

**RESTAURACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE
LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA A GASOLINA**

**JUAN ERNESTO JARAMILLO RAMIREZ
LEONARDO QUINTERO ARROYAVE**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA MECÁNICA
PEREIRA RISARALDA
MAYO 2015**

**RESTAURACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE
LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA A GASOLINA**

**JUAN ERNESTO JARAMILLO RAMIREZ
LEONARDO QUINTERO ARROYAVE**

**Trabajo de grado para optar por el título de
Tecnólogo en Mecánica**

**DIRECTOR:
CARLOS ALBERTO ROMERO PIEDRAHITA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA
PEREIRA RISARALDA
MAYO 2015**

Nota de Aceptación:

Firma del Director

Firma del Jurado

Pereira, junio de 2015

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a todas las personas que han aportado su colaboración para que este sueño se hiciera posible, apoyándonos incondicionalmente. Damos gracias a Dios por darnos vida, salud, por mostrarnos el camino para lograr nuestras metas y en especial a nuestros padres porque gracias a ellos a su dedicación y tenacidad hoy somos tecnólogos mecánicos.

AGRADECIMIENTOS

Queremos dar especiales agradecimientos a las personas con las cuales no hubiese sido posible obtener este logro más en nuestras vidas.

En primer lugar queremos agradecer especialmente al ingeniero Carlos Alberto Romero Piedrahita por la asesoría, su disposición, apoyo, el conocimiento y orientación para desarrollar este proyecto de grado.

A la Universidad Tecnológica de Pereira por ofrecernos sus instalaciones, y la materia prima requerida para la elaboración del proyecto.

A nuestros familiares por el apoyo incondicional durante todo el proceso de formación en la institución y en el día a día.

Por último, a todas las personas que de alguna forma ofrecieron su ayuda para el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| Introducción | 8 |
| 1. Conceptos básicos | 10 |
| 1.1. Motor de combustión interna | 10 |
| 1.2. Sistemas Y Mecanismos Del Motor De Combustión Interna | 10 |
| 1.2.1. Mecanismo biela manivela | 10 |
| 1.2.2. Mecanismo de distribución de gases | 11 |
| 1.2.3. Sistema de alimentación de aire y combustible | 12 |
| 1.2.3.1. Sistema de alimentación por carburador | 12 |
| 1.2.3.2. Sistema de alimentación por inyección electrónica | 13 |
| 1.2.4. Sistema de encendido | 16 |
| 1.2.5. Sistema de arranque o puesta en marcha | 17 |
| 1.2.6. Sistema de refrigeración | 19 |
| 1.2.7. Sistema de lubricación | 21 |
| 1.2.8. Sistema de instrumentación y control | 23 |
| 1.2.9. Sistema de tratamiento de gases | 25 |
| 1.2.10. Sistema portante de montaje y estructura | 26 |
| 1.2.11. Transmisión de potencia (caja de velocidades) | 27 |
| 2. Especificaciones del motor | 28 |
| 3. Puesta a punto del motor | 29 |
| 4. Instalación de sistema de inyección electrónica | 33 |
| 4.1. Instalación múltiple de admisión | 33 |
| 4.2. Instalación sensor lambda | 35 |
| 4.3. Instalación ECU y realización del ramal | 36 |
| 4.4. Instalación sensores del sistema de inyección electrónica | 37 |
| 4.5. Instalación del sistema de alimentación de combustible | 38 |
| 5. Conclusiones | 39 |
| 6. Recomendaciones | 40 |
| 7. Bibliografía | 41 |

Listado de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Mecanismo de distribución de gases | 11 |
| Figura 2. Carburador tomado de Motores a Gasolina Mecanismos y Sistemas | 12 |
| Figura 3. Esquema de un sistema típico de inyección electrónica | 13 |
| Figura 4. Sistema de encendido convencional | 16 |
| Figura 5. Motor de arranque | 17 |
| Figura 6. Radiador | 19 |
| Figura 7. Sistema de lubricación | 21 |
| Figura 8. Sistema de instrumentación y control | 23 |
| Figura 9. Sistema de instrumentación y control de banco didáctico | 24 |
| Figura 10. Sistema de tratamiento de gases | 25 |
| Figura 11. Sistema portante de montaje y estructura. | 26 |
| Figura 12. Caja de cambios de motor simca. | 27 |
| Figura 13. Estado del motor de combustión interna antes de ser restaurado | 29 |
| Figura 14. Transmisión ensamblada | 30 |
| Figura 15. Culata instalada en el motor de combustión interna. | 31 |
| Figura 16. Guarda de la cadenilla con tensor | 32 |
| Figura 17. Vista inferior de múltiple de admisión a carburador. | 33 |
| Figura 18. Múltiple de admisión a gasolina | 33 |
| Figura 19. Múltiple de admisión sistema de inyección electrónica | 34 |
| Figura 20. Sensor MAP instalado en el múltiple de admisión | 34 |
| Figura 21. Conexión de los inyectores hacia el ramal | 35 |
| Figura 22. Instalación de sonda lambda en múltiple de escape | 36 |
| Figura 23. Ramal en proceso de fabricación | 36 |
| Figura 24. Sensores de presión de aceite y sensor de posición de cigüeñal | 37 |
| Figura 25. Sistema de alimentación de combustible | 38 |

INTRODUCCION

En el Laboratorio De Motores de la Universidad Tecnológica de Pereira, se encuentra un motor de Simca 1000 centímetros cúbicos seccionado por la Escuela de Tecnología Mecánica como parte de un trabajo de curso. La calidad de dicho trabajo lo posiciona como una herramienta muy importante para la difusión del conocimiento y entendimiento del funcionamiento del motor de combustión interna a gasolina.

Sin embargo, ese material didáctico que facilita el estudio del motor se encontró deteriorado, sus mecanismos atascados, y con una funcionalidad limitada por el uso en el transcurso de los años. En ese estado se dificulta la explicación del funcionamiento de los mecanismos y sistemas por parte de los profesores y se dificulta su entendimiento. Además, el motor posee una tecnología que para el día de hoy es obsoleta; debido a esto se busca devolver el funcionamiento e implementar, en lo posible, un sistema de inyección didáctico básico con el fin de facilitar un tipo de tecnología que se usa en motores modernos y que ofrece ventajas en consumo de combustibles, en potencia entregada, y reducen la contaminación ambiental y la polución.

Se debe tener en cuenta la dificultad que se tiene para identificar la función de los sistemas y mecanismos en un motor sin ver su funcionamiento normal y hay gran cantidad de piezas que no se encuentran a la vista, no es fácil visualizar su comportamiento por la cantidad de piezas que posee y las diferentes tareas que se ejercen. Teniendo en cuenta que tener un motor desensamblado para estudiar sus partes internas se vuelve complicado y ocupa espacio y cuidado y no deja una imagen clara de los mecanismos, un motor seccionado permite la visualización de cada sistema por separado y del funcionamiento de sus componentes principales que permiten el funcionamiento cíclico y permanente del motor.

En el presente trabajo se explora la metodología requerida para recuperar la ayuda didáctica proporcionada por el motor de simca seccionado, las soluciones constructivas asumidas y la realización de operaciones en el desarrollo, en el primer capítulo se exponen los conceptos teóricos básicos que se busca sean enseñados a los estudiantes que en su proceso de formación requieran visualizar los sistemas del motor de combustión interna a gasolina. Luego en el capítulo dos será descrito el estado en el que se encontró el motor del simca 1000 cc seccionado y las metas que deben ser logradas para su reposición. En el capítulo tercero se describirá el proceso seguido para retornarle la vida útil al motor y devolver la funcionalidad a sus sistemas y de

esta forma volver a utilizarlo como herramienta para la enseñanza. Encontraremos en el capítulo cuarto la forma en que instalamos el sistema de inyección didáctico junto con los sensores necesarios para simular el sistema. Por último encontraremos las conclusiones y recomendaciones basados en el trabajo realizado al final encontraremos la bibliografía en la que nos apoyamos para realizar nuestro trabajo y para adquirir los conceptos que serán entregados a quienes estudien el motor de combustión interna a gasolina.

1. CONCEPTOS BÁSICOS

1.1. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Un motor de combustión interna está compuesto de mecanismos y sistemas encargados de transformar la energía química presente en los combustibles, líquidos o gaseosos, en energía mecánica. Éste tipo de motores ofrecen gran cantidad de ventajas, como una gran duración, además de una potencia elevada.

1.2. SISTEMAS Y MECANISMOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Todo motor de combustión interna alternativo cuenta con los siguientes mecanismos y sistemas:

- Mecanismo biela manivela
- Mecanismo de distribución de gases
- Sistema de alimentación de aire y combustible
- Sistema de arranque o puesta en marcha
- Sistema de encendido
- Sistema de refrigeración
- Sistema de lubricación
- Sistema de instrumentación y control
- Sistema de tratamiento de gases
- Sistema portante de montaje y estructura
- Transmisión de potencia (caja de velocidades)

1.2.1. MECANISMO DE BIELA MANIVELA

Este mecanismo se encarga de transformar un movimiento rectilíneo oscilatorio producido por los gases que se expanden en la cámara de combustión en un movimiento circular útil en el eje de salida del motor el cual es solidario al cigüeñal. Consta de un pistón articulado, en el cual se montan los anillos, cuyo propósito es lubricar el pistón en su trayectoria dentro de la camisa y sella la cámara de combustión para garantizar la compresión de la mezcla, una biela que comunica al pistón con el cigüeñal. En el pistón se acopla con un pasador, el cual proporciona una articulación, y en el cigüeñal se ajusta a los casquetes

que lubrican y amortiguan vibraciones en los codos de biela. Por último está el cigüeñal que es el encargado de transferir trabajo útil al eje de salida, el cual se soporta en los casquetes de bancada que lo fijan al bloque.

1.2.2. MECANISMO DE DISTRIBUCIÓN DE GASES

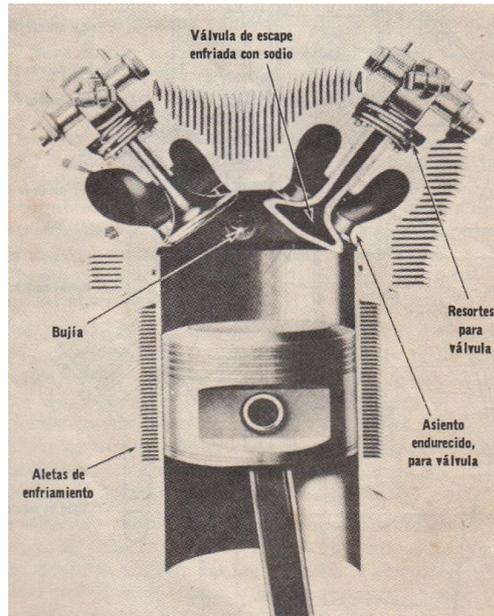


Figura 1. Mecanismo de distribución de gases [Motores de Combustión Interna Análisis y Aplicaciones por Edward F. Obert]

Este mecanismo se encarga de suministrar los gases de admisión a las cámaras de combustión cuando estas los requieran, también se encarga del control de los gases resultantes después de la combustión, este mecanismo lo conforman las válvulas, las guías de válvulas, los asientos de válvulas, balancines, el eje de levas, múltiple de admisión y múltiple de escape, cadencia o correa de los tiempos. El accionamiento de éste mecanismo es efectuado desde la rotación del cigüeñal, el cual es transmitido por una correa, cadencia o por medio de un piñón, se debe tener en cuenta que por cada dos revoluciones del cigüeñal se da una al eje de levas. Cuando el eje de levas gira, unas levas predispuestas en él accionan los balancines, los cuales poseen unos tornillos que permiten la graduación de la tolerancia entre el balancín y la válvula, éstos presionan la válvulas que cuentan con un resorte que las mantiene en posición cerrada hasta que el balancín las acciona, la válvula se desplaza a través de la guía, la cual le da soporte y permite un deslizamiento suave, ese movimiento rectilíneo abre un espacio entre el asiento de la válvula y la válvula dejando paso para los gases de admisión que contiene una mezcla de aire

combustible, luego la válvula vuelve a la posición cerrada y el ciclo espera a que en la cámara de combustión se produzca la compresión y la combustión, de allí otra leva acciona un balancín de una válvula de escape, la cual permite el paso de los gases resultantes hacia el medio ambiente a través del múltiple de escape.

1.2.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE Y COMBUSTIBLE

Este sistema se encarga de proporcionar una mezcla apropiada de aire combustible al proceso de combustión en la cámara. Para este trabajo tendremos en cuenta dos tipos de sistemas de alimentación, el sistema alimentado por carburador y el sistema de inyección electrónica.

1.2.3.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN POR CARBURADOR

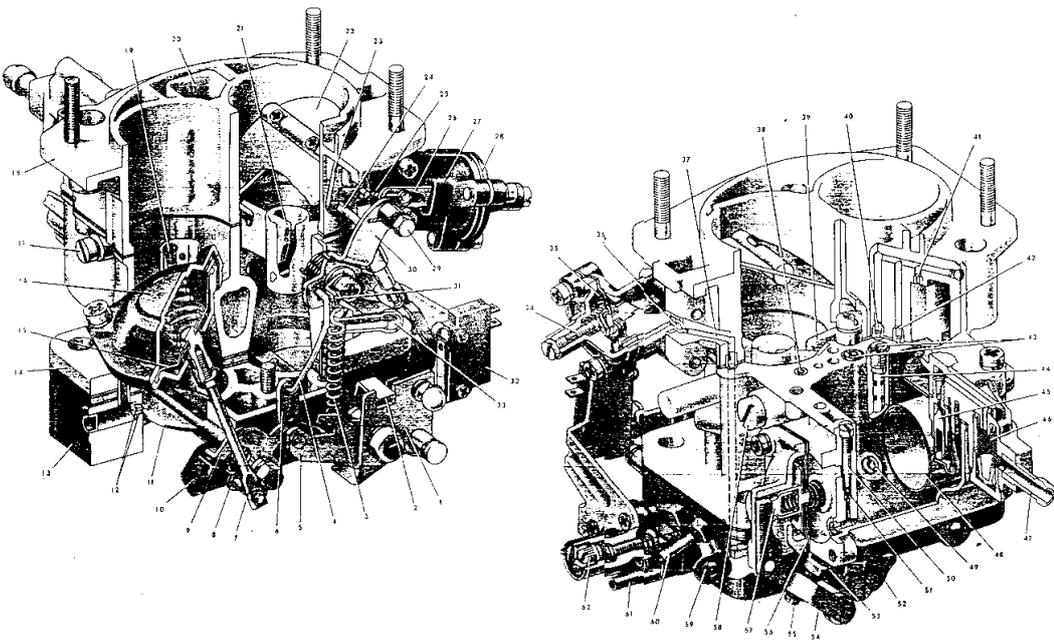


Figura 2. Carburador tomado de Motores a Gasolina Mecanismos y Sistemas [Carlos Alberto Romero P. y Aristóbulo Mejía E.]

En este sistema el carburador proporciona la mezcla dependiendo del régimen del motor, al haber una diferencia de presión entre el interior del motor que está por debajo de la presión atmosférica y la presión del medio ambiente se crea una corriente de aire que pasa a través de un tubo de Venturi, el aire entra al carburador a una velocidad inicial V_1 que al llegar al tubo de Venturi, en el cual el diámetro se reduce en una especie de cuello, aumenta la velocidad a una V_2

y en ese mismo cuello llega un conducto proveniente de un depósito de gasolina, la baja de presión producida por la elevación de la velocidad del aire aspira la gasolina y la pulveriza, la cantidad de gasolina que se adiciona a la mezcla puede ser variada con un chicler, que es un tornillo con un agujero pasante del cual hay variedad de diámetros, de esta forma se gradúa la cantidad de combustible adicionada a la mezcla. Este sistema tiene algunos inconvenientes, ya que no se tiene en cuenta la calidad del aire que es tomado por el motor, o la concentración de gases tóxicos en el escape producidos por una mezcla pobre del gas aire combustible, su calibración se reduce a la experiencia de quien hace mantenimiento al motor.

1.2.3.2. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN POR INYECCIÓN ELECTRÓNICA

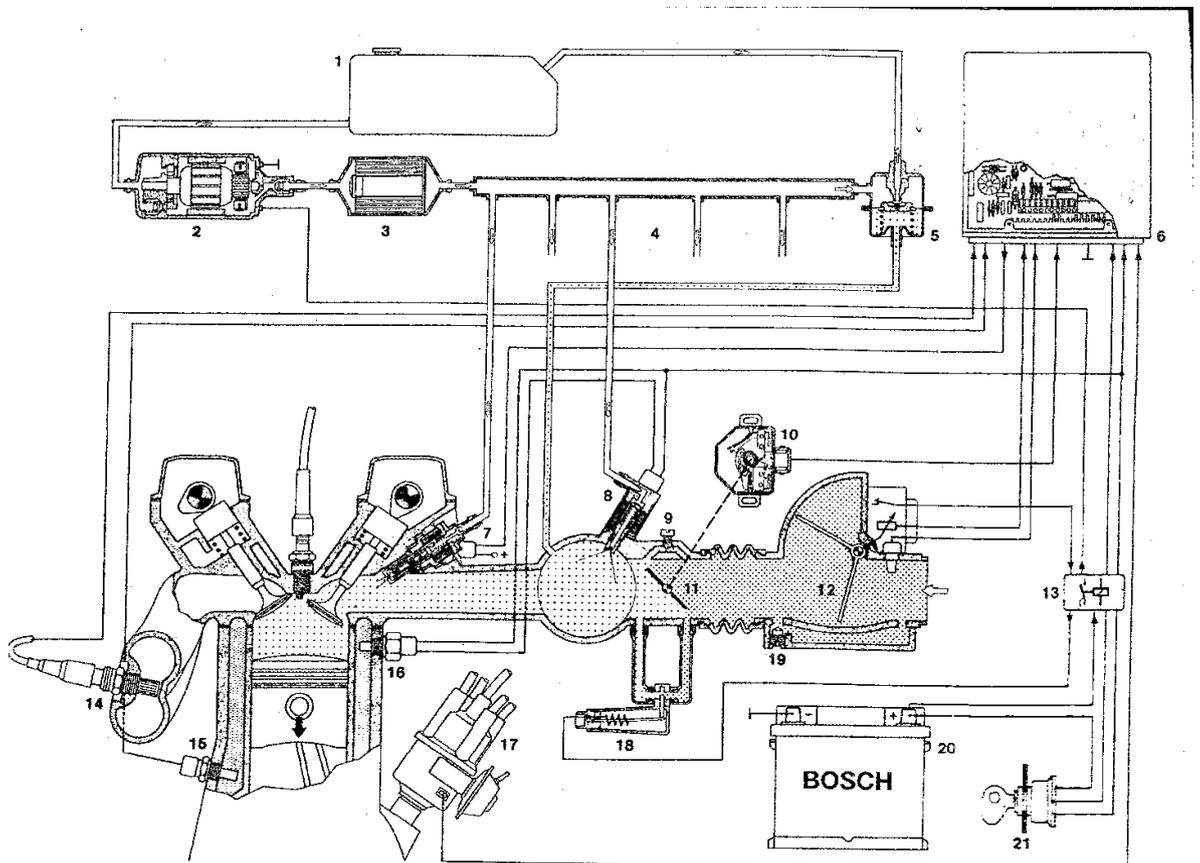


Figura 3. Esquema de un sistema típico de inyección electrónica [Manual Haynes De Diagnostico De Inyección De Combustible por Mike Stubblefield y John H. Haynes]

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1 Tanque de combustible | 12 Sensor de flujo de aire |
| 2 Bomba de combustible eléctrica | 13 Combinación de relé |
| 3 Filtro de combustible | 14 Sensor lambda (oxígeno) |
| 4 Tubería de distribución | 15 Sensor de temperatura del anticongelante del motor |
| 5 regulador de presión | |

| | |
|--|---|
| 6 Unidad de control | 16 Interruptor de tiempo térmico |
| 7 Inyector | 17 Distribuidor |
| 8 Inyector de puesta en marcha en frío | 18 Válvula de aire auxiliar |
| 9 Tornillo de ajuste de velocidad de marcha mínima | 19 Tornillo de ajuste de mezcla para la marcha mínima |
| 10 Interruptor de válvula de la mariposa | 20 Batería |
| 11 Válvula de la mariposa | 21 Interruptor de ignición |

Este sistema incorpora la electrónica para controlar la cantidad de combustible que se suministra a la mezcla, el sistema de inyección electrónica obtiene información de varios dispositivos que le permiten regular la cantidad de combustible necesaria para cada régimen de funcionamiento en el motor, el sistema consta básicamente de un sensor de flujo volumétrico de aire, sensor de posición de mariposa, sensor de oxígeno o sonda lambda, un sensor de temperatura del motor, tiene inyectores de combustible, un riel de alimentación, regulador de presión, bomba de gasolina y una unidad electrónica de control o ECU por sus siglas en inglés, encargada de procesar los datos de los sensores y suministrar la cantidad de combustible requerida para un régimen determinado.

El aire que entra al motor puede quemar una cantidad determinada de gasolina lo cual se puede calcular haciendo uso de la estequiometría, esa cantidad de aire es medida por un sensor de flujo volumétrico de aire, el cual consta de un hilo calentado eléctricamente cuya temperatura cambia con el aire flujo de aire que pasa alrededor de él, esto hace cambiar su resistencia eléctrica y el valor de esta resistencia es procesado por la ECU la cual decide la cantidad óptima de combustible que se puede que más con la cantidad de aire entrante. El sensor de posición de mariposa es un reóstato que hace variar el voltaje, el cual es leído por la ECU, la cual permite el paso de más combustible según el régimen, también se implementa un sensor de temperatura de entrada y salida de los gases como también de temperatura del líquido refrigerante, estas variables afecta las propiedades del aire como la densidad, además, a altas temperaturas aumenta la probabilidad de producir NOx que son gases contaminantes, que al mezclarse con el aire producen lluvia ácida y contaminación del ambiente. Un sensor de oxígeno mide la cantidad de oxígeno en los gases de escape lo cual es fundamental para determinar si la mezcla es rica o pobre, éste sensor usa el óxido de circonio que genera una diferencia de potencial según halla o no oxígeno en los gases de escape, si la mezcla es pobre, la cantidad de oxígeno libre es alta y la diferencia de potencial baja, por el contrario si la mezcla es muy rica el oxígeno no está presente en los gases de escape lo que hace que la diferencia de potencial en la sonda lambda crezca, esos cambios en la diferencia de potencial debe ser procesada también por la ECU y afecta la cantidad de combustible suministrado a la

mezcla. Por otro lado está la parte mecánica que es conformada por la bomba de combustible, que provee la presión de combustible al sistema, el combustible pasa por unos filtros que impiden que pasen impurezas que pueden atascar los inyectores, y luego llega al riel en donde se alojan los inyectores y el regulador de presión. El regulador de presión tiene una tarea bastante importante, porque mantiene una diferencia de presión constante entre el combustible y la cámara de admisión, éste funciona un diafragma conectado al múltiple de admisión, la variación de la presión abre o cierra el paso de combustible a una manguera de retorno al tanque, así la diferencia de presión entre el riel de los inyectores y el múltiple de escape se mantiene constante, lo que deja la cantidad suministrada a la mezcla dependiendo del tiempo de apertura de los inyectores, tiempo que es controlado por la ECU después de procesar todos los datos obtenidos de los sensores electrónicos distribuidos en el motor. Este sistema ofrece ventajas con respecto al consumo de combustible, aumenta la eficiencia del motor, libera gases más limpios al medio ambiente lo que hace los motores más amigables con el medio ambiente, mejora la respuesta del motor.

1.2.4. SISTEMA DE ENCENDIDO

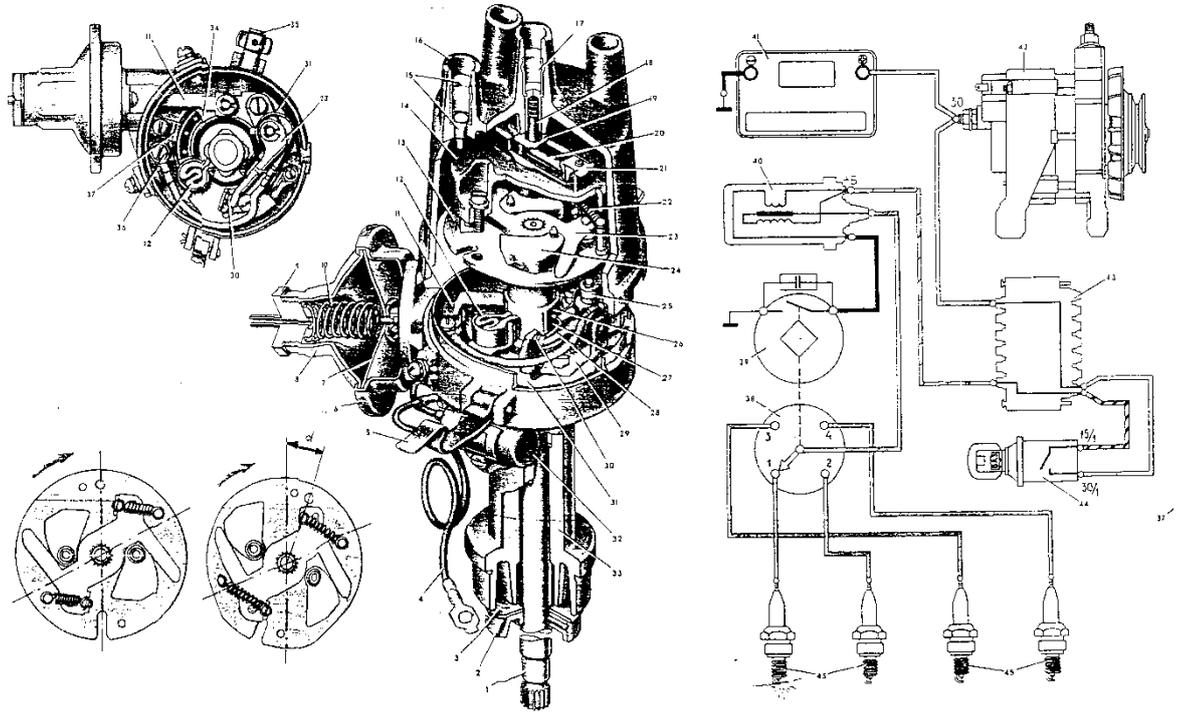


Figura 4. Sistema de encendido convencional [Motores a Gasolina Mecanismos y Sistemas Carlos Alberto Romero P. y Aristóbulo Mejía E.]

En la ilustración, podemos apreciar el circuito completo de un sistema de encendido típico. En la actualidad tenemos variantes en cuanto a medidas, formas y diseño de los componentes. Pero el principio, y el objetivo son los mismos. El objetivo es generar corriente de alta tensión y administrar esta corriente distribuyéndola sincronizada mente a las bujías. La cantidad de bujías, indica la cantidad de cilindros, o pistones del motor. En un sistema con platinos, por lo regular se usa un resistor para disminuir el arco voltaico que desgasta los platinos. En el esquema resaltamos la función de los platinos; cuando la flecha gira, el relector que está ubicado ligeramente abajo del rotor, separa y une los contactos de los puntos. Uno de los contactos del platino, esta ha conectado a la estructura del distribuidor, haciendo contacto a tierra; al momento de unir los contactos, la corriente negativa viaja hacia la bobina, activando su campo interno. Es decir que el platino trabaja como un interruptor, lo que significa que en el otro contacto del platino está presente la corriente positiva, al unirse los contactos, se activa la resistencia o campo de la bobina de encendido. En el relector se encuentran las levas que accionan a la chispa para cada bujía individualmente, así que éste contiene tantas levas como cilindros el motor. Al momento de girar, separa, y une los contactos del platino. Como efecto de esta función, la corriente o señal que llega a la bobina es

intermitente. Este hecho es lo que origina, la chispa de alta tensión que es entregada por la bobina. El problema en este sistema es el intermitente contacto de los platinos, los calienta y se forma una costra que en muchos casos hace que los platinos se queden pegados, o que se aíslen los contactos lo que no permite una señal adecuada del platino dando como consecuencia explosiones y una mala combustión. En los sistemas modernos llamados "electrónicos" se cambia el uso de platinos por componentes de tipo electrónico conocidos como módulos. En este sistema la señal eléctrica no es generada por el contacto de un platino, sino por la inductancia de un imán en un embobinado que genera una señal y luego es amplificada en la bobina y enviada a la bujía que lo requiera por medio del rotor.

1.2.5. SISTEMA DE ARRANQUE O PUESTA EN MARCHA

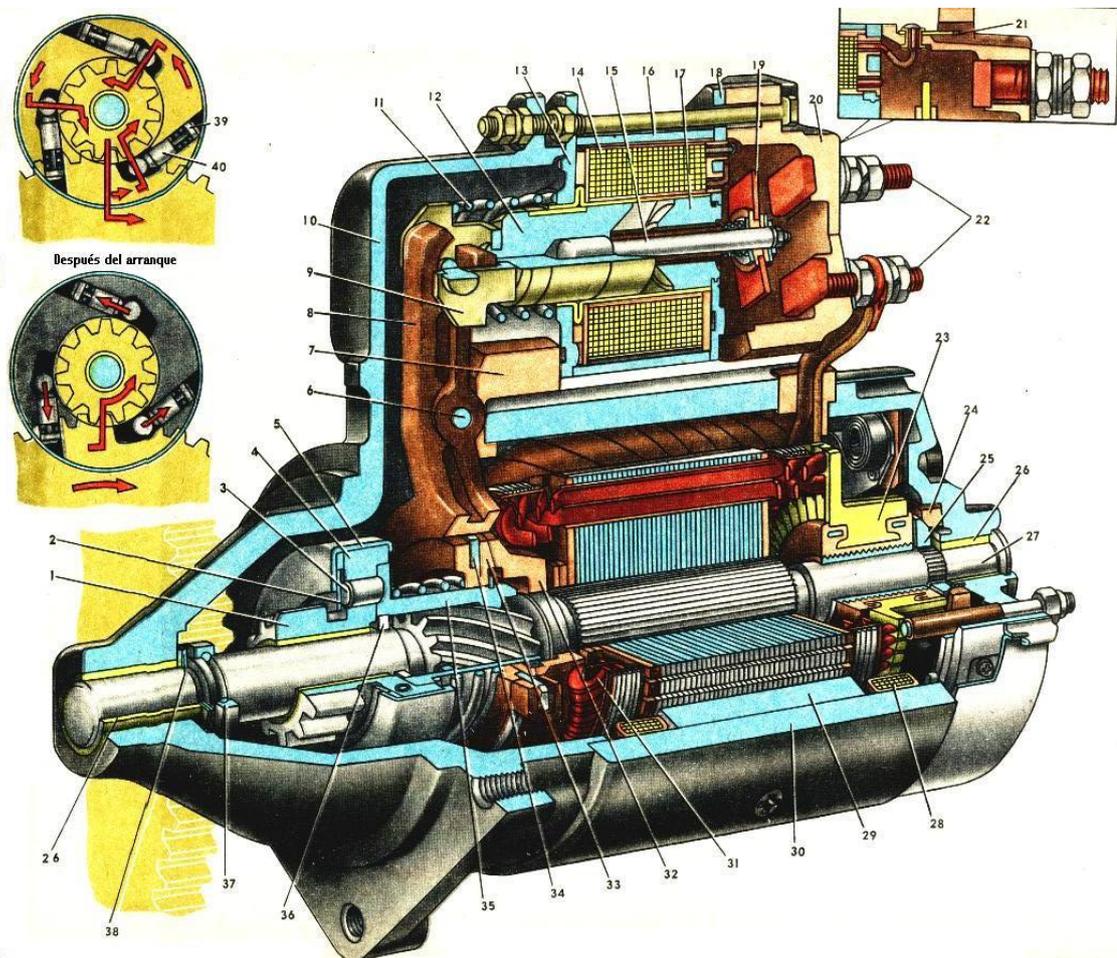


Figura 5. Motor de arranque [Motores a Gasolina Mecanismos y Sistemas Carlos Alberto Romero P. y Aristóbulo Mejía E.]

Este sistema se encarga de encender el motor, usa un pequeño pero potente motor eléctrico que usando 12 voltios de corriente continua genera los giros iniciales que ponen en marcha los primeros ciclos del motor, este motor cuenta con un sistema electromagnético que acciona mediante una palanca un pequeño piñón que transmitirá el movimiento momentáneamente desde el motor eléctrico a la volante del motor de combustión interna del motor, luego cuando el motor de combustión interna enciende por sus propios medios el piñón del arranque se retrae y se detiene de esta forma culmina su tarea, sin embargo se deben tener tres cosas principales para el encendido de un motor, primero debe haber gasolina en la cámara de combustión, es fácilmente verificable observando el flujo de gasolina a través de los conductos de alimentación, en segundo lugar debe haber aire, la presencia de oxígeno es indispensable para cualquier reacción química en la que se necesite generar una llama, la falta de aire en una cámara de combustión puede deberse a cualquier obstrucción física en la toma de aire del motor o a la pérdida del tiempo lo que evitaría que las válvulas de admisión se abriesen en el momento en que el pistón requiera tomar aire para la mezcla de aire combustible, por último se necesita de una chispa que inicie la reacción química que libera la energía química de la reacción y la entrega en forma de gases en expansión y calor, esta chispa se puede perder si existen deficiencias en los cables de alta, fallas en sensores de posición de cigüeñal, fallas en el tiempo, la bobina deficiente, las bujías en mal estado o el simple uso de una alarma que inhiba el actuar de la bobina.

1.2.6. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

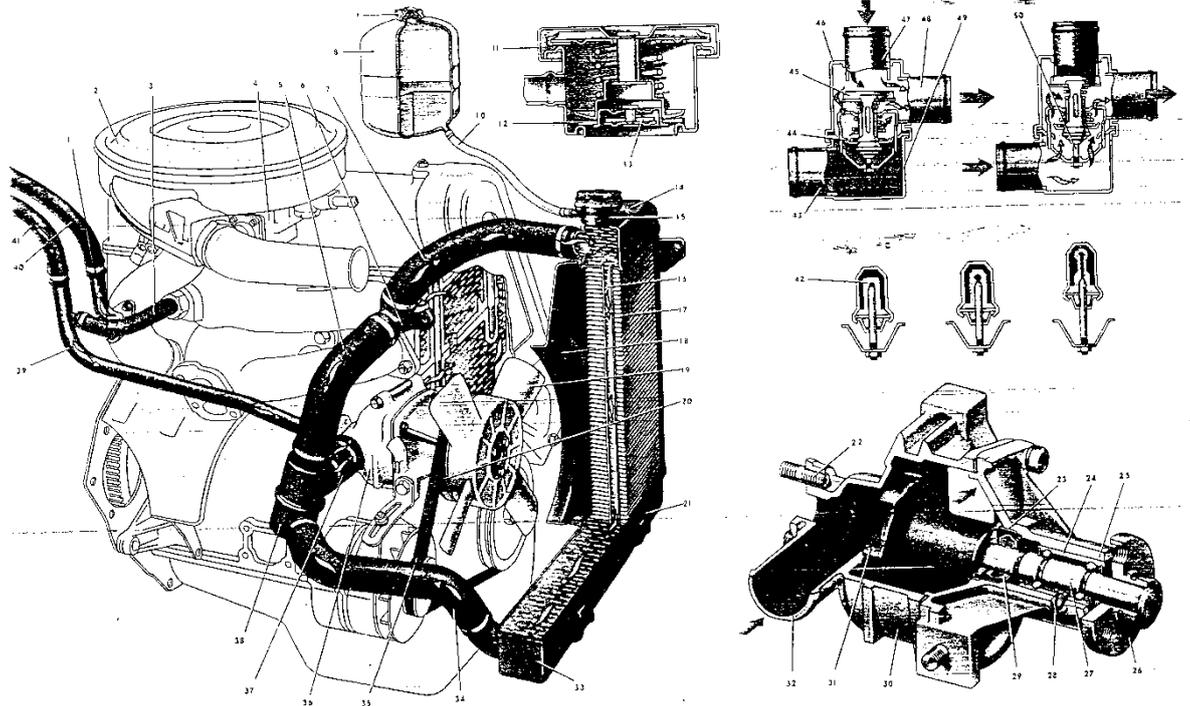


Figura 6. Radiador [Motores a Gasolina Mecanismos y Sistemas Carlos Alberto Romero P. y Aristóbulo Mejía E.]

Este sistema es el encargado de mantener la temperatura de los componentes del motor, las propiedades del aceite y manteniéndolos en un rango de temperatura en los que sus componentes puedan funcionar sin averiarse, en el sistema de refrigeración se puede hallar un intercambiador de calor, al cual es dirigida el líquido refrigerante para que expulse el calor de exceso o que no se transforma en energía útil, al intercambiador se le llama radiador, consta de un par de tanques que se comunican por medio de tubos de sección ovalada y a los que se les agrega una lámina corrugada para aumentar el área de exposición un flujo cruzado de aire que puede ser forzado o natural, sin embargo con la demanda de potencia actual, lo más común es encontrar un flujo forzado por un ventilador accionado eléctricamente o por correa, la diferencia entre los dos es que el eléctrico funciona de forma intermitente encendiéndose en cuanto se alcance una temperatura alta de más o menos unos 95°C y apagándose en cuanto se disminuye a una temperatura más baja, en cambio el ventilador accionado por correa crea un flujo permanente, pero, puede variar su intensidad en cuanto varíen las revoluciones del motor, esto puede causar que se extraiga demasiado calor de la cámara reduciendo de forma drástica la temperatura, así mismo reduce la potencia del motor por que la energía que pudiese ser convertida en movimiento estaría siendo desecada en forma de calor al ambiente.

Además del radiador el líquido refrigerante debe ser bombeado dentro del motor, obviamente con una bomba, la cual tiene un rodete que es accionado por una correa y toma el líquido refrigerante desde el radiador y lo envía a presión dentro del bloque en donde baña las camisas, que es en donde se produce la mayor parte de calor debido a la combustión, luego el líquido refrigerante sube a la culata, un componente que también entra en contacto con los gases resultantes de la combustión y necesita de refrigeración, de allí el líquido pasa al radiador, no sin antes pasar por el termostato, que es un dispositivo de control que funciona como una válvula de paso que permanece cerrada en los primeros ciclos del motor, es decir cuando se encuentra frío, y no permite que haya pérdidas de calor, es decir que se genere un proceso adiabático en las cámaras de combustión, por lo menos en los primeros ciclos ya que luego que el líquido al interior del bloque alcanza una temperatura de unos 85°C o 90°C el termostato se abre y permite el paso del líquido al radiador.

1.2.7. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

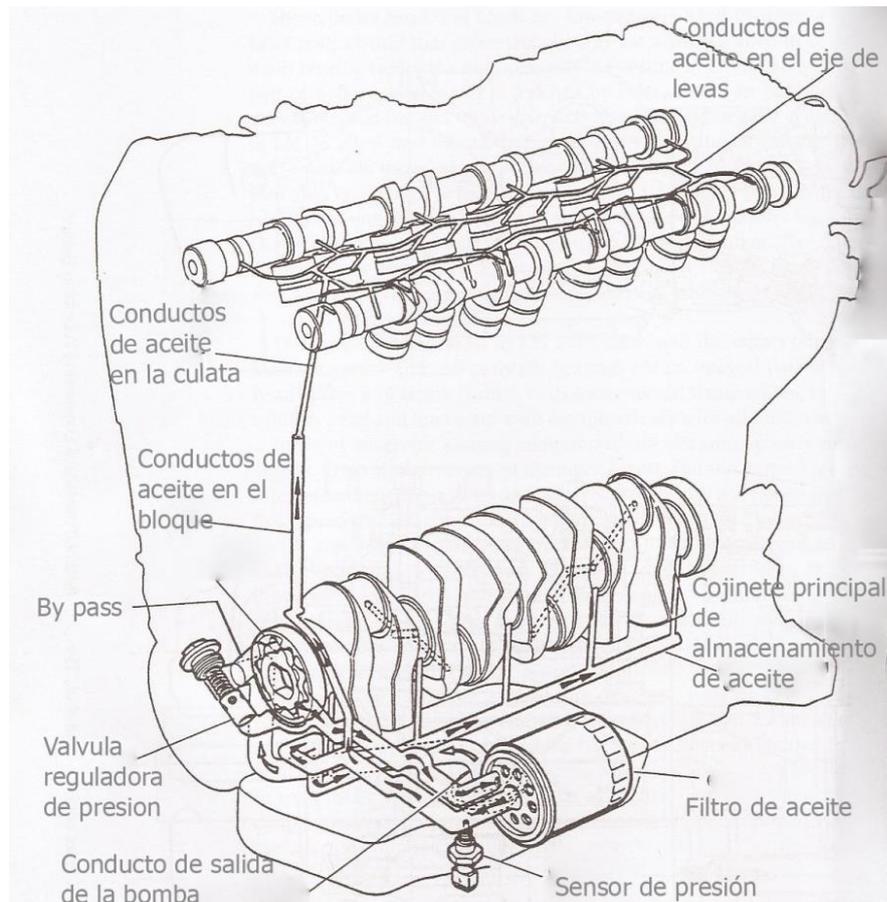


Figura 7. Sistema de lubricación [Introduction to Internal Combustion Engines by Richard Stone]

Es un sistema de suma importancia para el funcionamiento del motor, suministra una película delgada pero suficiente de aceite entre metales que entran en contacto preservando su integridad, esto garantiza que puedan moverse uno respecto al otro sin dejar atrás limalla que en un tiempo se convierte en desgaste y finalmente producen una avería. Su componente principal, que es por supuesto el aceite, debe mantener ciertas propiedades a lo largo de su ciclo, sin embargo esto se dificulta ya que las condiciones de temperatura las que se expone varían enormemente, por ejemplo un aceite debe limitar la fricción entre metales que se mueven uno con respecto al otro, debe mantener una película entre los metales, y así evitar su contacto directo, disminuye la temperatura por fricción al igual que ayuda a refrigerar la cámara de combustión, conserva los componentes, al evitar el contacto directo entre piezas se detiene el desgaste o por lo menos se hace más lento, el baño de aceite en las piezas las aísla del oxígeno del aire y así evita también su corrosión y hace un lavado de la limalla para que sea depositada luego en un

filtro, así que debe suspender partículas y transportarlas evitando de éste modo los depósitos de cuerpos extraños al interior del motor.

Luego de tener el aceite indicado para el trabajo al interior del motor, debe ser capaz de alcanzar los componentes que requieran de lubricación, lo cual se logra de varios métodos, por ejemplo el motor posee una bomba que surte de aceite a presión a los cojinetes de biela y bancada, además al eje de levas, pero también lubrica el cilindro que contiene el pistón en movimiento salpicando aceite desde la parte inferior del motor y usando el movimiento del cigüeñal.

En la figura 7 se puede observar el recorrido del aceite a través del motor, en un principio el aceite se encuentra depositado en el cárter, allí también se encuentra el cedazo que filtra el aceite evitando que entren partículas muy grandes a la bomba de aceite, la bomba de aceite es una bomba de desplazamiento positivo, proporciona presión al aceite, y lo forza a pasar por un filtro de aceite, éste separa las partículas de limalla más finas que pueden ocasionar abrasión dentro del motor, luego ya limpio el aceite pasa por una serie de conductos en el bloque que van a lubricar el cigüeñal, en el hay conductos que llevan el aceite a los cojinetes de biela y bancada, es importante lubricar cada pieza para evitar así el desgaste, los conductos también surten de aceite a los cojinetes del eje de levas las levas e impulsadores, otra parte del aceite sube hasta la culata para lubricar los balancines y las válvulas, luego el aceite baja por gravedad hasta el cárter en donde entra nuevamente al ciclo, en ese recorrido el aceite pasa por un pequeño pero importante dispositivo de control, el tropo de la lubricación, éste avisa si hay una caída de la presión del aceite causado por fallas en la bomba del aceite o por falta de aceite en el cárter, el motor también tiene un respirador, ya que el aceite genera gases cuando se le aumenta la temperatura, éstos pueden ser explosivos, así que se conecta a la admisión y son quemados en la cámara de combustión, reduciendo la contaminación ya que no son evacuado al ambiente.

El tipo de bomba que surte de aceite al sistema de lubricación funciona con un par de piñones que al rotar atrapan el aceite y elevan la presión para enviarlo al sistema por la salida de la bomba, la presión de entrega de la bomba depende de las revoluciones del motor ya que los piñones son accionados por la correa dentada encargada de mantener el tiempo del motor, o por una cadenilla con la misma tarea.

1.2.8. SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL



Figura 8. Sistema de instrumentación y control, de derecha a izquierda, carga de batería, ignición de motor, presión de aceite y temperatura de refrigerante de motor.

Este sistema es el encargado de informar el estado de funcionamiento del motor gracias a sensores que indican varios parámetros de funcionamiento de diferentes componentes en el motor. Este sistema nos da lecturas de la temperatura del refrigerante, por medio del sensor de temperatura, incluso puede tener un manómetro que nos indica la presión exacta en el sistema de lubricación que nos indique fallas funcionales como fugas daño en la boba, obstrucción del fluido, bajo nivel de aceite etc. Tenemos acceso a mediciones de temperatura, es importante tener control sobre la temperatura para prevenir daños internos del motor, la elevación en la temperatura puede ser ocasionada por falta de líquido refrigerante, fugas, obstrucciones o que el ventilador no encienda, en cualquier caso se debe detener el motor y los sensores de temperatura nos indican el momento exacto en que debemos hacerlo. Se puede encontrar también un indicador de carga de la batería, que se enciende cuando la carga de la batería es baja lo que indica una deficiencia de la batería o en el alternador que se encarga de suplir de energía a todos los circuitos eléctricos.



Figura 9. Sistema de instrumentación y control de banco didáctico para la enseñanza del motor de combustión interna.

El sensor de nivel de combustible, obviamente es necesario saber qué nivel de combustible hay disponible para calcular el tiempo de operación restante de la máquina. Posee también un lector de revoluciones del motor para controlar el régimen y de esta manera tomar una decisión adecuada sobre qué cambio se debe usar en la transmisión y así optimizar el consumo de combustible. Encontramos también un velocímetro que nos informa la velocidad instantánea del vehículo, a través de un pequeño piñón ubicado en la caja de cambios, este depende de las revoluciones de salida de la caja de cambios y para que sea confiable se debe respetar el diámetro de las llantas en el vehículo.

1.2.9. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE GASES

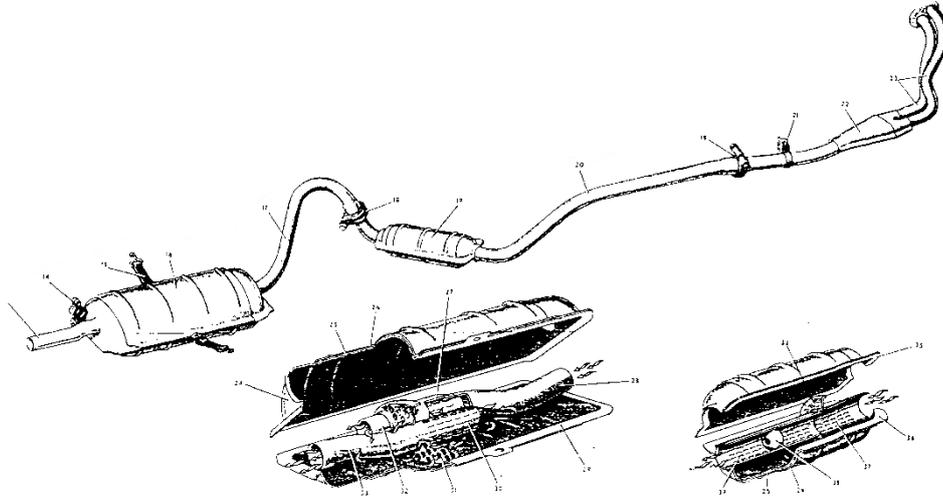


Figura 10. Sistema de tratamiento de gases [Motores a Gasolina Mecanismos y Sistemas por Carlos Alberto Romero P. y Aristóbulo Mejía E.]

Éste sistema dispone de los gases de escape que contienen gran cantidad de gases contaminantes como monóxido de carbono CO , C_xH_x , además, el nitrógeno compone la mayor parte del aire que toma el motor para la combustión y se le sube la temperatura desde unos $120^{\circ}C$ hasta unos $600^{\circ}C$ a regímenes forzados, este aumento de temperatura proporciona las condiciones para que el nitrógeno haga enlace con átomos del oxígeno, aunque también se necesita que los gases de escape sean ricos en oxígeno, lo cual es causado por una mezcla pobre en combustible.

Estos gases se hacen pasar a través de catalizadores que están compuestos de materiales que hacen un tratamiento fisicoquímico de los gases residuales; estos catalizadores pueden ser oxidantes, es decir aportan oxígeno a los gases de escape y ayudan a reducir el porcentaje de monóxido de carbono con materiales de platino y paladio, o se puede tener un catalizador reductor, cuya tarea de disociar los NO_x , éstos contiene Rodio,, encargado de la reducción de dichos gases, los catalizadores por lo general tiene forma de rejilla que ofrece una mayor superficie de exposición a los gases, luego pasan por un silenciador para disminuir la contaminación auditiva.

1.2.10. SISTEMA PORTANTE DE MONTAJE Y ESTRUCTURA



Figura 11. Sistema portante de montaje y estructura.

El sistema portante de montaje y estructura es la base encargada de resistir las fuerzas dinámicas producidas por la combustión interna en el motor, está compuesto por el bloque del motor en el cual se montarán los mecanismos de biela manivela, el cigüeñal y los cilindros operaran allí también. La culata servirá de bastidor también, la cual alojara a las válvulas y sistemas de tratamiento de gases, además, soportara la presión ejercida por la combustión en la cámara. En la caja de transmisión este sistema estaría compuesto por su carcasa en donde se ensamblan los ejes que portan lo piñones. Luego el conjunto del motor estará soportado por las bases del motor al banco didáctico en este caso.

1.2.11. TRANSMISIÓN DE POTENCIA (CAJA DE VELOCIDADES)

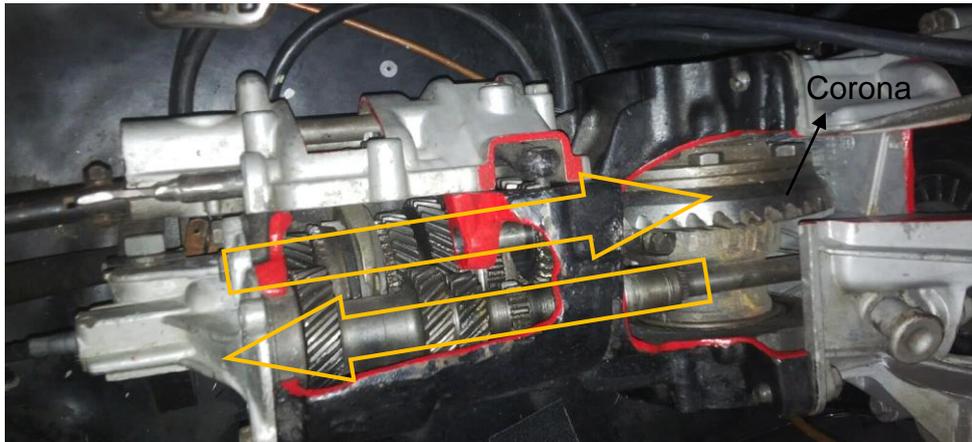


Figura 12. Caja de cambios de motor simca.

A pesar de que no es un sistema vital para el funcionamiento del motor de combustión interna, es un sistema necesario para el aprovechamiento de la energía entregada por el motor, en ella se encuentran un eje de entrada de movimiento o tren fijo ya que en él se hallan solidarios los piñones y uno de salida en el cual los piñones son ensamblados de forma libre y transmitirán potencia solo si a través de un sincronizador o acople que lo deje fijo y lo obligue a transmitir la potencia hasta un diferencial de piñón y corona encargado de entregarle el movimiento a las bandas de rodadura. En esencia una transmisión se usa para disminuir las revoluciones del motor y aumentar el torque, de esta forma se puede transportar una carga y dependiendo del régimen se podrá subir un cambio para generar mayor velocidad, claro está sacrificando el torque.

2. ESPECIFICACIONES MOTOR SIMCA

Para el desarrollo de este trabajo de grado se contó con un motor de combustión interna de simca 1000 cc seccionado presente en el laboratorio de motores de la Universidad Tecnológica de Pereira. Al revisar más de cerca el motor se encontró que estaba atascado y oxidado, el uso había alterado la funcionalidad de los pistones, la caja de cambios aparentaba tener dos cambios accionados de forma simultánea, no poseía cables de alta y las conexiones de la bobina al distribuidor no eran correctas, en resumen, sus partes eléctricas estaban en su mayor parte removidas y las que se encontraban disponibles presentaban desgaste, rigidez, y conexiones erróneas. También se encontró que la pintura usada en el banco se deterioró y se hallaba manchada, por otro lado el motor reductor que accionaba el motor no giraba, debía ser revisado.

TABLA 2.1. ESPECIFICACIONES DEL MOTOR SIMCA

| | |
|---------------------------------|---|
| Tipo | Refrigerado por agua, 4 tiempos, 4 cilindros en línea |
| Diámetro x carrera | 68mm x 65mm |
| Pistón | 944 cc |
| Relación de compresión | 9,4 |
| Potencia máxima | 41,4 HP |
| Dirección de rotación | Sentido anti horario, visto desde (polea cigüeñal) |
| Sistema de refrigeración | Líquido refrigerante |
| Lubricación | Bomba desplazamiento positivo |
| Lubricante | Aceite del motor SAE 20 w 40 |
| Carburador | Horizontal, tipo flotador |
| Combustible | Gasolina |
| Capacidad tanque | Aproximadamente 42 litros |
| Sistema de encendido | Platinos |
| Bujía | Bosch W160T2 —Champion N 7 Y o 9Y |



Figura 13. Estado del motor de combustión interna antes de ser restaurado

3. PUESTA A PUNTO DEL MOTOR

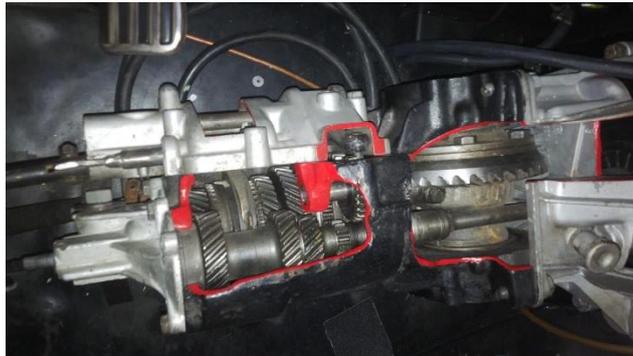


Figura 14. Transmisión ensamblada

Se realiza desensamble de la caja de cambios, para retirar la grasa reseca y descompuesta se realiza limpieza, posteriormente se realiza trabajo de pintura, en donde se resaltan los cortes realizados en la carcasa de la transmisión, se ajusta sistema de cuñas para evitar que se metan varios cambios a la vez, luego se lubrican rodamientos y engranajes para facilitar su funcionamiento, posteriormente se realiza el ensamble de la transmisión.

Para restaurar el motor de simca 1000 cc que se encontró seccionado en el laboratorio de motores de la Universidad Tecnológica de Pereira se procedió de la siguiente manera.

Se desmonta el motor seccionado del banco y se transporta a un espacio apropiado para el desarme del mismo pieza por pieza, de esta forma efectuar una limpieza exhaustiva en el mismo, posteriormente, se separan la transmisión del motor, se realiza desmonte de la culata, ejes de levas y válvulas, se separan de igual forma el cigüeñal y los pistones.

Posteriormente se realiza revisión y limpieza de las piezas del motor para realizar trabajo de pintura, el cual será la forma en que se diferenciarán los sistemas de lubricación, refrigeración, así como las cámaras por las cuales pasarían la mezcla aire-combustible y los gases de escape.

Se realiza lubricación en las juntas de los pistones, así como en las bielas, se instalan los casquetes de biela y de bancada, se instala el cigüeñal y se da torque de apriete en la bancada, luego se introducen los pistones en las cámaras y se acoplan al cigüeñal, también reciben lubricación y el torque correspondiente, se hace instalación del eje de levas, el cual se desliza a través del bloque del motor, se pone en tiempo usando las marcas que por defecto se encuentran en un par piñones sujetos al cigüeñal y al eje de levas, de esta forma se garantiza que en el momento que en la chispa aparezca en la bujía la cámara estará sellada por las válvulas, la presión de los gases en expansión resultantes de la combustión forzara al pistón hacia abajo en la

cámara, luego el eje de levas hará que se abra la válvula de escape, lo que permitirá el flujo de los gases residuales hacia el exterior del motor, esto mientras el pistón sube hasta su punto muerto superior, cuando está allí se abrirá la válvula de admisión que permitirá el paso de mezcla aire gasolina, el pistón hará succión mientras es forzado a bajar por el cigüeñal luego la válvula de admisión se cerrara y el pistón subirá nuevamente al punto muerto superior realizando la compresión, así se reinicia el ciclo de Otto o de cuatro tiempos de un motor de combustión interna a gasolina.

En el siguiente paso se realiza el ensamble de la culata, allí se acoplaron las válvulas, se lubricaron, se les proporcionan los resortes y se pinan, posteriormente se ensamblan los balancines, y se les calibra la holgura de forma que el funcionamiento de las válvulas sea realista, posteriormente se introducen las varillas que transmitirán el movimiento desde el eje de levas hasta los balancines y se acopla la culata y se le da apriete.



Figura 15. Culata con ensamble completo instalada en el motor de combustión interna.

Por último se instalan la bomba de aceite, en la parte inferior del motor, luego se instalaran el cárter y la tapa válvulas, se realiza prueba de giro del motor para verificar que no se atasque y se acopla la volante y el embrague al cigüeñal, por último se instala la transmisión al motor.

Se acoplan los múltiplos de admisión y escape, posteriormente irá al banco.

Reparamos el banco (poniendo las ruedas, soldando y pintándolo) también reparando el exterior de este con triplex.

Se reemplaza la bobina de encendido, y el condensador por un módulo que amplifica la señal que viene desde el distribuidor buscando actualizar el sistema de encendido.

Posteriormente se instala el motor reductor al cigüeñal para simular el movimiento del motor, instala una guarda de seguridad al mismo tiempo que un tensor para evitar el juego excesivo de la cadena.



Figura 16. Guarda de la cadencia con tensor instalados en el banco didáctico del motor.

4. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN EN EL MOTOR

4.1. INSTALACIÓN MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.



Figura 17. Vista inferior de múltiple de admisión a carburador.



Figura 18. Múltiple de admisión a gasolina.

Se realizó la instalación de un múltiple de admisión que se encontraba en el laboratorio de motores, a este le faltaba un inyector y la instalación eléctrica además de realizar la base idónea para el acople con el motor. Para esto se cortó la antigua base del múltiple de admisión que se instalaría en el motor de combustión interna a gasolina didáctico, Se realizó un esquema de la base del múltiple basado en el múltiple antiguo, se cortó con plasma, luego, se soldó al nuevo múltiple de admisión, de esta forma se acoplo el nuevo múltiple de admisión.



Figura 19. Múltiple de admisión sistema de inyección electrónica.

También se realizó la instalación de un sensor MAP, por último se instala una toma de vacío para un regulador de presión de combustible que se instalará posteriormente.



Figura 20. Sensor MAP instalado en el múltiple de admisión

4.2. INSTALACIÓN SONDA LAMBDA.



Figura 21. Instalación de sonda lambda en múltiple de escape.

Para la instalación de la sonda lambda se usó un sensor de oxígeno descartado por presentar fallas, se usó una tuerca con el paso de rosca correspondiente al del sensor la cual se soldó al tubo de escape para acoplar el sensor y por último se realizó un agujero que permitirá la visualización del sensor en el interior del tubo de escape, por último se instala el tubo de escape en el motor de combustión interna a gasolina didáctico.

4.3. INSTALACIÓN ECU Y REALIZACIÓN DEL RAMAL



Figura 22. Conexión de los inyectores hacia el ramal

Se usó una ECU presente en el laboratorio de motores de la Universidad Tecnológica de Pereira, desde la ECU se tomaron las terminales de los cables y se extendieron hasta empalmarlos con los sensores correspondientes en el motor, para representar el ramal que se encontraría en un motor convencional se aislaron se ajustaron a los soportes del motor.



Figura 23. Ramal en proceso de fabricación.

4.4. INSTALACIÓN SENSORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

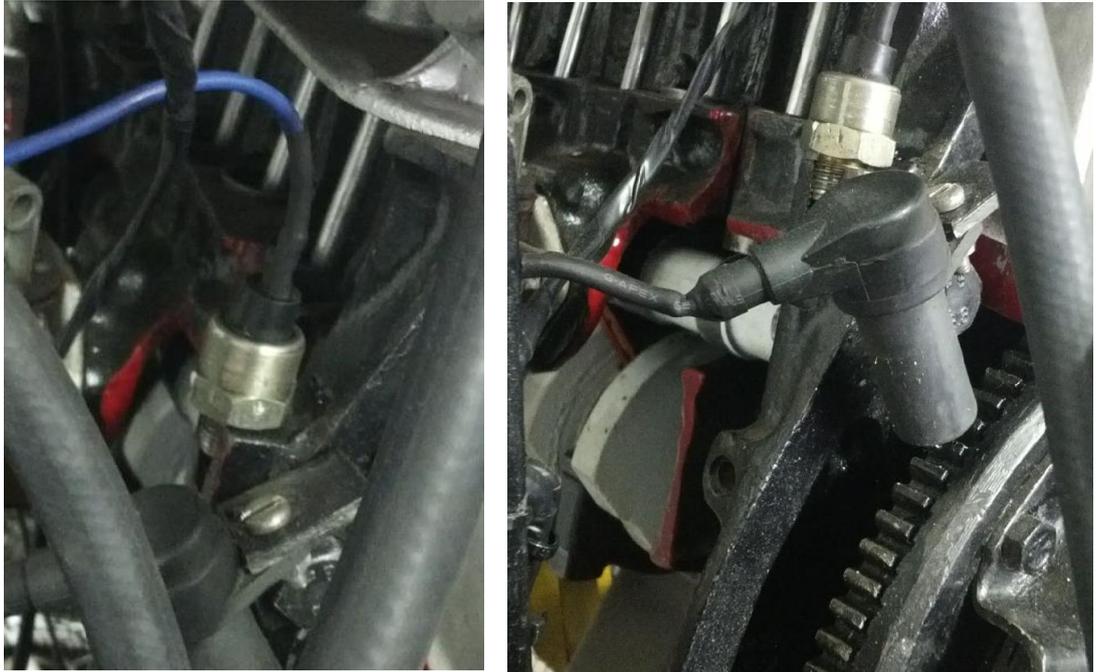


Figura 24. Sensores de presión de aceite y sensor de posición de cigüeñal.

Para instalar los sensores necesarios para reproducir un sistema de inyección electrónica se usaron algunos espacios que por defecto se encuentran en el motor para censar los parámetros de funcionamiento, sin embargo la forma en que miden esos parámetros ha cambiado, dejó de ser análoga y se volvió electrónica, de este modo las señales provenientes de los sensores de temperatura, presión de aceite, fueron conectados a la ECU a través del ramal, y sensores que no vinieron por defecto en el motor debieron ser instalados realizando las modificaciones necesarias en el motor de combustión interna a gasolina didáctico, como fue el caso del sensor de posición de cigüeñal (CKP), para el cual se realizó una base y se acoplo al bloque de forma que el sensor quedase lo más cerca posible de la volante, igualmente se realizó la conexión eléctrica al ramal y de allí a la ECU, también se realizó la instalación del sensor MAP en el múltiple para lo cual se realizó un agujero de forma que el sensor se acoplara de forma ajustada, se realizó también la instalación eléctrica de este sensor hasta el ramal y de allí directamente a la ECU, además, se usa un sensor de posición de mariposa que se encontraba en el múltiple de admisión que se acoplo previamente al motor de combustión interna a gasolina didáctico el cual se conectó al ramal y así a la ECU, próximos al sensor TPS se encuentran los inyectores los cuales se conectaron directamente a la ECU a través del ramal.

4.5. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE.



Figura 25. Sistema de alimentación de combustible.

Para la instalación del sistema de alimentación de combustible se instaló un regulador de combustible, una bomba de combustible, un filtro de combustible y se unieron usando mangueras, una manquera principal que va desde la bomba de combustible hasta el riel de inyectores pasando primero por el filtro de combustible, de allí se unió al regulador, luego de vuelta al tanque de combustible.

5. CONCLUSIONES

- Se restauró una herramienta importante para el estudio de un motor de combustión interna.
- Se realizó la instalación de un sistema de inyección electrónica en un motor que originalmente fue alimentado por un carburador para actualizarlo.
- Se realizó instalación eléctrica de los sensores que usa un sistema de inyección electrónica.
- Se adecuó el banco en el que fue montado el motor de combustión interna didáctico para facilitar su movilidad.
- Se adecua conexión eléctrica trifase para el uso del motor reductor.
- Se adecua sistema de transmisión de movimiento desde el motor reductor hasta la polea del cigüeñal en el motor de combustión interna didáctico para simular su movimiento.
- Usando esta herramienta se facilita la difusión del conocimiento de los sistemas que contiene un motor de combustión interna y sus funciones específicas.

6. RECOMENDACIONES

- Lubricar las piezas del motor con regularidad para evitar su oxidación y el desgaste por fricción.
- Asegurarse de que no se encuentren objetos que obstaculicen el movimiento normal del motor para evitar atascamientos.
- Evitar el contacto físico con el motor durante el proceso de encendido y el tiempo en el que se encuentre en movimiento.
- Evitar usar prendas que se puedan enredar en las piezas móviles del motor.
- Apagar el motor reductor desde el switch instalado en el banco antes de desconectarlo del suministro de energía.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Introduction to Internal Combustion Engines tercera edición [Richard Stone]
- Motores de Combustión Interna Análisis y Aplicaciones por Edward F. Obert
- Motores a Gasolina Mecanismos y Sistemas por Carlos Alberto Romero P. y Aristóbulo Mejía E.
- Manual Haynes De Diagnostico De Inyección De Combustible por Mike Stubblefield y John H. Haynes