

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD TÉCNICA
CARRERA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**



**PROYECTO DE GRADO
NIVEL: LICENCIATURA**

**CONVERSIÓN DE SISTEMA DE ENCENDIDO
CONVENCIONAL A ELECTRÓNICO EN TOYOTA
CRESSIDA**

POSTULANTE: Victor Huarachi Quispe
TUTOR: Lic. Mario Mamani Condori

LA PAZ - BOLIVIA

2009

AGRADECIMIENTO

Estoy muy agradecido con el personal docente de la carrera de Mecánica Automotriz.

A mi tutor Lic. Mario Mamani Condori, a los docentes tribunales: Lic. Juan Carlos Valencia Tarqui, Lic. Jorge Escobar Choquecalla, Lic. Alejandro Mariscal Quenta. Quienes confiaron en mi persona para la realización de este proyecto de grado.

DEDICATORIA

Habiendo culminado mi formación profesional en nivel licenciatura, en la carrera de mecánica automotriz con los conocimientos suficientes para desarrollar mi vida profesional, y además como emprendedor empresarial para incursionar en el campo laboral.

Durante el proceso de mi formación he recibido el constante apoyo de mi esposa, sin dicho apoyo no hubiese sido posible mi profesión. Por lo que dedico este presente proyecto.

ÍNDICE

Capítulos	Páginas
CAPITULO I	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación.....	4
1.5 Delimitación.....	6
CAPITULO II	
FUNDAMENTO TEÓRICO	
2.1 Sistema de encendido.....	7
2.2 Componentes del sistema de encendido convencional.....	9
2.2.1 Llave de contacto.....	9
2.2.2 Bobina de encendido.....	9
2.2.3 Condensador.....	10
2.2.4 Ruptor.....	11
2.2.5 Distribuidor.....	13
2.3 Los sistemas de encendido electrónico.....	15
2.4 Comparación de los sistemas de encendido.....	20
2.4.1 Encendido convencional.....	20
2.4.2 Encendido con ayuda electrónica.....	20
2.4.3 Encendido electrónico sin contactos.....	20
2.4.4 Encendido electrónico integral.....	21
2.4.5 Encendido electrónico para inyección de gasolina.....	21
2.4.6 Encendido por descarga de condensador.....	21

CAPITULO III

Caso de estudio

3.1 Escenario.....	24
3.1.1 El automóvil.....	24
3.2 Requerimiento para el encendido	
3.2.1. Reducción de desgaste en superficies de contacto del ruptor (platinas).....	25
3.2.2. Mejora en la combustión.....	25
3.3 Problema de desgaste mecánico y combustión deficiente.....	26

CAPITULO IV

Desarrollo del proyecto

4.1 Desarrollo del proyecto.....	28
4.2 Análisis de requerimientos.....	28
4.3 Planteamiento del circuito.....	29
4.4 Análisis matemático.....	30
4.4.1 Módulo de control.....	30
4.4.2 Módulo de potencia.....	39
4.5 Modelo de simulación.....	40
4.5.1 Etapa de control.....	40
4.5.2 Etapa de potencia.....	41
4.6 Implementación del proyecto.....	43
4.7 Pruebas y resultados experimentales.....	45
4.8 Análisis de costos del proyecto.....	52

CAPITULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones.....	54
5.2 Recomendaciones.....	55
Bibliografía.....	56
Anexos.....	58

NOMENCLATURA GENERAL

CA	=	Corriente alterna
CC	=	Corriente continua
I	=	Corriente
V	=	Voltaje
R	=	Resistencia
A	=	Amperaje
Fem	=	Fuerza electromotriz
RT	=	Resistencia total
NPN	=	Tipo de transistor (negativo positivo negativo)
PNP	=	Tipo de transistor (positivo negativo positivo)
DIS	=	Sistema de encendido electrónico
Q	=	Transistor
D	=	Diodo
Zd	=	Diodo tener
C	=	Condensador
VCC	=	Fuente de alimentación
Vth	=	Voltaje equivalente de thevenin
Rth	=	Resistencia equivalente de thevenin
Rc	=	Resistencia del colector
ICsat	.=	Corriente de saturación del colector
IR	=	Corriente del ruptor

PP1	=	Porcentaje de perdida 1
PP2	=	Porcentaje de perdida 2
Δ PP%	=	Variación de perdida porcentaje
mA	=	Miliamperio
mV	=	Mili voltios
Ω	=	Ohmios
W	=	Watios
B	=	Bobina de encendido
UCE	=	Unidad de control electrónica
I_c	=	Corriente del colector
B	=	Factor de amplificación de corriente de transistor Q1
I_B	=	Corriente de base del transistor

CAPÍTULO I



1.1 ANTECEDENTES

En nuestro país hay una gran cantidad de vehículos que funcionan con sistema de encendido convencional decir con el ruptor desgastándose rápidamente el bloque de fricción, fue uno de los sistema que funcionó durante más de cincuenta años, el sistema de encendido por platino y condensador como norma en la industria automotriz durante muchas décadas.

Pero es necesario cambiar los platinos con frecuencia. Al desgastarse el bloque de fricción y de los platinos, la parada y el tiempo varían. Esto implica que el sistema de encendido no es capaz de mantener un ajuste adecuado para reducir las emisiones y además se consume mayor cantidad de combustible contaminando al medio ambiente.

Las normas de control de los gases tóxicos por la mala combustión son más estrictas en la actualidad hay corrientes ecologistas internacionales que piensan anular toda contaminación hacia al medio ambiente por esta razón las industrias automotrices optaron eliminar el sistema de encendido convencional reemplazando con sistemas de encendido electrónico en su totalidad.

En la actualidad los fabricantes de las movilidades de algunas marcas y series las computadoras o denominados microprocesadores, es decir la unidad central electrónica (ECU) cumplen la función de un distribuidor eliminando piezas mecánicas en el sistema de ignición, que en la actualidad funcionan mediante programas como el caso de encendido electrónico integral proporciona una chispa de calidad similar al del transistorizado, carece de elementos sometidos a desgastes mecánicos, sin contacto ni rozamientos, suprime los contrapesos y no se desajusta. El inconveniente de los sistemas electrónicos es el mayor consumo

de corriente, no por exigencia del sistema, sino para mejorar el encendido, si bien el uso de alternadores en vez de dinamos ha remediado este problema.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El transporte por tierra se ha masificado en las últimas décadas con la incorporación de millones de vehículos de todo tipo y para todo uso, la industria automotriz, lanza al mercado con la aplicación de la última tecnología de sistema de inyección electrónica, pero sin embargo en Bolivia hay una gran cantidad de motorizados con sistemas convencionales específicamente sistema de encendido por platino / condensador.

La crítica situación económica y tecnológica por la que atraviesa el país los propietarios de estos motorizados no modifican el sistema, tampoco encuentran una solución de parte de los profesionales técnicos automotores, de solucionar sus problemas, además algunos propietarios juntamente con los técnicos empíricos toman la decisión de convertir sus vehículos equipados con sistemas electrónicos a sistema convencional cuando no encuentran una solución a una avería en el sistema, suponiendo que es una solución, pero sin embargo la toman decisiones muy equivocadas, con este tipo de actitudes retroceden de la tecnología electrónica moderna a la convencional esa es la razón que amerita encontrar alternativas técnicas económicas que permitan solucionar los problemas de rendimiento, economía, contaminación, además reduciendo el desgaste de los platino/condensador, lo cual genera, en el conjunto del motor el desgaste dando un mal funcionamiento, emitiendo gases tóxicos, que tanto daño hace al medio ambiente.

Bajo esta premisa se hace necesario identificar e investigar en un corto plazo para alternativas de modificaciones y conversiones a los sistemas convencionales mejorando su rendimiento del sistema, por lo que para el presente caso, surge el siguiente problema:

¿La conversión del sistema de encendido convencional, platino y condensador a sistema de encendido electrónico será una alternativa viable en nuestro medio?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Convertir el sistema de encendido convencional en sistema de encendido con asistencia electrónica en la marca TOYOTA CRESSIDA modelo 1985 cilindrada 2000cc. motor 21 R.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aumentar la vida útil del ruptor evitando el desgaste eléctrico de las superficies de contacto o platinos.
- Convertir el sistema de encendido convencional en sistema con asistencia electrónica para mejorar el encendido y optimizar el consumo de combustible, evitando las emisiones de gases tóxicos que emana al medio ambiente dañando gravemente a la ecología y salud.
- Mejorar en el vehículo el rendimiento del motor existiendo la posibilidad de convertir eventualmente la alimentación del vehículo a combustibles alternativos como gas natural comprimido (GNV), aprovechando las mejoras del sistema de encendido planteado en el presente trabajo.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En el sistema de encendido convencional es decir por platino y condensador fue el sistema de encendido de batalla de los motores de gasolina por muchos años, donde fue la norma en la industria automotriz durante décadas. Sin embargo era una rutina cambiar los platinos y condensadores con mucha frecuencia atentando a la parte económica de los propietarios en los vehículos convencionales. Al desgastarse el bloque de los contactos de fricción de los platinos, y la parada y el tiempo varían.

Los contactos de platino y condensador se van poniendo rugosos, de desgaste y se queman parcialmente a causa de martilleo y el calor. Es probable que sea necesario cambiarlos antes de los 20.000 kilómetros (km); a los 24.000 kilómetros como máximo. Los contactos son de tungsteno, aunque vulgarmente se les conoce como platinos.

Se puede comparar del encendido convencional y con asistencia electrónica el primero corta toda la corriente de circuito primario y adema está sometida a desgastes mecánicos causando desajustes y el segundo no se corta el voltaje aumentando por la autoinducción hasta 200 o más voltios.

Esto implica que el sistema de encendido por platino y condensador no es capaz de mantener un ajuste adecuado para que el motor funcione correctamente y mantener las emisiones de gases tóxicos establecidos desde la fábrica, donde esto no ocurre siempre por el desgaste quema de los platinos aumentará la polución que sale del tubo de escape hacia al medio ambiente causando efectos sobre la salud, y la ecología.

Las normas de emisiones de gases tóxicos más estrictas significaron la eliminación del sistema de encendido convencional en las industrias automotrices en el mundo en los últimos años.

Pero en nuestro país es uno de los problemas con que cuenta, varios modelos antes del año 1990, que tienen sistemas convencionales, que este tipo de vehículos con sistemas de platino y condensador es un problema para los propietarios y además consume mayor cantidad de combustible, es más costoso el mantenimiento preventivo y correctivo, no tiene fuerza en las subidas, contra explosiona en altas revoluciones por minuto (RPM) y por ende, afecta a la sociedad debido a la emanación de mayores porcentajes de gases tóxicos en las calles de las ciudades, lo cual daña la salud de la población, por esta razón los profesionales automotrices deben buscar urgente una solución en nuestro medio a bajos costos económicos y además generando empleo para los profesionales técnicos en la carrera mecánica automotriz.

Por otro lado los propietarios de estos tipos de vehículos por el hecho de tener un alto consumo de combustible, los sacan de circulación guardándolos en sus garajes sin encontrar una solución, algunos optaron para que no consuman mucha gasolina convirtiendo a gas natural comprimido, esto tampoco ha resultado una solución viable.

Por lo que la primera labor a realizar, estará centrada en mejorar el sistema de encendido convencional propio del vehículo a uno con asistencia electrónica, el cual tendrá una gran ventaja para una posterior conversión a combustibles alternativos como GNV.

Para este trabajo no se realizará un diseño de un distribuidor electrónico, ya que en el país no se cuenta con la factibilidad necesaria para realizar un trabajo de este tipo a gran escala, por lo que el presente proyecto plantea la adecuación del sistema electrónico en el mismo distribuidor que originalmente lleva es decir desde la fabrica, no se modificará el estado original del sistema de encendido es decir el distribuidor, solo se implementará al sistema con la asistencia electrónica en el mismo.

1.5 DELIMITACIÓN

Se tomará en cuenta la conversión del sistema de encendido, es decir la no modificación en el distribuidor original, pero si la implementación con la asistencia electrónica en el sistema, no se tomará en cuenta otros sistemas eléctricos tales como: la batería, el sistema de alumbrado, sistema de carga, sistema arranque, sistema seguridad, y otros.

El diseño del modulo como asistencia electrónica en el sistema de encendido se podrá implementar en todo tipo y marca de vehículos equipados con sistemas convencionales.



CAPÍTULO II



FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 EL SISTEMA DE ENCENDIDO

El sistema de encendido en los motores de gasolina, es el encargado de hacer saltar una chispa eléctrica en el interior de los cilindros, para provocar la combustión de la mezcla aire-gasolina en el momento oportuno. La encargada de generar una alta tensión para provocar la chispa eléctrica es "la bobina". La bobina es un transformador que convierte la tensión de batería 12 V. en una alta tensión del orden de 12.000 a 15.000 V. Una vez generada esta alta tensión se necesita de un elemento que la distribuya a cada uno de los cilindros en el momento oportuno, teniendo en cuenta que los motores policilindricos trabajan en un ciclo de funcionamiento con un orden de explosiones determinado para cada cilindro.

El elemento que se encarga de distribuir la alta tensión es el "distribuidor o delco". La alta tensión para provocar la chispa eléctrica en el interior de cada uno de los cilindros necesita de un elemento que es "la bujía", hay tantas bujías como número de cilindros tiene el motor.

Los sistemas de encendido se clasifican en sistemas de magneto y sistemas de batería y bobina.

El encendido por magneto suele ser utilizado en motores aeronáuticos mientras que el encendido por batería y bobina es clásico en motores de automóvil, aunque en estos últimos está siendo desplazado por el encendido electrónico.

Aunque el funcionamiento de ambos sistemas es similar en sus principios básicos, la magneto es autosuficiente y requiere solo de las bujías y los cables conductores mientras que el sistema de batería y bobina requiere además otros componentes.

En la mayoría de los motores de los aviones se utiliza el sistema de encendido por magnetos, debido a que:

Este sistema es autónomo, es decir no depende de ninguna fuente externa de energía, tal como el sistema eléctrico (batería, generador...). Esta autonomía posibilita que aunque el sistema eléctrico del avión sufra alguna avería en vuelo, el motor funcione con normalidad pues los magnetos continúan proveyendo la energía necesaria para la ignición.

Los magnetos generan una chispa más caliente a mayores velocidades del motor que la generada por el sistema de batería y bobina de los automóviles.

El sistema de encendido de los motores aeronáuticos se compone de magnetos, bujías, y los cables de conexión entre estos elementos. De forma simplificada el funcionamiento del sistema es como sigue:

Los magnetos generan una corriente eléctrica, la cual es encaminada a las bujías adecuadas a través de los cables de conexión. Como es comprensible, el conjunto funciona de forma sincronizada con los movimientos del cigüeñal para hacer saltar la chispa en el cilindro correspondiente (el que está en la fase de combustión) y en el momento adecuado.

El distribuidor cumple la función de cortar la corriente eléctrica en el sistema de encendido y la hace el distribuidor y además tiene dos funciones: una es hacer la función de un interruptor [switch] de alta velocidad; y la otra es distribuir la corriente que recibe de la bobina, entre las bujías.

En otras palabras el rotor del distribuidor, da vueltas sincronizadas a las vueltas que da el motor de combustión interna. Que si no encuentra chispa en la bobina, no es porque la bobina no sirva; sino porque el distribuidor no está haciendo la función de switch [interruptor].

2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ENCENDIDO CONVENCIONAL:

2.2.1 LLAVE DE CONTACTO

Es el interruptor situado en el cuadro de control del vehículo, que mediante una primera posición, su giro cierra el circuito de encendido, permitiendo el paso de la corriente eléctrica de la batería al circuito primario, y en el siguiente giro, pone en funcionamiento el motor de arranque.

2.2.2 BOBINA DE ENCENDIDO

Es un elemento que da pocos problemas y en caso de que falle se cambia por otra nueva o de segunda mano. La bobina ha evolucionado al igual que los sistemas de encendido, desde las clásicas hasta las bobinas dobles con 4 salidas de alta tensión utilizadas en los sistemas de encendido electrónico estático (DIS).

Dentro del grupo de bobinas clásicas utilizadas en los circuitos de encendido por ruptor, existen variantes dentro de este tipo de bobinas, están las de doble arrollamiento primario, las que intercalan una resistencia exterior con el circuito primario, bobinas con doble arrollamiento secundario (de chispa perdida) y las bobinas de potencia.

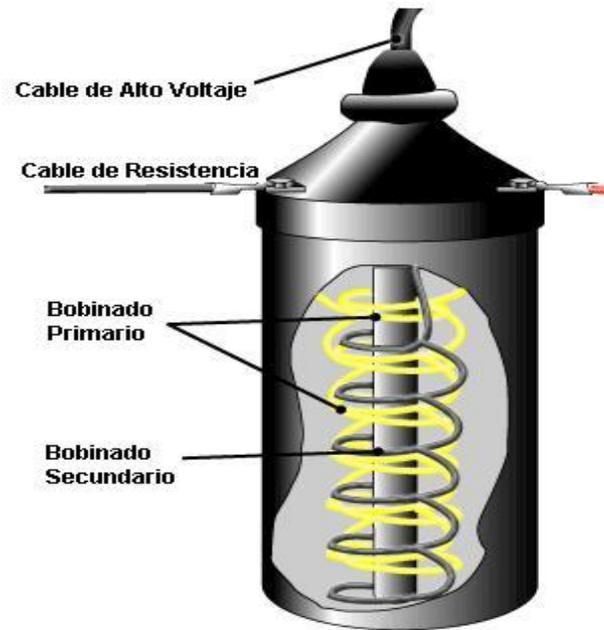


Figura. 2.1 Bobina de encendido

2.2.3 CONDENSADOR

El condensador sirve para absorber la chispa que se produce en los contactos del ruptor en el momento de la apertura, evitando que se quemen.

Otra función importante del condensador es que disminuye considerablemente el tiempo que dura el corte de la corriente eléctrica en la bobina, elevando el voltaje.

El condensador en el circuito de encendido se conecta en paralelo con el ruptor. La capacidad del condensador en los automóviles se expresa en microfaradios.

En el sistema de encendido también es un capacitor electrolítico. Este dispositivo es una pequeña lata metálica que contiene dos tiras de papel metálico delgado separadas por material aislante delgado.

El condensador actúa como un amortiguador eléctrico en el sistema de encendido primario. Cuando los platinos se abren, la corriente primaria trata de seguir fluyendo. Sin el condensador, la corriente seguiría fluyendo por los platinos abiertos. Este arco abriría más lento el colapso del campo magnético y limitaría la energía potencial del encendido secundario.

Sin embargo, un condensador defectuoso puede provocar marcha en vacío deficiente y fallas de encendido que impidan el arranque durante el proceso de encendido.

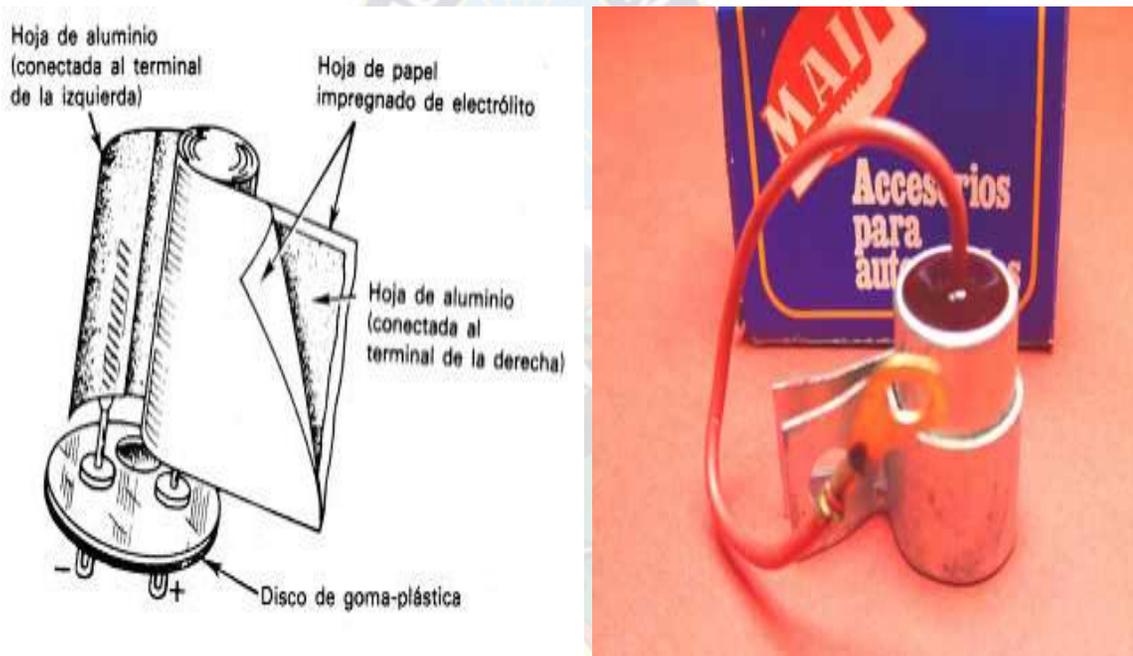


Figura 2.2 Condensador

2.2.4 RUPTOR

El ruptor está compuesto por el yunque, generalmente montado en la chapita portadora que es sujetado por los tornillos dentro del distribuidor y apoyados sobre la levas del eje principal, cuando esta gira su saliente hace oscilar en su pivote y su contacto martillea sobre el yunque.

También llamados platinos o contactos. Es el elemento encargado de interrumpir la corriente en la bobina y provocar el aumento de tensión. Está compuesto por dos contactos, uno móvil, llamado martillo, que recibe la corriente de la bobina y otro, el yunque, por donde hace masa.

La apertura y cierre de los platinos es lo que controla el flujo de corriente a través de la bobina por medio de platino / condensador. Al girar el cigüeñal, impulsa el árbol de levas a través de los engranajes o cadenas.

En todos los sistemas convencionales de contacto de platinos no coinciden exactamente cuando están cerradas, habrá un desgaste desigual y rápido. “Unos platinos bien instalados pueden durar entre 24.000 y 32.000 Km de uso normal. Unos platinos mal ajustados pueden durar menos de 1.600 Km.”¹

Al gastarse los platinos, hay una transferencia de metal de un contacto al otro. Esto provoca que se piquen y haga mal contacto.

Si se utiliza un calibrador de espesor para verificar el claro de unos platinos picados o que no hacen bien contacto, la parada (dwell) puede ser incorrecta.

Anteriormente se sugería que se había que reajustar los platinos bastaba con usar un medidor de parada para realizarlo.

En realidad, se los platinos están bastante picados como para requerir un medidor de parada para el reajuste, están lo bastante picados como para justificar su reemplazo.

¹Ben Watson. Manual de encendido electrónico, Edit. México, 1996 pag.47

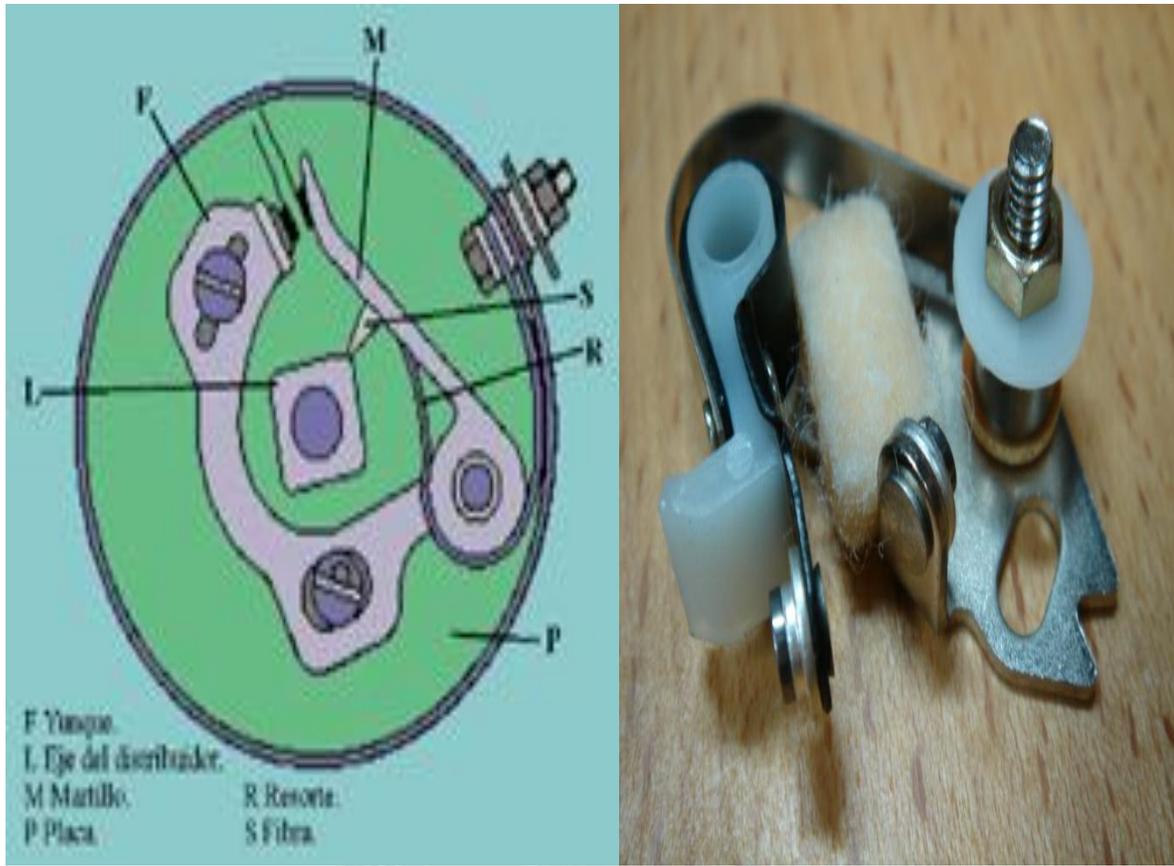


Figura 2.3 Ruptor

2.2.5 DISTRIBUIDOR

El distribuidor también llamado delco ha evolucionado a la vez que lo hacían los sistemas de encendido llegando a desaparecer actualmente en los últimos sistemas de encendido. En los sistemas de encendido por ruptor, es el elemento más complejo y que más funciones cumple, por que además de distribuir la alta tensión como su propio nombre indica, controla el corte de corriente del primario de la bobina por medio del ruptor generándose así la alta tensión. También cumple la misión de adelantar o retrasar el punto de encendido en los cilindros por medio de un "regulador centrífugo" que actúa en función del número de revoluciones del motor y un "regulador de vacío" que actúa combinado con el regulador centrífugo según el motor se encuentre acelerado en mayor o menor medida.

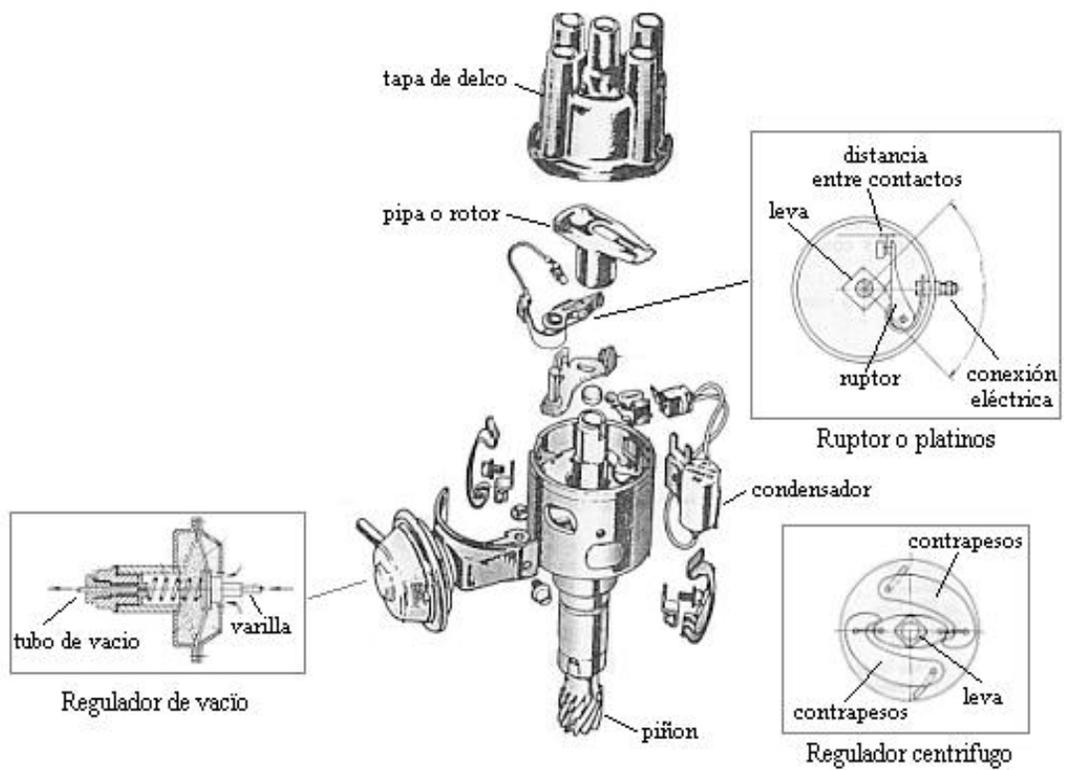
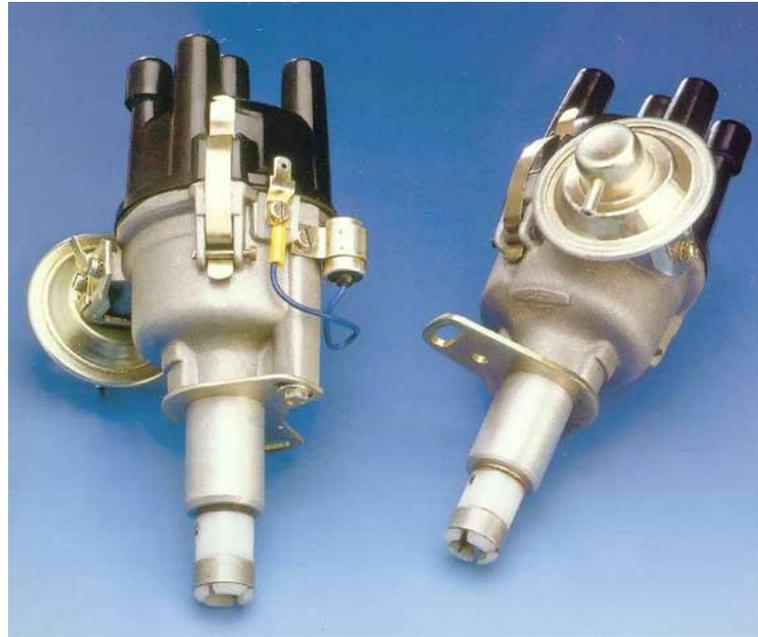


Figura. 2.4 Distribuidor ²

Hay dos tipos de ajuste:

² http://mecanicavirtual.iespana.es/curso_encendido.htm

- Manual. Consiste en dar el avance al encendido correcto al ralentí (puesta a punto del encendido).

- Automático. Constituido por:
 - Avance centrífugo: Formado por unos contrapesos que actúan en función de las revoluciones del motor.

 - Avance por depresión: Formado por una cámara neumática conectada al colector de admisión. Actúa en función del llenado de los cilindros y complementa al avance centrífugo.

2.3 LOS SISTEMAS DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO

El encendido clásico por ruptor se beneficia de la aplicación de la electrónica en el mundo del automóvil, salvando así los inconvenientes del encendido por ruptor que son:

La aparición de fallas de encendido a altas revoluciones del motor así como el desgaste prematuro de los contactos del ruptor, lo que obliga a pasar el vehículo por el taller de mecánica en un corto tiempo es decir a pocos kilómetros (Km). A este tipo de encendido se le llama: "encendido con ayuda electrónica", el ruptor ya no es el encargado de cortar la corriente eléctrica de la bobina, de ello se encarga un transistor (T). El ruptor sólo tiene funciones de mando por lo que ya no obliga a pasar el vehículo por el taller tan frecuentemente, se elimina el condensador, ya no es necesario y los fallos a altas revoluciones mejora hasta cierto punto ya que llega un momento en que los contactos del ruptor rebotan provocando los consabidos fallos de encendido.

“En muchos sistemas de encendido electrónico de los últimos modelos tienen control electrónico de avance de encendido y no requieren mecanismos de avance centrífugo o por vacío. El distribuidor, en muchos sistemas, tiene una

bobina sensible o captadora que es activada por las puntas de la armadura al girar. Cada una de la puntas origina, al pasar, una tensión en la bobina sensible, que manda una señal a la computadora del automóvil para provocar la interrupción de la corriente primaria. Donde el rotor con una serie de obturadores en lugar de la bobina sensible y de la armadura giratoria. Estos obturadores pasan a través de un sensor magnético, lo que produce las señales para la ECU.”³

Una evolución importante del distribuidor o delco vino provocada por la sustitución del "ruptor", elemento mecánico, por un "generador de impulsos" que es un elemento electrónico. Con este tipo de distribuidores se consiguió un sistema de encendido denominado "totalmente electrónico" como se ve en el esquema de la Figura.

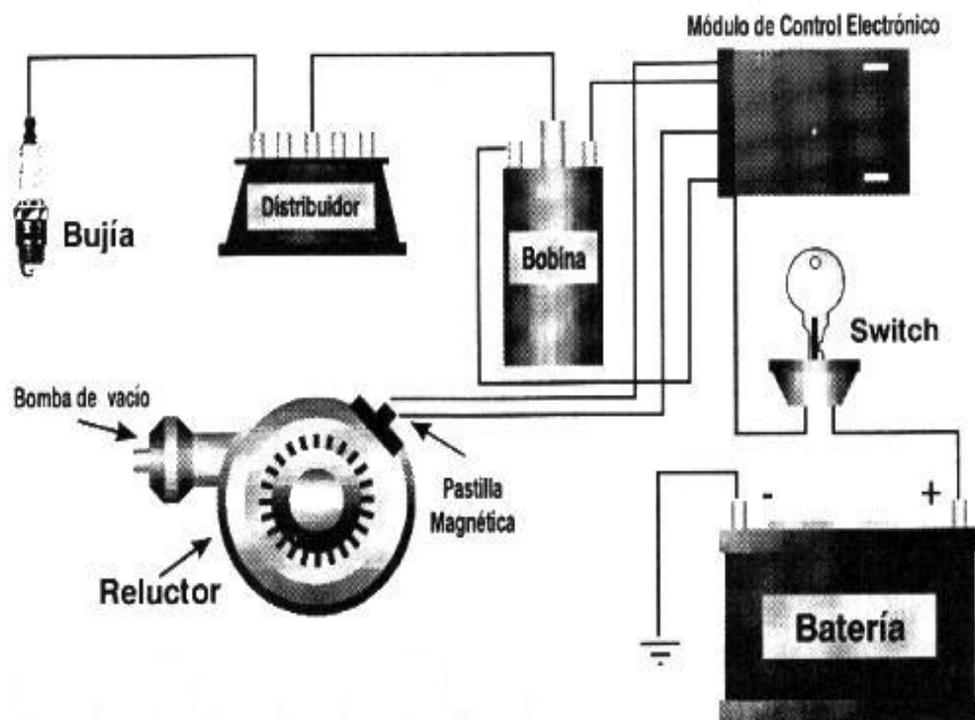


Figura. 2.5 esquema electrónico con unidad de control

³ William H. Crouse. Equipo eléctrico y electrónico del automóvil, Edit. España, 1996 pag.224

El generador de impulsos de inducción: es uno de los más utilizados en los sistemas de encendido.

La instalación del sistema está en la cabeza del distribuidor sustituyendo al ruptor, la señal eléctrica que genera y se envía a la unidad electrónica que gestiona el corte de la corriente del bobinado primario de la bobina para generar la alta tensión que se manda a las bujías.

El generador de impulsos está constituido por una rueda de aspas llamada rotor, de acero magnético, que produce durante su rotación una variación del flujo magnético del imán permanente que induce de esta forma una tensión en la bobina que se hace llegar a la unidad electrónica.

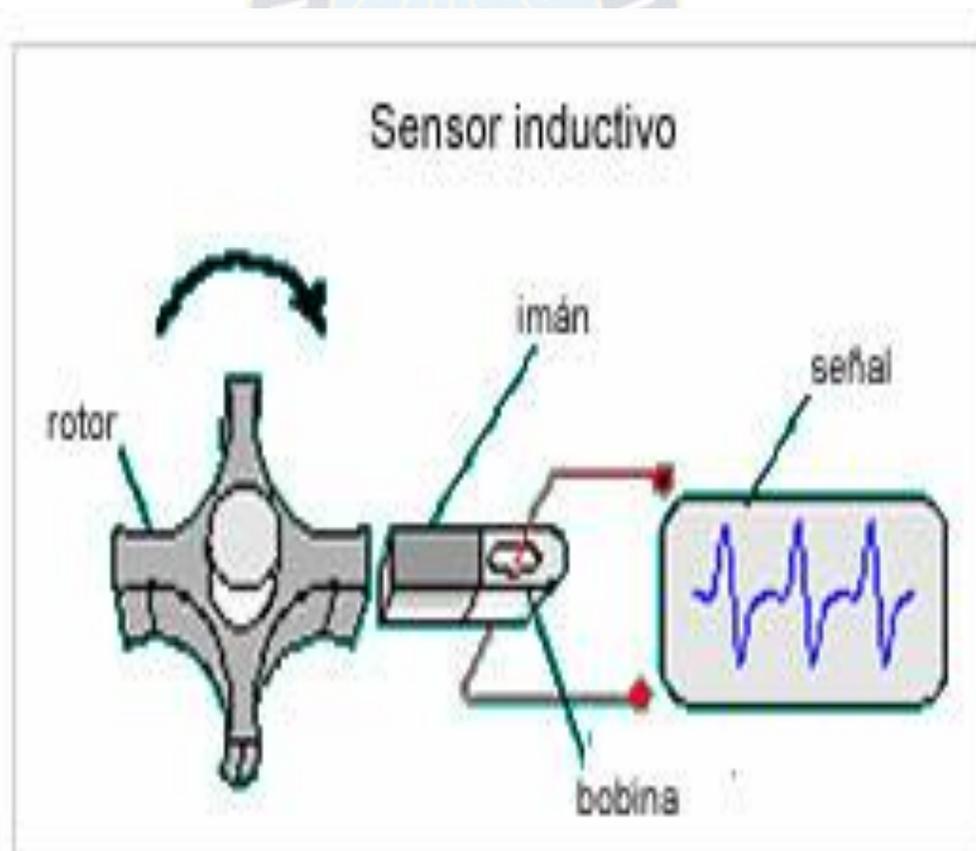


Figura. 2.6 generador de impulso de "efecto hall"

El generador de impulsos de "efecto Hall" se basa en crear una barrera magnética para interrumpirla periódicamente, esto genera una señal eléctrica que se envía a la unidad electrónica de control, la cual determina el punto de encendido.

Este generador está constituido por una parte fija que se compone de un circuito integrado Hall y un imán permanente con piezas conductoras. La parte móvil del generador está formada por un tambor obturador, que tiene una serie de pantallas tantas como cilindros tenga el motor. Cuando una de las pantallas del obturador se sitúa en el entrehierro de la barrera magnética, desvía el campo magnético impidiendo que pase el campo magnético al circuito integrado.

Cuando la pantalla del tambor obturador abandona el entrehierro, el campo magnético es detectado otra vez por el circuito integrado. Justo en este momento tiene lugar el encendido. La anchura de las pantallas determina el tiempo de conducción de la bobina.

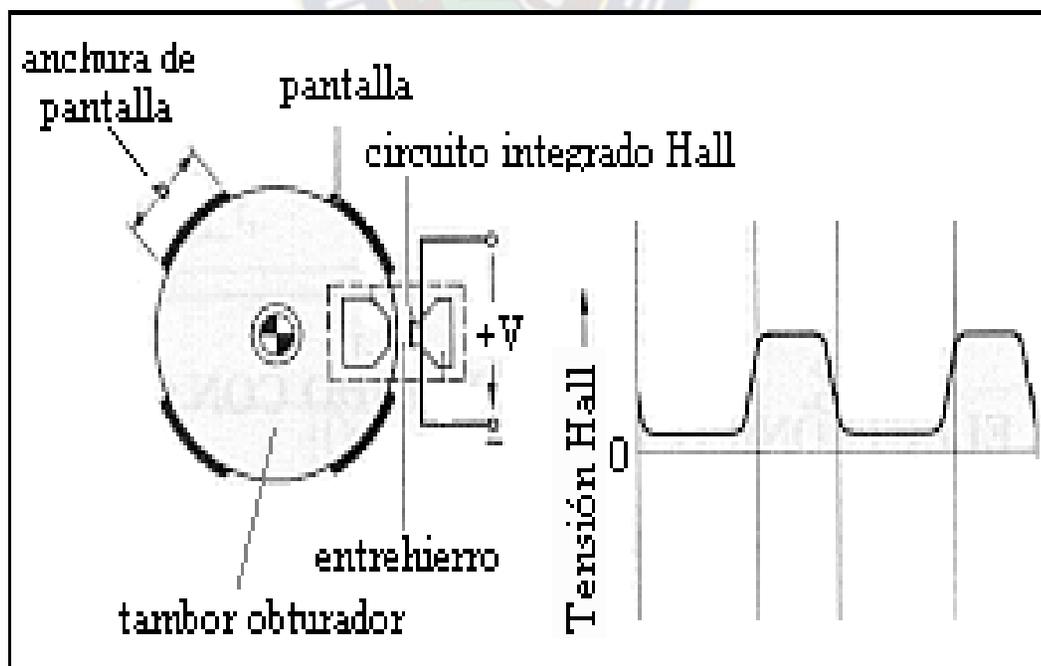


Figura. 2.7 "efecto Hall" y señal eléctrica.

Para distinguir si un distribuidor lleva un generador de impulsos "inductivo" o de "efecto Hall" sólo tendremos que fijarnos en el número de cables que salen del distribuidor a la centralita electrónica. Si lleva sólo dos cables se trata de un distribuidor con generador de impulsos "inductivo", en caso de que lleve tres cables se tratará de un distribuidor con generador de impulsos de "efecto Hall".

Para el buen funcionamiento del generador de impulsos hay que comprobar la distancia entre la parte fija y la parte móvil del generador, que siempre deben mantener la distancia que nos predetermina el fabricante.

Una vez más el distribuidor evoluciona a la vez que se perfecciona el sistema de encendido, esta vez desaparecen los elementos de corrección del avance del punto de encendido ("regulador centrifugo" y "regulador de vacío") y también el generador de impulsos, a los que se sustituye por componentes electrónicos. El distribuidor en este tipo de encendido se limita a distribuir, como su propio nombre indica, la alta tensión procedente de la bobina a cada una de las bujías.

El tipo de sistema de encendido referido se denomina: "encendido electrónico integral" y sus particularidades con respecto a los demás sistemas de encendido son el uso de: Un generador de impulsos del tipo "inductivo", que está constituido por una corona dentada que va acoplada al volante de inercia del motor y un captador magnético frente a ella.

El captador está formado por un imán permanente, alrededor está enrollada una bobina donde se induce una tensión cada vez que pasa un diente de la corona dentada frente a él. Como resultado se detecta la velocidad de rotación del motor.

La corona dentada dispone de un diente, y su correspondiente hueco, más ancho que los demás, situado 90° antes de cada posición p.m.s. Cuando pasa

este diente frente al captador la tensión que se induce es mayor, lo que indica a la centralita electrónica que el pistón llegará al p.m.s. 90° de giro después.

2.4 COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENCENDIDO.

2.4.1 ENCENDIDO CONVENCIONAL

Ofrece un buen funcionamiento para exigencias normales (capaz de generar hasta 20.000 chispas por minuto, es decir puede satisfacer las exigencias de un motor de 4 cilindros hasta 10.000 r.p.m. Para motores de 6 y 8 cilindros ya daría más problemas). La ejecución técnica del ruptor, sometido a grandes cargas por la corriente eléctrica que pasa por el primario de la bobina, constituye un compromiso entre el comportamiento de conmutación a baja velocidad de rotación y el rebote de los contactos a alta velocidad. Derivaciones debidas a la condensación de agua, suciedad, residuos de combustión, etc. disminuyen la tensión disponible en medida muy considerable.

2.4.2 ENCENDIDO CON AYUDA ELECTRÓNICA

Existe una mayor tensión disponible en las bujías, especialmente en los altos regímenes del motor. Utilizando un ruptor de reducido rebote de contactos, puede conseguirse que este sistema trabaje sin perturbaciones hasta 24.000 chispas por minuto. El ruptor no está sometido a grandes cargas de corriente eléctrica por lo que su duración es mucho mayor lo que disminuye el mantenimiento y las averías de este tipo de encendido. Se suprime el condensador.

2.4.3 ENCENDIDO ELECTRÓNICO SIN CONTACTOS

Estos modelos satisfacen exigencias aun mayores. El ruptor se sustituye por un generador de impulsos ("inductivo" o de "efecto Hall") que están exentos de

mantenimiento. El número de chispas es de 30.000. Como consecuencia de la menor impedancia de las bobinas utilizadas, la subida de la alta tensión es mas rápida y, en consecuencia, la tensión de encendido es menos sensible a las derivaciones eléctricas.

2.4.4 ENCENDIDO ELECTRÓNICO INTEGRAL

Al quedar suprimidos los dispositivos mecánicos de los sistemas de corrección de avance del encendido por la aplicación de componentes electrónicos, se obtiene mayor precisión en las curvas de avance, que pueden adaptarse cualquiera que sea su ley, cumpliendo perfectamente con la normativa de anticontaminación. El mantenimiento de estos sistemas de encendido es prácticamente nulo.

2.4.5 ENCENDIDO ELECTRÓNICO PARA INYECCIÓN DE GASOLINA

En los actuales sistemas de inyección electrónica de gasolina se combinan con un encendido electrónico integral aprovechando muchos de los sensores que les son comunes y la propia unidad de control (UCE) para gobernar ambos sistemas.

Dentro de estos sistemas de encendido podemos encontrar los que siguen usando el distribuidor y los que lo suprimen por completo (encendido electrónico estático DIS).

2.4.6 ENCENDIDO POR DESCARGA DE CONDENSADOR

Este sistema que se aplica a motores que funcionan a un alto número de revoluciones por su elevada tensión en las bujías. La subida rápida en extremo de la tensión de encendido hace a la instalación insensible a derivaciones eléctricas. Sin embargo la chispa de encendido es de muy corta duración.

El circuito de encendido utilizado en los motores de gasolina, es el encargado de hacer saltar una chispa eléctrica en el interior de los cilindros, para provocar la combustión de la mezcla aire-gasolina en el momento oportuno. La encargada de generar una alta tensión para provocar la chispa eléctrica es "la bobina".

La bobina es un transformador que convierte la tensión de batería 12 V. en una alta tensión del orden de 12.000 a 15.000. Una vez generada esta alta tensión necesitamos un elemento que la distribuya a cada uno de los cilindros en el momento oportuno, teniendo en cuenta que los motores poli cilíndricos trabajan en un ciclo de funcionamiento con un orden de explosiones determinado para cada cilindro (ejemplo: motor de 4 cilindros orden de encendido: 1-3-4-2). El elemento que se encarga de distribuir la alta tensión es el "distribuidor o delco".

La alta tensión para provocar la chispa eléctrica en el interior de cada uno de los cilindros necesita de un elemento que es "la bujía", hay tantas bujías como número de cilindros tiene el motor.

En los esquemas de las figuras 2.8 y 2.9 se aprecia un "encendido convencional" o también llamado "encendido por ruptor".

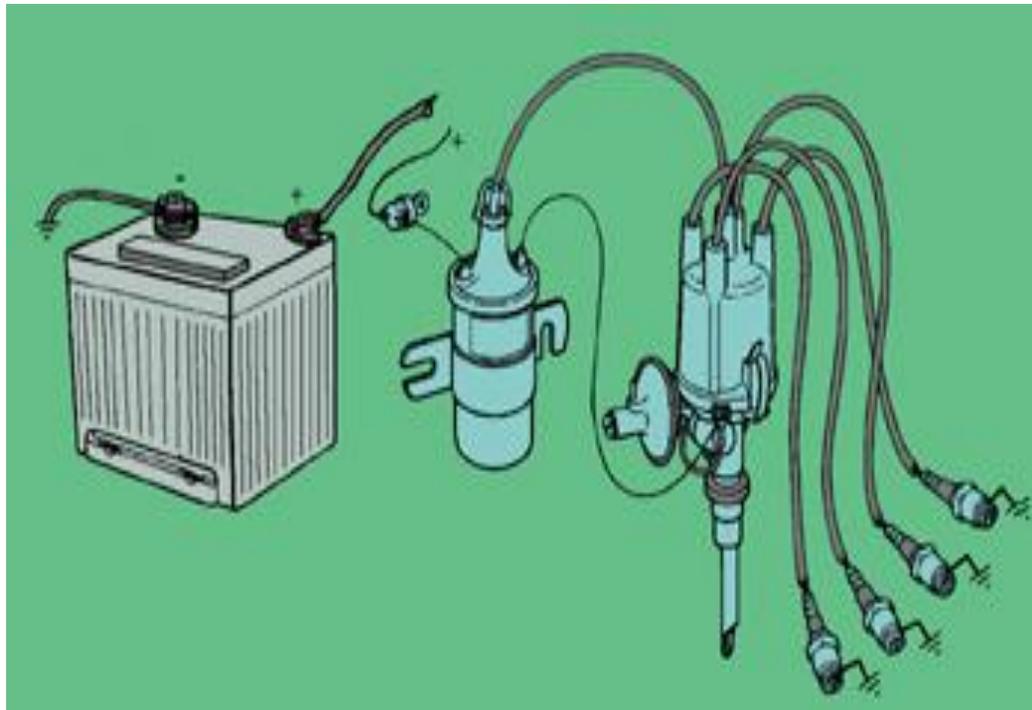


Figura 2.8 Elementos básicos que componen el sistema de encendido

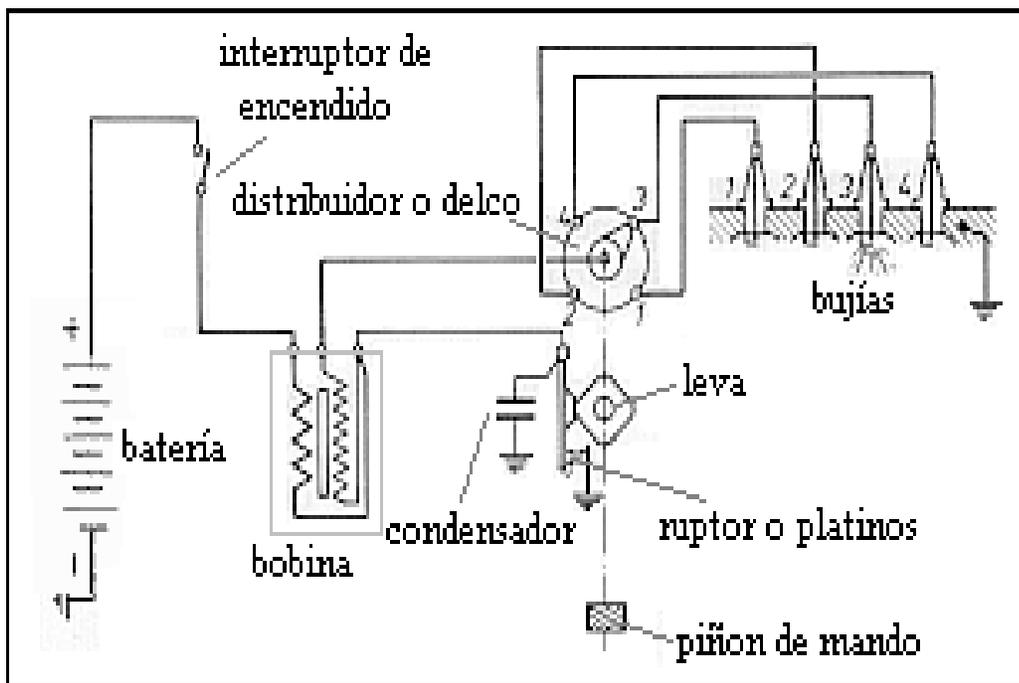


Figura 2.9 Esquema eléctrico del circuito de encendido

CAPÍTULO III



CASO DE ESTUDIO

3. CASO DE ESTUDIO

3.1 ESCENARIO

3.1.1 EL AUTOMÓVIL



Fig.3.1 Fotografía del automóvil a implementarse el proyecto

La Fig. 3.1, muestra una fotografía del vehículo de color rojo de fabricación japonesa TOYOTA MOTOR SALES CO.,LTD tomado como caso de estudio del presente proyecto, el cual presenta las siguientes características técnicas del fabricante.

Marca:	Toyota
Origen:	Japón
Modelo:	Cressida
Año:	1985
Nº Cilindros:	4
Cilindrada:	1808 cc.
Peso:	1120 Kg.

El tipo de encendido característico de este modelo de vehículo es el de un sistema de ruptor mecánico clásico, el cual a cada apertura de las superficies de contacto (platinas), y por medio de la sincronización del distribuidor permite la adecuada distribución de chispa de alto voltaje, requerido en cada uno de los cilindros del motor para el adecuado funcionamiento.

3.2 REQUERIMIENTO PARA EL ENCENDIDO

3.2.1 REDUCCIÓN DE DESGASTE EN SUPERFICIES DE CONTACTO DELRUPTOR (PLATINAS)

Debido al continuo desgaste que sufre la superficie de los contactos del ruptor por la erosión a causa de las chispa eléctricas, se debe garantizar la reducción en la intensidad de chispas que deban circular a través de dichas superficies en el momento de la apertura del ruptor, momento en el cual se induce la correspondiente chispa de alto voltaje al interior de la cámara de combustión.

3.2.2 MEJORA EN LA COMBUSTIÓN

La chispa inducida al interior de la cámara de combustión, deberá tener un incremento en su valor efectivo, lo cual deberá repercutir en la consiguiente

reducción de las pérdidas de potencia al interior de la cámara, pues esta chispa mejorada permitirá una mejor explosión y combustión de la mezcla pulverizada de combustible y aire evitando paralelamente la acumulación de gases nocivos en el sistema.

3.3 PROBLEMA DE DESGASTE MECÁNICO Y COMBUSTIÓN DEFICIENTE

El sistema anteriormente descrito, presenta tres deficiencias de cara a un funcionamiento más óptimo y económico:

- El desgaste mecánico sufrido por el ruptor al soportar chispas de valor elevado, que desgastan sus superficies de contacto a cada apertura, tienen dos repercusiones importantes, la primera relacionada al hecho de que estas chispas generadas en la bornas de contacto o platinas, reducen la efectividad del valor de la chispa inducida al interior de la cámara de combustión, pues parte del valor que el ruptor entrega a la bobina para que esta induzca la chispa explosiva, se pierde en el desgaste de las bornas de contacto quemándolas progresivamente; la segunda relacionada al tiempo de vida que tiene el ruptor, lo cual influye en el cambio a corto plazo de dicha pieza, incidiendo en la economía del usuario.
- Al tener una chispa al interior de la cámara de un valor insuficiente para el completo quemado de la mezcla aire – combustible, se tendrá un rendimiento menor en cada una de las explosiones lo cual repercutirá en el rendimiento total del motor, incidiendo en la pérdida de fuerza traccional del vehículo.

- Al no quemarse completamente la mezcla combustible, se generan gases tóxicos, los cuales salen al exterior del vehículo generando una nube contaminante perjudicial para el medio ambiente, además de generarse depósitos de carbonilla en la cámara perjudicando al salto de la chispa en cuestión.



CAPÍTULO IV



DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 DESARROLLO DEL PROYECTO

Este capítulo, está enfocado hacia el desarrollo del proyecto, partiendo de un análisis de los requerimientos mostrando la metodología de trabajo, el planteamiento y la simulación del circuito necesario, concluyéndose con la implementación y pruebas de dicho circuito en el automóvil.

4.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Los requerimientos del proyecto están en función de las acciones a ejecutarse a lo largo del funcionamiento del sistema de encendido, detallándose a continuación.

- La primera acción, está referida a la inducción de la chispa de alto voltaje en la bujía, la cual será ejecutada por el ruptor o platino, para lo cual se requerirá de un sistema electrónico capaz de minimizar el desgaste en las superficies de contacto de este dispositivo, garantizando una mínima circulación de corriente entre sus bornes de contacto y a su vez, maximizar el voltaje de la chispa entregada a la bujía. Para esta acción se requerirá de un elemento capaz de administrar valores suficientemente altos de corriente necesarios para el encendido, en base a pequeñas corrientes, las cuales serán manejadas por el platino.
- La segunda acción, está relacionada con la mejora en la calidad del encendido, para lo cual el tipo de chispa es determinante, hecho que repercute en el nivel de contaminación generado y la eficiencia en el consumo de combustible. Para esta acción el circuito electrónico a

plantearse, debe garantizar la generación de altos valores de voltaje en la bujía, para tener una quema lo más efectiva de la mezcla combustible.

4.3 PLANTEAMIENTO DEL CIRCUITO

El diagrama de bloques, muestra la estructura del sistema de ignición, el cual tiene la característica de encontrarse a lazo abierto a su vez de indicar diferentes módulos requeridos para el funcionamiento del sistema de encendido con asistencia electrónica.

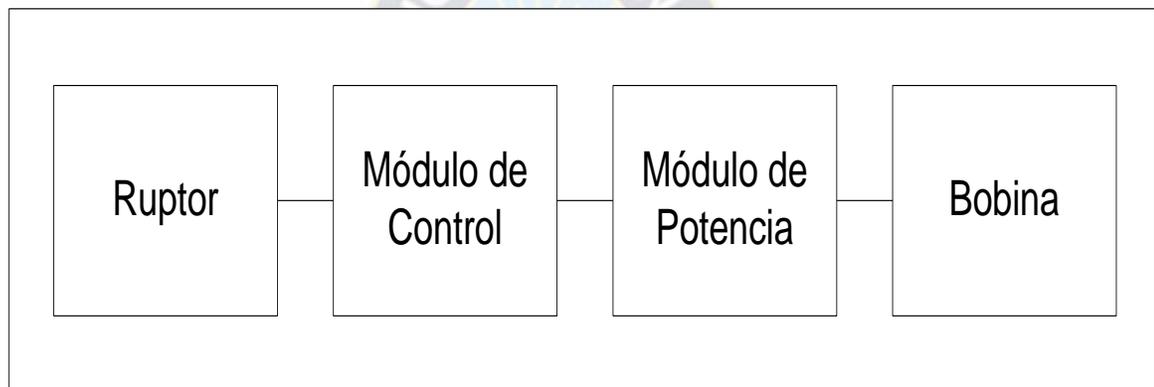


Figura 4.1 Diagrama de bloques del sistema de encendido electrónico

El módulo de potencia, será el encargado de manejar las altas cargas eléctricas que requiere la bobina para generar los voltajes de ignición en la cámara de combustión.

El módulo de control servirá de intermediario entre el ruptor y el módulo de potencia, permitiendo manejar valores mayores de corriente en el módulo de potencia, con base en las pequeñas corrientes que circularan por el ruptor, mostrándose ambos módulos como un circuito amplificador de voltaje.

El circuito planteado es el que se muestra en la figura 4.2, el cual sirve de interfaz de control entre el ruptor o platino y la bobina de inducción de chispa.

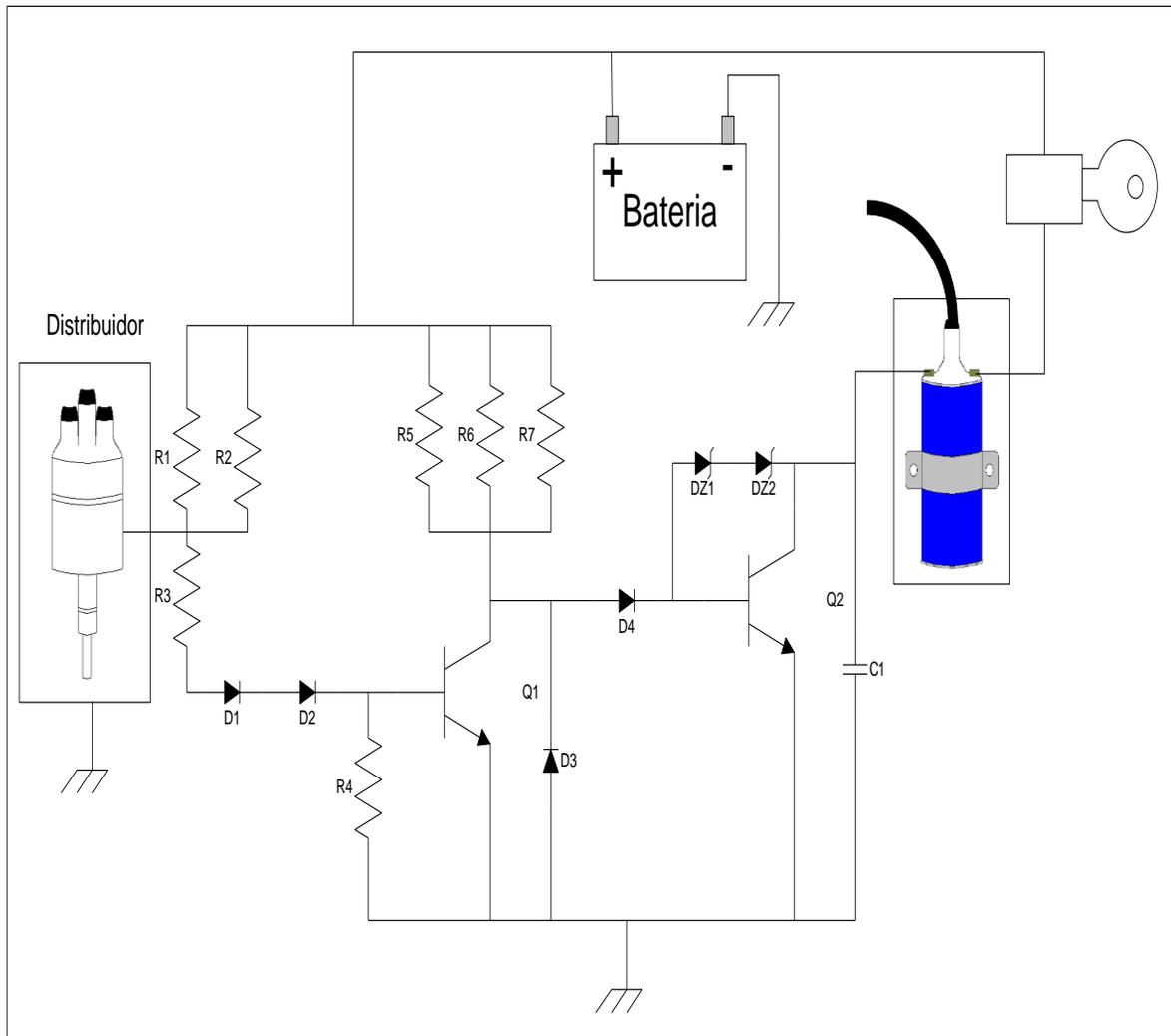


Figura 4.2 Circuito de encendido convencional, con asistencia electrónica

A continuación, se procederá al análisis del circuito, para determinar los parámetros de funcionamiento del sistema de encendido con la asistencia electrónica.

4.4 ANÁLISIS MATEMÁTICO

4.4.1 MÓDULO DE CONTROL

La figura 4.3, muestra la estructura del módulo de control, el cual está comandado por el ruptor o platino.

Dependiendo de la posición que asuma el ruptor, el circuito actúa de dos modos diferentes.

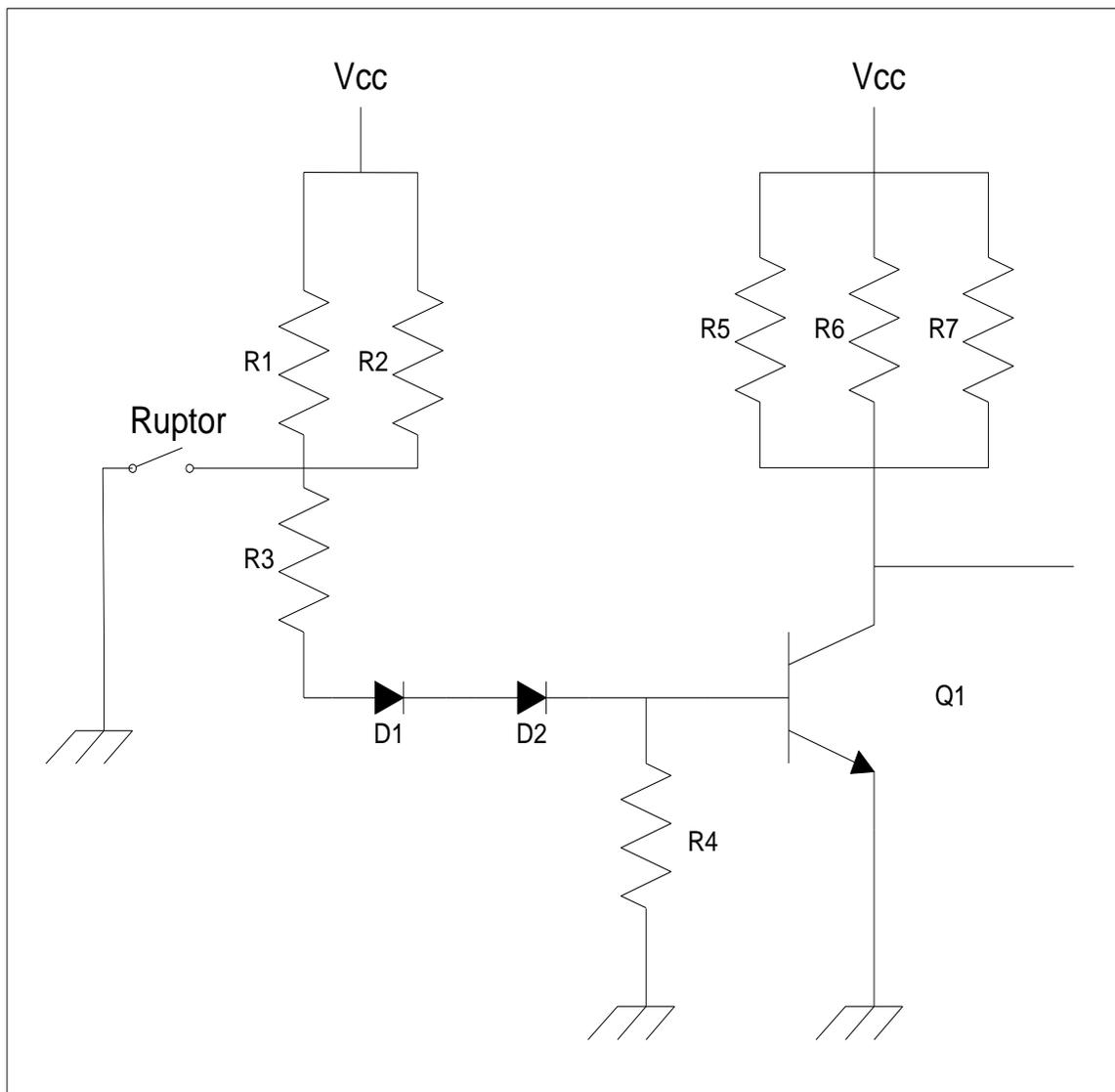


Figura 4.3 Módulo de control

a) Ruptor abierto:

Bajo estas condiciones, el circuito asume la siguiente estructura

(Figura 4.4):

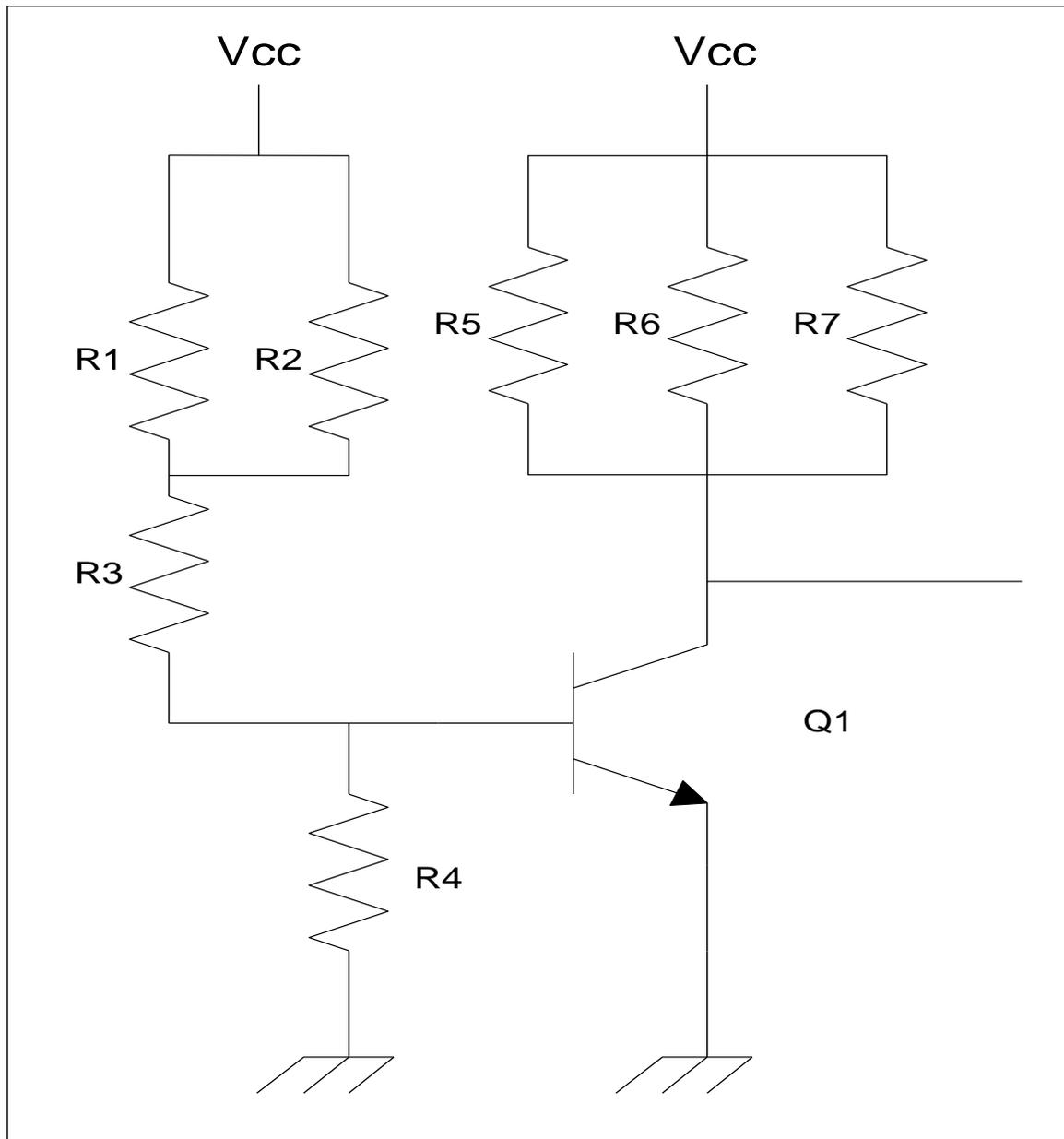


Figura 4.4 Esquema del circuito a ruptor abierto

Para el análisis, se consideran despreciables los valores de resistencia de los diodos.

Aplicando la teoría de circuitos en serie y paralelo se puede reducir la gráfica del siguiente modo (Figura 4.5):

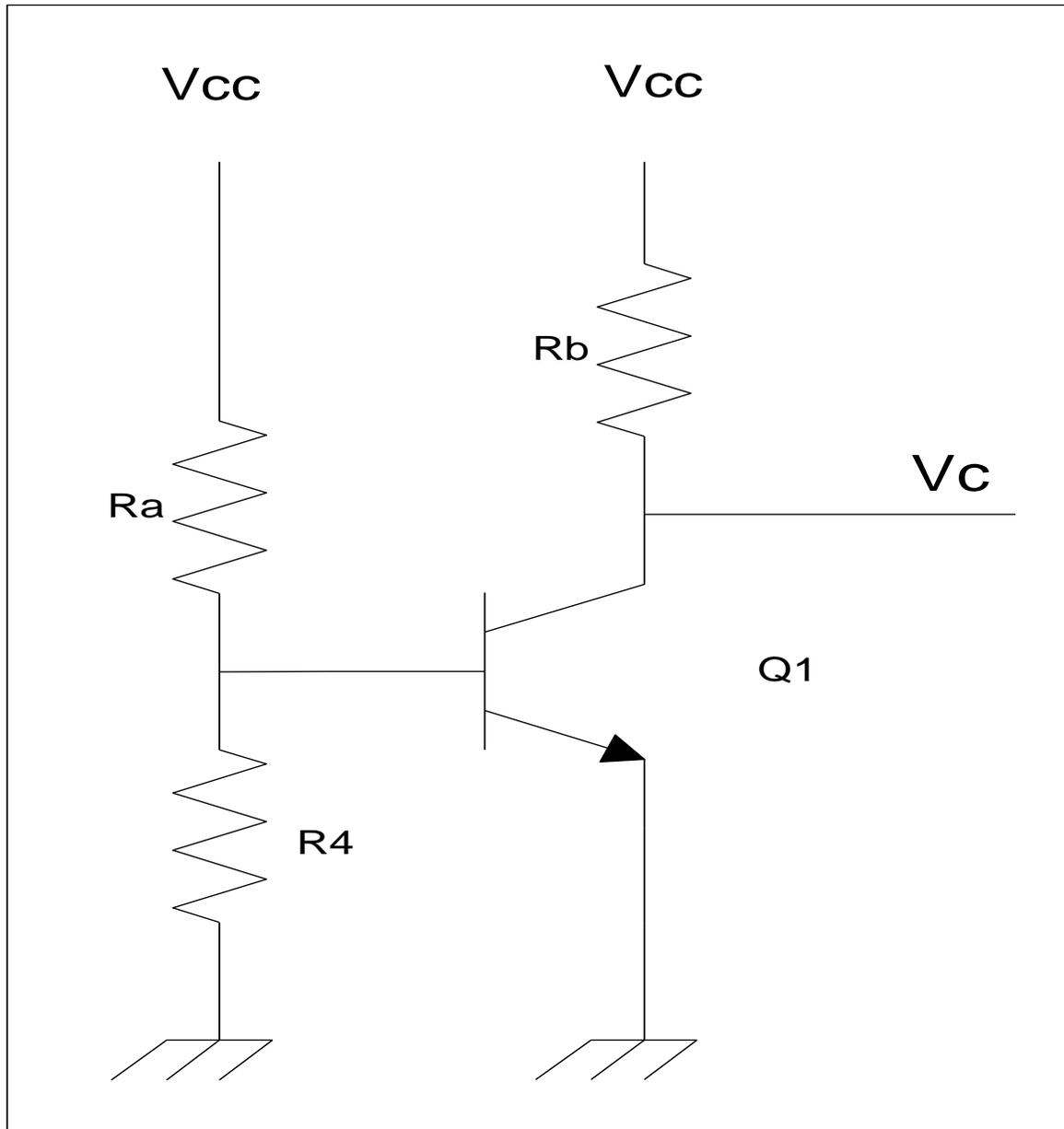


Figura 4.5 Circuito de control simplificado

Donde:

$$Ra = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 \quad (1) \quad \text{y} \quad Rb = \frac{R_5 R_6 R_7}{R_5 R_6 + R_5 R_7 + R_6 R_7} \quad (2)$$

Aplicando teoría de circuitos, la figura 4.5 puede reducirse a la forma final siguiente (Figura 4.6):

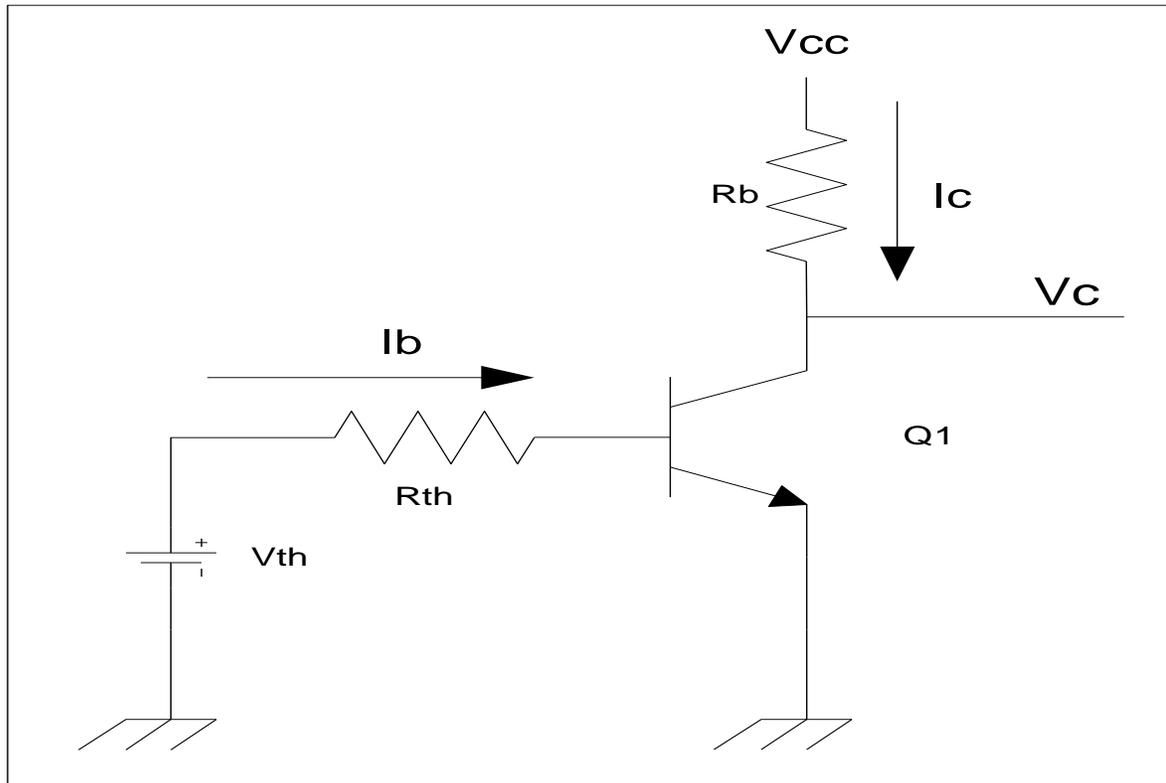


Figura 4.6 Circuito de conmutación con transistor (Saturación)

Donde:

Reemplazando \$R_a\$ en \$V_{th}\$ y \$R_{th}\$

$$V_{th} = \frac{R_4}{R_a + R_4} V_{CC} = \frac{R_1 R_4 + R_2 R_4}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3 + R_1 R_4 + R_2 R_4} \quad (3)$$

y

$$R_{th} = \frac{R_a R_4}{R_a + R_4} = \frac{R_1 R_2 R_4 + R_1 R_3 R_4 + R_2 R_3 R_4}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3 + R_1 R_4 + R_2 R_4} \quad (4)$$

\$V_{th}\$ = Se denomina voltaje equivalente de Thevenin.

\$R_{th}\$ = Se denomina resistencia equivalente de Thevenin.

b) Ruptor cerrado

Bajo estas condiciones, el circuito asume la siguiente estructura (Figura 4.7):

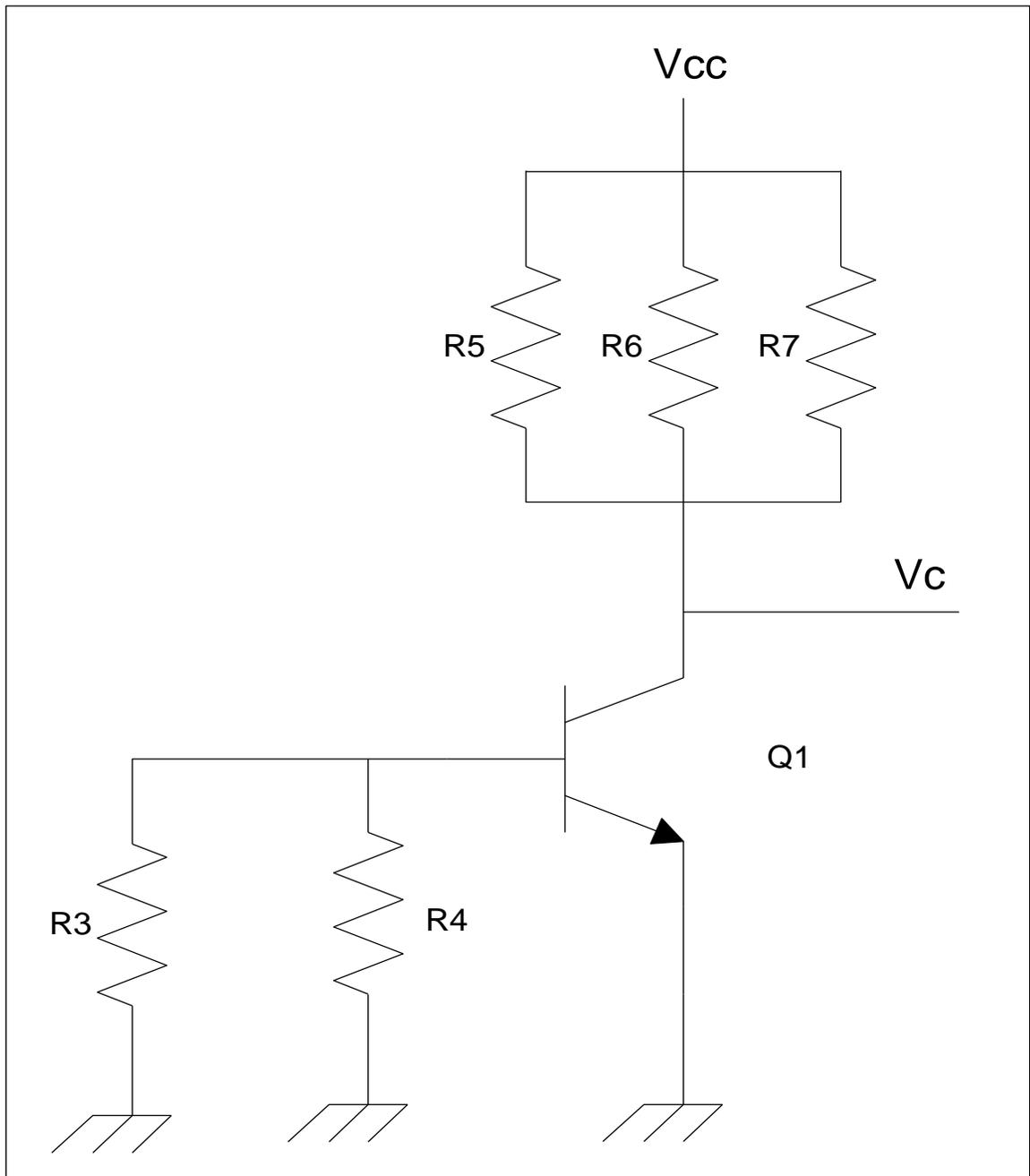


Figura 4.7 Esquema del circuito a ruptor cerrado

Aplicando teoría de circuitos, la gráfica puede reducirse a la forma final siguiente (Figura 4.8):

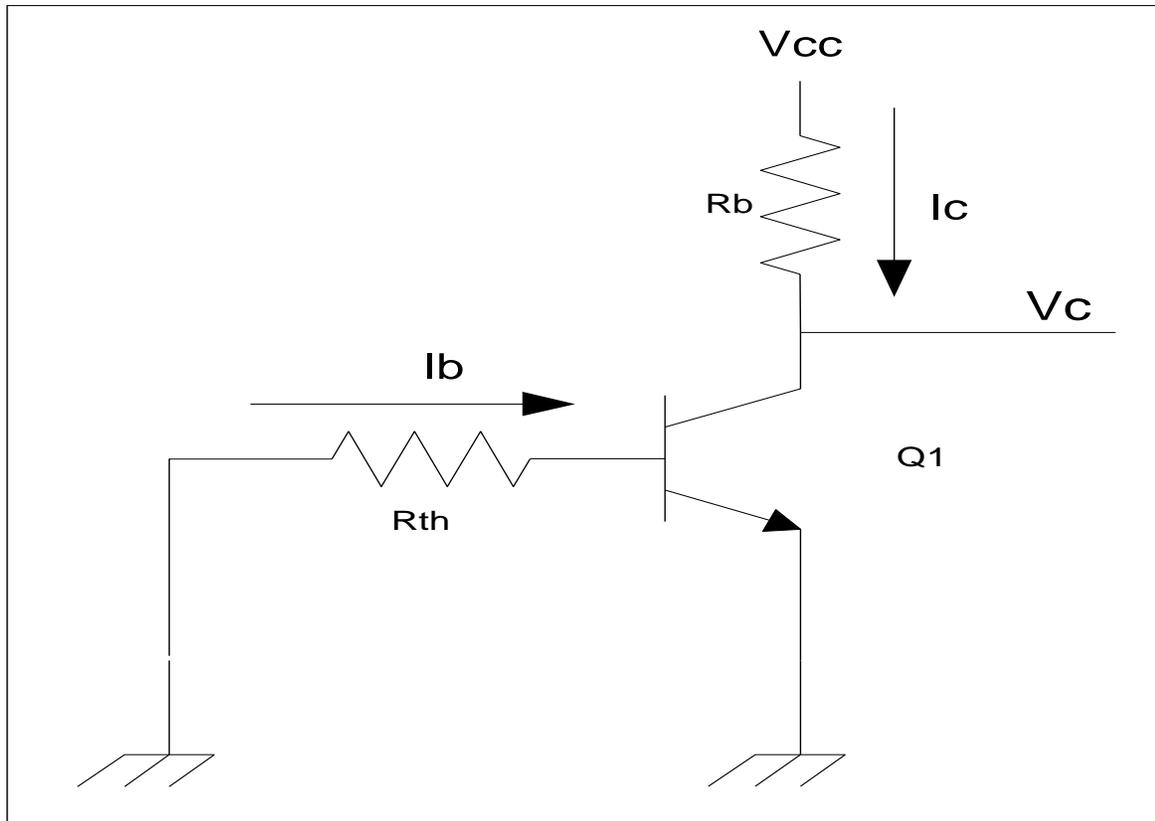


Figura 4.8 Circuito de conmutación con transistor (Corte)

Donde:

$$V_{th} = 0 \quad (5)$$

y

$$R_{th} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \quad (6)$$

Las figuras 4.6 y 4.8, muestran la estructura circuital de una red de conmutación con transistor, la primera en un estado de saturación y la segunda en un estado de corte, estados los cuales son comandados por el ruptor en cada caso.

Para determinar numéricamente los valores de corrientes y voltajes en el circuito, se detallara la lista de componentes con los que consta dicho circuito (Ver anexo 3).

Cabe hacer notar que los valores asumidos (anexo 3), son resultado del proceso de diseño de circuitos electrónicos basados en criterios de diseño propios del área de la Ingeniería en Electrónica, por lo cual el detallar dicho proceso, excede el objetivo del presente proyecto.

Procediendo a analizar las corrientes de activación del módulo de potencia tenemos la siguiente ecuación aplicable a una red de conmutación con transistor, analizado como un amplificador de corriente:

$$I_C = \beta * I_B \quad (7)$$

Donde:

I_C = Corriente de colector.

β = Factor de amplificación de corriente del transistor Q_1 (anexos \rightarrow hfe).

I_B = Corriente de base del transistor.

La variable I_C , es el valor de corriente que el módulo de control entrega al módulo de potencia, para que este a su vez, vuelva a amplificarla y así tener la corriente necesaria que la bobina requiere para la generación de la chispa en la bujía.

Para determinar I_B , se aplica la siguiente relación, de la figura 4.6

$$I_B = \frac{V_{Th}}{R_{Th}} \quad (8)$$

Al reemplazar las ecuaciones (3) y (4) en (8), y luego de reducirla a su mínima expresión se obtiene que:

$$I_B = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_1 + R_2}$$

Reemplazando valores numéricos:

$$I_B = 3,17 \text{ m[A]}$$

Siendo $\beta = 75$ (ver hoja técnica en anexos), el valor de la corriente de colector que se entrega al módulo de potencia es:

$$I_C = 238 \text{ m[A]}$$

Valor el cual, garantiza que el módulo de control dentro del cual se encuentra el raptor, maneje valores de corriente muy pequeños, comparados con los valores de corriente que el raptor por si solo manejaba en un automóvil estándar, originándose los perjudiciales arcos en las superficies de contacto del raptor.

Para calcular la corriente que circula por el raptor consideramos que, cuando el raptor está cerrado, R3 es enviada a tierra (Figura 4.7), así como el paralelo de las resistencias R1 y R2, por lo que aplicando la ley de Ohm, la corriente que circulará por el raptor será.

$$I_R = \frac{V_{cc}}{R1 // R2} \quad (9)$$

Donde:

I_R = Corriente de ruptor.

Reemplazando los valores:

$$I_R = 72.72 \text{ m[A]} \quad (10)$$

Lo cual nos determina una corriente muy baja, la cual circulará por el ruptor eliminando el desgaste en su superficie, a diferencia de los 4 a 5 [A], los cuales circulan por el tradicional sistema de encendido a ruptor solamente, con la consiguiente erosión de los platinos.

4.4.2 MÓDULO DE POTENCIA

El módulo de potencia está determinado por un transistor de potencia en configuración interna Darlington, diseñado especialmente para aplicaciones de ignición de automóviles. (Ver hoja técnica adjunta – Anexos).

Para lo cual la única consideración hecha es, la de la adición de los correspondientes diodos Zener de protección, para enclavar el transistor a un valor de voltaje de funcionamiento, y así protegerlo de posible sobre-voltaje por inducción de la bobina, lo cual dañaría al componente.

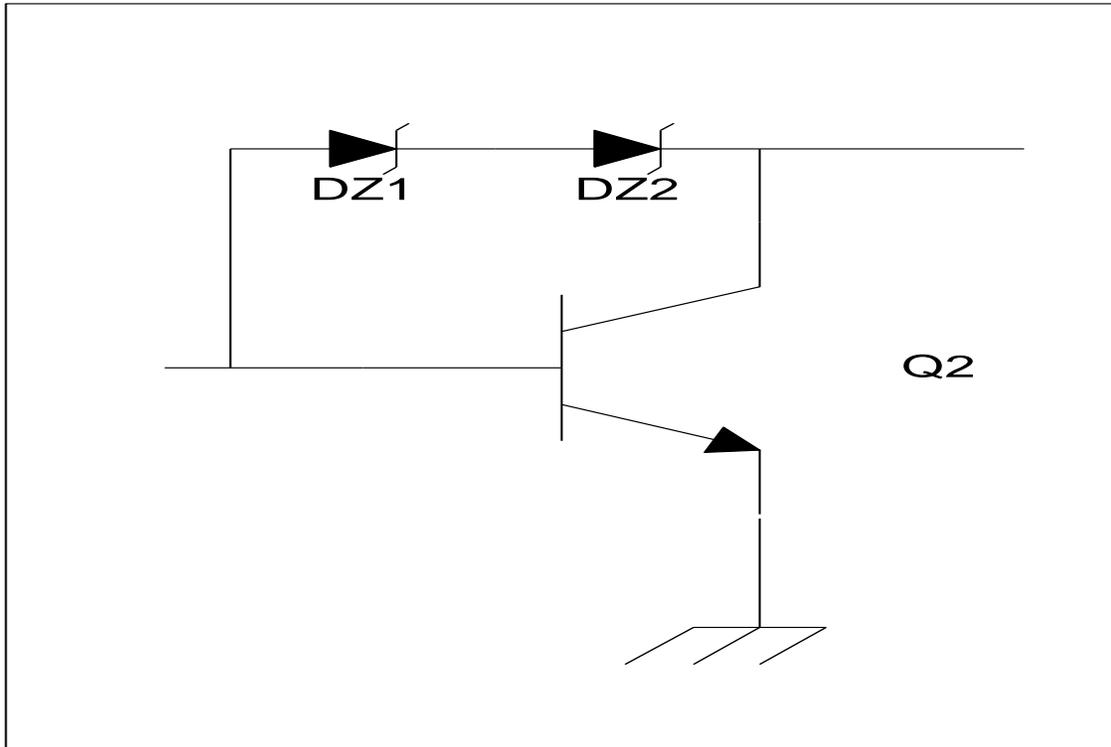


Figura 4.9. Circuito de potencia

4.5 MODELO DE SIMULACIÓN

Este apartado gráfico la simulación del sistema de ignición con asistencia electrónica, realizado con un software de simulación de circuitos, para el efecto se consideró valores ideales de los componentes en la simulación.

4.5.1 ETAPA DE CONTROL

La Figura 4.10, muestra el valor obtenido para la corriente de activación del módulo de potencia siendo este valor de 229 m[A], muy similar al obtenido en la ecuación (9), mostrándonos que este valor es aun bastante pequeño, como para que el raptor pudiese manejarlo con pequeños desgastes en los platinos, sin necesidad del módulo de control.

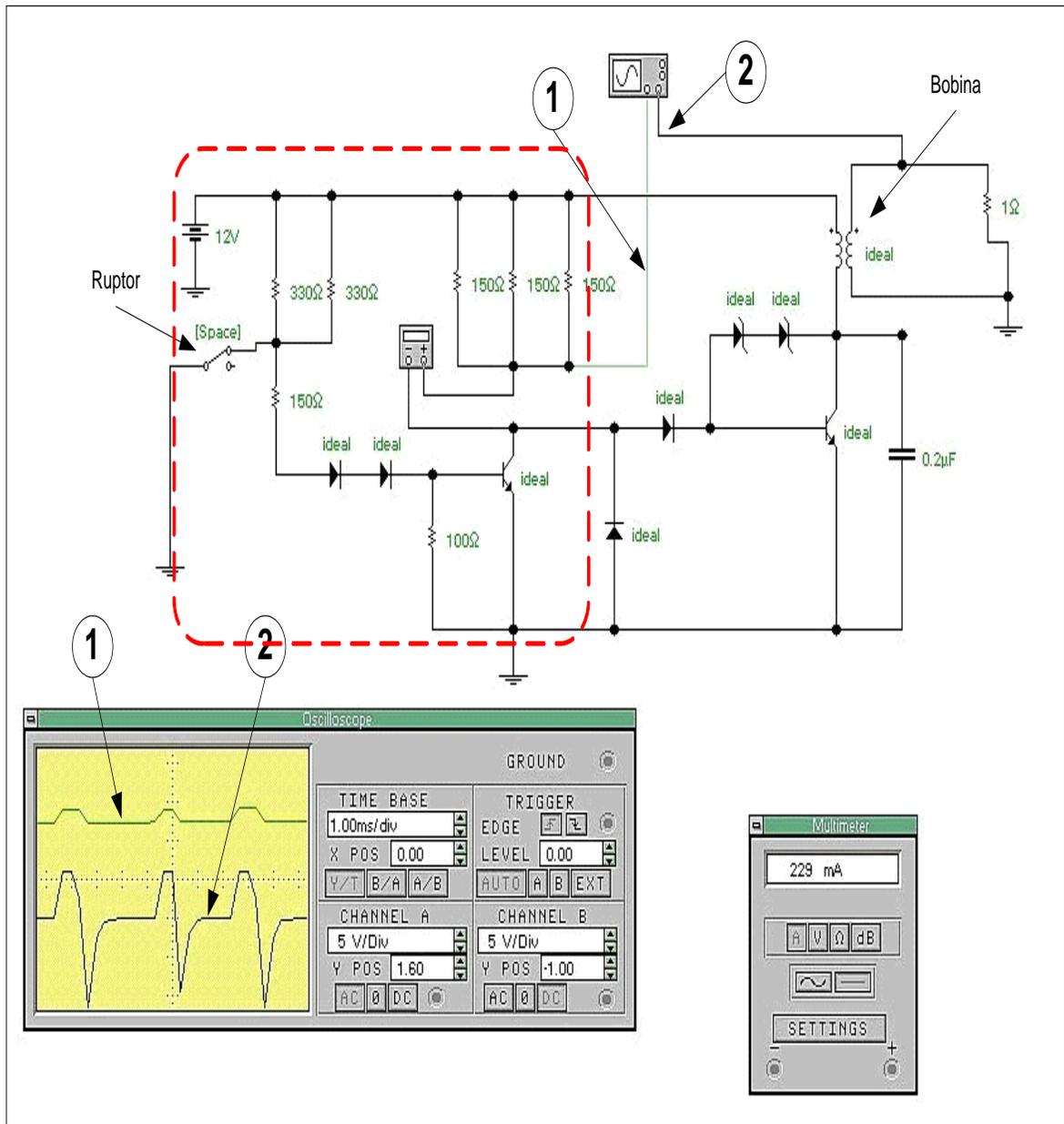


Figura 4.10 Etapa de control

4.5.2 ETAPA DE POTENCIA

La figura 4.11, muestra el valor de corriente que manejará el transistor de potencia, el cual ronda los 10 [A], estando al límite de la capacidad normalizada descrita en la hoja técnica, la cual puede ser ampliada con la utilización del adecuado disipador de calor para el transistor.

La señal 1 del osciloscopio, muestra el tren de pulsos originado por la apertura y cierre del raptor.

La señal 2, muestra como los pulsos originados por el raptor son amplificados grandemente a la salida del módulo de potencia, lo cual muestra el beneficio proporcionado al raptor al implementarse el circuito (cabe hacer notar que el valor de amplificación de voltaje en la simulación tiene solamente un factor de 3, debido a que el factor de amplificación real, no sería posible verlo en el osciloscopio, ya posee altos valores de voltaje).

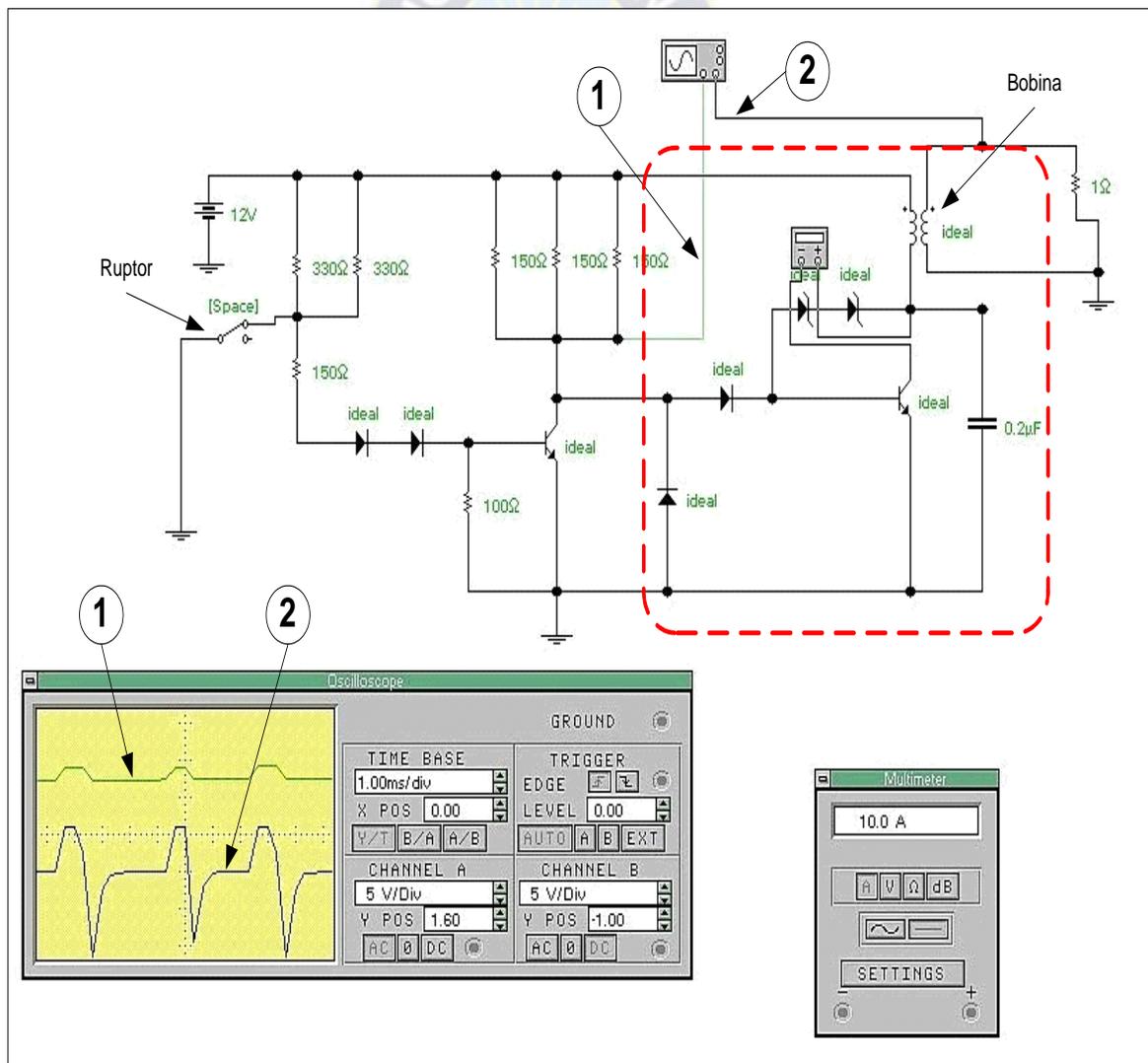


Figura 4.11 Etapa de potencia

La figura 4.12, nos muestra la corriente que circula por el ruptor siendo esta de 72.7 m[A], bastante baja lo cual garantiza la eliminación del desgaste de los platinos por erosión de los arcos de alto voltaje, confirmando la estimación encontrada en los cálculos previos dada en la ecuación (10).

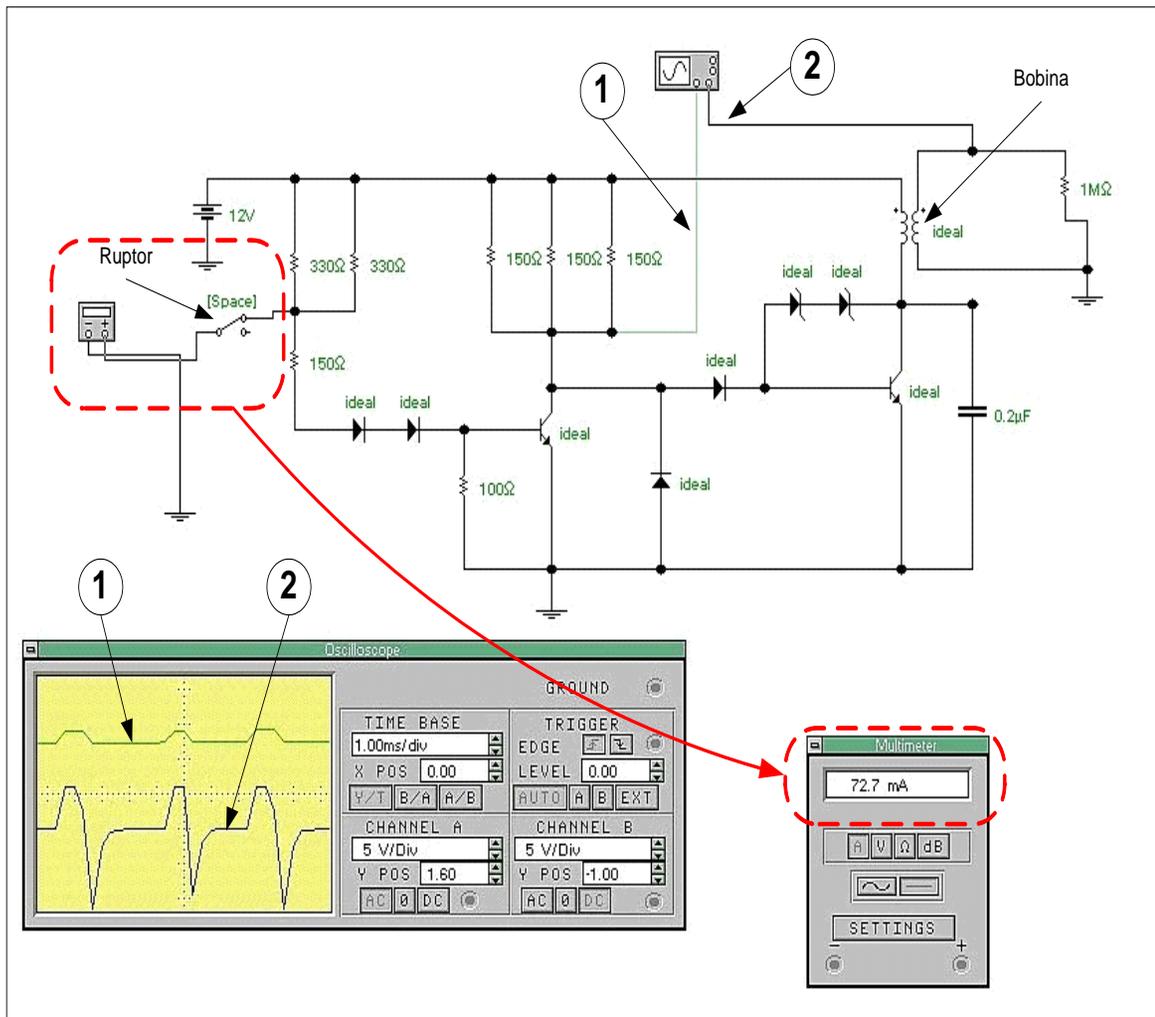


Figura 4.12 Corriente de ruptor

4.6 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Para la implementación del proyecto, se procedió a realizar inicialmente, un prototipo del circuito electrónico, con el fin de ejecutar en una primera instancia, una fase de prueba de funcionamiento, en el vehículo.

El prototipo fue implementado en una plataforma de prueba (protoboard) (Figura 4.13), la cual facilita el reemplazo fácil de piezas en caso de algún posible daño en el circuito.

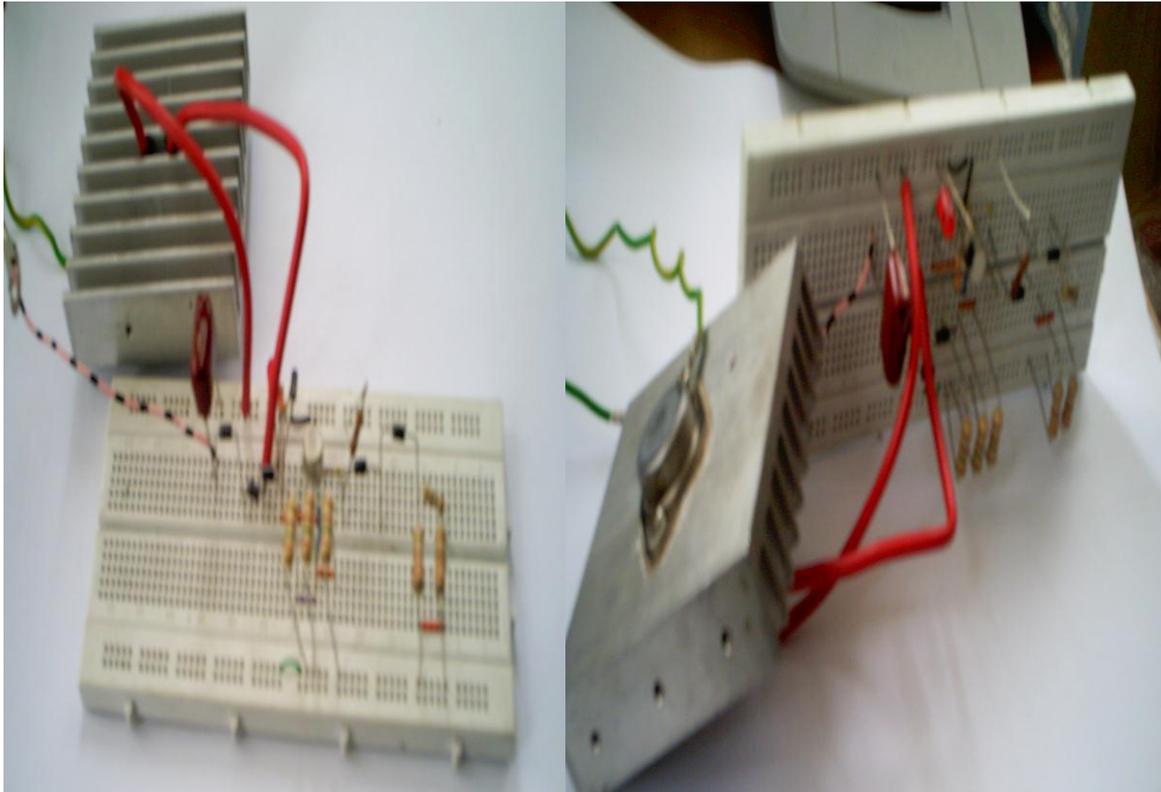


Figura 4.13 Implementación de prototipo

De este modo, se procedió a la verificación de encendido del motor y la respuesta del circuito al régimen de ralentí y régimen normal de funcionamiento, no verificándose ningún conflicto en la respuesta del motor.

Posteriormente una vez verificada satisfactoriamente la compatibilidad del circuito al sistema de encendido del vehículo, se procedió a implementarlo en forma definitiva, para lo cual una vez estructurado adecuadamente a las exigencia mecánicas al interior del vehículo, fue montado en este para realizarse las pruebas finales correspondientes (Figura 4.14).



Figura 4.14 Módulo e Implementación definitiva del circuito

4.7 PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

Las pruebas y mediciones ejecutadas, fueron realizadas en tres modalidades diferentes:

- 1) Con bobina estándar y condensador, sin asistencia electrónica propuesta (modo de funcionamiento común).
- 2) Con bobina estándar sin condensador, con asistencia electrónica propuesta (adaptación del proyecto).
- 3) Con bobina seca electrónica, con asistencia electrónica propuesta

Modalidad 1: (Modo de funcionamiento común)

Las mediciones realizadas en esta modalidad, son necesarias para tener un punto de referencia, en base a las cuales se realizarán las comparaciones con las medidas obtenidas una vez implementado el circuito de asistencia electrónica y verificar las posibles mejoras a obtenerse con esta propuesta.

Se procedió a verificar los porcentajes de pérdida en el rendimiento de cada cilindro, así como el valor de voltaje entregado en las bujías. La tabla 4.2, así como las gráficas muestran los datos obtenidos.

# de Cilindro	Porcentaje de pérdida ₁ : PP ₁ (%)
Cilindro 1	11.8
Cilindro 2	11.5
Cilindro 3	11.1
Cilindro 4	13.1

Tabla 4.2 Porcentajes de pérdida en cada cilindro (sistema de encendido sin asistencia electrónica)

El valor de voltaje que la bobina entrega a las bujías en estas condiciones es de 8200 Voltios aprox. (Figura 4.16). Las mediciones fueron realizadas en ralentí con un régimen promedio de 691 r.p.m..



Figura 4.15 Mediciones de los rendimientos de cada cilindro (sistema de encendido sin asistencia electrónica)



Figura 4.16 Voltaje en las bujías (sistema de encendido sin asistencia electrónica)

Modalidad 2: (Modo de funcionamiento con asistencia electrónica)

Se procedió a eliminar el condensador del distribuidor y acoplar el circuito electrónico para la asistencia en el encendido.

Al igual que en la modalidad anterior, se procedió a verificar los porcentajes de pérdida en el rendimiento de cada cilindro, así como el valor de voltaje entregado en las bujías. La tabla 4.3, así como las gráficas muestran los datos obtenidos.

# de Cilindro	Porcentaje de pérdida ₂ : PP ₂ (%)	$\Delta PP\% = PP_2 - PP_1$
Cilindro 1	8.7	- 3.1%
Cilindro 2	10.1	- 1.4%
Cilindro 3	8.7	- 2.4%
Cilindro 4	8.7	- 4.4%

Tabla 4.3 Porcentajes de pérdida en cada cilindro (sistema de encendido con asistencia electrónica).

El valor de voltaje que la bobina entrega a las bujías en estas condiciones es de 8900 Voltios aprox. (Figura 4.18), lo cual muestra que la asistencia electrónica permitió una elevación en el valor de la chispa de 700 voltios, utilizando la misma bobina del sistema de encendido tradicional.

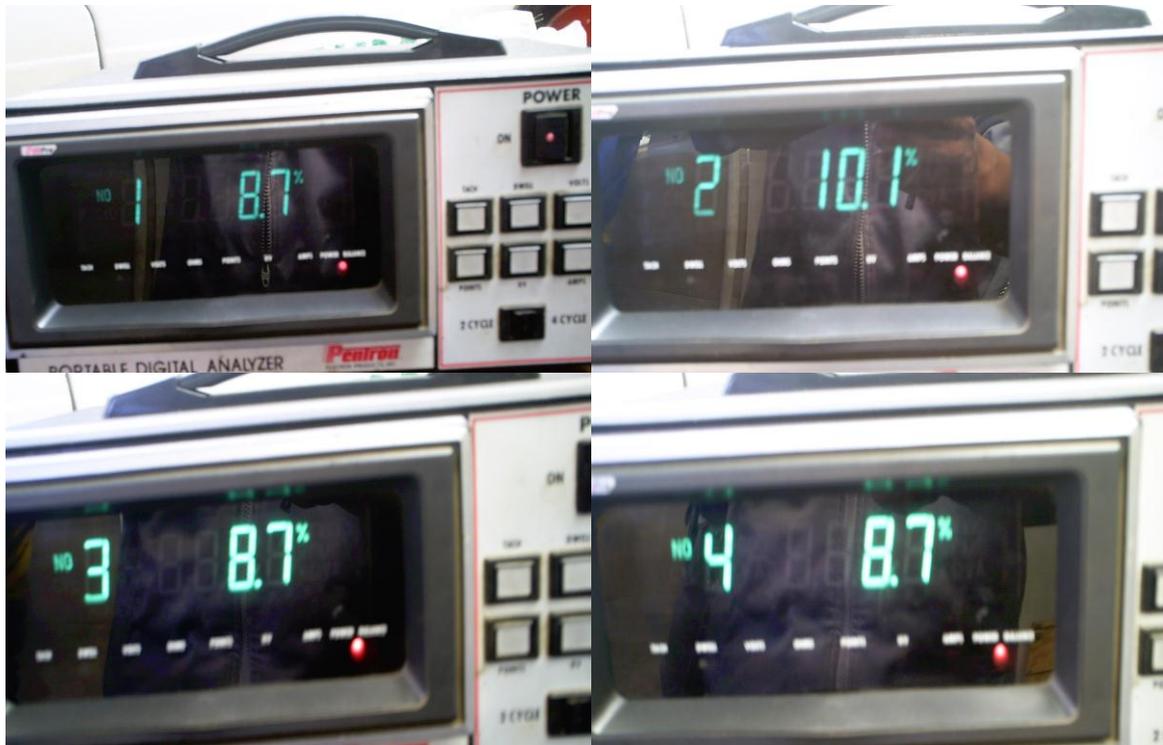


Figura 4.17 Mediciones de los rendimientos de cada cilindro (sistema de encendido con asistencia electrónica)



Figura 4.18 Voltaje en las bujías (sistema de encendido con asistencia electrónica)

La tabla 4.4 y la Figura 4.17, muestran los valores en porcentaje de pérdida, así como la reducción en dichos porcentajes de cada cilindro, mostrando con esto que el sistema electrónico, tiende a mejorar el rendimiento de cada cilindro, utilizando la misma bobina con la cual se encontraba funcionando originalmente, esto indica que la combustión de los gases comprimidos en cada cilindro, es más completa ya que la chispa inducida en cada bujía es de mejor calidad y valor como se constato anteriormente.

Modalidad 3: (Modo de funcionamiento con Bobina seca y asistencia electrónica)

Esta modalidad, se la realizó con el fin de probar, si era posible adaptar una bobina seca, de las utilizadas en sistemas de encendido totalmente electrónico y salto de chispa comandado por rotor magnético, a un automóvil con salto de chispa basado en ruptor mecánico.

Para evitar las pérdidas que se originan en el ruptor acoplado a una bobina de estas características, se procedió a implementar el módulo electrónico planteado en el proyecto, para evaluar principalmente el rendimiento que se tendría en el motor.

Para este fin se realizaron las mediciones de los porcentajes de pérdida en cada cilindro, encontrándose los siguientes valores detallados en la Tabla 4.4

# de Cilindro	Porcentaje de perdida (%)
Cilindro 1	0.0
Cilindro 2	0.0
Cilindro 3	0.0
Cilindro 4	0.0

Tabla 4.4 Porcentajes de pérdida en cada cilindro (sistema de encendido con bobina seca y asistencia electrónica)

La tabla 4.5, muestra que los porcentajes de pérdida, utilizando una bobina seca, comandada por el sistema electrónico diseñado y asistido por el ruptor, son nulos, mostrándonos un alto rendimiento en cada explosión, induciéndose con esto a una combustión altamente efectiva reduciéndose en alto grado los residuos de combustible no quemados.

En esta prueba, se pudo constatar la exigencia que la bobina seca tuvo para con el circuito diseñado, ya que este tuvo tendencia a calentarse bastante a diferencia de su uso con una bobina de bajo voltaje, esto mostró que para aplicar el circuito planteado de forma práctica con una bobina seca, es necesario redimensionar los componentes electrónicos, a unos que puedan tolerar las corrientes exigidas por la bobina seca en cuestión, siendo que la aplicación del diseño planteado fue enfocada inicialmente a su uso con una bobina estándar. (Figura 4.18 y 4.19).



Figura 4.19 Mediciones de los rendimientos de cada cilindro (sistema de encendido con bobina seca y asistencia electrónica)



Figura 4.20 Bobina seca implementada en la prueba

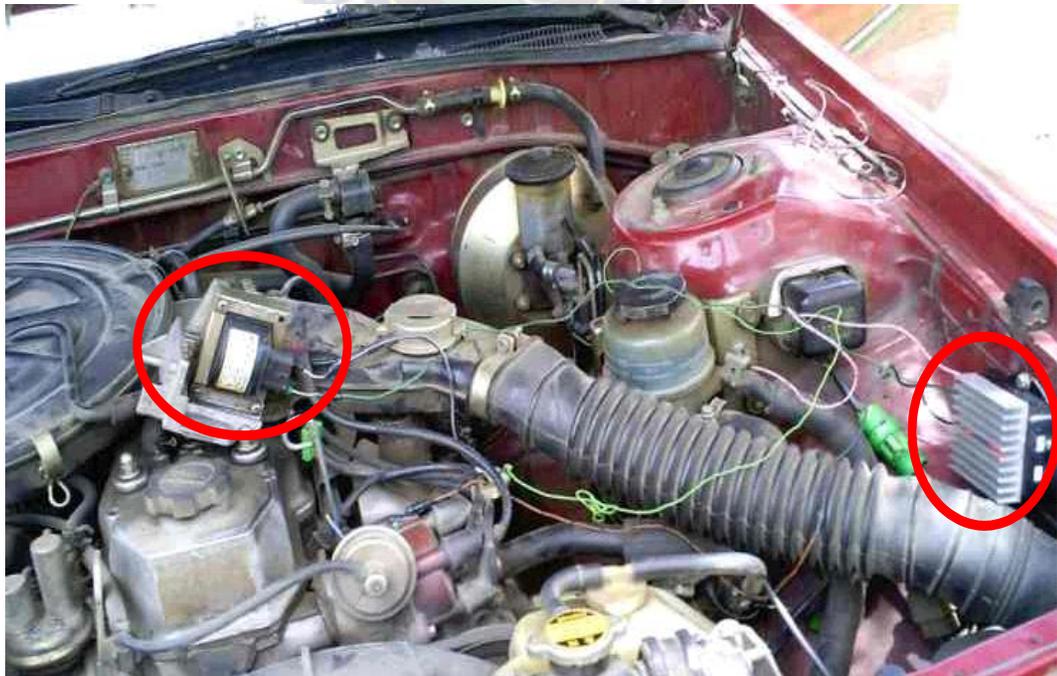


Figura 4.21 Puesta en marcha del motor con la bobina seca y el módulo electrónico

La Figura 4.22, muestra una gráfica comparativa de los porcentajes de pérdida para cada cilindro, mostrándonos mejoras sustanciales tras la implementación del módulo electrónico, para la asistencia al sistema de encendido tradicional.

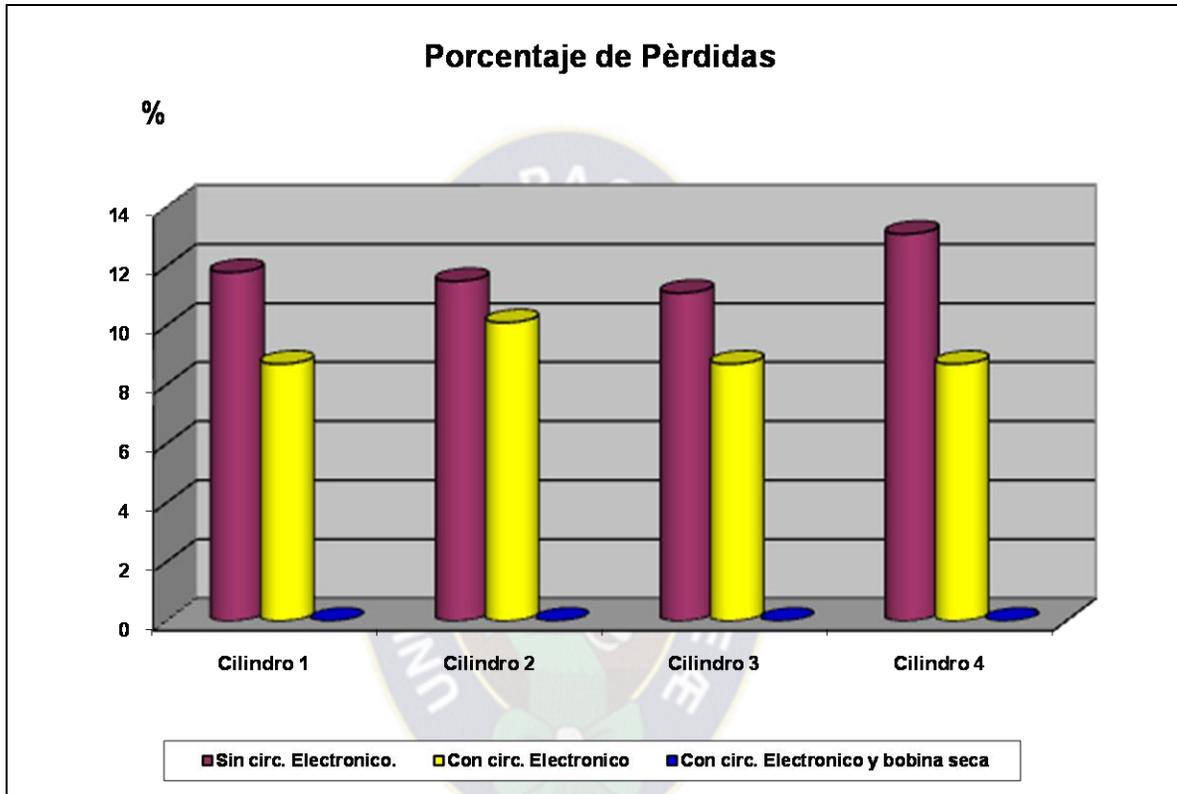


Figura 4.22 Gráfica comparativa de los porcentajes de pérdida en las tres modalidades

4.8 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

El costo del proyecto, está centrado básicamente en el costo del módulo electrónico, el cual puede ser adaptado a cualquier tipo de vehículo con las características de encendido tradicional, planteadas.

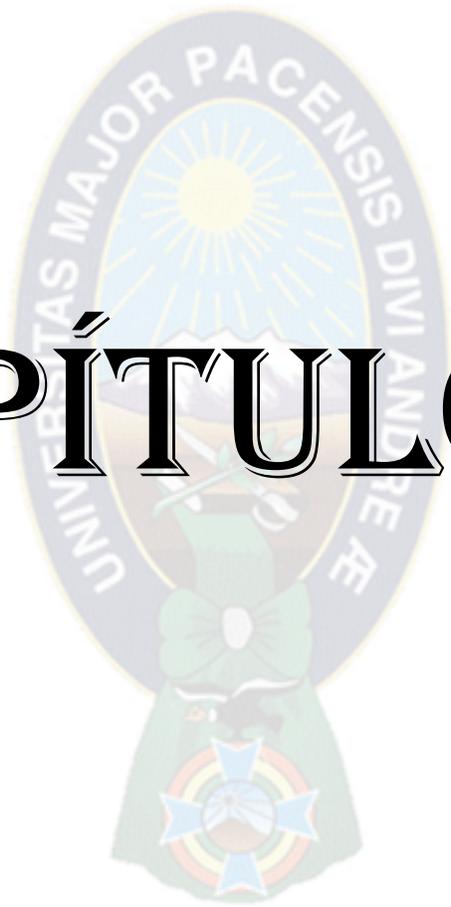
Este se detalla a continuación: la compra de componentes electrónicos, la prueba y el montaje en el vehículo y mano de obra suman en total de 230 bolivianos.

Item	Descripción	Costo Bs.
1	Piezas electrónicas en general	150
2	Placa de montaje y chasis	30
3	Mano de obra	50
Total		230

Tabla 4.5 Detalle de costos



CAPÍTULO V



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El sistema convencional es uno de los sistemas de encendido mecánico que cierra y abre los contactos de platinos desgastándose rápidamente los bloques de fricción haciéndole variar el punto de avance de encendido, además se necesita un chequeo continuo y cambios de platinos y condensadores a menor tiempo posibles mal gastando a los propietarios su economía.

Que en la actualidad se ha reemplazado con sistemas de encendido electrónico más sofisticado, ni siquiera utilizan distribuidor electrónico los modelos actuales, si no que reemplazaron con bobinas independientes controlados desde la computadora.

El presente proyecto permitió la implementación de un sistema de encendido convencional asistido electrónicamente en un vehículo de la marca TOYOTA CRESSIDA, donde se mostró que es posible la realización de mejoras en un sistema de encendido convencional con las consiguiente optimización en el consumo de combustible para así evitar las emisiones de gases tóxicos que emana al medio ambiente dañando gravemente a la ecología y salud.

5.2 RECOMENDACIONES

En toda la carrera universitaria de las asignaturas que estudiamos, muchas de ellas no se puede aplicar en realidad, ya que varia mucho en los parámetros técnicos, que la mayoría de estos libros tienen datos a nivel costa es decir nivel del mar, que no podemos trabajar con esos parámetros técnicos, peor aun cuanto un egresado o profesional nuevo no tiene experiencia y practica de intuición de cómo dar una solución a un problema real y muchas veces coarta ejercer su profesión en su campo laboral.

Hasta el momento ningún autor ha escrito alguna bibliografía para la altura, para este caso necesariamente se debe investigar o darse modos para solucionar problemas que se presentan diariamente en los talleres automotrices en nuestro medio.

Se recomienda insertar en la malla curricular en materias troncales de taller o prácticas empresariales durante un lapso de tiempo antes de su egreso fuera de universidad que seria beneficioso para el futuro profesional.

Con esta mejora en el vehículo se podrá optar a convertirse eventualmente vehículos de gasolina a combustibles alternativos como gas natural comprimido (GNV), con las correspondientes mejoras obtenidas, trabajo el cual no abarca el presente proyecto, presentándose solo como una alternativa viable.

BIBLIOGRAFIA

- Manual de encendido electrónico Ben Watson.
- Equipo eléctrico y electrónico del automóvil William H. Crouse.
- Manual de reparaciones TOYOTA MOTOR CORPORATION.
- Inyección electrónica Miguel Castro.
- Electrónica Publicaciones CEKIT S.A.
- Manual del taller HYUNDAI precision Ind. Co. Ltd.
- SPARK PLUG MASTER CATALOG CHAMPION.
- Inyección Electrónica I Juan Pablo Loayza Vargas.
- Fundamentos de la Electrónica. TOYOTA MOTOR CORPORATION.
- http://mecanicavirtual.iespana.es/curso_encendido.htm....Sistema de encendido



ANEXOS



ANEXO 1

Hojas Tecnicas

Philips Semiconductors

Product specification

NPN switching transistors

2N2219; 2N2219A

FEATURES

- High current (max. 800 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

APPLICATIONS

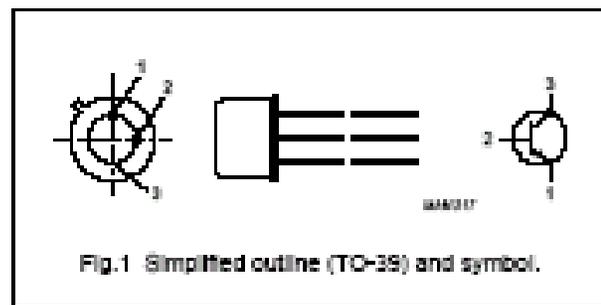
- High-speed switching
- DC and VHF/UHF amplification, for 2N2219 only.

DESCRIPTION

NPN switching transistor in a TO-39 metal package.
PNP complement: 2N2905 and 2N2905A.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case



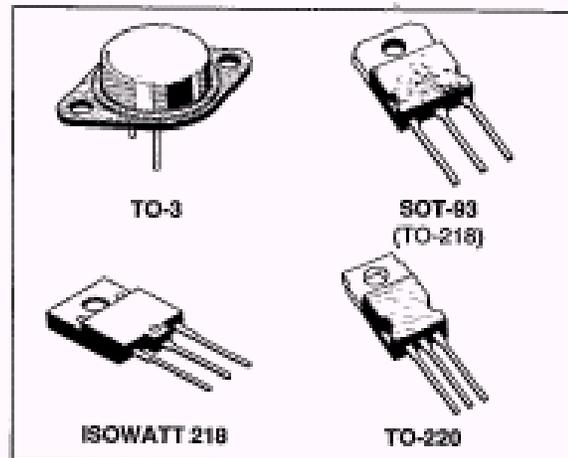
QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CE0}	collector-base voltage	open emitter	–	60	V
	2N2219		–	75	V
V_{CE0}	collector-emitter voltage	open base	–	30	V
	2N2219A		–	40	V
I_C	collector current (DC)		–	800	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	–	800	mW
h_{FE}	DC current gain	$I_C = 10\text{ mA}$; $V_{CE} = 10\text{ V}$	75	–	
f_T	transition frequency	$I_C = 20\text{ mA}$; $V_{CE} = 20\text{ V}$; $f = 100\text{ MHz}$	250	–	MHz
	2N2219A		300	–	MHz
t_{off}	turn-off time	$I_{C(on)} = 150\text{ mA}$; $I_{B(on)} = 15\text{ mA}$; $I_{B(off)} = -15\text{ mA}$	–	250	ns



HIGH VOLTAGE POWER DISSIPATION

- HIGH VOLTAGE POWER DARLINGTON
- AUTOMOTIVE IGNITION APPLICATIONS
- HIGH CURRENT

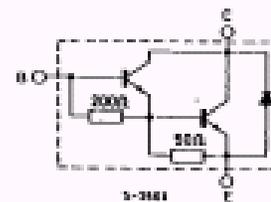


DESCRIPTION

The BU920/921/922, BU920P/921P/922P, BU920-PFI/BU921PFI/BU922PFI and BU920T/921T/922T are silicon multiepitaxial planar NPN transistors in monolithic darlington configuration mounted respectively in Jedec TO-3 metal case, SOT-93 plastic package, ISOWATT218 fully isolated package and TO-220 plastic package.

They are particularly intended for automotive ignition applications and inverter circuits for motor control.

INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value				Unit
		TO-3 SOT-93 ISOWATT218 TO-220	BU920 BU920P BU920PFI BU920T	BU921 BU921P BU921PFI BU921T	BU922 BU922P BU922PFI BU922T	
V_{CES}	Collector-emitter Voltage ($I_B = 0$)	400	450	500	V	
V_{CEO}	Collector-emitter Voltage ($I_B = 0$)	350	400	450	V	
V_{EBO}	Emitter-base Voltage ($I_C = 0$)	5			V	
I_C	Collector Current	10			A	
I_{CM}	Collector Peak Current	15			A	
I_B	Base Current	5			A	
		TO-3	SOT-93	ISOWATT218	TO-220	
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ\text{C}$	120	105	55	105	W
T_{stg}	Storage Temperature - 65 to	175	150	150	150	$^\circ\text{C}$
T_j	Max. Operating Junction Temperature	175	150	150	150	$^\circ\text{C}$

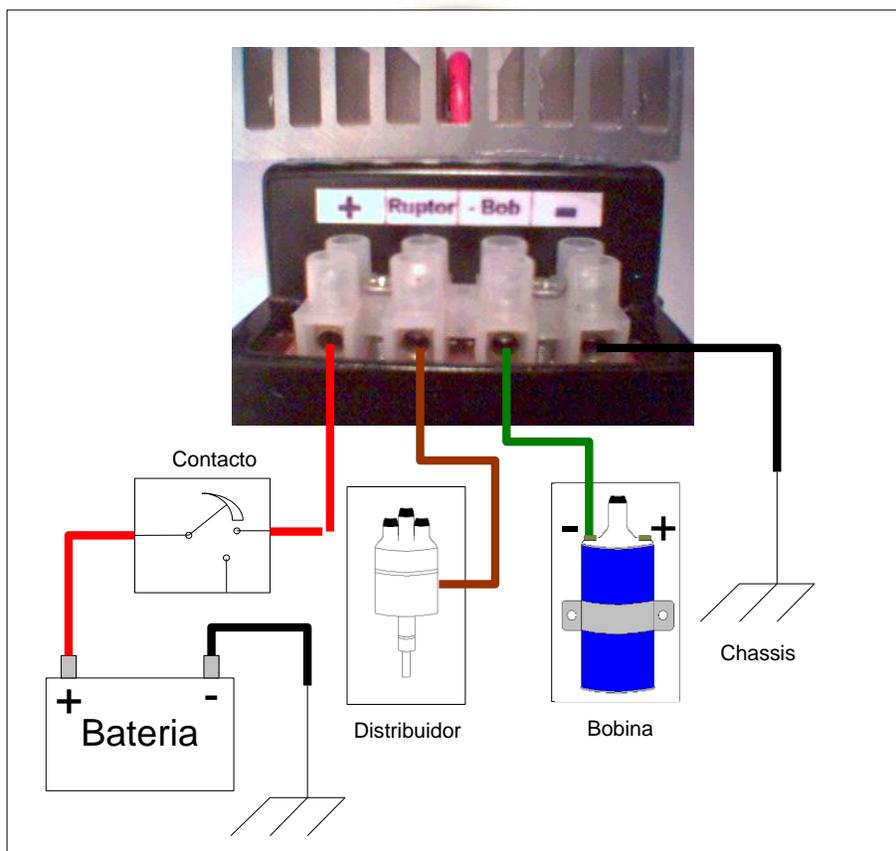
ANEXO 2



Modulo electrónico de ignición para motores con distribuidor convencional a ruptor

Manual de Instalación

La instalación del modulo es bastante sencilla, basta con seguir la conexión detallada en el esquema inferior



Esta conexión se la realiza a continuación de la llave de contacto, la cual suministra 12 V para alimentar el módulo



Se procede a conectar, la borna de conexión del ruptor en el distribuidor, desconectando previamente el condensador del sistema de encendido



Se procede a conectar a la borna negativa de la bobina



Se procede a conectar al chasis del vehículo

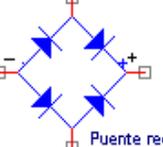
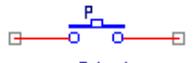
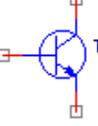
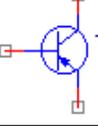
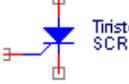
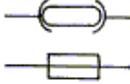
ANEXO 3

Lista de Componentes electrónicos del módulo

Símbolo	Descripción	Datos
R1	Resistencia	330 [Ω]
R2	Resistencia	330 [Ω]
R3	Resistencia	150 [Ω]
R4	Resistencia	100 [Ω]
R5	Resistencia	150 [Ω]
R6	Resistencia	150 [Ω]
R7	Resistencia	150 [Ω]
D1–D4	Diodo	2.5 [A]
Z _D	Diodo Zener	150 [V]
Q1	Transistor	(Ver hoja técnica)
Q2	Transistor	(Ver hoja técnica)

ANEXO 4

Símbolos eléctricos de utilización general.

 Corriente alterna C.A.	 Transformador	 Condensador C	 Amperímetro
 Corriente continua C.C.	 Puente rectificador	 Condensador polarizado	 OHMETRO
 Bateria		 Bobina Inductora	 Vóltímetro
 Pulsador	 Diodo	 NPN Transistor	 Termómetro
 Interruptor	 Diodo Zener		 Toma de tierra
 Commutador	 Diodo Led	 PNP Transistor	 Toma de masa
 Commutador	 Opto Acoplador		 Lampara de incandescencia
 Commutador	 Triac	 Fusible	 Lampara piloto
	 Resistencia R	 Relé, varias representaciones	
 Potenciometro	 Motor de C.C.	 Bocina	 Cruce de conductores sin conexión
 Generador o Alternador		 Altavoz	
		 Antena	
		 Motor de C.C. 2 velocidades	



ANEXO 1

Hojas técnicas