

JOZEF PRZYBYLSKI
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad del Zulia
Maracaibo, Venezuela

PROYECTOS DE INVESTIGACIONES REALIZADOS EN LUZ SOBRE EL USO DEL GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC)

RESUMEN

En la Universidad del Zulia se ha establecido un centro de investigaciones para estudiar el uso del gas natural comprimido (GNC) como combustible alternativo a la gasolina y al dieseloil en los vehículos automotores. En este centro se ha diseñado un sistema de conversión a GNC de vehículos con motores de encendido por chispa, para el cual se han desarrollado dos diferentes modelos de reductores-reguladores de la presión del gas. Uno de los reductores es de tipo integrado, de tres cámaras de reducción, mientras que el otro está constituido por un reductor de alta presión y un principal. Se ha realizado un amplio programa de ensayos de laboratorio y de carretera, obteniéndose resultados muy satisfactorios. Se ha fabricado un lote inicial de estos equipos. Actualmente, se está preparando la producción en serie.

El centro se especializa también en las investigaciones referentes a la conversión de los motores Diesel para su alimentación dual simultánea con gas y dieseloil, en la transformación de tal motor para poder alimentarlo con el gas natural solamente, uno de los proyectos que se están realizando corresponde a la conversión y posteriormente a la transformación de un motor "Mack" modelo 315, turboalimentado.

ABSTRACT

The University of Zulia has established a Research Center to study the use of compressed natural gas (CNG) instead of gasoline and dieseloil in cars. This Center has designed a system for CNG conversion for vehicles with spark ignition. Two different models are developed to regulate the pressure of Gas. One of the model is an integrated type; with three reduction chambers, while the other is constructed with one reducer of high gas pressure. Laboratory experiments have given satisfactory results. An initial lot of this equipments has been fabricated. Production in series is under process.

1. INTRODUCCION

A partir del principio del año 1989 en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de LUZ se está llevando a cabo un amplio plan de investigaciones referentes al uso del gas natural como combustible automotor. Este plan contempla tanto el desarrollo de nuevos equipos utilizados para la conversión de los vehículos automotores alimentados con el gas, como también el desarrollo de los sistemas de transformación de los motores Diesel, en los cuales el gas natural se utiliza como combustible. Paralelamente a lo anterior se están realizando los trabajos relacionados con la fabricación de la primera serie de los equipos de conversión a gas, los cuales se utilizarán en los vehículos propios de LUZ. Se han adelantado también, labores referentes al diseño y fabricación de los dispositivos auxiliares, necesarios para la producción en serie de los equipos de conversión desarrollados en la Universidad.

En el transporte automotor, como combustibles alternos a la gasolina o el dieseloil, pueden utilizarse dos diferentes combustibles gaseosos: el gas licuado de petróleo (GLP) y el gas natural (GN). El último puede almacenarse en el vehículo como comprimido (GNC) o licuado (GNL).

El precio del GLP en el mercado interno es elevado, siendo la diferencia respecto al precio de la gasolina de alto octanaje muy pequeña. Además, el GLP es un producto fácilmente exportable para los mercados extranjeros y constituye también una materia prima necesaria para la industria petroquímica nacional. Por estas razones, no es conveniente usar en el país este combustible para reemplazar a la gasolina.

El gas natural comprimido (GNC) se utiliza como combustible automotor en países tales como: Italia (en unos 250 mil vehículos), Nueva Zelandia (más de 50 mil), Argentina (60 mil aproximadamente), Estados Unidos (30 mil), y otros países.

También en Venezuela se están llevando a cabo unos proyectos referentes al uso del GNC como combustible

automotor (por ejemplo por CORPOVEN y en LUZ).

El precio del gas natural es siempre más barato que el de la gasolina y además, al usar el gas natural como combustible automotor, las emisiones de los gases de escape no son tan tóxicas, contribuyendo de esta manera con la conservación del ambiente. Estas son las razones principales, las cuales motivan el uso, cada vez más amplio, del gas natural como combustible automotor.

Las reservas conocidas del gas natural en el país son considerables. También su producción plenamente satisface las necesidades existentes. Actualmente, el gas natural no es exportable. Sin embargo, los combustibles tradicionales ahorrados debido a su reemplazo por el gas natural permitirán aumentar la exportación de los mismos, garantizando a la economía nacional ingresos adicionales en divisas.

2. CARACTERISTICAS DEL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE

Su componente principal es el metano CH_4 , cuyo contenido está comprendido entre el 80% y 98% (vol.). El gas natural contiene también ciertas cantidades de diferentes gases, tales como el etano (C_2H_6), propano (C_3H_8), propileno (C_3H_6), butano (C_4H_{10}) y otros más.

La densidad relativa respecto al aire, del gas natural es igual a 0.554, lo que constituye una importante ventaja. No se producen, pues, concentraciones del gas debido a las eventuales fugas, garantizándose de esta manera una elevada seguridad en su uso como combustible automotor.

Salvo algunas excepciones (como Brasil, por ejemplo), donde se usa el gas natural licuado, en los demás países como combustible automotor se utiliza el GNC. La presión de almacenamiento es igual a 16,5 MPa (2400 psi) en los Estados Unidos y Nueva Zelandia, mientras que en los demás países la presión es de 20 MPa (3000 psi aprox.).

El poder calorífico inferior del gas natural es de 33.800 kJ/m³, mientras que para la gasolina la misma energía corresponde a un dm³ (litro) de combustible. Esto significa que el consumo del gas natural en m³ a presión atmosférica corresponde al consumo de la gasolina en dm³.

Una bombona de 50 dm³ de volumen permite almacenar: 9,5 m³ del gas natural a una presión de 16,5 MPa, ó 11,5 m³ a 20 MPa.

Resulta, pues, que al convertir un automóvil es necesario instalar en el mismo de 2 a 3 bombonas. De lo contrario la autonomía del vehículo sería insuficiente. En un camión o autobús es conveniente instalar de 6 a 8 bombonas de 50 dm³. De esta manera, a 20 MPa, se almacenaría de 70 a 90 m³ del gas, garantizando una autonomía de 250 km aproximadamente.

Los límites de la zona de inflamabilidad para el gas natural son iguales al 5% y al 15% (vol.), lo que garantiza un rango de la utilización del coeficiente de exceso de aire en la mezcla aire-combustible, comprendido entre 1,9 y 0,6.

La temperatura de inflamabilidad, en condiciones normales, es de 700 °C para el gas natural, mientras que para la gasolina es de 250 °C solamente, lo que también influye en el aumento de la seguridad, en el caso de usar este combustible alternativo.

La propagación del frente de la llama o sea la velocidad de inflamación es para el gas natural un 25% menor que para los demás hidrocarburos.

La resistencia a la detonación, caracterizada por el número de octano (RON o MON - dependiendo del método utilizado), la cual para la llamada gasolina alta alcanza un índice igual a 98 RON, en el caso del gas natural puede llegar hasta 130 RON.

Sin embargo, en cuanto a la posibilidad de reemplazar el dieseloil por el gas natural se refiere, existen limitaciones, ya que este último no cumple con los requisitos necesarios. Tal como se conoce, el requerimiento principal, respecto a los combustibles para los motores Diesel consiste en la facilidad de su inflamación al entrar en contacto con el aire caliente. La inflamabilidad del combustible se evalúa por su número o índice de cetano (NC). Un combustible es tanto mejor cuanto menor es el retardo a la inflamación que produce en el motor. El cetano $\text{C}_{16}\text{H}_{35}$, es un hidrocarburo parafínico con la mayor facilidad de inflamación. Se le asigna convencionalmente el NC 100. Para el dieseloil el número de cetano tiene que ser de NC 45 como mínimo. Para el gas natural este índice es de NC 10 aproximadamente, razón por la cual este combustible no puede reemplazar directamente al dieseloil, en los motores de encendido por compresión. A continuación se señalarán los métodos que pueden utilizarse en este caso.

3. EVALUACION

DEL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE AUTOMOTOR

Con el objeto de evaluar el gas natural como combustible para vehículos automotores, es conveniente establecer un balance entre sus ventajas e inconvenientes.

3.1 Ventajas

- El gas natural es un excelente combustible alternativo a la gasolina, permitiendo sustituir satisfactoriamente este combustible tradicional.
- Existen grandes reservas del gas natural en diferentes países del mundo.

- Su costo es siempre más barato que el de la gasolina.

- La resistencia a la detonación del gas natural es muy elevada, lo que influye en la prolongación de la vida útil del motor.

- Es un combustible favorable para la conservación del ambiente, ya que debido a su uso tiene lugar una reducción del contenido de los componentes contaminantes en los gases de escape de los motores de combustión interna.

- Se mezcla fácilmente con el aire, formándose una mezcla homogénea, la cual garantiza un funcionamiento uniforme del motor.

- Su combustión en los cilindros del motor es más "limpia", razón por la cual las superficies de la cámara de combustión no se recubren con depósitos carbonosos, el aceite lubricante mantiene, por lo tanto, sus propiedades por más tiempo.

- Influye también en el aumento de la durabilidad de las bujías.

- Durante el funcionamiento del motor no ocurre la eliminación de la capa de aceite de las paredes de los cilindros, lo cual influye en la disminución del desgaste de los propios cilindros y también de los pistones y los aros, aumentándose de esta manera la vida útil del motor.

- La conversión del vehículo con un motor de gasolina a gas natural es relativamente sencilla y no muy costosa.

3.2. Desventajas

- Como condición imprescindible para poder usar el GNC en calidad de combustible automotor hay que mencionar la disponibilidad en la región de operación del vehículo de una red de estaciones de llenado o en su defecto el requerimiento de una estación como mínimo que permita llenar las bombonas del vehículo con el gas natural.

- La conversión del vehículo a GNC, requiere un determinado gasto, el cual puede recuperarse dentro de cierto período generalmente de 2 años,

- La masa propia de las bombonas, y también el volumen de las mismas influyen en la disminución de la carga útil y el espacio efectivo del vehículo.

- En el caso en que se conserve en el motor la misma relación de compresión que para la gasolina, entonces al usar el gas natural la potencia máxima desarrollada por este disminuirá en un 15%, como mínimo.

- La autonomía del vehículo, si se utiliza el gas como combustible, será generalmente menor que para la gasolina.

- La red de las estaciones de llenado, por lo general, es insuficiente, razón por la cual es necesario conservar en el vehículo el sistema de alimentación con gasolina.

3.3. Observaciones Adicionales

Las causas que influyen en la disminución de la potencia máxima de un motor alimentado con el GNC son las siguientes:

- El poder calorífico de una mezcla estequiométrica de aire y gasolina es igual a 3820 kJ/m^3 , mientras que para el aire y gas natural es de 3320 kJ/m^3 solamente, lo que significa una disminución de su magnitud en un 14%.

- El grado de llenado de los cilindros del motor con oxígeno es menor si se utiliza una mezcla aire-gas natural, ya que el gas con su volumen relativamente grande, en comparación con el volumen de gasolina, influye en la reducción de la parte ocupada por el aire en la mezcla.

- La velocidad de combustión, o sea, la de propagación del frente de la llama para la mezcla aire-gas natural es más baja que para el aire y la gasolina, lo que requiere en la práctica que se aumente el avance del encendido, en 10° aproximadamente.

4. SISTEMAS DE ALIMENTACION CON EL GAS NATURAL COMPRIMIDO

Los elementos o subconjuntos que forman parte de los sistemas de alimentación, y también las configuraciones de estos mismos dependen principalmente del tipo de motor, el cual puede ser de encendido por chispa o por compresión, y del modo de alimentación empleado (solo gas o dual).

Sin embargo, en todos los casos se utilizan ciertos elementos básicos, los cuales forman parte de los sistemas de alimentación. Como ejemplos, se presentarán a continuación diferentes sistemas de alimentación con el gas, los cuales se consideran básicos.

4.1. Sistema de alimentación dual alterna, con gas natural o gasolina, para los motores de encendido por chispa

Tal como se observa en el esquema (Fig. 1), el mezclador del gas con el aire (2) complementa en este sistema el carburador original (25) del motor de gasolina. Este mezclador puede estar ubicado entre el carburador y el filtro de aire, dentro del filtro de aire, o también puede tener forma de una boquilla enroscada directamente en la parte lateral del carburador. La mariposa del carburador desempeña, en todos los casos, su función principal.

En el sistema en cuestión se emplea un conjunto de dos reductores, el cual consta de un reductor de alta presión (3) y un reductor principal (4). La conexión (12) junto con la válvula (10) hacen posible realizar el llenado de las bombonas (1).

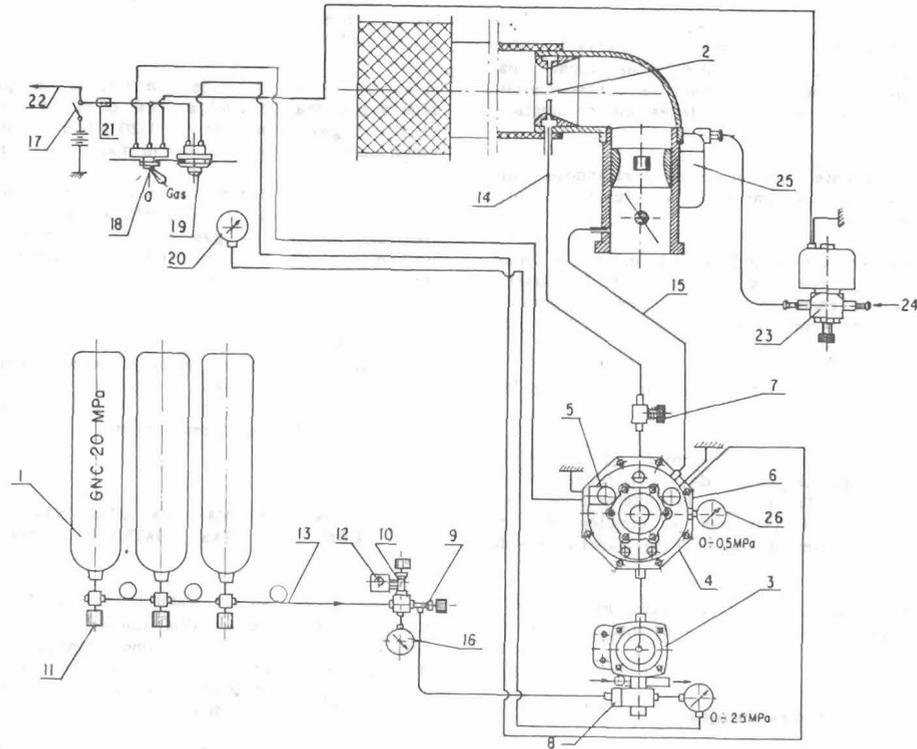


Fig. 1.- Sistema de alimentación dual alterna, con gas natural o gasolina, de un motor de encendido por chispa.

El selector del tipo de combustible (18) se fija al tablero del vehículo. Los solenoides de ambas válvulas electromagnéticas (23) y (5) están conectados al selector, el cual, por su parte, tiene conexión con el interruptor de encendido del motor (17). De esta manera una alimentación simultánea con gas y gasolina no es posible.

El botón (19) controla la válvula electromagnética (6) para el enriquecimiento de la mezcla, lo que tiene como objetivo facilitar el arranque del motor.

El manómetro (16) indica la presión actual del gas en las bombonas (1), mientras que el manómetro (26) hace posible la medición de la presión del gas entre las cámaras del reductor principal (4).

Debido a que el reductor principal (4) está dotado de una cámara de vacío es imprescindible unirla por medio de una manguera elástica (15) con la boquilla de vacío conectada al múltiple de admisión del motor. La manguera (14), une el reductor principal con el mezclador. La válvula (7) permite ajustar convenientemente la composición de la mezcla.

4.2. Sistema de alimentación dual simultánea, con diesel oil y gas natural, para un motor de encendido por compresión (motor diesel)

En este caso se conserva el funcionamiento del motor según el ciclo Diesel disminuyendo, sin embargo, la porción máxima del dieseloil inyectada a la cámara de combustión. Además de ese combustible, los cilindros del motor se llenan durante la carrera de aspiración con la mezcla de aire y gas. El dieseloil inyectado hace posible el encendido de la mezcla al final de la carrera de compresión.

De esta manera, o sea utilizando una alimentación dual simultánea, se puede reemplazar del 60% al 80% del dieseloil por el gas, en términos de energía.

Una de las soluciones posibles a utilizar en tal caso, lo representa el esquema de la figura 2. En este sistema se ha aplicado la alimentación cualitativa del motor, la cual consiste en controlar el flujo del gas, antes de entrar el mismo al mezclador. Por esta razón, el mezclador (2) no está dotado de una mariposa para controlar el flujo de la mezcla a los cilindros del motor, tal como ocurre en la alimentación cuantitativa.

Una vez abiertas las válvulas de las bombonas (11) y la válvula principal de cierre (12), el gas pasa a través del filtro (13) al reductor de alta presión (3).

El manómetro (0-25 MPa) situado a la entrada del reductor señala la presión actual del gas en las bombonas. A este manómetro se ha conectado por medio de unos cables eléctricos el indicador (19) situado sobre el tablero del vehículo.

Del reductor (3) el gas pasa por la manguera que une los reductores, al reductor principal (4). Entre el reductor (4) y el mezclador (2) está situada una válvula de dosificación (6) del flujo del gas, accionada por el pedal de aceleración del vehículo. Para limitar la porción máxima del dieseloil inyectada a los cilindros durante la alimentación dual se ha aplicado un tope neumático (9).

Con el objeto de conectar y desconectar la alimentación dual se utiliza un sistema de control automático, compuesto por la caja (15), y el generador (14). El sistema se conecta automáticamente una vez alcanzada o superada una determinada velocidad de rotación del motor, la cual por lo general es de 900-1000 rpm. aproximadamente. Como límite superior del rango de alimentación dual se considera la velocidad máxima de rotación del motor.

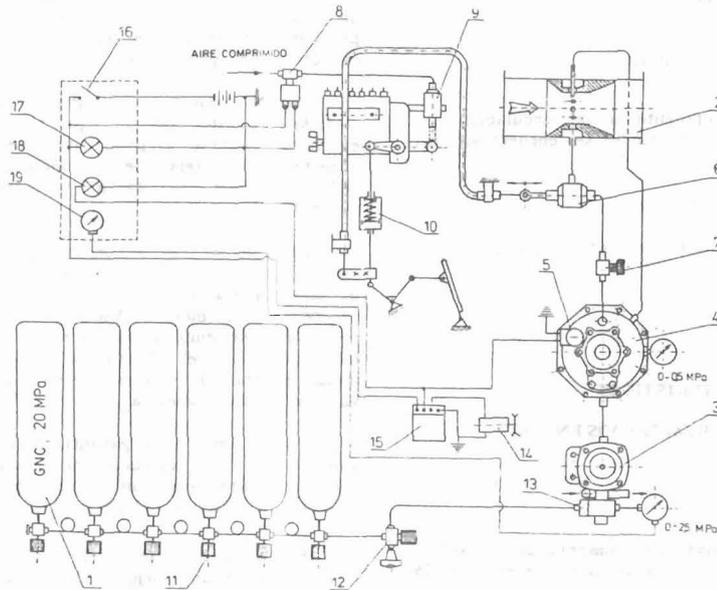


Fig. 2.- Sistema de alimentación dual simultánea, con dieseloil y gas natural, de un motor de encendido por compresión (motor Diesel).

4.3. Sistema de alimentación de un motor diesel con gas natural solamente

Los sistemas de alimentación empleados en los motores Diesel transformados a 100% GNC son muy semejantes a los utilizados en los motores de gasolina. La diferencia principal está en el diseño de los mezcladores aire-gas empleados y en la necesidad de sustituir el sistema de inyección por un sistema de encendido por chispa. Es necesario también reducir la relación de compresión del motor hasta un valor comprendido entre 10 y 13.

Los motores Diesel transformados para poder utilizar solo GNC tienen las siguientes características:

Ventajas:

- El reemplazo del dieseloil por el gas natural es de un 100%.
- Las características ecológicas son muy favorables.
- El nivel de ruido es muy bajo y las vibraciones reducidas.
- La vida útil del motor es considerablemente mayor.

Inconvenientes:

- La transformación no es reversible.
- Existe una limitación referente a la circulación del vehículo, solo a las regiones donde se encuentran las estaciones de llenado.
- La autonomía del vehículo es menor.
- El costo de la transformación es mayor que para una conversión du-al simultánea.

5. CARACTERÍSTICAS

DE LOS PROYECTOS REALIZADOS EN LUZ

5.1. Proyecto "Gas natural comprimido (GNC) como combustible automotor" - Financiado por el CONDES

El objetivo principal de este proyecto consistía en desarrollar los equipos de conversión propios, los cuales se utilizarían en los vehículos con motores de encendido por chispa alimentados con el gas natural comprimido.

Hasta el presente, se han fabricado tres conjuntos de conversión, considerados como prototipos, los cuales han sido ensayados tanto en el laboratorio, como también en la carretera.

La parte básica del sistema de alimentación lo constituye el subconjunto de reductores-reguladores de la presión del gas.

Los reductores-reguladores utilizados en los vehículos automotores alimentados con el GNC tienen que satisfacer las siguientes exigencias:

- Reducir la presión del GNC almacenado en las bombonas, hasta una presión ligeramente menor que la atmosférica.
- Garantizarle al motor una alimentación con la mezcla de gas y aire de una composición conveniente y con un volumen adecuado, de acuerdo a las necesidades existentes.
- Asegurar un arranque fácil del motor.
- Cerrar automáticamente el flujo del gas al mezclador, en el caso en que el motor no trabaje.

Teniendo en consideración que la presión del gas en las bombonas varía en un amplio rango desde 20 MPa hasta 1 MPa aproximadamente, las mencionadas exigencias pueden ser satisfechas solamente por un regulador de tres cámaras de reducción. Estas cámaras pueden estar ubicadas en un solo cuerpo, constituyendo de esta manera un reductor integrado, o puede utilizarse también un conjunto de dos reductores separados, uno de los cuales, de una sola cámara constituye el reductor de alta presión, mientras que el otro, de dos cámaras, el reductor principal o secundario.

En el reductor de alta presión, debido a una elevada expansión del gas que tiene lugar en el mismo, es imprescindible emplear un intercambiador de calor conectado al sistema de enfriamiento del motor. En este reductor debe utilizarse también una válvula de seguridad.

El reductor, o el conjunto de dos reductores, debe estar provisto de una válvula de cierre, la cual actúa de una manera automática en el caso de desconectar el encendido del motor. Además, en la mayoría de los reductores se emplea un sistema que permite enriquecer la mezcla con el objeto de facilitar el arranque del motor en frío. Para este fin se utiliza generalmente una válvula electromagnética.

Con el objeto de garantizar un cierre seguro de la válvula de la cámara de baja presión se usa frecuentemente una cámara de vacío, la cual facilita también el arranque del motor.

En la figura 3 se observa un esquema y en la figura 4 la vista de un conjunto de reductores desarrollado en la Universidad del Zulia. Este conjunto consta de un reductor de alta presión y un reductor principal. El reductor de alta presión es de una sola cámara de reducción (A), mientras que el reductor principal tiene dos cámaras de reducción (B y C) y una cámara de vacío (D).

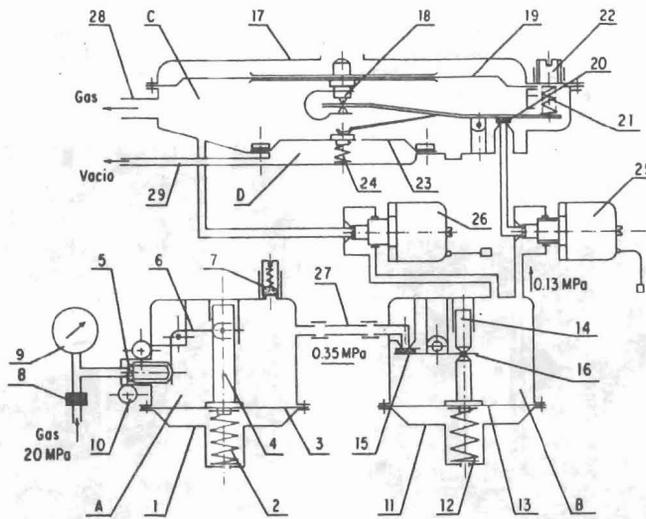


Fig. 3.- Esquema de un conjunto de reductores desarrollado en LUZ.

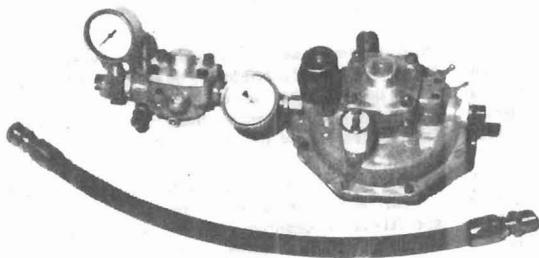


Fig. 4.- Vista del conjunto de reductores desarrollado en LUZ. A- reductor de alta presión, B- reductor principal o secundario.

El gas, a una elevada presión, entra al reductor por el filtro (8). La válvula (5) reduce la presión del gas, hasta un valor igual a 0.35 MPa, manteniendo en la cámara (A) su valor constante. Esto se garantiza mediante un sistema constituido por la palanca (6), el diafragma (3) y el resorte (2). De la cámara (A) el gas pasa por la manguera (27) a la cámara (B) del reductor principal.

La válvula (15), conjuntamente con la palanca (16), el diafragma (13) y el resorte (12), mantienen en la cámara (B) la presión constante e igual a 0,13 MPa aproximadamente.

La válvula electromagnética (25) sirve para cerrar el flujo del gas en el conducto que une las cámaras (B) y (C). Si esta válvula permanece abierta, el gas proveniente de la cámara (B) llega hasta la válvula de baja presión (20). El sistema constituido por esta válvula y su palanca, el diafragma (19) y el resorte (21) garantiza un funcionamiento conveniente de la cámara (C).

En el caso, en que el motor no trabaje, el resorte (21) mantiene cerrada la válvula (20), impidiendo el flujo del gas al mezclador. El tornillo (22) se utiliza para el ajuste de la marcha mínima durante el trabajo del motor en vacío. El diafragma (23) junto con el resorte (29) se conecta la manguera unida al múltiple de admisión del motor. La válvula electromagnética (26) facilita el arranque del motor en frío.

La boquilla (28) de salida de la cámara (C) está conectada con el mezclador aire-gas por medio de una manguera. El flujo del gas en esta última ocurre debido a una diferencia de presiones que actúan sobre las dos superficies del diafragma (19). Este flujo es proporcional al vacío producido por el mezclador aire-gas.

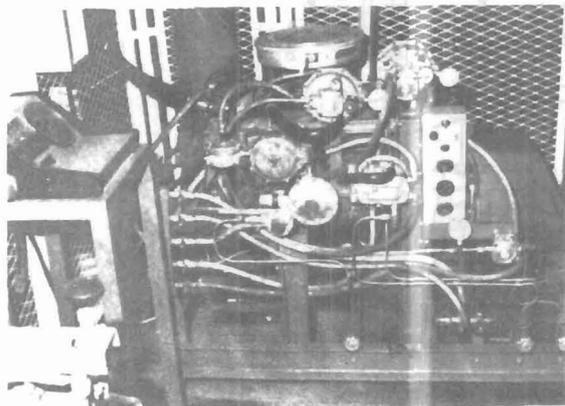


Fig. 5.- Banco de pruebas para ensayos de los reductores en laboratorio.

Los ensayos en laboratorio de los prototipos de los reductores se han efectuado en un banco de pruebas (Fig. 5), especialmente construido para este fin. Este banco se basa en un motor "Ford" modelo 302 y un dinamómetro hidráulico "GO POWER", modelo C-10. En el banco, aparte del reductor ensayado, se han instalado cuatro reductores más, producidos por diferentes fabricantes. Los ensayos tenían como objetivo una amplia evaluación comparativa de los reductores de desarrollo propio, respecto a otros equipos.

En los ensayos se han realizado también las mediciones del contenido de los componentes tóxicos en las gases de escape, para lo cual se utilizó el equipo "ALLEN SMART".

Con el objeto de realizar los ensayos en carretera de los equipos de alimentación desarrollados, se ha convertido a GNC una camioneta "FIAT-Premio" Pick Up (Fig. 6). Durante estos ensayos se determinó la economía de combustible, tanto para la gasolina como para el gas, las propiedades dinámicas del vehículo para ambos combustibles, la facilidad de arranque en diferentes condiciones, así como, la confiabilidad y la seguridad del uso del vehículo convertido a gas natural. Los resultados obtenidos han permitido evaluar objetivamente los equipos de desarrollo propio. Ambos grupos de ensayos constituyen además un requisito previo en el proceso de homologación de los mencionados equipos, lo cual se realizará próximamente por el Ministerio de

Energía y Minas. Esta homologación constituye una condición imprescindible para poder iniciar la producción en serie de los equipos desarrollados.



Fig. 6.- Vehículo automotor (camioneta) "FIAT-Premio" Pick Up convertido a gas natural comprimido.

5.2. Proyecto "Equipos de alimentación de los motores de combustión interna con el gas natural comprimido (GNC)" -Financiado por el Consejo de Fomento de LUZ

Al realizar este proyecto se ha fabricado una primera serie de 10 equipos de conversión de desarrollo propio, los cuales se utilizarán en los vehículos de la Universidad del Zulia. Estos equipos se someterán a una operación controlada, bajo supervisión de especialistas de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

De esta manera se efectuará una evaluación del funcionamiento y confiabilidad de los equipos en condiciones de uso normal, se entrenará a los usuarios y además, se iniciará de esta manera el proceso de conversión de los vehículos de LUZ a GNC.

Paralelamente a la producción de serie inicial, durante la realización de este proyecto se han diseñado varios dispositivos necesarios para la fabricación de los reductores en serie, tales como por ejemplo, las coquillas para la fundición de las piezas, los dispositivos para el mecanizado de las mismas, y otros más. Hasta el presente, ya se han fabricado cuatro de las cinco coquillas necesarias para la producción.

El proyecto contempla también el diseño de las instalaciones de conversión para diferentes modelos de vehículos automotores y la coordinación de los trabajos relacionados con la conversión a gas natural de los vehículos automotores de LUZ. Además, dentro de este proyecto se están realizando todas las actividades referentes al inicio de la producción en serie, por la industria metalmeccánica de los equipos de conversión que han sido desarrollados.

5.3. Proyecto "Conversión de un motor diesel a gas natural comprimido y su aplicación en vehículos" -Financiado por CORPOVEN

Este proyecto tiene como objetivo investigar la posibilidad práctica del uso del gas natural como combustible para reemplazar al dieseloil en los motores "Mack" modelo 315 turboalimentados, utilizados en los camiones pesados. Para realizar las investigaciones en laboratorio del motor convertido se ha diseñado y construido un banco de pruebas especial (Fig. 7).

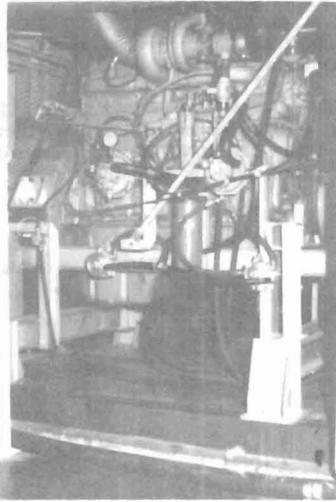


Fig. 7.- Banco de pruebas para los ensayos de un motor Diesel "MACK" modelo 315 convertido a gas natural.

En este banco se ha instalado un dinamómetro hidráulico "Clayton" modelo 17-500 CM.

Además, hasta el presente se ha realizado una serie de ensayos para comprobar el funcionamiento del banco de pruebas y también los ensayos del motor alimentado solamente con el dieseloil. Los resultados obtenidos servirán como patrón al analizar los resultados de los ensayos que se obtendrán posteriormente por un motor convertido.

Convertir a gas un motor Diesel turboalimentado, del tipo utilizado en los vehículos automotores, o sea, con una velocidad de rotación variable es una tarea sumamente difícil, la cual, hasta el momento, se ha podido solucionar satisfactoriamente solo en unos pocos centros de investigación que se ocupan de tales problemas. En algunas ocasiones, sin introducir en el

motor cambios sustanciales, tales como por ejemplo el cambio del árbol de levas o del sistema de turboalimentación no es posible solucionar satisfactoriamente este problema.

En el caso en cuestión, el sistema de alimentación con gas que se utilizará, se basará exclusivamente en el desarrollo propio. Para este fin se han diseñado las modificaciones del reductor principal, con el objeto de aumentar su caudal. No obstante esta modificación, la cilindrada considerable del motor requiere que se apliquen dos reductores conectados paralelamente. Se han diseñado también y fabricado en dos ejemplares los reductores de alta presión, los cuales formarán parte del sistema de alimentación. La conversión de este motor Diesel, que se está realizando en este momento consiste en emplear en el mismo una alimentación dual simultánea con dieseloil y gas natural. En este caso, el sistema de alimentación con el gas complementa solamente un motor Diesel en su configuración original.

Con el objeto de poder ampliar el volumen y la variedad de los resultados de los ensayos que se obtendrán, se emplearán en el motor dos diferentes principios de alimentación dual. El primero se basará en el funcionamiento del sistema debido al vacío producido en el mezclador aire-gas, mientras que el segundo se fundamentará en la inyección del gas al motor, bajo cierta presión, a través de la boquilla ubicada en el múltiple de admisión. Por supuesto, en el último caso se utilizará un mezclador sin un Venturi.

Actualmente, se observan en el mundo tendencias para emplear el segundo principio en modernos sistemas de alimentación dual de los motores Diesel. Será interesante, por lo tanto, disponer de los resultados correspondientes a los dos casos.

Posteriormente, se realizará una transformación del citado motor "Mack", imprescindible para poder utilizar en el mismo el gas natural solamente. Para este fin, será necesario aumentar el volumen de las cámaras de combustión, utilizando pistones más bajos, con una concavidad excéntrica en su parte superior. Se eliminarán también los inyectores, sustituyéndolos por las bujías de encendido. La bomba de inyección se reemplazará por un distribuidor de encendido manteniendo, sin embargo, en el motor el regulador de velocidad de rotación.

El sistema de alimentación con GNC comprenderá un mezclador de aire y gas, con Venturi y mariposa para controlar el volumen de la mezcla admitida, así como, el sistema de reductores unidos paralelamente para satisfacer la demanda del gas por el motor.

En todos los casos los ensayos comprenderán la determinación de los parámetros fundamentales que caracterizan el funcionamiento del motor, tales como el torque, la potencia y la velocidad de rotación del motor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] CAMPBELL, A.R.: "Characteristics of a CNG-Diesel Dual Fueled Diesel Engine", SAE Australasia Conference, Auckland, New Zealand, March 1986 "Gaseous Fuel—the end of an era".
- [2] EGHBALI, B.: "Natural Gas as a Vehicular Fuel", SAE Technical Paper Series 1984, 841159.
- [3] FLEMING, R. y O'NEAL, G.: "Potential for Improving the Efficiency of a Spark Ignition Engine for Natural Gas Fuel", SAE 852073.
- [4] HIRSCHBICHLER, F. y MOETZ, K: "Schadstoffarme Gasmotoren von MAN", MTZ-Motor-technische Zeitschrift, 1987, Vol. 48, No. 7/8, p.273-277.
- [5] KARIM, G.A.: "Some Considerations of the use of Natural Gas in Diesel Engines", Third Symposium on Nonpetroleum Vehicular Fuels, Washington, October, 1982.
- [6] KARIM, G.A.: "The Dual Fuel Engine of the Compression Ignition Type—Prospect, Problems a solutions - A Review", SAE Paper, 831073.
- [7] MENRAD, H. y STEINKE, D.: "Abgasemissionen mit alternativen Kraftstoffen", MTZ-Motor-technische Zeitschrift, 1986, No. 2, p. 46-55.
- [8] PRZYBYLSKI, J.: "Paliwa gazowe", AUTO-Technika Motoryzacyjna, No. 10, 1984.
- [9] PRZYBYLSKI, J.: "Układy zasilania paliwami gazowymi" AUTO-Technika Motoryzacyjna, No. 2, 1985.
- [10] PRZYBYLSKI, J.: "Sprezony gaz ziemny jako paliwo silnikowe", Eksploatacja Maszyn, No. 8, 1985, p. 13-14.
- [11] TRAVERSARI, A.; BELLINI, V. y BONVECCHIATO, G.: "Research on the Emissions of a Bus Diesel Engine Converted to Dual Fuel (CNG/Diesel)". International Gas Research Conference, 1984, p. 1098-1106.

Recibido el 16 de Mayo de 1991