

## Conceptos básicos sobre el gas natural

El gas natural abastece cerca de 150.000 vehículos en los Estados Unidos y aproximadamente 22 millones de vehículos en todo el mundo.<sup>1</sup> Los vehículos de gas natural (NGV, por sus siglas en inglés) son una buena opción para las flotas de vehículos de alto kilometraje, tales como autobuses, taxis, vehículos de recolección de basura, los cuales son alimentados centralmente u operan dentro de un área limitada o a lo largo de una ruta con estaciones de servicio de gas natural. Las ventajas del gas natural como combustible alternativo incluyen su disponibilidad interna, la red de distribución establecida, un costo relativamente bajo, y los beneficios de las emisiones.

### ¿Qué es gas natural?

El gas natural es una mezcla inodora, gaseosa de hidrocarburos predominantemente metano (CH<sub>4</sub>). El combustible es ampliamente utilizado para la calefacción y para cocinar, así como para la producción de energía eléctrica y el uso industrial. Aunque se trata de una fuente alternativa fiable y comprobada que ha sido utilizada como combustible para vehículos, sólo alrededor de una décima parte del 1% del gas natural se utiliza actualmente de esta manera. Debido a que es un gas, debe ser almacenado en el interior de un vehículo, ya sea en un estado gaseoso o licuado comprimido. El gas natural comprimido (CNG, por sus siglas en inglés) normalmente es almacenado en un tanque a una presión de 3.000 a 3.600 libras por pulgada cuadrada.

El gas natural licuado (LNG, por sus siglas en inglés) es sobrenfriado y almacenado en su forma líquida a -260°F en tanques aislados. Debido a que el líquido es más denso que el gas, se puede almacenar más energía por volumen.



Los vehículos pesados de gas natural son una buena opción para las flotas de largo recorrido que operan a lo largo de una ruta con estaciones de servicio de gas natural.  
Foto de Saturn Lounge Photography, NREL 28496

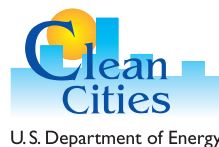
Esto hace que el LNG sea favorable para los camiones que necesitan un mayor alcance. El gas natural se vende en unidades equivalentes a galones de gasolina o diésel, los cuales están basados en el contenido de energía de un galón de gasolina o combustible diésel.

### ¿Cómo y dónde se produce y distribuye el gas natural?

La mayor parte del gas natural es extraído de pozos o junto con la producción de petróleo crudo. La producción de gas natural fósil en los Estados Unidos se ha incrementado significativamente en los últimos años a medida que los avances en el campo de las tecnologías de fracturación hidráulica han permitido el acceso al gas de esquisto. La mayor parte del gas natural utilizado en los Estados Unidos se produce en América del Norte. Estados Unidos cuenta con una amplia red de distribución de gas natural, que permite distribuirlo rápida y económicamente hacia y desde la

mayoría de lugares en los 48 estados meridionales.

El gas natural renovable (RNG, por sus siglas en inglés), o biometano, se produce a partir de materiales orgánicos en descomposición, tales como los residuos sólidos urbanos de los vertederos, las aguas residuales de las plantas de tratamiento, el estiércol de animales o los restos de alimentos. Después de haber eliminado las impurezas, el gas producido a partir de estas operaciones está listo para ser usado en vehículos o para ser distribuido a través de las tuberías existentes. Debido a que se produce a partir de fuentes de combustibles no fósiles, el RNG es clasificado como un combustible renovable de acuerdo con la Norma de Combustibles Renovables (RFS, por sus siglas en inglés) y como un combustible bajo en carbono de acuerdo a la Norma de Combustibles Bajos en Carbono. Por lo tanto, los créditos de la RFS están disponibles para compensar el mayor costo del RNG en comparación con el gas natural fósil. En 2014, el equivalente a aproximadamente 20 millones de



1. "Worldwide NGV Statistics" NGV Journal, consultado 6 de agosto de 2015.  
[www.ngvjournals.com/worldwide-ngv-statistics/](http://www.ngvjournals.com/worldwide-ngv-statistics/)

galones de gasolina de RNG recibieron créditos conforme a la RFS. Esto es menos del uno por ciento del potencial de producción estimado. Obtenga más información acerca de la RNG en el sitio web del AFDC ([afdc.energy.gov/fuels/natural\\_gas\\_renewable.html](http://afdc.energy.gov/fuels/natural_gas_renewable.html)).

## ¿Es seguro utilizar gas natural en vehículos?

Al igual que los vehículos convencionales, los NGV deben cumplir con todas las regulaciones aplicables, incluyendo las Normas Federales de Seguridad para Vehículos Motorizados (FMVSS, por sus siglas en inglés). En comparación con la gasolina y el combustible diésel, el gas natural tiene una temperatura de auto-ignición más alta (el punto al cual un gas o vapor pueden encenderse en el aire sin que una chispa o llama estén presentes), haciendo menos probable la auto-ignición no intencional. Además, debido a que es más ligero que el aire, el gas natural se disipa rápidamente. Los tanques de combustible de los vehículos de gas natural son fuertes y extremadamente resistentes a las perforaciones, pudiendo soportar pruebas de acuerdo con estándares estrictos. Una vez en uso, deben ser inspeccionados en un centro de servicio calificado cada tres años (36 meses) o cada 36.000 millas, lo que ocurra primero.<sup>2</sup> La Asociación Nacional de Protección contra Incendios, el Departamento de Transporte de EE.UU. y otras organizaciones proporcionan estas y otras directrices de seguridad para los NGV, así como para los equipos de abastecimiento de gas natural.<sup>3</sup> Una lista de los códigos y normas aplicables está disponible en el AFDC ([afdc.energy.gov/pdfs/48611.pdf](http://afdc.energy.gov/pdfs/48611.pdf)).

### Consideraciones para los tanques de CNG

Al adquirir un vehículo de CNG, se deben tener en cuenta los requisitos de inspección establecidos por las FMVSS, así como la vida útil del tanque de combustible. Si se utiliza el vehículo, es importante determinar cuándo ha sido inspeccionado

el tanque por última vez, si el vehículo ha tenido algún accidente, y si el tanque fue inspeccionado después. Los tanques de combustible de CNG tienen una vida útil de 15, 20 o 25 años, dependiendo de la forma en que fueron certificados por el fabricante original. Todos los tanques de CNG llevan una etiqueta que indica la fecha de vencimiento. Esta fecha también se puede encontrar en una etiqueta ubicada cerca del conector de abastecimiento de combustible, y en la etiqueta ubicada debajo del capó del vehículo.

## ¿Cómo funcionan los NGV?

Un sistema de combustible CNG transfiere gas natural a alta presión desde el tanque hacia el motor, mientras reduce la presión del combustible a fin de cumplir con los requisitos de funcionamiento del sistema de administración de combustible del motor. Al igual que en un motor de gasolina, la mezcla de combustible y aire se comprime y enciende mediante una bujía para producir energía. Los motores de LNG funcionan de manera similar; el LNG es convertido en un gas antes de ser inyectado en el motor.

Existen tres tipos de vehículos de gas natural:

- **Los vehículos dedicados** están diseñados para funcionar solamente con gas natural.
- **Los vehículos de combustible alternativo** tienen dos sistemas de abastecimiento de combustible separados que les permitan funcionar con gas natural o gasolina. Esto brinda la flexibilidad de usar cualquiera de los combustibles o ambos, aumentando efectivamente el alcance total del vehículo.
- **Los vehículos de doble combustible** utilizan gas natural con un poco de combustible diésel para ayudar al encendido, lo que les permite funcionar de la misma manera que los motores con encendido por compresión convencional (por ejemplo, diésel).

Los vehículos livianos son configurados típicamente como modelos dedicados o de combustible alternativo, y los vehículos pesados son configurados como modelos dedicados o de doble combustible. Los motores de doble combustible tradicionalmente se limitan a aplicaciones de vehículos pesados y tienen un consumo ligeramente más eficiente que sus equivalentes dedicados de encendido por chispa, pero un sistema de doble combustible es más complejo y requiere el almacenamiento interno de ambos tipos de combustible.

## ¿Cómo es el desempeño de los NGV?

Los NGVs son similares a los vehículos de gasolina o diésel con respecto a la potencia, aceleración y velocidad de crucero. El gas natural tiene un índice de bombeo de octano más alto que la gasolina (120+ en comparación con 84-93 de la gasolina), y algunos fabricantes de equipos originales (OEM, por sus siglas en inglés) ofrecen motores dedicados optimizados para aprovechar esta clasificación más elevada.<sup>4</sup> Esto puede derivar en un rendimiento mejorado y ahorro de combustible en los motores no optimizados. La autonomía de conducción de los NGV es generalmente menor que el de los vehículos de gasolina y diésel comparables. Esto se debe a que el gas natural tiene un contenido más bajo de energía y menos energía total puede ser almacenada en un tanque del mismo tamaño que el de los de gasolina o diésel de mayor densidad energética. Los tanques de almacenamiento adicionales o el uso del LNG pueden ayudar a aumentar el alcance.

## ¿Qué NGV están disponibles?

Una amplia variedad de NGV livianos, medianos y pesados están disponibles y son adecuados para diversas aplicaciones. Se pueden adquirir vehículos a través de concesionarios de OEM o convirtiendo los vehículos existentes a gas natural después de que ya hayan estado en servicio.

2. *Integridad de contenedores de combustible de gas natural comprimido*, 49 C.F.R. 571.304 (1 de octubre de 2011).

3. "NFPA 52: Código de Sistemas de Combustible Gaseoso Vehicular", Asociación Nacional de Protección contra Incendios, consultado 6 de agosto de 2015, [nfp.org/codes-and-standards/document-information-pages?mode=code&code=52](http://nfp.org/codes-and-standards/document-information-pages?mode=code&code=52).

4. *Comparación de propiedades de combustibles del AFDC* ([afdc.energy.gov/fuels/fuel\\_properties.php](http://afdc.energy.gov/fuels/fuel_properties.php)).



Los vehículos de CNG son alimentados con mangueras de abastecimiento de fácil uso, con cierre a presión. Foto de Pat Corkery, NREL 18188

## ¿Cómo puedo encontrar vehículos confiables y que cumplan con los requisitos de la EPA?

Todos los sistemas de abastecimiento de gas natural deben estar certificados para cumplir con las normas sobre emisiones de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) o la Junta de Recursos del Aire de California (CARB, por sus siglas en inglés). Para obtener una lista de los sistemas de conversión y motores de gas natural certificados por la EPA, visite el sitio web de la EPA ([epa.gov/otaq/consumer/fuels/altfuels/altfuels.htm](http://epa.gov/otaq/consumer/fuels/altfuels/altfuels.htm) y [epa.gov/otaq/certdata.htm#lsi](http://epa.gov/otaq/certdata.htm#lsi)). Tenga en cuenta que, tal como aclara la EPA, la lista no comprende la totalidad de los mismos y puede haber conversiones certificadas que no aparezcan en la lista. La EPA agrega sistemas de conversión a petición del fabricante de conversión y aconseja verificar periódicamente la lista para ver si hay actualizaciones. Los clientes deben pedir y controlar el certificado de la EPA o la CARB que posea el fabricante.

### Adquisición de vehículos nuevos

Para encontrar los OEM de los vehículos y motores de gas natural disponibles, consulte la Búsqueda de Vehículos del

([afdc.energy.gov/afdc/vehicles/search](http://afdc.energy.gov/afdc/vehicles/search)) o la página de Disponibilidad de Vehículos de Gas Natural para Estados Unidos (NGVAmerica) ([ngvamerica.org/vehicles/vehicle-availability/](http://ngvamerica.org/vehicles/vehicle-availability/)).

En algunos casos, se pueden seleccionar modelos de OEM con “paquetes de preparación” de combustible gaseoso, lo cual permite que un sistema calificado de readaptación o modificador de vehículo (QSR o QVM) instale el sistema de suministro de combustible de gas natural certificado por la EPA o la CARB antes en de que el vehículo sea entregado al cliente.

### Conversión de vehículos en servicio

Al convertir los vehículos en servicio, los propietarios deben insistir para obtener un sistema certificado por la EPA o la CARB. Sin embargo, garantizar una conversión de alta calidad requiere prestar atención a numerosos detalles adicionales. Los fabricantes de sistemas pueden realizar ellos mismos la conversión o trabajar en estrecha colaboración con un QSR/VCM. Un QSR/QVM bien calificado tendrá procedimientos establecidos y capacitación técnica para el proceso de instalación, así como las mejores prácticas. Es importante entenderlos y

solicitar la revisión de la documentación sobre el cumplimiento de las emisiones, así como las prácticas de conversión, procedimientos y capacitación. Para obtener detalles adicionales, consulte la página de conversiones de vehículos de gas natural en el sitio web del AFDC ([afdc.energy.gov/vehicles/natural\\_gas\\_conversions.html](http://afdc.energy.gov/vehicles/natural_gas_conversions.html)).

## ¿Cuánto cuestan los NGV?

El precio de un NGV es más alto que el de un vehículo de combustible convencional comparable; sin embargo, los NGV pueden proporcionar una recuperación de la inversión (ROI, por sus siglas en inglés) aceptable para muchas flotas debido al precio relativamente bajo del combustible. Los nuevos OEM para NGV livianos cuestan aproximadamente de \$ 6.500 a \$ 10.000 más que los vehículos de gasolina comparables, y los NGV pesados de gas natural cuestan \$ 30.000 o más que sus equivalentes. El precio depende de la capacidad del tanque de combustible y de si el vehículo es adquirido a un concesionario o es un vehículo en circulación que ha sido convertido. Los costos de mantenimiento y funcionamiento de los NGV son similares a los de sus equivalentes de gasolina o diésel. Los administradores de flotas también tendrán que tener en cuenta tanto el costo de la infraestructura de abastecimiento, si actualmente no tienen acceso a los lugares de abastecimiento existentes (ver página 4), como el costo potencial de las mejoras que puedan ser necesarias para sus instalaciones de mantenimiento.

Los créditos fiscales y otros incentivos también pueden estar disponibles para ayudar a reducir el costo del combustible, vehículos e infraestructura. Consulte “¿Cómo puedo calcular el ROI de los NGV?” en la página 5.

## ¿Es fácil abastecer combustible en un NGV?

Los vehículos de CNG son alimentados con dispensadores de fácil uso, con cierre a presión. La cantidad de tiempo necesario para llenar un tanque depende de varios factores, incluyendo la configuración de la estación de servicio. Las estaciones de tiempo de llenado

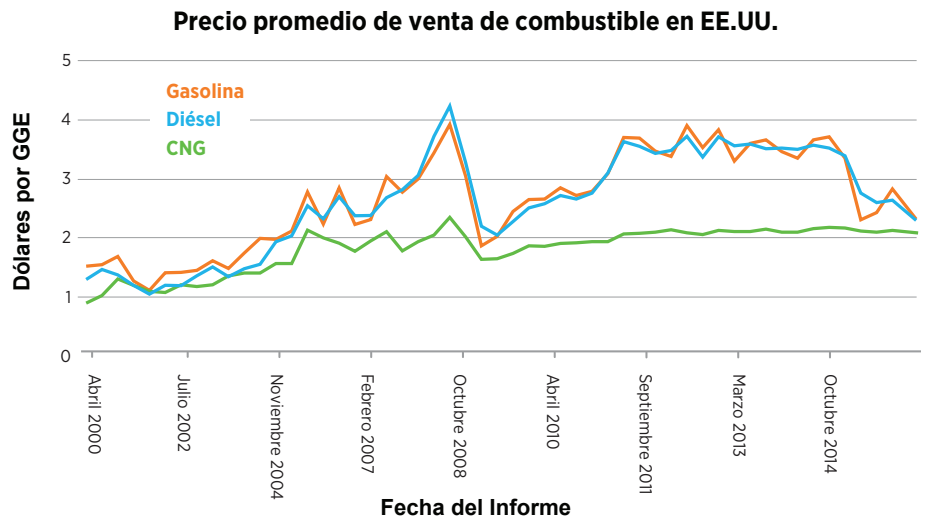
nocturno de combustible paravehículos, aprovechando las tarifas eléctricas de menor demanda y los equipos de compresión más pequeños (y menos costosos). Las estaciones de carga rápido llenan los vehículos rápidamente utilizando equipos de compresión más grandes y sistemas de almacenamiento de gas de alta presión. La temperatura del aire ambiente y la velocidad de llenado también afectan el volumen final de llenado en los tanques de vehículos de GNC. Vea una animación ilustrada interactiva de estos efectos en el sitio web del AFDC ([afdc.energy.gov/vehicles/cng\\_tank\\_animation.html](http://afdc.energy.gov/vehicles/cng_tank_animation.html)).

Las estaciones de LNG son estructuralmente similares a las estaciones de gasolina y de diésel porque suministran combustible líquido. Existen tres opciones para el abastecimiento de combustible LNG: portátiles, en contenedores y en estaciones grandes personalizadas. En el abastecimiento portátil de combustible, el LNG es suministrado por un camión cisterna que cuenta con equipos de medición y de dosificación. Una estación de contenedores, o estación de arranque, incluye un tanque de almacenamiento, equipos de dosificación, medición y contención requerida (en caso de derrames o fugas). Una estación personalizada tiene una mayor capacidad de almacenamiento y está diseñada para satisfacer las necesidades específicas de las flotas. El abastecimiento de combustible para los vehículos de LNG requiere procedimientos especiales, capacitación y equipo de protección, pero el proceso no es difícil.

Al igual que con todos los vehículos, se deben tomar las medidas de seguridad apropiadas al cargar combustible en los NGV.

### ¿Cuánto cuesta el gas natural y donde está disponible?

Históricamente, el precio promedio de venta del gas natural ha sido más bajo y más estable que el de la gasolina y el diésel (ver la Figura 1). Esto hace que el gas natural sea una buena opción para las flotas que utilizan grandes cantidades de combustible. Sin embargo, los administradores de flotas deben considerar bien sus opciones al establecer sitios de abastecimiento de combustible privados o utilizar lugares públicos.



**Figura 1.** El precio de venta promedio de combustible en los Estados Unidos para la gasolina, CNG y diésel en dólares por galón equivalente de gasolina (GGE, por sus siglas en inglés). Fuente: El promedio de precios de venta de combustible del AFDC en los EE.UU., [afdc.energy.gov/data/10326](http://afdc.energy.gov/data/10326).

### Estaciones públicas de servicio

Existen cerca de 1.000 estaciones públicas de gas natural en los Estados Unidos, incluyendo más de 900 que ofrecen CNG y casi 100 que ofrecen LNG. Para encontrar las estaciones en su área, visite el Localizador de Estaciones de Servicio Alternativo o descargue

la aplicación móvil del Localizador de Estaciones del sitio web del AFDC ([afdc.energy.gov/stations](http://afdc.energy.gov/stations)). Para obtener el mejor precio posible en estaciones de servicio públicas, los administradores de flotas deben negociar precios competitivos. El uso de estaciones sin este tipo de acuerdo puede dar lugar a pagar precios más altos.



La ciudad de Sacramento implementó más de 100 camiones recolectores de basura de LNG, como así también las estaciones de servicio e instalaciones de mantenimiento para brindarles soporte. El proyecto dio como resultado el ahorro de millones de dólares y más de 1.900 toneladas de emisiones anuales de gases de efecto invernadero evitadas. Obtenga más información en [afdc.energy.gov/case/1424](http://afdc.energy.gov/case/1424).

Foto de Randall Benton, cortesía de Zonar Systems

### Estaciones de servicio privadas

Los administradores de flotas que tengan previsto utilizar un gran volumen de combustible pueden considerar la construcción de una nueva estación de servicio. Las estaciones de CNG se encuentran normalmente ubicadas cerca de las infraestructuras de gasoductos existentes, mientras que el LNG se transporta y entrega a las estaciones, tal como la gasolina y el diésel. Las estaciones pueden ser de acceso privado, abierto a clientes de la flota, o estar disponibles para el público en general.

Para obtener información actualizada sobre los precios de venta del combustible, consulte el Informe de Precios Alternativos de Combustible de Clean

de CNG de tiempo de llenado puede costar entre \$ 5.500, para una unidad residencial, y \$ 850.000 para una estación para alimentar flotas de vehículos. Una estación de llenado rápido puede costar de \$ 45.000 a \$ 1,8 millones. Los amplios rangos son el resultado de muchas variables, tales como el número y tipo de vehículos que están siendo abastecidos, la capacidad de almacenamiento requerida, los tamaños de los compresores, la presión de gas, el equipo utilizado, el número de entradas y mangueras y los costos de instalación. Para obtener más información, consulte los *Costos Asociados con la Infraestructura de Abastecimiento del Gas Natural Vehicular*.<sup>5</sup> Según la Administración de Información de Energía, un sitio de abastecimiento de combustible puede

períodos de recuperación más cortos. Por lo tanto, la recuperación de la inversión está ligada al tamaño y tipo de flota. Los créditos fiscales y otros incentivos también pueden estar disponibles para ayudar a reducir el costo de combustible de gas natural, vehículos e infraestructura, acortando de este modo el periodo de recuperación. Para obtener más información, comuníquese con su coordinador local de Clean Cities y vea el AFDC Sección de Leyes Federales y Estatales e Incentivos ([afdc.energy.gov/laws](http://afdc.energy.gov/laws)).

Dos herramientas útiles incluyen el Ciclo de Vida Ambiental del Combustible y Transporte Económico (AFLEET, por sus siglas en inglés) ([greet.es.anl.gov/afleet](http://greet.es.anl.gov/afleet)), las cuales estiman el uso del petróleo, las emisiones y el costo de propiedad de los vehículos livianos y pesados para una variedad de combustibles; y el modelo de Evaluación de Vehículos e Infraestructura de Flujo de Caja (VICE, por sus siglas en inglés) ([afdc.energy.gov/vice\\_model](http://afdc.energy.gov/vice_model)), que puede ser utilizado para evaluar el ROI y el periodo de recuperación tanto para los vehículos de gas natural y como para la infraestructura.

### ¿Cómo se comparan las emisiones NGV con las emisiones de vehículos de gasolina y diésel?

Todos los vehículos nuevos están equipados con sistemas de control de emisiones efectivos y deben cumplir con las mismas normas de emisiones, independientemente del tipo de combustible. En consecuencia, las emisiones del tubo de escape de NGV (o de cualquier vehículo de combustible alternativo) son comparables a las de los vehículos de gasolina y diésel equipados con modernos controles de emisiones.



En la estación de reabastecimiento de CNG de Oyster Bay, Nueva York, los vehículos utilizan la conexión de tiempo de llenado. Foto de Greater Long Island Clean Cities, NREL 23853

Cities (AFDC. [energy.gov/fuels/prices.html](http://energy.gov/fuels/prices.html)). Este informe proporciona los precios promedio regionales de venta en las estaciones de servicio, y puede servir como un barómetro sobre los precios de venta de combustible en su área.

### ¿Cuánto cuesta instalar una estación de servicio de gas natural?

El costo de instalación de la infraestructura de gas natural varía en función al tamaño, la capacidad y el tipo de gas natural que dispensa. Una estación

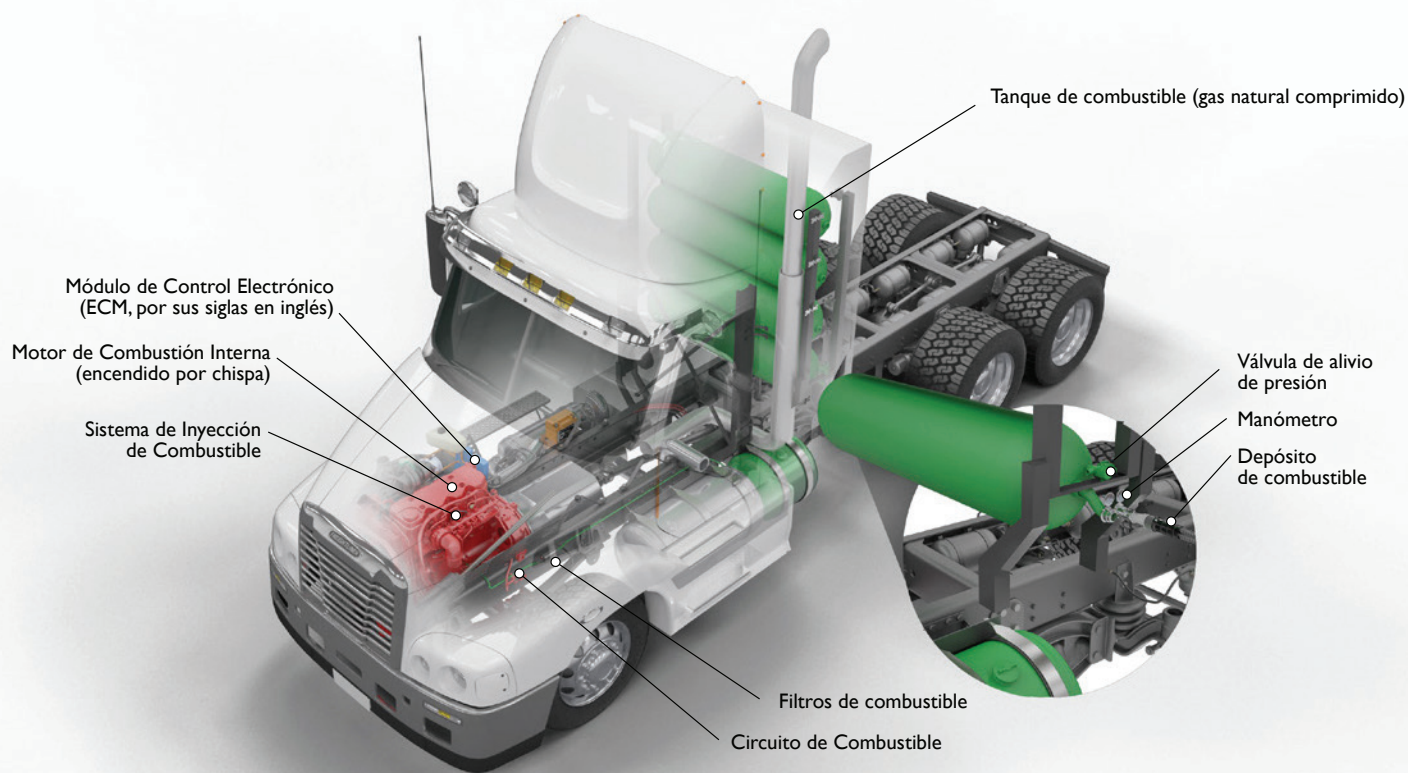
variar entre \$ 1 y \$ 4 millones.<sup>6</sup> Toda la infraestructura debe cumplir con los códigos y normas locales, y es importante involucrar a la autoridad local que tenga jurisdicción en el proceso.

### ¿Cómo calculo el ROI para NGV?

El ROI asociado con el gas natural depende de una variedad de factores. Debido a que el combustible de gas natural es con frecuencia menos costoso que la gasolina y el diésel, las flotas de vehículos con mayor kilometraje experimentarán

5. Smith, Margaret y John Gonzales, Los costos asociados con la Infraestructura de abastecimiento vehicular de gas natural comprimido DOE/ GO-102014-4471, Departamento de Energía, Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable de EE.UU., 2014, [afdc.energy.gov/uploads/publication/cng\\_infrastructure\\_costs.pdf](http://afdc.energy.gov/uploads/publication/cng_infrastructure_costs.pdf).

6. "Annual Energy Outlook 2010 DOE/ EIA-0383 (2010)". Administración de Información Energética de EE.UU. [ntl.bts.gov/lib/34000/34000/34012/0383\\_2010\\_.pdf](http://ntl.bts.gov/lib/34000/34000/34012/0383_2010_.pdf).



Esta ilustración muestra un típico camión de CNG pesado, Clase 8. Los diversos componentes del sistema de combustible de GNC están resaltados. Ilustración de Josh Bauer, NREL

De acuerdo con el modelo de Gases de Efecto Invernadero, Emisiones Reguladas, y Uso de Energía en el Transporte de la ANL (GREET, por sus siglas en inglés), los vehículos livianos que funcionan con gas convencional y gas de esquisto natural pueden reducir el ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero en un 11% (83% si funcionan con RNG). Además, debido a que los sistemas de combustible de CNG están completamente sellados, los vehículos no producen emisiones de evaporación. Para obtener más detalles, visite la página de Emisiones de Vehículos de Gas Natural del AFDC ([afdc.energy.gov/vehicles/natural\\_gas\\_emissions.html](http://afdc.energy.gov/vehicles/natural_gas_emissions.html)).

### ¿Dónde puedo obtener más información sobre el gas natural?

Para obtener más información sobre el gas natural como combustible para el transporte, visite las páginas de Combustibles de Gas Natural y Vehículos del AFDC ([afdc.energy.gov/fuels/natural\\_gas.html](http://afdc.energy.gov/fuels/natural_gas.html)). También puede comunicarse con su coordinador local de Clean Cities ([cleancities.energy.gov/coalitions.html](http://cleancities.energy.gov/coalitions.html)) o visitar el sitio web NGV America ([ngvamerica.org](http://ngvamerica.org)) para obtener más información. Para los estudios de casos sobre vehículos de gas natural, consulte la página Estudios de casos del AFDC ([afdc.energy.gov/case](http://afdc.energy.gov/case)).



Existen más de 800 estaciones públicas de gas natural en los Estados Unidos.  
Foto de iStock, 87365495

U.S. DEPARTMENT OF  
**ENERGY**

Energy Efficiency &  
Renewable Energy

Servicio de Respuestas Técnicas de Clean Cities  
800-254-6735 • [technicalresponse@icfi.com](mailto:technicalresponse@icfi.com)

Para ver esta y otras publicaciones en línea de Clean Cities, visite [cleancities.energy.gov/publications](http://cleancities.energy.gov/publications).

DOE/GO-102016-4899 • Agosto 2016

Preparado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, por sus siglas en inglés), un laboratorio nacional del Departamento de Energía de los Estados Unidos, Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable; el NREL es operado por la Alliance for Sustainable Energy, LLC.