

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

TESIS  
MANUAL DE LOS COMPONENTES BASICOS DEL  
TRACTOR AGRICOLA

POR  
JAVIER ARMANDO VASQUEZ PEREZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA, COMO INGENIERO AGRONOMO  
EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE 2008

UNIVERSIDAD DE SANCARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS Y AMBIENTALES

IIA

MANUAL DE LOS COMPONENTES BASICOS DEL  
TRACTOR AGRICOLA

JAVIER ARMANDO VASQUEZ PEREZ

GUATEMALA, OCTUBRE 2008

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR:

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

## JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez
Vocal primero	Ing. Agr. Walter Nufio Reyes
Vocal segundo	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria
Vocal tercero	Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardon Avila
Vocal cuarto	Bachiller Rigoberto Morales Ventura
Vocal quinto	Bachiller Miguel Armando Salazar Gomez
Secretario	Ing. Agr. Edwin Enrique Cano Morales

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2008

Guatemala Octubre de 2008

Honorable Junta Directiva  
Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables representantes:

De conformidad con las normas establecidas por la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo honor de someter a su consideración el presente trabajo de tesis titulado: **MANUAL DE LOS COMPONENTES BASICOS DEL TRACTOR AGRICOLA.**

Como requisito previo a optar el titulo de ingeniero Agrónomo en el grado académico de licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando que el presente trabajo satisfaga los requerimientos necesarios para su aprobación, me es grato de antemano agradecerles su atención prestada.

Atentamente:

Javier Armando Vásquez Pérez

ACTO QUE DEDICO:

- A DIOS: Supremo creador, inagotable fuente de toda clase de vida. Quien derrama sus bendiciones diarias a mi vida.
- MIS ABUELITAS: Audelia Maldonado (QPD).  
Julia Reyes (QPD).  
Por su cariño y abnegación.
- MIS PADRES: Samuel Eleazar Vàsquez Maldonado  
Elizabeth Julia Pèrez Reyes.  
Como una pequeña recompensa a sus esfuerzos y sabios consejos.
- MIS HIJOS: Ileana Julia y Juan Javier.  
Por ser mi fuente de inspiración diaria.
- MI ESPOSA: Dra. Alcira Carlota Cifuentes  
Por su constante apoyo.
- MIS HERMANOS: Samuel, Percida, Ileana, Siomara.  
Con especial cariño.
- MIS SOBRINOS: Daniel, Ricardo, Amy, Jazmin.  
Por su alegría e incondicional cariño.

## AGRADECIMIENTOS:

Ing. Agr. MSc. Víctor Hugo Méndez

Por haber creído y tenido confianza en la realización de este proyecto, el cual sin sus constantes aportes técnicos y ayuda incondicional no se hubiera podido realizar.

Ing. Agr. Rolando Lara Alecio.

Por su invaluable aporte a la realización del presente proyecto.

Lic. MSc. Carlos Córdoba Castillo.

Por su tiempo dedicado en la diagramación del presente documento.

Bach. Jaime Rodas Vásquez.

Por su colaboración en la elaboración del modelo del automotor.

“Porque mejor es la sabiduría que las piedras preciosas; y todo cuanto se pueda desear no es de compararse con ella”  
Proverbios 8:11.

## INDICE

	Índice de figuras .....	vii
1	Introducción .....	1
2	Planteamiento del problema.....	2
3	Marco teórico.....	3
3.1	El motor.....	5
3.1.1	Tiempos o carreras del pistón.....	6
3.1.1.1	Carrera de admisión.....	6
3.1.1.2	Carrera de compresión.....	6
3.1.1.3	Carrera de explosión y fuerza o trabajo .....	7
3.1.1.4	Carrera de escape .....	7
3.1.2.	Partes internas del motor .....	9
3.1.2.1	Block o monobloque .....	9
3.1.2.2	Mecanismo de biela y manivela con pistón.....	9
3.1.2.3	Camisa del cilindro .....	9
3.1.2.4	Pistón.....	9
3.1.2.5	Biela.....	9
3.1.2.6	Anillos (aros de pistón).....	9
3.1.2.7	Eje cigüeñal.....	10
3.1.2.8	Culata (cabeza de cilindros).....	10
3.1.2.8.1	Válvulas de admisión y escape .....	10
3.1.2.8.2	Guía de válvula .....	10
3.1.2.8.3	Resortes de las válvulas.....	10
3.1.2.8.4	Seguros y reten del resorte de la válvula.....	10
3.1.2.8.5	Buzos o taques (levantaválvulas).....	10
3.1.2.8.6	Varillas de empuje y balancines .....	10
3.1.2.8.7	Tapa del mecanismo de válvulas .....	10

3.1.2.8.8	Eje de Levas (árbol de levas) .....	10
3.1.2.9	Cojinetes, tejas o chumaceras centrales y de biela.....	12
3.1.3	Conjunto externo del motor.....	12
3.1.4	Diferentes sistemas del motor de combustión interna .....	13
3.1.4.1	Sistema de admisión.....	13
3.1.4.1.1	Prelimpiador o prefiltro.....	13
3.1.4.1.2	Depurador o filtro de aire .....	13
3.1.4.1.3	Válvula de admisión .....	13
3.1.4.1.4	Múltiple de admisión.....	13
3.1.4.1.4	Turbo cargador.....	13
3.1.4.1.5	Intercooler.....	14
3.1.4.2	Sistema de escape .....	14
3.1.4.2.1	Múltiple de escape .....	14
3.1.4.2.2	Tubería de escape .....	14
3.1.4.2.3	Convertidor catalítico.....	14
3.1.4.2.4	Silenciador.....	14
3.1.4.3	Sistema de combustible diesel.....	15
3.1.4.3.1	Depósito de combustible (tanque de combustible).....	15
3.1.4.3.2	Bomba de transporte (transferencia ó cebadora).....	15
3.1.4.3.3	Tuberías de conducción.....	15
3.1.4.3.4	Filtros de combustible.....	16
3.1.4.3.5	Bomba de inyección.....	16
3.1.4.3.5. A.	Bomba lineal.....	17
3.1.4.3.5. B.	Bomba rotativa.....	17
3.1.4.3.6	Inyectores.....	18
3.1.4.3.7	Common-Rail, (Riel común o presión constante).....	18
3.1.4.4	Sistema de combustible de gasolina.....	20
3.1.4.4.1	Bomba mecánica de gasolina.....	20

3.1.4.4.2	Bomba eléctrica de gasolina.....	21
3.1.4.4.3	Tuberías de conducción de combustible.....	21
3.1.4.4.4	Filtros de combustible.....	21
3.1.4.4.5	Carburador.....	21
3.1.4.4.6	Inyección electrónica.....	21
3.1.4.5	Sistema de enfriamiento.....	22
3.1.4.5.1	Bomba de agua .....	22
3.1.4.5.2	Radiador.....	23
3.1.4.5.3	Tapón de radiador.....	23
3.1.4.5.4	Termostato.....	23
3.1.4.5.5	Ventilador o hélice.....	23
3.1.4.5.6	Mangueras.....	23
3.1.4.5.7	Líquido refrigerante.....	23
3.1.4.5.8	Indicador de temperatura .....	23
3.1.4.6	Sistema de lubricación .....	24
3.1.4.6.1	Carter (aceitera).....	25
3.1.4.6.2	Colector de aceite (pichacha).....	25
3.1.4.6.3	Bomba de aceite y regulación de la presión.....	25
3.1.4.6.4	Filtros de aceite .....	25
3.1.4.6.5	Indicadores de presión de aceite .....	26
3.1.4.6.6	Lubricante (aceite del motor).....	27
3.1.4.7	Sistema eléctrico.....	28
3.1.4.7.1	Generador (alternador).....	28
3.1.4.7.2	Regulador de voltaje y amperaje.....	28
3.1.4.7.3	Acumulador (batería).....	29
3.1.4.7.4	Motor de arranque (estarter) .....	29
3.1.4.7.5	Solenoide.....	30
3.1.4.7.6	Interruptor de encendido (switch) .....	30

3.1.4.7.7	Bobina de encendido .....	31
3.1.4.7.8	Distribuidor de encendido .....	31
3.1.4.7.9	Encendido electrónico .....	31
3.1.4.7.10	Bujías de encendido .....	32
3.1.4.7.11	Cableraje.....	32
3.1.4.7.12	Amperímetro.....	32
3.2	El sistema de embrague .....	33
3.2.1	Volante.....	33
3.2.2	Plato opresor, prensa (canasta).....	34
3.2.3	Collarín .....	34
3.2.4	Disco del embrague .....	34
3.3	Caja de cambios de velocidad.....	36
3.3.1	Sincronizadores.....	36
3.3.2	Horquilla de cambio .....	36
3.3.3	Eje principal de entrada (propulsor o eje de embrague). .....	36
3.3.4	Contraeje (carrizo).....	36
3.3.5	Eje de salida (eje selectivo).....	37
3.3.6	Engranés de salida .....	37
3.3.7	Acoplamiento de cambio .....	37
3.3.8	Palanca de cambios.....	38
3.3.9	Rodamientos (cojinetes) .....	38
3.3.1	Caja de cambios.....	38
3.3.1.1	Eje de la transmisión o cardan .....	38
3.4	Diferencial (catarina) .....	38
3.4.1	Yugo del piñón diferencial .....	39
3.4.2	Piñón de la transmisión.....	39
3.4.3	Engrane o engranaje corona .....	39
3.4.4	Caja o soporte diferencial .....	39

3.4.5	Cojinetes (rodamientos) laterales de la caja o soporte del diferencial....	39
3.4.6	Eje de satélites o eje de planetarios.....	39
3.4.7	Engranés o engranajes planetarios .....	40
3.4.8	Engranés laterales del eje .....	40
3.4.9	Ejes motrices .....	40
3.4.10	Carcasa del eje trasero.....	40
3.4.11	Bloqueo o traba del diferencial .....	40
3.4.12	Toma fuerza.....	40
3.4.12.1	P.T.O. Accionado por la transmisión o caja de velocidades.....	40
3.4.12.2	P.T.O. Del motor o independiente.....	41
3.4.12.3	P.T.O. Sincronizada al eje secundario o de funcionamiento continuo.....	41
3.4.13	Sistema hidráulico del tractor.....	42
3.5	Mantenimiento general del tractor agrícola.....	45
3.5.1	Cuidados diarios.....	45
3.5.2	Cuidados semanales (cada 50 ó 60 horas de trabajo).....	45
3.5.3	Cuidados cada 100 horas (cada dos semanas de trabajo).....	45
3.5.4	Cuidados mensuales (cada 200 ó 220 horas de trabajo).....	45
3.5.5	Cuidados temporales (cada 1000 horas de trabajo).....	45
3.5.6	Cuidado anual (cada 2000 horas de trabajo).....	47
3.5.7	Ajustes que se pueden hacer en el campo.....	47
3.5.8	Ajustes que deben hacerse en el taller.....	49
3.5.9	<i>Principales averías y posibles causas</i> .....	49
4	Objetivos.....	51
4.1	Objetivo general .....	51
4.2	Objetivos específicos.....	51
5	Metodología.....	52
5.1	Desarmado del automotor .....	52
5.2	Armado de la parte interna del motor .....	52

5.2.1	Limpieza del block del motor.....	52
5.2.2.	Inspección del block.....	52
5.2.3.	Servicio a los cojinetes principales de motor .....	52
5.2.4.	Servicio a bielas, pistones y anillos .....	52
5.2.4.	Servicio al eje cigüeñal y eje de levas .....	52
5.2.5.	Servicio a la culata.....	53
5.2.5.1.	Limpieza de culata.....	53
5.2.5.2.	Inspección de la culata.....	53
5.2.5.3.	Inspección de las válvulas de admisión y escape .....	53
5.2.5.4.	Servicio al tren de balancines.....	53
5.2.6.	Servicio al sistema de distribución.....	53
5.2.7.	Servicio al sistema de lubricación.....	53
5.3.	Parte externa del motor .....	53
5.3.1.	Sistema de enfriamiento: mangueras y abrazaderas.....	53
5.3.2.	Sistemas de admisión y escape .....	53
5.4.	Caja de velocidades.....	54
5.5.	Diferencial y mando de ruedas .....	54
6.	Resultados y discusión.....	55
7.	Conclusiones.....	57
8.	Bibliografía.....	58
9.	Apéndice.....	59

## Índice de figuras

Figura 1	El tractor agrícola y sus partes .....	4
Figura 2	Esquema de funcionamiento del tractor agrícola.....	5
Figura 3	Tiempos o carreras del pistón .....	8
Figura 4	Partes internas del motor de combustión interna .....	11
Figura 5	Partes internas y externas del motor .....	12
Figura 6	Sistema de combustible diesel utilizando bomba de diesel rotativa.....	16
Figura 7	Bomba lineal de diesel y sus partes .....	17
Figura 8	Inyector de diesel y sus partes .....	18
Figura 9	Sistema common riel.....	19
Figura 10	Sistema de admisión, de escape y de combustible gasolina.....	20
Figura 11	Sistema básico de inyección electrónica.....	22
Figura 12	Sistema de enfriamiento.....	24
Figura 13	Sistema de lubricación.....	26
Figura 14	Recorrido del aceite en el filtro .....	27
Figura 15	El alternador y sus partes .....	28
Figura 16	Motor de arranque (estárter).....	29
Figura 17	Sistema de encendido .....	30
Figura 18	Sistema de encendido electrónico.....	31
Figura 19	El sistema eléctrico del tractor .....	33
Figura 20	Tren de potencia del tractor .....	34
Figura 21	Sistema de embrague de resortes .....	35
Figura 22	Caja de cambios de velocidad y sus partes .....	37
Figura 23	El movimiento del cardan y sus partes .....	38
Figura 24	El diferencial del tractor y sus componentes .....	39
Figura 25	Sistema hidráulico del tractor.....	43
Figura 26	Automotor identificado con sus principales partes.....	56
Figura 27 A	Piezas del motor diferencial y embrague desarmadas.....	59
Figura 28 A	Caja de velocidades diferencial listos para limpieza.....	59
Figura 29 A	motor limpio listo para inspección ajuste y armado.....	60
Figura 30 A	Caja de velocidades limpia y armada .....	60
Figura 31 A	Motor embrague caja de velocidades y transmisión .....	61
Figura 32 A	Tren de potencia listo para instalación .....	61

## MANUAL DE LOS COMPONENTES BASICOS DEL TRACTOR AGRICOLA

## MANUAL OF THE BASIC COMPONENTS OF THE AGRICULTURAL TRACTOR

### RESUMEN

En la actualidad el uso de automotores en las actividades diarias es cada vez más frecuente, son utilizados tanto en el comercio como la industria y la agricultura, las tareas son facilitadas con el uso de los automotores, ya que al utilizar combustibles ya sea gasolina, diesel u otros combustibles, se puede generar la energía necesaria para llevar a cabo diversas tareas en términos menores de tiempo y aumento en la producción. Los automotores tienen un mecanismo similar de trabajo a los tractores agrícolas, basan la generación de energía en la utilización de combustible en un motor de combustión interna, que se refiere a un automóvil, un vehículo de transporte, un camión de carga, un vehículo de transporte pesado o un tractor utilizado en las labores agrícolas. Debido a la importancia y a la creciente demanda que ha adquirido la mecanización agrícola en las tareas del campo, tanto el agricultor, el estudiante, el docente, y el profesional necesitan conocer el funcionamiento y el manejo de la maquinaria con la que se va a trabajar.

El tractor agrícola es la primera máquina y las pocas que en muchos siglos se diseñaron para trabajar la tierra. A partir de ese momento la extensión de la superficie trabajada creció porque es la energía generada por un motor de combustión interna la utilizada en el esfuerzo para llevar a cabo las tareas en el campo agrícola. Las tareas desarrolladas por un tractor son diversas y van desde preparación de suelos o labranza, siembra, fertilización, mecanización, aplicación de pesticidas, cosecha, transporte, almacenamiento, generación de energía eléctrica, desarrollo de fuerza, tiro, tracción y potencia.

El presente manual abarca en forma sencilla los aspectos básicos de la enseñanza práctica y técnica, este divide el tractor agrícola en sus partes elementales que son: motor, embrague, caja de cambios de velocidad, diferencial, toma de fuerza y sistema hidráulico. A la par de describir las partes básicas de que consta el tractor agrícola en un manual de consulta y apoyo al estudiante y docente, también desarrolló un modelo de automotor que comprende estas partes. Luego de localizar un automotor que esté completo, en buenas condiciones y apto para hacer demostraciones y diversas pruebas, se procede a desmontarlo completamente, hasta tener piezas por separado. Conforme se van describiendo las parte en el manual, se procede a limpiarlos completamente, aplicando solventes, utilizando abrasivos, eliminando sucio, corrosión, material de desgaste o partículas extrañas que estén en las partes, hasta quedar el material de fabricación expuesto y listo para aplicación de pintura y posterior montaje e identificación de cada una de las partes.

En el modelo adaptado para su exposición se realizaron cortes en forma de ventanas en lugares accesibles y visibles que permiten observar las partes internas móviles durante el trabajo de la mayoría de piezas y sistemas que trabajan en el automotor. Se puede observar cada una de las partes tanto internas como externas del motor de combustión interna, y la forma como realizan su trabajo. Es posible identificarlas de una manera fácil por los colores que posee cada una de estas. Se instala una manivela en la parte frontal del motor y al girarla se mueve la mayoría de las partes del automotor, simulando el trabajo que realiza bajo condiciones de trabajo normal.

El sistema de embrague está totalmente identificado y es posible observar todas sus partes, su función y la manera como trabajan. Con aplicar una pequeña fuerza en el pedal, se observa el sistema; como se realiza el embrague y desembrague y sus partes.

En la caja de cambios de velocidad se observan todas las partes que lo integran, ya que es fácil identificarlas. Al cambiar de velocidad se pueden realizar pruebas o ensayos como el aumentar o reducir las revoluciones con que trabaja el automotor, cambiar el sentido de giro o estar en neutro, para comprender el sistema y su trabajo.

El diferencial del modelo y sus partes se identifican fácilmente. Al simular el movimiento de trabajo normal, girando la manivela del motor, se observan sus componentes, función y la forma como trabajan. Se puede notar la baja o incremento de las revoluciones y la transformación del par motor a un ángulo de  $90^\circ$ , y la forma como se transfiere la fuerza a las ruedas.

Con la realización del presente trabajo se pretende tratar principalmente los aspectos básicos, sirviendo de material de consulta de los cursos de Mecanización Agrícola y Máquinas y Motores que se imparten actualmente en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de acuerdo con la especialidad que se imparta y las condiciones particulares de cada curso. Los docentes y estudiantes pueden complementar esta información básica con otra información y la experiencia obtenida en el campo de la docencia.

## 1. INTRODUCCION

En la actualidad un alto porcentaje de personas tienen relación con cualquier tipo de vehículo en sus actividades diarias. El Ingeniero Agrónomo no es la excepción debido a que su trabajo lo obliga a tener relación con cualquier clase de vehículos agrícolas, tractores agrícolas, o máquinas que trabajan con motores de combustión interna, por lo que es indispensable que adquiera los conocimientos básicos de las partes, el funcionamiento, el manejo, el mantenimiento preventivo y posibles causas de averías o descomposturas.

Es de hacer constar que el principio general de construcción y funcionamiento de un vehículo de uso en áreas urbanas es en un alto porcentaje al mismo utilizado en vehículos o tractores agrícolas, por lo que los conocimientos adquiridos al estudiar los componentes básicos como motor, embrague, caja de cambios y diferencial, sean aplicables a cualquier clase de vehículo. (4)

Enfocando en el campo agrícola, el tractor es la fuente principal para desarrollar energía en la producción agropecuaria, debido a su creciente demanda en los últimos tiempos de la producción agrícola. En la actualidad las tareas y labores de la actividad agrícola, industrial, comercial y de uso doméstico, requieren de energía mecánica utilizada en el tractor agrícola generada por un motor de combustión interna.

Esta energía transformada tiene varias aplicaciones en la agricultura; las tareas van desde transporte, mecanización de suelos, siembra, fertilización, riego, aplicación de pesticidas, generación de energía eléctrica, cosecha, procesamiento y almacenaje de los productos agrícolas. El uso de los tractores agrícolas cada vez más frecuente y mayor, permite que dichas tareas sean llevadas a cabo en términos de tiempo y costos menores y con un rendimiento mayor. El estudiante, el docente y el profesional de la carrera de agronomía debe tener conciencia de la importancia de conocer el funcionamiento y las partes de un tractor agrícola ya que en determinado momento estará bajo su mando y toma de decisiones del mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria agrícola, así como los trabajos principales a efectuarse en el momento de sufrir averías. La importancia de conocer el funcionamiento básico, las diferentes partes y sistemas que trabajan en los tractores agrícolas de combustible diesel y gasolina; sus principales diferencias, usos y aplicaciones.

El tractor agrícola consta principalmente de motor, que transforma energía química de un combustible en energía mecánica o potencia; embrague, encargado de conectar y desconectar el movimiento y fuerza, de la caja de cambios; aquí se obtienen diferentes velocidades y sentidos de giro, diferencial que es una combinación de engranajes en el mando de las ruedas traseras del tractor, que soportan su peso, y desarrollan tracción. (7)

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Universidad de San Carlos de Guatemala y la Facultad de Agronomía, tienen como fin fundamental trabajar en docencia e investigación y servicios para lograr el desarrollo de la sociedad guatemalteca. La tarea más importante de la Universidad de San Carlos de Guatemala es la docencia, y esta requiere de mucha inversión de energía y trabajo para modificarla y lograr que el proceso de enseñanza-aprendizaje se mejore en una forma adecuada y acorde a los tiempos actuales; por lo anterior cada sub-área y dentro de ellas cada curso debe modificar el proceso de enseñanza-aprendizaje, de tal forma que se le facilite al estudiante, tener contacto directo y objetivo de los contenidos estudiados.

En la Subarea de Ingeniería Agrícola se imparten los cursos de Mecanización Agrícola y el de Maquinas y Motores en los cuales hasta un 60% del curso, estudia las partes, funcionamiento, averías y mantenimiento del tractor agrícola. Para que exista un adecuado proceso didáctico de estos cursos es necesario que el estudiante, tenga contacto con las partes y observe el movimiento y algunas veces el funcionamiento de las partes o sistemas, ya que si se realizan de forma teórica es muy difícil comprender y procesar esa información abstracta.

Por lo anterior se propone que el trabajo de graduación sirva de beneficio al estudiante y al docente, ya que permite que el aprendizaje sea más eficiente y fácil de realizar. El trabajo de elaboración de tesis tuvo 2 etapas; la primera la elaboración de un manual de los componentes principales de un tractor agrícola que comprende: motor, embrague, caja de cambios, diferencial, mandos finales, toma de fuerza (P.T.O.) y sistema hidráulico. La segunda etapa residió en preparar las partes mencionadas de un automotor en forma de maqueta; ya que el tractor y el vehículo trabajan en forma similar. Desmontándose por partes, seccionando, separando realizando cortes especiales que permiten observar e identificar los componentes de las partes indicadas y a la vez se puede observar el movimiento, trabajo y función que realizan estas, ya que esto no se logra en un automotor que este en función o trabajo normal.

### 3. MARCO TEORICO

La evolución de la maquinaria agrícola en el siglo XX ha sido tan espectacular que de los tres grandes avances nacidos a lo largo de la maquinaria agrícola, dos de ellos podemos considerar que marcan el principio y el fin del siglo XX. El primer avance fundamental se dio el día que el hombre removía la tierra golpeándola con una herramienta tipo azada, decidió avanzar con ella introducida en el suelo venciendo la fuerza de tiro. Nació así el arado en un tiempo indeterminado en la prehistoria.

Esta primera máquina y las pocas que en muchos siglos después se diseñaron para trabajar la tierra estaban accionadas por esfuerzo muscular, ya fuera de hombres o animales de tiro. El siguiente paso decisivo que libra al hombre de cortar con fuerza muscular para trabajar en el campo se dio al aplicar a la agricultura la energía generada por motores que consumen combustibles. Aunque a lo largo del siglo XIX se construyeron máquinas de vapor estacionarias denominadas locomóviles que mediante un juego de cables y poleas conseguía tirar de los arados, su uso fue escaso y los agricultores no se liberaron de seguir con su collera de mulas o yunta de bueyes. Sin embargo la construcción del primer tractor con motor de combustión interna fue debida a Froelich en el año de 1892, que marca el inicio de la actual tractorización.

A partir de ese momento tanto el tamaño de la máquina como el de la superficie trabajada por un agricultor pudo crecer, porque es la energía de un motor la que realiza el esfuerzo necesario. El año de 1892 podemos considerarlo el inicio de la maquinaria agrícola.

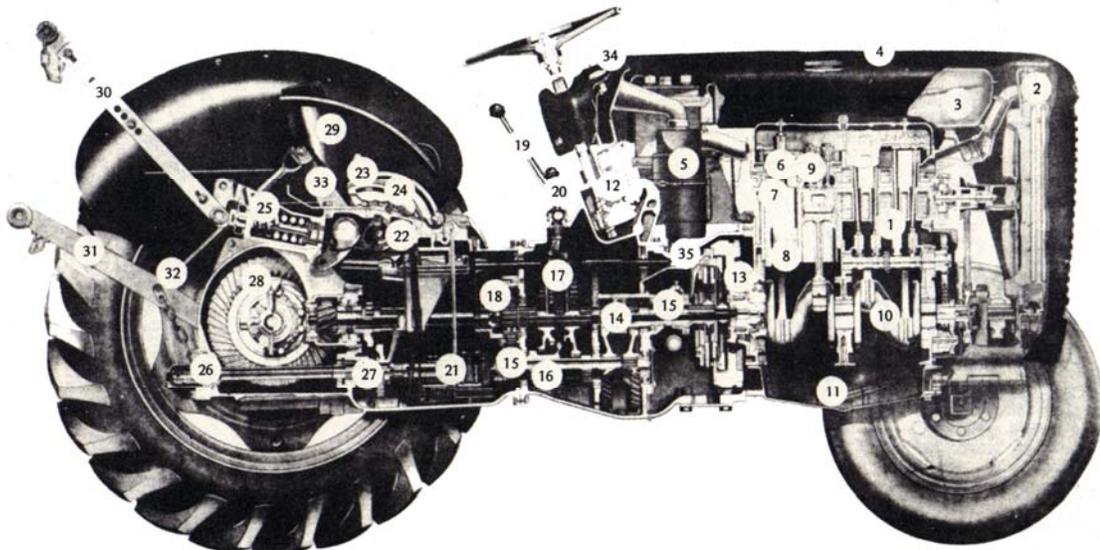
El primer tractor fue construido por Froelich, aunque en ese tiempo no se utilizaba la palabra "tractor" tenía un motor de gasolina de 20 CV, de un solo cilindro, y el conductor se colocaba en la plataforma delantera, con tracción trasera y dirección en la rueda delantera, capaz de moverse para adelante y para atrás, estaba construido para transmitir energía desde una gran polea. Pronto se vio la ventaja de tener tractores que consumían gasolina o diesel sobre la anterior técnica de generar energía en grandes locomóviles que quemaban carbón y necesitaban de abundante agua para transformarla en vapor.

En 1904, Holt inventó el tractor de cadena. Tenía cadenas motrices detrás y una rueda directriz delantera. En 1913 se introdujo el sistema de dirección mediante embrague y freno para cambiar de velocidad, de una cadena respecto de la otra.

Al acabar la primera guerra mundial los vehículos bélicos se reconvirtieron en tractores, con lo cual hizo que surgiera un gran número de fabricantes de tractores; entre las empresas que se habían dedicado a otro tipo de vehículos. En 1920 surgieron en Francia los primeros tractores estrechos y zancudos para trabajar en las viñas. La toma de fuerza se empezó a instalar en serie en 1918, y en 1922 se normalizó el tamaño, velocidad de giro y número de estrías que debían tener. En 1935 Ferguson inventó el sistema de elevador que permite regular a voluntad la altura, los brazos elevadores y adaptar la posición del apero a las condiciones de trabajo, en los años de 1930 empezó la instalación de neumáticos de baja presión. (11)

El tractor es la fuente principal para desarrollar energía en la producción agropecuaria, debido a la creciente demanda en los últimos tiempos de productos agrícolas los tractores cumplen con varios objetivos, que básicamente son: Desarrollo de tiro y tracción y Desarrollo de potencia. El tractor agrícola consiste en las siguientes partes básicas:

1. Motor de inyección diesel, de 4 tiempos
2. Radiador de tipo presurizado
3. Tanque de combustible
4. Cubierta de acceso al tanque de combustible, batería y radiador
5. Filtro de aire de tipo húmedo, centrifugado
6. Cámara de combustión con diseño cabeza de pistones para inyección directa
7. Camisa de tipo seco
8. Pistones de aleación de aluminio de baja expansión
9. Válvulas de escape de tipo rotativo
10. Cigüeñal de acero forjado balanceado dinámicamente
11. Lubricación de motor de tipo de presión o lubricación forzada
12. Mecanismo de dirección de engranes sinfín
13. Embrague de doble disco
14. Caja de cambio de velocidades para flecha demando de la transmisión
15. Bomba hidráulica y flecha de mando de la toma de fuerza
16. Tren general de movimiento en caja de velocidades
17. Transmisión de engranes deslizantes
18. Caja de engranes de flecha de salida de la transmisión
19. Palanca de cambio de velocidades de engranes
20. Palanca de cambio de rango o selector de velocidades (alta y baja)
21. Bomba hidráulica
22. Caja de válvulas y leva para operación del sistema hidráulico
23. Palanca de operación del sistema hidráulico
24. Palanca de control de tiro
25. Resorte de doble acción que permite al control de profundidad operarlas cargas de tensión y compresión
26. Toma de fuerza (P.T.O.)
27. Bloqueador del diferencial
28. Diferencial
29. Asiento del operador
30. Barra de compresión o tercer punto
31. Barra de tensión o brazos de tiro de tractor
32. Tirantes (izquierdo fijo, derecho ajustable)
33. Brazo de levante y horquilla
34. Tacómetro-odómetro
35. Interruptor de encendido o Switch



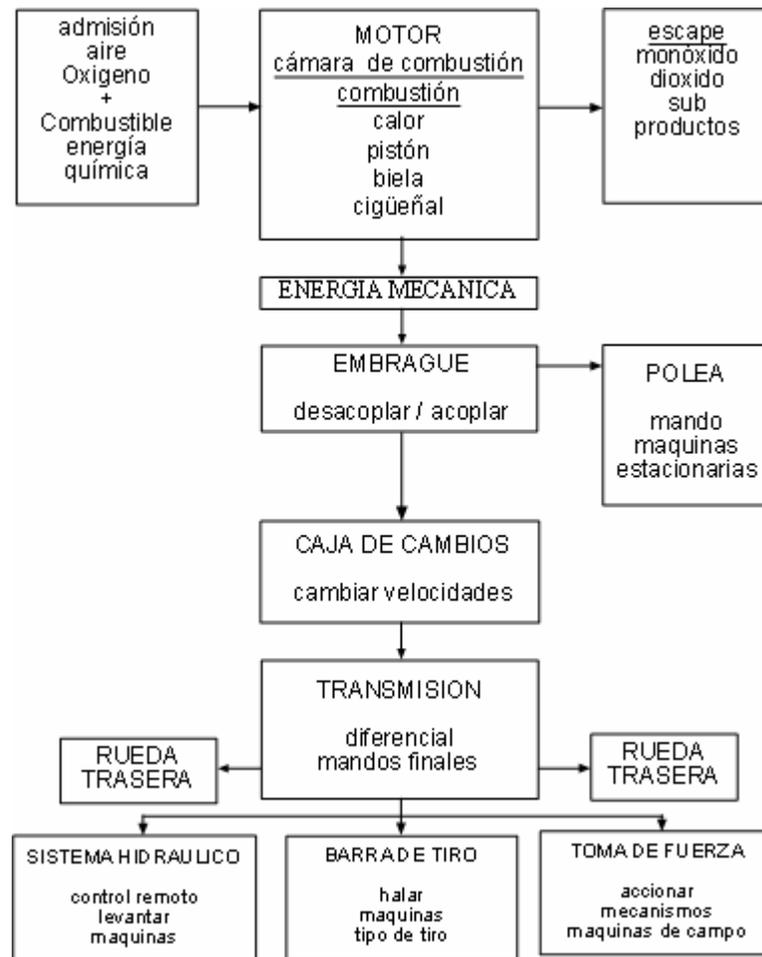
Fuente: Soto Molina S. 1983. Introducción al estudio de la maquinaria agrícola. (18)  
 Figura 1. El tractor agrícola y sus partes.

**El motor**, que genera energía derivada de una mezcla de aire y combustible, esta energía se llama potencia.

**El sistema de embrague** Mediante el cual el eje cigüeñal del motor, conecta o desconecta el paso de energía o movimiento al eje de mando de la caja de cambios.

**La caja de cambios**, donde se pueden obtener diferentes velocidades y torques o sentidos de giro para el avance del tractor.

**Diferencial**, con mandos finales que transfiere la potencia o energía mecánica hacia las ruedas traseras del tractor. (8)



Fuente: Arnal Ataresa, PV. 1996. Tractores y motores agrícolas. (2)

Figura 2. Esquema del funcionamiento del tractor agrícola.

### 3.1 EL MOTOR

Actualmente los motores de los tractores son de combustión interna, es decir que el proceso de la combustión se efectúa en el interior del motor. Lo más común en motores agrícolas son los motores de cuatro cilindros, que son en realidad cuatro motores de un cilindro unidos en un solo bloque. Generalmente se utiliza combustible gasolina o diesel, por eso se les llama “motores a gasolina” o “motores a diesel”. Ambos tipos de motores funcionan con el mismo principio y el mismo ciclo de operación. Los motores de

los tractores y la maquinaria agrícola son en su mayoría del tipo de cuatro cilindros, aunque existen de tres y de seis cilindros. (9)

El principio de funcionamiento de un motor de combustión interna, está basado en el cambio físico-químico operado en los cilindros, al convertir el calor que produce la combustión de los gases en fuerza mecánica. Al efectuarse la explosión de los gases se transforma en fuerza mecánica. Después de recibir el chispazo de la bujía empujan los pistones hacia abajo y hacen girar el motor por medio de las bielas y el cigüeñal. El ciclo completo es efectuado durante cuatro carreras sucesivas del pistón o embolo por medio de dos revoluciones completas del cigüeñal. (1)

### **3.1.1 Tiempos o carreras del pistón:**

Admisión. 2. Compresión. 3. Explosión o Fuerza 4. Escape.

Para que los cuatro tiempos del motor puedan llevarse a cabo es necesario que haya un impulso inicial, dado por el motor de arranque. Siguen las explosiones sucesivas sobre la cabeza de un pistón, ayudado por un volante y contrapesos, que facilitan el movimiento giratorio de un eje cigüeñal; esto permite el paso de los otros tres tiempos del émbolo y para que la explosión pueda producirse es necesario que en la cámara de combustión exista un combustible en forma de vapor, mezclado con el aire, en esto interviene en el caso del motor a gasolina (encendido por chispa ech.), el carburador, que tiene la misión de convertir el combustible líquido atomizado y gasificado con el aire, formando una mezcla en una proporción de 15 partes de aire por una de combustible. Esta cantidad de aire proporciona una mezcla equilibrada con suficiente oxígeno para lograr una perfecta y limpia combustión.

En el caso de motor a combustible diesel (encendido por compresión ec.), se admitirá en el cilindro solo aire, el cual se comprime y calienta a elevadas temperaturas y el combustible será inyectado a alta presión completamente atomizado y distribuido dentro del cilindro, función que cumple la bomba de inyección y los inyectores.

#### **3.1.1.1 Carrera de admisión: operaciones:**

El pistón se mueve hacia abajo, mientras un eje cigüeñal gira 180°, o sea media revolución. La válvula de admisión es abierta, por el giro del eje de levas y la acción del mecanismo de la válvula. Mientras el pistón se mueve hacia abajo, entra oxígeno con aire y combustible por succión en el cilindro a través del tubo de admisión en motores a gasolina. La entrada a la cámara de combustión es acelerada por vacío o succión creada por el descenso del pistón.

Luego de esta primera carrera o ciclo, la válvula de admisión se cierra. En el cilindro entre la culata y el pistón, se encuentra una cantidad de aire con oxígeno. La potencia del motor depende directamente de esa cantidad de oxígeno. Por esto se clasifican los motores según el volumen de aire o gas.

En el motor a diesel, solamente ingresa aire por el tubo de admisión, sin combustible, siendo este inyectado posteriormente.

**3.1.1.2 Carrera de compresión:** El pistón en esta etapa se encuentra en carrera ascendente y consta de las siguientes operaciones:

- El eje cigüeñal gira media vuelta hacia arriba.
- El pistón se mueve hacia arriba.
- El eje cigüeñal hace girar al eje de levas 90°. La válvula de admisión y escape están cerradas.

- **En el motor a gasolina (ech)**, por la diferencia de presión, (presión atmosférica negativa del cilindro) o vacío creado, entra la mezcla combustible-aire al cilindro.
- Se calienta la mezcla de combustible-aire y se gasifica por la compresión, facilitando su combustión.
- Aumenta el poder explosivo.

Debido a la alta temperatura se gasifica la mezcla de aire y combustible. La gasificación extrae calor y al bajar la temperatura en la cámara de combustión, provoca una disminución de la presión respecto de la compresión dentro del cilindro. Como consecuencia, el aire succionado del cilindro hacia adentro de la cámara de combustión, causando una turbulencia que favorece una adecuada mezcla y gasificación.

- **En el caso de motores a diesel (ec)**, el aire se va comprimiendo dentro del cilindro y la cámara de pre combustión.
- El aire se va comprimiendo y se va calentando.
- Debido a la alta reacción de compresión de 16:1 a 24:1 (oxígeno: combustible), el aire se calienta considerablemente.

En el motor de combustión diesel se dan las mismas operaciones que en el motor a gasolina, a diferencia de que el aire se comprime a una presión mucho más elevada en una cámara de pre combustión y el aire se calienta a una temperatura extremadamente elevada.

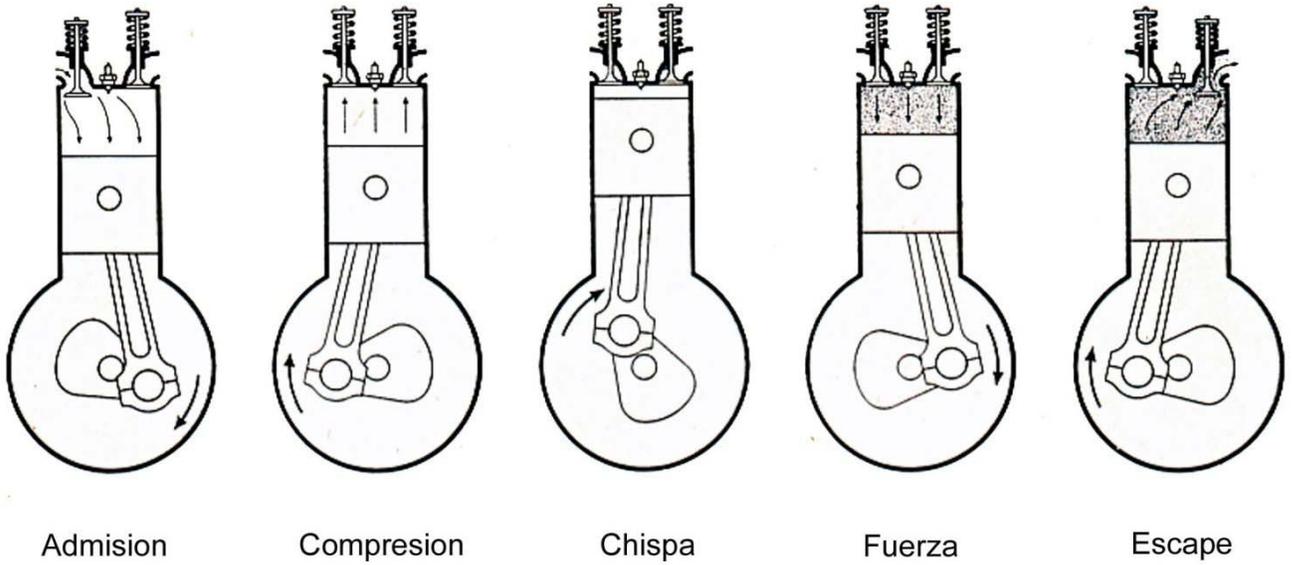
**3.1.1.3 Carrera de explosión y fuerza o trabajo:** Al final de la carrera de compresión, el pistón llega al punto máximo en su carrera de compresión, se inicia la combustión y la carrera descendiente de expansión de los gases. Esta se llama carrera de fuerza o trabajo, porque es en realidad ésta la que produce la energía mecánica. Consta de las siguientes operaciones:

- El pistón ha llegado a su punto muerto arriba al final de la carrera de compresión.
- Las válvulas quedan cerradas.
- Un momento antes de iniciar el descenso se produce la chispa eléctrica de la bujía, la mezcla se enciende y origina la expansión de gases, en el motor a gasolina.
- La explosión de la mezcla impulsa el pistón hacia abajo, con gran fuerza. Produciendo la energía mecánica por medio de la biela y el eje cigüeñal.

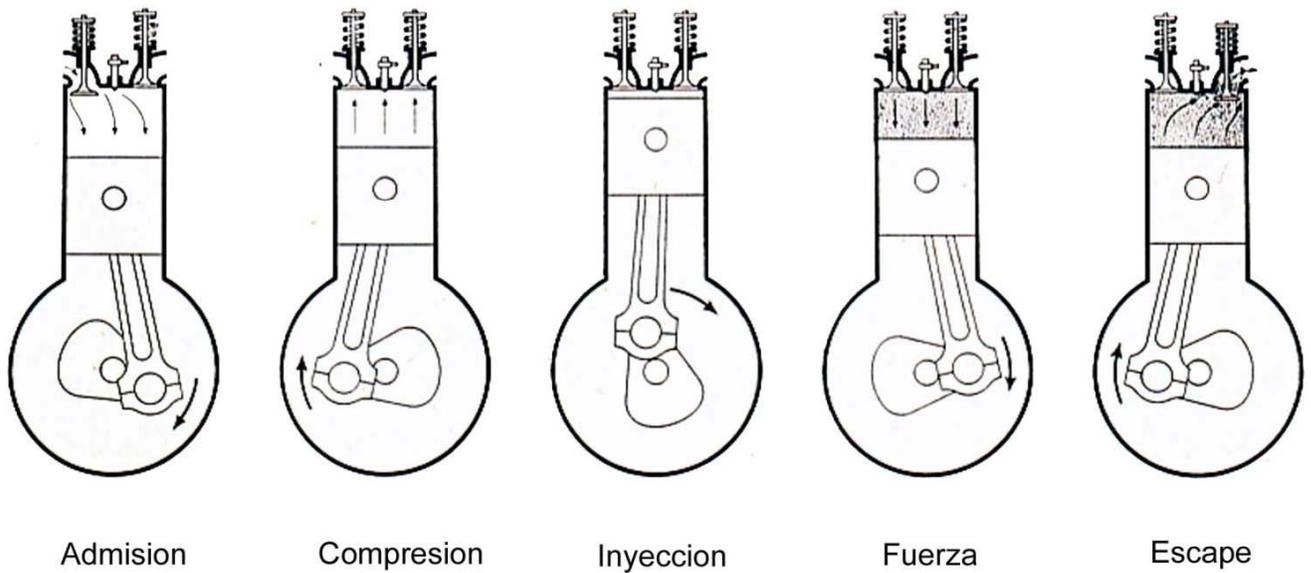
En el motor de combustión diesel, se dan las mismas operaciones, con la diferencia de que no hay chispa eléctrica ni bujía. Cuando el pistón llega a su punto muerto superior, un instante antes, se da la entrada de combustible diesel por medio de un inyector y se produce la combustión.

El proceso descrito hasta ahora muestra la transformación de la energía química del combustible en la energía mecánica. La carrera de trabajo o fuerza, genera la energía mecánica no sólo para el funcionamiento del tractor mismo sino también para hacer girar el motor a través de las otras tres carreras. La energía o potencia disponible en la terminal del eje cigüeñal, es igual a la energía generada durante las carreras de admisión, de compresión y de escape.

**3.1.1.4 Carrera de escape:** El pistón al terminar su carrera de fuerza o trabajo, pasa del punto muerto inferior, e inicia el ascenso. Los subproductos de la combustión se encuentran en el cilindro, por encima del pistón y se deben expulsar del motor. Se dan las siguientes operaciones:



### Carreras de Pistón en Motor a Gasolina



### Carrera de Pistón en Motor Diesel

Fuente: Shell guide. 1955. Know your tractor. (17)

Figura 3. Tiempos o carreras del pistón.

- El pistón se mueve hacia arriba por media vuelta del eje cigüeñal.
- Por medio de engranajes o engranajes, el eje cigüeñal, hace girar al eje de levas. La leva empuja la válvula de escape en su posición de abertura. Durante la carrera de escape, la válvula de admisión queda cerrada.
- La válvula de escape queda abierta
- Mientras el pistón se mueve hacia arriba, los subproductos de gases de la combustión son empujados del cilindro hacia el tubo de escape.
- Salida de los gases de escape.
- Esta operación es la misma en los motores a gasolina y en los motores a diesel.
- Después de la explosión salen los gases quemados por el escape, y la cámara de combustión queda limpia, libre de residuos y en condiciones de volver a repetir el ciclo de admisión. Con la terminación de la carrera de escape termina también el ciclo de cuatro tiempos. El cilindro queda vacío El pistón se encuentra en su posición superior y de esta manera otro ciclo de operación puede iniciarse. (9)

**3.1.2 Partes internas del motor:** Un motor básico de cuatro cilindros de combustión interna consta de las siguientes partes internas:

**3.1.2.1 Block (monobloque):** Es la parte más grande de un motor, sirve de base para la colocación de las demás partes, es una sola pieza construida de hierro fundido. Actualmente puede venir en 2 partes y construidas de diferentes aleaciones de metales. Consta de las siguientes partes:

- Block o monobloque.
- Cilindros en forma de camisa, reemplazable en el caso de desgaste excesivo.
- Chaqueta o galerías para la circulación del agua, y del aceite.
- Guía del empujador de las varillas del mecanismo de válvulas.
- Paso de la varilla del mecanismo de válvulas. (1)

**3.1.2.2 Mecanismo de biela y manivela con pistón:** Este mecanismo transforma el movimiento lineal, reciprocante (vaivén, de arriba abajo), del pistón en un movimiento circular. Consta de las siguientes partes:

**3.1.2.3 Camisa del cilindro:** pueden venir fundidos en el block o ser intercambiables, y pueden ser del tipo seco o húmedo. Dentro de él se moverá el pistón, con los anillos de arriba hacia abajo en movimiento lineal reciprocante. Construidas generalmente de hierro fundido o colado. (5)

**3.1.2.4 Pistón:** son émbolos de forma cilíndrica que reciben en la cabeza la expansión de los gases cuando sucede la combustión y la transmiten directamente a la biela, en el se alojan los anillos, son construidos de aluminio. Con su bulón (perno o pasador), mediante el cual se conecta el pistón con el pie de la biela. (2)

**3.1.2.5 Biela:** Unida con el pistón en su parte superior por medio del bulón o pasador del pistón en la parte superior, y en la parte inferior al eje cigüeñal por medio de un cojinete (teja o chumacera). Transmite la potencia del pistón al eje cigüeñal para darle movimiento, su construcción es de hierro forjado. (9)

**3.1.2.6 Anillos o aros de pistón:** Van colocados en las ranuras del pistón. Producen un sello entre el cilindro y el pistón, para evitar que se pierda la compresión (anillos de compresión), En la ranura inferior va colocado un anillo de aceite, para evitar que el aceite entre en la cámara de combustión (anillos de lubricación o aceiteros). Ambos transmiten el calor del pistón al cilindro y son construidos de acero con alto contenido de carbono. (9)

**3.1.2.7 Eje cigüeñal:** Transforma el movimiento recíprocante (vaivén) de los pistones a movimiento circular para su aprovechamiento, aquí tenemos la energía mecánica que se necesita en el tractor. Construido de acero fundido, hierro fundido o forjado para proporcionar mayor resistencia al desgaste. (1)

**3.1.2.8 Culata (cabeza de cilindros):** Es la parte que cubre los cilindros del block, colocada generalmente en la parte superior del motor y en ella se encuentran: la cámara de combustión, agujeros de admisión y escape, galerías de circulación de agua y aceite que conectan directamente con el block, cierra la parte superior del cilindro y forma la cámara de combustión que es donde se produce la combustión de mezcla aire-oxígeno-combustible. Está hecha de una sola pieza de hierro colado gris o aluminio. Debe soportar la presión de la combustión y está muy exigida térmicamente, trabaja a altas temperaturas y altas presiones, por los gases de combustión, por esa razón debe refrigerarse bien. Entre la culata y el block hay un cierre hermético por medio de un empaque o junta de la culata. Las culatas contienen los elementos siguientes:

**3.1.2.8.1 Válvulas de admisión y escape:** Trabajan en condiciones extremas de calor y presión. Las válvulas de admisión trabajan a una presión de 700 a 800 lbs/pulg<sup>2</sup> y a una temperatura de 500°C. La válvula de escape trabaja a una temperatura de 677°C. Son las encargadas de abrir y cerrar los agujeros de la admisión y el escape, permitiendo o no que la mezcla y los gases quemados entren o salgan del cilindro respectivamente. Están construidas de acero al cromo-manganeso, y acero-cromo-silicio, resistentes al calor y la corrosión. (17)

**3.1.2.8.2 Guía de válvula.** La función es mantener con gran precisión la posición y alineación adecuada entre la cara de la válvula y el asiento, además del juego entre la guía y la válvula desempeña un papel importante en la disipación de calor. Están fabricadas generalmente de hierro colado o bronce. (5)

**3.1.2.8.3 Resortes de las válvulas:** Se utilizan para cerrar las válvulas y mantener el sello. Son arrollamientos en espiral con alambre de acero. Tienen que ser lo suficientemente fuertes para que el cierre se realice rápidamente y se eviten oscilaciones. Fabricados de acero templado.

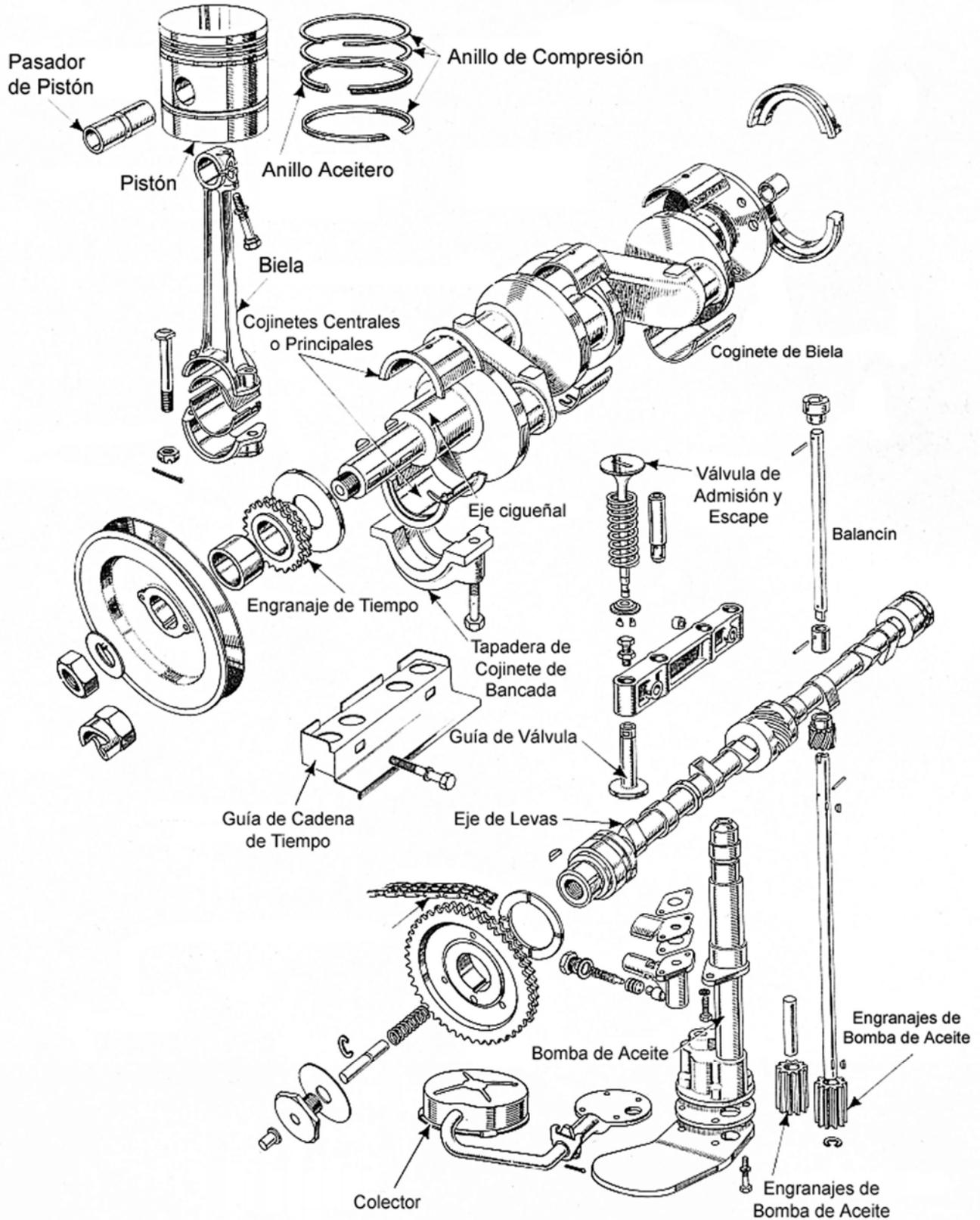
**3.1.2.8.4 Seguros y reten** del resorte de la válvula. Sirven para sujetar los resortes a las válvulas, para que no se suelten durante el trabajo. (9)

**3.1.2.8.5 Buzos (taques o levantaválvulas).** Son accionados por las levas del eje de levas. Transmiten generalmente el movimiento de la carrera directamente a las válvulas y otras veces a las varillas de empuje. Están sometidos a un elevado trabajo por lo que los buzos se fabrican normalmente de fundición dura.

**3.1.2.8.6 Varillas de empuje y balancines:** Los motores los necesitan para transferir la acción del eje de levas al levantaválvulas y a las válvulas. Por cada cilindro se necesitan dos varillas y dos balancines.

**3.1.2.8.7 Tapa del mecanismo de válvulas.** Es la cubierta o tapadera que va sobre la culata.

**3.1.2.8.8 Eje (árbol) de levas.** Tiene la misión de efectuar el movimiento de la carrera de las válvulas en el momento correcto y en el orden debido, y hacer posible el cierre o la abertura de las mismas por medio de los resortes de válvula. El instante de abertura, el tiempo que está abierta, la magnitud de la carrera y cierre de la válvula está determinado por la forma de la leva. Están fabricados de fundición dura en coquilla, o gris con grafito, otras veces de acero forjado. Las superficies de las levas se templan superficialmente para aumentar la resistencia. (2)



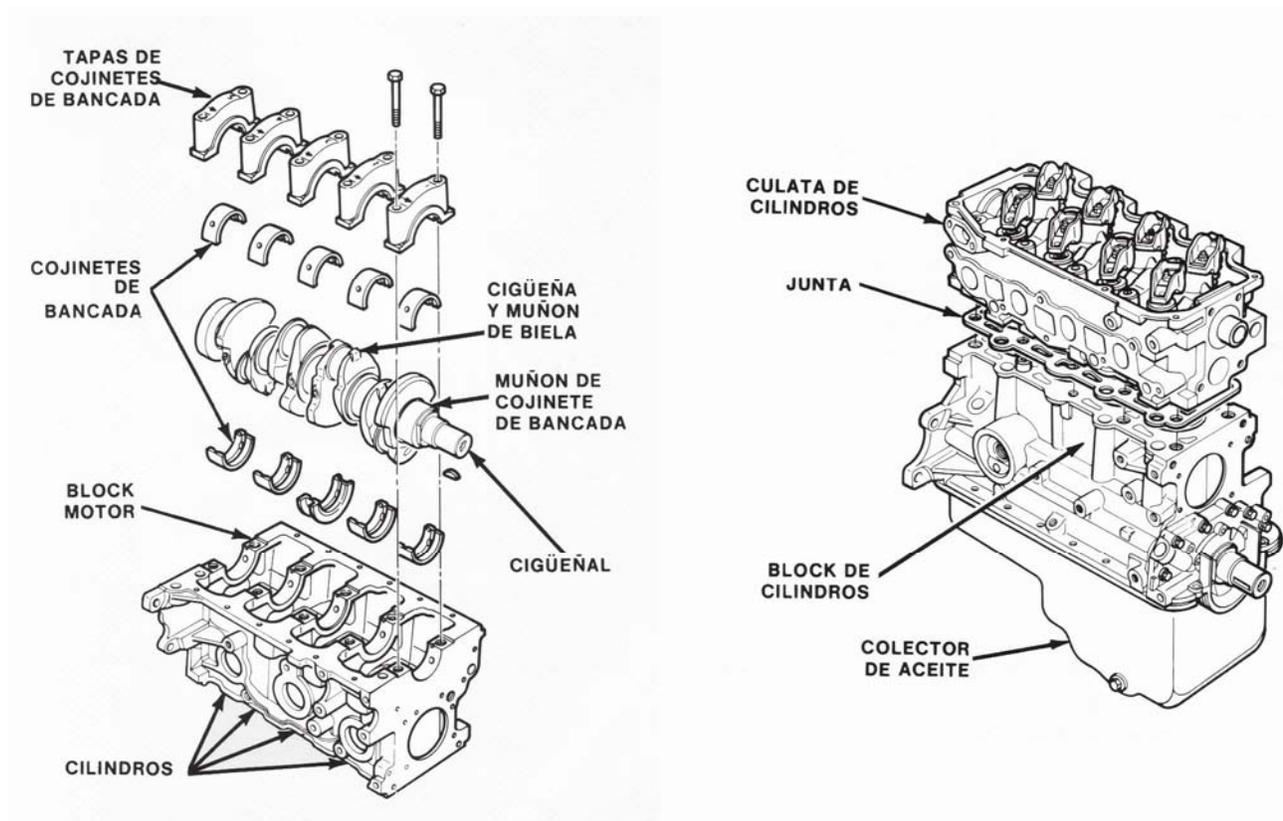
Fuente: Shell guide. 1955. Know your tractor. (17)

Figura 4. Partes internas del motor de combustión interna.

**3.1.2.9 Cojinetes (tejas o chumaceras) centrales y de biela.** Se utilizan para facilitar el movimiento y proteger de manera adecuada algunas piezas móviles internas del motor, tales como el cigüeñal, las bielas y el eje de levas. No giran sino se mantienen firmemente sujetos en su lugar, alrededor de un eje giratorio. Cumple con las funciones siguientes:

- Reduce la fricción entre las piezas móviles del motor.
- Soportan las piezas móviles del motor.
- Sirven como superficie de desgaste reemplazable entre las piezas móviles.

Están fabricados básicamente en varias capas, el acero es el material de respaldo, revestimiento de cobre-plomo, baño de estaño y una capa fina de babbit. El babbit es una aleación blanda a base de estaño y plomo que permite trabajar a altas cargas y altas temperaturas. (18)



Fuente: Federal Mogul. 1996. Manual de servicios para cojinetes de motor. (8)

Figura 5. Partes internas y externas del motor.

### 3.1.3 Conjunto externo del motor:

- Monobloque o block.
- Cabeza o culata.
- Caja con engranajes de distribución.
- Eje cigüeñal.
- Carter o depósito de aceite.

- Sistema de combustible
- Sistema de admisión.
- Sistema de escape.
- Sistema de enfriamiento.
- Sistema de lubricación
- Tapa del mecanismo de válvulas.
- Sistema eléctrico

### 3.1.4 Diferentes sistemas del motor de combustión interna:

**3.1.4.1 Sistema de admisión:** Es el sistema de suministro de aire y lo proporciona a todos los cilindros para la combustión adecuada durante todas las fases de operación del motor. El suministro de aire incluye todos los componentes del sistema del múltiple de admisión en motores normalmente aspirados. La eficiencia del motor, las bajas emisiones y un buen rendimiento dependen del suministro de aire. Se encarga de limpiar el aire que llega al cilindro, eliminando cualquier partícula de suciedad. Está compuesto por los siguientes elementos:

**3.1.4.1.1 Prelimpiador (prefiltro):** Tiene la función de eliminar partículas relativamente grandes, de polvo y residuos vegetales, antes de pasar al depurador. Es muy importante ya que los tractores trabajan bajo condiciones extremas de polvo y suciedad. Quitan en poco tiempo las impurezas finas y gruesas, extendiendo la vida del filtro de aire y del motor. Las impurezas se depositan por gravedad en un depósito antes de pasar al filtro de aire. (13)

**3.1.4.1.2 Depurador (filtro de aire):** La cantidad de aire que un motor consume es elevada, debe de estar libre de partículas duras o polvo, para que no sufran los cilindros un desgaste prematuro. Es necesario a fin de proteger el motor, el sistema de combustible de los efectos dañinos del polvo y los abrasivos presentes en el aire. También puede tener un sistema de control de temperatura del aire de admisión y un silenciador del aire. Todo el aire de entrada debe pasar a través de elemento filtrante antes de llegar al motor. Elimina las partículas muy finas que hay en el aire del ambiente. El elemento filtrante puede ser de tipo seco, húmedo o viscoso. Están formados generalmente por un fuelle de papel con una o dos superficies sellantes. No se debe eliminar nunca; de este depende en gran medida la vida del motor, debe ser reemplazado en los intervalos de servicio recomendado, en condiciones de operación con mucho polvo o suciedad deberá ser reemplazado más a menudo y limpiarlo diariamente.

**3.1.4.1.3 Múltiple de admisión:** Encargado de suministrar una cantidad igual de aire, o mezcla aire/combustible, a cada uno de los cilindros del motor. Están fabricados de acero fundido, aluminio o de plástico. (6)

- **Válvula de admisión:** permite el ingreso de aire al cilindro.

**3.1.4.1.4 Turbo cargador:** Fue inventado por el Dr. Alfred J. Buche de Suiza en 1906. Es una bomba de aire impulsada por los gases en el escape, diseñada para empujar aire adicional en el motor. Proporciona aire presurizado al sistema de admisión a fin de aumentar la salida de potencia del motor. Se utilizan los gases de escape del motor para propulsar un ensamble de una pequeña turbina. Absorbe aire del depurador y lo introduce dentro del motor a presiones iguales o mayores que la atmosférica, aumentando la compresión y la fuerza de trabajo. Un motor turboalimentado puede incrementar la potencia y el par motor de un diesel de un 35 a 40%, la carcasa de la turbina actúa como un conjunto de absorción de ruidos de los gases de escape del motor, tiene un rendimiento volumétrico más alto que el convencional, un consumo

más bajo de combustible, reduciendo considerablemente la cantidad de humos. Antes de apagar un motor turbo cargado, déjelo arrancado en marcha mínima por un par de minutos, permitiendo que reduzca su velocidad y se enfríe para evitar el daño de los cojinetes. (3)

**3.1.4.1.5 Intercooler (refrigeración, enfriamiento interno o intercambiador):** Se utiliza para reducir la alta temperatura del aire cuando sale del turbo, incrementando así la densidad del aire de admisión. Cuando más denso es el aire, mayor es la cantidad de combustible que puede ser quemado con eficacia, y mayor será la producción de potencia y de par motor. Cuando se comprime el aire, se calienta; cuando la carga de aire abandona el compresor, lo hace a una temperatura mucho más elevada que la ambiental. El aire caliente se expande y se vuelve menos denso por lo que hay menos oxígeno disponible para la combustión en el cilindro del motor. El intercooler es un dispositivo de refrigeración o enfriamiento del aire de admisión del motor. Es el proceso de enfriar el aire caliente comprimido que viene del turbo, antes de que ingrese a los cilindros. Al hacer esto la carga se vuelve más densa, permitiendo que el combustible adicional sea quemado con mayor eficacia, resultando un incremento en el par motor y de la potencia. El aire ha sido comprimido en el turbo, en el intercambiador tiene lugar un traspaso de calor, reduciendo la temperatura por medio de agua o por medio de aire, hasta 85°C. que es la temperatura de régimen del agua del trabajo del motor. Puede reducir la temperatura del aire de admisión hasta en 15°C., menos de la temperatura de trabajo del motor, con esto es posible proporcionar hasta el triple de aire para la combustión comparado con un motor convencional. (15)

**3.1.4.2 Sistema de escape:** Recoge los gases del motor y los transporta los a la parte exterior del vehículo. Reduce los ruidos y en muchos casos también proporciona el calor para calentar el aire de admisión del sistema de inducción durante el calentamiento del motor. Recolecta los gases quemados de cada cilindro, unidos en un solo tubo y los saca al exterior del motor, elimina el calor que no es utilizado para producir energía mecánica, reduce el ruido del motor y reduce la emisión de gases contaminantes. Los componentes del sistema de escape pueden estar fabricados de acero o acero inoxidable para prolongar la vida del sistema. Los componentes incluyen lo siguiente:

- **Válvula de escape:** Permite el paso de los gases y calor, producto de la combustión hacia afuera del cilindro.

**3.1.4.2.1 Múltiple de escape:** conecta los puertos de escape en la cabeza del cilindro con la tubería de escape. Recolecta los gases quemados de cada cilindro y los une en un solo conducto. Normalmente están fabricados de hierro o acero fundido.

**3.1.4.2.2 Tubería de escape:** Conecta el múltiple de escape con el silenciador o con el convertidor catalítico. Es el encargado de sacar los gases quemados y residuos de la combustión de los cilindros hacia el exterior. Está fabricada regularmente de hierro fundido, para soportar las altas temperaturas y las presiones de los gases quemados.

**3.1.4.2.3 Convertidor catalítico:** No contiene partes móviles, no depende del vacío o de la presión del motor o de otras funciones mecánicas. Es un dispositivo simple, efectivo, diseñado para reducir las emisiones de gases a niveles aceptables. Reduce las emisiones dañinas del escape al medio ambiente. En su interior se emplean tres catalizadores básicos: platino, paladio y rodio. Contiene un elemento cerámico cubierto por una malla y una carcasa de acero inoxidable que encierra todo el conjunto. (5)

**3.1.4.2.4 Silenciador (escape):** Amortigua las pulsaciones del escape y el ruido del motor. Está formado por una serie de cámaras tubos y baffles o mamparas (pantallas). Están encerradas en una caja de acero

con un agujero de entrada y otro de salida. Está conectado a la tubería de escape en cada uno de los extremos. Los sistemas de escape están fabricados de acero inoxidable tratados contra la herrumbre y la corrosión. La humedad y los ácidos de los gases, eventualmente destruyen el silenciador por lo que debe reemplazarse cuando tenga averías.

### **3.1.4.3 Sistema de combustible diesel:** efectúa las siguientes operaciones

- Almacenamiento del combustible.
- Limpieza del combustible mediante filtros.
- Transporte del combustible desde el depósito hacia la bomba de inyección, mediante una bomba de transporte.
- Dosifica una cantidad precisa de combustible para cada inyección y ponerla bajo presión de inyección.
- Inyecta la cantidad de combustible dentro de la cámara de combustión, finamente pulverizada mediante un inyector.

### **Partes del sistema de alimentación de combustible diesel:**

**3.1.4.3.1 Depósito de combustible (tanque):** Funciona como depósito de combustible. Normalmente está provisto de un medidor de contenido. Fabricado generalmente de chapa de acero, pueden emplearse también depósitos de plástico o de aleaciones de aluminio. Está localizado en el extremo opuesto del vehículo o tractor donde se halla localizado el motor. En la parte más baja del depósito se dispone generalmente de un tapón que sirve para vaciarlo. En el tapón del depósito hay normalmente un orificio para la aireación. La abertura del tubo de aspiración va equipada con un tamiz para detener las impurezas que pudiera haber en el fondo del depósito.

**3.1.4.3.2 Bomba de transporte o transferencia (cebadora):** Es la encargada de succionar el combustible del tanque, pasándolo por los filtros y enviándolo a mediana presión a la bomba de inyección, normalmente es de diafragma. Equipada con un pre limpiador o pre filtro, que consiste en un filtro de malla y un vaso para la separación del agua. (9)

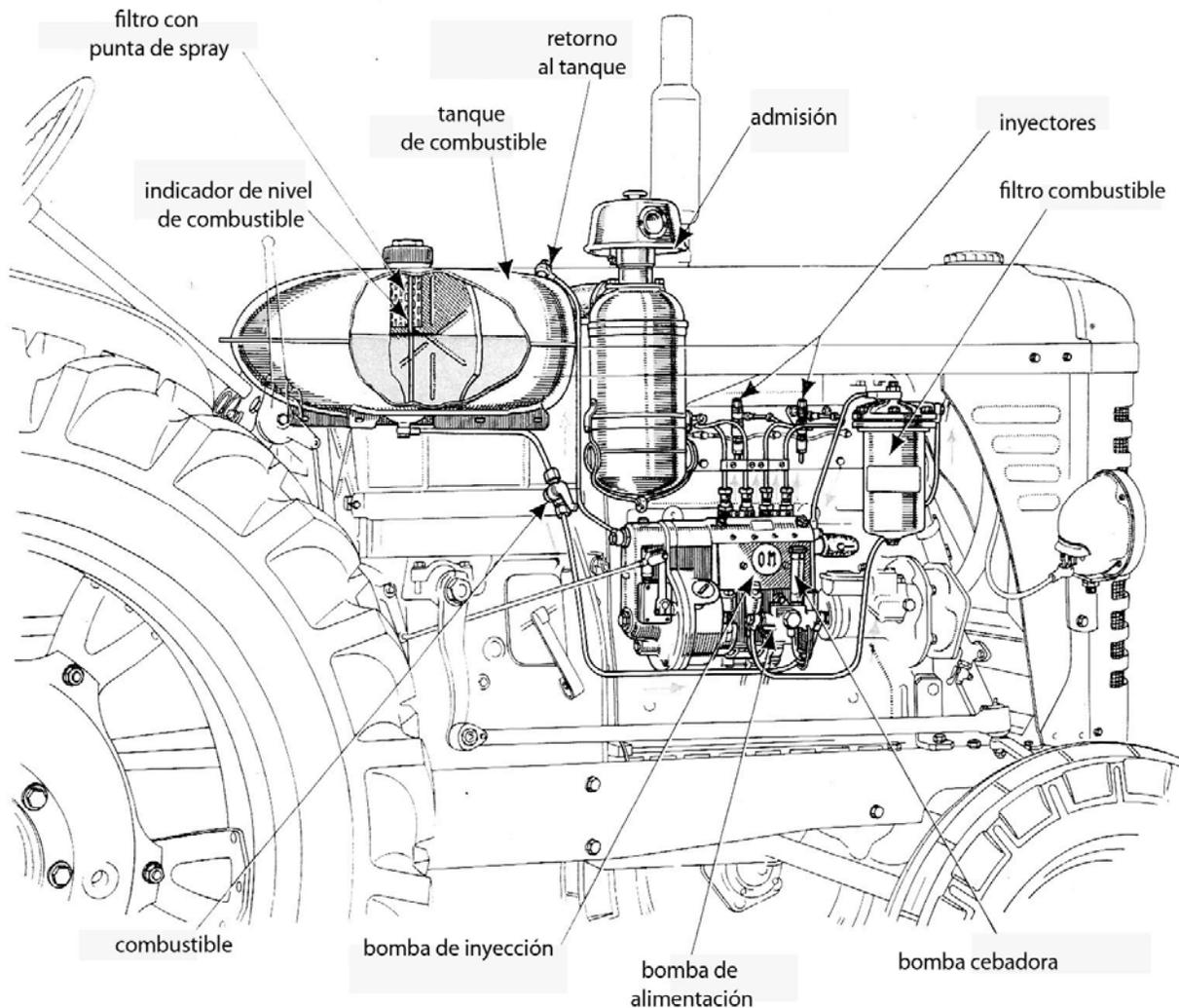
**3.1.4.3.3 Tuberías de conducción:** En este sistema hay tuberías que trabajan a diferentes presiones:

- **Tuberías de baja presión o presión de gravedad:** conducen el combustible del tanque a la bomba de transporte o transferencia. Fabricadas generalmente de caucho reforzado.

- **Tubería de mediana presión:** conduce el combustible de la bomba de transporte hacia la bomba de inyección. Fabricadas de hierro y de cobre.

- **Tubería de alta presión:** Conduce el combustible a muy altas presiones de la bomba de inyección hacia los inyectores. Fabricadas de hierro acerado.

- **Tubería de retorno:** conduce el combustible que no utilizado de la bomba de inyección y de los inyectores hacia el depósito (tanque de combustible). Fabricadas generalmente de caucho.



Fuente: Shell guide. 1955. Know your tractor. (17)

Figura 6. Sistema de combustible diesel, utilizando bomba de diesel rotativa.

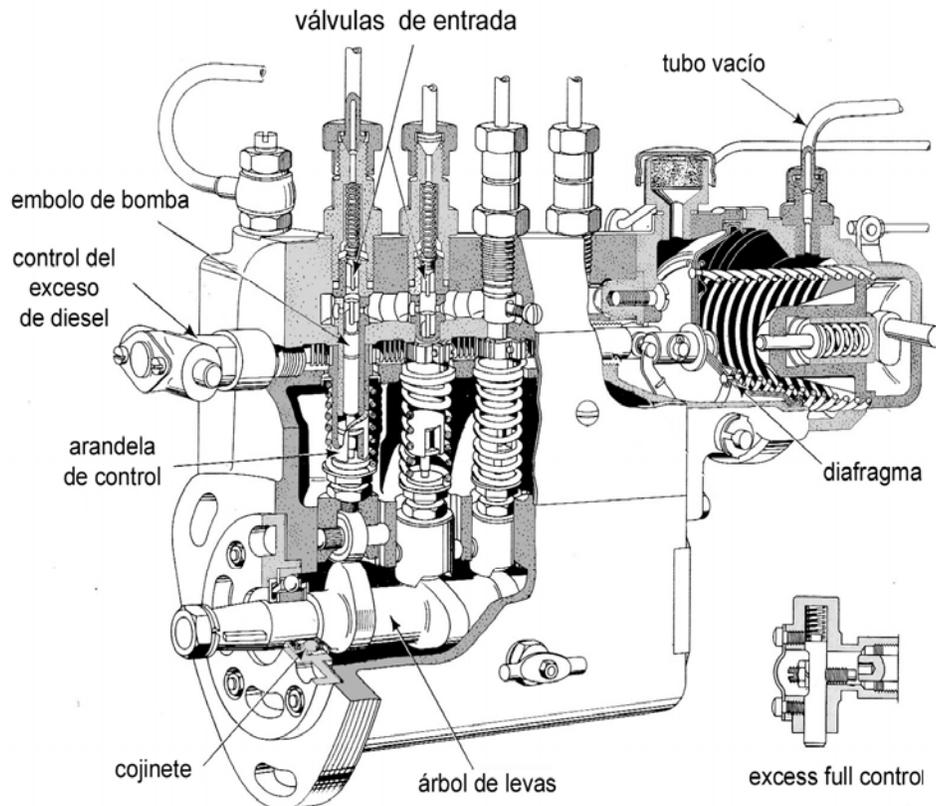
**3.1.4.3.4 Filtros de combustible:** Cumplen con la tarea de detener las impurezas que podrían dañar el sistema de combustible. Los componentes del sistema de inyección están fabricados con gran precisión y acabado. Todas las partículas de materiales extraños pueden dañar este sistema, las que más daño producen son las partículas entre 6 a 12 micras. El agua incluso en pequeñas cantidades produce corrosión de las superficies completamente pulidas, contribuyendo al fallo del sistema de inyección. Por ende son indispensables unos filtros de combustible eficaces que sean capaces de atrapar el sucio y el agua. Los elementos fabricados en papel resma son los más utilizados y los más eficaces. El mejor sistema de filtro de combustible es el progresivo o en serie, en el cual el primer filtro extrae las partículas más grandes y el segundo las más pequeñas. Los filtros están equipados con purgadores, que sirven para purgar el aire y drenar el agua que pueda encontrarse en el sistema. Deben ser reemplazados periódicamente según el manual del fabricante. (9)

**3.1.4.3.5 Bomba de inyección:** somete el combustible a la presión necesaria de inyección y transfiere una cantidad determinada de diesel hacia los inyectores. Manda el combustible al cilindro que le toca trabajar. La tarea principal de la bomba de inyección es la dosificación de la cantidad de combustible diesel que se

debe inyectar en la cámara de combustión. Además debe poner el combustible bajo la presión necesaria para que el inyector pueda atomizarlo. La bomba es una unidad compacta, hermética, lubricada por combustible que no precisa de un sistema de lubricación independiente. Existen dos tipos de bombas de inyección, de tipo lineal y tipo rotativo.

**3.1.4.3.5.A Bomba lineal:** consiste en realidad de bombas individuales, una para cada cilindro de motor. Se denomina lineal debido a que los impulsadores se encuentran en línea y se caracteriza porque el número de impulsores debe ser igual al número de cilindros del motor, la leva está desfasada según la distribución de combustible para cada cilindro. Es un sistema que regula la cantidad de combustible de modo que la cantidad inyectada pueda variar con la necesidad de carga del motor, esto es mandar mayor o menor cantidad de combustible, de acuerdo con la potencia que se requiere en el momento. (5)

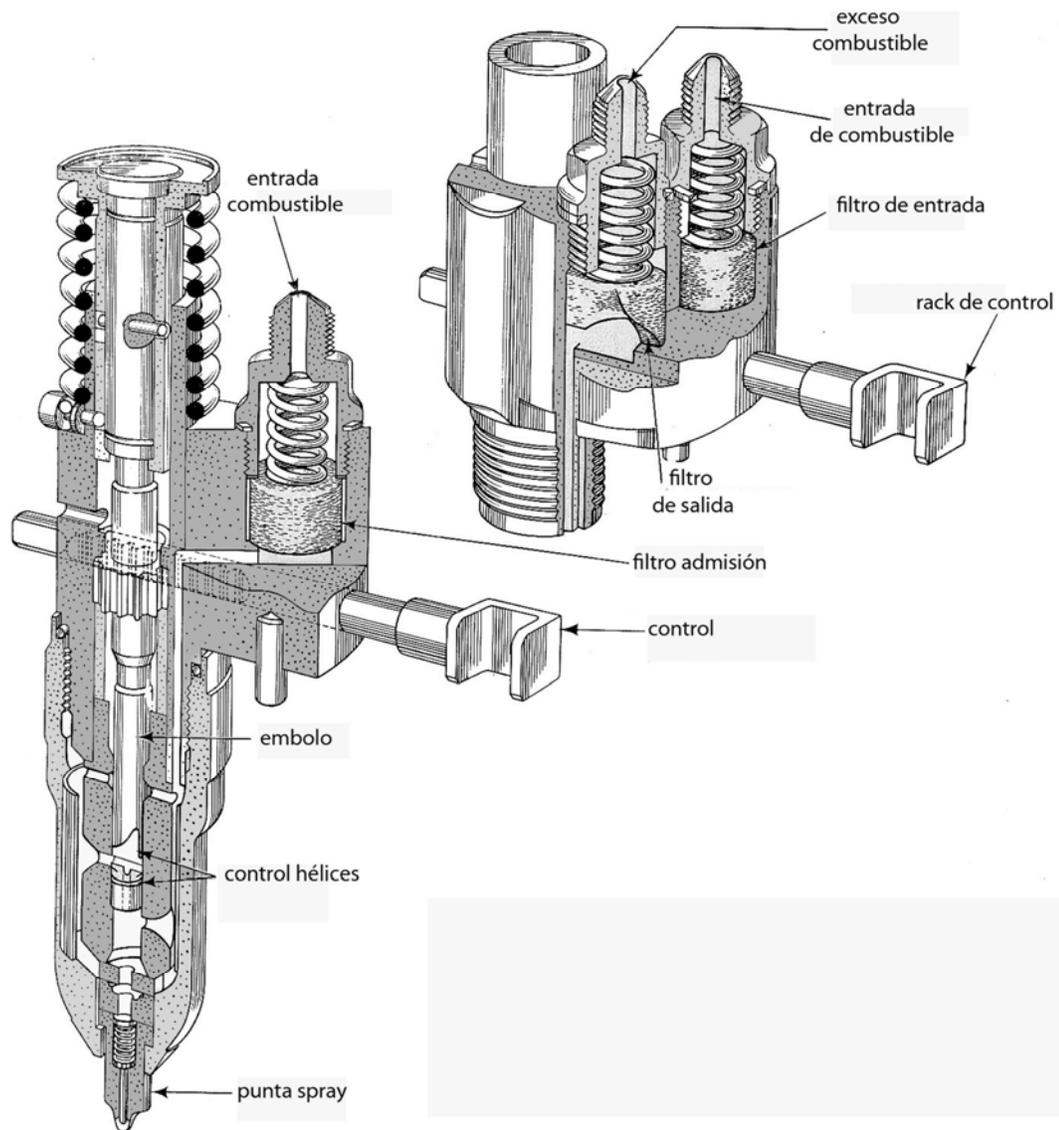
**3.1.4.3.5.B Bomba rotativa:** Utiliza el mismo elemento de bombeo para todos los cilindros del motor, con un distribuidor para suministrar el combustible a los inyectores de forma alterna, es más antiguo y ha sido patentado desde 1917. En éste tipo de bomba de inyección el combustible se bombea mediante un elemento único, donde las cargas de combustible son distribuidas en el orden de la inyección correcto y el intervalo de la distribución necesario, alterno para cada cilindro. Mediante un distribuidor rotatorio que forma parte de la misma bomba. No utiliza cojinetes de rodillos o bolas ni piñones o muelles muy tensos y el tamaño general de la bomba es el mismo independiente del número de cilindros del motor.



Fuente: Shell guide. 1955. Know your tractor. (17)

Figura 7. Bomba lineal de diesel y sus partes.

**3.1.4.3.6 Inyectores:** Están montados en la culata del motor. Son los encargados de atomizar y distribuir el combustible en forma uniforme dentro del cilindro. Es la parte terminal del sistema de inyección del motor diesel, recibe el combustible a alta presión de la bomba de inyección, lo pulveriza y lo homogeniza y lo envía a la cámara de combustión. Funciona con el combustible a alta presión dentro de ellos o por impulsión del combustible mecánico desde el árbol de levas. Inyecta el combustible atomizado, trabaja en marcha mínima alrededor de 150 veces por minuto hasta 1500 veces por minuto a máxima velocidad.



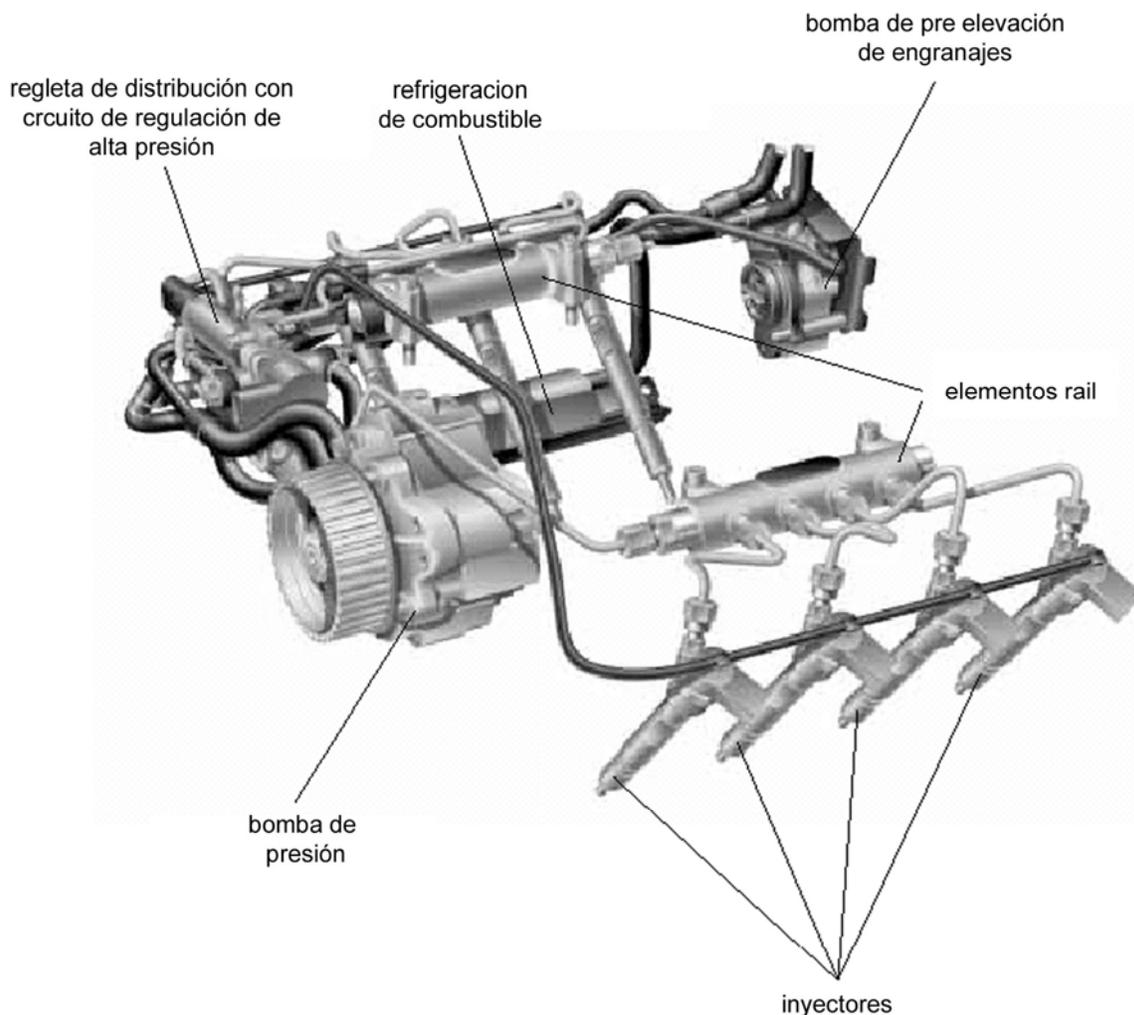
Fuente: Shell guide. 1955. Know your tractor. (17)

Figura 8. Inyector de diesel y sus partes.

**3.1.4.3.7 Common-Rail, Riel común o presión constante:** Desde principios del año 1990 se trabajó en una nueva técnica que permitiera aportar mayor presión de inyección en los motores de combustible diesel. La búsqueda de esta mayor presión se debe, entre otras cosas, a que en márgenes de carga parcial dicho parámetro resulta determinante para las emisiones y el consumo; se basa en la acumulación del combustible a una presión determinada en un único conducto, distribuyéndose posteriormente a los

inyectores mediante la utilización de la gestión electrónica del motor. Las emisiones dañinas en los modernos vehículos de pasajeros con motor diesel se han reducido en un 95 por ciento, y el consumo de combustible en un 30 por ciento. Gran parte de este perfeccionamiento se debe al 'sistema de riel común' creado. El término 'Riel Común' ('Common rail') se refiere al 'riel' o tubo a través del cual se acumula temporalmente el combustible a alta presión, y se distribuye a los inyectores diesel en cada cilindro.

El inyector de cada cilindro controla el momento de inyección por medios electrónicos y la cantidad de combustible que se va a inyectar con precisión, lo cual da por resultado un motor con funcionamiento suave, poderoso, y sin ruidos. La alta presión de inyección y la actuación precisa de los inyectores atomizan el combustible, produciendo una combustión altamente eficiente.



Fuente: Rueda Santander J. Mecánica y gestión electrónica de motores diesel. (15)

Figura 9. Sistema common rail.

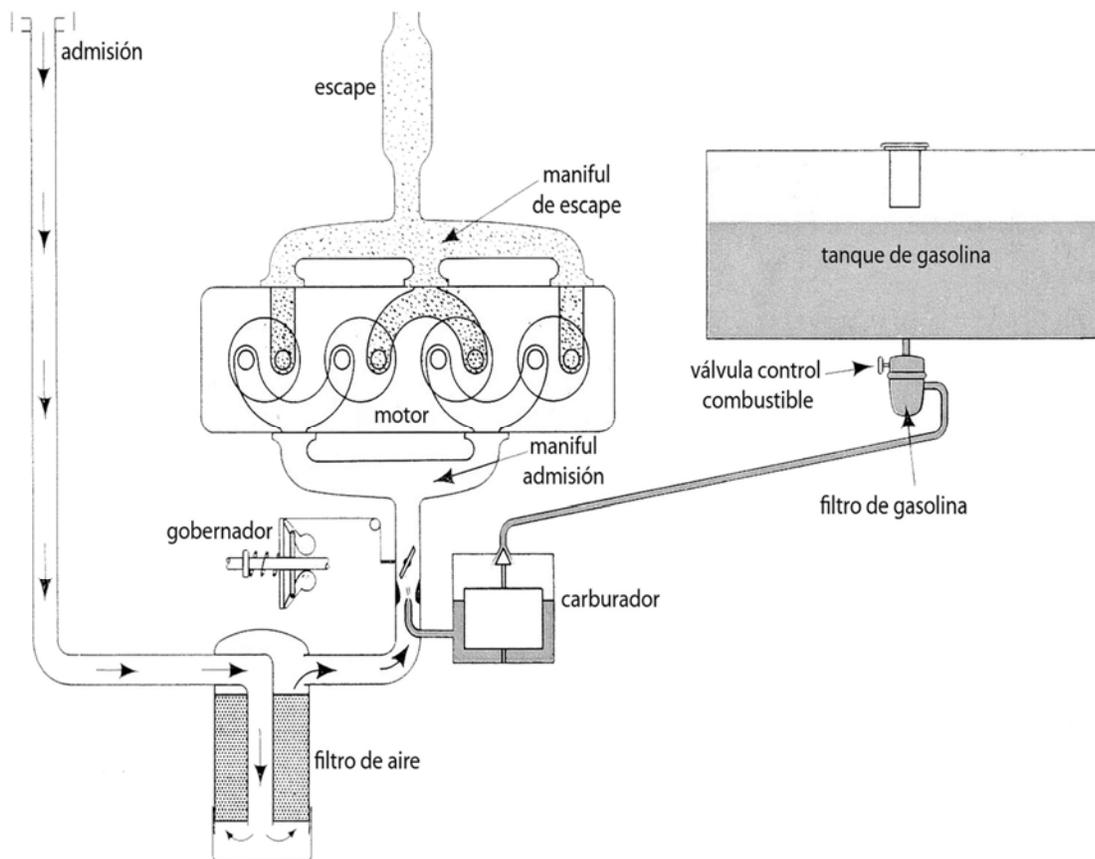
El motor diesel no emplea una bujía para la ignición de la mezcla de aire y combustible en el cilindro. Por el contrario, la compresión del aire en la cámara de combustión calienta el aire a altas temperaturas, por lo que cuando se inyecta combustible al cilindro, y entra en contacto con el aire extremadamente caliente, se quema de inmediato.

El sistema de inyección por riel común, introducido en el mercado por Bosch en 1998, en el Alpha Romeo 156 JTD y el Mercedes-Benz C220 CDI, le proporciona al motor diesel un mejor rendimiento y mayor tracción, reduciendo al mismo tiempo el consumo de combustible en un 20 al 30 por ciento, y las emisiones de dióxido de carbono en un 25 por ciento, además de limitar el ruido. (19)

**3.1.4.4 Sistema de combustible de gasolina:** algunos tractores y máquinas agrícolas están equipados con motores de gasolina. En principio son iguales a los motores diesel pero existen diferencias que merecen atención. El sistema es el encargado de transportar el combustible desde el depósito o tanque hasta el carburador, donde se realizará la mezcla de aire combustible en proporciones adecuadas y totalmente atomizada antes de que esta entre al cilindro, el sistema puede ser alimentado por gravedad o por una bomba mecánica o eléctrica de gasolina.

**Partes del sistema de combustible gasolina:**

- **Depósito de combustible (tanque).** (Descrito anteriormente)



Fuente: Shell guide. 1955. Know your tractor. (17)

Figura 10. Sistema de admisión, de escape y de combustible gasolina.

**3.1.4.4.1 Bomba mecánica de gasolina:** Suministra al carburador del motor un volumen suficiente de combustible, a una presión adecuada para las todas las condiciones de operación del motor. Succiona el combustible desde el depósito pasándolo por los filtros y enviándolo con cierta presión al carburador para alimentarlo. Está formada de un diafragma con un resorte operado por una palanca de una válvula de

entrada y una válvula de salida. Está colocada regularmente en la parte externa del motor, a un costado de la culata.

**3.1.4.4.2 Bomba eléctrica de gasolina:** Las bombas eléctricas son de uso común en motores de tractor y de vehículos modernos. Producen presión de combustible con mucha rapidez, lo que auxilia en el arranque, están localizadas dentro del tanque de combustible. Utilizan un pequeño motor eléctrico para propulsar el impulsor de la bomba permitiendo succionar el combustible y elevar la presión de forma inmediata.

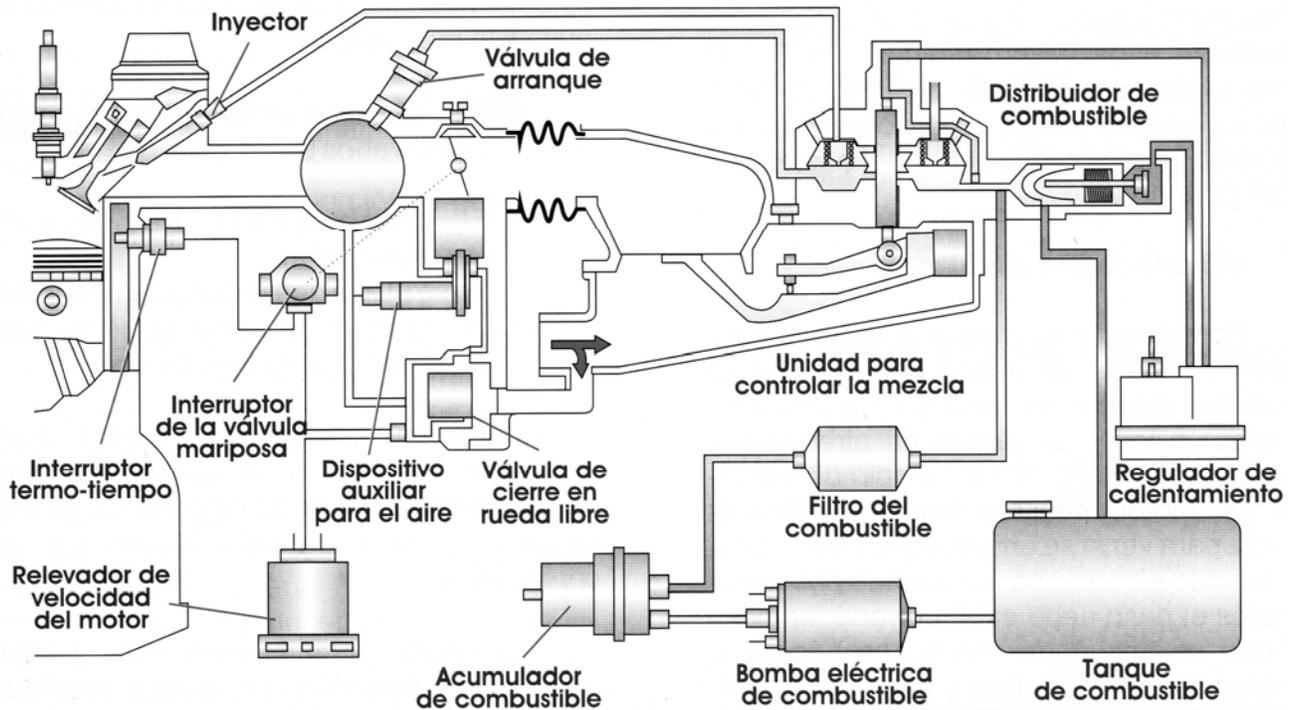
**3.1.4.4.3 Tuberías de conducción de combustible:** Generalmente son de cobre o de poliuretano y suelen estar bien protegidos por hallarse en el interior del bastidor, sin embargo por las vibraciones a veces se rompen o pueden ser dañados por piedras que salten en el camino.

**3.1.4.4.4 Filtros de combustible:** Son utilizados para evitar que partículas pequeñas y extrañas puedan ser arrastradas con el combustible y llegue a obstruir los calibres o surtidores del carburador. Están fabricados generalmente por una pantalla de tela metálica muy fina y pueden estar situados a la salida de la gasolina del tanque o a la entrada de la bomba y a la entrada del carburador.

**3.1.4.4.5 Carburador:** Es el encargado de realizar y dosificar la mezcla de aire-combustible en sus proporciones adecuadas y poner el combustible líquido completamente atomizado y mezclado uniformemente con el aire dentro de la cámara de combustión, controla también la aceleración del motor. Está montado sobre el colector de admisión, a un costado de la culata. (10)

**3.1.4.4.6 Inyección electrónica:** en los motores modernos la función que cumplía el sistema de carburación ha sido reemplazado por un sistema de inyección electrónica de gasolina. Se puede identificar con tres sistemas principales que son:

- **Suministro de aire:** entra por un ducto donde es filtrado, pasa al cuerpo de la válvula mariposa de la misma forma que en el carburador. Al oprimir el acelerador, se dosifica la entrada de aire, y no de combustible. Mediante un sistema electrónico, permite el paso del aire según sean los requerimientos de potencia del motor, esto hace que a cada cilindro se le suministre la misma cantidad de aire.
- **Suministro de combustible:** mediante una bomba eléctrica, que suministra el combustible a través de los filtros, un regulador de presión permite mantener la presión constante en el riel o galería de inyectores, otra tubería de retorno devuelve al tanque el combustible sobrante. Los inyectores, que son unas válvulas electrónicas que dosifican y pulverizan el combustible sobre las válvulas de admisión antes de entrar a las cámaras de combustión.
- **Parte electrónica:** Una computadora cumple la misión de dosificar la cantidad de combustible, por tanto controla el tiempo durante el cual permanecen abiertos o cerrados los inyectores. La cantidad depende de varios factores como la temperatura del motor y de acuerdo a la posición del acelerador. Una variedad de sensores miden la temperatura, el flujo de aire, presión atmosférica, revoluciones del motor, posición de los pistones. Esta información es procesada por una computadora, para que el combustible sea dosificado de acuerdo a los requerimientos del motor. (6)



Fuente: Rueda Santander, J. 2005. Técnico en mecánica y electrónica automotriz. (16)

Figura 11. Sistema básico de inyección electrónica.

**3.1.4.5 Sistema de enfriamiento:** La transferencia de exceso de calor de los cilindros hacia el exterior, se realiza directamente o por medio de agua, el primer sistema se llama refrigeración por aire o convección, el último refrigeración por agua. En general los motores de tractor y vehículos diversos están provistos de un sistema de enfriamiento por agua o circulación forzada. En forma general la energía calórica que se genera por la combustión se distribuye de la siguiente forma:

- Más o menos un 30% se transforma en energía mecánica, que será utilizable.
- 30% debe ser extraída del motor por medio del sistema de enfriamiento.
- 40% sale a la atmósfera por medio del sistema de escape.

El sistema es el encargado de mantener el motor trabajando a un rango de temperatura normal, que no trabaje frío ni que trabaje muy caliente.

#### **Componentes del sistema de enfriamiento de tipo bomba o circulación forzada:**

**Camisas o cilindros de agua:** Son parte integral del block y la culata. Un orificio en la parte frontal del block conecta directamente con la bomba de agua y otros orificios coincidentes que permiten que circule el líquido entre los cilindros y la culata.

**3.1.4.5.1 Bomba de agua:** Se utiliza para hacer circular el agua por todo el sistema de enfriamiento. Va colocada en la parte frontal del block. La bomba la acciona o impulsa una faja trapezoidal conectada a la polea propulsora de la bomba y a la polea que va fija al extremo frontal del motor. Tiene una hélice y están conformadas con alojamiento de entrada y salida del agente enfriador y un propulsor compuesto por una

serie de paletas curvas o aspas, se expulsa debido a la fuerza centrífuga, que se da al girar la hélice. Trabaja de 800 hasta 4,000RPM, y capaz de bombear hasta 125 galones por minuto del líquido refrigerante. Construida sobre una carcasa de aluminio, las hélices o paletas son de hierro acerado.

**3.1.4.5.2 Radiador:** Es la parte más grande del sistema, trabaja como depósito y cumple con varias funciones: almacena el líquido refrigerante, enfría el líquido permitiendo que el calor en exceso del sistema sea liberado al exterior, por medio del aire. El aire pasa a través de ductos o paneles, compuestos de laminillas de cobre bronce o aluminio, cuando el ventilador gira, hace pasar aire a través de los conductos, permitiendo que el calor sea absorbido por medio de este. Contiene dos tanques, uno en la parte superior que es donde está contenido el líquido, y uno en la parte inferior que es donde llega el líquido cuando el sistema está en función, luego el líquido está en continuo movimiento.

**3.1.4.5.3 Tapón de radiador:** Es un tapón que permite temperaturas más altas de funcionamiento, mayor eficiencia del enfriamiento, pérdidas mínimas del agente enfriador por evaporación y sobre flujo. El agua o líquido refrigerante contenido en un sistema diseñado para trabajar bajo una presión de 7 lbs/plg<sup>2</sup>. De sobrepresión no hervirá hasta alcanzar una temperatura de 116°C., así se puede hacer circular agua a través del sistema sin que hierva a 100°C. Esto se logra por medio de una válvula de presión, que impide que haya mayor presión dentro del sistema, y una de vacío que impide que se forme un vacío en el sistema.

**3.1.4.5.4 Termostato:** Es una válvula accionada por medio del calor que controla el flujo del agente enfriador en el motor, manteniendo una temperatura de trabajo apropiada, que suele ser entre 71 a 82°C., en climas cálidos y 80.5 a 90°C en climas fríos. Se encuentra localizado dentro del alojamiento de la salida de agua del block hacia el radiador.

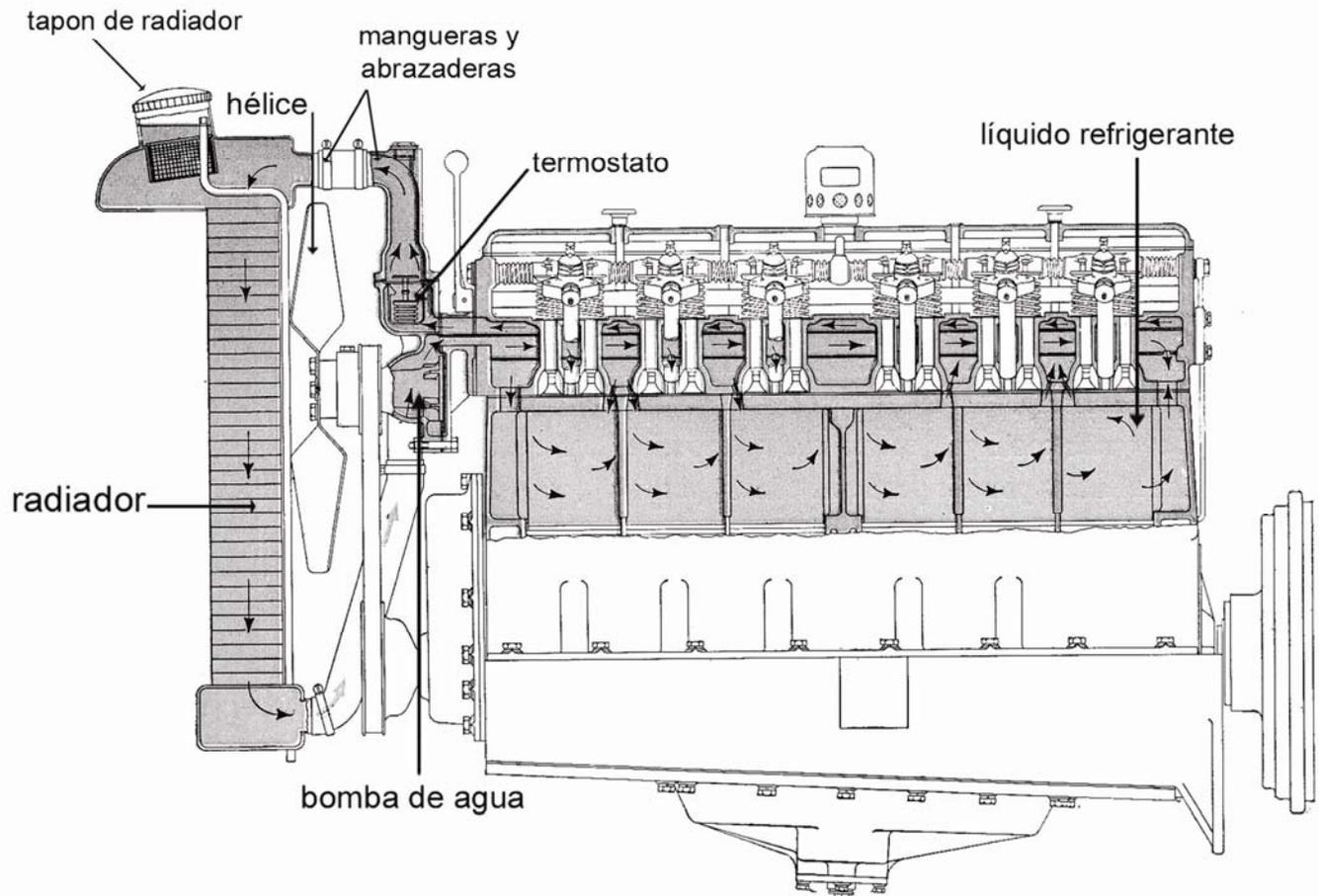
**3.1.4.5.5 Ventilador o hélice:** Es el encargado de hacer pasar aire a la atmosfera a través del radiador, para eliminar el calor. Cuando el ventilador está funcionando, el ventilador obliga al aire a pasar a través del núcleo del radiador, enfriando el líquido que se encuentra en el. Puede contener cuatro o más aspas, que están espaciadas en forma regular o no. Se encuentra localizado entre el motor y el radiador y es movido por una faja, o directamente conectada al eje cigüeñal y gira a la misma velocidad de este. Construido de hierro colado o acerado generalmente, aunque en vehículos pequeños son fabricadas de plástico.

**3.1.4.5.6 Mangueras:** Son utilizadas para conectar las partes del sistema. Construidas de caucho con una o dos capas de lona, y reforzadas con alambre o acero en su interior, permitiendo absorber las vibraciones, se encargan de transportar el líquido refrigerante del radiador al block y del motor al radiador.

**3.1.4.5.7 Líquido refrigerante:** existen dos tipos: A base de alcohol y a base de etilen-glycol. Ambos tienen un punto de congelación menor que el del agua y un punto de ebullición más alto que el agua. La mayoría de los motores modernos trabajan a temperaturas superiores al punto de ebullición del alcohol, por lo que el líquido refrigerante a base de etilen-glycol, es el más recomendado. En nuestro medio se utiliza normalmente agua potable, ya que está disponible en cualquier parte, absorbe adecuadamente el calor; aunque no es recomendable por el contenido de sales, causa oxidación, corrosión y depósitos de sales en las galerías del sistema, hierve y se evapora a temperatura de ebullición. (14)

**3.1.4.5.8 Indicador de temperatura:** Instalado en el tablero del tractor o vehículo, a la vista del piloto. Este indicador es en esencia un termómetro y está presente en todos los motores que tengan un sistema de refrigeración líquido y en algunos de enfriamiento por aire. Es común que sea un indicador de aguja con la escala graduada en grados de temperatura y en cuya esfera se han dibujado tres zonas coloreadas, la

primera (amarilla), correspondiente al trabajo aun frío del motor, la segunda (verde), representa la zona de temperatura de trabajo óptima, y la tercera (roja), para la zona de temperatura demasiado alta del motor. Se mide la temperatura del líquido refrigerante del motor en la culata y muy cerca del último cilindro, en este punto es donde el refrigerante ha alcanzado su mayor temperatura debido a que ha refrigerado todos los cilindros. Casi todos los sistemas de medición de temperatura de los automóviles actuales usan como sensor un termistor, y como indicador, un instrumento que mide el valor de la resistencia a escala.



Fuente: Shell guide. 1955. Know your tractor. (17)

Figura 12. Sistema de enfriamiento y sus partes.

#### 3.1.4.6 Sistema de lubricación: Cumple varias funciones:

- Reduce al mínimo la fricción entre las partes en movimiento.
- Absorbe y disipa el calor del motor.
- Produce un sello entre las paredes de los cilindros y los anillos para formar la compresión.
- Limpia las partes internas y galerías del motor.
- La molécula de aceite muestra dos características importantes para la lubricación del motor:
- Se adhiere a las superficies metálicas más fácilmente que a las otras moléculas de aceite.

- Se deslizan libremente entre sí.

**Teoría de la molécula de aceite:** Si una película de aceite está fluyendo entre dos superficies metálicas la capa superior de moléculas de aceite se adherirá a la pieza metálica superior, y la capa inferior de aceite se adherirá a la pieza inferior. Es necesario para esto que exista una luz (espacio) de aceite entre las dos piezas en movimiento, de unas pocas milésimas.

#### **Tipos de lubricación:**

- **Lubricación por salpicadura:** Se da cuando el eje cigüeñal y la biela giran, pasando por el carter (aceitera) que está en la parte inferior del motor y salpicando lubricante (aceite) para lubricar la parte baja de los cilindros y otras partes cercanas.
- **Lubricación a presión:** Dada por la bomba de aceite, que es la encargada de llevar lubricante a presión a todas las partes móviles del motor.
- **Lubricación por gravedad:** Luego de llegar el lubricante por presión y salpicadura a las partes altas del motor, este regresa hacia el carter, lubricando las partes que encuentra en su recorrido y absorbiendo calor. Partes del sistema:

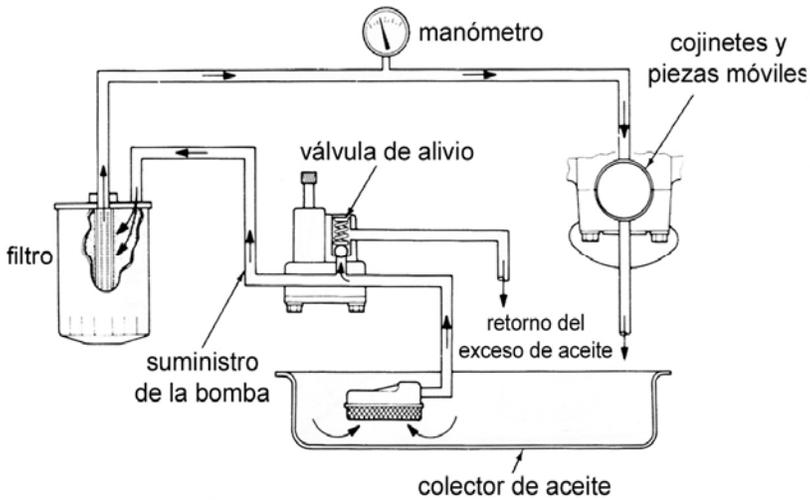
**3.1.4.6.1 Carter (aceitera):** Es un depósito de lubricante para el sistema y el motor. Está colocado en la parte más baja del motor y está fabricado generalmente de metal, contiene una varilla indicadora, con la cual se mide el nivel o la cantidad de aceite que hay contenida en el depósito.

**3.1.4.6.2 Colector (pichacha):** Cubre el fondo del carter del motor y sirve como sumidero. El lubricante es aspirado del sumidero por una bomba accionada por el motor, pasa a través de un colador y de un tubo de succión que se encuentra en el fondo. Fabricado de aluminio. Contiene un cedazo de metal que impide el paso de partículas de tamaño mediano, que pueda dañar a las partes del sistema o al motor.

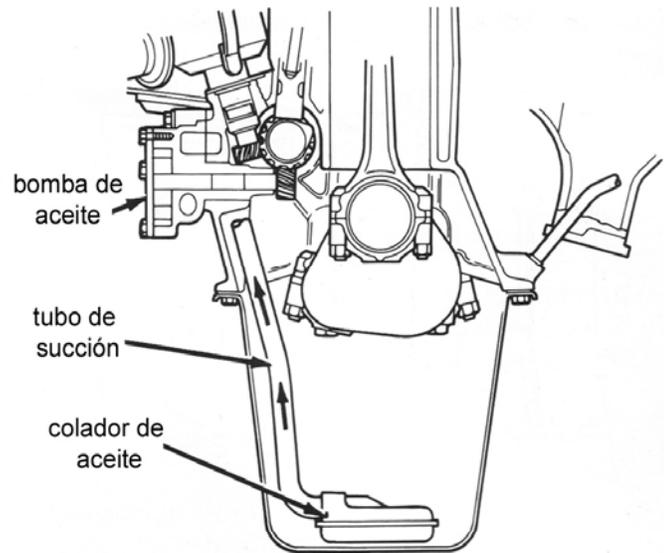
**3.1.4.6.3 Bomba de lubricación (aceite) y regulación de la presión:** Es la encargada de proporcionar un suministro continuo de lubricante a una presión y cantidad suficientes para una adecuada lubricación a todo el motor. Recoge el lubricante del recipiente a través de una malla de entrada y el tubo recolector. El lubricante es forzado a la salida de la bomba a la válvula del regulador de presión, la cual limita la máxima presión de este. La producción es variable y depende del estado de trabajo del motor, va de 30 hasta 100lbs/plg<sup>2</sup>. Se utilizan dos tipos de bombas, la de rotor y la de engrane. Uno de los rotores o engranes es impulsado por el eje cigüeñal, una flecha del árbol de levas o por la flecha del accesorio.

Puesto que no existe una trayectoria directa o abertura para que el lubricante fluya entre la entrada y la salida de la bomba, ésta es del tipo de desplazamiento positivo. Las holguras de rodamiento y los orificios de aceite restringen el flujo proveniente de la bomba esto resulta en una presión de retroceso y formación de presión. Para limitar la presión máxima se incorpora una válvula reguladora de presión o de alivio a la bomba de lubricación. (8)

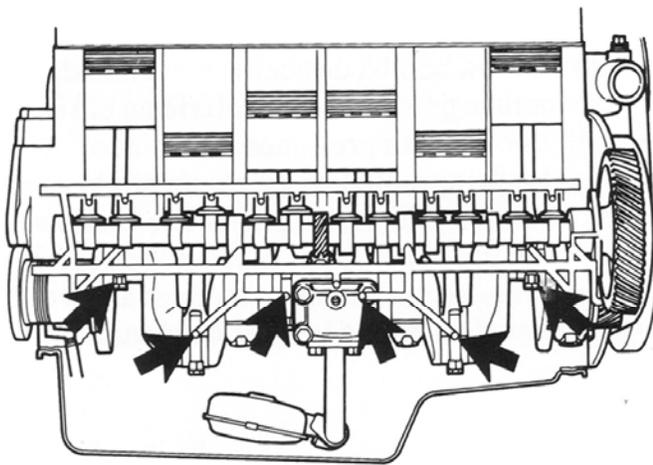
**3.1.4.6.4 Filtros de lubricante (aceite):** La contaminación del lubricante por partículas metálicas pequeñas reduce la vida útil del motor. Es por eso la importancia de los filtros. Están diseñados para atrapar partículas extrañas suspendidas en el aceite y evitan que entren a los rodamientos del motor y otras partes. Los motores modernos utilizan el sistema de filtrado de flujo completo en el cual todo el aceite entregado por la bomba pasa a través del filtro antes de llegar a los rodamientos del motor. Los filtros de los motores actuales son desechables y se cambian con el lubricante del motor.



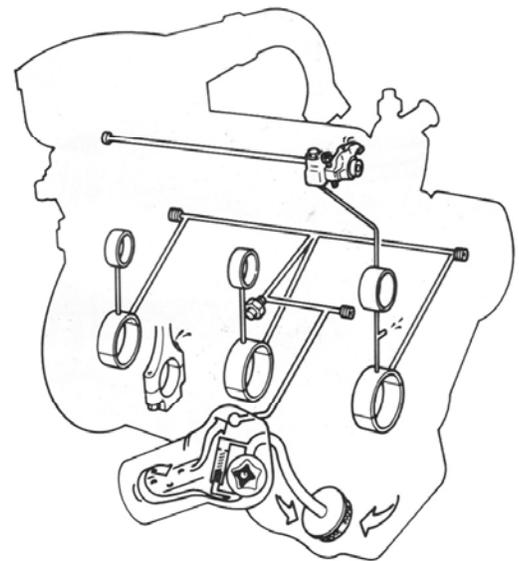
filtración de aceite



succión de aceite



lubricación por salpicadura



lubricación a presión

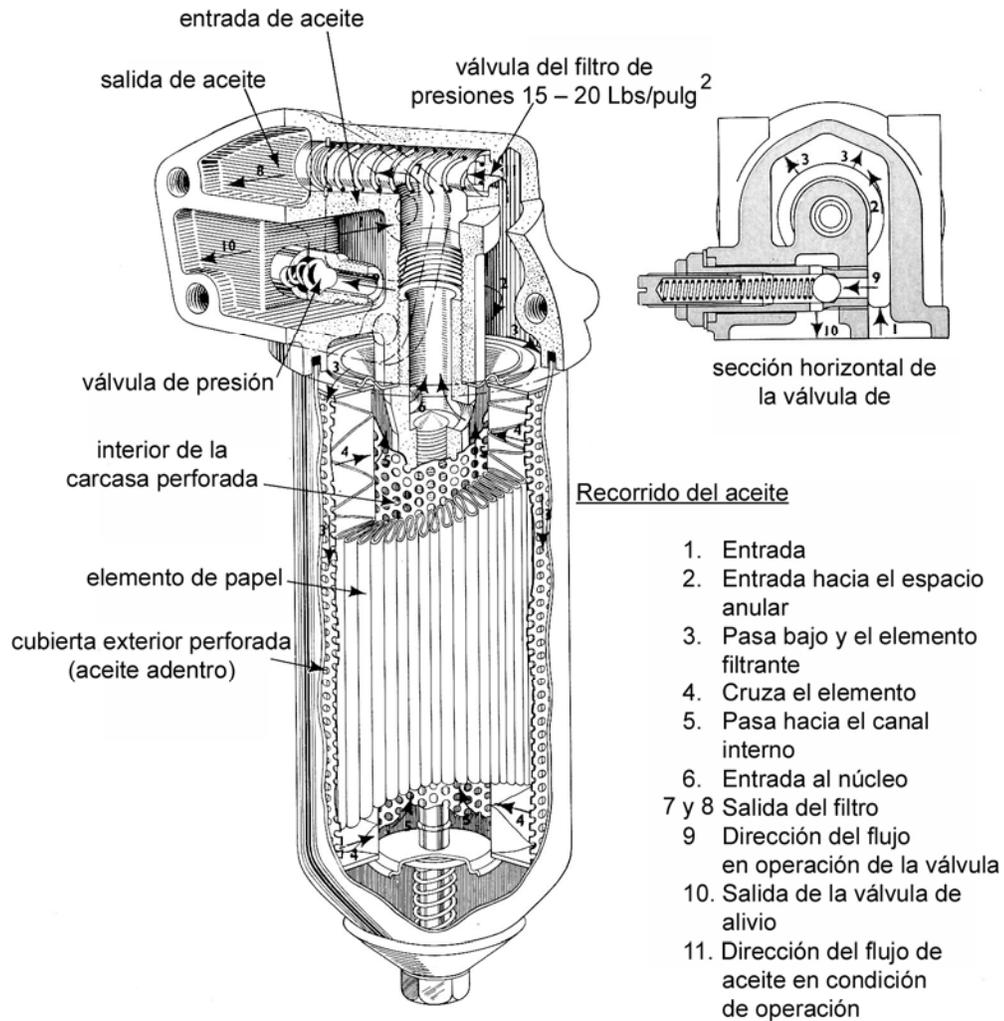
Fuente: Federal Mogul. 1996. Manual de servicios para cojinetes de motor. (8)

Figura 13. El sistema de lubricación.

**3.1.4.6.5 Indicadores de presión de aceite:** Informan al conductor si está o no funcionando normalmente el sistema de lubricación. Están montados generalmente en el tablero. Hay varios tipos o puede haber en el sistema más de uno:

- **Indicadores de luz:** focos de advertencia. Permite que cuando la presión del sistema es baja o nula se encienda, y en funcionamiento normal se apague. Están ubicados en el tablero de instrumentos del vehículo o tractor.

- **Indicadores de sonido:** Utilizan una alarma audible que se activa cuando la presión del sistema es baja o nula, y se desactiva cuando la presión del sistema es normal.
- **Indicadores de lectura (manómetros).** Indican la presión del aceite presente en el sistema. La lectura puede ser en lbs/plg<sup>2</sup> o kg/cm<sup>2</sup>. Ubicado en el tablero del vehículo o tractor. (1)



Fuente: Arias Paz M. Tractores. (1)

Figura 14. Recorrido del lubricante (aceite) en el filtro.

**3.1.4.6.6 Lubricante (aceite) del motor:** Están formulados cuidadosamente para reducir los efectos adversos generados durante el funcionamiento del motor. Poseen las siguientes propiedades:

- Circular rápidamente a través del sistema de lubricación.
- Lubricar sin producir espuma.
- Reducir la fricción y el desgaste.
- Prevenir la herrumbre y corrosión.
- Prevenir la formación de depósitos de cieno y barniz.
- Proveer enfriamiento a las piezas de motor.
- Mantener limpias las tuberías y piezas del motor.

El aceite para motor moderno contiene muchos aditivos, debido a esto, la selección para cada aplicación de motor puede resultar difícil. Sin embargo el API (Instituto americano del petróleo), y la SAE (Sociedad de ingenieros automotrices), han desarrollado clasificaciones de servicio. Utilice sólo los aceites para motor que recomiendan en el manual de servicio correspondiente. (2)

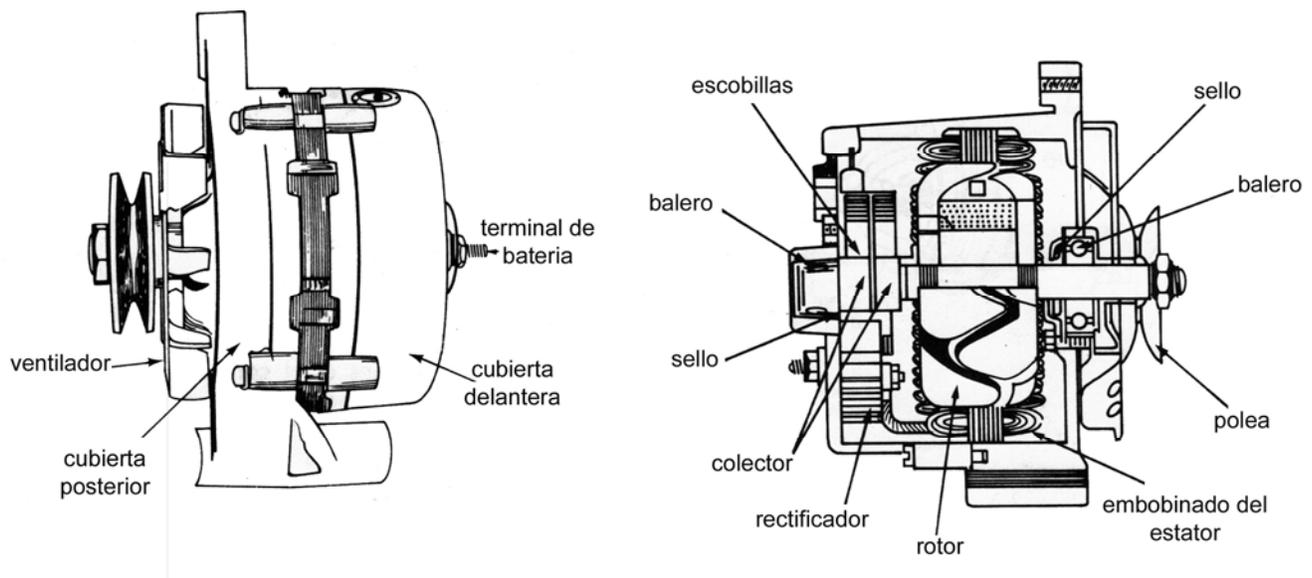
**3.1.4.7 Sistema eléctrico:** La instalación eléctrica principal de un motor, vehículo o tractor está compuesto por varios circuitos: 1. Circuito de carga. 2. Circuito de arranque. 3. Circuito de ignición o encendido. 4. Circuito de luces y accesorios.

**a) Circuito de carga:** El circuito de carga realiza 2 trabajos:

- Durante el funcionamiento del motor genera corriente eléctrica.
- Recarga la batería.

Consta de un generador, regulador de voltaje y amperaje, disyuntor, amperímetro y batería.

**3.1.3.7.1 Generador (alternador):** Produce la energía eléctrica. Lo hace girar el motor mediante una faja o correa en V. Mediante el movimiento giratorio genera corriente alterna y la transforma en corriente directa para uso en el sistema eléctrico o carga de batería. Transforma parte de la energía mecánica en energía eléctrica. Los sistemas eléctricos de los motores modernos cuentan con un alternador compacto, que traen un regulador de circuito integrado (IC) incorporado, que permite regular la carga de voltaje y amperaje en una sola carcasa. (20)



Fuente Soto Molina S. 1983. Introducción al estudio de la maquinaria agrícola. (18)

Figura 15. El alternador y sus partes.

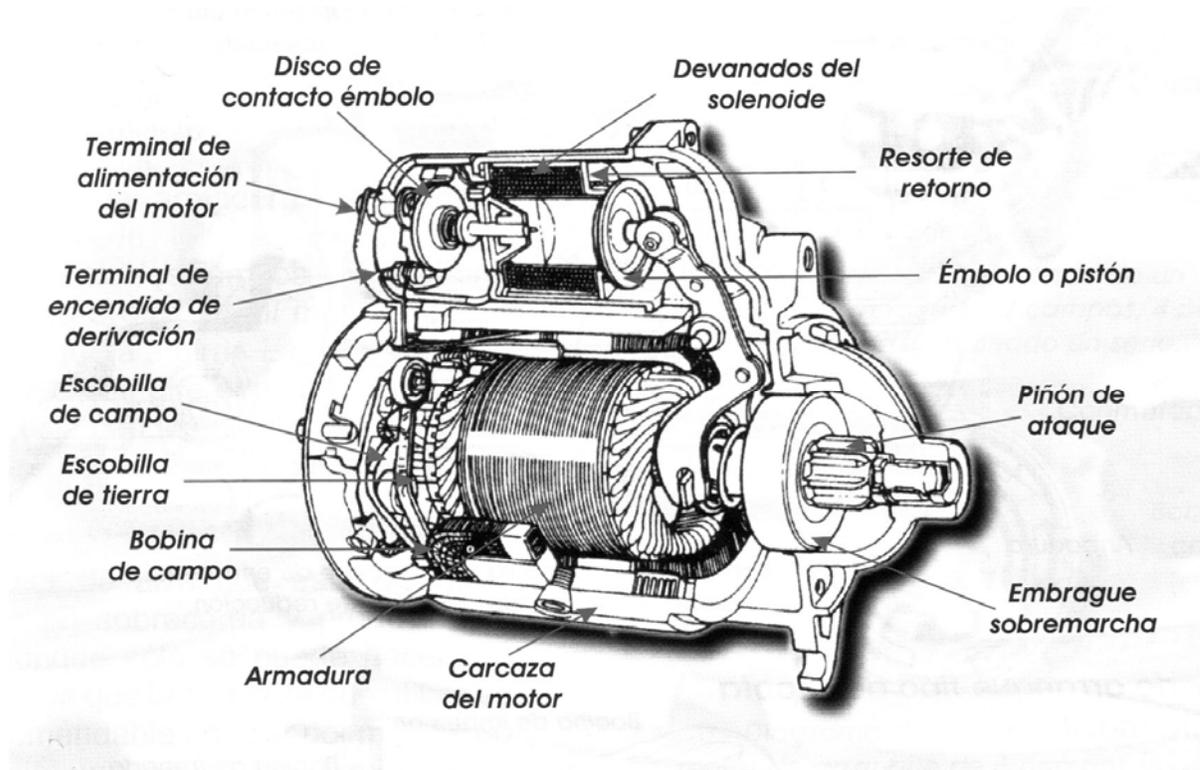
**3.1.3.7.2 Regulador de voltaje y amperaje:** El generador no puede controlar la cantidad de voltaje y amperaje que produce, por lo que el circuito de carga cuenta con un regulador de voltaje y corriente. Este realiza tres funciones en el circuito:

- Abre y cierra el paso de corriente.
- Previene una sobrecarga de la batería.
- Limita la generación de corriente de la dínamo dentro de los rangos normales de trabajo para la protección del sistema.

**3.1.3.7.3 Acumulador o (batería):** Almacena y suministra corriente para el motor de arranque, alumbrado y las demás partes del sistema. Al momento del arranque genera la energía eléctrica necesaria para dar al motor de arranque el primer impulso, supe parte de la energía eléctrica cuando la demanda en el sistema es mayor que la que genera el circuito, estabiliza el voltaje en el sistema durante el trabajo del motor. Es un acumulador de energía que cuando se le alimenta corriente continua (proceso de carga) transforma la energía eléctrica en energía química, cuando toma corriente, se invierte el proceso, transformando la energía química en energía eléctrica.

**b) Circuito de arranque:** Los motores de combustión interna tienen que ser puestos en marcha (arrancados) con energía exterior. Partes básicas del sistema de arranque: Acumulador, motor de arranque, volante, solenoide y el interruptor o switch de encendido.

**3.1.3.7.4 Motor de arranque (estarter):** Es un motor eléctrico de corriente directa que utilizando energía del acumulador, da el movimiento giratorio que inicia la rotación del volante que va en el eje cigüeñal. Se encarga de producir las primeras revoluciones para el arranque del motor. En cuanto el motor arranca deberá dejar de trabajar al soltar el interruptor de arranque.



Fuente: Vásquez Morales E. 2002. Técnico en mecánica y electrónica automotriz (20)

Figura 16. Motor de arranque (starter).

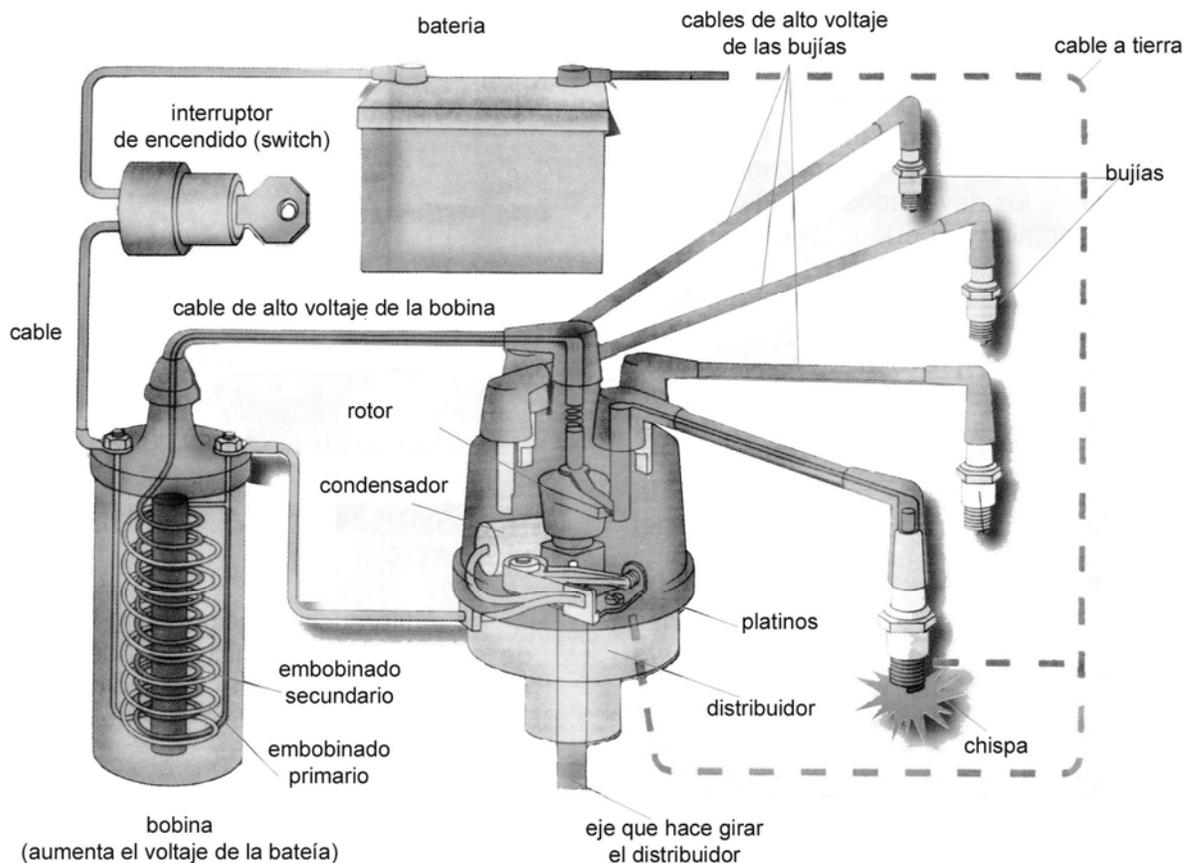
**3.1.3.7.5 Solenoide:** Es un electroimán que consta de un sistema de engranajes mecánicos, que cuando se acciona hace que el engranaje del motor de arranque se acople al engranaje del volante del motor para hacerlo girar. Generalmente va a un lado o anclado en el motor de arranque.

**3.1.3.7.6 Interruptor de encendido (switch):** Controla toda la corriente que fluye por el sistema eléctrico del vehículo. En los vehículos modernos el interruptor tiene varias posiciones: accesorios (accessory), seguro (lock), Apagado (off), ignición o marcha (run), arranque (start). Esto permite asegurar el automotor e impedir el robo.

**c) Circuito o sistema de encendido:** Solamente en los motores a gasolina. Es el encargado de producir una chispa para la adecuada combustión del motor. La chispa debe tener suficiente energía para que en diferentes condiciones se inflame la mezcla de combustión. Funciones:

- Elevar de 12 voltios de la batería hasta 60,000 voltios, en las bujías.
- Distribuir el alto voltaje.
- Enviarlo en el momento exacto para que se produzca una combustión efectiva en el cilindro del motor. (20)

Componentes del circuito: 1) Batería 2) Interruptor 3) Bobina de encendido 4) Distribuidor de encendido 5) Condensadores 6) platinos 7) bujías o candelas.



Fuente: Engine specifications 1998. (19)

Figura 17. Sistema de encendido.

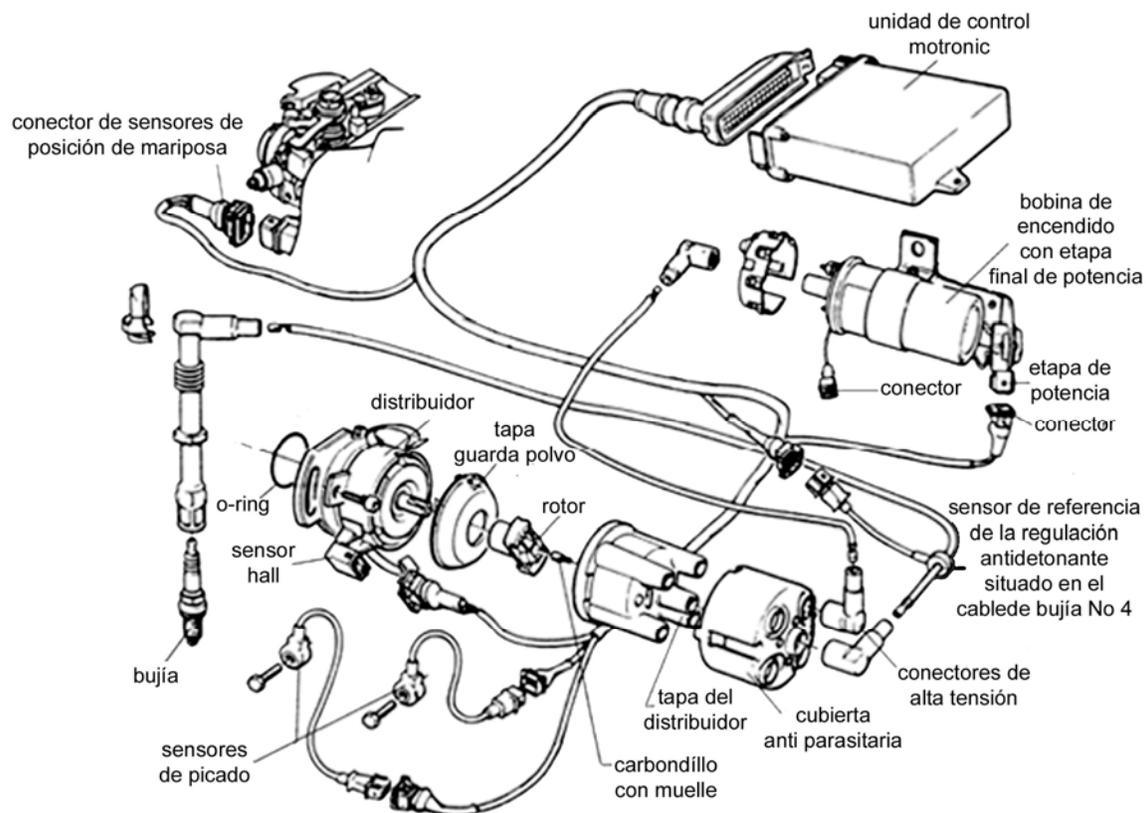
**3.1.3.7.7 Bobina de encendido:** Transforma la baja tensión en alta tensión y transmitirla a través de los cables del encendido.

**3.1.3.7.8 Distribuidor de encendido:** Distribuye el alto voltaje de la bobina a las bujías en el orden establecido por el fabricante. En su interior se encuentran:

**Condensador de encendido:** Es un capacitor electrolítico cuya función principal es impedir la formación de un arco de voltaje entra las puntas del platino y a la vez provoca un corte de corriente más limpio y rápido del circuito a tierra para que la saturación de la bobina sea más efectiva en su alto voltaje. Va atornillado adentro o afuera del distribuidor para su cambio fácil.

**Platino del encendido:** Conecta o interrumpe el circuito primario de la bobina de encendido produciendo con esto la inducción de corriente en la bobina. Se encuentra atornillado en el distribuidor para su cambio o ajuste.

**3.1.3.7.9 Encendido electrónico:** Al accionar el llavín de ignición se alimenta una bobina captora que produce una señal que es enviada al modulo de ignición, este se activa con una señal, y se produce un alto voltaje en la bobina de ignición. Este sistema está basado en la conversión de señales analógicas y digitales. En este sistema la ausencia de un platino y condensador, es cubierta por una bobina captadora y transistores que van colocados en el distribuidor. En este sistema la construcción del distribuidor es similar



Fuente: Vásquez Morales E. 2002. Electricidad básica en reparación de automóviles. (20)

Figura 18. Encendido electrónico.

al convencional, a excepción de la incorporación de un sistema de bobina captadora inductiva transistorizada, en vez de platino y condensador convencional en un módulo. En el sistema convencional el corte de corriente se lleva a cabo de una manera mecánica, en este se lleva a cabo de una forma electrónica. (5)

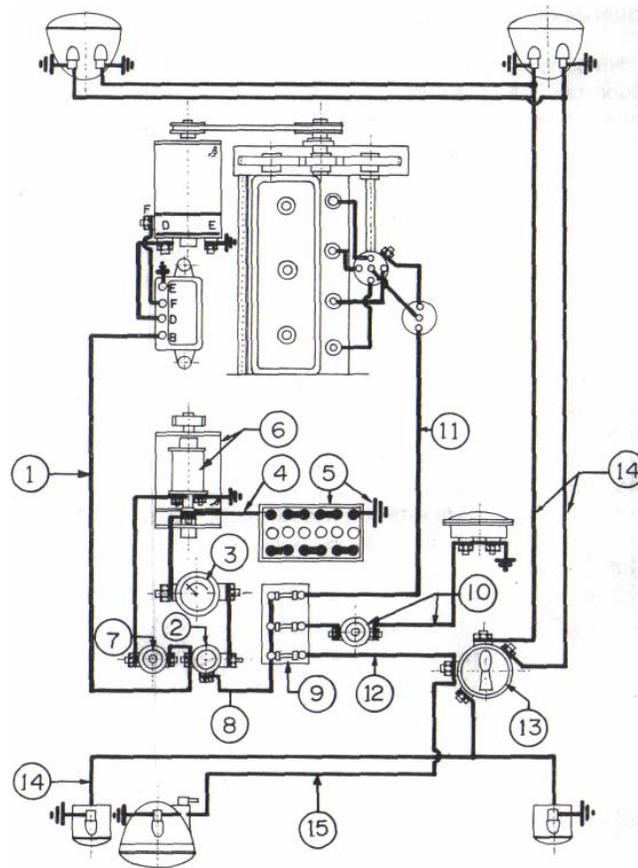
**3.1.3.7.10 Bujías (candelas) de encendido:** La bujía tiene dos funciones primarias: quemar la mezcla aire/combustible y disipar la temperatura dentro de la cámara de combustión hacia el sistema de enfriamiento del motor. Las bujías transmiten energía eléctrica que convierten al combustible en un sistema de energía. Una cantidad suficiente de voltaje se debe de proveer al sistema de ignición para que pueda generar la chispa a través de la calibración de la bujía. La temperatura de la punta de encendido de la bujía debe de encontrarse lo suficientemente baja como para prevenir la pre-ignición, pero lo suficientemente alta como para prevenir la carbonización. Esto es llamado "Desempeño Termal", y es determinado por un rango térmico seleccionado por cada fabricante.

**3.1.3.7.11 Cableraje:** Conjunto de cables por los que la corriente eléctrica es transmitida a donde es necesario. Los cables utilizados en el sistema eléctrico varían de grosor según sea necesario, para su identificación son utilizados diferentes colores o combinación de colores en el forro. (12)

**3.1.3.7.12 Amperímetro:** Es un aparato de medición ubicado en el tablero de instrumentos a la vista del conductor. Indica la carga de corriente eléctrica en el sistema. Puede ser también un indicador de luz, que alumbró cuando hay una falla en el sistema.

### **Circuitos, instrumentos, aparatos y accesorios**

- (1) Circuito de carga. Comprende, en primer lugar, el generador con su conexión a la tierra (E), su conexión del circuito interior de los campos electro-imanés (F) al regulador de amperaje y voltaje (F) y su conexión de carga (D) al disyuntor (D). La salida B es conectada a la llave de contacto, pasa por el amperímetro al cable del circuito de arranque, y a la batería y su terminal de masa.
- (2) Interruptor de encendido.
- (3) Amperímetro.
- (4) Cable de alto amperaje del circuito de arranque.
- (5) Batería y su terminal de masa.
- (6) Motor de arranque con su interruptor electromagnético.
- (7) Botón para activar el interruptor de arranque.
- (8) Línea de alimentación de luces, de encendido y accesorios.
- (9) Caja de fusibles.
- (10) Botón y circuito del claxon.
- (11) Circuito de bajo voltaje del sistema de encendido eléctrico. En el caso de motores diesel, será el circuito de pre-calentadores de las cámaras de pre-combustión.
- (12) Línea de alimentación de las luces.
- (13) Interruptor de luces.
- (14) Circuitos de las luces delanteras y traseras. Una línea alimenta las luces altas; la otra, las luces bajas. Las luces traseras están conectadas en ambos casos, junto con las luces altas y las luces bajas.
- (15) Circuito de la luz o faro trasera de trabajo.



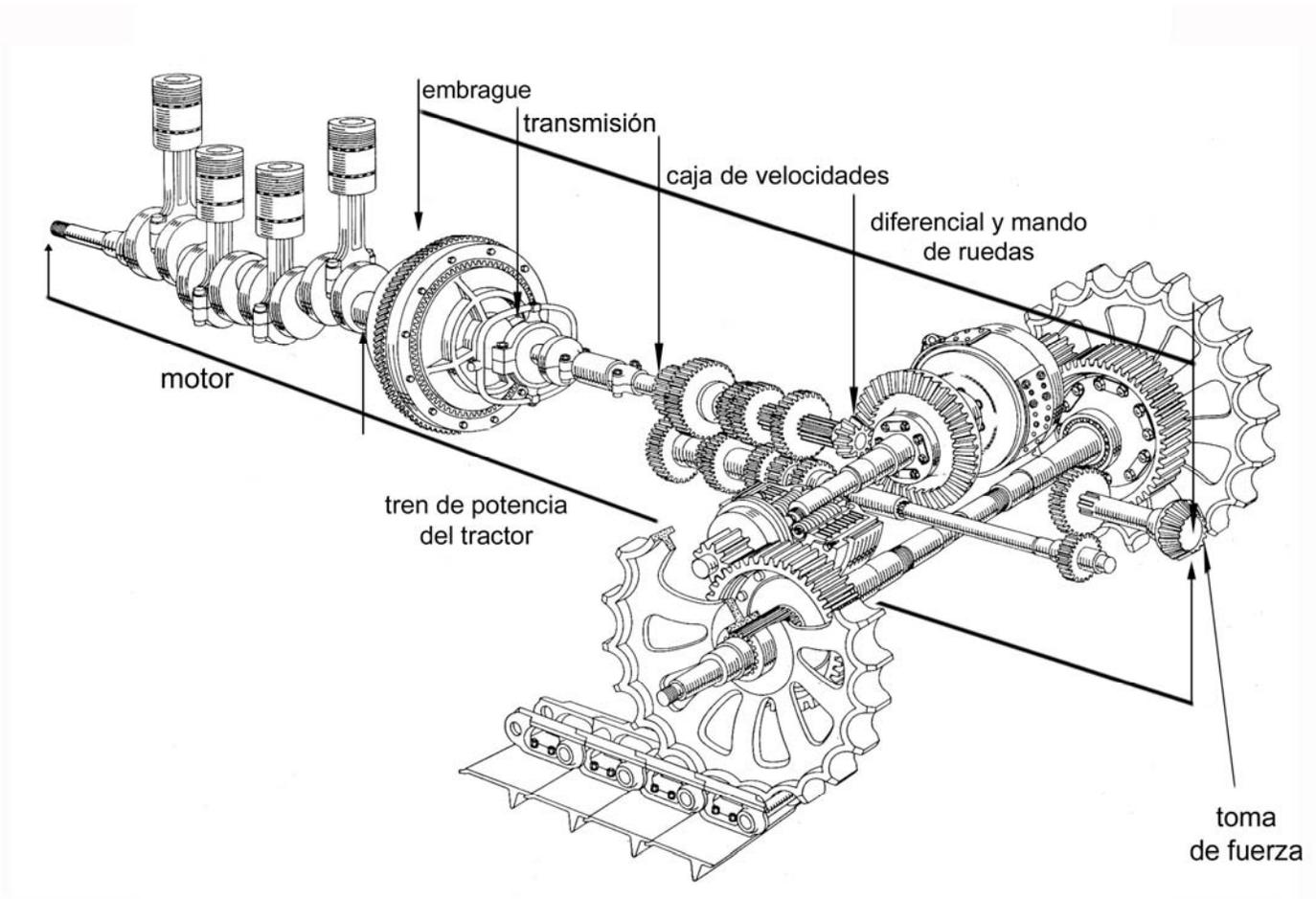
Fuente: Berlijn, IJD. 1987. Elementos de maquinaria agrícola. (4)

Figura 19. Diagrama del sistema eléctrico básico del tractor.

**3.2 SISTEMA DE EMBRAGUE:** Cumple con las funciones siguientes:

- Es un mecanismo proyectado para conectar y reconectar miembros impulsores e impulsados.
- Acopla y desacopla la energía del motor con el transeje o caja de cambios de velocidades.
- Acopla y desacopla el motor a una velocidad lenta, media o alta con el mecanismo de transmisión sin ningún sobresalto, de una manera ligera, suave, sin ningún sobresalto para el automotor en marcha. (10)
- Es capaz de resbalar en los movimientos iniciales del acoplamiento y realizar el movimiento en forma progresiva. Está formado por las siguientes partes:

**3.2.1 Volante:** Atornillado al eje cigüeñal del motor, proporciona una superficie de fricción para el embrague y la superficie de montaje para el plato opresor (canasta). En el va colocada la corona, donde se coloca el motor de arranque. Fabricado de acero, para resistir la fuerza de fricción.



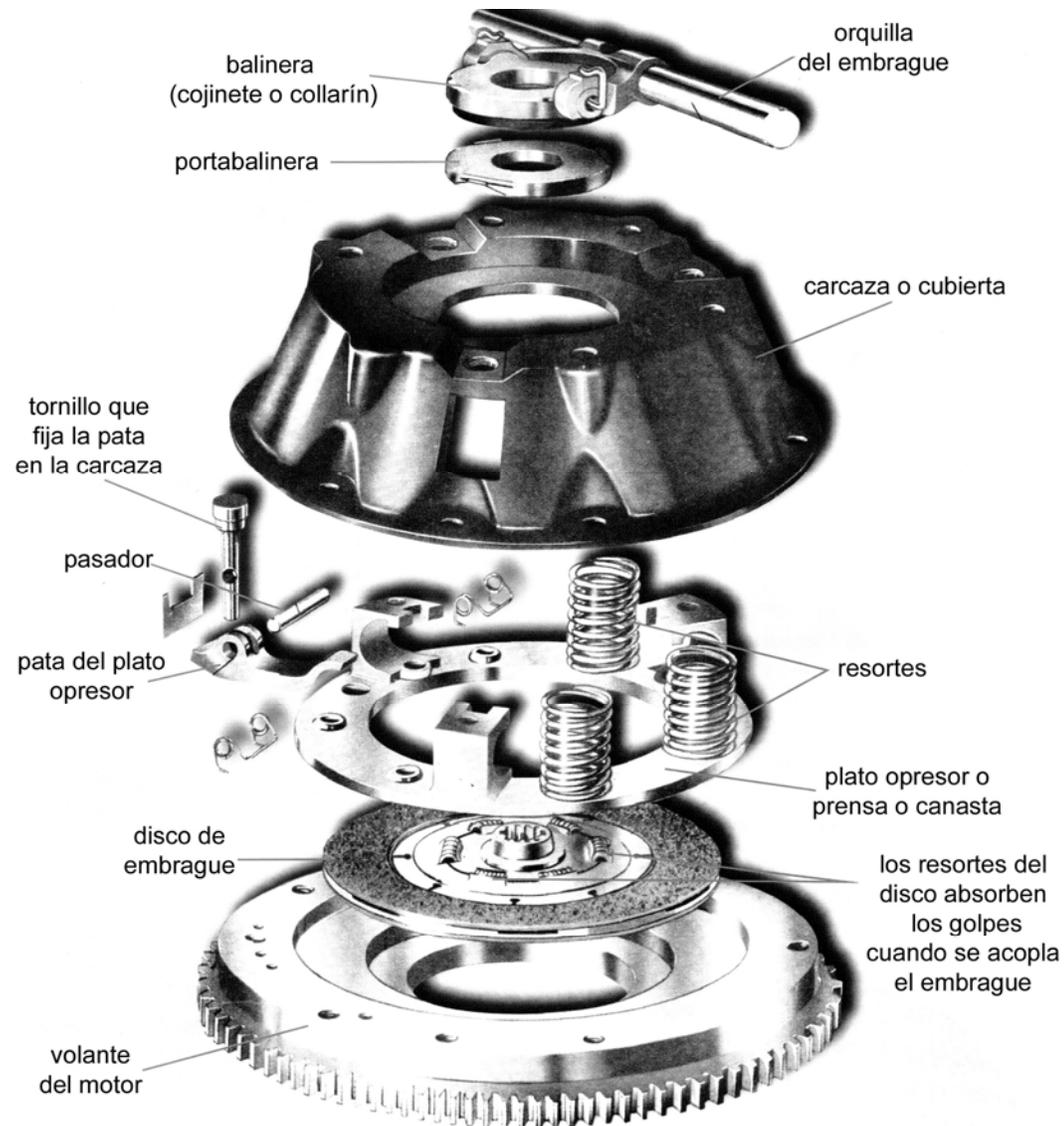
Fuente: Shell guide. 1955. Know your tractor. (17)

Figura 20. Tren de potencia básico del tractor.

**3.2.2 Plato opresor (prensa o canasta):** Va atornillada al volante. Cuando se acciona el embrague, aprieta el disco del embrague al volante. Construido de varias partes de acero y hierro colado, para resistir las altas presiones, las altas temperaturas y la energía generada en el motor. Provee la fuerza necesaria para afianzar el disco entre el plato opresor y el volante. La presión de acoplamiento se aplica por resortes espirales o resorte de diafragma del tipo Belleville.

**3.2.3 Collarín:** Es un rodamiento o cojinete colocado entre la horquilla de liberación del embrague y los dedos de liberación, con el fin de reducir la fricción.

**3.2.4 Disco del embrague:** Es un disco de acero recubierto con bandas de asbesto y fibras de algodón impregnados con resinas o agentes aglutinantes para resistir la fricción en cada uno de sus lados. Este material debe ser capaz de resistir el calor, las fuerzas de fricción, evitar el desgaste y el deslizamiento. Va colocado entre el volante y el plato opresor. El centro del disco está provisto para absorber la vibración torsional del cigüeñal.



Fuente: Rueda Santander, J. 2005. Técnico en mecánica y electrónica automotriz. (16)

Figura 21. Sistema de embrague de resortes.

**Tipos de control del embrague:** Son los encargados de accionar todo el mecanismo del sistema de embrague, por medio de un pedal, que está cerca del conductor para accionarlo. Estos pueden ser

- **--Mecánicos:** Por medio de varillas o cables flexibles.
- **–Hidráulicos:** Está compuesto por un cilindro maestro, (bomba), operado por un pedal del embrague, y un cilindro esclavo o secundario que opera sobre la horquilla de liberación del embrague. Los cilindros están conectados por una tubería de acero o mangueras. En este sistema se utiliza líquido para accionarlo. Tiene la ventaja de obtener una multiplicación de fuerzas, eliminando acoplamientos complicados.

**Embrague de doble acción:** Con el embrague se conecta también la patea y la toma de fuerza. En la toma de fuerza se presenta la dificultad que el acoplamiento y la desconexión de la caja de cambios y la toma de

fuerza se realizan simultáneamente. Esto requiere de mucha energía, particularmente en el caso de grandes máquinas. Cuando el tractor está trabajando y se requiere de un trabajo extra no se puede parar la máquina o el tractor, es aquí donde funciona el embrague de doble acción. El operador conecta primero la toma de fuerza. Cuando la maquina tenga la velocidad de operación, conecta la caja de cambios.

**Mecanismo de operación del sistema de embrague:** Se da en dos etapas A. cuando el pedal del embrague se oprime (introduce o mete) y B. cuando el pedal del embrague se suelta (se saca).

**A. cuando el pedal del embrague se oprime (introduce):** El mecanismo del embrague empuja el collarín contra las patas del plato (canasta), las cuales al accionarse tiran (jalan) el espejo del plato, dejando libre el disco entre el espejo y el volante, quedando desembragado y sin transmitir potencia. El disco esta fijo o está girando en forma independiente del volante y el plato opresor (canasta).

**B. Cuando el pedal del embrague se suelta:** El mecanismo de acción elimina la presión al collarín y este a las patas del plato opresor (canasta), por lo que el espejo de este es presionado contra el disco por medio de la presión de los resortes del plato opresor (canasta) llegando un momento en que el disco queda completamente presionado (embragado) contra el volante, moviéndose al unísono y transmitiendo potencia del motor a la caja de cambios.

**3.3 CAJA DE CAMBIOS DE VELOCIDAD:** Cumple con las funciones principales

- Seleccionar la relación fuerza-velocidad cuando el automotor se encuentra bajo diferentes cargas.
- Cambia de dirección de movimiento al automotor por medio del accionamiento del retroceso.
- Para obtener la fuerza de tiro necesaria en ciertas operaciones al poner en neutro la caja de velocidades.
- Permite al automotor estar parado o en movimiento, con el motor arrancado y realizar otras tareas.
- Cambia la fuerza disponible para halar. A más velocidad, menor fuerza de tiro. A menor velocidad mayor fuerza de tiro disponible.

Los cambios se efectúan mecánicamente, con asistencia de fuerza hidráulica ó hidráulicamente. La reducción de engranes o engranajes permite que el motor mueva lentamente el automotor, seguidamente cambia a engranes más grandes, la velocidad aumenta y se reduce el requerimiento de potencia.

Principales partes:

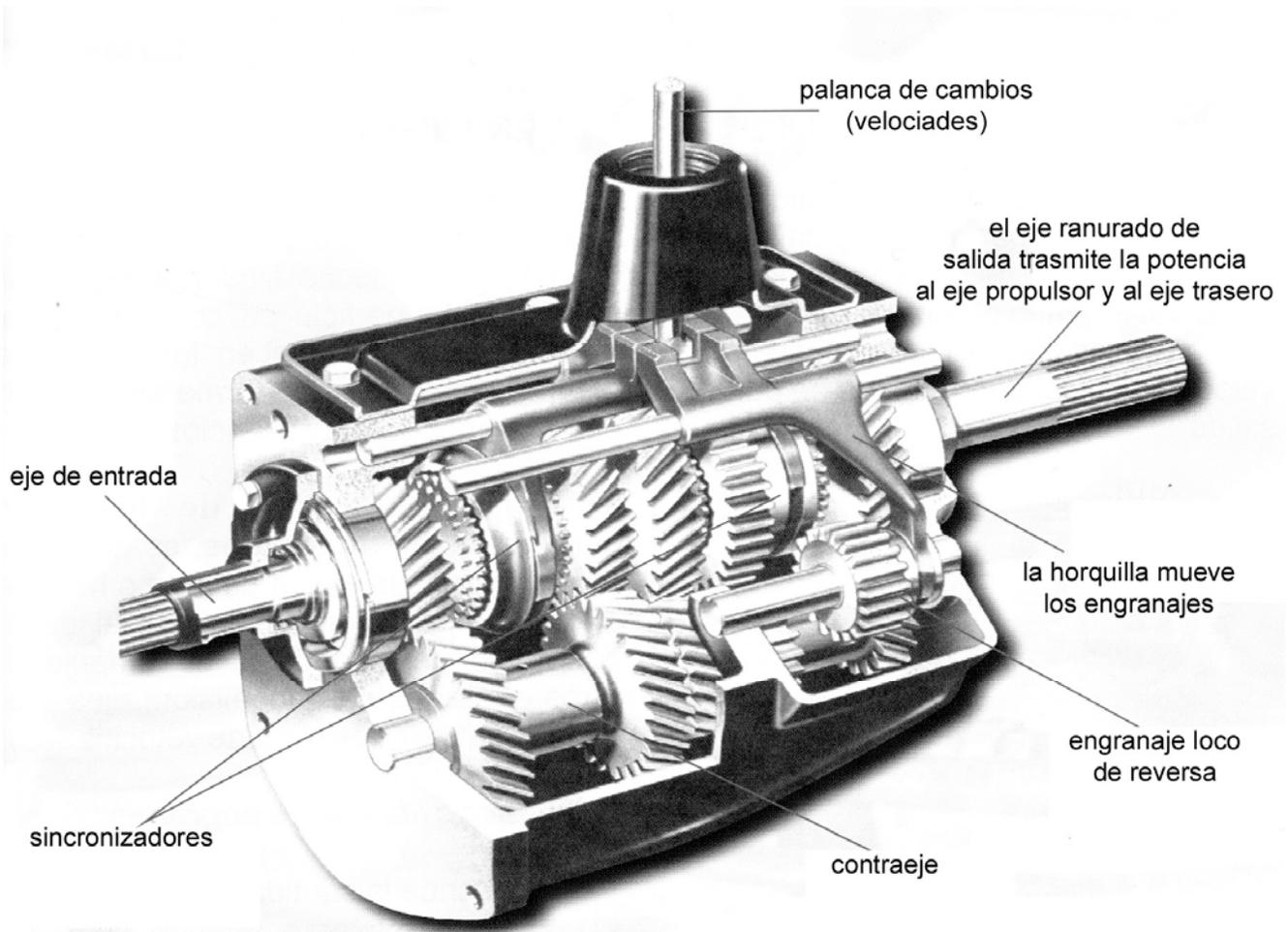
**3.3.1 Sincronizadores:** Se utilizan para facilitar el cambio entre engranes y también fijan los engranes (engranajes) a los ejes. Fabricados de bronce.

**3.3.2 Horquilla de cambio:** Se utiliza para desplazar los sincronizadores o los engranes. Fabricadas de hierro colado o acerado.

**3.3.3 Eje principal de entrada (propulsor o eje de embrague):** Propulsado por el disco de embrague: El eje de entrada y el engrane de entrada impulsan a todos los demás engranes. Fabricados de acero.

**3.3.4 Contraeje (carrizo):** Mantiene en posición los contra engranes, los cuales se acoplan con el engrane de entrada y salida. Fabricados de acero.

**3.3.5 Eje de salida (eje selectivo):** Sostiene los engranes de salida, que se encuentran acoplados con los contraengranes y con el engrane loco de reversa.



Fuente: Rueda Santander, J. 2005. Técnico en mecánica y electrónica automotriz. (16)

Figura 22. Caja de cambios de velocidad y sus partes.

**3.3.6 Engranés (engranajes) de salida:** Los engranes son ruedas de acero con dientes alrededor de su circunferencia que se utilizan para impulsar otros engranes o ejes. Permiten conectar y desconectar el eje de salida. Se encuentran acoplados con los contraejes y con el engrane loco de reversa. Se pueden clasificar como de entrada o impulsores, de salida o impulsados o locos. Pueden reducir la velocidad de salida (reducción de engranes), aumentan la velocidad (sobre marcha) o dan transmisión directa (Igual velocidad de entrada y salida). Pueden tener dientes rectos (engranajes cilíndricos), o helicoidales. Fabricados de acero.

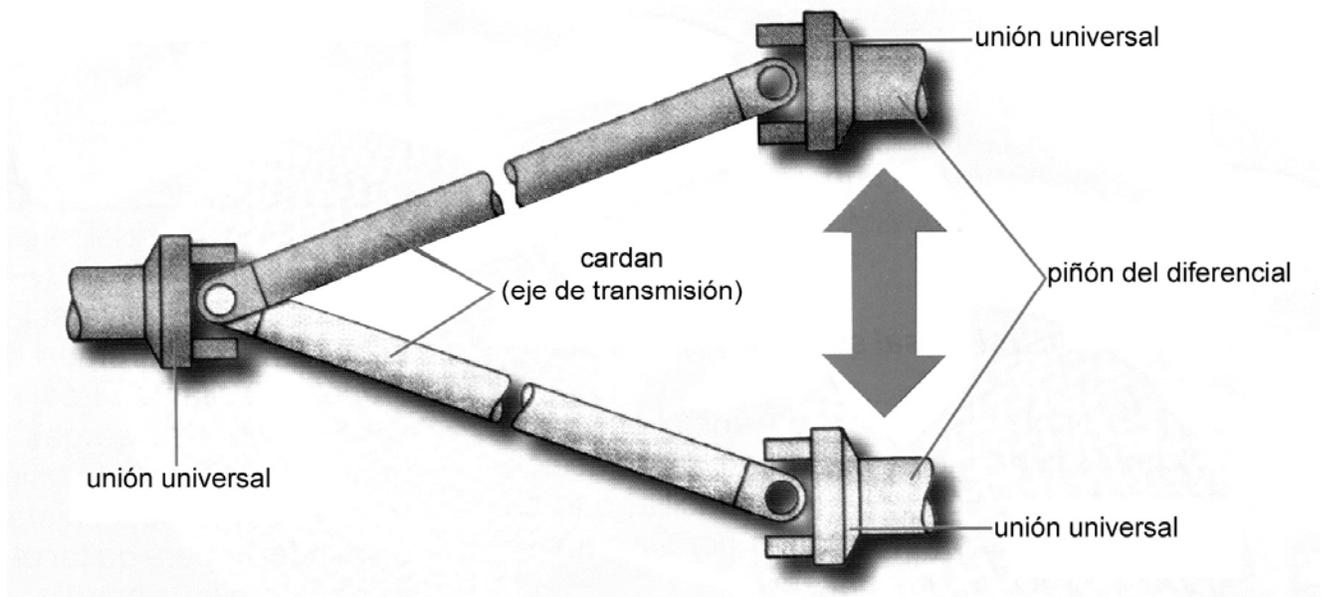
**3.3.7 Acoplamiento de cambio:** Conecta la palanca de cambios con las horquillas de cambios.

**3.3.8 Palanca de cambios:** Palanca operada por el conductor para el cambio de velocidades, sentidos de giro o puesta en neutro, permitiendo que el motor este arrancado sin moverse el automotor.

**3.3.9 Rodamientos (cojinetes):** Cojinetes de bolas, rodillos, agujas o de tipo buje utilizado para soportar los engranes sobre los ejes y los ejes de la transmisión en la caja de velocidades o en el transeje.

**3.3.10 Caja:** Carcasa que contiene y soporta los ejes, engranes, sincronizadores y sirve de depósito para el lubricante. Fabricada de hierro colado o aluminio.

**3.3.11 Eje de la transmisión (cardan):** Se utilizan en los automotores con tracción trasera y de tracción en las cuatro ruedas. Transfiere la potencia de la caja de velocidades al piñón propulsor del diferencial. Transmite el par torsión del motor, desde la transmisión o caja de velocidades al diferencial. Las juntas universales proporcionan la conexión entre el eje, la transmisión y el diferencial, permitiendo que el eje opere a diferentes ángulos, debido al movimiento de la suspensión. Está conformado por un eje tubular con una unión universal (cruceta o cruz) en cada extremo, un yugo deslizante con ranuras en el extremo del lado de la transmisión permite que cambie la longitud del eje de la transmisión. (6)



Fuente: Manual chilton de reparación de automóviles importados. 1997 (6)

Figura 23. El movimiento del cardan y sus partes.

**3.4 DIFERENCIAL (catarina):** Los automóviles, camiones y tractores de tracción trasera utilizan un diferencial para transmitir la potencia de eje de la transmisión a los ejes traseros. Los automotores de tracción en las cuatro ruedas (doble tracción), utilizan dos diferenciales, uno para el eje delantero y otro para el eje trasero. El diferencial desempeña las siguientes funciones:

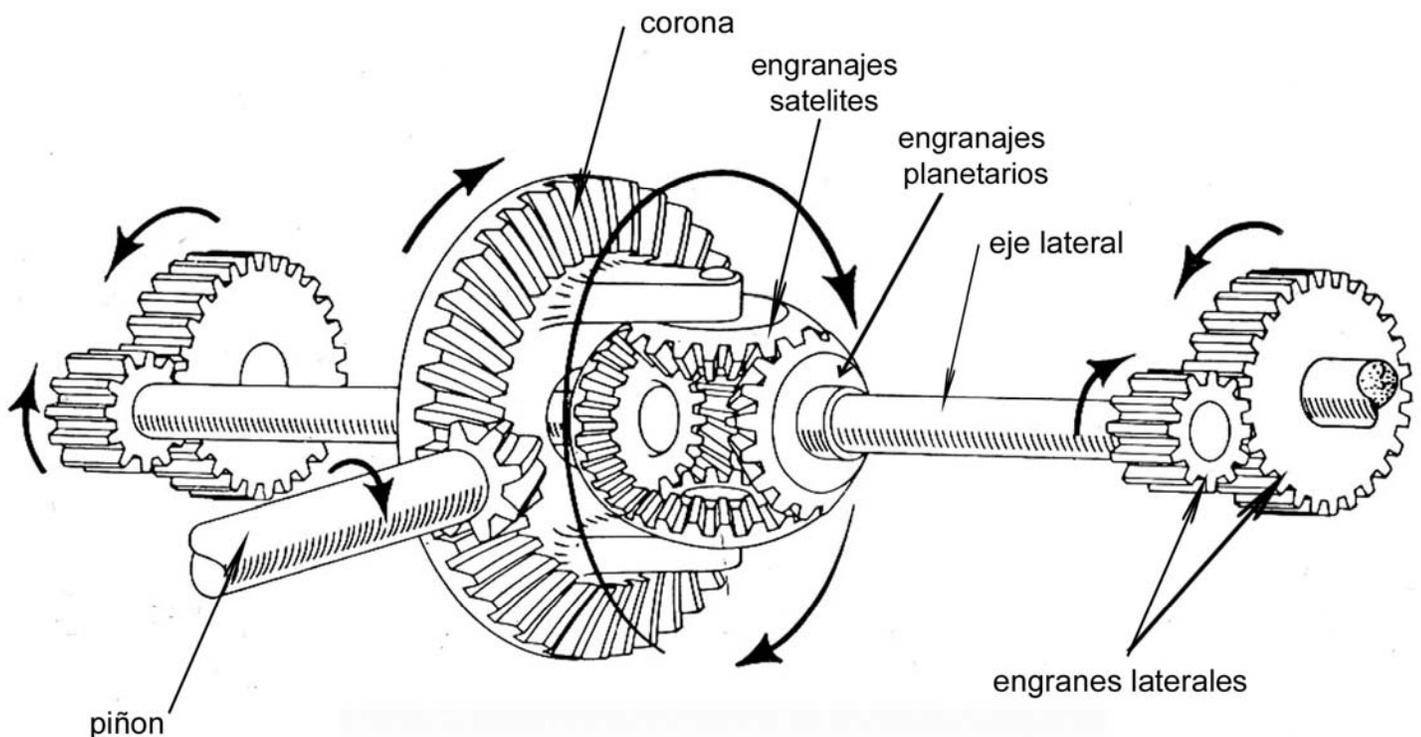
- Transmitir el par motor a un Angulo de 90°.
- Transmitir el par motor del eje de la transmisión a los ejes motrices.
- Dividir el par motor de la transmisión a las dos ruedas.
- Permitir que las ruedas motrices giren a diferente velocidad en las curvas.

Cuando se avanza en línea recta las dos ruedas motrices recorren la misma distancia a la misma velocidad. Al efectuar un giro, la rueda interna recorre una distancia menor que la rueda externa. Los engranajes del diferencial permiten que cada eje lateral y cada rueda giren a velocidades diferentes, mientras que la corona gira a una velocidad promedio entre ellas. Los componentes principales del ensamble del diferencial y eje trasero incluyen:

**3.4.1 Yugo del piñón diferencial:** Acopla el eje de la transmisión al piñón del diferencial.

**3.4.2 Piñón de la transmisión:** Transfiere el par motor del eje de la transmisión al engranaje de la corona del diferencial.

**3.4.3 Engrane corona:** Transfiere el par motor del piñón propulsor a la caja o soporte diferencial



Fuente: Hunt, D. 1991. Elementos de maquinaria agrícola. (12)

Figura 24. El diferencial del tractor y sus componentes.

**3.4.4 Caja o soporte diferencial:** Transfiere el par motor del engrane de la corona al eje de satélites planetarios y contiene el eje de satélites (engranes planetarios) y los engranes laterales del eje.

**3.4.5 Cojinetes (rodamientos) laterales de la caja o soporte del diferencial:** Soportan la caja o soporte del diferencial en la carcasa del eje trasero.

**3.4.6 Eje de satélites o eje de planetarios:** Transfiere el par motor de la caja o soporte del diferencial a los satélites (Engranajes planetarios).

**3.4.7 Engranajes planetarios:** Transfieren el par motor de los satélites a los engranes laterales del eje, permitiendo que los engranes del eje giren a diferentes velocidades en las curvas.

**3.4.8 Engranajes laterales del eje:** Transfieren el par motor de los satélites a los ejes motrices.

**3.4.9 Ejes motrices:** Transfieren el par motor de los engranes laterales del eje a las ruedas motrices.

**3.4.10 Carcasa del eje trasero:** Soporta y contiene el ensamble del diferencial y los ejes motrices y soporta el chasis. Construido de hierro fundido o acerado para soportar el peso o carga.

**3.4.11 Bloqueo o traba del diferencial:** La traba del diferencial lo que hace es bloquear la acción diferencial, permitiendo mandar la misma fuerza y velocidad hacia ambas ruedas motrices, esto evita la pérdida de fuerza por tracción, cuando existe exceso de patinaje. Elimina la acción diferencial de planetarios y satélites. (2)

**3.4.12 Toma fuerza del tractor:** para el accionamiento de maquinas exteriores o arrastradas, la transmisión de energía se hace normalmente mediante un eje de rotación que es la toma de fuerza y un árbol de transmisión articulado mediante dos juntas y un eje telescópico llamado eje cardánico.

Es un eje en rotación que transmite energía para el accionamiento de las maquinas acopladas al tractor, situado generalmente en la parte posterior del mismo. La velocidad de rotación de la toma de fuerza depende del régimen de giro del motor en función de la necesaria para que la maquina pueda realizar la tarea requerida. A mayor velocidad de rotación del motor, mayor velocidad en la toma de fuerza y viceversa. En los primeros tractores la velocidad estaba normada a 540 rpm, con la aparición de tractores de gran potencia se modifico a 1000 rpm.

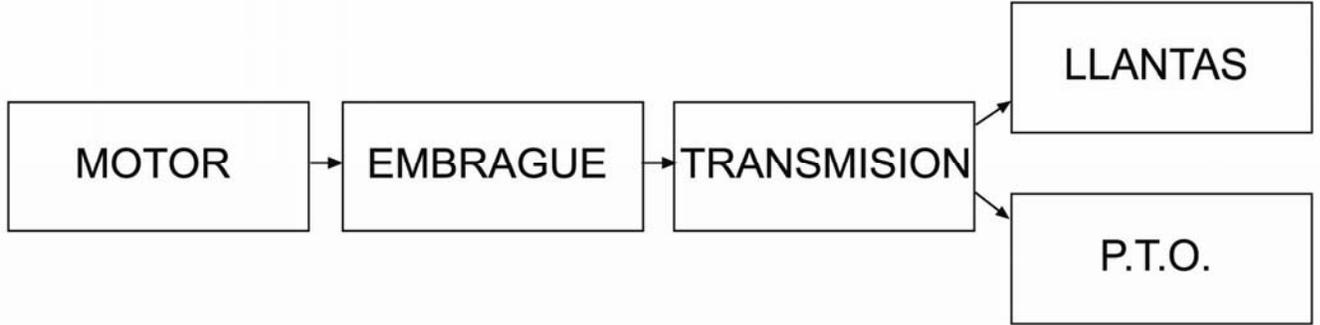
En nuestro medio es conocido como P.T.O. (placa protectora de la toma de fuerza) o como T.D.F. (Toma de fuerza)

Es la parte del tractor que le da movimiento y fuerza rotativa a diferente equipo auxiliar que la requiere como: chapeadoras, azadón rotativo, bombas equipo de aspersión, segadoras, picadoras, etc.

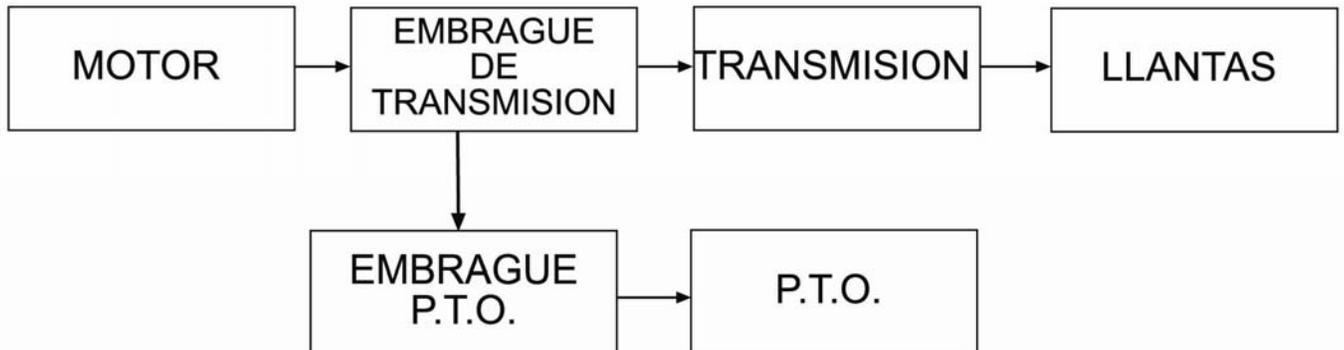
Se clasifican según su movimiento:

- De la transmisión o caja de cambio de velocidades.
- Del motor o independiente.
- Sincronizada al eje secundario o de funcionamiento continuo.

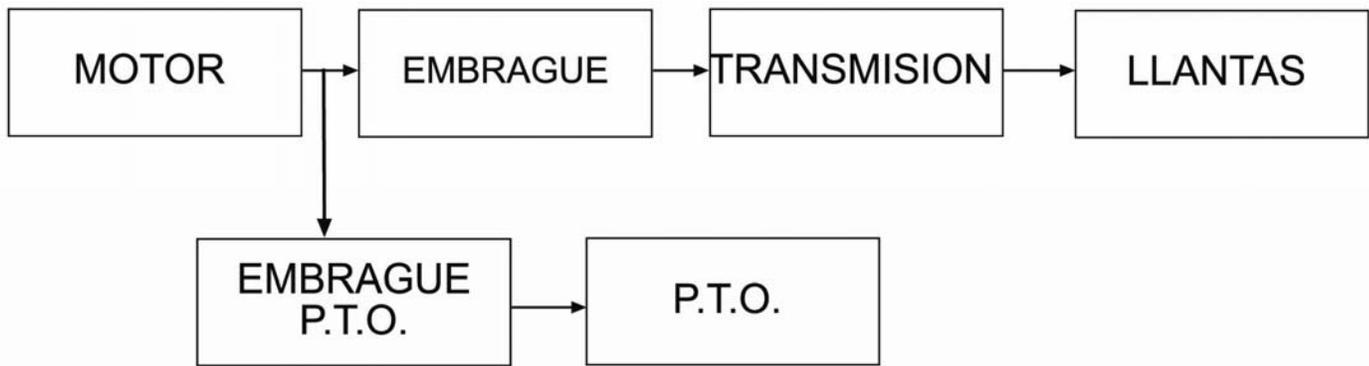
**3.4.12.1 P.T.O. Accionado por la transmisión o caja de velocidades:** Este tipo es accionado por engranajes de y funciona únicamente cuando el clutch está embragado y transmitiendo potencia hacia la transmisión, deja de funcionar cuando la maquina se para y no puede ser conectado y desconectado en marcha. Procede del eje intermediario de la caja de cambios y por tanto se conecta cuando se pisa el pedal de embrague.



**3.4.12.2 P.T.O. Del motor o independiente:** Tiene su propio clutch completamente separado del clutch de la transmisión, por tanto puede operar cuando la máquina este operando, parada o en movimiento y a la vez puede ser conectado o desconectado mientras la máquina esté caminando. Recibe el movimiento del motor mediante un embrague independiente o doble. En este caso el tractor puede detenerse y volver a avanzar sin que la toma de fuerza se detenga y por tanto la máquina que este accionando.



**3.4.12.3 P.T.O. Sincronizada al eje secundario o de funcionamiento continuo:** Esta unidad cuenta con dos clutches, uno para la transmisión y el otro para el P.T.O. siendo ambos operados por el pedal, la primera media carrera del pedal opera el clutch de la transmisión mientras que la segunda parte opera el clutch del P.T.O., por lo tanto el P.T.O. puede operar cuando la transmisión se encuentra desconectada, presentando la ventaja de que puede operar cuando la maquina esté parada o en movimiento, sin embargo la transmisión no puede ser conectada de nuevo mientras el P.T.O. esté en operación, ni el P.T.O. puede ser conectado y desconectado cuando la máquina esté en movimiento. Utilizada para el accionamiento de los ejes motores de los remolques de rueda accionadas. Así la velocidad del tractor y remolque accionada es la misma con independencia de la marcha seleccionada.



### 3.5 SISTEMA HIDRAULICO DEL TRACTOR:

El sistema hidráulico fue inventado por el inglés Harry Ferguson. Los primeros tractores que usaron este sistema de aplicación directa de la fuerza hidráulica por medio de bomba, válvulas y pistones ligados al enganche de tres puntos en los tractores agrícolas, vieron evolucionar la relación de peso tractor por caballo de potencia gracias al esfuerzo envolvente que proporciona el enganche de tres puntos. El esfuerzo de corte producido por el implemento al voltear el suelo, sumado al peso del implemento, recibe una reacción igual y contraria que es transmitida a través de la estructura del implemento a la barra de compresión del enganche o tercer punto; esto ocasiona un aumento de peso en el tractor, lo que aumenta considerablemente la tracción del tractor debido a la mejor adherencia de los neumáticos sobre la superficie del terreno, disminuyendo el patinamiento.

Este peso es la reacción que recibe el tractor a través del esfuerzo envolvente que trae como ventaja el enganche de 3 puntos de la maquinaria agrícola; en donde la transferencia de la carga sobre el eje trasero aumenta la tracción y la profundidad de trabajo es uniforme sobre terrenos desnivelados a la vez que el desplazamiento del tractor es normal sobre suelos de dureza variable debido a que el esfuerzo de tracción resulta constante. El sistema hidráulico realiza las siguientes funciones:

- Transforma la fuerza mecánica en fuerza hidráulica.
- Transmite la fuerza hidráulica o fuerza de un punto a otro.
- Transforma de nuevo la fuerza hidráulica o fuerza mecánica para realizar trabajo. (12)

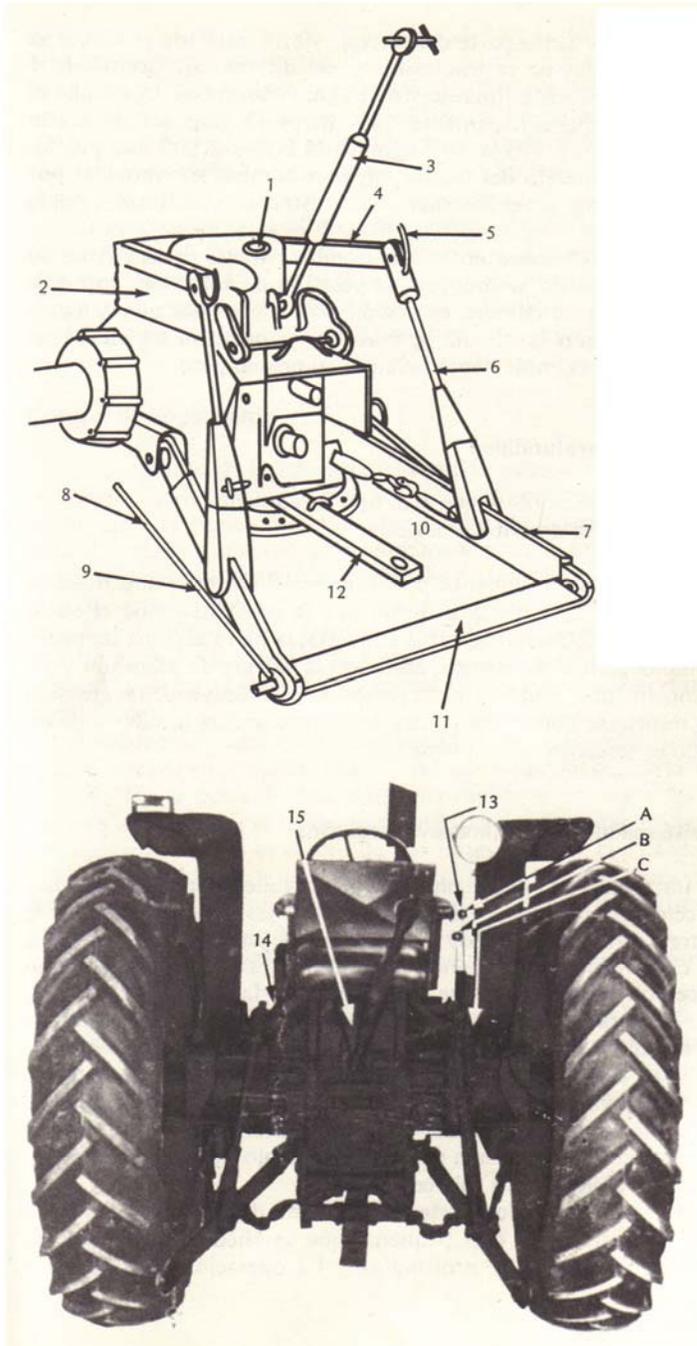
Como ya mencionamos, el sistema hidráulico de los tractores utiliza 3 puntos de enganche para acoplar un implemento. Las dos barras inferiores actúan en tensión y la barra superior en compresión. Estos tres puntos, en correlación, dan tanto seguridad como eficiencia y se obtiene una tracción sin excesivo peso, ya que parte de éste es soportado por el tractor.

Este tipo de enganche hace que el tractor y el implemento se vuelquen hacia atrás. Mediante el control hidráulico un implemento puede levantarse, bajarse o mantenerse a la profundidad deseada.

El sistema hidráulico forma parte del tractor; y está instalado en el cuerpo del mismo sobre las cajas de la transmisión y del diferencial. Consta de 4 cilindros de acción totalmente flotante y de trabajo constante. La bomba es capaz de suministrar aproximadamente 11.5 litros (3 galones) de líquido hidráulico por minuto a presiones de 123 a 197 kg/cm<sup>2</sup> (1,900 a 2,800 lbs/pulg<sup>2</sup>). Según el tamaño y el modelo del tractor, algunas bombas son movidas por engranes del motor, como en el International; y otras son accionadas por la transmisión.

Durante el trabajo, el aceite entra a la bomba a través de la válvula de control; cuando esta válvula se mueve a la posición de admisión, entonces el aceite, a presión, va a un cilindro de acción simple que hace que se levante el implemento. Cuando la válvula se mueve a la posición de escape, el aceite sale del cilindro y el implemento baja por su propio peso.

**Control automático de profundidad:** Algunas marcas de tractores tienen este tipo de control. Su función es como se describe enseguida:



1. Tapón de llenado de aceite de hidráulico y bayoneta de nivel
2. Depósito de aceite hidráulico
3. Barra de compresión tercer punto
4. Brazo de levante
5. Manivela de regulación de altura en el tirante
6. Tirante derecho ajustable; izquierdo, fijo
7. Brazo de tensión
8. Barra de torsión
9. Estabilizador
10. Tensor
11. Barra de enganche
12. Barra de tiro
13. Palancas de control del sistema hidráulico:
  - a) Palanca maestra
  - b) Control de sensibilidad
  - c) Indicador de profundidad
14. Llave de control de flujo
15. Muelle de acción para válvula de seguridad

Fuente: Soto Molina S. 1983. Introducción al estudio de la maquinaria agrícola. (18)

Figura 25. Sistema hidráulico del tractor.

La barra de compresión aumenta o disminuye el esfuerzo que trasmite durante el trabajo, según aumenta o disminuye la resistencia que el suelo presenta al implemento. Cuando la carga aumenta, la barra acciona un resorte comprimiéndolo contra su asiento, abriendo la válvula de admisión y levantando el implemento. Cuando la compresión disminuye o hay tensión en la barra, el resorte se comprime contra su asiento y abre la válvula de escape, originando el descenso del implemento.

### **Controles del sistema hidráulico (Massey-Ferguson):**

Todos los tractores equipados con sistema hidráulico tienen una palanca maestra que acciona el mecanismo de levante. Algunos tienen, además de la palanca maestra, otra palanca para el control de profundidad. Se toma como ejemplo el control del sistema hidráulico de los tractores Massey-Ferguson que se hace con tres palancas que están situadas a la derecha del asiento.

La palanca maestra que levanta o baja el implemento es capaz de vencer la acción del resorte de control automático, haciendo que las barras inferiores de enganche se levanten cuando la palanca se mueve hacia atrás o que bajen cuando se mueva hacia adelante. El cuadrante a lo largo del cual se mueve la palanca tiene un tope ajustable con una tuerca que permite volver a colocar el implemento en la misma posición de trabajo después de levantarlo para el transporte al llegar a las cabeceras.

Para el control de profundidad este tractor tiene dos palancas de menor tamaño que la "maestra". La más pequeña, que se encuentra más alejada del asiento, sirve para regular la profundidad. La operación se hace en el campo, y una vez obtenida la profundidad de trabajo deseada, se fija al cuadrante por medio de un tornillo. Esta palanca debe estar más debajo de la mitad de su cuadrante. La palanca de tiro compensa las variaciones en la profundidad ocasionadas por las diferentes texturas del suelo. En suelos pesados deberá colocarse ligeramente hacia abajo o adelante de la palanca de control, y en suelos ligeros, hacia arriba o atrás de la misma palanca; de esta manera se obtiene una profundidad uniforme.

La palanca de control de profundidad no debe utilizarse para alzar el implemento porque variaría la regulación y si la carga en la barra de compresión es menor de 454 kg (1 000 lbs) el implemento será alzado más allá del cierre de la posición de transporte y la válvula de seguridad quedará abierta tanto tiempo como la palanca de control permanezca en esa posición.

**Control del implemento:** El cuadrante de la palanca maestra da posiciones. En la parte superior se encuentra up (arriba), posición más alta del implemento propia para el transporte: de esta posición a down (abajo) puede bajarse el implemento con la palanca maestra, que caerá aproximadamente a la misma velocidad que la palanca sea llevada hacia abajo, pudiendo dejarse fijo a cualquier altura.

En la parte delantera o baja del cuadrante, se encuentran, las posiciones fast (rápido) slow (lento) para el control del implemento. A estas posiciones se les denomina de respuesta, reacción o sensibilidad y sirven para regular la caída. Limitan la abertura de las válvulas de control del sistema hidráulico.

Previamente regulada la profundidad de operación, se baja la palanca desde su posición intermedia en el cuadrante, hasta la posición fast. En la posición fast dará una rápida respuesta a las variaciones de textura del terreno, levantando cuando la dureza aumente y viceversa. Si el implemento causara el efecto de dar botes o saltos, la palanca maestra deberá colocarse en la posición slow, donde la respuesta será lenta y el implemento trabajará mejor. En un terreno ondulado, o donde las texturas varían constantemente, o en condiciones extremadamente pedregosas, la palanca debe colocarse en la posición fast (o respuesta rápida) para evitarle daños al implemento.

El sistema hidráulico en otros tractores tiene por separado un depósito de aceite, el nivel del aceite deberá revisarse diariamente (cada 10 horas), en caso de que el tractor este jalando implementos accionados por el control remoto y semanalmente (cada 50 horas), cuando se ejecuta un trabajo normal. (14)

### **3.5. MANTENIMIENTO GENERAL DEL TRACTOR AGRICOLA:**

#### **3.5.1. Cuidados diarios (cada 10 horas de trabajo)**

Revisión del nivel del agua del radiador, que deberá estar aproximadamente a 2.5 cm (1 Pulgada) por encima del panel. Revisar el nivel del tanque de expansión situado cerca del radiador, debe estar al máximo y nunca se debe llenar. El agua que se use tendrá que ser lo más limpia posible.

Revisión del nivel del aceite en el cárter. De no estar en la marca *full*, (lleno) se debe agregar el necesario hasta que el nivel alcance las marcas, de la bayoneta, que corresponden a trabajo normal.

Revisión del nivel del aceite en la caja de la transmisión, el diferencial y el sistema hidráulico. Si falta, se debe agregar el necesario hasta que el nivel alcance las marcas, de la bayoneta, que corresponden a trabajo normal.

Limpieza y cambio del aceite del purificador (filtro) de aire. Si hay pre limpiador, inspecciónese por si fuera necesario limpiarlo (la frecuencia de cambio de aceite del filtro dependerá del ambiente más o menos polvoso en que trabaje la máquina).

Comprobación de la presión en los neumáticos.

El tanque o depósito del combustible debe llenarse cuando el motor esté parado; utilizando para ello un embudo con filtro. Es necesario tener cuidado de no salpicar combustible cuando el motor este caliente, llenarlo después de cada jornada de trabajo.

Limpieza cuidadosa de las graseras. Después de lubricarse debe quitar el exceso de grasa que hubiera alrededor de las graseras.

#### **3.5.2. Cuidados semanales (cada 50 ó 60 horas de trabajo)**

##### **1. Acumulador (batería)**

a) Inspección de los cables y las conexiones de la batería. Si la batería estuviese húmeda, sucia o corroída, limpie con solución caliente de soda cáustica y aplíquese vaselina o grasa a las terminales para evitar corrosiones futuras. .

b) El nivel de agua limpia debe mantenerse por encima de las placas, agréguese solamente agua destilada; llénese hasta la marca de la pieza de llenado; tener cuidado de no estropear los tapones.

##### **2. Neumáticos (llantas)**

Inspección del exterior de los neumáticos y compruebe la presión de los mismos. Los neumáticos deberán ser inflados a las presiones convenientes, según las especificaciones de los fabricantes.

##### **3. Tuercas y tornillos**

Las tuercas y los tornillos deben inspeccionarse y apretarse si ello fuera necesario.

#### 4. Taza de sedimentación

Ciérrese la válvula de paso del combustible; vacíese la taza y límpiase el filtro con un buen solvente; quítense las materias extrañas que en él haya. Séquese cuando esté completamente limpio, en caso de que el tractor venga provisto de trampa de agua.

#### **3.5.3. Cuidados cada 100 horas (cada 2 semanas de trabajo)**

1. Cambie los elementos del filtro cada 100 horas y efectué la operación de la purga del sistema de combustible en motores tipo diesel.

#### **3.5.4. Cuidados mensuales (cada 200 ó 220 horas de trabajo)**

1. Cambio del aceite y filtro de aceite del motor.

Vacíese cuando el motor esté caliente y llénese hasta la marca full de la varilla del nivel. La capacidad de la bandeja del aceite o cárter es variable, según la marca del tractor y la potencia del mismo.

2. Generador (alternador)

Póngase 5 gotas de aceite ligero en las chumaceras de los extremos de la flecha.

3. Bujías (candelas)

Inspecciónese su aspecto; manténganse limpias y calíbrese la distancia de los electrodos a 0.635 mm (0.025"). Cuando se coloquen de nuevo las bujías, pónganse arandelas nuevas (en motores de gasolina).

4. Cartucho del filtro de aceite

Reemplace el filtro cada vez que se cambie el aceite del motor; asegúrese la instalación del nuevo elemento cuando se efectúe el llenado completo de la bandeja de aceite del motor.

5. Tapón de cárter (aceitera)

Desmóntese y limpie el tapón de llenado de aceite del cárter.

6. Carburador

Ciérrese la llave de paso del combustible; quítese el tapón de drenaje del carburador hasta quedar completamente vacío; quítese el codo de entrada y limpie su filtro o rejilla.

#### **3.5.5. Cuidados temporales (cada 1000 horas de trabajo)**

1. **Trasmisión y diferencial:** Cuando el aceite esté caliente, vacíense los dos tapones de drenaje y llénese con aceite especial para engranajes SAE 130-140-150.

Para temperaturas superiores a 10 °C (50 °F) úsese aceite del tipo SAE 130-140.

Para temperaturas inferiores a 10 °C (50 °F) utilícese aceite mineral del tipo SAE 80-90.

Algunos fabricantes recomiendan aceites especiales como el Hy-Tran y JD-303.

## 2. Nivel del aceite en la caja de la dirección

Manténgase el nivel del aceite hasta alcanzar el orificio del tapón de relleno, con un buen lubricante para transmisión: 0.95 litros SAE-90 para verano 0.95 litros SAE-80 en invierno

## 3. Radiador

Vaciése y límpiése el radiador, agregando líquido refrigerante adecuado.

## 4. Deposito (tanque) de combustible

Límpiése y enjuáguese el tanque para quitar el óxido, partículas de tierra u otras materias extrañas.

## 5. Purificador (filtro) de aire

Desmóntese el dispositivo y lávesele con un buen solvente.

Verifíquense en general las conexiones y apriétense, si es necesario.

Es muy importante tener en cuenta el tipo de purificador (filtro de aire), de que se trate, ya sea filtro seco o en baño de aceite (húmedo).

### 3.5.6. Cuidado anual (cada 2000 horas de trabajo)

1. Los cojinetes de las ruedas delanteras y traseras deben desmontarse para poder lavar los cojinetes, rellenándolos con una buena grasa del tipo para cojinetes de ruedas, ajústense bien.

Recomendación final

Lávese el tractor minuciosamente; quite las manchas de aceite y pinte para evitar oxidaciones.

*Nota general.* Cada marca, y con frecuencia hasta cada modelo, tiene diseño o características especiales que no es posible incluir en una obra de esta índole. El propietario o técnico responsable de cualquier máquina debe consultar el manual de operación del fabricante y atender todos los cuidados especiales que él indique para el correcto funcionamiento de la máquina.

### 3.5.7. Ajustes que se pueden hacer en el campo:

- Cortina o persiana del radiador
- Banda (faja) del ventilador
- Calibración de las bujías (candelas)
- Calibración de los platinos
- Ajustes de los frenos
- Ajustes de los baleros (cojinetes) delanteros
- Cambio de filtros de aire
- Operación de purgar el sistema de combustible
- Cambio del lubricante( aceite ) y filtro del motor
- Lubricación general del tractor y sus implementos
- Cambios de trocha del tractor
- Ajuste de convergencia en ruedas
- Ajustes generales del sistema hidráulico
- Ajuste del asiento para el operador

### **Cortina del radiador**

La cortina del radiador se abre o se cierra con una manivela situada cerca del tablero de instrumentos. En el cuadro de la manivela está indicando el sentido para abrir y cerrarla. Debe operarse siempre que sea necesario para mantener la aguja indicadora de la temperatura al final de la zona *run* (trabajo).

Pocos tractores modernos vienen provistos de cortinas, pues el control de temperatura del motor se efectúa aumentando el número de aspas al abanico y aumentando las revoluciones por minuto, o utilizando el termostato apropiado.

### **La banda (faja) del ventilador**

Este dispositivo debe quedar tenso, o como lo indique el catálogo del tractor. La medida de tensión recomendada deberá hacerse entre el generador y el ventilador.

El propósito de este ajuste es evitar que las bandas resbalen, lo que produciría un rápido desgaste y mal funcionamiento del generador y de la bomba del agua.

### **Bujías (candelas)**

La separación recomendable entre los electrodos de las bujías es de 0.58 a 0.81 mm (de 0.023 a 0.032 pulg.) para los motores de gasolina.

### **Frenos**

El mecanismo de los frenos se compone en cada rueda, de 2 zapatas con sus fricciones, 2 resortes y un tornillo con rosca derecha e izquierda. Cuando los frenos están "bajos" es necesario acercar las balatas o zapatas a sus tambores, operación que se hace dando vueltas al tornillo (rosca izquierda y derecha) para separarlas entre sí, hasta que quede frenada la rueda y, después, en sentido inverso, para desenfrenar, hasta que las no rocen el tambor.

Cuando las fricciones son nuevas, debe efectuarse un primer ajuste al colocarlas y cuando ya se han ajustado en el tambor, después de algún tiempo de uso, deben volverse a ajustar, en caso de que los tractores utilicen frenos de disco, debe consultarse el manual del operador para hacer un ajuste correcto.

### **Ajuste de los baleros (cojinetes) de las ruedas delanteras**

Levántese la rueda; quítese la polvera (guardapolvo que cubre los baleros o cojinetes); quítese la chaveta que asegura la tuerca y desatorníllese; sáquese la roldana y el balero exterior; quítese la rueda y lávese sin quitar el balero interior; revísense las pistas de rodaje o tazas, el retén de filtros, y lávense todas las piezas con solventes de petróleo, gasolina o diesel hasta eliminar la grasa usada. Lubríquese las partes con grasa adecuada (para baleros) y colóquese en su posición original. Una vez colocadas las piezas en su posición correcta, apriétese la tuerca hasta que la rueda gire forzadamente; después, aflójese la tuerca hasta que la rueda gire libremente no debiendo tener juego lateral u oscilante. Colóquese la chaveta en la tuerca y, por último, la polvera. Si los baleros no están ajustados y hay juego entre el balero y su tasa se ocasionará un rápido desgaste de los mismos y rotura de los *rodillos* o *balines*.

### 3.5.8. Ajustes que deben hacerse en el taller:

- Carburación y calibración de la bomba de inyección
- Luz (calibración) de las válvulas cuando no son buzos hidráulicos
- Ajuste del embrague o clutch
- Ajuste de la dirección
- Ajuste del generador (alternador)

#### **Carburación y calibración de la bomba de inyección**

Cuando el tractor quema combustible en exceso o se calienta demasiado, la causa puede ser mala calibración de la bomba de inyección. Llámese al mecánico o llévese el tractor a un taller especializado.

#### **Luz (calibración) de las válvulas**

El desajuste de las válvulas del motor causa pérdidas de potencia, calentamiento excesivo y mayor consumo de combustible. Llévase el tractor a un taller mecánica para su revisión técnica

#### **Ajuste del embrague (clutch)**

Si al accionar el pedal del embrague funciona pisándolo a fondo o muy poco, debe ajustarse; de lo contrario patinará o no embragará bien y se gastarán excesivamente los discos embotados. Como consecuencia de tener que pisar muy a fondo el pedal, pueden romperse los engranes (engranajes) que forman la caja de velocidades.

#### **Ajuste de la dirección**

Cuando el volante tenga un juego excesivo, antes de que accionen las palancas de la dirección, debe llevarse el tractor al taller. Si el volante se ajusta demasiado, puede romperse el sector o el sinfín del mecanismo.

#### **Ajuste del generador (alternador)**

Cuando el generador (alternador) no cargue la batería, llévelo al taller. Previamente asegúrese de que la banda esté correctamente tensa y de que no haya cables flojos. Revise la caja de fusibles y cerciórese de que estén haciendo buen contacto.

#### ***Principales averías y posibles causas:***

La mayoría de nuestros técnicos y administradores de maquinaria requieren de conocimientos complementarios con respecto a defectos de motores de combustión interna tipo gasolina. A continuación damos algunas sugerencias relacionadas principalmente con el porqué de algunas fallas y posible causa.

#### **El motor no arranca:**

- Desperfectos en el motor de arranque
- No llega la gasolina al carburador
- Mezcla pobre de combustible por falla de ajuste o ahogador defectuoso
- Agua en el combustible

**El motor se ahoga:**

- Motor muy frío
- No hay chispa en las bujías (candelas) por acumulador (batería) descargado, distribuidor o bobina descompuestos o con fallas en el regulador de voltaje (se queda pegado)
- Encendido o válvulas fuera de tiempo
- Baja compresión
- Silenciador o tubo de escape tapado

**El vehículo no funciona bien a alta velocidad:**

- Carburador desajustado (instalar un repuesto nuevo, completo)
- No llega suficiente gasolina al carburador
- Bujías (candelas) sucias o electrodos muy abiertos
- Juego en las válvulas; resortes débiles, vástagos ligeramente vencidos
- Terminales flojas
- Motor fuera de tiempo, válvulas mal sincronizadas.

**El motor no trabaja lento, arranca pero no empareja (ralentí):**

- Carburador mal ajustado o sucio (consumo excesivo de combustible) Entrada de aire en el múltiple de admisión
- Baja compresión (consumo de aceite)
- Bujías (candelas) quemadas o sus electrodos muy juntos
- Bobina muy débil
- Resortes de válvula de escape flojos
- Mucho juego en las válvulas (consumo de aceite)
- Válvulas flojas en sus vástagos y guías (consumo de aceite)
- Obturador cerrado
- Conexiones en el acumulador flojas, corroídas o rotas
- Acumulador (batería) muy descargado (baja carga o bajo nivel del electrolito).
- El automotor cuenta con encendido electrónico y alumbrado la luz de diagnóstico (check), llevarlo a servicio

**Mal funcionamiento a todas velocidades:**

- Entrada del aire por la tubería de admisión de combustible
- Contacto de los platinos; se pegan, están sucios o mal ajustados
- Cables mal instalados entre el distribuidor y las bujías
- Aislamiento de cables rotos
- Condensador defectuoso o sus conexiones flojas
- Carburador mal ajustado o sucio
- Baja compresión en los cilindros por los anillos defectuosos (consumo excesivo de aceite).
- Bujías (candelas) sucias, porcelana quebrada o electrodo desajustado
- Tapa del distribuidor reventada
- Conexiones flojas o corroídas en el circuito de encendido. (14)

## **4. OBJETIVOS:**

### **4.1 Objetivo general:**

Fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en los cursos de Maquinas y Motores y Mecanización Agrícola.

### **4.2 Objetivos específicos:**

- 4.2.1. Elaborar un manual y guía de estudio para explicar las partes del tractor, su funcionamiento y mantenimiento preventivo.
  
- 4.2.2. Organizar en forma seccionada e ilustrada, por medio de un modelo, los componentes básicos de un automotor: Motor, Embrague, Caja de Cambios y Diferencial.
  
- 4.2.3. Montar en forma ordenada los componentes básicos de un automotor en el laboratorio de Mecanización Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## 5. METODOLOGIA.

**5.1. Desarmado del automotor:** Se desarmaron las principales partes que tiene un automotor, hasta tenerlo por separado: Motor y sus componentes, Caja de cambios y sus componentes, Sistema de embrague y sus componentes, Transmisión y sus componentes, Diferencial y sus componentes. Para esto se utilizó herramienta de mecánica básica, prensa hidráulica, pistolas neumáticas de impacto, extractores, sargento de válvulas y otras herramientas básicas de taller.

### 5.2. Armado de la parte interna del motor:

**5.2.1. Limpieza del block del motor:** se hizo lavado de la pieza, hasta dejar completamente limpio el metal de fabricación, para facilitar la inspección. Se retiraron los materiales y residuos que se han incrustado y pegado, se quitan los materiales viejos y empaques. Debe estar limpio y libre de materiales extraños ya que aquí van ancladas las partes internas y externas del motor. Para su limpieza se utilizan abrasivos, agentes desengrasantes y antioxidantes.

**5.2.2. Inspección del block:** Se hizo en forma visual y con instrumentos de precisión para determinar el grado de desgaste y planitud, se midió el tamaño de la cavidad del cilindro y la abertura de los anillos. Se inspeccionó en forma visual las cavidades de los cojinetes principales, los orificios de los cojinetes del eje de levas, las cavidades de los levantaválvulas, los conductos del aceite, las camisas de agua, observando que no estén oxidadas corroídas o perforadas.

Se comprobó también la conicidad del cilindro, el ovalamiento o falta de redondez del cilindro, y de ser necesario se rectifican. Se inspeccionan los cilindros, luego se instalan en el block.

Se midieron los pistones en el cilindro, observando que no tengan mucho desgaste y juego con la camisa del cilindro del block.

Se aplicó pintura especial para que soporte el calor y evitar la corrosión. Se le hicieron cortes especiales para poder observar e identificar las piezas interiores, de tal manera que se observe el movimiento de estas.

**5.2.3. Servicio a los cojinetes principales de motor:** Cojinetes de bancada, cojinetes de biela, cojinetes de levas.

Se midieron para verificar la alineación, excentricidad, falta de redondez y conicidad. Se reemplazan y se colocan en su alojamiento, observando que estén alineados y que sus agujeros casen.

**5.2.4. Servicio a bielas, pistones y anillos:** En las bielas se observó que no estuvieran torcidas o dobladas, se observó también que los pasadores y los bujes no presenten mucho juego, de ser así se cambian o se rectifican.

Pistones: se verificó que la cabeza esté limpia y no este dañada. Se observó que la sección de la ranura de los anillos este libre y que no tenga mucho juego el anillo, o se cambian. Se revisó la falda comprobando que no esté quebrada, rayada o deforme.

Anillos: se midió la holgura o luz que hay al probarlos en el cilindro. Se observó que coincidan con el pistón.

**5.2.4. Servicio al eje cigüeñal y eje de levas:** Incluye la limpieza de los conductos y aplicación de solventes. Se observó la superficie de los muñones, los orificios de lubricación, comprobando que no

presenten daños o desgaste excesivo. Se midió, comprobando conicidad y ovalamiento de los muñones y de ser necesario se rectifican y se cambian las medidas de estándar. Se coloca en el block sobre los cojinetes y se mide la luz de aceite.

**5.2.5. Servicio a la culata:** Se desarmó completamente de todos sus componentes.

**5.2.5.1. Limpieza de culata:** se limpió, hasta dejar el metal de fabricación expuesto y sin residuos de hollín o empaques viejos. Se lava con solventes desengrasantes y detergentes, para su inspección. Debe estar limpia y libre de material extraño.

**5.2.5.2. Inspección de la culata:** Se inspeccionó la planitud de la superficie, con una regla o regleta de metal. Se observó que no esté rajada o reventada, que no esté oxidada o corroída. Se verificó la holgura de las guías y se cambiaron los sellos de las válvulas para su instalación. Luego se aplica una pintura especial para el calor y corrosión. Se realizan cortes especiales permitiendo observar sus partes y piezas internas.

**5.2.5.3. Inspección de las válvulas de admisión y escape:** La válvula y el asiento pierden su redondez o se tuercen o se desgastan del vástago. De estar dañadas se cambian.

**5.2.5.4. Servicio al tren de Balancines:** Se limpiaron las partes se aplicando solventes y detergentes desengrasantes hasta dejar el metal expuesto y se inspeccionan las partes, observando que no estén picados, torcidos o que presenten desgaste excesivo o que estén obstruidos. Si están dañados se cambian.

**5.2.6. Servicio al sistema de distribución:** Los componentes se limpiaron utilizando abrasivos y cepillos de alambre, se aplicaron solventes detergentes desengrasantes antioxidantes y se inspeccionan. Si es de sistema de cadena de tiempo se observó que los componentes no presenten desgaste excesivo, o estén picados o dañados. Si es de faja de tiempo observar que no esté quebrada, o se deshile, comprobar los cojinetes que tensan el sistema, si están dañados cambiarlos.

**5.2.7. Servicio al sistema de lubricación:** Se lavaron los componentes, quitando todo sucio o restos de aceite, con abrasivos metálicos y solventes detergentes para desprender todo el sucio. Se aplicaron colores diferentes para su identificación y se inspeccionó lo siguiente: Se revisó la bomba si presenta algún desgaste, la tubería que no esté averiada y el carter que no esté perforado. Se hicieron cortes en áreas donde se pueda observar las partes del sistema y luego se colocan.

Luego de esto se procedió a armar la parte interna del motor.

**5.3. Parte externa del motor:**

**5.3.1. Sistema de enfriamiento: mangueras y abrazaderas:** se revisaron para asegurarse de que no exista fuga de refrigerante ni entrada de aire. Si están dañadas se cambian. **Bomba de agua:** se revisaron fugas, cojinetes ruidosos, o flojos, limpieza de óxido y corrosión. Luego se aplicó pintura, a los componentes del sistema. Se realizaron cortes para observar las aspas, al instalar la bomba se observó la tensión de la faja que mueve la bomba de agua y el ventilador.

**5.3.2. Sistemas de admisión y escape:** Se limpiaron las partes utilizando agentes abrasivos como cepillos de alambre, lijas; luego se lavó con solventes y desengrasantes, se revisó que no presenten averías las partes. Se realizaron cortes en todos los componentes a manera de ventanas, a fin de observar las partes internas. Se aplicó pintura de diferentes colores para que resalten cada una de las piezas. Se procedió a colocar cada una de las partes con especial cuidado técnico en el momento del ensamble.

**5.4. Caja de velocidades:** Se desarmó completamente, hasta tener pieza por separado, para su inspección correcta. Se revisaron los engranes, cojinetes, sincronizadores. Se limpiaron se lavaron y si existe desgaste excesivo se cambian. Luego se aplicó pintura para su protección y diferenciación de cada una de las partes. Se realizaron cortes para observar las partes y la forma de trabajo; en lugares donde se pueda observar la mayoría de piezas internas.

**5.5. Diferencial y mando de ruedas:** Se desarmó completamente, hasta tener piezas por separado, para su inspección correcta. Se limpian y se lavan con agentes desengrasantes y anticorrosivos. Se inspecciona en forma visual engranes, cojinetes, empaques y ejes; de no tener desgaste excesivo, picaduras o corrosión. Se realizaron cortes para visualizar la mayoría de sus partes y la forma de trabajo. Se aplicó pintura de diversos colores para su protección y diferenciación. Se procedió a armar colocando cada una de las partes en mención teniendo cuidados técnicos en su ensamble. (5)

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION:

Como corolario del trabajo realizado, se obtuvo siguientes resultados:

1. Manual práctico para el estudio y consulta de las partes de los tractores agrícolas con motor de combustión interna, enumerando las principales partes, su función, ubicación, material de fabricación los diferentes sistemas que contiene, el mantenimiento preventivo y correctivo, principales averías y posibles soluciones.
2. Maqueta o modelo de un automotor de combustión interna en partes y secciones identificables, de una manera fácil y sencilla sin necesidad de utilizar ninguna herramienta, señalando, ubicando e identificando los diferentes sistemas que en el funcionan.

En el modelo se pueden observar las partes internas del motor de combustión interna, ya que están identificadas con diversos colores.

Se puede observar la forma como trabajan los componentes del motor ya que las aberturas o ventanas que se realizaron por medio de cortes en lugares accesibles y visibles, permite observar el movimiento y función de cada una de las partes. Con solo girar la manivela, que está colocada en el frente del motor, se observa el movimiento interno de las partes móviles del motor, ya que son fácilmente identificables para el estudiante y el docente, facilitando la enseñanza aprendizaje entre el docente y el estudiante de agronomía.

Se puede fácilmente identificar cada una de las partes externas del motor, y la forma como trabajan, para su fácil identificación se utiliza pintura especial y de diferentes colores.

El sistema de embrague esta a la vista. Las ventanas abiertas en lugares accesibles y visibles en el sistema permiten observar el movimiento y función de cada una de sus partes y la forma de trabajar. Se puede identificar la mayoría de sus componentes, ya que las partes más importantes del sistema están identificadas con diferentes colores.

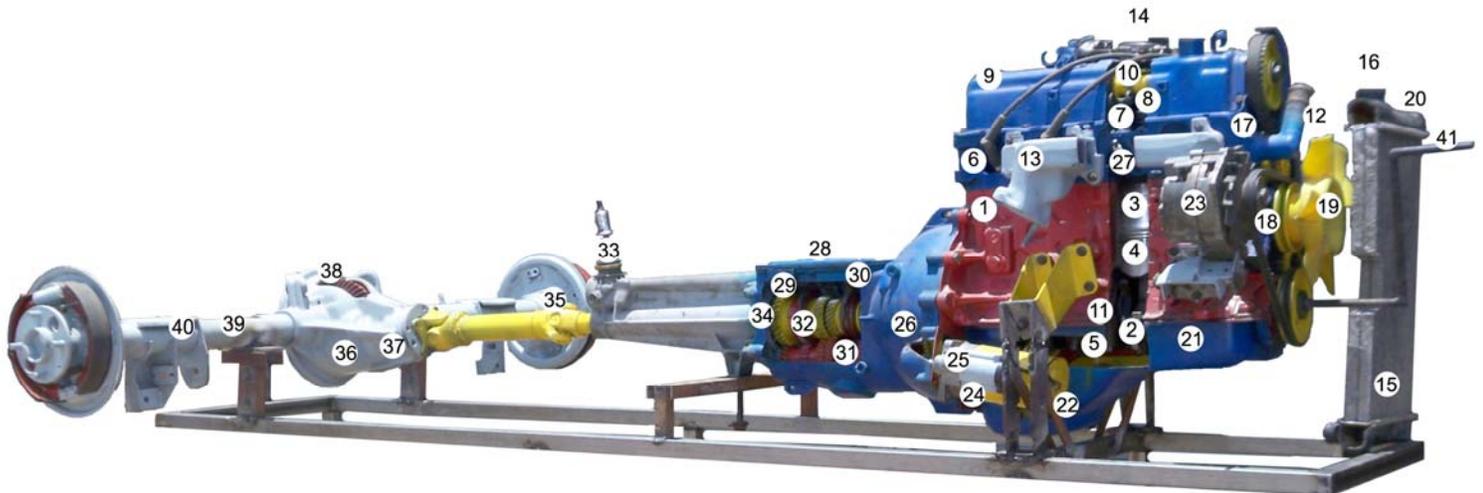
El sistema de transmisión se puede observar en el modelo, se observa cada una de las partes, y la forma del trabajo del sistema. Se aprecia también la forma de trabajo del eje cardánico.

La caja de velocidades es de fácil identificación. Se pueden observar los diferentes engranes, la forma como trabajan y la forma como se conectan mediante la palanca de cambios, en una ventana localizada en la carcasa. Se pueden realizar diversas pruebas de trabajo. Con girar la manivela colocada en el frente del motor se observa el movimiento de engranes, al cambiar de velocidad, tirando de la palanca de cambios se observa un incremento o una baja en el movimiento de los engranajes. Al tirar de la palanca

de cambios de velocidades y conectar la reversa se puede observar el cambio de giro del sistema de transmisión.

El diferencial es de fácil ubicación e identificación. Ventanas localizadas en la carcasa y los mandos permiten observar los componentes, la forma de trabajo, su ubicación y localización. Los colores distintivos diferencian cada uno de los engranes, partes y ejes del sistema. Al girar la manivela del motor y realizar los cambios en la palanca de velocidades se puede observar el incremento o baja de revoluciones en los engranes. Se puede observar también el cambio de giro al conectar la caja de velocidades en retroceso. Se puede observar el movimiento final en las ruedas. Al girar la manivela del motor y hacer los diferentes cambios de velocidad en la caja, se observan los cambios de giro y el incremento de la revolución en las ruedas, facilitando la enseñanza aprendizaje entre el docente y el estudiante de agronomía

- |                                 |                        |                                    |
|---------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| 1. block                        | 15. radiador           | 29. sincronizadores                |
| 2. biela                        | 16. tapón de radiador  | 30. horquilla de cambios           |
| 3. camisa de cilindro           | 17. termostato         | 31. contraeje                      |
| 4. pistón con anillos           | 18. bomba de agua      | 32. eje selectivo                  |
| 5. eje cigüeñal                 | 19. hélice             | 33. palanca de cambios             |
| 6. culata                       | 20. mangueras          | 34. rodamientos                    |
| 7. válvula de admisión y escape | 21. carter             | 35. eje de transmisión             |
| 8. buzos                        | 22. colector de aceite | 36. diferencial                    |
| 9. tapadera de válvulas         | 23. generador          | 37. caja del diferencial           |
| 10. eje de levas                | 24. motor de arranque  | 38. corona                         |
| 11. cojinetes centrales         | 25. solenoide          | 39. ejes motrices                  |
| 12. múltiple de admisión        | 26. volante            | 40. carcasa del eje de transmisión |
| 13. múltiple de escape          | 27. bujías             | 41. manivela                       |
| 14. carburador                  | 28. caja de cambios    |                                    |



Fuente: Elaboración propia. El autor.

Figura 26. Modelo del automotor identificado con sus principales partes, ubicado en el laboratorio del curso de Mecanización Agrícola en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **7. CONCLUSIONES:**

1. Se elaboró un manual y guía de estudio para explicar las partes más importantes que contiene el tractor agrícola, y su mantenimiento el cual está contenido en este documento.
2. Se adaptó una maqueta o modelo de un automotor que ilustra las partes básicas: motor, embrague, caja de cambios, diferencial y mando de ruedas.
3. El modelo resultante se montó e instaló en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para su exposición y uso de estudiantes y docentes.

## 8. BIBLIOGRAFIA:

1. Arias Paz, M. 1963. Tractores. Madrid, España, Possat. 153 p.
2. Arnal Ataresa, PV. 1996. Tractores y motores agrícolas. Madrid, España, Mundi-Prensa. 3 ed. 488 p.
3. Barañas, TV; Chiesa, CA. 1982. Maquinaria agrícola. Argentina, Hemisferio Sur. 320 p.
4. Berlijn, IJD. 1982. Elementos de maquinaria agrícola. México, Trillas. 80 p.
5. \_\_\_\_\_. 1987. Motores agrícolas. México, Trillas. 94 p.
6. Chilton Book Company, US. 1997. Manual Chilton de reparación de automóviles importados. New York, Estados Unidos, Prentice-Hall Hispanoamericana. tomo 2, p. 1-44, 4-31.
7. FAO, IT. 1986. Tractores agrícolas. México. 135 p. (Serie de Manuales para la Educación Agropecuaria).
8. Federal Mogul, US. 1996. Manual de servicio de cojinetes para motor. Detroit, Michigan, Estados Unidos. p. 4-14.
9. Gil Sierra, J. 1991. Historia de la maquinaria agrícola IV. España, Siglo XX. p. 12-18. (Máquinas y Tractores MT).
10. Gilardi, J. 1982. Reparación de motores de tractores agrícolas. Costa Rica, IICA. 110 p. (Libros y Materiales Educativos).
11. \_\_\_\_\_. 1987. Motores de combustión interna. Costa Rica, IICA. 90 p. (Libros y Materiales Educativos).
12. Hunt, D. 1991. Maquinaria agrícola. México, Limusa. 185 p.
13. John Deere, US. 1981. Service training. Estados Unidos. 68 p. (Series FOS Fundamentos de Servicio, FMO Funcionamiento de Maquinaria).
14. Jhonson & Hollenberg, UK. 1969. Servicing and maintaining farm tractors. London, United Kingdom, McGraw Hill. 339 p.
15. Manso Errol, A. 2005. Mecánica y gestión electrónica de motores diesel. Madrid, España, MACO / ICSA. tomo 2, p. 20-35.
16. Rueda Santander, J. 2005. Técnico en mecánica y electrónica automotriz. México, Diselli. tomo 1 y 2, p. 1-120, 2-220.
17. Shell, UK. 1955. Know your tractor. London, United Kingdom. 362 p. (Shell guide).
18. Soto Molina, S. 1983. Introducción al estudio de la maquinaria agrícola. México, Trillas. 259 p.
19. TRW, US. 1998. Engine specifications. Cleveland, Ohio, Estados Unidos. p. 6-8.
20. Vásquez Morales, E. 2002. Electricidad básica en reparación de automóviles. Argentina, CESVIMAP. p. 110-112.

## 9. APENDICE



Figura 27A. Piezas del motor, embrague y diferencial desarmadas.

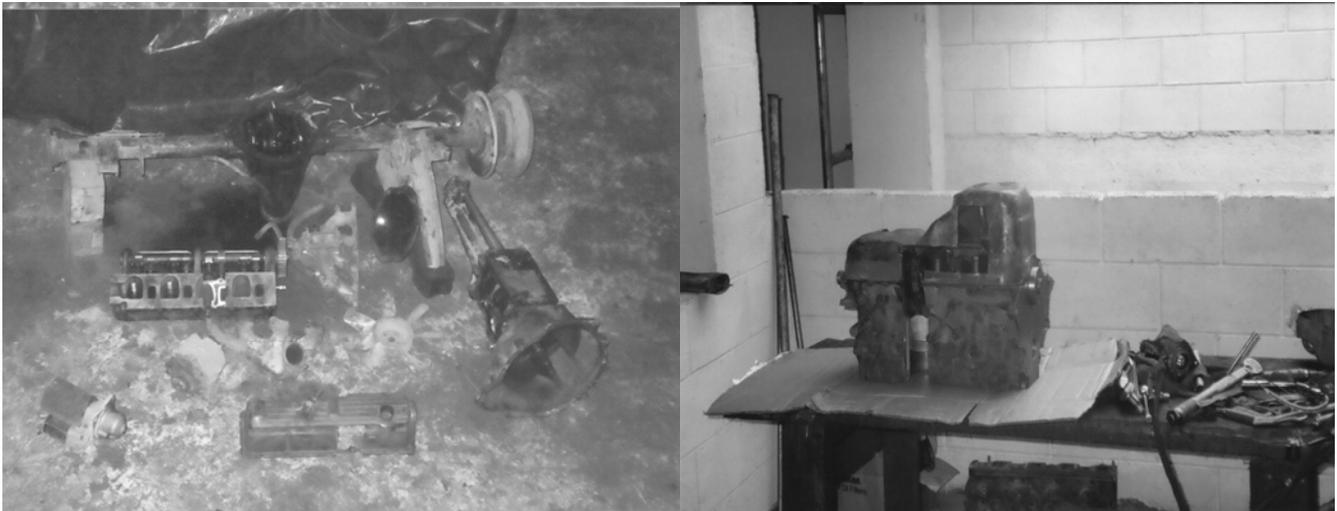


Figura 28A. Caja de velocidades, diferencial, culata y motor listos para su limpieza e inspección.

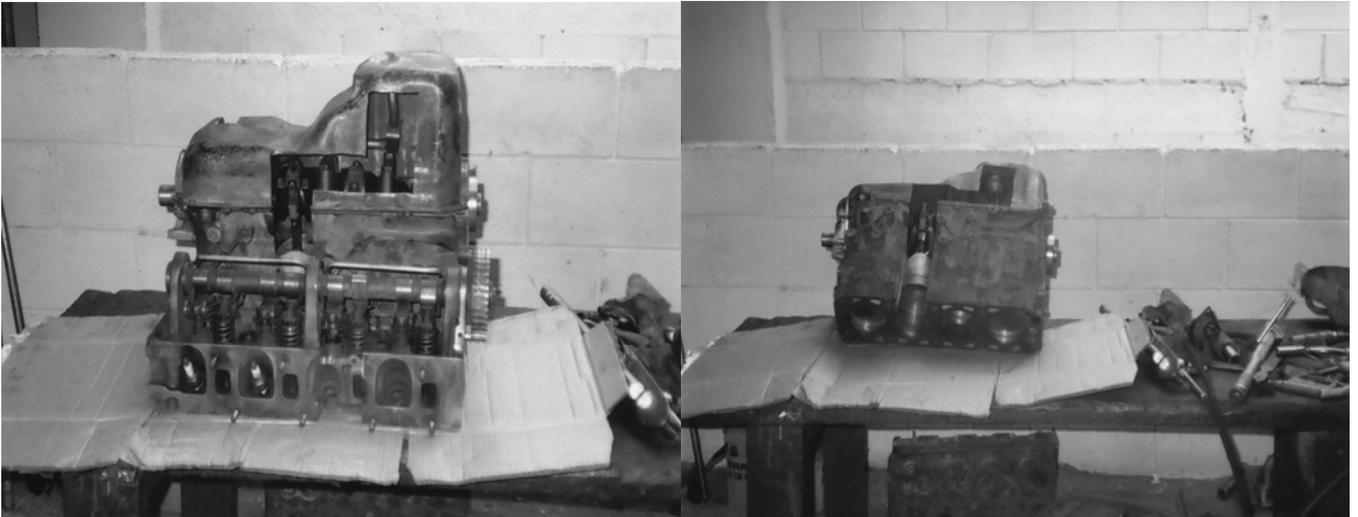


Figura 29A. Motor limpio listo para ajuste y armado.



Figura 30A. Caja de velocidades limpia armada.

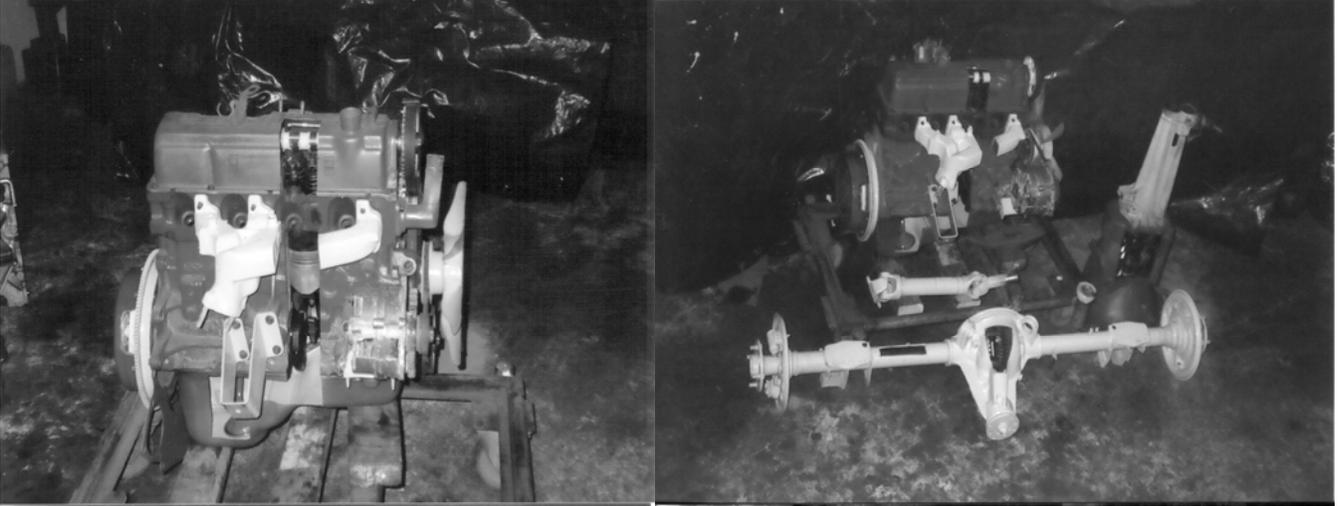


Figura 31A. Motor, embrague, caja de velocidades transmisión y diferencial.



Figura 32A. Tren de potencia listo para su instalación.