

Energy Economics Research

at the **Bureau of Economic Geology**

Bureau of Economic Geology, Scott W. Tinker, Director
Jackson School of Geosciences, The University of Texas at Austin



INTRODUCCION AL GNL

Descripción general del gas natural licuado (GNL),
sus propiedades, la industria de GNL y aspectos de
seguridad



Michelle Michot Foss, Ph.D.
Chief Energy Economist and CEE Head
1650 Highway 6, Suite 300
Sugar Land, Texas 77478
Tel 281-313-9763 Fax 281-340-3482
energyecon@beg.utexas.edu
www.beg.utexas.edu/energyecon/Ing

Enero 2003

Table of Contents

Resumen Ejecutivo.....	3
_Introducción	4
Descripción general: Que es GNL?	6
Por Que Es Necesario el GNL en EE.UU.?	7
Por Que el GNL Es una Fuentes Competitiva de Gas Natural?.....	10
Historia del GNL.....	11
Composición del Gas Natural y GNL	14
La Cadena de Valor del GNL	16
Cuanto cuesta el GNL?.....	20
Es el GNL un Combustible Seguro?	23
Apéndice 1: Tabla de Conversiones	30
Appendix 2: Other Fuel Terminologies.....	31
Apéndice 3: Glosario'	34

INTRODUCCION AL GNL¹

Resumen Ejecutivo

Este informe es el primero en una serie de documentos que describe la industria del gas natural licuado (GNL) y el creciente papel que el GNL juega en el futuro energético de los EE.UU. Este documento introduce al lector al GNL y describe en pocas palabras muchos de los temas relacionados con la industria del GNL. El segundo y tercer informe, ***Seguridad del GNL y el Ambiente***, y ***Balance entre Oferta y Demanda y Seguridad Energética en los EE.UU.: un rol para el GNL?***, serán publicados en la primavera del 2003. Estos informes, junto con información suplementaria, serán compilados en un libro titulado ***Guía del GNL en América del Norte***.

El GNL es la forma líquida del gas natural que la gente usa en sus casas para la cocinar y la calefacción. Según la Administración de Información de Energía de los EE.UU. (EIA), el país puede verse frente a un vacío en el suministro de gas natural de alrededor de cinco billones de pies cúbicos (bpc)² para el 2020. Por lo tanto, el aumento de importaciones del gas natural serán necesarias para compensar las deficiencias venideras. Canadá puede que no sea capaz de mantener los crecientes volúmenes de exportaciones para los EU, debido al aumento de la demanda de gas natural en el mercado interno. La EIA espera que importaciones del gas natural licuado alcancen 0.8 bpc por año para el 2020, o alrededor del tres por ciento de nuestro consumo total. Se espera que la demanda por el GNL crezca.

Para hacer el GNL disponible para su uso en los EU, compañías de energía deben invertir en la cadena de valor del GNL, la cual contemple diversas operaciones sumamente relacionadas y dependientes entre sí. El gas natural puede ser producido económicamente y llevado a los EU como GNL por un precio estimado en \$2.50 - \$3.50 por millón Btu (MMBtu) [puesto en Henry Hub, Louisiana], dependiendo mayormente del costo de transporte.

El GNL ha sido manejado con mucha seguridad por muchos años. La industria no esta limpia de incidentes, pero ha mantenido un record de seguridad envidiable, especialmente por los últimos cuarenta años. Mundialmente hay 17 terminales de exportación (licuefacción), 40 terminales de importación (regasificación), y 136

¹ Esta publicación es llevada a cabo a través del consorcio de investigación ***Commercial Frameworks for LNG in North America*** establecido por el Institute for Energy, Law & Enterprise, University of Houston Law Center. Los patrocinantes del consorcio son BP Energy Company-Global LNG, BG LNG Services, ChevronTexaco Global LNG, Shell Gas & Power, ConocoPhillips Worldwide LNG, El Paso Global LNG, ExxonMobil Gas Marketing Company, Tractebel LNG North America/Distrigas of Massachusetts. La Oficina de Energía Fósil del Departamento de Energía de EE.UU. provee asistencia importante y el Ministerio de Energía e Industria de Trinidad & Tobago participa como observador. El informe fue preparado por Mr. Fisoye Delano, Investigador Avanzado; Dr. Gürçan Gülen, Investigador Asociado; y la Dra. Michelle Michot Foss, Director Ejecutivo, Institute for Energy, Law & Enterprise. Las ideas expresadas en este documento son las de los autores y no son necesariamente compartidas por el Centro de Leyes de la Universidad de Houston. El documento fue revisado por profesores de la universidad y otros expertos.

² Un billon de pies cubicos = 10¹² pies³

embarcaciones de GNL en conjunto manejando aproximadamente 120 millones de toneladas métricas de GNL por año. Actualmente, hay alrededor de 200 instalaciones "Reducción de pico" y de almacenaje de GNL alrededor del mundo, algunas funcionando desde los años 60. EE.UU. tiene el mayor número de instalaciones de GNL en el mundo. Hay 113 instalaciones activas de GNL repartidas a través de los EE.UU. con la mayor concentración de instalaciones en la región noreste.

La necesidad de suministros adicionales de gas natural, incluyendo la reapertura de instalaciones existentes en Cove Point, Maryland y en Elba Island, Georgia ha enfocado la atención pública en la protección y seguridad de las instalaciones de GNL. El seguro y buen funcionamiento de estas instalaciones, tanto de embarcaciones y terminales, y la protección de estas de actividades terroristas o de otras formas de accidentes o lesiones, les interesan tanto a los operadores como a las autoridades federal, estatal y local alrededor de los EE.UU. Las instalaciones de GNL en tierra, son localidades industriales y como tal, están sujetas a todos los reglamentos y estándares del medio ambiente impuestos por las diferentes autoridades. Estas mismas o similares preocupaciones se aplican al almacenamiento del gas natural, transporte vía gasoductos, la distribución y el uso diario del gas natural.

Introducción

Este informe es el primero en una serie de documentos que describen la industria del gas natural licuado (GNL) – tecnología, mercados, precaución, seguridad, y consideraciones ambientales y el papel importante que juega el GNL en el futuro de la energía de esta nación. Este informe también introduce al lector el GNL y brevemente, toca muchos de los temas relacionados con la industria del GNL. El segundo informe, Seguridad del GNL y el Ambiente, tratará en más detalles con los aspectos de seguridad y protección de las operaciones del GNL. Un tercer informe, Balance entre Oferta y Demanda y Seguridad Energética en los EE.UU.: un rol para el GNL?, proporcionará un análisis a fondo del por qué más GNL será necesitado para cubrir la demanda de energía en los EE.UU. en el futuro cercano. Estos informes, junto con información suplementaria, serán compilados en un libro titulado Guía del GNL en América del Norte.

El GNL es la forma líquida del gas natural que la gente usa en sus casas para la cocinar y la calefacción. El Gas natural también se usa como combustible para generar electricidad. El gas natural y sus componentes son usados como materia

prima para fabricar una extensa variedad de productos, desde fibras para ropa, hasta plásticos para productos médicos, de computación y de mueblería. El gas natural representa como un cuarto de toda la energía consumida en los EE.UU. cada año. El uso mas común de GNL en los EU es para reducir los picos de demanda.

“Reducción de Pico” es la manera como las compañías de electricidad y gas³ almacenan gas para suplir el mercado durante los picos de la demanda que no pueden ser suplidos por el gas que circula en los gasoductos. Esto puede ocurrir durante el invierno cuando frentes fríos se desplazan y es necesario el uso de la calefacción o cuando mas gas natural es requerido para generar energía eléctrica para el aire acondicionado durante los meses de verano. Las compañías de utilidades licuan el gas de tubería cuando este es abundante y disponible a precios bajos, o compran el GNL en terminales de importación suministrados por instalaciones de licuefacción en el extranjero. Cuando la demanda por el gas aumenta, el GNL almacenado se convierte de su estado licuado, otra vez a su estado gaseoso, para complementar el suministro proveniente de los gasoductos. Hoy en dia, el GNL esta siendo usado como un combustible de transporte alternativo en el transporte publico y en flotas de vehículos manejadas por muchas de las compañías de utilidades locales.

El Gas natural viene de yacimientos debajo de la superficie de la tierra. Algunas veces, sube a la superficie naturalmente y es producido solo (gas no-asociado), otras veces llega a la superficie con petróleo (gas asociado), y otras veces es producido constantemente como en vertederos de basura. El gas natural es un combustible fósil, o sea, proviene de un material orgánico depositado y enterrado en la tierra hace millones de años atrás. Otros combustibles fósiles son el carbón y el petróleo. Juntos el petróleo y el gas constituyen un tipo de combustible fósil llamado “hidrocarburos”, porque las moléculas de estos combustibles son combinaciones de hidrogeno y átomos de carbono.

³ We use the term “gas” as shorthand for “natural gas.” In the U.S., we often refer to gasoline, the most heavily used vehicle transportation fuel, as “gas,” but gasoline is manufactured from crude oil, a different fossil fuel that is often found together with natural gas in underground reservoirs.

El principal componente del gas natural es metano. Metano esta compuesto de un carbono y cuatro átomos de hidrógeno (CH₄). Cuando el gas natural es producido por la tierra, este posee muchas otras moléculas, como etano (usado para la fabricación), propano (el cual es comúnmente usado para las parrillas para asar) y butano (usado en encendedores). Podemos encontrar gas natural en los EE.UU. y alrededor del mundo, explorando por este en la corteza de la tierra y luego perforando pozos para producirlo. El gas natural puede ser transportado por largas distancias en tuberías o como GNL en embarcaciones a través de los mares. El gas natural puede ser almacenado hasta cuando sea necesario, en cavernas subterráneas en la tierra y yacimientos o como GNL en tanques atmosféricos. El transporte de GNL por camiones se realiza en los EE.UU. de manera limitada. Este medio de transporte es más común en los países que no poseen una red nacional de gasoductos, pero pudiera desarrollarse en los EE.UU., si los mercados específicos de GNL, como combustible de GNL para vehículos, se desarrolla.

Descripción general: Que es GNL?

El gas natural licuado (GNL) es gas natural que ha sido enfriado hasta el punto que se condensa a un líquido, lo cual ocurre a una temperatura de aproximadamente 161 C y presión atmosférica. La licuefacción reduce el volumen aproximadamente 600 veces⁴, haciéndolo así mas económico para transportar entre continentes, en embarcaciones marítimas especiales, donde sistemas de transporte por tuberías tradicionales serian menos atractivos económicamente y podrían ser técnica o políticamente no factibles. De esta manera, la tecnología del GNL hace disponible el gas natural a través del mundo.

Para hacer el GNL disponible para uso en un país como los EE.UU., compañías de energía deben invertir en un numero de diferentes operaciones que están relacionadas entre sí y dependen unas de las otras. Las etapas más importantes de

⁴ LNG production, shipping and storage are generally reported in metric tons and cubic meters whereas natural gas is generally presented in standard cubic feet or standard cubic meters. One metric ton of LNG is equivalent to 48.7 thousand cubic feet of gas (Mcf). Note: exact conversion factor depends on gas molecular weight. A conversion table with more units is included in Appendix 1.

la cadena de valor del GNL, excluyendo las operaciones de tubería entre etapas, son las siguientes:

- **Exploración** para encontrar gas natural en la corteza de la tierra y **producción** del gas para llevarlo a los usuarios del mismo. La mayoría del tiempo, el gas natural es descubierto durante la búsqueda de petróleo.
- **Licuefacción** para convertir gas natural en estado líquido, para que así pueda ser transportado en barcos.
- **Transporte** del GNL en embarcaciones especiales.
- **Almacenamiento y Regasificación**, para convertir el GNL almacenado en tanques de almacenamiento especiales, de su fase líquida a su fase gaseosa, listo para ser llevado a su destino final a través del sistema de tuberías de gas natural.

Licuefacción también proporciona la oportunidad de almacenar el gas natural para uso durante altos periodos de demanda en áreas donde las condiciones geológicas no son recomendables para desarrollar servicios de almacenamiento subterráneos. En la región noreste de los EE.UU., la cual carece de almacenamiento subterráneo, el GNL es primordial para suministro de gas en la región durante olas de frío. En regiones donde la capacidad en la tubería desde las áreas de suministro puede ser muy costosa y su uso es sumamente temporal, la licuefacción y almacenamiento del GNL ocurre durante periodos de demanda baja para así, reducir los costosos compromisos de capacidad en la tubería durante los periodos de alta demanda.⁵

Por Que Es Necesario el GNL en EE.UU.?⁶

La demanda de gas natural en los EE.UU. fue estimulada en los años 80, en parte por el deseo de diversificar las fuentes de energía después de los aumentos excesivos en los precios del petróleo⁷. Tal demanda ha continuado debido a los claros beneficios ambientales del gas natural sobre otros hidrocarburos y su

⁵ EIA: *U.S. LNG Markets and Uses*. November 2002.

http://www.eia.doe.gov/pub/oil_gas/natural_gas/feature_articles/2002/lng2002/lngnov6.htm

⁶ A full analysis of the U.S. Supply and Demand Balance will be presented in the third IELE briefing paper.

⁷ Schleede, Glenn R.: *Why Would an Electric Utility Want to Increase Dependence on Natural Gas*, Contributed paper in *The Case for Natural Gas*: edited by Jacqueline Weaver, The Natural Gas Project, University of Houston, 1991.

eficiencia térmica en la generación de electricidad. De acuerdo a la Administración de Información de Energía de los EE.UU., la producción de gas natural en los EE.UU. se estima que crezca de 19.1 billones de pies cúbicos(bpc)⁸ en el 2000 a 28.5 bpc en 2020⁹. La demanda total de gas natural en los EE.UU. esta anticipada a que se eleve de 22.8 bpc en el 2000 a alrededor de 33.8 bpc en 2020 (ajustado por aumento en eficiencia y conservación). Estas proyecciones sugieren que los EE.UU. pueden verse frente a un vacío en el suministro de alrededor de 5 bpc para el 2020. La mayor parte del gas natural usado en los EE.UU. viene de la producción domestica. En muchos casos de campos que tienen muchas produciendo y cuya producción están comenzando a decaer rápidamente. Nuevas reservas de gas natural están siendo descubiertas constantemente, pero con la avanzada tecnología de recuperación, estos campos se están agotando rápidamente. Consecuentemente, un aumento en las importaciones de gas natural, serán necesarias para cubrir las deficiencias futuras.

Las importaciones de gas natural desde Canadá a través de gaseoductos ya representan el 15 por ciento del consumo total de los EE.UU. Canadá posiblemente no podrá mantener los crecientes volúmenes de exportación para los EE.UU., debido a la creciente demanda interna y la maduración de la Cuenca Sedimentaria del Oeste de Canadá. Tendencias recientes muestran que debido a la disminución de productividad inicial en los pozos de gas y la gran disminución de la tasas de producción, mayores niveles de actividad de perforación son necesarias para mantener los niveles de producción actuales.¹⁰ Algunas de las fuentes domesticas para el suministro de gas natural incluyen construir un gaseoducto para transportar gas natural de la ladera del norte de Alaska a los 48 estados más bajos de los EE.UU.; desarrollar los recursos de gas natural en las Montañas Rocosas; desarrollar recursos en el Pacifico, el Atlántico, y la Península Este del Golfo de Mexico. El gas natural de Alaska, no será competitivo en los 48 estados más bajos (y Canada) hasta que los precios del gas natural aumenten lo suficiente como para hacer la producción y el sistema de transporte viable económicamente.

⁸ EIA: Short-Term Energy Outlook – September 2002.

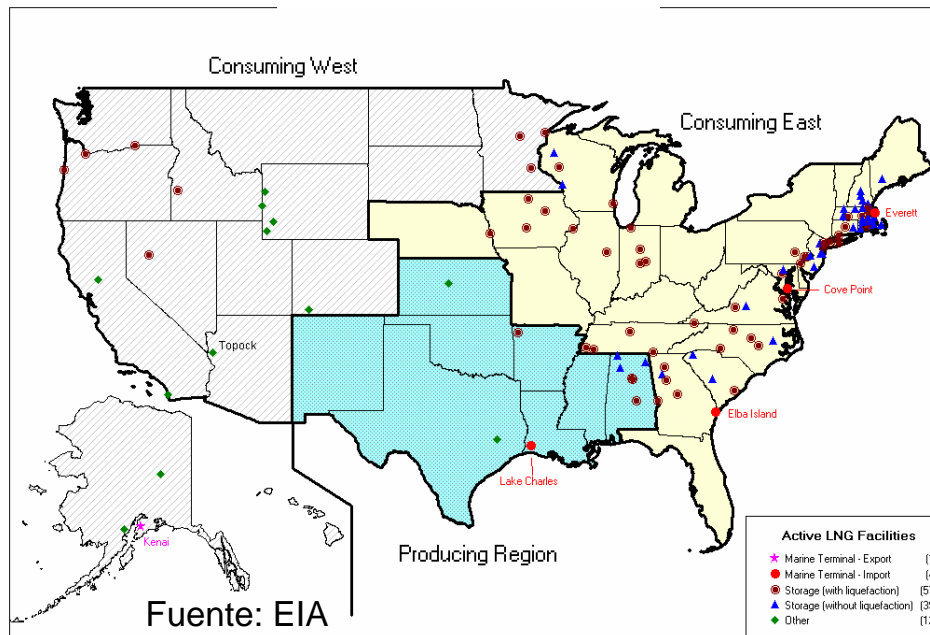
⁹ EIA: Annual Energy Outlook 2002 with Projections to 2020: <http://www.eia.doe.gov>.

¹⁰ Delay, Jim, Alberta Energy & Utilities Board: Alberta Natural Gas Outlook, Calgary, October 2002.

Adicionalmente, un vacío en el suministro continuara hasta después de que la entrega del gas de Alaska haya comenzado, debido a que el acceso a la mayoría de los recursos en el occidente del Golfo de Méjico y en las Montanas Rocosas es limitado o prevenido por leyes federales y estatales.¹¹

Actualmente, las importaciones de GNL representan menos de uno por ciento del consumo total de gas natural en los EE.UU. Hay por lo menos 113 instalaciones de GNL activas en los EE.UU., incluyendo terminales marinos, instalaciones de almacenamiento, y operaciones involucrados en mercados especiales como combustible vehicular como esta demostrado en la figura de abajo. La mayoría de estos servicios fueron construidos entre 1965 y 1975 y fueron dedicados para cubrir las necesidades de almacén de las compañías de utilidades locales. Aproximadamente 55 utilidades locales son propietarias y manejan las plantas de GNL como parte de su red de distribución.¹²

Instalaciones de GNL en EE.UU.



Fuente: EIA

La AIE espera que las importaciones de GNL alcancen 0.8 Mpc al año para el 2020, o alrededor del tres por ciento de nuestro consumo total. A pesar de que muchos

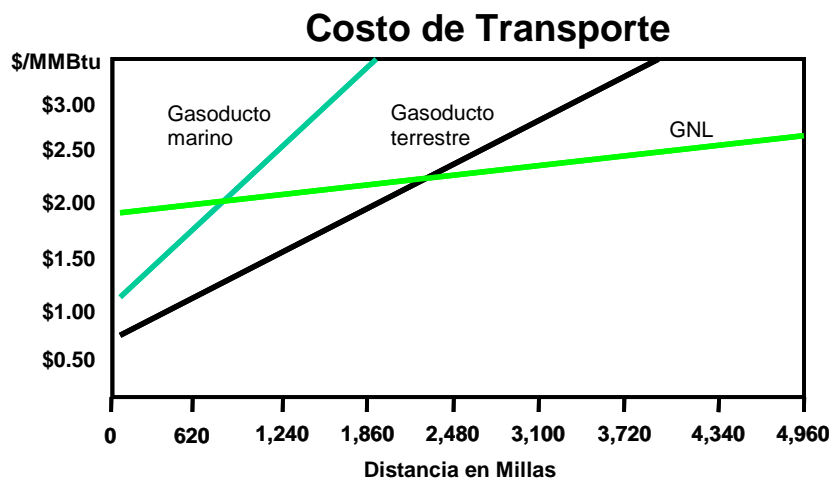
¹¹ EIA: Mid-Term Natural Gas Supply: Analysis of Federal Access Restrictions: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/servicerpt/natgas/chapter2.html> - December 2001.

¹² EIA: *U.S. LNG Markets and Uses*. November 2002.

factores pueden alterar esta proyección, la demanda por el GNL esta prevista a crecer.

Por Que el GNL Es una Fuentes Competitiva de Gas Natural?

Hay grandes reservas de gas natural en áreas donde no hay un mercado significativo. Tales reservas de hidrocarburos están varadas en África del Norte, al Oeste de África, Sur América, el Caribe, el Medio Oriente, Indonesia, Malasia, el Noroeste de Australia y Alaska. Parte del gas natural en estas localidades es licuado para ser transportado a lugares donde el uso del gas natural sobrepasa su suministro domestico. Aquellos mercados incluyen Japón, Taiwán, Corea, Europa y los EE.UU. El GNL ofrece mayor flexibilidad para el intercambio que el transporte a través de gasoductos, permitiendo cargamentos de gas natural ser llevadas y entregadas donde la necesidad es mayor y los términos comerciales son mas competitivos. El grafico de abajo demuestra que así como la distancia sobre la que el gas natural es transportado aumenta, el uso del GNL tiene beneficios económicos sobre el uso de gaseoductos. Licuando el gas natural y transportándolo, resulta más económico que transportarlo en gaseoductos sumergidos para distancias de mas de 700 millas o en gaseoductos sobre la tierra para distancias de mas de 2,200 millas.¹³



Fuente: Institute of Gas Technology.

¹³ In this chart, the cost term "\$/MMBtu" or dollars per million British thermal unit, is a standard measure of heat content in energy fuels. See appendix 3. The chart reflects the competition between natural gas transported in pipelines and natural gas transported as LNG.

El desarrollo del GNL es especialmente importante para países como Nigeria y Angola. En estos países, la mayoría del gas natural que es producido con el petróleo es quemado porque hay pocas alternativas para el uso o desecho del exceso.

Historia del GNL

La licuefacción del gas natural se remonta al siglo 19, cuando el químico y físico inglés Michael Faraday experimento con el licuado de diferentes tipos de gases, incluyendo el gas natural. El ingeniero alemán Karl Von Linde construyó la primera maquina de refrigeración a compresión en Munich en 1873. La primera planta de GNL fue construida en el Oeste de Virginia en 1912. Comenzó a funcionar en 1917. La primera planta comercial de licuefacción fue construida en Cleveland, Ohio, en 1941.¹⁴ El GNL fue almacenado en tanques a presión atmosférica. La licuefacción del gas natural elevo la posibilidad de su transporte a lugares lejanos. En Enero de 1959, el primer tanque de GNL del mundo, El Pionero Metano, un tanquero de la Segunda Guerra Mundial reconstruido, cargando cinco tanques prismáticos de aluminio, de 7,000 barriles de capacidad con soportes de madera y aislamiento de madera contraenchapada y uretano, llevo una carga de GNL del Lake Charles, en Louisiana a La Isla Canvey, en el Reino Unido. Esto demostró que grandes cantidades de gas natural licuado podían ser transportadas de manera segura a través de los mares.



El primer terminal GNL en la Isla Canvey, propiedad de British Gas. Fuente: BG

Durante de los siguientes 14 meses, siete cargas adicionales fueron entregadas con solo menores problemas. Continuando la exitosa función del Pionero Metano, El Consejo Británico de Gas, procedió a implementar un proyecto comercial para importar GNL de Venezuela a la Isla de Canvey. No obstante, antes de que los tratos comerciales pudieran ser

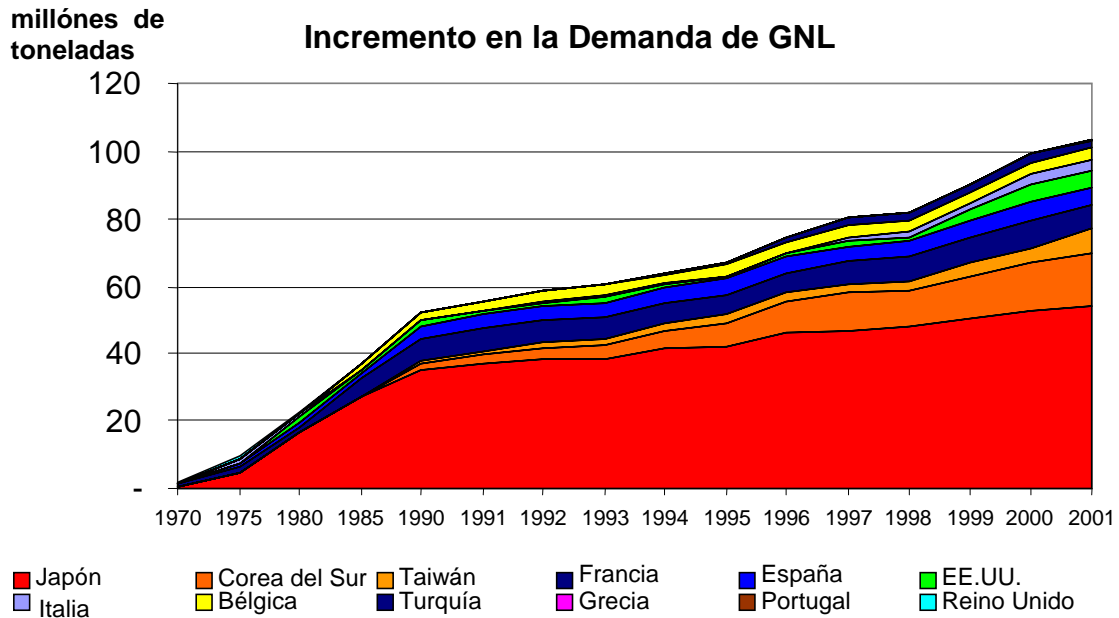
terminados, largas cantidades de gas natural fueron descubiertas en Libia y el

¹⁴ Platts: <http://www.platts.com/features/lng/trading.shtml>.

campo gigante de Hassi R'Mel en Argelia, que se encuentran solo a la mitad de la distancia de Inglaterra a Venezuela. Con el arranque de 260 millones de pies cúbicos por día, el Reino Unido llegó a ser el primer importador de GNL mundial y Argelia el primer exportador. Argelia se ha convertido desde entonces en un proveedor muy importante mundialmente de gas natural como GNL.

Después de que este concepto demostró funcionar en el Reino Unido, plantas adicionales de licuefacción y terminales de importación fueron construidos en regiones del Atlántico tanto como el Pacífico. Cuatro terminales marítimos fueron construidos en los EE.UU. entre 1971 y 1980. Estos están en, el Lake Charles (manejado por CMS Energy), Everett, Massachusetts (manejado por Tractebel a través del subsidiario Distrigas), La Isla Elba, Georgia (manejado por El Paso Energy), y Cove Point, Maryland (manejado por la Dominion Energy). Después de llegar a la cima de volumen de 253 millones de pies cúbicos en 1979, lo cual representó un 1.3 por ciento de la demanda de gas de los EE.UU., las importaciones de GNL disminuyeron debido a un exceso de gas desarrollado en América del Norte y conflictos de precio con Argelia, el único proveedor de GNL para los EE.UU. en ese momento. Los terminales de recepción de la Isla Elba y Cove Point, fueron posteriormente cerrados en 1980 y los terminales de Lake Charles y Everett sufrieron por la poca utilización.

Las primeras exportaciones de GNL de los EE.UU. hacia Asia se llevaron a cabo en 1969, cuando el GNL fue enviado a Japón. El GNL de Alaska es derivado del gas natural que es producido por Marathon y ConocoPhillips de los campos en las porciones más al sur del estado de Alaska, licuado en la planta de GNL de la Península de Kenai (una de las plantas de operaciones de GNL más antiguas del mundo) y enviado a Japón. El Mercado de GNL en Europa y Asia, continuó creciendo rápidamente desde ese momento. El gráfico siguiente demuestra el crecimiento mundial de GNL desde 1970.



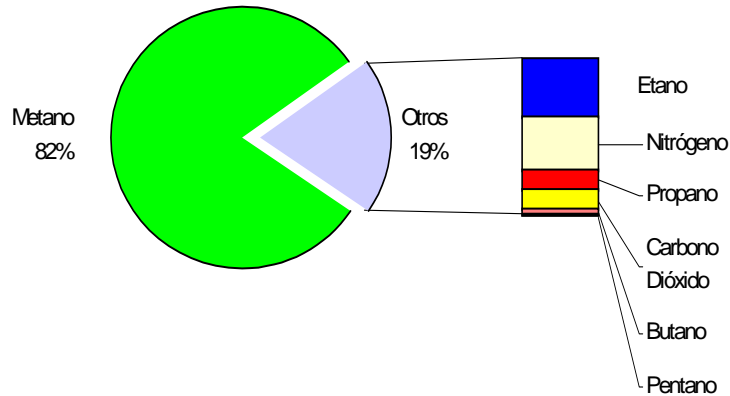
Fuente: Cedigaz, BP Statistical Review of World Energy June 2002

En 1999, la primera planta de licuefacción de la Cuenca Atlántica en el hemisferio occidental comenzó producción en Trinidad. Este evento junto con el aumento en la demanda por el gas natural en los EE.UU., particularmente para la generación de electricidad; y el aumento en los EE.UU. de los precios del gas natural, reanudaron el interés por el GNL en el mercado estadounidense. Como resultado, los dos terminales de recepción previamente cerrados están siendo reactivados. El terminal en la Isla Elba fue reactivado en el 2001. En Octubre del 2002, La Comisión Federal Reguladora de Energía, le dio su aprobación a Dominion Resources para re-abrir las instalaciones de GNL en Cove Point en el 2003.

Composición del Gas Natural y GNL

El gas natural esta compuesto principalmente por metano, pero tambien contiene etano, propano e hidrocarburos mas pesados. Pequeñas cantidades de nitrógeno,

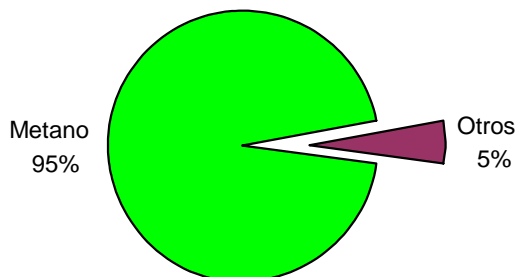
Composición Típica del Gas Natural



oxígeno, dióxido de carbono, compuesto de azufre y agua también pueden ser encontrados en el gas natural. El gráfico de arriba, proporciona una composición típica del gas natural.¹⁵ El proceso de licuefacción requiere de la extracción de algunos de los componentes no-metano como el agua y el dióxido de carbono del gas natural producido, para evitar que se solidifiquen cuando el gas es enfriado a la temperatura del GNL (-256 °F). Como resultado, el GNL está típicamente compuesto de metano, como está demostrado en el gráfico siguiente.

¹⁵ Danesh, Ali: *PVT and Phase Behavior of Petroleum Reservoir Fluids*, Elsevier, 1998.

Composición del GNL



Ejemplos de la composición del GNL aparecen en la tabla de abajo.

COMPOSICION del GNL (Porcentaje Mol)

<u>Fuente</u>	<u>Metano</u>	<u>Etano</u>	<u>Propano</u>	<u>Butano</u>	<u>Nitroger</u>
Alaska	99.7	0.06	0.000	0.000	0.20
Argelia	86.9	9.35	2.33	0.63	0.71
Baltimore Gas & Electric	93.3	4.65	0.84	0.18	1.01
Ciudad de Nueva York	98.0	1.40	0.40	0.10	0.10
San Diego Gas & Electric	92.0	6.00	1.00	-	1.00

Fuente: *Liquid Methane Fuel Characterization and Safety Assessment Report*. Cryogenic Fuels. Inc. Report No. CFI-1600, Dec. 1991

El GNL no tiene olor, ni color, es anticorrosivo y no es tóxico. Sin embargo, como cualquier material gaseoso además del aire y oxígeno, el gas natural vaporizado del GNL puede causar asfixia en un lugar sin ventilación.

El Apéndice 2 explica las diferencias entre el GNL y otros productos usados en la industria como los líquidos de gas natural, gas natural comprimido, gas licuado de petróleo y gas-a- líquidos.

La Cadena de Valor del GNL

Cadena de Valor del GNL



Fuentes: BG, ALNG, CMS

Exploración y Producción



Segun el World Oil, para el año 2001, las reservas probadas a nivel mundial fueron 5.919 billones de pies cúbicos, un aumento del 8,4 por ciento con respecto al 2000, y mas reservas de gas natural continúan siendo descubiertas.¹⁶ La mayoría de este gas natural esta varado bastante lejos del mercado, en países que no necesitan grandes cantidades de energía adicional. Las reservas de gas natural de los EE.UU. aumentaron un 3,4 por ciento a 183 Mpc, entre el 2000 y el 2001.¹⁷ Los países lideres productores de gas natural que lo comercializan en de GNL a los mercados mundiales son Argelia, Indonesia, y Qatar. Muchos otros países juegan un papel pequeño pero importante y roles secundarios como productores de gas natural y exportadores de GNL, tales como Australia, Nigeria, y Trinidad y Tobago. Países como Angola y Venezuela están procurando alcanzar su máximo potencial en el mercado mundial de GNL, y países como Arabia Saudita, Egipto e Irán, los cuales tiene grandes reservas de gas natural también pudieran participar como exportadores de GNL.

¹⁶ World Oil, *World Trends*, August 2002.

¹⁷ EIA: *2001 Annual Report, U.S. Crude Oil, Natural Gas, and Natural Gas Liquids Reserves*. Advance Summary, September 2002.

http://www.eia.doe.gov/pub/oil_gas/natural_gas/data_publications/advanced_summary_2001/adsum2001.pdf

LNG Liquefaction



El gas alimentado a la planta de licuefacción viene de los campos de producción. Los contaminantes que se encuentran en el gas natural producido son extraídos para evitar que se congelen y dañen el equipo cuando el gas es enfriado a la temperatura del GNL y para cubrir las especificaciones del gaseoducto en el punto

de entrega. El proceso de licuefacción puede ser diseñado para purificar el GNL a casi 100 por ciento metano.

El proceso de licuefacción consiste en el enfriamiento del gas purificado a través del uso de refrigerantes. La planta de licuefacción puede consistir en varias unidades paralelas ("trenes"). El gas natural es licuado para ser transportado a una temperatura aproximada de -256°F . Al licuar el gas, su volumen es reducido por un factor de 600, lo que quiere decir que el GNL a la temperatura de -256°F , utiliza 1/600 del espacio requerido por una cantidad comparable de gas a temperatura ambiente y presión atmosférica.

El GNL es un líquido criogénico. El término "criogénico" significa baja temperatura, generalmente por debajo de -100°F . El GNL es un líquido puro, con una densidad de alrededor de 45 por ciento la densidad del agua.

El GNL es almacenado en tanques de paredes dobles a presión atmosférica. El tanque de almacenaje es en realidad un tanque dentro de otro tanque. El espacio anular entre las dos paredes del tanque está lleno de aislamiento. El tanque interno, en contacto con el GNL, está hecho de materiales recomendados para el servicio criogénico y la carga estructural proporcionada por el GNL. Estos materiales incluyen un 9% de acero níquel, aluminio y concreto pre-tensado. El tanque exterior está hecho generalmente de acero al carbono y concreto pre-tensado.

Transporte del GNL

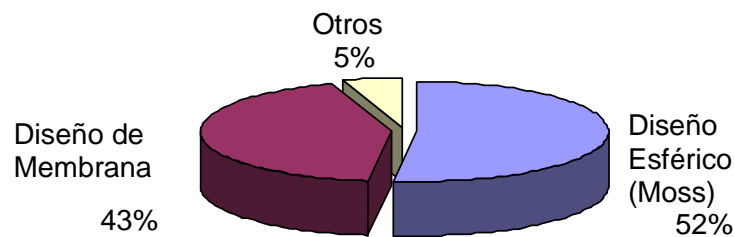


Los tanqueros de GNL son embarcaciones de casco dobles, especialmente diseñados y aislados para prevenir el goteo o ruptura en el evento de un accidente. El GNL esta almacenado en un sistema especial dentro del casco interior donde se mantiene a presión atmosférica y -161°C . Tres tipos

de sistemas de almacenamiento han evolucionado como los estándar. Estos son:

- El diseño esférico (Moss)
- El diseño de membrana
- El diseño estructural prismático

Sistema de Almacenamiento de la Flota de GNL



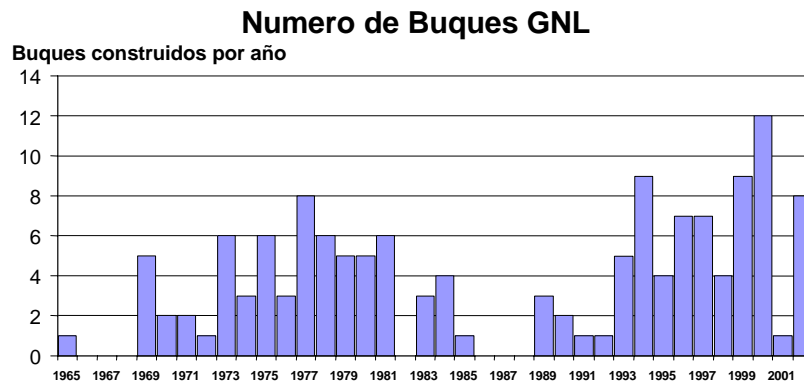
Fuente: LNGOneWorld

El grafico de arriba demuestra que actualmente la mayoría de los barcos de GNL usan los tanques esféricos (Moss) y ellos son reconocidos fácilmente porque la parte alta de los tanques son visibles encima de la cubierta. El tanquero típico de GNL puede transportar alrededor de 125,000 – 138,000 metros cubicos de GNL,¹⁸ lo que provee entre 2.6 – 2.8 millardos de pies cúbicos de gas natural. El tanquero típico mide 900 pies en longitud, alrededor de 140 pies de ancho y 36 pies de corriente de agua, y cuesta alrededor de \$160 millones de dólares. El tamaño de esta embarcación es similar a la de un portaaviones pero significativamente mas

¹⁸ Typically, LNG ship size is designated by cubic meters of liquid capacity.

pequeña que un tanquero grande de Petróleo. Los tanqueros de GNL son generalmente menos contaminantes que otras embarcaciones de transporte porque utilizan gas natural y *fuel oil* para la propulsión.

El Mercado del transporte de GNL se esta expandiendo. Según GNLOneWorld,¹⁹ en Diciembre del 2002 habían 136 tanques en operación y 57 en orden. Doce nuevos tanqueros de GNL fueron ordenados en 2002, de los cuales ocho han sido



Fuente: LNGOneWorld

entregados. Alrededor del 20 por ciento de la flota tiene menos de cinco años. Se estima que la flota de tanqueros de GNL continué creciendo y llegue a 193 tanqueros para el 2006.

Almacenamiento y Regasificación



Para regresar el GNL a su estado gaseoso, es pasado a la planta de regasificación. A la llegada al terminal de recepción en su estado líquido, el GNL es bombeado primero a un tanque de almacén de doble-pared (a presión atmosférica) similar a aquel usado en la planta de licuación, después es bombeado a alta presión a través de diferentes componentes donde es calentado en un ambiente controlado.


¹⁹ LNGOneWorld: <http://www.lngoneworld.com/LNGV1.nsf/Members/Index.html>.

El GNL es calentado pasándolo por tuberías calentadas directamente por calderas, agua de mar o a través de tuberías calentadas por agua. El gas vaporizado es después regulado a presión y entra al sistema de gaseoductos de los EE.UU. como gas natural. Finalmente, consumidores residenciales y comerciales reciben gas natural para su uso diario desde utilidades de gas locales o en forma de electricidad.

Cuanto cuesta el GNL?

Una de las razones del resurgimiento del interés de los EE.UU. en el GNL es que los costos han bajado significativamente durante los últimos años. El gas natural puede ser producido económicamente y entregado en los EE.UU. como GNL a un precio entre \$2.50 - \$3.50 por millón de Btu (MMBtu) dependiendo mayormente del costo de transporte.

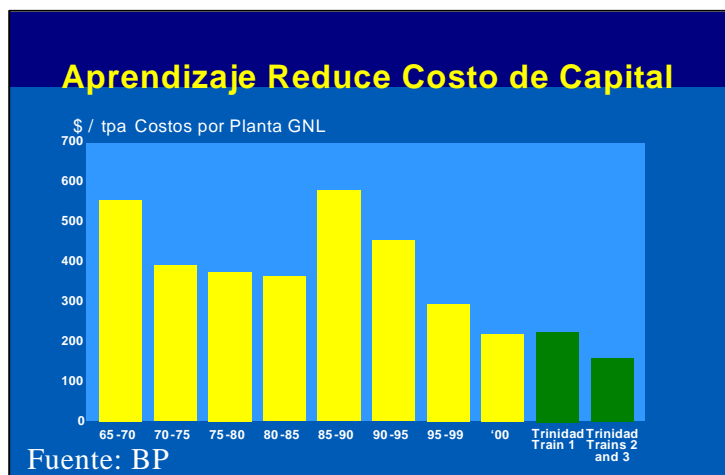
Cadena de Valor del GNL

			
EXPLORACION Y PRODUCCION \$0.5-\$1.0/MMBtu	LICUEFACCION \$0.8 - \$1.20/MMBtu	TRANSPORTE \$0.4 - \$1.0/MMBtu	REGASIFICACION Y ALMACENAMIENTO \$0.3-\$0.5/MMBtu

Fuentes: BG, ALNG, CMS

Los costos de exploración y producción han venido disminuyendo debido a las avanzadas tecnologías como sísmica 3-D (tercera dimension); la perforación y completación de arquitecturas de pozos complejos; y mejoradas instalaciones bajo el mar. Sísmica 3-D permiten la creación de imágenes de las rocas debajo de la superficie de la tierra, permitiendo a los científicos de exploración predecir donde pueden existir acumulaciones de gas natural. Perforación y completación de arquitecturas de pozos complejos permiten a los ingenieros petroleros precisar mas cuidadosamente estas acumulaciones y maximizar la recuperación de depósitos de petróleo y gas usando multiple ramas de pozos y sistemas inteligentes completación. Avanzadas instalaciones bajo el mar le permiten a las compañías producir gas natural desde el fondo del mar.

Innovaciones tecnológicas han reducido el costo de licuefacción y transporte de GNL, permitiendo a más proyectos de GNL alcanzar viabilidad comercial. Por ejemplo, los costos de licuefacción han sido reducidos hasta un 35 por ciento por la introducción de tecnologías competitivas y economías de volumen. Eficiencias en el



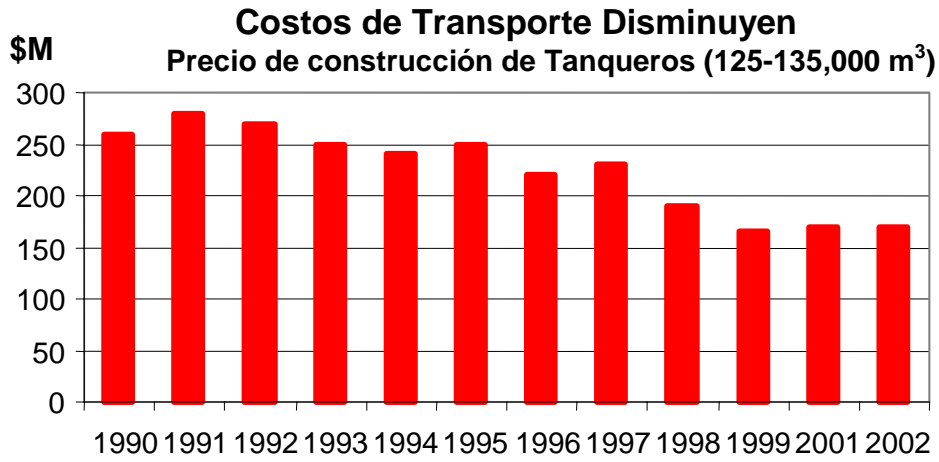
diseño y mejoras tecnológicas han contribuido al mejoramiento de las finanzas de los proyectos. El "Tren de GNL Trinidad 1" de British Petroleum, terminado en Junio de 1999, estableció un nuevo marco de referencia para la inversión capital por unidad a menos de \$200 la tonelada²⁰de capacidad anual de planta, como esta

demostrado en el grafico adjunto. El "Tren Trinidad 2" fue terminado en Agosto del 2002 y el "Tren 3", actualmente en construcción esta previsto entrar en servicio durante el segundo trimestre del 2003. Los costos capitales de los "Trenes 1 y 2" se estiman en \$165/tonelada de capacidad.

En el diseño de embarcaciones, las nuevas tecnologías también están ayudando a reducir los costos. Los nuevos sistemas de propulsión están apuntados a reemplazar los motores de turbina a vapor tradicional con unidades más pequeñas que son más eficientes las cuales no solamente reducirán los gastos de combustible sino también aumentaran la capacidad de carga a transportar. Las eficiencias avanzadas de tanques – vidas de operación prolongada, tecnología segura avanzada y eficiencia de combustible mejorada – han reducido los gastos de transporte substancialmente. Las expansiones de astilleros en el Lejano Este y la

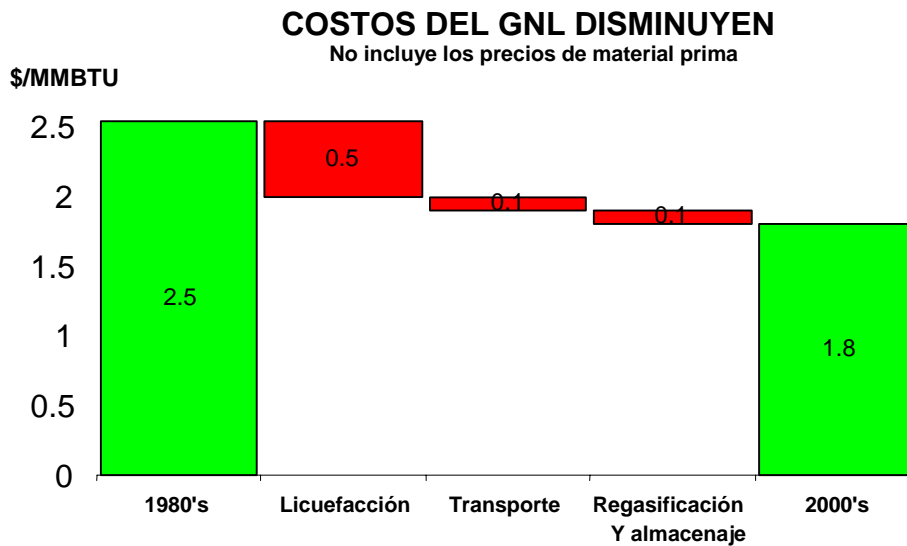
²⁰ Williams, Bob; *Trinidad and Tobago LNG follows initial success with aggressive expansion plans*, Oil & Gas Journal, March 11, 2002. A "train" is typical terminology for LNG liquefaction plants, which are often added as separate units as a facility grows.

gran competencia entre los constructores de embarcaciones han bajado los costos de los tanqueros de GNL en un 40 por ciento.



Fuente: LNGOneWorld 2001©

La competencia entre los constructores también está bajando los costos para las nuevas plantas de regasificación. Los costos de regasificación han bajado un 18 por ciento.²¹ El resultado de todas estas mejoras es que el costo general de la entrega del GNL ha sido reducido en casi un 30 por ciento durante los últimos 20 años.



Fuente: El Paso

²¹ Harmon, Harvey, Vice President, El Paso Global LNG, *The Dawn of New Golden Age for LNG*, IAEE Houston Meeting, February 2002.

La disminución en los costos y el crecimiento general en el comercio del GNL debería permitir al gas natural jugar un mayor rol en cubrir la demanda de energía de los EE.UU. Hoy en día, el GNL compite con el gas transportado por tuberías en los mercados norteamericanos y europeos, creando los beneficios de precios competitivos para los consumidores y también compite con otras formas de energía como petróleo en los mercados asiáticos.

Es el GNL un Combustible Seguro?²²

El GNL ha sido manejado con éxito por muchos años. La industria no está libre de incidentes, pero ha mantenido un récord de seguridad industrial envidiable, especialmente durante los últimos 40 años. Actualmente hay alrededor de 200 instalaciones de "Reducción de pico" y almacenamiento de GNL a nivel mundial,²³ algunas en funcionamiento desde mediados de los años 60. Hay 113 instalaciones activas de GNL repartidas a través de los EE.UU., con una mayor concentración de instalaciones en la región noreste. (Ver mapa en página 10)

La necesidad de suministros adicionales de gas natural, incluyendo la reapertura de instalaciones existentes en Cove Point, Maryland y en Elba Island, Georgia ha enfocado la atención pública en la protección y seguridad de las instalaciones de GNL. El seguro y buen funcionamiento de estas instalaciones, tanto de embarcaciones y terminales, y la protección de las mismas de actividades terroristas o de otras formas de accidentes o lesiones, son una preocupación y responsabilidad compartida por los operadores y las autoridades federal, estatal y local a través de los EE.UU. Las instalaciones de GNL en tierra, son localidades industriales y como tal, están sujetas a todos los reglamentos y estándares del medio ambiente impuestos por las diferentes autoridades. Estas mismas o similares preocupaciones se aplican al almacenamiento del gas natural, transporte vía gasoductos, la distribución y el uso diario del gas natural.

²² A second briefing paper, *LNG Safety and the Environment*, will address comprehensively the worldwide safety and security record of the industry as well as the U.S. policy and regulatory safeguards.

²³ CH-IV International: *Safety History of International LNG Operations*, June 2002.

Un resumen de estos aspectos es presentado a continuación. En el Segundo informe, *Seguridad del GNL y el Ambiente*, el IELE proporcionara detalles acerca del record de seguridad industrial del GNL y sus incidentes.

Cual es el record de accidentes en la industria de GNL?



El tanquero "Matthew" entrando al Puerto de Boston. Fuente: Tractebel LNG North America

En general, la industria del GNL ha tenido un record de seguridad industrial excelente comparado con otras plantas de refinación y petroquímicas. A nivel mundial hay 17 terminales de exportación de GNL (licuefacción), 40 terminales de importación (regasificación), y 136 embarcaciones de GNL, todos juntos manejando aproximadamente 120 millones de toneladas

métricas de GNL por año. El GNL ha sido transportado de manera segura a través del mar por mas de 40 años. En este tiempo, han habido mas de 33,000 viajes de embarcaciones de GNL, cubriendo mas de 60 millones de millas, sin grandes accidentes o problemas de seguridad ni en puertos ni en alta mar. Los tanqueros de GNL usualmente atraviesan áreas de alto trafico. Por ejemplo en el 2000, un cargamento entró la Bahía de Tokyo cada 20 horas, en promedio, y un cargamento entró la Bahía de Boston cada semana.²⁴ La industria del GNL ha cubrido los rigurosos estándares puestos por países como los EE.UU., Japon, Australia, y naciones europeas.

Según el Departamento de Energía de los EE.UU.,²⁵ durante la vida de esta industria, ocho accidentes marinos alrededor del mundo han resultado en derrames de GNL, varios causados por cascos dañados debido a fracturas frías pero en ninguno ocurrió un incendio. Hay siete incidentes en record en los que no hubo

²⁴ Phil Bainbridge, VP BP Global LNG, *LNG in North America and the Global Context*, IELE/AIPN Meeting University of Houston, October 2002.

²⁵ Juckett, Don, U.S. Department of Energy, *Properties of LNG*. LNG Workshop, MD, 2002.

derrame, dos por encallamiento en donde no hubo perdida del cargamento. No han habido ningunas fatalidades en embarcaciones de GNL.

Accidentes aislados con fatalidades han ocurrido en distintas instalaciones en tierra durante los primeros años de la industria. Desde entonces han sido implementadas regulaciones de seguridad y operaciones mas estrictas.

Cleveland, Ohio, 1944

En 1939, la primera planta comercial de "Reducción de pico" fue construida en West Virginia. En 1941, la Compañía de Gas del Este de Ohio, construyo una Segunda planta en Cleveland. La planta opero sin incidente alguno, hasta 1944, cuando la instalaciones fueron ampliadas para incluir un tanque mas largo. La escasez de acero inoxidable durante la Segunda Guerra Mundial forzó algunos cambios en el diseno del tanque nuevo. El tanque fallo poco después de que fuera puesto en servicio, permitiendo el escape de GNL, el cual formó una nube de vapor que cubria las calles cercanas y el sistema de cloacas. El gas natural vaporizado del GNL hizo combustión y ocasionó las muertes de 128 personas en una zona residencial cercana. La conclusión del equipo de investigación, la Oficina de Minas de los EE.UU., fue que el concepto de licuar y almacenar GNL era valido si se tomaban buenas precauciones.²⁶ Un reporte reciente realizado por la firma de ingeniería consultora PTL,²⁷ concluyó que de haber construido el tanque de Cleveland de acuerdo a los reglamento vigentes, el accidente no hubiera ocurrido. De hecho, los tanques de GNL construidos utilizando 9 por ciento acero níquel nunca han tenido ninguna falla en sus 35 anos de historia.

Staten Island, New York, February 1973

En Febrero de 1973 en la isla Staten,²⁸ un accidente industrial no asociado con la presencia de GNL ocurrio en la planta de "reducción de pico" perteneciente a Texas

²⁶ U.S. Bureau of Mines, *Report on the Investigation of the Fire at the Liquefaction, Storage, and Regasification Plant of the East Ohio Gas Co., Cleveland, Ohio, October 20, 1944*, February 1946.

²⁷ Lewis, James P, Outtrim, Patricia A., Lewis, William W., and Perry, Lui Xin, PTL: *LNG, The Basics*, Report prepared for BP, May 2001.

²⁸ Fire Department of the City of New York, *Report of Texas Eastern LNG Tank Fatal Fire and Roof Collapse, February 10, 1973*, July 1973.

Eastern Transmisión Company. En Febrero de 1972, los operadores, sospechando una posible fuga en el tanque pusieron las instalaciones fuera de servicio. Cuando el tanque de GNL fue vaciado, fallas estructurales fueron encontradas en el forro de mylar. Durante la reparación, vapores asociados con el proceso de limpieza aparentemente encendieron el forro. El incendio causado elevó la temperatura en el tanque a, generando suficiente presión para desplazar el techo de concreto de 6" de espesor, el cual cayo sobre los trabajadores en el tanque matando a 40 personas.

El Reporte del Departamento de Bomberos de la Ciudad de Nueva York en Julio de 1973, determinó que el accidente fue claramente un accidente de construcción y no de GNL.

En 1998, La Cámara de Planificación de New York, mientras re-evaluaba un moratorio sobre las instalaciones de GNL, concluyó lo siguiente con respecto al accidente en la isla Staten: " Las regulaciones del gobierno y las practicas operativas de la industria no permitirían que este accidente volviera a ocurrir. El incendio tubo que ver con materiales de construcción combustibles y un diseño de tanque que esta prohibido ahora. Aunque las causas exactas, de repente nunca se sabrán, lo seguro es que el GNL no estuvo envuelto en el accidente y las áreas cercanas fuera de la instalación no estuvieron expuestas a riesgo alguno."²⁹

Cove Point, Maryland, October 1979³⁰

Finalmente, en Octubre de 1979, una explosión ocurrió dentro de una subestación eléctrica en el terminal de recepción en Cove Point, Maryland. GNL paso a través de el sello eléctrico (no ajustado adecuadamente) de una bomba de GNL, se vaporizo, paso a través de 200 pies de cableado eléctrico subterráneo y entro en la subestación eléctrica. Ya que el gas natural nunca fue previsto en ese edificio, no habían detectores de gas instalados en el edificio. La mezcla de gas-aire fue encendida por los arcos eléctricos creados en un interruptor resultando en una

²⁹ New York Energy Planning Board, *Report on Issues Regarding the Existing New York Liquefied Natural Gas Moratorium*, November 1998.

³⁰ The content in this section is taken from CH-IV International Report *Safety History of International LNG Operations*, June 2002.

explosión. La explosión mató a un operador en el edificio, hirió seriamente a otro y causó alrededor de 3 millones de dólares en daños.

Este fue un accidente aislado, causado por una serie de circunstancias muy específicas.³¹ El Consejo Nacional de Seguridad del Transporte (NTSB) concluyó que el terminal Cove Point fue diseñado y construido en cumplimiento de los códigos y regulaciones apropiadas. Sin embargo, como resultado de este accidente, tres cambios mayores en los códigos de diseño fueron realizados en las instalaciones de Cove Point antes de su reapertura. Esos cambios fueron aplicados en toda la industria.

Como la Industria de GNL asegurara la seguridad y protección de las instalaciones criticas y las actividades de transporte?

La experiencia de la industria de GNL demuestra que peligros normales de operación son manejables. Desde el accidente en Cove Point, no ha ocurrido ninguna muerte o accidente serio en una instalación de GNL. West y Mannan de la Universidad de Texas A&M concluyeron en su informe³²: "La industria mundial de GNL ha compilado un record de seguridad envidiable en la industria basado en el análisis minucioso de la seguridad y el desarrollo de las regulaciones de seguridad en la industria y sus estándares."

Los mas de 40 anos de experiencia sin mayores incidente causados por el GNL, las plantas de licuefacción, las embarcaciones de GNL, cargamentos e instalaciones de regasificación reflejan el compromiso de la industria con la seguridad industrial e ingeniería y operaciones confiables.

Los ataques terroristas del 11 de Septiembre, del 2001 sacaron a flote nuevos riesgos de seguridad que necesitan ser considerados, no solo para la industria del GNL sino para todas las actividades industriales en los EE.UU. y el mundo. La

³¹ National Transportation Safety Board Report, *Columbia LNG Corporation Explosion and Fire; Cove Point, MD; October 6, 1979*, NTSB-PAR-80-2, April 16, 1980.

³² West, H.H. and Mannan, M.S. Texas A&M University: *LNG Safety Practice & Regulation: From 1944 East Ohio Tragedy to Today's Safety Record*, AIChE meeting, April 2001.

industria de GNL utiliza sistemas de prevención de ataques robustos, procedimientos operacionales probados y muchas otras medidas de seguridad. Durante las últimas décadas, las tecnologías han avanzado rápidamente para garantizar un almacenamiento más seguro del GNL tanto durante el transporte como en las instalaciones en tierra.

El Segundo informe del IELE discutirá en detalle y evaluará las medidas de seguridad y protección que están actualmente en uso y bajo consideración, acciones de la industria y el gobierno para asegurar la protección y seguridad, y tecnologías en desarrollo que reducirán el efecto que las instalaciones de GNL tienen en las comunidades locales.

Cuales son los roles de las agencias de gobierno federal, estatal y local cuales son sus jurisdicciones?

El servicio de guarda costas de EE.UU.(USCG)³³ es responsable de garantizar la seguridad de todas las operaciones marítimas en los terminales de GNL y en los tanqueros en las aguas costeras de los EE.UU. El Departamento de Transporte(DOT)³⁴ regula las operaciones de los tanqueros de GNL. La Comisión Federal Reguladora de Energía(FERC)³⁵ es responsable de permisar nuevos terminales de regasificación de GNL en los EE.UU., y asegurar la protección de estas instalaciones a través de inspecciones y otras formas de supervisión. Para mantener un ambiente competitivo para el suministro y fijación de precios, FERC esta estudiando el papel que esta desempeña en el diseño de los convenios comerciales a través de los cuales los productores de GNL tienen acceso a los terminales norteamericanos. La jurisdicción de FERC incluye la autoridad para permisar nuevos gaseoductos de larga distancia para ser desarrollados en los EE.UU., así como para la operación segura y ambientalmente responsable del sistema interestatal de gasoductos. La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.(EPA)³⁶ y las agencias ambientales estatales establecen los estándares de

³³ United States Coast Guard (USCG): <http://www.uscg.mil/uscg.shtm>.

³⁴ U.S. Department of Transportation (DOT): <http://www.dot.gov/>.

³⁵ U.S. Federal Energy Regulatory Commission (FERC): <http://www.ferc.fed.us/>.

³⁶ U.S. Environmental Protection Agency (EPA): <http://www.epa.gov/>.

agua y aire que la industria del GNL debe acatar. Otras agencias federales envueltas en la protección ambiental son el Servicio de Vida Salvaje y Marina de los EE.UU.³⁷, el Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los EE.UU.³⁸ (para instalaciones costeras), el Servicio de Administración de Minerales de los EE.UU.³⁹ (para actividades marinas) y la Administración Nacional Atmosférica y de Oceanía.⁴⁰ (para actividades cercanas a santuarios marinos) La Oficina Energía Fósil del Departamento de Energía de los EE.UU.⁴¹ coordina entre las agencias federales que tienen autoridad regulatoria en la industria de GNL.

Agencias locales (municipales), estatales y del condado juegan papeles para asegurar la operación segura y responsable desde el punto de vista ambiental de las instalaciones de la industria del GNL. La industria del GNL es responsable por la protección de las instalaciones en cooperación con los departamentos de bomberos y la policía local.

Como pueden interactuar los ciudadanos con la industria y el gobierno para aprender mas?

Los próximos informes a ser publicado por el IELE junto con *Guía del GNL en América del Norte* proveerán información extensa para el publico interesado en las tendencias energéticas de los EE.UU. y seguridad; la industria del GNL y desarrollos en el mercado; seguridad, protección y consideraciones ambientales del GNL; y temas relacionados con regulación y política. La pagina web del IELE proveerá direcciones de fuentes de información publica de la industria y el gobierno. Compañías con operaciones de GNL mantienen oficinas de información al publico; de la misma manera lo hacen agencias federales encargadas de la supervisión regulatoria y politica.

³⁷ U.S. Fish and Wildlife Service: <http://www.fws.gov/>.

³⁸ U.S. Army Corps of Engineers: <http://www.usace.army.mil/>.

³⁹ U.S. Minerals Management Service: <http://www.mms.gov/>.

⁴⁰ U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration: <http://www.noaa.gov/>.

⁴¹ U.S. Department of Energy – Office of Fossil Energy: <http://www.fe.doe.gov/>.

Apéndice 1: Tabla de Conversiones

Unidades de Conversión	<i>Fuente: BP Statistical Review of U.S. Energy June 2002</i>					
Gas Natural y LNG	A: 1 millardo metros cúbicos (10 ⁹ m ³) GN	1 millardo ⁴² pies cúbico NG	1 millón de toneladas de petróleo equivalente	1 millón de toneladas GNL	1 billón ⁴³ British thermal units (Btu)	1 millón barriles de petróleo equivalente (Boe)
De:	Multiplicar por:					
1 millardo metros cúbicos (10 ⁹ m ³) GN	1	35.3	0.90	0.73	36	6.29
1 millardo pies cúbico NG	0.028	1	0.026	0.021	1.03	0.18
1 millón de toneladas de petróleo equivalente	1.111	39.2	1	0.81	40.4	7.33
1 millón de toneladas GNL	1.38	48.7	1.23	1	52.0	8.68
1 trillón British thermal units (Btu)	0.028	0.98	0.025	0.02	1	0.17
1 millón barriles de petróleo equivalente (Boe)	0.16	5.61	0.14	0.12	5.8	1

Ejemplo: Para convertir **DE** 1 millón de toneladas GNL **A** millardos de pies cúbico de gas natural multiplicar por 48.7 (100 millones de toneladas de **GNL** es igual a aproximadamente 5000 millardos pies cúbicos de **gas natural**).

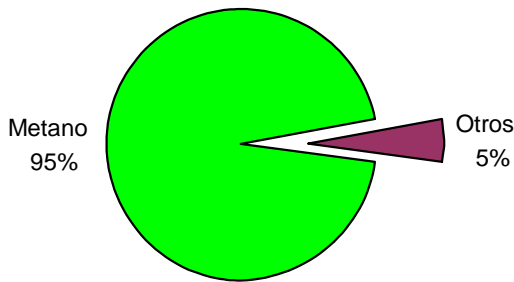
⁴² Un millardo = 10⁹

⁴³ Un billon = 10¹²

Appendix 2: Other Fuel Terminologies

El GNL es confundido muy frecuentemente con otros productos como líquidos de gas natural, gas natural comprimido, gas licuado de petróleo, gas-a-líquidos.

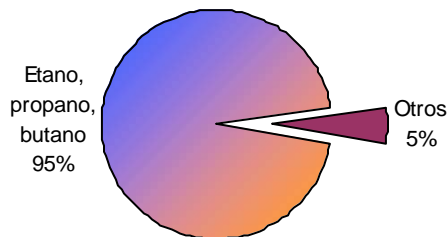
Composición del GNL



El GNL está compuesto mayormente de metano como se muestra en el gráfico adjunto. El proceso de licuefacción requiere la extracción de los componentes no-metano, como el dióxido de carbono, agua, butano, pentano y componentes más pesados del gas natural producido. El GNL no tiene sabor ni color, es anti-corrosivo y no tóxico. Cuando es vaporizado es inflamable solamente en

concentraciones de 5% a 15% cuando está mezclado con aire.

Composición del Gas Natural Líquido



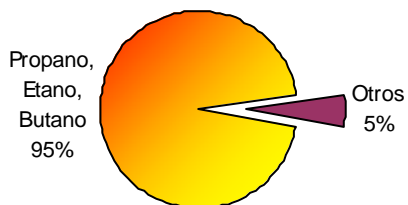
Líquido de Gas Natural (LGN) están compuestos mayormente por moléculas que son más pesadas que el metano. Estas moléculas se licúan más rápido que el metano. LGN está compuesto por moléculas de hidrocarburo que comienzan con etano y aumentan en tamaño a medida que se agregan átomos de carbono. En los EE.UU., LGN se obtiene típicamente durante el procesamiento de

gas natural para aplicaciones industriales y para que el gas cumpla con las especificaciones del gasoducto. El gas natural licuado enviado a los EE.UU. generalmente debe cumplir las especificaciones caloríficas de las tuberías, es decir, debe contener solamente cantidades moderadas de LGN. Si el gas natural licuado

es transportado con LGN, el LGN debe ser removido en el terminal de recibo o mezclado con un gas mas ligero o nitrógeno antes de que el gas natural pueda entrar en el sistema de gasoductos de los EE.UU. El terminal de recibo en Lake Charles, Lousiana es el único en EE.UU. capaz de procesar cargamentos de GNL ricos en liquido de gas natural. Sin embargo, la especificación de contenido de calor del GNL en Japon, Corea y otros países en Asia es mayor que en los EU o Europa. Para estos paises, son dejados en el GNL y, en algunas ocasiones, el GNL es agregado al GNL vaporizado en el terminal de recibo para aumentar su contenido de calor.

GNL no es lo mismo que **Gas Licuado de Petróleo (GLP)**. GLP es muchas veces llamado propano incorrectamente. GLP es una mezcla de propano y butano en estado liquido a temperatura ambiente bajo presiones inferiores a 200 psi. (Libras por pie cuadrado es una medida común de presión) El intercambio común de los términos GLP y propano se debe al hecho que en los EE.UU. y Canadá GLP esta compuesto principalmente de propano. Sin embargo, en muchos países de Europa, el contenido de propano puede ser inferior al 50 por ciento.

Composición del GLP



En Europa, GLP ha sido utilizado como combustible para vehiculos ligeros por muchos años. Muchas estaciones de servicio tienen surtidores para distribuir tanto gasolina como GLP.

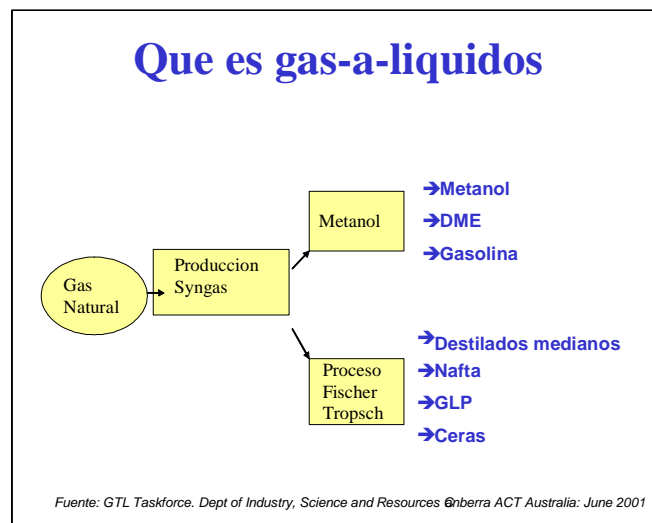
El GLP es sumamente inflamable y debe ser almacenado lejos de Fuentes de calor y en una zona bien ventilada, para que cualquier fuga se pueda dispersar con facilidad. Un químico especial, mercaptan, es añadido para dar al GLP

su peculiar mal olor que ayude a detectar una fuga. La concentración del químico es tal, que una fuga de GLP puede ser detectada cuando la concentración esta muy por debajo del limite inferior de inflamabilidad. A nivel mundial, el GLP es usado mayormente para usos domesticos como cocinar y en calentadores de agua.



El GNL no es lo mismo que el **Gas Natural Comprimido (GNC)**. El GNC es gas natural que es presurizado y almacenado en cilindros (similares a los cilindros utilizados para soldar) a presiones de hasta 3.600 psi. Generalmente, el GNC tiene la misma composición que el gas natural transportado en gasoductos, es decir, el gas ha sido deshidratado (se le ha extraído el agua) y todos los otros elementos reducidos a rastros para evitar corrosión. El GNC es frecuentemente usado como combustible para vehículos y es llevado al motor como vapor a baja presión (no mayor a 300 psi). El GNC es a veces mal representado como la única forma de gas natural que puede ser usado como combustible para vehículos. Sin embargo, el GLP y GNL son comúnmente utilizados como combustibles para vehículos.

El GNL tampoco es sinónimo de Gas-a-Líquidos. Gas-a-Líquidos se refiere a la conversión del gas natural a productos como el metanol, éter dimetil, destilados medianos (diesel y combustible de jets), químicos especiales y ceras. Mientras la



tecnología para producir cada uno de estos productos fue desarrollada años atrás, solamente el metanol es actualmente en producción comercial extendida. Éter dimetil y lubricantes especiales y ceras provenientes de gas natural son poco comercializados. Los Destilados medianos pueden ser directamente substituidos por combustible diesel en motores de ignición por compresión. La ventaja de

Gas-a-Líquidos es que casi no contiene sulfuro o aromáticos y es ideal para cumplir los requisitos actuales y propuestos para "combustibles limpios" de las economías desarrolladas.

Apéndice 3: Glosario^{44,45}

TERMINOS	DEFINICION
British Thermal Unit (BTU)	Un Btu es la cantidad de calor requerida para cambiar la temperatura de una libra de agua por un grado Fahrenheit.
Criogénico	Se refiere a la tecnología de baja temperatura. No hay una temperatura precisa pero el límite superior utilizado comúnmente es -100°F.
Densidad	Una cualidad del petróleo que mide la relación volumen-peso. En la industria se usa comúnmente dos medidas densidad: la gravedad específica y los grados API. Mientras más grande es la gravedad específica y más pequeño es el grado API, más denso es el petróleo.
Grados Fahrenheit (F)	Una escala de temperatura de acuerdo a la cual agua hierve a 212 y se congela a 32 grados Fahrenheit. Para Convertir a grados Centígrados (C) utilice la siguiente fórmula: $(F-32)/1.8 = C$.
Contenimiento	Control de derrame para tanques diseñado para limitar el desborde de líquido. Se puede referir también al control de derrame en tuberías de GNL.
Destilados Medianos	Productos más pesados que la gasolina de motor y más ligero que aceite combustible residual. Algunos destilados medianos son kerosene, diesel y jet kero.
Porcentaje Mol	Mol es lo mismo que peso molecular. Fracción mol o porcentaje mol es el número de moles de un componente en una mezcla dividido entre el número de moles totales en la mezcla.
MTPA	Millones de Toneladas por Año. Toneladas o Tonelada Métrica es aproximadamente 2.47 metros cúbico de GNL.
PM	Peso Molecular
Planta de "Reducción de pico"	Es una planta de almacenamiento y vaporización de GNL que opera intermitentemente para cubrir "picos" relativamente cortos en la demanda de gas natural. Una planta de "Reducción de pico" puede tener capacidad de licuefacción.
Gas Varado	Gas es considerado varado cuando no es accesible a los usuarios y un gasoducto no es económicamente viable.
Endulzamiento	El proceso de remover el sulfuro. La hidrosulfurización, por ejemplo, puede "catfeed" dulce. Lavado cáustico puede "endulzar" endulzar gasolinas naturalmente amargas para adecuarlas para la mezcla de gasolinas de motor.

⁴⁴ Phillips Petroleum Company, <http://www.phillips66.com/lng/LNGglossary.htm>.

⁴⁵ Poten & Partners, http://www.poten.com/?URL=ut_glossary.asp.