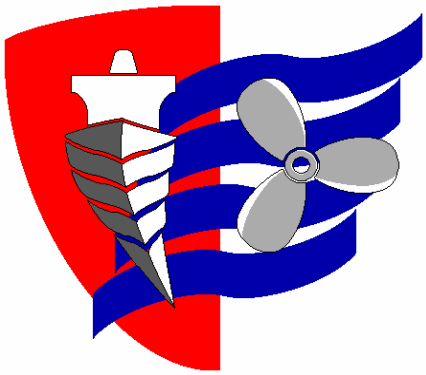
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

MEDIDAS ADICIONALES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS CONTAMINANTES EN UN BUQUE DE TRANSPORTE DE CRUDO.

(Additional measures to oil residues management on a crude oil tanker)

Para acceder al Titulo de Grado en

INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

Autor: Alberto Blanco Rodríguez
Director: Andrés R. Ortega Piris
JULIO –2014

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN……..……...4

OBJETIVOS DEL TRABAJO…….…….7

1) ANTECEDENTES Y ESTADO DE LA CUESTIÓN: REGULACIONES RELATIVAS A LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MARINA……10

1.1) Antecedentes históricos…….……....12

1.2) Tanques de lastre separado…….……..…16

1.3) Buques de doble casco……...……..16

1.4) Normativas para prevención de la contaminación…….....20

1.5) Descargas operacionales de hidrocarburos…….…29

1.6) Sentinas……...…30

1.7) Residuos de hidrocarburos (lodos)…….…30

1.8) Incineración de residuos…….……34

1.9) El lavado con crudo (COW)……46

1.10) Libro de registro de hidrocarburos……..48

1.11) Medidas de contención de derrames de hidrocarburos……....51

1.12) Emisiones atmosféricas……..58

2) ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR EL BUQUE……....63

2.1) Contaminación producida por hidrocarburos…….……66

2.2) Volumen de hidrocarburos vertidos al medio marino…….. 70

2.3) Gas inerte…….……...77

2.4) Otras……..……..81

2.5) La cuestión de los combustibles……..86

3) PROPUESTAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS ADICIONALES EN LA PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS…….....91

3.1) Propuesta para contención de derrames de hidrocarburos……..93

4) PROPUESTAS DE MEDIDAS ADICIONALES EN LA PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN POR EMISIONES ATMOSFÉRICAS……..107

4.1) Reutilización del gas inerte……108

5) PROPUESTAS PARA FUTUROS ESTUDIOS ……..…112

6) CONCLUSIONES……..……..……114

BIBLIOGRAFÍA……....119

ÍNDICE DE FIGURAS…….....…123

ÍNDICE DE GRÁFICOS……..…126

INTRODUCCIÓN

Los problemas medioambientales, a partir de la Primera Guerra Mundial y, fundamentalmente, desde la década de los años 50, han despertado en el ámbito internacional una profunda inquietud al ver como los distintos ecosistemas se iban transformando, de forma progresiva y alarmante. Esta preocupación ha sido el origen de numerosas normas internacionales que han alcanzado su máxima elaboración durante los años 70 y principios de los 80, a raíz de los grandes desastres ecológicos que se produjeron en estas fechas.

Dentro de los problemas medioambientales, entre los que cabe citar: la desertización de grandes áreas continentales, producto de los incendios forestales y de la desecación de marismas y lagunas, la contaminación aérea, debida, en su mayor parte, a humos de alto contenido en azufre y dióxido de carbono, así como a las explosiones nucleares; y la contaminación marítima. Es esta última, artífice de numerosos problemas, la que va a centrar la atención de esta esquemática ponencia.

La contaminación marina, que podemos definir, según lo establecido en la *III Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar*, como: “La introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o de energía en el medio marino, incluidos los estuarios, que produzca o pueda producir efectos nocivos tales como los daños a los recursos vivos y a la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marítimas, incluidas la pesca y otros usos legítimos del mar; deterioro de la calidad de las aguas del mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento”, no es un fenómeno reciente y, si bien existe desde mucho antes, se agrava y complica desde el mismo momento que la sociedad industrial nace y se desarrolla.

La industria, con todas las ventajas que trae consigo, conlleva, como factor negativo, una gran producción de deshechos, económicamente no reciclables, que han de ser depositados o almacenados en algún lugar.

Dada la enorme proporción que el espacio marítimo representa en relación con las áreas continentales, desde los primeros momentos se creyó que el mar era el lugar adecuado para proceder a la evacuación de residuos. Si a ello unimos la contaminación causada por la utilización normal de dichos espacios (achique de sentinas, vertidos de los tanques que transportan hidrocarburos u otras sustancias tóxicas), así como la debida a siniestros (abordajes, varadas, etc…), y la derivada de la exploración y explotación de los fondos marinos, es fácil adivinar cómo los grandes espacios marítimos y, en mayor medida, los mares cerrados o semicerrados, se fueron convirtiendo lentamente, pero inevitablemente dada la falta de medidas adecuadas, en un enorme basurero en el que se iban depositando, entre otros, todos los residuos económicamente no aprovechables.

Inicialmente, dada la escasa importancia de la contaminación que, en su mayor parte, era eliminada por los organismos vivos marinos mediante sus funciones purificadoras, no readoptaron medidas para prevenir lo que más adelante, en nuestros días, llegaría a una progresiva y preocupante degradación del ecosistema.

El gran desarrollo alcanzado en el transporte marítimo de petróleo después de la Primera Guerra Mundial, dio origen a la toma de iniciativas por algunos países; sin embargo, la primera normativa internacional para evitar la contaminación por hidrocarburos no vio la luz hasta mayo de 1954.

Era evidente, en tiempos pasados, la necesidad de la elaboración de una serie de acuerdos entre los estados, destinados a reducir en gran medida la magnitud de la contaminación creada por los buques, tanto accidental, como debida a procedimientos operacionales

Tras ver la luz, es obvio que los Convenios Internacionales deben ser enmendados a lo largo de los tiempos, debido en principio a los grandes

cambios que habitualmente se producen en los medios tecnológicos empleados en el transporte marítimo, además de las experiencias surgidas, que, de alguna manera, ponen en evidencia la falta de efectividad de estos Convenios en algunas materias.

Es un hecho indiscutible, que habitualmente, la experimentación con nuevas tecnologías abre nuevas puertas a la enmienda de las normativas y a la incorporación en el sector marítimo de nuevas medidas destinadas a la mejora en la seguridad de los buques y la reducción de la contaminación.

OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo principal del presente escrito es realizar un análisis sobre la polución generada por los buques tanque como resultado de sus operaciones comerciales habituales y la procedente de pequeños derrames que puedan ocurrir en cubierta como resultado de estas operaciones, no teniendo en cuenta los grandes derrames de hidrocarburos producidos por accidentes graves o colisiones.

Por otra parte, no he querido dejar de lado un pequeño análisis sobre la contaminación generada por buques procedente de otras fuentes, como las emisiones atmosféricas, sobre todo las emitidas por las descargas de gas inerte a la atmósfera procedentes de la inertización de los tanques de carga, este gas inerte que representa un gran volumen debe ser venteado a la atmósfera en las operaciones de carga.

Y, finalmente, la contaminación producida por basuras, especialmente plásticos, que pese a la prohibición de su vertido al mar, los deshechos plásticos forman grandes concentraciones en océanos y playas de todo el mundo.

Para ello el trabajo ha sido dividido en una serie de capítulos, mostrando los primeros de ellos la normativa presente que regula la gestión de esta polución, y, mostrando los consecutivos capítulos un análisis sobre las operaciones realizadas en buques que son origen de esta contaminación.

Procediendo esta contaminación en la mayoría de las ocasiones de:

- Empleo de tanques de carga con agua de lastre en casos de mal tiempo.

- Derrames producidos por grietas en líneas de cubierta y reboses de tanques.

- Polución producida por grietas en los mamparos que separan los tanques de carga y lastre.
- Emisiones de gas inerte a la atmósfera.
- Vertidos de basuras y plásticos al medio marino.

Para ello se ha introducido además un breve repaso sobre la evolución que han descrito las diversas tecnologías empleadas en el sector marítimo a lo largo de los años en lo referente a la lucha contra la contaminación marítima. Del el uso de tanques de carga para lastre al uso de tanques segregados hasta los dobles cascos de nuestros días.

Finalmente, el objetivo principal, es aportar una serie de ideas que puedan contribuir a la reducción de las emisiones de hidrocarburos y de gas inerte de los buques.

Siendo las medidas propuestas principalmente:

- Planificación de un sistema de retención efectiva de derrames de hidrocarburos instalado en la cubierta y aprovechando espacios de los tanques de lastre y cámara de bombas.
- Estudio de medios para reutilizar el gas inerte, valiéndose de líneas de retorno y normalización en instalaciones terrestres para evitar en lo posible su descarga a la atmósfera.

En algunos casos las propuestas podrían generar costosas reconversiones, pero sin embargo, esta es la trayectoria que han seguido durante años los convenios internacionales persiguiendo la protección del medio marino, mediante la adición de cambios y nuevas tecnologías a bordo de los buques.

Por otra parte, en algunos casos, pese a que las modificaciones pudiesen acarrear costosas inversiones iniciales, con el tiempo la inversión podría recuperarse en algunos casos, poniendo como ejemplo el gas inerte. La reutilización de gas inerte procedente de tierra y su uso a bordo darían

resultado a un notable descenso en la generación de gas inerte a bordo con el consiguiente ahorro en combustible y mantenimiento en las calderas de generación.

La construcción de estructuras en la cubierta principal destinadas a una mejor retención de los vertidos de hidrocarburos podría dar lugar a la relajación de las normas relativas a la disponibilidad de medios de retención a bordo.

Tras estos objetivos principales, los cuales serán analizados más detenidamente en los capítulos 3 y 4, de propuestas para implantación de medidas adicionales en la prevención de contaminación por hidrocarburos, veremos el estado actual de las normativas y medios empleados en el próximo capítulo.

1) ANTECEDENTES Y ESTADO DE LA CUESTIÓN, REGULACIONES RELATIVAS A LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MARINA.

El transporte de crudo por vía marítima ha estado, a partir de la segunda mitad del siglo XX, envuelto por un oscuro velo por parte de la opinión pública debido a los grandes desastres ocurridos en esa época.

No obstante, la mayor parte de los vertidos de hidrocarburos al medio marino, no procedían de accidentes sino de vertidos operacionales, basta decir que en los años 80, se vertían al mar anualmente 850.000 Tm procedentes del uso normal de los mares.

Es conveniente recordar que el tamaño de los buques petroleros se ha ido incrementando desde los años 50, llegando a crear los buques de mayor tamaño en los 70. Siendo además estos grandes buques, monocascos y sin tanques de lastre segregado, es decir, los propios tanques de carga eran llenados con agua de lastre al finalizar la descarga. Posteriormente este agua impregnada de crudo sería vertida al mar para poder realizar una nueva carga de crudo. No es de extrañar que se alcanzasen cifras tan desorbitadas.

Por otro lado, este tipo de descargas operacionales no suelen atraer la atención de los medios de comunicación, y por tanto, la opinión pública suele estar al margen de ellas. Siendo las grandes mareas negras y las imágenes de cormoranes cubiertos de crudo las que provocan que el público se rasgue las vestiduras.

Sin embargo, los organismos internacionales han sido conscientes del progresivo deterioro del medio marino y han actuado contundentemente para reducir su impacto. Siendo su principal arma el convenio MARPOL 73/78.

Esta regulación internacional ha ido creciendo a lo largo de los años, según fuesen aportados nuevos datos a los comités de la OMI acerca de experiencias y situaciones vividas en el entorno marino. En nuestros días, este convenio apuesta por la implantación de filtros de rayos UVA para

limpiar el agua de lastre de microorganismos dañinos y por la implantación del LNG como combustible para todos los buques de carga.

Figura 1.1. Los vertidos de hidrocarburos tienen un gran impacto visual en el medio marino. **Fuente:** www.eoearth.org

No sería de extrañar que en un futuro, las descargas operacionales fuesen reducidas a cero y que los medios de contención para derrames accidentales se ampliasen notablemente a bordo e los buques.

1.1) Antecedentes históricos

El transporte de crudo por mar, comienza a finales del siglo XIX mediante el uso de barriles a bordo de buques de vela, de ahí viene la nomenclatura de barriles.

No es hasta el fin de la segunda guerra mundial, cuando el transporte de crudo a granel en buques que emplean bombas para su descarga y no barriles empieza a incrementarse notablemente. Siendo famosos los petroleros T-2 empleados por los aliados para suministrar crudo, y que posteriormente siguieron utilizándose muchos años en tiempos de paz.

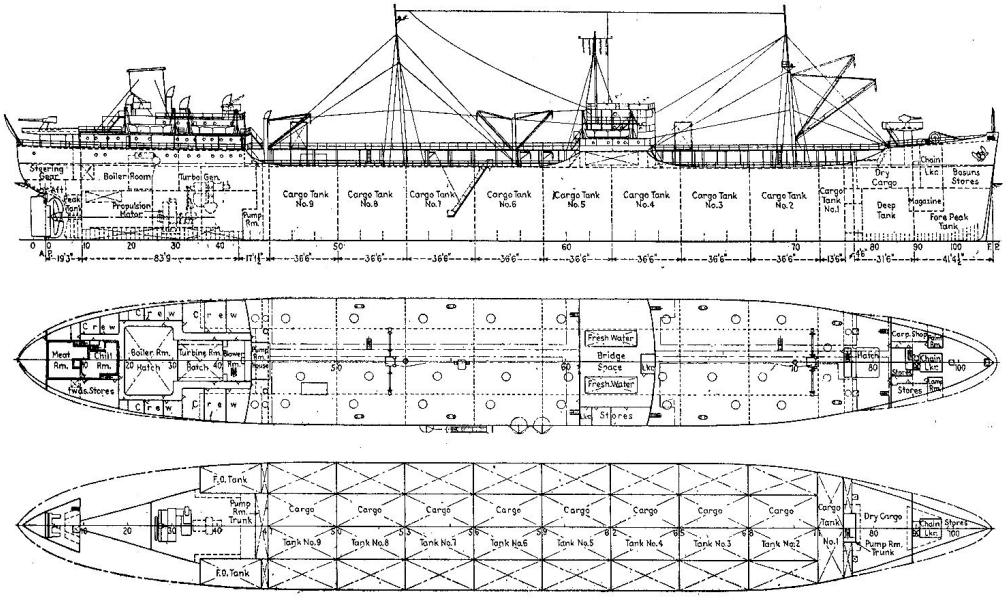


Figura 1.2: Plano de un petrolero T-2. **Fuente**: www.marinamercanteuruguaya.blogspot.com

En los años consecutivos, los buques tanque fueron incrementando su tamaño, al darse cuenta los armadores que un buques de mayor porte generaba mayores ganancias por viaje, y, especialmente, con el cierre del canal de Suez en 1967, se construyeron gigantescos buques tanque que comunicaban Europa y América con Oriente Medio a través del cabo de Buena Esperanza.

Por el momento, ninguno de los buques que estamos viendo presenta tanques de lastre segregado sino que carga y lastre comparten el mismo tanque. En os grandes ULCC de los años 70 el volumen de los tanques de carga era inmenso, como inmensa sería la cantidad de agua oleosa descargada durante las operaciones.

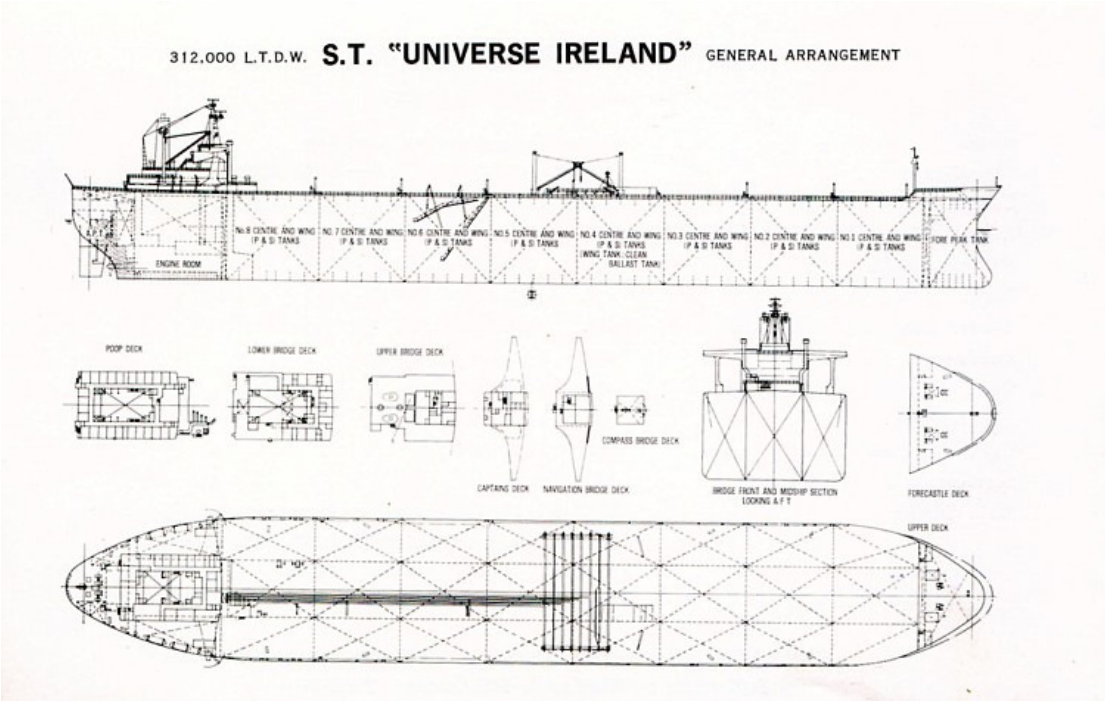


Figura 1.3: Plano de un buque ULCC (Ultra large crude carrier). **Fuente**: hankwilliamslistings.com

Es curioso anotar, que en la actualidad se realiza la operación de purga de las líneas de carga, siendo conducido el crudo remanente en las líneas a los tanques de carga, mientras que en el pasado, el crudo que quedaba en las líneas era expulsado directamente al mar. Sirva esto como muestra del gran cambio sufrido en el contexto de prevención de la contaminación.

Hablando con precisión, debe distinguirse entre un vertido contaminante, fruto de una acción deliberada e intencional, aunque pueda estar justificada por causas de fuerza mayor o estado de necesidad, y un derrame o descarga derivado de un accidente o de las operaciones habituales en la explotación de un buque. Aunque la diferencia entre ambos conceptos tenga primordialmente un sentido jurídico; la diferencia es de pura lógica, pues no

puede equipararse en su tratamiento jurídico punitivo al vertido deliberado con el que es consecuencia indirecta de un accidente del buque durante la navegación -sea un abordaje, una varada o un naufragio- o de la operativa normal del buque), ya que desde el punto de vista medioambiental no importan tanto las causas como la realidad de la contaminación, sea vertido, sea derrame, interesa dejar constancia aquí de esta fundamental distinción para evitar las condenas mediáticas de cuantos demagogos se dedican a canalizar contra los capitanes y tripulantes la comprensible indignación de la sociedad ante un problema de contaminación causado por un buque petrolero.

Porque ha de quedar claro, con independencia de la reacción social que provocan los derrames causados por accidentes marítimos, en los que la opinión pública recibe el mensaje de que son los buques/tanque los grandes contaminadores del medio marino, que por la vía de los accidentes sólo llega al mar un escaso 8 por ciento (media de los años 1990-1999) del total de la contaminación marina por hidrocarburos.

En efecto, los datos que suministra el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos (NRC, *National Research Council*), nos muestran que:

- El 47% procede de fuentes naturales. Se trata del crudo que se introduce en el mar desde los estratos geológicos del lecho marino. Esta fuente de contaminación, no obstante su origen natural, altera los ecosistemas marinos del entorno donde se producen.
- El 38% se origina como consecuencia del propio consumo de hidrocarburos, que a nivel mundial ha crecido un 25 por ciento desde 1985 hasta 2000, y comprende todas las descargas desde tierra (industriales, urbanas, etc.), que acaban en el mar, y de los pequeños derrames de los buques no petroleros.
- El 12% llega al mar como consecuencia del transporte de petróleo. De ese 12 por ciento, sólo el 8 por ciento es imputable a accidentes de petroleros y el 3 por ciento a descargas operacionales.

- El 3% se origina en las actividades marinas de exploración y producción de petróleo y gas. En 1985 existían unos pocos miles de plataformas offshore. En el año 2000 su número alcanza la cifra de 8.300.

Estos datos suponen una profunda revisión de lo que, con muchas cautelas, aceptaba la comunidad científica internacional, que atribuía nada menos que alrededor del 30 por ciento de la contaminación del mar por hidrocarburos a los derrames operacionales (pequeños derrames de menos de 7 toneladas producidos en las operaciones de carga, descarga y toma de combustible por los buques), y a los de limpieza de tanques y sentinas de los petroleros. Se sabía que estas descargas habían disminuido en los últimos años merced a las continuas mejoras introducidas en el Anexo I del Convenio MARPOL, y la OMI había calculado en 1999 que la contaminación del mar desde los buques se había reducido, desde 1993, en un 60 por ciento por lo menos. Y que los grandes incidentes de contaminación (derrames de más de 700 toneladas) habían pasado de 24,1 de media anual en el período 1970-1979, a tan sólo 8,8 durante el período 1980-1999. De la eficacia de las medidas cada vez más exigentes aplicables a la flota petrolera por los convenios internacionales y por las resoluciones y recomendaciones de la OMI, da buena cuenta el gráfico que relaciona la adopción de esas medidas con el perfil de la cantidad de hidrocarburos vertidos al mar desde los buques-tanque.

La cantidad de hidrocarburos vertidos al mar desde los buques presenta picos extraordinarios debidos a los accidentes puntuales de grandes petroleros. En el período 1989-1998 se registraron 366 derrames de más de 7 toneladas, con un total de 1.251.000 toneladas de petróleo perdidas en el mar, de las cuales el 71 por ciento (893.000 toneladas) fueron causadas por no más de 10 vertidos, menos del 1 por ciento del total. Un único accidente de un petrolero puede disparar las estadísticas.

1.2) Tanques de lastre separado.

Escalón intermedio previo a los buques de doble casco, engloba los buques construidos entre los años 1979 y 1996. Se define como lastre separado o SBT –segregated ballast tanks– a quellos tanques en los que el agua de lastre introducida en un tanque de lastre totalmente separado de los servicios de carga de hidrocarburos y combustible líquido y dedicado al transporte de lastre o de cargamentos que no sean ni hidrocarburos ni sustancias nocivas líquidas.

A estos buques se les exige la capacidad de tanques de lastre separado en tal medida que no sea necesario utilizar tanques de carga y se consigan unos calados y asientos determinados salvo la excepción debida a causas meteorológicas y otras excepciones como requerimientos de la Terminal, canales de navegación, inspecciones con balsas dentro de los tanques (rafting). En estos casos el agua debe ser tratada y descargada al mar en las condiciones que establece el convenio.

1.3) Buques de doble casco.

Las medidas que adoptó la Unión Europea en el año 2000, en respuesta al accidente del *Erika*, acortando el calendario previsto por la IMO para la total sustitución de los petroleros de casco sencillo (single hull), por otros de doble casco (double hull), y las normas decididas por el Gobierno español para prohibir la entrada en los puertos de los buques de casco sencillo que transporten determinados productos contaminantes, inducen a la opinión pública a pensar que la solución de los accidentes marítimos que afectan a la flota petrolera reside en el doble casco. Y eso no es cierto, el doble casco no deja de ser un espejismo en el que entretenerse para no encarar los problemas de fondo del transporte marítimo y, en concreto, el problema de las banderas de conveniencia y el repliegue de las Administraciones públicas para que el mercado se ocupe de la seguridad.

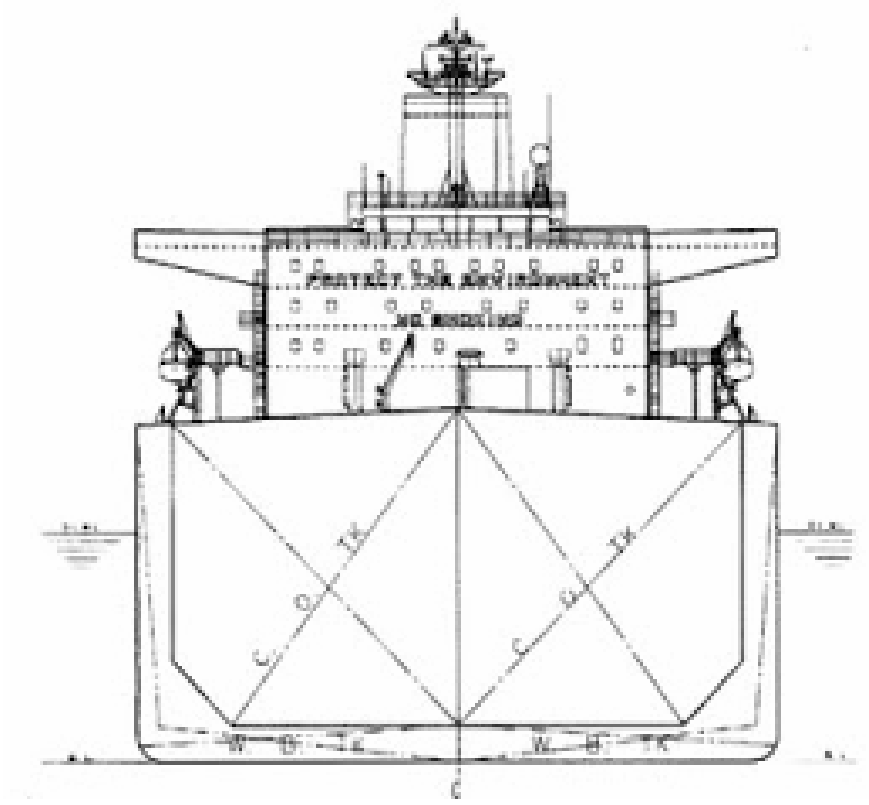


Figura 1.4: Esquema que muestra la disposición más usual de los tanques en forma de U en un buque petrolero de doble casco, de un buque petrolero de doble casco.
Fuente: www.navalandia.blogspot.com

La idea de un diseño de petrolero con doble casco nace a finales de los años 70 del pasado siglo por la analogía existente con los buques gaseros y quimiqueros, cuyos cargamentos, a fin de protegerlos de cualquier contingencia accidental, viajan en tanques especiales contenidos dentro del casco del buque. Huelga puntualizar que la visión de un buque petrolero proyectado de forma similar a un doble casco figura en la literatura técnica especializada mucho antes de 1970. Pero se trataba de inventos, no de innovaciones. El historiador Schumpeter distinguió entre unos y otras cuando al estudiar la revolución industrial cayó en la cuenta de que sólo es posible hablar de la máquina de vapor cuando ésta deja de ser un invento visionario de los siglos XVII y XVIII y se convierte en la innovación industrial del siglo XIX. Los *dobles cascos* para petroleros anteriores a los años finales de la década de 1970 no pasaban de ser ejercicios teóricos sin ninguna proyección real en la industria naval.

Durante años la idea de un diseño de VLCC con doble casco rondó por los despachos de las grandes sociedades de clasificación, las aulas universitarias y los círculos técnicos de la IMO. Los costes económicos de la transformación (un diseño de doble casco cuesta entre un 15 y un 25 por ciento más que uno de casco sencillo) paralizaban, sin embargo, cualquier decisión al respecto.

Pero en marzo de 1989 tuvo lugar el accidente del *Exxon Valdez* y la conmoción que sufrió la sociedad norteamericana provocó decisiones drásticas de su Gobierno. A partir del uso mediático que se hizo del accidente del *Exxon Valdez* se disparó la sensibilidad social sobre los accidentes de petroleros. Por primera vez aparecieron esas imágenes impactantes de aves petroleadas que empujaron a la opinión pública a una indignación masiva contra los buques que causaban tanto daño a esas indefensas criaturas. Sólo faltó que se extendiera en los medios de comunicación la falsedad de que el capitán del *Exxon Valdez* se encontraba embriagado en su camarote cuando el buque embarrancó para que la opinión pública global, no sólo la estadounidense, acabara centrando en los marinos su irritación y su furia.

Poco más de un año tardaron en aprobar la famosa OPA/90 (Oil Pollution Act of 1990, publicada el 18 de agosto), que imponía el doble casco para todos los buques que entraran en las aguas jurisdiccionales de los Estados Unidos a partir de un calendario preciso: un buque de casco sencillo no podrá operar después del 1 de enero del año 2010; a los buques con doble fondo y costados sencillos se les permitirá operar hasta el 1 de enero del 2015. Esa decisión unilateral americana, un desafío en toda regla a la comunidad internacional al desdeñar el papel regulador de la IMO, tuvo, entre otras, dos consecuencias de gran calado: despertó a la IMO de su letargo en la cuestión del doble casco y zanjó a niveles prácticos el debate sobre las opciones de diseño de petroleros, dejando en vía muerta el proyecto japonés de petrolero con cubierta intermedia y doble forro en los costados (IOTDw/DS, Intermediate Oil-Tight Deck with Double Side, una innovadora aplicación tecnológica de las presiones hidrostáticas basada en

la diferente densidad del petróleo y del agua de mar, en teoría tan efectivo como el doble casco en U), y el proyecto europeo bautizado como *Coulombi Egg*. La apuesta de la industria norteamericana por el doble casco estuvo amparada por un informe de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (National Academy of Sciences), previsto en la sección 4115, apartado (e) Secretarial studies, de la OPA/90, que, de forma harto optimista, afirmaba que de haber tenido doble casco se pudo haber evitado el derrame de entre 3.000 y 5.000 toneladas de petróleo al año, sólo en las costas de Estados Unidos, lo que venía a representar casi el 50 por ciento del volumen anual de derrames en USA

Ya desde el año 1991 la OMI animaba a la sustitución progresiva de los petroleros de casco sencillo. Para ello fomentó el uso de buques tanque que se ajustasen a lo prescrito en las nuevas reglas, así como de petroleros provistos de tanques de lastre separado.

Finalmente, a raíz del accidente del buque tanque *Prestige* frente a las costas gallegas, la Unión Europeo emitió la Resolución MPEC 111(50) por la que se adoptaron las enmiendas necesarias para la retirada de los petroleros monocasco y surgiese una nueva normativa, la regla 21 de MARPOL, que establece requerimientos especiales para el transporte de fuel-oil pesado, esta normativa vino a entrar en vigor a través de varias modificaciones de los textos legales a partir de octubre de 2003.

La crisis del buque *Prestige* en noviembre de 2002, propició que la Comisión Europea de Transporte forzase la prohibición de operar en las costas europeas a todos los buques tanque monocasco.

Es por ello que, en el caso de nuestro país, hemos observado la baja de varias unidades navales que operaban en cabotaje transportando productos petrolíferos, cediendo el testigo en ocasiones a buques extranjeros más modernos, con doble casco.

El mundo del transporte marítimo está en un proceso de cambio y adaptación continuo. Tras el evento de un accidente marítimo con graves consecuencias, las normativas se amoldan para evitar nuevos desastres en

el futuro, por consiguiente se desarrollan buques, más modernos, seguros y menos contaminantes.

1.4) Normativas para prevención de la contaminación.

En las páginas siguientes se describen una serie de normativas procedentes del Convenio internacional para la prevención de la contaminación marítima MARPOL, como podrá observarse más adelante, estas normativas se centran mayormente en los buques tanque, sobre todo los de transporte de crudo e hidrocarburos pesados, los cuales son más susceptibles, dada la naturaleza de su carga, de generar polución en el medio marino, ya sea accidental o debida a las operaciones rutinarias de a bordo.

Podrá verse también las normas que observan el vertido de estos últimos hidrocarburos procedentes de las operaciones rutinarias, diferenciando claramente entre los que proceden de la zona de carga los de la máquina, siendo los medios de descarga al mar a bordo sistemas completamente independientes. Como norma general podríamos decir que los residuos de la zona de carga, se someten a un proceso de decantación para ser después descargados a través de un sistema de que controla que no se excedan ciertos límites permitidos; por otra parte, los procedentes de máquinas, son también decantados para ser después, mayormente, incinerados o descargados también a través de otro sistema de medición en la máquina.

Como instrumento previo al MARPOL el ***Convenio Internacional para la prevención de la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos*** (Oil Pollution Convention) de 1954, fue el primer convenio destinado a minimizar y prevenir el impacto de la contaminación por hidrocarburos. En los años siguientes a su adopción la amenaza de la contaminación ligada al incremento del transporte de hidrocarburos creció de manera importante, por lo que éste fue enmendado en 1962. Sin embargo el desastre derivado del hundimiento del *Torrey Canyon*, en 1967, alertó de manera dramática de los grandes peligros que comportaba el transporte de

crudo y sus derivados para el medio ambiente. En 1971 fue de nuevo enmendado para limitar el derrame hipotético tras un accidente y para proporcionar una protección especial a la Gran Barrera de Coral Australiana. Sin embargo el sentimiento generalizado era que se necesitaba un instrumento completo para controlar y prevenir la contaminación por los buques.

Así en 1973 la Organización Marítima Internacional (OMI) convocó una conferencia para discutir el problema completo de la lucha contra la contaminación, resultando el ***Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por Los buques***, conocido como MARPOL que fue adoptado por la ***Conferencia Internacional sobre Contaminación Marina*** de 1973, y que surge como un convenio más en el contexto internacional del Derecho, bajo el amparo del ***Convenio del Derecho de los Tratados de Viena*** de 1969 y la ***Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar***, convocada por la resolución 2750 C(XXV) de la Asamblea General de las Naciones Unidas. La novedad que presentaba era su fácil comprensión en lo relativo a la lucha contra la contaminación, no solamente de hidrocarburos sino de sustancias químicas, aguas sucias, basuras y sustancias perjudiciales.

La mayoría de los cambios del Convenio se centraron en el Anexo I, incluyendo requerimientos operacionales como el lavado con crudo, un desarrollo derivado del antiguo sistema de carga "por arriba", y otros requerimientos de tipo constructivo como el emplazamiento de los tanques de lastre separado como protección. Se generó así un instrumento combinado, el **MARPOL 73/78** que gracias a las medidas para facilitar la aplicación temprana del *Protocolo de 1978,* entró en vigor en 1983 introduciendo reglas para tratar las diversas fuentes de contaminación marina emitidas por los buques.

A continuación, entró en vigor el 6 de abril de 1987 el Anexo II del Convenio – sobre sustancias nocivas líquidas a granel – gracias a la reducción que se planteó en las exigencias relativas a las instalaciones de recogida de residuos. Le siguieron el Anexo III – sobre sustancias perjudiciales

transportadas en bultos – que entró en vigor el 1 de julio perjudiciales transportadas en bultos – que entró en vigor el 1 de julio de 1992, el V – sobre basuras – en 1988 y el IV – sobre aguas sucias – en 2003.

Más tarde el Protocolo de 1997 para implantar el Principio Número 15 de la ***Declaración de Río sobre el Medioambiente y el Desarrollo***, llevó consigo la adopción del Anexo VI – sobre prevención de la Contaminación Atmosférica – que entró en vigor el 19 de mayo de 2005.

Figura 1.5: El desastre del *Torrey Canyon* frente a la costa Británica en 1967 generó un hito en la redacción de Convenios sobre contaminación marítima.
Fuente: www.desastresdelsigloxx.blogspot.com

Junto al MARPOL son otros los convenios internacionales relativos a prevención y lucha contra la contaminación por hidrocarburos, que tratan principalmente aspectos legales, de cooperación y de indemnización.

El *boom* continuado del transporte y el aumento de escala de los accidentes supuso desde los años 60 una preocupación importante, no solamente debida a la contaminación en caso de accidentes sino el derivado de las operaciones rutinarias en los petroleros, tales como la limpieza de los tanques.

Además de lo indicado anteriormente después del desastre del *Torrey Canyon* se desarrollaron dos convenios en al ámbito OMI. EL primero de ellos fue el ***Convenio Internacional de la Intervención en alta mar en caso de de accidentes que causen contaminación por hidrocarburos*** – International Convention relating to Intervention on the High Seas in Cases of Oil Pollution Casualties –, que estableció el derecho de los estados ribereños a intervenir en caso de accidentes en alta mar que resultasen en contaminación por hidrocarburos. El segundo fue el ***Convenio de Responsabilidad Civil por daños debidos a la Contaminación por hidrocarburos de 1969*** – International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage – que trató la responsabilidad civil en caso de accidente. Este convenio asegura una compensación a las víctimas y establece la obligación de compensación por parte del armador. Entraron en vigor en 1975.

Debemos mencionar también: **Convenio Internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos OPRC de 1990.** – International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation (OPRC) 1990 –

Es un convenio auspiciado por la OMI, dentro del comité de protección del medio marino (CPMM). En la actualidad existe un grupo especializado dentro del CPMM, el Grupo Técnico del convenio OPRC, encargado de la actualización y desarrollo del convenio.

Este convenio fue adoptado por IMO en 1990 y entró en vigor en 1995. El instrumento de ratificación de España se publicó en el BOE en 1995.

Este grupo celebra reuniones de periodicidad anual donde todos los países y organismos interesados elaboran y discuten propuestas de mejora del convenio, elevando un informe al CPMM para su aprobación.

Dada la creciente importancia del transporte por mar de productos químicos mar distintos de los hidrocarburos, la OMI adoptó en el 2000 un protocolo al anterior convenio, el protocolo sobre cooperación, preparación y

lucha contra la contaminación por sustancias nocivas y potencialmente peligrosas (**Protocolo HNS**).

Básicamente, lo que dictamina este Convenio es la existencia de un plan para hacer frente a los vertidos en aguas de los países ribereños ratificantes y a bordo de los buques de sus pabellones, además de una forma estandarizada de cooperación entre los buques que han provocado vertidos y las autoridades de las costas próximas que pueden verse afectadas por el mismo, dando especial importancia a la notificación por parte del buque.

Sin hacer demasiado extenso el estudio sobre el articulado de este convenio, podríamos decir que la parte más interesante a efectos del presente trabajo es la que hace referencia al plan de respuesta contra vertidos a bordo. – Oil spill response plan – el cual analizaremos más detalladamente más adelante.

La Conferencia internacional sobre contaminación del mar, 1973, convocada por la OMI y celebrada del 8 de octubre al 2 de noviembre de
1973, aprobó el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973. La misma Conferencia aprobó también los protocolos I (Disposiciones para formular los informes sobre sucesos relacionados con sustancias perjudiciales) y II (Arbitraje). El Convenio se modifico ulteriormente mediante el Protocolo de 1978, que fue aprobado por la Conferencia internacional sobre seguridad de los buques tanque y prevención de la contaminación, convocada por la OMI y celebrada del 6 al 17 de febrero de 1978. El Convenio, modificado por el Protocolo de 1978, se conoce con el nombre de ‘‘Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978’’ o, de manera abreviada, ‘‘MARPOL 73/78’’. Los cinco anexos del Convenio contienen las reglas aplicables a las diversas fuentes de la contaminación ocasionada por los buques. El Convenio también fue modificado por el Protocolo de 1997, mediante el cual se aprobó un sexto anexo, pero este Protocolo todavía no ha sido aceptado por un número suficiente de Estados para que entre en vigor.

MEDIDAS ADICIONALES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS CONTAMINANTES EN UN BUQUE DE TRANSPORTE DE CRUDO

El Comité de Protección del Medio Marino (CPMM), desde su creación en 1974, ha vuelto a examinar varias disposiciones del MARPOL 73/78 que requerían aclaración o cuya aplicación había planteado dificultades. A fin de resolver tales ambigüedades y dificultades de manera uniforme, el CPMM decidió que era conveniente elaborar interpretaciones unificadas. El CPMM reconoció que, en determinados casos, era necesario enmendar las reglas existentes o introducir nuevas reglas con el fin de reducir aun más la contaminación ocasionada por los accidentes y por la explotación de los buques. Estas actividades del CPMM han dado lugar a varias interpretaciones unificadas y enmiendas del Convenio.

La presente publicación tiene por objeto facilitar la consulta de las disposiciones e interpretaciones unificadas actualizadas de los artículos, protocolos y anexos del MARPOL 73/78, e incorpora todas las enmiendas que han sido aprobadas por el CPMM y que han entrado en vigor hasta las enmiendas del ano 2000 inclusive (aprobadas mediante la resolución MEPC.89(45)). Cabe señalar, sin embargo, que no es intención de la Secretaría cambiar los textos auténticos, ni desde el punto de vista de la forma ni de ningún otro modo. A efectos jurídicos, se consultaran siempre los textos auténticos de las disposiciones del MARPOL 73/78.

Las enmiendas de la regla 13G del Anexo I y del Suplemento del Certificado IOPP (aprobadas el 16 de mayo de 2001 mediante la resolución MEPC.95(46), constituyen una excepción a lo indicado anteriormente.
La fecha de la aceptación tacita de esas importantes enmiendas es el 1 de marzo de 2002 y, si se aceptan en esa fecha, entraran en vigor el 1 de septiembre de 2002. En la fecha de publicación de la presente edición, no se han cumplido los criterios para la entrada en vigor de esas enmiendas. No obstante se ha considerado que es posible que las enmiendas entren en vigor antes de la próxima revisión de la presente publicación refundida del MARPOL 73/78. Por ello, en el punto 7 de la sección titulada Información adicional se reproduce el texto de la resolución MEPC.95(46). En el punto 8 de la misma sección se reproduce un texto relacionado con el anterior (el

plan de evaluación del estado del buque), aprobado mediante la resolución MEPC.94(46).

Además de incorporar las enmiendas aplicables en los textos del Protocolo I y de los Anexos I a V del MARPOL 73/78, la Secretarıa ha actualizado la edición refundida de 1997 añadiendo el texto del Protocolo de 1997 y el texto del Anexo VI. También se ha añadido a los apéndices de las interpretaciones unificadas del Anexo I una interpretación unificada sobre la carga hidrostáticamente equilibrada, relativa a la regla 13G del Anexo I, aprobada por el CPMM. En los puntos 5 y 6 de la sección titulada
Información adicional se reproducen el texto de la resolución MEPC.88(44), sobre la aprobación del Anexo IV revisado, y el texto del anexo revisado.

Con objeto de mantener la coherencia en la forma de presentar la información, las directrices que no son de obligado cumplimiento en virtud del anexo aplicable, y que ya figuran en otra publicación de la OMI, no se han incluido en esta edición refundida de 2002.

El Anexo I entro en vigor el 2 de octubre de 1983 y, por lo que respecta a las Partes en el MARPOL 73/78, sustituye al entonces vigente Convenio internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos, 1954, enmendado en 1962 y 1969. El CPMM ha aprobado cierto número de enmiendas al Anexo I, las cuales se resumen a continuación:

- Enmiendas de 1984 (resolución MEPC.14(20)), sobre el control de las descargas de hidrocarburos, retención de los hidrocarburos a bordo, instalación de bombas, tuberías y dispositivos de descarga a bordo de los petroleros, y compartimentación.

- Enmiendas de 1987 (resolución MEPC.29(25)), sobre la asignación del carácter de zona especial al Golfo de Adén, entraron en vigor el 1 de abril de 1989.

- Enmiendas de 1990 (resolución MEPC.39(29)), sobre la introducción del sistema armonizado de reconocimientos y certificación: entraron en vigor el 3 de febrero de 2000.

- Enmiendas de 1990 (resolución MEPC.42(30)), sobre la designación de la zona del Antártico como zona especial: entraron en vigor el 17 de marzo de 1992.

- Enmiendas de 1991 (resolución MEPC.47(31)), sobre la nueva regla 26, titulada ‘‘Plan de emergencia de a bordo en caso de contaminación por hidrocarburos’’, y otras enmiendas al Anexo I: entraron en vigor el 4 de abril de 1993.

- Enmiendas de 1992 (resolución MEPC.51(32)), sobre los criterios relativos a las descargas del Anexo I: entraron en vigor el 6 de julio de 1993.

- Enmiendas de 1992 (resolución MEPC.52(32)), sobre las nuevas reglas 13F y 13G y enmiendas conexas al Anexo I: entraron en vigor el 6 de julio de 1993.

- Enmiendas de 1994 (resolución 1, aprobada el 2 de noviembre de 1994 por la Conferencia de las Partes en el MARPOL 73/78), sobre la supervisión de las prescripciones operacionales por el Estado rector del puerto: entraron en vigor el 3 de marzo de 1996.

- Enmiendas de 1997 (resolución MEPC.75(40)), sobre la designación de las aguas noroccidentales de Europa como zona especial y una nueva regla 25A: entraron en vigor el 1 de febrero de 1999.

- Enmiendas de 1999 (resolución MEPC.78(43)), para la revisión de las reglas 13G y 26 y del Certificado I0PP: entraron en vigor el 1 de enero de 2001.

- Enmiendas de 2001 (resolución MEPC. 95(46)), para la revisión de la regla 13G: si quedan aceptadas el 1 de marzo de 2002, entrarán en vigor el 1 de septiembre de 2002.

1.5) Descargas operacionales de hidrocarburos.

El cumplimiento del buque con el convenio, en el tratamiento de los residuos y las descargas necesita establecer una frontera entre los dos grupos denominados “todos los buques” y “buques petroleros”.

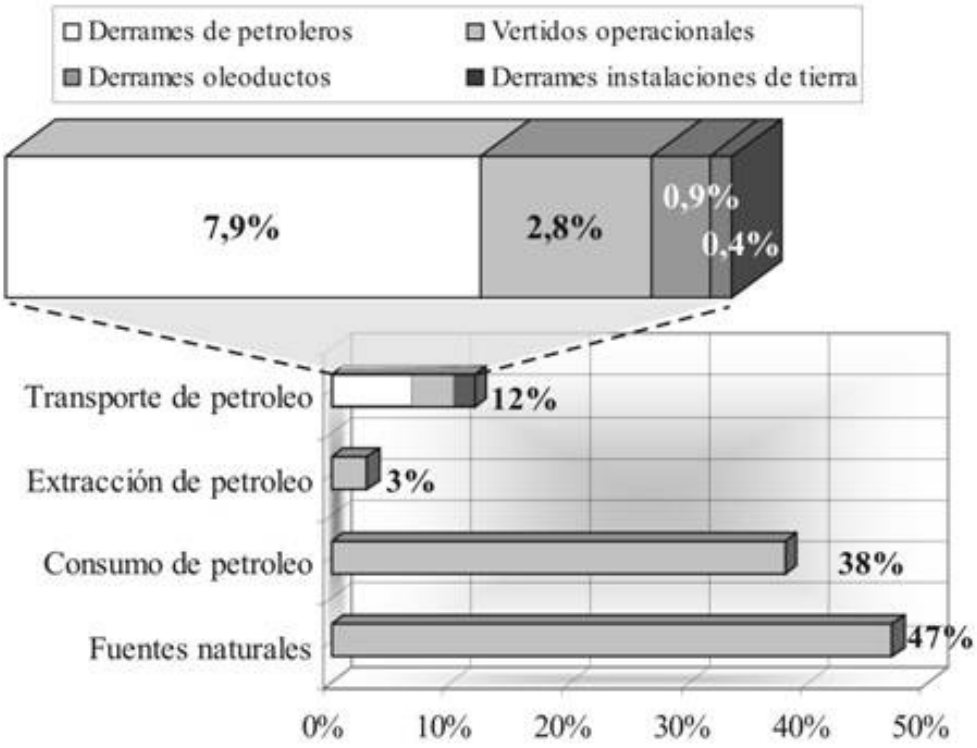


Gráfico 1.1: Representación de los orígenes de los vertidos de hidrocarburos en el mar.
Fuente: www.marenostrum.org

Para los primeros la parte sensible es la cámara de máquinas, incluyendo el combustible necesario para el suministro de energía y los procedimientos necesarios para la lucha contra la contaminación derivada de la misma. Para los segundos, a lo anterior se le suma la parte del buque donde se transporta la carga, desde el punto de vista de configuración, requisitos estructurales y estabilidad.

Generalmente un buque dispondrá de dos servicios, uno de sentinas y otro de lodos que varían en complejidad dependiendo de la operación del buque.

Así en el transcurso de las operaciones de la cámara de máquinas, el mantenimiento de motores, enfriadores, cambios de aceite, purgado, toma de combustible, etcétera, se generan aguas oleosas y residuos de hidrocarburo cuyo procesado es distinto dependiendo del grado de contaminación que pudieran causar.

1.6) Sentinas.

Para bombear el contenido de la sentina y almacenarlo – si se dispone de este – en un tanque de retención de aguas de sentina oleosas y/o proceder a su descarga a tierra – a través de una conexión que puede ser compartida en un tramo con la línea de lodos – o al mar a través del equipo filtrador. El sistema se puede complicar por medio de tanques de decantación que previamente separen los residuos de hidrocarburos (lodos) del agua, para optimizar el almacenamiento de lodos. El sistema de sentinas puede recoger derrames de bandejas, si bien no se considera lo más adecuado.

1.7) Residuos de hidrocarburos (lodos).

Que recoge los derrames de bandejas y aceites sucios y los lleva a un tanque de residuos de hidrocarburos (lodos). Este tanque se podrá descargar a tierra por medio de una bomba independiente a una conexión MARPOL. Al tanque de lodos se envían los residuos procedentes del separador.

Este tanque puede ser decantado para extraer el agua y someterla de nuevo a tratamiento. Del mismo modo que en el otro sistema, se pueden separar los tanques de lodos en tanques de residuos – waste oil – y lodos – sludge – y proceder a decantarlos externamente para recircular parte del mismo como aguas oleosas y otra parte almacenarla o incinerarla.

Es necesario indicar que las buenas prácticas a bordo deberían tener en cuenta que el servicio de sentinas y residuos de hidrocarburos del buque no

debe imponer limitaciones operacionales para el personal, ni arriesgar su seguridad, debiendo facilitar el cumplimiento de las prescripciones del Anexo I.

Figura 1.6: Los vertidos por *overflow* en tanques y averías son otra fuente habitual de contaminación junto con los vertidos operacionales.
Fuente: www.marineinsight.com

Para ello se ha de tener principalmente en cuenta que en caso de de emergencia, puede ser necesario descargar hidrocarburos o mezclas oleosas al mar. Por tanto, este aspecto, la rápida descarga, debería seguir formando parte de la aprobación del sistema de manipulación de aguas de sentina y lodos del buque, es decir, el sistema busca evitar la contaminación por todos los medios y para todos los casos, se está en contra del propio espíritu del convenio.

Un sistema de tratamiento de aguas de sentina típico puede esta formado por los siguientes elementos: uno o varios tanques de retención, un tanque de sedimentación previo al tratamiento, un separador de aguas oleosas, un equipo de afinado y/o tratamiento secundario posterior para al equipo filtrador de hidrocarburos o separador de sentinas y un hidrocarburómetro.

Todos los buques cuyo arqueo bruto sea igual o superior a 400 toneladas tendrán un tanque o tanques de capacidad suficiente, teniendo en cuenta el

tipo de maquinaria con que estén equipados y la duración de sus viajes, para recibir los residuos (fangos) que no sea posible eliminar de otro modo cumpliendo las prescripciones del presente anexo, tales como los resultantes de la purificación de los combustibles y aceites lubricantes y de las fugas de hidrocarburos que se producen en los espacios de maquinas.

A partir de 2011 fue obligatorio además contar con los siguientes elementos relativos al tratamiento de lodos:

- Tener una bomba dedicada, que bien será una bomba destinada a la eliminación de lodos a través de la conexión universal de descarga o bien cualquier bomba utilizada para el trasiego de lodos a cualquier otro medio de eliminación aprobado, como un incinerador, caldera auxiliar con capacidad para incinerar lodos, u otros medios aceptables.

- Que las conexiones con el sistema de sentinas, si se disponen de ellas, para poder eliminar el agua decantada y aumentar el aprovechamiento, sean por medio de línea de drenaje con válvulas de cierre automático de accionamiento manual y medios de vigilancia visual del agua de los sedimentos. Estos drenajes deberán ir a un tanque de aguas de sentina oleosas o a un pocete pero nunca al techo del doble fondo y sin conexión directa al sistema de líneas de sentina. La idea que trasciende es que la cámara de máquinas se conserve limpia.

A continuación se detallan las regulaciones más importantes con las que deben cumplir los servicios de sentinas y lodos.

El cálculo de capacidad necesaria de los tanques de residuos de hidrocarburos, de conformidad con lo dispuesto en el convenio, para buques con fecha de puesta de quilla posterior al 31 de diciembre de 1990, en la que influye la disponibilidad de incinerador. Se desprende implícitamente que es necesario determinar que tanques son realmente tanques de residuos de hidrocarburos. La capacidad de estos tanques se ve afectada con las

enmiendas de entrada en vigor el 1 de enero de 2011 que incluye más ejemplos tales como resultantes de de la purificación, aceites…y fugas. En el caso de los tanques de retención de aguas de sentinas se puede calcular su capacidad en función de la potencia de motor principal.

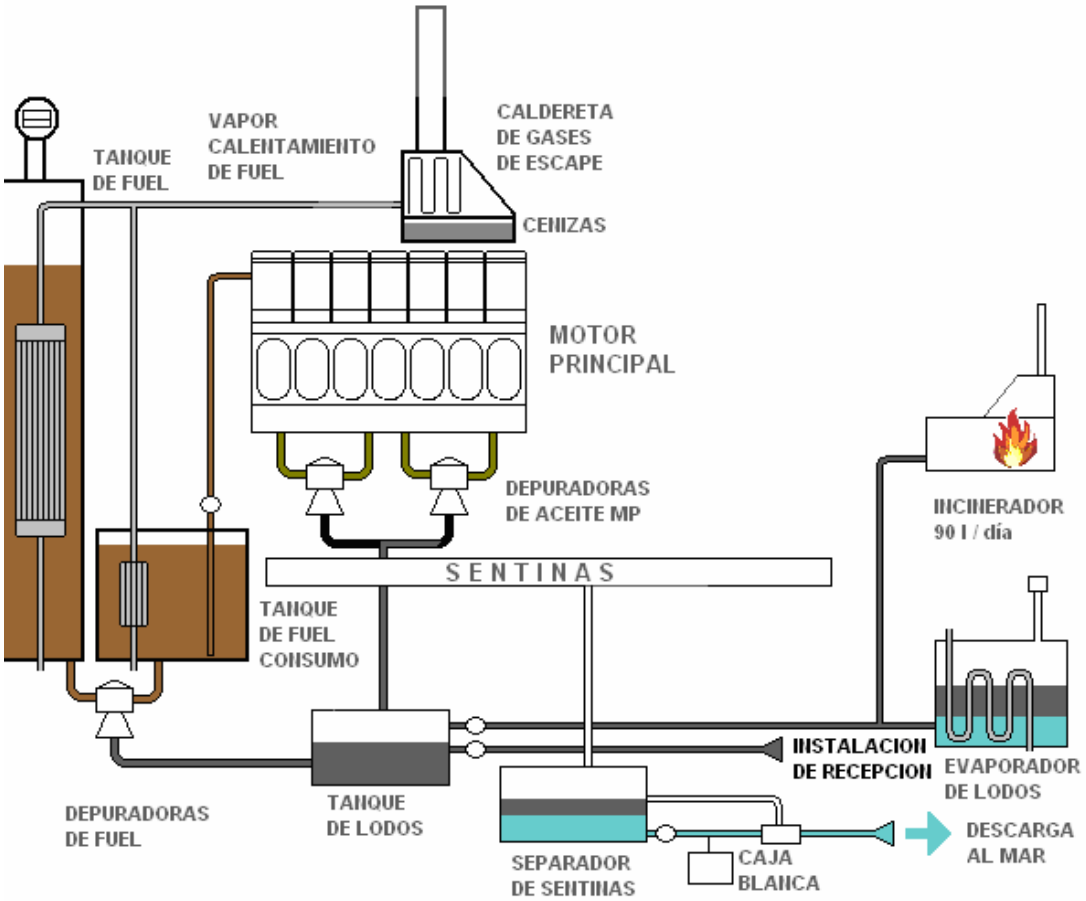


Gráfico 1.2: Esquema gráfico sobre el funcionamiento de los sistemas de la máquina en relación a la producción y tratamiento de residuos de hidrocarburos. **Fuente:** Elaboración propia.

Como ya se ha indicado anteriormente, no está permitido que los sistemas de sentinas y lodos tengan líneas comunes, salvo el tramo final de línea de descarga a tierra, línea MARPOL.

Por otra parte, no está permitido utilizar esta línea de descarga a tierra para el trasiego de lodos para su eliminación, siendo necesario contar con una línea específica que conduzca estos residuos hasta su lugar de destrucción, incinerador, caldera, etc…

- Las bombas de sentina no pueden aspirar el contenido de los tanques de residuos de hidrocarburos.

- Las bombas de lodos no pueden descargar en los tanques de retención de aguas de sentina.

- La línea desde los tanques de lodos no puede descargar al mar.

- El efluente de procedente de los sistemas separadores de aguas de hidrocarburos no puede diluirse deliberadamente en ningún punto situado antes del hidrocarburómetro de estos sistemas. A este respecto también debería considerarse la necesidad de instalar líneas, dependiendo del proyecto del sistema utilizado para limpiar y llenar el separador de aguas e hidrocarburos, y ajustar en cero la alarma de 15 ppm.

1.8) Incineración de residuos.

Llevada a cabo por los incineradores, que son sistemas que permiten incinerar los lodos generados a bordo de buques de navegación marítima. A parte del incinerador, otros sistemas alternativos son:

- Calderas de vapor principales y auxiliares, con sistemas adecuados para el tratamiento de lodos.

- Calentadores de sistemas termo-líquidos.

- Sistemas de gas inerte.

El incinerador es un equipo regulado por el Anexo VI del Convenio, sobre contaminación atmosférica.

En aquellos buques en los que se haya instalado un incinerador a partir del 1 de enero de 2000 deben cumplir con la resolución MEPC 76(40) enmendada.

A reserva de lo dispuesto, la incineración a bordo se permitirá solamente en un incinerador de a bordo.

Con la salvedad de lo dispuesto en el apartado b) del presente párrafo, todo incinerador que se instale a bordo de un buque a partir del 1 de enero del año 2000 cumplirá lo dispuesto en el apéndice IV del anexo VI. Cada incinerador será aprobado por la Administración teniendo en cuenta las especificaciones normalizadas para los incineradores de a bordo elaboradas por la Organización.

La Administración podrá permitir que se exima de la aplicación del apartado a) del presente párrafo a todo incinerador que se instale a bordo de un buque antes de la fecha de entrada en vigor del Protocolo de 1997, a condición de que el buque este dedicado solamente a realizar viajes en aguas sometidas a la soberanía o jurisdicción del Estado cuyo pabellón esta autorizado a enarbolar.

Nada de lo dispuesto en la presente regla afecta a la prohibición establecida en el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, 1972, enmendado, y su Protocolo de 1996, ni a otras prescripciones de dicho Convenio.

Se prohíbe la incineración a bordo de las siguientes sustancias:

- Residuos de las cargas enumeradas en los Anexos I, II y III del presente Convenio y los correspondientes materiales desembalaje o envase contaminados.
- Bifenilos policlorados (PCB).

- Las basuras, según se definen estas en el Anexo V del presente Convenio, que contengan metales pesados en concentraciones que no sean meras trazas.

- Productos refinados del petróleo que contengan compuestos halogenados.

- La incineración a bordo de lodos de aguas residuales y fangos de hidrocarburos producidos durante la explotación normal del buque también se podrá realizar en la planta generadora o caldera principal o auxiliar, aunque en este caso no se llevara a cabo dentro de puertos o estuarios.

- Se prohíbe la incineración a bordo de cloruros de polivinilo (PVC), salvo en los incineradores de a bordo para los que haya expedido un certificado de homologación de la OMI.

- Todos los buques provistos de incineradores sujetos a lo dispuesto en la presente regla tendrán un manual de instrucciones del fabricante que especifique como hacer funcionar el incinerador dentro de los lımites establecidos en el párrafo 2) del apéndice IV del anexo VI.

- El personal encargado del funcionamiento de un incinerador recibirá formación al respecto y podrá seguir las instrucciones dadas en el manual del fabricante.

- Será necesario vigilar en todo momento la temperatura de salida del gas de combustión y no se echaran desechos en un incinerador de alimentación continua cuando la temperatura este por debajo de la temperatura mínima permitida de 8508C. Por lo que respecta a los incineradores de a bordo de carga discontinua, la unidad se proyectara de modo que en la cámara de combustión la temperatura alcance 600,8º C en los cinco minutos siguientes al encendido.

- Nada de lo dispuesto en la presente regla impide desarrollar, instalar y utilizar otros dispositivos de tratamiento térmico de desechos a bordo que satisfagan las prescripciones de la presente regla o las superen.

Un incinerador de lodos de hidrocarburos típico está compuesto de:

- Tanques de lodos separados.
- Un sistema de tratamiento de lodos de hidrocarburos o un calentador de sistemas termolíquidos
- Un quemador de de hidrocarburos o una caldera.

Figura 1.7: Típico incinerador de residuos utilizado a bordo de los buques.
Fuente: www.nauticexpo.es

Los incineradores deben estar situados a bordo en un espacio protegido, preferentemente en la sala de máquinas, sin embargo, algunos buques de características especiales los tienen ubicados en locales anexos fuera de la sala de máquinas, ya que los incineradores son una fuente de riesgo de incendios.

Además de restos de hidrocarburos, normalmente los incineradores queman restos de basuras, plásticos, residuos infecciosos y medicamentos. Como se verá, todo ello debe ser registrado en el libro de basuras.

Antes de introducir los hidrocarburos al quemador o caldera es necesario hacer pasar éstos por el citado sistema de tratamiento, que se compone de los siguientes elementos:

- Un tanque para mezclar los residuos con combustible líquido (tanque mezclador); que debería estar provisto de medios adecuados de drenaje. Para mejorar la combustibilidad y el valor calorífico, se debería instalar una conexión de suministro de combustible líquido. Este equipo no es imprescindible.

- Un sistema precalentador que permite evaporar el agua contenida.

- Un filtro.

- Un sistema homogeneizador que garantizaría que todo el contenido del tanque mezclador se convierta en una mezcla homogénea y combustible. El sistema se debería poner en funcionamiento después de que el tanque se haya drenado adecuadamente, y debería tener un dispositivo para indicar y monitorizar continuamente el contenido de agua de los residuos de hidrocarburos.

Es importante tener en cuenta los peligros que puede suponer la incineración de residuos a bordo, especialmente si se hace subir la temperatura de los mismos por encima de su punto de inflamación. Por lo general no es conveniente calentar los residuos de hidrocarburos por encima de 60 º C.

Los buques que tengan incineradores de a bordo como los descritos en el párrafo 2) de la regla 16 deberán tener un certificado de homologación de la OMI para cada incinerador. Con objeto de obtener dicho certificado, el incinerador se proyectara y construirá de conformidad con una norma aprobada como la que se describe en el párrafo 2) de la regla 16. Cada modelo será objeto de una prueba de funcionamiento especıfica para la homologación, que se realizará en la fábrica o en una instalación de pruebas aprobada, bajo la responsabilidad de la Administración, utilizando las

siguientes especificaciones normalizadas de combustible y desechos para determinar si el incinerador funciona dentro de los lımites especificados en el párrafo 2) del presente apéndice:

- Fangos oleosos compuestos de: 75% de fangos oleosos provenientes de fueloil pesado;
- 5% de desechos de aceite lubricante;
- 20% de agua emulsionada.
- Desechos sólidos compuestos de: 50% de desechos alimenticios.
- 50% de basuras que contengan:
- Aprox. 30% de papel.
- Aprox. 40% de cartón.
- Aprox. 10% de trapos.
- Aprox. 20% de plásticos.
- La mezcla tendrá hasta un 50% de humedad y 7% de sólidos incombustibles.

Los incineradores descritos en el párrafo 2) de la regla 16 funcionaran dentro de los siguientes lımites:

- Cantidad de O_2 en la cámara de combustión: 6 al 12%.
- Cantidad de CO en los gases de combustión (promedio máximo): 200 mg/MJ

Hemos visto aquí las regulaciones relativas a un equipo de incineración de residuos oleosos procedentes de la zona de máquinas. Aquí, los residuos de hidrocarburos se producen constantemente, procediendo sobre todo de las purificadoras de combustible y aceite del motor principal y en pequeñas cantidades, es por tanto lógico pensar en su incineración. Quizá con el tiempo, podría pensarse en utilizar este mismo principio con los residuos procedentes de la zona de carga, los cuales se producen con menos frecuencia pero en mayores cantidades, por lo que son descargados al mar durante las navegaciones a través de medios monitorizadotes.

Un petrolero para MAROL es un buque especializado en el transporte de hidrocarburos a granel que se divide en petrolero de crudos y de productos petrolíferos, dejando de lado el buque de carga combinada.

Para estos, la carga se transporta en los tanques por medio de líneas que se conectan a las de una Terminal y en algunos casos, como en los petroleros *Shuttle*, a través de sistemas de carga por proa y popa. Para estos se usan mangueras flexibles o brazos de descarga, que se controlan de manera remota, con el condicionante de que el movimiento del buque ha de ser mínimo.

Típicamente la carga se impulsará a bordo desde tierra entrando directamente al fondo de los tanques y haciendo bypass a la cámara de bombas, si se dispone de este sistema. Además existen varias válvulas cross-over que permiten la carga de grupos de tanques de manera simultánea.

La Terminal puede comenzar la carga a veces por gravedad y a un ritmo muy bajo, a fin de comprobar que el tanque que está cargando es el correcto así como para detectar fugas. Si todo va bien se aumenta el caudal. En caso de que existan fallos se puede parar la carga de manera suave, para evitar sobrepresiones peligrosas en los servicios que puedan reventar las líneas. Una vez que el buque complete el proceso de carga el siguiente paso será la descarga.

El buque utilizará sus bombas para proceder a la descarga a través de las tomas de aspiración pasando a través de las válvulas de aislamiento (master valves) hasta la succión de las bombas centrífugas. Las bombas aceleran el flujo del hidrocarburo hacia la línea de descarga y el manifold para pasar a tierra a través de una manguera flexible o un brazo rígido articulado.

En los petroleros de crudo convencionales la parte motriz de la bomba se encuentra en la cámara de máquinas funcionando mediante turbinas de

vapor y el cuerpo de la bomba en la cámara de bombas, instalándose en la parte más baja para optimizar su funcionamiento.

Una vez que las bombas pierden capacidad de succión se procede a utilizar la bomba de agotamiento, stripping, de tipo alternativo que tiene una gran capacidad para generar vacío parcial y extraer el remanente de producto en los tanques de carga, normalmente en los tanques centrales que se encuentran bajo el manifold, que es a donde está comunicada la línea de stripping.

A diferencia del resto de buques, donde el uso de los servicios de sentinas y lodos es siempre el mismo, en los buques petroleros el tratamiento del lastre y la carga establece unas funciones diferentes que dependerán de si el buque está cargando o descargando.

Es sabido que en los buques petroleros actuales de doble casco, la carga y el lastre forman dos sistemas completamente separados, sin embargo, esta separación no está siempre asegurada al 100 % debido a la posible de rotura de mamparos o líneas en el interior del buque que causen contaminaciones en el agua de lastre.

Figura 1.8: Descargas de agua de lastre
Fuente: www.wikimedia.org

En general el proceso de carga de estos barcos es por definición más contaminante ya que hay que deshacerse de un lastre y a veces del contenido de los tanques de decantación. Por el contrario en el proceso de descarga se toma lastre, y por tanto no se vierten al mar sustancias contaminantes.

Un aspecto relevante es que en los buques petroleros, las descargas al mar pueden ser producidas accidentalmente, debido a la naturaleza de su carga líquida, poniendo como ejemplo, reboses de

tanques, ya sean debidos a errores humanos o roturas en líneas de cubierta. En otras ocasiones, las líneas de cubierta pueden contener fluidos como aceites hidráulicos, lubricantes de la máquina o fuel durante las operaciones de avituallamiento.

Para estas contingencias existen medios de contención de derrames, pero podría decirse que generalmente los volúmenes vertidos son trasegados a los slops a través de bombas situadas en cubierta.

No obstante, estos medios podrán verse con más detalle más adelante en el apartado sobre medios de retención de derrames de hidrocarburos, los cuales forman parte del plan de contingencia, SOPEP, del buque.

Vemos a continuación una muestra sobre la legitimidad del vertido de hidrocarburos bajo una serie de circunstancias. Podría decirse que el vertido está permitido si este no supera el volumen aproximado de un caldero por cada milla navegada, siempre y cuando la descarga no produzca restos visibles y se realice de forma continuada, evitando grandes concentraciones en una determinada zona.

Para la zona de carga de un petrolero moderno los aspectos esenciales de su operación y descargas al mar se pueden ver en el siguiente cuadro, que refleja el ciclo desde la llegada al puerto para descarga hasta que se procede a la carga, incluyendo el uso de un equipo monitor de descargas, ODME, para la descarga desde los llamados tanques de decantación al mar.

Se puede comprobar que tras la limpieza de los tanques, actualmente y para casi todos los petroleros por motivos comerciales, de inspección o de emergencia, se ponen en marcha los equipos y sistemas necesarios para prevenir la contaminación marina por hidrocarburos de la carga.
Los residuos de la carga o del agua de lavado, si se ha utilizado esta, se alojan en un tanque de decantación, slop, para descarga al mar, tras un proceso de decantación, con las condiciones que indica el convenio, o bien a

tierra a través del manifold del buque a través de una línea de pequeño diámetro.

<table>
<tr><th colspan="3">DESCARGAS DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS O AGUA CONTAMINADA DE LOS ESPACIOS DE CARGA DE LOS PETROLEROS</th></tr>
<tr><td colspan="3">TODA DESCARGA ESTÁ PROHIBIDA SALVO QUE SE CUMPLAN LAS SIGUIENTES PRESCRIPCIONES</td></tr>
<tr><td>Si el petrolero se encuentra:

Fuera de una zona especial.

A más de 50 millas de la costa.

Con un régimen instantáneo de descarga de menos de 30 l por milla marina recorrida.

Que la cantidad de hidrocarburos descargados no exceda del 1/15.000 del peso del total de la carga.

Usando el ODME con los SLOPS.</td><td>Si el petrolero se encuentra en una zona especial o a menos de 50 millas de la costa solamente podrá descargar el contenido de los siguientes tanques:

Lastre limpio
Lastre separado</td><td>En los petroleros menores de 150 GT las prescripciones de ODME, SLOPS y OWI no son exigibles y por tanto deberán almacenar los residuos y descargarlos a tierra, a no ser que se arbitren medios adecuados para la descarga al mar que permitan cumplir la regla 34.</td></tr>
<tr><td colspan="3">NOTA:
Siempre se deberá disponer de un sistema de bombas, líneas y descargas.</td></tr>
</table>

El tanque de decantación es todo tanque que esté específicamente destinado para recoger residuos y aguas de lavado de tanques y otras mezclas oleosas, si bien no tiene que ser un tanque exclusivamente para este fin. Viene estipulado por la regla 29.

Un aspecto esencial es que el sistema para trasvasar los deshechos oleosos tras el lavado o el lastre sucio esté operativo en todo momento de acuerdo con la regla 29.2.2.

En algunos buques, sobre todo en quimiqueros y petroleros de productos se dispone en cubierta de un tanque de almacenamiento de residuos de la carga. Este tanque no se puede considerar un slop y no se puede considerar que su capacidad forme parte de la misma, salvo que cumpla por completo las prescripciones de la regla 29. Estos tanques se registrarían en un anexo adjunto al suplemento de certificado.

En caso de que hayan lavado los tanques con agua ésta, junto con los residuos de la carga, se transfieren al slop.

Por otra parte, en los petroleros entregados con posterioridad a junio de 1982, en los que existe un sistema de lastre separado y lavado con crudos, existe un sistema de líneas, proyectadas e instaladas para que la retención de hidrocarburos se reduzca al mínimo, y tendrá medios de drenaje de bombas de carga mediante un sistema de conexión al circuito de agotamiento. En los petroleros de crudo las bombas de carga tienen frecuentemente un sistema de autostripping que funciona por medio de una bomba de vacío que envía el hidrocarburo a los slops.

Por otra parte, a fin de dar cumplimiento a lo dispuesto en el convenio MARPOL para las descargas al mar, es necesario disponer de un separador de aguas oleosas, que funcione adecuadamente, en los buques desde 400 toneladas de arqueo.

El equipo de prevención de la contaminación controla las descargas operacionales en el mar de las aguas residuales que se acumulan en los espacios de máquinas.

Para gestionar adecuadamente las aguas de sentina y los desechos oleosos de a bordo es necesario conocer bien el equipo separador de agua e hidrocarburos, así como los desechos que se generan a bordo de los buques y que llegan a la sentina.

Un sistema de vigilancia y control de las descargas de hidrocarburos monitoriza la descarga en el mar de aguas oleosas procedentes de las zonas de los tanques de carga.

No obstante se recuerda que, en caso de funcionamiento defectuoso del equipo, podría ser posible descargar hidrocarburos o mezclas oleosas procedentes de los tanques de carga mediante un control visual por parte de la tripulación, sin ningún otro medio de control del contenido de hidrocarburos, en virtud del párrafo de la resolución MEPC 108 (49) denominado "Otras posibilidades de operación con medios manuales en caso de funcionamiento defectuoso del equipo".

Esto no es plenamente compatible con el espíritu de la regla 31.2, si bien algunas Administraciones suelen, gracias a esta resolución, relajar el cumplimiento de la regla.

Figura 1.9: El lavado de tanques con agua a presión era una de las mayores fuentes de producción de residuos de hidrocarburos en los buques petroleros.
Fuente: www.wikipedia.org

Para la zona de carga de los petroleros las condiciones de descarga de residuos vienen determinadas por la regla 34, que se pueden ver en el siguiente cuadro y distingue entre si el buque se encuentra dentro o fuera de una zona especial. En general se deberá tener en cuenta que:

- En el momento que se detecten rastros visibles sobre la superficie del agua o por debajo de ella en las proximidades de un buque se deberá proceder a la investigación.

- Las descargas no contendrán productos químicos, ni otras sustancias que entrañen peligros para el medio marino, ni se podrán añadir sustancias que alteren el cumplimiento de las condiciones de descarga. El efluente de estas mezclas solamente podrá ser descargado a tierra.

1.9) El lavado con crudo (COW)

Todo sistema de lavado con crudos cuya instalación sea obligatoria de conformidad con los párrafos 6) y 8) de la regla 13 del anexo I de MARPOL, deberá cumplir con lo prescrito en la presente regla.

La instalación de lavado con crudos, el equipo correspondiente y su disposición cumplirán con las prescripciones que establezca la Administración. Tales prescripciones comprenderán, por lo menos, todo lo dispuesto en las especificaciones para el proyecto.

Todo tanque de carga y todo tanque de decantación irán provistos de un sistema de gas inerte, de conformidad con las reglas pertinentes del capıtulo II-2 del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, modificado y ampliado por el Protocolo de 1978 relativo al Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, y según puede ser enmendado posteriormente.

Con respecto al lastrado de los tanques de carga, antes de cada viaje en lastre se lavaran con crudos tanques de este tipo en numero suficiente para que, teniendo en cuenta las rutas habituales del petrolero y las condiciones meteorológicas previsibles, solamente se introduzca agua de lastre en los tanques de carga que hayan sido lavados con crudos.

A todo petrolero que opere con sistemas de lavado con crudos se le proveerá de un Manual sobre el equipo y las operaciones de lavado{ en el que se detallen el sistema y el equipo y se especifiquen los procedimientos operacionales. Este Manual necesitará ser juzgado satisfactorio por la Administración y contendrá toda la información que figura en las especificaciones a que se hace referencia en el párrafo 2 de la presente regla. Si se efectúa una reforma que afecte el sistema de lavado con crudos, el Manual será actualizado en consecuencia.
El procedimiento normal tras el lavado de los tanques de carga es que el agua de lavado se recoja en los tanques slop. Después de permitir la decantación estos tanques se drenan al mar, en cumplimiento de la regla 34 fuera de zonas especiales, y en las condiciones especificadas.

Tras la enumeración y descripción de normativas relativas al tratamiento de hidrocarburos, en estado líquido, relacionados con la carga y funcionamiento de la propulsión del buque, mi intención es en las páginas siguientes, centrar la reflexión sobre las emisiones gaseosas que genera el buque y las normativas relativas a esta materia.

Existe un Anexo del convenio MARPOL centrado en estas emisiones, en el que se hace patente la lucha contra el cambio climático a través de la reducción de las emisiones, procedentes sobre todo de la propulsión. Sin embargo, existe en los buques tanques para transporte de crudo una vía de emisión de grandes volúmenes de gases de efecto invernadero que no tienen que ver con la propulsión del buque sino con las operaciones de carga.

Como sabemos, los tanques de un buque que transporta sustancias peligrosas, entiéndase inflamables o explosivas, deben estar inertizados. La inertización consiste en crear una atmósfera en el interior del tanque en la cual no pueda existir una combustión, para lo cual es necesario que la concentración de oxígeno y de hidrocarburos mantenga esa atmósfera fuera del rango de inflamabilidad. En la gran mayoría de los barcos para conseguir este fin se emplean los gases de escape procedentes de una caldera, que están compuestos en su mayor parte por nitrógeno y dióxido de carbono,

que tras un proceso de adecuación, son introducidos en los tanques, creando así una atmósfera con una concentración de oxígeno reducida. Por otro lado, otros buques, como los gaseros, no emplean este gas inerte, salvo en operaciones especiales de desgasificación, sino que utilizan vapores de carga retornados desde la Terminal para conseguir este mismo efecto y mantener los tanques dentro de un margen de presión razonables.

1.10) Libro de registro de hidrocarburos.

Todo petrolero cuyo arqueo bruto sea igual o superior a 150 toneladas y cualquier otro buque de arqueo bruto igual o superior a 400 toneladas, que no sea un petrolero, llevara a bordo un Libro registro de hidrocarburos, parte I (Operaciones en los espacios de maquinas).

Todo petrolero cuyo arqueo bruto sea igual o superior a 150 toneladas llevara también un Libro registro de hidrocarburos, parte II (Operaciones de carga y lastrado). El (los) Libro(s) registro de hidrocarburos, ya forme(n) parte o no del diario oficial de navegación, se ajustara(n) al (a los) modelo(s) que se especifica(n) en el apéndice III del presente anexo.

En el Libro registro de hidrocarburos se harán los asientos oportunos, tanque por tanque si procede, cada vez que se realicen a bordo las siguientes operaciones:

a) respecto de las operaciones en los espacios de maquinas (todos los buques):
i) lastrado o limpieza de los tanques de combustible liquido.
ii) descarga de lastre contaminado o de aguas de limpieza de los tanques mencionados en el inciso i) del presente apartado;
iii) eliminación de residuos de hidrocarburos (fangos).
iv) descarga en el mar u otro método de eliminación de aguas de sentina acumuladas en los espacios de maquinas;

b) respecto de las operaciones de carga y lastrado (petroleros):

i) embarque de cargamento de hidrocarburos;

ii) trasvase de cargamento de hidrocarburos a bordo durante la travesía

iii) desembarque de cargamento de hidrocarburos;

iv) lastrado de los tanques de carga, y de los tanques dedicados a lastre limpio;

v) limpieza de los tanques de carga, incluido el lavado con crudos.

vi) descarga de lastre, salvo el de los tanques de lastre separado;

vii) descarga de agua de los tanques de decantación;

viii) cierre, según proceda, de todas las válvulas u otros dispositivos análogos después de las operaciones de descarga de los tanques de decantación;

ix) cierre de las válvulas necesarias para aislar los tanques dedicados a lastre limpio de las tuberías de carga y de agotamiento después de las operaciones de descarga de los tanques de decantación;

x) eliminación de residuos.

xi) En el caso de efectuarse alguna descarga de hidrocarburos o de mezclas oleosas según previsto en la regla 11 de este anexo o en caso de producirse una descarga accidental o alguna otra descarga excepcional de hidrocarburos que no figuren entre las excepciones previstas en esa regla, se anotara el hecho en el Libro registro de hidrocarburos explicando las circunstancias de la descarga y las razones de que ocurriera.

c) Cada una de las operaciones descritas en el párrafo 2) de esta regla será inmediatamente anotada con sus pormenores en el Libro registro de hidrocarburos de modo que consten en el Libro todos los asientos correspondientes a dicha operación. El asiento relativo a cada operación será firmado por el oficial u oficiales encargados de la operación de que se trate y cada página completa será firmada por el capitán del buque. Los asientos del Libro registro de hidrocarburos se anotaran en un idioma oficial del Estado cuyo pabellón tenga el buque derecho a enarbolar y, en el caso de buques que lleven un Certificado internacional de prevención de la contaminación por hidrocarburos, en

francés o en inglés. En caso de controversia o de discrepancia hará fe el texto de los asientos redactados en un idioma nacional oficial del Estado cuyo pabellón tenga el buque derecho a enarbolar.

d) El Libro registro de hidrocarburos se guardara en lugar adecuado para facilitar su inspección en cualquier momento razonable y, salvo en el caso de buques sin tripulación que estén siendo remolcados, permanecerá siempre a bordo. Se conservara durante un periodo de tres años después de efectuado el ultimo asiento.

e) La autoridad competente del Gobierno de una Parte en el Convenio podrá inspeccionar el Libro registro de hidrocarburos a bordo de cualquier buque al que se aplique este anexo mientras el buque este en uno de sus puertos o terminales mar adentro y podrá sacar copia de cualquier asiento que figure en dicho Libro y solicitar del capitán del buque que certifique que tal copia es reproducción fehaciente del asiento en cuestión. Toda copia que haya sido certificada por el capitán del buque como copia fiel de algún asiento efectuado en su Libro registro de hidrocarburos será admisible en cualesquiera procedimientos judiciales como prueba de los hechos declarados en el mismo. La inspección de un Libro registro de hidrocarburos y extracción de copias certificadas por la autoridad competente en virtud de lo dispuesto en este párrafo se harán con toda la diligencia posible y sin causar demoras innecesarias al buque.

f) Respecto de los petroleros de arqueo bruto inferior a 150 toneladas que operen de conformidad con lo dispuesto en la regla 15 4) del presente anexo, la Administración elaborara un Libro registro de hidrocarburos apropiado.

1.11) Medidas de contención de derrames de hidrocarburos.

En esta sección mencionaremos los factores más significativos sobre la implantación de un plan de contingencia en caso de derrames de hidrocarburos a bordo de buques, centrándonos por supuesto en los instalados a bordo de petroleros.

Todo petrolero de arqueo bruto igual o superior a 150 toneladas y todo buque no petrolero cuyo arqueo bruto sea igual o superior a 400 toneladas llevara a bordo un plan de emergencia en caso de contaminación por hidrocarburos aprobado por la Administración.

Cuando se trate de buques construidos antes del 4 de abril de 1993, la presente prescripción será aplicable 24 meses después de esta fecha.

Los buques deben poseer a bordo un Plan para el Manejo de Emergencias en casos de Contaminación por Hidrocarburos (SOPEP), Anexo I del MARPOL y un Plan de Respuesta de Emergencias de Contaminación Marina (SMPEP), Anexo II de MARPOL.

Todo buque de arqueo bruto igual o superior a 150 certificado para transportar sustancias nocivas lıquidas llevara a bordo un plan de emergencia contra la contaminación del mar por sustancias nocivas líquidas aprobado por la Administración. La presente prescripción será aplicable a todos los buques, a mas tardar, el 1 de enero de 2003.

El plan se ajustara a las Directrices elaboradas por la Organización y estará redactado en el idioma o los idiomas de trabajo que el capitán y los oficiales comprendan. El plan incluirá por lo menos:

a) el procedimiento que deben seguir el capitán u otras personas al mando del buque para notificar un suceso que entrañe contaminación por sustancias nocivas lıquidas, de conformidad con lo prescrito en el artıculo 8 y en el Protocolo I del presente Convenio, basado en las directrices elaboradas por la Organización.

La lista de las autoridades o las personas a quienes debe darse aviso en caso de suceso que entrañe contaminación por sustancias nocivas lıquidas.
Una descripción detallada de las medidas que deben adoptar inmediatamente las personas a bordo para reducir o contener la descarga de sustancias nocivas lıquidas resultante del suceso, y los procedimientos y el punto de contacto a bordo para coordinar con las autoridades nacionales y locales las medidas de lucha contra la contaminación que se tomen a bordo.

Cuando se trate de buques a los que también se aplique la regla 26 del Anexo I del Convenio, el plan se podrá combinar con el plan de emergencia de a bordo en caso de contaminación por hidrocarburos prescrito en la regla 26 del Anexo I del Convenio. En tal caso, el plan se llamara ‘‘Plan de emergencia de a bordo contra la contaminación del mar’’.

El **SOPEP**, Ship Oil Pollution Emergency Plan, es un plan de lucha contra derrames de hidrocarburos en el cual se reflejan los siguientes factores:

- Instrucciones para el equipo de actuación designado en caso de derrame.
- Plan de emergencia.
- Información general del buque.
- Procedimientos para descarga de los hidrocarburos de acuerdo con las regulaciones MARPOL.
- Plano de las líneas de fuel y crudo.
- Localización del equipo Oil Spill, o SOPEP boxes.

El equipo Oil Spill mencionado es un conjunto de utensilios, normalmente situado en una casamata sobre la cubierta principal en buques petroleros destinados a contener y limpiar los derrames de hidrocarburos. El tipo y número de utensilios están claramente definidos. Pongamos como ejemplo: guantes de PVC, bolsas, pads, tapones de madera, martillos, escobas, cepillos, sacos con material absorbente, bidones, etc…

A parte de la existencia a bordo de estas medidas, existen otros factores que forman parte de la construcción de buques destinados a la contención derrames. De forma resumida podemos indicar que la cubierta del buque está construida de forma que los derrames producidos no caigan directamente al mar sino que puedan ser contenidos en la propia cubierta para ser después bombeados a los tanques slop.

Un elemento característico de casi todos los buques es el *camber* o *brusca del bao*, una curvatura de la cubierta principal, destinado a facilitar el desagüe del agua de mar o de lluvia embarcada en cubierta por las inclemencias meteorológicas, evitando su acumulación y por tanto la corrosión de las planchas de cubierta, para poder ser después vertida por los laterales del buque a través de imbornales.

Cabe tener en cuenta que los buques suelen operar en condiciones normales con un asiento apopante, lo cual hace que los líquidos sobre cubierta, por gravedad, tiendan a dirigirse hacia la zona de la habilitación, más concretamente a la zona de los botes salvavidas.

Esta construcción, necesaria para la seguridad del buque, es contraproducente en caso de derrames ya que al igual que en el caso del agua, facilitaría la descarga de los derrames de hidrocarburos, por este motivo, el buque cuenta con una serie de barreras destinadas a contener los derrames además de unos tapones de goma para los imbornales a fin de evitar los derrames de hidrocarburos al mar a través de estos.

En la zona de popa, delante de los botes salvavidas, que coincide con la situación de los slops y es donde tienden a acumularse los derrames, se instalan unas bombas *Wilden* que funcionan con aire comprimido, que aspiran el derrame y lo descargan en el interior del slop a través de una conexión a través de la cubierta. El sistema es sencillo y eficaz al mismo tiempo, no obstante, muchos factores pueden provocar que parte de estos derrames sean vertidos al medio marino.

Otra medida de contingencia que puede ser observada en la cubierta de estos buques es la existencia de bandejas de retención de fluidos en todos los lugares susceptibles de provocar pequeños derrames de hidrocarburos, como son los respiros de los tanques de fuel, a popa de la cubierta principal, o los *winches* utilizados en las maniobras que en ocasiones, debido a la lluvia, pueden producir pequeños vertidos de grasa lubricante, que a través de la curvatura de cubierta y los imbornales, puede acabar en el mar. Estos *winches* están rodeados por bandejas de contención, las cuales están dotadas con un espiche, que puede cerrarse con un tapón de goma en caso de lluvia.

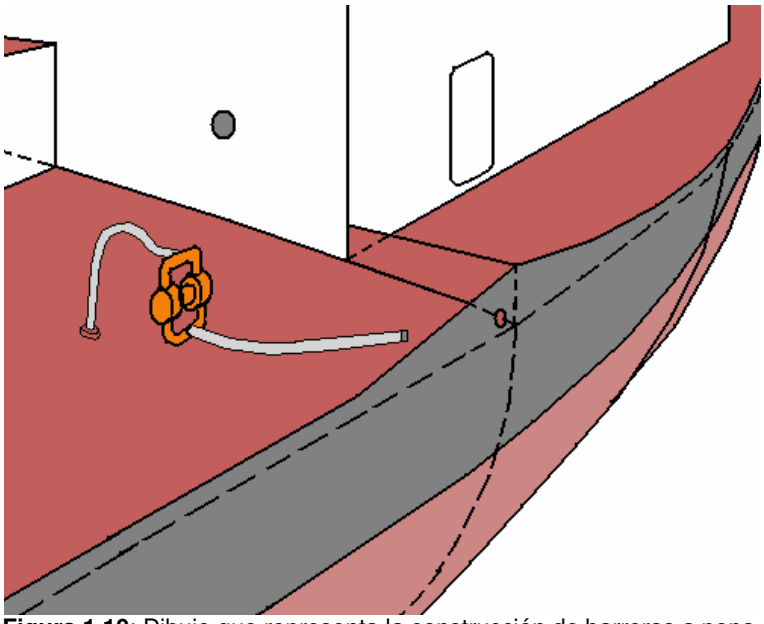


Figura 1.10: Dibujo que representa la construcción de barreras a popa de la zona de carga de un buque petrolero, vemos la bomba *Wilden* en color naranja.
Fuente: Elaboración propia.

Como se ha indicado, los respiros de los tanques están rodeados también de una bandeja, con laterales más altos, cuya finalidad es contener un pequeño vertido debido a un rebose de fuel e pequeñas dimensiones, no obstante, ha de tenerse en cuenta que los laterales de la bandeja no pueden ser tan altos que en caso de acumulación de agua de lluvia o marina, esta pueda infiltrarse a través del respiro al interior del tanque.

Como elemento preventivo, que no forma parte de las medidas habituales de contingencia, sino, que su función es alertar y prevenir posibles derrames,

nos encontramos con las alarmas de alto nivel. Independientemente del tipo de mecanismo que se utilice, suele ser un flotador metálico en el interior de un tubo, las alarmas se instalan además de la sonda propia de los tanques en aquellos tanques que están destinados al almacenamiento de hidrocarburos o sustancias contaminantes o peligrosas.

Figura 1.11: Fotografía que muestra la zona de popa de la sección de carga, en la parte baja observamos una barrera para contención de derrames y justo al otro lado de ella, la bomba *Wilden*. **Fuente:** Fotografía del autor.

Estas alarmas deben poder testearse manualmente. Al entrar en funcionamiento, una alarma suena en el control de carga, otro sonido de alarma puede oírse en la cubierta principal a través de unos altavoces y un sistema de luces intermitentes de color rojo comienza a funcionar, estas luces normalmente se instalan junto a los altavoces en un punto alto en las cercanías del manifold.

De esta manera, todo el personal que esté en la zona, será consciente de la situación y empleará las medidas adecuadas, ya sean de contingencia o de protección personal.

MEDIDAS ADICIONALES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS CONTAMINANTES EN UN BUQUE DE TRANSPORTE DE CRUDO

Medidas en caso de derrame de hidrocarburos:

- Cuando se produce un derrame de hidrocarburos al mar, surge la necesidad de adoptar y aplicar un conjunto de medidas y acciones encaminadas a dos fines:
- Lograr contener el hidrocarburo derramado.
- Limpiar el mar y el litoral (costas) afectados por el hidrocarburo derramado.
- Las acciones ante un derrame comienzan desde el propio instante en que es avistada o detectada una mancha de hidrocarburo, ya sea por un accidente, una explosión, una colisión, una varada u otras causas, pues informar lo observado constituye la primera acción en ese sentido. La información que se brinde al respecto debe contener en lo posible los aspectos siguientes:

- Fecha y hora de la observación (hora local u hora media en Greenwich GMT).
- Posición por latitud y longitud, o por referencia a un punto conocido.
- Fuente y causa de la contaminación (nombre y tipo de embarcación, varada, colisión, accidentes en refinerías, termoeléctricas o plataformas, u otras).

- Estimado de la cantidad de hidrocarburo derramado y posibilidad de derrames adicionales.
  Descripción de las manchas de hidrocarburos, incluyendo dirección, longitud, ancho y apariencia.
- Tipo de hidrocarburo derramado y sus características.
  Condiciones climatológicas e hidrometeorológicas.
- Acciones, tomadas y por tomar, para combatir la contaminación y evitar derrames adicionales.
- Datos generales sobre el observador inicial y los reporteros intermedios, e indicaciones de cómo pueden ser contactados.

MEDIDAS ADICIONALES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS CONTAMINANTES EN UN BUQUE DE TRANSPORTE DE CRUDO

Es muy importante informar a las tripulaciones de aeronaves y buques, acerca de las zonas de mayores riesgos de derrames de hidrocarburos y de los modelos de pronósticos del movimiento de las manchas, según la época del año.
Para poder dar una información lo más completa posible se deben tener conocimientos acerca del aspecto que adquiere el hidrocarburo en el mar.

Los hidrocarburos derramados al mar sufren marcados cambios, debido al conjunto de procesos conocido como curtido a la intemperie. En los momentos iniciales del derrame, las partes más gruesas aparecen como densas áreas negras, y con el avance de la emulsificación el color de la mancha cambia a marrón, anaranjado o amarillo, mientras que las partes más delgadas parecen películas iridiscentes o plateadas.

En las contaminaciones con hidrocarburo, rara vez las manchas son uniformes ni en espesor, ni en área cubierta, a no ser que dicha contaminación sea muy severa, pues el propio proceso de cambios del hidrocarburo provoca que la mancha inicial se divida en las llamadas tiras o rayas de hidrocarburo flotante.

1.12) Emisiones atmosféricas.

El Capítulo VI del MARPOL, hace hincapié especialmente en la emisión de certificados de prevención de la contaminación atmosférica, basados en la incorporación en la maquinaria del buque de elementos destinados a mejorar o reducir las emisiones aprobados por los estados partes del Convenio. El Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica se redactará en un idioma oficial del país que lo expida, conforme al modelo que figura en el apéndice I. Si el idioma utilizado no es el español, el francés o el inglés, el texto incluirá una traducción a uno de estos tres idiomas. También se hace referencia en este Capítulo a la producción de emisiones debidas a la incineración a bordo de residuos oleosos, sustancias agotadoras de la capa de ozono, como los óxidos de azufre y nitrógeno, la instalación de medios de control de las emisiones, y la expedición de certificados. El Capítulo VI del MARPOL, hace hincapié especialmente en la emisión de certificados de prevención de la contaminación atmosférica, basados en la incorporación en la maquinaria del buque de elementos destinados a mejorar o reducir las emisiones aprobados por los estados partes del Convenio. El Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica se redactará en un idioma oficial del país que lo expida, conforme al modelo que figura en el apéndice I. Si el idioma utilizado no es el español, el francés o el inglés, el texto incluirá una traducción a uno de estos tres idiomas.

También se hace referencia en la Regla 16 de este Capítulo a la producción de emisiones debidas a la incineración a bordo de residuos oleosos.

A reserva de lo dispuesto en el párrafo, la incineración a bordo se permitirá solamente en un incinerador de a bordo.
Con la salvedad de lo dispuesto en el apartado b) del presente párrafo, todo incinerador que se instale a bordo de un buque a partir del 1 de enero del año 2000 cumplirá lo dispuesto en el apéndice IV del presente anexo. Cada incinerador será aprobado por la Administración teniendo en cuenta las

especificaciones normalizadas para los incineradores de a bordo elaboradas por la Organización.

Figura 1.12: Las emisiones de gas inerte mezclado con gases de petróleo durante las operaciones de carga son una fuente ingente de emisiones atmosféricas contaminantes. **Fuente**: www.sintef.no

La incineración a bordo de lodos de aguas residuales y fangos de hidrocarburos producidos durante la explotación normal del buque también se podrá realizar en la planta generadora o caldera principal o auxiliar, aunque en este caso no se llevará a cabo dentro de puertos o estuarios.
Será necesario vigilar en todo momento la temperatura de salida del gas de combustión y no se echarán desechos en un incinerador de alimentación continua cuando la temperatura esté por debajo de la temperatura mínima permitida de 850 C. Por lo que respecta a los incineradores de a bordo de carga discontinua, la unidad se proyectará de modo que en la cámara de combustión la temperatura alcance 608 C en los cinco minutos siguientes al encendido.

No es mi intención analizar la normativa en toda su amplitud, evitando las referencias a las emisiones de motores y tipos de combustibles a emplear,

por lo que en adelante nos centraremos en buscar normativas que relacionadas con la inertización de los espacios de carga. Sin embargo, nos encontramos con que no existe una normativa específica a este respecto, estando esta regulada por el control de emisiones procedentes de la combustión y de sustancias agotadoras de la capa de ozono, que se encuentran en mayor o menor medida en el gas inerte. La introducción de los sistemas de gas inerte en los buques petroleros se remonta a finales de los años 60. En esta década hubo numerosas e inexplicables explosiones en los tanques, incluso cuando éstos estaban vacíos. Para explicar estos sucesos la petrolera *Shell* llegó a la conclusión que estas explosiones estaban producidas por descargas de electricidad estática generadas por el impacto de agua a alta presión contra las paredes metálicas de los tanques.

Los tanques durante la limpieza estaban llenos de aire y contenían explosivas bolsas de vapor de hidrocarburos. Para lidiar con esta situación se llegó a la conclusión que había que reducir al máximo los tres factores de la combustión: energía de activación, combustible y comburente. En la actualidad existe una clara separación entre zonas en un petrolero. La zona peligrosa y la zona segura. La zona peligrosa es aquella en que existe un riesgo de incendio por estar en contacto con el producto. La zona peligrosa se considera desde el mamparo de popa de la cámara de bombas hasta el pique de proa del buque. Se considera zona segura el resto del buque, la superestructura y la cámara de máquinas. En la zona peligrosa de un buque petrolero hay numerosos sistemas de seguridad como alumbrado antideflagrante, motores eléctricos correctamente encapsulados, etc.

Además de prohibiciones como: hablar por teléfono, soldar, fumar, utilizar zapatos con partes de metal etc. Estas medidas sirven para reducir la posibilidad de generar una chispa pero durante el lavado de tanques esta posibilidad sigue. Se llegó entonces a la conclusión que había que eliminar el comburente. Para conseguirlo se utiliza el llamado gas inerte. En los tanques de los buques petroleros se sustituye la atmósfera de aire por una atmósfera inerte, ausente de oxígeno. El gas inerte además de posibilitar un transporte seguro se utiliza para desplazar los vapores de hidrocarburo en

las situaciones en las que deba accederse a los tanques: inspecciones, revisiones, reparaciones, etc.

Si las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) procedentes de los buques tanque se reglamentan en los puertos o terminales sometidos a la jurisdicción de una Parte en el Protocolo de 1997, dicha reglamentación será conforme a lo dispuesto en la presente regla.

Toda Parte en el Protocolo de 1997 que designe puertos o terminales sometidos a su jurisdicción en que se vayan a reglamentar las emisiones de COV enviara una notificación a la Organización en la que se indicara el tamaño de los buques que se han de controlar, las cargas que requieren el empleo de sistemas de control de la emisión de vapores y la fecha de entrada en vigor de dicho control. La notificación se enviara por lo menos seis meses antes de dicha fecha de entrada en vigor.

El Gobierno de una Parte en el Protocolo de 1997 que designe puertos o terminales en los que se vayan a reglamentar las emisiones de COV procedentes de los buques tanque, garantizara que en los puertos y terminales designados existen sistemas de control de la emisión de vapores aprobados por el teniendo en cuenta las normas de seguridad elaboradas por la Organización y que tales sistemas funcionan en condiciones de seguridad y de modo que el buque no sufra una demora innecesaria.

La Organización distribuirá una lista de los puertos y terminales designados por las Partes en el Protocolo de 1997 a los demás Estados Miembros de la Organización, a efectos de información.

Todo buque tanque que pueda ser objeto de un control de la emisión de vapores conforme a lo dispuesto en el párrafo 2 de la presente regla estará provisto de un sistema de recogida de vapores aprobado por la Administración teniendo en cuenta las normas de seguridad elaboradas por la Organización, que se utilizara durante el embarque de las cargas pertinentes. Los terminales que hayan instalado sistemas de control de la

emisión de vapores de conformidad con la presente regla podrán aceptarla los buques tanque existentes que no estén equipados con un sistema de recogida de vapores durante un periodo de tres años después de la fecha de entrada en vigor a que se hace referencia en el párrafo 2.

Esta regla se aplicara solamente a los gaseros cuando el tipo de sistema de carga y de contención permita la retención sin riesgos a bordo de los COV que no contienen metano o su retorno sin riesgos a tierra.

Vemos por tanto, que en estos momentos no es posible encontrar una reglamentación que regule las emisiones de vapores de hidrocarburos que son emitidos en los venteos de gas inerte por los buques petroleros, siendo estas, de menor concentración de vapores de hidrocarburos, pero producidas en mayores volúmenes en menor margen de tiempo.

2) ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR EL BUQUE.

En este apartado, analizaremos, tras haber puesto de manifiesto las diversas normativas destinadas a evitar la contaminación en el capítulo anterior, las posibles causas y consecuencias de los vertidos de hidrocarburos y emisiones atmosféricas producidas en el contexto de un buque petrolero.

Las consecuencias de grandes vertidos de crudo, debidos a accidentes, son ampliamente conocidas por todos los medios, citemos el caso, en España, del *Aegean Sea*, el *Urquiola*, *Prestige*, etc... No obstante, el aspecto más interesante a efectos de este trabajo, son los pequeños derrames, accidentales u operacionales, ya que, siendo estos de mucha menor cantidad, pero producidos a lo largo de mucho tiempo, generan un volumen de hidrocarburos vertidos al medio marino de miles de toneladas, teniendo en cuenta la cantidad de buques que operan en nuestros mares.

Cabe destacar, que en la contaminación del medio marino, no solo intervienen los buques, sino que es sabido que quien produce los mayores vertidos son las industrias y sistemas de saneamiento terrestres, no obstante, el menoscabo sufrido por los ecosistemas donde normalmente operan gran número de buques es notable.

Por otra parte, podemos hacer una breve reflexión sobre los problemas derivados de la contaminación atmosférica. Aunque estos son ampliamente conocidos, no podemos dejar de mencionar, el efecto invernadero y el calentamiento global debidos a la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera. Aunque las emisiones procedentes de la automoción son con diferencia las que contribuyen en mayor medida a este efecto, las emisiones procedentes de los buques, que en conjunto representan un volumen menor, no dejan de ser grandes cantidades de CO_2 vertidos en la atmósfera en un margen de tiempo menor.

Especialmente si observamos las operaciones de carga de un gran buque petrolero, donde la descarga del gas inerte de los tanques, venteado a la atmósfera, puede generar varios miles de toneladas de CO_2 vertidos en apenas 20 horas.

A pesar del Protocolo de Kyoto, las emisiones de dióxido de carbono siguen aumentando. En 2008, los países menos desarrollados representan más del 50% de las emisiones mundiales, pero en parte debido la producción de bienes para los países ricos. Si bien representan el 80% de la población mundial, sólo contribuyeron con el 20% de las emisiones desde 1751 a 2007. La tasa de emisiones de CO_2 en el aire aumento de 280 a 383 ppm durante este mismo período.

El contenido de CO_2 nunca ha sido tan elevado desde hace 2,1 millones años.

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, las emisiones de CO_2 aumentarán el 130% de aquí a 2050. La inversión necesaria para reducir a la mitad las emisiones y desarrollar una "revolución internacional de las tecnologías energéticas" se elevará a 45 000 millones de dólares de aquí a 2050.

El aporte masivo de CO_2 en los océanos provoca una disminución del pH del agua haciéndola más ácida, disminuyendo la concentración de carbonatos, y afectando al ecosistema marino, ya que es uno de los componentes esenciales en la fabricación del carbonato de calcio utilizado por crustáceos y moluscos para fabricar su exoesqueleto calcáreo.

La acidificación del mar tiene un efecto inmediato en diversas especies. La decoloración de los corales está vinculada a una disminución de la calcificación, pero también en el Atlántico Norte la explosión de los cocolitóforos bajo el efecto de la luz primaveral debida a una mayor presión de CO_2. Peor aún, la acidificación tiene un efecto mayor en el agua fría que en los mares cálidos; en la peor situación, a finales del siglo la calcificación llegaría a ser imposible en el Océano Austral y en la costa de la Antártida,

haciendo imposible la fabricación de *aragonita*, una forma de piedra caliza encontrada en la concha de los terópodos, que constituyen la dieta básica del zooplancton, él mismo un alimento básico de muchos peces y mamíferos marinos.

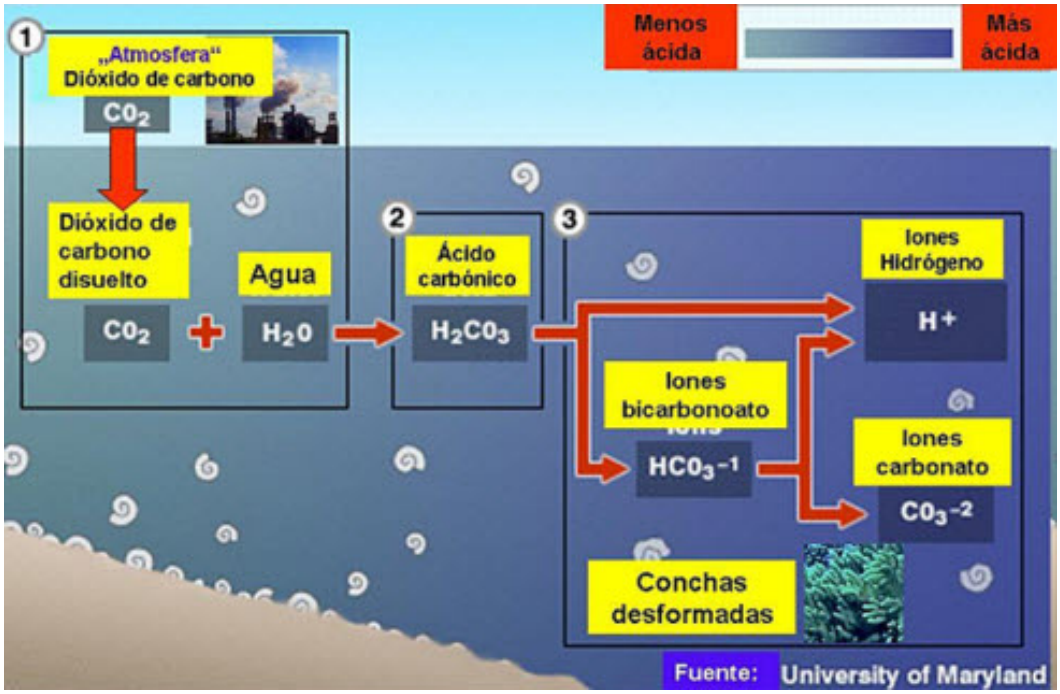


Gráfico 2.1: Esquema que muestra el proceso de acidificación del medio marino debido a la incorporación de CO_2 atmosférico. **Fuente**: www.ecoportal.net

La acidificación del mar tiene un efecto inmediato en diversas especies. La decoloración de los corales está vinculada a una disminución de la calcificación, pero también en el Atlántico Norte la explosión de los cocolitóforos bajo el efecto de la luz primaveral debida a una mayor presión de CO_2. Peor aún, la acidificación tiene un efecto mayor en el agua fría que en los mares cálidos; en la peor situación, a finales del siglo la calcificación

Una de las consecuencias del calentamiento global *podría* bloquear (o ralentizar) la circulación oceánica. Si las corrientes oceánicas se paran, las capas superficiales de agua se saturarán de CO_2 y no podrán capturarlo como en la actualidad. Peor aún, la cantidad de CO_2 que puede absorber un litro de agua disminuye, a medida que se calienta el agua. Por lo tanto, el CO_2 atmosférico podría acumularse más rápidamente si el agua de los océanos no circulara según las pautas actuales. Sin embargo, la hipótesis de

una interrupción de determinadas corrientes oceánicas se considera como «muy improbable» en el informe de 2007 de los expertos del IPCC.

2.1) Contaminación producida por hidrocarburos.

Las mareas negras producidas por accidentes en buques petroleros y el vertido resultante de las operaciones rutinarias de buques y de actividades ilegales, como arrojar al mar los residuos oleosos de las sentinas o los restos de crudo del lavado de tanques, son fuentes importantes de la contaminación por hidrocarburos de los océanos.

La contribución del tráfico marítimo internacional a la contaminación por crudo, aceites y otros productos refinados en el entorno marino puede llegar a suponer cerca de la mitad.

Si bien las mareas negras tienen un grave impacto sobre los ecosistemas, a causa de la concentración de contaminantes en una zona determinada y a los diversos efectos físicos y químicos que provoca, la contaminación crónica de los océanos tiene órdenes de magnitudes muy superiores a los que puedan darse puntualmente por accidentes. Mucha de esta contaminación proviene de fuentes terrestres que, a través de la atmósfera, los ríos o la escorrentía costera terminan en el lecho y aguas de los mares, pero la aportación de la flota mundial no es desdeñable.

La falta de adecuadas instalaciones de recepción en puertos para recibir estos residuos, la gran cantidad de buques viejos y con sistemas deficientes para el tratamiento a bordo de estos productos o su mantenimiento hasta depositarlos en un punto de recepción, la falta de sistemas de vigilancia, la débil legislación y la carencia de escrúpulos de algunas personas y empresas provocan que cada año se viertan al mar millones de toneladas de hidrocarburos.

A través de este análisis pretendemos poner de manifiesto el importante volumen de vertidos de hidrocarburos que se siguen produciendo en los mares europeos y la falta de infraestructuras y medidas legislativas que lo

eviten. Asimismo, se analiza el estado actual de cumplimiento de las legislaciones internacionales y europea y se presentan propuestas.

Figura 2.1: Los vertidos operacionales de hidrocarburos pueden alcanzar los 2,5 millones de Tm al año. **Fuente**: www.newsgd.org

Los vertidos de poca cantidad: Normalmente se producen durante las operaciones de carga, descarga o toma de combustible por distintas causas, entre las cuales cabe destacar las siguientes:

- Rotura en juntas de bridas o perforación de líneas.
- Perforación de mangueras.
- Reboses de tanques.
- Omisión o deficiencias en el soplado de líneas.
- Agarrotamiento de válvulas.
- Maniobras erróneas en válvulas o bombas, etc.

MEDIDAS ADICIONALES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS CONTAMINANTES EN UN BUQUE DE TRANSPORTE DE CRUDO

Se citan a continuación algunas medidas que deben ser adoptadas por la tripulación en algunos casos, donde algunas de las averías citadas anteriormente han tenido lugar, con la intención de luchar contra el vertido de hidrocarburos:

Rotura de líneas:

En este caso se procederá a despresurizar la tubería afectada cerrando la correspondiente válvula del manifold y abriendo, si es posible, la descarga a un tanque vacío.

Otro método para despresurizar la línea puede ser el vaciado de la misma mediante una de las bombas de reachique, disponiendo la descarga del producto a un tanque.

En ningún caso se vaciará la línea afectada a las sentinas del cuarto de Bombas.

Rebose de tanques:

Una vez tomadas las medidas descritas en el punto anterior, se procederá a comunicar el tanque que ha rebosado con otro próximo que tenga una sonda inferior a fin de trasvasar el exceso de carga a dicho tanque: si esta operación no fuese posible por encontrarse todos los tanques llenos se dispondrá, de acuerdo con la terminal, la descarga del producto sobrante a tierra, mediante las bombas de a bordo; en último caso, se podrá transferir el exceso a un tanque de slop, si la capacidad de este lo permite.

Rotura de mamparos internos de tanques:

Si a consecuencia del mal tiempo u otras causas se aprecia que se ha podido producir alguna fisura o perforación en alguno de los mamparos de los tanques de carga o combustible que separan estos de otros espacios del buque, como tanques de lastre segregado, cofferdams, bodegas de carga seca, peaks, espacios de máquinas o cuarto de bombas, se tomarán las siguientes medidas iniciales:

- Se tratará de disminuir la presión interna del tanque afectado trasegando el producto a otro tanque, hasta que la zona dañada quede en el espacio vacío del mismo.
- Si el derrame se ha producido en un espacio vacío, se realizarán las operaciones necesarias para achicar la inundación, trasegando el producto recuperado a otro tanque de carga o combustible respectivamente o en caso necesario a un tanque de slops.
- Si el derrame se ha producido en un tanque de lastre segregado, se ha de tener en cuenta que es necesario reparar y hacer estanco el mamparo dañado, así como efectuar una limpieza integral de dicho tanque, antes de lastrarlo, ya que en caso integral de dicho tanque, antes de lastrarlo, ya que en caso contrario el agua contenida en el mismo seria considerada como lastre sucio y deberá ser descargada a tierra en una instalación de recepción: con el peligro de contaminar las líneas y bombas de lastre segregado.

En el caso de que el mencionado tanque de lastre se encontrase total o parcialmente lleno de agua, ésta se considerará como lastre sucio debiendo descargarse íntegramente a tierra en una instalación de recepción, realizando seguidamente una limpieza de las líneas y bombas utilizadas en la descarga de dicho tanque descargando también el agua de limpieza a tierra. El tanque no podrá considerarse de lastre segregado hasta que la inspección técnica de la Autoridad Marítima Local así lo determine.

Daños en el casco con o sin salida de carga al mar:

Una vez localizada la zona del casco donde se ha producido el daño, se procederá al achicado del tanque o tanques afectados a fin de disminuir la presión interna del mismo, bien trasegando a otros tanques vacíos o descargando a tierra el producto contenido en los mismos.

De acuerdo con el Terminal y la Autoridad Marítima Local, la tripulación del buque colaborará en las operaciones de tendido de un cerco de

contención alrededor del buque y a la recuperación mecánica del producto derramado en el agua.

Si la avería ha producido una rotura en el forro exterior, tan pronto como sea posible, se intentará un taponamiento de fortuna hasta que sea posible realizar una reparación definitiva.

Si los daños se producen durante la navegación, la única medida posible a tomar será tratar de disminuir la presión interna del tanque o tanques afectados trasegando carga; en el caso de que la avería afecte al forro exterior y se encuentre bajo la flotación, se tratará, en lo posible, de variar el trimado y la escora para dejar fuera del agua la zona afectada.

2.3) Volumen de hidrocarburos vertidos al medio marino

Cada año se transportan por vía marítima unos 1.500-1.800 millones de toneladas de crudo a bordo de miles de buques petroleros, suponiendo el 35% del transporte mundial oceánico.

A esta cantidad habría que sumarle otros 400-500 millones de toneladas de productos refinados, como gasolina, gasóleo, fuel, etc. Europa es el principal receptor de estos productos, llegando a recibir cerca de 500 millones de toneladas anuales de crudo y otros 250-300 millones de productos refinados.

Además, las aguas europeas se encuentran en el camino de muchos otros petroleros que transportan su carga a distintos destinos, por lo que el monto total de crudo atravesando cada año las aguas de la UE sería superior a los 1.000 millones de toneladas.

La UE necesita alrededor de 6.000 fletes anuales para abastecer su demanda de crudo, de los que se encargan unos 1.500-2.000 petroleros.

El Estrecho de Gibraltar es un de los puntos más congestionados de Tráfico marítimo, atravesándolo cada año unos 18.000 buques con mercancías peligrosas.

El 81% de los petroleros que navegan por el mundo pertenece a empresas privadas no ligadas directamente a empresas petroleras ni gobiernos.

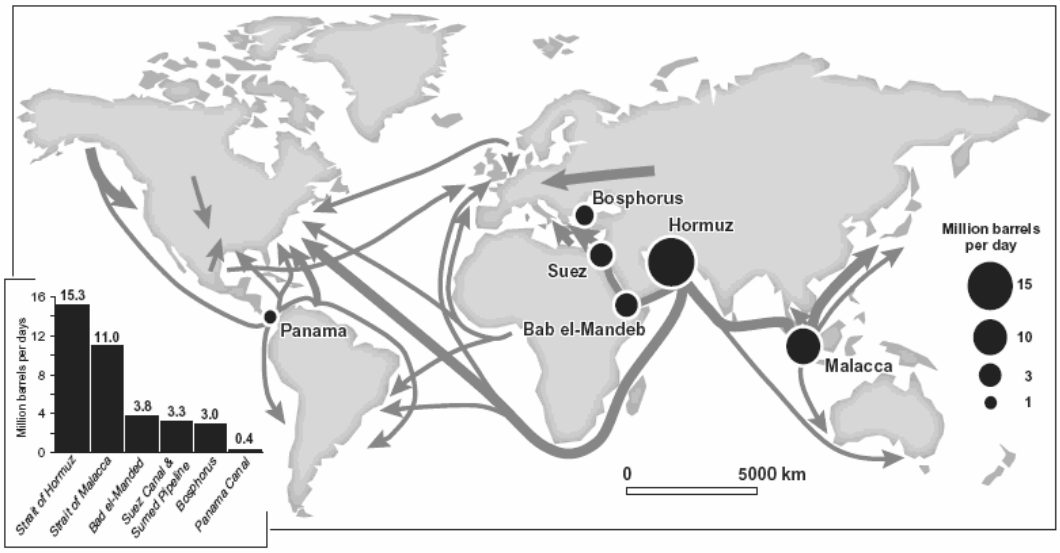


Gráfico 2.2: Principales rutas de tráfico de hidrocarburos. **Fuente**: www.southchinastudies.org

Anualmente se producen unos 300 accidentes en buques petroleros, provocando el vertido de entre 240.000 y 960.000 toneladas de hidrocarburos.

Los vertidos ilegales y operaciones rutinarias de los buques suman entre 666.000 y más de 2,5 millones de toneladas de hidrocarburos cada año a la contaminación marina. Cerca de 280.000 de estas toneladas proceden del combustible y aceites de buques no petroleros.

El Mediterráneo es el mar más contaminado por este tipo de vertidos, pudiendo estos llegar a ser de unas 490.000 toneladas al año.

Anualmente se detectan cerca de 3.000 vertidos ilegales de hidrocarburos a los mares europeos, pero se cree que son sólo una pequeña parte de los que realmente se producen. El Mediterráneo recibe entre el 45% y el 60% de ellos.

MEDIDAS ADICIONALES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS CONTAMINANTES EN UN BUQUE DE TRANSPORTE DE CRUDO

Existen estimas muy dispares sobre la generación de residuos oleosos en Europa, pero todas ellas coinciden en que la cantidad total es superior a los 20 millones de toneladas al año.

Algunos grandes petroleros pueden generar unas 800 toneladas de residuos de crudo por cada carga transportada.
El lavado de tanques en petroleros navegando en aguas europeas podría generar anualmente unos 12 millones de metros cúbicos de aguas contaminadas con hidrocarburos.

Los residuos oleosos procedentes del uso de combustible en petroleros que llegan a puertos europeos podrían alcanzar la cifra de 160.000 toneladas.

En el principal puerto de Europa, Rótterdam, sólo el 7% de los buques que recala en él deposita en sus instalaciones de recepción sus residuos oleosos.

En el Mediterráneo existen 50 instalaciones de recepción de residuos de hidrocarburos y, de ellas, sólo 15 superan los mínimos requeridos.

En el Golfo Pérsico, lugar de carga del 50% del crudo que se transporta por vía marítima en el mundo, no existen apenas instalaciones para el tratamiento de residuos de hidrocarburos y sólo Omán es firmante de MARPOL.

Sólo uno de los miembros de la OPEP (Ecuador) ha suministrado datos a la Organización Marítima Internacional (OMI) sobre sus instalaciones portuarias de recepción de residuos.

En la UE, sólo Alemania y Grecia han cumplido con la transposición de la Directiva de la UE que entraba en vigor en enero de 2003 para promocionar el tratamiento de residuos en puerto y evitar su vertido al medio marino.

MEDIDAS ADICIONALES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS CONTAMINANTES EN UN BUQUE DE TRANSPORTE DE CRUDO

Los puertos españoles reciben anualmente más de 100 millones de toneladas de hidrocarburos, de las que cerca del 70% corresponden a hidrocarburos pesados, como crudo, fuel o asfalto.

En España, el tráfico de hidrocarburos pesados puede generar más de 3,5 millones de toneladas de residuos. Sólo de lodos y restos del transporte de petróleo podrían superar las 250.000 toneladas

En Algeciras, el puerto con mayor movimiento de mercancías de España y el decimocuarto de Europa, sólo se recibe, en el mejor de los casos, el 25% de los residuos oleosos que le corresponderían por volumen de tráfico.

España es un país con serias deficiencias en el tratamiento de residuos generados en buques, la prevención de los vertidos ilegales y la persecución de los infractores.

España no ha transpuesto la última directiva de la UE para prevenir la contaminación desde buques y no ha actualizado la información sobre sus infraestructuras portuarias para la recepción de residuos que debería aportar a los organismos internacionales.

Según distintos estudios17, la generación de residuos por buque en relación al combustible utilizado puede ser del 1,5 al 2% en el caso de fuel pesado y de 0,5% en diesel. El consumo medio de un buque mercante es de unas 0,35 toneladas de combustible por tonelada de registro bruto y año18. Lo que nos llevaría a considerar que el petrolero medio generaría unas 15.750 toneladas de residuos procedentes del uso de combustible anualmente. Por lo que la flota de cerca de 2.000 petroleros que cada año navega por aguas europeas consumiría unos 31,5 millones de toneladas de combustible y, en consecuencia, generaría 157.500 toneladas de residuos en el mejor de los casos.

MEDIDAS ADICIONALES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS CONTAMINANTES EN UN BUQUE DE TRANSPORTE DE CRUDO

Recientemente la *National Academy of Science* (NAS) ha estimado que cada año, sólo del lavado de tanques, se puede verter al mar una cantidad similar a la que transportaba el *Prestige* en las bodegas.

La OMI obliga a mantener a bordo los residuos de hidrocarburos, ya sean del lavado de tanque, de sentinas, de los motores, etc., hasta su descarga en una instalación de recepción portuaria para el tratamiento de residuos incluidos en el Anexo I de MARPOL. Para ello, los petroleros y la mayoría de los buques mercantes deben disponer de tanques para el mantenimiento de estos residuos hasta su llegada a puerto.

Algunos residuos de crudo en el lavado de tanque se han reducido por medio de la técnica conocida como *load-on-top*, que consiste en derivar las aguas del lavado de tanques a los slops y permitir que, por la diferente densidad y peso del crudo y el agua éstos se separen, quedando el crudo en la parte superior y el agua en la inferior, con lo que se procede a su vertido, reteniendo el resto (aun así, este agua puede mantener concentraciones de hidrocarburos contaminantes).

De esa manera, al llegar al puerto de carga, ésta se realiza encima de los residuos y, entonces, son descargados junto con el resto de la carga en la terminal receptora.

Otra técnica para reutilizar los residuos de los transportes de hidrocarburos pesados es el lavado de los tanques con petróleo. En lugar de utilizar agua, el lavado con crudo usa la misma carga para retirar los residuos creados y, de este modo, se evita la contaminación de miles de metros cúbicos de agua y el petróleo puede ser descargado sin generar apenas residuos.

Pero estas técnicas aún no están totalmente extendidas y, por otra parte, ya existen refinerías que rechazan asumir los residuos mezclados con la carga, incluso firmando contratos con los buques petroleros en los que se define claramente que no se aceptará la técnica de *load-on-top*.

MEDIDAS ADICIONALES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS CONTAMINANTES EN UN BUQUE DE TRANSPORTE DE CRUDO

La OMI ha regulado los vertidos de hidrocarburos permitidos, estableciéndolos sólo para los casos en que se realicen por cuestiones de seguridad para la navegación y los trabajadores de la mar, o cuando sean de aguas oleosas procedentes de los motores con niveles de hidrocarburos no superiores a los 15 ppm.

Dentro de los acuerdos internacionales para la prevención de la contaminación por hidrocarburos existen una serie de deficiencias que deben ser rápidamente subsanadas.

Asimismo, se establece que los vertidos de hidrocarburos deberán hacerse lejos de la costa (al menos a 50 millas) y con el buque navegando, teniendo en cuenta que no pueden verterse más de 30 litros por milla recorrida y que el vertido total no exceda 1/30.000 (o 1/15.000 si el petrolero es anterior a 1980) de la carga. Es decir, que el vertido total permitido de todos los buques transportando crudo en el mundo debería ser, en el peor de los casos de unas 120.000 toneladas de hidrocarburos, o entre 33.000 y 53.000 toneladas en el caso de

Europa, algo difícil de entender si sólo de costras y lodos de la carga se producen, al menos, entre 5,6 y 6,3 millones de toneladas de residuos en el mundo y entre 1,75 y 2,8 millones en Europa.

Existe una falta de cumplimiento generalizado con las normas de MARPOL, en parte debido a la necesidad de concretar lo que deben ser consideradas como instalaciones portuarias de recepción adecuadas, ya que este término no viene definido en la Convención.

Se debería trabajar desde la OMI y otros foros mundiales para la prevención de la contaminación para conseguir solventar la ausencia de muchos de los principales productores de crudo como miembros firmantes de las principales convenciones internacionales, como MARPOL.

Es necesaria una colaboración internacional para perseguir a los infractores, ya que muchos de estos vertidos se realizan en aguas internacionales y, en ocasiones, por buques enarbolando banderas de países no firmantes de los acuerdos internacionales, por lo que se crea un serio agujero legal.

Se requiere una definición dentro de las legislaciones internacionales y nacionales sobre el papel y la responsabilidad que tienen el país responsable del buque, la empresa propietaria y fletadora, y el capitán.

Es necesario establecer unos valores-guía veraces sobre la generación de residuos y valorar con fiabilidad las cantidades vertidas al mar. No existen estimas fiables sobre la generación y vertido de hidrocarburos y aguas oleosas. Cada aproximación a la cuantificación de los residuos generados da cifras distintas e incongruentes.

La UE debería promocionar la colaboración entre estados para compensar la escasez de medios para vigilar los incumplimientos y la realización de vertidos ilegales de petróleo y aguas oleosas al mar.

Asimismo, se debería destinar un presupuesto a este cometido, incluyendo el seguimiento por satélite y aeronaves, al igual que sistemas de análisis y seguimiento que permitieran identificar a los infractores y llevarles a juicio.

La nueva directiva de la UE51 intenta subsanar algunos de estas carencias y fomentar la entrega de residuos en las instalaciones portuarias para tal efecto. Una de las medidas novedosas incluye el cobro de un canon a todos los buques que atraquen en puertos europeos, independientemente de si descargan o no sus residuos, con el objetivo de incentivar el depósito de estos lodos y aguas contaminadas. Pero aún queda por comprobar la eficacia y cumplimiento de esta legislación y, además, otros temas permanecen sin resolver.

En 1993, la Comisión Europea propuso una nueva Directiva 52 para mejorar la vigilancia marina en las zonas donde el tráfico de petroleros y sustancias

peligrosas era más denso, pero nunca ha llegado a ser aprobada por el Consejo. Nuevamente la Comisión ha presentado recientemente otra propuesta53 para incrementar la vigilancia sobre el cumplimiento de los convenios internacionales para la prevención de la contaminación por hidrocarburos, incluyendo el establecimiento de penas para los infractores.

La solución de estos problemas pasa por coordinar las demandas de los diferentes colectivos implicados: Los propietarios de buques y capitanes se quejan de los elevados costes del tratamiento de residuos y de la pérdida de tiempo que puede suponer este servicio; las autoridades portuarias indican que las instalaciones no son siempre suyas y, por tanto, no tienen competencias sobre muchas instalaciones portuarias privadas, lo que en algunos puertos puede suponer el 80% del tráfico portuario50; y las empresas dedicadas al tratamiento de residuos denuncian que con el escaso apoyo gubernamental y la falta de residuos entregados por los buques sus operaciones son totalmente inviables económicamente.

2.3) Gas inerte

El gas inerte es un gas o mezcla de gases en la que el contenido de oxigeno es tan bajo que es imposible la combustión. Los hidrocarburos y sus productos no pueden arder en atmósferas que contengan menos del 11% de oxigeno en volumen. Se considera que el mantenimiento de los tanques de carga con un nivel máximo del 8% da un margen suficiente de seguridad. Este gas se puede obtener de la combustión de una caldera, del escape de un motor (p.e. *Flue Gas* de *British Petroleum*), desde un generador independiente o desde un tanque de almacenamiento.

El principal cometido del gas inerte es proporcionar protección contra explosiones en los tanques al desplazar al aire de los mismos (con su contenido de 21% de oxigeno). El gas inerte también se utiliza para ventilar tanques de carga y/o evitar condiciones de sobrepresión o vacío.

Antes de ser distribuido a los tanques, el gas inerte tiene que ser primeramente enfriado y purificado, ya que hay que eliminar las partículas sólidas y corrosivas como el azufre.

En el proceso de descarga, el buque llegara con la planta de gas inerte revisada y los tanques inertizados. El suministro de gas inerte se iniciara inmediatamente antes de comenzar la descarga con objeto de subir la presión en tanques. En ningún momento se dejara que entre aire en el tanque, para ello siempre se mantendrá una presión positiva en el tanque. Antes de comenzar la limpieza de tanques se asegurara que el porcentaje de oxigeno sea inferior al 5%.

Las operaciones de lavado se interrumpirán si falla la planta de gas inerte, si el porcentaje de oxigeno es superior al 5%, o si la presión en el tanque es inferior a la atmosférica.

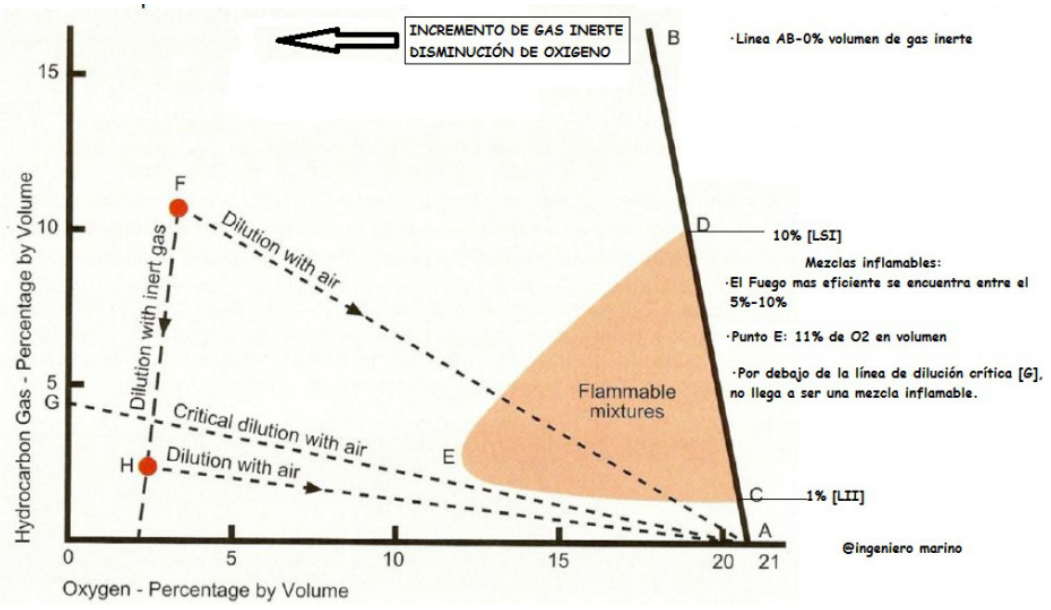


Gráfico 2.3: El gas de hidrocarburo que se encuentra en los petroleros NO puede arder en una atmósfera que contenga menos de aproximadamente un 11% de oxígeno por volumen. (En la práctica por motivos de seguridad se mantiene el 8% como límite recomendado a bordo de buques tanques). **Fuente**: http://ingenieromarino.wordpress.com

Las referencias legales sobre el Gas Inerte están en el SOLAS 74, Cap. II-2, modificado por la Resolución MSC (99)73 en vigor desde el 1 de enero del

2002, que establece la obligación de disponer de un sistema de gas inerte, adecuado a lo establecido en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.

Los gases emitidos por la combustión de hidrocarburos son, principalmente de dos tipos: inofensivos y contaminantes.
Los primeros están formados, fundamentalmente, por Nitrógeno, Oxígeno, Dióxido de Carbono, vapor de agua e Hidrógeno. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el Monóxido de Carbono, Hidrocarburos y óxidos de Nitrógeno.

El Nitrógeno es un gas inerte que se encuentra presente en el aire que respiramos en una concentración del 79%. Debido a las altas temperaturas existentes en las calderas, el Nitrógeno se oxida formando pequeñas cantidades de óxidos de Nitrógeno, aunque sea un gas inerte a temperatura ambiente. El Oxígeno es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el Oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape.

Los compuestos orgánicos son sustancias químicas que contienen carbono y se encuentran en todos los elementos vivos. Los **compuestos orgánicos volátiles**, a veces llamados VOC (por sus siglas en inglés), o COV (por sus siglas en español), se convierten fácilmente en vapores o gases. Junto con el carbono, contienen elementos como hidrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Los COV son liberados por la quema de combustibles, como gasolina, madera, carbón o gas natural. También son liberados por disolventes, pinturas y otros productos empleados y almacenados en la casa y el lugar de trabajo.

Algunos ejemplos de **compuestos orgánicos volátiles** son:

- Naturales: isopreno, pineno y limoneno
- Artificiales: benceno, tolueno, nitrobenceno

Otros ejemplos de compuestos orgánicos volátiles son formaldehído, clorobenceno, disolventes como tolueno, xileno, acetona, y percloroetileno (o tetracloroetileno), el principal disolvente usado en la industria de lavado en seco. Muchos compuestos orgánicos volátiles se usan comúnmente en disolventes de pintura y de laca, repelentes de polillas, aromatizantes del aire, materiales empleados en maderas, sustancias en aerosol, disolventes de grasa, productos de uso automotor y disolventes para la industria de lavado en seco.

Muchos compuestos orgánicos volátiles son peligrosos contaminantes del aire. La importancia de los COV reside en su capacidad como precursores del ozono troposférico y su papel como destructores del ozono estratosférico. Contribuyen a la formación del smog fotoquímico al reaccionar con otros contaminantes atmosféricos (como óxidos de nitrógeno) y con la luz solar. Se da principalmente en áreas urbanas, dando lugar a atmósferas ricas en ozono de un color marrón. Reduciendo la emisión de estos compuestos orgánicos volátiles y de los óxidos de nitrógeno se conseguiría evitar la formación del smog.

El vapor de agua se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del Hidrógeno, y se libera junto con los gases de escape. El dióxido de Carbono producido por la combustión completa del Carbono no resulta nocivo para los seres vivos y constituye una fuente de alimentación para las plantas verdes, gracias a la fotosíntesis. Se produce como consecuencia lógica de la combustión, es decir, cuanto mayor es su concentración, mejor es la combustión. Sin embargo, un incremento desmesurado de la concentración de Dióxido de Carbono en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala (el llamado efecto invernadero).

Los Hidrocarburos, dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno, por ejemplo, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas. El Benceno es uno de los múltiples causantes de cáncer. Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, las cuales son también responsables de la producción de Aldehídos y Fenoles.

La presencia simultánea de Hidrocarburos, óxidos de Nitrógeno, rayos ultravioleta y la estratificación atmosférica conduce a la formación del smog fotoquímico, de consecuencias muy graves para la salud de los seres vivos.

2.4) Otras.

Se podrían en este apartado analizar otras fuentes de contaminación procedentes de los buques. Tras haber profundizado en la polución causada por los hidrocarburos y las emisiones atmosféricas, podría decirse que otras fuentes serían meramente testimoniales, sin embargo podríamos citar el vertido de basuras y de aguas residuales.

La cuestión de las basuras está ampliamente regulada por el convenio MARPOL, es sabida la prohibición absoluta de verter plásticos en el medio marino, no obstante, para citar un ejemplo, recalcaremos la existencia de la llamada *sopa de plástico* del Pacífico, una gran zona oceánica que abarca 1.400.000 Km^2 en el norte del océano Pacífico. Es una zona del océano cubierta de desechos marinos en el centro del océano Pacífico Norte, localizada entre las coordenadas 135° a 155° W y 35° a 42°N. Este vertedero oceánico se caracteriza por tener concentraciones excepcionalmente altas de plástico suspendido y otros desechos atrapados en las corrientes del giro del Pacífico Norte (formado por un vórtice de corrientes oceánicas). A pesar de su tamaño y densidad, la isla de basura

oceánica es difícil de ver incluso mediante fotografías satelitales. Tampoco es posible localizarlo con radares.

Gráfico 2.3: La llamada sopa de plástico del Pacífico es el resultado del vertido de materiales plásticos al medio marino. **Fuente**: www.bigblueorb.wordpress.com

Los desechos marinos se generan en buques comerciales mercantes y pesqueros, cruceros, embarcaciones recreativas, naves militares y de investigación, además de fuentes en tierra. El desecho marino incluye: vidrio, plástico, metal, papel, equipamiento pesquero, telas, desechos alimenticios, madera, goma y materiales de empaque.

La basura marina es de larga-vida y se mantiene activa por décadas, de manera directa e indirecta. Consiste en su mayoría de plásticos, y también de metal y vidrio, materiales que no se desintegran fáciles ni rápidamente. La basura plástica es una fuente de sustancias orgánicas persistentes.

Por mucho tiempo, se pensaba que los océanos podrían absorber cualquier cosa que se arrojaba. Sin embargo esta actitud ha cambiado, junto con una mayor conciencia sobre el medio ambiente. Muchos objetos pueden ser

degradados por el mar, pero el proceso puede demorar meses o años, como se demuestra en la siguiente tabla:

Cáscaras de naranja y plátano	hasta 2 años
Colillas de cigarrillos	5 años
Medias de lana	1- 5 años
Madera pintada	13 años
Papel laminado con plástico	5 años
Bolsas plásticas	10 -20 años
Recipientes plásticos	20-30 años
Tela de nylon	30- 40 años
Cuero	hasta 50 años
Latas	l00años
Latas y lengüetas de aluminio	200- 500 años
Botellas de vidrio	1 millón años.
Botellas de plástico	Indefinidamente

El uso de materiales sintéticos y no biodegradables en el equipamiento de pesca y el empaque tiene como resultado una alta tasa de mortalidad de mamíferos marinos (delfines, ballenas, focas, nutrias marinas, manatíes); aves, peces y otras especies tanto local como internacionalmente.

Aún cuando no es el grupo más afectado, los mamíferos marinos se encuentran bien documentados y algunos de sus especies se encuentran en mayor peligro de extinción. Una evaluación reciente de la Oficina de Tecnología del Congreso de los Estados Unidos concluyó que aproximadamente 100.000 mamíferos marinos mueren cada año en los océanos del mundo producto de la ingestión de desechos plásticos o por enredarse con ellos. Además la situación se está empeorando. Estas muertes no son rápidas ni compasivas.

Los peces y mamíferos marinos mueren por enredarse en desechos de tres formas distintas. Si los fragmentos son grandes, los animales se ahogan. Los fragmentos medianos causan agotamiento y muerte por hambre debido al arrastre extra que involucran. Los fragmentos pequeños que incluyen la mayor cantidad de basura como cintas de embalaje, cuerdas, etc. matan

lentamente, incluso demorando meses, debido al crecimiento del animal que poco a poco se va estrangulando o cortando.

Se ha registrado la ingesta de basura plástica en aves, tortugas marinas, peces y mamíferos marinos, desde perdigones hasta bolsas. Se encontró dentro de una ballena pigmeo joven que murió tras varar en Texas en 1993 que los primeros dos compartimientos estomacales estaban llenos de desechos plásticos incluyendo una bolsa de basura, un envoltorio de pan, una bolsa de papas fritas y otros dos pedazos de plástico.

Los objetos más ingeridos por delfines y ballenas incluyen bolsas y láminas de plástico, aunque también se han encontrado redes, cuerdas y otros objetos plásticos dentro de estos animales.

Se conocen 69 especies de aves a nivel mundial que ingieren desechos plásticos. Los materiales más comunes son pedregones plásticos pequeños (0,2-0,6 Mm. de diámetro), le siguen fragmentos de polietileno. En menor cantidad se encuentra el poliestireno. Los pedregones de plástico son la materia prima que se obtiene de los petroquímicos sintetizados. Se transportan a granel a los centros manufactureros donde se funden y se fabrican productos para el consumo.

La ingestión de grandes cantidades de plástico puede causar obstrucción intestinal, una falsa sensación de saciedad o reducir la absorción de nutrientes. Las especies que no regurgitan pueden además absorber sustancias tóxicas liberadas por la acumulación. Las aves también se enredan en basuras domésticas y desechos pesqueros. Las causantes más comunes del enredamiento de aves son las argollas plásticas de latas. Muchas aves juntan pedazos de redes para sus nidos, éstos pueden estrangular tanto a las aves adultas como a sus polluelos.

Estudios recientes han destacado un tipo de contaminación plástica que se había pasado por alto previamente: pequeños fragmentos de scrubbers (esferas) plásticos (normalmente de 0,5 mm de ancho) derivados de

limpiadores manuales, preparaciones cosméticas y medios de limpieza con aire comprimido. La tecnología de aire comprimido utiliza partículas de polietileno para sacar pintura de superficies metálicas y la limpieza de piezas mecánicas, éstas se pueden reciclar unas 10 veces antes de desecharlas, y muchas veces se encuentran contaminadas con metales pesados. El impacto de estas partículas persistentes sobre el medio ambiente puede ser variado. Por ejemplo, los metales pesados u otros contaminantes se pueden transferir a organismos filtradores u otros invertebrados alcanzando niveles "tóxicos" superiores.

Desechos plásticos a la deriva pueden constituir posibles caminos de invasión de especies foráneas: los plásticos que flotan por el mar pueden albergar organismos como bacterias, diatomeas y algas, entre otros. Los plásticos a la deriva pueden aumentar la gama de organismos marinos o introducir nuevas especies a un medio ambiente marino.

Aguas residuales, aguas servidas o 'aguas negras' es el desecho de baños, lavabos médicos y otras instalaciones similares. Generalmente esta separada de las 'aguas grises'. Los buques vierten estas aguas al mar, tratadas o sin tratar. Las aguas residuales sin tratar de los buques por lo general son más concentradas que las domésticas porque las naves utilizan menor cantidad de agua para enjuagar los desechos. Las aguas residuales de las naves llevan microorganismos nocivos y nutrientes excesivos al medio ambiente marino.

Más aun, las sustancias químicas como el cloro, amonio y formaldehído son utilizadas por muchos dispositivos sanitarios marinos (MSD) y son dañinos para la vida marina. Incluso los buques con MSD no siempre tratan las aguas residuales a los niveles requeridos.

Las 'aguas grises' provienen de duchas, lavabos, lavaderos y cocinas e incluyen contaminantes como aceites y grasas, pesticidas, detergentes, metales y limpiadores. El contenido de las aguas grises puede afectar

negativamente la vida y el hábitat marino por la disminución del oxígeno disuelto y por los contenidos tóxicos.

2.5) La cuestión de los combustibles

Es conocido que el mundo del transporte marítimo se
Encuentra en constante evolución y desarrollo. Bien avanzado el siglo XXI, nos encontramos en otra era de cambios en este sector, en esta ocasión afectan al combustible empleado por los buques.

El cada vez más elevado precio del crudo y las emisiones de dióxido de carbono que propician el cambio climático ha n desembocado en la incorporación al mundo marítimo de ideas en el marco del cambio del fuel-oil a otros combustibles como el gas natural.
Un tema clave que genera gran controversia es el tipo de combustible que se usará en los barcos en un futuro próximo.

De acuerdo con los informes, el tráfico marítimo es responsable de cerca del 3% de las emisiones del dióxido de carbono a escala global, casi lo mismo que Alemania en su conjunto. Pero sus emisiones de SOx NOx son proporcionalmente mayores. Incluso si el tamaño de la flota mundial se duplicase para el 2050, las emisiones podrían estabilizarse con las tecnologías con que contamos por el momento. Sin embargo, podríamos reducir efectivamente estas emisiones para el mismo periodo utilizando combustibles alternativos.

Hay varias opciones de nuevos combustibles que, por el momento, se encuentran con ciertas resistencias no siendo la menor la necesidad de nuevas infraestructuras para suministrarlos.
Cuando el buque *Selandia* comenzó su vida útil en 1912 (el primer mercante oceánico con propulsión diesel), tuvo que llevar combustible suficiente para el viaje de ida y vuelta desde Dinamarca a Singapur, al no poder contar con ninguna posibilidad de tomar bunker en Singapur.

Hay muchas opciones de combustibles alternativos, pero son cuatro los que más menciones suscitan en los últimos tiempos. Por supuesto, el LNG es obviamente la primera; en este momento hay unos 60 buques propulsados por LNG operativos, excluyendo los gaseros con propulsión dual y otros 10 parece que van a ser comisionados próximamente.
Hay preocupación sobre la infraestructura de los puntos de servicio, pero se están construyendo rápidamente nuevas instalaciones en el norte de Europa, E.E.U.U. y Asia.

La planta regasificadora de *Reganosa*, ubicada en Mugardos (A Coruña) estudia la construcción de un *hub* o centro de distribución de gas natural licuado (LNG) para buques que utilicen este combustible, con el fin de aprovechar la posición geoestratégica de Ferrol en el corredor atlántico y ante el aumento previsto de barcos que usen esta energía con la futura normativa europea sobre reducción de emisiones contaminantes.

Con la instalación de este *hub* en *Reganosa* se trataría de convertir Ferrol y su puerto en el centro de distribución energética del noroeste, según ha señalado durante la presentación el consejero de Economía e Industria, quien ha destacado que también supone para Galicia una oportunidad para consolidarse como plataforma de distribución de gas natural de Europa, ante la reciente inestabilidad en la zona del Este y la preocupación por la dependencia energética de muchos países hacia Rusia.

La creación de este centro de distribución también podría suponer una gran oportunidad para el sector naval y los astilleros de *Navantia* en la ría de Ferrol, que deben aspirar a construir nuevos buques, reparar y reconstruir, y una oportunidad en la que los astilleros tienen obligación de estar presentes y ser competitivos.

El proyecto, presentado en las instalaciones de *Reganosa* en Mugardos, en el interior de la ría de Ferrol, se elaborará durante este año y el próximo. El

presupuesto es de 1,2 millones de euros, de los que el 50% será aportado por fondos europeos.

Con la instalación de un *hub* de LNG se podría aprovechar la creciente demanda de este combustible para buques, han señalado. La empresa DNV GL ha cifrado en 1.000 las embarcaciones que utilizarán gas natural licuado en el horizonte de 2020. En la actualidad navegan 48 en todo el mundo, en especial buques de línea regular y cabotaje, sin contar los barcos de transporte fluvial, y están autorizadas 55 nuevas construcciones.

El proyecto beneficiará en conjunto al puerto y *Navantia*, puesto que los gaseros que llegan a *Reganosa* para descargar podrían parar en *Navantia* para reparar y podrían después volver a cargar LNG, aunque por este centro de distribución también podrían pasar los 40.000 buques que navegan por el corredor del Atlántico o incluso buques pesqueros.

El estudio analizará la demanda de LNG, las infraestructuras necesarias y el cambio regulatorio posible, aunque también será necesario el compromiso de la población y las autoridades.

Una segunda alternativa es la electricidad. La tecnología de las renovables puede generar electricidad para utilizar en los puertos o para cargar baterías de buques eléctricos o híbridos. Remolcadores, ferries, OSVs y pequeños buques-tanque serían candidatos ideales para la energía eléctrica, existiendo en Noruega un ferry totalmente eléctrico en construcción.

Una tercera opción puede llevarnos más hacia el futuro, al menos para su adopción a gran escala. El biofuel está bastante controvertido y no carece de detractores. Hoy en día ya se ha producido mucho biofuel a partir de cosechas de alimentos pero también puede producirse a partir de cosechas no comestibles e incluso de algún tipo de algas marinas. Un tema clave, sin

embargo, es el área de tierra necesaria para producirlo. Se necesitarían unos 30-50m de toneladas de fuel al año para mantener activos a los barcos que operan en las ECAs actualmente existentes, y esto supondría plantar una superficie equivalente al tamaño de Grecia.

La oposición a esta medida es justificable, dado el incremento en el precio de los alimentos sucedido tras el boom del uso de biocombustibles para automoción y la hambruna consiguiente en países subdesarrollados. En caso de no existir una regulación eficaz al respecto, el sector agrícola podría destinar amplios recursos a la producción de biocombustibles, con una alta demanda, produciendo la escasez y altos precios en otros alimentos básicos.

Una cuarta posibilidad parece que ofrece indudables ventajas y ya está siendo utilizada por *Stena RoRo*, que se encuentra en proceso de convertir su ferry *Stena Germanica* a una propulsión dual metanol/diesel.

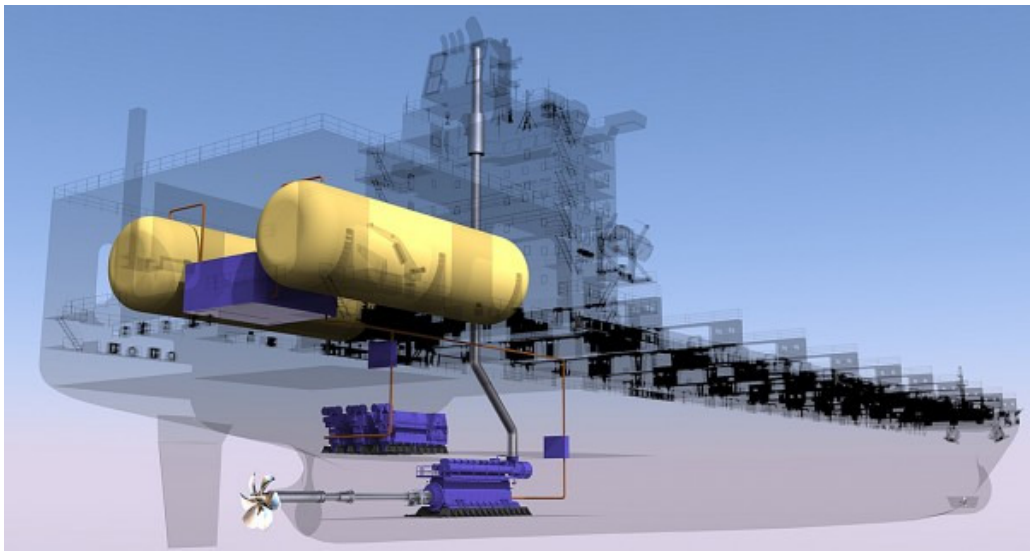


Figura 2.2: La utilización de LNG o metanol en los buques será cada vez más frecuente en el futuro. **Fuente**: www.hhpinsight.com

El proyecto, que será realizado en etapas entre el presente y finales de 2015, es la primera de una serie de actuaciones que supondrán la

intervención en no menos de 25 ferries antes de 2018. Dado que todos ellos operarán en aguas europeas, las conversiones parece que tendrán lugar en astilleros europeos.

El metanol tiene una serie de ventajas sobre el gas natural incluyendo el hecho de que puede almacenarse a temperatura ambiente, no necesitando tanques criogénicos o de presión. Puede almacenarse en tierra o a flote en tanques similares a los utilizados en los productos petrolíferos.

La conversión de buques de propulsión diesel a metanol es significativamente más barata que la de LNG, produciendo los mismos beneficios de emisión que este. No tiene la peligrosidad de las fugas de metano y se puede conseguir de diferentes fuentes, como gas natural, petróleo, carbón, arenas bituminosas, madera o biomasa. También se puede fabricar a partir del reciclaje del dióxido de carbono.

Una cuestión importante en lo relativo a la temática principal del presente escrito, es que la conversión de la propulsión de los buques a otras fuentes de energía más limpias como el LNG o metanol, reducirá drásticamente las descargas operacionales de hidrocarburos procedentes de la zona de máquinas, ya que, el LNG y metanol no precisan un proceso de depuración como el fuel-oil dada su gran fluidez y ligereza y en caso de vertidos al medio marino estos son tan volátiles que se disiparían en instantes.

Por otra parte, esta cuestión, hace pensar que la maquinaria existente el la sala de máquinas destinada al tratamiento de residuos, puede utilizarse exclusivamente en el tratamiento de los residuos procedentes de la zona de carga, suponiendo siempre, que sigan transportándose hidrocarburos a gran escala destinados a la demanda industrial y e automoción, ya que estos podrían también cambiar de fuente de alimentación, reduciendo significativamente el transporte de crudos y los vertidos operacionales contaminantes.

3) PROPUESTAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS ADICIONALES EN LA PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS .

Llegamos a un apartado en el cual, tras analizar la situación actual dentro del marco legal existente en torno al vertido de residuos de hidrocarburos al medio marino, en torno a la incineración de esos residuos, los medios existentes a bordo para la contención de derrames accidentales, la utilización y venteo de gas inerte y otras fuentes de contaminación minoritarias, paso a proponer posibles medidas que podrían tomarse por parte de los organismos internacionales en la medida de reducir aun más la contaminación emitida por los buques, sin menospreciar el esfuerzo que ya se ha desempeñado en esta materia a lo largo de las últimas décadas.

Atrás quedan los tiempos en que los vacíos legales permitían que, especialmente, los buques de transporte de hidrocarburos, realizasen grandes vertidos sin que existiesen apenas responsabilidades por parte de las autoridades.

La incorporación de nuevos medios técnicos a bordo de buques, no ha cesado desde los albores de la navegación. En ocasiones estos medios han sido destinados a mejorar la eficacia y velocidad de los buques, en otras, a reducir costes de operación, y en los últimos años, la tendencia es la instalación de medios para reducir el impacto de los buques en el ecosistema.

Pongamos como ejemplo el tratamiento de aguas de lastre para impedir el trasiego de especies invasoras de unos ecosistemas a otros, que a día de hoy, su implementación es cada día más habitual en el transporte marítimo.

El diseño y empleo cada vez más frecuente de buques con propulsión por LNG, que utilizan un combustible con mayor rendimiento y sobre todo, con menores emisiones.

En otras ocasiones, algunas medidas implantadas han fallado y han sido desechadas, lo cual nos lleva al clásico método científico de prueba y error.

Es conocido que nuestro país siempre ha mostrado tendencia, en lo que al transporte marítimo se refiere, a realizar pruebas e invenciones de todo tipo, desde el submarino de Isaac Peral, la fragata *Numancia*, la transformación del destructor *Marqués de la Ensenada*, el cual fue cortado en dos longitudinalmente y ensanchado de manga, hasta la transformación de los graneleros de la *Empresa Nacional Elcano*, que tras una laboriosa operación fueron convertidos en buques con propulsión a turbinas con calderas alimentadas por carbón que era transportado como combustible en una de las bodegas y trasladado hasta la sala de máquinas a través de un complejo sistema automatizado de cintas transportadoras bajo cubierta.

En algunas ocasiones las modificaciones no tuvieron el éxito esperado y fueron descartadas, no obstante, la prueba de nuevas medidas, ayuda en la evolución de este medio de transporte, ya sea por el éxito o por el descarte de opciones que mostraron su escasa viabilidad.

Como se ha indicado, en este capítulo es mi intención aportar en primer lugar una posible medida, destinada a reducir la contaminación, que podríamos resumir a continuación:

- Planteamiento de un sistema de retención de derrames de hidrocarburos en cubierta de mayor efectividad y seguridad que los empleados actualmente. Destinado este a canalizar y enviar a los slops los derrames de hidrocarburos reduciendo o evitando el vertido de los derrames al mar, evitando así además, el impacto ecológico de estas contingencias y las responsabilidades jurídicas para la naviera y los miembros de la tripulación.

La medida propuesta en este capítulo está orientada a la lucha contra la contaminación por hidrocarburos, no obstante, en el próximo capítulo

veremos aquellas que son destinadas a la prevención de emisiones atmosféricas producidas por el empleo e gas inerte.

3.1) Propuesta para contener derrames de hidrocarburos.

Se trata de una serie de reformas en el diseño de las cubiertas de los buques que tendrían una gran efectividad a la hora de prevenir derrames accidentales de hidrocarburos en la cubierta.

Consistiendo en diseñar el buque con dos canalizaciones que recorren la cubierta en sus dos bordas de proa a popa de la zona de carga, ocupando un pequeño espacio de la parte superior de los tanques de lastre que conforman el doble casco. Esta canalización estaría probablemente protegida con unas rejillas.

En la zona de popa nos encontraríamos un pocete a la altura de los tanques slop o cámara de bombas para recoger los materiales derramados. Este volumen podría descargarse a los slops mediante una válvula por gravedad.

En condiciones normales de navegación lo más habitual es que las canalizaciones y el pocete se llenasen de agua de mar o de lluvia debido a las condiciones meteorológicas, por esta razón existiría otra válvula que permitiría su descarga por un costado, a modo de imbornal, pero de mayor tamaño, la cual permanecería cerrada durante las operaciones en puerto, ya que es precisamente durante las operaciones en puerto donde son más susceptibles de ocurrir derrames de hidrocarburos, y donde mayores son las consecuencias derivadas de estos vertidos.

Como se ha citado anteriormente, existen una serie de factores susceptibles de generar un pequeño derrame en cubierta:

- Perforación de una línea de cubierta.

- Aceite o grasa lubricante arrastrada por la lluvia.
- Rebose de tanques de carga.
- Otros accidentes durante las operaciones.

La cubierta del buque petrolero está atravesada por numerosas líneas que contienen hidrocarburos, siendo las más llamativas las que conducen la carga, pero también nos encontramos con líneas de fuel y aceites lubricantes utilizadas durante la toma de consumo, así como numerosas líneas de menor tamaño que conducen aceite hidráulico a alta presión destinada a operar las válvulas, winches y cualquier maquinaria hidráulica que lo requiera.

Es una zona especialmente sensible, la del manifold, por ser donde se enganchan las mangueras de carga a las conexiones con las líneas de carga del buque. Estas conexiones se realizan mediante tornillos y tuercas y soportan una gran presión del crudo entrante o saliente, bombeado por la Terminal de tierra en cargas y por las bombas del buque en descargas.

Habiendo existido ya, algunos percances o casi-percances (nearmiss) en esta zona que han producido o han sido susceptibles de producir grandes derrames de hidrocarburos.
Por este motivo, a bordo de un petrolero en operaciones, se presta especial atención a la zona del manifold, manteniendo una guardia permanente y procurando que los materiales para lucha contra derrames de hidrocarburos, se encuentren en las proximidades. Existiendo además un accionador de parada de emergencia de las bombas de carga en el propio manifold.

Más adelante, analizaré con más detenimiento las magnitudes que podría tener un vertido de hidrocarburos en este punto.
Todas estas líneas están sujetas a un proceso de desgaste por el paso de fluidos por su interior, el cual hace que con el paso del tiempo, sean susceptibles de padecer pequeñas fugas imprevisibles, que generan temporalmente derrames de hidrocarburos en la cubierta, especialmente

durante las operaciones en puerto, que es cuando sufren mayor carga de trabajo.

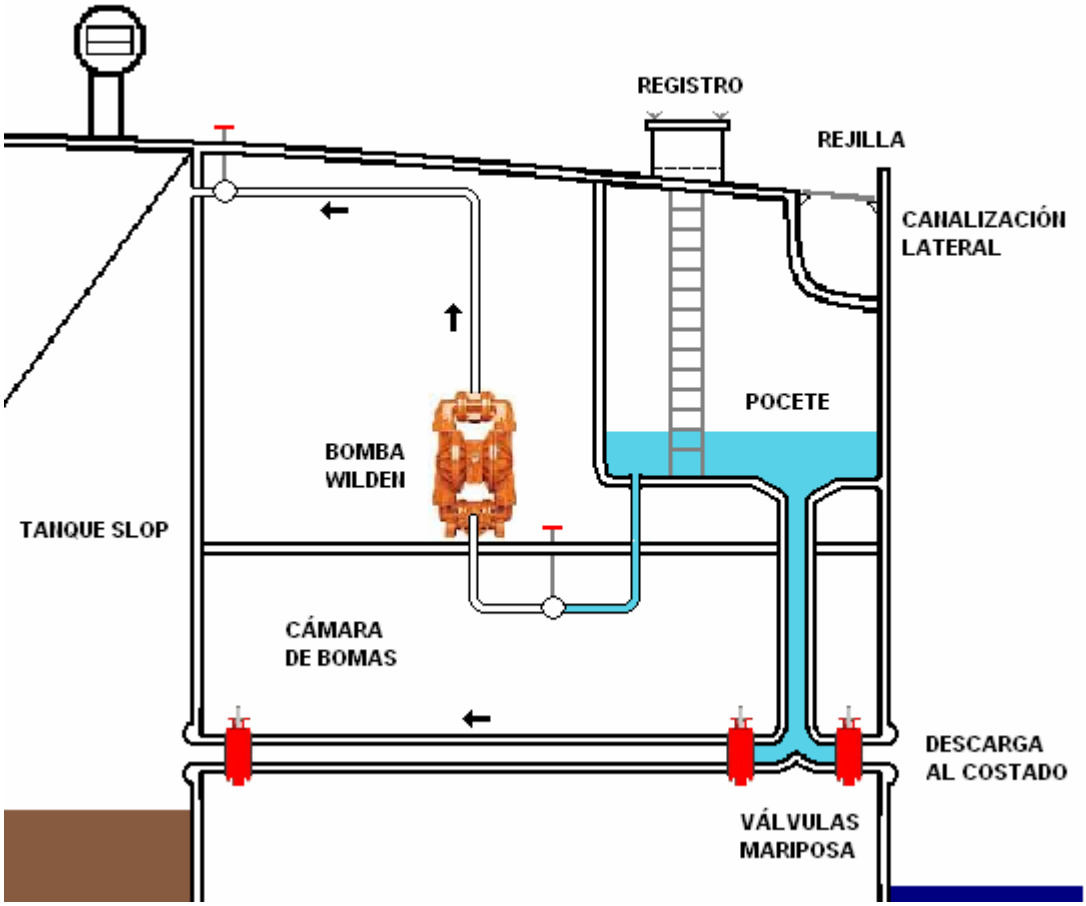


Gráfico 3.1: Esquema gráfico que representa la instalación de unas canalizaciones y un pocete al final de estas en la cámara de bombas destinados a contener posibles vertidos de hidrocarburos en la cubierta principal. **Fuente:** Elaboración propia.

Por otra parte, algo habitual es que los winches que se encuentran en cubierta, destinados normalmente a operar los springs de proa y popa, debido a sus operaciones de mantenimiento, estén embadurnados con grasa u otros lubricantes. Cuando llueve, esta grasa es arrastrada por cubierta y al caer al mar a través de los imbornales se forma una mancha de hidrocarburos en las proximidades del buque.

Este tipo de accidentes suelen tener unas consecuencias muy negativas en los puertos donde normalmente tienen lugar. A parte del perjuicio ecológico,

hablamos principalmente de sanciones de las autoridades por contaminación.
Si hablamos de países europeos, se podría entender que el origen de este vertido sea debido a grasa de los winches, pero si nos trasladamos a África, se podría dar lugar a graves consecuencias para el capitán y primer oficial del buque.

Por supuesto hoy en día existen medidas para prevenir estos incidentes. Los winches y la mayor parte de fuentes que sean sospechosas de poder generar derrames de hidrocarburos están rodeadas de bandejas dotadas de un pequeño espiche, el cual es cerrado en operaciones para evitar vertidos.

Los imbornales en las bordas del buque también se cierran con tapones de goma, como se ha comentado en el capítulo 1.

Sin embargo, la medida propuesta aportaría aun mayor seguridad en la prevención de derrames fuera de las bordas del buque, y permitiría sustituir el cierre de los numerosos imbornales de cubierta, por una sola válvula de descarga.

Como toda propuesta, ésta también presenta sus inconvenientes, siendo el primero de ellos los gravámenes adicionales que representaría la instalación de estos dispositivos a bordo, aunque lo mejor sería instalarlos en buques en construcción para facilitar las operaciones.

Habría que analizar también la limpieza del sistema tras haber participado en la retención de algún vertido de hidrocarburos. Este estaría contaminado por residuos oleosos que habría que limpiar antes de proceder a la navegación, donde el agua de lluvia y mar se introducirían en las canalizaciones y pocete, para ser después descargados por un lateral, arrastrando consigo todos los residuos que pudiesen encontrar a su paso.

Es por ello que el sistema de canalización debería ser de fácil acceso para poder limpiar los restos de hidrocarburos, así como el pocete de retención,

donde algún miembro de la tripulación debería acceder para efectuar trabajos de limpieza. No obstante, en mi opinión, este es un mal menor comparado con el gran servicio que habrán desempeñado los dispositivos con anterioridad en la retención de un gran derrame de hidrocarburos.

Algo a tener en cuenta, es que las barandillas de protección o guardamancebos se encuentran situadas exactamente en esta zona en los buques construidos. El problema es fácil de solventar modificando ligeramente su posición, probablemente más hacia el interior de la cubierta o aprovechando un pequeño espacio sobrante en la chapa de forro de costado. El problema es fácilmente solucionable en buques nuevos, pero llevaría algo de trabajo en conversiones de buques existentes.

Por otra parte nos encontramos con que el vaciado de este pocete depende de la sonda existente en los tanques de slop, si el nivel es bajo, el contenido del pocete puede descargarse por gravedad, en cambio, si el nivel en los slops es alto, utilizaríamos una bomba tilden situada a tal fin en uno de los tecles altos de la cámara de bombas.

Estas bombas ya se encuentran normalmente en la cubierta principal para trasegar los vertidos accidentales a los tanques de slop, pero con esta propuesta, las bombas pasarían a estar instaladas en la cámara de bombas, resguardadas de las inclemencias meteorológicas.

Cabría mencionar que el pocete no se trata de un auténtico tanque ya que este está en libre comunicación con el exterior a través de la canalización existente en la cubierta.

Las canalizaciones de cubierta, estarían como se ha mencionado, cubiertas por una rejilla, destinada a:

- Evitar accidentes del personal de cubierta.

- Evitar la entrada al sistema de cuerpos que puedan obstruir las válvulas y líneas de menor tamaño del sistema.
-

Estas rejillas serían fácilmente desmontables para su limpieza y la de la canalización lateral que está bajo ellas, pero en condiciones normales deberían estar sujetas firmemente, evitando que los golpes de mar se las llevasen durante la navegación. Pudiendo estos elementos, arrastrados por el agua en cubierta, ocasionar daños en otras infraestructuras en la cubierta.

Quedaría añadir que dada la situación de los sumideros, en ambos laterales de la cubierta principal, alguien podría pensar, que estos perjudicarían a la instalación de las tapas de registro para acceso a los tanques de lastre y a la instalación de los suspiros de estos tanques. Este tipo de problemas son tangibles en un buque ya construido donde estos elementos se encuentran muy próximos a la borda, sin embargo, un rediseño en buques de nueva construcción dejando un espacio de al menos un metro entre estos elementos y el trancanil para la instalación de las canalizaciones, haría desaparecer esta problemática. Esta mayor separación de los elementos mencionados, no afectaría en modo alguno a la operatividad del buque.

No podría finalizarse el planteamiento de esta propuesta sin hacer un breve análisis sobre sus magnitudes y capacidad de evitar derrames de hidrocarburos. Para lo cual nos supondremos en el peor caso posible de contaminación por derrame y analizaremos la capacidad del sistema de canalizaciones para contenerlo.

Cabe citar que los derrames de hidrocarburos no son algo habitual y rutinario en un buque tanque, sino que son consecuencias de accidentes y fatalidades, en ocasiones debidas a fallos humanos, fallos en los equipos, falta de mantenimiento o presión comercial que más adelante explicaremos. No obstante no es extraño el sufrir un vertido en cubierta de mayores o menores dimensiones al menos una vez al año, estadísticamente hablando.

Podría citar el caso de un vertido producido durante una toma de aceite lubricante en puerto, donde la línea de conducción de aceite sufrió una fuga y ocasionó un pequeño derrame que fue detenido por la parada de emergencia de las bombas de la gabarra de consumo.

Figura 3.1: Las condiciones meteorológicas durante la navegación son el principal enemigo de esta propuesta. **Fuente:** Fotografía del autor.

Hablamos de bombas de pequeño tamaño y de una distancia muy corta, desde la gabarra hasta el manifold de aceites lubricantes del barco, sin embargo esta operación llevó unos 15 segundos, durante los cuales, el vertido alcanzó un volumen cercano al metro cúbico. Este derrame fue posteriormente eliminado mediante los medios de a bordo: arena, barreras absorbentes de algodón y cepillos, sin mayores consecuencias.

Aprovecho este punto para comentar que la existencia a bordo de los medios propuestas proporcionaría un cambio y una facilitación en las labores de limpieza del vertido en cubierta, consistiendo estas mayormente en el “empuje” con cepillos del material vertido hacia las canalizaciones en lugar de tratar de absorber este con arena y otros dispositivos absorbentes que

tendrían que ser después eliminados convenientemente. Siendo más fácil gestionar un volumen fluido que una masa oleosa de arena, algodón e hidrocarburos.

Otro caso ocurrido, que no produjo vertido pero representó un auténtico peligro de desastre ecológico, fue el de un petrolero que se encontraba descargando amarrado a una monoboya. El fuerte viento reinante produjo que faltasen los amarres a la monoboya y el buque quedó unido a esta tan solo por las mangas de carga. Las grandes fuerzas que intervenían en el asunto, podrían haber provocado la rotura de las conexiones en el manifold, por suerte, esto no sucedió y un grupo de remolcadores pudo hacerse cargo de la situación.

Poniéndonos en el peor caso posible, analizaremos las consecuencias de la rotura de una conexión del manifold donde se produce un gran vertido hasta que es accionada la parada de emergencia. Determinando así la posible capacidad que deberían tener los medios de retención planteados, evitando así un rebose del propio pocete de retención o incapacidad de las canalizaciones para conducir un determinado volumen de fluidos.

Calcularemos que durante una descarga un buque tanque típico mueve unas 7.250 Tm por hora a través de sus líneas. Normalmente se emplean dos conexiones o mangas de descarga. Reduciremos redondeando a unas 3.500 Tm/h el caudal que soporta cada manga de carga. Para utilizar un volumen utilizaremos la siguiente fórmula:

$$P = \rho \times g \times V$$

Donde:

P = peso del líquido desalojado por el cuerpo.

r = densidad del líquido.

V = Volumen del líquido desalojado.

La *Gravedad API:* denota la relación correspondiente de peso específico y de la fluidez de los crudos con respecto al agua.

°*API:* (American Petroleum Institute): escala arbitraria de la lectura de la gravedad específica (densidad relativa), usada en la industria petrolera y que tiene como base la densidad del agua (10º API). La gravedad en ºAPI es la equivalente a densidad y se usa en la industria petrolera mundial. La gravedad específica del agua es 1 y en °API es 10.

Los crudos se clasifican, según la gravedad API, por la siguiente escala:

Extrapesados < 9,9

Pesados 10 - 21.9

Medianos 22,0 - 29,9

Livianos 30 – 39,9

Condensados > 40

Utilizando un crudo de una densidad intermedia, determinaremos que el volumen aproximado movido por las mangas a una temperatura de 15º C es de aproximadamente 1.200 m^3.

En el caso de un accidente, el tiempo necesario para detener la descarga no se mide en horas sino más bien en segundos. Por lo tanto diremos que las mangas de carga mueven un volumen de 0,3 m^3 por segundo en esas condiciones.

En caso de un derrame por la falta de la conexión de una de estas mangas, y suponiendo que el tiempo necesario para la activación de la parada de emergencia y la posterior caída de la presión de descarga en las bombas fuese de 15 segundos. El volumen de crudo derramado sería de unos 5 metros cúbicos.

El vertido real siempre sería algo menor dado que al faltar una conexión en el manifold, sería difícil que la manga se separase completamente de este y el

espacio por donde se produciría la fuga sería menor que el diámetro completo de la línea del manifold, sin embargo, dada la presión del fluido, este adquiría mayor velocidad al atravesar un orificio reducido.

La ecuación de *Bernoulli* y la ecuación de continuidad también nos dicen que si reducimos el área transversal de una tubería para que aumente la velocidad del fluido que pasa por ella, se reducirá la presión.

Sin entrar en análisis más profundos sobre el volumen de líquido derramado, ya que es imposible determinar con exactitud la situación en la que quedarían las mangas de carga después del accidente, nos centraremos en el valor orientativo citado de 5 metros cúbicos.

Dado que normalmente existen 3 líneas de descarga, multiplicaremos este valor por 3 para situarnos en el peor de los casos y conferir un extra de seguridad. Hablamos del posible vertido de 15 m^3 de crudo en cada una de las bandas del buque.

Como ya hemos comentado, la curvatura de cubierta llamada *camber* o *brusca del bao*, destinada sobre todo al desalojo de agua durante la navegación, ayudaría a desplazar este volumen hacia los laterales de cubierta donde estarían situadas las canalizaciones. Debido al asiento apopante que en condiciones normales suelen tener los buques, este volumen sería desplazado a popa hacia la situación del tanque o pocete de retención al final de estas canalizaciones.

Analizaríamos el caudal de estas canalizaciones. Estas conducciones deberían ser capaces de conducir 15 metros cúbicos de crudo desde la zona del manifold hasta popa, distante al menos unos 100 metros en los 15 segundos planteados para el cese del vertido de hidrocarburos.

En dinámica de fluidos, **caudal** es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se

identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

El **cálculo del caudal de agua** viene expresado por la ecuación de continuidad:

$$Q = v \cdot A$$

donde:

- Qes el caudal (m^3/s)
- $v$es la velocidad (m/s)
- Aes el área de la sección transversal de la tubería (m^2)

Dado el contexto en el que se desarrolla el problema, en el que no hablamos de un trasiego de fluidos de un punto a otro a dos alturas conocidas, sino de la retención de un vertido que se ha expandido por cubierta como una gran mancha de proporciones inexactas y dada también la imposibilidad de conocer exactamente el grado de asiento y escora del buque en el momento del accidente.

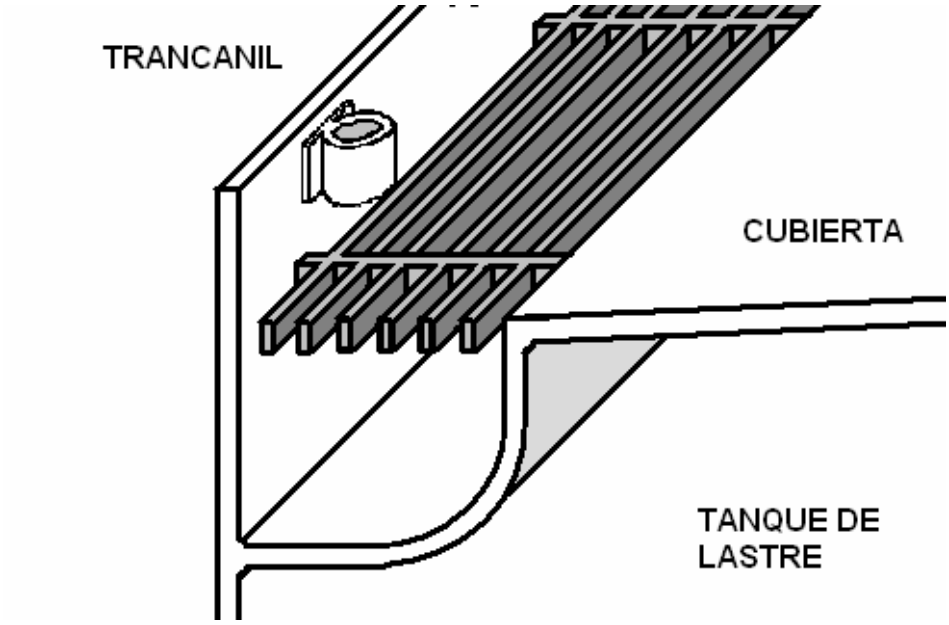


Figura 3.2: Perspectiva caballera que representa una posible disposición de las canalizaciones laterales y sus rejillas. **Fuente:** Elaboración propia.

Es imposible determinar un estudio de mecánica de fluidos exacto que pueda determinar la geometría de las canalizaciones.

Es por ello que he imaginado la conducción como un tanque alargado que sea capaz de contener al menos 15 metros cúbicos de fluido en 100 metros de eslora. Por lo que hablamos de una sección para este conducto de 0,14 m^2, o de un conducto que, siendo de forma cilíndrica tendría un diámetro de 70 centímetros.

No es conveniente que la anchura del espacio que ocupan las canalizaciones y las rejillas superase esta medida, ya que se dispondría para su instalación del espacio libre de la zona superior de los tanques de lastre, cuya anchura no suele ser superior a los 2 metros. Siendo necesaria en esta zona espacio para los elementos propios de los tanques, suspiros y tapas de registro, que son necesarios para la operatividad segura del tanque, en funciones de lastrado y deslastrado.

Volviendo a la dimensión de los conductos, aunque no existiese asiento, esta canalización podría contener por si misma los 15 metros cúbicos planteados en el caso que nos ocupa. Posteriormente, este contenido sería vaciado por gravedad al pocete situado a popa que también tendría esa capacidad de retención de entre 15 y 20 metros cúbicos. Par lo cual podríamos citar un espacio vacío de 4 x 2 x 2 metros.

Teniendo en cuenta que la altura del tanque propuesto no puede superar al francobordo del buque en la condición de máxima carga, ya que esto imposibilitaría el vaciado del agua que normalmente entraría en condiciones normales de navegación, debido a las inclemencias meteorológicas y a la lluvia.

Hasta este momento he estado analizando la situación que podría darse en un típico buque petrolero de 1 millón de barriles, que equivalen a unas 150.000 TPM. Dado que este sistema es aplicable a buques tanque de todo tipo, podría establecerse una relación entre el peso muerto del buque y el tamaño de los elementos a utilizar en cubierta, puesto que el peso muerto está relacionado con la capacidad de las bombas de descarga del barco y el volumen de un hipotético derrame de hidrocarburos en cubierta, así como con la eslora del barco, que influye directamente en la longitud que van a tener las

canalizaciones y su capacidad para albergar fluidos antes de llegar a la zona de popa donde se situarían los tanques de retención.

La anchura de los tanques de lastre también vienen determinados por la cifra del peso muerto. Este espacio disponible también nos limita a la hora de situar estos elementos, contando con dejar un espacio para los elementos propios del tanque que ya he comentado.

Para lo cual podríamos construir la siguiente tabla:

TPM	ANCHURA DE CANALIZACIONES	CAPACIDAD DEL TANQUE DE RETENCIÓN
315.000	1,00 m	30 m^3
150.000	0,70 m	20 m^3
100.000	0,50 m	15 m^3
75.000	0,35 m	10 m^3
50.000	0,25 m	6,5 m^3
20.000	0,20 m	3 m^3
15.000	0,15 m	2 m^3
10.000	0,15 m	1,5 m^3
5.000	0,15 m	1,5 m^3

Hemos comentado en el texto anterior una propuesta sobre un equipo de retención de hidrocarburos eficaz y sencillo. Es probable que en el pasado muchas tripulaciones hubiesen deseado contar con un sistema semejante durante operaciones en las que se producían vertidos accidentales de mayor o menor importancia.

Como ya se ha indicado, los vertidos de hidrocarburos fuera de la borda, independientemente de su magnitud, tienen graves consecuencias hoy en día. Sobre todo si nos traspasamos al marco jurídico en un contexto lejos de la Unión Europea. Es, habitualmente, en países en vías de desarrollo donde tienen lugar las operaciones de carga en buques tanque, donde las consecuencias penales para la tripulación pueden ser mucho peores en caso

de contaminación por hidrocarburos que en otros lugares más occidentales, no obstante, en estos últimos, las responsabilidades adquiridas son también graves y no deben ser menospreciadas.

4) PROPUESTAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS ADICIONALES EN LA PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN POR EMISIONES ATMOSFÉRICAS.

Tras sugerir una propuesta en el sector de la prevención de contaminación causada por hidrocarburos, pasaremos a continuación a barajar una propuesta orientada a la reducción de la contaminación debida a las emisiones atmosféricas, haciendo especial hincapié en las descargas de gas inerte.

La propuesta sugerida en este capítulo se basa en:

- Reutilización en la medida de lo posible del gas inerte producido a bordo.
- Tratamiento en terminales del gas inerte con la intención de normalizarlo para su posterior uso a bordo de los buques tanque.
- Posible almacenamiento a bordo de gas inerte tratado para reducir su producción.

En las páginas siguientes se analizará subjetivamente cada una de estas propuestas. Todas ellas tienen sus ventajas e inconvenientes, como ya sucedió en el capítulo anterior, sin embargo, como ya se ha dicho, los avances han sido constantes en la industria del transporte marítimo a lo largo de las últimas décadas, siendo en nuestros días de gran importancia la lucha contra el cambio climático y las emisiones atmosféricas.

No obstante, en el contexto actual, cabría pensar que los cambios que puedan producirse en el futuro vendrán de la mano del cambio en las fuentes de energía más que de la adición de medidas correctoras de los sistemas que se emplean actualmente. No sería de extrañar que las próximas décadas, debido a la escalada en los precios del petróleo y a las presiones políticas por reducir las emisiones contaminantes, cada vez sea más habitual el uso de combustibles alternativos como el LNG y el metanol.

Probablemente los buques gaseros sean el nuevo futuro de la navegación, siendo la demanda de crudo cada vez menor al instalarse estos combustibles también en los transportes terrestres, centrales energéticas, etc…

Pero en esta ocasión, pasaremos a tratar temas de más actualidad y a analizar las propuestas sugeridas para la mejora de las condiciones en el transporte de crudo por mar, que a día de hoy, representa un gran volumen.

4.1) Reutilización del gas inerte

Una vez inertizados los tanques durante un viaje en lastre, este gas debe ser venteado a la atmósfera en las terminales de carga para dejar espacio libre para la carga entrante y mantener la presión en tanques baja.

Este gas inerte que fue producido a bordo, tras ser lavado y enfriado, su composición es mayoritariamente nitrógeno y dióxido de Carbo, teniendo una concentración de oxígeno que no debe superar un 5% en línea.
Tras su uso en los tanques, el gas inerte se mezcla con los vapores de hidrocarburos de la carga, por tanto, una posterior reutilización sin un tratamiento previo sería imposible.
Es por ello que el gas inerte podría ser retornado a tierra y tratado en las terminales para extraer esta mezcla de vapores de hidrocarburos mediante un proceso similar al empleado en la producción de nitrógeno en plantas, donde este elemento es extraído del aire comprimido seco mediante un proceso de destilación.

Muchas terminales de carga están habitualmente constituidas por monoboyas, lejanas a la costa, donde es difícil pensar en el uso de una línea de retorno de vapores submarina conectada a los tanques de almacenamiento en tierra o a los buques tanque almacén, o de estabilización, que acumulan el crudo procedente de los yacimientos. No

obstante, en las terminales donde se atraca en pantalán, este sistema de recirculación es totalmente factible y, de hecho, en muchas terminales occidentales el gas inerte es retornado a tierra en lugar de venteado a la atmósfera.

Hemos observado con anterioridad que en el proceso de carga, el gas inerte que contienen los tanques es venteado a la atmósfera liberando la presión que supone la entrada de carga líquida en los tanques. Todos los tanques están comunicados por su parte superior en condiciones normales, a través de los ramales de gas inerte, que a su vez están conectados a la línea general de gas inerte, manteniendo una presión equitativa en todos ellos.
Esta línea general de gas inerte está conectada a un palo de venteo (mast riser) situado en cubierta, a través del cual se descarga todo el contenido de gas inerte a la atmósfera.

Los vapores de la carga entrante en los tanques, y los que ya estaban presentes en la atmósfera del tanque de cargas previas, son también venteados en parte a través de este palo. Aunque la concentración de gases de hidrocarburos es relativamente baja, siempre existe un riesgo real de incendio en el palo de venteo. De hecho ya se han dado casos en los que un rayo ha generado una gran incendio, a modo de antorcha, en lo alto del palo de venteo. Las empresas navieras, están actualmente experimentando métodos para combatir un incendio de este tipo, siendo los más habituales, el cierre rápido de una válvula hidráulica que impida la salida de gas, el uso de polvo para extinción de incendios y la adición de nitrógeno a través de pequeños ramales conectados al palo de venteo.

Otra posible cuestión es que en los puertos de carga, los buques no necesitan gas inerte adicional. Es en las descargas donde el buque reincorpora gas inerte para a los tanques que se vacían.
Por tanto el G.I. retornado a las terminales de carga sería inútil, sin embargo estas podrían aplicar un tratamiento previo a su venteo para evitar la emisión de vapores de hidrocarburos o enviar este gas a depósitos de captura de CO_2, que últimamente son cada vez más habituales.

La captura de CO_2 es la propuesta de una técnica para retirar dióxido de carbono de la atmósfera o, más comúnmente, evitar que llegue a ella.

El proceso químico de captura de CO_2 es energéticamente costoso y, probablemente, se produce CO_2 durante el mismo. Este proceso sólo retarda la liberación del CO_2, que no se puede almacenar indefinidamente. Sin embargo, este CO_2 podría ser usado de formas múltiples.

Aunque el CO_2 se ha inyectado en formaciones geológicas para diversos fines, el almacenamiento a largo plazo de emisiones de CO_2 es un concepto relativamente nuevo. El primer ejemplo comercial es *Weyburn* en 2000; con una planta piloto de producción de energía con CCS integrada, operando desde septiembre de 2008 en la central térmica de *Schwarze Pumpe* de *Vattenfall*, en el este de Alemania, con el objetivo de responder a preguntas sobre la viabilidad tecnológica y la eficiencia económica.

Es reseñable que pese a que las terminales de carga se encuentran normalmente en estados en vías de desarrollo, estas terminales son operadas por empresas muy solventes a la hora de aplicar nuevas tecnologías, ya sean por voluntad propia o por imposición normativa.

Otra posible opción es que tras un tratamiento en terminales, este gas fuese retornado a los buques y almacenado en tanques especiales para gases comprimidos para su posterior uso en los puertos de carga.

Resulta obvio que la propuesta generaría una adición de medios técnicos y esfuerzos económicos y humanos en la gestión normal de los buques, sin embargo, estas operaciones contarían con la ventaja de una mayor seguridad en la prevención de emisiones y un ahorro energético en lo que a producción de gas inerte se refiere. Sin embargo, la verdadera finalidad de esta propuesta es evitar la masiva emisión de gas inerte y compuestos orgánicos volátiles al medio ambiente, la cual sería reducida considerablemente.

Dejando de lado este tipo de asuntos, nos encontramos con que el gas a comprimir está compuesto por nitrógeno y dióxido de carbono en su mayor parte. En condiciones normales, el dióxido de carbono es un gas. Se licua fácilmente por compresión y enfriamiento y puede convertirse en sólido si continúa comprimiéndose y enfriándose. El efecto de los cambios de temperatura y presión sobre el dióxido de carbono es el siguiente: Cuando aumenta la temperatura y la presión, aumenta la densidad de la fase de vapor y decrece la de la fase de líquido. A los 31º C se igualan las densidades de vapor y líquido y desaparece la separación clara entre las dos fases. Por encima de esta temperatura, el dióxido de carbono a alta presión sólo existe en forma gaseosa, con propiedades intermedias ente los estados normales de líquido y vapor.

Por lo tanto, debería mantenerse un control exhaustivo en la medición de temperaturas, es sabido que durante la compresión la temperatura aumenta considerablemente, sin embargo, una reducción de temperatura en el tanque de retención debido a su situación en cubierta debido a las condiciones meteorológicas reinantes podría hacer que este se licuase haciéndolo inservible para el propósito de inertizar los tanques de carga. La instalación de una planta de relicuefacción a bordo sería un hecho que ni siquiera trataremos debido a su complejidad.

No pasa inadvertido el hecho de que en las propuestas planteadas, se ha intentado aproximar en cierta parte la operatividad de un buque petrolero a la de un buque de transporte de LNG, encontrándonos con las grandes diferencias que suponen las cargas que transportan y los agentes gaseosos empleados en la inertización. Sin embargo en todas ellas se ha perseguido que esta operatividad de los buques tanque se vuelva más respetuosa con el medio ambiente a pesar de los problemas técnicos encontrados.

5) PROPUESTAS PARA FUTUROS ESTUDIOS.

En este trabajo se han mencionado dos propuestas que tratan de luchar en parte contra la contaminación producida por los buques y en parte orientadas a la facilitación de las labores de a bordo a la hora de luchar contra la polución.

En este capítulo voy a redactar una serie de propuestas adicionales que podrían ser tenidas en cuenta en futuros estudios aunque actualmente no se encuentran adheridas a la temática principal del trabajo dad su mayor complejidad de ejecución.

Por una parte, una de las propuestas adicionales sería relativa a la descarga operacional de hidrocarburos en los buques petroleros. Donde es sabido que las aguas oleosas residuales de operaciones de carga son descargadas a través del oleómetro bajo ciertas condiciones expresadas en MARPOL. La idea sería reducir o evitar este vertido de hidrocarburos, utilizando medios adicionales para una separación efectiva de agua e hidrocarburos, mediante el empleo de separadores como los empleados en la sala de máquinas y procediendo a una posterior incineración de los residuos de hidrocarburos resultantes del proceso.

La siguiente proposición redundaría en el campo del gas inerte. Siguiendo dos caminos diferentes. Se trataría por una parte de sustituir el uso de gas inerte producido a bordo por vapores de hidrocarburos procedentes de líneas de retorno de terminales de carga, consiguiendo así una atmósfera inerte en el interior de los tanques por saturación de hidrocarburos.

Es de mención que este mismo principio se utiliza actualmente en los buques gaseros, donde la presurización e inertización de los tanques de carga se obtiene a través de la introducción en tanques de gas natural en estado gaseoso o vapor procedente de la Terminal.

Siguiendo el otro camino mencionado. Se propondría la instalación de medios técnicos a bordo para la normalización del gas inerte tras su salida de los tanques y su posterior almacenamiento y reutilización en puertos de carga a modo de circuito cerrado.

Estos medios consistirían en utilizar platas de lavado y tratamiento adicionales a bordo además de un sistema de compresión y retención de gas inerte en tanques especiales, permitiendo una posterior descarga en el interior de los tanques para su inertización.

Como se ha comentado, estas propuestas plantean más dificultades que las sugeridas oficialmente en el trabajo, sin embargo su inclusión en este capítulo final obedece al hecho de que por ingeniosas, no he pensado en descartarlas definitivamente en el contexto de la lucha contra la contaminación marítima.

6) CONCLUSIONES.

Tras analizar una serie de propuestas en el sector de la prevención de contaminación causada por los buques, pasaremos a continuación al último capítulo de este trabajo, en el cual se recogen las conclusiones derivadas de los temas tratados hasta este punto.

Hemos podido observar desde los primeros capítulos el impacto que tiene la contaminación procedente de los buques en el medio marino. Es cierto que hace décadas, la contaminación emitida era mucho mayor, sin embargo podría decirse que hoy en día los buques petroleros apenas contaminan. Alguien que haya navegado en estos buques recientemente, podría dar fe de la magnitud de las medidas y controles existentes a bordo destinadas a evitar la contaminación. Cierto es que las tripulaciones son mayormente más temerosas de las consecuencias jurídicas que del daño ecológico, especialmente si el buque en que navegan está situado fuera del amparo de Europa y se encuentra en aguas de países menos desarrollados donde las consecuencias podrían ser, cuando menos, desagradables. Por no hablar de la actitud que tomaría la empresa armadora respecto a sus puestos de trabajo después de verse envuelta en un caso grave de contaminación marítima.

Sea por un motivo u otro, la lucha contra la contaminación en un buque petrolero hoy en día es un esfuerzo palpable, podría decirse que los oficiales, dedican un 40% del tiempo en esta materia. Sin embargo, existe como en todas las industrias un tira y afloja entre la rentabilidad económica y la protección del medio ambiente. Podríamos decir sin rodeos que contaminar es barato, pero proteger el medio ambiente sugiere un esfuerzo económico notable.

Si miramos atrás, las nuevas tecnologías siempre han sido costosas en sus comienzos, podrían citarse varios ejemplos, pero el veredicto final es que la implantación a gran escala de tecnologías nuevas, abarata sus costes de

producción. Cierto es que la instalación de nuevos elementos a bordo para proteger el medio ambiente es vista con recelo tanto por tripulantes como por armadores, pero con el paso del tiempo, estos elementos se convierten en parte de la rutina operacional de a bordo y nadie le da mayor importancia, salvo breves comentarios sobre lo diferentes que eran las cosas en el pasado.

La introducción de novedosas tecnologías a bordo ha sido constante, siendo la navegación un campo de experimentación prácticamente desde sus inicios. El método típicamente humano de ensayo y error ha generado grandes avances, y fracasos que disimuladamente quedaron en el olvido rápidamente.

Es por tanto, la introducción de propuestas e iniciativas una actividad normal y común en el seno de este negocio. Cabiendo mencionar, que ha menudo las nuevas propuestas introducidas, van de la mano de intereses gubernamentales de los estados más pudientes.

Ningún estado quiere ver sus costas perjudicadas por la acción de la contaminación marítima, ni desembolsar grandes cantidades de fondos públicos en su limpieza. Siempre es preferible la prevención de este problema desde su fuente.

Hemos visto en este trabajo, en primer lugar, parte de la extensa normativa dirigida a la prevención de la contaminación, observando con interés los procesos seguidos en la sección de máquinas para minimizar el vertido de hidrocarburos pese a que este trabajo está orientado a materias relativas a la cubierta y zona de carga. El motivo ha sido entender que si en la máquina tiene lugar un proceso continuo de reducción de emisiones, este podría extenderse y abarcar también a los residuos originados en la zona de carga y reducir o eliminar, en el mejor de los casos, las emisiones de hidrocarburos al medio marino. Hablando por supuesto de buques petroleros. Los procesos en la sala de máquinas citados, son comunes en todos los buques de propulsión mecánica de cierto tonelaje, en cambio, los vertidos

operacionales solo afectan mayormente a petroleros y en menor medida, a tanques de productos refinados y químicos.

Llegando a este punto podemos decir que la incineración de residuos podría ser factible en buques que transporten hidrocarburos debido a su inflamabilidad, sin embargo es poco imaginable su aplicación a buques quimiqueros donde las cargas tienen otra naturaleza.

No obstante, la instalación de medidas destinadas a la contención de derrames en cubierta, podría tener una aplicación común en todos los buques, incluso en barcos portacontenedores donde podrían mitigarse las pérdidas que pudieran tener lugar en algunos contenedores de productos químicos por citar un ejemplo.

Posteriormente se ha cambiado al campo de las emisiones atmosféricas. Si alguien enciende un televisor hoy en día, será difícil no escuchar alguna alusión al cambio climático, al deshielo de los glaciares debido a la utilización por parte del hombre de combustibles fósiles. Se trata este de un tema muy extenso del que existen infinidad de libros escritos, y es sabido que las industrias terrestres producen la mayor cantidad de emisiones atmosféricas de dióxido de carbono, que es el gas resultante mayoritariamente de la combustión de hidrocarburos.

Como se ha citado en este trabajo, la actividad marítima mundial tiene las mismas emisiones que un solo estado desarrollado, aun así, alguien que haya navegado en un buque petrolero será consciente del gran volumen de gases emitido durante las operaciones de carga, donde las calderas del buque están a pleno rendimiento.

Estas calderas producen vapor para mover las turbobombas que descargan el buque y el gas generado en la combustión, se utiliza para rellenar el espacio vacío que va quedando en los tanques de carga consiguiendo así una atmósfera inerte. Este gas inerte inservible es venteado a la atmósfera en los puertos de carga.

Salir a cubierta en estos puertos es poco agradable, debido a la presencia de grandes volúmenes de gases sobre ella y en las inmediaciones del buque. No en vano, estas operaciones de carga suelen realizarse en monoboyas a muchas millas de la costa. Cierto es también que en algunos puertos de países desarrollados el gas inerte se envía a tierra a través de una línea de retorno, pero normalmente, los estados donde se carga el crudo no son tan desarrollados y la importancia del medio ambiente es tomada menos en serio que en los primeros.

Siendo muy diferente la situación en un buque gasero donde no se aprecia ningún tipo de emisión, ya que el vacío del interior de los tanques se rellena con vapores de hidrocarburos procedentes de la Terminal receptora de la carga.

Ya se sabe, que una atmósfera saturada de hidrocarburos y sin presencia de oxígeno, es incapaz de producir una combustión.

En el trabajo se han presentado unas propuestas que tratan de mitigar o eliminar estas emisiones debidas al gas inerte.

¿Por qué no emplear un sistema semejante al de los gaseros, utilizando vapores de hidrocarburos procedentes de las terminales como gas inerte? Este sistema es complejo y las terminales necesitarían adaptarse para realizar esta actividad, por otro lado, dada la variedad en composición y volatilidad de los crudos, el uso de estos vapores entrañaría más dificultades que en el caso del gas natural.

Existen en el mundo un puñado de terminales de LNG, siendo todas ellas de construcción reciente. Sin embargo, el número de terminales petrolíferas es mucho mayor y de construcción muy anterior, y sería muy costosa una adaptación global a estas alturas. Pero el mundo marítimo

¿Qué haríamos con el gas producido por las calderas para generar vapor para las turbobombas? Siempre podrían utilizarse bombas eléctricas, como las de lastre y resto de bombas instaladas en el buque, alimentadas con el fluido eléctrico de los motores auxiliares.

Es posible que el uso de turbobombas accionadas por vapor sea aun un remanente de la época de los grandes petroleros. Que en un periodo en el que el precio del petróleo era muy inferior, utilizaban turbinas de vapor como medio de propulsión. Lo cual les proveía en aquellos tiempos en que el motor Diesel de marino de grandes dimensiones, debido a la calidad de los materiales, presentaba graves fallos, de la potencia necesaria para mover ingentes cantidades de carga a una velocidad considerable, en torno a los 16 nudos, con unos consumos diarios que, a día de hoy, nos parecerían alarmantes.

Era común en aquellos buques utilizar el vapor de sus grandes calderas en todo lo posible, desde winches de cubierta hasta turboalternadores y turbobombas.

Avanzando mucho más en este aspecto podríamos sugerir que el propio motor principal del buque sea eléctrico y que los motores auxiliares se modifiquen para consumir gas natural o metanol.

Volviendo al tema principal, es posible que esta propuesta sea algo optimista, pero podríamos pensar en la mitigación de los efectos de estas emisiones. La instalación de una torre de lavado y filtros en la salida de estos gases, que normalmente es un palo de venteo de grandes dimensiones garantizaría una emisión más limpia, y si de alguna manera este gas pudiese ser reutilizado la situación mejoraría notablemente.

BIBLIOGRAFÍA.

[1] NÚÑEZ SÁNCHEZ, M.J; MOLINA MARTÍN, E. 2011. *Anexo I del Convenio MARPOL: Manual avanzado para inspectores.* Ed: Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento. ISBN 978-84-498-0883-8.

[2] 2011. *Convenio MARPOL Edición refundida 2011 (5ª edición).* Ed: Organización Marítima Internacional. ISBN 978-92-801-3103-1.

[4] 2011. *Curso de familiarización en buques tanque*. Ed: Centro Nacional de Formación Marítima de Bamio.

[5] BLAS ORBÁN, J.M. 1988. *Aspectos Jurídicos de los Convenios Internacionales tendentes a prevenir la contaminación del medio marino*. *Colegio de Oficiales de la Marina Mercante*, **34**, pp. 38-42.

[6] CRUZ, E; LARÍA, J.M; CABELLOS, E.X; ELORDI, M. 2014. *Bunker o la permanente adaptación (viewpoint)*. *Recalada*, **141**, pp. 19-21.

[7] MAR CANARIAS [sitio web]. 2013. Ayuda en acción. [Consulta 26-06-2014]. Disponible en: http://www.mgar.net/mar/vertidos.htm

[8] M@re Nostrum [sitio web]. 2013. La desgracia del *Prestige*. [Consulta 26-06-2014]. Disponible en: http://marenostrum.org/ecologia/medio_ambiente/prestige/desgracia3.htm

[9] COUCE, B. [et al.]. 2013. Reganosa quiere convertir Ferrol en un nudo europeo para el suministro de gas a buques. *La Voz de Galicia* [en línea]. [Consulta: 25-06-2014]. C-2141. Disponible en: http://www.lavozdegalicia.es/noticia/ferrol/2014/05/05/reganosa-quiere-convertir-ferrol-nudo-europeo-suministro-gas-buques/0003_20140513992895720260 76.htm

[10] Retorna [sitio web]. 2011. *Basura en los océanos, un reto internacional*. [Consulta 26-06-2014]. Disponible en: http://www.retorna.org/mm/file/Documentacion/Basuraoceanos.pdf

[11] Contaminación ambiental del planeta [sitio web]. 2014. *Contaminación por emisiones atmosféricas*. [Consulta 26-06-2014]. Disponible en: http://contaminacionambientaldelplaneta.blogspot.com.es/2010/03/contaminacion-por-emisiones.html

[12] UNESCO. Comisión Oceanográfica Intergubernamental [sitio web]. 2014. *Manual para vigilancia del aceite y de los hidrocarburos del petróleo disueltos o dispersos en el agua del mar o en las playas*. [Consulta 26-06-2014]. Disponible en: http://unesdoc.unesco.org/images/0006/000606/060618so.pdf

[13] International Maritime Organization [sitio web]. 2014. *Volatile Organic Compounds (VOC)*. [Consulta 26-06-2014]. Disponible en: http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Volatile-organic-compounds-(VOC)-%E2%80%93-Regulation-15.aspx

[14] BOE [sitio web]. 2014.
Enmiendas al Anexo del Protocolo de 1978 relativo al Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques.
[Consulta 26-06-2014]. Disponible en:
1973.https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2011-2540

[15] ORO [sitio web]. 2014.
Ultramarine Newsletter. Prevención de la contaminación desde los buques.
[Consulta 26-06-2014]. Disponible en:
http://oro.home.xs4all.nl/ultramarine/fildamar2001/08-prevencion.html

[15] Enviromental and waste management services ltd. [sitio web]. 2014.
Residuos del transporte marítimo.
[Consulta 26-06-2014]. Disponible
en:http://www.ewms.gi/es/residuosdeltransportemaritimo.html

[16] Waypoint Gijón. [sitio web]. 2014.
MARPOL, vertidos en la mar. [Consulta 26-06-2014]. Disponible en:
http://www.waypointgijon.com/marpol%20contaminacion%20medioambiental%20maritima.pdf

[17] Xataka ciencia. [sitio web]. 2014.
Contaminación de hidrocarburos.
[Consulta 26-06-2014]. Disponible en:
http://www.xatakaciencia.com/medio-ambiente/contaminacion-de-hidrocarburos

[18] EUROPA. Press releases database [sitio web]. 2014.
El Centro Común de Investigación de la Comisión presenta una serie de opciones para reducir las emisiones del transporte marítimo.
[Consulta 26-06-2014]. Disponible en:
http://europa.eu/rapid/press-release_IP-10-1747_es.htm

[19] Northeast Diesel Collaborative [sitio web]. 2014. *Principales contaminantes atmosféricos.* [Consulta 26-06-2014]. Disponible en: http://northeastdiesel.org/aire-diesel-esp.html

[20] BIORREHID [sitio web]. 2014. *Usos alternativos para lodos procedentes de la depuración de aguas residuales urbanas: biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos en ambientes semiáridos*. [Consulta 26-06-2014]. Disponible en: http://www.biorrehid.cebas.csic.es/ant_tecnicas.html

[21] Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio [sitio web]. 2014. *Control de emisiones a la atmósfera.* [Consulta 26-06-2014]. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.f497978fb79f8c757163ed105510e1ca/?vgnextoid=798aa862d17d4310VgnVCM2000000624e50aRCRD

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Observación de un gran vertido de hidrocarburos.
http://www.eoearth.org/files/142601_142700/142601/dispersants5.jpg

Figura 1.2: Plano de un buque petrolero tipo T-2, utilizados masivamente en la Segunda Guerra Mundial.
http://marinamercanteuruguaya.blogspot.com.es/2010_05_07_archive.html

Figura 1.3: Plano del buque *Universe Ireland*, ejemplo de disposición general de un buque petrolero de grandes dimensiones.
http://hankwilliamslistings.com/ind-shi3.html

Figura 1.4: Plano en alzado de un buque tanque de doble casco.
http://navalandia.blogspot.com.es/2011/03/el-doble-casco.html

Figura 1.5: Fotografía del buque *Torrey Canyon* durante su embarrancamiento en las costas británicas en 1967.
http://desastresdelsigloxx.blogspot.com.es/2012/06/torrey-canyon-1967.html

Figura 1.6: Fotografía de un buque que ha sufrido un derrame de hidrocarburos.
http://marineinsight.com/wp-content/uploads/2010/11/oil-spill.jpg

Figura 1.7: Fotografía de un incinerador similar a los instalados a bordo de los buques en la planta de montaje.
http://www.nauticexpo.es/prod/eefting-engineering/incineradores-lodos-residuos-buque-30954-192242.html

Figura 1.8: Fotografía de un buque con descarga al mar de agua de lastre por rebose de tanques. Una situación igual podría darse con un rebose o derrame de crudo
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Ship_pumping_ballast_water.jpg

Figura 1.9 Máquina de limpieza de tanques de carga, desmontada y situada sobre la cubierta principal para revisión.
http://no.wikipedia.org/wiki/Tankskip_(rensing_av_tanker):

Figura 1.10: Dibujo que simboliza la construcción de barreras a popa de la zona de carga de un buque petrolero destinadas a contener posibles derrames de hidrocarburos en cubierta.

Figura 1.11: Fotografía que muestra la zona de popa de la cubierta principal de un buque petrolero, en ella se observan parte de las barreras y medios indicados en la figura anterior.

Figura 1.12: Venteo de gas inerte y vapores de hidrocarburos a través de un palo de venteo, o mast riser, a bordo de un petrolero Shuttle.
http://www.sintef.no/home/MARINTEK/AboutMARINTEK/Services/Services1/VOC-Emission-from-Crude-Oil-carriers/VOC-Measurements/

Figura 2.1: Vertido de hidrocarburos por un buque portacontenedores en China.
http://www.newsgd.com/news/picstories/200412090041_24817.jpg

Figura 2.2: Imagen que muestra un proyecto de adaptación de un buque para la utilización de LNG como combustible.
http://hhpinsight.com/marine/2013/01/container-ship-lng-plenty-of-time/attachment/tote_lng_propulsionsystem1111/

Figura 3.1: Fotografía a bordo del buque petrolero *Huelva Spirit* durante un temporal en viaje por el Atlántico.

Figura 3.2: Representación caballera de una posible disposición de las canalizaciones laterales y sus rejillas de protección.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1: Volumen de los vertidos de hidrocarburos al medio marino de diversas fuentes.
http://marenostrum.org/ecologia/medio_ambiente/prestige/desgracia3.htm

Gráfico 1.2: Esquema de elaboración propia que muestra de forma resumida los componentes existentes en una sala de máquinas destinados a reducir la emisión de hidrocarburos al medio marino.

Gráfico 2.1: Esquema representativo del proceso de acidificación del medio marino debido a la incorporación del CO_2 atmosférico.
http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Agua/Oceanos_su_acidificacion_es_una_amenaza_real_y_grave_de_nuestra_existencia

Gráfico 2.2: Esquema que muestra el volumen de crudo transportado a través de las principales rutas marítimas, mostrando que zonas son más propensas a la contaminación por hidrocarburos.
http://southchinaseastudies.org/en/conferences-and-seminars-/507-south-china-sea-platform-for-prosperity-or-arena-for-altercation-by-nazery-khalid

Gráfico 2.3: Típica gráfica que muestra el área de inflamabilidad dependiendo de las concentraciones de aire-hidrocarburos.
http://ingenieromarino.wordpress.com/galeria-de-fotos-photograph-album/graficarelacion-entre-gas-hidrocarburo-y-el-oxigeno-en-mezcla-de-aire-gas-hidrocarburo/

Gráfico 2.4: Esquema que muestra el mecanismo de corrientes que acumulan grandes cantidades de plásticos en las zonas centrales de los océanos.
http://bigblueorb.files.wordpress.com/2011/03/trash-journey.jpg

Gráfico 3.1: Esquema de elaboración propia que muestra una vista en alzado de una sección de cubierta de un buque petrolero de doble casco donde se han instalado de medios destinados a la retención eficaz de derrames de hidrocarburos.