un motor eléctrico hasta que tiene la velocidad suficiente como para mover el cigüeñal; los iniciadores explosivos, que utilizan la explosión de un cartucho para mover una turbina acoplada al motor; oxígeno para alimentar las cámaras de combustión en los primeros movimientos (grandes motores). Los iniciadores de inercia y los explosivos se utilizan sobre todo para arrancar motores de aviones.

ARRANQUE POR MOTOR ELÉCTRICO

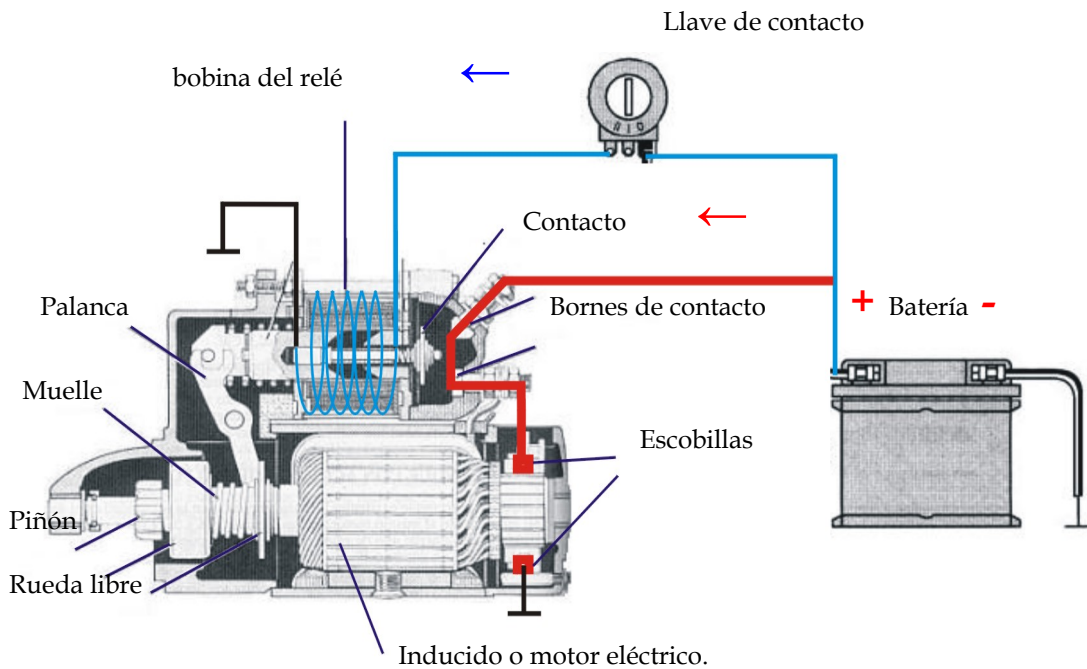
Para el arranque de los motores de automóvil se usa un motor eléctrico de corriente continua que se alimenta desde la batería de acumuladores a través de un relé. Este relé a su vez se acciona desde el interruptor de encendido del automóvil, ver Fig. 3.

Cuando se acciona el interruptor de arranque se alimenta con electricidad proveniente de la batería a la bobina del relé, y este a su vez cierra dos

* Tomado de <http://www.sabelotodo.org/automovil/arranque.html>

grandes contactos en su interior alimentando el motor de arranque directamente desde la baterías a través de un grueso conductor.

Figura 3 Esquema eléctrico del sistema de arranque*



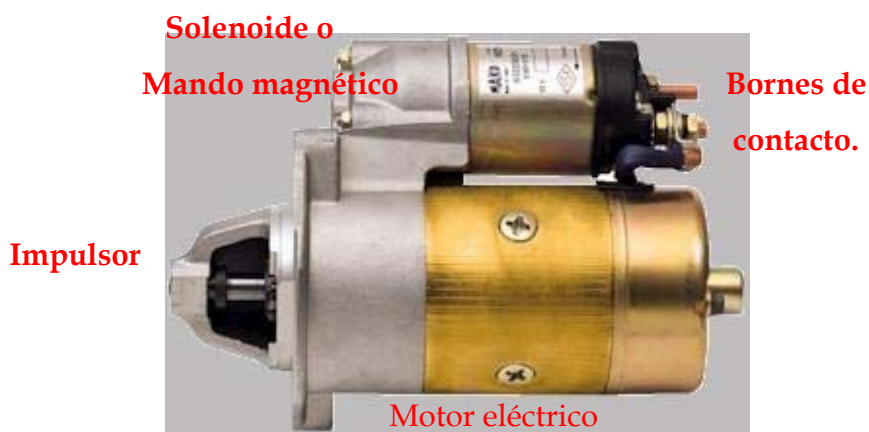
EL MOTOR ELÉCTRICO

El motor de arranque es un motor de corriente directa, especialmente diseñado para tener una gran fuerza de torque con un tamaño reducido (Figura 4), capaz de hacer girar el motor de combustión interna. Esta capacidad se logra a expensas de sobrecargar eléctricamente las partes constituyentes ya que el tiempo de funcionamiento es muy breve, por tal motivo no debe mantenerse en acción por largo tiempo, so pena de terminar averiado por sobrecalentamiento. El consumo de electricidad durante el arranque es elevado (hasta 1000 Amp para grandes motores de combustión),

* Tomada de <http://www.sabelotodo.org/automovil/arranque.html>

de manera tal que también la batería funciona en un régimen muy severo durante este proceso. Debido a estas razones es muy recomendable, cuando se intenta arrancar un motor "perezoso" usar varios intentos de corta duración (unos 10 segundos), en lugar de un solo intento de larga duración.

Figura 4 Vista de un sistema de arranque típico*



EL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO

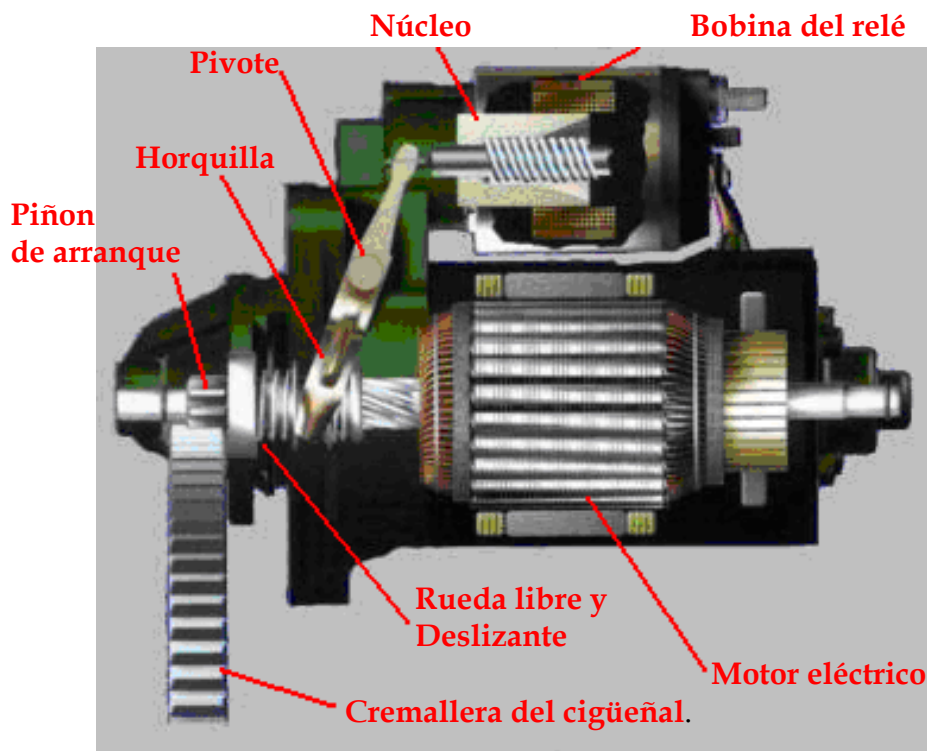
La transmisión de la rotación desde el motor de arranque al motor de combustión se realiza a través de engranajes. Un pequeño engrane deslizante está acoplado al eje del motor de arranque, este engrane es desplazado sobre estrías por el relé a través de una horquilla pivotante, de manera que se acopla a un engrane mayor que rodea el volante del cigüeñal del motor haciéndolo girar, véase Fig. 5.

Este engrane funciona a través de un mecanismo de rueda libre (como el de las bicicletas) de manera que el torque del motor de arranque se trasmita al engrane del cigüeñal, pero una vez que el motor de combustión se ponga en

* Tomada de <http://www.sabelotodo.org/automovil/arranque.html>

marcha, no pueda arrastrar al motor de arranque. Sin este mecanismo de rueda libre, debido a la gran velocidad del motor de combustión y a la elevada relación de transmisión entre el par engranado, la velocidad de rotación del rotor del motor eléctrico llegaría a velocidades peligrosas para su integridad, especialmente en conductores demorados en soltar la llave de encendido. Una vez que el motor de combustión se ha puesto en marcha y el conductor suelta la llave de encendido, se corta la alimentación eléctrica a la bobina del relé y el muelle de recuperación retira el núcleo cortando la alimentación con electricidad y desacoplando ambos engranes.

Figura 5 Motor de arranque seccionado*



* Tomada de <http://www.sabelotodo.org/automovil/arranque.html>

3. SISTEMAS DE ENCENDIDO*

Los M.C.I. utilizados en los automóviles necesitan para su funcionamiento, un sistema capaz de encender la mezcla de aire y gasolina que se introduce y comprime en el interior de sus cilindros. Esto se logra mediante una chispa eléctrica que se hace saltar en la bujía de encendido, que inflama la mezcla, iniciándose así la combustión. Este proceso que sucede muy rápidamente resulta de la participación de los distintos componentes del sistema de encendido.

El sistema de encendido dentro de un motor a gasolina tiene estas funciones:

- Transformar en corriente alterna de alta tensión la corriente de baja tensión que se halla acumulada en la batería.
- Repartir la corriente de alta tensión de una manera sincronizada con el funcionamiento del motor y la carga de mezcla proveniente del carburador o sistema de inyección.

En los motores de gasolina encontramos varios sistemas de encendido:

- Encendido convencional.
- Encendido electrónico.

A continuación se hace una breve descripción de cada sistema

* Tomada de **J.M., Alonso**. Técnicas del automóvil, Equipo eléctrico

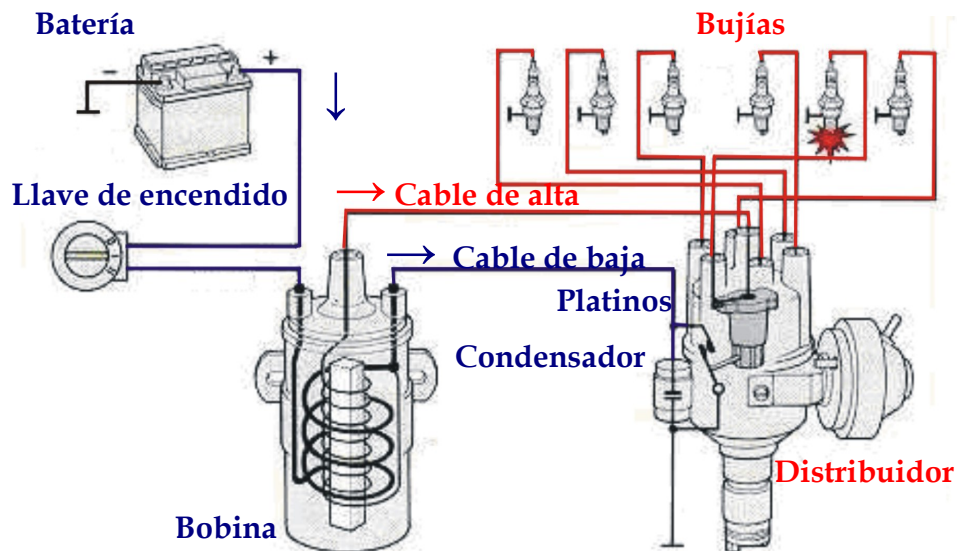
3.1. SISTEMA DE ENCENDIDO CONVENCIONAL

Es el más sencillo de los sistemas de encendido que utilizan bobina. Se distingue por utilizar unos contactos llamados **platinos**, se podría decir que es un encendido mecánico. Dichos contactos abren y cierran el circuito, coordinando la producción de la alta chispa en la bobina.

3.1.1. Funcionamiento

Un sistema de encendido convencional está formado por los siguientes elementos: batería, interruptor de encendido (llave de contacto), bobina, ruptor (platinos), condensador y bujías.

Figura 6 Esquema eléctrico del Sistema Encendido Convencional*



* Tomada de www.mecanicavirtual.org

El esquema eléctrico de este circuito se muestra en la Fig. 6. donde puede verse que la bobina consta de dos arrollamientos de hilo de cobre, superpuestos y aislados entre sí. El **arrollamiento primario** (trazo grueso en la figura 6) es de pocas espiras de hilo grueso y se une por uno de sus extremos a la batería, a través del interruptor automático llamado **platinos**. Conectado en paralelo se encuentra el condensador de encendido.

El **arrollamiento secundario** (de trazo fino en la figura 6), está formado por muchas espiras de hilo fino y va arrollado sobre un núcleo de chapas de acero. Se encuentra conectado por uno de sus extremos a masa, por medio del propio circuito primario y el ruptor o platinos, mientras que el otro extremo está unido al electrodo central de la bujía, a través del distribuidor y los cables de encendido.

Estando accionado el interruptor de encendido, la tensión acumulada en la batería se transmite a los platinos a través del arrollamiento primario. Si los platinos están cerrados la corriente va a masa y regresa a la batería. Pero cuando empieza abrirse aquel circuito se interrumpe y la corriente se induce en el arrollamiento secundario convirtiéndose en corriente de alta tensión. Esta corriente sale por la parte superior de la bobina y va a través de un cable hasta la tapa del distribuidor donde el rotor o escobilla al girar establece contacto con cada uno de las bujías mediante cables. Finalmente la corriente recibida por cada bujía provocará la chispa que hará explotar la mezcla previamente comprimida en cada cilindro.

Los platinos (Fig.7) se cierran por la presión de un resorte y se abren mediante una leva que es accionada por un engranaje del árbol de levas del motor, o por la bomba de aceite, movida a su vez por el árbol de levas.

Figura 7 Elementos del distribuidor*



Cuando se abren los platinos tiende a formarse un arco eléctrico entre ellos. Para evitar este arco se emplea el **condensador**, que es un dispositivo con capacidad para acumular brevemente cargas eléctricas. La acción del condensador garantiza entonces la interrupción del circuito primario permitiendo la activación del circuito secundario.

En algunos sistemas de encendido convencional se emplea una **resistencia** entre el interruptor del encendido y la bobina, para regular la cantidad de tensión que llega a esta última.

* Tomada de www.automecanico.com

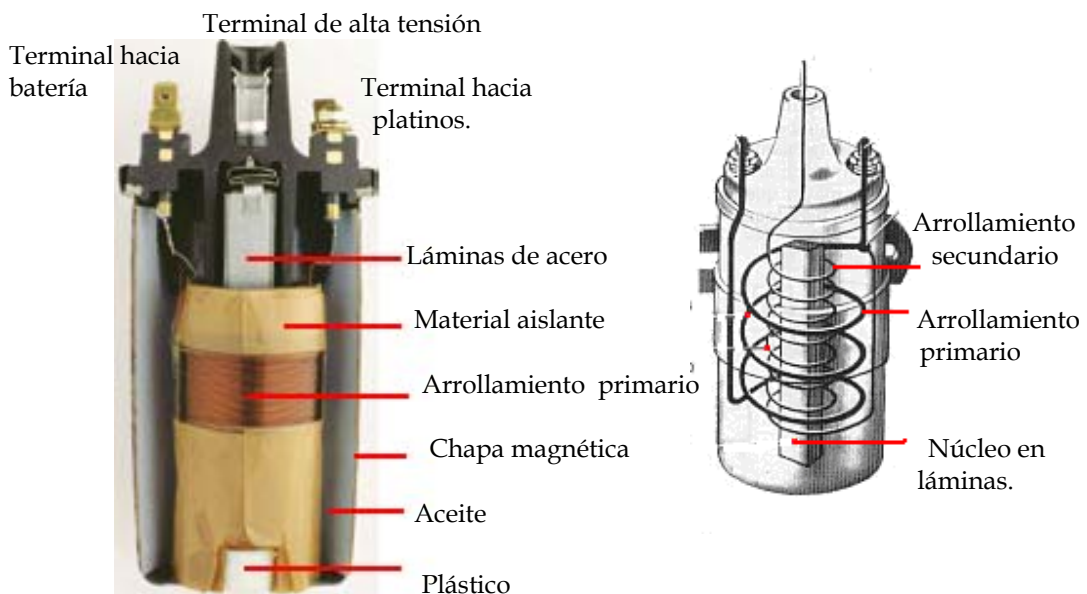
A continuación estudiaremos las características y el funcionamiento de los componentes más importante del sistema encendido convencional.

3.1.2. Bobina

La bobina se encarga de transformar la baja tensión en alta tensión y transmitirla a través de los cables del encendido.

La bobina de encendido está formada, por un núcleo hierro en láminas sobre el cual van dispuestos los arrollados primario y secundario. La función del núcleo es la de aumentar el campo magnético producido por el arrollamiento primario al ser alimentado por la batería. En la fig. 8 puede verse el esquema de conexiones de una bobina.

Figura 8 Corte de una bobina*



* Tomada de mecanicavirtual.iespana.es

Sobre el núcleo está devanado el arrollamiento secundario, formado por gran cantidad de espiras de hilo fino de cobre (entre 15.000 y 30.000) debidamente aisladas entre sí y el núcleo, por papeles impregnados en aceite, que se interponen entre cada una de las capas formadas por el arrollamiento.

Encima del arrollamiento secundario va devanado el primario, formado por algunos centenares de espiras de hilo grueso aisladas entre sí y del secundario. La relación entre el número de espiras de ambos arrollamientos está comprendida entre 60 y 150.

El conjunto formado por ambos arrollamientos y el núcleo, se rodea con chapa magnética y masa de relleno, de manera que se mantenga perfectamente sujetos en el interior de la caja metálica o carcasa de la bobina.

Generalmente están sumergidos en un baño de aceite de alta rigidez dieléctrica, que sirve de aislante y refrigerante. Las chapas magnéticas envolventes, reducen los campos magnéticos de dispersión y por consiguiente, las pérdidas de energía, concentrando el campo magnético.

Los nuevos motores, más optimizados y con elevadas revoluciones, exigen de sistemas encendido más potentes. Para lo cual fueron desarrollados bobinas de formas geométricas diferentes a las tradicionales conocidas como bobinas plásticas. Tienen un mejor aislante sólido por la resina que evita el cortocircuito interno, mayor tensión de encendido, ocupa menos espacio y peso, véase fig. 9.

Figura 9 Bobina plástica*



3.1.3. Distribuidor

Va acoplado al motor, del cual recibe movimiento. En este conjunto distinguiremos dos partes principales: **el circuito de baja tensión, que incluye los platinos y el condensador, y el circuito de alta tensión constituido por el distribuidor propiamente dicho.** El primer circuito realiza los cortes de corriente en el primario de la bobina, para obtener la alta tensión en el secundario, mientras el segundo distribuye los impulsos de alta tensión a las bujías.

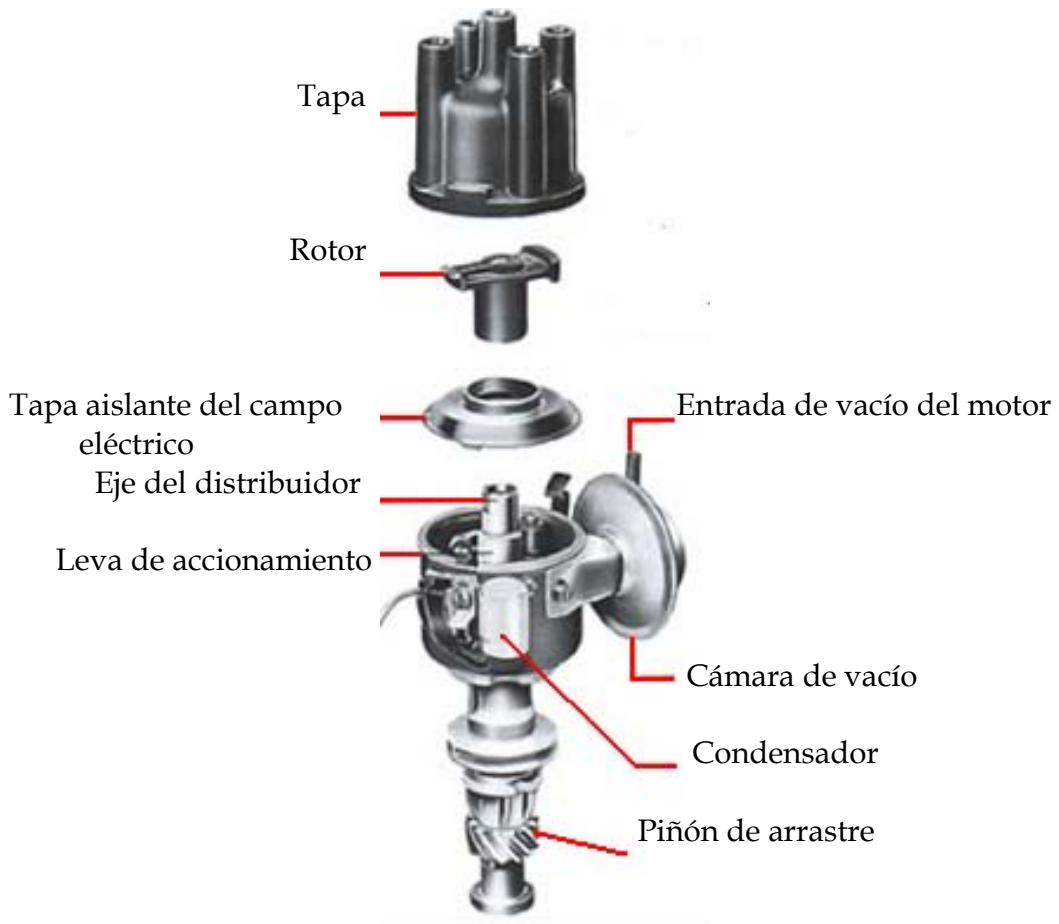
En la Fig. 10 se puede apreciar el despiece de un conjunto distribuidor, la tapa se coloca en la parte superior en una sola posición y se fija al cuerpo a través de abrazaderas metálicas.

En su interior esté el eje con la leva que acciona los platinos. En la parte superior del eje se monta el rotor, que es el encargado de distribuir la corriente a las bujías, en el momento en que se abren los platinos. El eje del

* Tomada www.todomecanica.com

distribuidor recibe el movimiento del eje de levas del motor y la relación de giro es generalmente 1:1.

Figura 10 Elementos de un distribuidor*



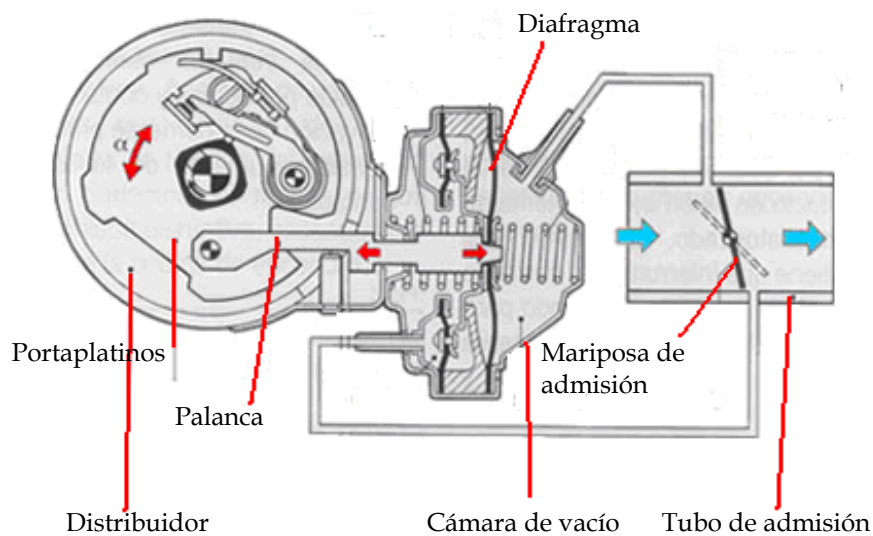
Para obtener la potencia máxima a distintas velocidades del motor, se adelanta el movimiento mediante dispositivos de avance; uno actúa por vacío del múltiple de admisión sobre la placa porta-platinos y el centrífugo actúa por la velocidad del motor, en el eje del distribuidor desplazando las levas.

* Tomada de www.automecanico.com

3.1.3.1. Sistema de Avance por Vacío

Este sistema de avance aumenta automáticamente el tiempo de ignición en casos de una aceleración brusca del motor, como por ejemplo en casos del rebase de un vehículo en carretera.

Figura 11 Esquema del avance en vacío*



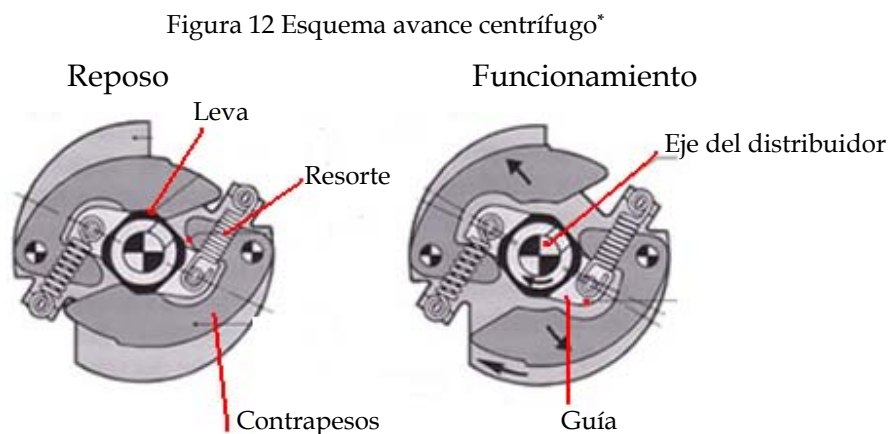
Este sistema funciona a todas las revoluciones del motor, una toma de vacío es colocada antes de la mariposa de admisión, ver Figura 11, el cambio repentino del diámetro de entrada de admisión provoca una repentina pero corta cantidad de vacío, la cual es conducida a través de una tubería hasta la entrada de una cámara de vacío, esta presión negativa provoca que el diafragma se contraiga el cual a su vez mueve una palanca que mueve la base del porta platino, provocando que se adelante el tiempo de apertura del mismo y por consecuencia el tiempo de ignición es adelantado.

* Tomada de <http://www.mecanicavirtual.org/regvacio.htm>

3.1.3.2. Sistema de Avance Centrífugo

El avance centrífugo varía el ángulo de avance de la ignición (AAI) en función del número de revoluciones del motor, actuando sobre la leva del ruptor, a la que adelanta en su sentido de giro.

Unas contrapesas están conectadas al eje del distribuidor de tal manera que giren al mismo tiempo con todo el eje, véase Fig. 12. La fuerza centrífuga provocará que los contrapesos se abran venciendo la fuerza del resorte de tensión. Los contrapesos tienen una guía que está conectada al eje que abre y cierra el platino, así que cuando el cuando el contrapeso se mueve, moverá la posición del eje, y así es como adelanta el tiempo de apertura del platino.



Según el número de revoluciones, estos contrapesos se desplazan hacia fuera y son mantenidos por los resortes en una posición de equilibrio correspondiente al AAI.

* Tomada de <http://www.mecanicavirtual.org/regvacio.htm>

3.1.4. Condensador

Figura 13 Foto del condensador*



Es un pequeño tubo metálico con un cable terminal (Fig. 13), que se conecta en paralelo con el juego de contactos. Se lo ubica dentro del distribuidor, junto a los platinos, o fuera, fijado a su cuerpo.

Su misión es la de reducir el pequeño arco voltaico que se produce al separarse los contactos del juego de platinos, para evitar el rápido desgaste. También cumple con el objetivo de producir una rápida caída del campo magnético en el primario de la bobina.

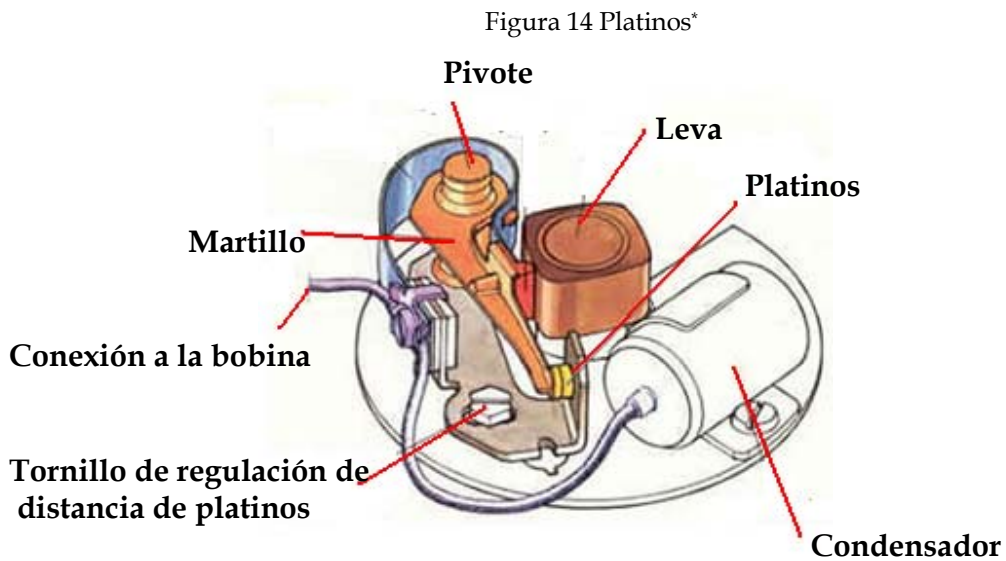
En el interior de la pequeña carcasa del condensador, encontramos a un rollito formado por una serie de papeles de estaño (material conductor) separadas por láminas de papel aislante. Uno de los terminales del material conductor es el cable y el otro la propia carcasa, que hace conexión con la masa metálica del vehículo. La característica o cualidad que permite a un condensador cargarse de electricidad, se llama "capacidad".

* Tomada de <http://www.es.bremi.de/produktdetail?artnabr=3637>

La capacidad de un condensador depende del tamaño de sus placas, del espesor del material aislante (llamado técnicamente "dieléctrico") y del material usado como tal. La unidad usada para medir la capacidad de los condensadores en los automóviles es el microfaradio. En los más utilizados está comprendida entre los 0,2/0,3 microfaradios.

3.1.5. Platinos

Es un contacto que corta o permite el paso de la corriente eléctrica a través de la bobina, véase Fig. 14.



La apertura o cierre de los platinos es provocado por una leva accionada por el eje del distribuidor, con el cual esta sincronizado para que la apertura y salto de chispa se produzca a cada cilindro en el momento oportuno.

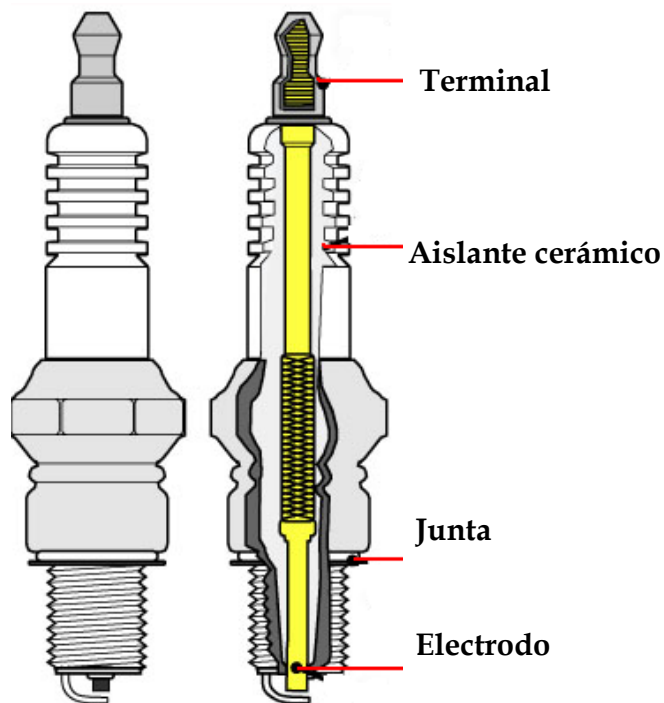
* Tomada de <http://mecanicavirtual.iespana.es/ruptor.htm>

El material de los platinos es tungsteno soportan corrientes de hasta 5amp. La cantidad de salientes que posee una leva, determina el número de cilindros en el MCI.

3.1.6. Bujías

Encargadas de producir la chispa en el interior de la cámara de combustión cuando se las suministra una fuerte descarga eléctrica de alta tensión.

Figura 15 Bujía*



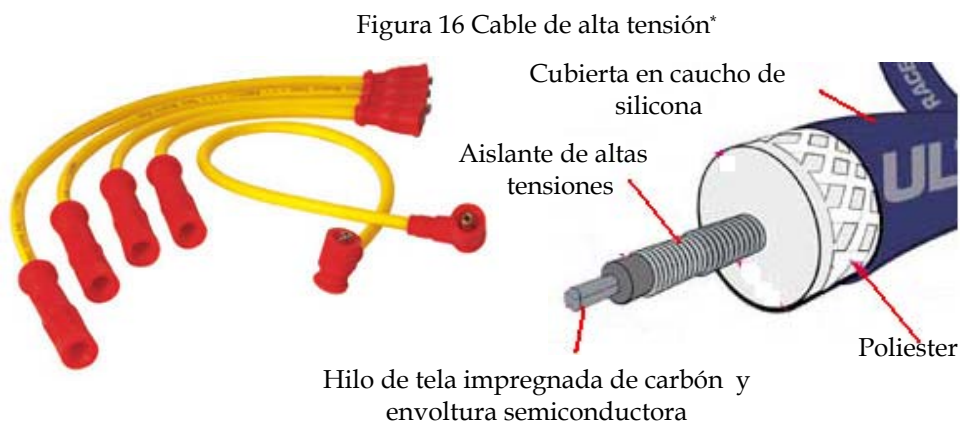
En la Fig. 15. se puede apreciar una bujía seccionada, en la que puede verse que está constituida por un electrodo central de aleación especial resistente al desgaste por quemadura (níquel, silicio y cromo), que sobresale por la parte inferior de la bujía, mientras por la parte superior se une a un perno de conexión o terminal que se conecta al cable de alta tensión.

* Tomada de <http://www.motosonline.net/fichamecanica.asp?Id=25>

Rodeando el electrodo central se dispone de un aislador de cerámica formada por óxidos de aluminio y sustancias vidriosas, que a su vez rodeado por el cuerpo metálico de acero especial al níquel.

3.1.7. Cables de Alta Tensión

Son los encargados de transportar la corriente desde la bobina hasta la bujía pasando por el distribuidor.



En la figura 16 vemos que son cables formados generalmente por un hilo de tela de rayón impregnada en carbón, rodeada de un aislante de plástico de un grosor considerable. La resistencia de estos cables es la adecuada para suprimir las corrientes parásitas que afectan los equipos de radio instalados en el automóvil.

* Tomada de <http://mecanicavirtual.iespana.es/ruptor.htm>

3.2. SISTEMA ENCENDIDO ELECTRÓNICO

Los sistemas de encendido electrónico no tienen platinos y condensador, pero cuentan con elementos que hacen la misma función de ellos. En algunos casos por bobina captadora, sensor óptico o el sensor de efecto Hall que hacen este efecto y que estudiaremos posteriormente.

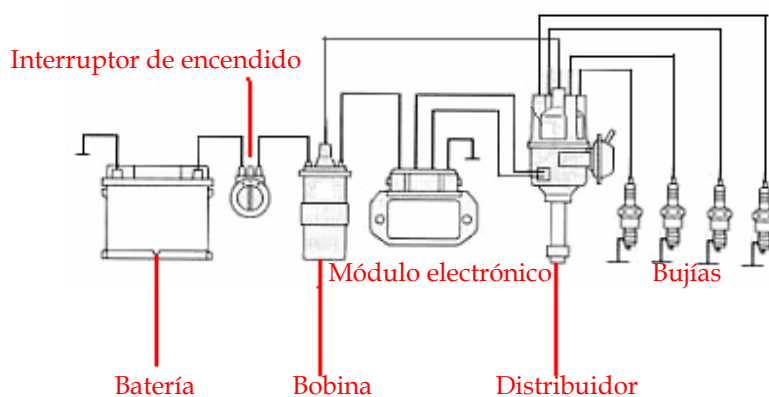
Estos sistemas permiten producir mayores voltajes para generar la chispa en las bujías, que puede ser de hasta 40.000 voltios, además de mejorar las respuestas a altas revoluciones, son mucho más confiables que el sistema de encendido convencional, ya que no requieren calibración ni mantenimiento periódico.

Con el encendido electrónico se logra una óptima utilización del combustible y una reducción de la contaminación ambiental.

3.2.1. Sistema de Encendido con Bobina Captadora*

Es uno de los más utilizados en los sistemas de encendido electrónicos. Este sistema de encendido dispone de los mismos elementos que los empleados en un encendido convencional (batería, bobina, distribuidor, bujías), véase Fig. 17.

Figura 17 Esquema Sistema de Encendido Electrónico por Bobina Captadora**



En la cabeza del distribuidor es sustituido el clásico ruptor por un generador cuyos impulsos se hacen llegar a un componente adicional (módulo electrónico), que después de tratarlos convenientemente determina el instante de corte de la corriente primaria en la bobina y, con ello, el salto de la chispa en la bujía.

A continuación se describen los principales elementos que caracterizan o diferencian este sistema de encendido.

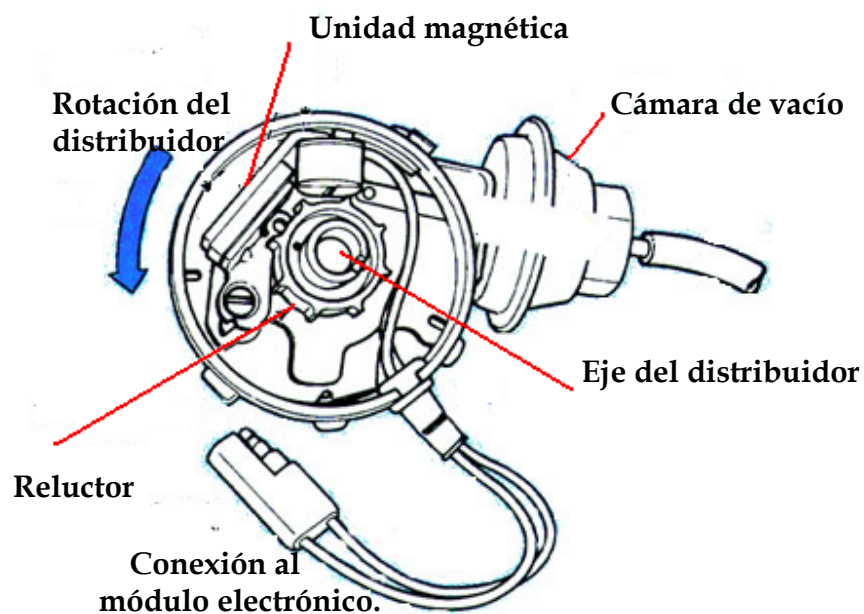
3.2.1.1. Unida Magnética y Reluctor

Con excepción de los mecanismos de impulso y de avance, los componentes internos del distribuidor electrónico son completamente nuevos. La **unidad magnética** ha reemplazado los platinos, y el **reluctor** ha reemplazado a la leva, véase Fig. 18.

* Tomada de <http://mecanicavirtual.iespana.es/encendido-electronico-sin-contactos.htm>

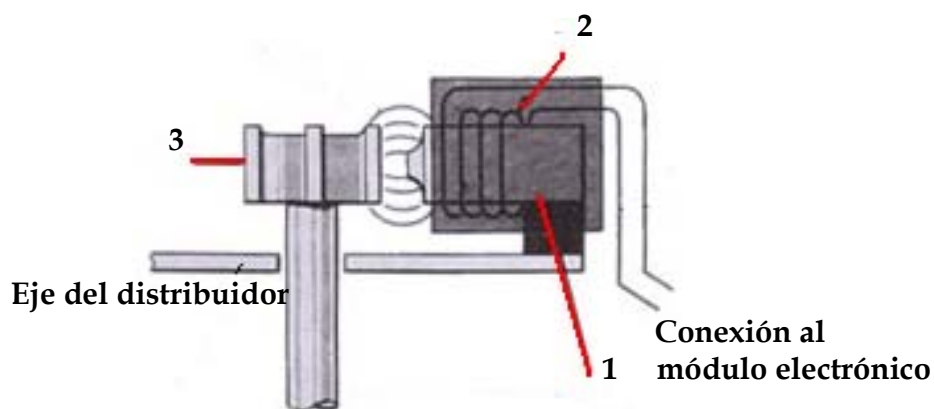
** Tomada de <http://mecanicavirtual.iespana.es/encendido-electronico-sin-contactos.htm>

Figura 18 Elementos de bobina captadora*



En la figura 19 se puede apreciar detalladamente los elementos principales que hacen parte del sistema de encendido por bobina captadora.

Figura 19 Bobina captadora**



* Tomada de www.encendidorumbonorte.com.ar

** Tomada de <http://www.mecanicavirtual.org/encendido-electronico-sin-contactos.htm>

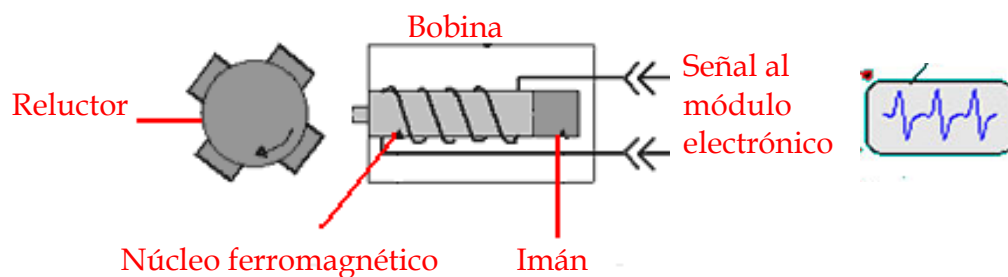
La **unidad magnética**, se compone de un imán permanente (1) y una bobina (2) arrollada alrededor de un polo.

El **reluctor**, es un componente parecido a un engranaje (3) que va fijo al eje del distribuidor, de la misma manera que la leva de un encendido con platinos. El reluctor no es un imán pero es mejor conductor magnético que el aire.

3.2.1.2. Funcionamiento

Un imán permanente en la unidad magnética causa el campo magnético desde el polo al imán mismo. El campo magnético rodea la bobina que está arrollada alrededor del polo, ver Fig. 20.

Figura 20 Esquema sistema encendido inductivo*



Cuando los dientes del reluctor se aproximan al núcleo ferromagnético, el flujo magnético se refuerza y la tensión inducida en el arrollamiento se eleva, primero lentamente a partir de cero y después cada vez más rápidamente. Inmediatamente antes de enfrentarse perfectamente los dientes, la tensión alcanza su valor positivo máximo. Cuando empiezan a alejarse, la tensión

* Tomada de mecanicavirtual.iespana.es

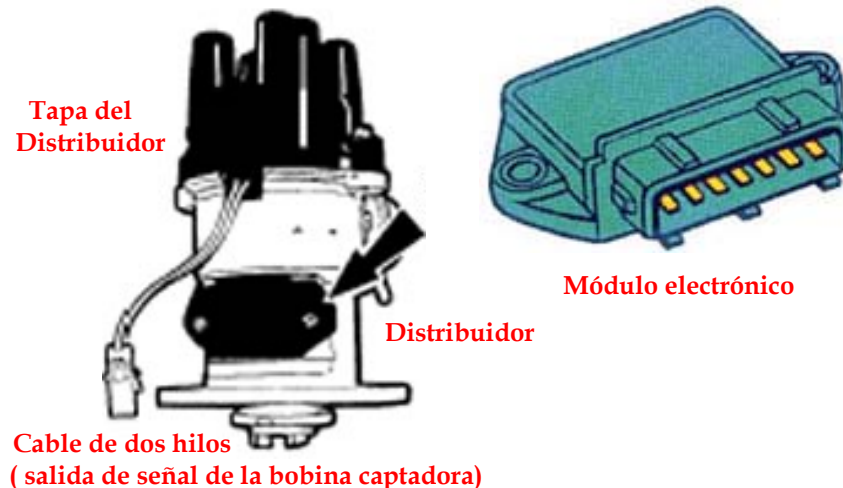
desciende y cambia bruscamente de sentido, ya que el flujo magnético se debilita.

No hay voltaje de inducción en la bobina sin el movimiento del reluctor. Los aumentos y las disminuciones rápidas del campo magnético a medida que los dientes del reluctor se aproximan y se alejan del polo, es lo que induce el voltaje positivo y negativo.

3.2.1.3. Módulo Electrónico

Este componente es conocido también como: Igniter, módulo ignición, caja transistorizada, y en algunos casos los mismos fabricantes de automóviles le dan nombres propios como es el caso de General Motors que lo llaman Módulo HEI(High Electronic Ignition). Se le puede encontrar dentro o fuera del distribuidor (Fig. 21) o adjunto con la bobina (Fig. 22).

Figura 21 Módulo electrónico fijado al distribuidor*



* Tomada de <http://mecanicavirtual.iespana.es/encendido-electronico-sin-contactos.htm>

Figura 22 Módulo electrónico en conjunto a la bobina.*



El módulo electrónico tiene la misión de hacer conducir o interrumpir el paso de corriente por el transistor de potencia o lo que es lo mismo dar paso o cortar la corriente a través del primario de la bobina de encendido.

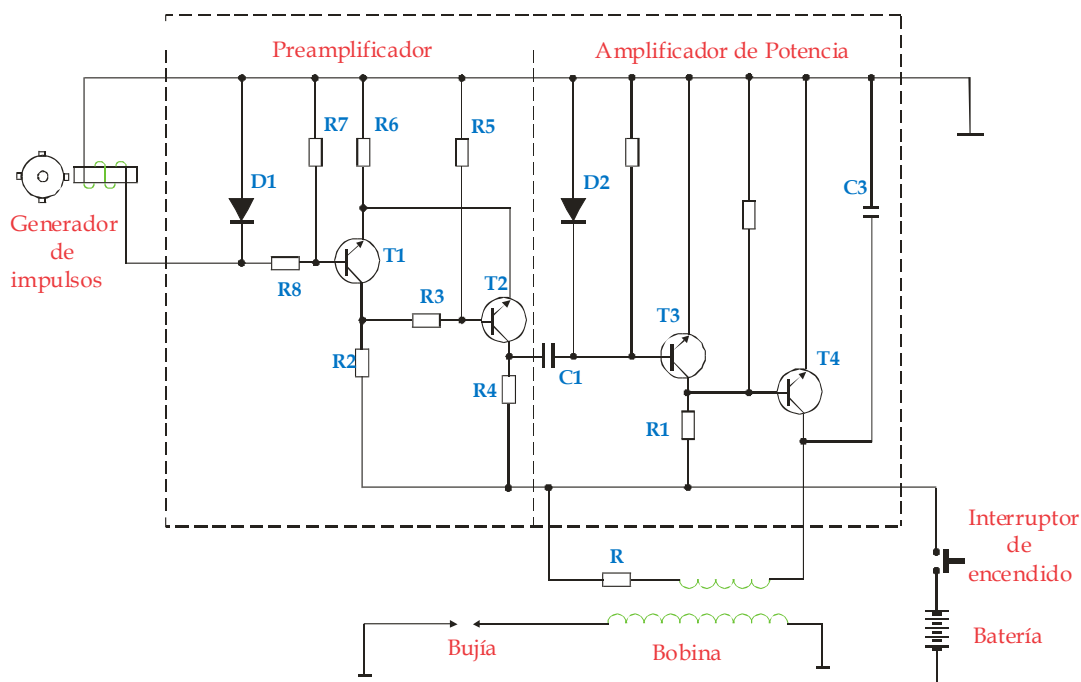
En la Fig. 23 se presenta un esquema de encendido electrónico y en especial del módulo electrónico. Este módulo está constituido por transistores, resistencias y condensadores, dividido principalmente en dos bloques, el Preamplificador y Amplificador de Potencia. Su funcionamiento es el siguiente:

Cuando la rueda generadora de impulsos se encuentra en posición neutra, sin alimentar la base de T1, ocurre que el transistor de potencia (T4) está pasante ya que la corriente le llega a través de la resistencia R1 y le proporciona

* Tomada de http://mediateca.educa.madrid.org/imagen/ver.php?id_imagen=fl4cbm8a4nmbkqgr

polarización positiva de base, con lo que la corriente principal lo atraviesa desde +BAT a masa dando una buena alimentación al arrollamiento primario de la bobina de encendido. Por otra parte, en el circuito preamplificador, la entrada de corriente por la línea positiva +BAT alimenta la base del transistor T2 a través de las resistencias R2 y R3. Esta polarización positiva de la base permite el paso de la corriente desde R4 y R6 a masa. En estas condiciones el condensador C1 se carga pero permanece inactivo mientras no haya cambio en el flujo de la corriente principal de T2. Cuando se percibe una señal procedente de la sonda del generador de impulsos que circula hacia la base del transistor T1, polarizándolo positivamente a través de la resistencia R8, este transistor se vuelve conductor y acapara el paso de la corriente desde R2 hasta R5; la base de T2 se queda sin corriente y T2 se bloquea. Esta situación se hace sensible en C1, el cual sufre una descarga positiva que alimenta la base de T3. Ello establece el paso de la corriente desde R1 a -BAT de modo que la base de T4 se queda ahora polarizada negativamente. Como consecuencia de ello se bloquea T4 y la corriente que alimentaba el arrollamiento primario de la bobina se queda sin corriente. Es el momento de la inducción y del inmediato salto de la chispa en la bujía. Cuando el impulso de base del transistor T1 cesa, se vuelve a la situación inicial y la bobina vuelve a tener masa a través del transistor T4. Este ciclo se reproduce constantemente durante el estado de funcionamiento del dispositivo.

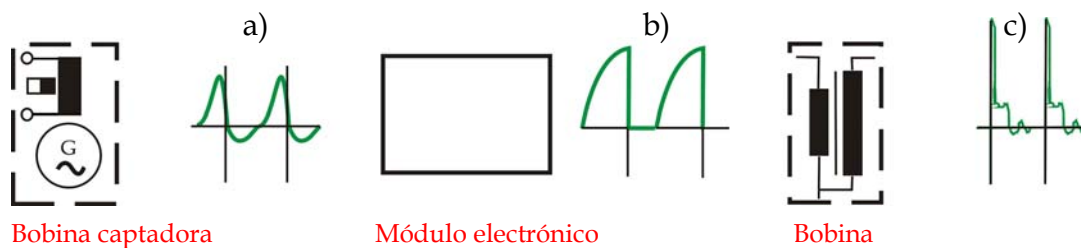
Figura 23 Esquema eléctrico del módulo electrónico*



La señal que genera la bobina captadora es análoga de corriente alterna de muy bajos voltajes (Fig. 24a), que es lo suficiente para indicar al módulo electrónico que el motor esta girando. El módulo electrónico recibe los impulsos eléctricos que le envía el generador de inducción, los modula, amplifica y genera una señal de potencia a través de transistores Darlington (Fig. 24b). 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 (Fig. 24c).

* Fuente: Autor en Corel Draw.

Figura 24 Señales de osciloscopio para el módulo electrónico.*



3.2.2. Encendido Electrónico con Efecto Hall

Estos tipos de encendido utilizan en vez de una bobina captadora un sensor al que se le conoce como sensor de **Efecto Hall**. Prácticamente todo es igual a excepción de la manera como el módulo recibe la señal del sensor de efecto Hall, así como también el tipo de señal que genera el efecto Hall. Estos sistemas son muy usados en la actualidad por algunos fabricantes como BOSCH, FORD, GENERAL MOTORS, y algunos vehículos japoneses. Todos estos están completamente digitalizados, es decir que no existen ningún tipo de señales análogas en estos sistemas, de hecho todo se maneja con señales digitales.

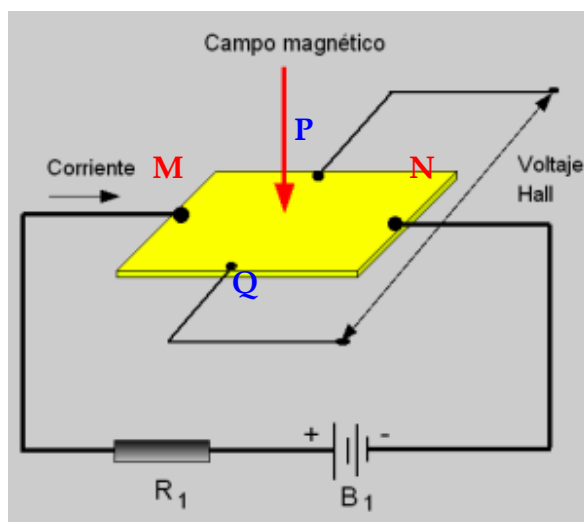
Debido a que los sistemas de encendido con bobina captadora producen fuerzas laterales en su giro, provocando desajuste del eje del distribuidor que arrastra el reluctor, se diseñó este sistema. El cual mantiene permanentemente invariable el entrehierro entre el imán y el estator, que se encuentran enfrentados, y que estudiaremos a continuación.

* Fuente: Autor en Corel Draw

3.2.2.1. Sensor de Efecto Hall

El **Sensor Hall** es una lámina fabricada con materiales semiconductores tales como antimoniuro de indio, de arseniuro de indio o de fosfuroarseniuro de indio, de un espesor de una décima de milímetro, protegida por un cubrimiento de cerámica y dotada de los cuatro electrodos que se muestra en la figura 25.

Figura 25 Sensor Hall*



Sometiendo esta placa a un campo magnético elevado y al paso de una corriente entre los electrodos M y N, se produce un voltaje en lámina transversalmente entre los electrodos P y Q, conocido como voltaje Hall. El voltaje producido es proporcional a la relación entre el valor del campo magnético y la magnitud de la corriente. La diferencia de potencial se genera entre las caras transversales a las que está conectada la corriente de la batería. La resistencia R1 sirve para limitar la corriente en el circuito a un valor seguro.

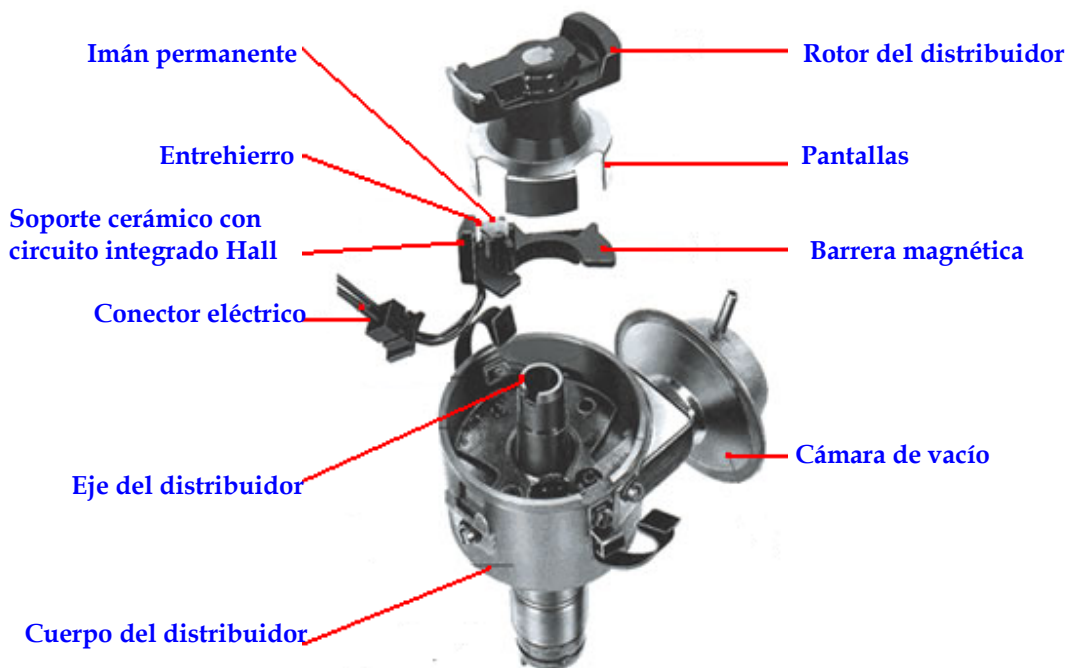
* Tomada de <http://www.sabelotodo.org/electrotecnia/efectohall.html>

El efecto Hall ocurre en conductores y semiconductores, en los conductores el voltaje generado es demasiado pequeño para tener aplicaciones prácticas, pero en algunos semiconductores el valor de este voltaje es mucho más grande y puede ser utilizado para tal fin.

3.2.2.2. Distribuidor de Encendido por Efecto Hall

Este distribuidor cuenta con contrapesos para el avance centrífugo así como la cámara de vacío para el avance por vacío, véase figura 26.

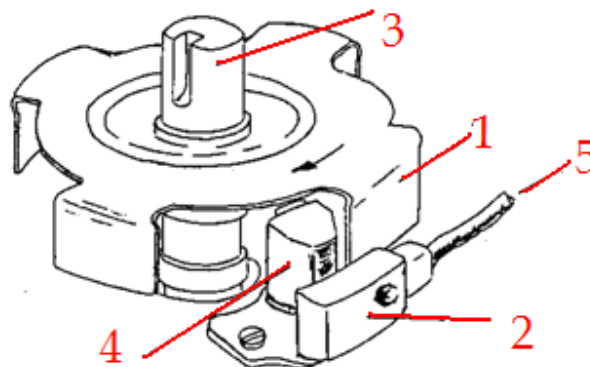
Figura 26 Distribuidor con generador Hall*



* Tomada de <http://www.mecanicavirtual.org/encendido-electronico-sin-contactos.htm>

El distribuidor dispone del generador de efecto Hall (Figura 27) que esta compuesto de un tambor obturador de material diamagnético (1), solidario al eje del distribuidor (3), con tantas ranuras como cilindros tenga el motor. El tambor obturador, en su giro, se interpone entre un cristal semiconductor (2) alimentado de corriente continua y un electroimán (4). Cuando la parte metálica del tambor se sitúa entre el semiconductor y el electroimán, el campo magnético de este último se desviado y cuando entre ambos se sitúa la ranura del tambor, el semiconductor recibe el campo magnético del electroimán y se genera el efecto Hall. Los voltajes generados son enviados al módulo electrónico a través de un cable de tres hilos (5).

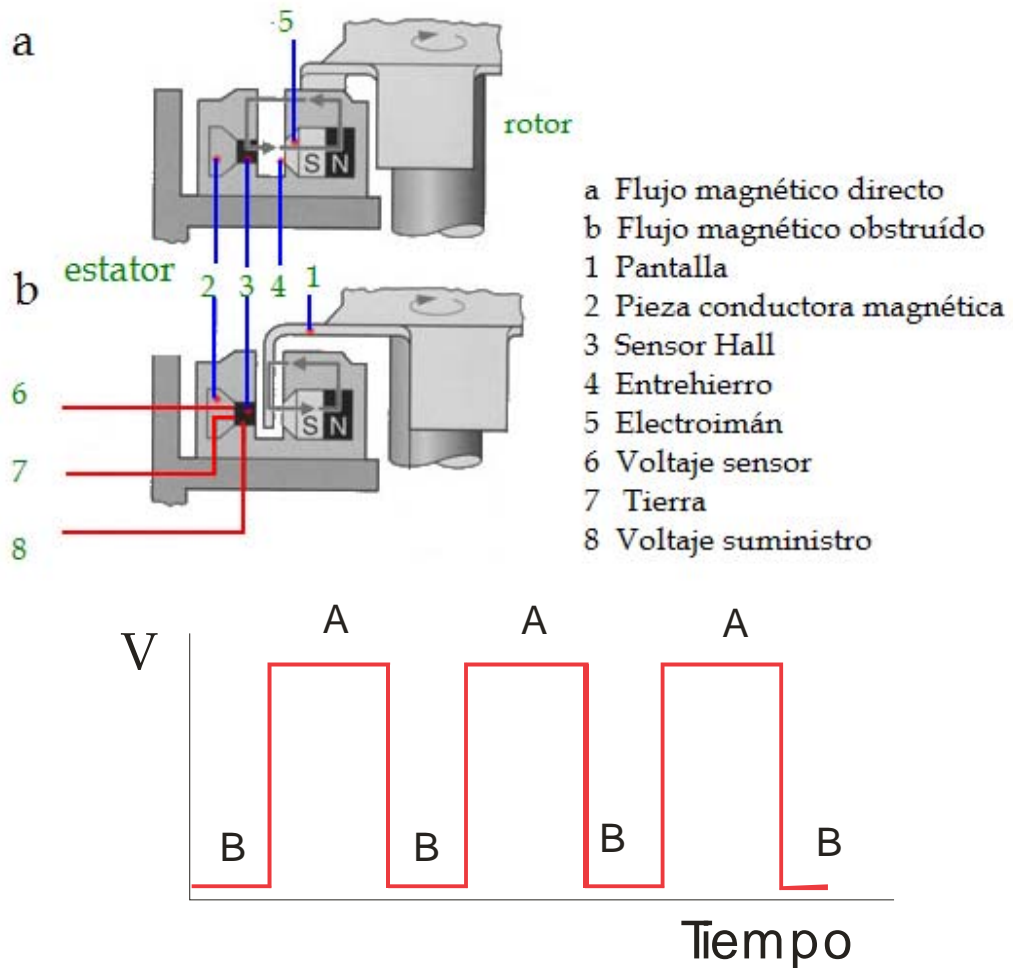
Figura 27 Elementos de la unidad Hall*



Cuando gira el árbol del distribuidor, las pantallas del rotor van abriendo y cerrando el campo magnético generando una señal de onda cuadrada que va directamente al módulo de encendido electrónico, véase figura 28. El sensor Hall esta alimentado directamente por la unidad de control a una tensión de 7,5 V aproximadamente.

* Tomada de <http://html.rincondelvago.com/sensores-electricos.html>

Figura 28 Funcionamiento de la barrera Hall*



Cuando el entrehierro está libre (a), el sensor Hall es atravesado por el campo magnético y la tensión Hall alcanza su valor máximo (A). Tan pronto una pantalla entra en el entrehierro (b), la mayor parte del flujo magnético se dispersa, provocando una tensión Hall mínima (B).

* Tomada de <http://www.mecanicavirtual.org/sensores2.htm>

3.3. SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO INTEGRAL*

Los encendido integrales tienen la característica fundamental de hacerse cargo de todas las funciones mecánicas sustituyéndolas por piezas estáticas para evitar el desajuste. Si bien los sistemas de encendidos tratados anteriormente eliminan la fuente más importante de dificultades, que son los platinos, queda todavía otros importantes conjuntos mecánicos susceptibles a fallos, tales como los avances de encendido, tanto el centrífugo como el de vacío. El distribuidor en este tipo de sistema de encendido se limita a distribuir la alta tensión procedente de la bobina a la bujía.

Sus particularidades que lo diferencia a los sistemas de encendido anteriormente visto son el uso de:

- Un sensor de RPM del motor que sustituye al regulador centrífugo del distribuidor.
- Un sensor de presión que mide la presión de carga del motor y sustituye al regulador de vacío del distribuidor.

Las ventajas de este sistema de encendido son:

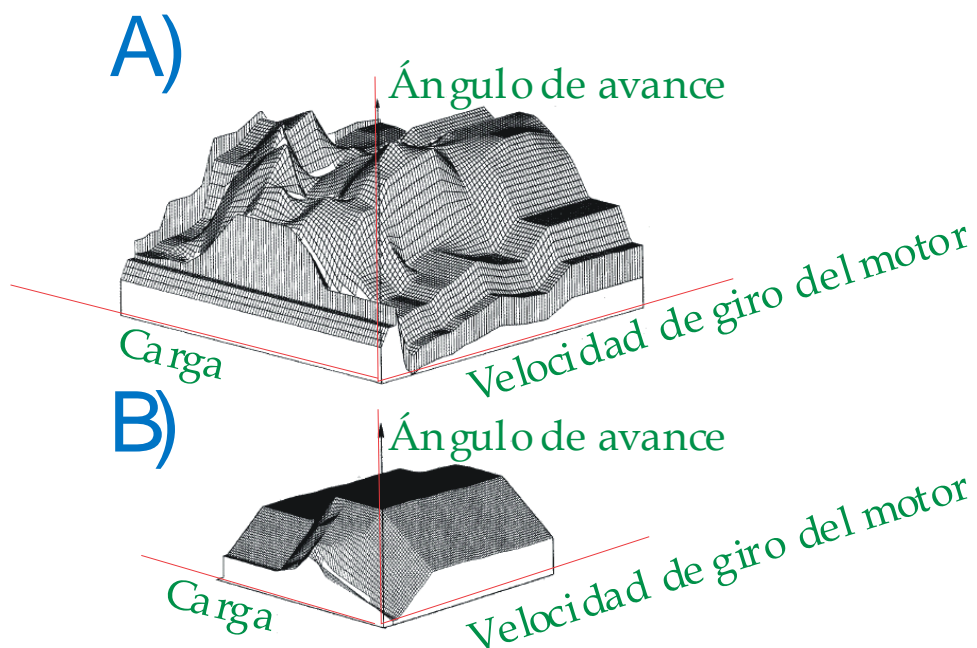
- Proporciona una chispa de calidad similar al del transistorizado, carece de elementos sometidos a desgastes, sin contactos ni rozamientos, suprime los contrapesos y no se desajusta..
- Posibilidad de incluir parámetros de control adicionales (por ejemplo: la temperatura del motor).

* Tomado de <http://www.mecanicavirtual.org/encendido-electronico-integral.htm>

- La disminución de las averías, mayor rendimiento con un menor consumo de gasolina y más duración de los componentes (incluidas las bujías) gracias al control exacto de la corriente que este sistema puede proporcionar.

En la figura 29 se aprecia la cartografía de encendido para el sistema de encendido electrónico integral (A) y sistema de encendido electrónico con avance mecánico (B). Se aprecia claramente, en (A), que hay un avance de encendido adecuado para cada uno de las situaciones de funcionamiento del motor (arranque, aceleración, ralentí etc.).

Figura 29 Mapa tridimensional del ángulo de avance en distintos sist. encendido*



* Tomada de http://aaa-ac.com/introduccion_a_la_inyeccion_electronica.htm

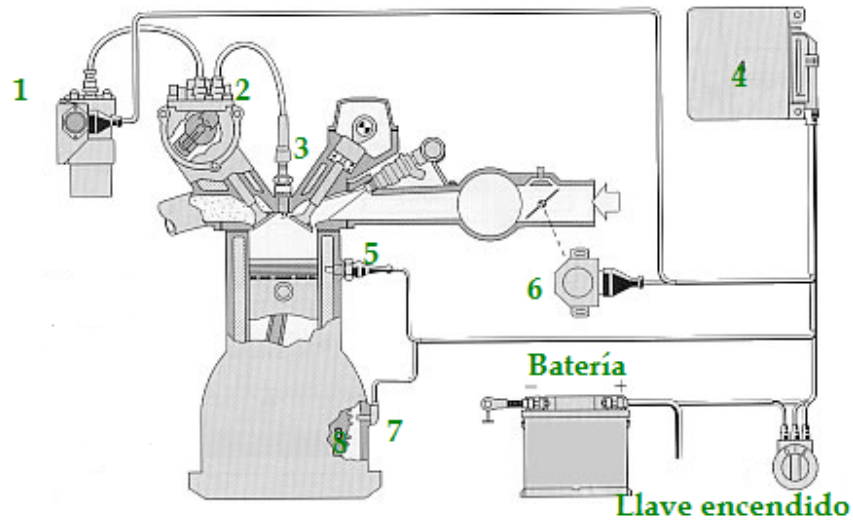
La cartografía de un sistema de encendido electrónico integral es bastante compleja que la de un encendido electrónico que utiliza regulador centrífugo y de vacío en el distribuidor. En la cartografía pueden existir, según las necesidades, aproximadamente de 1000 a 4000 ángulos de encendidos individuales.

Ahora como logra realizar estos cambios para cada una de las situaciones, lo veremos a continuación en una breve explicación de su funcionamiento.

3.3.1. Funcionamiento

En la figura 30 apreciamos el distribuidor (2), la bobina (1), cableados y bujías (3) son convencionales. Se dispone una rueda dentada (8), montada en el volante del motor, y un sensor de posición fijo (7) en el cárter del embrague que envía señales de posición y giro del cigüeñal hacia la Unida de Control de Encendido (UCE) (4). Así como un sensor de vacío (6), que va conectado al tubo de admisión, que detecta la carga del vehículo. Las señales enviadas por los dos sensores anteriormente comentados son enviadas a la UCE que se encarga de analizarlas e interpretarlas. Estando programado a las características del motor del vehículo, las cuales han sido ensayadas con antelación en fábrica, las traduce en base a lo que tiene en la memoria, determinando la apertura la apertura y cierre del circuito primario. El sistema puede incorporar muchos otros sensores, tales como un sensor de temperatura (5), y recibir toda la información para procesarla y calcular el momento adecuado de encendido según estos parámetros.

Figura 30 Esquema de un Sistema de encendido electrónico integral*



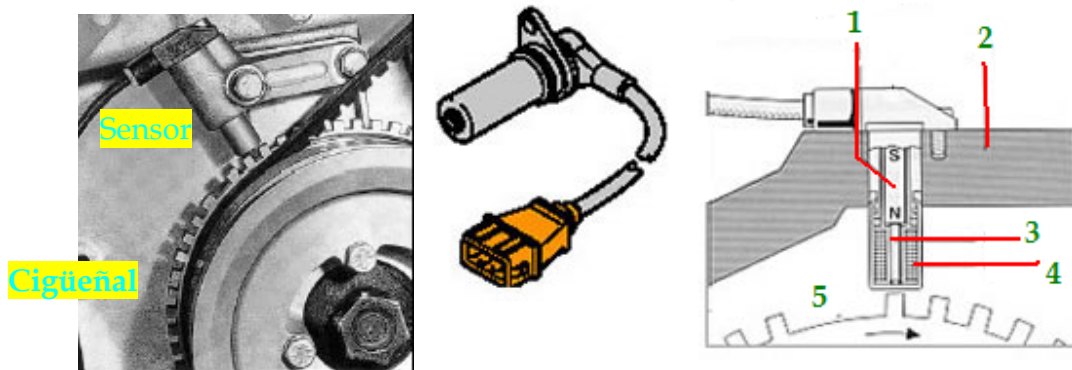
Daremos una breve explicación de los sensores principales que caracterizan este sistema de encendido.

3.3.2. Generador de Impulsos Inductivos

Esta es constituido por una rueda dentada que va acoplada al volante de inercia del motor y un sensor magnético frente a ella (Fig. 31). Contiene un núcleo de hierro (3) rodeado de una bobina (4). El núcleo de hierro se comunica con un imán permanente (1), el cual un campo magnético que se extiende sobre el núcleo hasta la rueda dentada (5). En la bobina se induce una tensión cada vez que pasa una diente de la corona dentada frente a él. Como resultado se calcula la velocidad de rotación del motor.

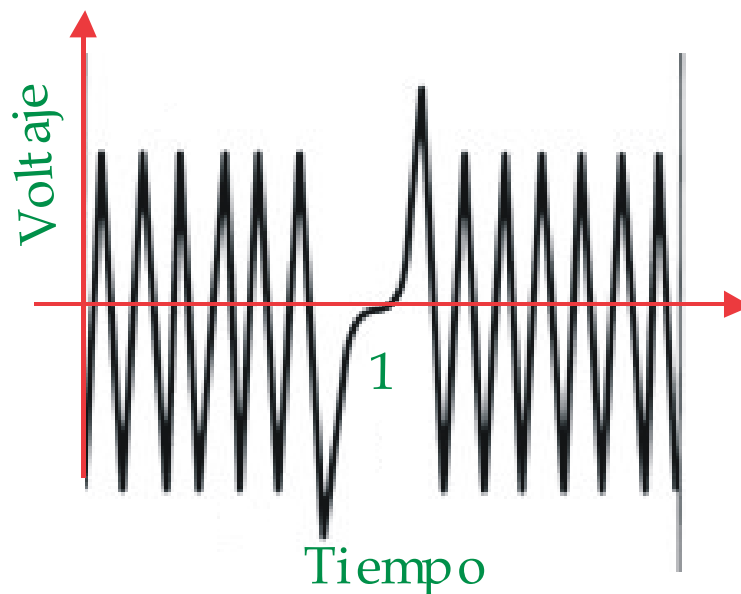
* Tomada de <http://www.mecanicavirtual.org/encendido-electronico-integral.htm>

Figura 31 Sensor revoluciones del cigüeñal*



La corona dentada dispone de un diente, y su correspondiente hueco, más ancho que los demás, situados a 90 grados de cada PMS (5). Cuando pasa este diente frente al sensor, la tensión que se induce es mayor, lo que indica a la UCE que el pistón llegara al PMS 90° de giro después, véase figura 32 (1).

Figura 32 Señal de un sensor inductivo en el cigüeñal**

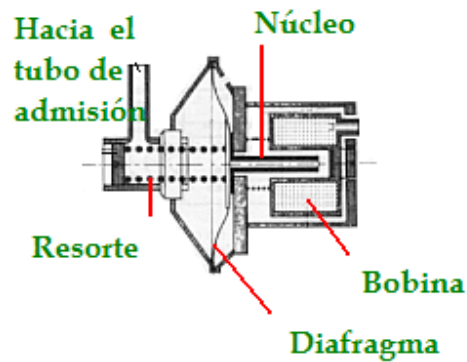


* Tomada de <http://www.mecanicavirtual.org/sensores2-modelos.htm>

** Tomada de <http://www.mecanicavirtual.org/sensores2-modelos.htm>

3.3.3. Sensor de Vacío

Figura 33 Sensor de vacío*



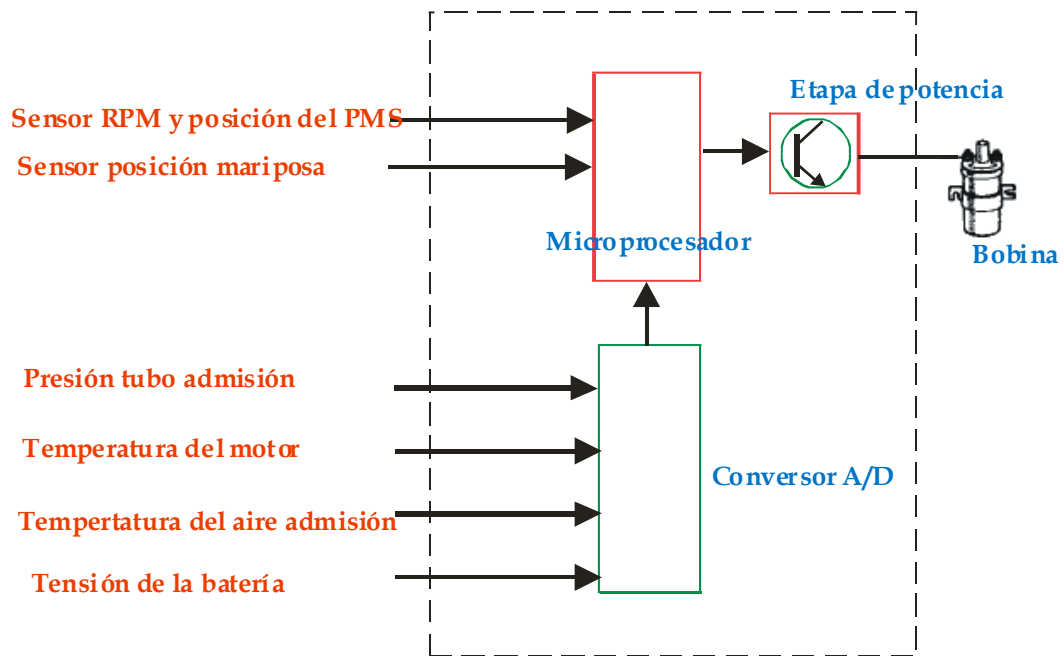
Tiene la función de transformar el valor de presión de vacío que hay en el colector de admisión en una señal eléctrica que será enviada e interpretada por la UCE. Su constitución es parecida al utilizado en los distribuidores (regulador de vacío), se diferencia en su forma de trabajar, que consiste en mover un núcleo por el interior de una bobina de un oscilador. Cuya frecuencia eléctrica varía en función de la posición que ocupe el núcleo con respecto a la bobina, véase Fig. 33.

3.3.4. Unidad de Control

La UCE, trabaja con un microprocesador digital, agrupa el mando del sistema de encendido y de dosificación de combustible. A su vez está conectada a una serie de sensores de captación que le suministran información del funcionamiento del motor.

* Tomado de http://mecanicavirtual.iespana.es/indice_cursos.html#encenampli

Figura 34 Esquema en bloques de la UCE*



Los sensores de temperatura y presión suministran una señal analógica que deben ser transformadas en digitales para que sean manejadas por el microprocesador, para lo cual cuenta con un convertor A/D que las transforma y conduce al microprocesador en forma digital, véase fig. 34.

El microprocesador posee una memoria en que se guarda todas las situaciones posibles para determinar el ángulo de encendido y enviar la señal de mando a la etapa de potencia y de ahí hacia la bobina.

La UCE puede ir integrada con la unidad de inyección combustible formando un solo conjunto y realizar un control más preciso.

* Tomada de http://aaa-ac.com/introduccion_a_la_inyeccion_electronica.htm

3.4. SISTEMA DE ENCENDIDO DIRECTO (DIS).*

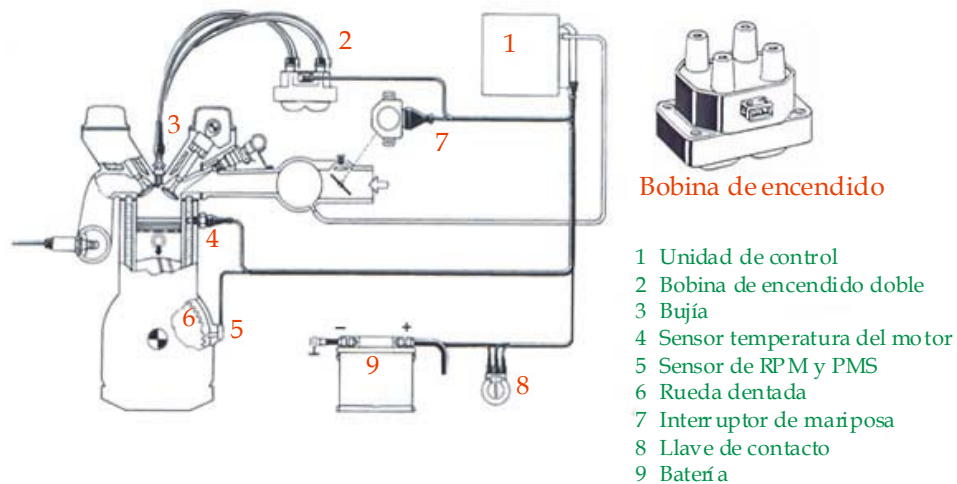
El sistema de encendido directo DIS (Direct Ignition System) se caracteriza por la ausencia de distribuidor, por lo que también es conocido como sistema de encendido sin distribuidor (Distribuidorless Ignition System), coincidiendo la terminología con la misma sigla DIS. Este sistema elimina por completo el distribuidor evitando la utilización de dispositivos mecánicos que requieren mantenimiento y suelen producir fallas debido al desgaste de sus materiales. Tiene también las siguientes ventajas:

- Permite disminuir fallas de encendido en altas revoluciones por falta de una chispa suficiente, ya que este sistema lleva un mejor control sobre la chispa gracias al mayor lapso de tiempo para que la bobina genere el suficiente campo magnético para hacer saltar la chispa que inflame la mezcla.
- Existe un margen mayor para el control del encendido, por lo que se puede jugar con el avance al encendido con mayor precisión.
- Las interferencias eléctricas del distribuidor son eliminadas, las bobinas pueden ser colocadas cerca de las bujías con lo que se reduce la longitud de los cables de alta tensión, incluso ni usarlos ya que la bobina se encuentra integrada en la bujía.
- Evita la necesidad de un rotor para dirigir la alta tensión a la bujía del cilindro correcto, lo cual significa menos resistencia para que genere el salto de chispa.

* Tomado de <http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=sistemaEncendidoDirecto#Variantes>

Inicialmente este sistema de encendido utilizaba bobinas dobles (figura 35) manteniéndose los cables de alta tensión. A este encendido se le denomina **sistema de encendido estático**.

Figura 35 Sistema encendido estático.*



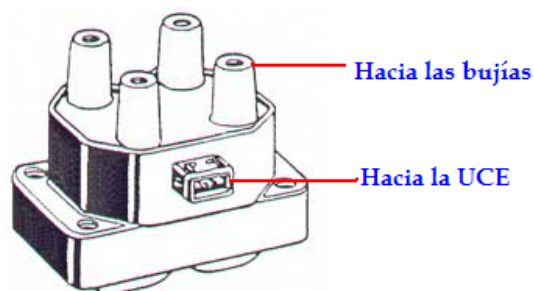
La bobina doble (2) es controlada por una computadora central (1), que en todos los casos es la computadora del sistema de inyección, de hecho solo vehículos con sistema de inyección de combustible utilizan este sistema de encendido. Se mantiene los mismos sensores (4), (5) y (7) que un sistema de encendido electrónico integral pero con la diferencia de suprimir el uso del distribuidor.

3.4.1. Bobina doble

El sistema DIS para un motor de 4 cilindros está formado por dos bobinas dobles que suelen estar agrupadas en la misma carcasa y son alimentadas por una etapa de potencia doble, una para cada bobina (Fig. 36).

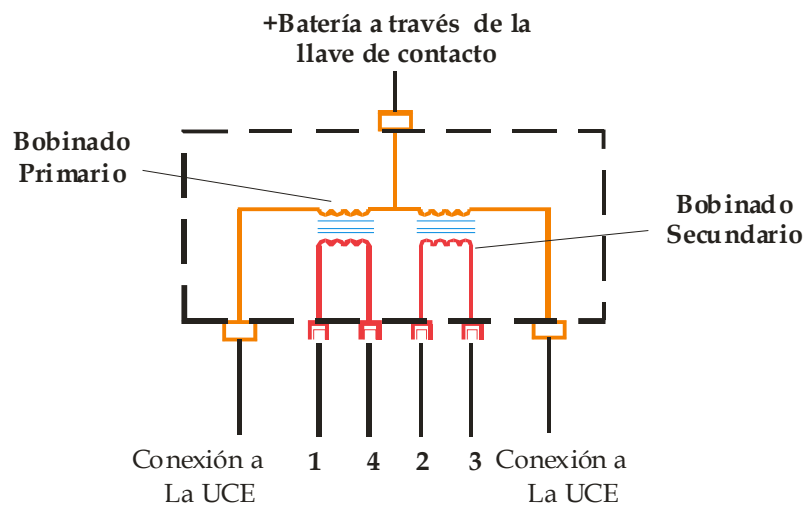
* Tomado de <http://www.mecanicavirtual.org/dis.htm>

Figura 36 Bobina doble para 4 cilindros*



En la figura 37 se puede apreciar un esquema eléctrico de una bobina doble para un motor de 4 cilindros. Se distingue tanto dos bobinas primarias como secundarias, en la cual una bobina secundaria se conecta al cilindro N° 1 y N° 4 mientras que la otra bobina secundaria se conecta al cilindro N° 2 con el N° 3.

Figura 37 Esquema eléctrico de una bobina doble para 4 cilindros**

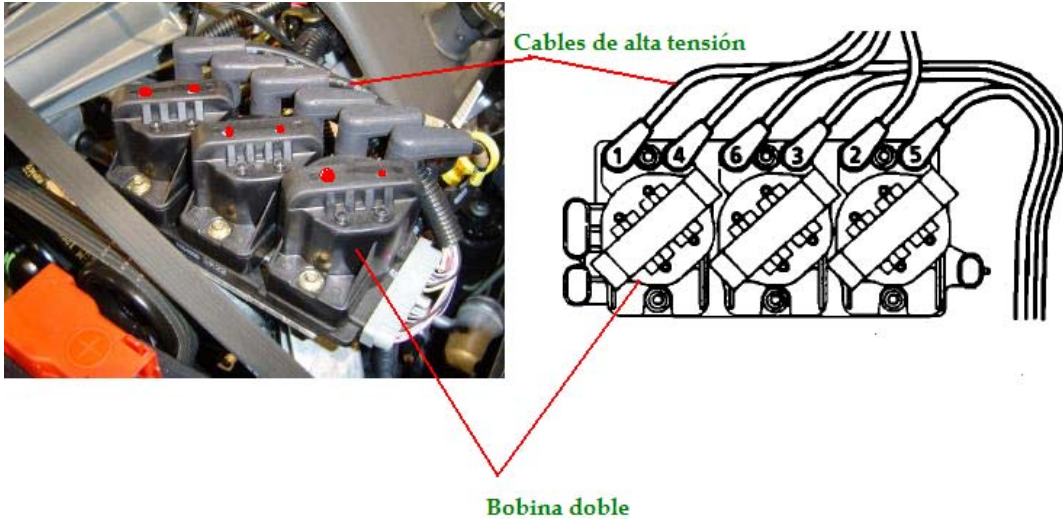


* Tomada de <http://www.autocity.com/documentos-tecnicos/index.html?codigoDoc=137>

** Fuente : del Autor en Corel Draw

En los motores de 6 cilindros se utilizan tres bobinas dobles, en la que cada bobina conecta los cilindros N° 1 y 4, 2 y 5 o 3 y 6, véase figura 38.

Figura 38 Bobinas dobles en motor de 6 cilindros.*



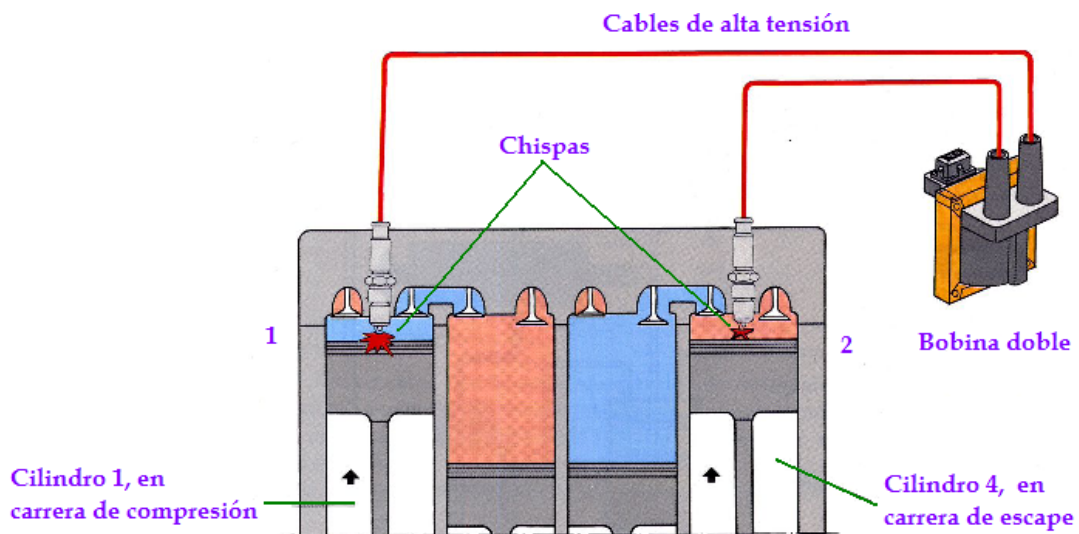
3.4.2. Funcionamiento

Las bujías utilizadas en este sistema son de platino sus electrodos, por ser estable en diferentes situaciones de funcionamiento del motor. El voltaje necesario para que salte la chispa entre los electrodos de la bujía depende de la separación de los electrodos y de la presión reinante en el interior de los cilindros. Si la separación de los electrodos es aproximadamente igual para todas las bujías entonces el voltaje será proporcional a la presión dentro de los cilindros.

Como ya vimos anteriormente, cada bobina doble se conecta a dos bujías, cuando una bobina origina la alta tensión, la chispa salta en las dos bujías a la vez, ver figura 39.

* Tomado de <http://www.aa1car.com/library/2004/us20406.htm>

Figura 39 Salto de chispa en un motor de 4 cilindros con DIS.*

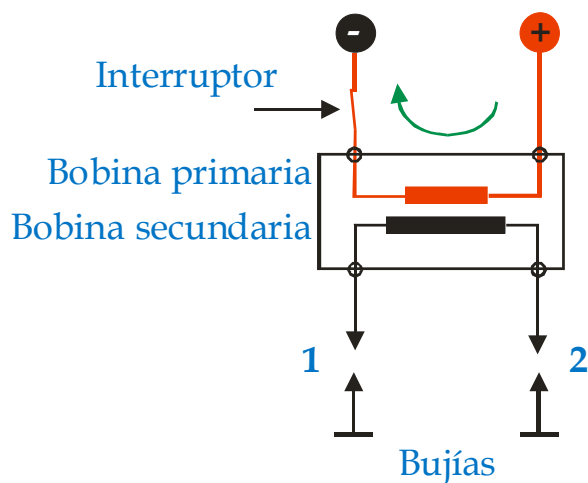


Una chispa se aprovecha para inflamar la mezcla en el cilindro que se encuentra a compresión (1), mientras que la otra chispa no se aprovecha debido a que se produce en el cilindro que se encuentra en su carrera final de escape (2).

Realicemos una pequeña simulación del funcionamiento eléctrico del sistema a partir de las siguientes figuras. Al cerrar el circuito primario, circula corriente por la bobina del primario desde el borne positivo al negativo a través del dispositivo de apertura y cierre del circuito, véase figura 40, para simplificar se ha representado con un interruptor mecánico, pero en la práctica esto se realiza mediante un transistor de potencia o Darlington.

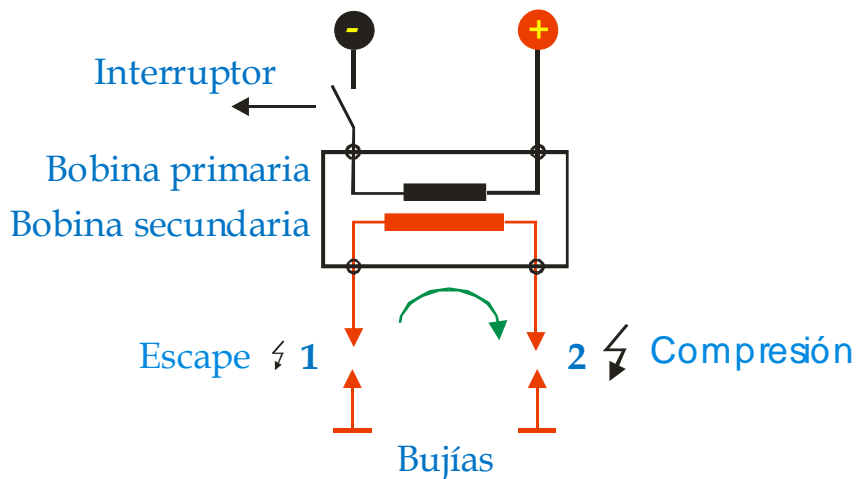
* Tomada de es.geocities.com/tecnilibros/articulos/Encendido_DIS.pdf

Figura 40 Bobina doble, circuito primario cerrado.*



Mientras circula corriente por el primario la energía se acumula en forma magnética. En el momento de apertura del circuito deja de circular corriente por el primario, véase figura 41, pero la energía magnética se transfiere a la bobina del secundario donde buscará salir para cerrar el circuito, y como la bobina del secundario es de muchas espiras, saldrá una tensión elevada de varios kilovoltios.

Figura 41 Bobina doble, circuito primario abierto.**

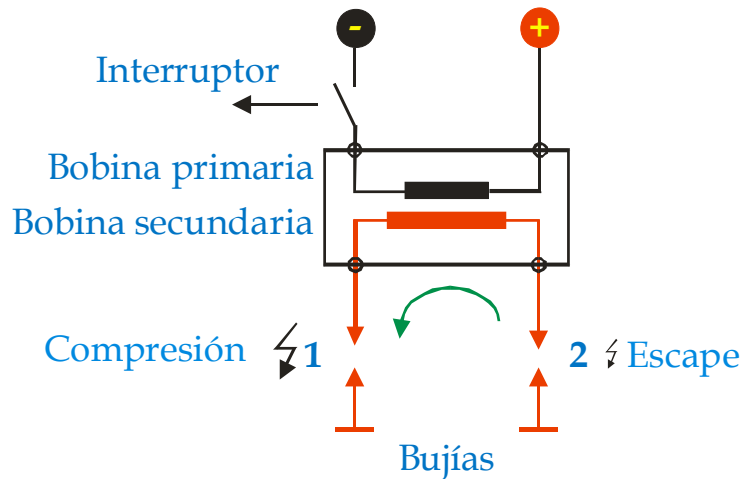


* Fuente: Autor en Corel Draw

** Fuente: Autor en Corel Draw

Esto origina una chispa principal y otra secundaria. La chispa principal (2) tiene un alto valor de tensión al tener que producirse el arco eléctrico cuando la presión en la cámara de combustión es alta. La chispa secundaria (1) tiene un valor de tensión menor porque necesita menos energía acumulada para que salte la chispa en una cámara de combustión con poca presión. La chispa secundaria no produce combustión porque la mezcla que ha entrado al cilindro es reducida y su temperatura baja al no haberse realizado la compresión.

Figura 42 Bobina doble, circuito primario abierto en el siguiente ciclo.*



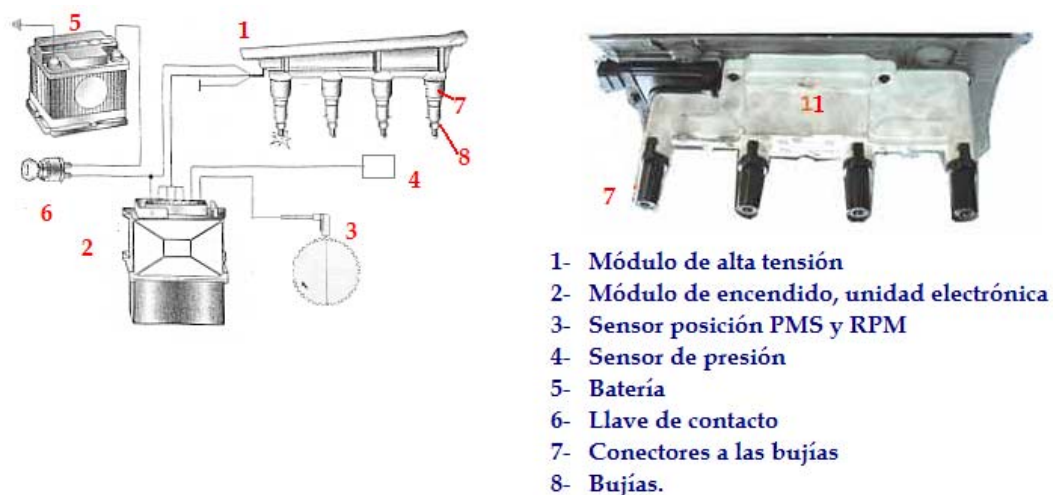
Durante el ciclo siguiente (figura 42), el cilindro que está en compresión pasará a estar en escape (2), y el cilindro que está en escape pasará a estar en compresión (1). La chispa principal y la secundaria se intercambiarán de cilindro. En la bujía sometida a alta presión, la chispa salta del electrodo positivo a masa, en cambio la otra bujía sometida a poca presión el arco eléctrico se produce de masa al electrodo positivo.

* Fuente: Autor en Corel Draw.

3.4.3. Evolución el Sistema DIS

Este sistema progresa hacia la integración de la bujía y bobina en un solo componente, eliminando los cables de alta tensión. Dicho sistema se denomina **Sistema Encendido Estático Integral** (figura 43), para diferenciarlo del anterior sistema que explicamos, bobina doble, aunque los dos eliminan el distribuidor.

Figura 43 Sistema de Encendido Estático Integral.*



En este último grupo encontramos además los de tipo **independiente** (figura 44), los cuales utilizan una bobina por cada cilindro y los **simultáneos** (figura 45), los cuales presentan una bobina cada dos bujías, estando una de éstas con la bobina y la otra conectada por un cable de alta tensión.

Cabe destacar que por esta disposición se produce una chispa que no es utilizada, por ejemplo, en un motor típico de cuatro cilindro se producirá una chispa en el mismo momento en el primer y cuarto cilindro, para luego producirse otra en el segundo y tercero simultáneamente, utilizándose

* Tomado de <http://mecanicavirtual.iespana.es/dis.htm>

entonces en realidad solo una de las chispas. Esto lleva a que al encendido **simultáneo** se lo denomine también como sistema de **chispa perdida**.

Figura 44 Sistema DIS Independiente.*

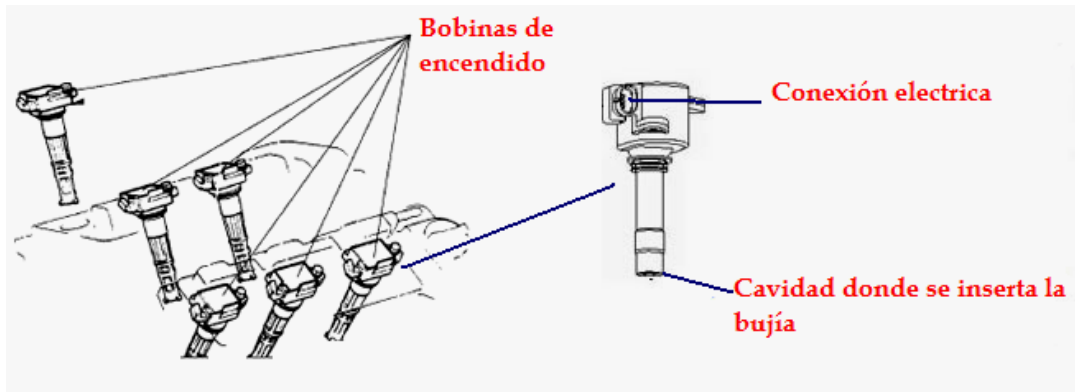
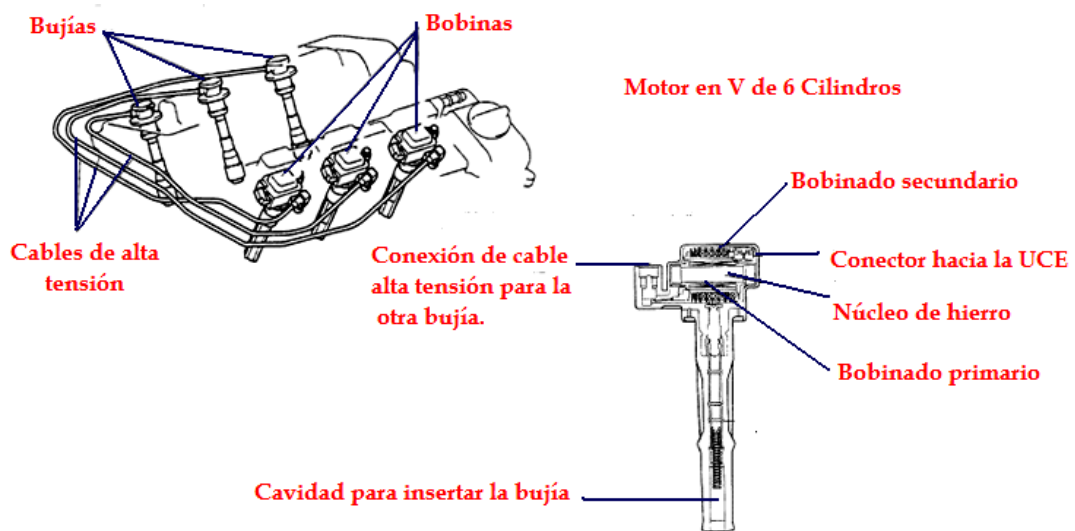


Figura 45 Sistema DIS, simultáneo.**



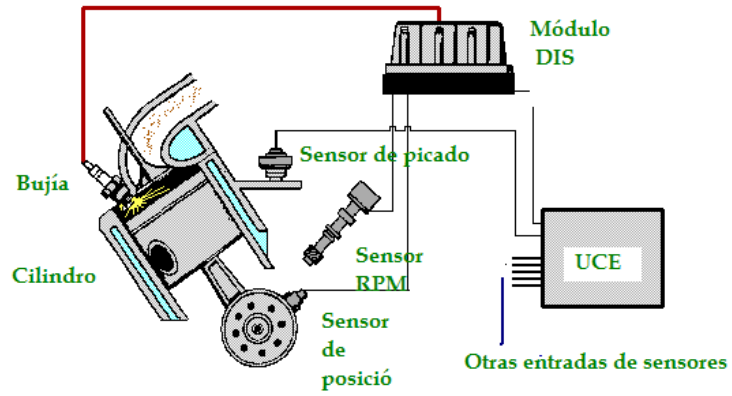
* Tomado de <http://mecanicavirtual.iespana.es/dis.htm>

** Tomado de <http://mecanicavirtual.iespana.es/dis.htm>

3.4.4. Unidad de Control

El control de avance de encendido es totalmente controlado por la UCE de la **inyección electrónica** lo que hace que se produzca el salto de chispa en el momento exacto en cualquier condición de funcionamiento del motor generando más potencia, menos consumo y menos gases que afectan al medio ambiente. El módulo DIS en la mayoría de los casos le llegan una o dos señales de unos sensores (figura 46) que le indican la posición del cigüeñal, los émbolos y el árbol de levas. Estos sensores pueden ser bobinas captadoras, sensores hall o hasta un sensor óptico colocados en diferentes partes del motor. Estos sensores le ayudan al módulo DIS en determinar a cual bobina debe activar. A la misma vez este módulo le envía la misma señal del sensor de posición a la unidad de inyección para que ésta sepa donde se encuentran cada uno de los émbolos el motor. La computadora procesa esta información y determina en base a parámetros como altura, aceleración, temperatura, etc., cuanto debe de ser el adelanto del tiempo de encendido y activa al módulo DIS para que dispare una de las bobinas, y el módulo DIS definirá a cual debe de activar.

Figura 46 Unidad de Control DIS*



* Tomado de <http://www.aa1car.com/library/dis.htm>

4. SISTEMA DE ENCENDIDO: DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO*

La mayor parte de las anomalías que se producen en el funcionamiento del circuito de encendido, son provocadas por descuidos en las operaciones de mantenimiento del mismo. Por lo tanto es importante conocer en qué consiste el sistema de encendido, los cuidados mínimos que se deben tener y las acciones que pueden afectar de manera negativa al sistema de encendido.

Acciones que pueden mejorar el rendimiento del sistema de encendido

- ◆ Utilizar las bujías recomendadas por el fabricante.
- ◆ Mantener limpias los bornes de la batería.
- ◆ Revisar el nivel del electrolito en la batería.
- ◆ Evitar usar accesorios parásitos conectados a la línea de encendido como: radio, ventilador, bombillo, etc.
- ◆ No dar arranque por más de 30 sg.

Un correcto mantenimiento del sistema de encendido incluirá:

- Revisión del estado de las bujías y sustitución según las características técnicas del sistema.
- Una comprobación con el vehículo en marcha, en la cual el sistema de encendido responde a varios estados de exigencias al motor.
- Verificación, reparación o sustitución de cualquier del sistema: los conectores y los cables, la bobina, el distribuidor, etc.

* Tomado de J.M. Alonso. Técnicas del automóvil, Equipo eléctrico, pág. 299

Un sistema de encendido en óptimas condiciones permite ahorrar combustible y reducir la contaminación atmosférica.

4.1. LA SEGURIDAD, LAS HERRAMIENTAS Y EQUIPO DE DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ENCENDIDO Y ARRANQUE.

4.1.1. Seguridad

Cada vez que se realice una tarea en el taller debe utilizar ropa de protección personal y equipo apropiado para la tarea y que se ajuste a las normas y reglas de seguridad local. Entre otros temas, los cual puede incluir:

- Ropa de trabajo, sin elementos metálicos.
- Protección de los ojos, como gafas de seguridad.
- Protección auditiva, tales como tapones para los oídos.
- Protección de las manos, como guantes.

Si no está seguro de lo que es apropiado o necesario, pregunte a su supervisor o personal técnico especializado. Es necesario observar los siguientes tópicos de seguridad antes de empezar cualquier trabajo de mantenimiento y reparación:

- Al desconectar la batería siempre hacerlo con el terminal negativo en primer lugar.
- Cuando reconecte una batería siempre conectar el conector negativo en último lugar.

- No use joyas que puedan provocar cortocircuito con una conexión eléctrica
- Si el distribuidor se calienta en la operación, asegúrese de probar la temperatura del distribuidor antes de manejarlo.
- Siempre use ropa protectora y el equipo de seguridad apropiado.
- Aunque la mayoría de los sistemas eléctricos del vehículo operan entre 13,8 a 14,2 voltios. La tensión en el sistema de encendido está en el rango de 12000 a 25000 voltios en el circuito secundario del sistema. Por lo tanto debe tener cuidado cuando dicho sistema de encendido esta activada.
- Evite colocar herramientas sobre la batería ya que puede provocar un corto.
- Evite manipular la batería con las manos desnudas, algunas veces pueden tener residuos de electrolito el cual es altamente corrosivo, ataca la piel y la ropa.
- No se debe conectar la batería al revés, esto puede provocar una explosión.
- No se debe desconectar la batería mientras esta operando el motor, pues provocaría daño al alternador.

Las condiciones de seguridad son las mismas requeridas para las instalaciones eléctricas, especialmente en el circuito de alto voltaje.

4.1.2. Herramientas y Equipos.

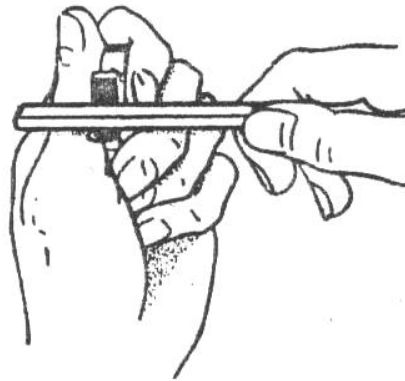
Para las operaciones de diagnóstico de fallas y reparación de las mismas se emplean herramientas y equipos ya conocidos como llaves de boca fija, llaves de estría, atornilladores, voltímetros , ohmiómetro y lámpara en serie, pero

también se hacen necesarios algunos aparatos especiales cuya descripción se describe a continuación.

4.1.2.1. Línea Diamantada para Platinos.

Esta herramienta es una línea pequeña delgada cuyas dos caras abrasivas están cubiertas de polvo de diamante industrial. Se emplea para limpiar los dos puntos de contacto de los platinos, véase figura 47.

Figura 47 Piedra diamantada*

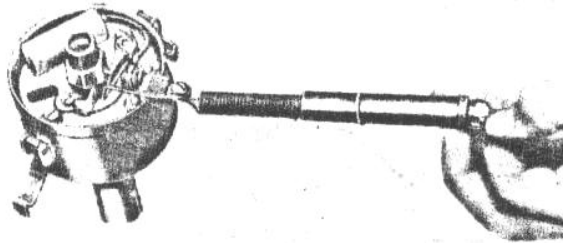


4.1.2.2. Báscula Dinamométrica para Tensión de Resorte de Platinos.

Es una pequeña báscula con carátula de reloj graduada en gramos o en onzas. Se usa para medir la tensión de los contactos o platinos, véase figura 48.

* Tomada de Miguel de Castro, Puesta a Punto de Motores.

Figura 48 Dinamometro*



4.1.2.3. Medidor de Ángulo de Cierre de Platinos (DWELL).

Es un instrumento con dial marcado en grados y una aguja indicadora. Trabaja con la corriente del sistema de ignición, véase figura 49.

Figura 49 Medidor DWELL†



4.1.2.4. Tacómetro.

Es un dispositivo eléctrico que trabaja con la corriente del sistema de encendido y permite medir las revoluciones por minuto (RPM) del motor, véase figura 50.

* Tomada de Miguel de Castro, Puesta a Punto de Motores.

† Tomada de www.renault-turbo.com.

Figura 50 Lámpara de puesta a punto con tacómetro digital*



4.1.2.5. Chispómetro.

Esta formado por unas puntas de pruebas, entre las cuales puede saltar una chispa, el cual resulta visible a través de una ventana que lleva el aparato. Aumentando o disminuyendo el entrehierro de calibración se puede determinar la eficiencia de la bobina de encendido. Es la manera más confiable de descartar problemas con los cables de encendido o las bobinas, véase figura 51.

* Tomado de <http://www.edinfocar.com.ar/equipos15.php>

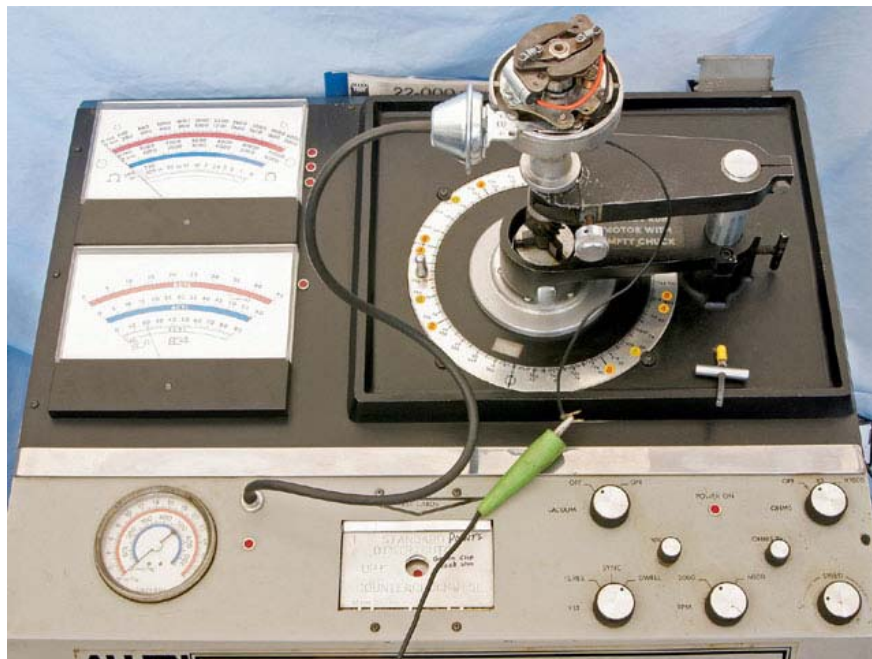
Figura 51 Chispómetro**



4.1.2.6. Banco de pruebas para distribuidores.

Es un instrumento eléctrico empleado tanto en las pruebas como en el reglaje del distribuidor, véase figura 52.

Figura 52 Banco de pruebas para distribuidor†



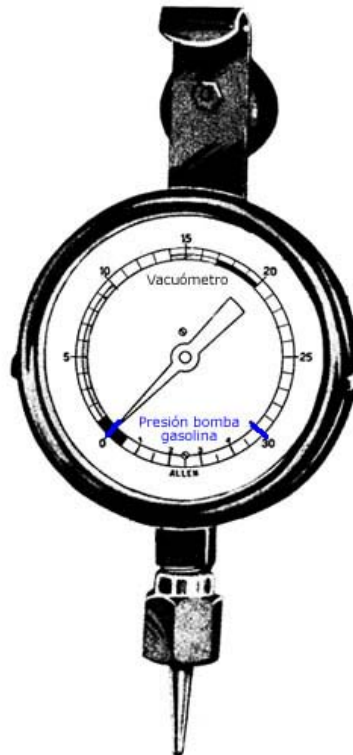
** Tomada de www.autotool.com

† Tomada de www.highperformancepontiac.com

4.1.2.7. Vacuómetro

Es un instrumento con carátula marcada en pulgadas o en centímetros de mercurio. Su aguja indicadora central mide el vacío producido en el múltiple de admisión o el producido por el diafragma de la bomba de gasolina. Se usa en la sincronización del motor, véase figura 53.

Figura 53 Vacuometro*



4.1.2.8. Compresómetro

Es un manómetro que se aplica sosteniéndolo manualmente en el orificio de la culata donde va la bujía. Viene graduado en libras por pulgadas cuadradas (PSI) o en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²). Se usa para medir la compresión en cada cilindro del motor, véase figura 54.

* Tomada de www.mecanicavirtual.org

Figura 54 Manómetro†



4.1.2.9. Densímetro para batería

La gravedad específica o densidad relativa del electrolito contenido en una batería permite conocer el estado de su carga en un momento determinado. Para ello se emplea un densímetro de pipeta con una escala graduada. El densímetro que se emplea para medir su carga eléctrica se encuentra alojado y protegido dentro de una pipeta de cristal o de plástico transparente, véase figura 55.

† <http://suzuki88.webcindario.com/mm28.htm>

Figura 55 Densímetro**

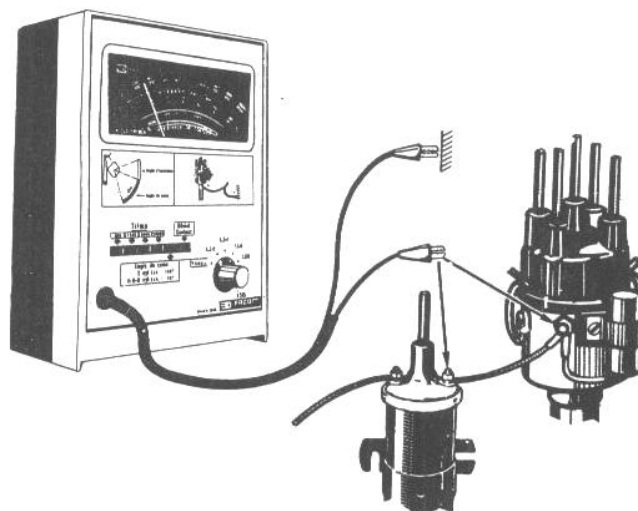


4.1.2.10. Analizadores de motores.

Con esta denominación genérica se agrupan una serie de aparatos de comprobación, cuyo propósito es de analizar el funcionamiento del motor de combustión y, en particular, el de los componentes del circuito de encendido y del sistema de arranque, posibilitando la detección de las posibles anomalías sin necesidad de realizar el desmontaje de los componentes, diagnosticando el estado del motor en un corto espacio de tiempo, véase figura 56.

** Tomada de www.asifunciona.com

Figura 56 Analizador de motor†

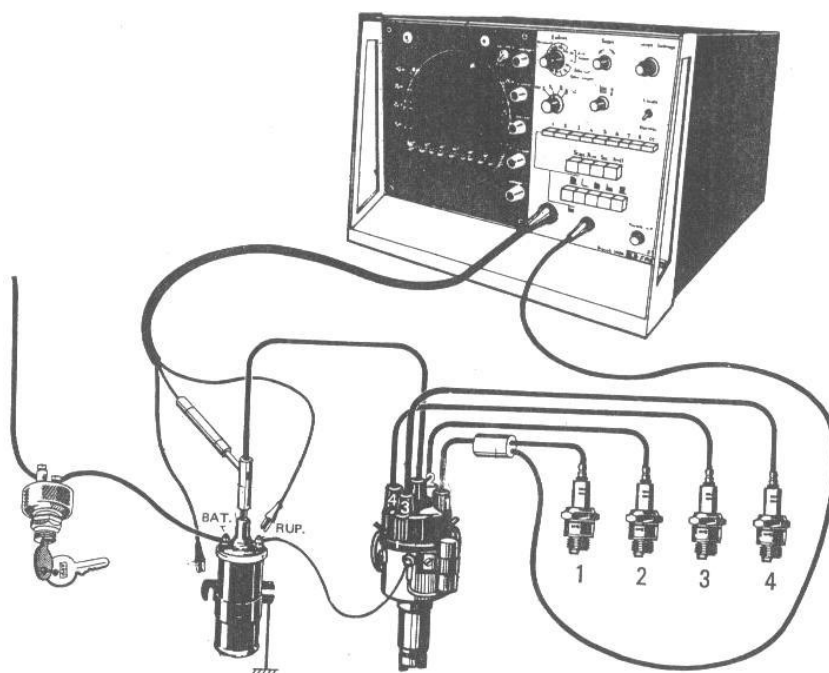


4.1.2.11. Analizador de módulos de encendido electrónico.

Son diseñados con el fin de poder comprobar el correcto funcionamiento de los módulos de ignición electrónica, fuera del vehículo, pero simulando las más exigentes condiciones de trabajo. Se obtiene un diagnóstico confiable de un módulo de ignición electrónico. Este dispositivo prueba indistintamente módulos de ignición electrónica para sistemas inductivos o de efecto Hall. Simulan la conexión del captor así como de la bobina de encendido, véase figura 57.

† Tomado de J.M. Alonso. Técnicas del automóvil, Equipo eléctrico.

Figura 58 Conexión del sistema encendido con el osciloscopio.*



También podemos encontrar equipos de osciloscopios digitales, portátiles y con interfase de conexión a computador, para facilitar el diagnóstico de una manera más práctica, véase figura 59.

Figura 59 Osciloscopios digitales†



* Tomado de J.M. Alonso. Técnicas del automóvil, Equipo eléctrico.

† Tomada de <http://www.autotool.com.ve>

4.2. DIAGNÓSTICO DE FALLAS PREVIO A LA REPARACIÓN.*

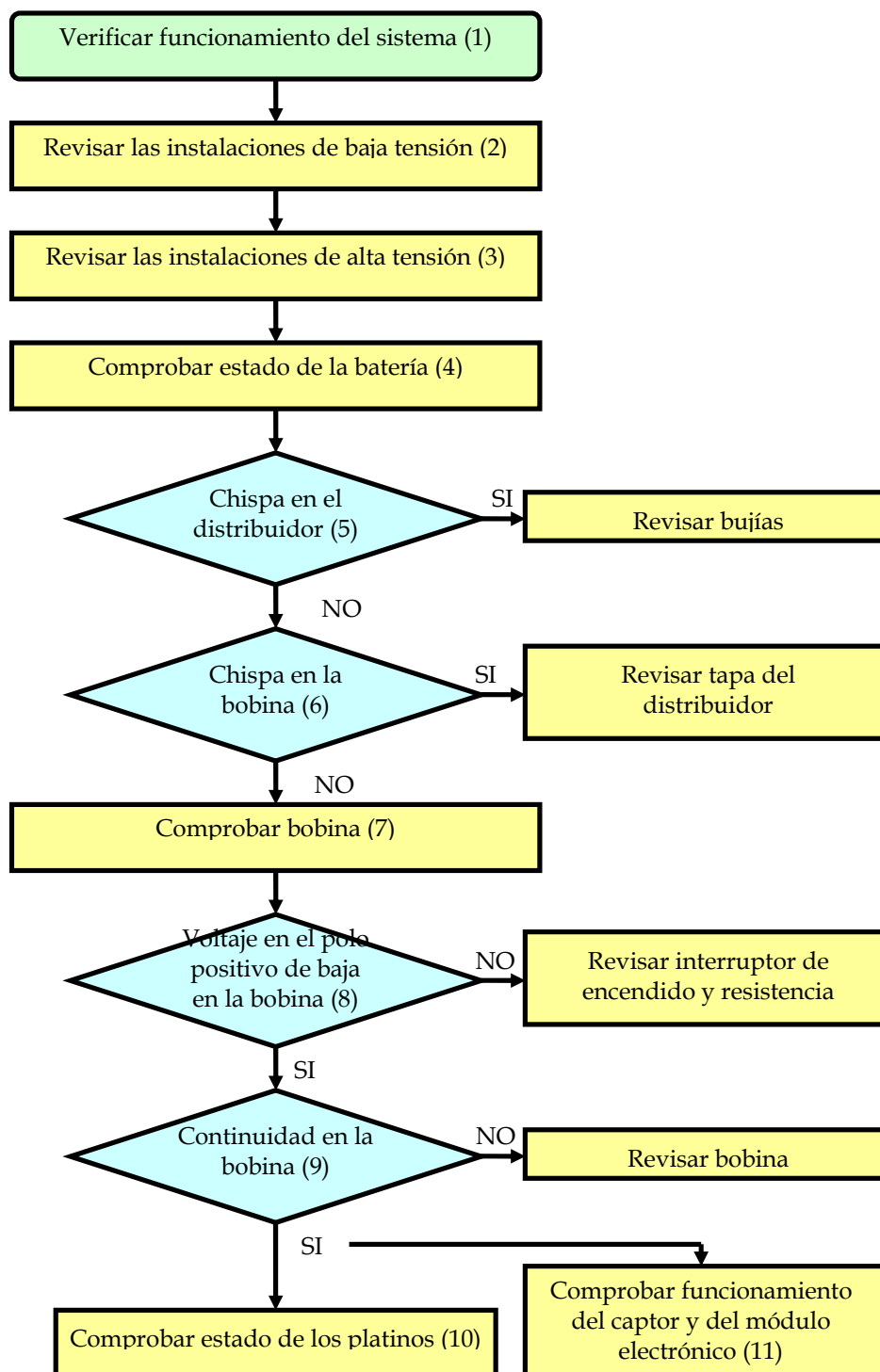
Las averías del circuito de encendido, podemos clasificarlas en dos grandes grupos: las que impiden la puesta en marcha del motor y las que producen fallos en el funcionamiento del mismo. El procedimiento a seguir en el primer caso, consiste en verificar si se produce la chispa en la bujía en el momento adecuado, condición imprescindible para la puesta en marcha del motor. En el segundo caso, se verifica el funcionamiento del circuito de encendido por medio de analizadores, hasta detectar el componente objeto de las fallas.

La finalidad del diagnóstico es de localizar el componente defectuoso por medio de una serie de pruebas de funcionamiento, en las cuales, pueden utilizarse desde los métodos más sencillos, hasta los más sofisticados aparatos de comprobación. Una vez detectado el componente defectuoso, se desmontará del vehículo para su desarme y verificación individual, procediendo seguidamente a la reparación de la falla y posterior prueba de funcionamiento, montándolo finalmente al vehículo, en la cual se verificará de nuevo, junto con los demás componentes del sistema de encendido.

Al diagnosticar una falla en el sistema de encendido, es identificar que impide la producción de la chispa en las bujías. En el diagrama 1 se da a conocer los pasos a seguir en el diagnóstico del sistema de encendido tanto convencional como electrónico, cuando el motor no arranca.

* Tomado de J.M. Alonso. Técnicas del automóvil, Equipo eléctrico, pág. 300.

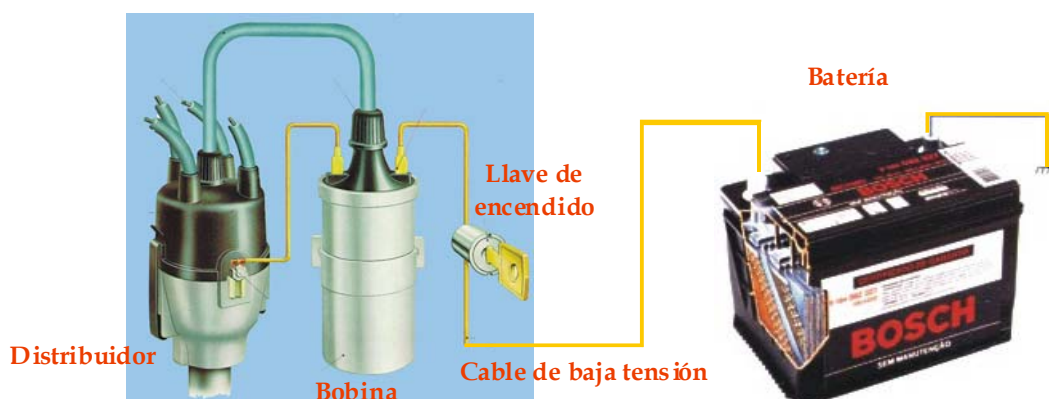
Diagrama 1 Diagnóstico del sistema de encendido, motor no arranca.†



† Fuente : del Autor

1. **Verificar funcionamiento del sistema;** cuando el motor de arranque arrastra normalmente al de combustión, pero éste no llega a ponerse en marcha, la falla estará localizada probablemente en el sistema de encendido o en el sistema de alimentación de combustible.
2. **Revisar las instalaciones de baja tensión;** corregir cables desconectados, pelados y en contacto a masa, corto, conexiones oxidadas o flojas, extremos de cables con varios alambres rotos o desconectados, véase figura 60.

Figura 60 Circuito de baja tensión en el sistema de encendido convencional.*

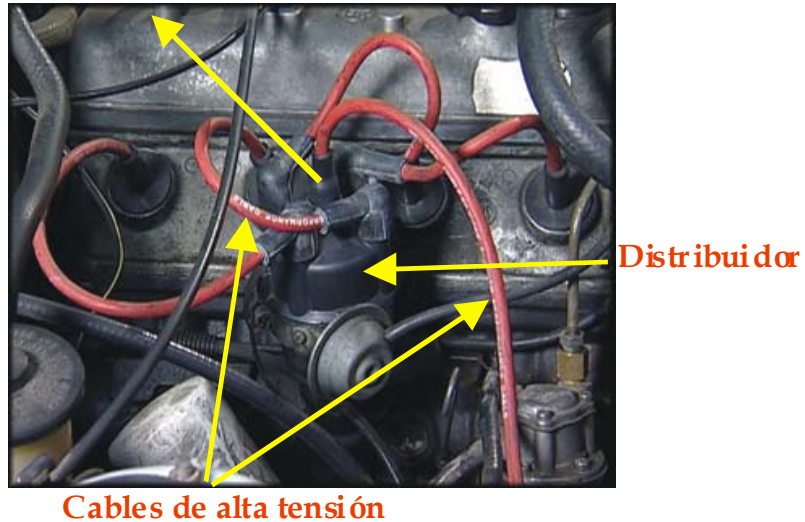


3. **Revisar las instalaciones de alta tensión;** corregir cables desconectados que impidan el paso de corrientes hacia las bujías, cables mal conectados o averiados que permitan fugas de corriente, aislamiento quemado, rajados o con humedad, véase figura 61.

* Tomado de <http://webdelautomovil.com/2007/09/el-sistema-de-encendido>

Figura 61 Cables de alta tensión.*

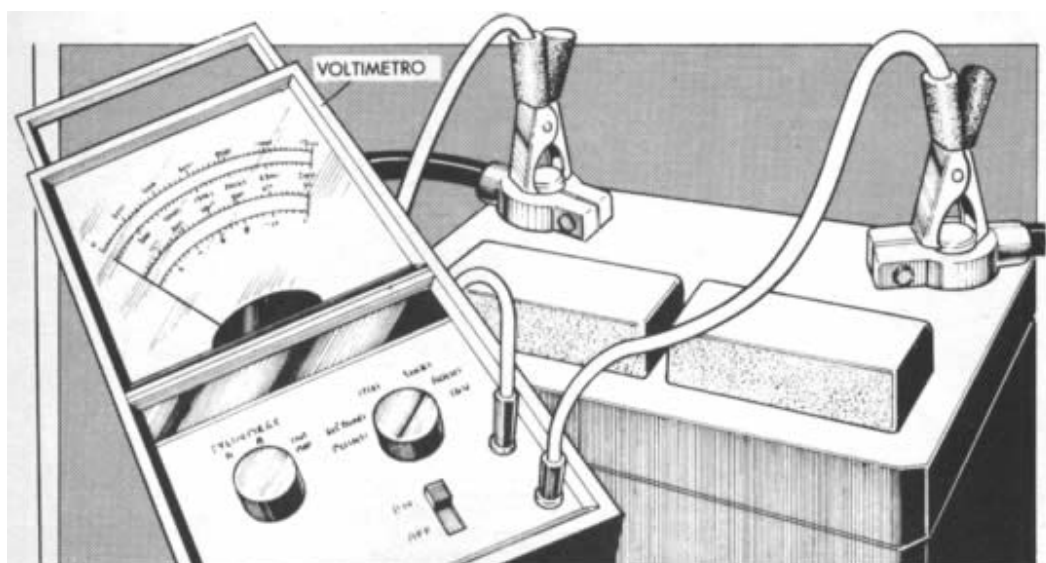
Capuchones de los cables de alta tensión



4. **Comprobar estado de la batería;** en este punto medimos la tensión de la batería en vacío, con el motor parado. Con una tensión entre 12,6V a 12,7V, se puede establecer que la batería se halla bien cargada y podemos suponer que el sistema de carga funciona correctamente, véase figura 62. Limpiar los terminales y examinar los cables de la batería si están pelados o corroídos.

* Tomada de http://www.cdtextbook.com/procedures_sp/replacecontactsSP.html

Figura 62 Toma tensión en la batería.†

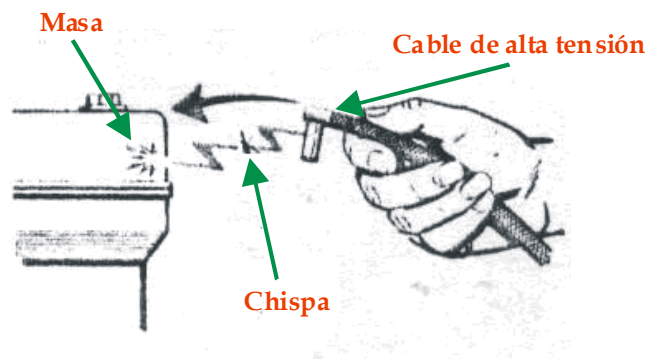


5. **Chispa en el distribuidor;** casi todos los procedimientos comienza con una sencilla prueba de la chispa. Desenchufamos el extremo del cable de alta tensión de cada una de las bujías y lo fijamos a una distancia de 3mm a masa, cualquier área de metal al descubierto, véase figura 63. Se hace que otra persona de arranque mientras se observa la chispa que salta del cable a tierra. Este debe ser una chispa de color azul intenso. Si no se produce chispa, el sistema de encendido es la causa de que el motor no arranque y descartamos que sea el sistema de alimentación. Como en primera instancia el motor no arranca y no hay chispa, con cada cable de bujía, se presume daños en las bujías.

† Tomada de

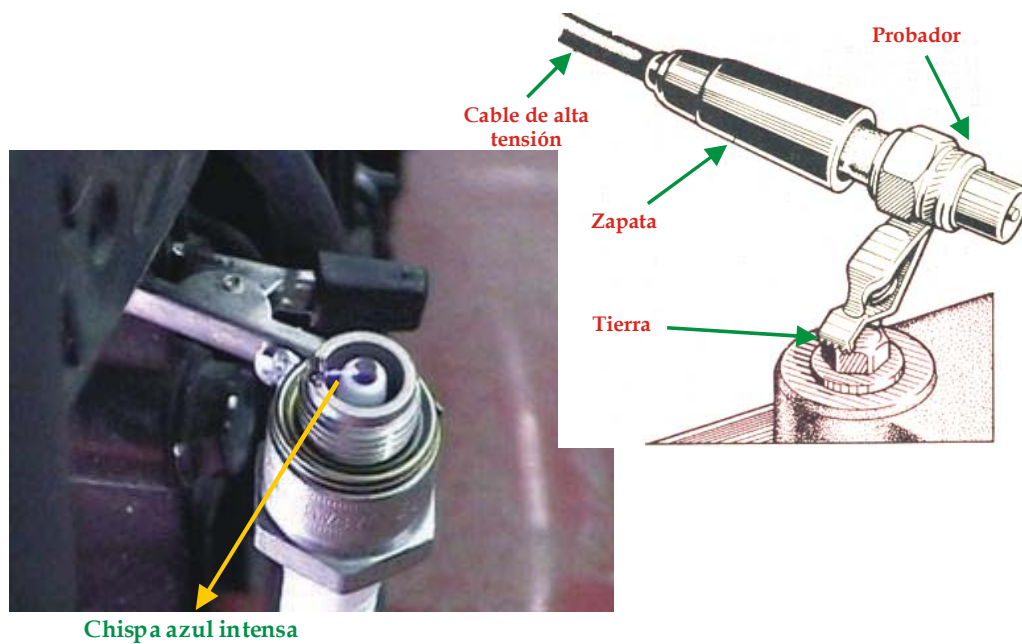
http://www.cdtextbook.com/procedures_sp/repbatterySP.html?zoom_highlight=bateria

Figura 63 Salto de chispa.*



Para comprobar la chispa en sistema de alto voltaje, se necesitará de un dispositivo para prueba de chispa. Esta herramienta se asemeja a una bujía con abrazadera fijada a su base, véase figura 64. Le permite comprobar la chispa sin tener que sujetar el peligroso cable de alto voltaje.

Figura 64 Probador de chispa sencillo.†



* Tomado de Miguel de Castro. Puesto a punto de motores, pág. 41.

† Tomado de <http://nevadawalrus.com/spark-tester.html>

6. **Chispa en la bobina;** como no hay chispa en los cables de bujía, realizamos la prueba de chispa en la salida de alta tensión de la bobina. Desconectando el cable de alta tensión de la bobina (fig. 65), en su unión al borne central del distribuidor y acercándolo a masa. En el sistema convencional, se saca la tapa del distribuidor y se gira el motor a mano hasta que el platino quede cerrado. Se ponen en contacto con un destornillador se abren y cierran repetidas veces los platinos para que la bobina genere chispas. Si no se presenta chispa, la falla estará localizada posiblemente en la tapa del distribuidor, se debe verificar el carboncillo de contacto en el rotor.

Figura 65 Bobina y su cable de alta tensión.*



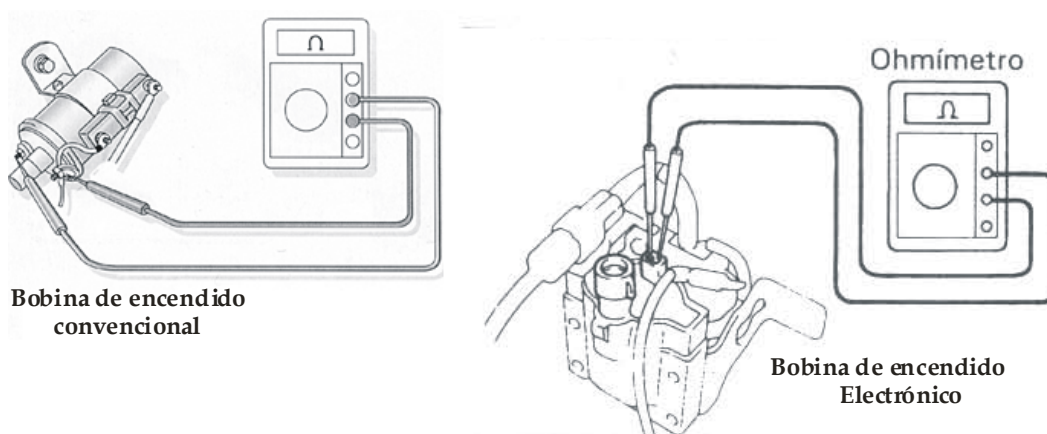
En los sistemas de encendido electrónico reemplazamos el cable de alta tensión que va hacia el distribuidor por un cable de bujías y conectamos en su extremo el probador de chispa. Luego damos arranque al motor mientras se observa si hay chispa entre el electrodo

* Tomado de <http://suzuki88.mforos.com/194412/6049830-delco-y-bobina/>

central de la herramienta. Si no vemos aún una chispa de color azul intensa, se procede al siguiente paso.

7. **Comprobar bobina;** se basa en medir la resistencia eléctrica del primario y secundario. Teniendo en cuenta que los valores de resistencia pueden variar si se realizan en frío o en caliente. Se pueden tomar como referencia los siguientes valores: La resistencia del primario puede variar de unos pocos ohm: entre 0,3 a 1,0 en bobinas para encendido electrónico a valores comprendidos entre 3 y 5 Ohm en bobinas para encendido con platino. La resistencia del secundario tiene valores muy elevados que pueden estar en el rango de entre 10.000 a 13.000 ohm.

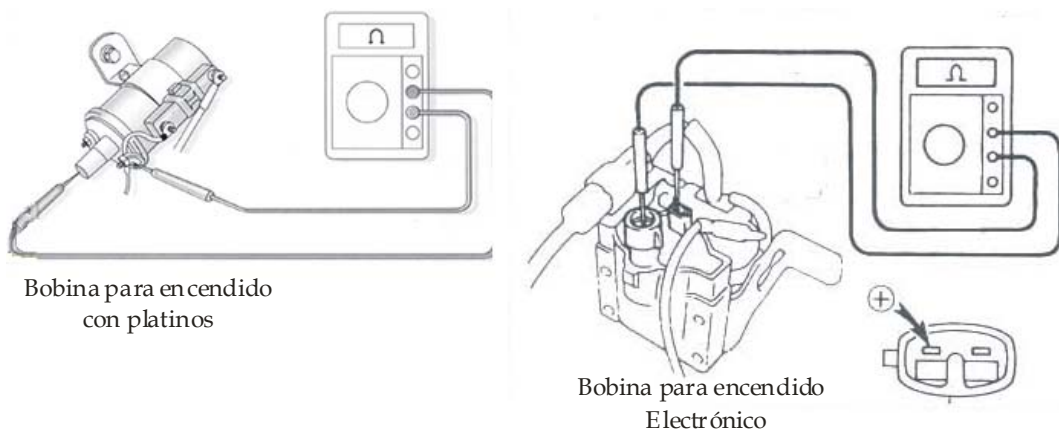
Figura 66 Medida de resistencia del primario.*



Para medir la resistencia del primario, tomamos un ohmímetro y colocamos la medida entre el polo positivo y negativo de la bobina, véase fig. 66. En el secundario se mide la resistencia entre el polo positivo de la bobina y la salida de alta tensión que va hacia el distribuidor, véase figura 67.

* Tomado de <http://modcr.11.forumer.com/viewtopic.php?t=561>

Figura 67 Medida de resistencia del secundario.*

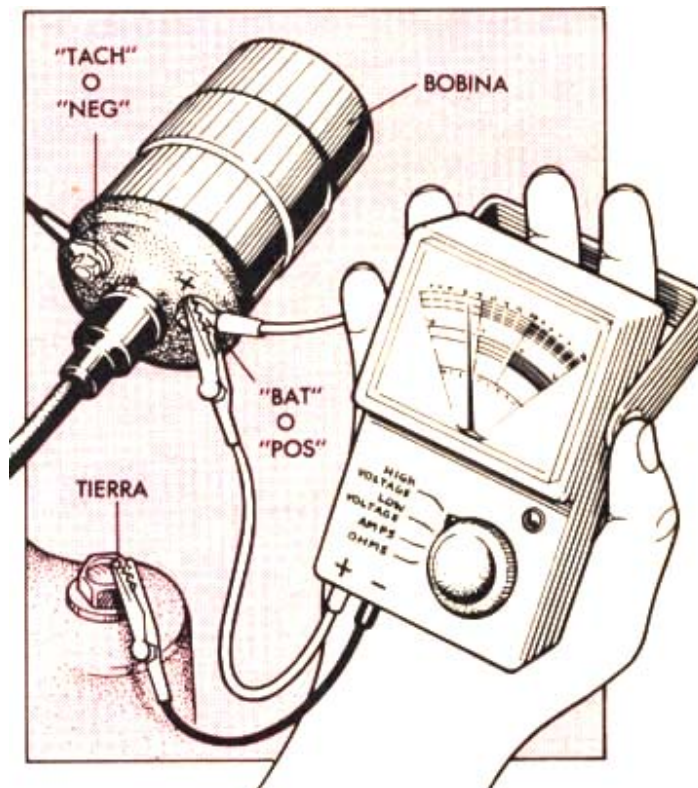


8. **Voltaje en el polo positivo de baja en la bobina;** aquí determinamos si está llegando voltaje de la batería al polo positivo de la bobina. Con un voltímetro medimos la diferencia de potencial entre el polo positivo de la bobina y la masa, véase fig. 68. El voltaje debe situarse en valores aproximados a 12V. En bobinas para encendido convencional, se utilizan resistencias añadidas para aumentar la potencia, para tal caso, la cantidad de voltaje puede variar entre 6 o 7 V.
- Si la medida de voltaje es nula o de pocos voltios, existe un problema que impide que llegue voltaje a la bobina. Podría ser una falla del interruptor del encendido o en cualquier otro dispositivo que forme parte del circuito entre la batería y la bobina.

* Tomada de

http://www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

Figura 68 Medición voltaje al terminal positivo de la bobina.*

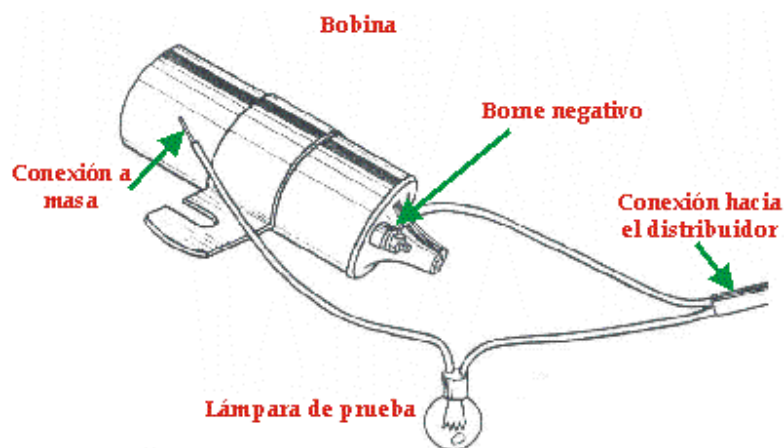


9. **Continuidad en la bobina;** si al medir la resistencia del primario en la bobina encontramos que esta abierto, resistencia infinita o no hay continuidad, no circulará corriente por el mismo y no habrá voltaje en el bobinado secundario. Deducimos una falla en la bobina, que implica el cambio. Pero si los valores de resistencia están acordes con el fabricante, debemos concentrar nuestra atención en revisar el conjunto de los platinos, encendido convencional, o bien en la unidad captadora y módulo electrónico, encendido electrónico.
10. **Comprobar estado de los platinos;** se verificará que los terminales del platino se encuentran en aislados y el estado de los contactos es bueno.

* Tomado de <http://www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=119>

Conectando una lámpara de pruebas o un voltímetro en el borne negativo de la bobina, que va hacia el distribuidor (figura 69) y girando a mano el motor de combustión con el interruptor encendido conectado, llegará un momento en que la lámpara se enciende, al abrirse el platino, para apagarse después, se cierra el platino, si seguimos girando el motor.

Figura 69 Lámpara de prueba.*



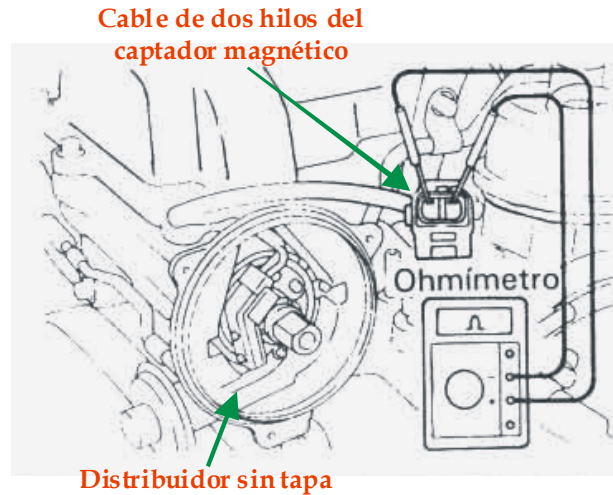
Si la lámpara permanece encendida o el voltímetro indica tensión constante, es porque los platinos permanecen abiertos y debe desmontarse el conjunto del distribuidor para su comprobación. Si se mantiene apagada, también es por el platino que se encuentra en cortocircuito o conectado a masa. En cualquier caso es necesario el cambio y calibración de platinos.

- 11. Comprobar funcionamiento del captor y del módulo electrónico;** cuando el sistema tiene bobina captadora, por lo general se verifica su funcionamiento haciendo una prueba de resistencia entre los terminales de los cables del captador, véase figura 70. Si la medida de

* Tomado de Miguel de Castro. Puesta a punto de motores, pág. 33.

resistencia no se ajusta a las especificaciones, el captador esta defectuoso y precisa de su cambio.

Figura 70 Medida de resistencia interna de la bobina captadora.*



El captador magnético posee dos cables que van al módulo electrónico, en cambio el sensor Hall cuenta con tres cables que son alimentación de 12V (+), masa o tierra (-) y salida de señal. Para comprobar el sensor Hall se hace uso del voltímetro y haciendo girar el motor, se mide tensión entre la salida de señal y tierra o (-), el voltaje máximo es de 4-6V mientras que el voltaje mínimo es 0-0.3V, véase figura 71. Para probar el módulo electrónico, se coloca una luz de prueba en el terminal que va hacia el polo negativo de la bobina y a tierra. Al hacer girar el motor, la luz debe alumbrar intermitentemente. Normalmente cuando la luz no alumbraba, la causa es un módulo electrónico en mal estado, véase figura 72.

* Tomado de http://www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

Figura 71 Medida tensión en el sensor Hall.*

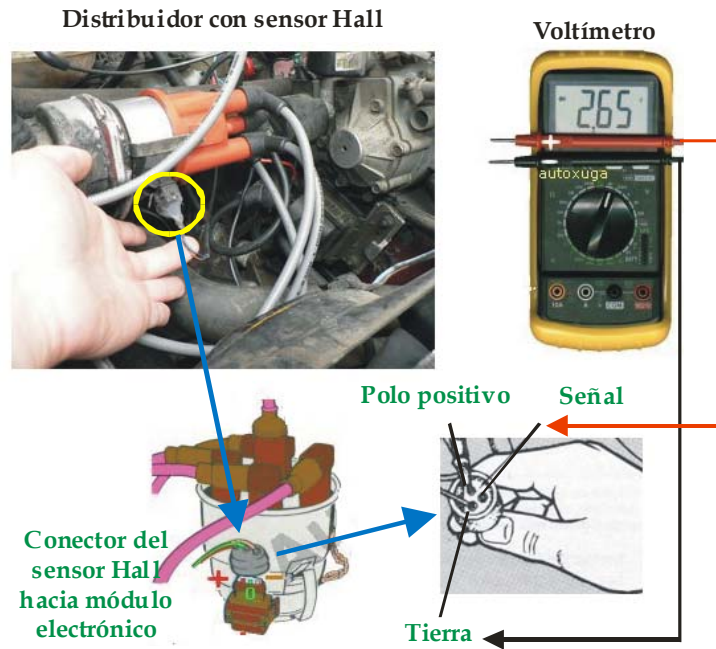
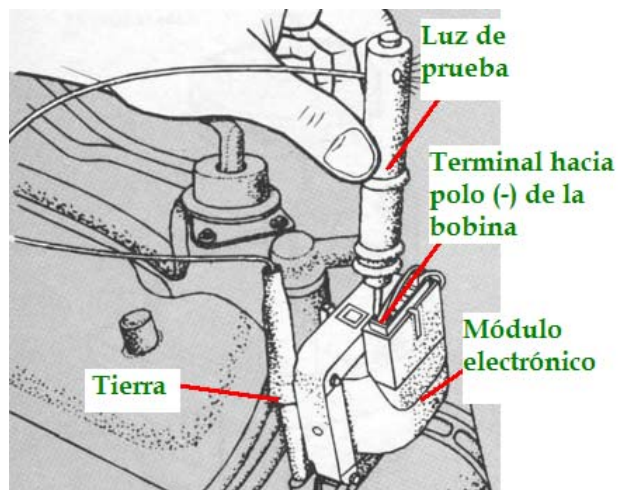


Figura 72 Prueba del módulo electrónico con lámpara.†



A continuación daremos un breve resumen de fallas con su correspondiente solución posible.

* Tomado de <http://www.expertoscoches.com/cursos/ENCENDIDO/ENCENDIDO1.htm>

† Tomado de <http://www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=217>

4.2.1. Diagnóstico de Fallas en el Sistema de Encendido Convencional.

En la tabla 1 y 2 se muestra una guía de anomalías para el sistema de encendido convencional o con platino.

Tabla 1 Fallas en el sistema general de encendido convencional.*

SINTOMA	CAUSAS
Arranque difícil del motor.	<ul style="list-style-type: none">▪ Platinos quemados o picados.▪ El platino móvil pegado en el perno.▪ El resorte (muelle) del platino roto.▪ Platinos mal ajustados.▪ Bujías mal calibradas.▪ Terminales de los cables de la batería corroídos en la punta de la tapa del distribuidor.▪ Terminales del circuito primario sucios o flojos.▪ Conexión a tierra del motor al bastidor mala.▪ Condensador malo.▪ Orden incorrecto de encendido.▪ Escobilla del rotor defectuosa.▪ Bobina de encendido defectuosa.▪ Sulfatación de la torre de la bobina y/o la tapa del distribuidor.▪ Tapa del distribuidor defectuosa.▪ Batería débil.▪ Conductor de alta tensión de la

* Tomado de cartillas del SENA. Reparación del sistema encendido convencional, pág. 21.

	bobina al distribuidor fuera de su lugar.
El motor falla a alta velocidad.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Algún cable de la distribución suelta. ▪ Bujías sucias. ▪ Luz excesiva entre los electrodos de la bujía. ▪ Escobilla del rotor gastada. ▪ Bobina defectuosa. ▪ Regulación incorrecta del encendido.
El motor pierde fuerza	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regulación incorrecta del encendido. ▪ Rotor del distribuidor gastado. ▪ Eje del distribuidor gastado. ▪ Bujías gastadas, con luz inadecuada o mal ajustada. ▪ Cables de encendido defectuosos.
El motor gira pero no prende	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Platinos quemados o picados. ▪ Platino móvil pegado al perno. ▪ Resorte del platino roto. ▪ Platinos mal ajustados. ▪ Bujías mal calibradas. ▪ Terminales de cables de bujías corroídos en la tapa del distribuidor. ▪ Condensador defectuoso. ▪ Orden de encendido incorrecto. ▪ Escobilla picada. ▪ Bobina de encendido defectuosa.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interruptor de encendido defectuoso. ▪ Sulfatación de la torre de la bobina o tapa del distribuidor. ▪ Batería débil. ▪ Conductor de alta tensión de la bobina al distribuidor fuera de su sitio.
El motor se recalienta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distribuidor mal reglado o montado. ▪ Avance de encendido incorrecto. ▪ Bujías muy calientes. ▪ Bobina del encendido débil.
El motor da detonaciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Avance de encendido incorrecto (delante de chispa). ▪ Encendido mal reglado (muy avanzado). ▪ Conexiones flojas. ▪ Cables defectuosos. ▪ Bujías dañadas o defectuosas. ▪ Bujías cristalizadas. ▪ Bujías con grado térmico inadecuado.

Tabla 2 Fallas en las bujías del encendido convencional.*

SINTOMAS	CAUSAS
Depósitos blancos en el aislador con ampollas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bujía muy caliente. ▪ Sincronización del encendido muy

* Tomado de cartillas del SENA. Reparación del sistema encendido convencional, pág. 23.

	<p>avanzada.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arden depósitos en la cámara de combustión del cilindro. ▪ Obstrucciones en el sistema de enfriamiento o en el de escape.
Electrodos quemados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bujía de grado térmico excesivo. ▪ Sincronización del encendido muy avanzada. ▪ Arden depósitos en la cámara de combustión del cilindro. ▪ Obstrucciones en el sistema de enfriamiento o en el escape.
Depósito de hollín negro y esponjoso en el aislador y los electrodos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mezcla aire - gasolina muy rica. ▪ Circuito primario defectuoso. ▪ Cables de bujía defectuosos. ▪ Se ha arrancado el motor estando muy frío.
Depósito de aceite negro en el aislador y los electrodos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anillos de émbolo o sellos de guías de válvulas defectuosas que dejan pasar demasiado aceite a la cámara de combustión. ▪ Sistema de ventilación del cárter defectuoso.
Depósitos duros de carbón en el aislador y los electrodos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pasa aceite por los anillos y las válvulas. ▪ Sistema de ventilación del cárter defectuoso. ▪ Bujía demasiado fría. ▪ Bujía incorrecta para el motor.

Depósito de carbón de apariencia granulada en el aislador y los electrodos y en sus alrededores.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta u obstrucción del filtro de aire en el vehículo. ▪ Filtro de aire deficientemente instalado.
Depósito en la bujía derretidos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bujía demasiado caliente. ▪ Sistemas de enfriamiento o de escape obstruidos. ▪ Arden depósitos en la cámara de combustión del cilindro.
Manchas negras en el aislador.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Depósitos aceitosos blandos acumulados en el cilindro.
Extremo roto del aislador y transferencia de metal del electrodo central lateral.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sincronización del encendido muy avanzada. ▪ Gasolina de baja calidad. ▪ Sistema de control de gases de escape defectuoso.

4.2.1.1. Diagnóstico de Fallas en el Sistema de Encendido Electrónico.

En la tabla 3 se indica las posibles causas de las fallas más comunes del sistema de encendido electrónico.

Tabla 3 Fallas en el sistema de encendido electrónico.*

Condición	Causa Probable	Corrección
El motor gira, pero no arranca o es difícil de arrancar	No Hay Chispa. Fusible fundido para la	Reemplazar.

* Tomado de <http://www.fiatduna.com.ar/encendido-electronico-fallas-vt3808.html>

	bobina de encendido.	
	Conexión floja o desconexión de los hilos conductores o cordón(es) de alta tensión.	Conectar firmemente.
	Cordón(es) de alta tensión defectuoso(s).	Reemplazar.
	Bujía(s) de encendido defectuosa(s).	Ajustar, limpiar o reemplazar.
	Rotor agrietado o tapa.	Reemplazar.
	Entrehierro de rotor de señal mal ajustado.	Ajustar.
	Bobina de encendido defectuosa.	Reemplazar.
	Amortiguador de ruidos defectuosos.	Reemplazar.
	CAS defectuoso.	Reemplazar.
	Unidad de energía defectuosa.	Reemplazar.
ECM [†] defectuoso.	Reemplazar.	
Sincronización de encendido mal ajustada.	Ajustar.	
Economía de combustible o funcionamiento del motor deficiente	Sincronización de encendido incorrecta.	Ajustar.
	Bujía(s) de encendido defectuosa(s).	Ajustar, limpiar o reemplazar.
	ECM defectuoso.	Reemplazar.
El motor no funciona	El sonido del interruptor magnético no opera.	
	Circuito abierto en la bobina de tiro.	Reemplazar el interruptor magnético.
	Poco deslizamiento del	Reemplazar

[†] ECM, Electronic Control Module (módulo electrónico).

	<p>émbolo.</p> <p>La batería se descarga.</p> <p>El voltaje de la batería es demasiado bajo debido al deterioro de la batería.</p> <p>Poco contacto en la conexión del terminal de la batería.</p> <p>Floja conexión de cable a tierra.</p> <p>Fusible flojo o quemado.</p> <p>Poca acción de contacto del interruptor de encendido.</p> <p>El acoplador del cable de corriente se mueve.</p> <p>Circuito abierto entre el interruptor de encendido y el interruptor magnético.</p>	<p>Recargar la batería.</p> <p>Reemplazar la batería.</p> <p>Volver a apretar o reemplazar.</p> <p>Volver a apretar.</p> <p>Apretar o reemplazar.</p> <p>Reemplazar.</p> <p>Volver a apretar.</p> <p>Reparar.</p>
<p>El motor de arranque funciona pero demasiado lento (par de torsión pequeño)</p>	<p>Si no hay problemas con la batería y el hilo, inspeccione el motor de arranque</p> <p>Contacto insuficiente de los contactos principales del interruptor magnético.</p> <p>Cortocircuito en el devanado del inducido.</p> <p>Colector desconectado, quemado o gastado.</p> <p>Poca conexión a tierra de la bobina de campo.</p> <p>Escobillas gastadas.</p> <p>Resorte de la escobilla debilitado.</p> <p>Bujes de extremo quemados o gastados anormalmente.</p>	<p>Reemplazar.</p> <p>Reemplazar.</p> <p>Reparar o reemplazar.</p> <p>Reparar.</p> <p>Reemplazar.</p> <p>Reemplazar resortes.</p> <p>Reemplazar.</p>

<p>El motor de arranque funciona, pero el motor no arranca</p>	<p>Extremo del piñón gastado.</p> <p>Poco deslizamiento del embrague de rueda libre.</p> <p>Deslizamiento del embrague de rueda libre.</p> <p>Dientes gastados del engranaje anular.</p> <p>Deslizamiento del amortiguador de choque.(tipo reducción).</p>	<p>Reemplazar el embrague de rueda libre.</p> <p>Reemplazar.</p> <p>Reemplazar.</p> <p>Reemplazar el volante.</p> <p>Reemplazar.</p>
<p>Ruidos</p>	<p>Escobilla gastada anormalmente.</p> <p>Piñón gastado o dientes gastados del engranaje anular.</p> <p>Poco deslizamiento del piñón (falla en el movimiento de retorno)</p>	<p>Reemplazar.</p> <p>Reemplazar el piñón o el volante.</p> <p>Reparar o reemplazar</p>
<p>El motor de arranque no deja de funcionar</p>	<p>Puntos de contacto fundidos del interruptor magnético.</p> <p>Cortocircuito entre las vueltas de la bobina del interruptor magnético (cortocircuito de devanado).</p> <p>Falla de la acción de retorno en el interruptor de encendido.</p>	<p>Reemplazar.</p> <p>Reemplazar.</p> <p>Reemplazar.</p>

4.3. DESARME, INSPECCIÓN Y REPARACIÓN DEL SISTEMA ENCENDIDO CONVENCIONAL.*

Estos procedimientos que estudiaremos a continuación son posteriores a un diagnóstico, que nos informará los elementos a sustituir o reparar.

4.3.1. Desmontar el Sistema de Encendido.

Es la acción de retirar el distribuidor, la bobina y las bujías del motor, para verificar y cambiar los elementos constitutivos del sistema de encendido.

El proceso de ejecución contempla los siguientes pasos:

Desmante del distribuidor (Fig. 73).

- Desconecté los cables de bujías de la tapa del distribuidor.
- Desconecté el cable de la bobina al distribuidor.
- Desconecté la línea al vacío del distribuidor.
- Desprenda los broches de seguro de la tapa y retírela.
- Verifique el sentido de giro del rotor (escobilla).
- Saque el tornillo de fijación del distribuidor.
- Desmonté el distribuidor.

Desmante la bobina (Fig. 74).

- Desconecté los cables del interruptor de encendido de la bobina.
- Saque los tornillos de fijación de la bobina.
- Desmonté la bobina.

* Tomada de cuadernillo del SENA. Sincronización del encendido, pág. 27.

Figura 73 Puntos para desmontaje de el distribuidor.*

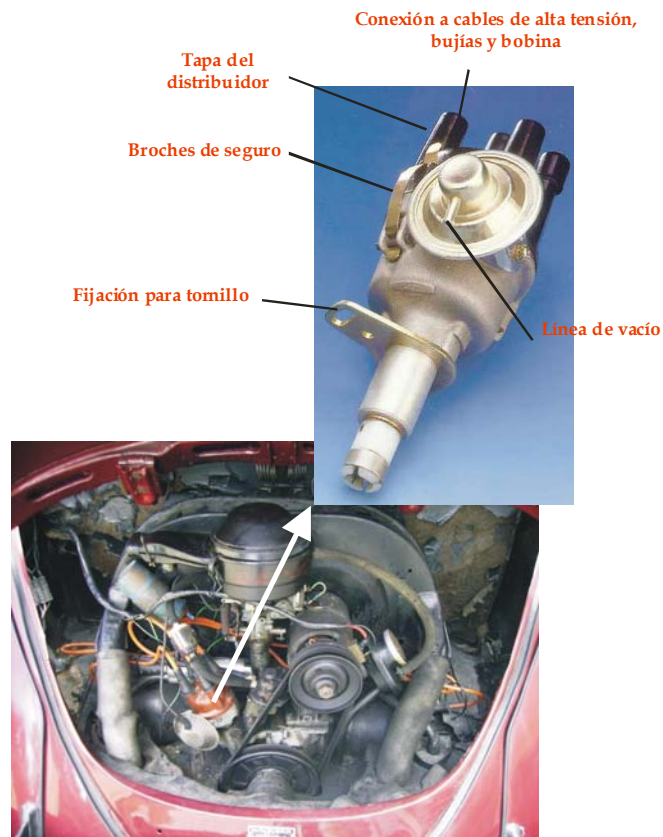
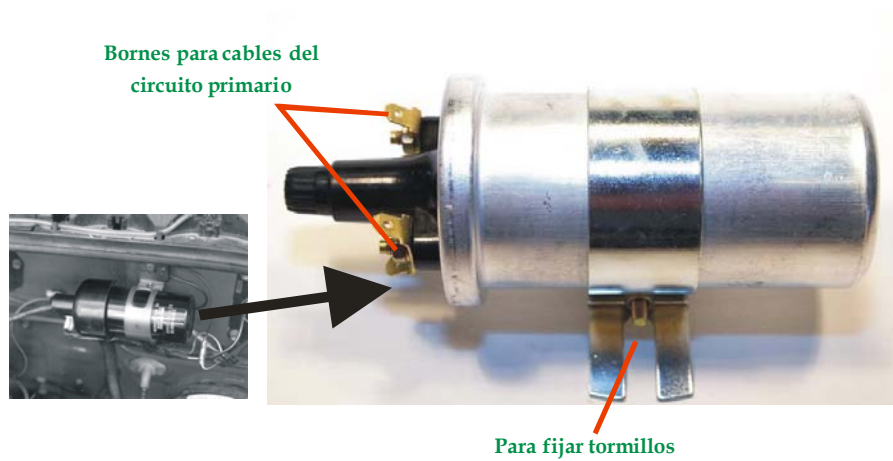


Figura 74 Puntos para desmontaje de la bobina.†



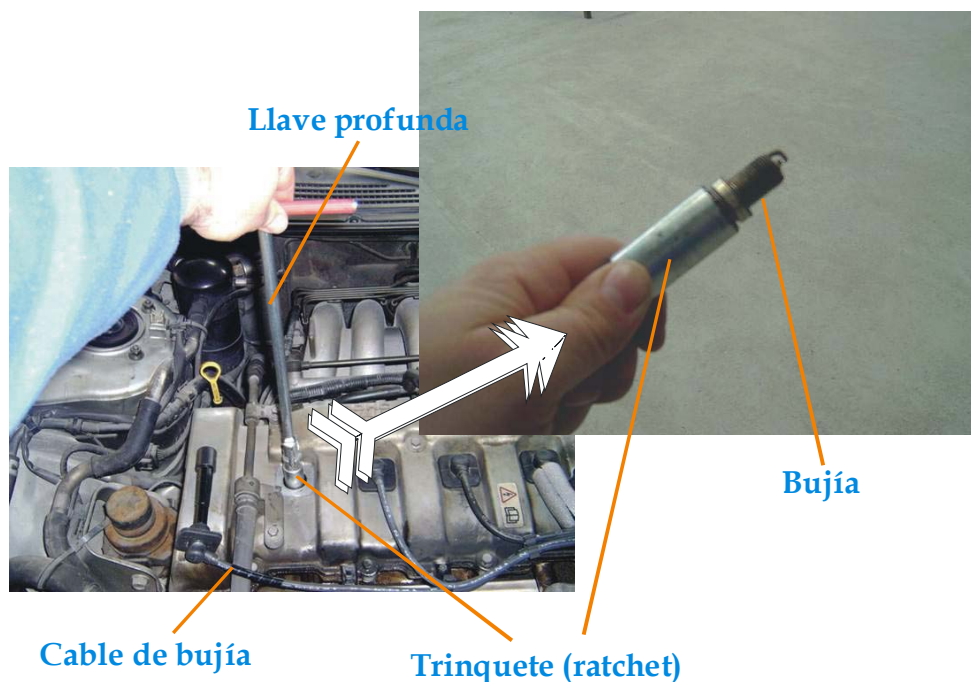
* Tomado de <http://sharif.20un.com/automotive-parts-manufacturers-pro-es.html>

† Tomado de <http://www.clasicosrb.com/subhome.asp?SECCIONID=692>

Desmonte las bujías del motor (Fig. 75).

- Desconecte los cables de las bujías (quite los cables tirando suavemente del capuchón).
- Con aire comprimido quite la suciedad que haya alrededor de las bujías.
- Suelte las bujías empleando la llave adecuada. Se recomienda colocar la llave firmemente en la bujía y mantenerla en línea recta para evitar que se mueva, lo que podría causar la rotura de la bujía. Algunos fabricantes aconsejan soltar la bujía una vuelta y prender el motor para que la presión de la combustión saque cualquier carbón suelto.
- Saque las bujías.
- Coloque las bujías en la estantería en el orden de numeración del motor.

Figura 75 Desmonte de bujía.*



* Tomado de http://www.gratisweb.com/hp_photosmart620/bujias16vcambio.htm

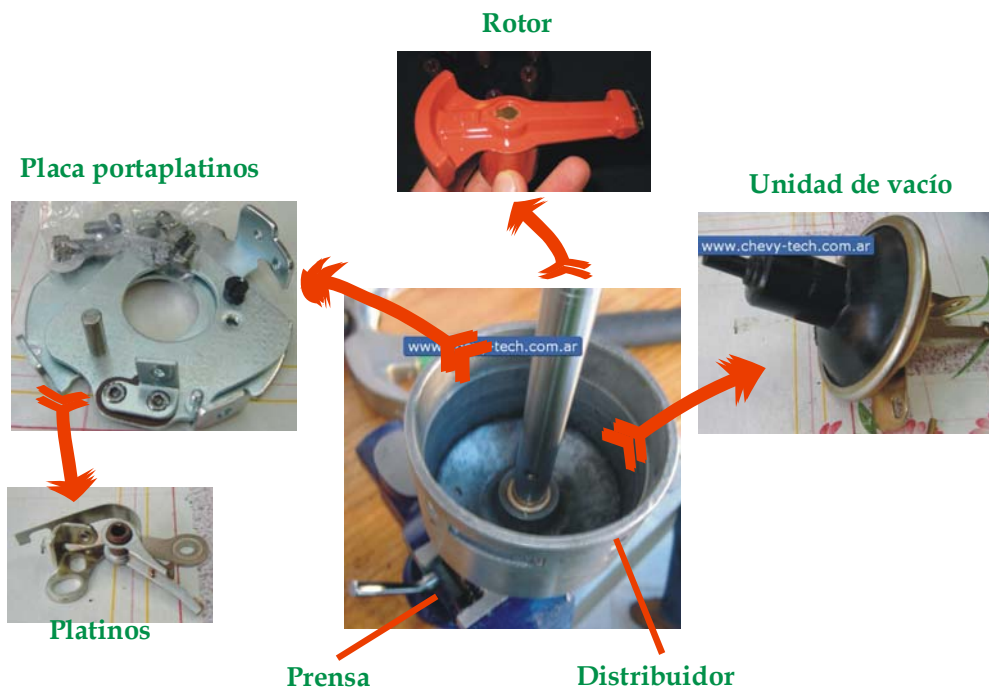
4.3.2. Desarmar el distribuidor

El distribuidor realiza un papel de gran importancia en el encendido. Periódicamente se deben desmontar los elementos que lo componen, para efectuar su inspección y reemplazar las piezas defectuosas. También se desarma el distribuidor cuando se detectan fallas en su funcionamiento. Los pasos que se han de seguir son:

Desmante la placa porta platinos (Fig. 76).

- Coloque el distribuidor en una prensa de banco y saque el rotor (escobilla).
- Retire la unidad de avance al vacío.
- Desconecte los cables del condensador y el primario de los platinos.

Figura 76 Desarme del distribuidor.*



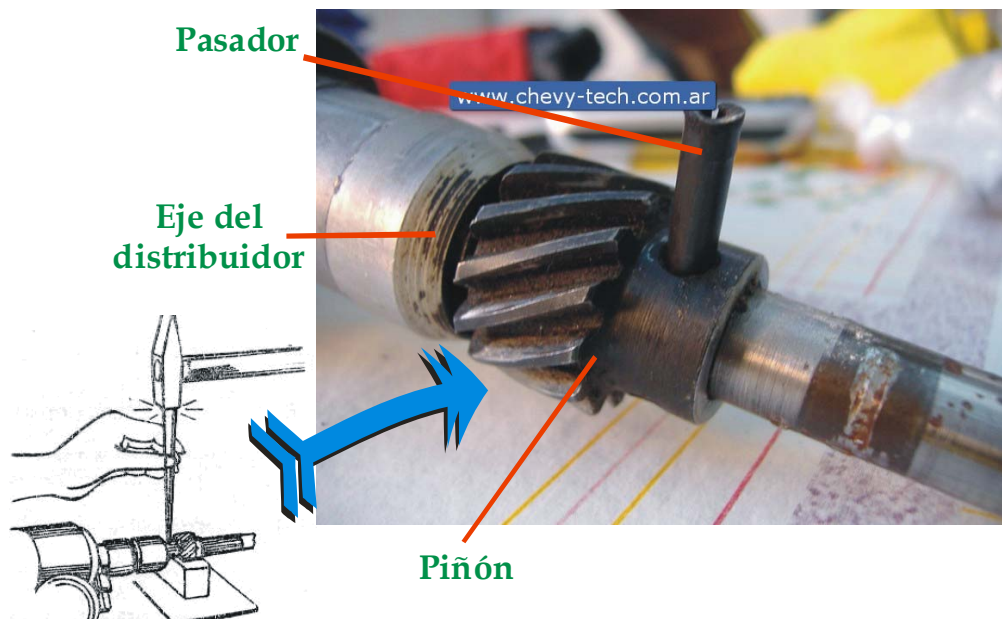
* Tomado de <http://www.chevy-tech.com.ar/index.php?topic=150.0>

- Saque el condensador y los platinos.
- Saque los tornillos de fijación de la placa portaplatinos y retírelos.
- Retire el distribuidor de la prensa de banco.

Desmonte el eje del distribuidor (Fig. 77).

- Saque el pasador del piñón del distribuidor y retire el piñón.

Figura 77 Desmonte del pasador del piñón en el distribuidor.*



- Saque el eje del distribuidor del cuerpo.
- Retire la placa limitadora de avance centrífugo.
- Desmonte los resortes de retorno de los contrapesos.
- Retire la leva y los contrapesos del eje del distribuidor.

Desmonte los bujes del cuerpo del distribuidor.

- Extraiga el buje superior.
- Desmonte el buje inferior.

* Tomado de <http://www.chevy-tech.com.ar/index.php?topic=150.0>

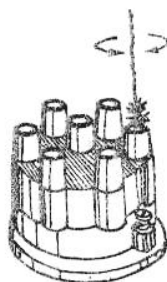
4.3.3. Limpiar el Distribuidor y las Bujías.

Esta operación debe realizarse siguiendo atentamente las especificaciones del constructor y los pasos que se indican a continuación:

Limpiar los elementos del distribuidor (Fig. 78).

- Limpie con bayetilla y brocha de cerda el rotor (escobilla), la placa porta platinos, la unidad de avance al vacío, los contrapesos, el eje, el cuerpo y la tapa del distribuidor. Tapar el conducto de la unidad de avance al vacío, para evitar que entren cuerpos extraños.
- Limpie con un cepillo de alambre los contactos de la tapa del distribuidor.

Figura 78 Limpieza conductos de la tapa del distribuidor*



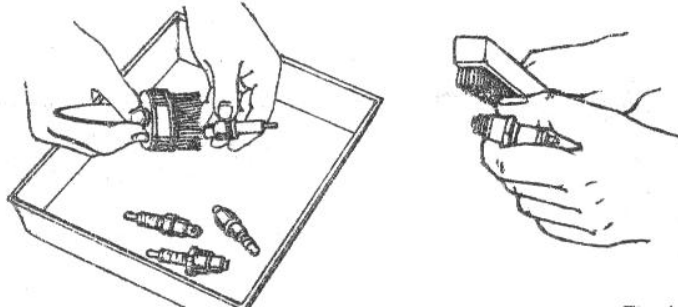
- Lave con un disolvente especial y brocha los platinos, el mecanismo de avance centrífugo, el piñón y el cuerpo del distribuidor.

Limpiar las bujías (Fig. 79).

- Límpielas exteriormente con una brocha y disolvente especial.
- Cepille las roscas.

* Tomada de cuadernillo del SENA. Sincronización del encendido, pág. 31.

Figura 79 Limpieza de bujías**



4.3.4. Verificar el Sistema de Encendido.

Consiste en verificar los elementos constitutivos del distribuidor para reemplazar las piezas que se encuentran deterioradas y poder hacer un armado de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Los pasos que se han de seguir para esta operación son :

Verifique visualmente los elementos del distribuidor.

- Verifique que el rotor (escobilla) y tapa del distribuidor no presenten roturas o grietas.
- Verifique que la unidad de avance al vacío no presente deformaciones o roturas y que tenga movimiento normal.
- Cerciórese de que el cable de los platinos no presente roturas, pérdidas de aislamiento, terminales deformados, sueltos o rotos.
- Verifique que los platinos no estén quemados, picados y que el resorte no esté vencido, roto ni deformado.

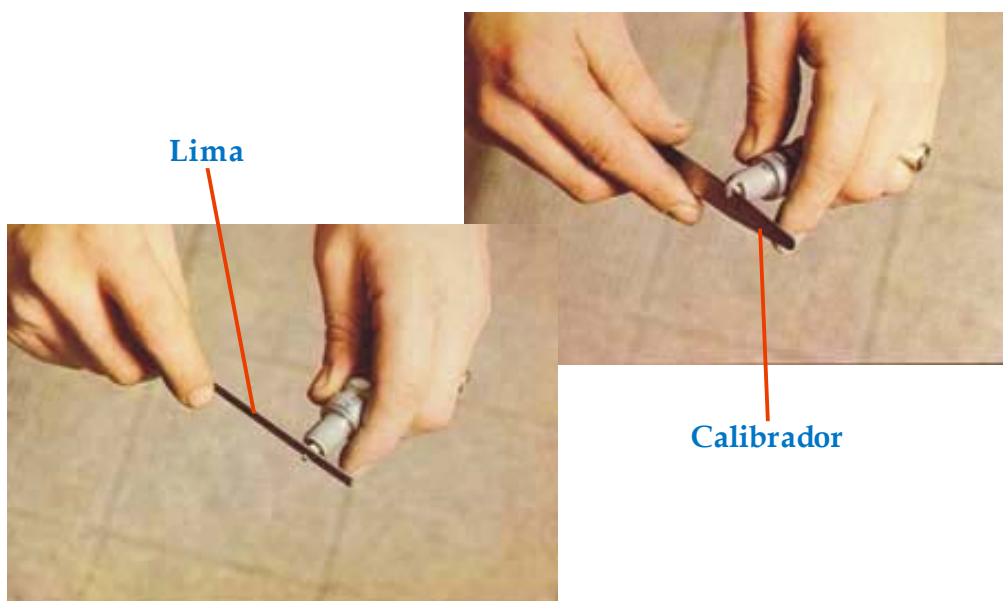
** Tomada de cuadernillo del SENA. Sincronización del encendido, pág. 31.

- Inspeccione la placa porta platinos, el fieltro de lubricación, los elementos del avance centrífugo y la leva.
- Verifique que el cuerpo del distribuidor no presente desgastes ni quebraduras, y que los hilos de roscas en los tornillos estén en buen estado.
- Verifique que el eje gire libremente.
- Compruebe, con un indicador de cuadrante, la alineación del eje del distribuidor.

Verifique y regule los electrodos de las bujías (Fig.80).

- Verifique los electrodos de las bujías. Límelos si es necesario.
- Calibre los electrodos con un calibrador de alambre.

Figura 80 Calibración de electrodos en una bujía.*



* Tomado de <http://www.tallereszarandona.net/124/bujias2.htm>

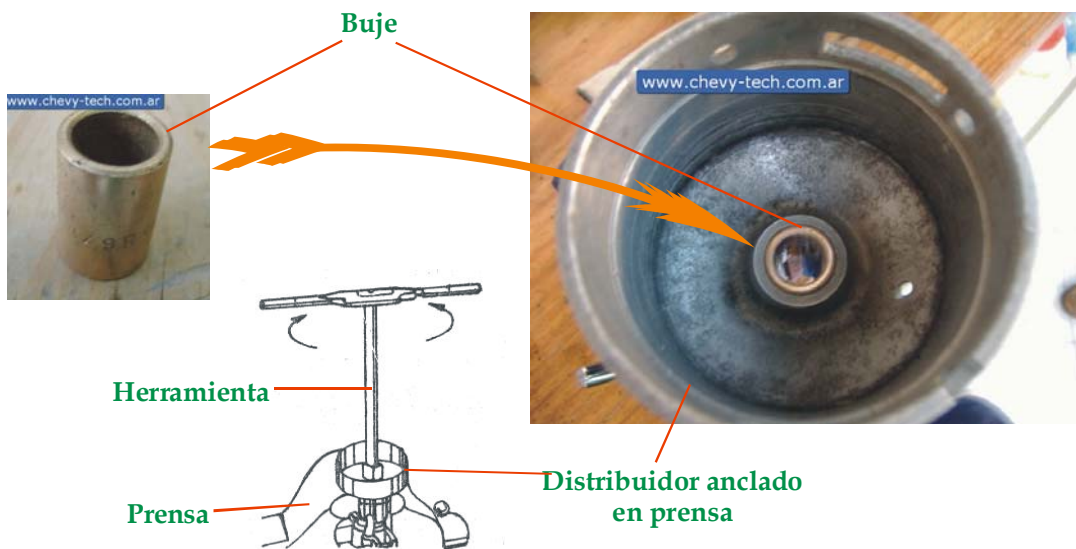
4.3.5. Armar Distribuidor.

Los pasos que se han de seguir son:

Instale los bujes al cuerpo del distribuidor (Fig. 81).

- Monte el cuerpo del distribuidor en la prensa de banco.
- Instale los bujes, utilizando la herramienta especial.
- Rime los bujes a la medida del eje.
- Taladre los orificios de lubricación.
- Quite las rebabas de los bujes.

Figura 81 Instalación de los bujes del distribuidor.*



* Tomado de * Tomado de <http://www.chevy-tech.com.ar/index.php?topic=150.0>

Monte el eje del distribuidor (Fig. 82).

- Coloque la leva en el eje de mando.
- Coloque la leva en el plato fijo, los contrapesos y los resortes.
- Lubrique e introduzca el eje del distribuidor en su alojamiento.
- Ponga la arandela de tope e inserte en el eje del piñón de mando hasta obtener una holgura entre el piñón y el extremo del cuerpo del distribuidor, según especificaciones del constructor.
- Monte los suplementos que había retirado.
- Inserte el pasador de fijación del piñón de mando.
- Coloque y monte la placa porta platinos.
- Instale la unidad de avance de vacío.
- Monte el condensador y los platinos.
- Conecte el cable del condensador y el del ruptor.

Figura 82 Montaje del eje del distribuidor.*

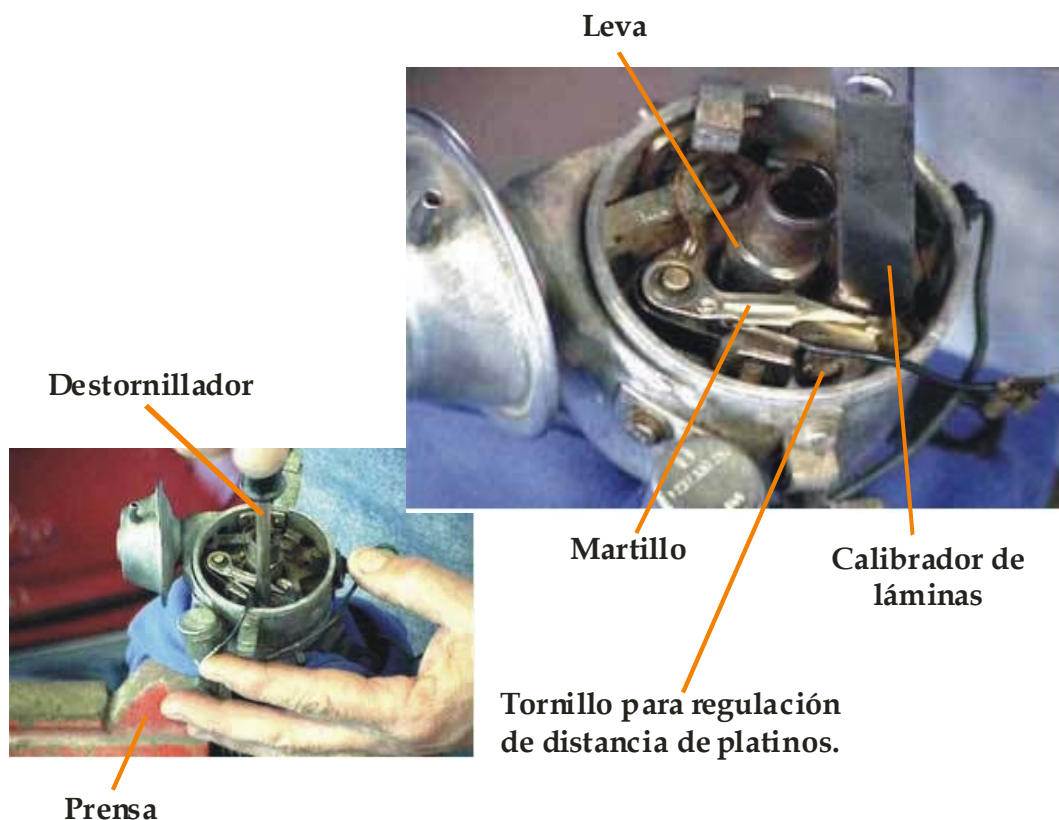


* Tomado de <http://www.chevy-tech.com.ar/index.php?topic=150.0>

Efectué la regulación de los platinos (Fig. 83).

- Monte el distribuidor en la prensa de banco.
- Gire el eje del distribuidor y coloque la fibra de apoyo del ruptor en un vértice de la leva, hasta que los platinos abran al máximo.
- Regule la apertura de los platinos con un calibrador de láminas hasta obtener la separación prescrita por el constructor. Al calibrar los platinos gire el tornillo de ajuste o inserte un destornillador en la ranura de ajuste de abertura de contactos, según el tipo. Y mueva el platino lentamente, midiendo la abertura o intervalo deseado.

Figura 83 Ajuste de apertura de platinos.*



* Tomada de <http://www.ovalscarclub.com/Foro/index.php?topic=48.0>

4.3.6. Montar los Elementos del Circuito de Encendido.

Consiste en instalar el distribuidor, la bobina y los cables de alta luego que han sido reemplazados sus elementos defectuosos. El correcto montaje permite el funcionamiento normal del motor, bajo cualquier régimen de trabajo. Para ello seguimos los siguientes pasos:

Monte el distribuidor.

- Gire el motor hasta que el émbolo del cilindro No. 1 esté en el PMS de la carrera de compresión.
- Localice las marcas de sincronización del encendido en el volante del motor o en el amortiguador de vibraciones.
- Verifique que las marcas de encendido del amortiguador de vibraciones o del volante coincidan con la del bloque.
- Introduzca el distribuidor en su alojamiento.
- Mueva ligeramente el rotor (escobilla) para que el engranaje de propulsión engrane con el del árbol de levas o con la ranura del eje de la bomba de aceite, según el caso.
- Apriete el tornillo de la abrazadera que permite girar el distribuidor.
- Conecte la unidad de vacío al distribuidor.
- Monte el rotor (escobilla).

Monte la bobina.

- Coloque los tornillos de fijación de la bobina.
- Conecte los cables de la bobina al distribuidor y del interruptor de encendido a la bobina.
- Conecte el cable de alta a la torre de la bobina.

Coloque los cables de las bujías.

- Coloque la tapa del distribuidor.
- Instale los cables a las bujías según el orden de encendido y en el sentido de giro del eje del distribuidor, empezando por el cilindro N°1.

Luego de efectuar las operaciones de desmontaje, inspección y montaje del distribuidor, bobina y bujías. Procedemos a sincronizar el sistema encendido para dejar el motor en perfecto estado de funcionamiento.

Esta operación se estudiará posteriormente, pero antes de continuar se estudiará los procedimientos de desarme, diagnóstico y reparación en el sistema de encendido electrónico así como del sistema de arranque. Pues para sincronizar el encendido electrónico se siguen las mismas operaciones en la sincronización convencional, abordamos el mismo tema para los dos distintos sistemas encendidos que estamos tratando luego de su respectiva reparación.

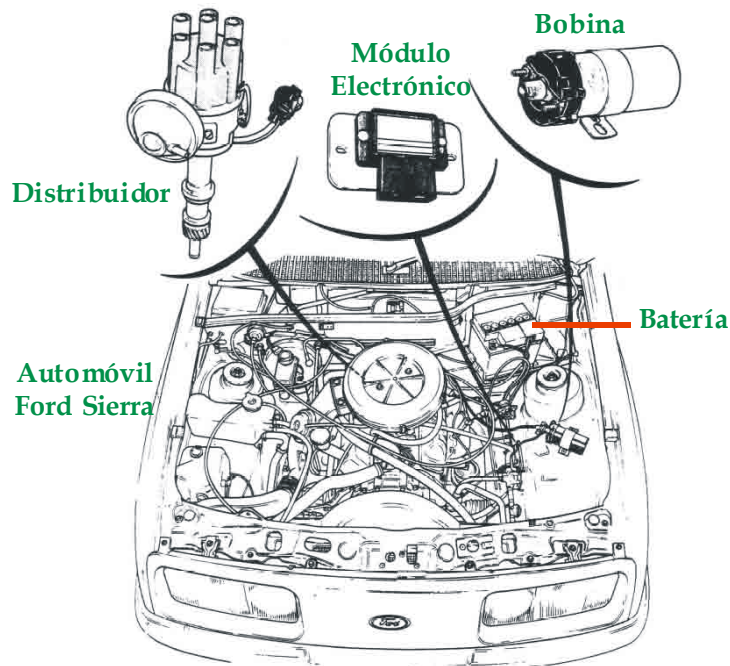
4.4. DESARME, DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO.*

En estos procedimientos se hará un breve tratamiento al distribuidor y nos concentraremos en los elementos que difieren al sistema convencional.

4.4.1. Desmontar el Sistema de Encendido.

Es la operación que permite retirar el distribuidor, la bobina y la unidad de control, véase figura 84. Se efectúa cuando es necesario reemplazar uno de estos elementos o hacer una reparación general del motor.

Figura 84 Elementos a desmontar del sistema de encendido electrónico.†



* Tomada de cuadernillo del SENA. Sincronización del encendido, pág. 37.

† Tomado de

<http://www.fordsierra.org/manuales/Manual%20Reparacion%20y%20Servicio%20-%20Español%20-%20CAPITULO-02.pdf>

Los pasos a seguir son:

Retire el distribuidor (Fig. 85).

- Desconecte el cable de tierra de la batería.
- Desconecte el enchufe, doble (captador inductivo) o triple (captador Hall), que une la unidad de control al distribuidor (A).
- Desmonte la tapa y los cables de las bujías y bobina (B).
- Desconecte las mangueras de avance por vacío del distribuidor.
- Girar cigüeñal hasta que las marcas de sincronización coincidan (C).
- Retire el tornillo de sujeción del distribuidor (D).
- Desmonte el distribuidor.

Desmonte la unidad de control.

- Retire los tornillos de la unidad de control
- Desmonte la unidad.

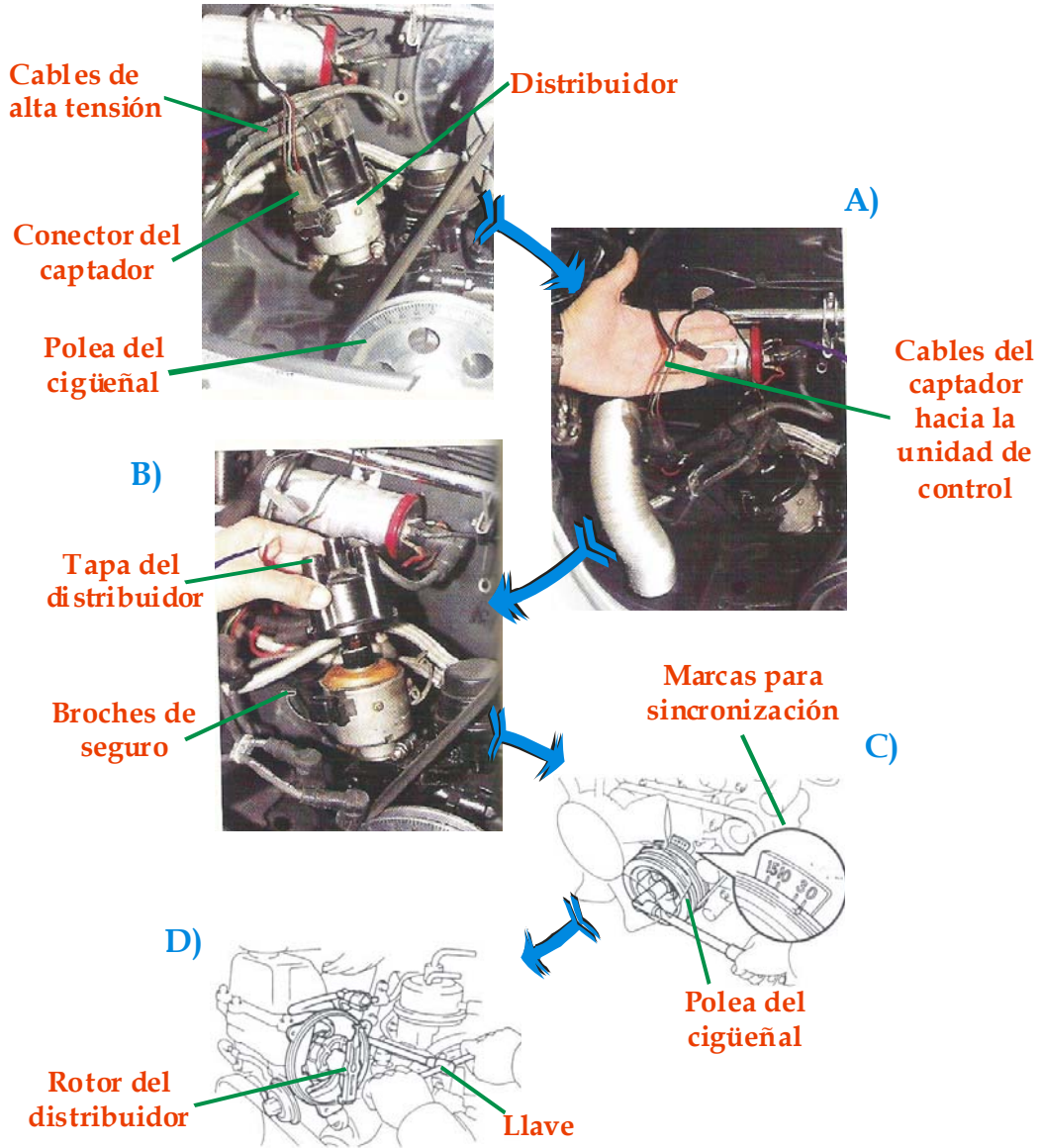
Desmonte la bobina.

- Afloje los tornillos de fijación de la alzada de la bobina.
- Retire la bobina.

4.4.2. Desarmar el distribuidor (Fig. 86).

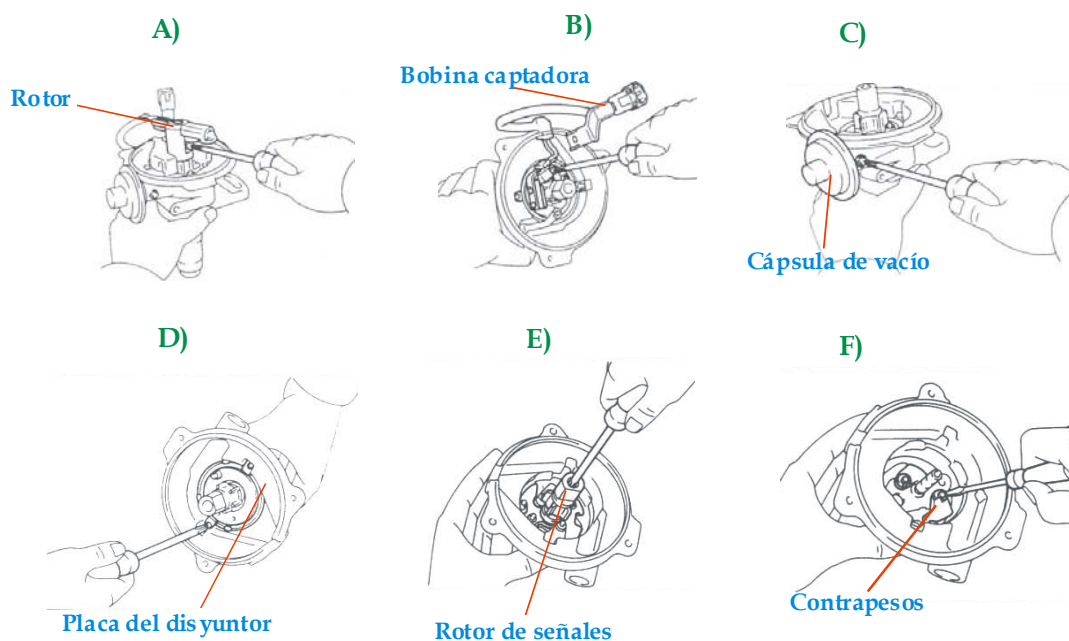
- Extraer rotor (A).
- Extraer generador de señales (B).
- Extraer el mecanismo de avance por vacío (C).
- Extraer la placa del disyuntor (D).
- Extraer rotor de señales (E).
- Extraer los contrapesos y resortes del avance centrífugo (F).

Figura 85 Proceso de extracción del distribuidor con captador.*



* Tomado de <http://www.clubvwnica.com/ShowThread.aspx?ID=4838&AspxAutoDetectCookieSupport=1>

Figura 86 Desarme del distribuidor.*



4.4.3. Inspección de los elementos del sistema de encendido.

Verificar el distribuidor.

- Inspección de la placa del disyuntor, debe moverse con ligero arrastre.
- Inspección del eje, girar y comprobar que no este desgastado o dañado.
- Inspección del rotor de señales, comprobar que se acopla bien con el eje.
- Comprobar la resistencia del generador de señales mediante un ohmiómetro.

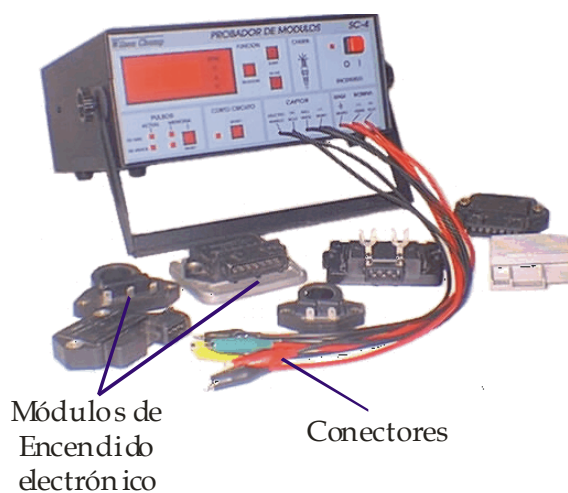
* Tomado de

http://www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

Verificar el módulo de encendido electrónico (Fig. 87).

- Iniciar con el analizador apagado.
- Identificar la cantidad de cables que salen del distribuidor. Si salen dos cables es un captor del tipo inductivo y si son tres es captor del tipo Hall.
- Ubicar el módulo de encendido en la tabla de conexión en el manual del analizador.
- Realizar la correspondiente conexión y verificar que el indicador de chispa este activo. Si esta apagado, es necesario cambiar el módulo de encendido electrónico.

Figura 87 Analizador de módulos de encendido.*



Verificar bobina.

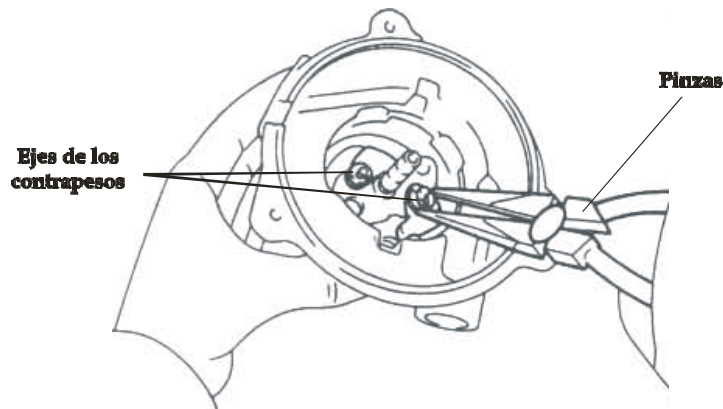
- Medir resistencia del bobinado primario.
- Medir resistencia del bobinado secundario.

* Tomado de <http://www.wilsonchamp.com.ar/Sc4.htm>

4.4.4. Armar Distribuidor.

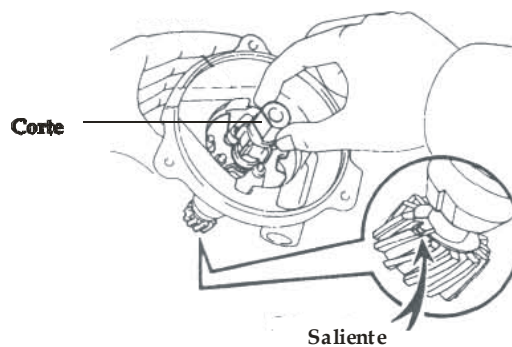
- Instale el buje en el contrapeso del regulador.
- Lubricar el pasador del eje del regulador.
- Deslizar los contrapesos sobre los ejes pequeños y fijarlo con una pinza de punta aguja, véase figura 88.

Figura 88 Montaje de los contrapesos.*



- Lubricar ligeramente el eje del regulador.
- Alinear el corte del rotor de señales con el saliente del piñón, véase fig. 89.

Figura 89 Alineación del rotor.†



* Tomado de

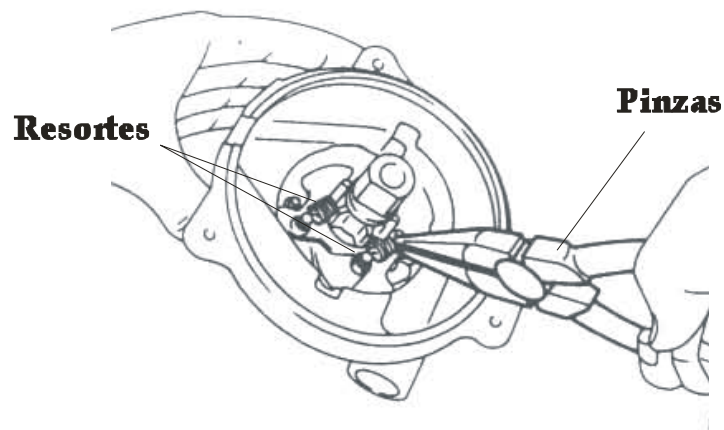
http://www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

† Tomado de

http://www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

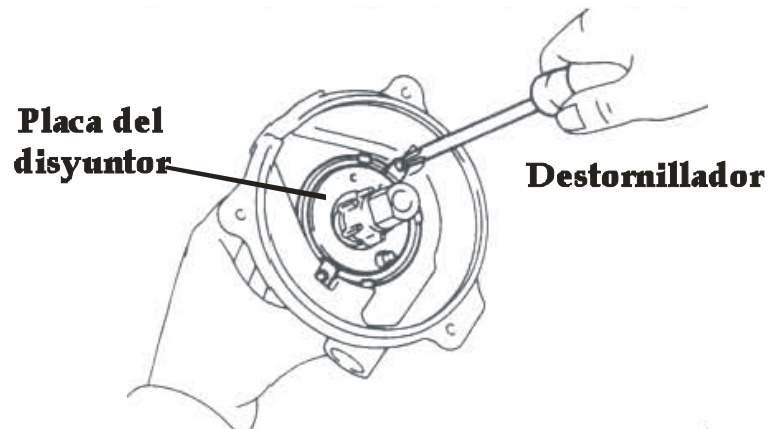
- Asegurar el reluctor al eje mediante un tornillo.
- Con ayuda de una pinza de punta de aguja, instalar los resortes, véase figura 90.

Figura 90 Instalación de los resortes.*



- Asegurar la placa del disyuntor (porta bobina captadora) con dos tornillos, véase figura 91.

Figura 91 Instalación de la placa del disyuntor.†

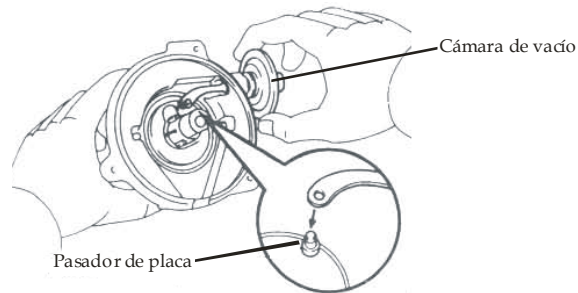


* Tomado de www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

† Tomado de www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

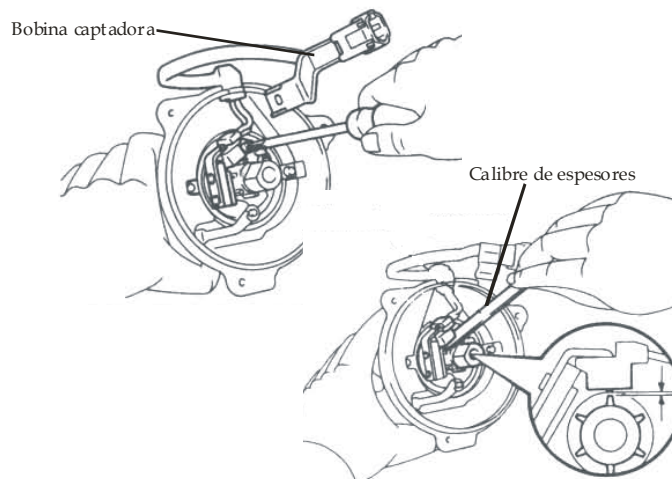
- Instalar un empaque nueva a la cámara de vacío.
- Insertar el avanzador de vacío dentro del cuerpo del distribuidor hasta llegar al pasador de la placa, véase figura 92.

Figura 92 Montaje de la cámara de vacío.*



- Instalar sin apretar el generador de señales (bobina captadora) con dos tornillos.
- Usando un calibre de espesores, ajuste el huelgo entre el saliente del generador de señales con el saliente del reluctor. Huelgo de aire 0,2-0,4 mm, véase figura 93.

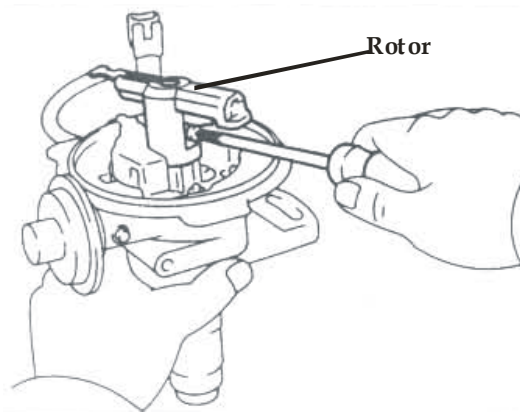
Figura 93 Instalación de la bobina captadora.†



* Tomado de www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

- Instalar el rotor con tornillo.

Figura 94 Montaje del rotor.*



4.4.5. Montar los Elementos del Circuito de Encendido.

Realizamos el montaje en el motor del distribuidor, módulo de encendido electrónico y bobina, que previamente habían sido inspeccionados.

Monte el distribuidor.

- ✓ Comprobar que el cilindro N° 1 está en su PMS.
- ✓ Girar la polea del cigüeñal y alinear con la marca "0", véase figura 95.
- ✓ Introducir el distribuidor dentro del bloque del motor.
- ✓ Alinear el diente del reluctor con el estator (Fig. 96).
- ✓ Instale la tapa del distribuidor y el tornillo de sujeción del distribuidor.
- ✓ Conecte la manguera de vacío.
- ✓ Conecte los cables del captador.

† Tomado de www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

* Tomado de www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

- ✓ Conecte los cables de alta tensión hacia las bujías.

Figura 95 Marca de sincronización "0".*

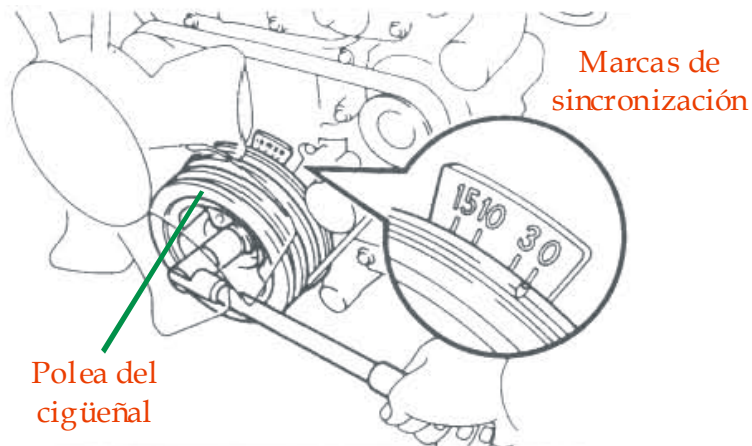
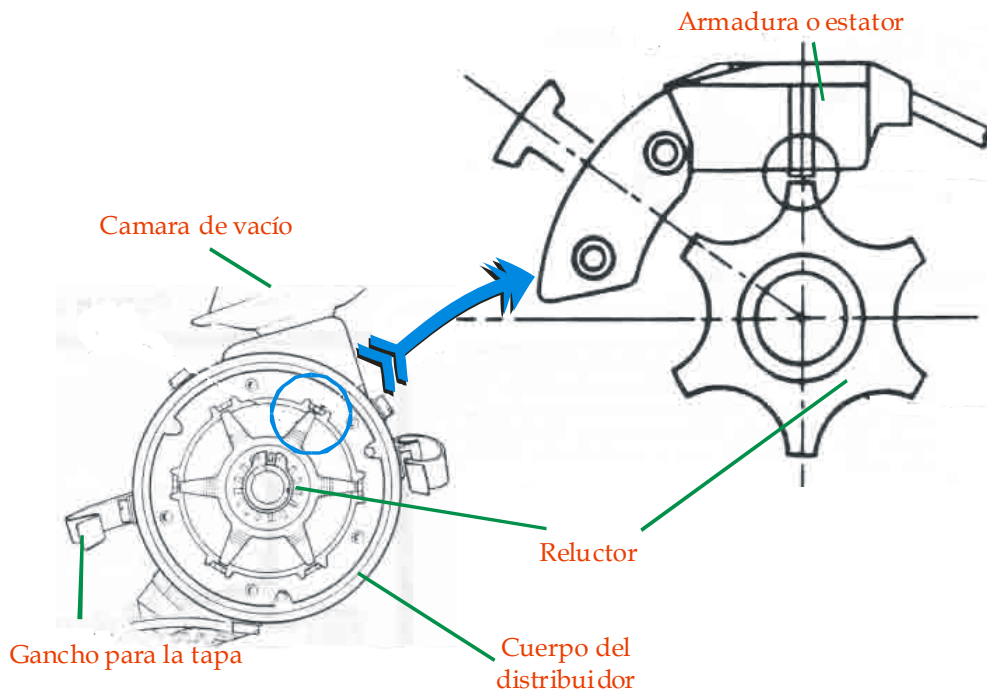


Figura 96 Alineación del diente del reluctor.†



* Tomado de http://www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

† Tomado de http://www.cruiserheads.com/site/tecnica_mecanico/manuales/motor1FZ_sistema_encendido.pdf

Monte el módulo electrónico.

- ✓ Aplicar una capa gruesa de grasa dieléctrica de silicona sobre la superficie plana a instalar.
- ✓ Fijar el módulo con tornillos.
- ✓ Realizar las conexiones necesarias hacia el captador, bobina, distribuidor e interruptor de encendido.

Monte la bobina.

- ✓ Fijar la bobina con tornillos.
- ✓ Conectar los cables de bobina al distribuidor y del interruptor de encendido.

Una vez realizado la instalación completa del circuito de encendido, estará listo para el siguiente paso, la puesta a punto del encendido. No obstante realizaremos una revisión previa del sistema de arranque para emprender dicho proceso.

4.5. DESMONTE, DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DEL SISTEMA DE ARRANQUE.*

El motor de arranque en su uso continuado de arrancar el motor de combustión, esta expuesto a daños en su embobinado así como al desgaste de sus escobillas, carbones o brochas. Por lo tanto es necesario darle un servicio de mantenimiento que incluye el cambio de los carbones y lubricación completa.

Cuando estos carbones están desgastados, unos resortes se encargan de presionar los carbones contra el núcleo, no pueden estirarse más. Por esta razón la conexión es débil que se refleja en menos revoluciones. Aquí se debe tener cuidado pues un funcionamiento débil puede confundir el diagnóstico que solo se puede evidenciar mediante pruebas fuera del motor.

Cuando se hace girar la llave de encendido para dar el arranque, se escucha un chasquido muy leve, pero el motor no se activa, haciendo repetir el intento varias veces, hasta lograr que funcione. La idea inmediata es que el motor de arranque presenta fallas o que la batería tiene un corto. Tendremos que asegurarnos de que el circuito de alimentación esta en perfecto estado para pasar a diagnosticar el sistema de arranque. Si por el contrario cuando giramos la llave, no se escucha nada, es muy probable que el daño se encuentre en el motor arranque.

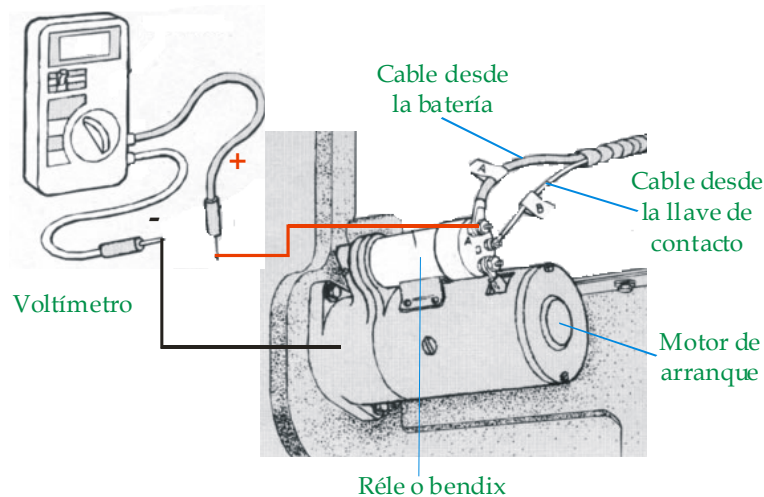
* Tomado de <http://www.automecanico.com/auto2002/Arrancador01.html>

Para lograr un buen diagnóstico del sistema de arranque realizaremos el siguiente procedimiento para evaluar las causas y tomar las medidas correctivas.

4.5.1. Comprobación del Circuito.

Ya sea que el arranque gire lentamente o no gire en absoluto, primeramente se revisa el estado de la batería. Con todos los circuitos apagados y mediante el uso de un voltímetro conectado entre los terminales de la batería. Una batería cargada no debe mostrar una lectura menor de 12V. Después nos aseguramos si hay corriente en relé o bendix y en el motor de arranque con el voltímetro en el borne del cable más grueso que viene de la batería, véase figura 97. Si no hay, revisamos ambos extremos de la conexión de cable e inspeccione la longitud completa del cable.

Figura 97 Prueba de voltaje en el relé.†

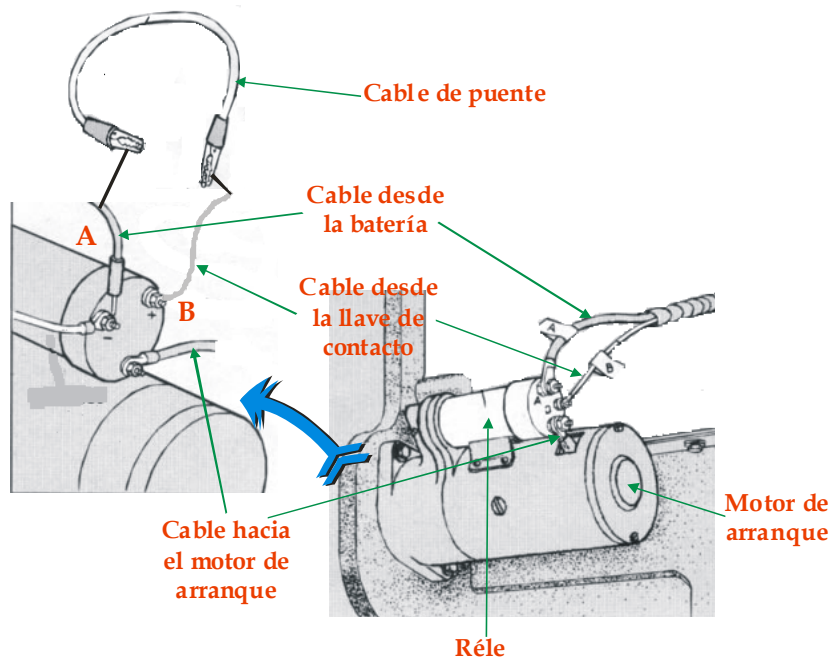


† Tomado de <http://www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=231>

Si llega energía al relé, utilizaremos un cable-puente para desviar el circuito de arranque activado por la llave de contacto, figura 98. Antes de proceder, desactivamos el sistema de encendido para impedir que el motor arranque. Si es necesario trabajar debajo del auto para lograr acceso al arranque, nos cercioramos que tenga cuñas en las llantas traseras así como de posicionar la palanca de cambios en neutro.

Conectamos el cable de puente en un extremo al borne (A), el cual esta conectado a la batería, y el otro extremo se hace un leve toque al borne (B), conectado al interruptor de encendido. Si el relé se activa y el motor de arranque funciona, el problema esta en el circuito de arranque, en la llave de contacto. Si no arranca, la falla esta en el relé o en el motor de arranque y es necesario su desmontaje para su reparación.

Figura 98 Prueba de puenteo en el motor de arranque.*



* Tomado de <http://www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=231>

4.5.2. Comprobación del Arranque.

Desmontando el motor de arranque del vehículo, podemos verificar que elemento falla, el motor o el relé. Lo primero es desconectar el cable de tierra de la batería. Rotular los cables a desconectar para facilitar su reinstalación.

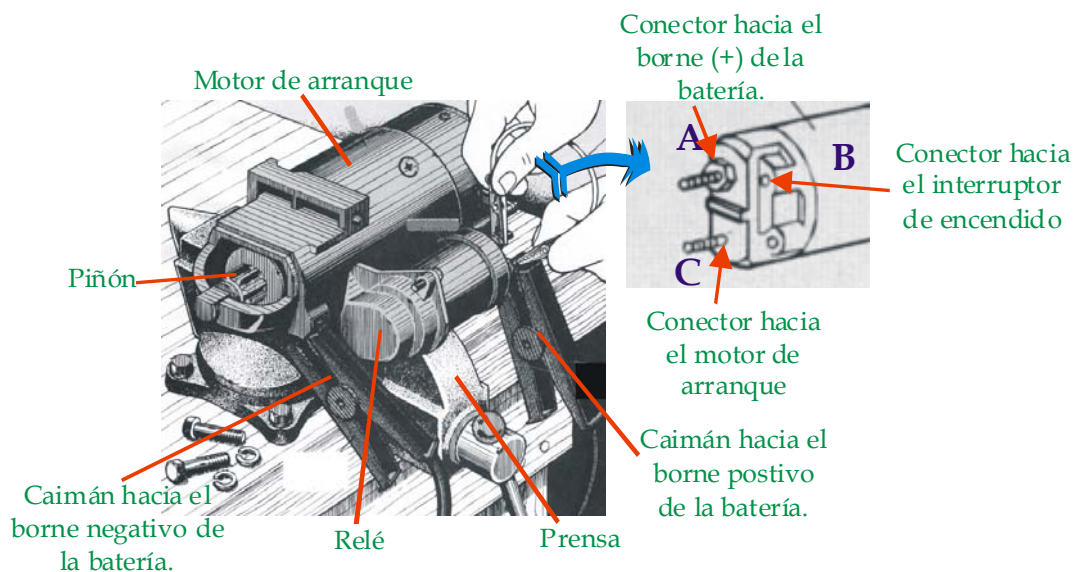
Luego se suelta los pernos del montaje del arranque para que el motor salga directamente.

Con el arranque fuera del motor, puede revisarlo de nuevo fijándolo a una prensa y conectándolo directamente a una batería.

El Motor se comprueba fácilmente: conectando el borne de (+) de la batería al borne (C) de relé y el borne (-) de la batería se conecta a la carcasa del motor, en cualquier parte metálica del motor, véase figura 99. Con esta conexión si el motor esta bien tendrá que funcionar, sino funciona, ya podemos descartar que sea fallo del relé de arranque.

El relé se comprueba de forma efectiva: conectando el borne (+) de la batería a la conexión (B) del relé, . El borne (-) de la batería se conecta a la carcasa del motor. Comprobaremos como el núcleo de relé se desplaza y saca el piñón de engrane, una vez que comprobamos el desplazamiento del núcleo hay que desconectar el borne (-) de batería ya que sino podríamos quemar una de las bobinas del relé, esto significa que el relé esta bien de lo contrario estaría estropeado.

Figura 99 Prueba del motor arranque fuera del vehículo.†



Si solo el solenoide está defectuoso, podrá reemplazarlo. No obstante es aconsejable todo el conjunto relé/motor. Si el arranque gira libremente, pero el motor térmico no da vueltas, el problema radica en que el piñón no se puede acoplar adecuadamente. Hace necesario revisar el piñón y la corona dentada, cualquier diente ausente o partido en cualquiera significa reemplazo. Una vez reparado el conjunto de arranque, nos disponemos a su montaje y prueba.

4.5.3. Instalación del Arranque y Prueba del Circuito.

Antes de instalar el motor de arranque de repuesto, debemos asegurarnos que el mecanismo de piñón de la nueva unidad tenga el número correcto y el tipo de diente para engranarse con la corona dentada del motor.

† Tomado de <http://www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=231>

A medida que se instala el arranque, apretar los pernos de montaje por etapa, para que el motor se asiente debidamente en su montura y evitar atascamiento entre la corona dentada y el piñón. Luego conectaremos los cables de la batería y de la llave de encendido así como el cable de tierra de la batería. Con ayuda de cable de puente, realizamos el procedimiento de comprobación del circuito visto anteriormente. Si el arranque funciona cuando hacemos girar la llave de contacto, estaremos listos para el siguiente paso, que es la puesta a punto del sistema de encendido.

4.6. PUESTA A PUNTO DEL ENCENDIDO.*

Poner a punto el sistema de encendido, significa hacer saltar la chispa en el cilindro en el momento oportuno, es decir, disponer el distribuidor de tal forma, que las chispas salten en las bujías cuando los respectivos cilindros estén en condiciones de realizar la explosión.

Aunque existe un método manual para la puesta a punto, utilizando lámpara de prueba, nos concentraremos en aquel que usa lámpara estroboscópica. Pues este último se puede ajustar eléctricamente un motor con una garantía que borra la posibilidad del error humano.

Inicialmente es indispensable conocer el orden de encendido del motor.

4.6.1. Orden de Encendido.

Los motores de varios cilindros necesitan naturalmente seguir un orden sucesivo de encendido en cada uno de los cilindros para producir el movimiento del eje cigüeñal. Ahora bien; debido a necesidades mecánicas y a un mejor repartimiento de los esfuerzos, el orden en que se sucede el encendido de los cilindros no es el orden correlativo con respecto a su posición, sino que siguen un orden salteado debido a estas necesidades mecánicas de que acabamos de hablar. Los motores en su mayoría traen numerados los cilindros. Por lo general, esta numeración va del radiador hacia el conductor.

* Tomado de <http://www.mecanicavirtual.org/hazlo-encendido.htm>

Figura 100 Motor 4 cil. en línea, orden de encendido.*

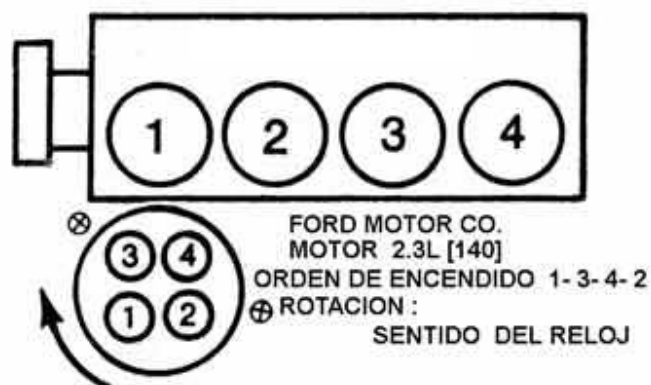
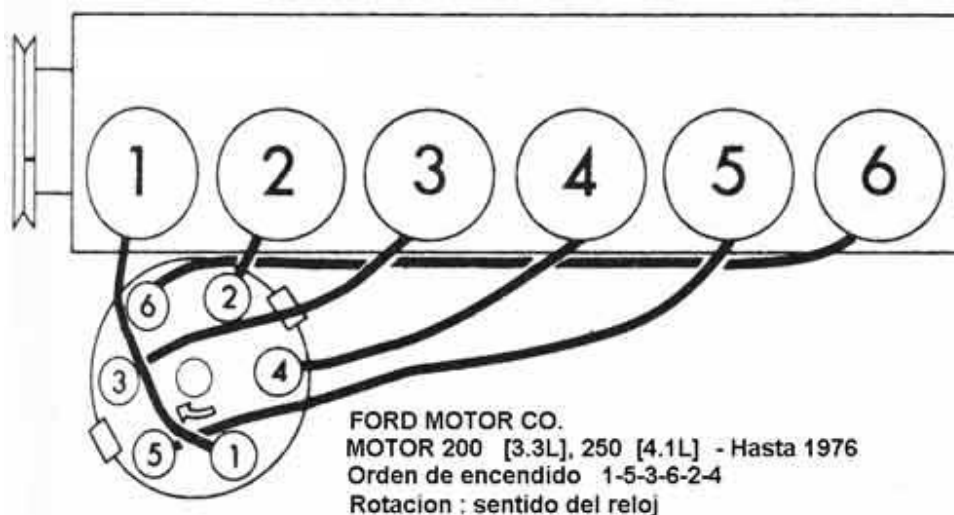


Figura 101 Motor 6 cil. en línea, orden de encendido.†



Para motores de cuatro cilindros y de cuatro tiempos este orden acostumbra a ser 1-3-4-2 (Fig. 100), aunque a veces también se utiliza el orden 1-2-4-3, tratándose naturalmente de cilindros en línea. En los motores de seis cilindros en línea, el orden de encendido más corriente es el de 1-5-3-6-2-4 (Fig. 101).

Si existe duda sobre el orden de encendido de los cilindros de un motor podrá determinarse este observando el accionamiento de las válvulas. En el momento de producirse el encendido, las dos válvulas, la de admisión y la de

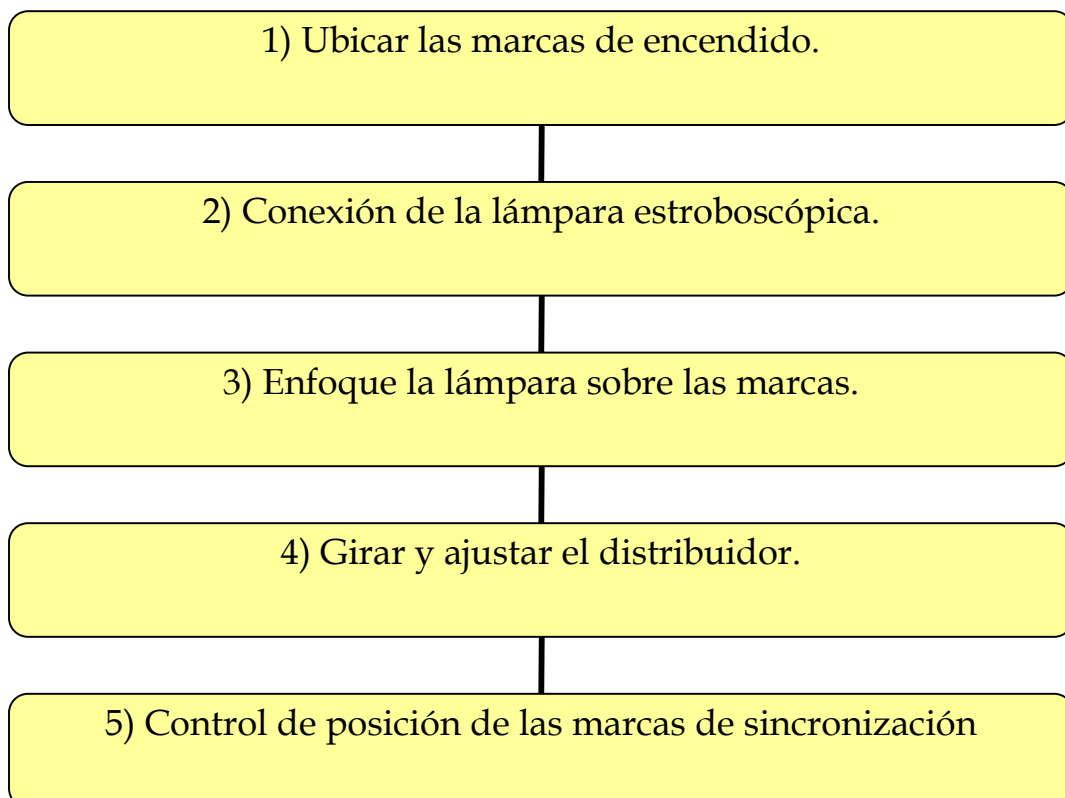
* Tomada del cuadernillo del SENA. Sincronización del encendido, pág. 35.

escape, deben permanecer cerradas. Haciendo girar lentamente se verá cuándo se produce el cierre de las dos válvulas del primer cilindro y a continuación cuál de los cilindros es aquel en que se cierran las dos válvulas en segundo lugar, luego las que lo hacen en tercer lugar y así sucesivamente. De esta forma podrá determinar el orden de encendido del motor.

Una vez conocido el orden de encendido del motor se puede proceder a la puesta a punto del encendido en sí.

4.6.2. Sincronizar el Encendido.

Diagrama 2 Sincronización del encendido con lámpara estroboscópica.*

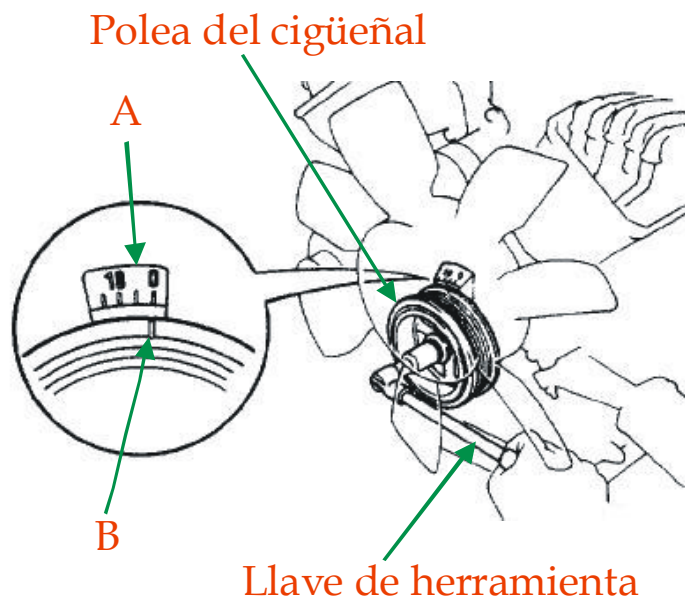


† Tomada del cuadernillo del SENA. Sincronización del encendido, pág. 35.

* Fuente : del Autor

1. **Ubicar las marcas de encendido;** Aquí se procederá a colocar el émbolo del cilindro N° 1 en posición de recibir la explosión, para lo cual, una vez retirada la bujía de este cilindro y tapado el orificio con el dedo, se hace girar el motor hasta que se note la presión de la compresión, observando al mismo tiempo las marcas grabadas en el volante del motor y el cárter de embrague, o bien en la polea del cigüeñal, que se harán coincidir. El giro del motor se facilita moviendo el vehículo con una velocidad metida (generalmente en cuarta). De las marcas B grabadas en el volante motor (Fig. 102), la primera que aparece girando el motor en sentido apropiado, corresponde al avance máximo y, la última, al P.M.S. (avance nulo). Generalmente están señaladas con números, que representan los grados de avance que corresponden, cuando coinciden con la referencia fija A del carter.

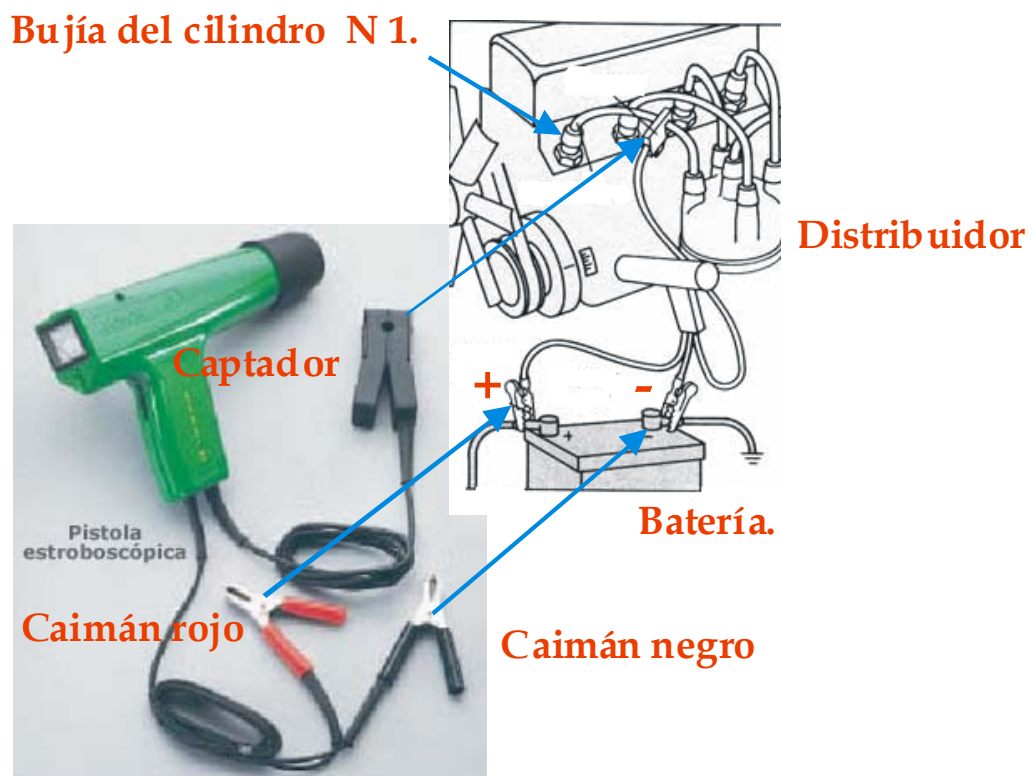
Figura 102 Marcas en el carter para sincronización.*



* Tomada de http://www.lexxtreme.com/valve_clearance.html

2. **Conexión de la lámpara estroboscópica;** Conecte la lámpara sincronizadora y el tacómetro siguiendo las indicaciones que para su uso y conexión dé el fabricante. Generalmente un cable de la lámpara se conecta a la bujía No. 1, los demás a la batería (véase figura 103) y el tacómetro a la bobina. En algunas marcas se debe desconectar la tubería de avance de vacío y se deben encender todos los consumos eléctricos para que el sistema de carga sea el exigido y así disminuya las r.p.m.

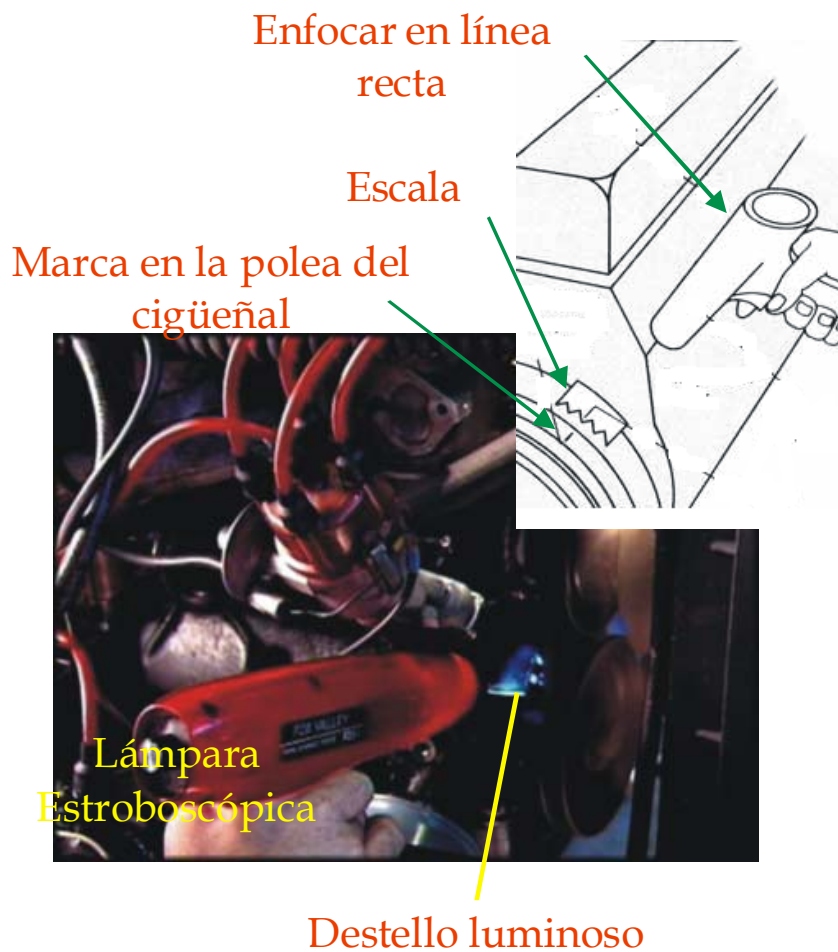
Figura 103 Conexión de la lámpara estroboscópica.*



* Tomada de <http://automecanico.com/auto2013/sincronizacion.html>

3. **Enfoque de la lámpara sobre las marcas;** Haga funcionar el motor y regule sus revoluciones, según las especificaciones del constructor. Enfoque la lámpara sobre la marca del volante (véase figura 104), la polea o el amortiguador de vibraciones. Por efecto del haz luminoso aquella marca aparece fija.

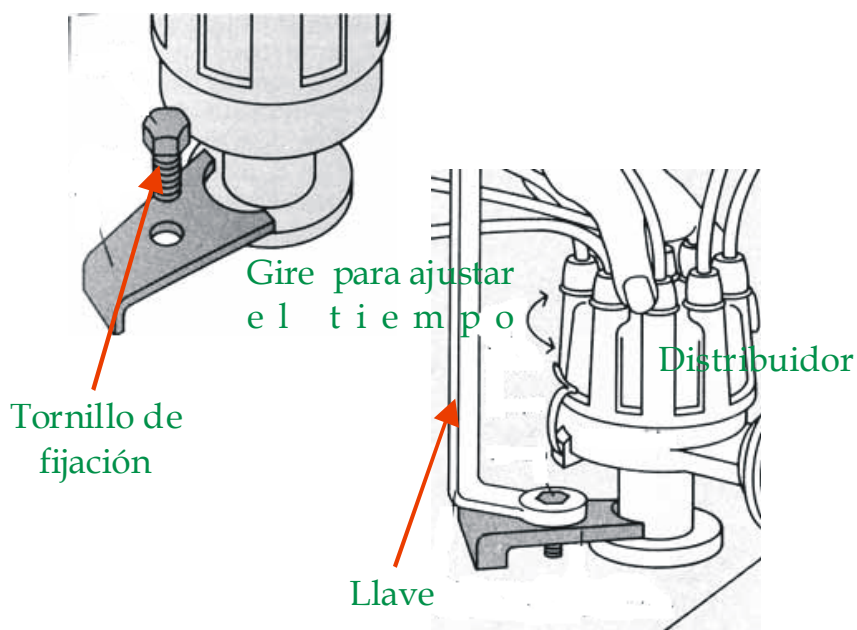
Figura 104 Disparando las marcas con lámpara estroboscópica.*



* Tomada de <http://automecanico.com/auto2013/sincronizacion2.html>

4. **Girar el distribuidor;** Para avanzar o atrasar el tiempo de encendido, solo se afloja el tornillo que fija el cuerpo del distribuidor al motor (Fig. 105), y se gira despacio y suavemente, si lo gira en sentido contrario al giro del rotor u orden de encendido el tiempo se avanza o se adelanta si se gira en el mismos sentido del giro del rotor el tiempo se atrasa. Gire el distribuidor a derecha e izquierda hasta obtener los grados de avance especificados. Apriete el tornillo de fijación del distribuidor.

Figura 105 Ajuste del distribuidor.*



5. **Control de la posición de la marca;** Verifique que los grados de avance y las revoluciones sean los especificados. Este proceso es cíclico hasta lograr el avance requerido, para lo cual nos devolvemos al paso

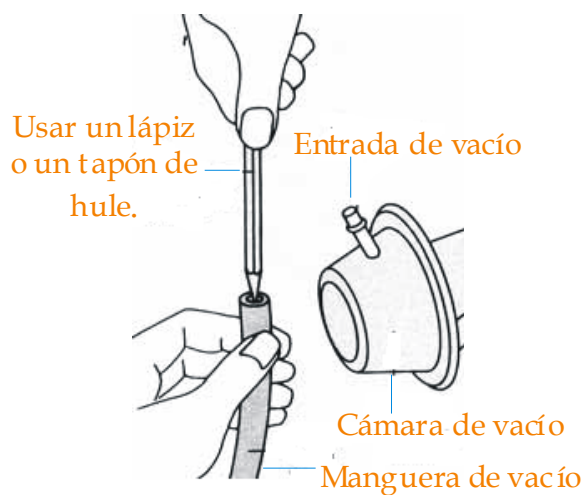
* Tomada de <http://automecanico.com/auto2013/sincronizacion2.html>

(3). Una vez comprobado detenemos el motor y desconectamos la lámpara estroboscópica y el tacómetro.

Mediante esta pistola, puede comprobarse el punto de encendido a diferentes regímenes del motor, lo que supone una verificación de las curvas de avance del encendido.

Soltando la conexión del avance por vacío del distribuidor (véase figura 106), se comprueba a diferentes regímenes la curva de avance centrífugo, para lo cual, basta hacer girar el motor a los regímenes deseados y mover la ruleta de la pistola estroboscópica hasta que coincida la marca de P.M.S. del volante motor, con la referencia fija del volante.

Figura 106 Desconexión del avance por vacío.*



* Tomada de <http://automecanico.com/auto2013/sincronizacion2.html>

5. OPERACIÓN, DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO Y ARRANQUE DEL M.C.I. EN EL L.M.T.A.

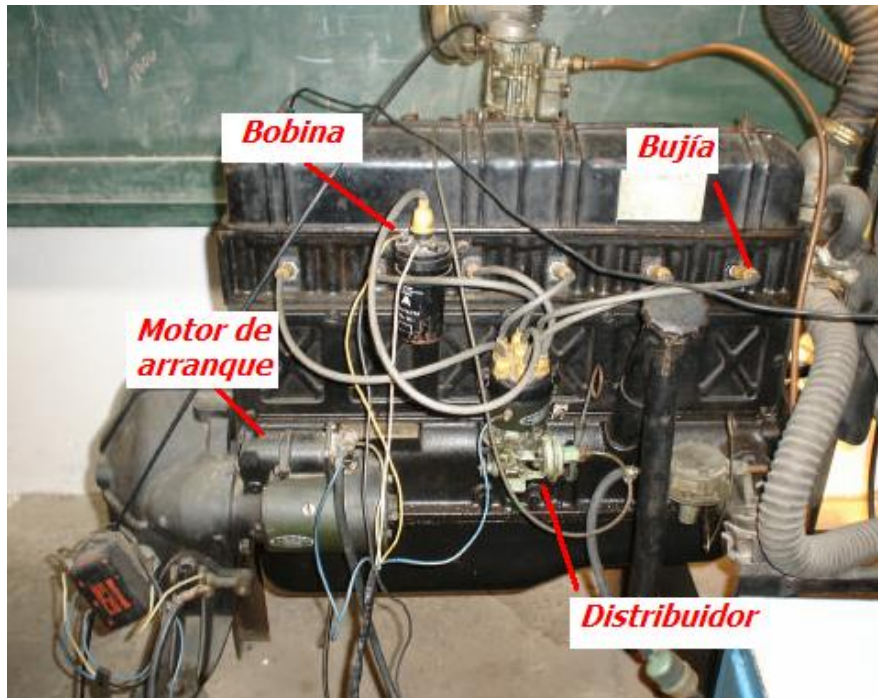
Finalizamos con este capítulo presentando el proceso de diseño, el funcionamiento del banco y las prácticas realizadas en el mismo.

5.1. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL L.M.T.A.

En las prácticas de L.M.T.A. se hace imprescindible el uso de banco de pruebas, maquetas y guías para un mejor aprendizaje por parte de los estudiantes.

En lo que respecta al encendido por chispa se tiene un banco con un motor Toyota F110 a gasolina de 6 cilindros, pero dicho motor no se encuentra en las mejores condiciones y necesita ser restaurado para su puesta en funcionamiento. El banco en si tiene un diseño tosco, antiestético y voluminoso (véase Fig. 107). Debido a su gran tamaño ocupa mucho espacio, además de estar fijo lo imposibilita la movilidad dentro del L.M.T.A. Este armario posee gavetas de los cuales no se tiene claridad de su uso, el banco no presenta elementos funcionales ni buena forma; las aristas del armario son muy agudas y no presenta flexibilidad en su operación. La mesa es larga, que dificulta el acceso de los elementos del esquema del sistema de encendido convencional.

Figura 108 Motor Toyota F110 antes de su mantenimiento.*



El motor Toyota F110, aunque ha sido rehabilitado, presenta deterioro y por su falta de uso se ha dificultado su mantenimiento. A pesar de su antigüedad cumple con los requisitos mínimos para su estudio en el laboratorio.

Se le hizo mantenimiento tanto en su sistema de carburación como de encendido (véase fig. 108), pues no estaba operativo desde hace mucho tiempo y se desperdicio muchas prácticas en L.M.T.A. por estar inoperable.

Al igual que otros motores y equipos dentro del laboratorio merecen ser rehabilitados, mantenidos y puestos en marcha. Ya bien sea por medio de

* Tomada del LMTA

* Tomada del LMTA

proyectos de grado o por la participación conjunta de los auxiliares y los estudiantes que vean en su momento L.M.T.A.

En la tabla 4 se realizo un análisis del estado actual del laboratorio para definir los pasos a seguir para su mejoramiento.

Tabla 4 Matriz DOFA.*

	<p style="text-align: center;">FORTALEZAS</p> <p>Poseer equipos básicos así como de bases académicas sólidas.</p>	<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p> <p>La actualización de equipos y bancos demanda de altos costos y su gestión es un problema inmediato.</p>
<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p> <p>Con el desarrollo del campo automotriz aumenta la dotación del LMTA que la Universidad puede costear a través de Colciencias u otra entidad.</p> <p>Dictar cursos para recoger fondos.</p>	<p>Utilizar el equipo existente y ponerlo a funcionar inmediatamente.</p>	<p>Requerir de ayuda externa especializada que contribuyan con la modernización de los equipos.</p>
<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p> <p>EL deterioro de equipos en algunos casos obsoletos. Así como la falta de atención del estudiante.</p> <p>Atraso tecnológico.</p> <p>Poca formación académica.</p>	<p>Realización de proyectos de grado que colaboren con el desarrollo y mejoramiento del LMTA.</p>	<p>Crear estrategias para conseguir fondos para la modernización del LMTA.</p>

Del análisis de la matriz DOFA se puede concluir:

- ◆ Es necesario y urgente la renovación de equipos dentro del LMTA.

* Fuente: el autor.

- ◆ El costo de la modernización del LMTA debe ser una tarea también del estudiante.
- ◆ Los trabajos de grados concernientes al LMTA han de estar orientados en la utilización de los equipos existentes y adaptarlos para su funcionamiento.
- ◆ Buscar la ayuda de entidades externas a la Universidad que puedan colaborar con la actualización del LMTA.

5.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO.

Entramos de lleno en el proceso de fabricación del banco en base a los requisitos de diseño establecidos.

5.2.1. Parámetros de Diseño.

- Facilidad para transportarlo y pueda ser maniobrado por una sola persona.
- Limitar su altura no mayor de 2mts.
- Que no sea voluminoso y de estructura tubular para reducir peso.
- Debe considerarse el almacenaje de elementos y libros.
- Contar con diagramas y esquemas ilustrativos.
- Distribución de componentes según el sistema a estudiar.
- Evitar tener bordes agudos, redondearlos si es posible.
- Evitar errores en las conexiones eléctricas, para lo cual usar conectores de un solo sentido.
- Manipulación del banco en ambas caras, adelante y atrás.

5.2.2. Análisis de Diseños Existentes.

Investigando en la red, encontramos una buena variedad de diseños orientados al estudio del campo automotriz. Algunos completos e integrales como también para un objetivo específico. Se visitó la sede del SENA en Bucaramanga y se observó el material didáctico que se dispone para la enseñanza de los sistemas de encendido. Existe uno en particular que llamó la atención, un entrenador de los sistemas para un motor a gasolina (véase fig. 109).

En dicho módulo se pueden simular fallas en el sistema de encendido así como del sistema de gasolina.

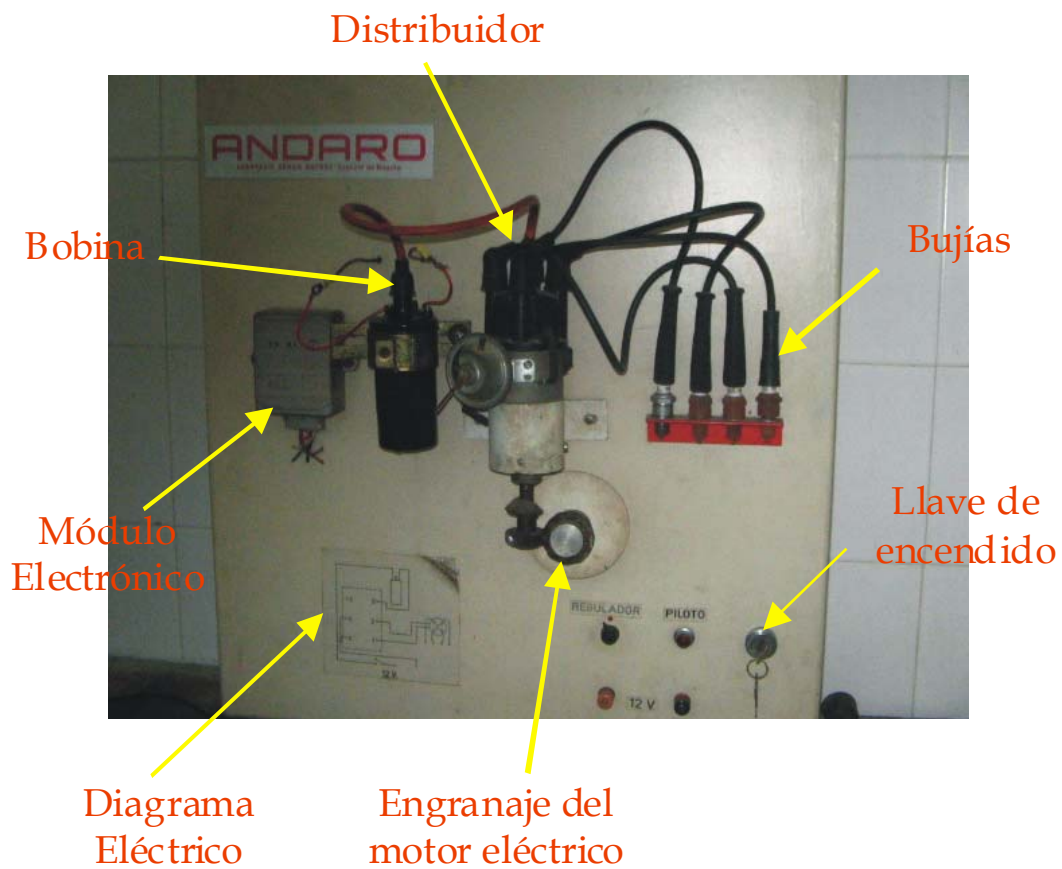
Figura 109 Entrenador de fallas, SENA*



* Tomada seccional SENA, Bucaramanga

También se aprecia maquetas de simulación del encendido electrónico, en el cual se visualiza los elementos y un plano eléctrico (véase fig. 110). Al accionarlo se puede conocer el orden de salto de chispa en las bujías.

Figura 110 Maqueta de simulación de encendido electrónico.*

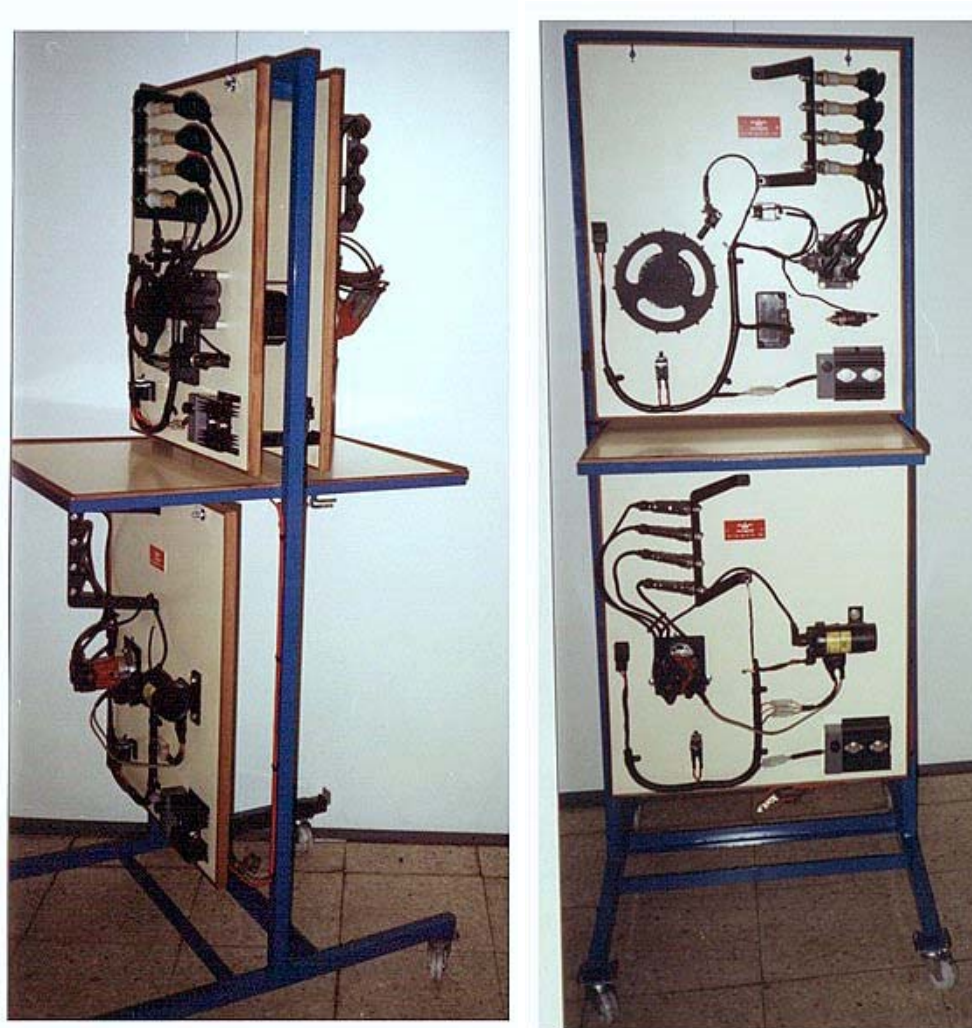


Mediante la navegación por Internet se logró hallar varios diseños que nos dieron una idea de cómo podría ser el banco (véase fig. 111). Se puede

* Tomada seccional SENA, Bucaramanga

apreciar un banco muy estético, con flexibilidad para la movilidad aprovechando todo el espacio posible pero con arista vivas.

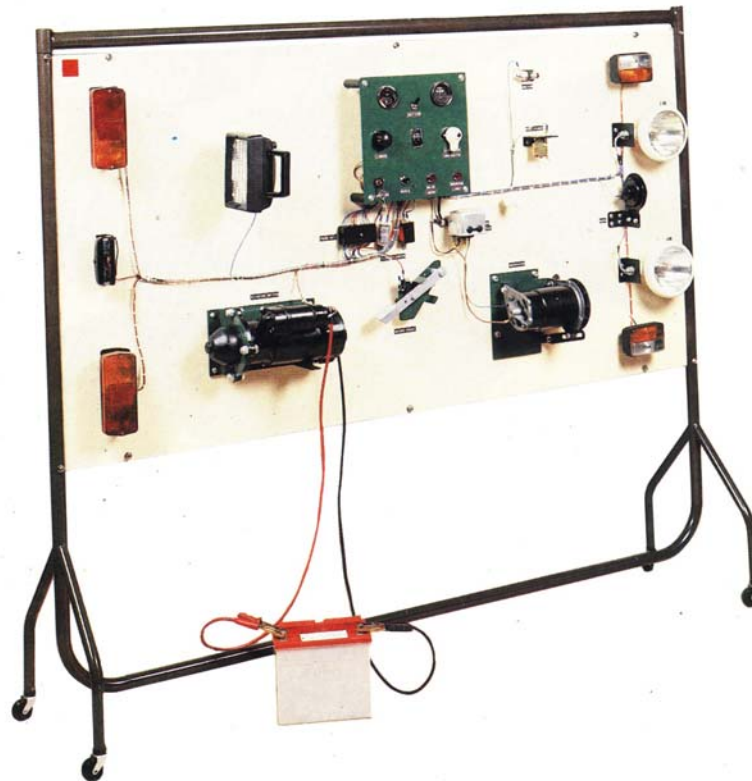
Figura 111 Panel simulador de diversos sistemas de encendido electrónico.*



En el diseño siguiente, fig. 112, nos muestra un diseño de estructura tubular redondo y marco movable que se aparta del concepto concebido en los bancos actuales del LMTA.

* Tomada de <http://www.intecap.info>

Figura 112 Banco del sistema de iluminación.



5.2.3. Alternativas Estimadas.

Alternativa 1

Inicialmente se pensó en utilizar una maqueta para simular el sistema de encendido electrónico (Fig. 113 y 114), tal como existe en el SENA, y montar el sistema de encendido convencional en el banco. Pero se desechó la idea con el fin de que el estudiante pueda comparar los dos sistemas coexistiendo en el mismo tablero.

Figura 113 Propuesta maqueta sistema encendido electrónico.*

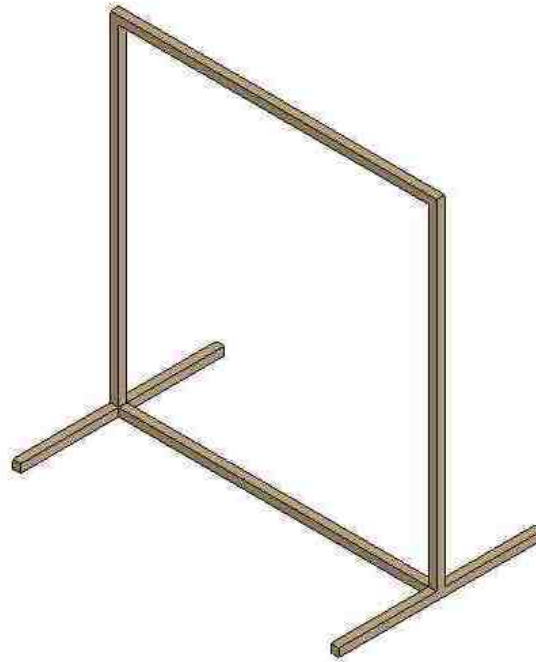
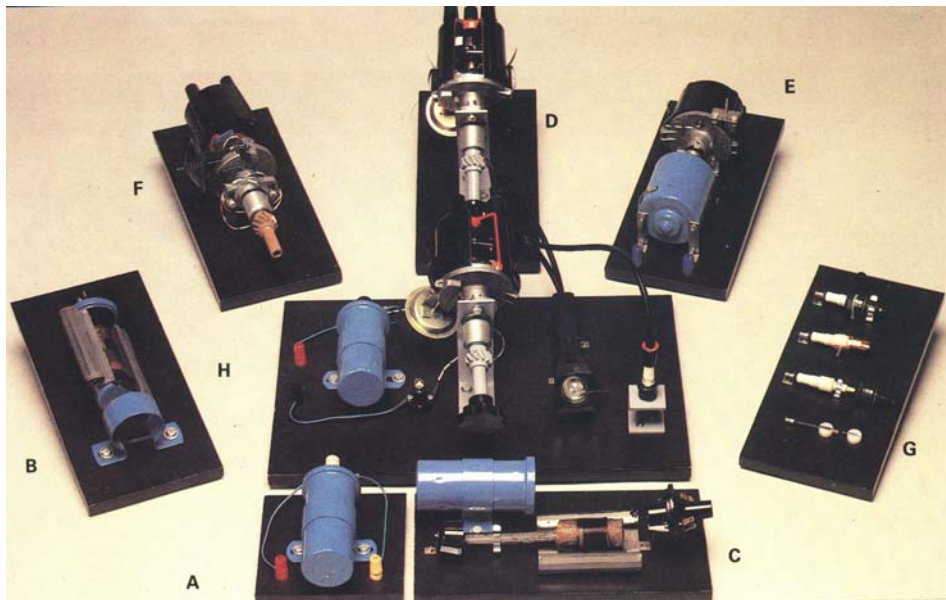
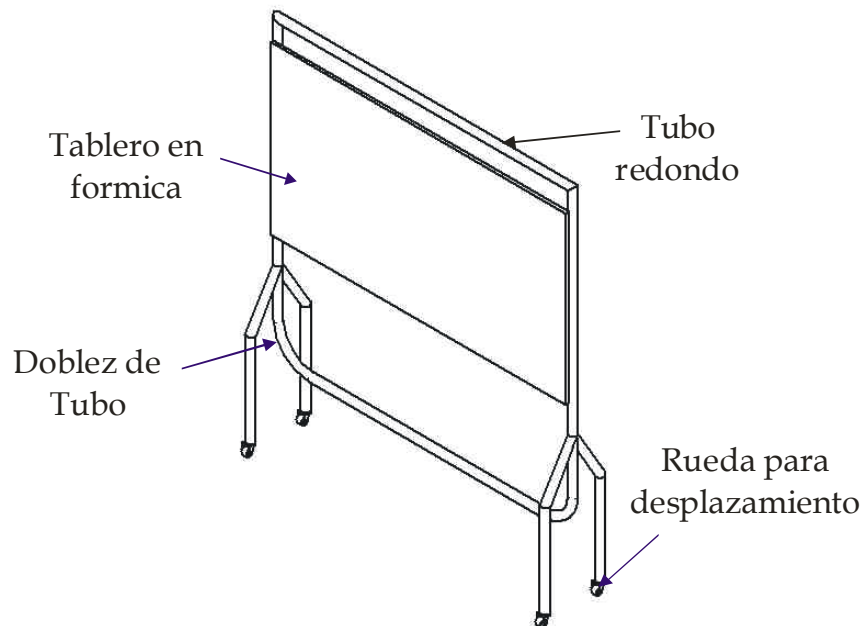


Figura 114 Maquetas alternativas de modelo.



* Autor modelado en Solid Edge.

Figura 115 Banco estructura tubo redondo.*

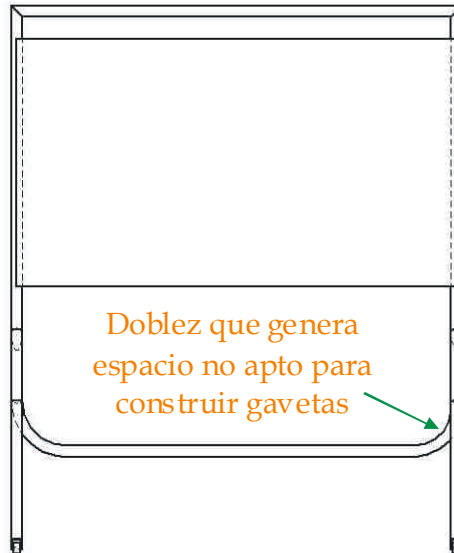


En la propuesta inicial se toma como elemento estructural el tubo redondo que por su facilidad de doblado se evitaría tener aristas vivas dando como resultado un diseño de perfil curvo (véase fig. 115). Se usa un tablero amplio para la disposición de los elementos de cada uno de los sistemas de encendido.

Pero se crea un inconveniente que es la altura del banco pues en el doblado del tubo se debe adicionar más distancia que impiden en el diseño final la adecuación de cajones por el poco espacio resultante ya que la altura esta limitada a 2mts (véase fig. 116).

* Fuente: Autor, modelado en Solid Edge.

Figura 116 Vista frente de primera propuesta.*

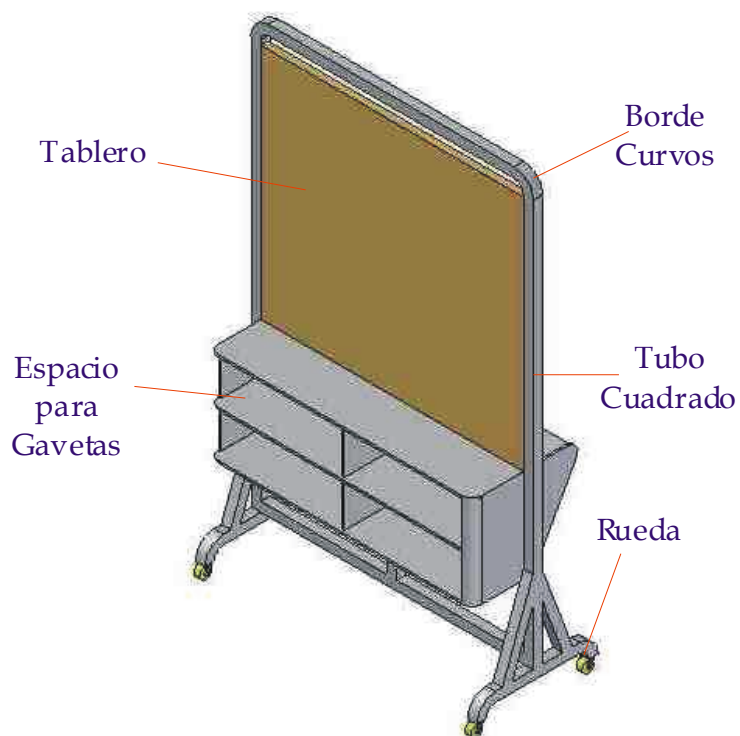


Alternativa 2

En la siguiente alternativa se cambio el tubo redondo por la cuadrada que facilita aún más la construcción (véase fig. 117).

* Fuente: Autor, modelado en Solid Edge.

Figura 117 Propuesta estructura en tubo cuadrado.*



Permite la utilización de espacio necesario para construir cajones y porta-revista en la parte posterior. Se aprecian curvas en cada borde y robustez para soportar peso. Adelante se podría guardar elementos mientras que en la parte posterior del banco se diseño una especie de buzón para guardar revistas y libros (véase fig. 118).

* Autor modelado en Solid Edge.

Figura 118 Parte posterior estructura de tubo cuadrado.*

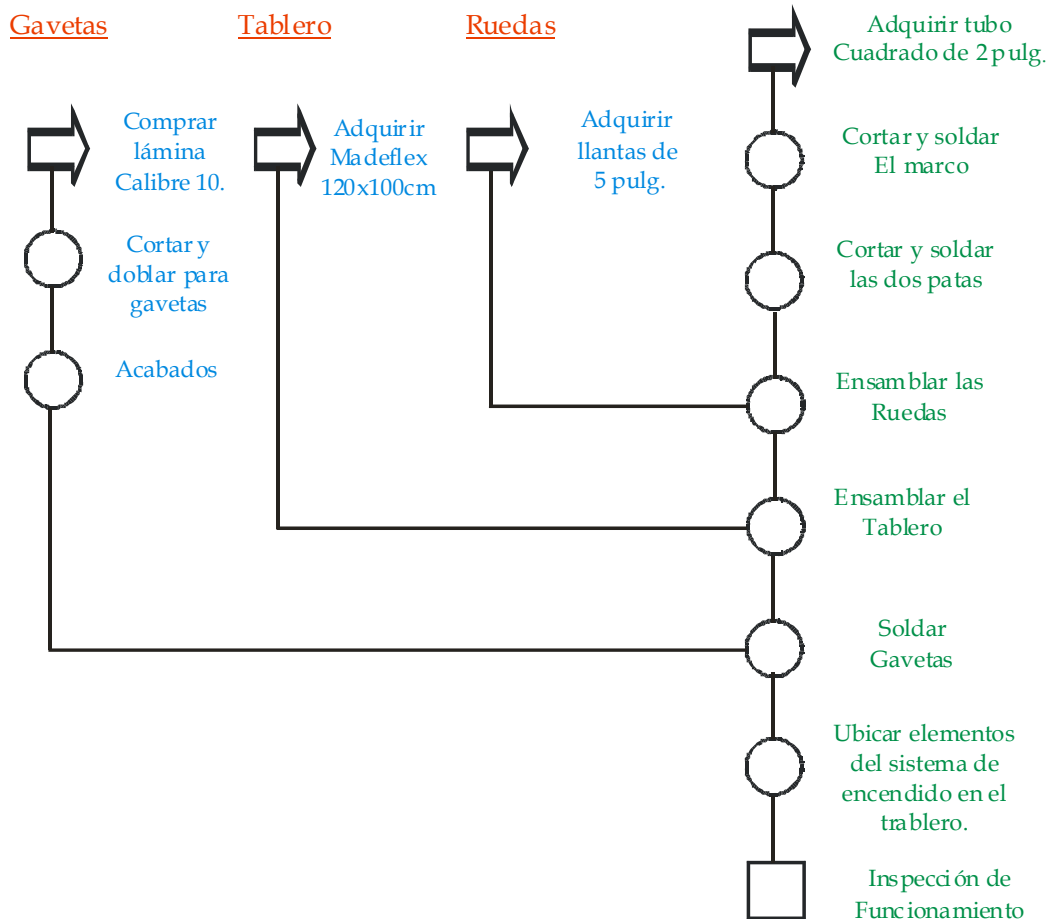


5.2.4. Proceso de Construcción.

Durante el proceso de fabricación (véase diagrama 3) del banco se presentaron una serie de inconvenientes que motivaron modificar el diseño original. El tropiezo estaba relacionado con el suavizado de las aristas, pues el simple doblado del tubo generaba más espacio de consideración. No se encontró la herramienta para el doblado efectivo de láminas.

* Autor modelado en Solid Edge.

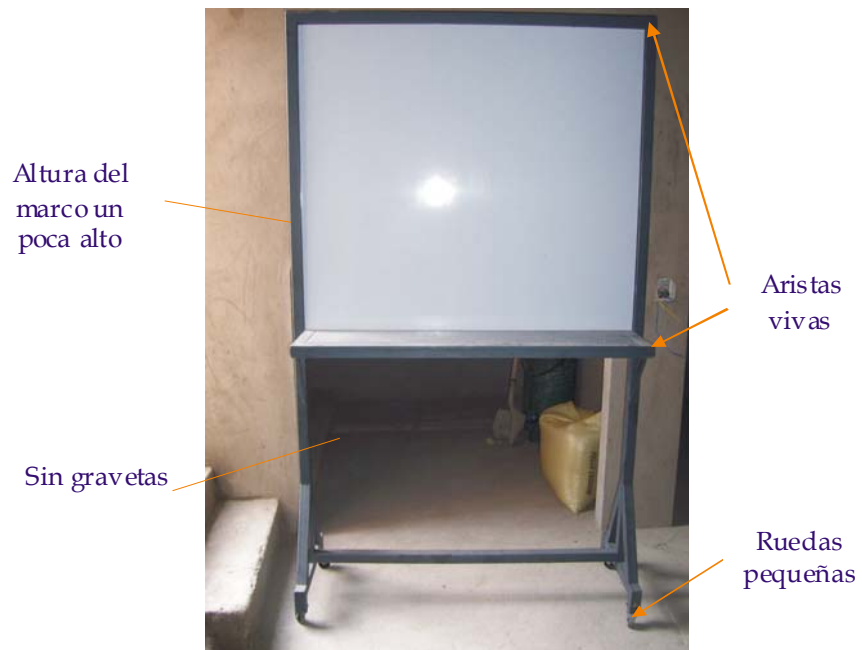
Diagrama 3 Proceso de fabricación del banco.*



Durante el proceso de fabricación se realizaron cambios se realizaron cambios al diseño previsto inicialmente, tales como cambios de la altura del marco y del tamaño de las ruedas. En la figura 119 se observa el marco metálico antes de hacer las modificaciones pertinentes.

* Fuente: Autor con ayuda de Coreldraw 9.

Figura 119 Construcción inicial.*



Se determino usar trozos de tubo redondo soldado en cada punto donde se encontrará bordes cuadrados, véase fig. 120.

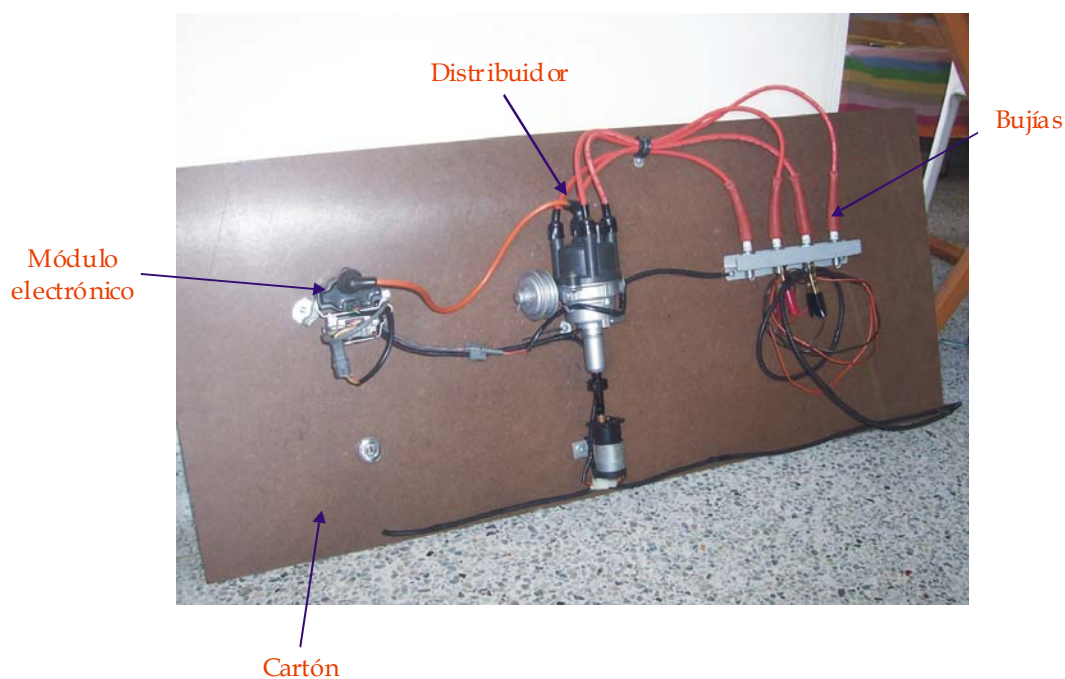
* Fuente: Autor

Figura 120 Tubos redondos para suavizar aristas.*



En cuanto al tablero se organizo el espacio para cada sistema mediante la utilización de cartulinas, véase fig. 121.

Figura 121 Soporte temporal del simulador de sistema encendido electrónico.



* Fuente: Autor

El acabado que se le dio a la estructura del banco fue hecho con pintura electrostática, véase fig. 122. Cada gaveta y puerta del banco vienen con llave para resguardar el material a almacenar. Las ruedas altas aseguran un mayor desplazamiento del banco y con la reducción de la altura se evita el pandeo al moverlo.

Figura 122 Detalle de las gavetas.†

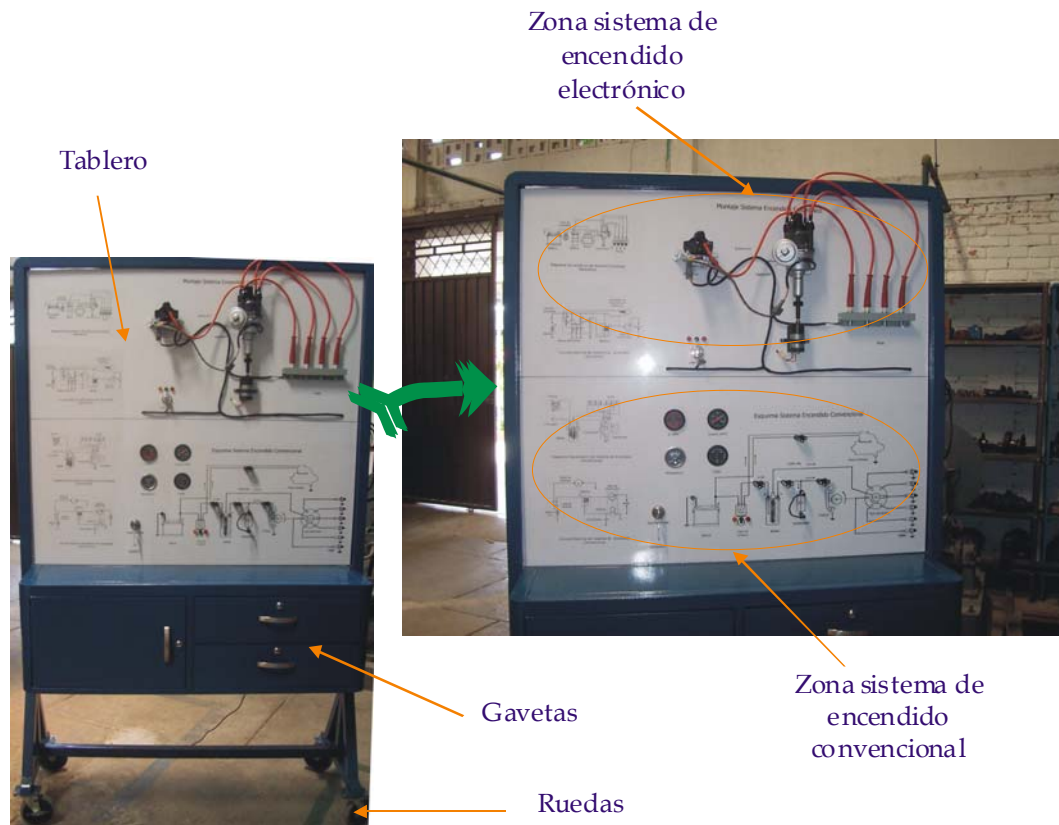


† Fuente: Autor.

5.3. DESCRIPCIÓN DEL BANCO.

El tablero se encuentra dividido horizontalmente en dos áreas (Fig. 123): la superior lo constituye un simulador de encendido electrónico con bobina captadora perteneciente a un motor Toyota. Mientras que la inferior corresponde al sistema de encendido por platinos que va cableado al Motor Toyota F110.

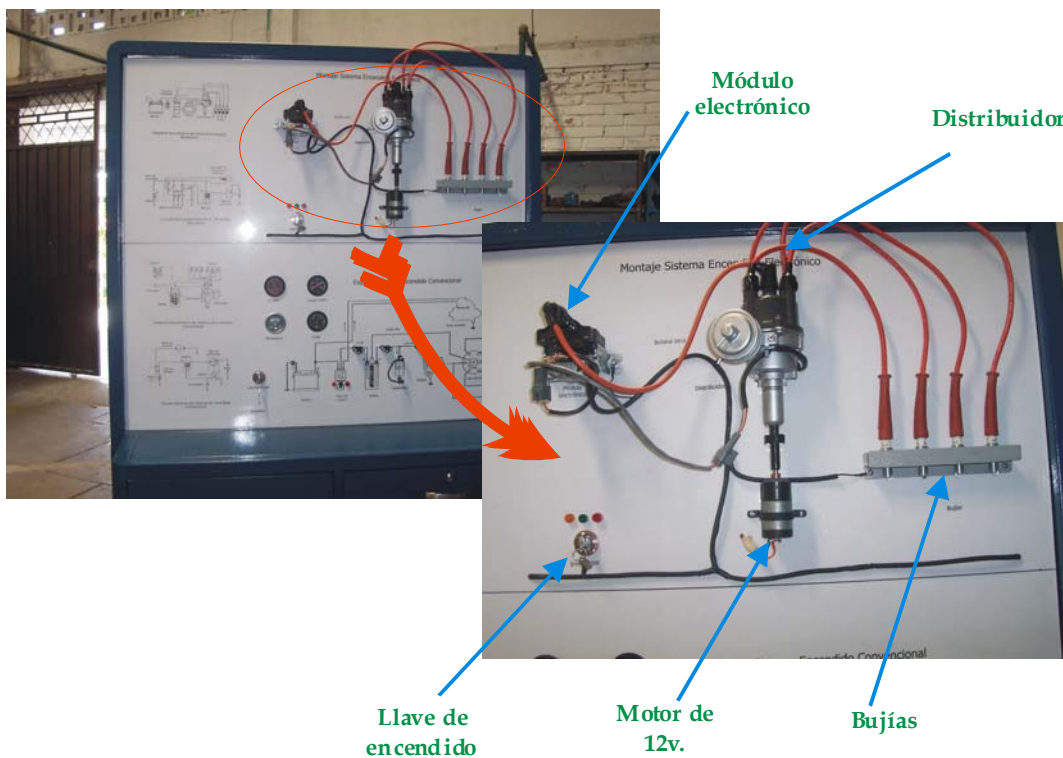
Figura 123 División del tablero.†



† Fuente: Autor.

En la zona del sistema de encendido electrónico encontramos el simulador, el cual está constituido por: el distribuidor con bobina captadora, bujías, módulo electrónico en conjunto con una bobina seca, llave de encendido y un motor de 12vdc. que transmite el movimiento al distribuidor (véase fig.124). En la figura 125 podemos observar la ubicación del esquema y del circuito eléctrico del sistema de encendido electrónico en el tablero.

Figura 124 Simulador del sistema encendido electrónico.*



* Fuente: Autor.

Figura 125 Secciones en el tablero del sist. encendido electrónico.*

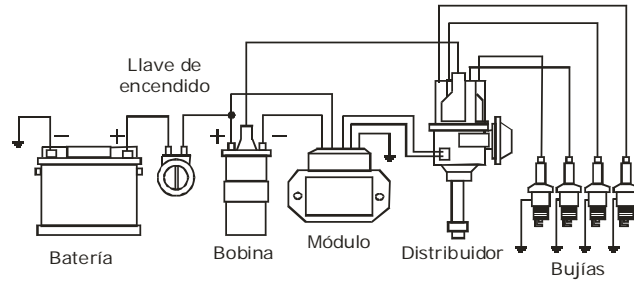
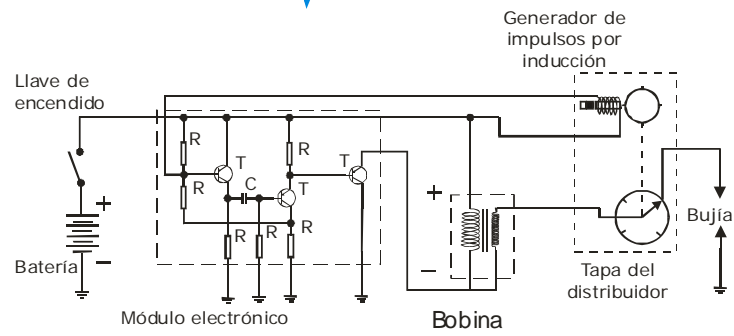
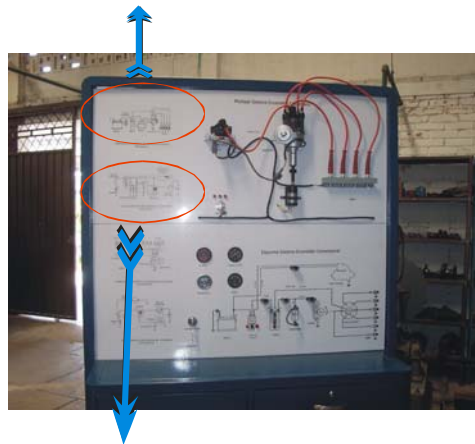


Diagrama Esquemático del Sistema Encendido Electrónico

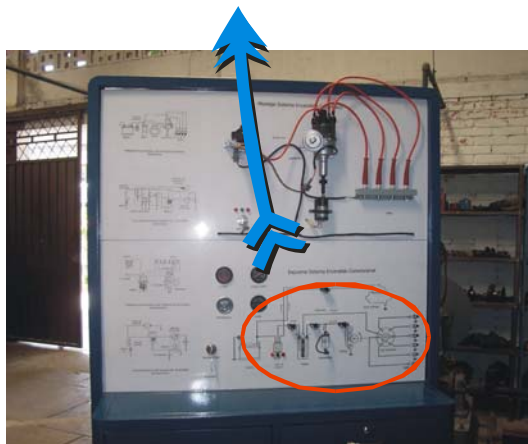
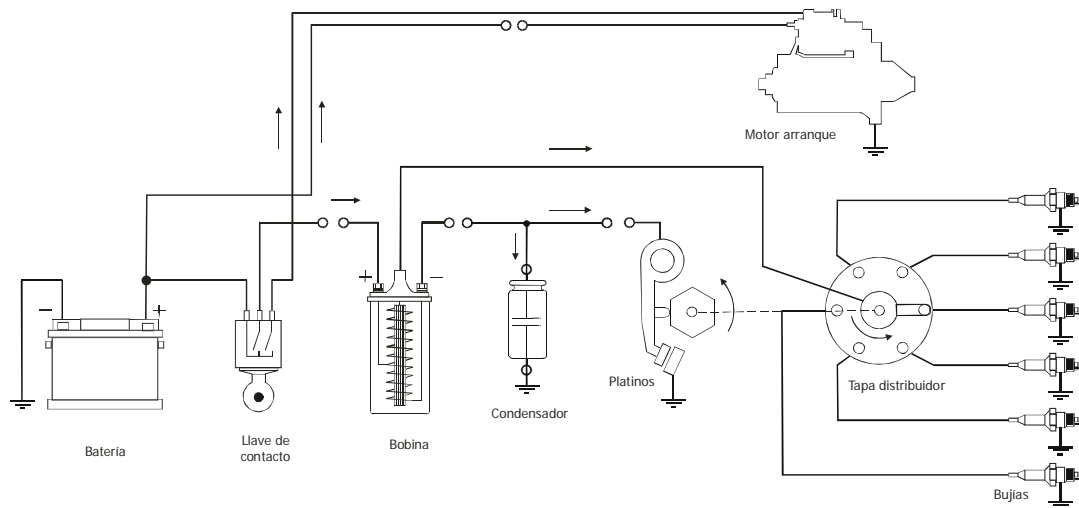


Circuito Eléctrico del Sistema de Encendido Electrónico

* Fuente: Autor.

Figura 126 Zona del tablero al sistema encendido convencional.*

Esquema Sistema Encendido Convencional



En la zona concerniente al sistema de encendido convencional tendremos un esquema constituido por: distribuidor, bobina, condensador, platinos, motor de arranque, llave de contacto y batería, véase fig. 126.

También aparece el diagrama esquemático y circuito eléctrico del sistema de encendido convencional, impreso en el tablero, Fig. 127.

* Fuente: Autor.

Figura 127 Diagrama y circuito eléctrico del sist. de encendido convencional.*

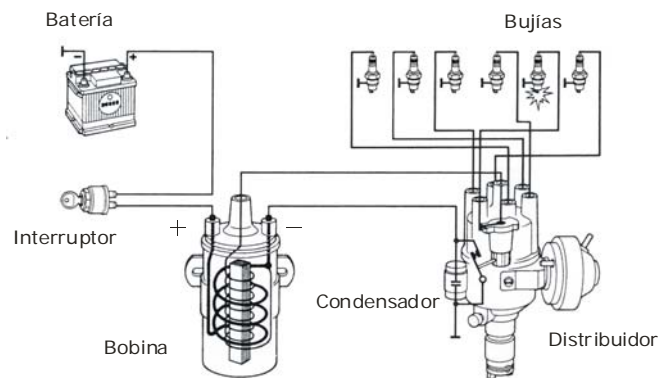
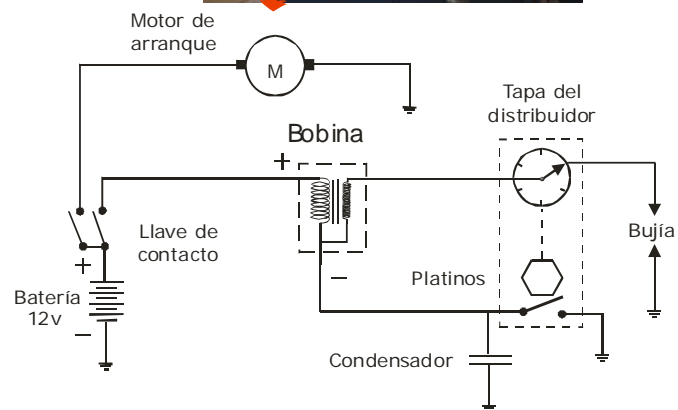
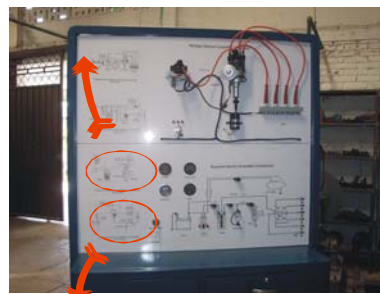


Diagrama Esquemático del Sistema de Encendido Convencional



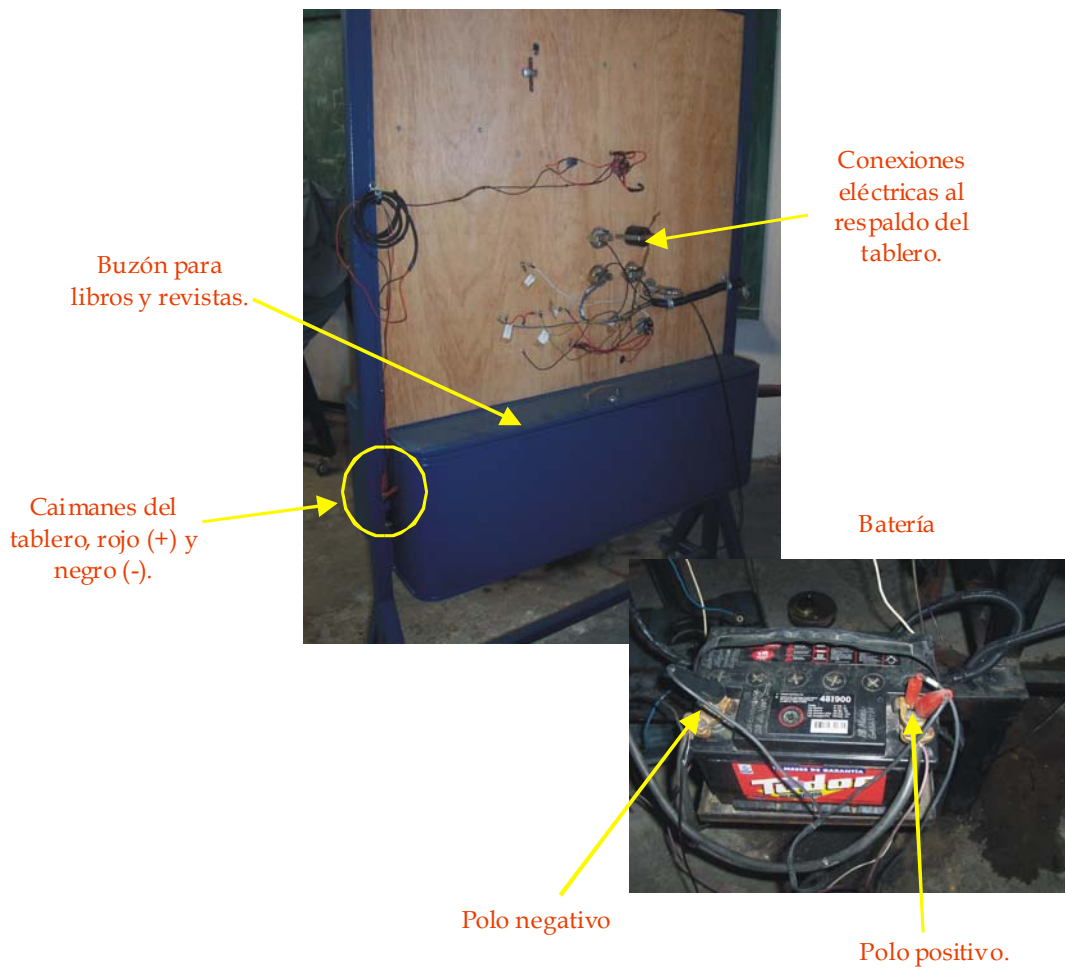
Circuito Eléctrico del Sistema de Encendido Convencional

* Fuente: Autor en Coreldraw

5.4. OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO Y ARRANQUE EN EL BANCO DEL LMTA.

Ante todo debemos asegurarnos que la batería este bien conectada con la polaridad correcta. El banco consta de dos caimanes de colores distintivos que representa el polo correspondiente, el rojo va con el positivo y el negro con el negativo, véase figura 128.

Figura 128 Vista posterior del banco.†



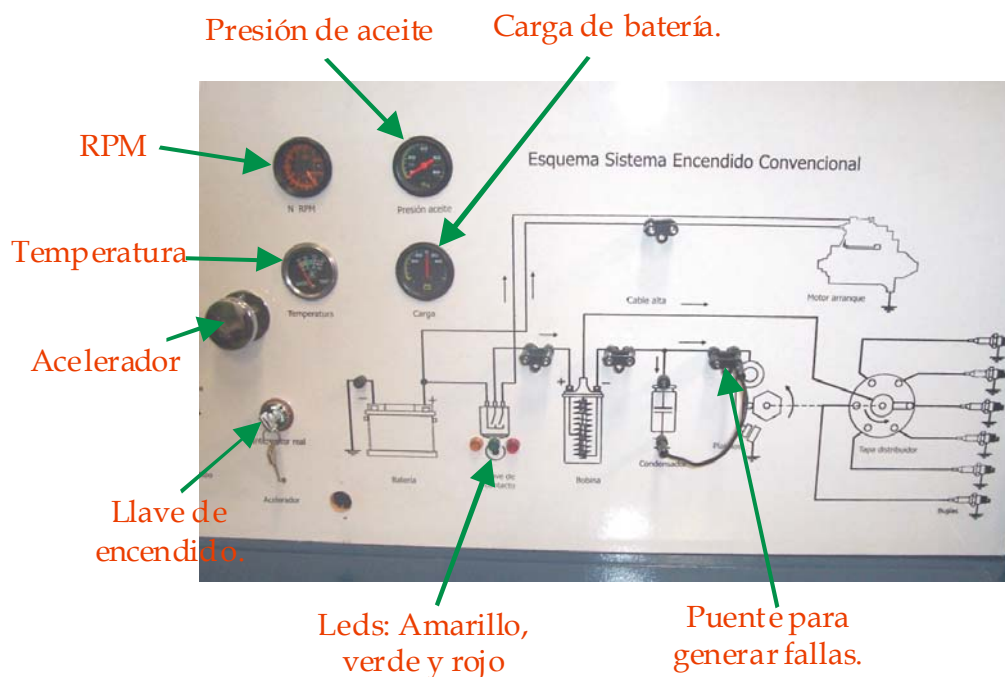
† Tomada en el LMTA.

El sistema de encendido tiene como función principal el lograr que entre los electrodos de la bujía se forme una chispa en el momento preciso, dependiendo de la posición del émbolo al finalizar su carrera de compresión. Para lograrlo es necesario darle ignición a cada uno de los sistemas mediante el accionar de la llave en el interruptor de encendido y obtener una caída de potencial de 12 voltios a partir de la batería, debidamente conectada con anterioridad.

5.4.1. Operación del Sistema de Encendido Convencional.

Habiendo localizado el interruptor de encendido, acelerador y los leds, procedemos a accionar el motor Toyota F11 a través del banco, véase fig. 129.

Figura 129 Esquema sistema de encendido convencional.*



* Tomada de LMTA.

En el tablero encontraremos tres leds de color amarillo, verde y rojo. Primero haremos una comprobación de carga de la batería al girar la llave hacia la izquierda, haciendo encender el led amarillo. La regresamos al punto inicial y haremos un barrido girando hacia la derecha la llave, encendiendo los leds verde y rojo. Al llegar a este punto se acciona el motor de arranque y por ende el motor a gasolina, soltando la llave se nos quedara anclada la llave en un ángulo hacia la derecha, manteniendo encendido el led verde mientras que el rojo se apaga. Para el apagado del motor solo llevamos la llave a la posición inicial en el cual no se apaga el led rojo.

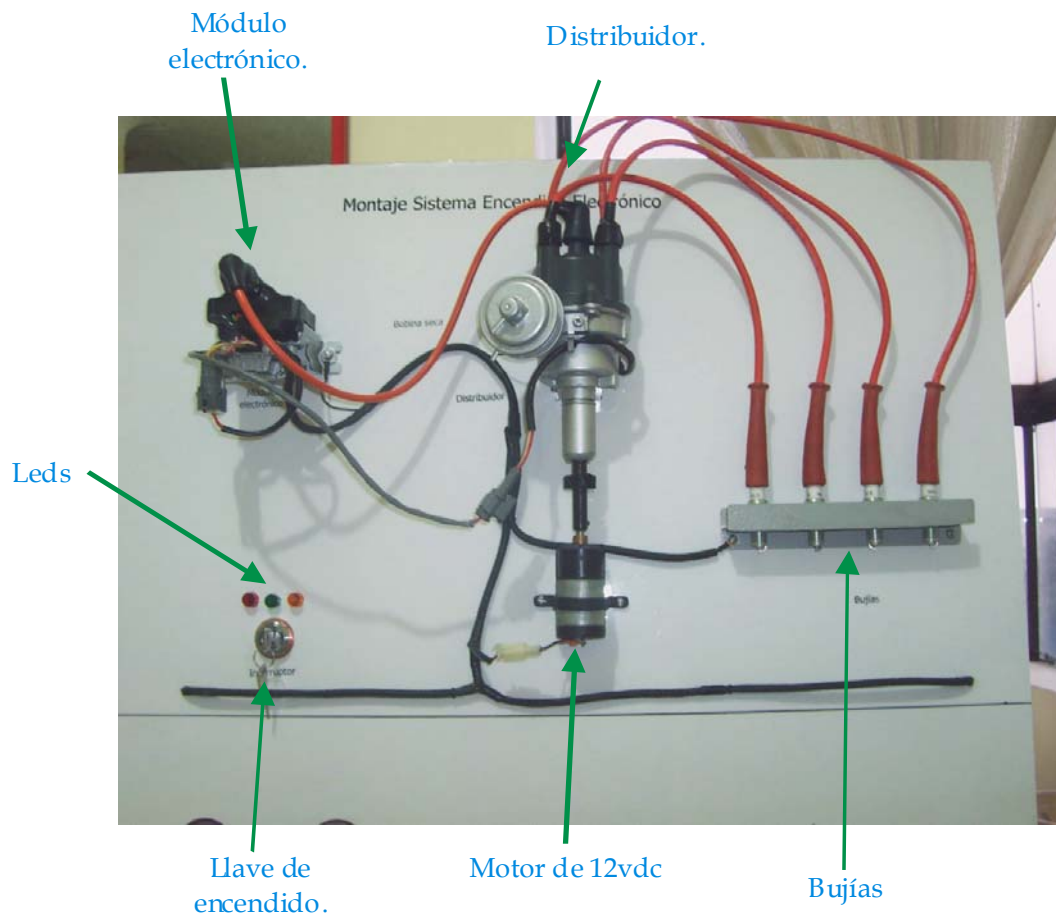
5.4.2. Operación del Simulador de Encendido Electrónico.

Se sigue la misma metodología que con el sistema convencional, conectar la batería correctamente y localizar la llave del interruptor de encendido.

Al igual que el esquema de encendido convencional, posee el mismo tipo de llave de interruptor de encendido así como los tres leds y el orden de los colores: amarillo, verde y rojo (fig. 130).

Los leds indicadores cumplen las misma función que en el anterior apartado pero con la salvedad que aquí no esta conectado a ningún motor sino que el movimiento de giro es proporcionado por un motor de 12 vdc que simula los giros a una velocidad lenta con el fin de poder apreciar la chispa en cada una de las bujías.

Figura 130 Panel del sistema de encendido electrónico.†



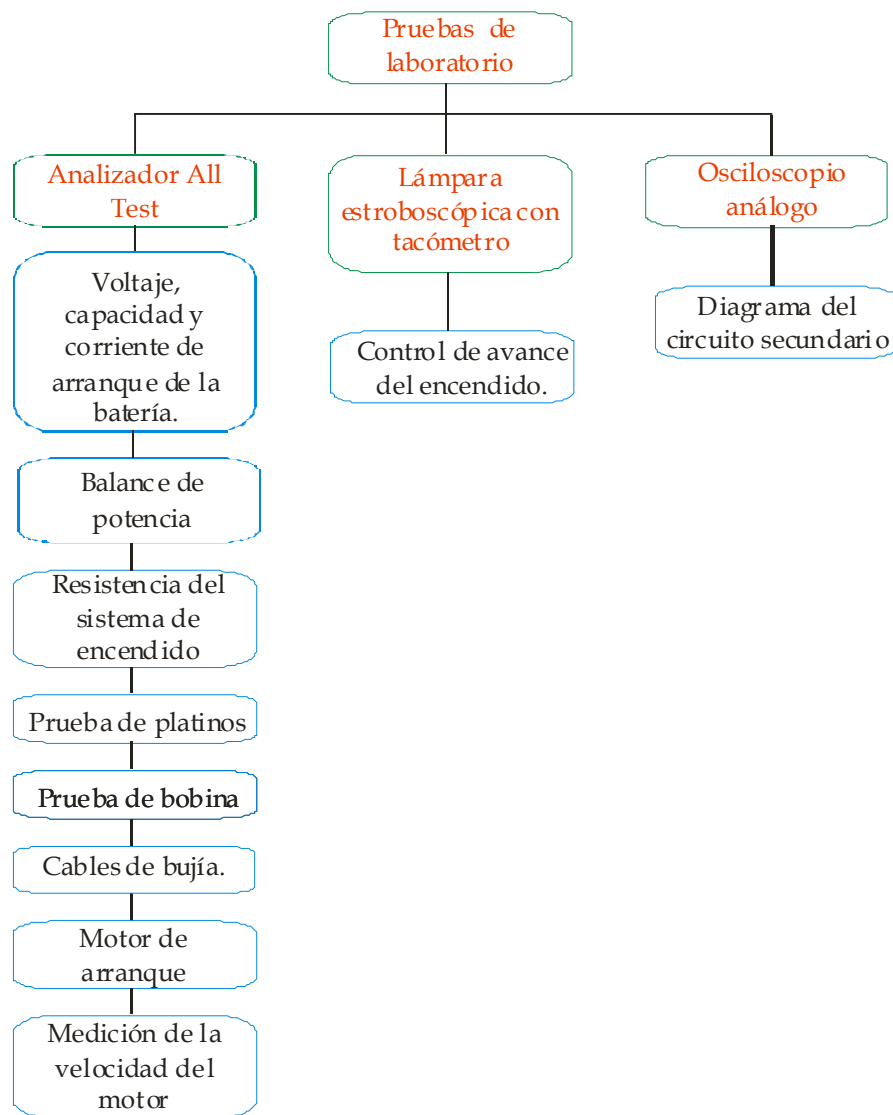
Colocando la llave en el encendido del led amarillo estaríamos haciendo la prueba de la batería, girando hacia la izquierda la llave. Haciendo giro hacia la derecha y llegamos al punto de encender el led rojo hacemos accionar el motor-simulador. Y el apagado llevando la llave a su posición inicial.

† Fuente: Autor.

5.5. PRUEBAS DE LABORATORIO.

En el siguiente diagrama 4, se representa pruebas que se desarrollaron en el LMTA con las herramientas disponibles.

Diagrama 4 Pruebas de laboratorio según herramienta.†



† Fuente: Autor desarrollado en Coreldraw.

5.5.1. Material a Utilizar

- ✓ **Analizador ALL TEST:** Son 5 instrumentos en 1, el selector de funciones le permite escoger entre TACOMETRO, MEDIDOR de ÁNGULO, VOLTÍMETRO, OHMMETRO y AMPERIMETRO (Fig. 131).

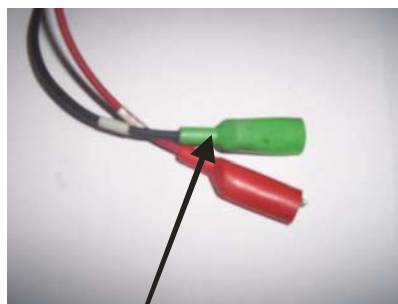
Las conexiones son cable rojo al terminal positivo de la batería y cable negro al terminal negativo de la batería. En cuanto a la sonda esta la TDV (tacómetro, ángulo y voltímetro) usar el cable rojo para medir voltios, use el verde/negro en la bobina para leer revoluciones o ángulo, véase figura 132.

Figura 131 Alltest 3710*



* Tomado de LMTA.

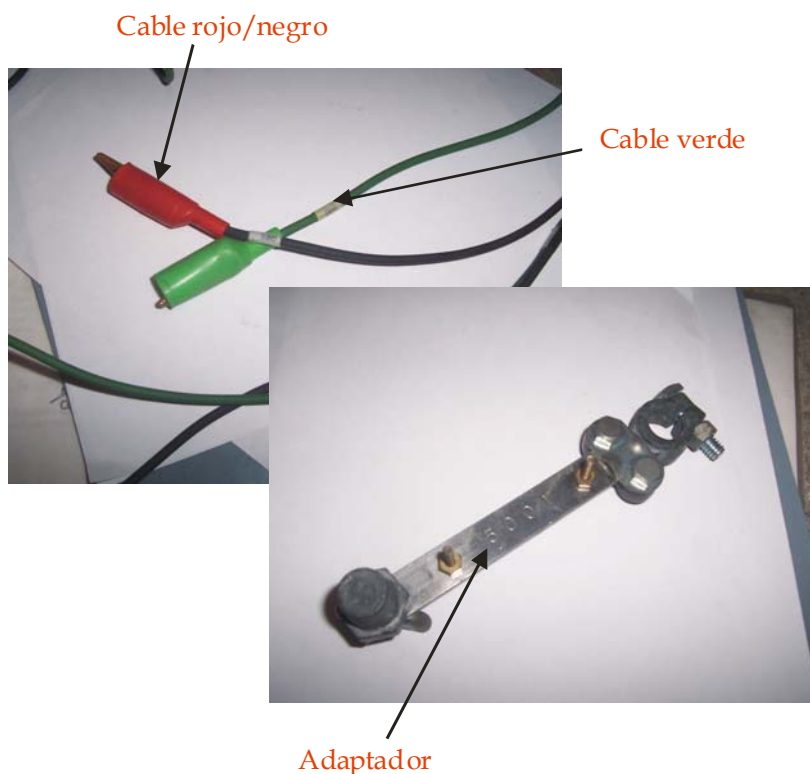
Figura 132 Sonda TDV.*



Cable verde/negro

SAO (adaptador amperios, ohmios) use el rojo/negro para leer corrientes con el adaptador de la batería. Use el rojo/negro (adaptador amperios/ohmios y verde ohmios para revisar resistencia o continuidad, véase figura 133.

Figura 133 Sonda SAO.†

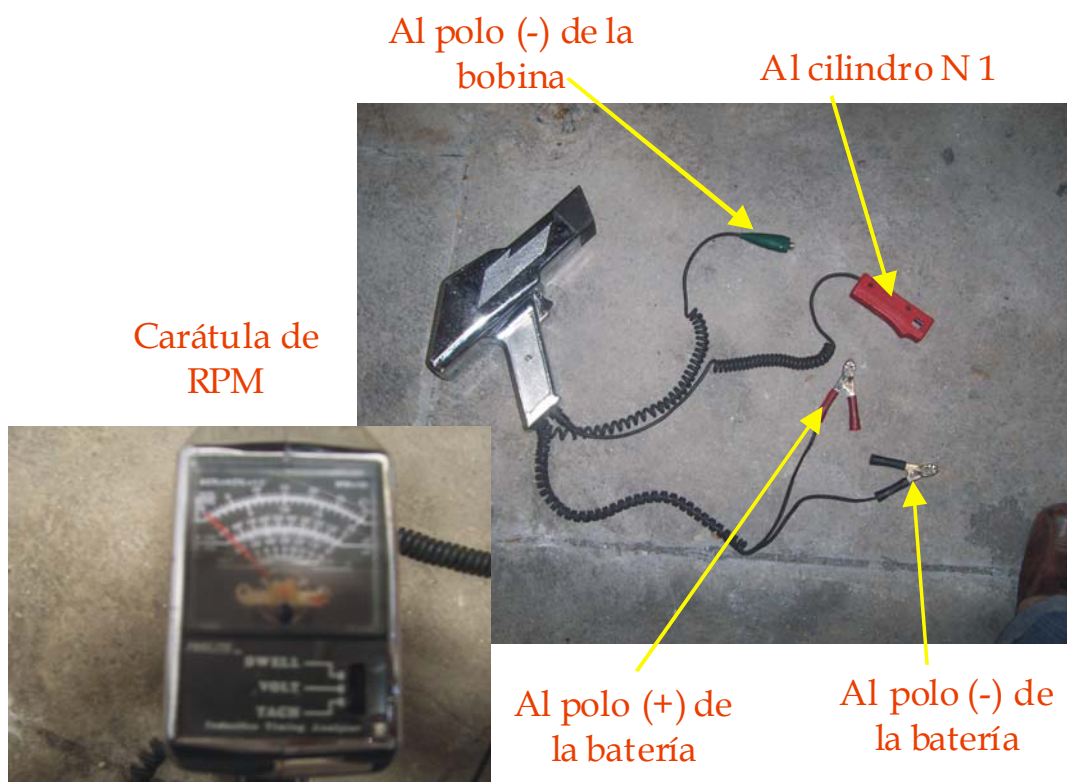


* Tomada de LMTA.

† Tomada de LMTA.

- ✓ **Lámpara estroboscópica:** Además de hacer destellos luminosos en el momento preciso que se envía una chispa a la bujía del cilindro N° 1, puede medir el número RPM del motor. En la figura 134 se da a conocer las conexiones a la pistola estroboscópica.

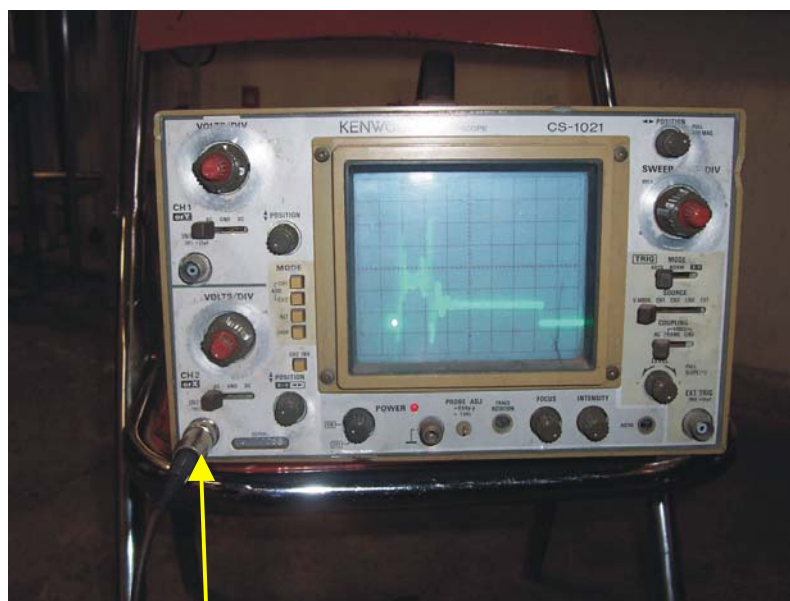
Figura 134 Lámpara estroboscópica.*



- ✓ **Osciloscopio análogo:** Utilizamos un osciloscopio Kenwood CS-1021, 20 mhz y dos canales. Solo se pudo usar en el circuito de baja tensión pues no teníamos sondas para alto voltaje (Fig. 135).

* Tomada de LMTA

Figura 135 Osciloscopio analógico.†



Conexión de la sonda.

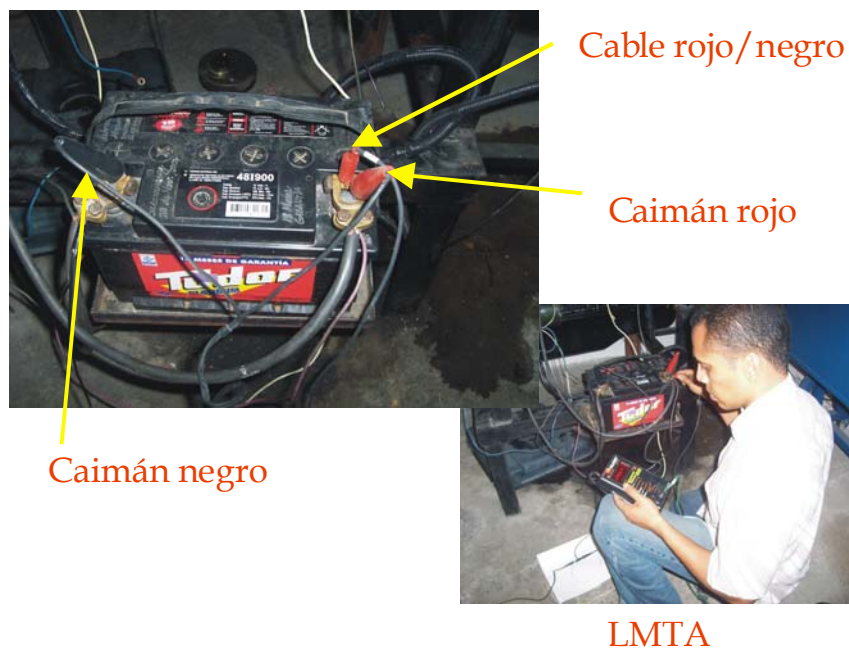
5.5.2. Comprobación del Voltaje de la batería.

- Conecté los cables de energía a los terminales positivo y negativo de la batería del carro. El motor y las luces deben estar apagados.
- Coloque el botón selector en VOLTS y conecté la sonda TDV.
- Haga contacto del cable ROJO DE VOLTIOS con el terminal positivo (+) de la batería y lea el voltaje de la misma, véase fig. 136.

Un sistema deberá mostrar 12v o más, en caso de no obtener dicha lectura se hace necesario revisar los terminales para ver si están sulfatados o las conexiones mal hechas.

† Tomada en el LMTA.

Figura 136 Polos de la batería.*



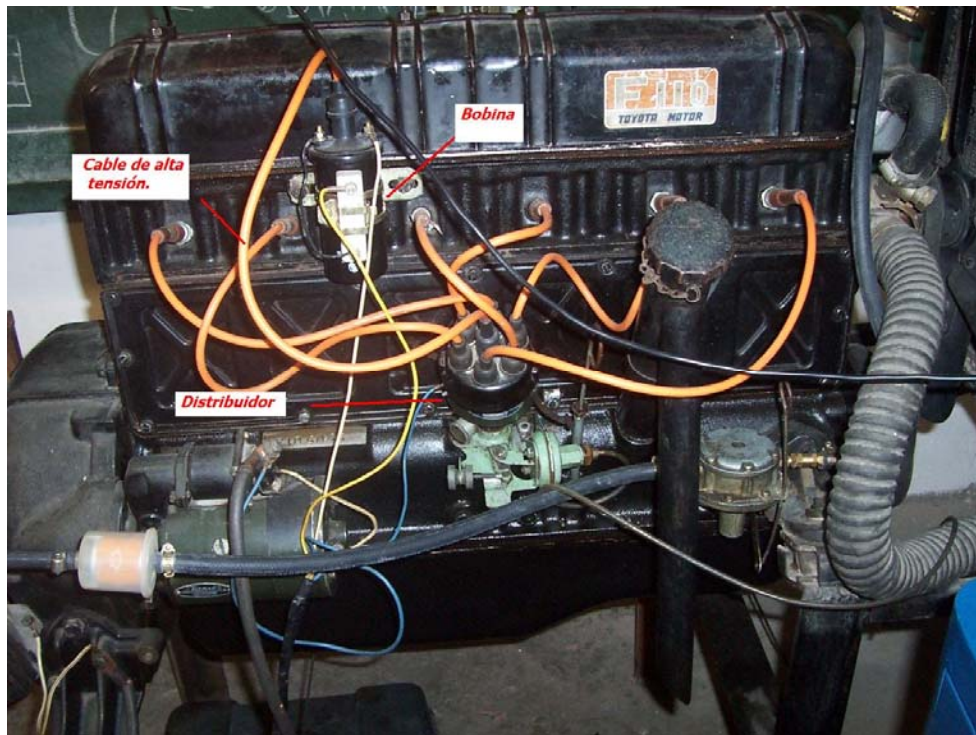
5.5.3. Prueba de la Capacidad de la Batería.

El propósito de esta prueba es determinar la salud de la batería.

- Conecté los cables de energía del analizador a la batería y el cable ROJO/VOLTIOS al terminal positivo (+) de la misma.
- Seleccione la función VOLTS y conecté la sonda TDV.
- Desconecté el cable de alto voltaje que va de la bobina a distribuidor, desconéctelo en la etapa del mismo y póngalo a masa en una superficie metálica del motor, Fig. 137.

* Tomada en el LMTA.

Figura 137 Cable de alta tensión en el motor Toyota F110.*



- De arranque al motor por unos 15 segundos mientras observa la lectura de voltaje. Este no debe caer por debajo de los siguientes valores mínimos si la batería está en buenas condiciones.

* Tomada en el LMTA.

Tabla 5 Voltajes capacidad de batería en el arranque.

TEMPERATURA	VOLTAJE MÍNIMO LUEGO DE 15 SEGUNDOS.
70 °F	9.6 voltios
60 °F	9.5 voltios
50	9.4 voltios
40	9.3 voltios
30	9.1 voltios
20	8.9 voltios
10	8.7 voltios
0	8.5 voltios

5.5.4. Prueba Corriente de Arranque.

El objetivo de esta prueba es el de determinar el consumo de corriente de la batería cuando se arranca el motor. Generalmente hablando, el número de amperios deberá ser menor o igual al desplazamiento del motor en pulgadas cúbicas. Por ejemplo un motor de 200 pulgadas cúbicas (3277 cm³), debería consumir 200 amperios para arrancar. Un consumo mayor indica problemas en el motor de arranque.

- Instale el adaptador entre el cable de masa y el terminal negativo (-) de la batería.
- Conecté el cable positivo rojo de suministro de energía al terminal positivo (+) de la batería.
- Conecté el cable negativo NEGRO de suministro de energía al ADAPTADOR de prueba en el poste cercano al terminal de la batería.
- Conecté la sonda SAO y los cables ROJO/NEGRO AMPS/OHMS al ADAPTADOR de pruebas en el poste cercano al cable de masa.

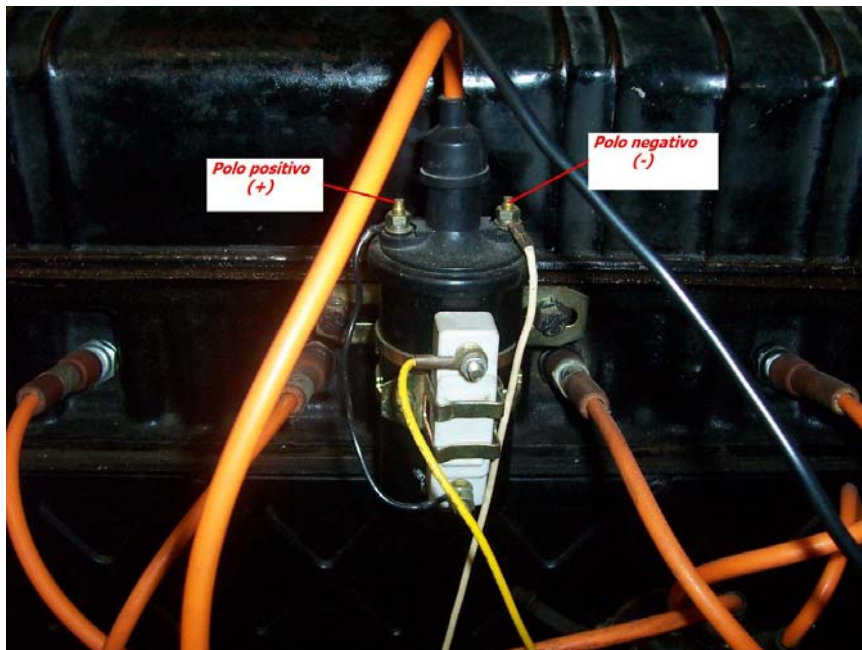
- Coloque el botón selector en AMPS (usando ADAPTADOR).
- Retiré el cable de alto voltaje del centro de la tapa del distribuidor y haga masa con el motor.
- Arranque el motor y observe la lectura de amperios en el Analizador. Si es muy alta, el arranque se deberá desmontar para más pruebas.

5.5.5. Prueba de Balance de Potencia.

El objetivo de la es el de aislar la chispa o bloquear cilindros para detectar fallas en bujías, en cables, empaques quemados o fugas por válvulas.

- Conecte los cables de energía a la batería del motor.
- Conecte la sonda TDV y el cable de la bobina VERDE/NEGRO al terminal negativo de la bobina (en sistemas de platinos, este terminal lleva un cable que va hasta el distribuidor).

Figura 138 Bobina de encendido del motor Toyota.†



- Ponga a funcionar el motor y desconecte brevemente uno a uno los cables de las bujías, mientras observa la caída de revoluciones para cada cilindro o si éstas no caen, posiblemente tiene un problema en ese cilindro.
- Quite y revise la bujía para buscar fallas. Revise el cable para ver si tiene una resistencia excesiva o está en corto o de ser necesario haga una prueba de compresión para determinar el origen del problema.

5.5.6. Prueba de Resistencia del Sistema de Encendido.

Usando el Analizador como Ohmímetro, se pueden probar varios componentes y circuitos en los sistemas de encendido.

- Conecte los cables de energía a la batería (desconectar negativo de masa si va a probar un componente a tierra).

† Tomada en el LMTA.

- Coloque el botón selector en OHMS.
- Conecta la sonda SAO.
- Use los cables VERDES OHMS y ROJO/NEGRO AMPS/OHMS para medir la resistencia eléctrica y continuidad.

Asegúrese que el motor este apagado así como el sistema de encendido, pues cualquier contacto del cable VERDE OHMS con la bobina mientras el motor este funcionando provocaría daños al Analizador.

5.5.7. Prueba de Platinos.

Para probar resistencia se puede usar cualquiera de los siguientes procedimientos:

- Desconecte el cable de masa de la batería para eliminar el retorno a través de los platinos. Conecte un cable de prueba a la place base de los platinos y la otra punta al cable que viene de la bobina. Cuando los platinos estén cerrados la resistencia debe ser cero.
- Haciendo una prueba de caída de voltaje, colocando el selector de funciones en VOLTS. Conectar la sonda TDV y usar el cable ROJO VOLTS al terminal negativo de la bobina. Abra el interruptor de encendido, cuando los platinos estén abiertos el voltaje debe estar en unos 12 voltios. Cuando los platinos estén cerrados, la lectura de voltaje debe ser menor de 0.255 voltios. Si es mayor, los platinos tienen excesiva resistencia y deben ser reemplazados.

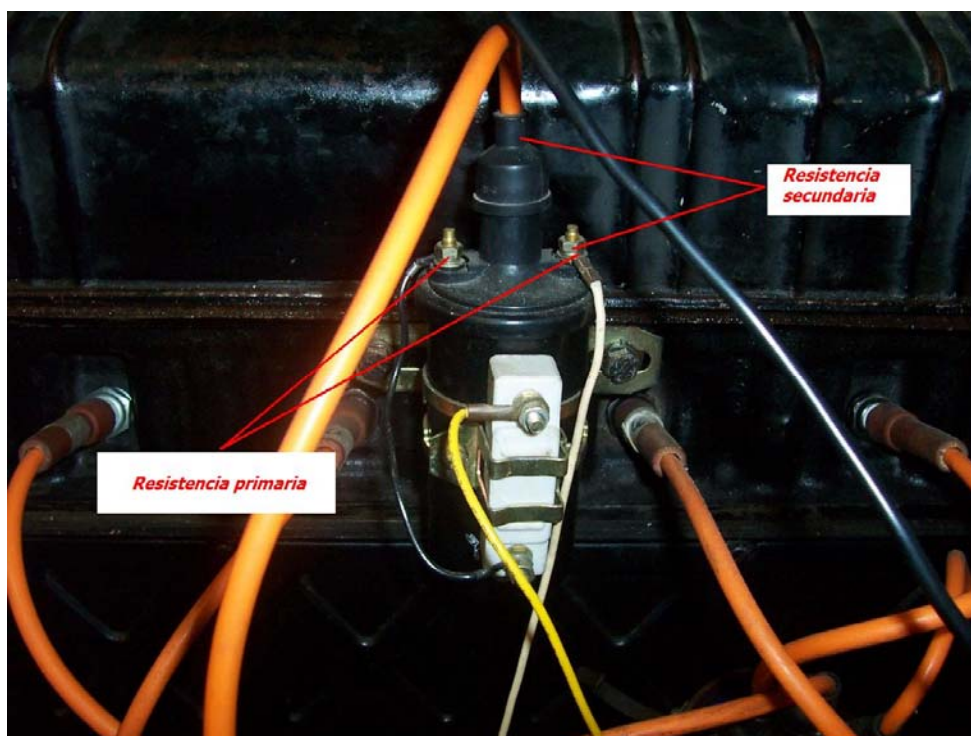
5.5.8. Prueba de Bobina de Encendido.

Se revisa midiendo la resistencia eléctrica en el primario y el secundario.

Nos aseguramos de que el sistema de encendido este apagado y desconecte el cable que va en el terminal negativo de la bobina para aislarla o desconectando el cable negativo de la batería para prevenir retorno a masa al Analizador. La resistencia primaria se mide conectando los cables ROJO/NEGRO AMPS/OHMS y VERDE OHMNIOS a los terminales positivo y negativo de la bobina. La resistencia primaria para la mayoría de los carros debe ser menor de 1 a 2 ohmios.

La resistencia secundaria se mide entre el terminal negativo de la bobina y el terminal de alto voltaje en la torre central de la bobina. La resistencia del secundario debe estar generalmente entre 700 y 12000 ohms. Si la resistencia es infinita o muy baja, la bobina esta defectuosa.

Figura 139 Puntos de medición de resistencia en la bobina.*



5.5.9. Cables de Bujía.

Revisar la resistencia de un extremo a otro. Quitar la tapa del distribuidor y haga contacto con uno de los cables de prueba en el terminal del cable a probar. En el interior de la tapa, toque el otro extremo, con el otro cable de prueba.

La resistencia no deberá ser mayor de 30.000 ohms en los cables de 25 pulgadas de longitud y 50.000 ohmios para cables más largos.

* Tomada en el LMTA.

Figura 140 Cables de alta tensión.†



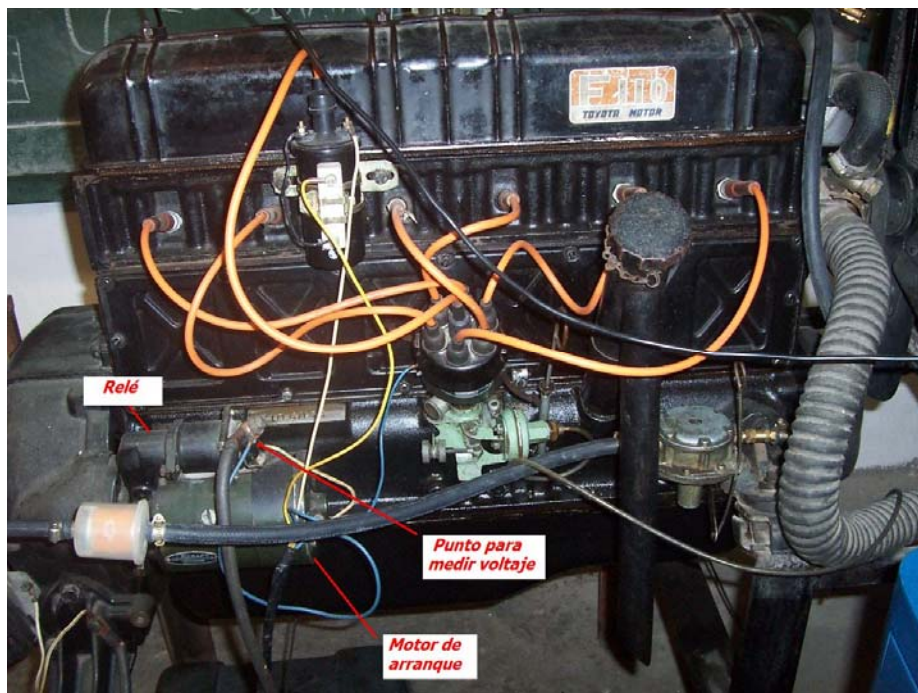
5.5.10. Prueba de Motor Arranque.

- Comprobamos si le llegan los 12 voltios de la batería al conjunto de arranque. Para lo cual utilizaremos el Analizador con el mismo procedimiento de Voltaje de Carga de Batería. Conectamos a la batería Los cables de energía del Analizador y utilizamos la sonda TDV, conectando el cable ROJO VOLTIOS al terminal positivo del motor de arranque. La lectura que debemos obtener es de 12 voltios o más.
- Medir el amperaje que consume el motor arranque, en este punto se debe desmontar el motor de arranque y aislarlos del resto del sistema

† Fuente: Autor.

eléctrico. El motor arranque consume aproximadamente 300 amperios. En este punto utilizaremos el adaptador conectado entre el polo negativo de la batería y la masa. Y como sonda la SAO, y los cables ROJO/NEGRO AMPS/OHMS al conectados adaptador. Se cierra el circuito por poco tiempo para medir lectura.

Figura 141 Motor de arranque en el motor Toyota F110.*



* Tomada en el LMTA.

5.5.11. Prueba de Medición de Ángulos de Contacto.

Se refiere al tiempo en que los platinos están cerrados. Esto determina el voltaje encendido para las bujías. Un ángulo insuficiente o excesivo causa una chispa difícilmente y un encendido complicado.

- Conecte los cables de energía del Analizador a los terminales de la batería.
- Conecte el probador TDV y el cable VERDE/NEGRO BOBINA al negativo de la bobina.
- Coloque el botón selector de funciones en DWELL.
- Coloque el botón selector de cilindros en el número que corresponda (en nuestro caso 6).
- Ponga a funcionar el motor y observe la lectura.

5.5.12. Medición de la Velocidad del Motor.

El Analizador puede medir la velocidad del motor en R.P.M. en cualquier motor a gasolina.

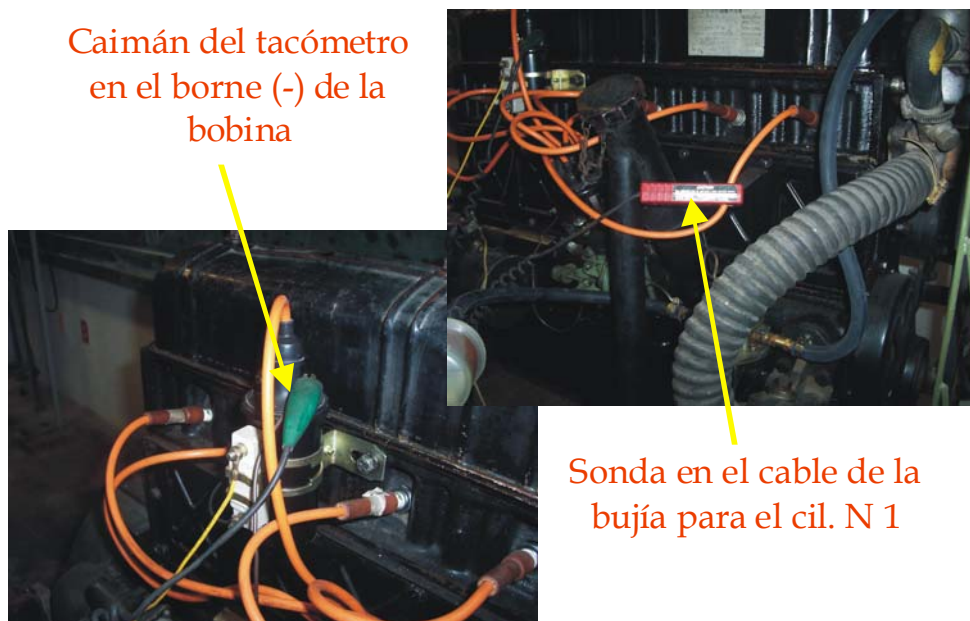
- Conecte los cables de energía a la batería del vehículo.
- Conecte la sonda TDV y el cable VERDE/NEGRO al terminal negativo de la bobina.
- Coloque el botón selector en TACH.
- Seleccione el número de cilindros, en nuestro caso 6.
- Prenda el motor y observe las revoluciones.

5.5.13. Control de Avance del Encendido.

Conocido popularmente como cuadrar la chispa. Es de vital importancia para lograr el desarrollo de la máxima potencia que pueda generar el motor. Su manipulación dará como resultado chispa adelantada o retrasada según el caso. Para realizar su control sobre el motor del Toyota se procede de la siguiente forma:

- ◆ Identificar los terminales de la lámpara estroboscópica, véase fig. 142.

Figura 142 Conexiones de la pistola estroboscópica.*



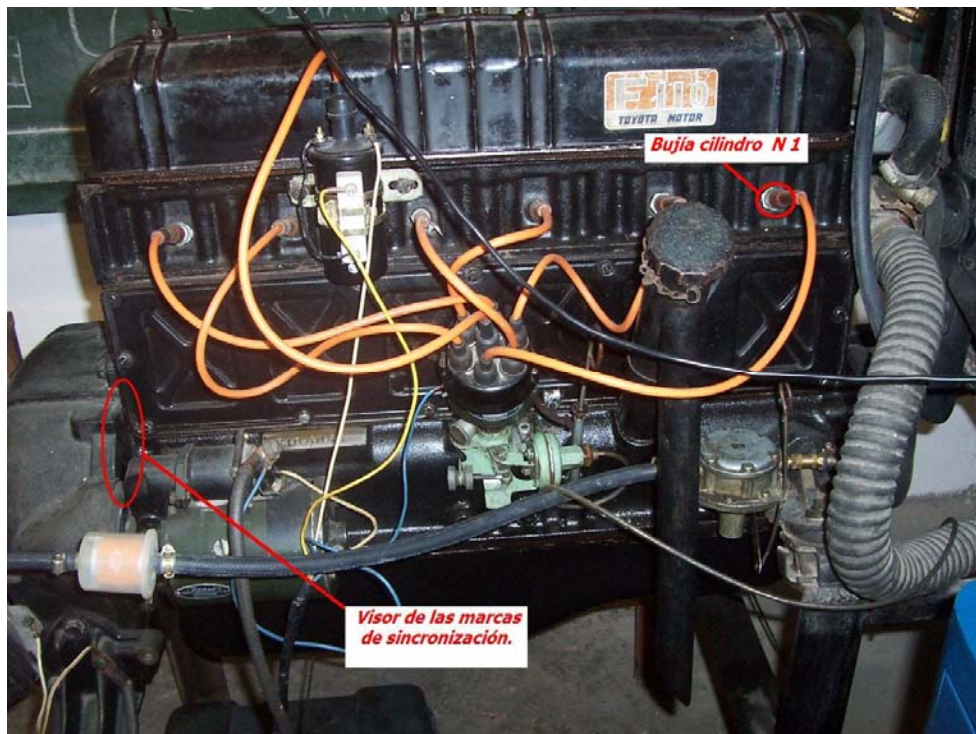
- ◆ Localizar en el motor los puntos de sincronización que el fabricante ha colocado. En este caso consiste en una marca fija colocada en la

* Tomada del LMTA.

carcaza del embrague y situada en un orificio visible en la zona entre el automático del motor de arranque y el bloque del motor (Fig. 143), la marca móvil esta ubicada sobre el borde del volante del motor, para localizarlo gire el motor manualmente.

- ♦ Se procede a conectar la lámpara estroboscópica correctamente, teniendo claro cual es la bujía del cilindro N°1 del motor Toyota.

Figura 143 Visor de marcas de sincronización.*

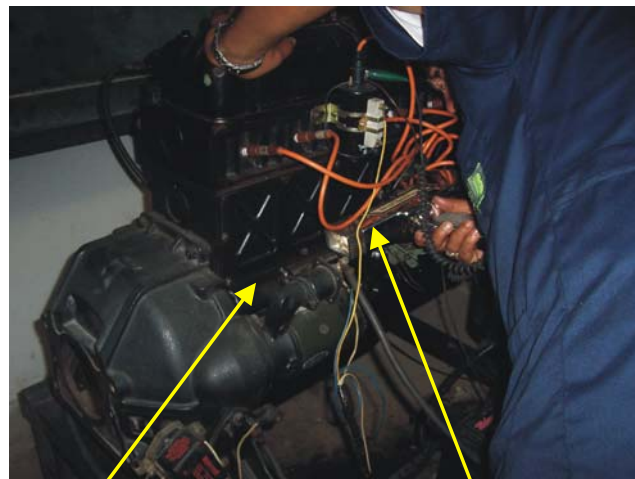


- ♦ Accione el interruptor de la lámpara y apunte la luz hacia el visor de las marcas de sincronización. Determine la posición de la marca móvil con la fija y hacerlas coincidir si diera el caso, véase fig. 144.

* Tomada del LMTA

- ◆ Para cuadrar la chispa, aflojar el tornillo de fijación del distribuidor y al mismo tiempo que observa las marcas, gire el distribuidor para poder observar el desplazamiento de la marca móvil con la fija y así lograr cuadrarla donde lo especifique el fabricante, véase fig. 145.
- ◆ En la práctica que cuando el giro del distribuidor origina un aumento del número de revoluciones del motor, se está adelantando la chispa y en sentido contrario es atrasar.

Figura 144 Apuntando la pistola sobre las marcas.†



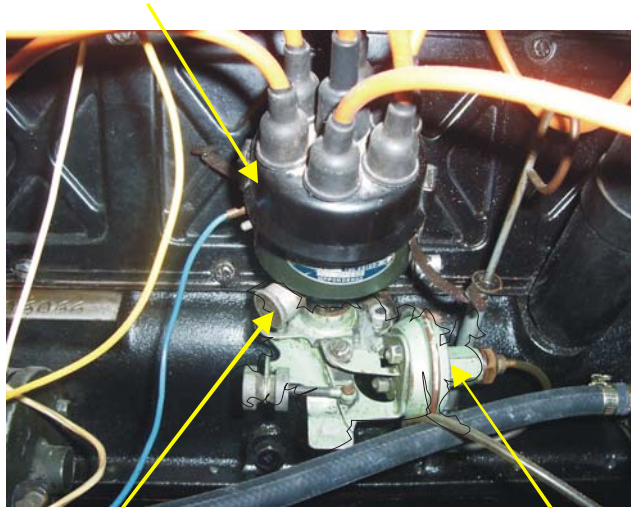
Visor de
las marcas

Pistola
apuntando
hacia el visor

† Tomada en el LMTA.

Figura 145 Ajuste del distribuidor.*

Tapa del distribuidor



Tornillo de ajuste

Avance por vacío

5.5.14. Diagrama de Onda del Bobinado Primario.

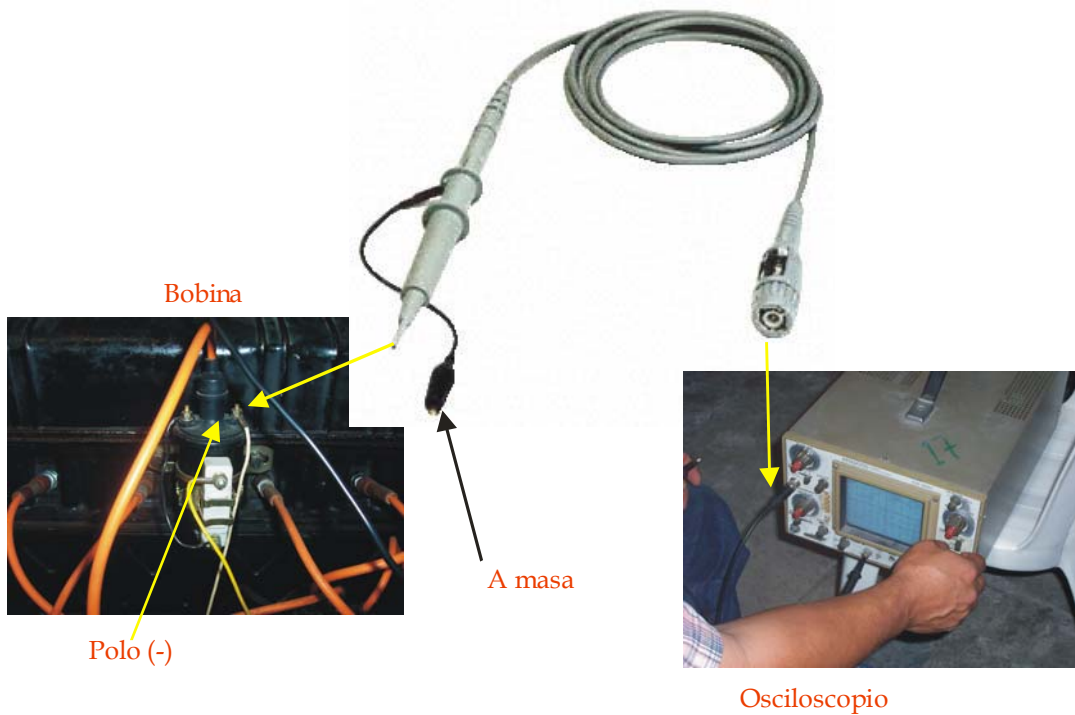
Los analizadores son un instrumento totalmente eficaz para la comprobación estática de circuitos y para casos en que los cambios de valores se producen de forma gradual, pero para las comprobaciones dinámicas y para el diagnóstico de fallas intermitentes, el osciloscopio es una herramienta muy poderosa.

- ◆ Conectar la toma de masa de la punta del osciloscopio, a una masa firme de chasis (Fig. 146).
- ◆ Conectar la punta sensible del osciloscopio al terminal negativo (-) de la bobina.
- ◆ Compruebe que el motor esté a la temperatura normal de funcionamiento.

* Tomada en el LMTA.

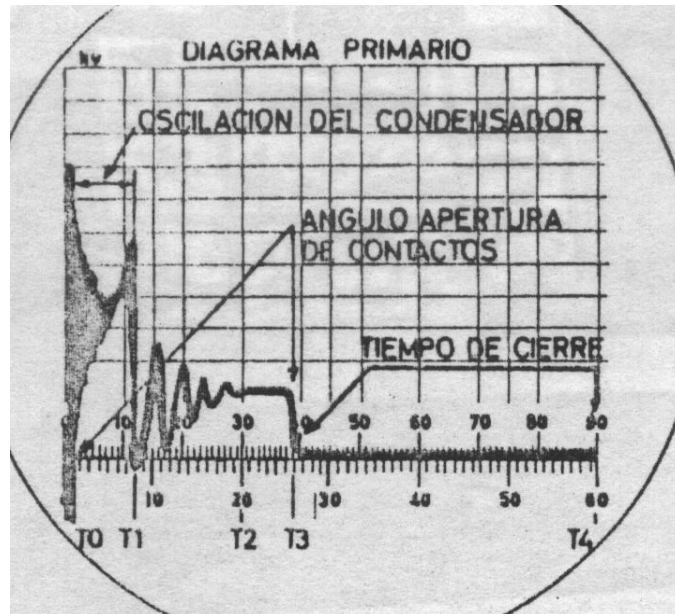
- ◆ Arranque el motor y déjelo al ralentí.
- ◆ Detener (sincronizar) la señal visualizada en la pantalla.
- ◆ Compare el oscilograma con la forma de onda de referencia (véase figura 147).
- ◆ Si hay diferencias notables de amplitud, estas pueden indicar una alta resistencia en el circuito primario o un fallo de la bujía o del cable de alta tensión.

Figura 146 Conexión de las onda del osciloscopio.†



† Tomada en el LMTA.

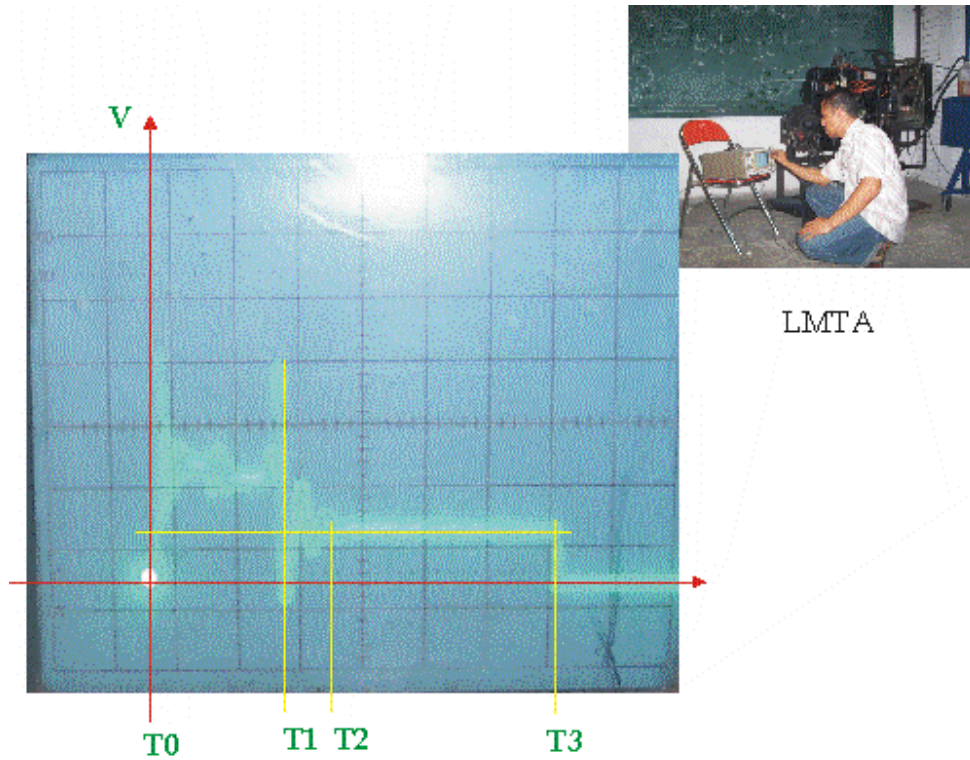
Figura 147 Diagrama guía del bobinado primario.†



En la figura 148 observamos la onda captada en el osciloscopio durante la prueba. Comparándola con la onda guía (Fig. 147) no observamos cambios distintivos que nos indique alguna falla en el sistema de encendido convencional.

† Tomada de Castro, Miguel de. Puesta a punto de motores. Pág. 117.

Figura 148 Oscilograma.*



La oscilación de la tensión entre el punto T_0 y T_1 corresponde al fenómeno oscilatorio de descarga entre los electrodos de la bujía. En T_1 se presenta la descarga magnética de la bobina y la tensión oscila hasta alcanzar el valor de la batería en T_2 . Después la tensión permanece constante hasta que los platinos se cierran, en T_3 . Luego la tensión cae hasta el valor de masa.

* Tomada en el LMTA.

5.6. DIAGNÓSTICO DE LAS FALLAS DE LOS SISTEMAS DE ENCENDIDO Y DE ARRANQUE.

Una falla en el sistema de encendido puede generar que el motor falle o deje de trabajar. Un buen diagnóstico del problema nos llevará al ahorro de tiempo y dinero.

Trataremos las fallas más comunes en las cuales puedes estar sometido un motor:

- **Motor no gire.** Debemos comprobar la carga de la batería que debe ser de 12 voltios o ligeramente mayor. Para lo anterior haremos el procedimiento de Prueba de Carga de Batería y de Corriente de Arranque con ayuda del ALLTEST. Es bueno aclarar que los bornes de la batería no estén sulfatados o flojos, para que no generen una lectura falsa. También comprobamos el motor de arranque .
- **Motor gira lentamente.** Esta es debida a una carga débil de la batería y arrastre del motor de arranque. Este último por desgaste de los bujes del motor o de las escobillas.
- **Motor gira libremente pero no enciende.** Esta falla se presenta cuando el interruptor de encendido no alimenta a la bobina o al cable positivo de la misma debido a rotura o cortocircuito.
- **Emisión de humo blanco o blanco por el escape.** Posiblemente es una falla de sincronización del motor para la cual debe hacerse nuevamente.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al culminar el presente trabajo de grado se logró mejorar el estado del LMTA con la creación de un banco de pruebas de los sistemas de encendido tanto convencional como electrónico. Que habilito espacio de circulación dentro del laboratorio y con su diseño dará mejor aspecto visual al sitio de trabajo.
- La implementación de herramientas técnicas tal como el analizador ALLTEST 3710 que no se encontraba en uso.
- La reanudación de las prácticas con el motor Toyota F110 que se encontraban suspendidas. Específicamente en el sistema de encendido convencional.
- Se dotó al LMTA de nuevo material didáctico de por lo menos 4 prácticas, con gráficos, esquemas y diagramas del circuito eléctrico para facilitar la comprensión de los sistemas de encendido convencional y electrónico.
- Como sugerencias esta la creación de un banco para motores con sistema de ignición electrónica.

7. BIBLIOGRAFIA

- **CASTRO, Miguel de.** Puesta a punto de motores. Ediciones CEAC. Barcelona. 1986.
- **J.M., Alonso.** Técnicas del automóvil, Equipo eléctrico. Editorial Paraninfo. Madrid(España). 1991.
- **SENA.** Publicaciones. Sincronización del encendido.
- **SENA.** Publicaciones. Reparación del sistema de encendido convencional.
- **TARIFFA, Víctor; MARTÍNEZ, Dairo y PADILLA, Nelson.** Montaje y adecuación de un banco didáctico de mecánica automotriz: Manual. Proyecto de grado requisito para la obtención del título de ingeniero mecánico. Bucaramanga. 1995.
- **GONZALEZ, José y OROZCO, Alex.** Estudio y organización de las prácticas de motores encendidos por chispa para el laboratorio de máquinas térmicas alternativas Fase I. Proyecto de grado requisito para la obtención del título de ingeniero mecánico. Bucaramanga. 2005.
- **MONDELO, Pedro y GREGORI, Enrique.** Ergonomía 3 Diseños de puestos de trabajo. ALFAOMEGA ediciones. México. 2001.

ANEXO A. PRUEBAS EN EL L.M.T.A.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
L.M.T.A.

PRUEBA N° 1

Fecha: _____

Auxiliar: _____

Objetivos.

- ◆ Identificar los principales componentes y funcionamiento del sistema de encendido convencional.
- ◆ Conocer el funcionamiento del sistema de encendido convencional.

Material y Equipo.

- ◆ Banco didáctico del sistema de encendido convencional.
- ◆ Textos y diagramas.

Procedimiento.

Mediante una comparación de textos y diagramas con los elementos presentes en el motor Toyota F110 reconocer cada elemento y comprobar su funcionamiento dentro del sistema.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
L.M.T.A.

PRUEBA N° 2

Fecha: _____

Auxiliar: _____

Objetivos.

- ◆ Identificar los principales componentes y funcionamiento del sistema de encendido electrónico.
- ◆ Conocer el funcionamiento del sistema de encendido electrónico.
- ◆ Distinguir las diferencias y ventajas con respecto al sistema de encendido convencional.

Material y Equipo.

- ◆ Banco didáctico del sistema de encendido.
- ◆ Textos y diagramas.

Procedimiento.

Haciendo uso del simulador del sistema de encendido electrónico contenido en el banco didáctico se identifica y observa su operación.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
L.M.T.A.

PRUEBA N° 3

Fecha: _____

Auxiliar: _____

Objetivos.

- ◆ Revisión del circuito eléctrico del sistema de encendido convencional.
- ◆ Manejo del equipo ALLTEST 3710.

Material y Equipo.

- ◆ Banco didáctico del sistema de encendido.
- ◆ Analizador de motores AllTest 3710.

Procedimiento.

Probar voltaje en la bobina entre el polo positivo de la batería y del primario de la bobina. Medir la resistencia del circuito primario en la bobina.

Verificar el estado y cables de la batería.

Comprobar consumo de corriente del motor de arranque.

Recolección de datos.

Prueba de voltaje

Carga de batería.	
Entrada de bobina	
Conjunto motor de arranque	

Prueba de corriente.

Corriente motor arranque	
--------------------------	--

Prueba de resistencia

Resistencia del bobinado primario	
Resistencia del bobinado secundario	

Observaciones

Conclusiones



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
L.M.T.A.

PRUEBA N° 4

Fecha: _____

Auxiliar: _____

Objetivos.

- ◆ Familiarizarse con el uso la lámpara estroboscópica.
- ◆ Determinar el avance al encendido en condiciones de marcha mínima y aceleración sin carga.

Material y Equipo.

- ◆ Motor Toyota F110.
- ◆ Lámpara estroboscópica con tacómetro.

Procedimiento.

Conectar la pistola estroboscópica correctamente según sus conectores. Encender el motor y enfocar la pistola sobre las marcas, y determinar el avance necesario.

ANEXO B. PLANO GENERAL DEL BANCO.