es accionado por el árbol de levas del motor. La tobera de inyección y la bomba se combinan en una unidad algo semejante a la idea del inyector unitario, siendo accionado el émbolo buzo A por el árbol de levas. Debido a que los motores Cummins son de 4 tiempos, el disco distribuidor gira a la velocidad del árbol de levas.

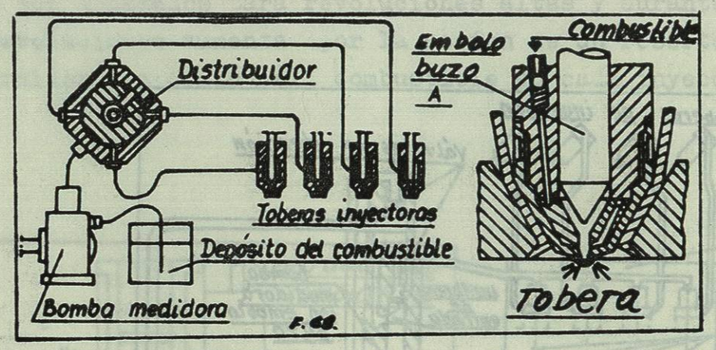

Fig.68. Esquema de funcionamiento del sistema de distribuidor según - versión de Cummins Engine Co.

La version de Bosch se ilustra en forma esquematica en fig.69.

La bomba del distribuidor ha sido diseñado en principio para girar a - la velocidad del árbol de levas, mediante la flecha A. El émbolo buzo-B tiene movimiento reciprocante de acuerdo con las levas C y gira por-medio del engrane D que es movido a la mitad de la velocidad de la bomba por la flecha E accionada mediante engranes. El combustible entra a la bomba a través de una de las dos entradas G y la abandona por las - salidas H que comunican con las toberas. Es de notar que el costo de - la bomba es alrededor del 60% del de una de tipo descrito en la fig.64. siendo comparables las características de suministro y duración.

12.3 EL SISTEMA DE CONDUCTO COMUN.

El sistema de conducto común se nombra también como el sistema de inyección de depósito común y se compone de una sola bomba para comprimir-el combustible, más un elemento dosificador para cada cilindro. Su funcionamiento esquematico se muestra en la fig.70.

La versión de Cooper-Bessemer consta de una bomba A de alta presión, - una válvula B para controlar la presión, un acumulador C como depósito común, los elementos dosificadores D (uno por cada cilindro) y las toberas E.

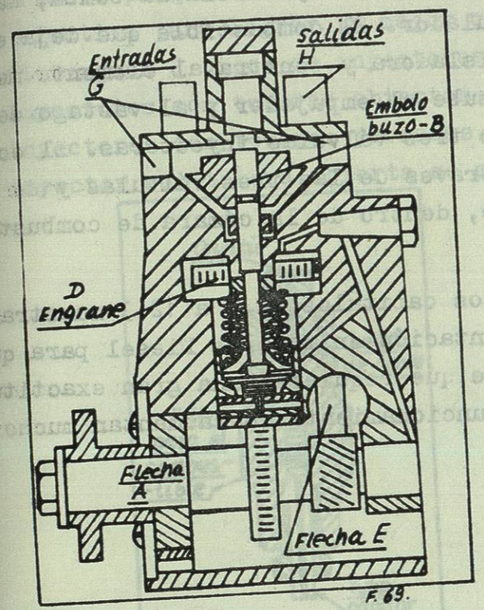

Fig.69.
Esquema del funcionamiento del sistema de inyección de distribuidor en versión de American-Bosch Corp. (originalmente es-la firma alemana).

La capacidad de la bomba así como la presión se regulan mediante la - válvula B de doble camisa. La camisa interior de dicha válvula esta co-nectada al gobernador o al estrangulador mientras que la camisa exterior esta engranada a una cremallera sujeta a un émbolo accionado mediante - resorte. La posición del émbolo se controla por la presión en el acumu-lador. La posición del émbolo, estranguladora, selecciona el nivel de pre-sión para el acumulador en tanto que la camisa exterior controla el flu-jo de aceite hacia la bomba para mantener la presión seleccionada. A me-dida que aumenta la demanda de combustible (mayor carga o aumento de ve-locidad) disminuye la presión en el acumulador, el resorte empuja a la-

cremallera hacia abajo y la camisa gira para permitir un mayor transplante de las lumbreras en ambas camisas, consecuentemente el aréa de flujo admite más combustible que antes para que fluya hacia la bomba, hasta que aumenta la presión en el acumulador. El combustible que deja el acumulador C, pasa por una válvula aisladora y penetra al elemento medidor D. Cuando la nariz de la leva sube al empujador y al vástago de la válvula, se levantan de su asiento tres válvulas inyectoras. El combustible sometido a presión fluye a tráves de las tres válvulas y de la tobera y es inyectado el combustible, dentro de la cámara de combustión en el cilindro.

Todas las soluciones presentadas en los capitulos 12.1 a 12.3 muestran lo complicado de los sistemas de alimentación en motores Diesel para que puedan funcionar correctamente y se ve que requieren una gran exactitud de manufactura y mucha seguridad de funcionamiento que aumentan mucho el costo de fabricación.

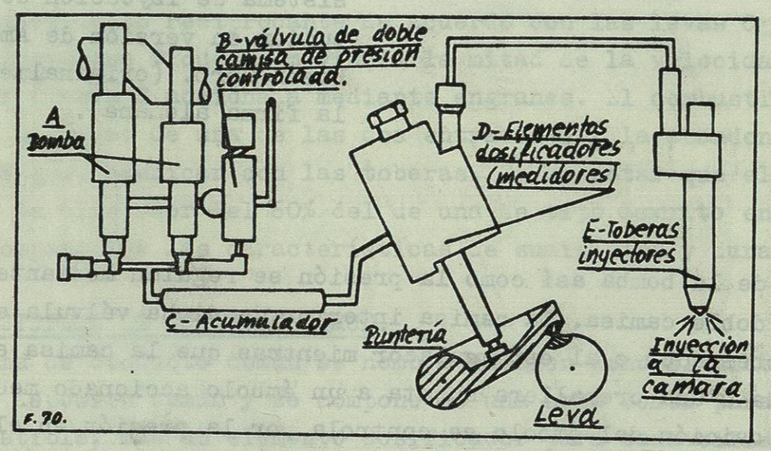

Fig. 70 El funcionamiento esquematico del sistema de inyección de conducto común en versión moderna de la firma Cooper-Bessemer Corp.

12.4. INYECTORES

Los inyectores en los motores de combustión interna juegan un papel muy importante porque deben pulverizar la dósis del combustible en la forma más efectiva para lograr la mejor combustión del mismo en el cilindro.

Se distinguen 2 tipos de inyectores:

1. inyectores con toberas abiertas
2. inyectores con toberas cerradas

El inyector con tobera abierta se muestra en la fig.71

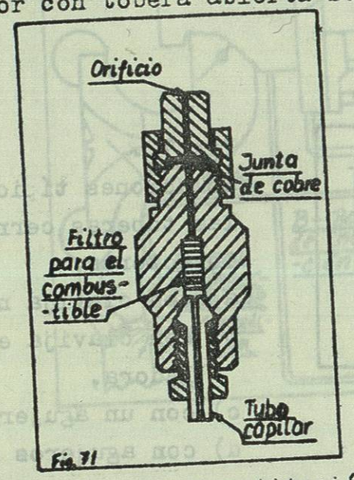

Fig.71.
Corte seccional de tobera abierta en inyectores de motores Diesel.

Las ventajas de esta constitución son : simplicidad, bajo costo de producción y confiabilidad de funcionamiento. Pero las desventajas tienen mayor significado y ellos son :

1. la calidad de pulverización del combustible depende de la velocidad de trabajo de la bomba y se ve muy afectada a bajas revoluciones del motor.
2. la tobera tiene tendencia al goteo entre inyecciones que causa un mayor consumo de combustible y empeora la combustión.

Por eso en soluciones modernas se utilizan los inyectores con toberas cerradas que se muestran en la fig.72.

Las toberas cerradas no tienen las desventajas de las abiertas y aúnque son más costosas encontraron una aplicación muy amplia en motores Diesel. La tobera está fijada por una tuerca de presión con resorte helicoidal. Por cambio del esfuerzo preliminar del resorte (moviendo la tuerca) se puede cambiar y ajustar muy facilmente la presión de inyección. Ademas esas toberas aseguran una mejor pulverización del combustible. A -

bajas velocidades la tobera cerrada no descargará hasta que la presión sea lo suficientemente elevada para abrir la válvula de orificio. Entonces la descarga ocurre con mayor rapidez que la de la bomba, cae la presión y la tobera cierra instantaneamente. La presión vuelve a ser elevada por la bomba y se repite la operación, también varias veces en un período de inyección apareciendo una inyección múltiple. En esta forma la tobera cerrada controlara simplemente la presión de inyección a bajas velocidades y permitirá que el área del orificio controle la presión a altas velocidades.

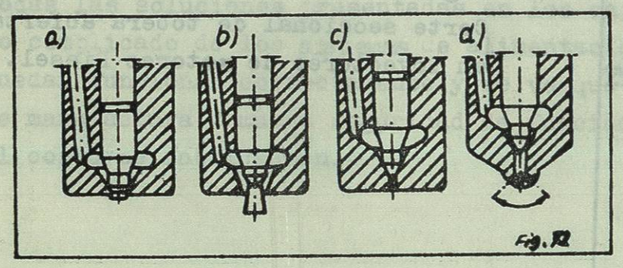

Fig.72.
Soluciones típicas de las toberas cerradas en inyectores:
a) con clavija normal,
b) con clavija estranguladora,
c) con un agujero,
d) con agujeros múltiples.

12.5. SISTEMAS DE INYECCION PARA LOS MOTORES OTTO.

Como se mencionó en el cap.11.2, ninguno de los sistemas de inyección de combustible para motores ECH (Otto) pequeños, se han desarrollado hasta ahora comercialmente. Los sistemas existentes se aplican en coches lujosos de carrera, o de aviación, pero las soluciones irán cambiando en principio y en diseño a medida que se adquiera mayor experiencia.
Por eso en este capítulo se mostrará solamente en forma superficial esos sistemas existentes que además tienen mucho en común con los sistemas de inyección en motores Diesel.
Principalmente se utilizan 3 tipos de sistemas de inyección de gasolina que tomaron sus nombres de las firmas que los han aplicado y desarrollado . Ellos son:
1. sistema de inyección de gasolina del tipo Stromberg,
2. sistema de inyección de gasolina del tipo Bosch,
3. sistema de inyección de gasolina del tipo Ex-Cell-O.
El esquema de funcionamiento del sistema primero (Stromberg) se muestra en la fig.73.

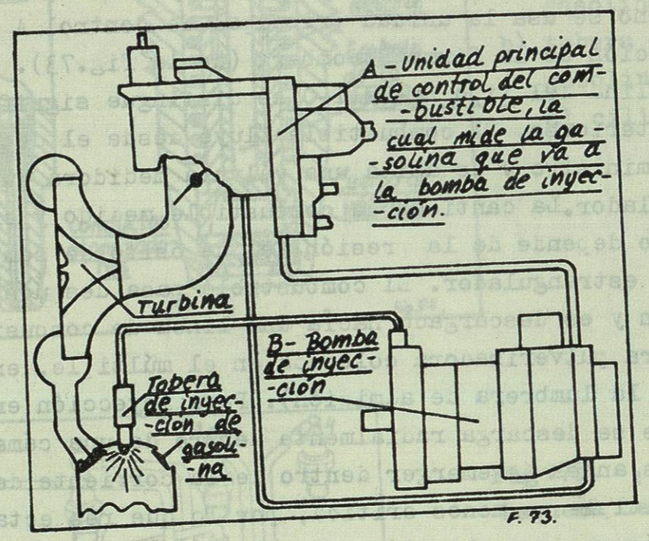

Fig.73. Funcionamiento esquemático del sistema de inyección de gasolina del tipo Stromberg.

El combustible medido sale de la unidad y entra a la bomba de inyección B. La compresión del combustible vence a la válvula de retención (de presión 1.4 MPa $\simeq$ 14 kg/cm^2) y permite al combustible entrar a la linea de inyección que va a la tobera. La acción de bombeo continua hasta lograr una cierta alta presión. Luego, el combustible a alta presión escapa hacia el área de baja presión en el cuerpo de la bomba y se suspende la inyección. El aire entra por la tuberia y la turbina que lo comprime hasta el cilindro por la válvula de admisión. Si aumentan los flujos de aire y combustible a través de la unidad principal A (estrangulador abierto), aumenta la diferencia de presiones sobre el diafragma de control en la bomba que ocasiona el crecimiento del bombeo y finalmente la potencia del motor y su velocidad. En este modo el motor reacciona al cambio de carga.

Un tipo muy semejante al método descrito es la solución de la firma Bosch. La diferencia principal es en la constitución de la bomba, del diseño y construcción y en su funcionamiento. La bomba Bosch se utiliza con la cremallera de control conectada directamente al pedal del acelerador o al gobernador y no se usa la unidad principal de control A como se muestra en la solución de la firma Stromberg (de la fig.73).

El sistema de gasolina del tipo Ex-Cell-O se distingue significativamente de los ejemplos anteriores. El combustible fluye desde el depósito hasta una bomba de suministro y de ahí a una válvula medidora que es operada por el estrangulador. La cantidad de combustible medido y enviado a la camara de bombeo depende de la presión del depósito de combustible y de la posición del estrangulador. El combustible pasa después a los ductos de alimentación y es descargado hacia una linea de combustible que conduce a una tobera pulverizadora colocada en el múltiple, en la cabeza del cilindro(o en la lumbrera de admisión). Para inyección en el múltiple, el combustible se descarga radialmente dentro de una cámara atomizadora y sus ductos, antes de emerger dentro de la corriente de aire. La inyección en el múltiple es menos crítica, por lo que respecta a la localización de la cámara de combustión. A mayor abundamiento, la tobera es menos costosa en cuanto que la presión de inyección en el múltiple es más baja y logra alrededor del valor de 0.7 MPa(≈7 kg/cm^2), cuando la inyeccion directa al cilindro debe ser de 1.75 MPa (≈17.5 kg/cm^2). Las toberas de inyección de gasolina se muestran en la fig.74.

13. SISTEMAS DE ENCENDIDO.

Generalmente se distinguen dos tipos del encendido en motores de combustión interna. Ellos son :

1. sistema de encendido con acumulador
2. sistema de encendido mediante magneto.

El primero es característico en vehículos terrestes y el segundo en motores de aviación y algunos equipos agrícolas.

Ambos tipos se muestran en las fig.75 y 76.

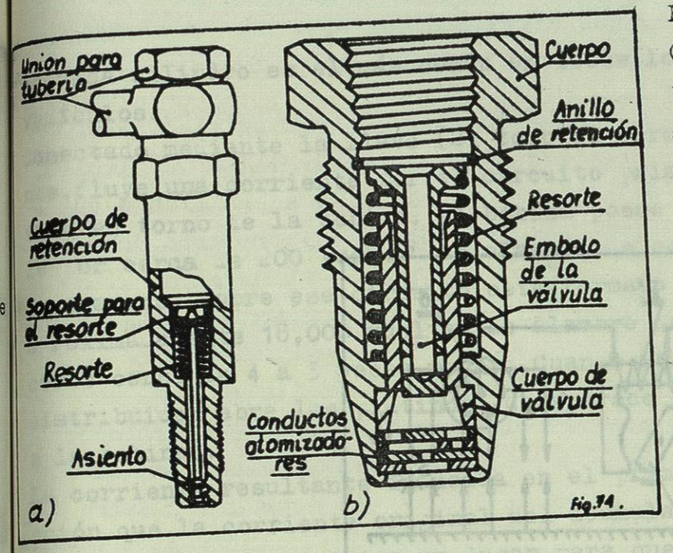

Fig.74.
Cortes esquematicos de las toberas para inyección de gasolina:

a) tobera de inyección de gasolina en múltiple.
b) tobera de inyección de gasolina directamente al cilindro.

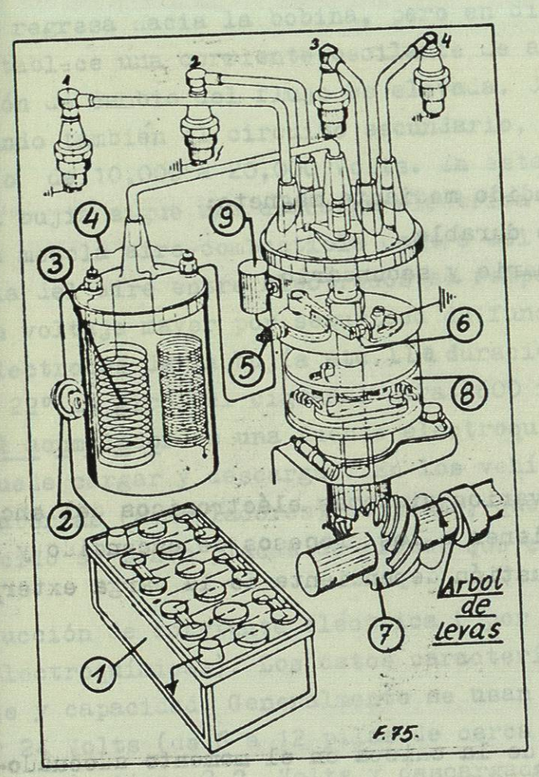

Fig.75.
Esquema del sistema de encendido con acumulador:

1. bateria
2. contacto con llave
3. circuito de bajo voltaje
4. terminales del circuito primario de la bobina
5. conexión del circuito primario al distribuidor
6. interruptor del circuito
7. mando del interruptor accionado por arbol de levas (con relación 1:1).
8. mecanismo para adelantar la interrupción y por consiguiente la chispa.
9. condensador.