INTRODUCCIÓN

Los puertos españoles han sufrido en las últimas décadas la acción de los tráficos de productos derivados del petróleo, a lo cual deben haber influido, sin duda alguna, por un lado la economía del transporte, lograda a través de la sencilla manipulación que se alcanza en las terminales portuarias y de los costos de los envíos por ruta marítima y, por otro, las garantías de seguridad que, para las materias peligrosas, ofrece el transporte por mar, en donde es posible concentrar en una sola unidad el contingente de medidas adecuadas y cuyo recorrido, por su aislamiento y lejanía de puntos receptores de daños, ofrece las mayores ventajas.

Es cierto que hoy día existe un fuerte volumen de transporte por carretera de este tipo de productos, pero se están reduciendo sus distancias, con ayuda del tráfico marítimo, a la vez que, la producción de estas materias se va aproximando a los centros de transformación, como ocurre hoy día con los complejos petroquímicos surgidos alrededor de las refinerías, cuya necesidad de primeras materias es cubierta por éstos. Se ha potenciado también la conducción mediante tubería con el gran desarrollo que han tenido los etilenoductos, los gasoductos y similares.

La tesina que presento como proyecto de especialidad tiene por objeto ahondar someramente en la explotación de terminales petroleras. Cuando hablo de terminales petroleras quiero incluir tanto al crudo de petróleo como benceno, etileno, propileno, naftas, fuel-oil..etc. El lector encontrará en este trabajo una descripción de las instalaciones propias de una terminal petrolera, un completo

compendio de medidas de seguridad a tener en cuenta en la manipulación de estas substancias peligrosas y un documentación gráfica realmente ilustrativa que, sin duda, será de gran utilidad para la mejor comprensión de los temas en adelante tratrados.

CAPÍTULO 1
PUERTOS PETROLEROS

El propósito de este capítulo es presentar de forma básica las características físicas, y los componentes mas relevantes de un puerto petrolero. Se propone como definción de puerto petrolero a un puerto capaz de dar cabida a transportadores de 200.000 DWT (Toneladas de Peso Muerto) o más. El calado mínimo de esos barcos cuando estan totalmente cargados es de unos 18,3 metros por lo que respecta a los buques tanque. Dichos buques se conocen como VLCC[1].

EVOLUCIÓN DEL MERCADO DEL PETRÓLEO

Desde comienzos de la década de los 60 el transporte del petróleo representa más de la mitad del tonelaje internacional transportado por vía marítima.

La expansión de este mercado está ligada a cuatro factores esenciales; Por una parte, el aumento de consumo de los países industrializados, Europa Occidental, Norteamerica y Japón, debido especialmente a una expansión demográfica reforzada por una elevación del nivel de vida, la drástica disminución del uso del carbón en los distintos sistemas de transporte, el uso de fuel y gas en la producción termoeléctrica, el nacimiento de la petroquímica y la generalización en el consumo industrial y doméstico. Por otra parte, la evolución de las técnicas de la producción, que han permitido pasar de la explotación, en superficie a la de gran profundidad e incluso en la última década a la explotación "off-shore" y en pleno mar.

[1] Very Large Crude Carrier. Transportador muy grande de crudo (de mas de 150.000 DWT). Este término se desarrolló a mediados de la década de 1960, al hacerse “muy grandes” los buques tanque, y comunmente se limita a barcos de más de 150.000 DWT hasta aporximadamente 300.000 DWT.

PARTE I
INTRODUCCIÓN A LAS TERMINALES PETROLERAS

La organización a nivel internacional aportada por la creación de las grandes sociedades petróliferas que han hecho posible el extraordinario desarrollo del mercado. Por último la evolución de las condiciones del transporte.

En fechas próximas a la I Guerra Mundial la producción alcanza apenas los 50 millones de toneladas. Entre 1.929 y 1.970 ,el consumo en Europa aumenta 40 veces y 6,4 en Estados Unidos y en los países del Tercer Mundo pasa del 5,5% al 12,9% del consumo mundial.

El año 1.928 marca una nueva etapa en el comercio del ,petróleo. Tres grandes entidades, Standard Oil of New Jersey, el grupo Royas Dutch-Shell y la AngloPersian Oil Co., se reúnen en Escocia fijando las bases de lo que se denominará el Cartel Internacional del Petróleo. Fines esenciales del Cartel son: Planificar la producción, fijar los precios y dominar el mercado mundial.

Es de destacar la norma de que "los productos de especificaciones idénticas tienen valores idénticos en todos los puntos de origen", que hacía de los suministros a Europa desde Oriente Medio por Suez un gran negocio, pues los precios para los compradores eran iguales a los fijados (adquisición y transporte) con origen en el Golfo de México por ser U.S.A. el principal suministrador de esta primera época. En las vísperas de la II Guerra Mundial, los principales suministradores (60 M.t[2].) son: Venezuela (25 M.t.), U.S.A. (21 M.t.) y Oriente Medio (10 M.t.). Los mayores receptores: Europa (33 M.t.) y Japón (4 M.t.). Trás la II Guerra Mundial, pierde influencia el cartel especialmente al nacer nuevas empresas de tipo estatal como: E.N.I. (Italia), E.R.A.P. (Francia) , HISPANOIL (España) y ARABIA OIL Co. (Japón) .

Por último en 1.960 se crea la Organización de Países Exportadores de Petróleo (O.P.E.P.) que plantea como principios esenciales: Aumento de royalties, participación en beneficios e intervención en la fijación de los precios. El problema actual está planteado entre: países productores con necesidad de dinero, países consumidores con necesidad de energía y empresas productoras-comerciales con necesidad de negocio.

Areas de consumo.

Las tasas de consumo se han elevado, en general, de acuerdo con las demandas energéticas de los países industrializados e incluso a mayor ritmo que dichas demandas. El grado de desarrollo de algunos países o áreas, provocado por su fuerte industrialización, ha producido en los mismos una enorme depedencia de esta fuente energética que les obliga a unas masivas importaciones, como es el caso de Japón, Europa Occidental y Estados Unidos, éste último habiendo pasado por una etapa previa de gran exportador.

[2] M.t quiere decir millones de toneladas.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL TRANSPORTE DE PETRÓLEO.

Desde que el hombre utilizó por primera vez un objeto flotante para el transporte por agua, hasta lograr alcanzar el aspecto que hoy presenta dicho objeto, una variadísima tecnología ha tenido que ser desarrollada. No obstante el barco, en su concepción de elemento básico en el transporte marítimo ha sido en los veinticinco últimos años cuando realmente ha sufrido mayores transformaciones, pasando de ser un elemento que transporta carga a un elemento especialmente acondicionado para el transporte de un tipo de carga, y esencialmente de constituir un sistema diferenciado de transporte a formar parte de un sistema integrado de transporte considerado en su más amplia acepción. Este cambio en la funcionalidad del buque se desarrolla a partir de la II Guerra Mundial, alcanzando en la década de los sesenta un extraordinario auge y continuando su protagonismo en nuestros días.

Evidentemente las transformaciones del buque como vehículo que ha de realizar su función en el medio marino han sido enormes, en cuanto a forma y constitución del casco, elmentos de propulsión, condiciones de navegabilidad y seguridad, etc., pero en todo caso todo ello han sido incorporaciones tecnológicas a su aspecto naútico, no contribuciones específicas propias de su función esencial, el transporte de mercancias. Los nuevos tipos de barcos pueden clasificarse atendiendo a su función o a su forma de sustentación. La función ha sido desarrollada en orden a atender el continuo cambio tanto en la presentación física y manipulación de la mercancía tradicional, como para captar el transporte de otras muchas que nunca habían usado este sistema de transporte. La división relativamente reciente de:

-Cargueros (Cargo liner) .
-Graneleros (Bulk carriers) .
-Petroleros (Tankers) .

debe ser ahora subdividida más ampliamente como se indica a continuación:

<u>Resumen de funciones de los barcos</u>

Carga General Seca.
Transportador Refrigerado .
Carguero de línea
Carguero Tramp
Carguero general polivalente
Roll-on/Roll-off
Contenedor celular
Contenedor Trailer
Transportador de vehículos
Fruteros (ventilados-refrigerados)
Carguero Universal

Transportador de automóviles
Porta-gabarras celular
Porta-gabarras horizontal
Transportador de pallets
Carga Seca Especializada Maderero
Ferry
Transportador de papel
Transportador de Graneles Secos
Transportador de yeso
cerrento
carbón
O.B.O.
granos
mineral
azucar
Transportador de Graneles Líquidos
Tanque para crudos
productos refinados
slurry
O.B.O.(Ore-Bulk-Oil)
vino
leche
productos químicos
G.L.P .
G.N.L.

PETROLEROS Y TRANSPORTADORES MIXTOS.

Con la travesía Filadelfia-Londres en 1.861 del velero Elizabeth Watts se realiza el primer transporte marítimo de petroleo, si bien es en 1.884 con el Ivilhelm Gluckauf de 2.307 T.P.M., cuando aparece realmente el antecesor del petrolero moderno. Hasta vísperas de la II Guerra Mundial no se alcanzan las 20.000 T.P.M. y velocidades de 13/14 nudos, y es en 1.959 cuando se llega, con el Universe Apolo (104.000 T.P.M.) a las 100.000 T.P.M.

La crisis de Suez en 1.956 inicia la era del gigantismo, que logra en 1.966 superar las 200.000 T.P.M. Tras un corto periódo de duda, posterior al cierre del Canal en 1.967, se reanuda la carrera hacia las grandes unidades, con el Universe Ireland (326.000 T.P.M.) en 1.968, el Nisseki Maru (372.000 T.P.M.) en 1.971, el Globtik London (483.939 T.PI.) en 1.973 y superándose las 500.000 T.P.M. en 1.975. La velocidad se ha estabilizado en 16/17 nudos y la organización interna establece un solo puente, dos mámparos longitudinales y varios transversales, con tamaño máximo de cisternas de 40.000 m3, fijado por la I.M.C.O., prestándose por otra parte gran atención a los problemas de contaminación debidos a la limpieza de las cisternas, en la propulsion para los grandes tamaños se prefiere la turbina a vapor al motor diesel.

La flota mundial de petroleros superiores a 100 T.R.B (Tonelada de registro bruto) compuesta en 1.979 por 6.950 buques, pasó de 174,1 a 175,0 M. T.R.B. de 1.977 a 1.978, es decir aumentó poco más del 0,5% y alcanzó 174,2 M.

T.R.B. en 1.979, 10 que supuso por primera vez una regresión. El descenso se ha producido por una reducción continua de las construcciones y un aumento en los desguaces. El excedente de flota se estimó en unos 80 M. T.P.M. al comienzo de 1.979, lo que teniendo en cuenta una incorporación de solo 12 M. T.P.M. antes de 1.981 y una fuerte tasa de desguaces de buques no rentables, hacen suponer que pueda alcanzarse un cierto nivel económico en fechas no lejanas, siempre que crisis como lp iraní no den al traste con cualquier previsión.

Las mayores flotas correspondieron en.1.979, a Liberia con 793 buques y 50,2 M. T.R.B.; Japón con 1.525 buques y 17,2 M. T.R.B.; Reino Unido con 419 buques y 13,3 M. T.R.B., y Noruega con 173 buques y 12,3 M. T.R.B.

Los países más interesados en este tipo de barcos son Brasil, Rusia, Venezuela y Perú, por sus estructuras específicas de tráfico de mineral y petróleo. No obstante este sector de la flota no resiste la competencia de los petroleros o graneleros en condiciones de escasa demanda. El reparto de su doble actividad es del 55% para petróleos y 45% para minerales, que refleja su menor competencia en el mercado de graneles sólidos dado que el 94% de estos buques superan las 70.000 T.P.M. lo que les impide tocar muchos puertos.

Evolución del buque Petrolero.

Alcanzadas las 20.000 T.P.M. en vísperas de la II Guerra Mundial se llega a las 80.000 T.P.M. en 1.956, año en que tiene lugar la primera crisis de Suez, lo que dá lugar a-que ya en 1.959 se superen las 100.000 T.P.M. Con el cierre del Canal en 1.967 se desarrolla definitivamente la etapa hacia el gigantismo, iniciada con la crisis de 1.956, y se alcanzan 326.000 T.P.M. con el Universe Ireland en 1.968 y 483.939 T.P.M. con el Globtik London en 1.973.

La velocidad se ha estabilizado en 16/17 nudos, estableciendose un sólo puente, y compartimentándose el casco con dos mamparos longitudinales y diversos transversales, para lograr tanques máximos de 40.000 Tons. para una mayor seguridad. En propulsión se prefiere la turbina de vapor al Diesel, y una o dos hélíces. La carga se realiza por gravedad, utilizándose la energía propia del barco para la descarga, siendo a veces necesario, un aumento de potencia para este fin, obteniéndose caudales del órden de 9.000 m3/hora y superiores. Existen problemas en cuanto al lastre y la contaminación que el deslastrado y la limpieza de cisternas produce. Se obliga desde 1.963 a lanzar el agua contaminada a más de 100 millas de la costa. Actualmente existen estaciones de deslastrado en algunos de los puertos que reciben crudos, aunque el sistema es costoso, por lo que se tiende a reservar cisternas para el lastre, con un volumen aproximado del 10% del total, o bien a diseñar tanques de decantación "slop tanks", a dónde se envia el agua del lavado y se lanza de los mismos ya depurada.

Por último se tiende también a resolver los problemas planteados a la tripulación por las cortas y escasas escalas y la casi total automatización del

buque, facilitando a bordo confort, y diversiones y promoviendo frecuentes periódos en tierra.

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE BARCOS Y PUERTOS

Es imperativo que el diseñador de un puerto petrolero dé principal importancia al calado de los VLCC cuando se elija el tamaño de los buques tanque a los que dicho puerto podrá albergar.

También debe darse atención a la eslora y la anchura de los VLCC. Es importante la eslora en términos de distancia necesaria entre atraques, diámetro de la dársena de maniobra (o borneadero), maniobrabilidad, radio de entalingado, etc. La anchura es importante para determinar las dimensiones de los canales, la distancia entre atraques paralelos entre si.

Se enumeran algunas características notables relativas a eslora y anchura de los VLCC:

1. En el intervalo de 200.000 a 300.000 D WT[3], la eslora total (length over all, *loa*) varía de aproximadamente 320 a 348 m. Los barcos de 285.000 DWT tienen una *loa* de aproximadamente el límite máximo dado. La anchura de los barcos de esta clase varía de 47 a 55 m.

2. En el intervalo de 300 000 a 350 000 D WT, la eslora varía aproximadamente de 323 a 367 m, y la anchura de 53 a 61 m.

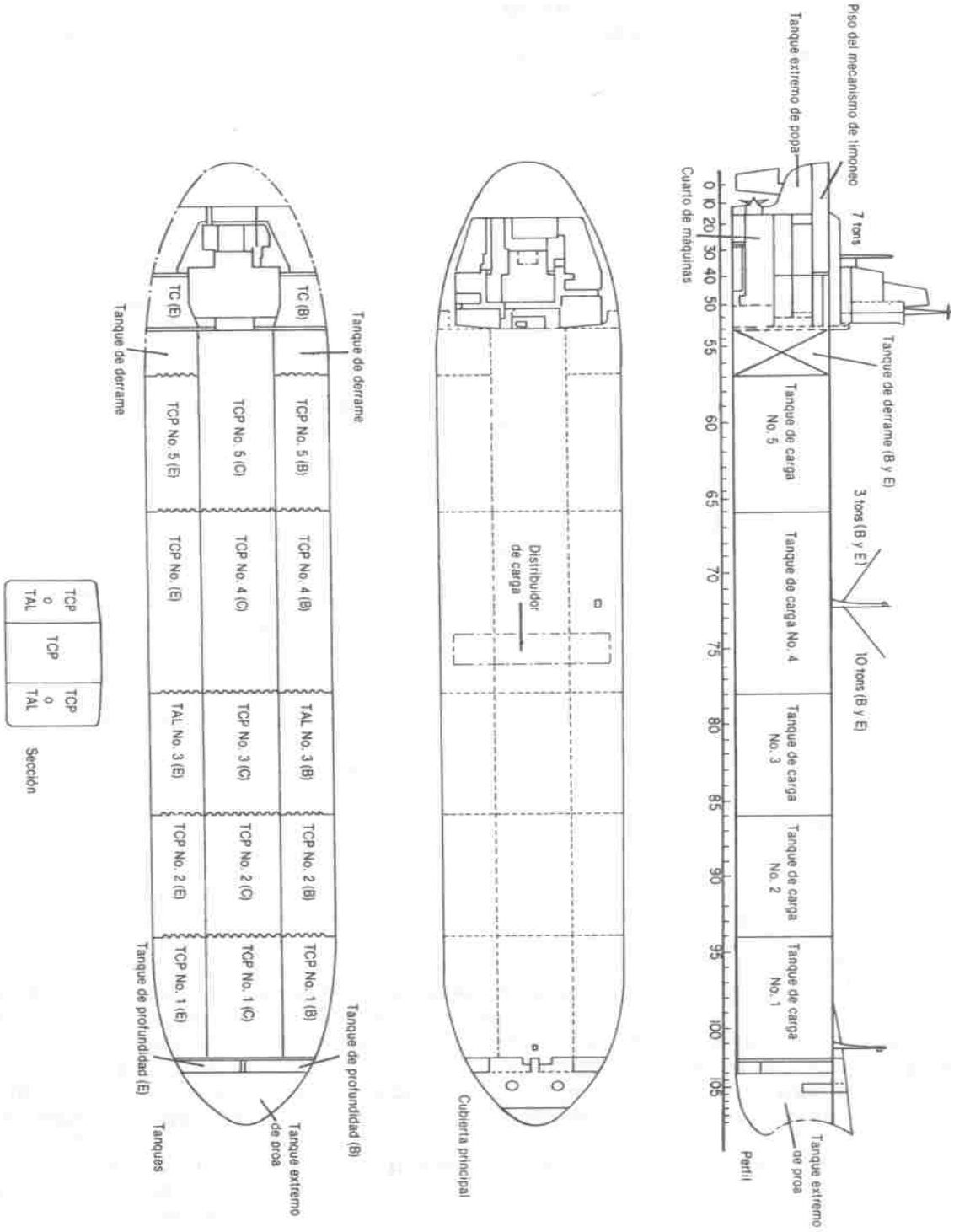
3. En el intervalo de 350.000 a 400.000 DWT, los buques tanque "normales" con calado de hasta aproximadamente 27 m tienen una *loa* de entre 329 y 372 m, y una anchura de entre 55 y 63 m. Los buques tanque RD[4] de esta clase tienen aproximadamente la misma *loa* que los buques tanque "normales", pero mayor anchura, que va de 64 a 70 m. Todos tienen calado de hasta aproximadamente 26 m.

4. Buques tanque RD con DWT de 400.000 hasta 420.000 y calado máximo de hasta 22.8 m. Estas naves tienen una *loa* de hasta 378 m y una anchura de entre 68.6 y 70.2 m.

5. Las dimensiones de dos buques tanque (de la Shell) de 540.000 DWT son aproximadamente: 412 m de eslora, 63 m de anchura, 28.5 m de calado. Dos buques tanque (de la Olobtik) de 477.000 DWT tienen aproximadamente: 381 m de eslora, 62 m de anchura, 28.2 m de calado. Dos buques tanque (de la N.B.C.) de 446.500 DWT tienen aproximadamente: 360 m de eslora, 68 m pies de anchura, 25 m de calado.
6. El mayor buque tanque construido hasta la fecha es el Jarhe Viking de 564.650 DWT, 458 m de eslora y 62 m de manga.

[3] DWT (Death Weight Tone)
[4] RD (Restricted Dradft Tanker= Buques de calado restringido.)

Figura 1. Disposición de un buque tanque de 230.000 DWT. B=Babor, C=centro, E=Estribor, TCP=tanque para carga de petroleo, TAL=tanque para agua de lastre, TC=tanque para combustible.



CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PUERTOS PETROLEROS

Entre los principales factores de diseño que intervienen en la planificación de un puerto petrolero se incluyen: profundidad de las vías de acceso; profundidad de los canales de acceso; área de maniobras; maniobrabilidad de las VLCC; distancia de frenado; auxiliares a la navegación, y canal de entrada.

Profundidad de las vías de acceso.

El calado admisible se basa en el calado de los barcos de la clase más alta que se recibirá en el puerto.

Deben hacerse correcciones para considerar 1) salinidad del agua y 2) condiciones de descarga.

El espacio libre bruto bajo el casco puede definirse como el margen reservado bajo el casco del barco, considerando 1) el nivel del mar durante la navegación del barco dentro del puerto, 2) el calado máximo del barco en agua quiescente, y 3) el nivel nominal del lecho del canal.

El espacio libre neto bajo el casco puede definirse como el margen mínimo que queda bajo el casco del barco cuando éste se mueve a la velocidad de paso planeada bajo la acción del viento esperado y las condiciones de oleaje más intensas tolerables.

El nivel nominal del lecho del canal se establece dejando un espacio libre neto bajo el casco por lo menos de 0.50 m si el fondo es arenoso, y de 1 m si el fondo es rocoso.

Dentro del mismo puerto, el nivel nominal del lecho del canal puede diferir de una zona de agua a otra, debido a factores como 1) variaciones en el nivel del mar que pueden ocurrir durante una maniobra particular, 2) variaciones naturales en el nivel del mar de una zona de agua a otra, y 3) variaciones del calado del barco que pueden ocurrir al pasar de una zona de agua a otra debido a la velocidad admisible del barco, el oleaje presente y la salinidad del agua.

Asentamiento de popa.

Para determinar el asentamiento de popa de un barco debido a la velocidad, debe tomarse en cuenta la máxima velocidad permitida, considerando que la velocidad en un canal debe incrementarse con la velocidad de la corriente transversal.

> Informe alemán: Para barcos de 200.000 DWT (Death Weight Tone) a la velocidad de 15 nudos se permiten 1.50 m; a velocidad de 10 nudos 0.75 m.

Informe francés: Para barcos de 500 000 DWT a velocidad de 10 nudos se permiten 1.40 m.

Informe sueco: Para barcos de 200.000 DWT a velocidad de 5 nudos se permite 0.4 m.

Estudi Guliev: Para barcos de 200 000 DWT a velocidad de 5 nudos se permite 0.25 m; a velocidad de 10 nudos, de 0.5 a 1.0 m.

Entre otras observaciones relativas al asentamiento de popa están: 1) el asentamiento de popa es más importante en la proa del barco que en la popa; 2) parece que una proa bulbosa disminuye este fenómeno; 3) el asentamiento de popa disminuye cuando la proporción entre sección sumergida del canal y la cuaderna[5] maestra[6] aumenta, o cuando aumenta el espacio libre bajo el casco.

Oleaje.

Los movimientos verticales de un barco que ocurren por efecto del oleaje deben calcularse, tomando en consideración amplitud, dirección y periodo del oleaje, dimensiones y velocidad del barco, y profundidad del agua.

En general, los movimientos de un barco debidos al oleaje dependen de:

1. Amplitud del oleaje: Para un oleaje de periodo constante, los movimientos varían de modo aproximadamente proporcional con la amplitud.

2. Periodo del oleaje: Los movimientos son ligeros cuando el periodo es de unos 6 segundos o menos, mayores para periodos de unos 10 segundos, y pueden llegar a ser de varios metros cuando el periodo es de 15 segundos o más. Considerando que el periodo natural de los buques tanque con 200.000 a 500.000 DWT para movimientos tanto de balanceo como de cabeceo varía aproximadamente de 12 a 15 segundos, pueden ocurrir grandes movimientos para periodos de oleaje de 10 a 15 segundos debido a la resonancia, aun cuando la amplitud del oleaje sea pequeña.

3. Proporción entre calado y profundidad: Conforme el espacio libre bajo el casco disminuye, también disminuyen los movimientos debidos al oleaje.

4. Eslora del barco: La sensibilidad al oleaje aumenta al aumentar la proporción longitud de la ola/eslora del barco.

5. Dirección del oleaje, respecto a la dirección del movimiento del barco. Debe señalarse que frecuentemente los barcos que entran a un puerto se encuentran con un oleaje oblicuo en el sector de popa.

[5] Cada una de las piezas curvas cuya base o parte inferior encaja en la quilla del buque y desde allí arrancan a derecha e izquierda, en dos ramas simétricas, formando como las costillas del casco.
[6] La que se coloca en el punto de mayor anchura del casco.

6. Porción del canal en mar abierto. De acuerdo con un estudio holandés, los buques tanque de 200 000 DWT que se hallan en la porción de mar abierto de un canal y se dirigen a un puerto pueden experimentar los siguientes incrementos de calado:

INCREMENTO EN EL CALADO EN CANALES DE MAR ABIERTO CON CLIMA VARIABLE		
Causa	Buen tiempo	Tiempo extremadamente malo (cuando el barco está en mar abierto)
Balanceo	hasta 0.3 m	hasta 1.2 m
Cabeceo	hasta 1.5 m	hasta 3.7 m
Asentamiento de popa (a 10 nudos)	hasta 0.9 m	hasta 0.9 m
Asentamiento de popa (a 14 nudos)	hasta 1.5 m	

Tabla 1. Incremento en el calado en canales de mar abierto con clima variable.

Según la tabla anterior, puede darse el caso de que un barco grande sea admisible cuando haya buen tiempo, y no lo sea cuando el tiempo sea desfavorable. Cuando el barco penetra entre los rompeolas o en las dársenas, el nivel dragado del canal puede disminuir debido a que los movimientos verticales del barco son más pequeños ya que, si el fondo es arenoso, el espacio libre neto bajo el casco puede reducirse a un pie.

Cálculo de la profundidad de un canal. Ejemplo.

El cálculo del espacio libre bruto bajo el casco para la recepción de barcos de entre 200.000 y 250.000 DWT con 20 m de calado incluye:

Z_1 = nivel de referencia del plano de agua durante las maniobras. (En un mar en el que, el efecto de las mareas es notable, este nivel considera el margen de seguridad. Cuando puede soportar variaciones eventuales, como vientos e inundación, el nivel de referencia Z_1 se caracteriza por la probabilidad de aparición de la variación eventual.)

Z_2 = nivel nominal de dragado.

t = calado admisible, que se supondrá en este ejemplo de 20.5 m.

El espacio libre bajo el casco es:

$$\text{Espacio libre bajo el casco} = Z_1 - Z_2 - t$$

El cálculo se realiza considerando sucesivamente dos hipótesis:

Hipótesis 1. La primera se refiere a condiciones ligeramente limitantes que corresponden a una ubicación favorable (por ejemplo, que el oleaje no excede los 2 m de amplitud y 7 segundos de periodo, la corriente es despreciable, y el canal es corto, lo que permite la navegación a velocidades de 5 nudos o menores; y

Hipótesis 2. La segunda se refiere a condiciones más problemáticas (por ejemplo, la corriente tiene amplitud de 4 m y periodo de 10 segundos, hay una corriente transversal, o el canal es largo, lo que hace necesaria la navegación a velocidades de 8 a 10 nudos).

En el primer caso el espacio libre bajo el casco sería como sigue:

	Intervalo	Valor medio
Movimientos debidos al oleaje	0,4-0,80 m	0,6 m
Asentamiento de popa	0,3-0,5 m	0,4 m
Espacio libre neto bajo el casco	0,3-0,5 m	0,55 m
Espacio libre bruto bajo el casco	1-2,10 m	1,55 m
Porcentaje de calado	5-10,5	7,50

Tabla 2 Espacio libre bajo el casco en condiciones ligeramente limitantes.

En el segundo caso sería:

	Intervalo
Movimientos debidos al oleaje	0,8-1,50 m
Asentamiento de popa	0,8-1,5 m
Espacio libre neto bajo el casco	0,5-1,0 m
Espacio libre bruto bajo el casco	2,10-4,00 m
Porcentaje de calado	10.5-20

Tabla 3 Espacio libre bajo el casco en condiciones problemáticas.

Así, como se menciona en numerosos estudios, los valores de espacio libre bajo el casco varían, entre 10% y 20% del calado. Debe notarse sin embargo que los cálculos anteriores son válidos solamente para este ejemplo en particular y no forman límites de modo alguno.

Para el caso de barcos VLCC mayores y buques tanque RD deben hacerse nuevos ensayos, pruebas de verificación in situ y nuevos cálculos.

Para fijar el nivel de dragado de un canal, deben tomarse en consideración el nivel de referencia del agua, el tamaño de los barcos, el movimiento vertical de los barcos, la diferencia el nivel nominal del lecho del canal y el nivel de dragado del mismo, y un espacio libre de 0.5 m para fondo arenoso o de 1 m para fondo rocoso. El nivel nominal del lecho del canal es, por definición, el nivel con respecto al plano de referencia sobre el cual no quedan obstaculos a

la navegación. El nivel de dragado del canal se determina a partir del nivel nominal del lecho del canal considerando: 1) la altura de las depositaciones en el canal en el periodo comprendido entre dos dragados de mantenimiento, 2) la tolerancia aplicada a los dragados y 3) la exactitud de los sondeos. Debe darse especial atención al nivel mínimo del mar.

En el uso normal del puerto, en cada ocasión debe considerarse lo adecuado de los criterios de diseño, especialmente en lo que se refiere a: 1) niveles de agua en ese momento, 2) calado del barco del que se trate, incluyendo los efectos de quebranto, arrufamiento[7], escora[8] y adrizado[9], 3) movimiento vertical previsto del barco por la acción de corrientes, viento y fuerza de las olas que prevalezcan en el momento de arribo, y 4) niveles del lecho en ese momento, tomados de las mediciones más recientes, corregidos para considerar la sedimentación que ocurre después de las mediciones y para mayor precisión del sondeo.

Anchura de los canales de acceso.

La anchura nominal de un canal es la anchura mínima de ese canal para la que prevalece la profundidad nominal. En particular, el dragado debe tomar en consideración la incertidumbre respecto a la posición de las dragas durante su trabajo.

Entre los factores que deben tenerse en cuenta para establecer la anchura de un canal de acceso con una vía de tráfico se encuentran:

1. La exactitud con que puede determinarse la diferencia entre la posición del barco y el eje del canal.

2. La máxima diferencia que puede haber desde el momento en que se nota la diferencia y el momento en que se efectúa la corrección de la trayectoria resultante.

3. La mitad de la anchura del barco y el área que barre dicho barco con motivo de la deriva causada por las corrientes. Los efectos de vientos transversales deben tomarse en cuenta del mismo modo.

4. La existencia de un margen libre no menor de la mitad de la anchura del barco.

También debe tenerse presente el hecho de que la exactitud de los auxiliares a la navegación disminuye al aumentar la distancia a la que el barco se encuentra de la costa.

[7] Curvatura que hacen las cubiertas, cintas, galones y bordas de los buques, levantándose más, respecto de la superficie del agua, por la popa y proa que por el centro.
[8] Inclinación que toma un buque al ceder al esfuerzo de sus velas, por ladeamiento de la carga u otro motivo.
[9] Efecto de adrizar: poner derecho o vertical lo que está inclinado, y especialmente la nave.

Se recomienda el uso de un canal nominal que tenga una anchura no menor de cinco veces la anchura del barco, aunque no haya corriente transversal.

Otro hecho al que también debe darse importancia es que los barcos y pendientes de los canales y acequias causan arrufamiento de los barcos. La popa puede ciertamente tender a moverse a un lado del barco debido a que la zona de agua impulsada por la propela entre el barco y el banco, puede crear un movimiento opuesto en la popa del barco.

La anchura de los canales sujetos a la acción de oleajes largos o corrientes de cola debe ser mayor, a causa del arrufamiento provocado por el oleaje o la acción de las corrientes.

La diferencia entre la posición real de las boyas que pueden estar sujetas a movimientos de vaivén y la posición teórica de tales boyas debe tomarse en cuenta cuando se realice navegación en un canal marcado por boyas.

Canales curvos.

Por supuesto, es preferible el trazo recto de un canal; pero cuando es inevitable hacerlo curvo, la anchura de dicho canal debe ser mayor, y debe tomarse en consideración:

1. La anchura extra necesaria para la trayectoria del barco mientras ésta sea curva. Para el cálculo puede emplearse la fórmula

$$\text{Anchura extra} = L^2/8R,$$

Donde

L = eslora del barco
R = radio de la curva.

2. Un margen complementario para dificultades de maniobra. Entre los factores por considerar se incluyen:

   a) La trayectoria del barco puede desconocerse.
   b) El barco no responde adecuadamente y en consecuencia el piloto debe anticipar la maniobra. Este margen es mucho más importante cuando:
   c) El radio es pequeño.
   d) El ángulo central es abierto.
   e) La intensidad de la corriente y del viento es grande.

Los extremos de las zonas que tienen diferentes anchuras se unirán con líneas rectas, lo que dará una variación total de anchura de a lo sumo 40 m para un tramo de 100 m de longitud.

Características de algunos canales específicos. A continuación se mencionan algunas cifras de canales abiertos a barcos de entre 200.000 y 250.000 DWT:

Gothenburg: Anchura, línea recta de 210 m . Corriente transversal de 0.5 del nudo. Curvatura de 250 a 300 m. Tráfico en un solo sentido (canal reservado para barcos VLCC durante el paso).

El Havre: Anchura de 300 m. Corriente transversal de entre 1.5 y 2 nudos. Prioridad para barcos VLCC; otros barcos ceden el paso.

Marsella-FOS: Anchura de 250 m. No hay corriente.

Milford-Haven: Anchura exterior de 375 m, interior de 180 m. Prioridad para barcos VLCC; otros barcos ceden el paso.

Point Topper: Anchura de 5 veces la de un barco de 300.000 DWT.

Rotterdam: En el extremo de la primera sección la anchura es de 1.200 m; en la segunda sección la anchura exterior varia alrededor de 600 m y la interior alrededor de 400 m. La corriente transversal es de entre 2 y 3 nudos. Tráfico en dos sentidos, incluido el de barcos VLCC en las secciones de 1.200 y 1.600 m.

Wilhelmshaven: Anchura de 300 m; en un futuro se ensanchará en las curvas, afectando el ángulo central. La componente transversal de la corriente es de 1 nudo. Prioridad para VLCC cargados; otros barcos ceden el paso.

Con respecto a los canales existentes, la anchura mínima de un canal necesaria para la navegación en un sentido de barcos de 200.000 DWT en ausencia de corriente transversal es de 180 a 250 metros. En otros casos, la anchura es de unos 300 m.

Zona de maniobra.

La zona de maniobra comprende 1) el área necesaria para permitir que los barcos reduzcan su velocidad y 2) el área de borneo[10] necesaria. Generalmente estas áreas están protegidas. Para determinar la profundidad de la zona de maniobra deben aplicarse los mismos criterios establecidos para los canales, excepto que:

1) El movimiento debido al oleaje puede despreciarse si la zona está protegida.
2) El asentamiento de popa debido a la velocidad es despreciable.

El área de agua necesaria para reducir la velocidad del barco incluye:

a) una zona de disminución de velocidad en la cual la velocidad del barco disminuye a 3 nudos y se hace el laboreo.
b) un área de detención, en la cual la velocidad se reduce a cero y el barco es remolcado.

[10] El borneo consiste en girar un buque sobre sus amarras estando fondeado.

La longitud del área de agua necesaria es igual a la distancia de detención de los barcos que depende de su velocidad en el canal de acceso más un cierto margen. La velocidad de los barcos en el canal de acceso será determinada principalmente por el valor máximo del ángulo de deriva.

Para establecer la anchura del área de agua debe tomarse en cuenta la deriva durante la maniobra de detención debida en particular a la inversión de la propulsión en el caso de los barcos con una sola propela.

Cuando un barco pasa de una zona de olas transversales a la zona de agua tranquila de la entrada de un canal la anchura debe ser mayor, tomando en cuenta el arrufamiento que sufre el barco. En esta situación la proa deja de estar sujeta a esfuerzos perpendiculares pero la popa sigue siendo afectada.

Las maniobras de detención se realizarán de preferencia cuando haya protección entre las corrientes; o, si es posible, dirigiendo el barco contra la corriente. Si esto no es factible el área de agua necesaria para el frenado debe ser protegida contra las corrientes transversales de importancia. Se recomienda que las componentes transversal y longitudinal que llegan a popa no excedan de 0.15 m por segundo cada una.

Las condiciones normales de maniobra pueden describirse como sigue:

1. El barco es auxiliado por remolcadores en cantidad y con potencia adecuadas.

2. La corriente es de menos de 0.10 metros por segundo, y el viento en el caso de que se haga virar el barco (estando éste sumergido hasta la línea de flotación inferior -sin carga-) es de menos de 10 metros por segundo.

Para todos los fines prácticos, si se satisfacen las condiciones anteriores el área necesaria para maniobra es un círculo de viraje con diámetro igual a aproximadamente dos veces la eslora del barco.

Si las condiciones anteriores no se cumplieran (o si debido a un incidente o accidente no pudieran cumplirse), el eje de giro debe determinarse por un círculo cuyo diámetro sea de por lo menos tres veces la longitud del barco, y que permita que éste vire por sus propios medios.

MANIOBRABLLIDAD DE LOS BARCOS PETROLEROS.

Al maniobrar barcos petroleros, los cambios de curso deben anticiparse lo suficiente con respecto al movimiento del timón para tomar en cuenta el tiempo de respuesta del barco al cambio en el ángulo del timón. El grado de exactitud que puede obtenerse previendo el tiempo de respuesta depende principalmente de la familiaridad del navegante con las características de

respuesta de su barco. No obstante, siempre debe permitirse un margen de error.

El tiempo de respuesta al timón de un buque tanque de 280.000 DWT es de aproximadamente 1.5 minutos. Se requiere más de dos veces este tiempo de respuesta para pasar de un curso recto a un círculo empleando un ángulo constante del timón. Así, cuando el barco entra o sale de una curva, el piloto debe adelantar un tiempo considerable el movimiento del timón.

Debe suponerse un margen de error de aproximadamente 45 segundos para el tiempo de maniobra en todas las condiciones en que se cuenta con un pilotaje experto. Cuando no se cuenta con éste, el margen debe incrementarse a por lo menos 60 segundos.

Estas cuestiones deben considerarse para determinar la anchura de un canal. La anchura extra necesaria a la entrada y la salida de una curva para considerar la condición anterior depende de la velocidad con que se espera que el barco pase por la curva. Para determinar las necesidades de anchura en la curva, propiciadas por la mala alineación del barco respecto a ésta cuando hay sobreborneo durante los cambios de posición del timón, es necesario graficar con exactitud el avance del barco.

DISTANCIA DE DETENCIÓN

La PIANC (Permanent International Association of Navigation Congresses) y otros han expresado variadas opiniones respecto de las recomendaciones relativas a las dimensiones de la zona de agua necesaria para detener un barco. Estas variaciones se deben a importantes diferencias en los movimientos que se realizan en diversos puertos.

Por ejemplo, en el puerto de Gotteborg los remolcadores intervienen desde bastante fuera del canal. De aquí que no es necesario-que haya una zona especial para el laboreo. La intervención de remolcadores, con cables de remolque (estachas) tensos, dificilmente es posible cuando la velocidad del barco es mayor de 3 nudos. Por tanto, la distancia necesaria para su detención no es importante.

En contraste, la intervención de remolcadores es generalmente imposible en zonas no protegidas y donde la amplitud del oleaje es mayor de 2 metros. Así, este tipo de maniobra está sujeto al tipo de limitaciones operacionales que se aplican cuando el canal está situado en mar abierto.

En otros casos, los remolcadores intervienen en una zona protegida o inmediatamente fuera del puerto. De aquí que sea aconsejable permitir la detención, de modo que pueda efectuarse el paso de las estachas. Puesto que el tiempo necesario para esta operación puede ser tanto como 15 minutos, la longitud mínima de la zona de agua necesaria corresponde a la distancia que recorre el barco durante este tiempo. La velocidad del barco en el origen del movimiento es la de la navegación en el canal. Cuando se pasan las estachas, la velocidad debe ser de por lo menos 3 nudos debido a que, a una velocidad

menor, el barco estaría sujeto a arrufamientos significativos si no fuera llevado por los remolcadores.

Algunas veces las zonas disponibles para detención del barco son muy largas, y el barco mantiene su ímpetu. Otras veces, no obstante, la maniobra de detención debe efectuarse a media,o incluso a toda marcha de reversa. En el primer caso, el barco se mantiene por sí mismo fácilmente sobre su eje. En el segundo caso puede desviarse bastante. Así, vemos que ésta es una maniobra que debe considerarse sólo en caso de emergencia.

Dada la variabilidad de las condiciones, sólo pueden hacerse aquí recomendaciones generales. Las dimensiones de la zona necesaria para la detención de un barco dependen de la distancia requerida para desacelerar el barco y, en consecuencia, de la velocidad inicial de éste.

Obviamente, cuanto más pueda reducirse esta velocidad menos importancia y costo tendrá la zona necesaria para la detención. Sin embargo, nunca será demasiada la importancia que se dé al hecho de que una subestimación de esta zona de agua puede tener consecuencias catastróficas.

Existe un valor mínimo de la velocidad por debajo de la cual un barco no debe, teniendo en cuenta el viento y la corriente, navegar completamente confiado en canal de acceso. La tangente del ángulo de deriva no debe exceder de 0.25. Así, una corriente transversal de 2 nudos haria necesario que la velocidad del barco fuera por lo menos de 8 nudos. Al elegir la velocidad de navegación debe también considerarse el hecho de que la velocidad de las máquinas debe incrementarse para aumentar la maniobrabilidad del barco cuando, al pasar de una zona de corriente de oleaje a una tranquila, éste se ve sujeto a diferentes efectos transversales a proa y a popa.

Se han hecho numerosas observaciones relativas a la distancia de detención de barcos en relación con su velocidad. Para una velocidad inicial de 5 nudos, puede esperarse que la distancia de detención aproximada de un barco de 200 000 DWT sea como sigue:

A toda marcha en reserva	850 m
A media marcha en reserva	1.250 m
A baja marcha en reserva	2.050 m

Tabla 4 Distancia de detención para una velocidad inicial de 5 nudos.

CAPÍTULO 2
EXPLOTACIÓN DE TERMINALES PETROLERAS

Resulta básico para el estudio y examen de una terminal marítima de productos líquidos la diferenciación de éstos en peligrosos y no peligrosos.

Los productos no peligros no revisten dificultad alguna ni en su almacenamiento ni en su transporte y atraque, incluso en gran número de ocasiones las bocas de descarga o carga de este tipo de mercancías se efectuan en muelles convencionales.

A su vez la ubicación de las zonas de almacenamiento, incluso las características y condiciones de los mismos tanques, no son proyectadas con especiales cuidados ni se pone especial atención en sus equipos. Podrían considerarse como graneles sólidos, que tienen una manipulación característica por su carácter de fluidos y cuyo almacenamiento se aprovecha también de esta ventaja.

Se hará referencia a las instalaciones que se requieren para la manipulación y almacenamiento de productos líquidos peligrosos, es decir los que habitualmente se consideran inflamables y tóxicos, entre los primeros de los cuales se encuentran los gases licuados del petróleo, el gas natural, butano, propano, acetato de vinilo, hexano, acetona, tolueno, etc. y entre los tóxicos los fenoles, ácido nítrico, tetracloruro de carbono, etc.

Entre los líquidos no peligrosos de mayor frecuencia y tráfico en nuestros puertos se pueden citar los aceites vegetales, las grasas animales, los alcoholes, los vinos, los asfaltos, etc.

El tráfico de productos líquidos contiene ciertas características propias que lo hacen muy diferente de los demás tráficos que se desarrollan en los puertos. Las principales de ellas son la independencia de mano de obra (habitualmente basta con un vigilante en el punto de descarga, a parte de las conexiones de mangueras al inicio de las operaciones) y el ritmo continuo de las operaciones a través de bombas, bien de las instalaciones de tierra, bien del propio buque.

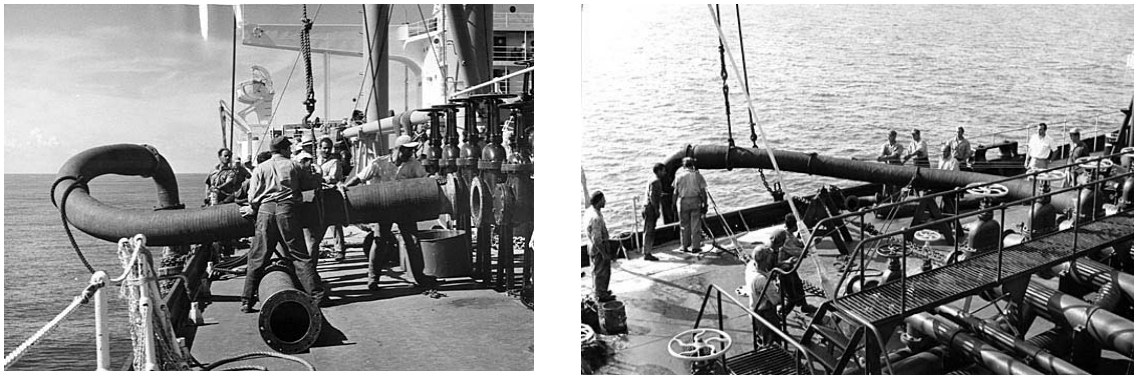


Figura 2. Conexión de la manguera de descarga-carga al manifold del buque SS Universe Leader

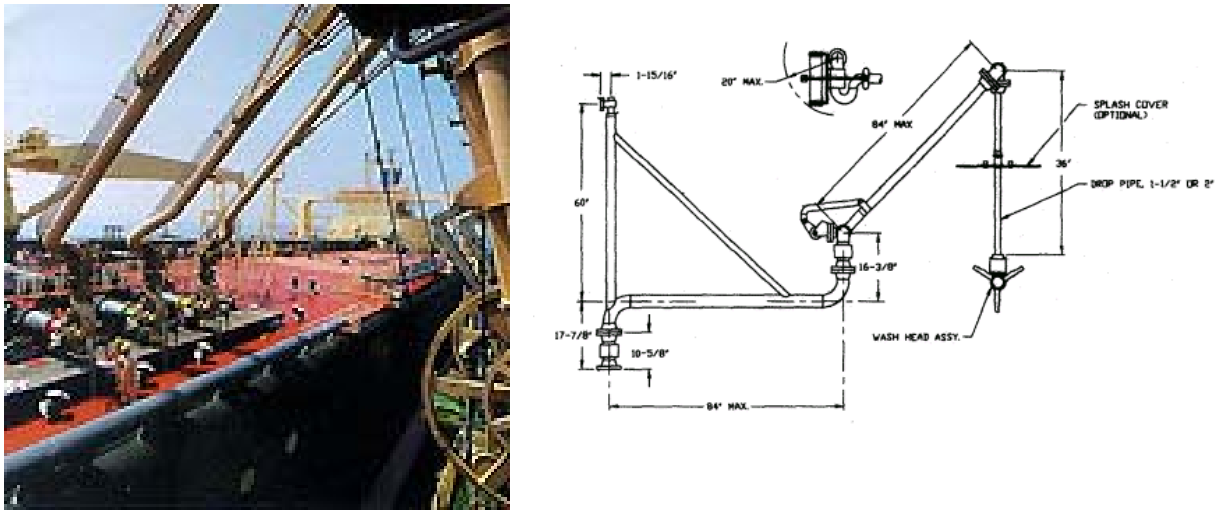


Figura 3. Fotografia y esquema de brazo de carga para la descarga y carga de productos petroleros. Se conectan al buque por una parte que se denomina manifold.

Esto simplifica notablemente las características del trabajo, agiliza fuertemente los tiempos requeridos, y la estancia del buque en puerto puede determinarse con márgenes de error muy pequeños, pues basta conocer el volúmen transportado por el buque y la capacidad de las bombas para, añadiendo una hora o dos por conexión, desconexión y puesta en marcha, establecer la estancia del buque en el atraque.

Los buques fondeados en espera de atraque libre pueden ser programados perfectamente, hasta el punto de que la norma "first arrived, first served" no ha de ser de riguroso cumplimiento si hay que elegir entre un buque con cargamento reducido (y corta estancia en el muelle) y otro de mayor volúmen,

cosa que en los tráficos de carga seca resulta muy arriesgada, por la contigencia de los ritmos de descarga.

Se trabaja durante las 24 horas del día y es muy frecuente que la operación se extienda sin dificultad a los días festivos, cuando el resto de los productos a manipular en puerto suelen detener inexorablemente las operaciones en tales días, por exigencias laborales.
Dada la diversidad de volúmenes, cargamentos y tipo de productos que se pueden recoger en esta clasificación de líquidos peligrosos, no resulta sencillo hacer comentarios generales sobre tipos y características de los buques que los transportan pero podría apuntarse la actual tendencia de buques de tamaño medio con esloras comprendidas entre los 70 y 110 metros. Los buques de tamaño más importante corresponden a tráficos muy específicos, principalmente los de los gases licuados que requieren gran obra muerta por sus delicadas instalaciones y por la naturaleza de los tanques a presión o refrigerados.

Figura 4. Tanque criogénico de un buque LNG que transporta gases licuados a muy baja temperatura. El acero de estos tanques debe resistir mecánicamente temperaturas de hasta –110ºC.

Figura 5. Buque tanque de LNG Artic Sun en proceso de carga en el pantalan del puerto de Nikiski, Alaska.

Para la manipulación de mercancias peligrosas resulta de gran utilidad el código IMCO que cubre también la construcción y equipamiento de buques, y que ha sido redactado por la “Inter-governamental Maritime consultative Organisation”.

La continuidad de las descargas de los buques y el alto rendimiento de las mismas puede decirse que el almacenamiento alcanza también cotas elevadas y es frecuente que se llegue a 5 o 15 rotaciones por año del volumen de los tanques de almacenamiento, lo cual es significativo en productos que no son corrientes en el mercado.

Figura 6. Depósitos de almacenamiento de productos petrolíferos en el puerto de Toronto

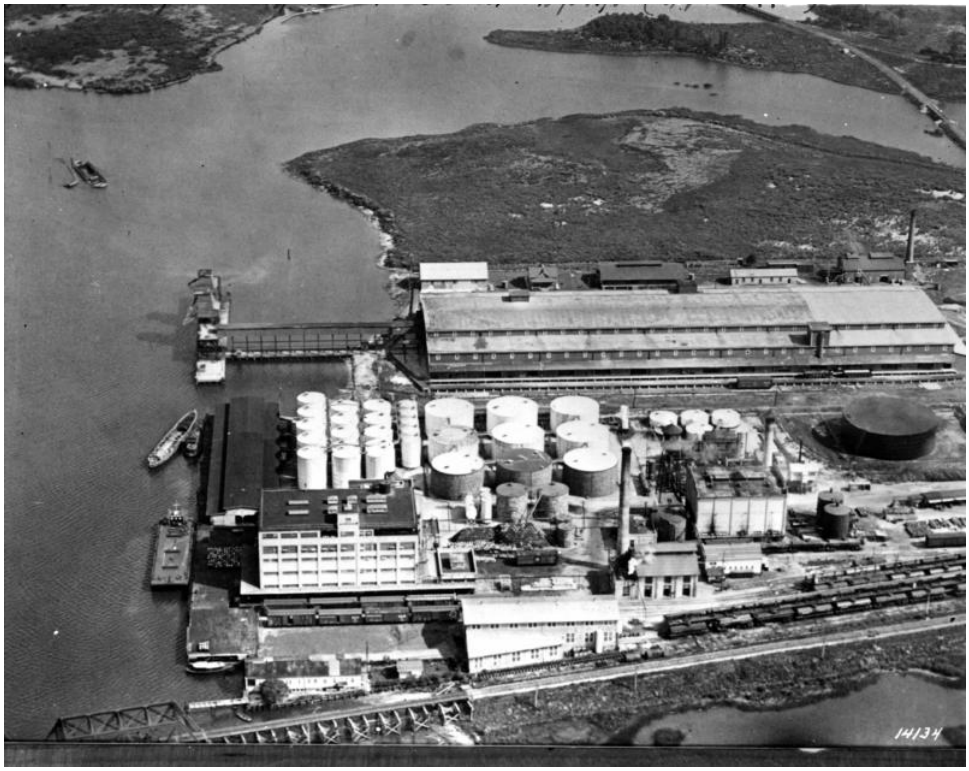


Figura 7. Depósitos en el puerto de Norfolksouthern, EEUU.

Figura 8. Depósitos tanque para almacenamiento de crudo y derivados del petroleo

Otra característica de estos productos es su alto valor intrínseco. Ello hace que puedan soportar sin grave inconveniente las cargas financieras de los almacenamientos y la especialización de las instalaciones que se requieren, a la vez que se logran tasas de amortización muy altas para todo el complejo que necesita este tipo de tráficos. Es frecuente que los tanques y las instalaciones se lleguen a amortizar en periodos entre 3 y 8 años.

Dado que se trata de tráficos muy específicos es habitual que en los puertos españoles se opere con ellos bajo el régimen de concesión, es decir que determinadas compañias que los fabrican o producen o que comercian con elles soliciten de las autoridades portuarias y del Ministerio de Fomento la oportuna autorización para la construcción de las instalaciones.

En lo que se refiere, pues, a las terminales petroleras son elementos fundamentales a considerar:

- La clasificación de los productos líquidos.
- El atraque y sus instalaciones.
- Las tuberías de trasiego de los productos desde el atraque a la planta de almacenamiento y en su caso de ésta a los centros de consumo.
- La planta de almacenamiento propiamente dicha.
- Las características peculiares de explotación de la terminal.

CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS LÍQUIDOS.

Genéricamente y resumiendo, la clasificación de productos líquidos peligrosos manipulados a granel en los puertos puede establecerse en dos grandes grupos: el de productos inflamables y gases comprimidos; y el de productos tóxicos.

La clasificación de productos inflamables se basa en la tensión de vapor y en el punto de inflamación o "flash point".

La tensión de vapor de un liquido a una temperatura determinada es, la presión por debajo de la cual su superficie comienza a formar vapores. A su vez, para que este liquido se mantenga sin producir vapores, a la presión atmosférica, necesita mantenerse a una temperatura inferior a su punto de ebullición. Se denomina "flash point" la temperatura encontrándose el liquido por encima de la cual puede inflamarse por la acción de una chispa.

Clase A. Productos cuya tensión de vapor a 0º C sea superior a un kilo por centímetro cuadrado como son el metano, el propano, el butano, cloruro de metilo, etc.. soliéndose exceptuar los criogénicos de bajos puntos de ebullición, que tienen reglamentos aparte: Etileno (-104ºC), Propileno (-48ºC), Cloruro de vinilo monómeno (-14ºC), Butileno (-6ºC) y Butadieno (-5ºC).

Clase B. Productos cuyo punto de inflamación sea inferior a 55ºC centígrados y no estén comprendidos en la clase anterior como por ejemplo la gasolina, las naftas, la acetona, el alcohol amílico...

Clase C. Productos cuyo punto de inflamación esté comprendido entre 55ºC y 120ºC, por ejemplo gas-oil, fuel-oil, bromobenceno, benzoato de metilo...

Clase D. Productos cuyo punto de inflamación sea superior a 120ºC: asfaltos, parafinas...

Los productos tóxicos se clasifican a su vez en dos grandes grupos el E y el F, separados por el límite de seguridad, según que sea inferior a 100 partes por millón (antimonio, yodo sulfuro de arsénico, cianuros,...) o superior a aquél como los formiatos, ácido nítrico...

ATRAQUE

Ubicación

Teniendo en cuenta la naturaleza de los productos y la peligrosidad que comportan, los puntos de atraque suelen colocarse en las zonas mas alejadas de los núcleos principales de los puertos (véase parte III pantalán de Repsol en Tarragona), principalmente en las proximidades de la entrada o bocana, lo

cual resulta ventajosos desde el punto de vista de posibilidades de salida rápida.

No han proliferado en exceso las instalaciones en el mar abierto ya que si bien significan una garantía en la ubicación, al poderlas alejar, casi cuanto se desee, de los núcleos habitados y de trabajo, sin embargo la presentación inmediata de condiciones metereológicas desfavorables haría peligrar la idoneidad de la maniobra de desamarre y, si la situación derivase a verdadera dificultad o emergencia, podría ser de gran riesgo la desconexión de tuberías cuya rotura resultaría catastrófica, dando lugar a grandes contaminaciones, derrames, atmósferas tóxicas y peligro de explosión.

Figura 9. Petrolero descargando crudo en una monoboya exterior al puerto.

Figura 10. Estructura offshore, externa al puerto, que permite la carga y descarga de produtos.

Las dársenas en que se ubiquen los atraques han de disponer de dimensiones suficientes para una maniobra segura y se recomiendan anchos superiores a los 200 metros, siempre y cuando la longitud de la dársena no sea mayor de 500. Para mayores longitudes se exigen dársenas de 300-400 metros de ancho.

Figura 11. Dársena y muelle petrolero en el puerto de New London, Connecticut. EEUU

Figura 12. Fotografía del petrolero Jahre Viking con sus 564.650 Tn DWT, 458m de eslora y 62m de manga, atracado en un muelle. Es el mayor buque tanque construido hasta la fecha y el mayor objeto flotante construido por el hombre. Sus operarios usan bicicletas para desplazarse de un lugar a otro.

Es también norma habitual para la ubicación de estos atraques que se señalen, en los puertos que lo requieran, áreas especificas y que, en case de planificarse más de uno, se coloquen los sucesivos en las inmediaciones, de modo que se llegue a construir lo que podría denominarse una dársena o área de productos inflamables.

Tipos de muelles.

Las soluciones que puedan proponerse para conseguir el muro de muelle que ha de lograr el atraque no son básicamente diferentes de las de los muelles convencionales, excepto para las características de que, al tratarse de productos líquidos, no se requieren explanadas inmediatas ni áreas de evolución de los vehículos de tierra, grúas de muelle, depósitos de mercancías, etc.

En estas condiciones los atraques pueden ser longitudes de muelle relativamente cortas, que tengan superficie suficiente para albergar las arquetas y demás elementos de la carga, descarga, y masa resistente para soportar los posibles impactos de los buques en las maniobras de atraque o eventuales empujes de los mismos.

Así resultan útiles los muelles de pilotes, cajones, tablestacas, incluso de bloques.

Figura 13. Muelle de pilotes. Estructura pilotada de un pantalán.

Este último tipo de muelles se ha extendido poco ya que lleva como ineludible la explanada posterior que lo afiance y que ha de ser formada con tierras, en cuyo caso se produce el hecho de que la longitud del muelle ha de mayorarse, obligada más por la contención del relleno que por la necesidad de espacio de la terminal.

No obstante es un tipo de muelle que no debe desecharse en caso de que el atraque se proyecte en calados discretos como puede suceder en algunos tipos de tráficos que se vayan a efectuar con buques de pequeño porte. Resulta además, un muelle de construcción relativamente sencilla y que no resulta tan sofisticado como los de pilotes y cajones. El problema que se comenta de dificultad de rellenos queda geométricamente muy reducido para calados discretos.

Exceptuando estas circunstancias que lo aconsejen, los muelles más frecuentes para la descarga o carga de productos líquidos son los pilotes y los cajones. Aún cuando estas dos soluciones son muy similares en sus posibilidades constructivas y en sus ventajas e inconvenientes tal vez podría señalarse como factor positivo en los muelles de cajones el hecho de que sus propias dimensiones resultan suficientes para albergar las arquetas de descarga de las distintas tuberías que a ellos lleguen y que, al disponer de un paramento continuo tiene asegurada su utilidad en caso de que, con el transcurso de los años, hubiera de cambiarse el destino al atraque, admitiendo perfectamente la adición de otros cajones o bloques para dar continuidad a la alineación del muelle.

Los muelles de pilotes permiten, por el reducido carácter unitario de los elementos que los forman, dimensionar exactamente la longitud de atraque y aligerarlo en lo que sea posible en vista de los atraques que haya de soportar. Si se trata de una instalación especifica, es decir para un determinado tipo de productos, la arqueta se reduce de dimensiones o incluso puede desaparecer si la terminal o el almacenamiento se encuentran próximos.

Dimensiones.

La longitud del paramento de atraque resulta muy reducida en relación con lo que requieren la carga general o los graneles sólidos y simplemente ha de ser suficiente para contener las defensas que soporten al buque y adecuada separación entre ellas, de modo que, con los amarres a tierra u otros elementos menores de soporte como los duques de alba, resulte asegurada la inmovilidad del barco. Longitudes equivalentes a paramentos de 25-30 metros resultan suficientes para buques de 70 hasta 170 metros de eslora.

Sin embargo, en algunas situaciones se ha preferido otorgar mayor longitud al paramento de modo que puedan atenderse dos buques de menores dimensiones por lo que es habitual construir atraques de 60-70 metros que, bien aceptan buques de hasta 220 metros o dos barcos de menor porte, de 50-60 metros, por ejemplo.

No obstante esta exigencia, y para no hipotecar el uso del muelle ante evoluciones futuras del tráfico, se suelen construir los atraques con 10 metros de calado y en algunos casos con 12 metros, come se ha hecho recientemente en Tarragona.

Los mayores "Ethylene Carriers" de 30.000 m^3 calan sobre 9,00 metros.

El ancho del muelle viene simplemente dado por necesidades constructivas, y en ultimo extremo, por la dimensión antes citada, de las arquetas, aunque este ancho hay que prolongarlo de alguna manera (principalmente con pasarela) hasta llegar a tierra ya que, por la construcción de pilotes o de cajones y por la necesidad de construir calado para el buque, el muro del muelle o frente de atraque se separa 20 ó 30 metros de las explanadas de tierra, generalmente protegidas con escollera.

Instalaciones.

En las arquetas construidas en el muelle de atraque se situa toda la valvuleria de las terminales de las tuberías que a él llegan juntamente con otros elementos de control y seguridad como puede ser los manómetros, los purgadores, los registros, tomas de agua, etc.

Para facilitar el manejo de las mangueras flexibles que conectan las tuberías de tierra con el buque, ya que, en algunas ocasiones, se trata de elementos de gran peso, se colocan bien unos pequeños puntales que permitan su izada y recogida, o bien se transforman aquellas mangueras de conexión en elementos permanentes del muelle, sustentados a cierta altura, cuyos extremos colgantes son los que se empalman a las tuberías metálicas de la arqueta y a las bocas del buques.

El alumbrado del muelle, con independencia del que pueda llevar el buque, y dadas las condiciones de seguridad que se requieren, suele lograrse mediante castilletes de gran altura alejados del atraque y que, con proyectores de gran potencia, consiguen el nivel luminoso que se desea. Se sitúan también en el atraque escalas para los servicios de prácticos o amarre de botes.

Las defensas que se instalan en el atraque no requieren, en condiciones normales, mayor atención y pueden ser útiles las habituales en otro tipo de muelles. No sucede lo mismo con los elementos de amarre pues, por un lado han de prodigarse en tierra (para afianzar suficientemente al buque, dado el escaso frente de atraque), con independencia de los que puedan situarse en el muelle propiamente dicho y, por otro, deben ser de rápida maniobra, de ahí que se hayan impuesto los denominados ganchos de disparo rápido que permiten el desamarre del buque en cualquier condición que se presente sin requerirse el esfuerzo de personal sobre las amarras cuando éstas se encuentren en tensión.

TUBERÍAS.

Entre el atraque y las plantas de almacenamiento o de transformación se establece la conexión mediante un conjunto de tuberías denominado habitualmente "rack" (ver parte III fotos de Tarragona).

Tipos y materiales.

Habitualmente se emplean tuberías de acero al carbono y, para productos determinados, el acero inoxidable 316 L. con diámetros muy variables según los volúmenes a enviar y los ritmos que se deseen pero que, para este tipo de productos que no corresponden a terminales superespecializadas, suelen tener entre 20 y 30 centímetros de diámetro.

La sección de las líneas de carga o "rack" está condicionada, a parte de por la inversión, por la pérdida de carga admisible y por la velocidad que ha de alcanzarse en ellas (habitualmente no superior a 3 metros por segundo). También es condicionante la presión que admite la válvula, presión vacío, del tanque.

En caso de que se trate de gases licuados suele existir una línea de retorno desde la cámara de vapores del tanque hasta la del buque, restituyendo su vacío.

La ejecución de estas tuberías así como la calidad de los accesorios que comportan (valvuleria, bridas, llaves, etc.) se ciñen a las mayores exigencias que hoy día existen en la construcción metálica y antes de su puesta en servicio han debido de comprobarse cada una de todas las soldaduras efectuadas y se somete la instalación a las pruebas hidráulicas correspondientes.

Aún cuando se trata de elementos indudablemente costosos, que bien pueden alcanzar al 20 % del valor del terminal, es habitual que se instalen una o dos tuberías para futuras necesidades en previsión de reducción de costo de posibles obras civiles, que ya de por si se han de efectuar con especial atención.

Recorridos.

Al tratarse de productos que se envían sin gran dificultad por medio de tuberías, es habitual que entre el punto de descarga o carga y el de almacenamiento existan distancias considerables, de varios centenares de metros o más, tanto por razones de seguridad como por que las autoridades portuarias, en estos casos de envíos de productos líquidos, optan por no condicionar en exceso su interrelación como resultaría al instalar muy próximos el atraque y los tanques.

Habitualmente los recorridos de las tuberías son aéreos, bien en zanjas abiertas preparadas al efecto, bien en soportes sobre el terreno en zonas

acotadas para dicho fin. Únicamente en los cruces de calzadas o al atravesar muelles de tipo convencional, se entierran las tuberías, generalmente en galerías de hormigón armado en las que se colocan aquéllas después de ser protegidas con arena.

Suele operarse con tapas removibles de hormigón, en sustitución del pavimento para facilitar las operaciones de inspección, conservación y reparación. No obstante se prefiere en todos los recorridos posibles la solución de instalación aérea, por permitir una mejor vigilancia y una conservación más segura. Habitualmente las bombas de la planta tienen la posibilidad de conexión a cada uno de los tanques mediante válvulas y tubería rígida o por mangueras flexibles con líneas independientes, al objeto de que cada tubería de unión (10-20) se corresponda con un producto y evitar frecuencia de limpiezas. Por el contrario, las tuberías hasta el atraque, por la longitud que tienen e inversión que significan, se proyectan en número más reducido (25).

El sistema de toma de tierra para corrientes estáticas en planta y tuberías guarda gran similitud con las de cualquier otro tipo de instalación, en su red subterránea y en sus "picas", situadas dentro de pocetas con arena que se mantienen con cierto grade de humedad y en donde suelen adicionarse carbón de cook.

PLANTAS DE ALMACENAMIENTO.

Localización.

Las plantas de almacenamiento, es decir los puntos en que se situan los tanques en donde se albergan los productos en espera del buque o destino terrestre, se planifican en las áreas más alejadas de los puertos y, por supuesto, de los núcleos urbanos o de trabajo, exigiéndose generalmente en España una distancia mínima de 2.000 metros, con posibilidad de reducción según las medidas de seguridad.

A ser posible la implantación tiene lugar en terrenos naturalmente aislados o que, si son ganados al mar, queden por esta misma condición, protegidos en buena longitud de su contorno por dársenas, canales o el propio mar abierto. Ese es el sistema que se siguió en el Puerto de Barcelona, en el que el rectángulo de grandes dimensiones (300 metros de ancho por 1500 metros de longitud) que sirve para albergar las plantas de productos inflamables, tiene sus dos lados mayores y uno de los menores limitados por dársenas y mar exterior.

Figura 14. Tanques de almacenamiento de petróleo en Ras Tanura. Arabia Saudí

Figura 15. Terminal petrolera Klapeidos Nafta en Lituania, mar Báltico. Los depósitos albergan hasta 20.000 m3 en total.

Ello aparte de las grandes calzadas, de tráfico restringido, que habitualmente bordean esas terminales.

Tipología.

En una buena planificación portuaria las distintas demandas que se presenten para almacenamiento de líquidos peligrosos deben albergarse en áreas contiguas, que admitan el tratamiento antes citado y no se atenderán peticiones si no existe tal disponibilidad de espacios. La reunión de las plantas destinadas al almacenamiento de líquidos peligrosos tiene, además, la ventaja de que permite otorgar el área un tratamiento especifico de vigilancia, tráfico de vehículos, alumbrados, etc.

La simplificación de servicios comunes como pueden ser los de contraincendios, alarmas, tanques de decantación, sevicios de emisarios submarinos, etc.. también es una razón a tener en cuenta.

Aun cuando, en la técnica de estos almacenamientos, suelen diferenciarse las plantas de almacenamiento propiamente dicho y las de almacenamiento para plantas de proceso, a los efectos de la terminal, basta considerar el almacenamiento puro por ser común a las dos posibilidades y por ser el más frecuente, ya que el proceso correspondería a una instalación especifica con una serie de condicionantes peculiares.

Los parques de almacenamiento de plantas de proceso son aquellos en los que se realizan transformaciones de productos y se almacenan grandes cantidades de los mismos muy definidos y en las cuales un tanque se utiliza siempre por lo general por un producto. En las terminales de almacenamiento de productos químicos, se albergan por lo contrario gran variedad de productos para su ulterior distribución sin transformación en otros.

Si se trata de almacenamiento de líquidos varios en tonelajes anuales discretos , no se requieren grandes superficies y en áreas de 5.000 a 10.000 metros cuadrados pueden instalarse suficiente numero de tanques para los fines propuestos. Al tratarse de terminales de mayor importancia, principalmente de criogénicas, habrían de preverse espacios de hasta 4 hectáreas.

Distribución de áreas.

En los que se refiere a condiciones de seguridad, en la planta se diferencian dos tipos de áreas. Por un lado aquellas en las que puede existir presencia de vapores inflamables o explosivos con carácter eventual o en circunstancias anormales, y por otro lado, aquellas en las que pueden aparecer gases u otros combustibles en el curso de las operaciones de la planta.

En el caso de que se trate de productos con vapores tóxicos, se siguen criterios similares de clasificación, si bien dados los diversos grados de propagación de estos productos se debe tener especial cuidado en la determinación de las zonas.

En lo que se refiere a las distintas operaciones que pueden realizarse, se diferencian en la planta las siguientes zonas:

a) Zonas de carga y descarga: Son aquellas en que se manipulan productos desde unidades de transporte a las zonas de almacenamiento y viceversa. Comprende los elementos de distribución, los brazos de carga, las bombas situadas en áreas de carga, los compresores, las de toma de muestras, las estaciones de llenado y vaciado de bidones y, si estas se sitúan dentro de un edificio cerrado, la totalidad del edificio aunque en éste se realicen otras funciones.

b) Zonas de bombeo: Se distinguen específicamente como zonas de bombeo las no destinadas a la carga y descarga o las situadas fuera del área de carga y descarga aunque se destinen a estos fines. Se asimilan a estas zonas las de compresión de gases en la planta de almacenamiento de gases. Si las bombas se sitúan en un edificio cerrado se considera como zona de bombeo la totalidad del edifico.

c) Zonas con fuegos abiertos: Se consideran como tales aquellas áreas en que pueden presentarse llamas o chispas así como todo lugar al aire libre en el que pueda producirse éstas o que presenten superficies capaces de alcanzar una temperatura elevada. En tales pueden considerarse los hornos, las calderas, las forjas, los gasógenos fijos o móviles o incluso en antorchas, los motores de explosión o combustión interna, aunque no sean de seguridad, las instalaciones eléctricas y los emplazamientos o locales en los que esté permitido encender fuego o fumar.

d) Otras áreas: Son las correspondientes a las de mezclas de productos similares a las de bombeo, las de bombas de agua contra incendios, los depósitos de lodos y de neutralizantes en planta de almacenamiento de reactivos peligrosos, etc.

TANQUES Y CUBETOS.

Elementos primordiales del almacenamiento de líquidos son los tanques y los correspondientes cubetos.

Tanques.

El almacenamiento se puede realizar en tanques aéreos o subterráneos y los aéreos de techo fijo o flotante, o en recipientes transportables que pueden estar al aire libre.
Los tanques son grandes cilindros construidos en chapa de acero con espesores entre 5 (valor mínimo por norma) y 9 milímetros habitualmente, según el diámetro de la base, correspondiendo aquel espesor menor a diámetros de hasta 15 metros, mientras que el mayor se requiere para diámetros de 60 metros o más, todo ello con independencia de que, según la altura que se otorgue y según el diámetro concreto del cilindro, se llegue a la determinación exacta del espesor. Su capacidad es muy variable y dependerá del porte de la instalación, encontrándose alrededor de los 50 metros cúbicos los tanques de tamaño más reducido, mientras que para grandes almacenamientos se llega a tanques de 50 ó 60.000 metros cúbicos.

Los techos flotantes están formados por una especie de casquete metálico, que casi llega a las paredes del tanque, si bien entre su borde y éstas existen unos pliegues de goma que le dan total hermetismo para las presiones con que se trabaja y que por empuje del liquido va ascendiendo, o descendiendo cuando disminuye éste. En el fondo existen unos topes que mantienen al casquete sin los posibles acodalamientos que se producirían al llegar al final de su carrera.

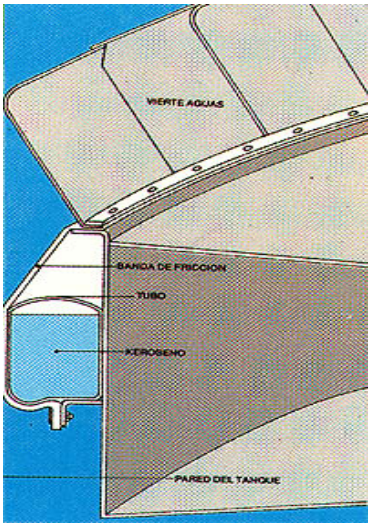


Figura 16. Tanque aéreo de techo flotante. Recipiente con o sin techo que lleva una doble pared horizontal flotante o una cubierta metálica soportada por flotadores metálicos estancos que pueden mantenerse a flote aún con la mitad de los flotadores perforados.

El techo fijo suele ser más liviano que las paredes del tanque, incluso se busca, a través de la soldadura, una probable rotura fácil en caso de sobrepresión. La cámara gaseosa que existe entre el nivel de liquido y el techo se encuentra conectada mediante lo que se denomina "padding" (conjunto de válvulas y tuberías para insuflar) con un sistema de suministro de nitrógeno a una presión aproximada de 7 gr/cm^2 generándose así una atm6sfera inerte que evita la formación de mezclas explosivas.

La planta de almacenamiento de nitrógeno y su gasificación e impulsión es básica en el funcionamiento de estas terminales.

No es frecuente se desencadenen procesos de corrosión en los tanques, y en todo caso, para compensarlos suelen sobredimensionarse sus paredes con 23 milímetros.

En caso de temerse fuertes corrosiones se recubre el interior de los tanques con una película o "coating" de 70 a 100 micras de silicato de cinc, orgánico o inorgánico, según los casos.

Al tratarse de grandes pesos que inciden sobre el terreno, la cimentación o el relleno que han de soportar los tanques se ha de construir con las mejores técnicas, y bien se emplean elementos de cimentación profunda como pueden ser los pilotes, bien se efectúan compactaciones de las capas superficiales para evitar asientos diferenciales. No obstante, al tratarse de elementos metálicos, se admiten valores para aquellos superiores a si se tratase de depósitos de hormigón armado.

Cubetos.

Los cubetos son recintos que rodean a un tanque o grupo de tanques con el fin de retener el producto almacenado, en caso de fuga o agrietamiento de aquél. Se exigen que, si se trata de un solo tanque, el cubeto tenga capacidad para almacenar el 100 % de la de aquél, mientras que, si existen varios de ellos, la

capacidad oscila en 20 % y en 50 % del volumen total, según el tipo de productos.

Si el cubeto, como se ha explicado, rodea al tanque o grupo de tanques y tiene la capacidad exigida, se denomina cubeto de retención, mientras que si, no puede alcanzar esta capacidad y se efectua un 'by pass" entre este cubeto menor y otro complementario se denomina cubeto a distancia.

No obstante, no es frecuente esta segunda modalidad ya que obliga a la construcción de dos cubetos, siempre más costosa, al fraccionar la unidad mayor y porque la circunstancia de carecer de espacio en la propia terminal no va acompañada frecuentemente de disposición de terreno a escasos metros de ella.

El cubeto, junto con los tanques, constituye otro de los elementos de alto valor en la planta. Los construidos en hormigón armado (aún cuando en algunas ocasiones se ha aceptado el cubeto formado por un cierre de tierras) para su completa estanqueidad, han de estar unidos por la solera y ésta ha de tener las mismas características que el cierre propiamente dicho. Las paredes del cubeto han de tener más de un metro de altura y es habitual que lleguen a 23 metros de ahí que los empujes con los que ha de calcularse revistan cierto valor, lo que deriva a obras de gran solidez, que además han de ser seguras ante todo riesgo de fisuras o grietas.

Piénsese al respecto que si una planta de almacenamiento tiene capacidad, por ejemplo, para 50.000 metros cúbicos, requiere un volúmen de cubetos comparable a dicha cifra, o lo que es lo mismo, que ha de construirse, en hormigón armado, uno o varios recipientes de tal capacidad.

El cubeto resulta también elemento primordial por la garantía que significa para casos de incendios, derrames y similares.

Con independencia de la separación de tanques que requieren las normas, y que habitualmente se sitúa entre un diámetro o medio diámetro, si la distribución de la planta obliga a una gran ocupación de espacio por los tanques en si, ha de aumentarse la altura de los cubetos, dado que su volúmen es fijo.

Todos los cubetos han de disponer a su alrededor de vías de acceso de 5 metros de ancho y con una altura libre también de 5 metros, excepto en uno de los lados que se aceptan dimensiones menores.

Instalaciones varias.

La planta requiere los servicios de determinadas instalaciones que, aún no siendo genuinamente de su especialidad, se han de albergar en ella por razones meramente funcionales.

Este es el caso de los edificios de administración, del alumbrado que ha de ser de tipo denominado “de seguridad”, zona de espera de vehículos de carga,

cercas protectoras y de separación entre planta y el exterior y entre distintas zonas de la planta...

Los cables suelen ser blindados (malla de aluminio y fleje metálico) y se instalan cortafuegos, que son fundas a modo de casquillos de escasa longitud, de material especial, que se funden e interrumpe el avance de la llama. Los sistemas "antidefragantes" o de "seguridad aumentada" se aplican a todo el elemento eléctrico.

Sistemas contraincendios y alarmas.

El sistema contraincendios suele basarse en recursos de agua, recursos de espuma y extintores.

En el caso de suministro de agua, es conveniente no disponer de una única fuente por los fallos que pueda comportar, disponiéndose de, al menos dos posibles alimentaciones entre: redes públicas, bombas con control manual en combinación con tanques a presión, tanques a presión, los tanques de descarga por gravedad y el agua de mar.

El suministro principal si ha de ser construido por un almacenamiento deberá aportar un volumen de agua suficiente para todos los caudales requeridos para la completa protección de la planta durante un periodo mínimo que oscilará entre 3 y 12 horas según las características de la misma.

El suministro será apropiado para mantener una presión residual mínima de 7 kilos por centímetro cuadrado en la salida de la red, situada a la mayor altura.

Habitualmente los sistemas empleados son los de bombas con control manual en combinación con tanques y la ayuda de agua de mar, pues, aunque con inconvenientes propios de la naturaleza, que la hacen poco recomendable para las instalaciones, dado que su uso se presenta en circunstancias verdaderamente extraordinarias, la facilidad de su obtención se simplifica extraordinariamente aprovechándose en ocasiones los mismos recorridos de las tuberías principales y situando el grupo de bombas (eléctricas y diesel, para asegurar el servicio) en las proximidades del atraque.

Las características de los sistemas de recursos en espuma y extintores se corresponden con las de mayores exigencias en las plantas industriales similares y se requieren que la reserva de espumante permita producir una capa de 15 centímetros cubriendo el área de los tanques del cubeto mayor o el 25% de la superficie total de tancaje, y a un ritmo tal que se permita proteger en 7 minutos y medio, con un espesor de 15 centímetros, la superficie del tanque mayor. La espuma podrá proyectarse con la ayuda de instalaciones fijas o por medios móviles tales como cañones para lanzamiento de la misma, lanzas monitor[11]...

[11] Ver fotografias de la Parte III pantalán de Repsol en Tarragona

En lo que se refiere a los sistemas de alarma se dispone de un número adecuado de puestos convenientes distribuidos por toda la planta, de tal forma que la distancia de dichos puestos desde cualquier unidad, tanques de almacenamiento,... de la misma no sea superior a 200 metros a excepción de las tuberías de conducción de productos.

Los sistemas de detección pueden ser de instalación fija, con localizaciones cubriendo los puntos mas significativos de la planta, o portátiles.

Para gases explosivos el sistema está basado en un filamento encendido el cual, eléctricamente, puede ponerse en contacto con la atmósfera ambiente, en una pequeña cámara hermética y una célula calórica que señala el grado de explosividad existente. Para los gases tóxicos se emplea el DRAGER, a base de cartuchos conteniendo productos granulados de diferente naturaleza según los líquidos que se manejen y que toma color al recibir la atmósfera enrarecida.

EXPLOTACIÓN DE LA TERMINAL.

Accesos.

Tratándose de instalaciones que requieren un alto grado de seguridad el control de accesos de personas y vehículos suele llevarse con todo rigor, requiriéndose la identificación de las personas, la justificación del trabajo o servicio que se ha de efectuar para que, mediante comprobación y autorización por el responsable de la planta, se otorgue el oportuno permiso de entrada.

Es habitual que, al otorgar esta autorización, se haga saber a los interesados distintas normas de seguridad que rigen en todo el momento en que se encuentren en el interior de la misma.

Es lógico que se extremen tal tipo de medidas puesto que si importante es el diseño y construcción de la planta, mucho más lo es el que su explotación y su operativa se desarrollen con las normas de seguridad vigentes que garantizarán la integridad de la misma con tanta trascendencia o más que los posibles fallos físicos o mecánicos. Todas las prohibiciones deberán figurar en forma bien visible y serán exigidas por los servicios de seguridad de la planta con el máximo rigor tanto a los empleados de la misma como a los visitantes eventuales.

Se prohibe asimismo el empleo de lámparas que no sean eléctricas de seguridad y, por supuesto, está rigurosamente prohibido fumar y llevar calzados de suelo metálico.

Operativa de las operaciones del buque.

Especial atención merece también lo referente a la planificación de las operaciones del buque, desde la previsión de las llegadas propiamente dichas y preparación de la planta para atender el cargamento que va a depositar aquél, o va a recibir, hasta la organización de los turnos de trabajo del personal, si fuese necesario, comprobándose antes de la llegada del mismo

que todo el material a emplear está en buen estado y perfectas condiciones: las líneas, las mangueras, los codos, los carretes,etc...

Figura 17. Carrete de amarras en un buque de naftas en el pantalán de Repsol en el puerto de Tarragona.

Existen unos programas definidos en los que secuencialmente se señalan las distintas operaciones que hay que efectuar antes de proceder a la operación de carga y descarga.

Si no se trata de atraques exentos, se procede al vallado de la zona de descarga en un ancho de 25 metros y una longitud igual a la eslora del buque, protegido todo ello además, con las correspondientes señales de prohibido circular y prohibición de paso a toda persona ajena a los servicios.

Para la adecuada protección de los efectos de posibles corrientes estáticas, el buque se pone a tierra antes de comenzar en él cualquier operación y, finalmente, se quita ésta cuando han finalizado completamente los trabajos y se han desconectado las mangueras.

Se dispone un vigilante continuo en el punto de la descarga que tiene por obligación comprobar el estado e indicación de los manómetros, la posibilidad de aparición de derrames o de reboses y que debe ir dotado de radio teléfono para comunicar cualquier emergencia con la planta. Se sitúan también extintores en los puntos de descarga.

Tanto por razones de seguridad en lo que se refiere a estado y naturaleza del producto, como por alto precio que éste alcanza, es muy habitual la toma de muestras en distintos momentos de la operación principalmente al inicio y al final.

Figura 18. Arriba izquierda. Zona de descarga de petroleros en Onsan (Corea). En la foto se puede ver un petrolero amarrado por la proa a una monoboya y por la popa a un remolcador, para sujetarle e impedir que vaya sobre la boya. Arriba derecha. Con el barco descargando en la zona se pueden ver las mangueras, que se suben desde el agua con la grúa, y la defensa para evitar derrames.

Figura 19. Arriba izquierda. En la misma zona se puede ver el remolcador amarrado a la popa para mantener el barco en posición. Arriba derecha. Aquí el barco está amarrado a un pantalan por lo que se conecta a tierra mediante tuberías articuladas para, en este caso, descargar en Yosu (Corea).

Figura 20. Arriba izquierda. Descargando a otro barco mas pequeño en la zona de Galveston (USA), debido al poco calado de la zona que impide a estos barcos grandes llegar hasta la costa. Arriba derecha. Cargando en mar abierto, en la zona de Guinea, desde otro barco que actúa como almacén.

Limpiado de tuberías y tanques

En las terminales o plantas de uso de almacenamiento y en las que los tanques y las tuberías han de servir a distintos productos ha de procederse en caso de cambio de los mismos a la correspondiente limpieza.

Las tuberías suelen limpiarse mediante el envío por ellas de lo que se denonima “pig” , que es una especie de embolo o cepillo impulsado por golpes de aire comprimido o de nitrógeno a presión y que recorre las tuberías desde un extremo a otro, en donde se han instalado las correspondientes trampas o bridas ciegas para su recuperación. Hay que contar con este sistema de limpieza cuando se dimensionan codos o cambios de dirección de tuberías a los efectos de que los radios de curvatura permitan el paso del “Pig”.

Figura 21. “Pig” para la limpieza de tuberías de petróleo en Alaska.

El vaciado y limpieza de tuberías puede hacerse también por golpes de nitrógeno a presión de 4 a 6 kg/cm2 mediante una técnica de apertura y cierre de válvulas y golpes sucesivos de envíos de tal gas. Habitualmente, en esta técnica, al final de las operaciones se deja la tubería con atmósfera de nitrógeno sin presión y con las válvulas extremas cerradas.

El uso del “pig” suele ser suficiente a efectos de limpieza, si bien el nitrógeno garantiza el secado, a la vez que crea en el interior de la tubería la atmósfera inerte con la que constantemente hay que operar. Se usa as mismo el nitrógeno para crear dicha atmósfera en las cisternas de carga o descarga que también como norma, llegan, si están vacías, inertizadas.

La limpieza de tanques también exige gran cuidado pues, en caso de contener cantidades reducidas de vapores o gases, puede producirse la formación de mezclas explosivas por lo que, si el producto es volátil o inflamable, se ha de tener en perfecto funcionamiento el sistema de nitrógeno al efecto de llenar con este gas el espacio que vaya quedando vacío en el tanque.

Es mayormente frecuente la realización del limpiado de tuberías, dado que la conexión de la planta con el atraque se hace por tan solo 2-4 líneas mientras que el mayor número de atraques de la planta comporta diversidad de productos superior al numero de aquellos.

Plan de emergencias.

La terminal ha de disponer de las instrucciones relativas a las emergencias que se clasifican en de primer grado o graves; y de segundo o leves.

Las emergencias graves se presentan por fuegos o fugas de productos que por sus características y su gravedad precisan la intervención de todo el personal de la planta, incluso del exterior. Tienen también este tratamiento los fuegos en buques durante la operación de carga y descarga o uno o varios tanques o incluso una cisterna dentro del recinto de la planta.

Emergencia de segundo grado es toda anormalidad que sin aquel carácter pueda crear situaciones comprometidas, si no se acude con la debida rapidez y eficacia.

El plan de emergencias hace referencias a instrucciones sobre personal, a la situación o concentración del mismo y a la acción o misiones que se deben emprender.

Los planes de emergencia hacen especial relación de las actuaciones que deben tener los directores de planta, operadores, encargados, operarios, etc. y su servicio de comunicaciones; puesta en marcha del servicio contraincendios; cierre de las válvulas de las tuberías conectadas con el punto en que ha surgido la emergencia; instrucciones para el comportamiento del personal y las interrelaciones entre todos ellos en el momento del siniestro con indicación de las personas de las que dependen y a las que tienen que mandar.