



# El gas natural licuado (GNL)

Por *Ing. Ernesto López Anadón*

**La evolución del recurso del gas natural hasta ocupar un papel crucial en la matriz energética.**

**A** pesar de su abundancia, el gas natural tardó mucho tiempo en utilizarse masivamente debido a que en su estado normal es gaseoso y, por ende, difícil de transportar.

Quedaba entonces limitado a unas pocas locaciones en las que el yacimiento de gas estaba cerca del centro de consumo.

Esto fue así hasta que el desarrollo del transporte por gasoductos permitió cubrir largas distancias y conectar los depósitos de gas a los grandes centros de consumo.

Un ejemplo de ello fue el gasoducto inaugurado en 1949 en la Argentina que, cubriendo 1.700 km

de distancia, unía los yacimientos del golfo San Jorge con Buenos Aires y que, en su momento, fue el gasoducto más largo del mundo.

A partir de estos desarrollos, el gas natural pasó a ocupar una porción cada vez más importante en la matriz energética.

Sin embargo, su uso aún quedaba limitado al transporte por gasoducto, lo que dejaba aislado al gas descubierto en otras regiones muy alejadas de los centros de consumo o rodeadas por mares.

En 1960, a partir de tecnologías desarrolladas en los Estados Unidos, se construye en Argelia la primera

planta de licuefacción de gas natural con carga de base. Esta tecnología permitió, a través de sucesivas etapas de enfriamiento, bajar la temperatura del gas natural por debajo de los 160 °C, temperatura a la cual queda en estado líquido, se reduce su volumen unas 600 veces y, de esa manera, permite transportar el fluido por barco a diversos destinos en el mundo.

Esto es lo que se realiza en una planta de licuefacción.

Por su parte, el gas proveniente del yacimiento en flujo continuo es licuado y almacenado en grandes tanques, a la espera de ser cargado en barcos metaneros, también de gran capacidad,

para ser transportados a otros continentes, ya sean cercanos o distantes del lugar de producción del gas.

En el otro extremo, se construye una terminal para la recepción de ese gas, también con tanques de gran capacidad, necesarios para almacenar el fluido y tener flexibilidad para atender las fluctuaciones del mercado.

En esta terminal, el gas, que se halla en estado líquido, se regasifica y se acondiciona para ser inyectado en los gasoductos que lo llevarán a los centros de consumo.

Esto es lo que se realiza en una planta regasificadora.

## Entonces ¿qué es el GNL?

En primer lugar, el gas natural licuado (GNL) se presenta como una alternativa al transporte de gas natural por cañerías de alta presión o gasoductos. A medida que aumenta la distancia a la cual el gas debe ser transportado, disminuyen las ventajas económicas del gasoducto frente al GNL. En efecto, si bien ambos constituyen infraestructuras de transporte relativamente fijas, los costos de capital y operativos del gasoducto crecen exponencialmente con su longitud, mientras que un sistema de GNL tiene una sola componente variable con la distancia: el transporte marítimo, tradicionalmente mucho más económico por metro cúbico transportado.

Por esa razón, se admite hoy que para distancias por encima de los 1.000 kilómetros y caudales superiores a los 15 millones de metros cúbicos por día, el GNL compita con los gasoductos. Sin embargo, esta afirmación general no tiene en cuenta particularidades como volúmenes transportados, ni obstáculos tales como cruces de ríos, montañas, selvas, etc., –en el caso de los gasoductos–; ni la necesidad de construir costosas instalaciones portuarias –en el caso de las terminales de GNL–; ni la evolución tecnológica de la cadena del GNL que año tras año ha ido reduciendo sus costos.

El GNL es gas natural que ha sido enfriado hasta el punto que se condensa a líquido, lo cual ocurre a una temperatura de aproximadamente menos 161 °C y a presión atmosférica. La licuefacción reduce el volumen

aproximadamente en 600 veces, lo que lo hace más económico para transportar entre continentes, en embarcaciones marítimas especiales.

Las etapas más importantes de la cadena del GNL son las siguientes:

- Exploración para encontrar gas natural en la corteza de la tierra y su producción para llevarlo a la planta de licuefacción.
- Licuefacción para convertir gas natural en líquido (GNL) y su almacenamiento en tanques especiales para que así pueda ser transportado por barco.
- 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.

## Proceso de licuefacción

Cuando se extrae el gas natural de los yacimientos subterráneos, a menudo contiene otros materiales y componentes que deben ser eliminados antes de que pueda ser licuado para su uso:

- Helio: por su valor económico y por los problemas que podría producir durante el licuado.
- Azufre –corrosivo en equipos–, dióxido de carbono que se solidifica

en las condiciones de licuefacción, y mercurio, que puede depositarse en instrumentos y falsificar las mediciones.

- Agua: que al enfriar el gas, se congelaría y formaría hielo o bien hidratos que provocarían bloqueos en el equipo si no se eliminaran.
- Hidrocarburos pesados: llamados *condensados* o *gas licuado de petróleo*, GLP, que pueden congelarse al igual que el agua y producir bloqueos del equipo y problemas en la combustión del gas.

Según el mercado final, la remoción de etano, propano y otros hidrocarburos debe estar controlada mediante una unidad de remoción de líquidos que puede estar integrada en el proceso de licuefacción.

Para convertir el gas natural en líquido, se enfría el gas tratado hasta -161 °C, que es la temperatura en la cual el metano se convierte en líquido.

El proceso de licuefacción es similar al de refrigeración común: se comprimen los gases refrigerantes (propano, etano/etileno, metano, nitrógeno) y se producen líquidos fríos, que luego se evaporan a medida que intercambian calor con la corriente de gas natural.

De este modo, el gas natural se enfría hasta el punto en que se convierte en líquido.

Hay varias tecnologías de licuefacción usadas industrialmente: las más usadas son la de Air Products y la de





ConocoPhillips Optimized Cascade. La primera se utiliza en el 80% de los casos, mientras que la segunda en el 12%.

## Almacenamiento del GNL

El GNL es almacenado en tanques de paredes dobles a presión atmosférica y a  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

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 pretensado. El tanque exterior está hecho generalmente de acero al carbono y concreto pretensado.

El fondo de hormigón se atraviesa con una serie de tubos que contienen resistencias de calefacción para evitar la congelación del terreno.

Todas las conexiones de entrada y salida del líquido y del gas al tanque se hacen a través de la cúpula como medidas de seguridad para evitar fugas de GNL por las conexiones.

Al estar almacenado el GNL en condiciones de equilibrio, tanto las aportaciones de energía (calor entrante por las paredes) como las disminuciones de presión, dan lugar a la vaporización de un pequeño porcentaje de GNL. Este gas vaporizado (*boil-off*) se comprime mediante compresores criogénicos y se bombea nuevamente al tanque donde se condensa.

Las dimensiones de un tanque

pueden llegar a 80/90 metros de diámetro exterior y 45/50 metros de altura al centro de la cúpula.

## Transporte del GNL

Los tanqueros de GNL son embarcaciones de casco dobles, especialmente diseñados y aislados para prevenir el goteo o ruptura en caso de un accidente. El GNL está almacenado en un sistema especial dentro del casco interior donde se mantiene a presión atmosférica y  $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Hay esencialmente dos tipos de tanques para estos buques:

- Los esféricos o tipo Moss: están contruidos en acero inoxidable o aleación de aluminio y son autoportantes, o sea, que ellos soportan la carga. Son muy característicos por tener un sistema de contención de carga muy particular, que incluye cuatro, o más, grandes tanques esféricos, cuyas semiesferas destacan sobre la cubierta principal.
- Los de membrana de acero corrugado y expandible: el peso de la carga se trasmite al casco interior a través de las membranas y aislamientos. Sobre la cubierta sobresale una estructura de tipo prismático.

El GNL en los tanques de carga del buque se mantiene a su temperatura de saturación ( $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a lo largo de toda la navegación, pero se permite que una pequeña cantidad de vapor se disipe por ebullición, en un proceso que se denomina *autorrefrigeración*. El gas evaporado se utiliza para impulsar los motores del buque.

Los tamaños de estos barcos pueden llegar a los 300 metros de eslora,

40/45 metros de ancho y con calados de 12 metros.

## Regasificación del GNL

Una vez que el buque metanero llega a la terminal de regasificación, el GNL es bombeado desde la nave hasta los tanques de almacenamiento. Los tanques de GNL son similares a los utilizados en la terminal de licuefacción.

Cuando llega el momento de su uso, 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 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.

La vaporización del GNL se realiza en los vaporizadores de agua de mar, que son intercambiadores de calor, verticales, abiertos, en contracorriente, donde el gas circula por los tubos y el agua de mar, procedente de la piscina de captación, resbala por el exterior de los tubos.

El agua de mar utilizada en el proceso de vaporización es devuelta al mar y no sufre más alteración que la disminución de su temperatura en unos  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Buques regasificadores

Con el incremento de la oferta de GNL en el mundo, comenzaron a in-



Planta Regasificadora de Escobar.

crementarse las ventas *spot* de GNL en el mundo. A partir de ello, sumado a los altos costos de capital que demanda la construcción de una planta regasificadora, se comenzaron a construir sistemas de regasificación del GNL en los propios barcos metaneros.

En principio, fueron pensados para atender picos de demanda estacional en distintas partes del mundo.

El buque regasificador utiliza sus tanques para almacenaje. Es necesario adecuar las instalaciones portuarias para la maniobra de estos cargueros y su amarre. Adicionalmente, hay que diseñar un brazo de carga en el muelle y construir los gasoductos de conexión con el gasoducto trocal.

A medida que se agota el GNL almacenado en sus tanques, el buque regasificador se reabastecido por otro buque metanero en una operación de carga barco a barco.

En la Argentina, YPF junto con Enarsa implementaron en Bahía Blanca una operación pionera en su tipo en el mundo, construyeron sus instalaciones en plazos muy cortos. Actualmente, estas compañías han construido una segunda instalación de este tipo en Escobar.

## Mercado

Un proyecto de GNL es muy complejo técnicamente, necesita de largos tiempos de construcción y demanda varios miles de millones de dólares de inversión.

En sus comienzos, en la década del sesenta y posteriores, el financiamiento de estos proyectos requería que se firmasen contratos de sumi-

nistro con clientes en el lugar de destino, por la casi totalidad de la capacidad de la planta de licuefacción. En muchos casos, se construían centrales con turbinas de gas para generación de energía eléctrica, para de esa manera asegurar un mercado para el gas.

Hoy eso ha cambiado mucho, hay mucha más oferta de GNL en el mundo, lo que ha convertido al GNL en una herramienta muy flexible de suministro de gas.

Algunos datos relevantes:

- Actualmente, los volúmenes de GNL comercializados están en el orden de las 224 millones de toneladas (500 millones de metros cúbicos de GNL), más del 10% del mercado global del gas natural. El mercado ganó en flexibilidad con ventas *spot* que alcanzan más del 20% del total, 47 millones de toneladas (105 millones de metros cúbicos de GNL).

- Hay 94 trenes de licuefacción con una capacidad conjunta de 271 millones de toneladas (604 millones de metros cúbicos de GNL).
- En cuanto a las terminales de regasificación, existen actualmente 83, en 23 países, con una capacidad total de 572 millones de toneladas (1.276 millones de metros cúbicos de GNL). Hay adicionalmente 110 millones de toneladas de capacidad en construcción para 2015.
- Hubo 18 países exportadores: Argelia, Australia, Brunei, Egipto, Indonesia, Libia, Malasia, Nigeria, Omán, Qatar, Trinidad & Tobago, Emiratos Árabes, Estados Unidos, Guinea Ecuatorial, Noruega, Perú, Rusia y Yemen.
- Ocho países comenzaron a importar GNL: Argentina, Brasil, Canadá, Chile, China, Kuwait, México y UAE, que se adicionaron a los 15 importadores tradicionales: Bélgica, República Dominicana, Francia,



Grecia, India, Italia, Japón, Portugal, Puerto Rico, Corea del Sur, España, Taiwán, Turquía, Inglaterra y Estados Unidos.

- Hay 360 metaneros en operación, incluyendo 31 Q-Flex (210.000-217.000 metros cúbicos) y 14 Q-Max (más de 260.000 metros cúbicos) con una capacidad combinada de 53 millones de metros cúbicos de GNL.
- El 75% de los metaneros tienen una capacidad mayor a los 135.000 metros cúbicos.

## Nomenclatura

A menudo se confunde el GNL con gas licuado de petróleo (GLP), aunque sus componentes difieren completamente. El gas licuado está compuesto por moléculas de propano y butano en distintas proporciones, más pesadas que las de metano, extraídas de la corriente de gas natural húmedo y almacenado en re-

cipientes aptos para su transporte y posterior utilización comercial.

También se lo suele confundir con el gas natural comprimido (GNC).

Si bien se trata del mismo producto, en este caso el GNC es gas natural en estado gaseoso comprimido a 200 bar, lo que reduce su volumen, para poder almacenarlo y transportarlo, generalmente para su uso como combustible para automotores.

GNL: gas natural licuado.

GLP: gas licuado de petróleo (propano, butano).

GNC: gas natural comprimido (permanece en estado gaseoso a unos 200 bar aproximadamente).

GTL: gas a líquidos. Es un proceso para obtener naftas y gasoil a partir del gas natural.

### Algunas equivalencias:

1 tonelada de GNL = 2,232 m<sup>3</sup> de gas en estado líquido (GNL).

1 m<sup>3</sup> de GNL = 610 m<sup>3</sup> de gas natural.

1 mil millones de m<sup>3</sup> de gas = 734 millones de t de GNL.

1 millón de t GNL = 1,362 mil millones de m<sup>3</sup> de gas natural. ■

***Ernesto López Anadón** es presidente del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. Ingeniero Industrial y en Petróleo por la Universidad de Buenos Aires. Se ha desempeñado en YPF como Director General de Marketing y Desarrollo de Negocios de Gas, donde se ocupó del desarrollo del negocio del gas de la empresa, así como de otros proyectos. Anteriormente, trabajó en cargos de dirigencia en compañías del sector como Astra, Hughes Tool Co., Mega, Metrogas, Refinor y Pluspetrol Energy. Además, ha ocupado el cargo de Presidente de la Unión Internacional del Gas (IGU) 2006-2009; la del Congreso Mundial de Gas (WGC) realizado en Buenos Aires en 2009, del Congreso de GNL en Argelia 2010 y del congreso sobre investigación en aplicaciones de gas natural que se realizó en Seúl, en octubre de 2011.*