

**ESCUELA NACIONAL  
DE  
NAUTICA  
MANUEL BELGRANO**



**CARRERA: MAQUINISTA NAVAL.**

**MATERIA: ARQUITECTURA NAVAL.**

**TEMA: BUQUES GASEROS.**

**DIVISIÓN: III MÁQUINAS.**

**PROFESOR: GILARDONI.**

**CADETES: REYERO.  
ROCHOLL.  
RODRIGUEZ.**

**2007**

## Buques Gaseros:

Son buques de transporte de gas Natural o gas licuado. Son muy sofisticados interiormente y de una alta tecnología que se traduce en un alto costo de construcción. Hay dos tipos de gaseros. Los LNG (Liquified Natural Gas) y los LPG. La diferencia estriba en que los primeros transportan el gas en estado líquido a temperaturas de hasta  $-170^{\circ}\text{C}$  y los segundos a  $-50^{\circ}\text{C}$  y a una presión de  $18\text{ Kg/cm}^2$ . Se identifican rápidamente ya que en su cubierta asoman grandes tanques esféricos, cilíndricos o una elevada cubierta para el nuevo sistema de transporte conocido por "Sistema Technigaz". En la foto, el buque gasero "Mubaraz", construido el pasado 2000 en Finlandia, con una eslora de casi 300 metros y  $135.000\text{ m}^3$  de capacidad, tiene 4 tanques esféricos (los más grandes del mundo) de 40,44 mtrs de diámetro fabricados con una aleación de aluminio, magnesio y manganeso.



Fueron diseñados para el transporte de gases licuados a granel, existiendo 3 clases diferentes según la técnica de manipuleo y transporte del gas:

- 1) Presurizados: el gas se transporta a temperatura ambiente, obteniéndose la licuafacción por incremento de la presión.
- 2) Refrigerados: el gas se licua por descenso de temperatura (hasta  $-164^{\circ}\text{C}$ ), transportándolo a presión atmosférica.
- 3) Mixtos: semirefrigerados (hasta  $-10^{\circ}\text{C}$ ) o semipresurizados. Una especialización son los gaseros para transportar gas natural (LNG), metaneros

y propaneros (LPG) para gas licuado. El buque gasero se caracteriza por forma de sus tanques, en general esféricos o alúdricos para los tipos presmizados o mixtos, los que van alojados dentro de la estructura del casco. En buques de tipo refrigerado, adoptan un sistema de doble casco, siendo el interno de tipo membrana, el que se comporta como tanque. En general, son buques de buena velocidad y disponen de sistema de inertizado.



### **Gas Natural.**

Formado mayormente de hidrocarburos, el metano es su principal componente. Cuando sólo contiene metano se denomina Gas Seco.

Puede presentarse como gas asociado cuando se obtiene junto al petróleo (Talara); también como gas no asociado cuando se encuentra en yacimientos propios que no tienen petróleo (Aguaytia y Camisea).

Si el gas presenta compuestos más pesados que el etano, a ellos se les denomina condensados del gas natural. En este caso existen los líquidos del gas natural (LGN), y de ellos se puede obtener el GLP, que es una mezcla de propano y butanos, pentanos e hidrocarburos más pesados (gasolina natural).

### **Usos Gas Natural y sus Condensados.**

#### **Combustibles alternos a los derivados petróleo:**

GLP (Condensado gas natural) reemplaza al GLP de CCF. Metanol sustituye parcialmente gasolinas.

Metano sustituye a petróleos industriales GLP sustituye al Kerosene Generación energía eléctrica.

Combustible menos contaminante.

#### **Insumo industrial.**

Manufactura hierro esponja. Empleo en Marcona como potencialmente en Cuzco.

### Materia Prima.

En industria de fertilizantes nitrogenados (amoniaco y urea) y en la manufactura de metanol tanto para uso directo como para la manufactura de MTBE. Insumo para Industria Petroquímica.

En particular los transportes de gas se pueden clasificar en tres tipos básicos, de acuerdo con la carga que lleven y la condición de transportes.

**PRESURIZADO:** Estos habitualmente son buques pequeños entre 500 y 6000 metros cúbicos de capacidad de carga, generalmente transportan propano, butano o gases químicos a temperatura ambiente.

**REFRIGERADOS:** Son el otro extremo de la escala (con capacidades de carga sobre 100000 metros cúbicos), se emplean para transporte del LNG y LPG.

**SEMI-PRESURIZADO:** Transportan cargas bajo presión y también refrigeradas. Son más flexibles que los otros dos tipos y se construyen específicamente para una determinada gama de gases.

### **CLASIFICACION DE LOS TANQUES DE CARGAS:**

Según el tipo de carga, tamaño del buque y grado de avance tecnológico se utilizan distintos diseños y sistemas para la construcción de los tanques de carga, estos tipos se agrupan según el código internacional de gaseros en los siguientes grupos.

**TANQUES ESTRUCTURALES:** Son los que forman parte estructural del casco del buque y participan de su resistencia. Pueden utilizarse para el transporte de productos a condición que el punto de ebullición de la carga no sea inferior a  $-10^{\circ}$  C.

**TANQUES DE MEMBRANA:** Son tanques que no están auto soportados y consisten en una pared delgada (aprox. 1mm) que se apoya sobre un aislamiento dispuesta entre la membrana y el casco que le permite deformarse bajo el efecto de las fuerzas actuantes

**TANQUES SEMI-MEMBRANA:** Carecen de sustentación propia cuando contienen carga. Están formados por una pared delgada alguna de cuyas partes se apoyan a través del aislamiento a la estructura del casco.

**TANQUES INDEPENDIENTES:** Son auto soportados, no forman parte de la estructura del buque. Existen tres categorías de tanques independientes:

- a) **TIPO A:** Son tanques generalmente constituidos por superficies planas y calculadas utilizando los métodos y normas clásicas de análisis estructural
- b) **TIPO B:** Son también constituidos por superficies planas pero calculadas según métodos avanzados de análisis y cálculo, utilizando la ayuda de modelos de prueba.
- c) **TIPO C:** Son tanques para el transporte bajo presión y están calculados con los métodos clásicos utilizados para el cálculo de recipientes a presión.

**TANQUES DE AISLAMIENTO INTERNO:** Carecen de sustentación propia, están contruidos con materiales aislantes que están en contacto con la carga, formando una membrana no metálica sustentada por la estructura interna del casco o por las paredes de un tanque independiente.

**BARRERA SECUNDARIA:** Es importante especialmente cuando la temperatura es inferior a  $-10^{\text{a}}$  C, tiene por objeto proteger al casco contra fracturas por fragilidad en caso de escape de la carga.

**TANQUES ESFERICOS:** Tanques a presión almacenados a temperatura ambiente y el escotillón de las mismas. Que oscila 33mm, esta calculado para soportar una presión correspondiente a una temperatura máxima de  $45^{\text{a}}$ .

**TANQUES CILINDRICOS:** Dispuestos horizontalmente, apoyados sobre fuertes calzos en forma de cuna previstos con descansos de goma y asegurados al casco por medio de correderas y tensores.

**TANQUES DE LASTRE:** Los buques gaseros disponen de un sistema de tanques de lastre que cumplen dos funciones, una la tradicional, común a todo buque de proveer condiciones adecuadas de estabilidad y asiento, y además sirven, cuando el buque esta cargado como una barrera que protege los tanques de carga. Es de notar que contrariamente a lo que sucede con otros buques, en los gaseros cuando están cargados existe capacidad para el llenado de los tanques de lastre, esto se debe al bajo peso específico de la carga  $0,6$  /metro cúbico.



## **REQUISITOS EXIGIDOS PARA EVITAR LA FORMACIÓN DE MEZCLAS EXPLOSIVAS EN LOS SISTEMAS DE CARGA/DESCARGA:**

1. antes de comenzar la carga del gas natural licuado LNG inertizarse con hidrógeno los tanques y tuberías que contengan aire. 2. se dará por inertizado el sistema cuando todas las muestras tomadas indiquen que el contenido en O<sub>2</sub> es nulo. 3. recíprocamente deberán inertizarse con N<sub>2</sub> tanques y tuberías previamente a permitir la entrada en ellos de aire. 4. se dará la entrada de aire en tuberías y tanques cuando las muestras tomadas indiquen un contenido del metano igual a cero (metanero).

## **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TANQUES DE CARGA**

En el buque LNG, los 4 tanques de carga están contruidos con una aleación de aluminio soldable, recomendando para soportar temperaturas criogénicas LA ESLORA Y EL PUNTAL son iguales en los 4 tanques pero no así en las mangas, que a excepción de la del tanque nº 3 varían con las formas del casco esquema 7.2 configuración del tanque, apreciándose:

a) los refuerzos del fondo b) la primera barrera protectora (interbarrier) c) zona no estanca del tanque d) válvula sluice, de cuña o compuerta, para comunicar por la parte baja los dos tanques laterales (babor y estribor) en que queda dividido el principal por medio del mamparo K. e) Bomba de drenaje, con acceso por la bajada de la primera barrera protectora f) Tanque de lastre del doble fondo g) Segunda barrera protectora (outerbarrier) h) Tanques de lastre del doble fondo i) Tanques altos de lastre que se achican por gravedad a través e los tanques de lastre laterales j) Tanques laterales verticales de lastre k) Mamparo longitudinal estanco l) Estructura guía lateral

Los 4 tanques son de doble forro el interior (interbarrier); ambos, conjuntamente con los tanques de lastre que en caso necesario se constituyen en tercera barrera, proporcionan el adecuado sistema e seguridad para proteger el casco del contacto con temperaturas bajas, en caso de perdidas o fugas. CICLO DE CARGA

A la llegada del buque al puerto de carga normalmente llevarán sus tanques una pequeña cantidad de GNL, las líneas de carga libres de aire y humedad y una temperatura por debajo de los  $-160^{\circ}\text{C}$  con un máximo de  $30^{\circ}\text{C}$  entre el tope del tapin del plan del tanque.

Si la temperatura de tanques a la llegada fuese superior a esos  $-106^{\circ}\text{C}$  debe procederse al COOL-DOWN o enfriamiento de los tanques en el mar antes de la llegada, para asegurarse de que al ponerse el buque a la carga están suficientemente frió tanto los tanques como las líneas, domos y manifold, y, además, que el gradiente no exceda de esos 30 grados centígrados al objeto de lograr una mayor velocidad de carga y no incurrir en demoras. Si la llegada al puerto de carga fuese después de una varada o de una parada del buque por revisiones, reparación o inspecciones (en que es preceptivo calentar, inertizar y airear los tanques) se arribara con los tanques y líneas inertizados a temperatura ambiente. Y como después de una revisión no quede G.N.L.,

como es lógico, en los tanques de carga, antes de comenzar las operaciones de carga se procederá al enfriamiento con una primera cantidad de G.N.L. que nos enviarán de la Terminal de carga. Sistemas en funcionamiento A) Analizadores de gases B) Nitrógeno y alarmas C) Suministro de "aire motor" y "aire instrumentos" D) manómetros de presión en tanques E) registradores de temperatura en tanques F) registradores de temperatura en casco G) el teledep que indican el nivel de G.N.L. en diferentes partes del tanque de carga H) graficas de carga Alineación de válvulas Todas las válvulas que vayan a ser utilizadas en las operaciones de carga deben estar cerradas, y las que se vayan a utilizar alinearán, una vez alineadas se comenzará la carga Embarque de G.N.L. Una vez calculada la cantidad de G.N.L. que haya en los tanques, remanente en el último viaje en condición de carga, y alineadas las válvulas, se avisará a la Terminal de que el buque está en disposición de comenzar la carga. En tierra, el personal de la Terminal dispondrá los brazos de carga adecuadamente para facilitar la retirada de las bridas siegas desde la plataforma de conexión. De haber agua en dicha plataforma, es decir, en las prip pans o bandejas recogedoras de goteos criogénicos que van bajo enjaretado, se escurrirán. El personal de la Terminal despresurizará los brazos abriendo las correspondientes válvulas atmosféricas, una por brazo, y después avisará a bordo para que el personal de plataforma de carga (oficial de carga de máquinas) desmonte las bridas siegas y conecte los brazos de carga al manífol, presurizados con nitrógeno. Efectuada la conexión, el responsable de la terminal avisará a su control, y al del buque, que a pie de muelle se está en disposición de comenzar a cargar. En el cuarto de control de carga se hará lo mismo. Comprobado tanto de abordó como de tierra, que los compresores estén listos quedando el buque en disposición de recibir el cargamento en su face líquida por las válvulas, devolviendo a los tanques de almacenamiento de tierra la face gasera, desplazada por el G.N.L. al llegar al interior de los tanques de carga. Viaje en carga En esta condición es fundamental el vigilar atentamente las condiciones de presión en el interior de los tanques de carga. El venteo libre, es decir, el dejar salir a la atmósfera los gases generados en los tanques por vaporización natural del G.N.L. no está permitido dentro de los límites del puerto.

### **BUQUES GASEROS:**

El código Internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel define al buque gasero como el buque de carga construido o adaptado y utilizado para el transporte a granel de cualquiera de los gases licuados u otros productos de más difícil operación como el dióxido de azufre, cloro, óxido de etileno, bromuro de metilo, etc.

### **GAS LICUADO:**

Es la forma líquida de una sustancia que a temperatura ambiente y a presión atmosférica normales, sería un gas. Es el gas condicionado a mantenimiento de condiciones bastante estrictas de presión y temperatura. La transformación de gas a líquido puede realizarse físicamente de dos maneras, una aumentando la presión hasta un valor por debajo de lo que se denomina tensión de vapor (la presión a la cual comienza la formación de vapor en la



superficie de un líquido, el valor de esta presión está relacionado con la temperatura, cuando aumenta la temperatura disminuye la presión de vapor. La única alternativa práctica consiste en reducir su volumen, llevándolo del estado gaseoso al estado líquido. La densidad del gas licuado es aproximadamente 0,5, mientras que la del petróleo oscila alrededor de 0,85, esto unido a la necesidad de aislamiento.

El gas se transporta licuado por:

Mayor facilidad para manipularlo Menor volumen ocupado a bordo

### **LAS CARGAS HABITUALES DE LOS BUQUES GASEROS SON:**

Liquified petroleum gas (LPG): es decir "gas líquido de petróleo". es el nombre genérico que suele darse al butano ( $C_4H_{10}$ ), al propano ( $C_3H_8$ ) o a una mezcla de estos.

Liquified natural gas (LNG): es decir "gas natural líquido". está constituido en su mayor parte (75 a 95%) por metano ( $CH_4$ ).

Chemical gases o petrochemical gases): Es decir "gases químicos entre ellos encontramos amoníaco, butadieno, propileno, etileno, isopreno, óxido de etileno.

### **EQUIPO DE CARGA Y DESCARGA:**

Consta de los siguientes sistemas -LÍNEA DE CARGA LÍQUIDA -LÍNEA DE FASE GASEOSA -RECIRCULACIÓN DE FASE LÍQUIDA -INERTIZACIÓN -REFRIGERACIÓN DE TANQUES Y LÍNEAS -CALENTAMIENTO DE TANQUES -VENTEO DE GASES DE LA CARGA -BOMBAS

La línea de carga líquida formada por dos o más tuberías corren de proa a popa con conexiones a cada boca del tanque y bifurcaciones necesarias hacia cada banda. Esta línea se conecta con las líneas de conexión a tierra que se ubican generalmente en el centro del buque. La línea de fase gaseosa sirve de complemento a la línea de fase líquida durante las operaciones de carga y descarga. Durante la carga al entrar el líquido en el tanque vacío se produce una vaporización importante, este vapor es devuelto a la planta en tierra por la línea de fase gaseosa, estableciéndose un circuito cerrado donde el gas es relicuado en la planta. En la descarga se produce un proceso inverso, el gas licuado se envía a los tanques de la Terminal y el producto evaporado se relicua en tierra o vuelve al tanque por la línea de fase gaseosa. Los venteos de gases de la carga cumplen la función de evitar excesiva presión en los tanques por la evaporación del gas. Consiste en una red conectada a los tanques y cuartos de compresores que descarga por bocas ubicada en la parte alta de los palos. Existe además una línea que se denomina de echazón que se mantiene inertizada y se usa para arrojar la carga al mar en caso de una emergencia grave por escape del gas líquido de tal forma que pueda afectar el casco del buque. Las bombas para el manipuleo de las cargas se encuentran en el cuarto de bombas y generalmente son accionadas por motores eléctricos

ubicados en la sala de maquinas, en zona de libre gas pero el control del motor se encuentra junto a la bomba y también en el cuarto de control de carga. El movimiento del motor es transmitido a la bomba mediante un embrague hidráulico que pasa al través del mamparo por una prensa estanco al gas. Las bombas poseen un sistema de seguridad que para automáticamente la descarga cuando la presión excede un cierto valor según el tipo de carga, además las bombas no se pueden poner en marcha si no esta funcionando el circuito de lubricación. En los buques gaseros se utilizan también bombas de tipo sumergido, constan de un motor eléctrico trifásico cuyo estator se encuentra en un recinto estanco donde recibe la corriente eléctrica. El rotor se fija dentro del estator y acciona el impulsor de la bomba, todo el conjunto se encuentra sumergido dentro del tanque de carga. El sistema lleva un dispositivo de seguridad que bloquea el motor cuando el impulsor trabaja en vacío por falta de carga y otro que actúa cuando se produce una sobrecarga de corriente por estar la bomba bloqueada haber sido dañadas las paletas por un objeto extraño. La refrigeración de la carga se realiza mediante un sistema en que el producto evaporado se comprime, se condensa y se retorna a los tanques. Cuando el buque utiliza gas como combustible, los compresores se usan para recibir los vapores formados en los tanques, elevar su presión al mismo tiempo que se orientan hasta 30<sup>a</sup> C para enviarlo a las calderas. Cuando el buque toma carga por primera vez o después de una reparación es necesario producir un enfriamiento gradual de los tanques y sistemas hasta una temperatura cercana a la de transporte. Antes de efectuar esta operación los tanques y sistemas deberán estar inertizados para evitar la formación de una mezcla explosiva. El enfriamiento se realiza enviando gas licuado de la Terminal de tierra al buque por las líneas de carga de estas por una línea de enfriamiento a los pulverizadores colocados en tuberías anulares en distintos niveles en el interior de los tanques. Los gases proceden de la vaporización que se produce y retornan a tierra para ser relicuados. Durante el viaje en lastre, se mantiene los tanques a una temperatura próxima a la de transporte. Para ello se deja en un tanque una cantidad de carga a la cual se hace circular por los pulverizadores de las tuberías anulares de los otros tanques para su refrigeración. La parte de carga que pasa a fase gaseosa dentro del tanque es enviada a las calderas para su consumo o relicuada según convenga. Cuando debe procederse a una inspección o reparación es necesario calentar los tanques hasta temperatura ambiente.

**CICLO DE CARGA:** El buque debe aproximarse al atraque de forma que en la última posición quede con el manifold de (los 3 brazos de carga-descarga) enfilando con los brazos de carga de la Terminal. El buque debe estar con el asiento apropiado para que el gas licuado vaya entrando por igual en la línea principal de la fase líquida de los tanques. Mientras se hace la conexión manifold- brazos de tierra, se establece la comunicación telefónica buque-Terminal y sondan o miden tanques, determinar la cantidad de carga embarcada y respetar en todo momento las consignas de seguridad. Las bombas de carga de la Terminal bombearan gas licuado desde los tanques de almacenamiento de tierra y tuberías de conexión, a través de los brazos manifold y de sus válvulas, según se cargue por babor o por estribor, y de ahí previa alineación de válvulas, se manda gas licuado a los tanques de carga a bordo. Los compresores de abordó deben pararse antes de la llegada del

buque a puerto, y después, haciéndolos trabajar a media presión, enviaran a tierra los gases que desplazara el producto a la llegada al interior de los tanques de carga a través de las líneas según sea el caso de carga por cualquiera de las bandas. De esta forma, las operaciones de carga se realizan en circuito cerrado y consecuentemente, no puede haber ningún escape de gas a la atmósfera ni por supuesto necesidad de ventear. Cuando el producto en los tanques este aproximando al nivel de topeo, se reducirá la velocidad de carga Descarga La descarga de G.N.L. se efectúa por medio de 2 bombas eléctricas que forman parte del equipo de cada uno de los tanques. Tiene una capacidad unitaria 2200gal/min. a una presión de 90 psi, lo que permite una velocidad en las operaciones de descarga de 2500 barriles / hora como máximo. En los tanques, las bombas serán dispuestas para la descarga independiente de las secciones, babor y estribor de los mismos. Si una de ellas quedara fuera de servicio, por avería, se pueden descargar ambas secciones con una sola bomba abriendo las válvulas sluice que normalmente estas cerradas y están situadas en la parte baja del mamparo longitudinal divisorio del tanque. Si ambas bombas, por la razón que fuere quedaran fuera de servicio, la descarga del tanque afectado se realizara a través de su eyector instalado en la sección de babor de cada tanque de carga, la capacidad de carga de los eyectores no es fija, por cuanto esta en función con el nivel que alcanza el producto en el tanque afectado, sin embargo es sabido que se conseguirá la mayor velocidad de descarga si hacemos que el eyector descargue a otro tanque parcial o totalmente vacío y de allí trasegar el G.N.L. por medio de las bombas de carga de este tanque. Los tanques de almacenamiento de la Terminal, para la recepción del cargamento, están normalmente constituidos por 2 tanques aislados y una capacidad de 630000 barriles. De abordo se envía a tierra el G.N.L. por medio de las mencionadas bombas sumergidas y los compresores de la Terminal devuelven al buque los vapores desplazados por el G.N.L. al entrar en los tanques de almacenamiento, efectuándose la descarga en ciclo cerrado y a una velocidad de unos 25000 barriles / hora Descarga: Así se opera 1) Enfriamiento de la línea de gas licuado 2) Drenaje de líneas, escurriéndolas a los tanques de carga 3) Sondaje o medición oficial de los tanques 4) Conexión de los brazos de tierra al manifold 5) Estiramiento de los 3 brazos de carga ( dos de fase líquida y el central de fase gaseosa) 6) Comienzo de la descarga, previa alineación de válvulas y una vez cumplimentado los requerimientos del caso 7) Final de las descarga, con escurrido de líneas, desconexión de brazos de carga y medición oficial de tanques 8) Calculo de la cantidad descargada o entregada