



Universidad de Oviedo

**ESCUELA SUPERIOR DE LA MARINA CIVIL DE GIJÓN**

*Trabajo Fin de Máster*

**ESTUDIO DE LIMPIEZA DE TANQUES DE UN  
BUQUE TANQUE PETROLERO**

Para acceder al Título de Máster Universitario en

**NÁUTICA Y GESTIÓN DEL TRANSPORTE MARÍTIMO**

Autora: Isabel E. Castiello Cabaleiro

Tutora: Marlene Bartolomé Sáez

Julio - 2019

# ÍNDICE

<b>1. Introducción</b> .....	3
<b>2. Objetivos y metodología</b> .....	4
<b>3. Introducción al lavado de tanques</b> .....	5
3.1. Qué es. En qué consiste.....	5
3.2. Orígenes y evolución del lavado de tanques.....	6
3.3. Conceptos en las limpiezas de tanques.....	9
3.3.1. Tipos de máquinas de lavado.....	9
3.3.2. Ciclos de lavado.....	12
3.3.3. Métodos de aplicación.....	12
3.3.4. Lavado con crudo o COW.....	12
3.3.5. Etapas de lavado.....	15
3.4. Prevención de la contaminación en la limpieza de tanques. Convenio MARPOL.....	16
<b>4. Limpieza de tanques en petroleros</b> .....	22
4.1. Atmósfera inerte para prevenir riesgos.....	23
4.1.1. Tanques no inertizados.....	25
4.2. Supervisión, preparación y consideraciones.....	27
4.2.1. Antes de la operación.....	27
4.2.2. Durante la operación.....	27
4.2.3. Medidas para prevenir las fuentes de ignición en el tanque.....	28
4.2.4. Medidas para las operaciones de lavado con crudo.....	28
4.3. Guía para llevar a cabo el COW.....	31
<b>5. Conclusiones</b> .....	38
<b>6. Bibliografía</b> .....	39
<b>7. Anexo I:</b> Lista de comprobaciones COW antes de la llegada del barco.....	41
<b>8. Anexo II:</b> Lista de comprobaciones COW antes de la operación.....	42
<b>9. Anexo III:</b> Lista de comprobaciones COW durante la operación.....	43
<b>10. Anexo IV:</b> Lista de comprobaciones COW después de la operación.....	44
<b>11. Anexo V:</b> Esquema de lavado, purgado y ventilado de tanques.....	45
<b>12. Anexo VI:</b> Libro de registro de hidrocarburos, parte del COW.....	46
<b>13. Anexo VII:</b> Certificados de limpieza de tanques.....	48

# LISTA DE IMÁGENES

1. Buque petrolero tras una explosión en sus tanques.....	- 7 -
2. Buque petrolero tras una explosión en los tanques. ....	- 7 -
3. Imágenes de máquinas de lavado portátiles. ....	- 9 -
4. Personal vigilando las operaciones de limpieza. ....	- 10 -
5. Imagen de una máquina de lavado fija.....	- 11 -
6. Ejemplo de las zonas cubiertas del tanque por una máquina de lavado fija. ....	- 11 -
7. Esquema de tuberías de un sistema de lavado con crudo. ....	- 13 -
8. Esquema de un sistema COW. ....	- 14 -
9. A la izquierda, un esquema del lavado en una etapa, y a la derecha uno del lavado en dos etapas. ....	- 15 -
10. Esquema de las causas principales de la contaminación por petroleros. ....	- 16 -
11. Imagen de una contaminación al medio marino por petróleo. ....	- 18 -
12. Triángulo de fuego. ....	- 22 -
13. Sistema de gas inerte a bordo de un buque tanque. ....	- 24 -
14. Planta de gas inerte a bordo. ....	- 24 -
15. Esquema de pasos para ir controlando las emisiones de fuel durante la limpieza. ....	- 26 -
16. Parte de la lista de chequeo relativa al sistema de gas inerte. ....	- 30 -
17. Parte de la lista de chequeo del COW. ....	- 30 -
18. Parte de la lista de chequeo en caso de que la operacion de COW se pretenda llevar a cabo con el buque atracado. ....	- 31 -

# 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo fin de máster el campo de investigación será la limpieza de tanques en los buques tanque. Estas tareas son muy importantes en este tipo de barcos, y en nuestra vida tanto académica, como profesional. En ocasiones se deja en un segundo plano, centrándose principalmente en las operaciones de carga y descarga, cuando, la operaciones de limpieza de tanques son igual o más importantes.

Todo oficial de un buque tanque debe estar familiarizado con las tareas de limpieza de tanques.

Debido a las situaciones que puede generar una limpieza en malas condiciones, es primordial tener en cuenta las precauciones que se han de tomar para llevarla a cabo, antes, durante y después de la operación, para evitar así posibles accidentes que puedan desencadenar en un desastre.

Para entender todo lo anterior, en primer lugar se llevará a cabo una investigación de los orígenes y la evolución de estas tareas a bordo de petroleros, así como los motivos que provocaron que tanto autoridades como empresas involucradas tomaran cartas en el asunto y estudiaran las mejoras de estas operaciones, en lo que a temas de seguridad se refiere y a estandarizar una lista de tareas que confiriere protección y garantías al personal involucrado en dichas operaciones.

Este trabajo está dividido en dos grandes bloques. En primer lugar, se analizará todo lo relativo a la limpieza de tanques en petroleros, qué son, en qué consisten, orígenes y evolución, tipos de limpieza y el papel del convenio MARPOL (Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques). Tras aclarar todas estas secciones en la segunda parte, se confeccionará una guía de las precauciones que se han de tomar a la hora de operar limpiando tanques en este tipo de buques. Por último se plantearán unas conclusiones, en las que se valorará la utilidad del trabajo para los objetivos propuestos en el siguiente apartado, así como, la bibliografía, en la que se reflejarán las referencias utilizadas para llevar a cabo esta labor.

## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo principal de este trabajo es defender la importancia del conocimiento de los peligros de una mala limpieza, las precauciones que se han de tomar, y los riesgos en las operaciones.

Lo que se pretende con este trabajo es la profundización de los conocimientos sobre limpieza de tanques en buques tanque petroleros, la ampliación de las competencias a nivel de seguridad en el trabajo y de la protección del medio marino.

Lo más importante que se pretende conseguir con la elaboración de este proyecto es aclarar los conceptos básicos que nos ayuden a desarrollar estas operaciones con total seguridad y entender la importancia de esta tarea para la protección del medio marino, ya que está regulado por el convenio MARPOL, por lo que hay que conocer bien las directrices estipuladas por este convenio para no cometer errores cuando se lleven a cabo las operaciones de limpieza.

Para la elaboración de este trabajo se ha utilizado la siguiente metodología:

- i. Investigación documental
- ii. Revisión bibliográfica
- iii. Observaciones, y
- iv. Análisis de datos

En primer lugar se ha realizado una revisión de información, artículos y páginas de internet, sobre los conceptos básicos y los orígenes y evolución del tema que se trata.

Luego se ha llevado a cabo una revisión del convenio MARPOL 73/78, en lo que a materia de limpieza de tanques se refiere, así como, de numerosos artículos sobre este contenido en dicho convenio.

También se ha realizado una investigación de estudios que habían realizado diferentes personas acerca de este tipo de operaciones y también algunos libros sobre petroleros que ofrecen capítulos con precauciones y guías para llevar a cabo esta tarea de limpieza en tanques.

A partir de todo este trabajo, se hacen las observaciones y los análisis de datos de toda la documentación obtenida y se juntan de manera ordenada y bien estructurada para ofrecer una visión global, pero clara, de los temas que se pretenden tratar.

## 3. INTRODUCCIÓN AL LAVADO DE TANQUES

La limpieza de tanques es una tarea de vital importancia para la seguridad operacional del buque, así como para la prevención de la contaminación y protección del medio marino.

No toda la contaminación del petróleo es causada por los petroleros. Sin embargo, el gran volumen de petróleo crudo transportado por mar ha creado un problema importante al desechar el lastre sucio y los lavados de tanques sin dañar el medio ambiente marino o dañar las instalaciones costeras. La mayoría de los aceites crudos contienen cera y otros materiales en solución, junto con los sedimentos, que pueden asentarse durante el viaje y formar un residuo con cualquier carga remanente después de la descarga (del orden de 0,2 a 0,5% de la carga transportada). Si se descarga en el mar en concentraciones elevadas durante el lavado del tanque, el residuo permanecerá en la superficie durante mucho tiempo y causará contaminación.

Por lo tanto, debe mantenerse a bordo y puede descargarse en los terminales de carga donde las instalaciones necesarias estén disponibles. Si no, el residuo debe conservarse y la nueva carga debe cargarse en la parte superior. En ningún caso, el residuo puede descargarse en el mar a menos que la seguridad del barco o su personal esté en peligro.

### 3.1. Qué es. En qué consiste.

El lavado de tanques consiste en eliminar de los tanques de carga todo resto de la misma que ha sido transportada en dicho tanque.

Hace tiempo esto era necesario debido a la existencia de los *tanques de lastre sucio*, es decir, tanques que podían llevar carga y lastre, por lo que era necesario lavar el tanque después de descargarlo para poder lastrarlo, y así no contaminar el agua de mar en la posterior operación de deslastre. En la actualidad existen los *tanques de lastre segregados*, que solo se cargan con agua de mar para lastrar el buque, por lo que el objetivo principal de la limpieza de tanques hoy en día no es el mismo que en el pasado. El objetivo ahora es cumplir las exigencias de las industrias petroleras y la normativa del convenio MARPOL.

En definitiva, la limpieza de los tanques consiste en la eliminación de todo residuo que se encuentre en el interior del mismo, incluyendo aquellos que estén adheridos a las paredes del tanque. Los motivos para llevar a cabo este tipo de operación pueden ser:

- i. Trabajos que requieran la entrada al tanque, por ejemplo, una reparación.
- ii. Cambio del grado del producto.
- iii. Para aumentar la cantidad de carga.

- iv. Por petición del armador.
- v. Lastrar el tanque con lastre limpio.
- vi. Acceder a dique seco.
- vii. Obligaciones legislativas.

## 3.2. Orígenes y evolución del lavado de tanques.

*En noviembre de 1971, estando en el puerto de Barcelona, se efectuaron a bordo las primeras pruebas de un sistema de seguridad para buques petroleros denominado Destator, invento de Juan de la Cierva cuya investigación había patrocinado CEPSA. Patentado en mayo del año anterior, tenía por objeto evitar las explosiones que pudiera originar la electricidad estática generada durante la limpieza de tanques. Este fenómeno y el riesgo de explosión asociado era conocido desde hacía tiempo, pero a raíz de los graves accidentes ocurridos en los petroleros “Marpessa”, “Mactra” y “Kong Haakon VII”, la industria petrolera mundial, con la ayuda de varios países interesados, intensificó los estudios e investigaciones en dicho campo, llegando a la conclusión de que, en determinadas circunstancias, era posible que se produjeran explosiones que tuvieran como origen este fenómeno electroestático, causa probable a la que también se atribuía la pérdida del petrolero español Elcano, hundido en 1971.<sup>1</sup>*

*La necesidad del lavado de tanques «moderno» es decir, con un control de la atmósfera, y protocolos de actuación y seguridad, nace a raíz de una serie de explosiones ocasionadas a bordo de los VLCC «Mactra», «Marpesa» y «Hong Haakon VII» en el año 1969 con graves consecuencias.<sup>2</sup>*

En las imágenes 1 y 2 se pueden observar los resultados de un accidente en los tanques del petrolero *Mactra*, en el que queda abierta la cubierta totalmente dando como resultado un derrame de toda la carga transportada en ellos.

---

<sup>1</sup> Lorenzo, «El petrolero “Astorga” (1960-1981), el yate de CEPSA».

<sup>2</sup> Marino, «Limpieza de Tanques.Petroleros».



*1. Buque petrolero tras una explosión en sus tanques.<sup>3</sup>*



*2. Buque petrolero tras una explosión en los tanques.<sup>4</sup>*

---

<sup>3</sup> Marino. «Limpieza de Tanques.Petroleros».

<sup>4</sup> Marino, «Limpieza de Tanques.Petroleros».

A raíz de estos accidentes se decidió comenzar a tomar cartas en el asunto de la contaminación del medio marino por petroleros a causa de las operaciones de limpieza en tanques.

Antiguamente, los petroleros utilizaban *tanques de lastre limpio*, que podían llevar carga, y también lastre, previo lavado. Si la limpieza no se realizaba correctamente, al deslastrar el agua al mar, se contaminaba con los restos de la carga anterior. Era muy usual que los primeros petroleros al descargar el lastre produjeran una contaminación del medio marino. Gracias al Anexo I, regla 16 del convenio MARPOL, se han dejado de utilizar este tipo de tanques de lastre:

*Todo petrolero construido después del 31 de diciembre de 1979, de peso muerto igual o superior de 4.000 de peso muerto igual, y todo petrolero para crudos construido después del 31 de diciembre de 1979, de peso muerto igual o superior a 150 toneladas, no podrá cargar agua de lastre en ningún tanque de carga de petróleo.<sup>5</sup>*

Por la época de los primeros petroleros, la limpieza de tanques consistía en calentar el tanque, y lavarlo con agua dulce o salada utilizando los equipos contra incendios y achicando los residuos de manera manual. Esta tarea, con los años, se vio dificultada debido al aumento del tamaño y tonelaje de estos buques, sin apenas aumentar el número de tripulantes. A consecuencia de esto y del progreso de la ciencia y la tecnología, en los años 50 aparecieron las primeras máquinas portátiles de lavado, y 10 años más tarde los primeros sistemas fijos de limpieza.

El agua tampoco resultó ser muy adecuada para el lavado de tanques de petróleo, principalmente por dos problemas: el primero era que aceleraba la corrosión de los tanques, y, segundo, que quedaban restos de sal en la carga, lo que afectaba a la calidad del producto.

Por todo ello, se optó por reemplazar el agua para la limpieza, por el crudo que transportaban los grandes petroleros, mezclándolo a su vez con solventes de crudo, solucionando así, los problemas mencionados anteriormente.

---

<sup>5</sup> IMO, MARPOL, *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, consolidated edition 2017*.

### 3.3. Conceptos en la limpieza de tanques.

En este apartado se describirá detalladamente los conceptos básicos que se han de conocer para realizar una limpieza adecuada. En primer lugar se describirán las máquinas de lavado, y a continuación, los ciclos y los métodos que se han de llevar a cabo.

#### 3.3.1. Tipos de máquinas de lavado

En primer lugar cabe destacar que se pueden realizar con dos tipos de máquinas:

- i. Máquinas de limpieza portátiles.
- ii. Máquinas de limpieza fijas.

#### Máquinas de limpieza portátiles



3. Imágenes de máquinas de lavado portátiles.<sup>6</sup>

Estas máquinas se introducen al tanque por una abertura especialmente diseñada para ello, y proyectan un chorro contra las paredes del tanque. Funcionan con agua, no son aptas para el lavado con crudo, el cual se explicará más adelante. Trabajan con una tobera que gira alrededor de los ejes verticales y horizontales para asegurar la cobertura total de las paredes del tanque.

<sup>6</sup> Marino, «Limpieza de Tanques.Petroleros».



*4. Personal vigilando las operaciones de limpieza.*

Se ha de tener especial precaución con la electricidad estática, la carcasa de la máquina debe de ser de un material que no produzca chispa y tener un cable de continuidad eléctrica para la conexión de la máquina con la manguera que suministra el agua a la misma. Asimismo, la manguera nunca debe estar en tensión, si no que se deberá sujetar con un cabo para evitarlo.

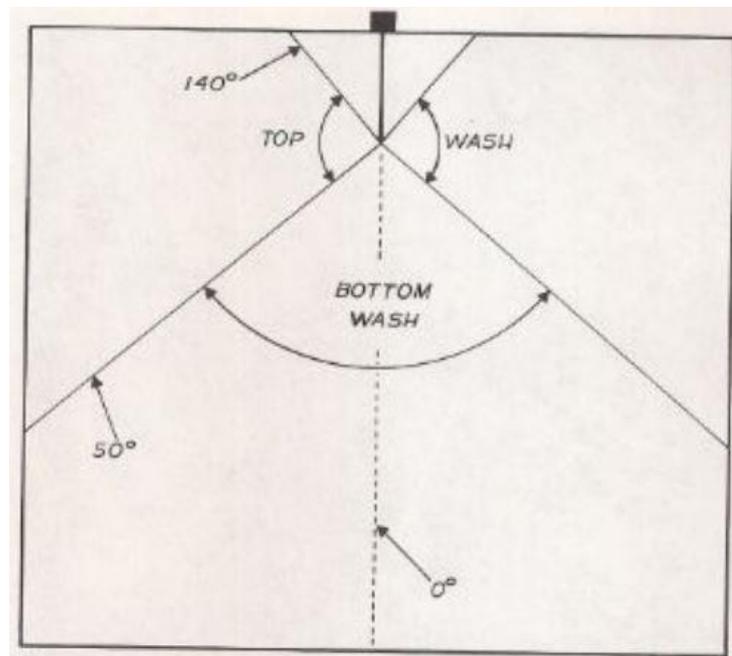
#### **Máquinas de limpieza fijas**

Estas máquinas van instaladas en los tanques de los grandes petroleros de forma fija. Son más potentes que las portátiles, pero su instalación es mucho más costosa. Se encuentran a diferentes alturas para evitar sectores de sombra, que son los que quedan fuera del alcance del chorro. Son habituales para el lavado con crudo, aunque también permiten el lavado con agua. Pueden también programarse para el lavado. Suelen funcionar a través de las bombas de carga/descarga del buque y enlazadas al desagüe de lavado por las líneas de cubierta.



5. Imagen de una máquina de lavado fija.<sup>7</sup>

En la imagen anterior se puede observar como salen los chorros a presión en una máquina de lavado fija, los chorros salen de una pieza rotatoria que permite cubrir la totalidad del tanque. La cobertura que alcanzan estos chorros se ve en el esquema de la imagen 6, en la que se pueden observar los ángulos de incidencia de los chorros así como la superficie que abarcan.



6. Ejemplo de las zonas cubiertas del tanque por una máquina de lavado fija.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> «Crude oil washing System on Oil Tanker Ships |».

<sup>8</sup> Marino, «Limpieza de Tanques.Petroleros».

### 3.3.2. Ciclos de lavado.

Los ciclos generales en el lavado con agua y/o productos químicos son las siguientes:

- i. **Prelavado:** se eliminan la mayoría de los residuos del último producto.
- ii. **Lavado:** se lava el tanque con agua de mar, pudiendo aplicar detergentes para mejorar el nivel de limpieza.
- iii. **Enjuague:** consiste en la eliminación de los restos de detergente.
- iv. **Lavado con agua dulce:** consiste en la eliminación de los residuos de agua salada.
- v. **Secado:** se eliminan los últimos restos de agua del tanque.

El número de ciclos de la máquina de lavado depende de la experiencia del lavado de producto. La temperatura del agua se ajusta en función de la recomendación de cada producto, teniendo en cuenta el revestimiento del tanque.

### 3.3.3. Métodos de aplicación.

Los métodos de aplicación de agua y detergente son los siguientes:

- i. **Vaporización:** se introduce agua hasta que los serpentines estén cubiertos. Se añade el detergente y se calienta el tanque hasta conseguir la evaporación del solvente. Por último se realiza el lavado y se vuelve a enjuagar con agua.
- ii. **Inyección:** se inyecta el agua de lavado al tanque a través de las máquinas.

### 3.3.4. Lavado con crudo o COW

A continuación se describe el lavado con crudo, ya que, además de ser el más habitual, es el más indicado para los tanques de buques petroleros.

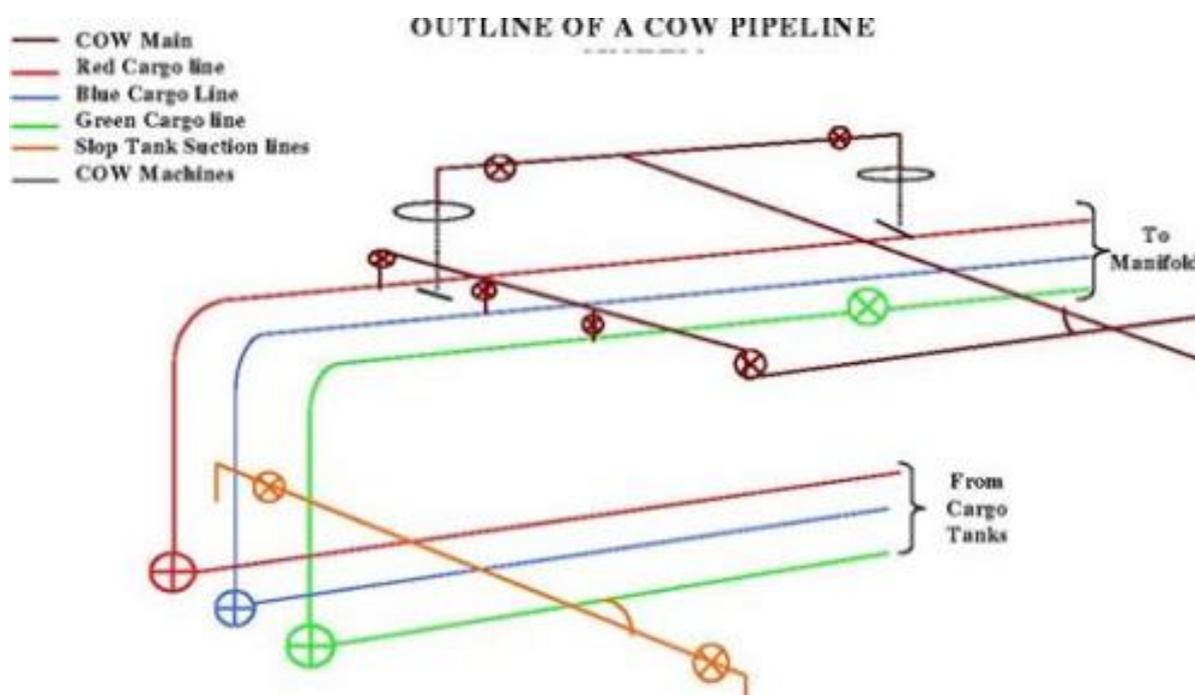
El lavado con crudo o COW (*Crude Oil Washing*) consiste en la recirculación del propio crudo que transporta el barco proyectándolo a chorro contra las paredes del tanque y cayendo los residuos en el plan del tanque, para su posterior reachique. Lo que se consigue con esto es eliminar los residuos que permanecen en la superficie del tanque debido a la presión que se ejerce contra los mismos y la acción disolvente del mismo crudo.

La OMI (Organización Marítima Internacional) define el lavado con crudo como:

*El lavado con crudos es un sistema por el que los tanques de hidrocarburos de los petroleros se limpian entre los distintos viajes no con agua, sino con crudos de hidrocarburos, es decir,*

con la propia carga. La acción disolvente del petróleo crudo hace que el proceso de limpieza sea mucho más eficaz que cuando se utiliza agua (normalmente se realiza un aclarado con agua, si bien se utiliza muy poca cantidad). Este sistema contribuye a prevenir la contaminación de los mares debida a medidas operacionales.<sup>9</sup>

Para evitar que el chorreado pudiera producir electricidad estática es necesario introducir gas inerte en los tanques mientras se realizan las operaciones de lavado con crudo. Con el sistema de lavado con crudo se consigue disminuir considerablemente el riesgo de contaminación al anular la práctica totalidad de los residuos a bordo. Por otra parte, representa una gran disminución en el falso flete\*, ya que, en el sistema de *load-on-top*\*\* se acumulan muchas toneladas de residuos cada viaje, restando carga útil a transportar.



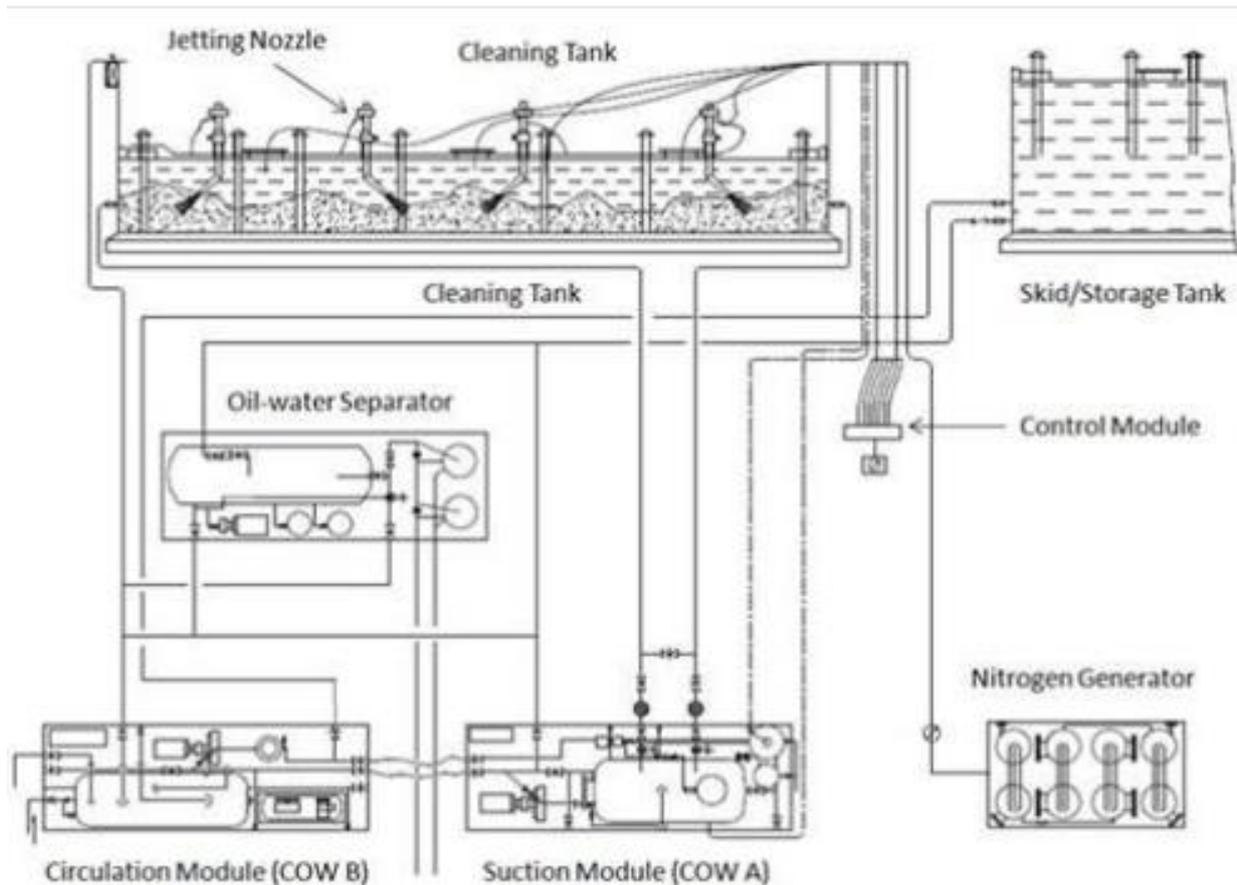
7. Esquema de tuberías de un sistema de lavado con crudo.<sup>10</sup>

\*Se denomina falso flete al precio que debe pagar el fletador al transportista cuando por una u otra razón la mercancía objeto del contrato de transporte, no ha ocupado en parte o a la totalidad el espacio previamente arrendado del buque por causa del cargador.

\*\* El propósito esencial del sistema *load-on-top* es la recolección y asentamiento a bordo de las mezclas de agua y aceite resultantes de las operaciones de lastre y tanques, generalmente en un tanque o tanques de taludes especiales, y su posterior eliminación en el puerto de descarga.

<sup>9</sup> IMO, «Lavado con crudos».

<sup>10</sup> «Merchant Seamen».



8. Esquema de un sistema COW.<sup>11</sup>

En las imágenes anteriores se observa un ejemplo del sistema de las líneas que veríamos en un petrolero para el sistema de lavado de tanques, desde los tanques de carga hasta el *manifold*. Y en la imagen 8 un esquema de un sistema COW, en el que aparecen todas las partes necesarias para que se lleve a cabo este tipo de limpieza.

La operación de lavado con crudo, es realizada normalmente, mientras el buque se encuentra en el puerto de descarga. El COW eficiente, evita el ROB (*Remain On Board*), que es la cantidad de carga, bombeable o no, que queda a bordo después de la limpieza de los tanques.

Este sistema de lavado con crudo tiene los siguientes inconvenientes:

- Está limitado solo a ciertos productos.
- Aumenta entre un 20% y un 25% el tiempo de estancia en puerto para la descarga.

<sup>11</sup> «Merchant Seamen».

- Genera gases adicionales de hidrocarburo, si el sistema de gas inerte no funciona no se podrá llevar a cabo la operación de limpieza.
- Puede presentar riesgo de derrame si la tripulación no está correctamente familiarizada con el sistema.

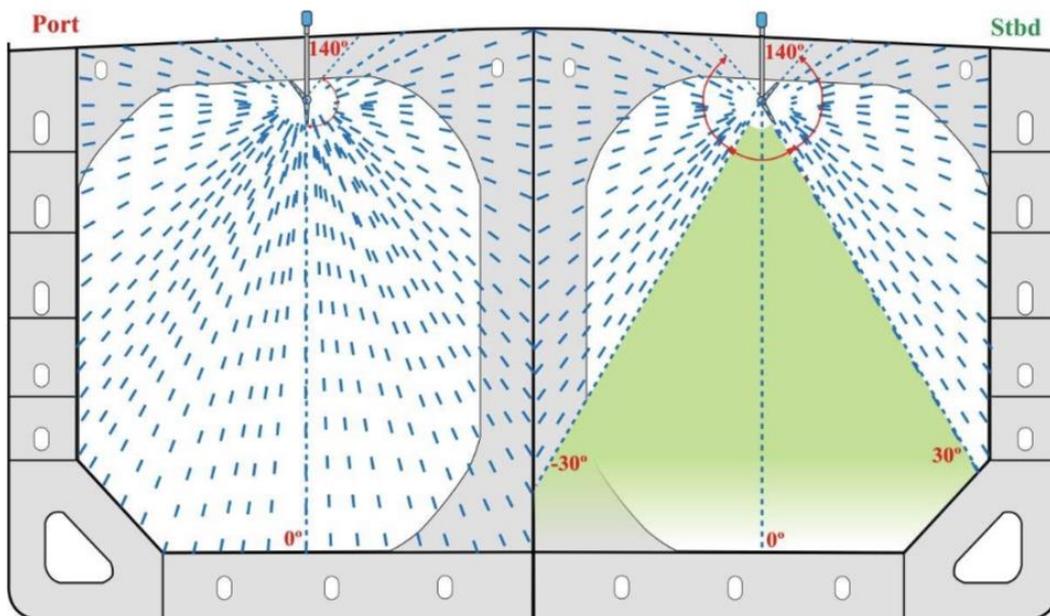
Y las siguientes ventajas:

- Reduce considerablemente la contaminación del medio marino.
- Es un método económico.
- El equipo a utilizar durante las operaciones se ve reducido.
- Disminuye la corrosión al disminuir el empleo de agua salada y el porcentaje de oxígeno

### 3.3.5. Etapas del lavado.

Puede ser:

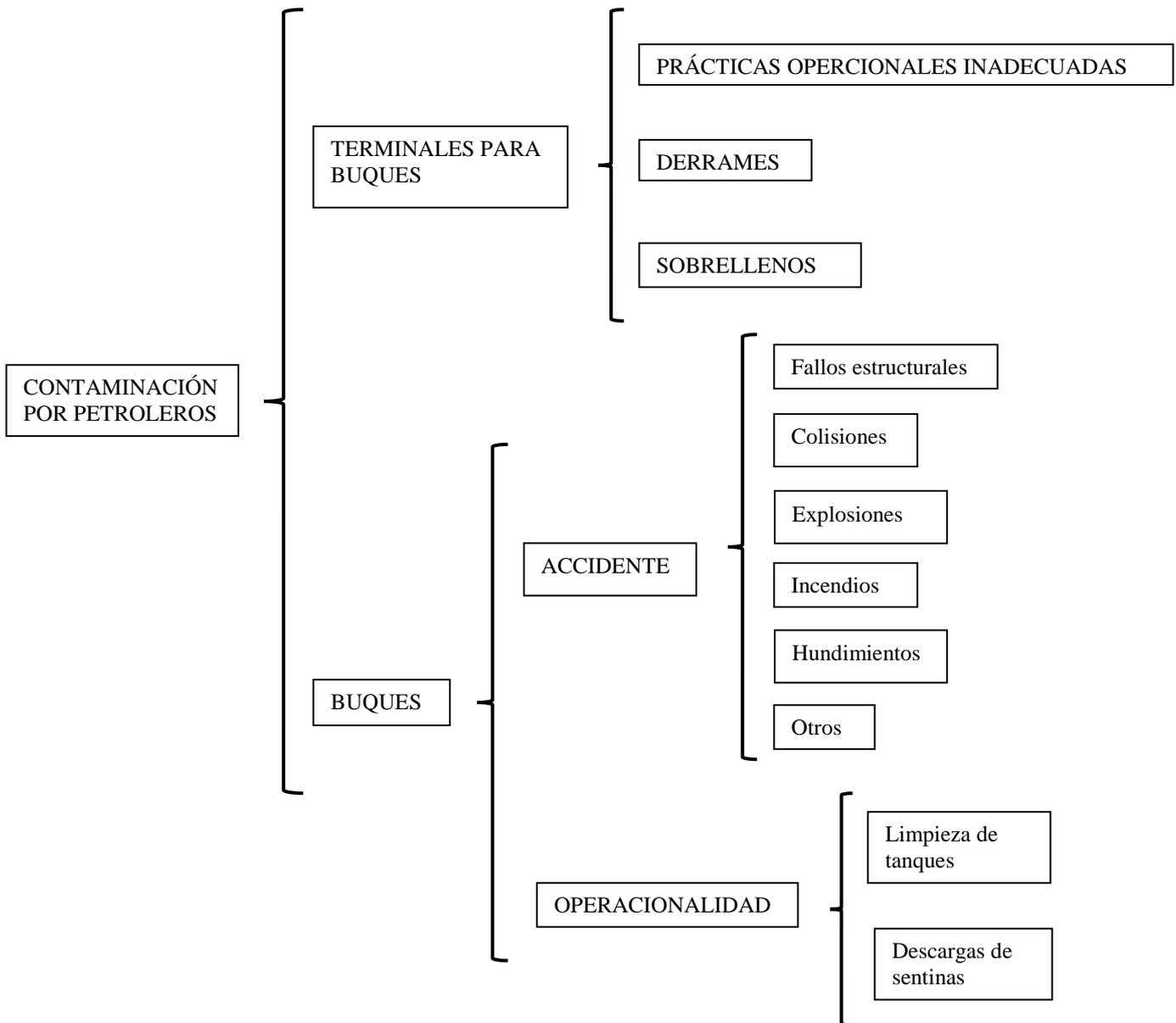
- Lavado en una sola etapa:** se lava el tanque en su totalidad de forma continua, sin interrupciones sin permitir acumulaciones de líquido en la parte baja del tanque durante la operación.
- Lavado en dos o más etapas:** se realiza el lavado con interrupciones mientras dure la descarga, aprovechando las zonas que se vayan descargando de crudo para ir lavándolas en primer lugar.



9. A la izquierda, un esquema del lavado en una etapa, y a la derecha uno del lavado en dos etapas.

### 3.4. Prevención de la contaminación en la limpieza de tanques. Convenio MARPOL.

El sistema de lavado de tanques era un foco de contaminación en el funcionamiento operacional de un petrolero. Este problema se ha tratado de minimizar con la implantación de tanques de lastre segregado y lavado con crudo, pudiendo realizar también, de vez en cuando, un lavado con agua salada caliente



10. Esquema de las causas principales de la contaminación por petroleros.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Tandanor SACIyN, «Buques tanques».

Como se puede observar en el esquema anterior, una de las causas más probables de contaminación de un petrolero en lo que a operabilidad se refiere, es la limpieza de tanques. Desgraciadamente se aprende de los errores y se ha demostrado a raíz de varios incidentes en las operaciones de lavado de tanques que había que poner una solución eficaz para reducir o eliminar este riesgo de contaminación del medio marino. Ya que, al igual que los errores humanos, los errores operacionales se pueden subsanar, mejorando el sistema y el equipo operacional, o incluso siendo más estricta la legislación al respecto.

Debido a la preocupación por la posible contaminación debida a las limpiezas de tanques en los petroleros, la OMI (Organización Marítima Internacional) se vio obligada a intervenir, a través del convenio MARPOL, regulando ciertas reglas y obligaciones, y estableciendo una legislación que afecta a nivel internacional a todos los buques tanque petroleros que lleven a cabo estas operaciones o que no tengan tanques de lastre separado.

El Protocolo de 1978 relativo al Convenio MARPOL confirió obligatoriedad al lavado con crudos para los petroleros nuevos. En la regla 33 del Anexo I del Convenio MARPOL se prescribe que todo petrolero para crudos nuevo de peso muerto igual o superior a 20 000 toneladas estará provisto de un sistema de lavado con crudos para los tanques de carga.

En la regla 33 se establece que las instalaciones y los equipos de lavado con crudos cumplan, por lo menos, todo lo dispuesto en las Especificaciones relativas al proyecto, la utilización y el control de los sistemas de lavado con crudos, adoptadas por la OMI en 1978.

En 1999, la OMI adoptó las especificaciones revisadas para el lavado con crudos mediante la resolución A.897(21): "Enmiendas a las especificaciones revisadas relativas al proyecto, la utilización y el control de los sistemas de lavado con crudos (resolución A.446(XI) enmendada por la resolución A.497(XII))".<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> IMO, «Lavado con crudos».



11. Imagen de una contaminación al medio marino por petróleo. 14

La regla 33 del anexo I del Convenio MARPOL de la OMI establece lo siguiente:

- 1) Cada petrolero de crudo con un peso muerto de 20,000 toneladas o más entregado después del 1 de junio de 1982, como se define en la regla 1.28.4, deberá estar equipado con un sistema de limpieza de tanques de carga que utilice el lavado de petróleo con crudo. La Administración se asegurará de que el sistema cumpla plenamente con los requisitos de este reglamento en el plazo de un año después de que el petrolero se dedicara por primera vez al comercio de petróleo crudo o al final del tercer viaje que lleve petróleo crudo adecuado para el lavado del petróleo crudo, lo que ocurra mas tarde.
- 2) La instalación del sistema de lavado con crudo y el equipo y los arreglos asociados deben cumplir con los requisitos establecidos por la Administración. Dichos requisitos deberán contener al menos todas las disposiciones de las especificaciones para el diseño, operación y control de sistemas de lavado de petróleo crudo adoptadas por la Organización \*. Cuando no se requiere que un barco, de acuerdo con el párrafo 1 de este reglamento, esté, pero esté equipado con un equipo de lavado de petróleo

---

<sup>14</sup> RISUK1979, «Operaciones en buques petroleros».

crudo, deberá cumplir con los aspectos de seguridad de las especificaciones mencionadas anteriormente.

- 3) Todo sistema de lavado de crudo que se proporcione de acuerdo con la regla 18.7 de este Anexo deberá cumplir con los requisitos de esta regulación.

\* Consulte las Especificaciones revisadas para el diseño, operación y control de los sistemas de lavado de petróleo crudo adoptados por la Organización mediante la resolución A.446 (XI) y modificados por la Organización mediante la resolución A.497 (XII) y enmendados en la resolución A. 897 (21).<sup>15</sup>

A continuación, se resume la reglamentación relacionada con la limpieza de los tanques de carga, que MARPOL 73/78 menciona en su anexo I.

### **Regla 12.**

Los gobiernos que son parte del convenio, y que tengan terminales de carga de hidrocarburos, deben proveer instalaciones de recepción, para todos los fangos, lastre contaminado, mezclas oleosas y aguas de lavado, procedentes de las operaciones de los petroleros.

### **Regla 13**

- Todo petrolero nuevo para crudos de peso muerto mayor o igual a 20000tn de peso muerto, al igual que petroleros nuevos para productos petrolíferos mayor o iguales a 30.000 toneladas de peso muerto, irá provisto de tanques de lastre separado (SBT). Y la capacidad de estos tanques será la suficiente para que pueda operar con seguridad durante la condición de lastre, sin tener que cargar lastre en algún tanque de carga.
- Todo petrolero nuevo, para transporte de crudo, mayor o igual a 20000 tn de peso muerto, irá dotado con un sistema de lavado con crudo, para los tanques de carga.
- Los petroleros existentes, que transporten crudo, mayores o iguales a 40000 tn de peso muerto, irán provistos con tanques de lastre separado (SBT), o tendrá que operar, utilizando un sistema de lavado con crudo, para los tanques de carga o lastre (CBT).
- Los petroleros existentes, que transporten productos petrolíferos, de peso muerto igual o superior a 40000tn, irán provistos con tanque de lastre separado, o en defecto de ello operará con tanques dedicados a lastre limpio.

---

<sup>15</sup> MARPOL, *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, consolidated edition 2017.*

### **Regla 13 b**

- Todo petrolero que opere con un sistema de lavado con crudo, tendrá un manual sobre equipos y operaciones del lavado.
- Solo se introducirá agua de lastre en los tanques de carga que hayan sido lavados con crudos.

### **Regla 13 e.**

Todo petrolero nuevo que transporte crudo, de peso muerto igual o superior a 20.000 ton y petrolero nuevo que transporte productos petrolíferos de peso muerto igual a 30.000 ton, deberán tener los tanques de lastre separado, dispuestos en la sección de la eslora en que se hallen los tanques de carga, a fin de que haya alguna protección contra derrame de hidrocarburos en caso de varada o abordaje. Para esta regla se entiende buque nuevo, a petroleros que su contrato de construcción haya sido adjudicado después del 1 de julio de 1979. O petroleros que hayan sido entregados, después del 1 de junio de 1982.

### **Regla 13 f (Doble casco)**

Los tanques de carga de todos los petroleros de peso muerto superior o igual a 600 ton, que su contrato de construcción haya sido adjudicado después del 6 de julio de 1993 o hayan sido entregados después del 6 de julio de 1996, estarán protegido en toda su longitud por tanques de lastre dispuestos en tanques o espacios laterales y tanques o espacio del doble fondo.

### **Regla 15**

- Los petroleros de arqueado bruto igual o superior a 150 tn, enviarán el trasvase de residuos, lastre contaminado y restos de lavados de tanques a un tanque de decantación (*s/ops*). La capacidad del tanque o la combinación de *s/ops*, no será inferior al 3% de la capacidad total del transporte de hidrocarburo.
- Se instalará un dispositivo de vigilancia de control de descarga de hidrocarburos. Que mostrará el contenido y régimen de hidrocarburo descargado al mar.
- Se instalará detectores de interfaz hidrocarburo /agua, a fin de determinar la posición de dicha interfaz en los *s/ops*. Desde los cuales se proyecte descargar efluentes al mar.

### **Regla 18**

Todo petrolero tendrá una línea para la descarga de; agua de lastre o agua impurificada de lavado de tanques. Esta línea se conectará a tierra para la recepción. Estará situado en la cubierta expuesta, con ductos a ambas bandas.

## **Regla 20**

La limpieza de los tanques de carga, incluido el lavado con crudo irá registrado en el libro de registro de hidrocarburos parte II.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> IMO, MARPOL 73/78, edición refundida, 2002.

## 4. LIMPIEZA EN BUQUES TANQUE PETROLEROS

En esta sección se realizará una descripción generalizada de las precauciones en cuanto a seguridad que se deben seguir para la limpieza de tanques de carga y de los espacios de lastre contaminados con carga en un buque tanque petrolero, así como de una guía para llevar a cabo estas operaciones.

Todas las operaciones de lavado de tanques deben ser correctamente planificadas y documentadas. Los peligros que haya que tener en cuenta para la realización de estas tareas de limpieza deberán estar claramente identificados y se deberán tomar todas las medidas necesarias para reducir los riesgos lo máximo posible.

En la planificación del lavado de tanques de carga los riesgos principales son: fuego y/o explosión. Estos riesgos pueden deberse a la presencia conjunta de una atmósfera inflamable y una fuente de ignición. Por ello, es de vital importancia eliminar estos peligros que contribuyen al fuego o la explosión. En definitiva, se debe eliminar una o más partes del llamado triángulo del fuego.

El triángulo del fuego representa los elementos necesarios para que se produzca la combustión. Es necesario que existan los tres lados del triángulo para que un combustible comience a arder.



12. Triángulo de fuego.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> «Triángulo y tetraedro del fuego.»

Los lados de este triángulo, como se puede apreciar en la imagen anterior, están formados por:

- i. **Combustible:** se trata del elemento principal de la combustión y puede encontrarse en cualquiera de los tres estados (sólido, líquido o gaseoso). En el caso que nos ocupa se trataría de gases inflamables derivados de la carga de petróleo del tanque.
- ii. **Comburente:** en este caso, y en la mayoría es el oxígeno.
- iii. **Energía de activación:** energía necesaria para activar la combustión, por ejemplo, una chispa, o una fuente de calor.

## 4.1. Atmósfera inerte para prevenir riesgos.

Para prevenir estos riesgos de fuego o explosión, el método más efectivo es trabajar cuando el tanque tenga una atmósfera inerte.

*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.*

*Es importante mantener el nivel de oxígeno por debajo de ese porcentaje para proporcionar protección contra el fuego o explosión en los tanques de carga.*

*Para mantener este porcentaje bajo se utiliza un dispositivo fijo de tuberías que introduce gas inerte (pobre en oxígeno) en cada tanque de carga para reducir el contenido de oxígeno y convertir la atmósfera del tanque en No inflamable ni explosiva.<sup>18</sup>*

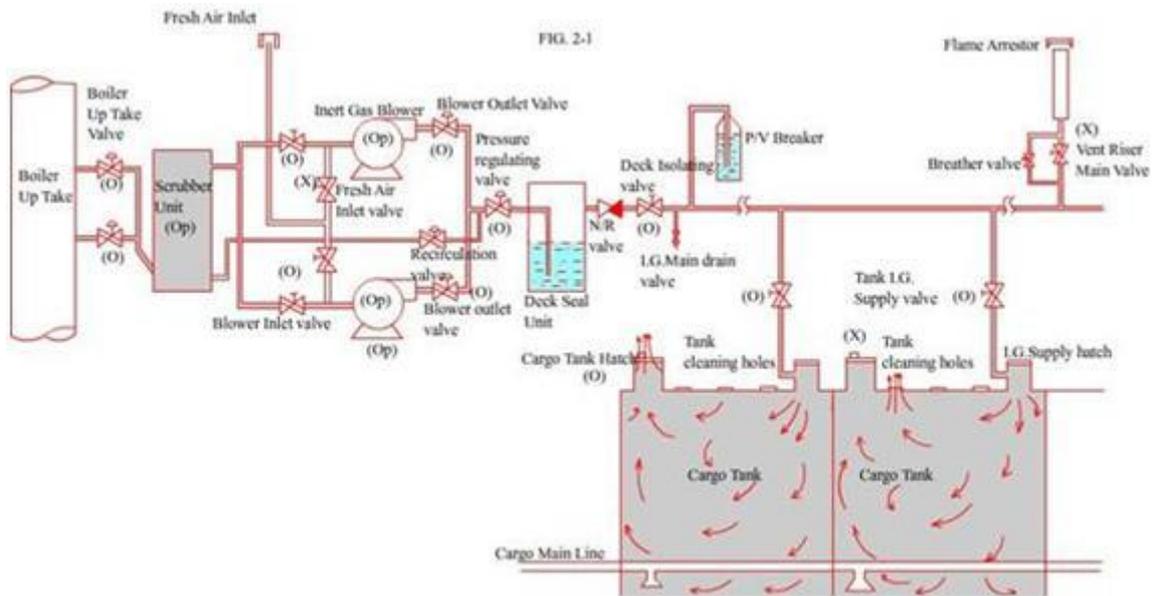
Por tanto, teniendo en cuenta lo anterior, un sistema de gas inerte a bordo, deberá:

- Inertizar los tanques de carga vacíos, reduciendo el contenido de oxígeno hasta un porcentaje en el que la combustión no sea posible.
- Mantener el tanque con un contenido de oxígeno que no exceda del 8% del volumen total.
- Garantizar una presión positiva mínima en los tanques (+100 mm de H<sub>2</sub>O sobre la atmósfera).

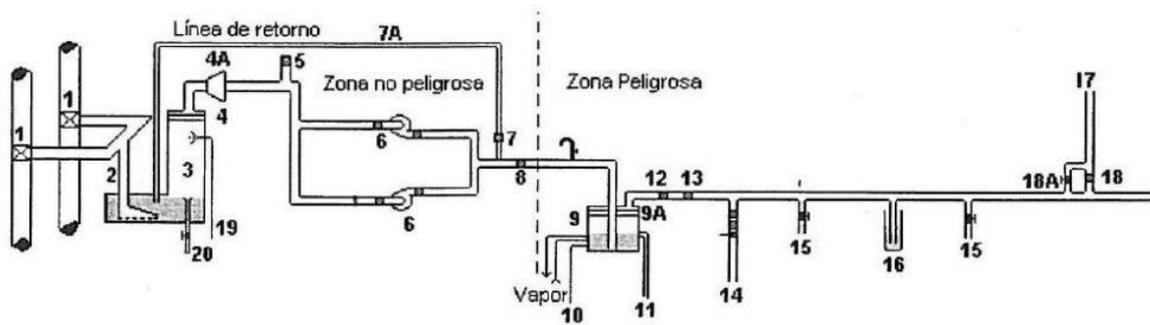
---

<sup>18</sup> «Sistema de Gas Inerte a Bordo - Ingeniero Marino».

- Evitar que el gas inerte provoque corrosiones en la estructura de los tanques o contaminación en la carga.



13. Sistema de gas inerte a bordo de un buque tanque.<sup>19</sup>



14. Planta de gas inerte a bordo.

1. Válvula de aspiración de gas.
2. Colector de gas.
3. Torre de lavado (*Scrubber*).
4. Filtro.
5. Toma de aire de ventiladores.
6. Ventiladores.
7. Válvula de no retorno.
8. Válvula reguladora de presión.

<sup>19</sup> «Sistema de Gas Inerte a Bordo - Ingeniero Marino».

9. Sello de cubierta.
10. Alimentación de agua del sello.<sup>20</sup>

En definitiva, la mejor alternativa para reducir al máximo el riesgo de fuego o explosión durante las operaciones de limpieza en los tanques de carga es inertizar los tanques antes de comenzar con el lavado, ya que este sistema elimina el comburente (oxígeno) del triángulo de fuego de forma efectiva.

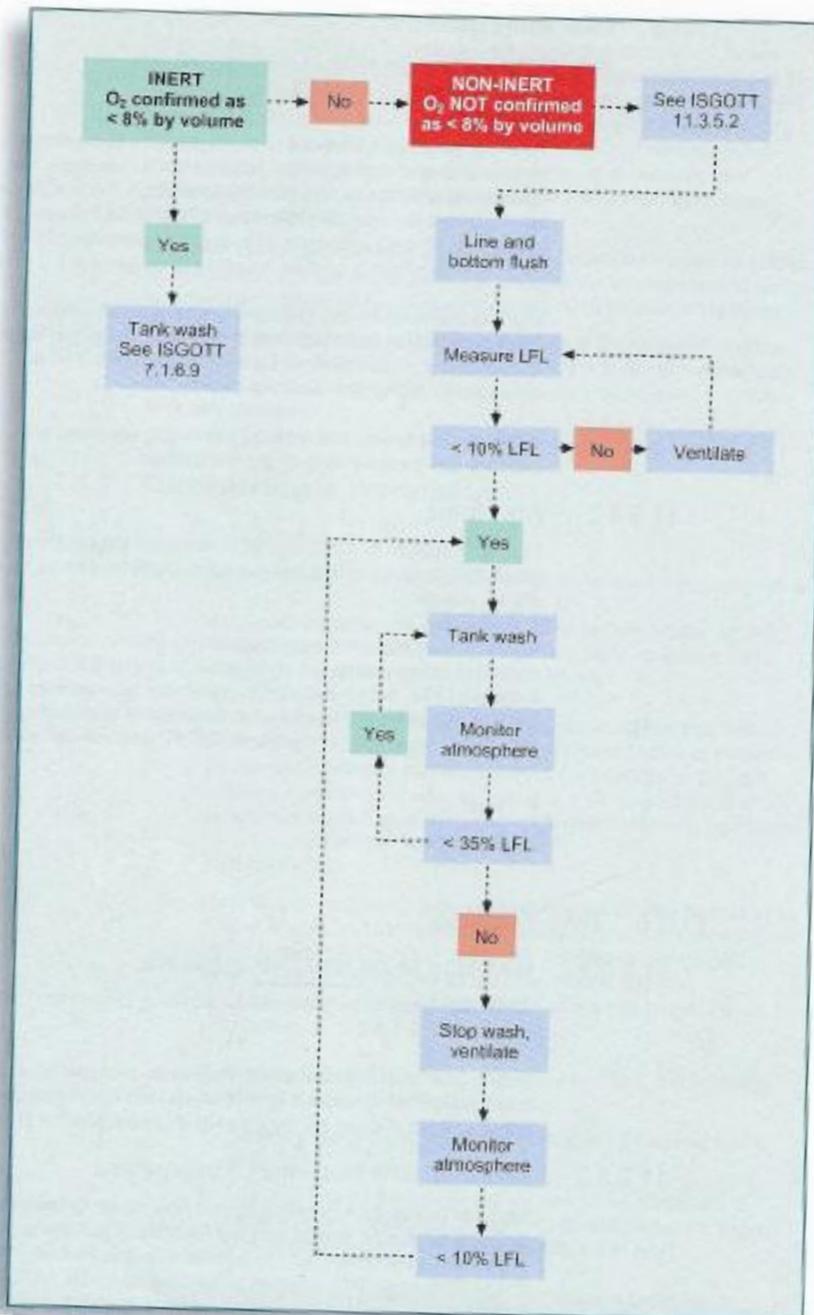
Si se sospecha que ha habido algún fallo en el proceso de inertización o el medidor de gases detecta fallos en la lectura se procederá siempre como si la atmosfera no estuviera inertizada.

#### 4.1.1. Tanques no inertizados.

En el caso de que el buque no disponga de una planta de gas inerte y tampoco tenga acceso a un sistema de gas inerte en tierra será necesario eliminar uno de los otros dos lados del triángulo de fuego. Para ellos deberá tener un equipo apropiado y que funcione en perfectas condiciones para llevar a cabo los trabajos con total seguridad. Solo se podrá llevar a cabo la limpieza si se puede asegurar la eliminación de uno de los otros dos lados del triángulo de fuego: el combustible y la energía de activación. Un ejemplo para lograr eliminar la energía de activación es mediante la prohibición del uso de aparatos electrónicos en cubierta, trabajos con calor, cualquier herramienta que pueda producir una chispa, etc.

---

<sup>20</sup> «Sistema de Gas Inerte a Bordo - Ingeniero Marino».



15. Esquema de pasos para ir controlando las emisiones de fuel durante la limpieza.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) y IAPH (International Association of Ports and Harbours), *ISGOTT* (International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals).

## 4.2. Supervisión, preparación y consideraciones.

El oficial responsable deberá supervisar todas las operaciones de limpieza de tanques. La tripulación encargada de estas operaciones deberá estar correctamente informada del plan de lavado elaborado por el oficial, así como de sus responsabilidades y tareas antes de comenzar la operación.

Antes de proceder a la limpieza de tanques estando el buque atracado en la terminal se deberá tener en consideración lo siguiente:

- Las tapas de los tanques que se vayan a limpiar serán las únicas que estén abiertas, y se cerrarán inmediatamente después de terminar con las operaciones de limpieza.
- Los tanques que estén abiertos deberán estar cubiertos con rejillas.
- Las demás tapas de lavado del tanque pueden aflojarse en la preparación, pero deben dejarse en posición completamente cerrada.

Se han de llevar a cabo las siguientes precauciones:

### 4.2.1. Antes de la operación.

- El piso del tanque deberá enjuagarse con agua cubriendo completamente, y luego recharcar. Para ello se utilizarán las bombas y las líneas generales de cubierta. Este enjuagado no se realizará con las máquinas de lavado.
- El sistema de líneas, incluyendo las bombas de carga, y las líneas de descarga deberán también enjuagarse con agua. Los residuos de agua sobrante serán drenados al tanque de *slop*.
- El tanque debe ser purgado con gas inerte para bajar los gases de hidrocarburos, consiguiendo reducir la concentración de gases en la atmósfera al 10% o menos del Límite Inferior de Inflamabilidad (LII). Las comprobaciones con el detector de gases se deberá realizar a varios niveles, al menos, tres: en la parte superior del tanque, en la parte inferior y en un punto medio del tanque.
- La limpieza de los tanques solo podrán comenzar cuando la atmósfera del tanque alcance el 10% o menos del Límite Inferior de Inflamabilidad.

### 4.2.2. Durante la operación.

- La medida de gases a varios niveles se deberá llevar a cabo con la frecuencia necesaria para asegurarse que el porcentaje de LII es el adecuado en todo momento.
- La ventilación mecánica deberá ser continua para asegurar el flujo libre de aire del final de un tanque al siguiente.

- Si no es posible esta ventilación se deberá realizar con mayor frecuencia la monitorización de la atmósfera del tanque.
- La atmosfera del tanque se deberá mantener a un nivel que no exceda del 35% del LII. Si supera ese porcentaje se pararán las operaciones de inmediato.
- La limpieza se podrá reanudar cuando la concentración de gases pueda mantenerse como máximo al 10% del LII.
- Si el tanque tiene un sistema de venteo común al de otros tanques, el tanque se deberá aislar para prevenir la entrada de gas de otros tanques.

#### 4.2.3. Medidas para prevenir las fuentes de ignición en el tanque.

De acuerdo con el ISGOTT se deben tener en cuenta las siguientes medidas para prevenir las fuentes de ignición en el tanque.

- a) Las máquinas de lavado independientes no deberán tener un rendimiento mayor de 60 m<sup>3</sup>/h.
- b) El rendimiento total del agua de un tanque de carga deberá mantenerse lo más bajo posible y no exceder de 180 m<sup>3</sup>/h.
- c) El tanque deberá mantenerse drenado durante el lavado.
- d) En todo momento el nivel de los residuos que van a parar al *slop* deberá ser menor que el que haya en el tanque en que se esté llevando a cabo el lavado.
- e) Si se están utilizando máquinas de lavado portátiles, todas la conexiones de las mangueras deberán estar chequeados por corriente continua antes de que la máquina sea introducida en el tanque.

Las máquinas no deberán introducirse en el tanque hasta que el nivel del LII sea del 10% o menor.

- f) Se tomarán las medidas necesarias para prevenir las chispas eléctricas, por ejemplo, evitar herramientas metálicas.
- g) No se permitirá el uso de equipos que no sean intrínsecos, por ejemplo, linternas, teléfonos móviles, radios, ordenadores, etc.

#### 4.2.4. Medidas para las operaciones de lavado con crudo.

- Las operaciones de lavado con crudo en un buque tanque petrolero se pueden llevar a cabo en puerto o navegando. Lo más común es que se lleve a cabo en el puerto mientras el barco está descargando para poder transferir a un tanque en tierra los residuos de la carga adheridos en las paredes del tanque o depositados en los tanques *slops*.

- Las publicaciones que se pueden consultar como bibliografía son, principalmente, dos:
  - i. *Crude Oil Washing Systems*, IMO.
  - ii. *Operations and Equipment Manual*.
- Cuando sea necesario llevar a cabo el lavado con crudo en los tanques durante las operaciones de descarga del buque, el Capitán deberá avisar a la Autoridad Competente y a la terminal (o al otro barco en caso de que sea un *ship-to-ship*) al menos con 24 horas de antelación o el tiempo que sea necesario. Solo se podrá llevar a cabo la tarea de limpieza cuando se reciba la confirmación del permiso.
- Solo se podrá realizar el lavado con crudo con máquinas de limpieza fijas.
- El contenido de oxígeno de los tanques no excederá del 8% en volumen.
- Antes de llegar a Puerto el Sistema de lavado se examinará comprobando que la presión de trabajo es adecuada y que no hay fugas o derrame.
- Se deberá poner un aviso en la sala de control de carga y en la sala de máquinas, en el Puente y en las pizarras de avisos a bordo de que el Sistema de lavado con crudo está funcionando. El *ISGOTT* (International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals) propone el siguiente ejemplo:

THE TANK WASHING LINES ON THIS SHIP MAY  
CONTAIN CRUDE OIL.

VALVES MUST NOT BE OPERATED BY  
UNAUTHORISED PERSONNEL.

- Se incluirá en la lista de chequeo de seguridad del buque-terminal todo lo relativo al Sistema de gas inerte y de lavado con crudo. El *ISGOTT* (International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals) propone el siguiente ejemplo:

*If the ship is fitted, or is required to be fitted, with an inert gas system (IGS) the following statements should be addressed:*

Inert Gas System	Ship	Terminal	Code	Remarks
51. The IGS is fully operational and in good working order.			P	
52. Deck seals, or equivalent, are in good working order.			R	
53. Liquid levels in pressure/vacuum breakers are correct.			R	
54. The fixed and portable oxygen analysers have been calibrated and are working properly.			R	
55. All the individual tank IG valves (if fitted) are correctly set and locked.			R	
56. All personnel in charge of cargo operations are aware that, in the case of failure of the inert gas plant, discharge operations should cease and the terminal be advised.				

*16. Parte de la lista de chequeo relativa al sistema de gas inerte.<sup>22</sup>*

*If the ship is fitted with a Crude Oil Washing (COW) system, and intends to crude oil wash, the following statements should be addressed:*

Crude Oil Washing	Ship	Terminal	Code	Remarks
57. The Pre-Arrival COW check-list, as contained in the approved COW manual, has been satisfactorily completed.				
58. The COW check-lists for use before, during and after COW, as contained in the approved COW manual, are available and being used.			R	

*17. Parte de la lista de chequeo del COW.<sup>23</sup>*

<sup>22</sup> OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) y IAPH (International Association of Ports and Harbours).

<sup>23</sup> OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) y IAPH (International Association of Ports and Harbours).

*If the ship is planning to tank clean alongside, the following statements should be addressed:*

Tank Cleaning	Ship	Terminal	Code	Remarks
59. Tank cleaning operations are planned during the ship's stay alongside the shore installation.	Yes/No*	Yes/No*		
60. If 'yes', the procedures and approvals for tank cleaning have been agreed.				
61. Permission has been granted for gas freeing operations.	Yes/No*	Yes/No*		

*\* Delete Yes or No as appropriate*

18. Parte de la lista de chequeo en caso de que la operacion de COW se pretenda llevar a cabo con el buque atracado.<sup>24</sup>

Estas listas deberán ser completadas por el oficial responsable de las operaciones de lavado antes de la llegada del buque a puerto. Asimismo, el oficial deberá acordar con el representante de la terminal que tanques van a intervenir en la operación y el método de lavado.

En la casilla 60 se deberá indicar si se ha obtenido el permiso por parte de las autoridades para poder llevar a cabo la limpieza.

En los Anexos I, II, III y IV se exponen 4 listas de chequeo para las operaciones de lavado con crudo: la primera, antes de la llegada del barco; la segunda, antes de comenzar la operación; la tercera, durante la operación; y por último, la cuarta, después de terminar.

### 4.3. Guia para llevar a cabo el COW.

En este apartado se presenta una guía de las fases que han de tenerse en cuenta para llevar a cabo un lavado COW, desde la notificación previa a la autoridad y la terminal, pasando por la planificación y los chequeos previos al comienzo y durante la operación, hasta las consideraciones finales.

<sup>24</sup> OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) y IAPH (International Association of Ports and Harbours).

## **FASE 1: Notificación previa.**

Cuando se efectúe un COW, durante la operación de descarga, el capitán informará a la autoridad competente y a la terminal, con la antelación necesaria y requerida. Esta notificación se realizará con 24 horas de anticipación. Se deberá informar a la terminal los tanques en los que se realizará el lavado y el grado del crudo que será usado como agente de limpieza. Cuando la terminal autoriza al buque, este procede con la operación. Algunas terminales tienen listas de chequeo adicionales, para la operación de un COW.

## **FASE 2: Planificación del COW.**

La planificación empieza con una reunión antes de la descarga, donde los oficiales responsables y cada persona involucrada, estarán totalmente informados de sus responsabilidades en la operación. El COW es parte del plan de descarga.

El plan indicará:

- Los tanques a descargar.
- Las bombas.
- Las líneas.
- El eductor.

Todos ellos con una descripción detallada de los periodos y lapsos de tiempo, desde el comienzo de la descarga hasta el final del lavado. Todos los buques que tienen implantado este sistema guardan un manual de operaciones y equipo COW. Aquí se proporcionan detalles de los procedimientos específicos que deberán llevarse a cabo durante la operación COW con especificaciones para ese buque en concreto. Además este manual incluye listas de comprobaciones antes de la llegada, antes de la partida, durante y después del lavado, necesarias para una operación segura y eficiente.

### **✓ Chequeos del COW antes de la llegada.**

Antes de la llegada del buque a la terminal donde se planea efectuar el COW, se deberá comprobar el estado del sistema de lavado, mediante una lista de chequeo antes de la llegada, donde, en resumen, se comprueba que:

- Se prueben las líneas a la presión de trabajo, para detectar posibles filtraciones.
- Se operen todas las máquinas brevemente, para chequear su funcionamiento.

Los datos resultantes de esta lista, se anotarán en el cuaderno de bitácora, con las soluciones adoptadas en caso de encontrar algún desperfecto en el sistema. La realización de este chequeo, se confirmará en la lista de chequeo general que completa el buque y la terminal, previo a una operación de descarga.

A continuación veremos las preguntas generales para estas comprobaciones:

- i. ¿Se han identificado y reducido los riesgos operacionales a los niveles más bajos posibles?
- ii. ¿Se ha notificado el plan de trabajo para la limpieza / purga del tanque / liberación de gas a la tripulación correspondiente (departamento de cubierta y máquinas)?
- iii. ¿Se han notificado las precauciones y el comienzo de trabajo a los miembros de la tripulación?
- iv. ¿La tripulación lleva un equipo personal de protección (PPE) adecuado?
- v. ¿Se han cerrado todas las puertas y puertos externos en el alojamiento y se ha designado la entrada del alojamiento?
- vi. ¿Se mantiene la presión positiva dentro del alojamiento y se cierran las tomas de aire acondicionado, que pueden permitir la entrada de vapores de carga?
- vii. ¿Las mangueras contra incendios de los barcos y el equipo contra incendios están colocados y listos para su uso inmediato?
- viii. ¿Están el detector de gas y el detector de contenido de oxígeno listos para usar y en buen estado de funcionamiento?
- ix. ¿Se ha hecho referencia a las recomendaciones relevantes del ISGOTT?
- x. ¿El Sistema de gas inerte está en buen estado de funcionamiento (incluidas las válvulas PV y el sistema de sellado de la cubierta)?
- xi. ¿La continuidad de las mangueras de limpieza de tanques portátiles está en buen estado (si se usa / aplica)?
- xii. ¿Las líneas del buque están en buen estado y son adecuadas para el servicio previsto?
- xiii. ¿Están puestas correctamente las tapas de los impornales?
- xiv. ¿Las válvulas de descarga al mar están cerradas y visiblemente aseguradas, cuando no están en uso?
- xv. ¿Se han tomado medidas para evitar que las chispas de embudo caigan sobre cubierta, especialmente durante el golpe de hollín y se han discutido con la sala de máquinas?
- xvi. ¿Se han realizado controles de gas a 1 m bajo la cubierta y en el nivel medio del tanque (s) para confirmar el nivel de oxígeno por debajo del 8%?
- xvii. ¿Existe una vigilancia de cubierta efectiva en la asistencia a bordo y una supervisión adecuada de las operaciones en el barco?
- xviii. ¿Se han identificado habitaciones para fumadores y se están cumpliendo las normas para fumar?
- xix. ¿Las linternas son de un tipo aprobado (intrínsecas)?

- xx. ¿Los transeptores VHF / UHF portátiles son de un tipo aprobado (intrínsecos)?
- xxi. ¿Los cables eléctricos de equipos eléctricos portátiles dentro del área peligrosa están desconectados de la energía?
- xxii. ¿Las unidades de aire acondicionado están puestas en recirculación parcial (para mantenerse abierto la toma de aire superior)?
- xxiii. ¿Se han tomado medidas para garantizar una ventilación mecánica suficiente en la sala de bombas?

En el Anexo I se puede ver un ejemplo de una lista de chequeo antes de la llegada.

### ✓ **Chequeos del COW antes de la operación.**

Antes de empezar el lavado, se efectúa una nueva lista de chequeo, la cual tiene por objetivo asegurar que:

- Los procedimientos para abortar el COW estén acordados.
- Los detectores de gases para medir los niveles de oxígeno fijos y portátiles estén calibrados y operando correctamente.
- Los tanques que van a ser lavados, tienen un nivel de oxígeno menor al 8%, o al 5% si así lo requiere la terminal.
- El sistema de gas inerte está operando correctamente y todos los tanques de carga tengan una presión positiva.
- Se haya asignado un tripulante para estar en cubierta durante el tiempo que dure el lavado.
- Las máquinas de lavado fijas, de una tobera, estén con los ángulos ajustados para el lavado.

A continuación se verán las preguntas generales para estas comprobaciones:

- i. ¿Se ha confirmado que el contenido de oxígeno de los tanques está por debajo del 8% antes de comenzar el lavado?
- ii. ¿Todas las aberturas de los tanques que deben ser lavados están cerradas?
- iii. ¿Los tanques a lavar tienen presión positiva?
- iv. ¿Los tanques a lavar y el suministro de agua y los tanques de recolección están provistos de gas inerte?

En el Anexo II podemos ver un ejemplo de una lista de chequeo antes de comenzar la operación de lavado.

### ✓ **Chequeos del COW durante de la operación.**

Durante el COW, el sistema debe estar bajo vigilancia continua. La persona responsable en cubierta, reportará al oficial de guardia encargado de la operación, a intervalos cortos, que todo funcione correctamente. Este oficial efectuará otra lista de chequeo, que asegure que:

- El nivel de oxígeno en los tanques sea continuamente el correcto (menos del 8% de Vol).
- Las máquinas COW están siendo monitorizadas, para asegurarse que estén operando correctamente.
- El sistema de líneas del COW esté constantemente monitorizado, para evitar filtraciones.
- La presión del crudo de suministro, es la acordada en el plan de lavado.
- Los vacíos de los tanques *slops* u otros tanques designados para recibir los achiques de los lavados, esté siendo monitorizado frecuentemente, para prevenir reboses.

A continuación se citan las preguntas generales para estas comprobaciones:

- i. ¿El contenido de oxígeno del gas inerte suministrado es inferior al 8%?
- ii. ¿Los tanques de limpieza tienen presión positiva?
- iii. ¿Es adecuada la presión en la línea de limpieza?
- iv. ¿Es la temperatura del agua de limpieza adecuada con respecto a las propiedades de la última carga? (En caso de lavado con agua caliente)
- v. ¿Las máquinas de limpieza funcionan correctamente?
- vi. ¿Los sistemas de estripeno funcionan correctamente?
- vii. ¿Es apropiado el nivel del tanque recolector?
- viii. ¿Está la sala de bombas en buen estado?
- ix. ¿Está la superficie del mar circundante en buenas condiciones?

En el Anexo III se muestra un ejemplo de una lista de chequeo antes de comenzar la operación de lavado.

### ✓ **Chequeos del COW después de la operación.**

Finalizado el lavado, es necesario asegurar el sistema. Esto se realiza mediante una última lista de chequeo, la cual comprueba que:

- Las líneas de suministro COW, bombas y líneas de carga, fueron drenadas de todo crudo esto es esencial cuando han sido usados crudos pesados, para evitar que éste se solidifique.
- Todas las válvulas de suministro a las máquinas COW, estén cerradas y trincadas.
- Todas las válvulas del manifold de descarga y las líneas del COW estén cerradas.

A continuación se citan las preguntas generales para estas comprobaciones:

- x. ¿Se ha discutido el procedimiento de trabajo con las personas asignadas?
- xi. ¿Se ha recomendado a la tripulación que se mantenga alejado del gas purgado y que lleve un monitor personal de gas? (especialmente para H<sub>2</sub>S) ¿Están drenados los tanques y tuberías de purga relacionados?
- xii. ¿El contenido de oxígeno en los tanques es inferior al 8% en volumen?
- xiii. ¿Se ha medido la concentración de gas primario de HC en tanques de purga?
- xiv. ¿Se han tomado medidas para evitar que las chispas de embudo caigan sobre la cubierta, especialmente durante el golpe de hollín y se discutan con la sala de maquinas?
- xv. ¿Se ha abierto la cubierta de la tubería de purga para purgar y la pantalla de la llama (malla de alambre) está libre de asfixia y el gas sale con todo el flujo?
- xvi. ¿El contenido de oxígeno del gas inerte suministrado es inferior al 5% en volumen?
- xvii. ¿Se suministra todo el volumen de gas inerte a los tanques de purga? (¿No se libera a través del exceso de válvula?)
- xviii. ¿Ha confirmado que no hay estancamiento de gas en cubierta?

En el Anexo IV se muestra un ejemplo de una lista de chequeo antes de comenzar la operación de lavado.

### ✓ **Supervisión.**

El oficial responsable de las operaciones COW, debe ser una persona cualificada, de acuerdo a los requerimientos impuestos por la administración (bandera del buque) y a las competencias del STCW (Convención Internacional en Estándares de Formación, Certificación y Vigilancia para la gente de mar). El oficial responsable de la operación deberá poseer:

- Al menos un año de experiencia en un buque tanque, donde se efectúe lavado con petróleo crudo. O bien haber completado un curso de lavado con crudo, debidamente

acreditado.

- Haber participado como mínimo en dos operaciones de lavado con crudo, uno de los cuales en el mismo buque, donde aspira a ser responsable.
- Conocer perfectamente el manual de equipos y operaciones COW.

### **FASE 3: Consideraciones finales.**

Para una operación eficiente del sistema COW, se necesita que:

- Los tanques que están siendo lavados deben ser mantenidos libres del líquido residual del lavado de todo el fondo.
- Que los chorros cubran toda la estructura del tanque.
- Que el suministro de petróleo crudo sea efectuado a una presión adecuada.
- Que el grado petróleo crudo sea el apropiado para el COW.
- Que el suministro del crudo este a la temperatura adecuada.
- Que el sistema de gas inerte esté operando satisfactoriamente.

#### **✓ Libro de registro de hidrocarburos parte II.**

Todas las operaciones de lavado de tanques se deberán anotar debidamente en el libro de registro de hidrocarburos parte II, indicando la siguiente información:

- Puerto o situación del buque donde se efectuó el lavado.
- Identidad de los tanques lavados.
- Número de máquinas usadas.
- Hora de comienzo.
- Etapas de lavados.
- Presión de las líneas de lavado.
- Hora de finalización.

## 5. CONCLUSIONES

En este apartado se pretende describir los beneficios de la propuesta de fases a modo de guía que nos ayuden a conocer los pasos para el lavado de tanques.

Tanto este trabajo fin de máster como la guía realizada será de utilidad para el futuro académico y profesional de los oficiales que aspiren a trabajar por primera vez en buques tanque petroleros.

Con la primera parte del trabajo, se consigue transmitir la importancia del conocimiento de los peligros de una mala limpieza, y los riesgos que ello puede suponer. Así como, aclarar los conceptos básicos que pueden ser de ayuda para un oficial que quiera introducirse en la materia del lavado de tanques en petroleros.

En la segunda parte del trabajo se exponen las precauciones necesarias que han de llevarse a cabo para que la limpieza no cause ningún incidente, lo cual es muy útil para tener en cuenta las medidas generales que han de tomarse antes de profundizar más en la materia. También se citan algunos libros de consulta, como el ISGOTT, que puede ser clave para mejorar la familiarización con las precauciones para la limpieza.

A título personal, este trabajo me ha aportado muchos conocimientos, tanto nuevos, como algunos que tenía olvidados, y me ha ayudado a refrescar la materia que se imparte en los cursos de buques tanque en lo que a limpieza se refiere. Sin embargo creo que, dada la importancia de que estas operaciones se realicen con total seguridad, se debería incidir más con ello en la vida académica de los futuros oficiales, ya que, como se ha dicho en numerosas ocasiones a lo largo del trabajo, de no conocer perfectamente los procedimientos es posible causar grandes daños al medio marino.

En pocas palabras, lo que en esta tarea se presenta y se pretende transmitir, cumple las expectativas iniciales formuladas y a mí, a nivel personal, me ha resultado muy conveniente la elaboración del trabajo para mejorar mis competencias.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- «Auke Visser's International Super Tankers». Accedido 1 de julio de 2019. <http://www.aukevisser.nl/supertankers/>.
- «Buque petrolero - EcuRed». Accedido 1 de julio de 2019. [https://www.ecured.cu/Buque\\_petrolero#Limpieza\\_de\\_tanques\\_con\\_crudo\\_COW\\_Crude\\_Oil\\_Washing](https://www.ecured.cu/Buque_petrolero#Limpieza_de_tanques_con_crudo_COW_Crude_Oil_Washing).
- «Checklist for crude oil washing |». Accedido 1 de julio de 2019. <http://marinegyaan.com/checklist-for-crude-oil-washing/>.
- «Crude oil washing System on Oil Tanker Ships |». Accedido 1 de julio de 2019. <https://sailorinsight.com/crude-oil-washing-system-on-oil-tanker-ships/>.
- Edinship. «LANCHA BEAT: EL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS BUQUES PETROLEROS». *LANCHA BEAT* (blog), 22 de septiembre de 2009. <http://lanchabeat.blogspot.com/2009/09/el-impacto-ambiental-de-los-buques.html>.
- Eguzquiaguirre, Francia, Fco Javier, y Arribalzaga Aurre. «TRABAJO FIN DE MÁSTER», s. f., 91.
- IMO. *MARPOL 73/78, edición refundida, 2002.*, s. f.
- ———. *MARPOL, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, consolidated edition 2017*, s. f.
- «Lavado con crudos». Accedido 1 de julio de 2019. <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/OilPollution/Paginas/Crude-Oil-Washing.aspx>.
- Lorenzo, Juan Carlos Diaz. «El petrolero "Astorga" (1960-1981), el yate de CEPSA». *Puente de Mando – Juan Carlos Diaz* (blog). Accedido 1 de julio de 2019. <https://www.puentedemando.com/el-petrolero-astorga-1960-1981-el-yate-de-cepsa/>.
- Marino, Ingeniero. «Limpieza de Tanques.Petroleros». *Ingeniero Marino* (blog), 25 de abril de 2016. <https://ingenieromarino.com/limpieza-de-tanques-petroleros/>.
- *MARPOL, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, consolidated edition 2017*. regla 33 traducción propia. Pag 99, s. f.
- «Merchant Seamen». Accedido 1 de julio de 2019. <https://www.facebook.com/295935153900420/photos/a.297041213789814/354770834683518/?type=3>.
- «Oceangoing cargo ships business, operation and onboard procedure». Accedido 1 de julio de 2019. <http://shipsbusiness.com/>.

- OCIMF (Oil Companies International Marine Forum), y IAPH (International Association of Ports and Harbours). *ISGOTT (International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals)*. Fifth, 2006. London, United Kingdom: Witherbys Publishing, 1978.
- Patrocinante, Profesor, y Sr Nelson Pérez Meza. «PROCEDIMIENTOS GENERALES DE LAS OPERACIONES DE CARGA Y DESCARGA DE UN BUQUE TANQUE PETROLERO», 2009, 114.
- RISUK1979. «Operaciones en buques petroleros». 23:08:46 UTC. <https://es.slideshare.net/RISUK1979/operaciones-en-buques-petroleros>.
- «Sistema de Gas Inerte a Bordo - Ingeniero Marino». Accedido 1 de julio de 2019. <https://ingenieromarinero.com/sistema-de-gas-inerte-a-bordo/#.XRok3-szYdV>.
- «Slops o Lavaza de Tanques: cómo y por qué hacerlas». *GRUPO PIEDRA* (blog), 24 de noviembre de 2016. <http://www.grupopiedra.es/slops-lavaza-tanques-hacerlas/>.
- Tandanor SACIyN. «Buques tanques». 07:06:29 UTC. <https://es.slideshare.net/intronaval/buques-tanques>.
- «Triangulo y tetraedro del fuego.» Accedido 1 de julio de 2019. <http://www.expower.es/triangulo-tetraedro-fuego.htm>.

## 7. ANEXO I

### Lista de comprobaciones COW antes de la llegada del barco.

#### Crude Oil Washing Checklist:

#### ” Pre – Arrival Checklist:

Vessel Name: \_\_\_\_\_ Port: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

1.	Has the terminal been notified.	Y/N
2.	Has the oxygen analysing equipment been tested and working satisfactorily.	Y/N
3.	Is tank washing pipeline system isolated from the water heater and E/R system.	Y/N
4.	Are all hydrant valves on the tank washing line blanked.	Y/N
5.	Are all valves to fixed tank washing machines shut.	Y/N
6.	Has the tank cleaning line been pressurized to the required maximum working pressure and leakages made good.	Y/N
7.	Have drive units for tank washing machines been inspected.	Y/N
8.	Have pressure gauges on the discharge line, manifold, and tank cleaning main been checked.	Y/N
9.	Has communication system been checked and tested.	Y/N
10.	Has the stripping system monitoring equipment been checked.	Y/N
11.	Has the organisation plan been drawn up and posted with duties and responsibilities defined.	Y/N
12.	Has the Discharge / COW operation plan been drawn up and posted.	Y/N
13.	Has the terminals standard radio checklist, been completed and transmitted.	Y/

## 8. ANEXO II

### Lista de comprobaciones COW antes de la operación.

#### Crude Oil Washing Checklist

#### ☞ Before Crude Oil Washing Checklist

Vessel Name: \_\_\_\_\_ Port: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

1.	Are all pre arrival checks and conditions completed.	Y/N
2.	Has Discharge / COW operations been discussed with both ship and shore staff and is the agreed plan readily available for easy reference.	Y/N
3.	Has communication link between the Deck / Control room and Control room / Shore been set up and working satisfactorily.	Y/N
4.	Have Crude Oil Wash abort conditions and procedures been discussed and agreed by both Ship and Shore staff.	Y/N
5.	Have fixed and portable oxygen analysers been checked and working properly.	Y/N
6.	Is the I.G. system working properly and is the oxygen content of the delivered I.G. bellow 5% by volume.	Y/N
7.	Is oxygen contents of the tanks to be Crude Oil Washed bellow 5% by volume as verified by the officer incharge.	Y/N
8.	Have all cargo tanks got a positive I.G. pressure.	Y/N
9.	Has a responsible person been assigned to check all the deck lines for leak as soon as washing starts.	Y/N
10.	Are the fixed machines set for the required washing cycle.	Y/N
11.	Have valves and lines for COW operations both on deck and in pump room been checked.	Y/N

## 9. ANEXO III

### Lista de comprobaciones COW durante la operación.

#### Crude Oil Washing Checklist

#### During Crude Oil Washing Checklist

Date: \_\_\_\_\_

1.	Is the quality of the delivered I.G. frequently checked and recorded.	Y/N
2.	Are all deck lines and machines being frequently checked for leaks.	Y/N
3.	Is COW in progress in the designated tanks only.	Y/N
4.	Is the pressure in the tank wash line as specified in the manual.	Y/N
5.	Are cycle times of tank washing machines as specified in the manuals.	Y/N
6.	Are the washing machines in operation and their drive units frequently checked and working properly.	Y/N
7.	Is a responsible person stationed continuously on deck.	Y/N
8.	Will trim be satisfactory when bottom washing is in progress as specified in the manual.	Y/N
9.	Will recommended tank draining methods be followed.	Y/N
10.	Is the level in the holding tank for tank washings, frequently checked to prevent any possibility of an overflow.	Y/N

## 10. ANEXO IV

Lista de comprobaciones COW después de la operación.

### Crude Oil Washing Checklist

### ” After Crude Oil Washing Checklist

Vessel Name: \_\_\_\_\_ Port: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

1.	Are all the valves between discharge line and tank wash line closed.	Y/N
2.	Has tank wash line been drained of crude oil.	Y/N
3.	Are all valves on the washing machines shut.	Y/N
4.	Are C.O.P., Tanks and Lines properly drained as specified in the manual.	Y/N

---



## 12. ANEXO VI: Libro de registro de hidrocarburos, parte del COW.

*Apéndice III: Modelo de Libro registro de hidrocarburos*

Anexo I

### LISTA DE PUNTOS QUE SE CONSIGNARÁN

#### A) Embarque de cargamento

1. Lugar de embarque.
2. Tipo de hidrocarburos cargados e identidad del (de los) tanque(s).
3. Cantidad total de hidrocarburos cargados (indíquese la cantidad añadida y el contenido total del (de los) tanque(s)).

#### B) Traslase de cargamento a bordo durante la travesía

4. Identidad del (de los) tanque(s):
  - .1 de:
  - .2 a: (indíquese la cantidad trasvasada y el contenido total del (de los) tanque(s)).
5. ¿Se vació (vaciaron) el (los) tanque(s) mencionado(s) en 4.1? (En su defecto, indíquese la cantidad retenida).

#### C) Desembarque de cargamento

6. Lugar de desembarque.
7. Identidad del (de los) tanque(s) descargado(s).
8. ¿Se vació (vaciaron) el (los) tanque(s)? (En su defecto, indíquese la cantidad retenida).

#### D) Lavado con crudos (aplicable únicamente a los buques tanque dotados de sistema de lavado con crudos)

*(Se hará un asiento por cada tanque que se lave con crudos)*

9. Puerto en que se efectuó el lavado con crudos, o situación del buque; si se efectuó entre dos puertos de descarga.
10. Identidad del (de los) tanque(s) lavado(s)<sup>1</sup>.
11. Número de máquinas utilizadas.
12. Hora en que comenzó el lavado.
13. Método de lavado<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Cuando un determinado tanque tenga más máquinas que las que puedan utilizarse simultáneamente, tal como se indica en el Manual sobre el equipo y las operaciones de lavado, se identificará la sección que se esté lavando con crudos; por ejemplo, número 2, central, a proa.

<sup>2</sup> De conformidad con el Manual sobre el equipo y las operaciones de lavado, anótese si se emplea un método de lavado de una o varias fases. Si el utilizado es de varias fases, indíquese el arco vertical recorrido por las máquinas y el número de veces que se recorre ese arco en la fase de que se trate el programa.

*Apéndices del Anexo I*

---

14. Presión de las tuberías de lavado.
15. Hora en que se concluyó o interrumpió el lavado.
16. Expóngase el método utilizado para determinar que el (los) tanque(s) estaba(n) seco(s).
17. Observaciones<sup>3</sup>.

**E) Lastrado de los tanques de carga**

18. Situación del buque al comenzar y finalizar el lastrado.
19. Lastrado:
  - .1 identidad del (de los) tanque(s) lastrado(s);
  - .2 hora de comienzo y finalización;
  - .3 cantidad de lastre. Indíquese la cantidad total de lastre de cada uno de los tanques usados en la operación.

**F) Lastrado de los tanques dedicados a lastre limpio (aplicable únicamente a los buques tanque dotados de tales tanques)**

20. Identidad del (de los) tanque(s) lastrado(s).
21. Situación del buque cuando, en el (los) tanque(s) dedicado(s) a lastre limpio, se tomó agua de baldeo o de lastre en puerto.
22. Situación del buque cuando se baldearon la(s) bomba(s) y las tuberías, y el agua pasó al tanque de decantación.
23. Cantidad de agua oleosa que, tras baldear las tuberías, se trasvasa al (a los) tanque(s) de decantación o al (a los) tanque(s) de carga en que inicialmente se almacenan los residuos (indíquese el (los) tanque(s)). Indíquese la cantidad total.
24. Situación del buque cuando se tomó agua de lastre adicional en el (los) tanque(s) dedicado(s) a lastre limpio.
25. Hora y situación del buque cuando se cerraron las válvulas que separan los tanques dedicados a lastre limpio de las tuberías de carga y de agotamiento.
26. Cantidad de lastre limpio tomado a bordo.

**G) Limpieza de los tanques de carga**

27. Identidad del (de los) tanque(s) limpiado(s).
28. Puerto o situación del buque.
29. Duración de la limpieza.

---

<sup>3</sup> Si no se siguen los programas indicados en el Manual sobre el equipo y las operaciones de

# 13. ANEXO VII: Certificados de limpieza de tanques.

## MARITIME LTD

### ▲ TANK CLEANING CERTIFICATE

- Vessel Name : MT STAN  
Voyage : 05/16  
C/P : Wilmar Trading Pte. Ltd. as Charterer  
Loading Port : Sandakan Malaysia  
Discharge Port: Patras, Greece.
- Stowage : 1S
- Tank Cleaning: Butterworth with hot SW 3 hrs. Butterworth with FW, Steaming 2 hrs at temperature 100°C . Draining of tank, line and pump. Mopping.
- Last 3 Cargoes :

Last cargo details/ship tank no.	First Last Cargo	Second Last Cargo	Third Last Cargo	Fourth Last Cargo
1S	COCONUT OIL	PALM OIL	PALM OIL	

(Sign & Stamp)  
For and on behalf of the Master  
OPREA ION

## MARITIME LTD

### TANK CLEANING CERTIFICATE

1. Vessel Name : MT STAN  
Voyage : 05/16  
C/P : Wilmar Trading Pte. Ltd. as Charterer  
Loading Port : Kuala Tanjung Indonesia  
Discharge Port: Tunisia.
2. Stowage : 10S
3. Tank Cleaning: Butterworth with ambient SW 2 hrs. Butterworth with FW, Steaming 2 hrs at temperature 100°C. Draining of tank, line and pump. Mopping.
4. Last 3 Cargoes :

Last cargo details/ship tank no.	First Last Cargo	Second Last Cargo	Third Last Cargo	Fourth Last Cargo
10S	ETHYLENE GLYCOL	PHOSPHORIC ACID	PALM OIL	

(Sign & Stamp)  
For and on behalf of the Master  
OPREA ION