



Vehículos a gas natural

Módulo 4d

Transporte Sostenible:

Texto de Referencia para formuladores de políticas públicas en ciudades de desarrollo

VISIÓN GENERAL DEL TEXTO DE REFERENCIA

Transporte Sostenible: Texto de Referencia para formuladores de políticas públicas en ciudades de desarrollo

¿Qué es el Texto de Referencia?

Este *Texto de Referencia* sobre Transporte Urbano Sostenible aborda las áreas claves de un marco general para una política de transporte sostenible en una ciudad en desarrollo. El *Texto de Referencia* consta de más de 20 módulos.

¿Para quién es?

El *Texto de Referencia* se ha diseñado para formuladores de políticas en ciudades en desarrollo y sus asesores. Este grupo objetivo se refleja en el contenido, que proporciona herramientas apropiadas de políticas para su aplicación en una serie de ciudades en desarrollo.

¿Cómo se debe utilizar?

Estos módulos deben ser proporcionados a los oficiales involucrados en transporte urbano según se necesiten. El *Texto de Referencia* puede ser fácilmente adaptado para ajustarse a un evento de entrenamiento formal y corto, o puede servir como una guía para desarrollar un programa de entrenamiento en transporte urbano. GTZ está elaborando los paquetes de entrenamiento de módulos selectos, disponibles desde 2004.

¿Cuáles son algunas de sus características claves?

Las características claves del *Texto de Referencia* incluyen:

- Una orientación práctica, centrándose en mejores prácticas en planificación y regulación y, cuando es posible, experiencias exitosas en ciudades en desarrollo;
- Los colaboradores (autores) son expertos internacionales en sus campos;
- Una diagramación atractiva, en color y fácil de leer;
- Lenguaje no-técnico (hasta donde es posible), con los términos técnicos explicados;
- Actualizaciones vía Internet.

¿Cómo conseguir una copia?

Por favor visite <http://www.sutp.org> o <http://www.gtz.de/transport> para obtener detalles. El *Texto de Referencia* no se vende con ánimo de lucro. Cualquier cobro es utilizado para cubrir los costos de impresión y distribución. También se puede ordenar a transport@gtz.de.

Comentarios o sugerencias

Damos la bienvenida a cualquiera de sus comentarios o sugerencias, en cualquier aspecto del *Texto de Referencia*, por correo a transport@gtz.de, o por correo postal a:

Manfred Breithaupt
GTZ, Division 44
P. O. Box 5180
65726 Eschborn / Germany

Más módulos y recursos

Se desarrollarán más módulos en las siguientes áreas: *Financiación de Transporte Urbano* y *Benchmarking*. También habrá recursos adicionales, y existe un CD-ROM de fotos de Transporte Urbano.

Módulos y colaboradores

Visión General del Texto de Referencia y Temas Transversales sobre Transporte Urbano

Orientación institucional y de políticas

- 1a. *El papel del transporte en una política de desarrollo urbano* (Enrique Peñalosa)
- 1b. *Instituciones de transporte urbano* (Richard Meakin)
- 1c. *Participación del sector privado en la provisión de infraestructura de transporte urbano* (Christopher Zegras, MIT)
- 1d. *Instrumentos económicos* (Manfred Breithaupt, GTZ)
- 1e. *Cómo generar conciencia ciudadana sobre transporte urbano sostenible* (Carlos F. Pardo, GTZ)

Planificación del uso de suelo y gestión de la demanda

- 2a. *Planificación del uso del suelo y transporte urbano* (Rudolf Petersen, Wuppertal Institute)
- 2b. *Gestión de la movilidad* (Todd Litman, VTPI)

Transporte público, caminar y bicicleta

- 3a. *Opciones de transporte público masivo* (Lloyd Wright, University College London; Karl Fjellstrom, GTZ)
- 3b. *Sistemas de bus rápido* (Lloyd Wright, University College London)
- 3c. *Regulación y planificación de buses* (Richard Meakin)
- 3d. *Preservar y expandir el papel del transporte no motorizado* (Walter Hook, ITDP)
- 3e. *Desarrollo sin automóviles* (Lloyd Wright, University College London)

Vehículos y combustibles

- 4a. *Combustibles y tecnologías vehiculares más limpios* (Michael Walsh; Reinhard Kolke, Umweltbundesamt-UBA)
- 4b. *Inspección, mantenimiento y revisiones de seguridad* (Reinhard Kolke, UBA)
- 4c. *Vehículos de dos y tres ruedas* (Jitendra Shah, World Bank; N.V. Iyer, Bajaj Auto)
- 4d. *Vehículos a gas natural* (MVV InnoTec)
- 4e. *Sistemas de transporte inteligentes* (Phil Sayeg, TRA; Phil Charles, University of Queensland)
- 4f. *Conducción racional* (VTL; Manfred Breithaupt, Oliver Eberz, GTZ)

Impactos en el medio ambiente y la salud

- 5a. *Gestión de calidad del aire* (Dietrich Schwela, World Health Organisation)
- 5b. *Seguridad vial urbana* (Jacqueline Lacroix, DVR; David Silcock, GRSP)
- 5c. *El ruido y su mitigación* (Civic Exchange Hong Kong; GTZ; UBA)

Recursos

6. *Recursos para formuladores de políticas públicas* (GTZ)

Vehículos a gas natural

Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresados en este documento están basados en la información compilada por GTZ y sus consultores, socios y contribuyentes con base en fuentes confiables. No obstante, GTZ no garantiza la precisión o integridad de la información en este libro y no puede ser responsable por errores, omisiones o pérdidas que surjan de su uso.

Agradecimientos

MVV InnoTec GmbH gentilmente le ha dado permiso a GTZ para adaptar el material de su publicación, *The Decision-Makers' Guide to Natural Gas Vehicles*, de marzo de 2000, y ser usado en este *Texto de Referencia*. Quisiéramos expresar especiales agradecimientos a Renate Lemke.

Reinhard Kolke de la Umweltbundesamt (German Federal Environment Agency) revisó el material para su inclusión en este *Texto de Referencia*, y recomendó incluir el material original, sin modificación, y aunque la publicación original es del año 2000, la información se ha actualizado al 2002.

Algún material adicional de estudios de casos también se ha incluido, centrándose en los países en desarrollo.

Agradecimientos originales

El documento original incluía los siguientes agradecimientos:

Este informe fue co-financiado por la European Commission DG TREN, comenzando en 1999.

Este informe fue preparado por la European Natural Gas Vehicle Association (ENGVA), MVV InnoTec GmbH, la European Office of the City of Cologne y la Ciudad de Estocolmo.

Se requirió de una gran cantidad de datos y aportes técnicos y un número considerable de organizaciones dieron contribuciones importantes, incluyendo TNO (de Holanda), la Natural Gas Vehicle Association (Reino Unido), Stadtwerke Augsburg y VTT (Finlandia).

Autores •MVV InnoTec GmbH
•Stichting European Natural Gas Vehicles Association (ENGVA)
•The European Office of the City of Cologne
•The City of Stockholm

Con el apoyo de:
The European Commission
Directorate-General Energy and Transport

Editor Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
P.O. Box 5180
D - 65726 Eschborn, Alemania
<http://www.gtz.de>

Division 44, Medio Ambiente e Infraestructura
Proyecto sectorial:
"Servicio de Asesoría en Política de Transporte"

Por encargo de
Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)
Friedrich-Ebert-Allee 40
D - 53113 Bonn, Alemania
<http://www.bmz.de>

Gerente Manfred Breithaupt

Equipo Editorial Manfred Breithaupt, Stefan Opitz, Karl Fjellstrom, Jan Schwaab

Deseamos agradecer la ayuda brindada por el señor Karl Fjellstrom en la revisión y crítica de todos los artículos escritos, en la identificación de los colaboradores y la coordinación con ellos, y por sus aportes relacionados con todos los aspectos de la confección del Texto de Referencia, además de su supervisión editorial y organizacional durante todo el proceso de desarrollo del Texto de Referencia, desde su concepción inicial hasta el producto final.

Foto de portada Karl Fjellstrom
Nuevos buses a GNC en la Brisbane Busway
Enero de 2002

Diagramación Klaus Neumann, SDS, GC

Traducción Esta traducción ha sido inicialmente realizada por Newtonberg Publicaciones Digitales, <http://www.newtenberg.com> (Santiago, Chile) y revisada en 2006 por Carlos F. Pardo. GTZ no se hace responsable por esta traducción o por cualquier error, omisión o pérdida derivados de su uso.

Eschborn, 2006

Prólogo al documento original

Esta *Guía para los Tomadores de Decisiones sobre Vehículos a Gas Natural* es un proyecto financiado por la Comisión Europea y es un documento que acompaña a la *Guía de Equipos a Gas Natural*. Usada por sí sola, esta Guía para los Tomadores de Decisiones da información básica, pero esencial, necesaria para los funcionarios públicos o propietarios de flotas comerciales que están considerando usar vehículos a gas natural (VGNs) como parte de su combinación de flota de vehículos.

Los autores han intentado dar respuestas a algunas de las preguntas más básicas que se formulan acerca de los VGNs. Pero, con la toma de decisiones en mente, hay información fundamental, fácil de leer que hace frente a asuntos tales como:

- Características de los vehículos, incluyendo conversiones y VGNs producidos en fábrica;
- Las mejores y más adecuadas aplicaciones para vehículos como VGNs;
- La economía y disponibilidad de los vehículos;
- Los enfoques de llenado de combustible y las tecnologías;
- Consideraciones especiales para instalar equipos de estaciones de llenado;
- Seguridad de los vehículos, el llenado, y las operaciones (como en situaciones de estacionamiento subterráneo);
- Ayuda que puede estar disponible para dar pautas detalladas y consejos acerca de elecciones de VGNs;
- Fuentes de información específica y general que esté disponible.

Cuando se trata de seleccionar equipamiento específico – vehículos o estaciones de llenado – la guía que acompaña, denominada *Guía de Equipos de Vehículos a Gas Natural*, será útil para tener un mejor entendimiento de lo que esté disponible y con quién adquirir el equipamiento. Juntos, estos dos documentos debieran dar suficientes pautas a los usuarios en cuanto a saber si es que éstos debieran continuar hacia la opción de VGN.

Una vez que se ha decidido dar un paso adelante, se debería contactar a las compañías identificadas como fuentes de información o productos, de manera que se pueda crear un detallado perfil de su nuevo programa de VGN.

Esto le permitirá a usted determinar las economías específicas de su situación, el potencial de reducción de emisiones, y los muchos aspectos sobre el desarrollo de una estación de llenado, si esto se requiriera.

Marzo del 2000

Información de contacto del documento original

Para más información, peticiones o comentarios, por favor contactar:



MVV InnoTec GmbH

Mrs Renate Lemke
Kurfürstendamm 199
10719 BERLIN
Germany
Tel.: +49-30-8823432
Fax: +49-30-8854433
lemke@euweb.de



Stichting ENGVA

Dr Jeffrey Seisler
Spaklerweg 28
1096 BA Amsterdam
The Netherlands
Tel.: +31-20-5973100
Fax: +31-20-5973000
engva@euronet.nl

1. Perfil de flota de vehículos/ aplicaciones	1	5. Pautas sobre el uso	26
1.1 Fabricantes de equipamiento original y conversiones	1	5.1 Estacionamiento interior	26
1.1.1 Autobuses urbanos	2	5.2 Seguridad de vehículos GNC en los accidentes	26
1.1.2 Minibuses	4	5.3 Aspectos de seguridad del llenado	27
1.1.3 Camiones de basura	4		
1.1.4 Camiones	5		
1.1.5 Servicios de repartos	5		
1.1.6 Grúas de horquillas	6		
1.1.7 Taxis y autos compartidos	6		
1.1.8 Automóviles	7		
1.2 Opciones de arrendamiento	7		
1.3 Mercado de segunda mano	8		
2. Llenado de vehículos a gas natural	9	6. Apoyo para la implementación ..	29
2.1 Introducción	9	6.1 Apoyo de la compañía de gas	29
2.1.1 Llenado rápido	9	6.1.1 Instalación de una estación de llenado	29
2.1.2 Llenado lento	12	6.1.2 Hacer el mantenimiento	30
2.1.3 Combinación de opciones de llenado lento y rápido	12	6.2 Apoyo del gobierno	30
2.2 Economía	12		
2.2.1 Inversión/costos de capital	13		
2.3 El financiamiento de la infraestructura	14		
2.4 Planificación de uso del suelo para las estaciones de llenado ..	15		
3. Emisiones de vehículos a gas natural	16	7. Estándares disponibles	31
4. Economía de la operación de vehículos a gas natural	23	8. Fuentes de información	32
4.1 Costo del diesel, gasolina y gas natural	23		
4.2 Período de retorno de inversión para los vehículos a gas natural ..	24		
		Referencias	34

1. Perfil de flota de vehículos/ aplicaciones

Las compañías que tienen múltiples vehículos – flotas – que vuelven cada noche a un depósito central han sido una forma tradicional de perfil vehicular que es económicamente atractivo para el gas natural. En la mayoría de los países, la infraestructura de llenado para los vehículos a gas natural (VGN) está mucho menos desarrollada que aquella para la tecnología diesel/gasolina. Por lo tanto, los operadores de flotas son el mejor objetivo para la temprana instalación de una infraestructura de llenado. Entre más público sea el acceso a las estaciones de llenado que se instalen, más atractivo se hará el gas natural para el abanico total de flotas y vehículos que se usan para ir al trabajo. Este ha sido el patrón en países como Italia, con 320.000 vehículos y 320 instalaciones de llenado, y Argentina, con más de 420.000 vehículos y más de 400 estaciones de llenado.

Muchas ciudades también se están interesando en el biogás producido localmente como un combustible de vehículos. El biogás se produce de desechos orgánicos como un subproducto del tratamiento de aguas servidas, y por mucho tiempo se ha usado como un combustible de calefacción doméstica. En forma purificada puede usarse en cualquier vehículo diseñado para funcionar con gas metano.

1.1 Fabricantes de equipamiento original y conversiones

Fabricantes de equipamiento original

Más y más fabricantes de equipamiento original (OEMs, original equipment manufacturers) están construyendo VGNs armados de fábrica de diferentes tipos. De hecho, hoy más de 40 fabricantes a nivel mundial están produciendo VGNs. Estos vehículos son o dedicados (que funcionan sólo con gas natural) o bi-combustible (funcionan con gas natural o con gasolina). Los vehículos dedicados son optimizados para gas natural de tal manera que aprovechan su índice de alto octanaje – cerca de 130 – comparado a la gasolina, en 80 – 95. Estos vehículos tienen ingeniería completamente de fábrica y, como tales, funcionan al máximo nivel de los

estándares del fabricante, similar a un vehículo a gasolina o diesel. Estos VGNs están totalmente garantizados, de manera tal que si una avería ocurre, el vehículo puede ser devuelto al fabricante para su servicio de mantenimiento.

Algunos OEMs tienen programas con compañías que hacen conversiones hacia gas natural con calidad “similar-a-la-de-fábrica”, pero son vendidos como vehículos “construidos-en-fábrica”. Estos vehículos se tratan como si hubieran salido recién de la línea de ensamblaje, y están totalmente garantizados, siempre y cuando sus períodos de mantenimiento se cumplan según lo recomendado por el fabricante.

Conversión al Gas Natural

La mayoría de los VGNs que circulan hoy son vehículos a gasolina convertidos para funcionar con gas natural o con gasolina por una compañía particular, una vez que el vehículo haya dejado la fábrica del constructor. Hay muchos estándares nacionales e internacionales que deben cumplirse al convertir un vehículo para que funcione con gas natural (por favor, ver Sección 7). Esto da cierta seguridad de que si las normas son observadas por parte de la compañía que efectúa la conversión, habrá pocos problemas. Esto también ofrece algunas formas de protección al consumidor si es que algo saliera mal, debido a acciones hechas por la compañía de conversión.

Conversiones bi-combustibles de los vehículos a gasolina:

Un sistema de conversión bi-combustible y un tanque de combustible de alta presión son adicionados a un vehículo a gasolina existente. El vehículo puede operar o con gas natural o con gasolina. Cuando el gas natural se haya agotado, el conductor cambia un switch (con algunos sistemas esto sucede automáticamente) y el vehículo cambia a gasolina. Esto se puede efectuar mientras el vehículo está en marcha o detenido. El equipamiento de gas natural también puede ser quitado del vehículo al momento de su reventa y regresado a su normal operación con gasolina si se desea.

Conversiones de combustible dual en los

vehículos diesel: Algunos motores diesel se convierten usando un sistema de combustible dual; es decir, ellos funcionan con una combinación de gas natural y diesel. Cuando el motor está

La mejor tecnología disponible para los GNC

Por razones ambientales, la mejor tecnología disponible para GNC son los motores GNC mono-combustibles con tecnologías de convertidor catalítico. Esto permite las mejores optimizaciones de consumo de combustible y emisiones. Mientras que los conceptos estequiométricos ($\lambda = 1$) permiten el rendimiento de menores emisiones en comparación a los motores diesel (aproximadamente -85% óxidos de nitrógeno, sin particulados), conceptos de quema liviana de mono-combustible pueden reducir el consumo de combustible todavía más. Para conceptos de quema liviana el fabricante debiera garantizar que el rendimiento de emisiones ofrezca bajas emisiones de NO_x y un convertidor catalítico de oxidación eficiente que reduzca las emisiones de hidrocarburo sustancialmente.

detenido, este funciona con 100% de diesel. Tan pronto como se comienza a manejar el vehículo, y a medida que gana velocidad, se inyecta más y más gas natural al motor, hasta cerca de 80% de gas y 20% de diesel. En un motor diesel el combustible es quemado a través del calor de la combustión (en vez de una bujía de chispa); el combustible diesel actúa como un combustible “piloto” para quemar gas natural en el motor.

El rendimiento del combustible dual y las emisiones varían las condiciones de operación y la sofisticación del sistema de control. Los sistemas desarrollados en los 1980 tendían a “fumigar” el gas natural dentro del motor, a través del colector de la toma de aire. Unos desarrollos posteriores usaron inyectores diesel de reemplazo que inyectaban gas natural dentro del cilindro diesel y, por lo mismo, mejoraron el rendimiento y las emisiones. Nuevos desarrollos en sistemas de combustible dual que son controlados por computador, llamados sistemas de inyección directa, han superado algunos de los problemas asociados con generaciones previas de la tecnología. Estos sistemas, sin embargo, están limitados a un pequeño número de motores y fabricantes. Dependiendo de la tecnología, y el fabricante, los motores a combustible dual diesel/gas natural pueden ofrecer alternativas económicas al adquirir un vehículo nuevo y/o “repotenciar” (reemplazar) un motor diesel existente.

Consejos prácticos al considerar convertir un vehículo

■ **¿Qué tipo de vehículos pueden convertirse para funcionar con gas natural?**

Casi cualquier tipo de vehículo a gasolina puede ser convertido, en gran parte a bi-combustible de manera que funcione con gas natural o gasolina. Estos incluyen: automóviles de pasajeros, taxis, autos de policía, pequeños buses, vans y vehículos de servicio de repartos. Vehículos para fuera de la vía, incluyendo remolcadores de aeropuertos, grúas de horquilla, máquinas que despejan hielo, e incluso barcos y trenes, son candidatos para la conversión al gas natural.

Muchos vehículos diesel pueden convertirse, pero es más complicado que convertir un motor a gasolina. La mayoría de las conversiones diesel tienden a ser vehículos grandes, tales como camiones de basura o autobuses. (Ver arriba, conversiones a combustible dual).

■ **Es mejor convertir vehículos más nuevos que viejos.**

Dependiendo del número de kilómetros por año que usted viaje y cuánto combustible consuma, el período de recuperación de inversión puede ser de dos a cinco años (refiérase al punto 4). Esto favorece la conversión de vehículos más nuevos. A veces se recomiendan revisiones completas de los vehículos antiguos antes de una conversión, para asegurarse de que estén en buenas condiciones de operación. Recuerde, un automóvil que funcione en forma deteriorada con gasolina también va a hacerlo con gas natural.

■ **Convertir los vehículos que tienden a viajar muchos kilómetros por año.**

El retorno de inversión de un sistema a gas natural dependerá de la diferencia de precio entre el gas natural y la gasolina/diesel. Los vehículos que viajan muchos kilómetros cada año lograrán un retorno de inversión más rápido que los vehículos que no viajan tanto.

■ **Considere la forma en que un vehículo es usado antes de convertirlo.**

Los vehículos que viajan más de 160 – 175 km al día pueden requerir de un tanque de combustible adicional para aumentar el alcance del vehículo. El vehículo debiera tener suficiente espacio para incluir un segundo tanque de combustible.

Los motores a gasolina convertidos al gas natural tienden a perder cerca de un 8 – 10% de potencia. Esto es debido a que el gas natural se introduce dentro del cilindro como un vapor, el cual reemplaza cerca de un 8 – 10% del oxígeno en la cabeza del cilindro, lo que reduce potencia. Motores más grandes (al menos más de un litro) convertidos al gas natural tienden a exhibir menor pérdida de potencia que los motores más pequeños.

En la ausencia de infraestructura completa de llenado, convertir vehículos de flotas que vuelven a una base todas las noches es un enfoque seguro y económico.

1.1.1 Autobuses urbanos

El autobús urbano es un candidato muy popular para funcionar con gas natural (25% de los nuevos autobuses en EE.UU. y en Francia funcionan con gas natural).

- El vehículo usa mucho combustible y entre más combustible diesel pueda reemplazarse



Fig. 1-1
Bus a gas natural MAN en operaciones en Augsburg, en Alemania.

por gas natural, más rápido se logrará el retorno de inversión.

- Los autobuses de ciudad viajan en áreas de la ciudad con alta densidad y congestionadas. La gente que vive en la gran ciudad está más en contacto con los particulados y otras emisiones de los buses, que quienes viven en áreas con poblaciones reducidas y más espacio abierto por donde también circulan este tipo de vehículos.
- Patrones de conducción de buses de detención – partida aumentan el potencial de contaminación, entonces el gas natural puede ayudar a reducir el humo visible, las cenizas, y el material particulado.



Fig. 1-2
Bus Renault a gas natural en operaciones en Poitiers, Francia.

- Los motores de autobuses grandes de alta compresión producen un buen rendimiento de conducción, debido a la tasa de octanaje 130 del gas natural.

Muchos autobuses funcionan en un 100% con gas natural. La mayoría de los fabricantes de autobuses a nivel mundial hacen que una versión

de sus productos funcione con gas natural, de modo tal que es relativamente fácil ordenar un bus con las especificaciones de cada comprador. Los autobuses (y otros motores de ciclo diesel) pueden también convertirse para funcionar con gas natural. Algunos de estos tienden a ser conversiones de combustible dual.

¿Qué consideraciones especiales hay cuando se toma la decisión de usar buses a gas natural?

- *El peso de los cilindros de combustible de gas natural* – con suficiente capacidad de almacenamiento de combustible a bordo ocupará cerca del 17% del peso de carga del vehículo. Si el vehículo se torna muy pesado esto reduce el número de pasajeros de pie.
- *La eficiencia del combustible en los buses a gas natural no es tan buena como los motores diesel.* Informes de una baja en la eficiencia del combustible de entre 10 – 15% son comunes. Cuando un vehículo muestra un consumo mayor de combustible de gas natural (25 – 40%), entonces los conductores debieran ser monitoreados y reentrenados de manera que ellos no estén sobremarchando el vehículo y reduciendo la eficiencia del combustible.
- *Estaciones de mantenimiento.* Se han establecido normalmente para manipular combustible y vehículos diesel. Debido a que el gas natural es más liviano que el aire y se disipa hacia arriba, se requiere de ventilación suficiente a nivel del techo dentro de los talleres. A veces, se pueden necesitar luces a prueba de explosiones.

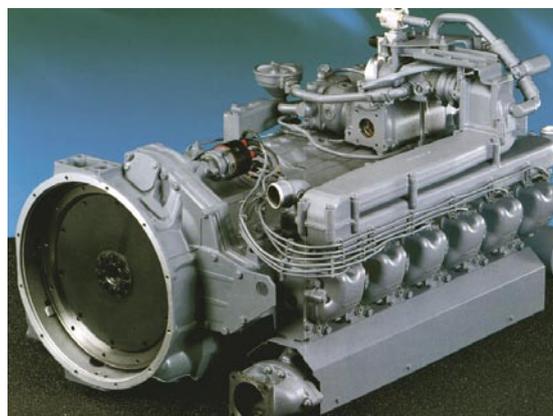


Fig. 1-3
Motor GNC, MAN, las capacidades están disponibles en 170 kW y 228 kW (tecnología de quemazón liviana).

Fig. 1-4
Ubicación de tanques sobre el techo de un autobús.



- *Muchos operadores de buses exigen un llenado rápido, como es el caso del diesel.* Los buses a gas natural pueden ser llenados en el mismo tiempo que los buses diesel, pero se necesita de grandes compresores para asegurar una capacidad y flujo adecuados. Algunas compañías de autobuses usan una combinación de llenado lento (durante la noche), además de llenado rápido. Esto es posible dependiendo del operador de autobuses y su capacidad para ser flexible cuando se incorporen buses a gas natural a su flota (por favor, refiérase a la Sección 2).

1.1.2 Minibuses

El minibus típicamente se usa como un vehículo de transferencia personal para grupos pequeños que no requieran de un gran vehículo urbano. Los hoteles y las compañías de arriendo de autos típicamente usan minibuses para trayectos cortos (pero continuos). Ellos pueden ser excelentes candidatos para ser manejados usando gas natural, debido a la gran cantidad de combustible que ellos tienden a consumir si no están en constante uso. Una gran variedad de minibuses están disponibles por parte de los fabricantes, muchos de los cuales usan motores estándares a gas natural de la compañía y los instalan en sus propios chasis y cascos.



Fig. 1-5
Minibus Mercedes Benz en operaciones en Roma – Italia.

1.1.3 Camiones de basura

Los camiones de basura son vehículos populares para ser manejados con gas natural. Son vehículos altamente contaminantes, grandes consumidores de combustible, también ruidosos, y que son llenados de combustible de manera central. El alto nivel de octanaje del gas natural produce un sonido más silencioso que el motor diesel. Ya que muchos camiones de basura comienzan a trabajar temprano por la mañana, la contaminación acústica es un factor importante.

El peso de los cilindros de almacenamiento a bordo del vehículo típicamente reduce la capacidad de transporte del vehículo en alrededor de 17%, lo que es una causa de preocupación para la industria de manejo de desechos. La experiencia ha demostrado que la selección de vehículos adecuados, respecto de su carga y ancho de eje, es difícil. Por lo tanto, la mayoría de los camiones de basura a gas natural son vehículos especialmente fabricados que conllevan problemas de mantenimiento y reparación. Por ejemplo, el municipio de Sutton, en Londres, tiene problemas de reparación con averías frecuentes que están asociadas a un apoyo de servicio poco satisfactorio. Los vehículos de carga industrial mejorados están actualmente en desarrollo y las ciudades interesadas están esperando resultados.

Algunos camiones de basura funcionan con biogás hecho de materiales de desecho (humanos, agrícolas, etc.). Esto ofrece una oportunidad para tener un camión de basura “con un círculo cerrado ambiental”, por medio del cual el “combustible” (material de desechos) es procesado y convertido a gas natural o biogás, el cual, a su vez, provee de combustible al camión.



Fig. 1-6
Camión de basura ERF tipo EC 12,30 TMU 6x2, 26 toneladas métricas, en operaciones en Ixelles, motor a gas natural dedicado Perkins, tipo: Eagle 340 TxSi.



Fig. 1-7
Un camión de basura de DAF en operaciones en Haarlem, Holanda, convertido por Scania.

Los camiones de basura a biogás que funcionan en Estocolmo son un ejemplo de aquellos círculos cerrados de energía. Estocolmo originalmente desarrolló instalaciones de biogás a partir de basurales y plantas de aguas servidas, para reducir las emisiones de efecto de gas invernadero. Ahora, parte del biogás es purificado para su uso como combustible de vehículos, reemplazando anualmente cerca de 360.000 litros de gasolina. El biogás producido de las aguas servidas de Estocolmo potencia dos camiones de basura Volvo que recolectan de 12 – 15 toneladas de desechos diariamente.

Los camiones no sólo producen menos emisiones, sino que también son más silenciosos que los vehículos previamente usados, haciéndolos apropiados para su uso en la densa pero sensible área urbana conocida como Old Town. En el futuro, la autoridad de desecho de Estocolmo SKAFAB planea construir una instalación donde la comida desechada recolectada de los restaurantes sea convertida a biogás y a fertilizante, y tiene como objetivo ser 100% autosuficiente en cuanto a combustible.

1.1.4 Camiones

Los camiones comerciales vienen en muchas formas y tamaños. La mayoría de ellos son candidatos ideales para la conversión al gas natural. Los camiones que operan dentro y alrededor de la misma ciudad están bien adecuados para usar gas natural comprimido. Estos vehículos tienden a viajar mucho, son grandes consumidores de combustible que operan en el centro de la ciudad, o en centros urbanos congestionados y han sido identificados como una fuente de contaminación urbana.



Fig. 1-8
Camión de plataforma aérea MAN en operaciones en Bruselas, Bélgica.

Los camiones carreteros intra-ciudad pueden no ser tan adecuados para el uso con GNC, debido a la distancia que tienen que viajar entre dos emplazamientos urbanos, a menos que haya una red de estaciones de llenado bien establecida y para este propósito. En Gran Bretaña y los EE.UU., grandes camiones intra-ciudad están siendo convertidos para funcionar con gas natural líquido (GNL). El GNL, almacenado como un combustible criogénico, tiene cerca de 60% más de densidad de energía que el gas natural comprimido, y, por lo tanto, da mayor alcance a los camiones grandes que operan en centros urbanos.

1.1.5 Servicios de repartos

Los camiones de repartos que operan en centros urbanos son un objetivo primario para ser VGNs (vehículos a gas natural). Algunas compañías, tales como United Parcel Service (UPS) y la United States Postal Service, operan estos



Fig. 1-9
Un Ford Transit operando como vehículo de reparto para farmacias en área mayor de Koblenz en City Cargo, Alemania.

camiones para repartir correo y encomiendas. Son altamente visibles en las áreas céntricas y constituyen una parte importante de la población de vehículos contaminantes en los centros metropolitanos. También ellos tienen bastante espacio para tanques GNC, ya sea a bordo (generalmente montados detrás del conductor) o dentro de una estructura normalmente amplia. Muchas ciudades usan los vans de repartos a GNC en el servicio urbano, como es el caso de vans de transporte de personas ancianas en Sutton, Reino Unido.

1.1.6 Grúas de horquillas

Los vehículos que operan en interiores, donde la contaminación del aire es un asunto serio, son constante causa de preocupación. Debido a temores acerca de la contaminación del aire en interiores, el mercado de las grúas de horquillas se ha estado moviendo relativamente rápido hacia el gas natural en un gran número de países. Las grúas de horquillas pueden ser adquiridas directamente de ciertos fabricantes o se pueden convertir de forma fácil y relativamente económica. Estos vehículos pueden consumir un estanque de combustible completo en un día y nunca abandonar las instalaciones (están clasificadas como vehículos fuera de la vía). Los tanques de combustible GNC están convenientemente localizados detrás del conductor, o, dependiendo del diseño de la grúa horquilla, pueden estar montados en una estructura especialmente construida sobre el vehículo.

Llenar de combustible las grúas de horquillas puede ser mucho más fácil que hacerlo con los vehículos para la vía, porque usan menos combustible y, por lo tanto, requieren compresores menores para apoyar su operación. Una opción popular de llenado ha sido el uso de un compresor de pequeñas flotas / doméstico que



Fig. 1-10
Grúa de horquilla
en operaciones en
Amstelveen, Holanda.

llena cerca de cuatro litros por hora. Alternativamente, ellos pueden llenarse en par de minutos desde un pequeño estanque de almacenamiento de GNC, interior o exteriormente. Comparados a las grúas de horquillas eléctricas, las cuales requieren de muchas horas para recargar sus sobredimensionadas baterías, las grúas de horquilla a gas natural son más convenientes.

1.1.7 Taxis y autos compartidos

Algunos de los OEMs (fabricantes de equipamiento original) han diseñado vehículos específicamente para aplicaciones como taxis. Comparado con sus contrapartes diesel (las cuales son populares en las ciudades de todo el mundo), el gas natural ofrece mayores ventajas competitivas en términos de precio de combustible y contaminación. En Buenos Aires, por ejemplo, los taxis diesel fueron prohibidos en 1986 y reemplazados por VGNs en un período de tiempo relativamente corto. Hoy, Argentina puede lucir más de 400.000* VGNs, muchos de los cuales son taxis en Buenos Aires.

La ciudad de Göteborg, sede de Volvo, en Suecia, ha introducido una línea especial al frente de la estación central de la ciudad, dándoles a los taxis de manejo limpio una posición privilegiada como parada. Esta medida ha tenido un impacto muy positivo en la introducción de los taxis a gas natural en dicha ciudad.

GNC también puede usarse en clubes de automóvil compartido, que tienen, similarmente, intensos patrones de uso de energía. Bremen está usando varios autos a GNC, al igual que taxis como vehículos de compartimiento de automóvil.



Fig. 1-11
Un taxi Volvo a biogás, en Eslöv, Suecia.

* GTZ: En el 2002 esta cifra era de 500.000 vehículos

Otras ciudades principales en Norte América, Europa, China, Japón, Egipto y otros lugares, están cambiándose a taxis a gas natural como un importante factor que contribuye a mejorar la calidad del aire.

Los conductores de taxis están preocupados por el espacio de la maleta/lugar del equipaje, y la disponibilidad de bombas de combustible. Ellos manejan ocho y, a veces, más horas al día, así que el tiempo que se gasta en encontrar combustible y una estación de llenado tiene que ser minimizado. Los vehículos bi-combustible ayudan a aliviar este problema, debido a la reserva de gasolina. En los vehículos repotenciados, ya que los tanques de llenado normalmente están ubicados en la maleta, los conductores de taxis generalmente tienen problemas con aquellos pasajeros con equipaje, puesto que los taxis no tienen demasiado espacio donde colocarlo. A menos que un taxi esté específicamente asignado a una tarea en el aeropuerto, una gran mayoría de los pasajeros tiene muy poco o nada de equipaje, por lo tanto, el espacio en la maletera no debiera ser un problema mayor.

Para los taxis de aeropuertos hay otras opciones: taxis contruidos por el fabricante con tanques de combustibles instalados en el chasis, o usar pequeños vans donde normalmente hay espacio suficiente para un número de tanques de GNC montados en general debajo del vehículo.

1.1.8 Automóviles

Muchos de los más importantes fabricantes de automóviles en Europa, Norte América y Japón fabrican una variedad de automóviles de pasajeros a gas natural. (Muchos de estos mismos vehículos se usan como autos de policías y taxis.) Algunos de estos vehículos OEM han pasado los estrictos estándares de emisiones de California, a mucha distancia por encima de sus contrapartes a gasolina. Los OEMs han hecho todo lo que han podido para mejorar la autonomía de manejo de estos vehículos y un número de ellos ha instalado los tanques de almacenamiento de gas natural dentro de la estructura del vehículo, así que el espacio de la maleta no se ha visto comprometido.

Los vehículos OEMs están recién comenzando a entrar al mercado, como es el caso del Fiat Multipla Blupower. La mayoría de los automó-



Fig. 1-12
Multipla Fiat Blupower, 1.6 l, 4 cilindros, motor de 4 válvulas.

viles de pasajeros son convertidos. Los vehículos más nuevos controlados por computador y con inyección de combustible pueden ser convertidos usando sistemas de conversión sofisticados que están unidos al computador del vehículo, haciendo difícil decir si el automóvil está operando con gasolina o con gas natural.

Los gobiernos locales, las compañías de energía, los departamentos de policía y las compañías de taxis usan automóviles de pasajeros en la mayor parte de sus operaciones de flota. Su concentración en centros urbanos los hacen candidatos ideales para ser VGNs.

Algunos de los más nuevos vehículos a gasolina contruidos en fábrica han tenido excelentes avances al mejorar sus emisiones. Están, por lo tanto, comenzando a hacerse competitivos con los VGNs bi-combustibles en términos de emisiones. Esa es la razón por la cual los vehículos bi-combustibles no pueden ser optimizados a un combustible u otro. Hay gente hoy que es crítica del uso de automóviles de pasajeros a gas natural porque éstos ya no son 50 – 80% más limpios que en los días cuando los vehículos carburados estaban en uso. Si el automóvil es un VGN dedicado, sin embargo, hay muy pocos, si es que hay, automóviles diesel o a gasolina que puedan compararse desde un punto de vista de emisiones. Alguno de estos vehículos a gas natural son menos contaminantes que un automóvil eléctrico, si es que la electricidad es generada usando carbón o petróleo.

1.2 Opciones de arrendamiento

Algunos vendedores de VGNs OEM podrán arrendar con opción de compra un VGN tan pronto como puedan convertir una versión a gasolina o diesel. Con la condición de que el vehículo haya sido certificado para funcionar en

determinado país, no debería haber problemas especiales en tomar en leasing un nuevo VGN con opción de compra.

Algunas compañías de arriendo con opción de compra de corto plazo ofrecen ahora VGNs en lugares limitados. La mayoría de las compañías que arriendan un gran número de vehículos comerciales a clientes corporativos todavía no están sensibilizadas en cuanto a ofrecer VGNs. Sin embargo, debido a que los sistemas de conversión de gas natural pueden ser quitados del vehículo y puestos de vuelta a un servicio común a gasolina (y, a veces, los sistemas de gas son reinstalados en otros vehículos), no debería haber un problema mayor para que las compañías arrienden VGNs, si se les pide por parte del cliente que hagan esto. A medida que se expanda la infraestructura de llenado de combustible, las compañías de leasing o de arrendamiento indudablemente aumentarán sus ofertas de opciones de VGN.

1.3 Mercado de segunda mano

Encontrar un comprador para un VGN usado sin una red de estaciones de llenado sofisticada y establecida, puede ser un problema en este momento. Un típico vehículo de flota tiene un período de vida de 3 – 5 años y es sacado de servicio (normalmente debido a alto millaje)

y convertido en chatarra, o revendido. Los usuarios corporativos de estos vehículos también tienen intervalos estándar para su servicio y mantenimiento. Si estos son cumplidos, pueden ser revendidos como un decente vehículo usado.

Hay algunas soluciones creativas que pueden buscarse:

Los gobiernos locales pueden ser candidatos para la adquisición de VGNs usados, por ejemplo, por compañías de energía. El mayor primer costo de conversión al gas natural puede ser absorbido por la compañía de energía, de manera que el gobierno local tenga acceso a un vehículo decente que funcione con un combustible más barato, y cuyo primer costo sea competitivo con aquel de un vehículo usado a gasolina.

- Las compañías con flotas VGNs de pasajeros pueden vender sus automóviles a sus empleados. Cuando los empleados vengan a trabajar pueden usar las instalaciones de llenado corporativas, ya sea de llenado rápido o, durante las horas de trabajo, una estación de llenado lento.
- Las asociaciones de VGNs pueden convertirse en una fuente de publicidad para los VGNs usados. Sus sitios web están comenzando a expandirse y mucha gente los consulta para obtener mayor información (por favor, refiérase a la Sección 8).

2. Llenado de vehículos a gas natural

2.1 Introducción

La falta de estaciones de llenado es uno de los puntos cruciales para la implementación de un mercado mayor para los vehículos a gas natural. Sin embargo, durante los últimos años el número de estaciones de llenado ha crecido en todos los países europeos, por ejemplo, en Italia 300, Alemania 130*. La ubicación de las estaciones de llenado se puede obtener de las asociaciones de gas nacional y, a menudo, son publicadas en las páginas web de estas organizaciones (por favor, refiérase a la Sección 8).

Una estación de llenado de GNC consiste en un tubería de gas natural entrante que provee una presión 1 – 30 bar. Las principales partes de la estación de llenado son el compresor, el secador de gas, un sistema de alta presión (200 – 250 bar) con un sistema de almacenamiento (opción de llenado rápido), instrumentos eléctricos para medir y controlar, bomba de gas y una cubierta (revestimiento, edificio). Dos tipos de sistemas de llenado están disponibles en el mercado: sistemas de llenado rápido y sistemas de llenado lento.

¿Llenado lento o llenado rápido?

El llenado lento es una posibilidad si la flota se usa durante el día con estacionamiento en el depósito durante la noche (o viceversa). Durante su detención los vehículos son llenados directamente por el compresor. El llenado rápido se usa si el llenado tiene que completarse dentro de unos minutos, por ejemplo, para abastecer a clientes externos y la gran demanda de gas natural justifica los mayores costos de inversión.

¿Cómo encontrar el sistema correcto?

La capacidad de la estación de llenado tiene que ser diseñada de acuerdo con la demanda de GNC por unidad de tiempo. En primer lugar, tienen que considerarse los siguientes parámetros:

Parámetros de la flota

- Número de vehículos;
- Millaje por vehículo;
- Consumo por kilómetro;

- Volumen de almacenamiento de combustible a bordo;
- Número de rellenos por unidad de tiempo (llenado rápido);
- Duración del período de llenado (llenado lento).

Parámetros de ubicación

- Lugar, vía;
- Características del vehículo (peso, radio de giro);
- Conexión del gas (ubicación, diseño, sobre-presión de entrada);
- Conexión eléctrica (ubicación, diseño).

Pre-factibilidad

- Tamaño de los módulos;
- Capacidad de la estación de llenado;
- Volumen necesario de almacenamiento;
- Número de dispensadores;
- Diseño de otras instalaciones;
- Elaboración de ciclo de llenado;
- Diseño de un sistema modular extensible;
- Investigación de alternativas;
- Análisis económicos;
- Discusión de la seguridad del abastecimiento.

Estimación del volumen de inversión

- Estructura aproximada de cantidades
- Determinación de los precios de adquisición estándar para todos los componentes, trabajo e ingeniería
- Evaluación de diferentes alternativas.

2.1.1 Llenado rápido

El llenado rápido con el GNC requiere no más tiempo que el llenar con combustibles convencionales como la gasolina o el diesel. Esto generalmente se necesita cuando los vehículos deben ser llenados en un período de tiempo similar a aquel de la gasolina, 3 – 7 minutos para los automóviles y camiones de carga liviana.

En una estación de llenado rápido, el gas natural es comprimido por el compresor y almacenado en el sistema de almacenamiento de alta presión, por ejemplo, en “cascadas” de cilindros de almacenamiento de gas. Cuando los vehículos están siendo llenados y la presión del abastecimiento de combustible en el sistema de almacenamiento comienza a decaer, el compresor es automáticamente activado, lo que causa que se reponga el abastecimiento de gas natural en los cilindros de

* GTZ: En el 2002 esta cifra era de 200 estaciones

Fig. 2-1
Estación de llenado rápido en Rubrgas en Dorsten.

Ruhrgas AG



Fig. 2-2
Abertura del estanque de un vehículo.

Ruhrgas AG



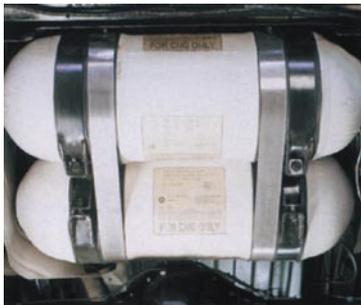
Fig. 2-3
Manguera de alta presión con acoplamiento de bujía.

Ruhrgas AG



Fig. 2-4
Los tanques están instalados bajo la parte posterior del vehículo.

Ruhrgas AG



almacenamiento. Otros sistemas están funcionando con un sistema de pistón hidráulico que mantiene la presión en el sistema de almacenamiento siempre al mismo nivel. Un dispensador, entonces, entrega y mide el gas natural a los cilindros de almacenamiento de combustible a bordo del vehículo. En detalle, se necesita el siguiente equipamiento:

Compresor

En una aplicación de llenado rápido, alta capacidad y presión de almacenamiento estacionario presentan buenas condiciones de trabajo. Los

compresores que sirven a las estaciones de llenado rápido son capaces de proveer al menos 250 bar. Los compresores están disponibles con capacidades de flujo de 0,8 litros/segundo hasta cientos de litros/segundo. Los controles de compresor garantizan una operación segura. Las presiones y temperaturas críticas son monitoreadas por dispositivos de cierre.

Generalmente se proporcionan indicadores visuales para presentar la condición de operación o de cierre.

Controles

Los controles requeridos dependen del tipo de estación especificada. Los controles básicos determinan el flujo de gas hacia y desde el compresor, el sistema de recuperación de gas y hacia el dispensador. La mayoría de los compresores tiene su propio sistema de control para el inicio/detención, monitoreo y operación segura. Cuando un almacenamiento de cascada de alta presión es instalado, un mayor nivel de controles debe ser instalado para determinar hacia y desde qué tanque o banco de cilindros fluirá el gas.

Un sistema de válvulas de operación neumática o eléctrica, llamado sistema de prioridad, dirige el gas natural que viene desde el compresor hacia bancos de almacenamientos de presión alta, media o baja. Los controles cambian de banco a banco hasta que todos han sido llenados a una presión de almacenamiento máxima. El compresor, entonces, es automáticamente apagado.

El sistema de secuencia de las válvulas controla el flujo desde el sistema de almacenaje al vehículo. Sólo una porción de la capacidad de cada banco puede usarse debido a la equalización de presión entre el vehículo y el sistema de almacenamiento. A medida que la diferencia de presión entre el vehículo y el sistema de almacenamiento se reduce durante el proceso de llenado, la tasa de flujo disminuye. Para lograr una máxima eficiencia de llenado, el sistema de válvula en secuencia cambia al siguiente banco. La porción usable de almacenamiento varía de sistema a sistema con los fabricantes, en el rango de 25% a 60%. Un promedio se puede estimar que sea de 30%. A medida que la presión de almacenamiento aumenta, estos porcentajes cambiarán. Esto es importante, ya que afecta el monto total de almacenamiento que es necesario y también puede afectar el tamaño del compresor.

Sistema de almacenamiento

Para el sistema de almacenamiento existe una variedad de sinónimos. A menudo, uno se refiere a ellos como botellas, receptores, tanques, bancos, cascada, vasijas de presión y cilindros. Los sistemas de cascada más comunes dividen el almacenaje en tanques o bancos altos, medios y bajos. Mientras que cada banco es llenado a la misma presión de trabajo, los términos alto, medio y bajo se refieren al nivel al que la presión será reducida en el momento que comience el llenado. Algunos sistemas usan sólo dos niveles de presión diferentes.

Como ejemplo: supongamos que un sistema tiene todos los bancos en un sistema de almacenamiento de tres bancos que son llenados a 300 bar. Una vez que el llenado del vehículo comienza, el gas natural almacenado fluirá dentro del vehículo hasta que la presión en el tanque bajo sea reducida a 70 bar, entonces los controles cambiarán al estanque medio donde el flujo continuará hasta que la presión entre el vehículo y el tanque se equalice en 140 bar. El banco alto terminará el almacenamiento del vehículo en 250 bar. Los controles iniciarán el llenado del almacenamiento tan pronto como la presión en cualquier banco disminuya por debajo de la presión de interrupción del compresor, y parará cuando todo el almacenamiento esté en presión máxima otra vez.

Sistema dispensador/medición

Todas las estaciones deben tener un dispensador para llenar los vehículos. Esto puede ser tan simple como un poste de llenado con una boquilla y una manguera, o puede consistir en un dispensador de medición de manguera doble programable con una pantalla y un sistema de bloqueo por tarjeta similar a una bomba de gasolina. Normalmente, un dispositivo de desprendimiento se requiere para detener el flujo de gas cuando un vehículo se aleje.

Los dos tipos de medición actualmente en uso son flujo en masa y boquilla con sonido. Ambos son construidos en dispensadores para dar cuenta de facturar o calcular el uso del gas natural. Las especificaciones deben leerse cuidadosamente para determinar si se necesita un dispositivo de medición.

La compensación de temperatura en el dispensador también está comúnmente especificada. Esta



Fig. 2-5
Vista desde el costado: Tanques de alta presión bajo el vehículo.
Ruhrgas AG

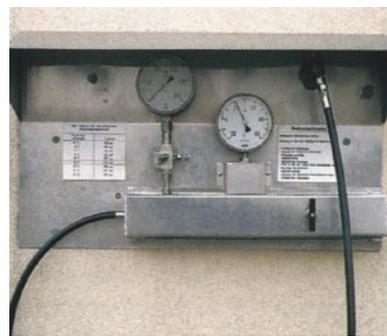


Fig. 2-6
Midiendo la presión y cantidad de llenado.
Ruhrgas AG



Fig. 2-7
Estación de llenado lento en Poitiers, Francia.

puede ser calculada electrónicamente o controlada a través del uso de válvulas sensores de presión y cilindros de referencia. Es importante porque puede ocurrir una sobre-presurización del almacenamiento del vehículo. A la inversa, el llenado insuficiente es un problema que puede ser minimizado a través del uso de una compensación de temperatura.

Otro aspecto del llenado rápido es la levemente reducida capacidad de almacenamiento de

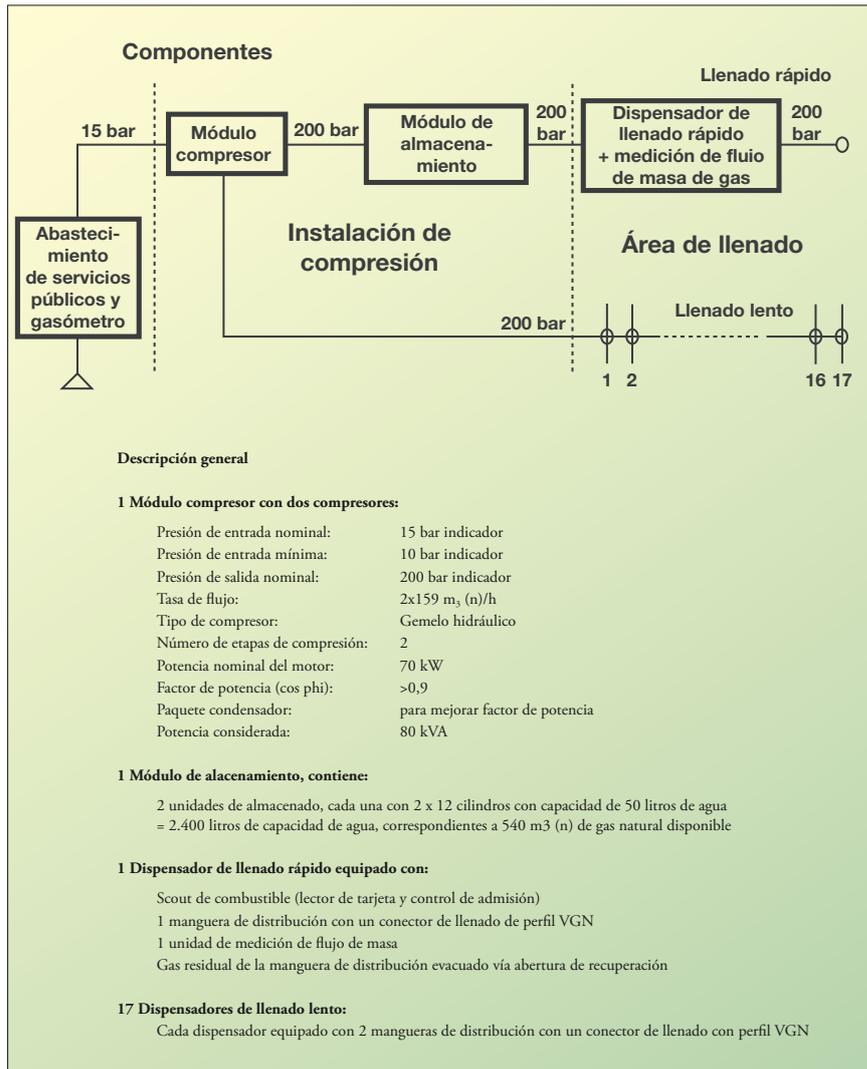


Fig. 2-8
Una estación de llenado VGN combinado con llenado lento y rápido para llenar 34 vehículos de recolección de desechos.

NGVeuropa, 1999

combustible en el vehículo, en comparación con un estanque de llenado lento del mismo tipo y la misma presión. La razón es que como el gas rápidamente se acumula y comprime el gas que ya está adentro, la temperatura en el estanque aumenta, lo que a su vez baja la densidad del gas. Con la metodología de llenado lento este efecto no sucederá, debido a la alza de temperatura significativamente menor durante el llenado.

2.1.2 Llenado lento

El llenado de los vehículos con estaciones de llenado lento sucede directamente desde el compresor a través de dispensadores especiales de llenado lento. Esto elimina la necesidad de un sistema de almacenamiento de alta presión que sea caro, pero alarga el proceso de llenado a varias horas para cada vehículo. Un compresor de llenado lento sólo necesita desarrollar una

presión levemente mayor que la presión de almacenamiento del vehículo. El llenado lento usualmente se recomienda para flotas en que los vehículos regresan a un emplazamiento central por 6 a 8 horas, o automóviles particulares que puedan ser llenados durante la noche en el hogar. Los componentes en una estación de llenado lento son:

- Acceso a un sistema de tuberías de gas natural;
- Compresor;
- Dispensador de llenado lento.

2.1.3 Combinación de opciones de llenado lento y rápido

También es posible una combinación de llenado lento y rápido y puede ser una solución interesante para la operación de grandes flotas, cuando sólo una parte de la flota necesite llenado rápido, lo que reduce la capacidad de almacenamiento in situ y ahorra costos de inversión (Coalición de Vehículos a GN, 1995).

También es recomendable la combinación de opciones de llenado rápido y lento si es imposible al comienzo de un proyecto VGN el predecir qué tan rápido crecerá la demanda. Una estación de llenado puede ampliarse en cualquier momento. El construir una estación de llenado que pueda expandirse a medida que una flota de VGN crezca, minimiza el riesgo de inversión. La combinación de llenado lento y rápido también puede usarse para servir diferentes grupos de usuarios, por ejemplo clientes externos son servidos en operación de llenado rápido y los vehículos de compañía pueden ser llenados en una operación de llenado lento durante la noche.

2.2 Economía

Dependiendo del diseño y la estación de servicio, sus requerimientos de almacenamiento de combustible y los vehículos que han de llenarse, los costos de inversión para las estaciones de llenado van desde los 3.500 Euro a 10.000 Euro para los sistemas de llenado lento que pueden atender sólo unos pocos vehículos, hasta varios cientos de miles de Euro de estaciones grandes capaces de tener un llenado rápido y abastecer a más de cien vehículos. Para vehículos de flotas normales, sin embargo, uno puede esperar gastar como una regla general, 1.000 hasta 2.000 Euro por vehículo para instalar una estación de llenado. [página web IANGV]

Los ingresos de la estación de llenado tienen que cubrir al menos la inversión y costo de operación, además de dar una tasa de interés de mercado para el capital empleado. Los ingresos dependen del volumen de ventas y del precio del combustible. Para alcanzar el punto de retorno de inversión el precio en la “bomba de gasolina” tiene que ser:

- Costos de la compra de gas natural (ver Sección 4.1)
- + Impuesto al petróleo (refiérase a la Sección 4.1)
- + Costo del capital
- + Costos de energía
- + Costos de operación

Precio mínimo en la bomba de gasolina

2.2.1 Inversión/costos de capital

Los costos para la estación de llenado incluyen los costos para el compresor, las cascadas para el almacenamiento intermedio, los dispensadores y los costos de construcción. En la medida de lo posible, el compresor debe ser seleccionado para alcanzar una utilización óptima de hasta 15 horas al día. El almacenamiento intermedio debiera tener la capacidad de llenar aproximadamente el 50% de todos los vehículos al día. En lo siguiente, todos los costos representan valores promedio. Los costos de inversión se convierten a costos de capital anual, usando un factor de recuperación de capital que considere una vida de operación de 10 años para el equipamiento

Llenados por día (automóviles)*	Flujo de volumen de succión (m ³ /h)	Presión de succión (bar)	Inversión (Euro)	Tiempo de operación de la compresión**
4	3	1,013	5.000	20
10	10	1,013	50.000	15
20	20	1,013	60.000	15
40	45	1,013	80.000	13,3
100	114	1,013	185.000	13,1
150	160	1,013	200.000	14,1
200	240	1,013	210.000	12,5
150	170	16	165.000	13,2
200	350	16	200.000	8,6

Fig. 2-9
Inversiones promedio para una estación de compresor.

* Para llenar un automóvil (almacenamiento de combustible de 80 litros) se necesitan 15 m³ de gas natural. Una van equivale a dos automóviles. Un autobús o camión equivale a 10 – 15 automóviles.

** Para un número máximo de llenados por día (h)

Volumen de almacenamiento	Costos [Euro]	Capacidad
640 l (8x80 l)	8.000	4 autos
800 l (10x80 l)	9.000	10 autos
960 l (12x80 l)	10.000	20 autos
2.000 l (25x80 l)	15.000	40 autos
2 x 3.200 l (40x80 l)	2 x 70.000	100 autos
8.400 l (4 x 2.100 l)	120.000	150 autos
+ control de almacenamiento	5.000	
+ bloqueo de emergencia	5.000	

Fig. 2-10
Costos de inversión para una plataforma de almacenaje intermedia.

técnico y 40 años para las construcciones, con una tasa de interés del 7%.

La inversión para el compresor incluye los costos para un secador de gas natural, protección contra ruidos y el tiempo climático, sistema de control de gas natural, repuestos, carga y empaque, montaje, y puesta en operación (refiérase a la Figura 2-9).

Los costos de inversión aproximados para las cascadas de almacenamiento intermedio se dan en la Figura 2-10. Para el llenado de 200 automóviles/día un almacenamiento de 960 litros es suficiente, debido a que el flujo de volumen de succión del compresor es suficientemente grande para llenar vehículos también directamente en sólo unos pocos minutos.

Los costos de inversión para el dispensador con una manguera – suficiente para 40 vehículos al día – son 25.000 Euro, y con dos mangueras 40.000 Euro, incluyendo un sistema de recolección de datos y una impresión de protocolo.

Los costos de construcción que incluyen protección contra choques, el techo del dispensador y la conexión a la red eléctrica y de gas pueden estimarse de la siguiente forma:

- 25.000 Euro (4 autos al día);
- 50.000 Euro (10 autos al día);
- 100.000 Euro (desde 20 autos al día).

Los costos de operación son los costos de mantenimiento para las estaciones de llenado que pueden estimarse en el 5% de los costos de inversión del compresor.

Los costos de energía son principalmente causados por la operación del motor eléctrico del compresor. Estos costos se pueden obtener de los datos de rendimiento dados por el fabricante. Costos promedios se dan en la Figura 2-11.

Alemania promociona los proyectos GNC

El Ministerio Ambiental Federal Alemán ha financiado desde 1993 cuatro proyectos GNC en Alemania, en cooperación con la Agencia Ambiental Federal Alemana. El costo adicional de aproximadamente 3.700 vehículos GNC, y el costo de estaciones de llenado GNC fueron cubiertos en parte o en su totalidad. El gobierno alemán decidió en el año 2002 reducir el impuesto al combustible para el GNC hasta el 2020, correspondiendo aproximadamente al mínimo de impuesto al combustible que se exige en los estados miembros de la Unión Europea.

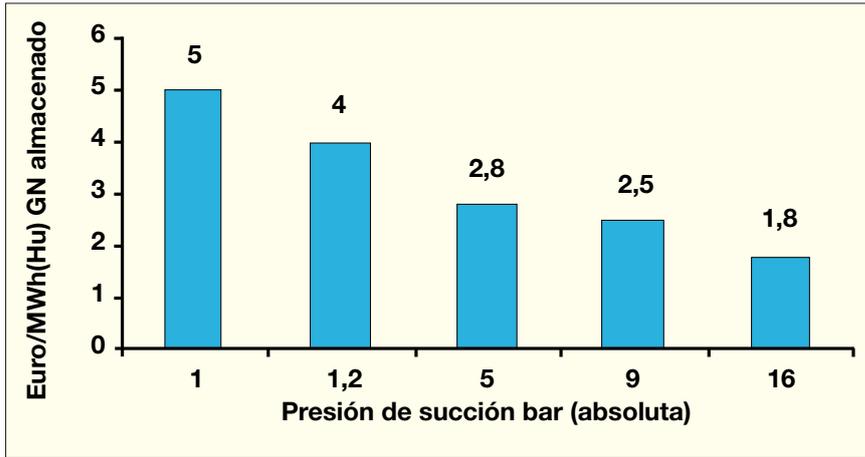


Fig. 2-11
Costos de energía específicos para una estación de llenado GN.

Aproximadamente para el análisis económico, pueden usarse los costos de energía de 5 respectivos 2,5 Euro/MWh_(Ho) para la presión de succión de 1 ó 16 bar.

Con el aumento de tamaño del compresor y suponiendo una utilización óptima de la estación de llenado, la proporción del pago de intereses de deuda y los costos de operación disminuye proporcionalmente. Los costos están entre 6 y 3 Euro/MWh_(Ho). Con un aumento de tamaño de la estación de llenado, esta repartición de costos puede minimizarse a 0,7 Euro/MWh_(Ho). Más el abastecimiento de GN y costos de energía, los costos del combustible en la estación llegan a cerca de 8,1 y 2,5 Euro/MWh_(Ho).

En estaciones de llenado más pequeñas, los costos de inversión tienen una influencia inmensa sobre el precio del combustible, lo que significa una reducción de los costos de inversión que lleva a un menor precio de combustible. Para las estaciones de llenado grandes, las situación es

exactamente opuesta. El abastecimiento de gas y los costos de energía tienen una influencia decisiva sobre el precio del combustible. Los costos de energía podrían disminuirse al conectar la estación de llenado a una red de alta presión. Por ejemplo, el incremento de la presión de succión a 16 bar reduce el precio del combustible desde 3,3 a 2,9 Euro MWh_(Ho) para una estación de llenado con una capacidad de 150 autos al día.

2.3 El financiamiento de la infraestructura

La mayor parte de las veces, el financiamiento de la infraestructura es apoyado por la industria del gas natural. La integración a la red de estaciones de llenado de la industria del petróleo tradicional es esencial para alcanzar a las flotas más pequeñas y a los clientes particulares.

Los operadores de flota interesados en vehículos a gas natural debieran contactar a su abastecedor local de gas para recibir información acerca de la localización de las estaciones de llenado. Dependiendo de la demanda del gas sobre la flota, el abastecedor de gas podría interesarse en invertir en una estación de llenado. Las estaciones de llenado de gas natural tienen una ventaja en que ellos tienen una demanda por gas natural que no depende de la estación del año, como es el caso del mercado de GN para la calefacción.

Típicamente, la compañía de gas y el operador de flota acuerdan un monto mínimo de abastecimiento de gas natural y un precio fijo para éste, que puede ser escalonado según la cantidad de venta de gas natural.

Llenados al día (autos)	Flujo de volumen de succión [m ³ /h]	Volumen de almacenamiento [l]	Consumo de GN, 100% de utilización [MWh _(Ho) /a]	Costos totales para utilización 100/50%	Costos de energía [Euro/MWh _(Ho)]	Precio de combustible necesario para utilización 100/50%
4	3	640	153	6,1/12,2	5	8,1/14,2
10	10	800	382	5,3/10,5	5	7,3/12,6
20	20	960	764	3,7/7,4	5	5,7/9,4
40	45	2.000	1.530	2,1/4,3	5	4,2/6,3
100	114	6.400	3.820	1,6/3,2	5	3,6/5,2
150	160	8.400	5.730	1,2/2,5	5	3,3/4,5
200	240	960	7.640	0,8/1,5	5	2,8/3,6
150	170	8.400	5.730	1,1/2,2	2,5	2,9/4,0
200	350	960	7.640	0,7/1,3	2,5	2,5/3,1

Fig. 2-12
*Costos totales para el operador de estación de llenado (*incluye costos de abastecimiento de gas natural de aproximadamente 15 Euro/MWh_(Ho)).*

Dentro del proyecto ZEUS, en casi todos los casos, las municipalidades que usan GNC han cubierto algo del costo de la provisión de la infraestructura, servicio y mantenimiento. Esto es especialmente verdad cuando el abastecedor local de energía o combustible es una compañía que es propiedad de la municipalidad. Sin embargo, en muchos casos los proveedores de combustible han estado dispuestos a cubrir el costo de la provisión de infraestructura si la municipalidad les asegura un volumen de adquisición.

- **Llenado de GNC en Atenas:** La municipalidad compró el compresor, pero el abastecedor de gas DEPA facilitó un gabinete estándar, un regulador y un medidor. DEPA también supervisó todo el trabajo de construcción para la conexión del compresor a la red de cañerías.
- **GNC en Bremen:** Dos instalaciones de llenado han sido implementadas por Shell y Esso, una tercera instalación privada fue financiada por el abastecedor de gas Enordia y se usa para su propia flota.
- **Llenado rápido GNC en Merton y Sutton:** Estaciones construidas por British Gas sobre la base de acuerdos de llenado con una duración de diez años.
- **Llenado de biogás en Estocolmo:** Estocolmo estableció cuatro lugares de llenado para biogás en cooperación con los abastecedores de combustible OK, Q8, Statoil y Shell. El combustible es producido en la planta local de aguas servidas.

2.4 Planificación de uso del suelo para las estaciones de llenado

Antes de que se adquiera cualquier infraestructura, debe revisarse la norma de uso del suelo en busca de posibles restricciones que pueden afectar la ubicación de ésta. En la mayoría de los casos, estas normas han sido creadas teniendo en cuenta la infraestructura del diesel o de la gasolina, y la obtención de permisos puede tomar considerable tiempo, además de esfuerzos. La seguridad es una preocupación primaria en la planificación de la infraestructura, especialmente cuando los tanques y otros equipos son guardados bajo tierra o tienen requerimientos especiales de ventilación.

La planificación y uso del suelo también puede ser una herramienta para la localización óptima de la infraestructura. Por ejemplo, un análisis de Sistema de Información Geográfico (GIS, Geographic Information System) puede ayudar a determinar qué sitio disponible sirve de mejor manera a una flota, o calcular la “cobertura” municipal de varios vehículos.

Interés por GNC en los países en desarrollo

Muchos países en desarrollo están mostrando interés en expandir el uso del GNC, tanto como una materia de “aire limpio” como por “seguridad de combustible”, especialmente aquellos países que tienen reservas de gas. Con el diesel de azufre ultra bajo que ofrece un rendimiento de emisiones similar al GNC, el interés futuro en GNC puede ser mayor donde las ofertas domésticas pueden reducir caras importaciones de petróleo.

- En diciembre de 2002, Delhi tenía 7.400 buses GNC: 45.000 vehículos GNC de tres ruedas, 10.350 automóviles particulares, 4.000 mini-buses y 15.000 taxis.
- Beijing, que será sede de los juegos olímpicos de 2008, tenía 1.630 buses GNC a principios del 2002. Además, la ciudad ha convertido 36.000 vehículos, la mayoría de ellos taxis, a vehículos GNC (Reuters Business Briefings, 13 de abril de 2002).
- Dhaka, en enero de 2003, implementó una prohibición para los vehículos de tres ruedas con motor de dos tiempos. A principios de 2003, el gobierno había dado permiso a 5.00 auto-rickshaws a GNC para operar y estaba fomentando el uso expandido de GNC.
- Un “Proyecto de Mejora de Calidad de Autobús” del gobierno alemán co-financiado por una asociación público-privada fue lanzado en noviembre de 2002 en Jakarta, que involucraba la cooperación entre la ciudad de Jakarta, DaimlerChrysler y los operadores Damri (público) y Bianglala (privado). Actuales autobuses EURO 0 serán comparados con autobuses EURO 2 diesel y buses GNC en un proyecto piloto de un año.

Pakistán expande el uso de GNC en el sector del transporte

Pakistán es un usuario importante de GNC, el cual recientemente se ha expandido en el sector del transporte. Como en otros países en desarrollo, los principales motivos han sido las menores emisiones del GNC, además de aspectos de seguridad del combustible.

Desde agosto del 2002, más de 280.000 vehículos habían sido convertidos a GNC y 333 estaciones de GNC estaban en operaciones, mientras que otras 300 estaban siendo construidas en diferentes partes del país (Hydrocarbon Devt., Institute of Pakistan, <http://www.hdip.com.pk/hydrocarFSUB.htm>). Las cifras para 1991 indicaban que los 200.000 vehículos de entonces convertidos a GNC consumían aproximadamente 30 millones de pies cúbicos de gas diariamente, reemplazando 292.000 toneladas de gasolina al año y acumulando ahorros de divisas extranjeras de US\$ 60 millones (The News, 30 de julio 01: <http://www.jang.co.pk>).

Una estructura de políticas de apoyo

La rápida expansión del uso del GNC en Pakistán es, en gran medida, resultado de un compromiso fuerte del gobierno a la promoción del GNC, incluyendo una política que enlaza el precio del GNC al precio de la gasolina.

3. Emisiones de vehículos a gas natural

Los VGNs son conocidos por su contribución global a un aire más limpio y sus emisiones menores que las de los vehículos a gasolina o diesel.

Emisiones comparadas con los vehículos a gasolina

El gas natural tiene bajas emisiones de monóxido de carbono, no emite virtualmente nada de material particulado y tiene componentes orgánicos volátiles reducidos (COVs). Por unidad de energía, el gas natural contiene menos carbón que cualquier otro combustible fósil, llevando a menores emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por kilómetros viajados del vehículo. Las emisiones de arranque en frío de los VGNs son también bajas, debido a que no se requiere enriquecimiento de arranque en frío, y esto reduce tanto las emisiones de hidrocarburos no-metánicos (NMHC) y CO. Los niveles de reducción específicos para los VGNs comparados a la gasolina son:

- CO, 60 – 80%
 - Gas orgánico no-metánico (NMOG), 87%
 - NO_x, 50 – 80%
 - CO₂, alrededor de 20%
 - Reactividad productora de ozono, 80 – 90%
- (Estos números variarán dependiendo de los vehículos comparativos usados).

Emisiones que evaporan y rellenado

Otro beneficio de emisiones se logra cuando se llenan los VGNs. Los vehículos a gasolina tienen emisiones que evaporan durante el llenado y el uso. Estas emisiones dan cuenta de aproximadamente un 50% de las emisiones totales de hidrocarburos de un vehículo. El gas natural, debido a que el sistema del vehículo es un sistema cerrado, presurizado, no tiene emisiones que evaporan.

Emisiones comparadas a los vehículos diesel

Hay una gran gama de motores diesel de diferentes tamaños usados para varias aplicaciones. Cuando funcionen con combustible diesel, estos motores funcionan con el “calor de la compresión”. El combustible diesel es presurizado en

la cabeza del cilindro, y entonces “autoinicia” cuando es puesto bajo presión. El Gas natural usado en un 100% en un motor diesel funciona sólo si se introduce una bujía de chispa, debido a que el gas natural se inicia a más del doble de la temperatura del diesel. De este modo, el motor diesel retiene las características de larga vida de gran resistencia de su diseño original, pero es transformado en un motor de ciclo Otto (como la gasolina). Los mejores resultados de emisiones típicamente vienen de motores a gas natural dedicados, aunque ha habido algunos importantes avances en la tecnología de combustible dual.

Las reducciones de emisiones por el uso del gas natural en los motores de carga pesada están típicamente en los rangos:

- CO, 70 – 90%
 - Gases orgánicos no-metánicos, 40 – 60%
 - NO_x, 80 – 90%
 - Material particulado (MP₁₀), 90 – 95%
- (Nota: Gran parte de los particulados emitidos tendían a ser de aceite lubricante del motor que invadía la cabeza del pistón y no es un resultado directo del combustible de gas natural.) [Energy Information Administration, página de inicio]

Contribución de los VGNs al calentamiento global

Mucha gente está preocupada acerca del potencial de calentamiento global (GWP=global warming potential) de los VGNs, ya que estos vehículos emiten cantidades de metano no quemado (un hidrocarburo que forma no-ozono) que típicamente está en exceso respecto al estándar de hidrocarburos totales (THC) para los vehículos a gasolina. El metano es, de hecho, un gas de calentamiento global. Sin embargo, comparado con los vehículos a gasolina, considerando CO₂ y metano, el GWP de un VGN es aproximadamente 20% menor que un vehículo a gasolina y cerca del mismo o levemente menor que un motor diesel. Las fuentes naturales de emisiones de metano – ganado, campos de arroz, termitas, etc. – producen, lejos, más metano que el que se crearía por cientos de miles de VGNs en la carretera.

Por ejemplo, el Ministerio Alemán del Ambiente estima que si un 10% de un combustible diesel fuera reemplazado por gas natural, la contribución de las emisiones totales de metano

La ciudad del GNC: Delhi*

* Anumita Roychowdhury, Coordinator, Right to Clean Air Campaign, Centre for Science and Environment, New Delhi, India

El mandato GNC en Delhi

El 28 de julio de 1998, la Corte Suprema de India estableció, en la litigación de interés pública en curso acerca de la contaminación del aire en Delhi, que la flota de autobuses de transporte público de Delhi debía incrementarse a 10.000 antes del primero de abril del 2001, y que la flota entera de autobuses, junto con los taxis y vehículos de tres ruedas debían convertirse a GNC.

El objetivo era hacer que Delhi pasara de un salto a mejores niveles de emisiones que el pobrísimo estándar EURO 0 que estaba en uso en ese entonces, con una posibilidad remota de estándares de emisión EURO 5 para el 2005. El gas natural ya estaba disponible en Delhi para uso industrial y doméstico. El mandato era hacer disponible el gas natural para el transporte de manera de hacer frente a los alarmantes niveles de emisiones de particulado en una de las ciudades más contaminadas del mundo.

No fue fácil implementar la ordenanza de GNC en Delhi. Hubo resistencia del atrincherado negocio del diesel, falta de políticas de apoyo de parte del gobierno, y dudas acerca de la viabilidad del programa, lo que posponía su progreso. A pesar de tal resistencia, la Corte Suprema finalmente estableció el 5 de abril del 2002 que las ordenanzas y directivas de la Corte acerca del GNC no podían ser alteradas por ninguna decisión administrativa del gobierno, y rechazó todas las objeciones al programa. La ciudad fue testigo de una gran incremento de vehículos a GNC después de la orden de la Corte.

A pesar de las dificultades, la expansión del programa GNC ha sido impresionante. Hay más de 75.000 vehículos a GNC en la ciudad: 7.400 autobuses, 4.000 minibuses, 45.000 vehículos de tres ruedas, 15.000 taxis y 10.350 automóviles. El 1 diciembre de 2002, la flota total de Delhi se hizo libre de diesel, lo que quizás representa la flota de autobuses a GNC más grande del mundo. En este momento, hay una extensa red de estaciones de llenado de GNC. Del número total de 103 estaciones de llenado GNC, 60, (incluyendo 46 estaciones madres) están en servicio, hay 30 estaciones fijas auxiliares, y 13 estaciones-fijas en servicio. Las ventas de GNC han aumentado en forma importante desde 0,99 lakh kg al día en marzo del 2001 a 6,5 lakh kg por día en enero del 2003.



Fig. 3-1
Una fila de buses GNC en Delhi.

Centre for Science and Environment

Desafíos clave

El programa GNC implementado como una estrategia urgente para abolir las emisiones de particulado vehicular, reveló los desafíos que se tienen de desplegar en una nueva tecnología a gran escala. Las experiencias de Delhi con el GNC ha dado muchas lecciones para otros países asiáticos y en desarrollo que contemplan tal tecnología.

- **Estado de preparación para diseñar normas apropiadas para el nuevo programa:** no es sorpresa que la conversión de los viejos buses hacia GNC se vio obstaculizada por la falta de experiencia, débiles normas de seguridad y de emisiones, inadecuados sistemas de inspección de emisiones y de seguridad, mal planificada infraestructura de llenados y procedimientos ad hoc.
- **Capacidad institucional para hacer frente a los nuevos problemas operacionales:** se pueden prever dificultades operacionales en un programa que involucra nueva tecnología introducida a gran escala. Pero esto necesita de acción correctiva inmediata, a través de constante monitoreo y evaluación de la tecnología, infraestructura de llenado y cumplimiento con las reglas de emisiones y de seguridad. Los 12 incidentes de incendios de GNC en autobuses que se reportaron durante 2001 y 2002 expusieron las debilidades de la capacidad normativa.
- **Evaluación técnica independiente y monitoreo para acción correctiva:** considerando las débiles respuestas institucionales, la responsabilidad fue transferida a los grupos de la sociedad civil y los tribunales. El Centre for Science and Environment (CSE) con base en Nueva Delhi organizó dos evaluaciones técnicas independientes del programa

GNC en mayo de 2001 y junio de 2002 para dar dirección de políticas. ** Las recomendaciones clave de estas evaluaciones se convirtieron en la base de los informes sobre seguridad y estándares de emisión para los buses GNC entregados por la Environment Pollution (Prevention and Control) Authority (EPCA), el comité establecido que aconseja a la Corte Suprema de la India en materias de control de polución en Delhi. Estos informes llevaron a la revisión y notificación de reglas para emisiones y seguridad para los vehículos a GNC en noviembre de 2001. Un nuevo sistema de inspección de seguridad fue establecido en agosto de 2002. Las evaluaciones técnicas confirmaron que se necesitaban varias mejoras, incluyendo una mejor estructura institucional de acciones coordinadas, inspecciones regulares para asegurar el cumplimiento con las reglamentaciones de seguridad y entrenamiento para construcción de capacidad.

Para asegurarse de que los asuntos sobre seguridad actuales y futuras sean diagnosticadas, solucionadas e implementadas, el mandato de la Corte Suprema del 29 de julio del 2002 hizo obligatorio el cumplimiento inmediato de las reglas revisadas de seguridad y los sistemas de inspección especiales para los buses GNC.

Estructura institucional

- Un consejo de seguridad separado ha sido establecido por el gobierno de Delhi para que trate las materias de seguridad relacionada con GNC y lleve a cabo evaluaciones “de la causa de raíz” de los problemas de seguridad del GNC, identificar las soluciones, y asegurar la implementación. También se espera que aquél mejore la interfaz entre la agencia de aprobación tipificada y el centro de inspección de la ciudad, en busca de retroalimentación y constante monitoreo.
- Se ha comenzado una inspección independiente de terceras personas sobre los buses GNC, diferente a los ya existentes sistemas de inspección anual de buen rendimiento para todos los vehículos. Si se encuentran autobuses con características de mal estado, son inmediatamente enviados a reparación.

** Los dos informes de expertos fueron:

- Frank Dursbeck, Christopher Weaver, Lennart Erlandsson, 2001, *Status of Implementation of CNG as a Fuel for Urban Buses in Delhi*, Centre for Science and Environment, New Delhi, May 23.
- Lennart Erlandsson and Christopher Weaver, 2002, *Safety of CNG Buses in Delhi*, Centre for Science and Environment, New Delhi, Agosto 9.



Fig. 3-2
Tuberías GNC en un bus convertido, sin abrazaderas de alivio de tensión.

Centre for Science and Environment (Erlandsson & Weaver 2002)

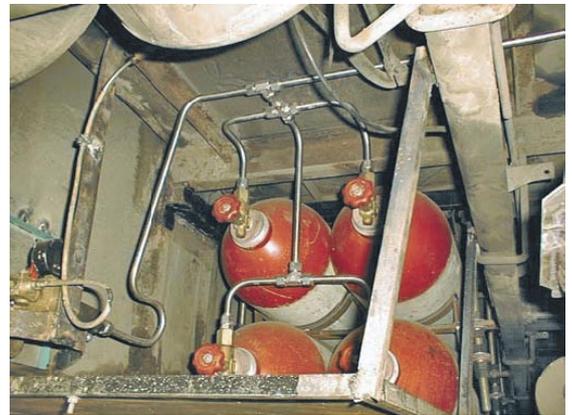


Fig. 3-3
Tubería GNC en un bus convertido, sin abrazaderas de alivio de presión y un insuficiente anclaje de cañerías de gas.

Centre for Science and Environment (Erlandsson & Weaver 2002)

Sólo una inspección rigurosa pre-registro del motor y del sistema de almacenamiento de combustible de alta presión puede detectar errores. Algunos de éstos incluyen: anillos de tensión faltantes en la cañería de gas del cilindro de gas; el tamaño de diámetro de las cañerías conectadas a los cilindros de gas no está de acuerdo a la especificación; anclaje insuficiente de las cañerías de gas en varias ubicaciones; distancia no suficiente entre cilindros de gas y los silenciadores del escape y sin escudo de calor; la tapa de protección de polvo faltante en la entrada de llenado de gas; y flexibilidad insuficiente en la cañería de gas de alta presión.

- Esto hace esencial la autorización de parte del gobierno para que funcionen los talleres de conversión GNC. Pero aún no se han



Fig. 3-4
Llenado nocturno de vehículos de tres ruedas y taxis a GNC en estaciones dispensoras de Delhi.

Centre for Science and Environment

definido los requerimientos técnicos y legales para la autorización. Prescindiendo del certificado de aprobación tipo, son comunes las inconsistencias con las especificaciones aprobadas. Los expertos, por lo tanto, recomendaron que para prevenir defectos en las características de seguridad, los certificados de aprobación debieran ser retenidos en caso de no-cumplimiento.

- Se ha iniciado un entrenamiento periódico de inspectores sobre los instrumentos y procedimientos de prueba. Otra materia que se ha revelado durante la evaluación de los expertos ha sido la mejora de la instrumentación y las instalaciones de pruebas.

Materias en el contenido del programa

La evaluación técnica de mayo de 2001 mostró que las normas de emisiones eran débiles, especialmente aquellas para los buses convertidos. De acuerdo con la regla original, después de la conversión, los autobuses sólo necesitaban cumplir con los estándares de emisiones de diesel correspondientes al año en que fueron manufacturados. Esto significaba que los autobuses diesel característicos del pre-EURO 1, después de una conversión a GNC, sólo necesitarían cumplir con normas EURO 0. Normas así de débiles sólo podían fomentar sistemas muy básicos y pobremente desarrollados de conversión y repotenciación, y llevar a emisiones de calle muy inestables. De forma similar, el valor límite de 3% de CO para la prueba de marcha en frío se consideró muy relajado, ya que



se espera que un autobús GNC con un sistema de control de proporción aire-combustible que funcione adecuadamente y con un convertidor catalítico, no emita más de 1% de CO. Aún así, el estudio encontró que el 18% de los buses GNC que fueron sometidos a prueba, en cuanto a CO en marcha en vacío en el centro de inspección, sobrepasaban incluso el valor límite de 3%.

Algunas enmiendas legales siguieron a estos descubrimientos:

- Se hicieron obligatorios los estándares de emisiones de EURO 2 para los autobuses GNC nuevos, y el EURO 1 fue obligatorio para los buses convertidos
- Se modificaron las normas de seguridad para adoptar el código de seguridad de práctica para el uso de GNC en motores de combustión interna, AIS-028, en adición a los procedimientos de seguridad AIS 024 para la aprobación tipo de vehículos GNC.



"TANQUE DE GNC"



Una prueba con tres microbuses mostró la factibilidad del GNC, aunque todavía quedan obstáculos, como la existencia de sólo un puñado de estaciones de llenado, y la percepción de que falta compromiso hacia el GNC de parte del gobierno central.

- Se hizo obligatoria la inspección de pre-registro para todos los buses GNC.
- También se hizo obligatoria una nueva aprobación tipo para cada marca de motor diesel y modelo que tenía que ser modificado.

La introducción acelerada de un gran número de vehículos a GNC en la ciudad también necesitó de instalaciones de prueba y las capacidades para aprobaciones tipo fueron expandidas y mejoradas para reducir la duración de todo el procedimiento de aprobación tipo a un calendario razonable e internacionalmente aceptable.

La experiencia demostró que hay un riesgo adicional de que las normas se hagan muy intrincadas para que los clientes puedan entenderlas. Esto sucedió, por ejemplo, con la disposición de que había que conseguirse una nueva aprobación tipo para cada marca y modelo separado de motor diesel para la conversión de los buses diesel ya en uso hacia el GNC. Esto llevó a la confusión de que si todas las variantes de cada modelo necesitarían pasar por todo el proceso de pruebas. Se les pidió a las agencias de certificación, por lo tanto, dar pautas sobre cómo interpretar las normas de aprobación tipo y documentos relacionados sobre procedimientos de prueba, especialmente para la conversión.

El papel de la industria en la acción rectificadora voluntaria

La experiencia de Delhi fue una combinación inusual de normas evolutivas y una acción voluntaria por parte de la industria para hacer frente a materias de ingeniería relacionadas con la seguridad, con el fin de hacer modificaciones en aumento. Los incidentes de incendios en los autobuses expusieron muchas fallas de ingeniería relacionadas con la seguridad que afloraron sólo durante las operaciones en calles. Algunas de éstas incluyeron: insuficiente flexibilidad en las cañerías de gas de alta presión, lo que dio como resultado que cañerías de gas de alta presión se salieron de sus anclajes mientras el bus estaba en movimiento; una alta tasa de fallas de los "discos de reviente" (dispositivos de alivio de presión o PRDs), generalmente mientras el vehículo se estaba llenando de combustible; daño causado a las cañerías de gas de alta presión como resultado de accidentes; entre otras materias de seguridad de ingeniería.

Los fabricantes de buses habían empezado a hacer frente a la mayoría de estos problemas y estaban bien encaminados a encontrar soluciones (cambiar las cañerías, reemplazar los discos de reviente con un dispositivo de alivio de presión térmica fusible, y hacer otros cambios

de diseño para la apropiada ventilación del gas en la caso de filtración, etc.). Pero aún se necesita monitoreo constante, pues estos estudios demuestran que hay espacio para mejoras en áreas tales como el material de las cañerías de alta presión, la fijación de las cañerías al chasis, reforzamiento de los acoplamientos, ventilación de la válvula de alivio de presión, y mejorar el sistema de ignición

Materias en cuanto al dispensado de GNC

El mercado de GNC fue regulado por la Corte de Delhi y todo el programa tuvo que ser implementado dentro de un período corto. Pero no se planificaron las instalaciones de llenado para hacer frente al alza en la demanda que se preveía. Esto llevó a problemas de llenado atrasado y largas filas. La intervención a tiempo de la Corte Suprema apoyada por la evaluación técnica llevó a muchos cambios correctivos. Estos incluyeron:

- Extensión de gasoducto para aumentar el número de estaciones en operación y un menor número de estaciones hijas;
- Odorización del gas por razones de seguridad;
- Aplicación de boquillas avanzadas para bajar el tiempo de llenado de gas,
- Otras medidas.

Conclusión

Bastantes problemas quedan por ser resueltos, pero el cambiar de combustible ha sido una estrategia de aplacamiento inmediata e intermedia en Delhi, donde las atrincheradas tecnologías diesel y de gasolina habrían demorado mucho tiempo en avanzar. Delhi demuestra cómo otras ciudades pueden enfrentar el desafío de introducir combustibles alternativos y tecnologías para cumplir con mejores objetivos de calidad de aire.

GNC en Surabaya, Indonesia

Antecedentes

Un estudio de factibilidad de GTZ conducido en 1999 modificó tres microbuses a gasolina con GNC.

Surabaya tiene cerca de 5.000 autobuses, y es una de varias grandes ciudades de Indonesia con existente infraestructura de distribución GNC. Indonesia tiene reservas sustanciales de gas natural. El más grande operador de taxis de la ciudad ha estado operando con taxis GNC desde 1996, y actualmente opera cerca de 800 taxis GNC. Cerca de 3.000 microbuses a ga-

solina operan rutas que pasan dentro de 200 metros de los ductos de gas, y de éstos cerca de 275 vehículos tienen menos de 5 años de edad (es el límite de lo que se considera factible para los modificados).

Descubrimientos del estudio

El estudio, disponible en idioma Indonesio en <http://www.sutp.org>, encontró que el uso de GNC para los microbuses en Surabaya es técnica, económica, ambiental y socialmente factible para los microbuses que tengan rutas que pasen cerca de una estación de llenado de gas. Un microbús que consuma un promedio de 23 litros de CNG equivalentes a la gasolina al día – basado en precio del combustible en 1999 – lograría BEP o punto de equilibrio, recuperar los gastos de inversión (BEP= break even point), al repagar los costos de la modificación GNC en menos de 2 años. Un microbús que consuma sólo 13 litros equivalentes de gasolina al día lograría recuperar los gastos en cerca de tres años. Desde que el estudio se completó, la factibilidad económica de GNC se ha incrementado todavía más, ya que los precios en las gasolinas han subido cerca de 75% desde octubre del 2000, mientras que el precio del GNC ha aumentado levemente en el mismo período.

Grupos de trabajo y sensibilización

Una exitosa característica de la metodología de Surabaya fue un mecanismo de “Grupo de Trabajo” que involucró a los interesados locales en el desarrollo de planes de acción. Temas clave de la política de GNC, la infraestructura y el financiamiento tenían todos Grupos de Trabajo separados. Entre los interesados había: talleres de microbuses, las compañías estatales de gas, los banqueros, la compañía estatal de combustible, funcionarios de una variedad de agencias relacionadas, asociaciones de dueños/conductores y otros. También, como parte de una campaña más amplia, se hizo una sensibilización sobre el uso de GNC.

Futuras acciones

A pesar de un fuerte apoyo local, hasta el momento no ha habido expansión del uso de GNC. El principal obstáculo para la inversión en los kits de conversión y la infraestructura de llenado parece ser la falta de apoyo por parte del gobierno nacional con políticas fuertes (incluyendo una política de precios) para el GNC. El Gobierno de la ciudad de Surabaya financiará los modificados de algunos vehículos oficiales seleccionados en 2003, con el objetivo de dar un ejemplo hacia la ciudad y demostrar una preocupación por lograr aire más limpio.



Fig. 3-5
Estación de llenado de autobús GNC, Delhi.

Centre for Science and Environment

en Alemania sería de entre 0,0004% y 0,0017%, dependiendo del tipo de motores que se usen.

Emisión de ruido

La emisión de ruido de vehículos es un serio problema de polución para los seres humanos. Los vehículos potenciados a gas natural operan en forma más silenciosa que los vehículos diesel. Esto es importante, especialmente cuando el vehículo es operado en el transporte público. El Natural Gas Bus Project Berlín registró el ruido de diferentes tipos de autobuses que funcionaban tanto con diesel como con gas natural*.

La Figura 3-6 muestra los resultados de los registros de ruidos externos. Los valores medidos a una velocidad constante de 30 km/h y 50 km/h además de aceleración simulada lejos de una parada de autobuses diferían entre el diesel y el GNC en aproximadamente 1 dB (A). El adelantamiento acelerado mostró una notable diferencia a favor del vehículo a gas natural en 3,3 dB (A). Un aumento de 3,3 dB es igual a un doble del efecto de ruidos. [The Natural Gas Bus Project Berlin, 1998]

* La medición de ruido fue llevada a cabo de acuerdo con 70/157EWG de la Unión Europea.

Una decisión basada en la reducción de emisiones

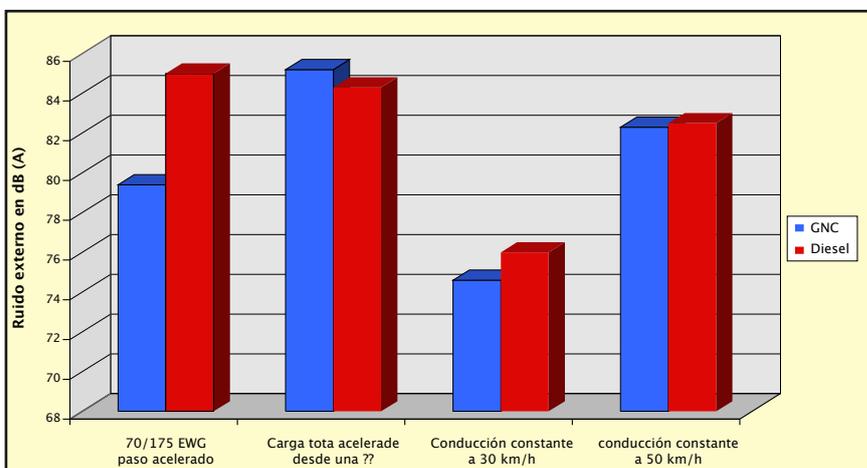
Muchos formuladores de políticas consideran los VGNs como una de las soluciones a la polución urbana, basados en cuántas toneladas de emisiones reducidas se pueden lograr. Esto puede ser calculado en un análisis de costos/beneficios y comparados a los resultados, usando enfoques alternativos para reducir la polución. La mayoría de los usuarios de VGN en las flotas corporativas promedio, sin embargo, tienden a mirar los beneficios económicos y están menos preocupados acerca del aspecto de emisiones, aunque éste todavía es un factor en la toma de una decisión.

Las personas que apoyan los vehículos a gasolina y diesel sostienen que las nuevas tecnologías, acompañadas del uso de gasolina y diesel “limpios”, refutan la necesidad de combustibles alternativos como el gas natural. Consideran que:

- La nueva generación de vehículos a gasolina es más limpia de lo que nunca fue antes. Las tecnologías de control por computador, los nuevos catalizadores y la gasolina de bajo azufre puede competir con algunos, pero no todos, los VGNs de carga liviana bi-combustibles debido a que los sistemas de VGNs tienen que estar equilibrados para ajustarse a las diferentes características de dos combustibles. Sin embargo, las emisiones de un VGN dedicado de carga liviana serán muy difíciles de vencer, incluso para algunos vehículos eléctricos si se consideran las emisiones de ciclos de combustibles totales.
- La nueva generación de vehículos diesel – especialmente los tipos de carga industrial – son también más limpias que las generaciones

previas. Mucho de estos nuevos catalizadores diesel y trampas de regeneración continua (CRTs) requieren de combustible de bajo azufre y, además, muchos de estos sistemas no han sido probados totalmente, en cuanto a su durabilidad y efectividad a largo plazo.**

Fig. 3-6
Comparación de ruido externo: GNC y bus diesel.



** Las cifras de la reducción de emisiones están basadas en datos tomados del programa European Auto/Oil II y de informes del Gobierno Federal de EE.UU. sobre combustibles alternativos.

4. Economía de la operación de vehículos a gas natural

4.1 Costo del diesel, gasolina y gas natural

La diferencia en el precio del gas natural v/s los precios del diesel y de la gasolina es el factor clave en determinar la economía total de cualquier conversión hacia los VGNs. El otro factor es la cantidad de combustible consumido por los varios vehículos que funcionarán con gas natural. Debido a que el gas natural es más barato que los otros combustibles, entre más combustible consume un vehículo, mayor será el reembolso económico que habrá cuando se descomponga la economía del proyecto de VGN. Como regla general, si la diferencia de precios entre el gas natural y el diesel /gasolina es cerca de 30% (siendo el gas natural más barato), entonces un típico proyecto de flota puede recuperar la inversión en el rango de los 3 – 5 años, pero posiblemente sea más largo. Cuando el precio del diesel/gasolina es 50% más alto que el gas natural, entonces los períodos de retorno de inversión caen más en un rango tradicionalmente aceptable para las inversiones de entre 2 – 3 años. Pero esta es una generalización bastante amplia, debido a que hay muchos factores que deben incluirse en el cálculo de los costos y beneficios de cada proyecto específico.

En algunos países, el gas natural tiene una clara ventaja de precios en comparación con la gasolina, e incluso el diesel, debido a reducciones de impuestos favorables hacia el gas natural. Este beneficio lleva a un drástico acortamiento del período de retorno de inversión para los VGNs.

Precios de combustible en Europa

Los precios de combustible varían ampliamente, en su mayor parte debido a sus impuestos. Las tasas de impuestos sobre la gasolina en el rango europeo va de cerca de 64 – 81%; para el diesel cerca de 54 – 85%; y para el gas natural de 0 – 65% (ENGVA, 1996)

- El precio de venta de los tres combustibles típicamente muestra que la gasolina es el combustible de mayor costo, que varía por contenido de octanaje; el diesel es el siguiente precio más alto y el gas natural es el más barato.

- Las flotas privadas centralmente llenadas que adquieren su propio combustible al por mayor directamente de una compañía mayorista, encontrarán que sus precios de combustibles son más bajos que el precio normal en una estación de servicio pública.
- Las compañías de transporte público se benefician a menudo de ventajas de impuestos especiales sobre el diesel.
- Los precios del combustible diesel pueden cambiar, pero en relación con la gasolina, pues algunos países están comenzando a cambiar sus políticas de impuestos sobre los combustibles, debido a supuestas vinculaciones entre la salud pública y los particulados de diesel.

Los precios relativos de los combustibles – específicamente las tasas de impuestos – también están cambiando en diferentes países, debido a que las políticas de medio ambiente del gobierno están tendiendo a favorecer los así llamados combustibles “limpios” o “ambientales”. Por ejemplo, (al momento de la publicación) en Suiza, el gas natural cuesta más que el diesel o gasolina, a menos que sea de biogás de recursos renovables, en tal caso, no hay impuestos sobre el combustible, haciéndolo más barato que el diesel/gasolina. En Alemania, el impuesto sobre el gas natural ha sido limitado al 15% del impuesto que paga la gasolina hasta el año 2009.

Precios del gas natural

El precio del gas natural como combustible para vehículos varía tremendamente, incluso dentro de un propio país. Esto se debe a una serie de factores:

- Diferentes compañías de gas natural cobran diferentes precios por su gas.
- Generalmente hay muy pocas compañías de gas natural que han establecido un “precio para vehículos a gas natural” para vender el combustible al sector del transporte.
- Tradicionalmente, las compañías de gas natural venden gas sobre la base de un “precio declinante de bloques”. Esto significa que entre más gas usa un consumidor (calculado en “bloques” de tasas de consumo) menos será el *precio por unidad* para el gas. Por lo tanto, los consumidores residenciales tienden a pagar el mayor precio por unidad y los clientes industriales grandes que consumen gigantescas

cantidades pagan menos por unidad de gas abastecida.

Muchas compañías de gas naturales están ofreciendo, sin embargo, los precios preferidos de cliente grande para el gas natural que se vende como un combustible de vehículo, para hacerlo competitivo respecto del diesel y la gasolina, y así dar las mejores economías para los clientes de VGN. También, las compañías de gas natural, a diferencia de los abastecedores de diesel y gasolina, generalmente están disponibles para comprometerse a contratos de largo plazo (2 – 5 años) para el combustible. Esto puede llevar a precios mejorados y más estables para los clientes. Para las grandes flotas, tales como los autobuses de ciudad, esto puede dar un fuerte incentivo económico en contra de los precios diesel que tienden a fluctuar en diferentes condiciones económicas.

Para el cliente de vehículos, en consecuencia, es muy importante estar en cercano contacto y negociación con el abastecedor local de gas para obtener el precio más favorable en cuanto al gas natural respecto del diesel y la gasolina.

4.2 Período de retorno de inversión para los vehículos a gas natural

Junto con el precio del combustible, los costos de inversión también son un factor crucial para la determinación del período de retorno de inversión de los VGNs. Hoy, debido al bajo número de VGNs producidos, éstos están teniendo precios de venta mayores que los vehículos comparables a diesel o a gasolina. La Figura 4-1 da ejemplos de los costos adicionales de la compra de VGNs.

El período de retorno de inversión de los VGNs se calcula usando los costos de inversión adicional, mantenimiento y combustible.

Los costos del combustible dependen de dos factores, el precio del combustible y el consumo de éste, que es consecuencia de la eficiencia del motor. Para la comparación del consumo de energía para los vehículos a diesel, a petróleo y a gas natural es necesaria una base común, la cual en el ejemplo de más abajo es el valor de calentamiento de los combustible H_u , expresado en kWh. La Figura 4-2 muestra el cálculo del período de retorno de inversión para el Fiat

Multipla. Como otro ejemplo, el mismo cálculo para los buses potenciados a gas natural usa los siguientes parámetros.

- Bus estándar MAN: consumo de diesel: 40 l/100 km, consumo de gas natural (H_u 10 kWh/Nm³): 55 Nm³/100 km
- Bus articulado MAN: consumo de diesel: 52 l/100 km, consumo de gas natural (H_u 10 kWh/Nm³): 72 Nm³/100 km.

Como resultado, el VGN Multipla alcanza el período de retorno de inversión después de menos de 35.000 km. Para otros automóviles, similares valores son alcanzables, dependiendo de la cantidad de los costos adicionales de inversión, por ejemplo, el Honda Civic: 53.000 km.

Se puede esperar que los costos iniciales de mantenimiento de los vehículos a gas natural sean levemente mayores que aquellos para los vehículos convencionales, debido a un efecto de “curva de aprendizaje” causado por mayores esfuerzos técnicos para el motor a gas natural y los tanques de combustible. Después del período inicial, los costos de mantenimiento pueden ser incluso menores que aquellos para los vehículos convencionales debido a que el uso de gas natural produce menos desgaste por uso en los cilindros, aros y bujías de encendidos. Sin embargo, los intervalos entre los cambios de aceite pueden aumentar en un factor o dos o más, y debido al mayor peso de los vehículos a gas natural, hay una mayor fricción de los neumáticos, especialmente en los autobuses.

Para los autos y los vehículos de carga liviana, los costos de mantenimiento pueden estimarse en un 5% de los costos de conversión, (excluyendo los costos para las botellas de almacenamiento). Para la inspección anual de los tanques de alta presión, se puede calcular una suma total de 50 Euro. [BGW, 1997]

Los impuestos a los vehículos también van a afectar el período de retorno de inversión. Algunos países reducen los impuestos para los vehículos “limpios”. Por ejemplo, en Alemania, los vehículos que se ajustan a los estándares EURO 3 están exentos de impuestos. Por otro lado, cuando los impuestos están basados en el peso del vehículo, los VGNs están en desventaja financiera.

Asimismo, con respecto a la economía nacional, tienen que considerarse los costos externos reducidos como resultado de menores emisiones.

Fabricante	Tipo de vehículo		Costos netos adicionales (Euro)
	b = bi-combustible	m = monocombustible	
<i>Fabricante de equipamiento original</i>			
BMW	316 g Compact (b)		3.000
Daimler Chrysler	Sprinter (m), ediciones diferentes		5.000 – 7.500
FIAT	Marea (b), Multipla (b), Multipla (m)		1.500
Honda	Civic GX (m)		1.750
Iveco	Daily 35.11 GNC (m) Daily 49.11 GNC (m) Camión de carga industrial MH 260 E GNC (m)		5.000
MAN	Bus articulado de piso bajo NG 232 GNC (m)		40.000
	Bus articulado de piso bajo NG 313 GNC (m)		57.500
	Bus estándar de piso bajo NG 232 GNC (m)		37.500
	Camión de carga industrial LT 38 K 06 GNC (m)		37.500
<i>Conversión autorizada por el fabricante</i>			
Ford, GFI Mainz	Ford Ka		3.300
	Ford Fiesta Limousine, 60 l estanque		3.350
	Ford Fiesta Limousine, 80 l estanque		3.400
	Ford Mondeo Turnier		3.350
	Ford Galaxy		3.450
	Ford Fiesta Courier		3.050
	Ford Transit van, 80 l estanque		2.950
	Ford Transit van, 2 x 80 l estanque		3.850
	Ford Transit Pick-up		4.500
Volkswagen, IAV Berlin	VW Polo 1.4		4.400
	VW Polo Variant 1.6		4.450
	VW Caddy 1.4/1.6		4.250
	VW Golf IV 1,4/1,6		4.500
	VW Golf III Variant 1.6		4.300
	VW Passat, VW Passat Variant 1.6		4.850
	VW T4/2.0		4.650
	VW LT II 2.3		5.700

Fig. 4-1
Costos adicionales para los vehículos GN (la lista es incompleta).
Stadtwerke Augsburg, 2000

	Multipla a gas natural	Multipla a gasolina super	Multipla diesel
Costos adicionales del vehículo, incluyendo IVA	1.750 Euro	-	1.750 Euro
Precio del combustible, incluyendo IVA	0,58 Euro/kg	0,97 Euro/l	0,76 Euro/l
Consumo	5,6 kg/100 km	8,60 l/100 km	7,90 l/100 km
Costo del combustible	3,25 Euro/100 km	8,34 Euro/100 km	6,00 Euro/100 km
Ahorros de costo del combustible			
• Comparado con el diesel	2,75 Euro/100 km		
• Comparado con la gasolina	5,09 Euro/100 km		
Recuperación de inversión			
• En comparación con el diesel	0 km		
• En comparación con la gasolina	34.381 km		

Fig. 4-2
Determinación del período de retorno de inversión para los vehículos a gas natural, ejemplo alemán:

5. Pautas sobre el uso

5.1 Estacionamiento interior

¿Puede un vehículo a gas natural ser estacionado de manera segura en interiores? ¿Qué pasa si hay una filtración de gas? ¿Ocurrirá una explosión?

Debido a que el gas natural es más liviano que el aire, si ocurre una filtración, el gas se dispersa hacia arriba. La relativamente baja capacidad de inflamación del gas natural, 5 – 15% gas natural a aire, hace difícil que entre en combustión cuando hay una adecuada ventilación. Los sistemas de ventilación tienen que estar integrados al techo del garaje para permitir que se disipe el gas y sea removido con seguridad.

Dos tipos de garaje

Mientras que haya una gran variedad de diseños de garajes de estacionamientos y diferentes códigos de construcción que los regule, ellos tienden a tener dos características en común: espacio abierto para el estacionamiento y la necesidad de ventilación para mitigar los resultados del monóxido de carbono (CO) emitido por los tubos de escapes de los vehículos. Dos tipos de sistemas de ventilación son típicamente usados: circulación natural, con los costados abiertos en las construcciones, y circulación forzada para las estructuras cerradas. Estas características mitigan los efectos de las fugas de gas natural.

Un estudio definitivo demuestra que el GNC no es un problema

Un estudio definitivo sobre este tema se hizo en la ciudad de Nueva York, y se usó en una serie de áreas metropolitanas principales para ayudar a fomentar el que los reguladores urbanos consideraran los VGNs de la misma forma que lo hacen con otros vehículos diesel o a gasolina. El estudio, que usa modelamiento y pruebas empíricas sofisticadas encontró que:

Si sucediera una pequeña fuga, no sería un peligro más allá de unos pocos centímetros a partir de la fuga y no habría acumulación de gas en ninguna parte del garaje. En el peor de los casos, una descarga total (de un cilindro de gas natural) produjo una mezcla inflamable de gas en el garaje, pero esta situación fue rápidamente mitigada por la dispersión del gas en el espacio abierto y su remoción a través del sistema de ventilación. Sólo una

pequeña fracción del gas natural liberado estaba en la región inflamable en algún momento, y no hubo una acumulación permanente de gas en el garaje. Se alcanzaron máximas concentraciones en unos pocos segundos hasta unos pocos minutos, y de ahí en adelante declinaron rápidamente.

Un vehículo a GNC no presenta peligro extraordinario en un garaje típico de estacionamiento; es decir, el riesgo de un vehículo GNC es igual a, o menos que, el riesgo que representa un vehículo llenado con gasolina. Esta conclusión es válida para los diseños-tipo de garaje tanto forzados como de circulación natural, y debiera cubrir cada tipo de garaje de estacionamiento público normalmente encontrado. Ciertas situaciones inusuales podrían no estar cubiertas y éstas incluyen garajes sin ventilación, garajes sin aberturas en el techo o garajes con un sensor de monóxido de carbono de bajo flujo. Por lo general, el estacionamiento en los garajes públicos no es una preocupación mayor para los GNC.” (Ebasco Services Incorporated, 1991)

5.2 Seguridad de vehículos GNC en los accidentes

Los vehículos que funcionan con gas natural y que llevan cilindros de alta presión, generalmente son considerados como grandes fuentes de preocupación, en cuanto a seguridad en el caso de un accidente. Basándose en varias estadísticas de accidentes, está claro que los vehículos que funcionan con gas natural comprimido son tan seguros o más seguros que los vehículos que operan con combustibles tradicionales, como es el caso de la gasolina y el diesel. [DNV Technical Report, Anexo 9, 1992]

Las normas de seguridad para todos los combustibles – líquidos o gaseosos – generalmente garantizarán que el riesgo de incendio sea muy pequeño bajo condiciones operativas normales. Entonces, generalmente en la eventualidad de un choque o una falla de equipamiento es cuando ocurre una situación de peligro.

Una encuesta norteamericana de más de 8.000 vehículos que viajaron en conjunto aproximadamente 278 millones de millas desde 1987 hasta 1990 descubrió que la tasa de accidentes para los VGNs por vehículo milla viajada (VMT) era 37% más baja que la tasa para los vehículos de flota potenciados a gasolina y 34% más baja que toda la cantidad de vehículos a gasolina

registrados. Además de una menor tasa de accidentes, no se registraron muertes para los VGNs en la encuesta. En contraste, las muertes asociadas con los vehículos de la flota de gasolina encuestados llegaron a 1,28 muertes por 100 millones de VMT. El promedio nacional de los EE.UU. era de 2,2 muertes por 100 millones de VMT para todos los vehículos a gasolina norteamericanos. [IANGV, página de inicio]

Hay dos razones fundamentales para este excelente registro de seguridad VGN: la integridad estructural del sistema de combustible VGN y las cualidades físicas del gas natural como combustible.

Los cilindros de almacenamiento de combustible usados en los VGNs son más sólidos que los tanques de combustible de gasolina. Por ejemplo, en los EE.UU., el diseño de los cilindros de los VGN está sujeto a un número de pruebas requeridas de “abuso serio”, tales como extremos de calor y de presión, armas de fuego, colisiones e incendios.

Se usan para almacenar gas natural comprimido como un combustible de vehículos: cilindros de aluminio reforzado con gruesas paredes, cilindros de acero o materiales compuestos 100%. Estos cilindros están hechos y probados cumpliendo estrictas reglamentaciones, y han sido sometidos a serias pruebas de abuso, bajo condiciones, mucho más estrictas que aquellas que afectan a los tanques de combustible de gasolina. Los VGNs sometidos a pruebas de choques a más de 52 millas por hora, que han sido totalmente destruidos, muestran nada o casi nada de daño a los cilindros de gas comprimido. Las pruebas con fuego y dinamita llevan los cilindros a temperaturas y presiones que exceden los límites especificados, demostrando que los cilindros de gas natural son durables y seguros. Además, los componentes del sistema de combustible pueden estar físicamente protegidos o emplazados de manera tal que la posibilidad de daño en un choque esté minimizada. Por supuesto, como con todos los sistemas de combustible, estos cilindros no son indestructibles y debieran ser inspeccionados periódicamente para asegurarse de que no haya ocurrido daño superficial.

Los cilindros de gases están equipados con dispositivos de alivio de presión y válvulas de

cierre que automáticamente detienen el abastecimiento de gas en la eventualidad de una rotura de tubos o cuando el motor esté apagado (por ejemplo, en un accidente). Para evitar el peligro de una explosión en un incendio, un disco de rotura y un fusible de derretimiento aseguran la liberación controlada y la quema del gas presurizado, antes de que pueda ocurrir una rotura por sobrecalentamiento [DNV Technical, Anexo 10, 1992].

Mientras que los cilindros de almacenamiento de combustible son más sólidos que los tanques de gasolina, el material compuesto usado para revestir los tanques es fundamentalmente más susceptible al daño físico que los metales bajo condiciones abusivas. Por esta razón, los materiales compuestos sobre los cilindros VGN deben ser adecuadamente manipulados. Después de varios incidentes que involucraban roturas a los cilindros de gas natural debido a una forma de ataque químico o daño físico a la envoltura exterior de compuesto del cilindro, se han desarrollado nuevos materiales que reducen el riesgo del daño y, por lo mismo, aumentan la seguridad.

Adicionalmente, los sistemas de combustible VGN están “sellados” lo que evita las filtraciones o pérdidas por evaporación. Incluso si es que ocurriera una filtración en un sistema de combustible VGN, el gas natural se disipa en la atmósfera, porque es más liviano que el aire, y, a diferencia de los combustibles líquidos, no forma charcos sobre la tierra. El gas natural también tiene adicionado un odorizante, de manera que se pueda detectar cualquier filtración.

El gas natural no es tóxico o corrosivo y no va a contaminar las napas de agua. La combustión del gas natural no produce aldehídos significativos u otras toxinas y compuestos orgánicos volátiles, los cuales son una preocupación con muchos combustibles.

5.3 Aspectos de seguridad del llenado

El gas natural se dispensa a los vehículos a través de sistemas sellados diseñados para permitir que el gas natural entre al vehículo sin ninguna filtración hacia la atmósfera. En los dispensadores que utilizan boquillas ANSI-NGV1, el gas natural no va a fluir, a menos que la boquilla esté conectada a un receptáculo en el vehículo.

Cuando los dispensadores de combustible fallan

La experiencia de Helsinki, Finlandia

Un sábado de enero de 2000, temprano en la mañana, se averió el compresor para la estación HKL Ruskeasuo de GNC. Frecuentemente, la estación sirve alrededor de 30 buses a GNC, 22 de los cuales pertenecen a la compañía de transporte público de Helsinki, HKL. Después de algunos intentos para repararla localmente, se hizo evidente que la estación estaría cerrada por cerca de dos semanas, ya que las partes rotas tenían que ser llevadas a Italia para su reparación.

Los buses a GNC han sido especificados para su uso en la competitiva licitación para rutas particulares. Si el operador no es capaz de usar el tipo de bus especificado para la ruta, tiene que pagar un castigo. Por otro lado, el encontrar buses de reemplazo temporal para 22 buses en un período de tiempo muy corto no es fácil. De este modo, el objetivo era hacer que los buses GNC estuvieran operando tan pronto como fuera posible.

Para poder evitar una detención de las operaciones en la eventualidad de una falla en la estación GNC de Ruskeasuo, los planes eran usar la estación de menor capacidad de Pirkkola (15 buses al día), la que se mantendría en condiciones de operaciones para este propósito. Sin embargo, algunos depósitos de aceite habían sido detectados en los tanques GNC de los primeros 11 buses GNC de HKL llenados en la estación de Pirkkola, en consecuencia, HKL había previamente decidido que los 11 buses más nuevos no debieran ser llenados en Pirkkola. De este modo, 11 buses GNC

no tuvieron otra alternativa más que ser removidos del servicio hasta que la estación Ruskeasuo pudiera ser arreglada.

Para empeorar las cosas, los primeros intentos de rellenar los buses restantes en Pirkkola fallaron. Repentinamente, el total de 22 buses estaban fuera de servicio debido a la falta de combustible. Después de varias horas de mantenimiento y una escasez de dos días de GNC, la tarde del domingo fue finalmente posible llenar en la estación de Pirkkola. Para mantener al menos los 11 buses GNC más viejos en operaciones, se decidió llenarlos de combustible durante la noche uno tras otro, debido a que el viaje de ida y vuelta para llenarse de combustible desde el depósito demoraba 45 minutos aproximadamente. ¡Esto significaba que una persona tenía que hacer el turno de noche para llenar los 11 buses durante dos semanas!

El episodio tuvo un final feliz cuando la estación Ruskeasuo comenzó a funcionar nuevamente después de que llegaron nuevos repuestos desde Italia. Dado que la avería sucedió durante el período de garantía, los costos de reparación fueron cubiertos por el fabricante de la estación. Los otros costos incurridos debido al tiempo y gasto de tener buses fuera de servicio fueron cubiertos por el contratista de la estación GNC, como se estipuló en el contrato de la estación HKL. A pesar de que la historia tuvo un final feliz, ésta enfatiza la importancia de estar preparados para casi todo, teniendo un sistema de apoyo listo y bien mantenido, y teniendo un contrato con un abastecedor de combustible que no deje al operador del bus atribulado, en caso de que el abastecimiento de combustible sea cortado temporalmente.

En el caso de que el conductor se aleje con su auto y la boquilla aún esté conectada, un dispositivo de separación lineal puesto en la manguera de llenado se desconectará. El flujo del compresor es detenido instantáneamente por una válvula de chequeo y evita daño a la estación de llenado. También la válvula de chequeo en el vehículo se cerrará automáticamente y detendrá el flujo desde el estanque [Stäubli, 1998].

6. Apoyo para la implementación

6.1 Apoyo de la compañía de gas

Cada compañía de gas enfrenta el mercado VGN y sus clientes de forma levemente diferente. Algunas serán extremadamente entusiastas y brindarán ayuda. Puede que otras no tengan un programa de marketing para VGN y no sean tan solícitas. Si la compañía no es especialmente entusiasta acerca del mercado vehicular, su recepción en la compañía de gas cuando usted vaya a buscar ayuda puede ser un tanto frustrante. Pregunte si algunas de las compañías de transmisión de gas natural pueden ayudarlo. Otra posibilidad es preguntar acerca de ayuda a una asociación de VGN o a una compañía de gas natural nacional.

¿Qué está usted buscando?

Cuando usted converse con la compañía, usted puede estar buscando información acerca de:

- Vehículos;
- Estaciones de llenado;
- Precios del gas natural;
- Programas VGN y subsidios disponibles de su gobierno local o nacional.

La compañía de gas debiera ser capaz de ayudarlo a “tomar la talla” de su flota; esto es, determinar el tamaño del compresor que usted necesitará para llenar sus vehículos. Esto va a ser decidido por un número de factores, los que incluyen: el almacenamiento total de combustible a bordo; las distancias diarias de conducción; el consumo de combustible; y los patrones de llenado, ya sea una vez al día o múltiples veces. Adicionalmente, la compañía de gas también tiene que ser capaz de ayudar a determinar los vehículos a ser convertidos, si esta es su elección. O, muchos de ellos tienen contacto con fabricantes de equipamiento original (OEMs) que estarían dispuestos a proporcionar información acerca de la disponibilidad de los VGNs o las compañías que conviertan vehículos a VGNs.

6.1.1 Instalación de una estación de llenado

Cada compañía de gas enfrenta esto en forma diferente y hay varias opciones financieras (y de financiación) que están disponibles. Aquí hay algunos ejemplos de lo que usted podrían

encontrar cuando se analice la instalación de una estación de llenado:

- **Instalación en su propio terreno.** Si la flota es llenada en forma central y usted se encarga normalmente de sus propias operaciones de llenado (como es el caso de las grandes flotas de autobuses), entonces la instalación de una estación de compresor en su terreno es lo más apropiado.
- **Opciones creativas** pueden también ser posibles si la compañía de gas está altamente motivada en el sector de los VGN. De hecho, algunas flotas permiten que vehículos de otras compañías accedan a sus propiedades para ser llenados. (Usted debiera preguntar si es posible esto para su flota, también). A veces, puede ser posible el instalar un dispensador de combustible fuera del perímetro de su compañía, de manera que otras flotas se puedan llenar. En este caso, un arreglo con la compañía de gas para instalar un sistema de tarjeta de computación permitiría que la compañía de gas facturara a los clientes sobre una base mensual si fuera necesario.
- **Llenado público.** Algunos países son agresivos en la construcción de estaciones de llenado. Así que la idea de usar estaciones públicas, como se hace para el diesel y la gasolina, es especialmente atractiva y no le cuesta nada extra a usted, el cliente VGN.

Si usted desea instalar un sistema de llenado en su propio terreno, la compañía de gas debiera ser capaz de ayudarlo con códigos, estándares de seguridad y todos los aspectos del preparar y construir la estación. Otra posibilidad es que ellos lo puedan referir a algún número de contratistas privados que también le puedan ayudar. En este caso, la compañía de gas podría ayudarlo a desarrollar una especificación de licitación para proporcionar a los diferentes contratistas en cuanto a conseguir estimaciones competitivas para el trabajo que debe efectuarse.

La complejidad de instalar una estación de llenado variará, dependiendo de su tamaño, características de su propio terreno, y si es de llenado rápido, de llenado lento, o ambos. El acceso a un ducto de gas natural requerido y a la electricidad tendrán que ser provistos in situ, también. Nuevamente, la compañía de gas local y/o el contratista podrá ayudarlo.

El tipo de garaje también puede afectar la implementación del proyecto y los costos del personal. En Helsinki, por ejemplo, los buses diesel tienen llenado automáticos en interiores, mientras que el llenado de GNC es en el exterior y requiere de la presencia de personal de mantenimiento. Esto significa que el personal no puede usar el tiempo de llenado en forma productiva, ya sea limpiando los vehículos o revisando el aceite, llenando con otros fluidos, etc, que es algo que se puede hacer con el diesel. Los buses a gas deben primero ser llenados fuera, luego ser conducidos hacia el interior para las otras maniobras, y esto toma tiempo extra. En climas lluviosos y fríos esto también puede afectar la aceptación de estos vehículos de parte del personal de mantenimiento.

6.1.2 Hacer el mantenimiento

La compañía de gas o una de subcontratistas locales debiera estar disponible para hacer el mantenimiento de su estación. La confiabilidad de la operación de la estación es crucial para mantener sus vehículos funcionando. Será importante establecer por adelantado con la compañía de gas y/o su compañía de servicios, los términos y condiciones de este mantenimiento. Todo el mundo debe darse cuenta de que todos los dispositivos mecánicos se averían o necesitan ser mantenidos. Con instalaciones importantes como las estaciones de llenado, es importante que, si algo sale mal, se pueda hacer el mantenimiento en forma oportuna. Para flotas muy grandes, sistemas redundantes (de apoyo) son cruciales. Refiérase a las compañías de gas para tal apoyo técnico.

6.2 Apoyo del gobierno

Hay un creciente número de programas en diferentes países que dan incentivos financieros y de otros tipos para los clientes VGN. Estos van desde incentivos de impuestos (créditos, descuentos etc.) a otros incentivos financieros, tales como: subvenciones para adquisiciones de vehículos o para la instalación de estación de llenado. En algunos casos, los vehículos a combustibles limpios pueden ser autorizados para estacionar gratis en ciertas ubicaciones, o para ser manejados en carriles de tráfico normalmente accesibles sólo a los taxis y a los autobuses. El representante de la compañía de gas

local o la asociación de gas nacional (o de VGN) debieran saber sobre programas de incentivos en su área, y darle orientación acerca de dónde ir por más información (por favor, refiérase a la Sección 8 para direcciones útiles donde puede obtener información adicional).

Estándares internacionales aprobados:

- ISO ISO/DIS 11439: Cilindro de Alta Presión para Almacenamiento A Bordo de Gas Natural como un Combustible para Vehículos

Estándares internacionales en preparación:

- ISO TC22/SC25/WG1: Conector de Rellenado (TC Comité Técnico, SC Sub Comité, WG Grupo de Trabajo)
- ISO TC22/SC25/WG2: Principios de Diseño e Instalación de Sistema de Combustible del Vehículo
- ISO TC/22/SC25/WG3: Componentes del Sistema de Combustible VGN
- ISO TC58/SC3/WG11: Cilindros de Gas de Material Compuesto
- ISO TC58/SC3/WG17: Cilindros de Alta Presión para el Almacenamiento A Bordo de GN
- ISO TC193: Designación de la Composición de Gas Natural para Uso como un Combustible Comprimido para los Vehículos
- CEN TC23/SC1: Cilindros de Alta Presión para Almacenamiento a Bordo de GN
- CEN TC326/WG1: Requerimientos de Seguridad para las Estaciones de Llenado
- CEN TC326/WG2: Sistemas de Combustible VGN
- CEN TC326/WG3: Seguridad en las Operaciones de Llenado de Gas Natural

7. Estándares disponibles

Los estándares son un instrumento importante para el desarrollo sistemático de una nueva tecnología. Los estándares sirven para la armonización de la tecnología VGN en una etapa temprana, facilitan el intercambio de bienes, aumentan la seguridad y/o protección de las personas, bienes y el ambiente, además de los servicios en Europa y salvaguardan los intereses de los consumidores (menores precios, más elección).

Un estándar bien escrito da seguridad de planificación, define lo último que hay en el área y documenta la debida seguridad y el nivel de confiabilidad.

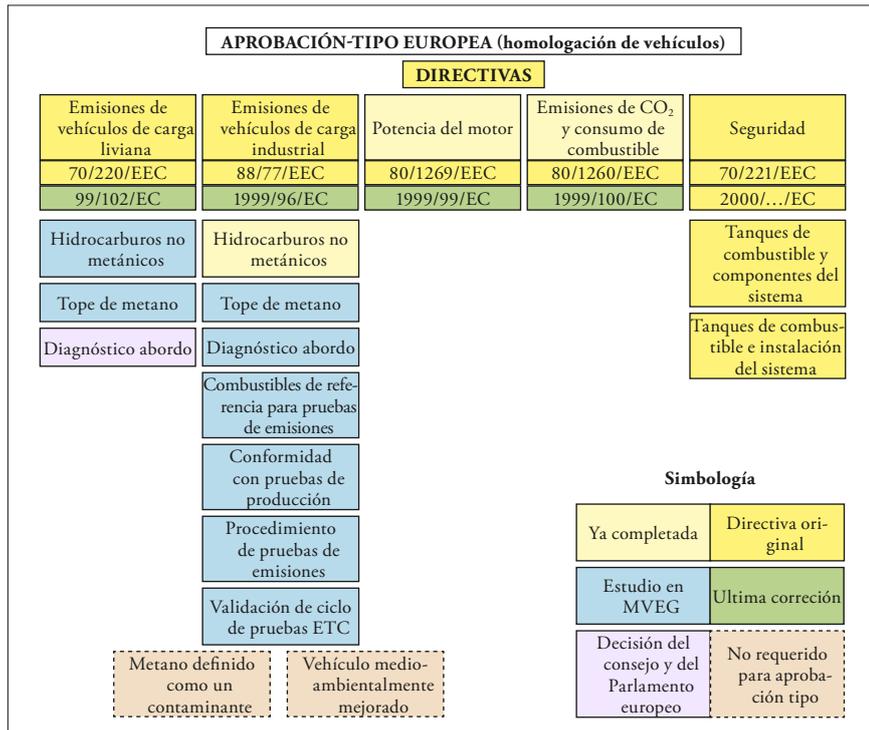
Para recibir esto, los estándares de Tecnología de Vehículos a Gas Natural son desarrollados a nivel europeo en cooperación entre la institución de estándares europeos CEN (Comité Européen du Normalisation) e ISO, la Organización de Estandarización Internacional.

El Comité Técnico 326 de CEN es el grupo responsable por desarrollar los estándares de equipamiento VGN en la Unión Europea. Incluye Grupos de Trabajo (WG) que desarrollan estándares europeos acerca de requerimientos de seguridad del gas para sistemas de estaciones de llenado y sistemas de combustible de vehículos, incluyendo sistemas de conversión VGN. WG1 cubre materias de seguridad, diseño y requerimiento de construcción, además de la instalación de un código de práctica para llenado en exteriores e interiores.

WG2 trata con materias de seguridad, diseño y requerimiento de construcción para los sistemas de combustible VGN, desde la boquilla de llenado hasta el sistema de conversión de motores. Esto incluye sistemas de almacenamiento de combustible a bordo, tales como cilindros de almacenamiento, dispositivos de alivio de presión, válvulas del cilindro y el código de instalación para el montaje del cilindro.

WG3 se concentra en condiciones de operaciones:

- Garantía de calidad para el cliente en operación de llenado, especialmente condiciones de llenado seguras y cargas de llenado óptimas.
- Certificación de técnicos VGN para la conversión, diagnóstico y reparación de VGNs
- Requerimientos recomendados para los garajes y talleres de VGN



Para información adicional y actualizada de los estándares VGN, por favor refiérase a la página de inicio de la IANGV: <http://www.iangv.org/sources/standards.html>.

Por otro lado, la Comisión Europea ha dado varias directrices para regular las aprobaciones-tipo europeas sobre las homologaciones de vehículos (Figura 7-1).

Fig. 7-1
Aprobaciones-tipo europeas sobre la homologación de vehículos.

8. Fuentes de información

Fundación de Combustibles Limpios

La Clean Fuels Foundation es la primera organización en el mundo de carácter benéfico y basada en miembros públicos dedicada solamente al avance de los combustibles de transporte alternativo que sean más limpios en su quemar fabricados en EE.UU.: 1730 K Street, Suite 304, NW Washington D.C., Tel: + 1-202-508-3887; Fax + 1-202-337-3759, E-mail: all@cleanfuels.org

Red de Combustibles Limpios

La Clean Fuels Network combina información sobre las noticias de la industria de la energía, el tiempo, las cotizaciones sobre existencia, y datos de precios en su sitio web. Se proporcionan enlaces a un extenso número de publicaciones online, además de sitios web de un gran y creciente número de participantes en la industria de la energía. Futuros contenidos y artículos apuntarán hacia el cliente final, y harán posible que las industrias participantes hagan comercio electrónico con aquellos clientes que son atraídos hacia las comunidades de energías basadas en la web: sitio web: <http://www.naturalgas.com>

Comité Europeo para la Estandarización (CEN)

La misión del CEN es promocionar la armonización técnica voluntaria en Europa en conjunto con organismos mundiales y sus socios en Europa. La armonización disminuye las barreras al comercio, promueve la seguridad, permite la inter-operabilidad de los productos, sistemas y servicios y promociona una comprensión técnica en común. Siempre y cuando sea posible, el CEN trabaja con otros organismos europeos y la Organización Internacional para la Estandarización (ISO). Website: <http://www.cenorm.be>

Erdgas Mobil

Página de inicio organizada por la BGW, Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V., Alemania. La BGW es la representante de las empresa alemana de gas, de agua y de plantas de tratamientos de aguas servidas para cuestiones políticas, económicas, económica-técnicas y legales. Las direcciones de las estaciones de llenado en Alemania están disponibles en el

siguiente sitio web: <http://www.erdgasmobil.de>, e-mail: info@erdgasfahrzeuge.de

Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (ACEA)

Establecida en 1991, la ACEA es el organismo profesional que defiende los intereses de 13 miembros de la industria automotriz europea ante la Unión Europea y otras instituciones internacionales. Rue du Noyer 211, B-1000 Brussels, Tel.: +32-2-7325550, Fax: +32-2-7387310, Website: <http://www.acea.be>

Asociación Europea de Vehículos a Gas Natural (ENGVA)

La European Natural Gas Vehicle Association (ENGVA) es una organización sin fines de lucro, cuya misión es desarrollar un mercado sostenible y rentable para los vehículos a gas natural (VGNs) a través de Europa, creando ambientes políticos y económicos favorables que fomenten el desarrollo de la tecnología de VGNs, además de la infraestructura europea para el llenado de combustible con gas natural. Spaklerweg 28, NL-1096 BA Amsterdam, Tel.: +31-20-5973100, Fax: +31-20-5973000, E-mail: info@engva.org, Wbsite: <http://www.engva.org>

FordonsGas

Proporciona información sobre la ubicación de estaciones de llenado de gas en Suecia: <http://www.fordonsgas.se>

Instituto de Investigación del Gas

El GRI maneja un programa global de investigación, desarrollo y comercialización (RD&C=Research, Development and Commercialisation) para la industria del gas natural. La misión del GRI es entregar tecnología de alto valor, al igual que información y servicios técnicos a los mercados del gas o aquellos relacionados con él. Sitio web: <http://www.gri.org>

Asociación Internacional para Vehículos a Gas Natural (IANGV)

La asociación se estableció en 1986 para dar a la industria de VGNs un foro internacional y abogar por los VGNs. Ahora tiene 200 miembros corporativos individuales en 35 países. IANGV proporciona información a sus miembros y no-miembros. <http://www.iangv.org.nz>

Unión de Gas Internacional (IGU)

La IGU apoya el desarrollo y promueve la difusión de la tecnología de gas que aumentará todavía más la eficiencia y la mejora relativa (para otros combustibles) del medioambiente. La IGU fomenta políticas en apoyo de vehículos a gas natural, los cuales ofrecen una prometedora solución para combatir la contaminación del aire creada por el tráfico urbano: Office of the Secretary General, c/o N V Nederlandse Gasunie, P.O. Box 19, NL-9700 MA Groningen, The Netherlands, Tel.: +31-50-5212999, Fax: +31-50-5255951, e-mail: Secr.IGU@Gasunie.nl, Website: <http://www.igu.org>

Organización Internacional para la Estandarización (ISO)

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) es una federación mundial de organismos de estándares nacionales de cerca de 130 países. La misión de la ISO es promover el desarrollo de estandarización y actividades relativas en el mundo, con una metodología para facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios, y para desarrollar la cooperación en las esferas de la actividad intelectual, científica, tecnológica y económica. El trabajo de la ISO produce acuerdos internacionales que son publicados como estándares internacionales. 1, rue de Varembe, Case postale 56, CH-1211 Genève 20, Switzerland, Tel.: +41-22-7490111, Fax: +41-22-7333430, e-mail: central@iso.ch, Website: <http://www.iso.ch>

Unión Internacional de Transporte Público (UITP)

Fundada en 1985, la UITP es una asociación global de operadores de transporte de pasajeros urbanos y regionales, sus autoridades y proveedores, con más de 2.000 miembros de cerca de 80 países. La UITP busca promover una mejor comprensión del potencial del transporte público. e-mail: administration@uitp.com, Website: <http://www.uitp.com>

Coalición de Vehículos a Gas Natural

La NGVC es una organización nacional dedicada al desarrollo cooperativo de un mercado de vehículos a gas natural creciente, sostenible y rentable. La NGVC representa más de 200 compañías de gas natural, fabricantes de

motores, vehículos y equipamientos, y proveedores de servicios, además de grupos ambientales y organismos gubernamentales interesados en la promoción y uso del gas natural como un combustible de transporte. 1515 Wilson Boulevard, Arlington, VA 22209, USA, Tel: +1-703-5273022; Fax: +1-703-5273025, Web-site: <http://www.ngvc.org>

SNAM

SNAM es la compañía del Eni Group preocupada del abastecimiento, transporte y distribución a larga distancia del gas en Italia. Las direcciones de las estaciones de llenado en Italia están disponibles en el siguiente sitio web: <http://www.eni.it/snam/italiano/target/automobilista/automobilista.html>

Zeus Europa

Contactar: Gustaf Landahl, Tel: +46-8-50828916, Mats Svensson, Tel: +46-8-50828915, Environmental and Health protection Administration Stockholm, Box 38024, S-10064 Stockholm, Sweden, Fax: +46-8-50828993, Website: <http://www.zeus-europe.org>

Vehículos a Combustible Alternativo OEM 1998

Información acerca de los fabricantes de Equipo Original de Vehículos a Combustible Alternativo para 1998 de los EE.UU. Website: <http://www.afdc.doe.gov>

Referencias

- BGW: *Wirtschaftlichkeit von Erdgas- Tankstellen aus Sicht der Betreiber*, 1996
- BGW: *Wirtschaftlichkeit erdgasbetriebener PKW und Kleintransporter aus Sicht der Flottenbetreiber*, 1997
- DNV Technical Report No 92-3537: *Safety Assessment of Methane-operated Vehicles*, para el proyecto nórdico de autobús a gas natural, Annex 9:NGVs and Safety, 1992
- DNV Technical Report No 92-3537: *Safety Assessment of Methane-operated Vehicles*, para el proyecto nórdico de autobús a gas natural, Annex 10: Incendio en el garaje de autobuses de la compañía de transporte central de Holanda, 1992
- Ebasco Services Incorporated: *Hazard Assessment of Natural Gas Vehicles in Public Parking Garages*, July 1991, New York. Este estudio está disponible a través de la European Natural Gas Vehicle Association
- Energy Information Administration, home page: <http://www.fleets.doe.gov>
- ENGVA: *Fuel Price & Tax Survey*, 1996. Este estudio está disponible a través de la European Natural Gas Vehicle Association
- GTZ, Sustainable Urban Transport Project in Surabaya (SUTP), Estudio de Factibilidad de GNC, Abril 2001, <http://www.sutp.org> [added by GTZ]
- IANGV home page: <http://www.iangv.org/sources/qa.html>
- InnoTec Systemanalyse GmbH *et al.*: *The Natural Gas Bus Project Berlin*, un proyecto cofinanciado por la Comisión Europea dentro del marco del THERMIE Programme (DGXVII), Berlin, 1998
- MAN, G. Lexen: *Erdgasantrieb für Stadtbusse und Kommunalfahrzeuge*, München, Germany, January 2000, Natural Gas Vehicle Coalition: NGVs: the decision starts here. Las Vegas, Nevada, 1995
- Naturalgas home page: <http://www.naturalgas.org> NGVBASIC.HTM
- NGVeuropa, 4th Technical Report: *The Belgian project*, Electrabel, 1999
- Ruhrgas Aktiengesellschaft: *Ruhrgas macht Erdgas zu Kraftstoff*, Essen, Germany
- Stadtwerke Augsburg, Roland Bartosch: *Erdgas für Kraftfahrzeuge*, Augsburg, Germany, 2000
- Stäubli: NGV: *Refuelling connections - NGV 1 design*, 1998.



Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
P. O. Box 5180
65726 ESCHBORN / GERMANY
Phone +49-6196-79-1357
Telefax +49-6196-79-7194
Internet <http://www.gtz.de>

