

REVISTA ENERGETICA ENERGY MAGAZINE

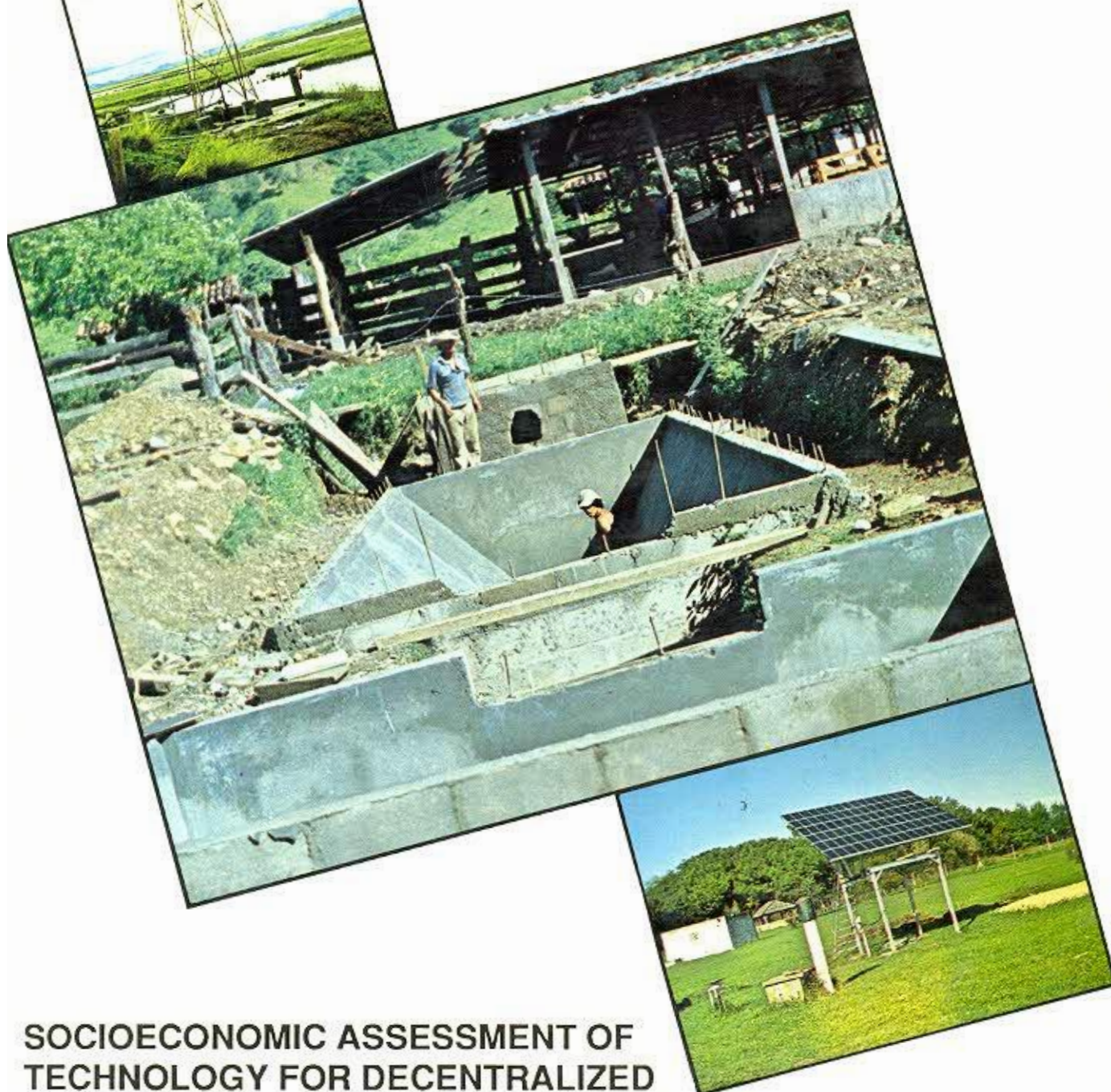
Año 13
YEAR 13

número 2
NUMBER 2

Mayo - octubre 1989
MAY - OCTOBER 1989



EVALUACION SOCIO ECONOMICA DE TECNOLOGIAS PARA SISTEMAS ENERGETICOS DESCENTRALIZADOS: CONCLUSIONES DE ATAS VI



SOCIOECONOMIC ASSESSMENT OF
TECHNOLOGY FOR DECENTRALIZED
ENERGY SYSTEMS: CONCLUSIONS OF THE ATAS VI WORKSHOP

PROYECTO GAS NATURAL PARA VEHICULOS (GNV) *

**** Alberto Lanz
Luis Gamboa
Edgardo Ostos**

RESUMEN

Las considerables reservas probadas de gas natural en Venezuela, su distribución a través de gasoductos en las principales ciudades y el hecho de que con las facilidades actuales de procesamiento en el país este producto no es exportable, abren grandes posibilidades de utilizarlo como combustible automotor alternativo a la gasolina y el diesel, aprovechando la tecnología comercialmente disponible.

Un proyecto de esta naturaleza producirá beneficios de consideración para la nación, ya que permitirá generar ingresos adicionales de divisas a través de la liberación, disminuirá considerablemente la contaminación al medio ambiente y permitirá el desarrollo de actividades económicas en sectores tales como el automotriz, la industria metalmeccánica, empresas de servicios, talleres y empresas proveedoras de partes y equipos.

En la presentación del trabajo se abarcan aspectos tales como: Experiencia en el uso del gas natural como combustible automotor en otros países, razones para su implementación en Venezuela, así como el mercado potencial y las estrategias que se planifican para su comercialización, normativas que regirán para los equipos y talleres de conversión, estaciones públicas y privadas o consumos propios. Finalmente, se exponen las metas planificadas para el mediano plazo y las actividades cumplidas hasta la fecha de realización del trabajo.

INTRODUCCION

El uso del gas natural como combustible para motores de combustión interna no es nuevo. El principal componente del gas natural, el metano, era disponible como gas de hulla. Otros combustibles alternos a la gasolina se han desarrollado a partir de entonces; sin embargo, el gas natural representa un combustible de especial interés para Venezuela.

Las considerables reservas probadas de este producto, 1.9 billones de metros cúbicos, su distribución actual a través de gasoductos que cubren las principales ciudades del país y el hecho de que actualmente no se cuenta con las facilidades de procesamiento para exportarlo, abren perspectivas interesantes para usarlo como combustible alternativo a la gasolina y el diesel en ciertos sectores del mercado venezolano. Por esta razón, Petróleos de Venezuela, S.A. encomienda a Corpoven, S.A. la realización de un proyecto que contemple el inicio de la infraestructura necesaria para utilizar el gas natural como combustible alternativo en Venezuela. En el presente trabajo se describe de manera sucinta la experiencia que otros países tienen en relación con el uso del GNV, así como las razones para su implantación en Venezuela, el mercado potencial estimado y las estrategias que se están considerando; se destacan aspectos técnicos relacionados con el GNV, así como la normativa que cubre equipos y talleres de

conversión y estaciones de abastecimiento públicas y privadas. También se señalan las metas y planes que se contemplan a mediano plazo y las actividades realizadas a la fecha.

EXPERIENCIA EN OTROS PAISES

En la Tabla 1 se señalan algunas cifras sobre el parque automotor a GNV en aquellos países en los cuales su uso está más generalizado. Como se puede observar, el número total de vehículos a GNV en el mundo está en el orden de los 550 mil, estando representados principalmente por vehículos de alto consumo pertenecientes a flotas de servicio público y empresas privadas. Con el propósito de palpar las experiencias en el uso del GNV, se visitaron los principales países usuarios de este combustible. A continuación se señalan algunas conclusiones obtenidas de estas visitas:

- El uso del gas natural como combustible alternativo para vehículos es factible técnica y comercialmente.
- El factor económico juega un papel primordial en la motivación del usuario a usar GNV como combustible alternativo a la gasolina o el diesel. Generalmente el precio del GNV no sobrepasa el 50% del correspondiente al combustible al cual sustituye; este diferencial, junto con otros incentivos que da el Estado, permiten al usuario recuperar la inversión de conversión en un plazo de 1 a 2 años, dependiendo de su consumo de combustible.
- El apoyo del Estado a un programa de implantación del gas natural como

* Artículo publicado en los Anales de las VII Jornadas de Gas, realizadas en Puerto La Cruz, Venezuela, 20 y 21 de abril de 1989.

** Los autores son funcionarios de CORPOVEN S.A., Venezuela.

combustible alternativo a la gasolina es fundamental para lograr que sea exitoso. En este sentido se puede destacar que mediante políticas y normas adecuadas, garantía de un diferencial de precio conveniente, bonos para incentivar la conversión y garantía de suministro, el Estado incentiva un programa de esta naturaleza.

- Las razones que dieron origen en los diferentes países a utilizar el gas natural como combustible alternativo fueron diferentes. Fundamentalmente los motivos se centraron en dos aspectos: Protección ambiental y disponibilidad de combustible líquido.

- Con respecto a los sistemas de conversión, los correspondientes a los vehículos livianos a gasolina son del tipo dual en todos los casos. En relación con vehículos pesados de transporte a gasolina, no se encontró una definición al respecto, utilizándose ambas modalidades: Dual y sólo a GNV. En el caso de la conversión de motores diesel, se encontraron también dos modalidades: adaptación del motor diesel a ciclo Otto para utilizar sólo GNV y conversión del motor diesel para usar mezclas de combustible diesel/GNV.

- La tecnología de conversión para usar GNV como combustible alternativo a la gasolina está bastante avanzada y no se vislumbran cambios de consideración en su desarrollo futuro. Este no es el caso del uso del GNV como combustible alternativo a ser usado en motores diesel. En este aspecto la tecnología está en franco desarrollo.

En líneas generales se puede decir que, de acuerdo con la experiencia de otros países, el uso del GNV está principalmente dirigido a ciertos sectores del mercado, primordialmente a los altos consumidores, y en ningún caso su uso es masivo.

La tecnología de conversión para usar GNV como combustible alternativo a la gasolina está bastante avanzada y no se vislumbran cambios de consideración en su desarrollo futuro.

ASPECTOS TECNICOS

Gas natural como combustible automotor

El gas natural es básicamente una mezcla de metano, etano, propano e hidrocarburos más pesados, CO₂, nitrógeno, agua y trazas de otras sustancias como H₂S. Para su utilización en vehículos, el gas natural deberá ser comprimido desde el nivel de baja presión existente en las redes de distribución, generalmente 60 psi, hasta una presión de 3 000 psi aproximadamente. Adicionalmente, el gas natural para uso automotor deberá tener ciertas características que permitan su utilización. El gas natural de Venezuela resulta apropiado para su uso en vehículos ya que su composición cumple con las especificaciones internacionales existentes. En la Tabla 2 se resumen sus características y se comparan con valores referenciales internacionalmente aceptados. En gases como éste, donde existen componentes como el H₂S y el CO₂, es de suma importancia mantener el contenido de agua lo más bajo posible a fin de minimizar riesgos de corrosión interna en los cilindros. Sin embargo, dada la elevada temperatura ambiente durante todo el año, la cantidad de agua que pueda condensarse dentro de los cilin-

dros es prácticamente despreciable. Un metro cúbico normal de GNV equivale, en términos energéticos, a un litro de gasolina aproximadamente. En otras palabras, esto quiere decir que un vehículo podrá recorrer la misma distancia con un litro de gasolina, que con un metro cúbico normal de gas natural comprimido. El GNV podrá suministrarse en estaciones públicas o consumos propios, mediante una operación de abastecimiento similar a la gasolina. Para la utilización del GNV como combustible automotor es necesario instalar en el vehículo un equipo de conversión, para lo cual no se requiere realizar mayores modificaciones en el motor, siendo dicha instalación rápida y sencilla, y pudiendo efectuarse en cualquier tipo de vehículo. El gas natural es un combustible "limpio" que no deja residuos en su combustión y en comparación con la gasolina es un combustible con mayor octanaje (130 rón), lo cual permite su utilización en vehículos con una alta relación de compresión. La Tabla 3 muestra, de manera comparativa, algunas propiedades de la gasolina y el gas natural. Por sus propiedades el gas es un combustible que produce menor contaminación ambiental, tanto de la atmósfera como del subsuelo, en comparación con otros combustibles automotores como la gasolina y el diesel. Valores comparativos de niveles de contaminación producidos por estos combustibles se muestran en la Tabla 4. El GNV es un producto difícilmente adulterable y un combustible seguro, tal como la demuestra la amplia experiencia de su utilización en otros países. Su alta temperatura de ignición y su rápida volatilización en el aire, lo hacen tanto o más seguro que la gasolina. Por sus características, el gas natural produce una pérdida de potencia en el vehículo de aproximadamente un 15% la cual se hace más manifiesta en la etapa de arranque del mismo. Adicionalmente, otros aspectos, tales como la relación peso/volumen de los cilindros de al-

macenamiento y la relación tiempo de abastecimiento/autonomía, deben tomarse en consideración para la conversión de vehículos a GNV. En la Tabla 5 se muestra la relación peso/volumen, para tanques de 50 litros de capacidad y diferentes tipos de material. Se puede observar que el peso de los cilindros para GNV convencionales oscila en alrededor de 1 kg por litro de capacidad, lo cual representa un peso significativo; más aún, si se considera que el volumen de gasolina equivalente al contenido de un tanque de GNV es aproximadamente la cuarta parte de su capacidad real en litros de agua. Es importante señalar que nuevas tecnologías en la fabricación de cilindros para GNV, de materiales compuestos, permiten reducir hasta un 60% la relación peso/volumen de los cilindros convencionales (Tabla 5). El tiempo de abastecimiento de un vehículo a GNV es otro de los factores importantes a tomar en consideración al momento de la conversión. En promedio, se puede establecer que el tiempo de abastecimiento para GNV es 2.5 veces el tiempo que tomaría abastecer un volumen equivalente de gasolina.

Conversión de vehículos

La conversión de un motor a gasolina para operar a GNV se puede efectuar en forma total (sólo GNV) o en forma dual (GNV/gasolina). En ambos casos el equipo para la conversión lo integran básicamente un cilindro de almacenamiento (o más donde las condiciones del vehículo lo permitan), un regulador para reducir la alta presión en el cilindro hasta una presión ligeramente inferior a la atmósfera, un mezclador de aire/combustible adaptado al carburador existente de gasolina y un sistema de válvulas para el llenado y control del sistema. Con un equipo similar al utilizado en la conversión de motores a gasolina, se puede convertir un motor diesel para funcionar con GNV. La

TABLA 1.- EXPERIENCIA DEL GNV EN OTROS PAISES

PAIS	INICIO USO GNV	VEHICULOS A GNV (2)	% PARQUE AUTOMOTOR
Italia	1945	300 000	1,40
Nueva Zelanda	1979	144 000	10,40
Canadá	1980	15 000	0,20
Estados Unidos	1945	30 000	0,02
Argentina	1983	11 000	0,10
Otros (1)	—	50 000	—
		550 000	

NOTAS: 1) URSS, Francia, Australia, Brasil, Colombia, Irán, Indonesia, India, etc.

2) Altos consumidores, principalmente flotas de:
- Servicios públicos (taxis, autobuses, etc.)
- Empresas privadas.

TABLA 2.- CARACTERISTICAS GAS NATURAL PARA VEHICULOS

	COMPOSICION * GAS NATURAL	REQUERIMIENTOS INTERNACIONALES
Metano (%)	81,59	80,00 MIN
Etano (%)	8,45	10,50 MAX
Propano (%)	0,94	3,50 MAX
Butano (%)	0,29	1,50 MAX
Pentano y más Pesados (%)	0,16	0,50 MAX
Dióxido de Carbono (%)	8,50	3,00 MAX
Nitrógeno (%)	0,07	7,00 MAX
Sulfuro de Hidrógeno (PPM)	5,70	14,00 MAX
Agua (LB/MMPC)	4,95	6,5 MAX
Gravedad Específica	0,69	0,56-0,69
Poder Calorífico (BTU/PC)	1000	1070 MAX
Odorización	Detectable	Detectable

* Estos valores corresponden a la composición promedio en el área metropolitana de Caracas.

TABLA 3.- CARACTERISTICAS GASOLINA/GAS NATURAL

	GASOLINA	GAS NATURAL
Gravedad Específica	3,5	0,68
Temperatura de Ignición en Aire (Espontánea)	430°C	700°C
Octanaje	83-95	130
Temperatura de Ebullición (Presión Atmosférica)	27°C	-161°C
Relación Aire/Combustible (en volumen)	15 5:1	10 1:1
Relación Química con Gomas	SI	NO
Presión de Almacenaje	ATMSF	3 000 PSI
Calidad de la Mezcla Aire/Combustible	POBRE	BUENA
Contaminación (CO, HC, NOx)	ALTA	MUY BAJA
Rango Mezcla Explosiva	1-16%	4-14%
BTU/Galón	149 000	34 651
BTU/Libra	20 300	23 600
Equivalencia Energética	1,0 lts	1,0 NM3

conversión puede ser de tipo total, en la cual se transforma el encendido por compresión a encendido por chispa o la conversión compartida diesel/GNV, donde se mantiene el ciclo normal de operación del motor diesel. El sistema es alimentado con gas natural a través de la válvula de llenado colocada en el compartimiento del motor. Estas válvulas son normalizadas en su dimensión a fin de que las mismas se acoplen al pico de llenado de los surtidores. El gas alimentado es llevado al cilindro de almacenamiento a través de una tubería de alta presión. Los cilindros son diseñados para trabajar a 3 000 psi y deben estar perfectamente fijados a la estructura del vehículo. Dependiendo de la disponibilidad de espacio y capacidad de carga, se podrá instalar la cantidad suficiente de cilindros que garantice la máxima autonomía posible para la operación del vehículo. En el caso de que los cilindros sean colocados en compartimientos cerrados, como la maleta del vehículo, un sistema de ventilación se deberá instalar en la válvula de cierre del tanque. Desde los cilindros, el gas es suministrado al regulador de presión, ubicado en el motor, por la misma

línea de alta presión. La función de este regulador es reducir la alta presión del gas almacenado hasta la presión de alimentación al motor. Para evitar el congelamiento de las cámaras del regulador, debido a la brusca expansión del gas, se hace circular agua del sistema de enfriamiento del motor por el cuerpo del regulador. Una vez regulada la presión del gas, éste llega a un mezclador dosificador, donde se mezcla con el aire en las proporciones apropiadas, dependiendo de la demanda del motor. El resto de los elementos del equipo de conversión lo integran los componentes eléctricos del sistema, siendo básicamente: el selector del combustible, el cual, ubicado en el tablero, opera las solenoides de corte de gasolina y GNV dependiendo del combustible seleccionado, el indicador eléctrico de nivel y el módulo de control de encendido, que adapta la curva de encendido del vehículo a las características del gas natural.

Estaciones de llenado

Las estaciones para el suministro de GNV podrán ser instaladas en estaciones de servicio públicas exis-

tentes, es decir, estaciones mixtas gasolina/GNV, o bien se podrán construir nuevas estaciones sólo para GNV. Dependiendo del usuario a ser servido, se construirán estaciones de llenado tipo rápido (fast-fill system) o estaciones de llenado lento (trickle fill system). Una estación de GNV de llenado rápido está compuesta fundamentalmente por los siguientes elementos: La estación para la medición del gas tomado de la red, el equipo de compresión, los cilindros de almacenamiento y finalmente los surtidores. Las estaciones de llenado rápido son para atender al usuario particular, en forma similar a los expendios públicos de combustible existentes. En estas estaciones, el gas se toma de la red doméstica, a aproximadamente 60psi, y es comprimido hasta una presión de 3600 psi. Seguidamente el gas es almacenado en un grupo de cilindros a alta presión para finalmente ser despachado a través de los picos del surtidor electrónico ubicado en la isla. Todo el proceso de llenado rápido dura entre 5 y 8 minutos aproximadamente para un vehículo promedio (50 litros de capacidad).

Las estaciones de llenado lento

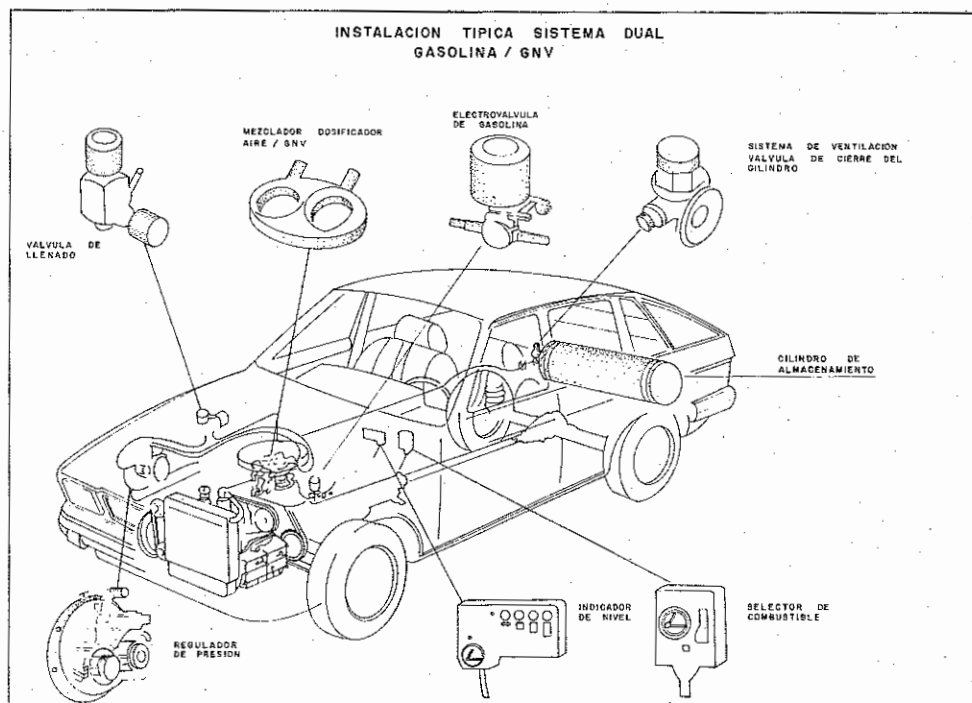


TABLA 4.- NIVELES DE CONTAMINACION (gr/km)

EMISION	GASOLINA	DIESEL	GNV
Hidrocarburos	0,45	0,72	0,83
Monóxido de Carbono	2,27	1,60	0,06
Oxido de Nitrógeno	0,86	1,22	0,82
Oxido de Azufre	0,28	0,49	—
Part. Sólidas	0,04	0,45	—

TABLA 5.- CILINDRO DE ALMACENAMIENTO GNV

TIPO DE MATERIAL		DIMENSIONES Ø (mm) 1 (mm)		PESO DEL CILINDRO Kg	RELACION PESO/VOLUMEN Kg/lit
Acero	DOT	230	1 477	64,0	1,28
	Norma Italiana	227	1 484	49,1	0,98
Acero Reforzado		290	1 006	49,0	0,98
Aluminio Reforzado		335	990	45,0	0,90
Material Compuesto		350	750	22,0	0,44

- NOTAS: 1) Cilindros con capacidad de 50 lts de agua.
 2) Volumen de gas almacenado 12,5 m3 (a presión y temperatura normal).
 3) Volumen de gasolina equivalente 12,5 lts.
 4) Volumen gasolina equivalente (lts) = 0,25 volumen tanque (lts).

TABLA 6.- INFRAESTRUCTURA TIPICA ESTACION ABASTECIMIENTO GNV

CAPACIDAD ABASTECIMIENTO (vehículos/día)	CARACTERISTICAS DEL COMPRESOR		CANTIDAD DE PICOS DE SUMINISTRO	VOLUMEN GASOLINA EQUIVALENTE (litros/mes)
	NM3/H	H.P.		
100	150	67	1	110 240
150	225	87	1	165 360
200	300	118	2	220 480
250	375	129	2	275 600
300	450	150	3	330 720
350	525	160	3	385 840
400	600	208	3	441 000
450	675	208	4	496 000
500	750	208	4	551 200

son diseñadas para surtir al tipo de usuario privado (flotillas, líneas de taxis o autobuses). En este sistema, al igual que en las estaciones de llenado rápido, el gas se toma de la red y es comprimido a 3 600 psi de presión; sin embargo, no se utiliza ningún tipo de almacenamiento y el despacho es e-

fectuado a través de varios picos de suministro. Las estaciones de llenado lento están básicamente constituidas por una estación de medición de gas, el equipo de compresión, una red de distribución de gas desde el compresor hasta la posición de aparcamiento de los vehículos y, finalmente, los dis-

pensadores de gas para cada vehículo, los cuales no poseen facilidades para medición. El modo más usual de operar este sistema es conectar en el estacionamiento de la flota varios vehículos de la misma, a fin de que sean llenados simultáneamente durante el transcurso de la noche (5-6 horas), quedando los vehículos listos para operar al iniciar las labores del día siguiente.

El dimensionamiento de las estaciones para suministro de GNV depende de diversos factores, tales como: Ubicación y espacio disponible de la estación, capacidad de almacenaje y frecuencia de reabastecimiento del vehículo (características de usuarios). La Tabla 6 resume el dimensionamiento de estaciones, para abastecer de 100 a 500 vehículos/día para un patrón típico de demanda. Nótese que para poder instalar un expendio de gran capacidad de GNV, la infraestructura en equipos es mayor en comparación con los equipos de gasolina necesarios para despachar ese mismo volumen equivalente.

RAZONES PARA SU IMPLANTACION, MERCADO POTENCIAL Y ESTRATEGIAS DE COMERCIALIZACION

Tal como se mencionó anteriormente, las razones que tuvieron otros países para implantar el uso del GNV se centraron fundamentalmente en dos aspectos: Protección al medio ambiente y disponibilidad de combustible líquido. El primero de ellos es válido en el caso de Venezuela, no así el segundo, ya que el país cuenta con suficiente disponibilidad de combustible para el parque actual de gasolina del cual dispone. La razón fundamental que respalda comenzar la infraestructura para implantar el uso del GNV en Venezuela es que bajo un techo de producción limitado fijado por la OPEP, permite liberar volúmenes

adicionales de gasolina para la exportación, obteniéndose de esta manera un incremento de divisas para la nación. Entre otras razones que justifican el uso del GNV como combustible alternativo, se tiene el hecho de que en la actualidad Venezuela cuenta con cuantiosas reservas de gas natural, así como con una infraestructura de producción, transmisión y distribución que permite el uso del GNV a través de las estaciones de servicio en las principales ciudades del país. Asimismo, el GNV representa el combustible que genera la menor contami-

nación al ambiente. Tal como ha sucedido en otros países en los cuales se ha implantado el uso de este combustible alternativo, se considera que un proyecto de esta naturaleza permitirá el desarrollo de actividades en sectores económicos, tales como el automotriz, la industria metalmecánica, empresas de servicio, talleres y empresas proveedoras de partes y equipos. Para la Industria Petrolera Nacional, en su manejo sobre futuros ajustes de precios con respecto a la gasolina y el diesel en el mercado interno, la alternativa de un combustible alternativo como el

GNV facilitaría decisiones al respecto. Es de señalar que dado el diferencial de precio a favor del diesel subsidiado con respecto a la gasolina, existe una tendencia al incremento de la demanda con respecto a este combustible. Esto se evidencia por el crecimiento en el mercado del uso de motores a diesel, así como el cambio de motores con este combustible en vehículos existentes originalmente a gasolina. La situación así planteada no es conveniente dadas las limitaciones actuales de suministro del diesel en el mercado interno, así como las condiciones favorables que tiene este combustible para ser vendido en los mercados internacionales. Consideramos que la alternativa del GNV reducirá la utilización del diesel automotor. La utilización del GNV permitirá un mejor aprovechamiento de la infraestructura de gas existente, y dará acceso a una experiencia tecnológica que podrá ser transferida, mediante acuerdos comerciales, a otros países

TABLA 7.- MERCADO POTENCIAL

SECTOR MERCADO	PARQUE POTENCIAL M. VEH.	VOLUMEN LIBERADO MBPD
Taxis	15	2,7
Colectivo/Por Puestos	7	2,2
Flotillas	8	1,4
Carga	6	1,3
Particulares	4	0,4
Total	40	8,0

TABLA 8.- LISTA DE VERIFICACION DE PRUEBAS DE SISTEMA DE GNV

1. Cerrar las válvulas de cierre manual de los cilindros
2. Presurizar lentamente el sistema con nitrógeno o GNV a 689 kPa. (100 PSI)
3. Probar todas las uniones y conexiones con espuma no corrosiva o detector de gases, buscar posibles fugas
- 4a. SI EXISTEN FUGAS: Despresurizar el sistema, corregir las fugas y pasar al punto 1 .
- 4b. SI NO EXISTEN FUGAS: Presurizar lentamente el sistema con nitrógeno o GNV a 24,8 MPa (3 600 PSI)
5. Probar todas las uniones y conexiones con espuma no corrosiva o detector de gases, buscar posibles fugas
- 6a. SI EXISTEN FUGAS: Despresurizar, corregir las fugas y pasas al punto 1
- 6b. SI NO EXISTEN FUGAS: Abrir lentamente las válvulas de cierre manual de los cilindros
7. Probar las uniones entre las válvulas y los cilindros, con espuma no corrosiva o detector de gases, buscar posibles fugas
- 8a. SI EXISTEN FUGAS: Despresurizar el sistema, corregir las fugas y pasar al punto 6b.
- 8b. SI NO EXISTEN FUGAS: Probar el funcionamiento del vehículo con GNV
9. SI ES UNA CONVERSION DUAL: Buscar y corregir posibles fugas de combustible líquido.
10. SI ES UNA CONVERSION DUAL: Probar el funcionamiento del vehículo con el combustible líquido

que se inicien en el uso del gas natural como combustible automotor. Desde el punto de vista del usuario, las razones para implantar el uso del GNV son fundamentalmente económicas. El gas natural será siempre un combustible más barato y con propiedades que permiten, comparándolo con la gasolina y el diesel, reducir los costos de mantenimiento.

Con respecto a los aspectos relativos al mercado venezolano y al parque automotor potencialmente convertible a GNV, es importante destacar que las cifras de mercado que se mencionarán a continuación son la mejor estimación para la fecha de realización de este reporte (Nov. 1988). Estas estimaciones podrían sufrir modificaciones como resultado de los estudios, que por esta misma fecha se adelantan, con el propósito de tener una visión más precisa del mercado potencial. El parque automotor nacional de vehículos a gasolina en circulación, estimado para 1988, está en el orden de dos millones cien mil vehículos. Bajo las condiciones actuales (precios de la gasolina, paridad cambiaria, etc.) de este total se ha estimado que el mercado potencial convertible a GNV es de cuarenta mil vehículos. Los factores limitantes tomados en consideración para llegar a esta cifra fueron los siguientes: En primer lugar, la logística de suministro de GNV está restringida a las ciudades con red de distribución de gas existente; en segundo lugar, se tiene el grado de aceptación por parte del usuario, tomando en consideración los factores adversos asociados con el uso del GNV, tales como la reducción de capacidad de carga del vehículo, y la resistencia al cambio por ser un nuevo producto; adicionalmente, existen limitaciones asociadas al vehículo en sí, en cuanto a modelos que no pueden ser convertidos y a condiciones mecánicas no apropiadas. Finalmente, uno de los factores de mayor peso que determina el mercado potencial convertible a GNV es el económico. La

inversión en el equipo de conversión deberá ser recuperada en un tiempo razonable a través del ahorro que representa el uso del GNV por el diferencial de precio en el combustible; por tal motivo los más altos consumidores conformarán la mayor parte del mercado potencial estimado. Lo anteriormente señalado se puede apreciar en la Tabla 7, en la cual se estima la composición del parque potencial por sector del mercado y los volúmenes de liberación de gasolina asociados. En esta tabla se destaca que más del 60% de la capacidad de liberación de gasolina está en el sector del mercado de taxis y colectivos/por puesto; asimismo, se observa que el parque potencial de 40 mil vehículos posee una capacidad de liberación de gasolina de 8 000 barriles (1 272 000 litros) por día. Es importante mencionar que aproximadamente el 80% de este mercado potencial se encuentra localizado en la zona de Caracas y el Litoral Central.

A continuación se resumen los elementos que se consideran y que definen la estrategia de comercialización para la introducción del GNV en el mercado venezolano. En relación con las conversiones, éstas estarán inicialmente dirigidas al sector de vehículos a gasolina y serán del tipo dual, es decir, el usuario podrá utilizar indistintamente gasolina o GNV. Dichas conversiones, al igual que en otros países, serán realizadas por ta-

lleres privados los cuales, probablemente, representarán marcas de equipos de conversión. En cuanto a los sectores del mercado a captar, inicialmente se ha pensado en los usuarios de alto consumo organizados, tales como las flotillas y los taxis. En una etapa posterior, el proceso de captación se ampliaría a otros sectores, como el de las conversiones, individuales en vehículos existentes, así como vehículos que saldrían ya con el equipo dual a nivel de ensambladoras, como resultado de estos esfuerzos dirigidos en este sentido ante la industria automotriz. En cuanto a la inversión relacionada con los equipos que se requieren para el programa de implantación del GNV, se establece que el usuario realizará la correspondiente a la conversión de su vehículo, mientras que la industria efectuará la correspondiente a equipos para estaciones de llenado. Como parte de la estrategia de comercialización, para la fijación del precio del GNV se debe considerar un incentivo al consumidor lo suficientemente atractivo para motivar la conversión. Este incentivo permitirá al usuario recuperar la inversión en el equipo de conversión en un tiempo de 1 a 2 años, dependiendo de su consumo de combustible. En relación con el concesionario, el margen de comercialización que se considere debe ser tal que le permita, desde un principio, obtener beneficios similares a los producidos por la venta de gasolina. Es-

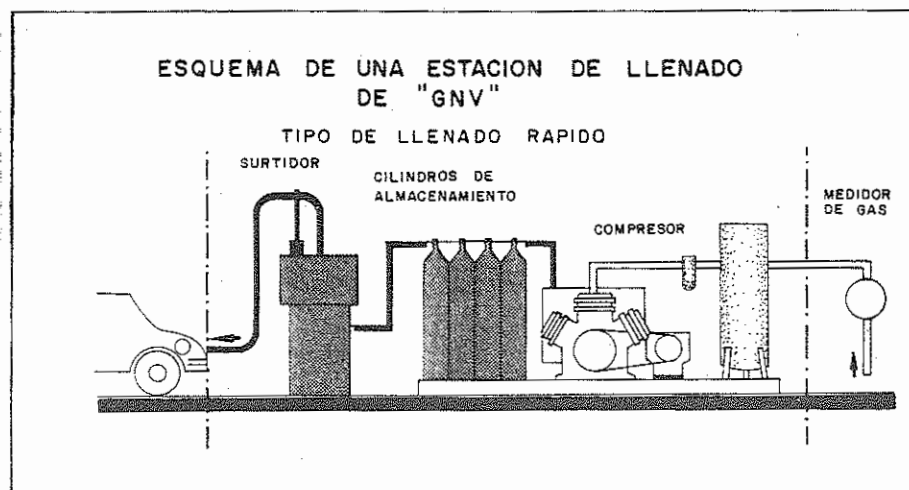


TABLA 9.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD INTERNAS (en metros)

DESDE	HASTA		
	COMPRESOR	CILINDROS ALMACENAMIENTO	SURTIDOR DE GNV
a) Edificaciones del estacionamiento tales como: oficinas, servicio de lavado, sanitarios	3,00	3,00	3,00
b) Cafetería y/o restaurant	3,00	3,00	3,00
c) Surtidor de hidrocarburo líquido	5,00	5,00	3,00
d) Compresor	—	4,00	3,00
e) Recipiente enterrado de hidrocarburo líquido	2,00	2,00	2,00
f) Estaciones de distribución eléctrica	7,00	7,00	7,00
g) Líneas eléctricas aéreas	7,00	7,00	7,00

TABLA 10.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD RESPECTO AL EXTERIOR DE LA ESTACION DE LLENADO (en metros)

DESCRIPCION	DISTANCIA
a) Viviendas	3,00
b) Estacionamientos con alta concentración de público tales como escuelas, cuarteles, iglesias, teatros, etc.	15,00
c) Autopistas, carreteras principales y vías férreas	15,00
d) Carreteras secundarias, avenidas, calles	3,00
e) Estaciones de distribución eléctrica	7,00

tos beneficios se incrementarán en la medida que aumente la utilización del GNV en la estación. En referencia a la localización y selección de las estaciones, éstas deberán ser ubicadas en ciudades y zonas con red existente de distribución de gas y con un parque automotor adecuado. Para la etapa inicial, serán consideradas las estaciones públicas existentes a las cuales, preferentemente, se les adicionará uno o más surtidores de GNV. Dichas estaciones serán seleccionadas de acuerdo con los siguientes criterios:

- Preferentemente estaciones propias de Corpoven para facilitar y agilizar la instalación de GNV.
- Cercanas a la red de distribución de gas natural existente, a fin de minimizar las inversiones adicionales para ampliar la red por este concepto.
- Ubicadas estratégicamente, en cuanto a vías de comunicación y localización de puntos de suministro. En etapas posteriores del plan se construirán nuevas estaciones de GNV sin afectar las estaciones existentes de gasolina. En relación con las esta-

ciones privadas o consumos propios, éstas estarán ubicadas dentro de las instalaciones del cliente, las cuales preferentemente deberán estar cercanas a la red de gas natural. Finalmente, se realizará una campaña informativa de publicidad y promoción dirigida principalmente a los respectivos sectores de mercado a captar.

NORMATIVA

Alcance

Como parte esencial del programa de implantación del gas natural combustible para vehículos, se procedió a desarrollar toda la normativa que regule la conversión de los vehículos, la construcción de los expendios y la operación de los talleres de conversión; también se elaboró un manual de diseño con los procedimientos técnicos, especificaciones y esquemas tipificados, que permitan de una manera técnica, rápida y sencilla, poder adiestrar al personal técnico y de ingeniería y desarrollar el diseño conceptual y básico de instalaciones y la conversión de vehículos. El trabajo fue desarrollado por una empresa de ingeniería venezolana, contratada para tal fin, y se basó en toda la información técnica y de normativas recopiladas en países como Canadá, Italia, Argentina y Nueva Zelanda, principalmente, los cuales poseen una buena experiencia en el uso del GNV; asimismo, sirvió como documentación base un estudio similar de anteproyecto de normas para el uso del GLP automotor, elaborado por esa misma empresa en Meneven. En los actuales momentos todo el estudio está siendo revisado por asesores extranjeros especialistas en la materia. Posteriormente la normativa se someterá a la revisión de los diferentes niveles aprobatorios dentro de la Industria Petrolera para finalmente, como un anteproyecto de normas, ser presentado al Ministerio de Energía y Minas para su aprobación y divulgación.

La normativa elaborada abarca las áreas de conversión de vehículos, las estaciones de abastecimiento, la medición de GNV y los talleres mecánicos de conversión. Para la conversión de vehículos la norma regulará principalmente lo referente a elementos del equipo de conversión, su diseño, calidad mínima exigida, especificaciones y procedimientos de instalación, pruebas a efectuar al sistema, aprobación para circulación, revisión y mantenimiento y finalmente responsabilidades por el equipo y su instalación. En cuanto a las estaciones de llenado, la normativa establece regulación fundamentalmente sobre especificaciones de equipos y accesorios del sistema, características de diseño, métodos y procedimientos para pruebas y ensayos, requisitos para aprobación de compresores, procedimientos de instalación de los surtidores, cilindros de almacenamiento, compresores, tubería y demás elementos, sistemas de seguridad contra sobrepresiones, electricidad, fugas de gas, etc., distanciamiento desde los elementos (internos y externos), pruebas requeridas y su periodicidad y el establecimiento de competencia de organismos oficiales en distintas aprobaciones. La medición del gas es otro de los aspectos normados y la misma se refiere principalmente a las características del gas y rangos de composición permisible, así como al tipo de medición a utilizarse, su calibración, errores permisibles y el establecimiento de los organismos responsables de su fiscalización.

Finalmente, con los talleres de conversión la norma establece regulaciones relativas a los requisitos mínimos para su instalación (por ejemplo: ubicación, dimensiones, equipamiento, etc.); normas de seguridad; requisitos del personal (capacitación, credenciales) y aprobación y fiscalización por parte de los organismos oficiales correspondientes.

El taller será responsable por la instalación efectuada, la cual deberá garantizar mediante un certificado. Igualmente, el técnico instalador del equipo de conversión, deberá poseer su correspondiente certificado autorizándolo a efectuar conversiones.

Aspectos Resaltantes

A continuación se mostrarán algunos de los aspectos resaltantes incluidos en el anteproyecto de la normativa venezolana para el uso del GNV en lo referente a conversión de vehículos, estaciones de abastecimiento y talleres de conversión. En la conversión de vehículos, se pueden resumir los aspectos siguientes:

- *Conexión de llenado:* Deberá ser de tipo de acople rápido y de diámetro 1/2", a fin de evitar diferencias en la dimensión con el pico de llenado del surtidor. Esta válvula debe estar ubicada en el compartimiento del motor lo que garantiza acceso fácil a la misma y mayor seguridad durante el proceso de llenado. El diseño de la conexión debe incluir una válvula de retención que evite el retorno del gas fuera del sistema.

- *Cilindros de almacenamiento:* Deben ser diseñados bajo normas internacionales aceptadas, con presión de diseño superior a 3 000 psi, y presión de prueba por encima de 4 500 psi. El material de fabricación deberá ser de acero, pudiendo ser utilizados otros materiales, tales como acero con revestimiento epóxico, previa aproba-

ción. Cada cilindro deberá ser dotado de una válvula de cierre manual provista de un sistema de alivio de presión, consistente en una combinación de disco de ruptura y tapón fusible. Los cilindros instalados en compartimientos cerrados deberán contar con un sistema de ventilación al exterior del vehículo, para evitar concentraciones de gas ante cualquier posible fuga en la válvula del cilindro o su conexión.

- *Tuberías:* La tubería para alta presión será de acero sin costura, de tipo "tubing" diseñada para una presión de trabajo de 3 000 psi y una presión de prueba de 10 000 psi.

- *Pruebas del sistema:* Todo vehículo convertido a GNV deberá ser probado por personal autorizado antes de entrar en circulación. En la Tabla 8 se da un listado de las verificaciones que se deben efectuar para probar un sistema de GNV. El vehículo convertido y aprobado deberá estar plenamente identificado con una calcomanía. Asimismo, cualquier reparación posterior relacionada con el sistema de GNV sólo podrá ser efectuada por personal autorizado.

- *Talleres de conversión:* Los talleres para poder efectuar conversiones a GNV deberán obtener un permiso del Ministerio de Energía y Minas, contar con personal calificado y entrenado así como también deberán poseer instalaciones apropiadas. El taller será responsable por la instalación efectuada, la cual deberá garantizar mediante un certificado. Igualmente, el técnico instalador del equipo de conversión, deberá poseer su correspondiente certificado autorizándolo a efectuar conversiones. Este certificado lo hace responsable por las conversiones realizadas.

- *Estaciones de llenado:* Para la ubicación de las estaciones de llenado, la norma establece distanciamientos de seguridad mínimos que se deberán cumplir entre los elementos internos y externos de la estación. Las Tablas 9 y 10 resumen estas distancias de segu-

ridad. Estos distanciamientos son similares, a los contemplados por la normativa de otros países con experiencia en el uso de GN. La Tabla 11 presenta un cuadro comparativo de distanciamientos en Venezuela y otros países.

• *Equipo de compresión:* Los compresores instalados en la estación de llenado deberán ser diseñados para operar bajo un nivel máximo de ruido de 75db, a una distancia de un metro. Este nivel de ruido es considerado aceptable, bajo las Normas de Seguridad Industrial reconocidas. Los equipos de compresión deberán estar equipados con dispositivos de control y

protección, así como por sistemas de alivio de presión en casos de situaciones anormales. Los compresores a ser utilizados deberán tener incorporados tanques de expansión, a fin de evitar el venteo de gas a la atmósfera, durante las sucesivas fases de arranque-parada del equipo. Los equipos de compresión deberán estar diseñados para operar a una presión mínima de 3 600 psi.

• *Surtidores:* Todo surtidor instalado en una estación de GNV, deberá contar con elementos de seguridad, tales como válvulas de alivio, de exceso de flujo y válvula de acople rompible que eviten la fuga de gas en caso de rup-

tura de mangueras ocasionadas por vehículos. Sólo podrá ubicarse un surtidor por cada isla de la estación, la cual tendrá una protección mecánica mediante tubos de acero para evitar colisiones. Los surtidores serán del tipo electrónico y la medición del gas se efectuará por masa, para evitar la influencia de la presión y temperatura sobre el volumen de gas despachado.

• *Seguridad:* Todas las tuberías de acero enterradas deberán estar protegidas catódicamente. En general, las estaciones contarán con un sistema de detección, protección y alarma, así como de sistemas de extinción (extintores).

TABLA 11.- TABLA COMPARATIVA DE NORMAS

Desde	VENEZOLANA			N.F.P.A.			ARGENTINA			CANADA			NUEVA ZELANDIA			ITALIA		
	Comp	Cil	Sur	Comp	Cil	Sur	Comp	Cil	Sur	Comp	Cil	Sur	Comp	Cil	Sur	Comp	Cil	Sur
Límite de propiedad	3	3	3	3	3	3	7,5	3,5	4		3	3		3	3			
Viviendas	3	3	3	3	3	3	5	3,5	7,5			2		2,5	2	20	20	20
Lugares de alta concentración de público tales como escuelas, cuarteles, iglesias, teatros, etc.	15	15	15				50	20								40	40	40
Autopistas, carreteras principales y vías férreas	16	15	15	15	15	15												
Carreteras secundarias, avenidas, calles	3	3	3	3	3	3			6					3	4,5			
Cruces o empalmes de carreteras o autopistas	6	6	6	15	15	15												
Estaciones de distribución eléctrica	7	7	7	3	3	3										7,5	7,5	7,5
Edificaciones internas tales como oficinas, cafeterías, servicios de lavado, sanitarios, etc.	3	3	3				7,5									10	10	10
Recipiente expuesto de hidrocarburos líquidos o camión cisterna	5	6	5		6				5			5		5	5	10	10	10
Recipiente enterrado de hidrocarburos líquidos	2	2	2															
Surtidor de hidrocarburo líquido	5	5	3				5					3		5	3	10	10	10
Compresor	-	4	3													-	10	10
Surtidor	3	6	-													10	10	-
Cilindros	4	-	6			1					2,5	4			2	10	-	10
Fuegos abiertos	3	4	3			3	7,5		3					3				
Líneas eléctricas aéreas	7	7	7													15	15	15

TABLA 12.- METAS PLANIFICADAS

	1989	MEDIANO PLAZO
Vehículos a GNV (M. Veh.)	3,5	43
Gasolina Reemplazada (MBPD)	0,8	8,3
Estaciones Públicas	11	44
Estaciones Privadas	16	180

METAS PLANIFICADAS PARA EL MEDIANO PLAZO Y ACTIVIDADES REALIZADAS A LA FECHA

En la Tabla 12 se muestra el plan para el mediano plazo, y formando parte de éste, las metas 1989 que fueran originalmente planificadas. En relación con las cifras presentadas para 1989, es importante señalar que éstas contemplan la incorporación al parque automotor de un vehículo taxi ensamblado dual gasolina/ GNV. Estos vehículos o taxis económicos forman parte de un Proyecto del Ejecutivo Nacional el cual, para la fecha de realización de este trabajo, aún sigue en proceso de evaluación. Por tal motivo, dichas cifras, así como las del mediano plazo, deberán ser revisadas y actualizadas tomando en consideración, adicionalmente, los resultados del estudio de mercado que por esta misma fecha se está realizando. Vale la pena señalar que las cifras que se estimen para el mediano plazo pueden ser afectadas por una serie de factores dentro de un escenario de incertidumbre, entre los cuales destacan paridad cambiaria, precios de exportación de la gasolina, precio del combustible en el mercado interno, políticas gubernamentales e inflación. No obstante, se está adelantando un programa de desarrollo de infraestructura y conversión para el año 1989, el cual comprende: La construcción de cinco estaciones privadas, siendo la planta de Jose y las

instalaciones de gas en La Quizanda las primeras de ellas; cuatro estaciones públicas en Caracas, y la conversión de la flota de vehículos de Corpoven de Jose, La Quizanda y el área metropolitana. Esta conversión de la flota propia se estima en cuatrocientos cincuenta vehículos, lo cual representaría que para finales del 1989 se estaría desplazando aproximadamente 16 000 l/día; o sea, que se comenzaría el año 1990 con un volumen desplazado de 30 000 barriles/año en gasolina.

Para finalizar, entre las actividades efectuadas hasta la fecha de realización del presente trabajo se pueden señalar: La aprobación del Proyecto fue obtenida a los niveles correspondientes, con sus respectivos recursos humanos y financieros. La organización aprobada para el Proyecto fue de ocho personas, contándose en la actualidad con todas ellas. Se han colocado órdenes de compra para equipos de compresión, suministro y conversión, los cuales serán utilizados en las estaciones que se esperan instalar en el año 1989, así como en los vehículos de la flota propia que se convertirán a GNV. Asimismo, se han remitido requisiciones por equipos de compresión y suministro, los cuales serán utilizados en las instalaciones que se planifican para 1990. Se dio inicio al estudio de ingeniería que tiene como finalidad desarrollar toda la normativa aplicable, así como los procedimientos técnicos y diseños básicos que permitan la instalación de equipos de conversión en vehículos, la construcción de las estaciones de

abastecimiento y la operación de los talleres de conversión. Asimismo, se ha dado inicio al estudio de mercado, el cual tiene como finalidad básica conocer el mercado potencial que puede tener en el país el gas natural como combustible para vehículos. Se planificó terminar ambos estudios para finales de 1988. Por otra parte, se han realizado visitas a diferentes países con el propósito de conocer sus experiencias en la implantación y uso del GNV. Igualmente, se visitaron las empresas líderes a nivel mundial de conversión, compresión y suministro. Con respecto al desarrollo de instalaciones, ya fue aprobado por la Gerencia de "Jose" el anteproyecto presentado para el consumo propio de GNV/ gasolina. Actualmente se está realizando el Proyecto, el cual se estima finalizar para el primer trimestre de 1989. Asimismo, se realizaron las primeras visitas a las instalaciones de La Quizanda para iniciar la elaboración del anteproyecto correspondiente a las actividades de publicidad y promoción, para lo cual se está realizando un documental sobre el GNV el cual servirá como arma de venta para la introducción de este producto al mercado.

PROJECT FOR THE USE OF NATURAL GAS IN VEHICLES (NGV) *

**** Alberto Lanz
Luis Gamboa
Edgardo Ostos**

SUMMARY

The fact that Venezuela has considerable proven reserves of natural gas and a network of pipelines for distributing gas to the major cities, and the fact that the country's current processing facilities cannot accommodate exportable surpluses, open up great possibilities for using gas as an alternative automotive fuel to gasoline and diesel, by tapping technology which is commercially available.

A project of this kind can yield considerable benefits for the country since it makes it possible to generate additional foreign exchange income by freeing volumes of gasoline and diesel for exportation; it also considerably reduces environmental pollution and permits the development of economic activities in sectors such as the automotive industry, the metal-working industry, service companies, workshops and suppliers of parts and equipment.

This paper encompasses aspects such as experience in the use of natural gas as an automotive fuel in other countries, and the reasons for its implementation in Venezuela, as well as the potential market and the strategies planned for its commercialization and the standards that will govern the conversion equipment and workshops and the public and private service stations or auto-consumption facilities. Finally, the goals set for the medium term are discussed, as well as the activities carried out prior to the preparation of this paper.

INTRODUCTION

The use of natural gas as a fuel for internal combustion engines is not new. The main component in natural gas (methane) has been used as a fuel since the early years of this century. At that time, methane was available as coal gas. Even though other alternative fuels to gasoline have been developed since then, natural gas represents a fuel of special interest for Venezuela.

The country's sizeable proven reserves of this product, 1.9 trillion cubic meters, its current distribution through gas pipelines covering the country's major cities, and the fact that at present the processing facilities needed for exportation do not exist, arouse interest in prospects for its use as an alternative fuel to gasoline and diesel in certain sectors of the domestic market. For that reason, Petroleos de Venezuela charged Corpoven, S.A. with carrying out a project to initiate the infrastructure necessary to use natural gas as an alternative fuel in Venezuela. This paper provides a succinct description of the experience of other countries in the use of NGV, as well as the reasons for its implantation in Venezuela, the estimated potential market, and the strategies being considered; it highlights technical aspects related to NGV as well as the standards for conversion equipment and workshops and for public and private supply stations. It also notes the goals and plans for the medium term and the activities carried out thus far.

EXPERIENCE IN OTHER COUNTRIES

Table 1 provides figures on the NG-powered automotive park in those countries in which its use is more widespread. It can be seen that the total number of NG-run vehicles worldwide is on the order of 550 000, represented mainly by the vehicles of large consumption belonging to the public service fleets and private enterprises. In order to have a better look at other countries' experiences with the use of NGV, visits were made to the principal users. Some of the conclusions reached on the basis of these visits are listed below:

- The use of natural gas as an alternative fuel for vehicles is technically and commercially feasible.
- The economic factor plays a prime role in encouraging users to use NGV as an alternative fuel to gasoline or diesel. Generally, the price of NGV does not exceed 50% of the price of the fuel for which it substitutes; this differential, together with other State incentives, permits the user to recover the conversion investment in a period of one to two years, depending on his fuel consumption.
- State support for the program to institute natural gas as an alternative fuel to gasoline is fundamental for achieving success. In this regard, mention should be made of the fact that the State can provide incentives for a program of this kind through suitable policies and standards, guarantees of an attractive price differential, bonds to encourage conversion and guaranteed supplies.

* Article published in the proceedings of the VII meeting on gas, held in Puerto La Cruz, Venezuela.

** The authors are employees of CORPOVEN.

- The reasons behind the use of natural gas as an alternative fuel have varied from country to country. Basically, however, they have centered on two aspects: environmental protection and availability of liquid fuels.

- With respect to conversion systems, those corresponding to lightweight vehicles run on gasoline are in every case of the dual-fuel type. In heavy freight vehicles run on gasoline, both approaches were used: dual-fuel and natural gas alone. In the case of converted diesel engines, there were also two approaches: adaptation of the Otto-cycle diesel engine for use only with NGV and conversion of the diesel engine for use with diesel fuel/NGV blends.

- The technology for conversion to the use of NGV as an alternative fuel to gasoline is quite advanced, and no considerable changes are foreseen in its future development. This is not the case of the use of NGV as an alternative fuel in diesel engines, where the technology is currently being developed.

Generally speaking, it can be said that, according to the experience of other countries, the use of NGV is geared mainly to certain market sectors, primarily those which are large consumers, and in no case is its use massive.

TECHNICAL ASPECTS

Natural Gas as an Automotive Fuel

Natural gas is basically a mixture of methane, ethane, propane and heavier hydrocarbons, CO₂, nitrogen, water and traces of other substances such as H₂S. For its utilization in vehicles, natural gas must be compressed from the low pressure level existing in the distribution networks, usually 60 psi, to a pressure of approximately 3 000 psi. Natural gas for automotive use should also have certain characteristics facilitating its use.

The natural gas in Venezuela is appropriate for use in vehicles since its composition meets international specifications. Table 2 summarizes its characteristics and compares them with referential values accepted internationally. In gases such as these, where components such as H₂S and CO₂ exist, it is of prime importance to maintain the water content as low as possible in order to minimize the risks of internal corrosion in the cylinders. However, given the high ambient temperature throughout the year, the amount of water that can be condensed within the cylinders is practically negligible. A standard cubic meter of NGV is equivalent in energy terms to approximately one liter of gasoline. In other words, using one liter of gasoline, a vehicle can cover the same distance as it can using one standard cubic meter of compressed natural gas. The NGV could be supplied to public stations or for auto-consumption through a supply operation similar to the one for gasoline.

The use of NGV is geared mainly to certain market sectors, primarily those which are large consumers, and in no case is its use massive.

For the use of NGV as an automotive fuel, it is necessary to install conversion equipment in the vehicle, for which no major modifications have to be made in the motor. Installation is fast and simple and can be done in any type of vehicle. Natural gas is a "clean" fuel which does not leave combustion residues; and in compari-

son with gasoline, its higher octane count (130 ron) lends itself to use in vehicles with a high compression ratio. Table 3 shows, in comparative terms, some of the properties of gasoline and natural gas. Due to its properties, gas produces less environmental pollution, both in the atmosphere and underground, as compared with other automotive fuels such as gasoline and diesel. Comparative values for the levels of pollution produced by these fuels are given in Table 4. NGV is a product difficult to adulterate and is a safe fuel, as has been demonstrated by the broad experience with its use in other countries. Its high ignition temperature and rapid volatilization in the air make it just as safe as gasoline, or safer. Given its characteristics, natural gas produces a loss in vehicle power of approximately 15%, which becomes more evident in the start-up. In addition, other aspects such as the weight/volume ratio of the storage cylinders and the supply time/autonomy ratio, should be taken into consideration for conversion of vehicles to NGV. Table 5 shows the weight/volume ratio for 50-liter tanks and different types of material. It can be seen that the weight of the conventional NGV cylinders fluctuates around 1 kg per liter of capacity, which represents a significant weight; and even more so, if it is considered that the volume of gasoline equivalent contained in an NGV tank is approximately one fourth of the real capacity in liters of water. It is worthwhile to note that new technologies for the manufacture of cylinders for NGV from compounds make it possible to reduce the weight/volume ratio of the conventional cylinders by up to 60% (Table 5). The supply time for an NGV vehicle is another important factor to be taken into consideration at the time of conversion. On average, it can be established that the supply time for NGV is 2.5 times the time that it would take to refuel an equivalent volume of gasoline.

Vehicle Conversion

The conversion of a gasoline engine for operation on NGV can be total (only NGV) or dual-fuel (NGV/gasoline). In both cases, the conversion equipment is basically composed of one or more storage tanks (as permitted by the vehicle), a regulator to reduce the high pressure in the cylinder to a pressure slightly lower than the atmospheric pressure, an air/fuel mixer adapted to the existing gasoline carburetor, and a system of valves for fuelling and controlling the system. With equipment similar to that used for the conversion of gasoline engines, it is possible to convert a diesel engine for use with NGV. The conversion may be total, in which case ignition by compression is transformed into spark ignition, or shared (diesel/NGV), to maintain the regular operation of the diesel engine. Natural gas is fed into the system through the filler valve located in the engine compartment. These valves have standardized dimensions in order to couple to the nozzle of the service station pumps. The gas is carried to the storage cyl-

inder through high-pressure tubing. The cylinders are designed to work at 3 000 psi and should fit the vehicle structure perfectly. Depending on the availability of space and load capacity, a sufficient number of cylinders can be installed to guarantee the maximum autonomy possible for the operation of the vehicle. In the event that the cylinders are located in closed compartments, such as the trunk of a car, a ventilation system should be installed at the tank's cutoff valve. From the cylinders, the gas is supplied to the pressure regulator located in the engine, through the same high-pressure line. The function of this regulator is to reduce the high pressure of the stored gas to the pressure of the engine feed. To avoid freezing of the regulator chambers due to the abrupt expansion of the gas, water is circulated from the engine's cooling system, through the body of the regulator. Once the gas pressure has been regulated, it goes to a dosifying mixer where it is mixed with air in suitable proportions, depending on the engine demand. The rest of the elements in the conversion equipment are electri-

cal components of the system, basically: the fuel selector, which is located on the dashboard and operates the cut-off solenoids for gasoline and NGV, depending on the selected fuel; the electrical indicator of fuel level; and the ignition control module, which adapts the ignition curve of the vehicle to the characteristics of natural gas.

Service Stations

The stations to supply NGV may be installed in existing public service stations, i.e. combined gasoline/NGV station, or else new stations could be built only for NGV. Stations using fast-fill or trickle-fill systems will be built, depending on the users to be served. A fast-fill NGV station is composed basically of the following elements: the station to measure gas taken from the network, compression equipment, storage cylinders, and finally the pumps. The fast-fill stations are to serve the private user, in a way similar to the public dispensing of existing fuels. In these stations, the gas that is taken from the household network, at approximately 60 psi, is

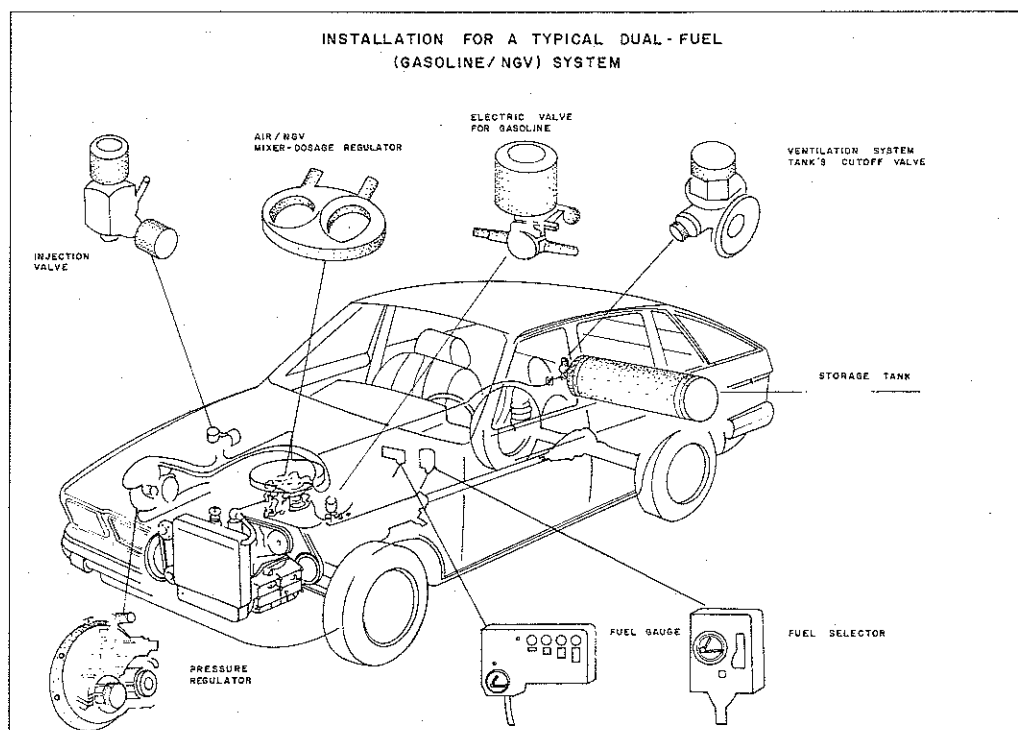


TABLE 1.- EXPERIENCE WITH NGV IN OTHER COUNTRIES

COUNTRY	INITIAL USE NGV	NGV VEHICLES (2)	% VEHICLE PARK
Italy	1945	300 000	1.40
New Zealand	1979	144 000	10.40
Canada	1980	15 000	0.20
United States	1945	30 000	0.02
Argentina	1983	11 000	0.10
Others (1)	—	50 000	—
		550 000	

NOTES: 1) USSR, France, Australia, Brazil, Colombia, Iran, Indonesia, India, etc.

- 2) Large consumers, mainly fleets of:
 - Public services (taxis, buses, etc.)
 - Private enterprises.

TABLE 2.- CHARACTERISTICS OF NATURAL GAS FOR VEHICLES

	COMPOSITION * NATURAL GAS	INTERNATIONAL STANDARDS
Methane (%)	81.59	80.00 MIN
Ethane (%)	8.45	10.50 MAX
Propane (%)	0.94	3.50 MAX
Butane (%)	0.29	1.50 MAX
Pentane and heavier (%)	0.16	0.50 MAX
Carbon Dioxide (%)	8.50	3.00 MAX
Nitrogen (%)	0.07	7.00 MAX
Hydrogen Sulphide (PPM)	5.70	14.00 MAX
Water (LB/MMPC)	4.95	6.5 MAX
Specific Gravity	0.69	0.56-0.69
Calorific Value (BTU/PC)	1000	1070 MAX
Odorization	Detectable	Detectable

* These values correspond to average composition in the metropolitan area of Caracas.

compressed to a pressure of 3 600 psi. The gas is immediately stored in a group of high-pressure tanks before its dispatch through the nozzles of the electronic pumps located on the island. The entire fast-fill process takes approximately 5 to 8 minutes for an average vehicle (50 liters).

The trickle-fill stations are designed to serve the private user (trucks, taxis or buses). In this system, as in the fast-fill stations, the gas is taken from the network and compressed to a pressure of 3 600 psi. However, no type of storage is used and dispatching is through various pump nozzles. The trickle-fill stations

are basically constituted by a gas measuring station, compression equipment, a network to distribute gas from the compressor to the place where the vehicles are parked, and finally the gas dispensers for each vehicle, which do not offer measuring facilities. The most common way of operating this system is to hook up several vehicles in the fleet parking lot, in order to have them filled simultaneously at night (5-6 hours) and leaving them ready to operate the next day.

The sizing of the NGV supply stations depends on several factors such as: location and space available

for the station, storage capacity and vehicle refueling frequency (user characteristics). Table 6 summarizes the sizing of the stations to supply 100 to 500 vehicles/day for a typical demand pattern. It should be noted that, in order to install a large-capacity NGV-dispensing station, the equipment infrastructure is greater in comparison with the gasoline equipment needed to dispatch the equivalent volume.

REASONS FOR IMPLANTATION, POTENTIAL MARKET AND MARKETING STRATEGIES

As mentioned previously, the reasons that other countries have had to implant the use of NGV centered fundamentally around two aspects: environmental protection and availability of liquid fuels. The former is valid in the case of Venezuela, but the latter is not, since the country has enough fuel available for the current gasoline-powered vehicle park. The main reason behind the initiation of the infrastructure for the implantation of the use of NGV in Venezuela is that, under a production quota set by the OPEC, it permits freeing additional volumes of gasoline for exportation, thus obtaining an increase in foreign exchange earnings for the country.

Among other reasons which justify the use of NGV as an alternative fuel, there is the fact that Venezuela currently has sizeable reserves of natural gas, as well as an infrastructure for production, transmission and distribution which permits the use of NGV through service stations in the country's major cities.

Likewise, NGV is the fuel which generates the least environmental pollution. As has occurred in other countries which have implanted the use of this alternative fuel, it is

TABLE 3.- CHARACTERISTICS GASOLINE/NATURAL GA

	GASOLINE	NATURAL GAS
Specific Gravity	3.5	0.68
Ignition Temperature in Air (Spontaneous)	430°C	700°C
Octane Count	83-95	130
Boiling Temperature (Atmospheric Pressure)	27°C	-161°C
Air/Fuel Ratio (by volume)	15 5:1	10 1:1
Chemical Reaction with Rubber	SI	NO
Storage Pressure	ATMOS.	3 000 PSI
Quality of Air/Fuel Mixture	POOR	GOOD
Contamination (CO, HC, NOx)	HIGH	VERY LOW
Range of Explosive Mixture	1-16%	4-14%
BTU/Gallon	149 000	34 651
BTU/Pound	20 300	23 600
Energy Equivalency	1.0 lts	1.0 NM3

TABLE 4.- POLLUTION LEVELS (gr/km)

EMISSION	GASOLINE	DIESEL	NGV
Hydrocarbons	0.45	0.72	0.83
Carbon Monoxide	2.27	1.60	0.06
Nitrogen Oxide	0.86	1.22	0.82
Sulphur Oxide	0.28	0.49	—
Solid Particles	0.04	0.45	—

TABLE 5.- NGV STORAGE TANKS

TYPE OF MATERIAL		DIMENSIONS		WEIGHT OF CYLINDER (kg)	WEIGHT/VOLUME RATIO (kg/lt)
		Ø (mm)	l (mm)		
Steel	DOT	230	1 477	64.0	1.28
	Ital. Standard	227	1 484	49.1	0.98
Reinforced Steel		290	1 006	49.0	0.98
Reinforced Aluminum		335	990	45.0	0.90
Compound Material		350	750	22.0	0.44

- NOTES: 1) Cylinders with capacity for 50 lts of water.
 2) Volume of stored gas 12.5 m³ (at standard pressure and temperature).
 3) Volume of gasoline equivalent 12.5 lts.
 4) Volume of gasoline equivalent (lts) = 0.25 tank volume (lts).

considered that a project of this kind will permit the development of activities in economic sectors such as the automotive industry, the metalworking industry, service companies, workshops and suppliers of parts and

equipment. For the national petroleum industry's management of future price adjustments with respect to gasoline and diesel on the domestic market, the alternative of a fuel such as NGV would facilitate decision-

making. It is worthwhile to point out that, given the price differential in favor of subsidized diesel over gasoline, there is a tendency for the demand of this fuel to increase.

This can be seen in the growth of the market for the use of diesel engines, as well as the change of engines run on this fuel in vehicles originally gasoline-powered. The situation in these terms is not convenient given the current diesel supply constraints on the domestic market, as well as the favorable conditions for the sale of this fuel on international markets. We consider that the NGV alternative will reduce the use of automotive diesel. The use of NGV will permit the more optimal use of the existing gas infrastructure and will provide access to technological experiences that could be transferred, through commercial agreements, to other countries that are beginning to use natural gas as an automotive fuel. From the standpoint of the user, the reasons for implanting the use of NGV are basically economic. Natural gas will always be a cheaper fuel, with properties permitting a reduction in maintenance costs, as compared with gasoline and diesel.

With respect to the Venezuelan market and the automotive park which could potentially be converted to use with NGV, it is worthwhile to note that the market figures mentioned below are the best estimates for the date on which this report was prepared (Nov. 1988). These estimates could be modified as a result of the studies which are currently being carried out, in order to have a clearer picture of the potential market. The national gasoline-powered vehicle park in circulation (1988 estimate) is on the order of 2 100 000 vehicles. Under current conditions (gasoline prices, exchange rates, etc.), of this total it has been estimated that the potential market convertible to NGV is 40 000 vehicles. The limiting factors taken into consideration to arrive

TABLE 6.- TYPICAL INFRASTRUCTURE OF AN NGV SUPPLY STATION

SUPPLY CAPACITY (vehicles/day)	COMPRESOR FEATURES NM3/H	H.P.	NUMBER OF SUPPLY PEAKS	VOLUME OF GASOLINE EQUIVALENT (lts/month)
100	150	67	1	110 240
150	225	87	1	165 360
200	300	118	2	220 480
250	375	129	2	275 600
300	450	150	3	330 720
350	525	160	3	385 840
400	600	208	3	441 000
450	675	208	4	496 000
500	750	208	4	551 200

TABLE 7.- POTENTIAL MARKET

MARKET SECTOR	POTENTIAL PARK (M of vehicles)	FREED VOLUME (MBPD)
Taxis	15	2.7
Buses	7	2.2
Trucks	8	1.4
Freight	6	1.3
Privately owned	4	0.4
Total	40	8.0

at this figure were as follows: first of all, the logistics of NGV supply are restricted to the cities already having a gas distribution network; second, there is a degree of acceptance by the user, taking into consideration the adverse factors associated with the use of NGV, such as the reduction in the vehicle's load capacity, and the resistance to change and new products. There are also limitations associated with the vehicle itself, insofar as models that cannot be converted and unsuitable mechanical conditions. Finally, one of the factors weighing most heavily on the potential market convertible to NGV is the economic factor. The investment in the conversion equipment must be recovered in a reasonable amount of time, through the savings yielded by the use of NGV because of the fuel price differential; for that reason, the largest consumers will take the largest share of the estimated potential market. This can be seen in Table 7, which estimates the composition of the potential park by

TABLE 8.- CHECKLIST FOR NGV SYSTEM TESTS

1. Close the manual cutoff valves of the cylinders
2. Slowly pressurize the system with nitrogen or NGV at 689 kPa. (100 PSI)
3. Test all of the joints and connections with non-corrosive foam or a gas detector to find possible leaks
- 4a. IF THERE ARE LEAKS: Depressurize the system, correct the leak and return to Point 1.
- 4b. IF THERE ARE NO LEAKS: Pressurize the system slowly with nitrogen or NGV at 24.8 MPa (3 600 PSI)
5. Test all of the joints and connections with non-corrosive foam or a gas detector, to find possible leaks
- 6a. IF THERE ARE LEAKS: Depressurize the system, correct the leak and return to Point 1.
- 6b. IF THERE ARE NO LEAKS: Slowly open the manual cutoff valves of the cylinders
7. Test the joints between the valves and the cylinders, with non-corrosive foam or a gas detector, to find possible leaks
- 8a. IF THERE ARE LEAKS: Depressurize the system, correct the leak and return to Point 6b
- 8b. IF THERE ARE NO LEAKS: Test the operation of the NGV vehicle
9. IF IT IS A DUAL-FUEL CONVERSION: Find and correct possible liquid fuel leaks
10. IF IT IS A DUAL-FUEL CONVERSION: Test the operation of the vehicle with the liquid fuel

market sector and the associated freed volumes of gasoline. This table indicates that more than 60% of the gasoline-freeing capacity is in the taxis and buses having established routes. It can also be seen that the potential park of 40 000 vehicles has the capacity to free 8 000 barrels of oil (1 272 000 liters) per day. It is worthwhile to mention that approximately 80% of this potential market is located in the Caracas area and the central coast.

The elements which define the marketing strategy for the introduction of NGV on the Venezuelan market are summarized below. In relation to the conversions, these will initially be oriented towards the gasoline-

powered vehicle sector and will be of the dual-fuel type, i.e., the user may use either gasoline or NGV. These conversions, just as in other countries, will be done by private workshops which will probably represent brand names of conversion equipment. As for the market sectors to be cornered, initially the organized large consumers have been considered, such as truck and taxi fleets. In a later stage, the process of market expansion will extend to other sectors, such as the individual conversion of existing vehicles, as well as vehicles which will already be equipped for dual-fuel equipment when leaving the assembly plant, as a result of the efforts

made in this direction with the automotive industry. As for the investment related to the equipment needed for the program to implant NGV, it is established that the user will make the investment corresponding to vehicle conversion, whereas industry will make the one corresponding to equipment for filling stations. As part of the marketing strategy, to set the price of NGV, an incentive to consumers should be considered: it should be attractive enough to motivate conversion and should allow the user to recover his conversion investment in a period of one to two years, depending on his fuel consumption. As for the concessionaire, the marketing margin should be such that, from the start, it will yield benefits similar to those produced from the sale of gasoline.

These benefits will increase as the use of NGV increases in the station. With reference to the location and selection of stations, these should be located in cities and areas with existing gas distribution lines and a suitable automotive park. The initial stage will give priority to public stations, where one or more NGV pumps will preferably be added. These stations will be selected according to the following criteria: a) Preferably stations owned by Corpoven, to facilitate and expedite the installation of NGV. b) Stations near the existing natural gas distribution network, in order to minimize the additional investments to expand the lines for this reason. c) Strategically located stations, in terms of access and location of supply points. In later stages of the plan, new NGV stations will be built without affecting existing gasoline stations.

As for private stations or auto-consumption facilities, these will be located within the client's installations, which should preferably be close to the natural gas lines. Finally, a publicity campaign will be conducted for the purposes of information and promotion, directed mainly to the respective market sectors to be cornered.

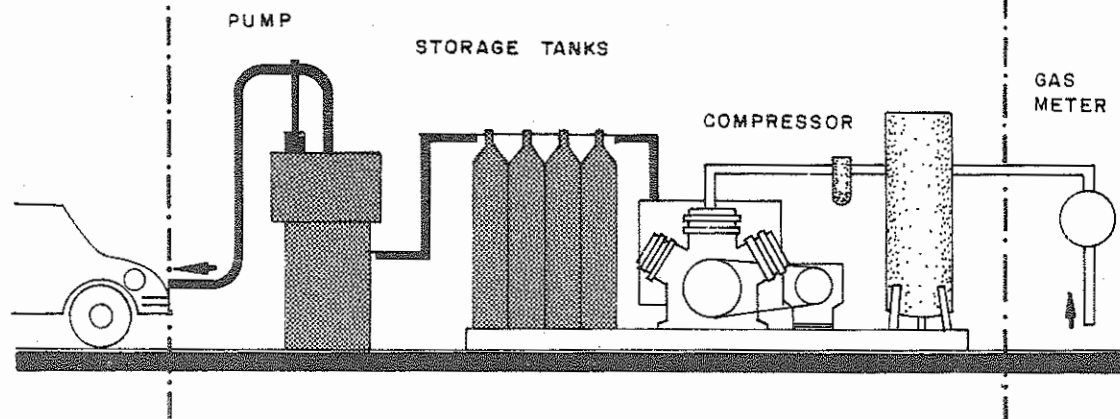
TABLE 9.- INTERNAL SAFE DISTANCES (In meters)

FROM	TO COMPRESSOR	TO STORAGE TANKS	TO NGV PUMPS
a) Station facilities such as offices, car wash equipment, bathrooms	3.00	3.00	3.00
b) Cafeteria and/or restaurant	3.00	3.00	3.00
c) Liquid hydrocarbon pumps	5.00	5.00	3.00
d) Compressor	—	4.00	3.00
e) Underground tank for liquid hydrocarbons	2.00	2.00	2.00
f) Electric power stations	7.00	7.00	7.00
g) Aerial power lines	7.00	7.00	7.00

TABLE 10.- SAFE DISTANCES WITH RESPECT TO SITES OUTSIDE THE FILLING STATION (in meters)

DESCRIPTION	DISTANCE
a) Homes	3.00
b) Highly concentrated public parking lots, such as those at schools, military installations, churches, theaters, etc.	15.00
c) Highways, main roads and railroads	15.00
d) Secondary roads, avenues, streets	3.00
e) Electric power distribution stations	7.00

DIAGRAM OF A FAST-FILL NGV STATION



STANDARDS

Scope

As an essential part of the program to implant natural gas as a fuel for vehicles, an effort was made to develop all of the standards to regulate vehicle conversion, construction of the supply stations and operation of the conversion workshops. A design manual was also prepared with the technical procedures, specifications and typical schemes, which permit a technical, fast and simple way of training technical and engineering personnel and developing the conceptual and basic design for the facilities and for vehicle conversion. The work was developed by a Venezuelan engineering firm hired for that purpose and was based on all of the technical information and standards compiled in countries such as Canada, Italy, Argentina and New Zealand, mainly, which have a great deal of experience in the use of NGV. A similar study of a project proposal of standards for the use of LPG as an automotive fuel, prepared by the same firm for Meneven, also served as a base document. Currently, all of the study is being re-

viewed by foreign advisors specializing in this area. Later on, the standards will be subject to a review by the different levels of approval within the petroleum industry, before finally being submitted as a draft proposal on standards to the Ministry of Energy and Mines for its approval and dissemination.

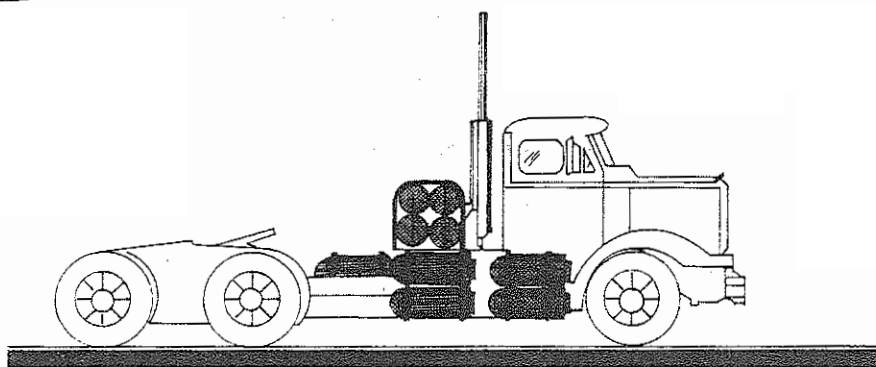
The standards prepared encompass the areas of vehicle conversion, supply stations, NGV measurement and the mechanical conversion workshops. For vehicle conversion, the standards will mainly regulate the elements of the conversion equipment, their design, minimum quality demanded, specifications, and installation procedures, system testing, approval for circulation, inspection and maintenance and finally the responsibilities for equipment and its installation. As for the filling stations, the standards basically establish regulations on equipment specifications and system accessories, design features, methods and procedures for testing, requirements for compressor approval, procedures for installing pumps, storage tanks, compressors, pipes and other elements, safety systems for overpressure, electricity, gas leaks, etc., distance between the inter-

nal and external elements, tests required and their periodicity, and the establishment of competent official offices for the various approvals. The measurement of gas is another aspect which will be standardized; it refers mainly to the characteristics of the gas and the admissible range of the gas composition, as well as to the type of measurement to be used, its calibration, admissible errors, and the establishment of offices responsible for inspection.

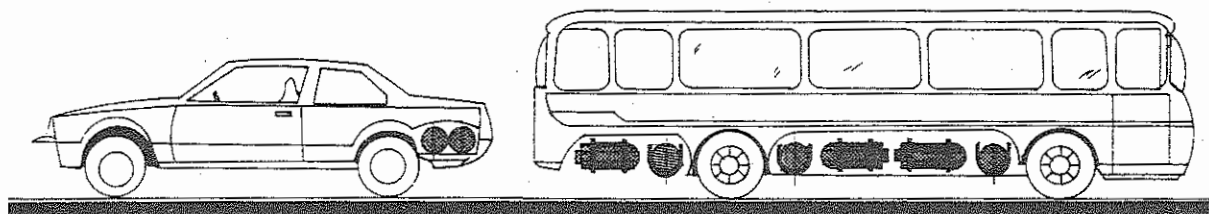
Finally, for the conversion workshops, the standards establish regulations on the minimum requirements for their installation (for example: location, dimensions, equipment, etc.); safety standards; personnel requirements (training, credentials) and approval and inspection by the corresponding government offices.

Salient Aspects

Some of the salient aspects included in the draft proposal on Venezuelan standards for the use of NGV in terms of vehicle conversion, supply stations and conversion workshops are indicated below. In vehicle conversion, the following aspects are



INSTALACION TIPICA CILINDROS "GNV"



worthy of mention:

- Filling connection: this should be of the fast-fill type with a 1/2" diameter, in order to avoid size differences with the nozzle of the gas pump. This valve should be located in the engine compartment to guarantee easy access and greater safety during the filling process. The design of the connection should include a retainer valve to prevent the gas from backtracking.

- Storage tanks: These should be designed under internationally accepted standards, with a design pressure of over 3 000 psi and a test pressure of over 4 500 psi. The manufacturing material should be steel, but other materials can be used, such as steel with an epoxy covering, following approval. Each cylinder should be provided with a manual cutoff valve having a pressure-relief system, consisting of a combination rupture disk and fuse plug. The cylinders installed in closed compartments should have a system of ventilation outside the vehicle, to avoid the concentration of gas, given any possible leakage in the valve of the cylinder or the connection.

- Tubing: The high-pressure tubing should be of seamless steel, designed for a working pressure of 3 000 psi and a testing pressure of 10 000 psi.

- Sytem testing: Every vehicle converted to use with NGV should be tested by authorized personnel before entering into circulation. Table 8 lists the checks to be run to test an NGV system. The converted, approved vehicle should be fully identified with a sticker. Any later repairs related to the NGV system should only be made by authorized personnel as well.

- Conversion workshops: The workshops for NGV conversions should obtain a permit from the Ministry of Énergy and Mines and should have qualified, trained workers and appropriate installations. The workshop will be responsible for the installations made and should guarantee them in writing. Likewise, the installer of the conversion equipment should have a certificate authorizing him to make conversions. This certificate makes him responsible for all of the conversions carried out.

- Filling stations: In locating the filling stations, the standards establish

minimum safety distances to be met between the internal and external elements of the station. Tables 9 and 10 summarize these distances, which are similar to those considered in the standards of other countries having experience with the use of NGV. Table 11 provides comparative figures on distances in Venezuela and in other countries.

- Compression equipment: The compressors installed in the filling station should be designed to operate under a maximum noise level of 75 db, at a distance of one meter. This noise level is considered acceptable under the Industrial Safety Standards. The compression equipment should be outfitted with control and protection devices, as well as pressure-relief systems in the event of abnormal situations. The compressors to be used should have incorporated expansion tanks, in order to avoid the release of gas into the atmosphere during the successive phases of start-up and shut-down of the equipment. The compression equipment should be designed so as to operate at a minimum pressure of 3 600 psi.

TABLE 11.- COMPARATIVE TABLE ON STANDARDS

From:	VENEZUELA			N.F.P.A.			ARGENTINA			CANADA			NEW ZEALAND			ITALY		
	Comp	Tank	Pump	Comp	Tank	Pump	Comp	Tank	Pump	Comp	Tank	PUMP	Comp	Tank	Pump	Comp	Tank	Pump
Property boundary	3	3	3	3	3	3	7.5	3.5	4		3	3		3	3			
Homes	3	3	3	3	3	3	5	3.5	7.5			2		2.5	2	20	20	20
Highly concentrated public parking lots, such as those at schools, military installations, churches, theaters, etc.	15	15	15				50	20								40	40	40
Highways, main roads and railroads	16	15	15	15	15	15												
Secondary roads, avenues and streets	3	3	3	3	3	3			6					3	4.5			
Road or highway intersections	6	6	6	15	15	15												
Electric power distribution stations	7	7	7	3	3	3										7.5	7.5	7.5
Internal facilities such as offices, cafeterias, car wash services, bath-rooms, etc.	3	3	3				7.5									10	10	10
Aboveground tank for liquid hydrocarbons or tank truck	5	6	5		6				5			5			5	10	10	10
Underground tank for liquid hydrocarbons	2	2	2															
Liquid hydrocarbon pump	5	5	3				5					3		5	3	10	10	10
Compressor	-	4	3													-	10	10
Pump	3	6	-													10	10	-
Cylinders	4	-	6			1				2.5	4				2	10	-	10
Open fires	3	4	3			3	7.5		3						3			
Aerial power lines	7	7	7													15	15	15

• Pumps: Every pump installed in an NGV station should have safety components such as relief valves (bleeders), overflow valves, and a breakable coupling valve to avoid the release of gas in the event of hose ruptures caused by vehicles. Only one pump can be located on each island at a station, which will have a mechanical protection based on steel types to avoid collisions. The pumps will be electronic and the gas will be measured by mass, to avoid the influence of pressure and temperature on the volume of dispatched gas.

• Safety: All of the underground steel tubing should be cathodically protected. In general, the stations will

have a detection, protection and alarm system, as well as extinguishers.

MEDIUM-TERM GOALS AND ACTIVITIES CARRIED OUT TO DATE

Table 12 indicates the medium-term plan and, as part of it, the 1989 goals which were originally set. As for the figures presented for 1989, it is important to note that they consider the incorporation of an assembled taxi cab with a dual-fuel (gasoline / NGV) system. These economical vehicles or taxis form part of a Na-

tional Executive Project which, at the time this paper was prepared, was still in the assessment stage. Thus, both these figures and the ones for the medium term should be reviewed and updated, also taking into consideration the findings of the market study which is currently underway. It is worthwhile to note that the figures that are estimated for the medium term may be affected by a series of factors within a scenario of uncertainty, among which special note should be made of the exchange rates, gasoline export prices, fuel prices on the domestic market, government policies and inflation. Nonetheless, a program for infrastructure develop-

TABLE 12.- PLANNED GOALS

	1989	MEDIUM TERM
NGV Vehicles (M of vehicles)	3.5	43
Substituted Gasoline (MBPD)	0.8	8.3
Public Stations	11	44
Private Stations	16	180

ment and conversion is being advanced for 1989, comprising the construction of five private stations, the Jose plant and the gas facilities in La Quizanda being the first of these; four public stations in Caracas; and the conversion of the vehicle fleet of Corpoven in Jose, La Quizanda and the metropolitan area. This conversion of Corpoven's own fleet, estimated as 450 vehicles, would displace approximately 16 000 liters/day by the end of 1989, in other words, 1990 would begin with a displaced volume of 30 000 barrels of gasoline/year.

Finally, the main activities carried out prior to the preparation of this paper can be summarized as follows: approval of the draft proposal was obtained at the corresponding levels,

with the respective human and financial resources. The approved organization for the project was a team of eight people, which is now complete. Purchase orders have been placed for compression, supply and conversion equipment, which will be used in the stations that are expected to be installed in 1989, as well as in the vehicles of Corpoven's own fleet, which will be converted to NGV. Requisitions have also been made for compression and supply equipment which will be used in the installations planned for 1990. The engineering study whose aim is to develop all of the applicable standards was initiated, as well as the technical procedures and the basic designs which will permit the installation of conversion

equipment in vehicles, the construction of supply stations and the operation of conversion workshops. Work also began on the market study, the basic purpose of which is to learn about the potential market for natural gas as a vehicle fuel in the country. Both studies were planned for completion by late 1988. Visits have also been made to various countries for the purpose of learning about their experiences with the implantation and use of NGV. Likewise, visits were made to the world's leading manufacturing firms for conversion, compression and supply equipment. With respect to the development of the installations, the Jose managers have already approved the project proposal presented for auto-consumption of NGV/gasoline. The project is already underway, and it is expected to end by the first quarter of 1989. The first visits to the La Quizanda installations were also made, to initiate the preparation of the corresponding project plan. With respect to the publicity and promotional activities, the marketing strategy has been defined, and a documentary is being filmed on NGV, to support the introduction of this product on the market.