



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Viceministerio
de Energía

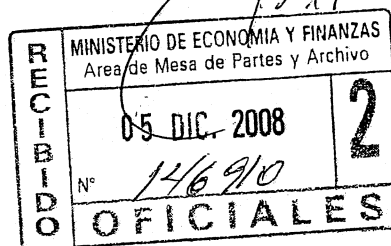
Dirección
General de Hidrocarburos

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de las Cumbres Mundiales en el Perú"

San Borja, 03 DIC. 2008

Oficio N° 1672 -2008-MEM/DGH

Señora
Aída Amézaga
Jefe de la Unidad de Coordinación
de Préstamos Sectoriales (UCPS)
Ministerio de Economía y Finanzas
Jr. Junín 319, Cercado de Lima
Lima.-



Me dirijo a usted en atención al Oficio N° 1140-2008-EF/10 para informarle respecto al compromiso 8 de la Matriz de Verificación del Programa para el desarrollo de una nueva Matriz Energética Sostenible PE-L1061:

8. Lineamientos y alcance del estudio para el análisis de alternativas de suministro y transporte de gas natural comprimido o licuefactado a mercados fuera de Lima, aprobados.

Al respecto, informo a usted que esta Dirección General, por intermedio del convenio de cooperación Perú – Canadá (Proyecto PASEH), realizó el estudio denominado "Factibilidad y Normas para el Micro LNG y GNC Portátil" (copia adjunta). Asimismo, se ha elaborado el "Reglamento de Comercialización de Gas Natural Comprimido y Gas Natural Licuefactado" que fue aprobado mediante D.S. 057-2008-EM. En consecuencia este compromiso ya ha sido cumplido.

Atentamente


GUSTAVO A. NAVARRO VALDIVIA
Director General de Hidrocarburos



2835-146910
14:07

www.minem.gob.pe

Av. Las Artes Sur 260
San Borja, Lima 41, Perú
T: (511) 618 8700
Email: webmaster@minem.gob.pe

Proyecto de Asistencia en Hidrocarburos del Perú

**Actividad WBS No. 237
Dirección General de Hidrocarburos**

Factibilidad y Normas para Micro-GNL y GNC Portátil

**Suministro/Distribución de Gas Natural “Fuera de Red” en Pequeña
Escala Utilizando Transporte a Granel de GNL de Micro-Plantas y GNC en
Cilindros de las Estaciones de Compresión**

Informe Final

William G. Matthews

6 de setiembre del 2007

Tabla de Contenidos

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Introducción..... | 1 |
| 2. | Tecnologías para el Suministro y Distribución de Gas Natural fuera de red en pequeña escala | 2 |
| 2.1 | Gas Natural Comprimido (GNC)..... | 2 |
| 2.1.1 | Remolque de tubos | 2 |
| 2.1.2 | Diseños Modulares | 5 |
| 2.1.3 | Aplicaciones Típicas para el Transporte de GNC por Carretera | 9 |
| 2.2 | Mico-Plantas de Gas Natural Licuado (GNL)..... | 10 |
| 3. | Economías comparadas de estas Tecnologías..... | 12 |
| 4. | Recomendaciones para las Regulaciones y Normas..... | 14 |
| 4.1 | Transporte a Granel de Gas Natural Comprimido (GNC)..... | 14 |
| 4.1.1. | Legislación Peruana..... | 14 |
| 4.1.2. | Normas Internacionales..... | 15 |
| 4.2 | Mico-Plantas de Gas Natural Licuado (GNL) y Transporte a Granel | 17 |
| 4.2.1 | Consideraciones de Seguridad en las Operaciones de GNL | 17 |
| 4.2.2. | Legislación Peruana..... | 18 |
| 4.2.3. | Normas Internacionales..... | 18 |

Anexos

(Adjuntos)

1. Personas Entrevistadas/Conocidas

(en Archivos Separados)

Informes Preliminares en MS Powerpoint:

- *Tecnologías para el Transporte de GNC por Carretera.ppt*
- *Economías.ppt*
- *Micro-Plantas de GNL.ppt*
- *Regs & Normas.ppt*

Hoja de Cálculo de los Modelos Económicos en MSExcel

Modelos de Distribución del Transporte de GN en pequeña escala.xls

Gran Número de Códigos y Normas Internacionales

1. Introducción

El arribo de Gas Natural y la concesión de distribución de la Red de Gas Natural en Lima ha permitido la conversión a Gas Natural de muchos usuarios como las industrias, residencial-comercial y vehículos; sin embargo, las zonas fuera del área de concesión no tienen acceso al gas natural porque el sistema de tubos todavía no se ha extendido a estas zonas. Antes del arribo de futuros ductos, se desea investigar la aplicación de otras tecnologías que puedan utilizarse para suministrar gas natural a los clientes, por ejemplo, GNC por camión y micro-plantas de GNL en puntos locales.

El objetivo de este estudio es el de conducir una revisión de las tecnologías disponibles para el transporte de GNC por carretera y la aplicación de micro-plantas de GNL para lograr el suministro de gas natural a los consumidores en regiones que están fuera de la red del ducto, y en base a esta información tecnológica, desarrollar recomendaciones para la revisión y ampliación de las regulaciones y normas existentes para la operación de estas tecnologías que asegurarán la seguridad, protección ambiental y del consumidor.

De conformidad con los términos de referencia originales, un grupo de modelos de clasificación por orden de magnitud fue formulado para cada tecnología como herramienta para comparar la aplicabilidad de las tecnologías de suministro/distribución de GNC y GNL con las conexiones del ducto, utilizando la distancia al mercado y el volumen del mercado como los principales parámetros.

Es en este contexto que el Instituto Canadiense de Petróleo (CPI) la Agencia Ejecutora Canadiense (CEA) para el PASEH subcontrató al consultor William Matthews para realizar este estudio. El Sr. Matthews arribó a Lima para su primera misión el 21 de mayo hasta el 2 de junio del 2007. Antes de su llegada el Sr. Matthews revisó los detalles de las tecnologías pertinentes con tres operadores en Norte América. Durante su primera misión el consultor tuvo un posterior contacto con un operador de GNC en Argentina y revisó la legislación reguladora en el Perú y en el extranjero.

La segunda misión fue programada del 5 al 17 de agosto del 2007. Durante este período el consultor recolectó información adicional sobre la tecnología, la legislación reguladora y los factores de costo relacionados con cada tecnología. Se llevaron a cabo reuniones con tres operadores que están en el proceso de establecer sus operaciones en el Perú – dos en GNC y uno en GNL (ver Anexo I). Se presentaron informes sobre la tecnología, legislación y economías comparadas a las contrapartes antes de su salida.

Este informe constituye el informe final de la actividad. El Capítulo 2 revisa las diferentes tecnologías para la distribución fuera de red de gas natural utilizando GNC y GNL. El Capítulo 3 documenta las economías comparadas de estas diferentes tecnologías. El Capítulo 4 es un resumen de las recomendaciones

para las regulaciones y normas, en base a una revisión de la legislación en el Perú y la "mejor práctica" internacional.

El consultor quisiera agradecer el apoyo y el asesoramiento de los funcionarios de la DGH en la ejecución de sus tareas durante esta asignación, en particular al Ing. Luis Zavaleta Vargas y al Ing. Omar Dueñas Cárdenas.

2. Tecnologías para el Suministro & Distribución Fuera de Red de Gas Natural en Pequeña Escala

En vista que el Perú tiene abundantes reservas de gas natural, con un posible déficit de hidrocarburos líquidos, es lógico considerar el desarrollo de estrategias y programas que podrían ampliar la sustitución de gas natural por líquidos más allá que las grandes áreas urbanas que próximamente serán conectadas al sistema troncal del ducto. Una opción que ha sido investigada en otros países ricos en gas, pero deficientes en líquidos es acarrear el gas natural desde el sistema troncal del ducto a las estaciones receptoras en centros poblados más chicos por la que no se justificaría la conexión de un ducto debido a una combinación de poca carga y distancia; la estación de expansión de presión alimentaría el gas a una red de distribución para el poblado. Es posible también entregar una carga única más grande como una unidad de generación de energía remota, actualmente quemando un combustible como el diesel. El sistema de transporte consiste en el ensamblaje de tanques de acero o "tubos" montados sobre una combinación de remolque/tractor. Estos así llamados remolque de tubos puede entregar cargas en el rango de 140 a 190 MSCF a presiones de 2,400 a 3,000 psi.

En el caso de los esquemas de transporte / almacenamiento / distribución de GNL una licuefacción de GNL se podrían instalar mini o micro-plantas en el ducto fuera de la red; los camiones de transporte a granel de GNL podrían entonces ser cargados en este punto y acarreados a una instalación de descarga / almacenamiento / re-gasificación cerca de los mercados remotos.

2.1 Gas Natural Comprimido (GNC)

Aquí se revisan tres tecnologías diferentes: El remolque de tubos clásico y dos diseños modulares.

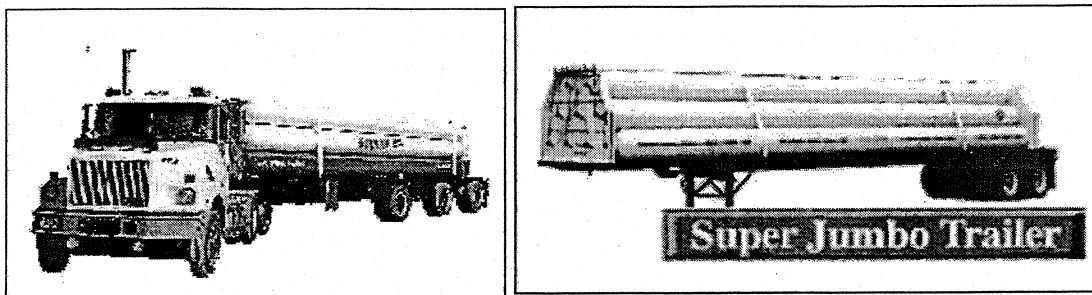
2.1.1 Remolque de Tubos

Esta tecnología fue iniciada en Tejas, EEUU, unos 40 años atrás, por la "Texas Gas Transport Co. (TGTC)". El primer transporte comercial para la tecnología en ese momento fue el atractivo de recuperar el gas natural para los mercados de pozos marginales de gas o pozos a prueba larga, para los cuales no se

justificaba recolectar ductos debido a flujos de poco volumen y de relativamente corta duración.

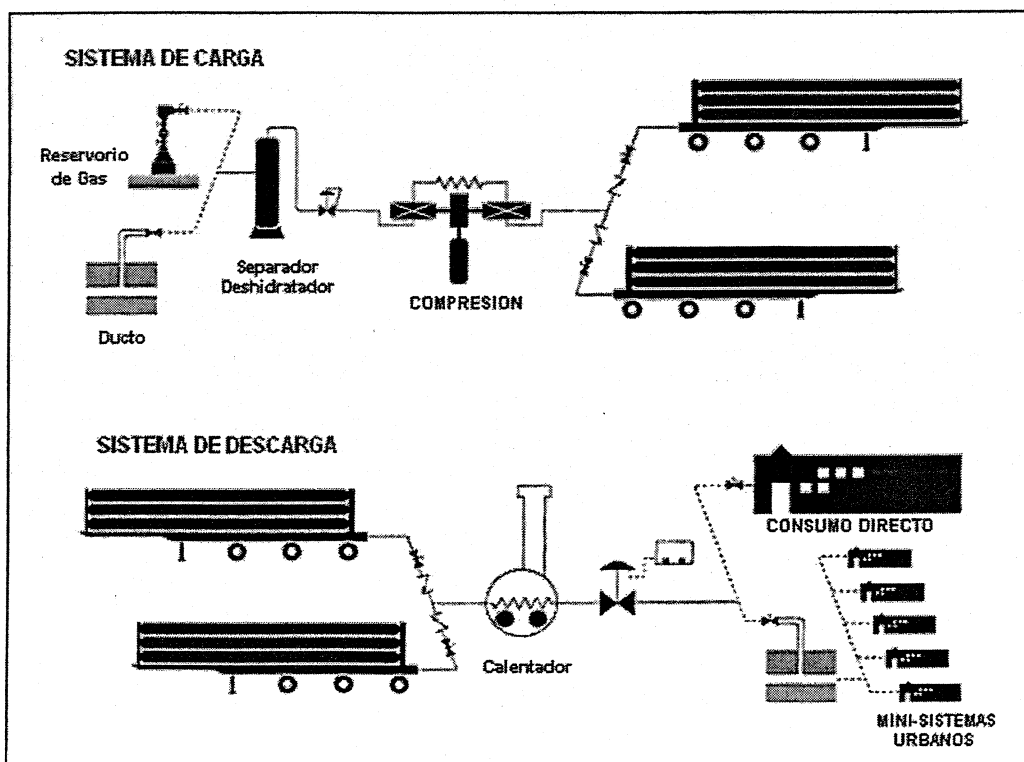
Las compañías en los EEUU y otros países contrataron la tecnología de TGTC. Una de estas fue *SOQUIP* en Québec, Canadá, que operaba una flota de remolques de tubos por muchos años.

La compañía más grande que opera los remolques de tubos en la actualidad en los EEUU es "*Marlin*" con sede en Florida. La compañía *NEOGAS* con sede en Tejas y su principal sucursal en Brasil utiliza esta tecnología con ciertas mejoras novedosas en el manejo y entrega. *NEOGAS* se va a asociar con PetroPeru para iniciar operaciones en el Perú.



Remolque Super Coloso

A continuación se muestra una esquema típico de transporte/distribución utilizando la tecnología de remolque de tubos. Como se indica los remolques extras sirven como almacenamiento tanto en el lugar de carga como en el de descarga, mientras que el tractor lleva los remolques llenos al lugar de descarga y los remolques vacíos de vuelta al lugar de carga.



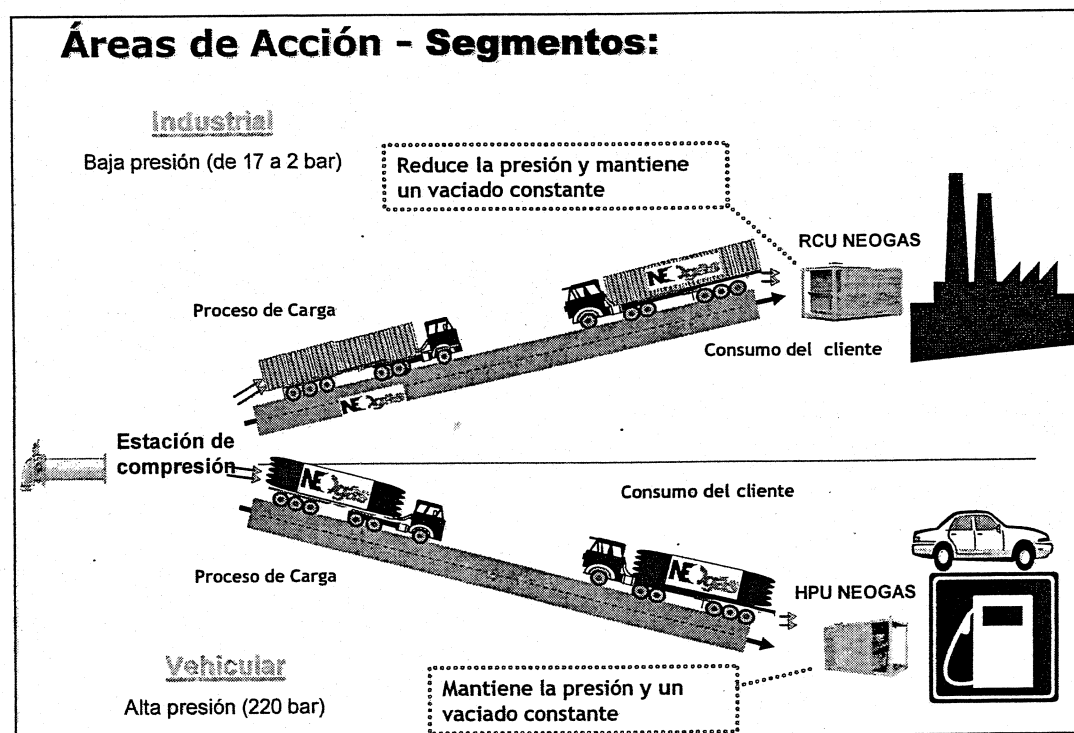
La tecnología involucra comprimir gas natural ya sea de las instalaciones de la cabeza de pozo o de un Terminal de ducto y lo almacena en un remolque de tubo para su posterior transporte. El lugar de carga consiste de sistema de deshidratación y compresión con su correspondiente tubería, conjuntamente con un cuarto de maniobrabilidad suficiente para los tractores remolques.

Una vez cargado, el tractor es llevado al lugar del cliente y es conectado a la instalación de descarga que suministra un flujo constante de gas natural a una presión constante, como lo requieren las instalaciones del cliente. Una vez que el remolque está casi vacío, el mismo es remplazado por una unidad llena y es devuelta al lugar de carga para su relleno.

Debido al peso pesado de los cilindros de acero sin uniones de Tipo 1, la carga útil de gas natural en un tractor remolque de torre de perforación de 45 toneladas es solamente de unas 5 a 6 toneladas.

NEOGAS

NEOGAS de Brasil y Tejas se asociará con PetroPerú empleando su tecnología de transporte de GNC por carretera. Esta utiliza los cilindros sin uniones convencionales de Tipo 1 pero emplea cilindros de diferentes configuraciones para clientes industriales de baja presión comparados con la entrega a las estaciones de abastecimiento vehicular (GNV) de alta presión.



La innovación más importante que ha desarrollado NEOGAS para mejorar su eficiencia de sistema es un sistema hidráulico (HPU) para evacuar la entrega de cilindros de alta presión al combustible vehicular en tanto mantiene la presión alta constante de 220 bar. La evacuación de los cilindros es casi completa al 95%.

2.1.2 Diseños Modulares

Se discuten dos diseños modulares. Se diferencian uno del otro principalmente por el diseño del cilindro. (Ver texto del recuadro).

Los diseños modulares consisten de rejillas de pequeños cilindros agrupadas en contenedores, todos entubados, listos para conectar en su destino de entrega. Se discuten dos diseños:

- **“Dynetek”** Canadá, con cilindros de componentes especiales de materiales de peso liviano, también tiene una rejilla de cilindro pequeña en un remolque, jalado por una camioneta.
- **“Galileo”** Argentina cilindros agrupados en módulos de fibra de vidrio con equipo de manejo especial en la entrega.

Dynetek

El núcleo de la tecnología de Dynetek es el cilindro DyneCell que es un cilindro de **Tipo 3** por ejemplo un componente de revestimiento de aluminio cubierto completamente por una envoltura de fibra de carbono. Es de relleno rápido y de peso liviano – uno de los más livianos en el mercado, aproximadamente cuatro veces más liviano que los tanques de acero o de aluminio (**Tipo 1**) y aproximadamente un tercio del peso de cilindros de acero o aluminio reforzados con una envoltura de filamento (**Tipo 2**).

Los módulos de transporte incluyen los cilindros, soportes, sub marco, válvulas, accesorios para tuberías, dispositivos de alivio de presión, toda la tubería lista para conectar.

Cilindros de GNC

Los cilindros de gas natural comprimido (GNC) están disponibles en diferentes tipos, pesos y tamaños para satisfacer diferentes aplicaciones. Como regla general, a medida que baja el peso del cilindro, el costo del mismo aumenta.

Los tipos de cilindros incluyen:

Tipo 1: *Este es un cilindro todo de metal hecho de acero. No tiene una cubierta, otra que la pintura, en el exterior del cilindro. Este es el tipo de cilindro más común.*

Tipo 2: *Este es un cilindro de metal (acero o aluminio) con una envoltura parcial alrededor del cilindro. La envoltura es usualmente hecha de vidrio, aramida o carbono, contenida en una resina expóxidica o de poliéster.*

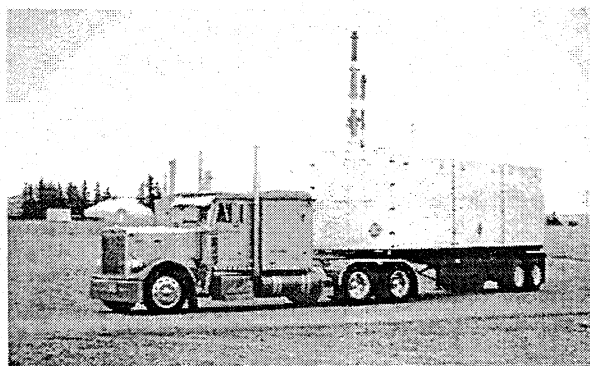
Tipo 3: *Este tipo de cilindro está completamente envuelto con la misma clase de material utilizado para la envoltura parcial del cilindro de Tipo 2. Este tipo de cilindro tiene un revestimiento de metal usualmente de aluminio.*

Tipo 4: *Este tipo de cilindro está completamente envuelto por la misma clase de material utilizado para la envoltura parcial del cilindro de Tipo 2. Este tipo de cilindro tiene un revestimiento de plástico.*

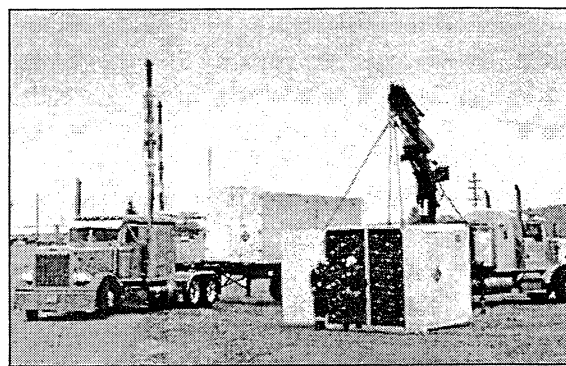
Los sistemas de Transporte a Granel Grandes cargan hasta 600,000 scf y están disponibles en diferentes configuraciones desde remolques de ejes en serie, Btrain, hasta contenedores ISO.

Dynetek ha desarrollado una línea de remolques de reabastecimiento móviles de peso liviano para el servicio de GNC que pueden ser jalados por una camioneta (pickup).

Debido a los cilindros de peso liviano la típica carga útil para un tractor remolque de peso bruto de 35-40 toneladas es como de 15 toneladas de gas natural.



Sistema Grande de Dynetek

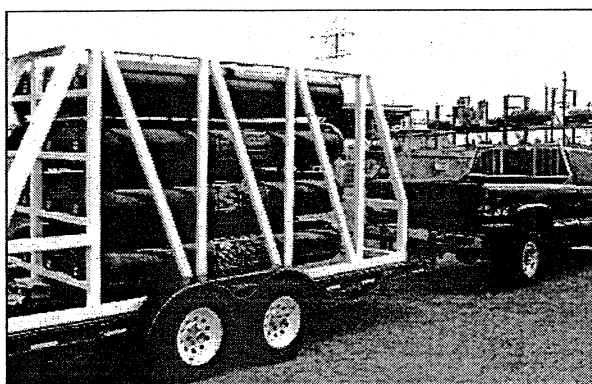


Módulo de descarga Dynetek

200 bar / 3000 psi Gas Natural

DyneCell[®] Cilindros @ 15°C / 59°F

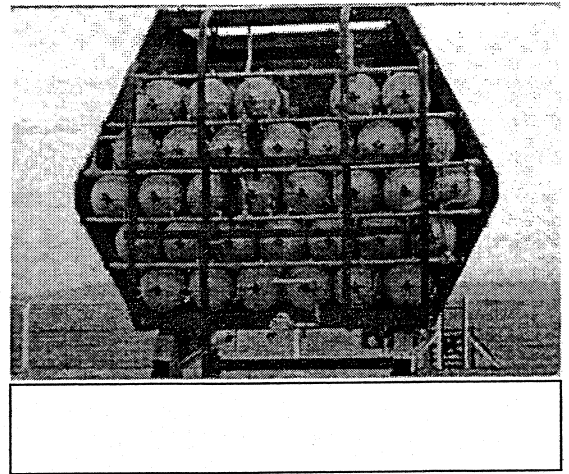
| Modelo | Volumen | | Diámetro | | Longitud | | Peso | | Capacidad | | Equivalente de Gas | | Equivalente de Diesel | | Puerto |
|--------|---------|-------------|----------|------|----------|-------|------|-----|-----------|------|--------------------|--------|-----------------------|--------|--------|
| | litros | w.c. cu.in. | mm | in. | mm | in. | kg | lb | scf | scm | litros | US Gal | litros | US Gal | |
| V072 | 72 | 4,394 | 387 | 15.2 | 864 | 34.0 | 31 | 68 | 643 | 18.2 | 21.4 | 5.7 | 18.9 | 5.0 | G5 |
| V174 | 174 | 10,618 | 387 | 15.2 | 1,960 | 77.2 | 61 | 135 | 1,555 | 44.0 | 51.8 | 13.7 | 45.8 | 12.1 | G5N |
| V260 | 260 | 15,866 | 387 | 15.2 | 2,800 | 110.2 | 91 | 201 | 2,323 | 65.8 | 77.4 | 20.4 | 68.4 | 18.1 | G5N |
| W150 | 150 | 9,154 | 404 | 15.9 | 1,524 | 60.0 | 55 | 121 | 1,340 | 37.9 | 44.6 | 11.8 | 39.5 | 10.4 | G5 |
| W205 | 205 | 12,510 | 404 | 15.9 | 2,110 | 83.1 | 69 | 152 | 1,832 | 51.8 | 61.0 | 16.1 | 54.0 | 14.3 | G5N |
| W292 | 290 | 17,697 | 404 | 15.9 | 2,880 | 113.4 | 94 | 207 | 2,591 | 73.3 | 86.3 | 22.8 | 76.3 | 20.2 | G5N |
| W320 | 320 | 19,528 | 404 | 15.9 | 3,128 | 123.1 | 100 | 221 | 2,860 | 80.9 | 95.2 | 25.2 | 84.2 | 22.3 | G5N |



Sistema de peso liviano Dynetek

Galileo

Galileo es una compañía argentina que ha desarrollado su sistema modular para transportar GNC que denomina un "Ducto Virtual". Este sistema será comercialmente explotado en el Perú. Los cilindros son de Tipo 1 de acero sin uniones de manera que la típica carga útil en un tractor remolque de peso bruto de 45 toneladas es de solamente 5 a 6 toneladas.



Este módulo denominado MAT tiene una capacidad de hasta 150 metros cúbicos. Es el componente principal del transporte modular DUCTO VIRTUAL donde el GNC es transportado y almacenado para ser utilizado en los diferentes puntos de consumo. Contiene las siguientes partes:

Cilindros donde se almacena el GNC.

Marco: donde se agrupan los cilindros para formar una sola pieza.

Entubado interconectado.

Existen dos modelos de módulos MAT en función a su capacidad:

| | MAT 1300 | MAT 1500 |
|----------------------|----------|----------|
| Volumen (Nu3) | 1300 | 1500 |
| Max.Carga de Presión | 250 | 200 |

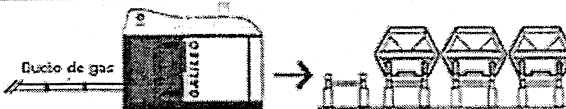
Each module, denominated MAT, has a capacity of up to 1500 cubic meters. It is the principal component of the modular transport VIRTUAL PIPELINE where CNG is transported and stored to be used in the different points of consumption. It contains the following parts:
Cylinders: where CNG is stored.
Frame: where the cylinders are grouped to form only one piece.
Interconnection tubing.

There are two modules MAT models in function of their capacity:



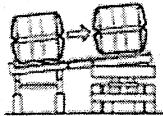
| | MAT 1300 | MAT 1500 |
|----------------------------|----------|----------|
| VOLUME [Nm3] | 1300 | 1500 |
| MAX CHARGE PRESSURE [BARG] | 250 | 200 |

1.



Estación Madre - Un MICROBOX(R) / MICROSLIQ(R) conectado a un ducto de gas existente, comprime el gas dentro de los módulos de transporte MAT. Estos son colocados sobre plataformas llamadas PA-C, especialmente diseñadas para dicho propósito. Estas permiten un módulo de relleno eficiente y seguro y un intercambio con el sistema de Transporte.

2.



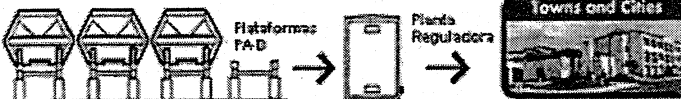
Carga y Descarga - A la llegada, el remolque de transporte intercambia los MAT vacíos traídos desde el punto de consumo por otros MAT llenos. Este intercambio se puede hacer con máquinas ST colocadas en el remolque fáciles de usar y especialmente diseñadas. Pueden ser operadas por el conductor del camión. Estas máquinas ST minimizan el tiempo del módulo de carga y descarga con los más altos estándares de seguridad.

3.



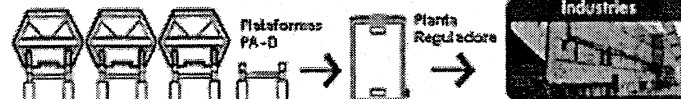
Transporte - El vehículo transporta los módulos de MAT a lo largo del camino a una velocidad típica del transporte de carga, sin la necesidad de sistemas de seguridad adicionales. Los módulos MAT están vinculados al remolque por medio de un sistema de anclaje que asegura un transporte seguro.

4.



Consumo de la casa - A la llegada a los puntos de consumo, los módulos MAT son descargados en plataformas especialmente diseñadas llamadas PA-D. Estas plataformas tienen un sistema de conexión simple y seguro el cual minimiza tanto los tiempos de carga como de descarga. Después de pasar a través de una planta reguladora, los MAT son finalmente conectados a la red de suministro de la casa.

5.



Consumo Industrial - En esta aplicación de acuerdo con el tipo de industria a suministrar, las plataformas son conectadas a las plantas reguladoras. Estas son ajustadas con un sistema exclusivo calentador catalítico y tiene una capacidad máxima de 10,000 m³/hora.

6.



Estaciones Hijas de GNC - Los módulos MAT son conectados al surtidor a través de una descarga BOOSTER y son administrados por el sistema de Cascada Rotativa, el cual maximiza la descarga del MAT GNC y minimiza las veces del repostaje del vehículo. El sistema patentado por Galileo de Cascada Rotativa permite un eficiente uso del módulo, minimizando tanto los costos de inversión como operativos.

2.1.2 *Típicas Aplicaciones para el Transporte de GNC por Carretera*

Hay un número de aplicaciones a las cuales se han aplicado estas tecnologías antes mencionadas para el Transporte de GNC por Carretera en los últimos 40 años:

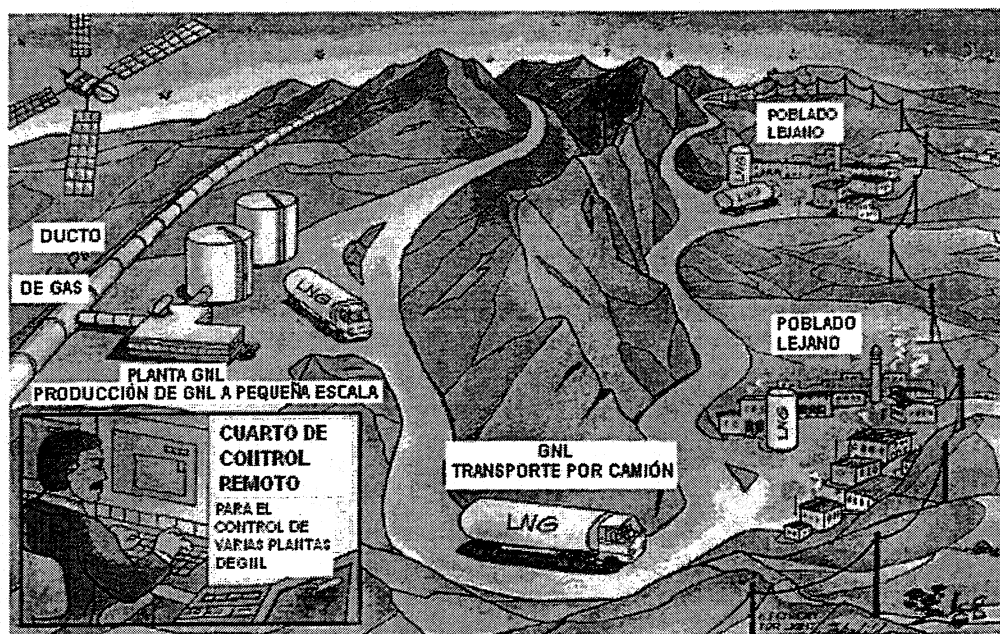
- Producción de reservas pequeñas de gas natural
- Prueba de nuevos descubrimientos de reservas de gas natural – permitiendo el acceso instantáneo al mercado
- Transporte de filamento de gas desde reservas de gas natural remotas o abandonadas
- Suministro de gas natural a áreas fronterizas
- Pre-desarrollo de nuevos mercados
- Suministro temporal de gas natural a los sistemas de distribución durante una emergencia o interrupciones planeadas
- Suministro de GNC a las estaciones de reabastecimiento vehicular de gas natural – ideal para estaciones de madre-hija
- Clientes del servicio no conectados a los sistemas de distribución existentes.

2.2 Micro Plantas de Gas Natural Licuado (GNL)

Otro método para suministrar cantidades de gas natural fuera de la red del ducto de una escala por las que no se pueden justificar los ductos, es mediante el licuado en el tronco del ducto, el transporte a granel por carretera a un lugar del mercado y la re-gasificación para alimentar al cliente(s).

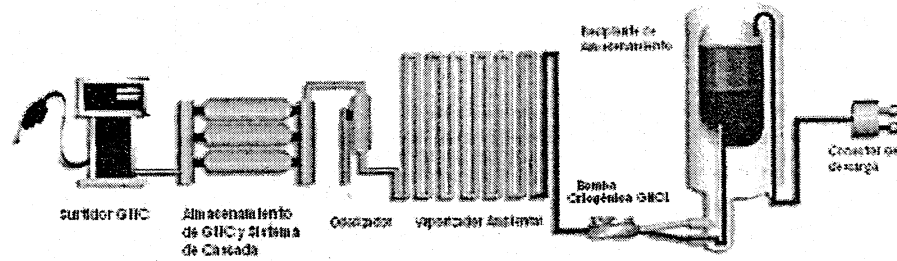
Las capacidades típicas de una micro-planta de GNL son de 1.0 a 10.0 mmcf/d. Dependiendo del tamaño del mercado y la distancia a un número de tanques criogénicos de carretera podrían moverse entre la planta de GNL y los mercados finales. Podría haber plantas satélites de recepción de GNL que abarquen descarga, almacenamiento, re-gasificación y regulación de presión en los lugares del mercado que suministren generación eléctrica o a los clientes industriales y/o alimenten una red local que incluya varias clases de clientes. Para las aplicaciones de GNV la configuración receptora es ligeramente diferente, incluyendo la tecnología para bombear a alta presión y vaporizar – la así llamada tecnología “GNCL”.

Distribución de GNL a consumidores finales sin ningún acceso a la infraestructura del ducto



GNCL - Gas Natural Líquido Cómo funciona la Estación

Las estaciones de GNCL utilizan GNL como alimentador para entregar GNC a los vehículos. También puede ser configurado para surtir GNL.



Suministro - El surtidor toma inicialmente el GNC almacenado en los tanques de almacenamiento en cascada, luego activa las bombas de GNCL. Esas bombas alzan la presión del GNCL a 4,500 PSI (310.3 bar) antes de enviarlo al Vaporizador de Alta Presión (el cual convierte GNL en GNC). El GNC pasa a través del odorizador antes de llegar al surtidor. El sistema de suministro incluye la disposición de la secuencia del tubo múltiple para activar las bombas y llenar los tanques de almacenamiento en cascada para mantener la presión en las boquillas de suministro.

3. Economías Comparativas de estas Tecnologías

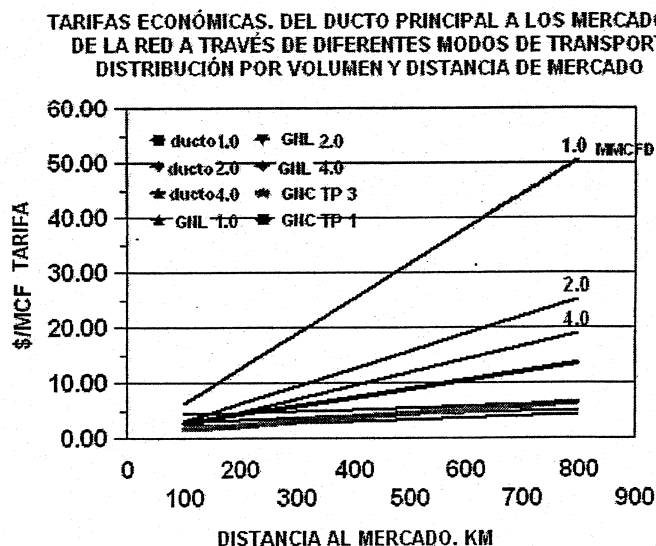
Se han preparado modelos de cuatro hojas de flujo de caja con el objeto de comparar las economías por orden de magnitud de cuatro tecnologías para el transporte a granel de gas natural desde el tronco principal del ducto a los consumidores de fuera de red. Se debe de destacar que, mientras se ha tomado bastante cuidado y experiencia en asesoría en las asunciones de factores de costo y la representación de estos modelos, los resultados son aproximados y deben de ser usados solamente para fines de clasificación de política.

El enfoque es para ilustrar los muy diferentes perfiles de costo de capital y operativo de estas tecnologías y el impacto que estas diferencias tienen en la relativa factibilidad y aplicabilidad de estas tecnologías para una escala diferente de volumen y distancia de mercado desde el tronco del ducto hasta el mercado.

Las tecnologías comparadas son:

- Ducto
- Cilindros de GNL de Tipo1
- Cilindros de GNL de Tipo 3
- Micro-plantas GNL

Los modelos de flujo de caja específicos han sido preparados para cada



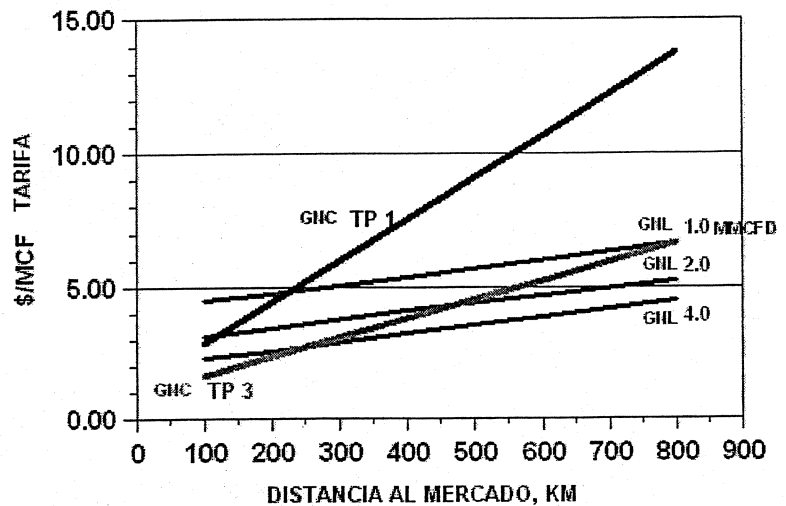
tecnología, integrando los costos de capital y de operación. Las tarifas económicas¹ han sido calculadas para un rango de volúmenes de mercado

¹ Una tarifa "económica" implica que no se han incluido ningún impuesto u otros cargos similares del gobierno.

/embarque (de 1.0 a 4.0 mmcfd)² y un rango de distancias de la fuente de la red al mercado fuera de la red (de 100 a 800 kms).

Los siguientes gráficos ilustran los resultados. El primer gráfico incluye la tarifa del ducto que, excepto por una muy poca distancia (100 a 150 kms.) no es competitiva con GNC y GNL. Es aparente sin embargo que los ductos podrían ser muy competitivos en volúmenes más altos (sobre 4.0 mmcfd). Con el fin de ilustrar mejor la comparación entre las tecnologías GNC y GNL en el segundo gráfico la curva del ducto ha sido eliminada y las curvas del GNL y GNC han sido ampliadas.

TARIFAS ECONÓMICAS. DEL DUCTO PRINCIPAL A LOS MERCADOS FUERA DE LA RED A TRAVÉS DE DIFERENTES MODOS DE TRANSPORTE / DISTRIBUCIÓN POR VOLUMEN Y DISTANCIA DE MERCADO



Se muestran las dos tecnologías de GNC que involucran los dos diferentes tipos y pesos de cilindros. El GNC del tipo 1 con poca carga útil debido a que el peso del cilindro de acero sin uniones es menos competitivo que el liviano, la carga útil más alta de tipo 3. Con el GNL (como con los ductos) existe una familia de curvas, que varían de acuerdo al volumen embarcado. Con el GNC como con el transporte de carretera del producto de petróleo convencional el efecto de la escala es casi inexistente en vista de que no hay un gran capital anticipado como en el de la planta de licuefacción de GNL o ducto fijo. Si el volumen de GNC aumenta simplemente se ponen en servicio más camiones pero la tarifa es casi la misma.

Como se indica la tecnología GNC del Tipo 1 solamente es competitiva con el GNL en distancias cortas y de poco volumen. Los cilindros de GNC del tipo 3 compiten con el GNL sobre un rango más amplio. Es mejor que el GNL en el rango de 500 a 800 kms cuando se embarcan volúmenes de 1.0 a 2.0 mmcfd.

² Para poner este rango de volumen en perspectiva; el 1.0 mmcfd de gas natural representa:

- Requerimientos de combustible para una estación energética de 4 megawatts (turbina de ciclo simple)
- 165 barriles/día de equivalente a petróleo
- Típicas ventas de estaciones de GNV de tamaño 1 grande y 2 medianas (en Bolivia en la actualidad)

Cuando los volúmenes exceden los 2.0 mmcfd, sin embargo el GNL es superior excepto en distancias cortas, de 100 a 300 kms.

La siguiente tabla ilustra las características fundamentales de cada tecnología que impactan las economías como se muestran en los gráficos.

| CARACTERISTICAS DE CADA TECNOLOGIA | | | | |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| | <u>DUCTO</u> | <u>GNC 1</u> | <u>GNC 3</u> | <u>GNL</u> |
| CAPITAL | ALTO | BAJO | BAJO | MEDIANO |
| PARA 2.0 MMCFD, 200 KM; \$MM | 24.0 | 1.5 | 2.0 | 8.4 |
| FLEXIBILIDAD VARIA EL DESTINO | NIL/POBRE | BUENA | BUENA | BUENA |
| CARGA UTIL DE GAS DEL CAMION | N/A | BAJA | MEDIANA | MEDIANA |
| REACCION AL VOLUMEN/ESCALA | ALTA | BAJA | BAJA | MEDIANA |

4. Recomendaciones para Regulaciones & Normas

Existe en el Perú una legislación general que cubre los estándares y normas para el sector de gas natural como sigue:

- *Ley N° 27133 – Ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural*
- *DS N° 040-99 EM - Reglamento de la Ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural*

La siguiente legislación incluye disposiciones para incluir gas natural comprimido, principalmente con referencia al GNV pero no hace referencia a los sistemas de transporte a granel de GNC discutido previamente. Similarmente incorpora referencias al gas natural licuado pero no refleja los sistemas combinados de micro-planta de GNL & transporte a granel discutido anteriormente. Esta amplia legislación se podría modificar para incluirlos.

- *DS N° 063-2005-EM Dictan Normas para promover el uso masivo de gas natural*

Esta amplia legislación trata sobre áreas como la producción de gas natural y el transporte por ducto y tiene algunas referencias al GNC y GNL, pero no existen

normas completas, sin embargo, que cubran específicamente las dos tecnologías de sistemas de gas natural fuera de la red discutidos arriba.

- Transporte a granel de Gas Natural Comprimido (GNC) por Carretera y manejo
- Mini/Micro-plantas de gas Natural Licuado combinado con Transporte a granel por Carretera y Manejo

4.1 Transporte de Granel de Gas Natural Comprimido (GNC)

Lo siguiente identifica el equipo y las operaciones que deben de ser reguladas:

1. GNC Comprimido (carga de remolques de tubos en el tronco del ducto)
2. Transporte a Granel por carretera en la forma de remolques de tubos.
3. Los cilindros o "tubos" utilizados como almacén en tránsito portátiles.
4. La entrega, descompresión y regulación de presión en el punto del mercado (descarga de los remolques de tubos)

4.1.1 La Legislación Peruana

Ítem 1. Compresión: puede ser por lo menos parcialmente cubierta bajo la legislación peruana existente diseñada para las estaciones surtidoras de GNV. Existe una norma de INDECOPI, la **NTP 111.020:2004** para estaciones compresoras de GNV de la cual solamente hay disponible un resumen (ver texto del recuadro). Este se podría adaptar con la asistencia de normas internacionales para adecuar las instalaciones de compresión para servir al transporte a granel.

Código : NTP 111.020:2004

Publicado : R. 110-2004-CRT-INDECOPI (2004-11-13)

Título: GAS NATURAL SECO. Requisitos de instalación, operación y mantenimiento de compresores para estaciones de servicio de gas natural vehicular (GNV)

Título (Ing): Requerimientos de Gas Natural para la instalación, operación y mantenimiento de compresoras para las estaciones de servicio de gas natural comprimido

Resumen : Establece los requisitos de instalación, operación y mantenimiento de compresores para estaciones de servicio de gas natural vehicular

Existen otras normas de INDECOPI como la NTP 111.025:2006, que hace referencia a la compresión y suministro de gas natural comprimido relativo al GNV que deberían ser revisadas para ver si éstas tienen alguna aplicabilidad.

Existen tres regulaciones relacionadas con las instalaciones de GNV, incluyendo la compresión, que podrían ser de aplicación y deberían ser revisadas:

- DS N° 006-2005-EM
- DS N° 003-2007-EM
- DS N° 009-2006- EM

Ítem 2. Transporte a granel por Carretera: Ciertos aspectos de las combinaciones de remolques-tractores podrían ser cubiertos bajo las regulaciones existentes de transporte de camiones.

Ítem 3. Cilindros: existe una norma de INDECOPI NTP 111.017:2004 del cual solamente hay un resumen disponible (ver texto del recuadro). Se refiere a la inspección periódica de los cilindros de Tipo 1 para utilizar sobre cubierta como tanques de combustibles de GNV. Esta podría ser revisada y adaptada con referencia a normas internacionales para adecuar la inspección periódica de los cilindros grandes a los sistemas de transporte a granel de GNC.

Ítem 4. Descompresión y Regulación

Código : NTP 111.017:2004

Publicado : R. 84-2004-CRT-INDECOPI (2004-08-20)

Título : GAS NATURAL SECO. Revisión periódica de cilindros tipo I para gas natural vehicular (GNV).

Título (Ing) : GAS NATURAL. Inspección periódica y prueba para los cilindros de GNV del tipo I.

Resumen: Establece los métodos para la inspección y ensayos para la revisión periódica obligatoria programada de cilindros Tipo I, de manera que permita establecer los criterios de condena o aceptación. El propósito es lograr un nivel de confiabilidad aceptable del cilindro para que pueda ser puesto nuevamente en servicio por un período conforme a la frecuencia establecida

Esta área sería similar a las regulaciones de seguridad relacionadas con el los sistemas de despacho del "City Gate" (Puerta de Entrada a la Ciudad). Las normas y regulaciones pertinentes al ducto peruano y al sistema de distribución de gas natural deberían ser revisadas por su pertinencia y aplicabilidad.

4.1.2 Normas Internacionales

Tanto Argentina como Brasil tienen normas completas que están diseñadas para cubrir los Sistemas de Transporte a Granel de GNC discutidos arriba. Estas se detallan aquí y se ha proporcionado toda la documentación. Toda la legislación argentina está disponible en español así como muchas de las normas brasileñas.

Argentina

- ETENRG N° 2 Especificaciones Técnicas para Vehículos para el Transporte de GNC a granel
- ETENRG N° 3 Especificación Técnica para Compresión Envasada de GNC y Almacenamiento y Otros Equipos Incluidos, que no requieren de un Muro Perimétrico.
- ETENRG N° 4 Especificación Técnica de Compresión Integrada de GNC y Equipo Surtidor.
- ETENRG N° 5 Especificación Técnica para la Instalación, Uso y Control de Cilindros de Componente de Fibra de Carbono de GNC
- ETENRG N° 6 Especificación Técnica de Sistemas de Transporte para Módulos de Contenedor de GNC
- GE N° 1- 144 Especificación Técnica de Re-Clasificación Periódica de Cilindros de GNC de acero sin uniones de acuerdo con la Norma IRAM 2529

Brasil

- PORTARIA ANP N° 243, DE 18.10.2000-DOV19.10.2000-REPUBLICADA EL 7.11.2003 Reglamenta las actividades de distribución y comercialización de gas natural comprimido (GNC), a granel y la construcción, ampliación y operación de Unidades de Compresión y distribución de GNC. ***Esta es una regulación completa excelente que regula todas las operaciones y equipo del sistema.***
- Anexo A La Portaria N° 204 Del 20 De Mayo De 1997. Instrucciones Complementarias Al Reglamento De Transporte Terrestre De Productos Peligrosos. ***Esto incluye al GNC como un bien peligroso..***
- NBR 12236 Solamente en portugués – cubre la construcción y operación de las estaciones surtidoras, incluyendo la compresión
- NBR 12790 Solamente en portugués – cubre la fabricación, inspección y re-clasificación de cilindros de acero sin uniones para el almacenamiento y transporte de gases de alta presión.

Otras Normas Internacionales

No existen normas completas que cubran todo el sistema de transporte a granel de GNC en los EEUU o Europa similares a los de Argentina y Brasil. Existen normas ISO UK y US (CFR) sobre cilindros de acero y componentes sin uniones – toda la documentación ha sido suministrada.. El Código de Sistemas de Combustible Vehicular u – NFPA 52, en el Capítulo 4 cubre Requerimientos Generales de GNC y Clasificaciones de Equipo y el Capítulo 8 Compresión de GNC, Procesamiento de Gas, Almacenamiento y Sistemas Surtidores y puede ser útil (todo el documento ha sido suministrado) pero no está orientado de manera completa hacia estos sistemas de transporte a granel.

Recomendación

Se recomienda que se revisen y adapten las normas argentinas y brasileñas para desarrollar un grupo de normas completo para el Perú que cubran todo el sistema de Transporte a Granel para el GNC como se discute arriba.

4.2 Mini-Plantas de Gas Natural Licuado (GNL) y el Transporte a Granel

Lo siguiente identifica el equipo y las operaciones que deben de ser reguladas:

1. La planta de licuefacción del tronco del ducto, incluyendo procesamiento y almacenamiento
2. Carga de los buques cisternas a granel
3. El transporte a granel por carretera en tanques criogénicos en los remolques
4. La planta de re-gasificación incluyendo calentador, almacenamiento y regulación de presión si es suministrada a los clientes industriales/energéticos o a una red de ducto local para servir a varias clases de clientes.

5. La instalación LCNG y la estación surtidora de GNC o a una estación surtidora directa si es suministrada para abastecimiento vehicular.

4.2.1 Consideraciones de seguridad en las Operaciones de GNL

El más importante requerimiento de seguridad para la industria es el de contener GNL:

Primera Contención

Esta se logra empleando materiales adecuados para los tanques de almacenamiento y otro equipo y para el diseño de ingeniería apropiado a través del sistema.

Segunda Contención

Una segunda capa de protección asegura que si ocurren fugas o derrames, el GNL puede ser contenido y aislado. Para las instalaciones en tierra los diques y bermas rodean los tanques de almacenamiento de líquidos para capturar el producto en caso de un derrame. En algunas instalaciones un tanque de concreto reforzado rodea el tanque interno que normalmente conserva el GNL. Los sistemas de contención secundaria están diseñados para exceder el volumen del tanque de almacenamiento. Los sistemas de contención dobles y completos para tanques de almacenamiento en tierra pueden eliminar la necesidad de diques y bermas.

Sistemas de Seguridad

Los sistemas de seguridad dan una tercera capa de protección. La meta es la de minimizar la liberación de GNL y mitigar los efectos de una liberación. Las operaciones de GNL utilizan sistemas tales como gas, líquido y detección de incendios para identificar rápidamente y romper una contención. Los sistemas a control remoto y automáticos de corte minimizan las fugas y derrames en el caso de fallas. Los sistemas operativos (procedimientos, entrenamiento y respuesta a la emergencia) también previenen/mitigan los peligros.

Distancia de Separación

Las mejores regulaciones de prácticas internacionales exigen que las instalaciones de GNL estén localizadas a una distancia segura de áreas industriales, comunitarias y otras adyacentes. Las distancias de seguridad o zonas de exclusión son en base a una información de GNL sobre dispersión de vapor, y contornos de radiación térmica y otras consideraciones especificadas en las regulaciones.

4.2.2 Legislación Peruana

Existe muy poca legislación peruana específica para el GNL que podría ser aplicable a los sistemas descritos arriba. Las plantas de GNL están incluidas en la categoría de plantas de procesamiento para los propósitos de la siguiente ley y su reglamento:

- Ley N° 28176, Ley de Promoción de la Inversión en Plantas de Procesamiento de Gas Natural
- DS N° 031-2004-EM Aprueban Reglamento de la Ley de Promoción de la Inversión en Plantas de Procesamiento de Gas Natural

La regulación trata mayormente sobre los aspectos comerciales, tributarios, de inversión y comercio exterior relacionados con estas plantas. Se refiere a normas técnicas y HSE, indicando que en ausencia de normas específicas aplicables a estas plantas deben de emplearse las normas internacionales apropiadas.

4.2.3 Normas Internacionales

El grupo de normas más completo que abarca todos los aspectos de los sistemas de GNL antes descritos son dos de los EEUU.

- NFPA 59A Norma para la Producción, Almacenamiento y Manejo de Gas Natural Licuado (GNL).
- DOT 49 CFR 193 – NORMAS FEDERALES DE SEGURIDAD PARA LAS INSTALACIONES DE GAS NATURAL LICUADO

Se ha proporcionado todos los documentos.

Recomendación

El más fácil acercamiento directo para tener una norma peruana para los sistemas de GNL sería la adopción por referencia de la NFPA 59A. La "adopción por referencia" de los Códigos NFPA es una práctica común aceptada.

Adopción de un Código o Norma NFPA

La adopción legal de un código o norma difiere de una jurisdicción a otra. La manera más fácil para adoptar el documento es por referencia, un método que exige que el texto de la ley o regla se cite por su título, sin generalmente imprimir las palabras en la ley.

Cuando las leyes locales no permiten la adopción por referencia, se puede adoptar un código o norma por transcripción. Esto exige que el texto completo sea escrito en la ley.

Los códigos y normas NFPA han sido referidos por agencia federales tales

como la Administración de Salud Ocupacional y de Salud, la Administración de Veteranos, y el Departamento de Servicios de Salud y Humanos. Varios Códigos de Construcción de Modelos regionales también han hecho referencia a los documentos de la NFPA

Anexo I

Personas Entrevistadas y Contactadas

(Contactadas por teléfono y correo electrónico)

| | |
|----------------------------|---|
| Dan Gleason | <i>Dynetek Industries, Calgary, Canada</i> http://www.dynetek.com/cng.php |
| Gerente de Operaciones | <i>Marlin CNG Services, Tampa, Florida, USA</i> http://www.marlingas.com/index.html |
| Francisco Astibia Aires | Gerente de Desarrollo Corporativo, <i>Galileo</i> , Buenos Aires http://www.galileoar.com/2005/castellano/index.htm |

(Entrevistados en Lima en el MEM/DGH)

IRRADIA

| | |
|---------------|-----------------------------|
| Eberth Tejada | Grupo Procesos e Ingeniería |
| Raoul Negrón | Grupo Procesos e Ingeniería |

NEOGAS

| | |
|-------------------------|--|
| Ing. José Carlos Armas | Gerente General |
| Ing. Eduardo Mercado | Jefe de Proyecto |
| Jorge Juárez Eyzaguirre | Gerente General de la Cámara Peruana del Gas Natural Vehicular |

PetroPeru (asociado con Galileo en las operaciones de GNC)

| | |
|------------------------|-------------------------------------|
| Daniel Díaz Del Aguila | Asesor Proyectos de Energía y E & P |
|------------------------|-------------------------------------|

Una delegación de la Municipalidad de Lima sobre Desarrollo Urbano, discutiendo con los funcionarios de la DGH y NEOGAS sobre sus inquietudes sobre las instalaciones de GNC

