

Ficha Técnica:



CONAE
COMISION NACIONAL
PARA EL AHORRO
DE ENERGIA México

www.conae.gob.mx

INDICE

Introducción	1
Conceptos básicos del gas natural	2
Vehículos de servicio ligero	3
• Motores Bi-fuel	
• Motores Dedicados	
Vehículos de servicio pesado	5
• Motores Dual-Fuel	
• Motores Dedicados	
Emisiones contaminantes	6
Efectos posibles	7
Tecnología empleada en motores de GNC	8
Ofertas comerciales	8
Ventajas y Desventajas	9
Experiencia	11
Normalización	12

INTRODUCCIÓN

El gas natural es actualmente el combustible alternativo más práctico y uno de los menos contaminantes, además de poseer en México un precio preferencial inferior al de la gasolina "magna sin" hasta de un 34%. Adicionalmente, su uso en motores diesel, contribuye a disminuir las emisiones de partículas y es actualmente la alternativa de solución más radical al problema de las emisiones contaminantes.

Para su uso automotor el gas natural debe ser comprimido a presiones mayores de 20.6 MPa o licuado a temperaturas criogénicas de casi -167 °C.

CONCEPTOS BÁSICOS DEL GAS NATURAL

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos, compuesta principalmente por metano (CH₄), el cual es el primer miembro de la familia de los alcanos, que en condiciones atmosféricas se presenta en forma gaseosa. Es un gas incoloro e inodoro, y se encuentra principalmente en las cavidades rocosas de las formaciones geológicas y en las cavidades microscópicas o intersticiales, las cuales unidas pueden formar grandes acumulaciones de gas.

Generalmente, se encuentra en la misma formación geológica que el petróleo crudo, pero también puede ser encontrado solo.

El metano, principal componente del gas natural, tiene una gravedad específica con relación al aire mucho menor, razón por la cual, el gas natural presenta esta característica básica de menor peso que el aire, por lo que en la atmósfera se dispersa rápidamente.

Tomando en cuenta las propiedades físico-químicas del gas natural, se pueden considerar algunas ventajas de su uso, entre las cuales las más importantes pueden ser las que a continuación se expresan:

1. Es un combustible relativamente barato.
2. Presenta una combustión completa y limpia.
3. Seguridad en la operación, debido a que en caso de fugas, al ser más ligero que el aire, se disipa rápidamente en la atmósfera. Únicamente, se requiere tener buena ventilación.
4. Asegura una eficiencia en la operación.

VEHÍCULOS DE SERVICIO LIGERO

Este tipo de vehículos tienen dos tendencias principales: una son los motores Bi-Fuel (normalmente aspirados o de inyección electrónica), y otra los motores Dedicados.

Motores Bi-fuel

El desarrollo de este tipo de motores generalmente se basa en la conversión de motores que operan con el ciclo Otto. Tienen la habilidad para operar con dos combustibles, el término Bi-Fuel denota un motor capaz de funcionar con gasolina (o diesel) o gas natural, esto hace que el vehículo opere satisfactoriamente cuando el gas natural no está disponible.

El concepto Bi-Fuel gas natural/gasolina consiste del propio motor con un carburador para gas natural (generalmente llamado mezclador gas/aire) o un sistema de inyección de combustible gaseoso, en adición al carburador regular o sistema Fuel Injection.

Los componentes de un kit de conversión a gas natural se enlistan a continuación y se presentan en la Figura 1.

- Cilindros para almacenar el gas
- Interruptor del selector de combustible
- Transductor para el selector de combustible e indicador de combustible.
- Válvula de corte maestro del cilindro.
- Conexión para la recarga del gas.
- Carburador o mezclador aire-combustible o Sistema de inyección de combustible gaseoso.
- Módulo de control de encendido, que adapta la curva de encendido del vehículo a las características del GNV en el sistema dual gasolina
- Válvula solenoide para el control de la gasolina.
- Líneas de presión adecuadas.
- Sistema de alivio de presión.

La última generación de kits de conversión deben interactuar con el control del microprocesador del motor y los sistemas de control de emisiones, esto con el fin de modular la alimentación del gas natural dentro del motor para optimizar los niveles de potencia y emisiones.

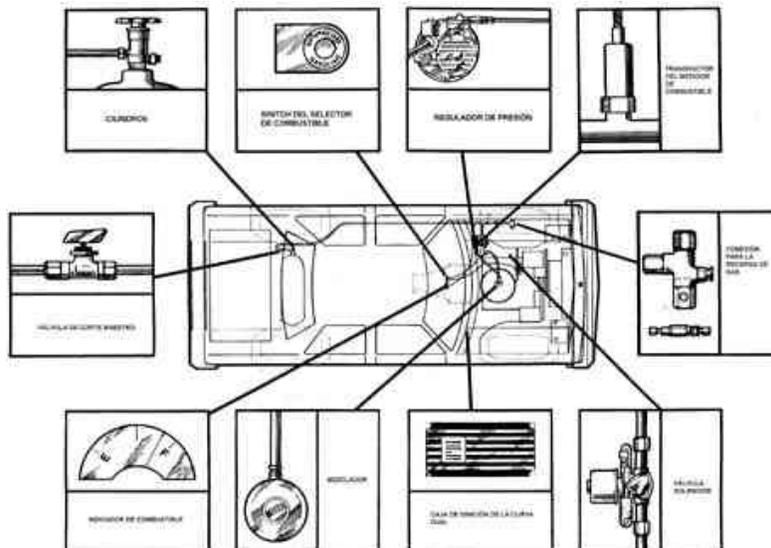


Fig. 1 Esquema de un kit de conversión para un motor a gasolina

Fuente: Energy, Mines and Resources Canada, *Natural Gas an Alternative Transportation Fuel*, 1992

Motores Dedicados

Un motor dedicado a gas natural no difiere mucho en cuanto a medidas, peso, construcción o requerimientos de materiales de un motor a gasolina.

Los principales esfuerzos enfocados al desarrollo de estos motores están dirigidos hacia la optimización de las siguientes características:

- Incrementar la relación de compresión.
- Combustión con mezcla pobre.
- Control de la inyección de combustible y de la relación aire-combustible.
- Ajuste del tiempo de ignición.
- Control catalítico de emisiones.
- Sensores del contenido de oxígeno en el escape.

VEHÍCULOS DE SERVICIO PESADO

Para este tipo de vehículos encontramos dos tipos de tecnologías: motores Dual-Fuel y motores Dedicados.

Características generales en motores Dual-Fuel.

- Estos desarrollos se han enfocado casi exclusivamente en la conversión de motores diesel.
- Se inyecta combustible diesel dentro de la mezcla gas-aire.
- Se llama *Dual-Fuel* debido a que se requiere el uso simultáneo de dos combustibles, gas natural y diesel para operar.
- El motor *Dual-Fuel* se conoce también como motor "*pilot injection*" debido a que el diesel actúa como iniciador o piloto de la combustión.
- Conserva el sistema original de inyección diesel.
- El gas natural se alimenta dentro del múltiple de admisión a través de un mezclador aire-combustible o con una unidad de inyección de combustible gaseoso, a la admisión del gas de esta manera se le conoce como fumigación.
- La proporción de los dos combustibles varía de acuerdo a la carga y velocidad del motor; desde 100% de diesel trabajando en vacío hasta 5% diesel y 95% gas natural a plena carga.
- Para ajustar dinámicamente las relaciones gas-aire-diesel se hace uso de tecnologías de control electrónico durante la operación del motor.
- Esta conversión utiliza gas mientras este disponible, sin perder la habilidad para poder usar sólo diesel si es necesario.
- Una desventaja es que los motores Dual-Fuel tienen la necesidad de mantenimiento por separado de ambos sistemas de combustible.

Características generales en motores Dedicados.

- Estos desarrollos están enfocados a la conversión de motores diesel.
- Utiliza un sistema de encendido eléctrico y bujías, que opera solo con gas natural.
- El motor tiene que ser convertido a la operación con el ciclo otto, además del uso de ahogamiento de la carga de admisión y encendido por chispa.
- El gas natural es introducido dentro del múltiple de admisión usando un mezclador o sistema de inyección (Tal como una conversión Dual-Fuel).
- El sistema de inyección diesel es removido completamente.
- La relación de compresión es aumentada de 15:1 a 19:1, para eliminar el golpeteo causado por el gas natural.
- Las relaciones aire-combustible son potencialmente pobres.
- Este tipo de motor se está desarrollando bajo dos tendencias principales, una es la combustión con mezcla pobre y la otra es la combustión estequiométrica.
- Para la optimización de estos motores se están investigando las siguientes áreas específicas:
 - Perfil de la cámara de combustión.
 - Sistemas de manejo electrónico del motor.
 - Ignición por compresión.
 - Sistemas de inyección de gas.

EMISIONES CONTAMINANTES

En general, los motores de los vehículos de gas natural producen emisiones de CO relativamente más bajas, debido al bajo contenido de carbón del combustible, la ausencia del enriquecimiento de la mezcla en el arranque en frío, y a la baja temperatura en los productos de la combustión de las emisiones de escape (lo que reduce la necesidad de enriquecimiento en condiciones de máxima aceleración, protegiendo la válvula de escape). Los motores de gas natural también son capaces de conseguir niveles de NOx tan buenos como los de los mejores motores de gasolina, y de 50 a 80% más bajos que los niveles de NOx de los motores diesel. La emisión de partículas es extremadamente baja, y la emisión de formaldehídos es comparable a la de los motores de gasolina o diesel.

La emisión de hidrocarburos totales tiende a ser 2 ó 3 veces mayor que la de los motores a gasolina con control de emisiones, sin embargo una gran fracción de estas emisiones de HC es metano, el cual no es activo fotoquímicamente. La medición de metano contra el total de hidrocarburos, realizada por EPA y Southwest Research, muestra fracciones de metano en el rango de 0.75 a más del 1.0 por volumen. El total de hidrocarburos no-metano (NMHC) de los motores de gas natural está usualmente muy por debajo de los niveles de emisión de motores similares de gasolina.

Los NMHC presentes en las emisiones de los motores de gas natural, se estima que son principalmente etano, con algunos etilenos, acetilenos y pequeñas cantidades de hidrocarburos C3, y trazas de formaldehídos y especies C4+. En las composiciones típicas del gas, la especie C2 representa entre el 70 y 90% del total. Todas las especies primarias presentes tienen muy baja reactividad fotoquímica.

Como información adicional a las emisiones del gas natural, debemos recordar que las emisiones de los motores se evalúan en base masa, y los elementos que invariablemente están sometidos a regulación son los HC, CO y los NOx, con diferentes límites para cada país o ciudad. Para evaluar estas emisiones se han desarrollado métodos de prueba que permiten comparar los niveles de gases emitidos y crear un instrumento de legislación.

Los métodos más empleados en el mundo son el U.S. Federal Test Procedure (FTP) y el Economic Commission for Europe, Regulation 49 (ECE R49).

EFFECTOS POSIBLES

1. Se incrementa la emisión de óxidos de nitrógeno NOx, si no se usa un convertidor catalítico de tres vías.
2. Problemas en la aceptación del nuevo combustible por parte del operador.
3. Capacitación de los mecánicos para la carburación de gas natural en vehículos automotores.
4. Se requiere crear una infraestructura de recarga de este combustible.
5. También se requiere de la publicidad necesaria para dar a conocer las ventajas que presenta este combustible alterno.
6. Es más económico en comparación con otros combustibles como el diesel y la gasolina.
7. Reducción de los costos de mantenimiento.
8. Disminución de la emisión de contaminantes principalmente CO y HC.
9. Mejor control en el consumo de combustible.
10. Disminución de los tiempos muertos de recarga de combustible.
11. No existe evaporación del combustible.
12. Se evita la extracción indebida de combustible.

TECNOLOGÍA EMPLEADA EN MOTORES DE GNC

Para estudiar la tecnología de los vehículos que utilizan gas natural como combustible es necesario resaltar que se pueden utilizar los tipos de motores existentes hasta la fecha (encendidos por compresión y encendidos por chispa), haciendo la debida conversión en dichos motores. Por consiguiente es necesario hacer una división entre los vehículos de servicio ligero y los vehículos de servicio pesado.

OFERTA COMERCIAL ACTUAL

En la siguiente tabla se muestran los fabricantes de vehículos y de motores que aplican la tecnología para el uso de gas natural:

Vehículos ligeros	Motores para vehículos pesados
· Ford *	· Caterpillar *
· General Motors *	· Cummins *
· Chrysler *	· Detroit Diesel *
· Volkswagen *	· Hercules *
· Nissan *	· Navistar *
· BMW *	· Tecogen *
· Volvo	· John Deer *
· Renault	· Fiat
· Fiat	· Man
· Honda	· Perkins
	· Mercedes
*Disponibles en México	

Fuente: Presentación del DDF, en el Seminario Internacional vehículos de gas natural: estado actual y perspectivas. CONAE, 1998.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El kit de conversión Bi-fuel tradicional no permite desarrollar todas las ventajas que el gas natural puede ofrecer como un combustible para motores de combustión interna.

Las desventajas incluyen una pérdida de potencia máxima de aproximadamente del 10 al 15 %, una reducción de la eficiencia del combustible como resultado de una menor eficiencia del ciclo y además un menor nivel de emisiones contaminantes. Sin embargo, la tecnología de conversiones de gasolina a gas natural ha logrado grandes avances en los últimos años.

Las conversiones modernas tienen la capacidad de interactuar con los sistemas de control electrónico para adelantar el tiempo de chispa y lograr incrementar el tiempo de la combustión del gas. Los carburadores o mezcladores están siendo abandonados en favor de los sistemas de inyección, que son en el concepto similar a los utilizados en los motores modernos a gasolina. El proveer un control de combustible de mayor precisión conduce a un mejor desempeño, economía de combustible y reducción de emisiones. Esto puede ser aplicado tanto a motores Bi-fuel (gas natural/gasolina) como a motores "dedicados" a gas natural.

Un motor que se diseña específicamente para operar con gas natural ofrece una potencia y un desempeño igual que el de un motor a gasolina, con mejor eficiencia en la conversión del combustible y con la ventaja de la reducción de emisiones de escape.

Una gran ventaja que tiene el uso del gas natural como combustible, es que los motores no requieren grandes modificaciones; el sistema de suministro está constituido por cilindros de almacenamiento de aproximadamente 90 cm de longitud por 20 cm de diámetro, construidos de acero, aluminio o grafito, con espesores de pared de 3/4" a 1" (existe una gran variedad de capacidades adecuadas a cada tipo de vehículo), en los cuales se almacena el gas natural comprimiéndolo a presiones de 20.6 MPa o superiores; de aquí, el gas es conducido a través de una línea de alta presión a un regulador que provoca una caída en la presión para, posteriormente pasar por una válvula solenoide la cual impide el paso del gas al dejar de funcionar el motor, por medio de un inyector el gas es admitido en la corriente de aire del puerto de admisión o del cuerpo de aceleración, mezclándose con éste; en los vehículos que así se hayan diseñado existe la alternativa de poder utilizar gas o gasolina, para lo cual se instala un switch selector de combustible en el tablero del vehículo.

El sistema de conversiones permite reutilizar los equipos de gas natural en los vehículos nuevos al substituir las unidades antiguas, ya que no modifica las características de los motores.

En cuanto a la operación y mantenimiento de los vehículos que consumen gas natural, se puede afirmar que existe un gran ahorro por estos conceptos. El gas natural tiene un octanaje de 130, característica que permite incrementar la potencia de los motores, propiciando que trabajen con mayor eficiencia, evitando dejar residuos de la combustión, y por lo tanto desgastando menos los motores, los costos de mantenimiento se ven reducidos al poder espaciar los cambios de aceite y bujías a cada 20,000 y 120,000 km respectivamente.

En los nuevos motores de inyección electrónica de combustible el gas natural ofrece mayores ventajas, ya que el sistema permite controlar eficientemente la dosificación del combustible, mejorando la operación de los vehículos, sin modificar sus características originales.

Para los motores a diesel, se han desarrollado sistemas en los cuales se utiliza una mezcla de gas natural y diesel en diferentes proporciones y que puede llegar hasta un 80 ó 90% de gas natural por un 20 ó 10% de diesel, al igual que en los motores de gasolina, la instalación de los equipos de gas natural comprimido, no modifica las características originales de éstos, en ellos la inyección de combustible es controlada por un microprocesador y una válvula solenoide de alta velocidad. En cuanto a las emisiones contaminantes, estas son reducidas considerablemente, pudiendo eliminar en gran medida el característico humo negro (principalmente hollín).

Uno de los obstáculos que se tienen que salvar a fin de que el uso del GNC sea atractivo, es la creación de una infraestructura de estaciones de servicio, que puedan proporcionar una amplia disponibilidad de combustible, esta situación se puede resolver inicialmente al instalar un sistema que opere con ambos combustibles (GNC-gasolina o GNC-diesel), esto evita el riesgo de no encontrar una estación de servicio de GNC cuando se agota alguno de los combustibles.

La capacidad de la red de líneas de gas (gasoductos) para manejar la distribución del gas natural adicional para uso vehicular aún esta limitada, además el precio del gas natural con el significativo costo de la conversión del vehículo (\$4500 U.S. por vehículo) y el costo agregado del equipo de compresión para estaciones de recarga, debe ser inferior al de la gasolina para poder establecer un ahorro en el costo del combustible, y recobrar el capital del costo de equipo y restituirlo en un período razonablemente corto.

EXPERIENCIAS

Al menos 40 países alrededor del mundo tienen vehículos de gas natural en operación, o han hecho declaraciones oficiales de su intención por realizar programas sobre vehículos de gas natural. La siguiente tabla muestra un resumen de países con mayor número de vehículos en operación. La gran mayoría de ellos son vehículos ligeros, convertidos. El número de vehículos de servicio pesado con motores diesel convertidos a gas natural es pequeño en el presente. No todas las estaciones de reabastecimiento (de varios tipos) están disponibles para el público en general.

Principales poblaciones con vehículos de gas natural en el mundo

País	Vehículos Convertidos	Estaciones de recarga	Vehículos de recarga	Última actualización
Argentina	401,000	531		Jul 97
Italia	290 000	284		Ene 97
Rusia	205,000	187	13	Sep 96
Estados Unidos	87,500	1,102		Ene 98
Nueva Zelanda	25,000	190		Jul 97
Canadá	17,220	120	66	Sep. 96
Brasil	14,000	39		Sep. 96

En México, desde 1995 inicia el programa de vehículos limpios donde se incluye el uso de vehículos de gas natural comprimido, pretendiendo llegar a la cifra de 600 000 vehículos para el año 2000. En 1998 el Gobierno del Distrito Federal adquirió 600 patrullas y pretende obtener 1400 camiones recolectores. También existen planes de una empresa privada (ecomex) de construir inicialmente seis estaciones y llegar a 100 estaciones para el año 2003 además de financiar al 90% la conversión de 540 Microbuses por cada estación.

NORMALIZACIÓN

A finales de 1996, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) inició los procesos de normalización necesarios para establecer en México Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) para todas aquellas personas que diseñen, construyan y operen instalaciones relacionadas con el gas natural, para esto se constituyó de conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización *El Comité Consultivo Nacional de Normalización de Gas Natural*. Dicho comité es presidido por la CRE y tiene el propósito de elaborar Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) en materia de transporte, almacenamiento y distribución de gas natural.

A través de estas normas se establecen las condiciones mínimas de seguridad que son obligatorias para los permisionarios en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de gas natural.

Actualmente, la CRE ha emitido las siguientes normas:

NOM-001-SECRE-97

Proyecto de norma oficial mexicana sobre las características y especificaciones del gas natural que se inyecte a los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución.

Esta Norma Oficial Mexicana se emite para asegurar que el gas natural que se utilice en los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución del país cuente con características y especificaciones que permitan su uso adecuado, evite daños innecesarios a los equipos utilizados para su manejo y a los sistemas de combustión en general.

NOM-002-SECRE-97

Norma oficial mexicana sobre instalaciones de aprovechamiento para gas natural.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos técnicos y de seguridad para el diseño y construcción que como mínimo deben cumplir las instalaciones para el aprovechamiento del gas natural en todo el territorio nacional.

NOM-003-SECRE-97

Norma sobre la construcción y mantenimiento del sistema de distribución de gas natural.

Establece las características de todos y cada uno de los componentes de un sistema de distribución de gas natural por tubería, desde el punto de entrega del proveedor o transportista, hasta el punto de entrega al usuario.

Establece los requerimientos técnicos y de seguridad que se deberán cumplir para operar cualquier sistema de distribución de gas natural, en los que se deberá incluir el diseño, selección de materiales y componentes, instalación, pruebas, inspección, operación y mantenimiento.

NOM-004-SECRE-97

Norma oficial mexicana sobre el uso del gas natural licuado como combustible vehicular: requisitos de seguridad para instalaciones vehiculares.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos de seguridad que se deben cumplir para la utilización del gas natural licuado como combustible en vehículos automotores, su almacenaje, los equipos necesarios para el uso del gas natural licuado en vehículos con aplicación en toda la República Mexicana.

NOM-005-SECRE-97

Norma oficial mexicana sobre el uso del gas natural licuado como combustible vehicular: requisitos de seguridad para estaciones de servicio.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos de seguridad que deben cumplir las estaciones de servicio para abastecer a vehículos automotores con gas natural licuado y los requisitos mínimos de seguridad para la operación de éstas, con aplicación en toda la República Mexicana.

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial emitió en 1994 la norma:

NOM-031-SCFI-1994

Gas natural comprimido para uso automotor, requisitos de seguridad para estaciones de servicio e instalaciones vehiculares.

Esta norma se emite para regular la utilización de gas natural comprimido como combustible en vehículos automotores, su almacenaje a alta presión, los sistemas necesarios para su suministro y la instalación de los sistemas de carburación en los vehículos.