

MÁSTER UNIVERSITARIO EN: Náutica y Transporte Marítimo

TRABAJO FIN DE MÁSTER

METODOLOGÍA DE LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES DE CARGA EN PETROLERO, MEDIANTE UN CÁLCULO PRÁCTICO

Alumno: Francia Eguzquiaguirre, Fco. Javier.

Director: Arribalzaga Aurre, Josu.

Departamento: Ciencias y Técnicas de la
Navegación, Máquinas y Construcciones Navales

Curso académico: 2017/2018

Bilbao, 12 de Febrero de 2018

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

El presente trabajo trata de un estudio de la metodología para el lavado, purgado y ventilado de tanques de carga de un petrolero.

El desarrollo del presente se diversifica en dos capítulos importantes, metodología y desarrollo.

La idea general que se va a plantear, durante estos dos capítulos, es el estudio del desarrollo de un plan para realizar la operación antes citada. En el primer capítulo se van a plantear los elementos principales para su ejecución y en su segundo capítulo se van a desarrollar en diferentes fases. Es este último capítulo, cuando se plantean las diferentes variantes para la ejecución según el llenado de uno o dos SLOP's, según el plan de una limpieza total del buque, partiendo del COW total hasta la limpieza con agua final, según el plan de purgado y ventilado y, finalmente, el minimizado del agua usada por el ODME

Los diferentes planes relatados, así como, los cálculos realizados se basan en la experiencia y los equipos que se utilizan a bordo de buques petroleros.

This booklet is about a study of the methodology for washing, purging and ventilating crude oil tanks.

The development of this is diversified in two main chapters, methodology and development.

The main idea is going to be talked about on these two chapters, is the study of development of a tank cleaning plan. In the first chapter the required elements for performing the tank cleaning plan are going to be discussed and then, in the second, the stages are going to be developed. In the last one, where depending the different ideas according the SLOP's filling, according the total tank washing, from total COW till the water washing, according purging and venting and reducing of the water used by ODME.

The different plans related, just like, the calculations done are based on the experience and equipment used on board.

lan honetan metodologia baten ikaskuntzan dihardu, petrolero baten kargarako tankeekgarbitzeko, purgatzeko eta haizeztatzeke.

Horren garapena bi kapitulu handitan banaturik izango da, alde batetik, metodologia eta bestik garapena.

Aipaturiko kapitulu bi horietan garatuko den idea orokorra zera da, aurretik esandako plan horren garapena egitea operazioa burutzeko. Lehenengo kapituluan, oinarritzko elementuak antolatuko dira operazioa burutzeko asmoz. Bigarreanean, fase desberdinak garatuko dira. Aipatu berri den kapituluan, aldaera desberdinak planteatuko dira garatzeko, slops bat edo bi beteta badaude, buquearen garbiketa osoaren beteazatea, Cow arekin hasiz eta urarekin amaitu arte, purgaketa, aireztapena eta uraren gutxiezpena egitea, ODME erabiz.

Esandako plan desberdinak, eta baita burututako kalkuluak esperientzian oinarrituta daude eta horiek erabiltzen dituzten petrolioontzietan oinarri hartuta.

PALABRAS CLAVES

Operativos, petrolero, lavado.

ÍNDICE

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES	I
ÍNDICE	III
LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y ACRÓNIMOS	1
INTRODUCCIÓN	3
CONTEXTO	5
OBJETIVO.....	6
BENEFICIO	8
1. METODOLOGÍA.....	9
1.1.- PETROLERO. ESTRUCTURA DEL TANQUE.....	9
1.2.- DESPLAZAMIENTO LÍNEAS. LLENADO DEL SLOP	14
1.2.1.- DESPLAZAMIENTO DE LÍNEAS	15
1.2.2.- LLENADO DEL SLOP	16
1.3.- COW	17
1.4.- SISTEMA GAS INERTE.....	19
1.4.1.- PURGADO DE TANQUES	20
1.4.2.- VENTILADO DE TANQUES.....	21
1.4.3.- INERTIZADO DE TANQUES	22
1.5.- ODME	24
2. DESARROLLO	27
1.1.- EJEMPLO PRÁCTICO.....	27
2.1.1.- FASE 1: OPERACIÓN COW INICIAL	28
2.1.2.- FASE 2: LLENADO DEL SLOP	37
2.1.3.- FASE 3: LAVADO CON AGUA	45
2.1.4.- FASE 4: PURGADO-VENTILADO	51
2.1.5.- FASE 6: MINIMIZADO AGUA OLEOSA. ODME	56

3. CONCLUSIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS I.....	66
1. DESCRIPCIÓN MÁQUINAS DE COW	67
2. PLAN COW SLOP's; COW COMPLETO CICLO ALTO Y BAJO	69
3. ANÁLISIS DE RIESGO LLENADO SLOP Y DESPLAZAMIENTO DE LÍNEAS	70
4. PLAN LAVADO TANQUES DE CARGA	78
5. PLAN PURGADO DE TANQUES.....	80
6. PLAN VENTILADO DE TANQUES	83
7. ESQUEMA DE LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES	85

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y ACRÓNIMOS

Tablas:

- Tabla 1 COW SLOP's
- Tabla 2 COW ciclo alto
- Tabla 3 COW ciclo bajo
- Tabla 4 Rellenado SLOP estribor
- Tabla 5 Lavado con SLOP de estribor
- Tabla 6 Capacidad de los tanques al 100% en m3
- Tabla 7 Tiempos por fases de purgado de tanques

Figuras:

- Figura 1 Triángulo del fuego
- Figura 2 Diagrama mezcla gases
- Figura 3 Diagrama purgado tanque
- Figura 4 Diagrama ventilado tanque
- Figura 5 Diagrama inertizado tanque
- Figura 6 M/T Teide Spirit (1)
- Figura 7 M/T Teide Spirit (2)
- Figura 8 Amarre SBM Huelva
- Figura 9 Comparación presión caudal y presión distancia
- Figura 10 Comparación ángulo tiempo y programa de máquina de COW

Acrónimos:

- COW. *Crude oil washing.*
- IMO. *International Maritime Organization.*
- LEL. *Lower Explosive Level.*
- MARPOL. *International Convention for the Prevention of Pollution from Ship.*
- mmca. Milímetros de columna de agua.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

- ODME. *Oil Discharge monitoring equipment.*
- OPA. *Oil Pollution Act.*
- ppm. Partes por millón.
- SBT. Segregated Ballast Tank.
- SLOP. Tanques de sedimentación en los petroleros
- SOLAS. *Safety of life at sea.*
- TOL. *Total Oil Limil.*
- API. *American Product Index.*

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de fin de máster pretende mostrar metodologías para la limpieza y preparación de un buque para posibles trabajos posteriores en el interior del mismo, con la mayor seguridad posibles dado el entorno en el que se realizan distintas operaciones de mantenimiento.

Como limpieza total, se ha de entender una limpieza no sólo con crudo, como es lo habitual, si no también, con agua para terminar con un purgado y ventilado de los tanques. Esta operación se realiza previa a la entrada en astillero. Como se hará también referencia, se puede hacer para otras operaciones, como inspecciones intermedias de tanques de carga o para realizar arreglos dentro de los tanques de carga.

Para el desarrollo de este proyecto se ha dividido el trabajo en dos puntos principales que son Metodología y Desarrollo. Se acompañan con un anexo de plan de carga y de preparación de entrada en astillero para una mejor clarificación de la idea.

En el primero de los dos, se va a realizar un estudio de los conocimientos necesarios sobre el caso que se va a estudiar. Por lo tanto, es necesario que se entiendan las normativas vigentes en el uso de ciertos equipos como por ejemplo el Gas Inerte, COW, Regulación MARPOL sobre vertidos de hidrocarburos y aguas oleosas. Va a ser en este primer capítulo donde se van a recoger los puntos más interesantes.

El capítulo de Metodología se ha dividido en los siguientes puntos como se describe en el índice para, a parte de lo relatado anteriormente, dar una descripción genérica del proceso a realizar.

En el segundo capítulo, se divide en diferentes fases, con la intención de definir claramente la realización y conclusión de dichas operaciones. En dichas fases, no se da referencias específicas de alineamiento de válvulas, aunque en los anexos se encuentran reflejadas.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Se pretende dar una idea de cómo realizar el trabajo para su comprensión, realizando un estudio en cada una de las fases y una comparativa en las fases más interesantes.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

CONTEXTO

La realización del trabajo se ha basado en la falta de instrucciones para la realización de operativos tales como los que se van a relatar en el trabajo.

Los oficiales a bordo de buques tanques que vayan realizar operaciones de limpieza total de tanques, purgado, ventilado y minimizado o deslastrado de agua oleosa no disponen de aclaraciones de cómo realizar este operativo, teniendo en cuenta los diferentes contextos en los que se van a desarrollar.

También se enfatiza las diferentes maneras de realizar esta operación a través, de un estudio de la metodología de la operación y del modo de realizar los más seguro y rentable posible.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

OBJETIVO

La idea principal surgió de la falta de bibliografía específica con respecto a dichas operaciones. Además al no existir bibliografía alguna, los oficiales dependen siempre de las ideas y metodologías de los oficiales que les preceden. Sería interesante que la bibliografía en relación a las operaciones descritas fuera más disertada en los ámbitos de estudio de dichas funciones para los oficiales destinados a estar al cargo de dichas operaciones.

Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es tener la idea, plan, de cómo desarrollar una limpieza total¹ de un buque tanque, petrolero, para su inspección, reparación o la entrada en astillero.

En el proyecto se describe diferentes variantes para realizar el mismo trabajo haciendo una comparativa entre ellas.

En el capítulo de desarrollo se divide, en su último apartado, en varias fases. La idea del proyecto es explicar el plan que se puede llevar a cabo para realizar esta operación. Aunque la limpieza de los tanques se puede realizar de diversas formas, es la que se describe en el trabajo la que se utiliza. La idea que se plantea en el proyecto es realizar un estudio y comparación con otros métodos para tener diferentes ideas.

Esta limpieza no se va a concentrar en la limpieza de los tanques con agua, una vez el buque este fuera de arriendo. Este trabajo va a comenzar antes reduciendo los sedimentos en los tanques acumulados durante los viajes anteriores con una efectiva limpieza de los tanques de carga con crudo. Con un trabajo conjunto con el equipo de tierra, a la hora de seleccionar, dentro de lo posible, los mejores productos para conseguir una mejor y más eficaz limpieza de los tanques y de este modo reducir los costes de dicha operación.

1 A la limpieza total se va a referir a una limpieza de los tanques con agua seguida de un purgado y ventilado de los tanques de carga.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

En el trabajo se describe mediante cálculos el tiempo necesario para realizar dicha limpieza.

En todo momento se pretende hacer un estudio lo más completo de las diferentes opciones. Así como, una valoración de cada cual.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

BENEFICIO

Se va a disponer de un estudio de la metodología del operativo de limpieza total de tanques en petrolero, su purgado, ventilado y la reducción del agua oleosa a través del oleómetro.

Este trabajo no va a tratar de ser un manual de cómo realizar esta operación, si no, un estudio de las diferentes maneras de realizarlo y cuáles son las ventajas de cada una de ellas. En todo momento se va a dar un comparativo de las diferentes opciones para su realización.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

1. METODOLOGÍA

Para realizar el estudio de la limpieza total con agua de uno o todos los tanques de carga de un petrolero vamos a comenzar analizando los equipos necesarios para tal trabajo.

La limpieza de los tanques se va a realizar para una inspección de los mismos, para arreglar cualquier defecto, por la inspección intermedia de espesores y estado general de los tanques o por entrada en astillero,

Esta operación se realiza varios viajes antes del definitivo final. Se realiza una limpieza exhaustiva de los mismos y de los SLOP's² a ser posible con un producto lo más ligero posible con el fin de reducir la cantidad de sedimentos a bordo.

Los elementos que vamos a estudiar en este capítulo van a ser lo siguientes:

- Estructura de los tanques
- Desplazamiento de líneas y llenado del SLOP.
- COW
- Sistema de gas inerte.
- ODME³

1.1.- PETROLERO. ESTRUCTURA DEL TANQUE

El transporte marítimo de crudo y productos refinados se hace en la actualidad en buques tanque contruidos bajo las más exigentes normas de la ingeniería naval, que están dotados de tecnología punta para garantizar la seguridad en el transporte y, por tanto, proteger el medio ambiente.

Las medidas que adoptó la Unión Europea en el año 2000, en respuesta al accidente del Erika, acortando el calendario previsto por la IMO⁴ para la total sustitución de los petroleros de casco sencillo, por otros de doble casco.

² Tanques de decantación, sedimentación.

³ Oil discharge monitoring equipment.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

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.

En marzo de 1989 tuvo lugar el accidente del Exxon Valdez, la cual provocó decisiones drásticas. A partir del uso mediático que se hizo del accidente del Exxon Valdez se disparó la sensibilidad social sobre los accidentes de petroleros.

En Agosto de 1990 se aprobó el convenio OPA/90⁵, 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 de EEUU, 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, 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 Egg⁶.

El doble casco constituye una protección suplementaria y en consecuencia beneficiosa para prevenir derrames de hidrocarburos en determinados tipos de accidente, pero su influencia resulta casi irrelevante en casos de embarrancada y varada violenta. Recordemos que el Aegean Sea estaba dotado de doble fondo,

4 International Maritime Organization.

5 Oil Pollution Act of 1990, publicada el 18 de agosto

6 Diseño alternativo al doble casco aprobado por la IMO con relación a la regulación MARPOL I Regulación 13.F. Fue desarrollado entre 1990-1997, su superior protección del medio ambiente y seguridad del buque esta basado en la los daños estáticos y para minimizar los riesgos conocidos.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

que de nada sirvió para evitar el derrame e incendio de la carga, tras embarrancar frente a la Torre de Hércules.

La varada del petrolero Exxon Valdez, traería consecuencias al diseño del buque tanque petrolero que obligaba a todo buque petrolero que transite por sus aguas jurisdiccionales, a poseer diseño de doble casco. Este diseño busca la protección contra fisuras en el casco, a causa abordajes o varadas, que puedan causar derrames desde los tanques de carga.

En el 2000 la Unión Europea se sumó a la medida de doble casco, tras el naufragio del Erika. Y finalmente en el 2001, mediante una enmienda, MARPOL⁷ fija los requerimientos para que todos los buques petroleros posean diseño de doble casco, con fecha tope para la implementación, el 2010.

La disposición actual de espacios de un buque tanque petrolero, sea que transporte carga refinada o carga pesada, está definida por SOLAS⁸ capítulo II-2, regla 4.5. En donde la sala de bombas, tanques de carga y tanques de decantación, llamado en conjunto como, zona de carga. Estarán situados a proa de la sala de máquinas y la superestructura, donde se ubica, habitabilidad, puente de navegación y sala de control de carga, estará dispuesta a popa de la zona de espacio de carga donde se transporta el hidrocarburo.

Los buques que transportan productos refinados tienen una cantidad de tanques de carga, promedio de 16 a 18, los cuales tienen segregaciones para los diferentes productos que transportan. En el caso de los buques petroleros, tienen menor cantidad de tanques de carga, pero de mayor volumen unitario.

Los tanques de carga se usaban también para el lastre, cuando el buque viajaba sin carga. Pero debido a la contaminación que generaba esto, MARPOL 73/78 obligó a todos los petroleros que transportaran crudo y productos refinados, a usar tanques de lastre segregado⁹. Los cuales están diseñados para proporcionar

⁷ MARPOL 73/78 es un Convenio Internacional para la prevención de la contaminación producida por los barcos.

⁸ Convenio Internacional sobre la seguridad de la vida en la mar. Tratado marítimo internacional el cual establece a los países firmantes un mínimo de valores de seguridad en relación a construcción equipamiento y funcionamiento.

⁹ SBT. Segregated ballast tanks. Lastre totalmente separado de los de tanque.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

el calado suficiente y así permitir que el buque opere con seguridad cuando viaje en lastre.

La cubierta es donde se encuentran una serie de líneas para la realización de los trabajos de carga y descarga las cuales se disponen en cubierta de la siguiente manera:

- Línea de carga/descarga: Tuberías que cruzan toda la cubierta de popa a proa y que se conectan a los tanques de carga. Estas líneas comunican la sala de bombas, *manifold*¹⁰ y los tanques de carga. Estas líneas se pueden distinguir de las demás, por poseer un gran diámetro. El nuevo diseño de buques petroleros *Ecologic tank*, tiene dispuestas las líneas de carga/descarga por el interior de los tanques, disminuyendo así el riesgo de derrames.
- Manifold de carga: Ubicado en el centro de la cubierta de babor a estribor, corresponde a la zona de válvulas que tienen conexión con todas las líneas de carga/descarga de los tanques. Por este set de válvulas se distribuye o se extrae la carga desde los tanques seleccionados. Las válvulas de conexión del manifold, están provistas de “bridas ciegas”, que resulta ser una tapa desmontable, fabricada generalmente de acero, que tiene como objetivo evitar pérdida de hidrocarburo por estas válvulas.
- Líneas de gas inerte: Líneas dispuestas de forma que distribuyan gas inerte a los tanques de carga, tanques de lastre, *manifold* de carga, líneas de carga/descarga y espacios de doble fondo. Con respecto al gas inerte, existe una conexión, para proveer gas inerte desde una fuente en tierra, en caso de avería del sistema del buque.
- Líneas de contra incendios: Tuberías que se reparten por toda la cubierta. En éstas circulará el agua y la espuma, principal medio para extinguir un incendio de hidrocarburo.
- Línea de lavado de tanques. La limpieza de los tanques se realizará con petrolero crudo o agua, según el tipo de buque y el producto que

¹⁰ Líneas de cubierta situadas en cubierta por donde se va a conectar el barco con la líneas de tierra

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

transporte. Estas tuberías se reparten a las máquinas lavadoras de los tanques de carga. Se puede reconocer también en la cubierta de carga, la o las grúas que manipularan las mangueras de conexión que provee la terminal. En petroleros antiguos se dispone de puntales para la manipulación de las mangueras flexibles.

La sala de bombas es un espacio vital para las operaciones de descarga de un buque petrolero, y a la vez uno de los espacios del buque más peligrosos para la tripulación.

Como su nombre lo indica, aquí se disponen las bombas de descarga del buque y se encuentra la mayor concentración de líneas del buque. Las bombas de la nave son utilizadas generalmente, en las operaciones de descarga, lavado de los tanques y cuando se transfiriere carga de un tanque a otro.

Las bombas más utilizadas en un petrolero se reúnen en tres tipos, centrifugas, alternativas y rotativas. Las bombas tienen indicadores que señalan, volúmenes, revoluciones, temperatura y presión. Los indicadores de cada bomba, tienen sus repetidores en el control de carga.

Debido a peligros de incendio o explosión y toxicidad, que presentan las cargas de hidrocarburo, la sala de bombas es un sector muy propenso a accidentes. Por esto se siguen una serie de precauciones y procedimientos que buscan la seguridad tanto de la nave, como la del personal que transitará por la sala.

Después de esta descripción de los diferentes espacios de un petrolero se puede realizar la siguiente clasificación.

- Zona segura: La compone la sala de máquinas, habitabilidad, sala de control de carga y puente de navegación. Esta zona está segura de gases de hidrocarburo, ya que cuenta con un *cofferdams*¹¹ ubicado en el límite de la sala de máquinas y la sala de bombas.

¹¹ Un recinto hermético seco bombeado para permitir los trabajos de construcción por debajo de la línea de flotación, como en la construcción de puentes o la reparación de un buque

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

- Zona de riesgo: Abarca toda la cubierta de carga, donde por el diseño de la ventilación de los tanques de carga, no debería haber presencia de gases de hidrocarburo. Pero esto es condicional a factores climáticos, que pudieran desviar los gases de hidrocarburo a cubierta, o si ocurrieran filtraciones en las líneas que atraviesan la cubierta.
- Zona de peligro: Esta zona incluye los tanques de carga, tanques de lastre y sala de bombas. Donde existen concentraciones de gases de hidrocarburo, que puede ser inflamables y tóxicos a la vez para la salud humana.

1.2.- DESPLAZAMIENTO LÍNEAS. LLENADO DEL SLOP

Como desplazamiento de líneas se entiende el llenado de las líneas de carga con agua, para minimizar la cantidad de crudo dentro de ellas, y de este modo, eliminar, reducir la exposición a gases nocivos.

Es muy común que esta operación se haga para ciertas terminales que necesitan rellenar sus líneas con agua para poder realizar trabajos en las mismas.

Para realizar esta operación vamos a alimentar la bomba de carga por el fondo de las líneas de carga. Esto significa que se va a alimentar la bomba con el agua de exterior.

Obviamente este momento ha de ser controlado correctamente para evitar una contaminación¹². Para ello vamos a crear vacío dentro de las líneas de carga para aumentar la succión¹³, haciendo girar la bomba en seco y forzando a trabajar las bombas de vacío.

El llenado del SLOP se va a hacer simultáneamente al desplazamiento de línea. También se puede hacer después del mismo. En esta operación se llena con una cantidad suficiente para poder limpiar los tanques de carga, y que los residuos

12 Como contaminación se va a contemplar siempre que salga fuera del barco, mientras quede dentro del barco no es derrame que se puede convertir en contaminación.

13 También se puede realizar el lastrado de los tanques de carga a través de los tanques de lastre mediante la unión de la línea de lastre con la de carga, mediante el carrete.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

acumulados en el SLOP más la cantidad de agua lastrada en el mismo, no exceda la capacidad de la desgasificadora¹⁴, para su posterior traslado a tierra de dicha cuantía de líquido excedente.

1.2.1.- DESPLAZAMIENTO DE LÍNEAS

El desplazamiento de líneas se va a realizar por el fondo de las líneas de carga que van a alimentar la bomba de carga. Esta operación se va a realizar una vez probadas las válvulas del fondo, esto quiere decir, que vamos a comprobar el sistema con aire a presión.

La toma de mar de las líneas de carga está situada en la banda contraria al de lastre. Está compuesta de una doble válvula, fondo y contra-fondo, y de una brida ciega para evitar la entrada de agua en las líneas o la contaminación al exterior. Esta es la situación normal antes de cualquier operación. Es en este momento cuando se debe comprobar que las válvulas y la brida sean totalmente estancas.

La operación de alineado del fondo de la línea de carga va a consistir en sacar la brida ciega volver a probar la estanqueidad de las válvulas.

Una vez preparado el fondo y probada su estanqueidad se procederá a arrancar la bomba a la mínimas vueltas para que haga presión negativa en las líneas. Para favorecer esta succión se forzara a trabajar a las bombas de vacío.

En el control de carga el manómetro de succión de la bomba ha de marcar en negativo y en el cuarto de bombas cerca del fondo también se encuentra un manómetro que marca la presión en la línea.

Una vez que la presión sea negativa, que haya succión, se puede abrir la primera de las dos válvulas el contra-fondo, de dentro hacia fuera, se esperara un poco a que vuelva a coger más presión negativa y se abrirá el fondo poco a poco para que la línea se llene de agua.

14 Planta receptora del agua oleosa antes de la entrada en astillero.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Toda esta búsqueda de una presión negativa en esta línea se realiza para evitar que el crudo remanente en la línea pueda salir al exterior causando una contaminación.

El alineamiento del cuarto de bombas estará preparado para que el agua del exterior solo se reparta a la bomba elegida para la operación.

Una vez alimentada la bomba podemos empezar a mover el líquido por las líneas para desplazar el crudo dentro de los tanques y dejar las líneas llenas de agua, teniendo en cuenta cual es la capacidad de estas líneas para luego restárselo de la cantidad que vamos a lastrar en el SLOP.

Esta operación también se puede realizar para ayudar a una terminal a llenar sus mangueras para poder realizar trabajos de mantenimiento en ellas.

Esta operación también se puede hacer de manera inversa, esto quiere decir, primero se puede llenar el SLOP deseado y después con esta agua del SLOP moverlo por las líneas de los tanques para después recuperarlo al mismo tanque antes nombrado.

1.2.2.- LLENADO DEL SLOP

Esta operación se realiza para poder tener líquido con que mover los cañones de COW¹⁵ y los eductores de carga.

La operación se puede hacer de manera consecutiva al desplazamiento de líneas o previa a la misma. Una vez lastrado este tanque se puede mover el líquido por las líneas y luego recuperarlo.

Se debe tener en cuenta en todo momento, que se ha de llegar a la planta desgasificadora o la gabarra, que vaya a acoger el líquido del SLOP, con una cantidad concreta y evitar o minimizar lo máximo posible el uso del oleómetro, así como, las demoras y costes ocasionados por superar esta cantidad.

¹⁵ *Crude oil washing. Lavado con crudo.*

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

El procedimiento será similar al desplazamiento de líneas. Se lastra por medio del fondo de las líneas de carga. Una vez alineada la bomba escogida se descarga al SLOP. Al mínimo de revoluciones de la bomba se llena el tanque hasta una cantidad o vacío concreto. Este valor ha de ser calculado teniendo en cuenta la cantidad de sedimento que se reachicará de los tanques de carga al SLOP.

1.3.- COW

Los objetivos de la limpieza de los tanques de carga, ha cambiado, desde la aparición de los petroleros con tanques de lastre segregado en los años 80, de doble casco en los noventa y en la actualidad, los tanques de carga rara vez son usados para transportar lastre. Si en el comienzo, un buen lavado de los tanques de carga, era para prevenir la contaminación, hoy los criterios de limpieza se basan en exigencias de las industrias petroleras para minimizar el ROB¹⁶ de los tanques y maximizar la eficiencia del transporte de petróleo.

La solución para buques de gran porte, que generalmente transportan crudo, fue el reemplazo del agua, como agente de limpieza, por el mismo petróleo crudo que se transportaba. Una alta presión del lavado, combinado con los componentes solventes del crudo, resultó la solución para los inconvenientes nombrados.

Haciendo recircular el propio crudo de los tanques y proyectándolo a presión sobre toda la superficie del tanque, estos depósitos adheridos caen al plan del tanque y puedan ser reachicados con los medios apropiados de reachique. Por lo tanto el lavado con crudo es muy efectivo, por la acción disolvente del chorro de crudo al incidir con presión sobre los sedimentos y depósitos de crudo.

Los petroleros deben estar equipados de acuerdo con los requerimientos y disposiciones de la Organización Marítima Internacional, para efectuar las operaciones de lavado con crudo, y además cumplir estrictamente con todo lo dispuesto en el convenio para prevenir y evitar la contaminación del medio marino MARPOL 73/78, las resoluciones de las asambleas y todas las recomendaciones relacionadas al efecto.

¹⁶ Remain On Board. Cantidad a bordo después de la ddescarga.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

En las operaciones de lavado con crudo y con agua, la planta de gas inerte deberá estar plenamente operativa, siendo deseable que entregue un gas cuyo contenido en oxígeno sea del 5% en volumen como máximo (el contenido de oxígeno del gas inerte en tanques jamás excederá del 8%). Así mismo la presión de gas inerte durante la operación deberá ser siempre positiva. Las anteriores condiciones deberán ser comprobadas regularmente durante la operación.

Los tanques de carga de los petroleros de doble casco están contruidos para que tenga la mínima cantidad de refuerzos en su interior para evitar la acumulación de sedimentos. Este tipo de construcción favorece el trabajo de vaciado de los tanques y el problema de acumulación de sedimentos en los refuerzos. Este problema era típico en los petroleros monocascos. Esta acumulación de sedimentos aumenta el falso flete reduciendo la cantidad total a cargar por problemas de calados.

El circuito que se va a alinear para las operaciones de COW es el siguiente. Desde el SLOP de estribor se va a alimentar la bomba de carga que se escoja para la operación. Por la descarga de la bomba al cuarto de bombas va alimentar la línea de COW en cubierta y por esta misma descarga, se van a alimentar los eductores. Los eductores, una vez alimentados, van a aspirar de los tanques de carga donde se está realizando el lavado con crudo. Este producto que se está utilizando por medio de los cañones es aspirado por los eductores y descargado al SLOP de babor.

Esta misma operación puede ser realizada con un solo SLOP, el de estribor, siendo alineado adecuadamente en el cuarto de bombas.

Es por lo tanto lógico pensar, que la mayoría de los sedimentos de los tanques de carga quedarán acumulados en el SLOP de babor, pensando en la primera opción relatada, o acumulándose en el de estribor cuando se utilice utilizando un solo SLOP.

Todo esto quiere decir, que resulta necesario hacer una limpieza profunda de los SLOP's antes de cualquier baldeo con agua de los tanques de carga para minimizar la cantidad de sedimentos en los mismos.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Para realizar esta última operación comentada en el párrafo anterior se realizará de la manera que sigue. Una vez alineado correctamente en el cuarto de bombas, el circuito quedaría de la siguiente forma. La bomba de la segregación tres quedará alimentada por el tanque seis babor de carga. La descarga de la bomba al cuarto de bombas alimentará el sistema de COW y eyectores. Los cañones trabajarán en los dos SLOP's a la vez y, con un solo eductor, se podrá aspirar el líquido que entra, que se descarga en el mismo tanque número seis.

Esta operación de limpieza de los SLOP's sería recomendable hacerla en varias descargas antes del baldeo general de los tanques de carga.

1.4.- SISTEMA GAS INERTE

El convenio internacional para la vida humana en el mar, SOLAS, en los años 70 estableció las exigencias del sistema de gas inerte, transformándose en obligatorio para buques tanque, con un peso muerto igual o superior a 20.000 toneladas.

La instalación de un sistema de gas inerte a bordo de los buques tanque tiene su razón en minimizar el riesgo de incendios o explosiones en los tanques de carga. .



Figura 8 Triángulo del fuego

El principio de los sistemas de gas inerte se basa en que eliminando uno de los elementos del triángulo del fuego anterior, el riesgo de fuego o explosión también se elimina. Por lo tanto los sistemas de gas inerte están ideados para eliminar

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

unos de estos elementos y este elemento es el oxígeno ya que el resto de los elementos son muy difíciles de eliminar:

Los gases de hidrocarburo en una mezcla gaseosa con oxígeno únicamente arderán si el contenido de gases de hidrocarburo en la mezcla está entre los límites superior e inferior de inflamabilidad. Si el contenido de oxígeno en esta mezcla gaseosa es inferior al 11% de volumen, el gas de hidrocarburo en esa mezcla no puede quemarse sea cual sea su concentración. Un contenido atmosférico inferior al 11% está considerado teóricamente inerte.

Con respecto a los niveles de oxígeno, dentro de un tanque, debemos mantenerlos lo más bajos posibles, para tener un mayor grado de seguridad.

De esta forma, podemos decir que el nivel de oxígeno en los tanques se suele llevar y de hecho se lleva sobre el 3% o menor.

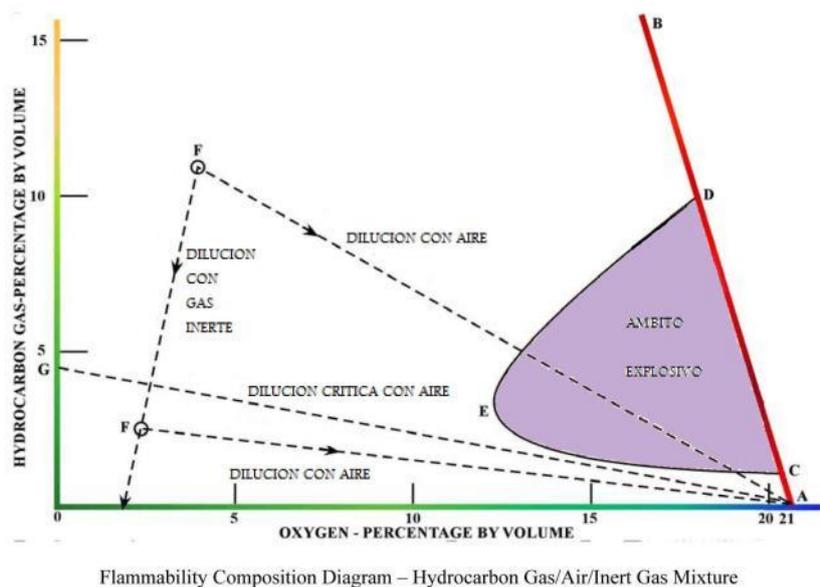


Figura 9 Diagrama mezcla gases

1.4.1.- PURGADO DE TANQUES

Consiste en introducir gas inerte en los tanques de carga, que ya están inertados para reducir el contenido de gases de hidrocarburo presentes en dichos tanques,

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

para conseguir una concentración de gases de hidrocarburo inferior al 2% de volumen.

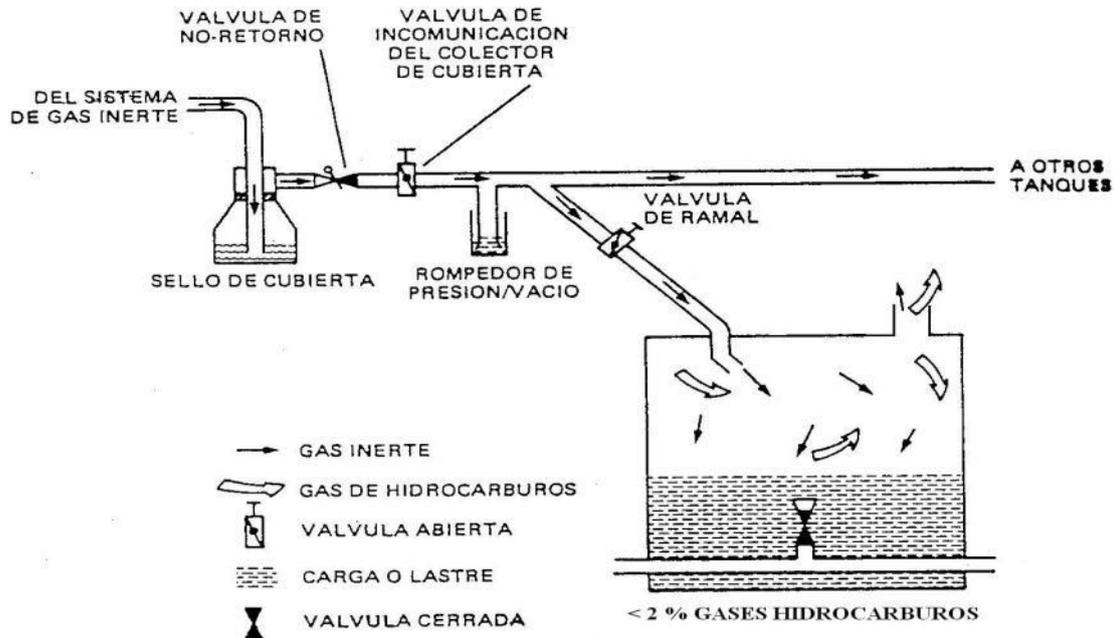


Figura 10 Diagrama purgado tanque

1.4.2.- VENTILADO DE TANQUES

Consiste en la introducción de aire exterior en los tanques de carga para eliminar los vapores de hidrocarburos y el gas inerte, para obtener una atmósfera con un volumen de oxígeno del 21% y por tanto apta para el ser humano y por tanto para la entrada en el tanque.

El proceso de desgasificación continuará hasta que el contenido en oxígeno sea del 21% y se obtenga una lectura inferior al 1% del límite inferior de explosividad (LEL) en un indicador de gas combustible, es decir, antes de proceder a la entrada en el tanque habrá que analizar la atmósfera con un exposímetro y un analizador de oxígeno.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

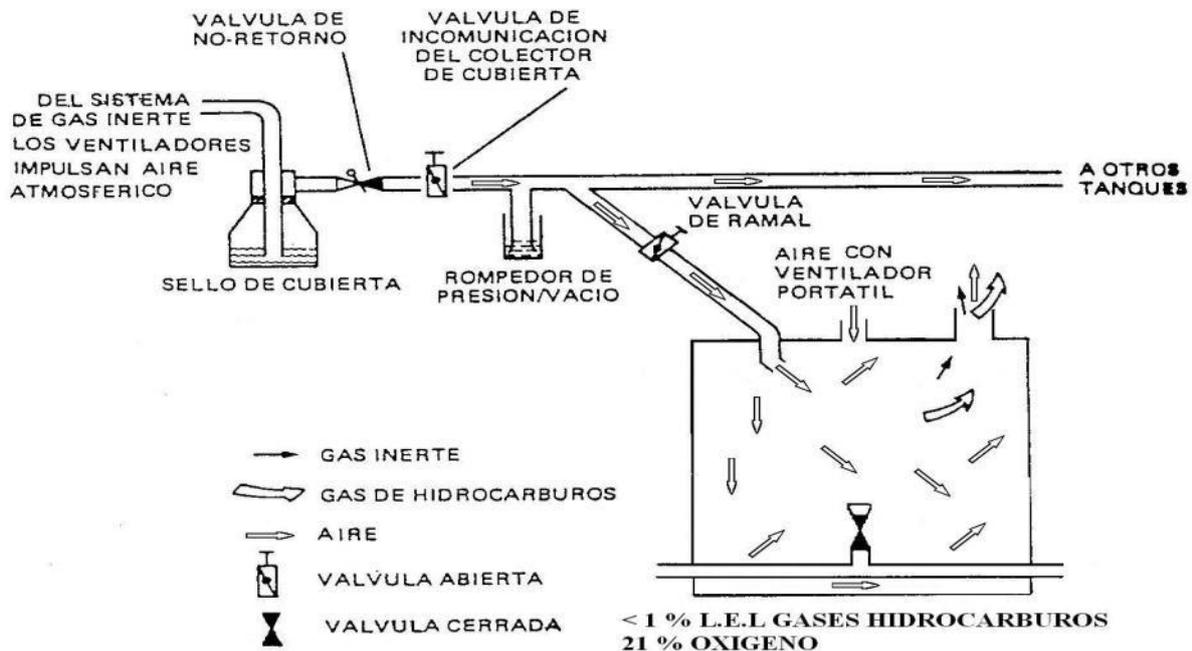


Figura 11 Diagrama ventilado tanque

1.4.3.- INERTIZADO DE TANQUES

La inertización consiste en la introducción de gas inerte en los tanques, después de haber realizado las operaciones necesarias dentro de los mismos, se introduce gas inerte para conseguir que la atmósfera del tanque no sea inflamable reduciendo el contenido de oxígeno.

Según el reglamento normativo un tanque con un 8% de volumen de oxígeno se considera inerte aunque la mayoría de las terminales ya exigen por debajo del 5% o incluso del 3%.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

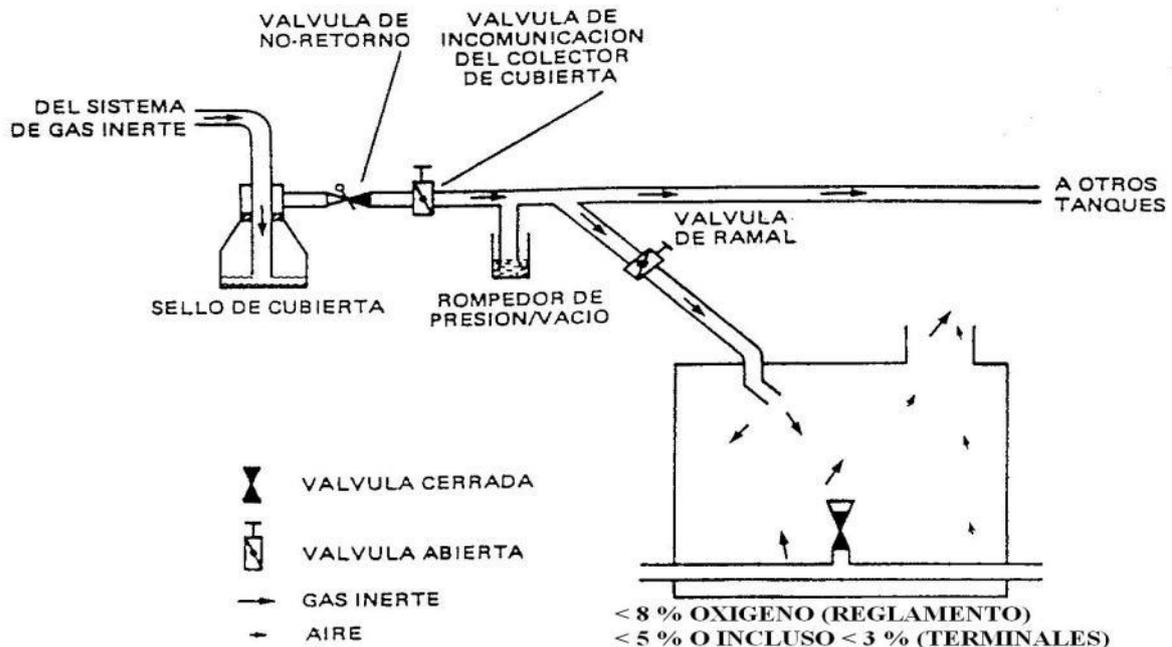


Figura 12 Diagrama inertizado tanque

En cualquiera de los procesos nombrados anteriormente, purgado, desgasificación e inertización, puede predominar uno de estos dos procesos: desplazamiento y dilución.

- En el desplazamiento, el gas inerte penetra a baja velocidad en el tanque, formándose una interfase que, actuando como membrana, desplaza el aire o los vapores de hidrocarburo contenidos en el tanque. Esta membrana se forma por la diferencia de densidades existentes entre el aire, gas o mezcla de gases del tanque y el gas inerte. Así pues, la membrana hace las veces de émbolo, obligando al aire, gas o gases contenidos en el tanque a salir a la atmósfera a través de las válvulas de presión-vacío.
- En la dilución, el gas entrante se mezcla con los gases originales para formar una mezcla homogénea dentro del tanque y el resultado es que la mezcla de gases en el tanque decrece exponencialmente. Este sistema tiene la ventaja de poder ser usado de forma efectiva con cualquier nivel de carga. El proceso se consigue mediante la velocidad, pues el chorro de gas inerte penetra en forma de dardo alcanzando los puntos más bajos del tanque y mezclándose con los gases presentes en el mismo, formando

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

unos remolinos que barren este, a la vez que arrastran en su salida, las bolsas de gases. El inconveniente en este sistema es que para conseguir la alta velocidad se debe operar con un pequeño número de tanques cada vez.

1.5.- ODME

Con el cumplimiento de la normativa MARPOL, sobre el control de la contaminación del medio marino, todos los buques petroleros deben disponer de un equipo para el control de descargas de hidrocarburos procedentes de las sentinas.

Este sistema es el denominado oleómetro, o más conocido como equipo ODME¹⁷ y debe certificarse que reúne las especificaciones de funcionamiento adoptados por la OMI, incluyendo un registro de las operaciones realizadas con el dispositivo que deben indicar la fecha y la hora de la operación, y deberán conservarse, para su inspección, durante tres años.

El ODME debe ser usado cuando haya cualquier descarga de efluente a la mar y debe estar preparado para detener automáticamente la descarga cuando el promedio instantáneo de descarga de hidrocarburos sea mayor que el permitido por la regulación, además un fallo en el equipo también parará la descarga. Todas las operaciones y pruebas del equipo ODME serán anotadas en el “libro de registro de hidrocarburos”.

La regulación MARPOL en la regla 9 del Capítulo II de MARPOL 73/78 estipula que: estará prohibida toda descarga de hidrocarburos o mezclas oleosas en el mar desde buques a los que sea aplicable este anexo salvo que se cumplan las condiciones siguientes:

- Que el buque se encuentre fuera de una zona especial.
- Que el petrolero se encuentre a más de 50 millas de la tierra más próxima.
- Que el petrolero esté en ruta.

17 Oil discharge monitoring and control equipment. Equipo dedicado al control de descarga de agua oleosa.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

- Que el régimen instantáneo de descarga de hidrocarburos no exceda de 30 litros por milla.
- Que la cantidad total de hidrocarburos descargada en el mar no exceda, en el caso de petroleros existentes, de 1/15000 del cargamento total de que formaban parte los residuos y, en el caso de buques nuevos, 1/30000 del cargamento total de que formaban parte los residuos.
- Que el petrolero tenga en funcionamiento un sistema de vigilancia y control de descargas de hidrocarburos y disponga de un tanque de decantación, como se prescribe en la Regla 15.

Regla 10 del Capítulo II de MARPOL 73/78, establece las siguientes zonas especiales, en las cuales no se permiten descargas operacionales de hidrocarburos o mezclas oleosas por parte de los buques: Mar Mediterráneo, Mar Báltico, Mar Negro, Mar Rojo, zona de los Golfos, Golfo de Adén, Zona Antártica.

Zonas Prohibidas: mientras que las zonas especiales MARPOL protegen algunas aguas internacionales, diversas naciones han establecido regulaciones para proteger sus aguas nacionales, mediante la declaración de zonas prohibidas. En algunos casos tales zonas son sólo de aplicación a buques de bandera del país. La zona prohibida más significativa es la exclusión de 50 millas de la tierra más próxima, contenida en la citada regla 9. MARPOL estableció zonas prohibidas de 100 millas alrededor de las costas de Canadá, Groenlandia e Islandia, y una zona prohibida del Atlántico NE, que abarca costas de Noruega, Irlanda, Reino Unido, Europa Occidental, España y Portugal, y que se extiende hasta 40° de longitud. Estados Unidos ha declarado también una zona prohibida de 100 millas alrededor de sus costas. Dentro de estas zonas prohibidas la descarga de hidrocarburos o de aguas oleosas que contengan más de 100 ppm de hidrocarburos está prohibida.

Para confirmar que el equipo cumple con estas normas se le realiza una serie de pruebas que se le hacen al sistema ODME para la confirmación de su perfecto funcionamiento.

- Excedidos 30 litros/milla.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

- Excedido el límite total de hidrocarburos.
- Excedido rango de 999 ppm.
- Fallo en el motor de la bomba.
- Fallo en la calibración.
- Fallo en el medidor de contenido de hidrocarburos.
- Fallo en el flujo.
- Fallo en el papel de la impresora.
- Alta velocidad del buque > 21 nudos.
- Muy baja velocidad del buque.
- Válvula de descarga incorrectamente abierta.

A parte de estas pruebas es importante las siguientes comprobaciones:

- MONITORING, Sirve para realizar una descarga real del agua contaminada.
- BACK FLUSHING, Sirve para realizar una limpieza de la unidad, de la línea y para comprobar el funcionamiento de la bomba.
- CALIBRATION, En este proceso la bomba de la toma de muestra bombea el agua limpia del tanque. El cero es ajustado automáticamente.
- TEST RUNNING, Para obtener un test de funcionamiento del equipo, la unidad se pondrá en el modo de medición usando el agua limpia del tanque.

2. DESARROLLO

Para realizar este proyecto se va a tomar como ejemplo características de un buque petrolero de doble casco del tipo denominado “*Suezmax*”¹⁸.



Figura 13 M/T Teide Spirit (1)

1.1.- EJEMPLO PRÁCTICO

Para la realización de este trabajo se ha expuesto los elementos necesarios para su comprensión, así como, normativas que se deben conocer.

¹⁸ Denominado así por tener las medidas máximas para navegar a través del canal de Suez.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Para este proyecto se va a describir cómo hacer una limpieza total de los tanques. Esto va incluir su lavado inicial seguido de un lavado con agua, ventilado y purgado.

Lo que se pretende es entender lo que es necesario hacer, no una descripción de como alinear en cuarto de bombas y cubierta para hacer dicha operación. De todas maneras, como anexo, hay más información específica del barco.

Para una mejor comprensión del proyecto se ha dividido en varias fases como se verá a continuación.

2.1.1.- FASE 1: OPERACIÓN COW INICIAL

La idea de COW inicial se va a realizar durante varios viajes antes de la entrada a astillero.

En los SLOP's es donde más sedimentos se van a encontrar y donde se tiene que hacer hincapié.

Para mejorar esta limpieza inicial, va a ser también necesario el trabajo en conjunto con el equipo de tierra. Este trabajo en equipo, va a consistir en la búsqueda de cargamentos con un producto más ligero, más adecuados para la reducción de sedimentos.

La idea del COW inicial, como se ha nombrado, es remover los sedimentos en los tanques para poder ser descargados a la terminal. Con este plan vamos a reducir la cantidad de los mismos, siendo más fácil la operación de inertizado, purgado y la recogida de los mismos al final.

Como se ha comentado, este plan, ha de ser desarrollado realizando la limpieza, COW, durante varios viajes anteriores antes del final con agua. El último viaje, antes de entrar en fuera de alquiler, se hará un COW completo.

2.1.1.1.- COW SLOP'S

La limpieza de los SLOP's se va a realizar haciendo un circuito cerrado con el seis babor. Esta limpieza se recomienda hacerlo durante la descarga. Suele haber un momento durante la descarga, al comienzo, que la descarga es lenta y las

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

bombas de descarga van moderadas. Suele ser aprovechado, por parte de la terminal, para topear tanques de tierra o para comenzar a llenar tanques vacíos.

Es también interesante, para realizar la limpieza de estos tanques, tenerlos ya vacíos de antemano o descargarlos lo más rápido posible.

Es en este momento, cuando las bombas van más lentas, podemos aprovechar para sólo estar descargando con dos bombas y poner la tercera bomba en circuito cerrado para la limpieza de los SLOP's.

Alimentando la bomba de carga número tres con los tanques de la segregación tres, incomunicada de las otras, se descarga hacia el interior del cuarto de bombas dando presión a la línea de COW y a los eyectores. El líquido metido por los cañones de COW será aspirado por los eyectores y descargado al seis babor. De esta forma queda un circuito cerrado.

El tiempo aproximado para hacer la limpieza de los SLOP's es alrededor de cuarenta y cinco minutos. Este proceso puede ser más corto según este pactado con el capitán de puerto. Se puede hacer más rápido cambiando el programa de los cañones de COW.

De todas las maneras, también puede darse el caso, por motivos de la terminal, que no se pueda hacer durante la fase que se ha descrito antes.

El plan cambiaría pero sería haciendo la misma alineación para completar el circuito cerrado.

Hay que recordar que la válvula de descarga al cuarto de bombas es de posición abierta o cerrada, pero la de descarga a cubierta tiene porcentaje, este porcentaje de apertura va a permitir poder seguir descargando a tierra y dar la presión a la línea de COW y eyectores.

Planteando el problema con las bombas descargando al máximo promedio y con los SLOP's vacíos, se debería incomunicar la línea de descarga número tres, moderar la bomba de carga, alinear para hacer el circuito cerrado antes descrito, Con la descarga al cuarto de bombas abierta daremos presión al COW y los

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

eyectores y una vez alcanzada la presión óptima para su buen trabajo, jugaremos con la bomba y la válvula de descarga a cubierta y a tierra para poder seguir descargando y realizar la limpieza de los SLOP's.

Como idea general, es conseguir mover los sedimentos de los SLOP's al tanque y descargarlos lo antes posible antes que se vuelvan a depositar en los tanques.

El estudio del tiempo y de la mejor opción del programa de las máquinas de COW se basa en los datos que se adjuntan en los anexos.

Estudio tiempo SLOP's.

Programa 1: cada vuelta salta 1°.

Programa 2: cada vuelta salta 2°.

Programa 3: cada vuelta salta 3°.

Programa Full: Cada vuelta salta 5°.

Si, se va a hacer un ciclo bajo 40° – 0° – 40°

Velocidad de giro a 8 – 10 Kg/cm² presión COW → 1 a 2,5rpm

La maquinas de COW se van a mover: (40° + 40°) = 80°

$$\text{Programa 1: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{1^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{2^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{80^\circ} = 40\text{min}$$

$$\text{Programa 2: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{2^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{4^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{80^\circ} = 20\text{min}$$

$$\text{Programa 3: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{3^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{6^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{80^\circ} = 14\text{min}$$

$$\text{Programa Full: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{5^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{10^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{80^\circ} = 8\text{min}$$

Se escoge el programa 1. Tiempo necesario ≈ 45min

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

La repetición de este proceso reducirá sustanciosamente el tiempo de eliminación de sedimentos de los SLOP´s en la planta desgasificadora, así como, su cantidad y los problemas añadidos de la acumulación de los mismos en el barco durante el tiempo de la limpieza de los mismos.

2.1.1.2.- COW COMPLETO

Al igual que en el punto anterior la idea de esta fase es la eliminación o reducción al máximo de los sedimentos acumulados en los tanques.

Por norma general la operación de COW, que se realiza en los buques tanques dedicado al transporte de crudo, petrolero, es una pasada en ciclo bajo (30-0-30) y escogiendo un programa intermedio, esto quiere decir, que no es una limpieza muy exhaustiva, pero si lo suficiente, para que los tanques queden secos, a vista de terceras partes abordo durante la descarga y la inspección de los mismos.

MARPOL regula un mínimo de tanques que se deben limpiar para en caso de mal tiempo poder ser lastrado para ganar condiciones de navegabilidad. Estos tanques son los cuatro centrales más un veinticinco por ciento, aunque es frecuente que se dejen limpiar más tanques y que sean limpiados por lo menos dos segregaciones completas, cuando no son todas. El tiempo necesario para hacer la limpieza mínima a una completa no es muy grande, por ello, se suele permitir hacer el COW completo.

Los barcos de doble casco por su estructura en los que los tanques de carga están protegidos por los de lastre. Todos, o casi todos, los refuerzos estructurales están en los tanques de lastre. Esto no quiere decir que los tanques de carga sean totalmente lisos, sin refuerzos.

Los tanques de carga, como es lógico pensar, también tienen refuerzos, líneas de carga y serpentines de calefacción. La idea preconcebida de tanques totalmente lisos, no es cierta, aunque en comparación con los monos cascos pueden decir que son lisos.

Una vez entendida la distribución de los tanques de carga, se va a realizar un COW completo para reducir todos los sedimentos que pueda haber acumulado

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

detrás de refuerzos en el plan de los tanques, como también, detrás de las líneas de carga¹⁹. Es, por lo tanto, importante hacer un ciclo completo de limpieza con crudo que va a ser 110-0-40, en el programa más lento o más exhaustivo.

La limpieza total, como se ha nombrado este subcapítulo, no va a empezar una vez que se vacíen los tanques de la segregación. Esta limpieza va a comenzar cuando los tanques tengan un vacío suficiente para que el cañón de COW pueda incidir en la estructura de los tanques.

Para una descripción de esta operación, se va partir desde una situación en el que el tanque está con un vacío de 16mts²⁰. Con este vacío y con un programa del sistema de COW 110-40 se va a poder empezar a limpiar los sedimentos acumulados en los refuerzos altos, al mismo tiempo que van a ser descargados.

El proceso de limpieza lo vamos a entender ligeramente diferente al habitual. Esta primera fase de limpieza alta de los tanques va a comenzar cuando el vacío de los tanques sea el suficiente para que el chorro del cañón del COW incida en la estructura del tanque y no en el líquido²¹.

El alineamiento para esta operación es similar al del COW cuando los tanques están vacíos, con la salvedad, que esta vez no va ser necesario dar presión a los eyectores.

En esta fase los tanques tendrán aún carga y la misma bomba estará siendo usada para descargar a tierra y dar presión a la línea de COW.

Para esta operación de COW, como es normal pensar, se va a moderar la bomba de carga seleccionada, se alinean en cubierta las válvulas manuales del COW de la segregación. Una vez preparado el COW, se abre la descarga al cuarto de bombas, se abre la válvula principal del COW y se llena la línea de COW con crudo, todo esto con la bomba moderada. La idea es desplazar los gases de la línea de COW y llenarla de crudo. Una vez empacada la línea, se sube la presión

19 Las líneas de carga en los petroleros, como el Teide Spirit, se encuentran en los tanques laterales de babor.

20 Los tanques de carga, el puntal de diseño de los tanques, son de alrededor 23mts.

21 Este vacío se puede calcular por medio de ángulos aunque está bien marcada y explicada en el manual del COW.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

en la línea de COW aumentado las revoluciones de la bomba de descarga. La presión de trabajo normal es entre 8-10 kg/cm², esto quiere decir, que la bomba quedará moderada, sin llegar al máximo de revoluciones permitida. Estas vueltas de más, se pueden utilizar para seguir descargando a tierra, reduciendo las demoras. Se despegará la válvula de descarga de la bomba a tierra y se aumentará las revoluciones al máximo permitido, sin perjudicar el buen y seguro funcionamiento de la misma. El porcentaje de apertura de la bomba va a depender, una vez al máximo rendimiento de la bomba, de la presión óptima de trabajo de la línea de COW.

Esta operación de limpieza de los tanques de ciclo alto se hará igual para todas las segregaciones. Utilizando la bomba de cada segregación para hacer dicha limpieza. Resulta de igual manera importante la segregación o separación de las líneas, para tener tiempo entre segregación y segregación para que la parada para reachiques internos sea el menor posible.

Estudio tiempo COW alto:

Programa 1: cada vuelta salta 1°.

Programa 2: cada vuelta salta 2°.

Programa 3: cada vuelta salta 3°.

Programa Full: Cada vuelta salta 5°.

Si, se va a hacer un ciclo bajo 110° – 40°

Velocidad de giro a 8 – 10 Kg/cm² presión COW → 1 a 2,5rpm

La maquinas de COW se van a mover: (110° – 40°) = 70°

$$\text{Programa 1: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{1^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{2^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{70^\circ} = 35\text{min}$$

$$\text{Programa 2: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{2^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{4^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{70^\circ} = 18\text{min}$$

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

$$\text{Programa 3: } 2rpm \rightarrow 2 \frac{\cancel{\text{vuelta}}}{\text{min}} \times \frac{3^\circ}{\cancel{\text{vuelta}}} = \frac{6^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{70^\circ} = 12\text{min}$$

$$\text{Programa Full: } 2rpm \rightarrow 2 \frac{\cancel{\text{vuelta}}}{\text{min}} \times \frac{5^\circ}{\cancel{\text{vuelta}}} = \frac{10^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{70^\circ} = 7\text{min}$$

Se escoge el programa 2. Tiempo necesario $\rightarrow 20\text{min}$

Por lo que la separación entre segregaciones debe de ser de 20min

Si, descargando en Algeciras a $8000 \text{ m}^3/\text{h}$, con tres bombas.

$$\frac{8000 \text{ m}^3/\text{h}}{3 \text{ bombas}} \approx 2700 \text{ m}^3/\text{h} \text{ por bomba}$$

$$2700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{60\text{min}} \times 20\text{min} \approx 1000\text{m}^3$$

la separación entre segregación sobre unos 1000m^3

Un vez hecha la limpieza alta de los tanques, se vacían los tanques de cada segregación y se podrá comenzar la limpieza de ciclo bajo.

La idea que se tiene que tener, es que no se va a poder empezar la limpieza de ciclo bajo, si no hemos terminado la limpieza de ciclo alto. Por lo que vamos a tener que plantear la descarga, así como dicha primera limpieza, para acabarla lo antes posible y que una no interfiera con la otra.

Los planes aunque estudiados, siempre puede pasar cualquier cosa y retrasarse. Como recurso quedaría acelerar la limpieza de ciclo alto o moderar la descarga para acabar con el COW alto.

Para la limpieza del ciclo bajo, se entiende el plan del tanque, va a comenzar una vez se haya terminado el ciclo alto y la segregación esté vacía. A modo de recordatorio, dicho anteriormente, las segregaciones se llevan con una diferencia de cantidad entre ellas. El motivo, al igual que en el ciclo alto, es acabar la primera segregación, vaciarla, y comenzar con la limpieza. Mientras las demás

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

segregaciones estén con líquido en sus tanques y no se deba parar la descarga a tierra.

Como se ha explicado en el ciclo alto, la limpieza se intenta que sea lo más profunda, lenta para remover los sedimentos acumulados en el plan y desplazarlos al SLOP de babor.

El circuito cerrado será similar al ya explicado en el ciclo alto, esta vez, también se alimenta los eyectores y los SLOP's estarán comunicados entre sí.

Estudio tiempo COW bajo:

Programa 1: cada vuelta salta 1°.

Programa 2: cada vuelta salta 2°.

Programa 3: cada vuelta salta 3°.

Programa Full: Cada vuelta salta 5°.

Si, se va a hacer un ciclo bajo 40° – 0° – 40°

La maquinas de COW se van a mover: (40° + 40°) = 80°

Velocidad de giro a 8 a 10 Kg/cm^2 presion COW → 1 a 2,5rpm

$$\text{Programa 1: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{1^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{2^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{80^\circ} = 40\text{min}$$

$$\text{Programa 2: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{4^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{4^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{80^\circ} = 20\text{min}$$

$$\text{Programa 3: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{3^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{6^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{80^\circ} = 14\text{min}$$

$$\text{Programa Full: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{5^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{10^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{80^\circ} = 10\text{min}$$

Se escoge el programa 1. Tiempo necesario → 40min

tiempo de reachiques → 10min

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Por lo que la separación entre segregaciones debe de ser de 1 hora

Si, descargando en Algeciras a $8000 \text{ m}^3/\text{h}$, con tres bombas.

$$\frac{8000 \text{ m}^3/\text{h}}{3 \text{ bombas}} \approx 2700 \text{ m}^3/\text{h} \text{ por bomba}$$

$$2700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{60\text{min}} \times 60\text{min} \approx 3000\text{m}^3$$

la separación entre segragación sobre unos 3000m^3

A modo de resumen de este capítulo, la idea o plan que se presenta, es la ejecución de una limpieza total de los tanques, ciclo alto y bajo, en dos fases.

La primera fase de COW alto, comienza cuando los tanques tengan un vacío suficiente para que el cañón de COW incida en los tanques en la estructura alta de los tanques. En esta primera fase no será necesario el uso de los eyectores, ya que seguiremos descargando de la segregación. La segunda fase el ciclo bajo empezara cuando se termine el ciclo alto en todas las segregaciones y la primera segregación este vacía. En este caso será necesario el uso de los eyectores y será igual que cualquier operación de COW, siendo más intensa para reducir los sedimentos de los tanques.

Tabla 4 COW SLOP's

	Tiempo Cow	Diferencia segregación
Programa 1	40min	N/A
Programa 2	20min	
Programa 3	14min	
Programa Full	8min	

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Tabla 5 COW ciclo alto

	Tiempo Cow	Diferencia segregación
Programa 1	35min	1800m3
Programa 2	18min	1000m3
Programa 3	12min	700m3
Programa Full	7min	400m3

Tabla 6 COW ciclo bajo

	Tiempo Cow + reachique	Diferencia segregación
Programa 1	60min	3000m3
Programa 2	40min	2000m3
Programa 3	30min	1500m3
Programa Full	20min	1000m3

2.1.2.- FASE 2: LLENADO DEL SLOP

Como se ha mencionado en el primer capítulo del trabajo, esta fase va a consistir en llenar un SLOP's con agua para ser, después usada para la limpieza con agua de los tanques antes de su purgado y ventilado.

Esta operación va a consistir en abrir el fondo de la línea de carga y por medio de la bomba de carga topear el tanque a un vacío suficiente para ser usada para la limpieza de los tanques y su posterior recogida en la planta desgasificadora o por una gabarra en el caso de que sea para una inspección intermedia.

Aunque este plan es el más común, también se puede llenar el SLOP de otra manera sin necesidad de abrir el fondo. Se puede topear el SLOP usando la línea de COW por una brida ciega que puede ser adaptada a la línea de contraincendios. El agua de contraincendios entrará al tanque por la línea de

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

COW, previamente alineada para que solo vaya al tanque deseado, a través de los cañones. Esta operación se suele realizar en caso de necesidad de limpieza de un solo tanque o por una inspección intermedia de los tanques de carga.

A parte del llenado del SLOP, también se realiza un desplazamiento de las líneas de carga por medio del agua del fondo bombeado por la bomba de carga. Con ello se pretende limpiar, desplazar el petróleo dentro de ellas a los tanques para su posterior reachique al SLOP usando los eyectores o la bomba de reachiques.

Esta fase se puede considerar una de las más importantes, debido al riesgo de contaminación a la hora de abrir el fondo de las líneas de carga. Además, el problema de algún error a la hora de topear el SLOP a la cantidad deseada. Habrá que tener en cuenta la cantidad de agua que se va a reachicar tras el desplazamiento de líneas, así como, la cantidad de sedimentos que puede quedar en los tanques.

Estos problemas quedan mitigados con un buen plan. Al abrir el fondo de carga se busca una presión negativa, de aspiración y la cantidad del SLOP, se calcula según el volumen de las líneas de carga. Si la cantidad de recogida de la planta desgasificadora es superada, se puede descargar parte de esta agua por medio del ODME.

Esta fase se puede hacer usando uno o los dos SLOP's, la diferencia entre estos dos métodos es que el SLOP de estribor se va a considerar lastre limpio porque este tanque va a ser limpiado antes de ser lastrado. En el caso de un solo SLOP, el de estribor, este va a ser lastre sucio.

En ambos casos si fuera necesario su minimizado de la cantidad de agua, lastre en los SLOP's o SLOP, puede ser deslastrado usando el ODME.

Como se ha descrito en el principio de este subcapítulo, el lastrado de un SLOP se puede hacer por la línea de COW usando la línea de contraincendios. El plan más frecuente es usando el fondo de las líneas de carga. Esta idea es lastrar el tanque al igual que se hace en el lastrado de los tanques para este propósito. La idea es abrir el fondo de las líneas de carga y con la bomba de carga, mover el

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

agua del mar por las líneas de carga, para su limpieza y desplazar el líquido hasta el SLOP o SLOP's. El problema va a consistir en controlar la cantidad de líquido que va a ser lastrado entre las líneas de carga y SLOP, y evitar que el crudo restante en las líneas del cuarto pueda ser vertido al exterior del barco.

El conocimiento de la distribución de las líneas del cuarto de bombas, cubierta y fondo va a proporcionar el control del movimiento del líquido por las líneas. La comprensión de las presiones dinámicas nos va a dar una idea de la cantidad real en movimiento por ellas. La recuperación del restante líquido que haya quedado se hará con la bomba de reachique. La mitigación de un posible vertido al mar se controla por medio de una forzada presión negativa en las líneas de carga antes y durante el lastrado y empaquetado de las líneas de carga. Con estas ideas se intentan controlar estos riesgos. En caso de que se supere la cantidad del SLOP siempre puede ser reducida por medio del ODME.

A continuación se va a explicar los dos métodos de llenado de SLOP, usando uno o los dos. La idea va a ser recoger el método a seguir teniendo en cuenta los beneficios y perjuicios de ambos.

Para ambos casos, el empaquetado de las líneas de carga se va a hacer al principio de la operación. Al abrir el fondo de las líneas de carga se va a empezar a trasladar el líquido por las líneas del cuarto de bomba, por las líneas de la cubierta y por todos los tanques para, de este modo desplazar, limpiarlas del resto de petróleo acumulado. Este líquido es, después recuperado por la misma bomba y terminar en el SLOP.

La idea del llenado de un solo SLOP, en este caso el de estribor, es el control de la cantidad de agua de mar en este tanque para, de este modo, evitar usar el ODME o minimizar al máximo su uso. La desventaja es que el lastre usado es agua sucia o lastre sucio, al estar el tanque, SLOP de estribor, con sedimentos. Esto tampoco afecta seriamente a la hora de la limpieza con agua del resto de los tanques.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Para el lastrado de un solo SLOP, se llena el SLOP de estribor hasta una cantidad o vacío que sea la requerida por la terminal desgasificadora.

Se prepara, alinea en el cuarto de bomba para que el líquido, agua de mar, se desplace a la bomba de carga deseada para la operación. Se arranca la bomba de carga a las mínimas vuelta y la descarga de la bomba totalmente cerrada. Con lo que se empieza a buscar la presión negativa, dentro de las líneas del cuarto de bomba. Esta búsqueda de presión negativa se puede lograr, sólo con la bomba o puede ser ayudada por la bomba de reachique o más fácilmente, con las bombas de vacío.

Una vez que la presión en las líneas sea negativa, se podrá ir abriendo el contra-fondo y fondo. Cuando el líquido ya circule del fondo de la línea de carga a la bomba se puede abrir la descarga para moverlo por las líneas de cubierta altas y bajas, recircular por línea de MARPOL²², conexión líneas en el *manifold*.

Toda esta agua en movimiento por las líneas termina en el SLOP de estribor. Finalizada el empaquetado de las líneas se termina el lastrado del SLOP a un vacío determinado. Este vacío, suele ser menor que el final que se desea. Ya que se ha de interpretar que en las líneas ha quedado con agua que ha de ser recuperada y que los sedimentos del resto de los tanques van a terminar en el SLOP.

Una vez finalizado el lastrado se modera la bomba, se cierra la descarga de la bomba y se cierra la aspiración de la bomba.

Con este plan de un solo SLOP, como ya se ha mencionado, se intenta controlar la cantidad de agua lastrada y el problema es que se está usando lastre sucio para la limpieza.

En este método en el que se usan dos SLOP's el plan va a diferir un vez comencemos con el lastrado del tanque. El empaquetado de las líneas va a ser

²² La circulación del agua va a ser forzada desde el control abriendo y cerrando válvulas para que el líquido, el agua, se desplace a donde se quiera.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

semejante²³, así como, su posterior recuperación de líquido remanente en las líneas.

Tras finalizado el primer movimiento de limpieza de líneas, se va comenzar la limpieza del SLOP de estribor. El líquido aspirado por la bomba va a dar presión a la línea de COW de únicamente el SLOP de estribor²⁴ y a un eyector. Al terminar esta operación, el SLOP de babor, al que ha terminado el reachique del COW de estribor, estará con un vacío de diez metros.

El SLOP de estribor va a estar ya limpio y mientras se ha estado limpiando con el agua, ha sido purgado. Casi en el momento de finalizar su limpieza se puede considerar que está purgado y se puede empezar su ventilado. Tras su ventilado, se des-sedimenta.

En este momento que ya está des-sedimentado se vuelve a inertizar para su lastrado. Es por lo tanto, que el agua lastrada en este SLOP, es lastre limpio.

Una vez lastrado, es esta agua, la que vamos a utilizar para mover los cañones de COW, por lo que la limpieza será más eficiente. También es usada para los eyectores y circula por las líneas bajas lo que se acentúa la limpieza de todas las líneas

Ambos SLOP's estarán comunicados, al igual que en una operación de COW habitual. El lastre limpio se puede considerar en parte contaminado por agua oleosa.

Una vez terminado el ciclo de lavado con agua de los tanques tenemos el problema que la cantidad de agua es superior a la cantidad total de recogida en la planta desgasificadora.

23 La cantidad usada para mover o desplazar el crudo de las líneas por el agua de la mar es un valor que no se puede conocer hasta que se termine la operación. Por lo que se debe de tener en cuenta a la hora de topear el SLOP.

24 En este caso, diferente en el caso de COW completo, la presión de la línea de COW se enfatiza en este único ramal del COW, para moderar la cantidad de líquido.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Como se ha comentado, el agua lastrada en el SLOP de estribor se puede considerar como lastre limpio, aunque obviamente, se ha mezclado por el ecualizador con el lastre sucio del SLOP de babor.

El SLOP de estribor va a poder ser descargado casi en su totalidad usando el ODME. Este agua en el SLOP de estribor ha estado en su mayor cantidad, fuera de ser contaminada por los sedimentos que están alojados en el SLOP de babor.

De todas las maneras después de deslastrar la totalidad del SLOP de estribor, el SLOP de babor puede ser también minimizado usando el ODME tras su previa decantación.

El método que se use para la limpieza de los tanque, con uno o dos SLOP's, lo puede también limitar el lugar donde se va a realizar la limpieza. Mientras que sea en lugares no considerados zonas especiales se puede usar los dos. Dentro de una zona especial nos veremos obligados a un solo SLOP. Este dato y otros pueden hacer decantar por una u otra opción.

Tabla 4 Rellenado SLOP estribor.

Opciones de relleno SLOP estribor.	Ventajas – desventajas.
Opción 1: Abrir el fondo. Llenar el SLOP a 10mts ²⁵ de vacío. Cerrar el fondo. Hacer el desplazamiento de líneas del barco. Reachicar las líneas, con <i>stripping</i> o eyectores. Comenzar el COW con el SLOP.	<p>Ventajas: Se recomienda para zonas especiales. La cantidad de agua lastrada en el SLOP es la deseada, incluso menor, pensando en la cantidad recogida durante el lavado con agua y reachiques. El desplazamiento se hace con el agua del SLOP y reachicado después.</p> <p>Desventajas: Se puede usar en zonas no especiales, pero la limpieza es de</p>

25 Todos estos valores de distancia en tanques de carga hacen referencia a vacíos. Mientras que en los tanques de lastre se habla de sondas.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

	<p>menor calidad. Riesgo a usar el fondo de la línea de carga.</p>
<p>Opción 2: Abrir el fondo. Alinear la bomba para hacer el COW al SLOP de babor, con un solo eyector. Al terminar estará más o menos en los 10mts el SLOP de estribor. Purgar el SLOP de babor mientras se le hace el COW. Al finalizar el COW del SLOP de babor, cerrar el fondo. Hacer el desplazamiento de líneas del barco. Reachicar las líneas, con <i>stripping</i> o eyectores. Comenzar el COW con el SLOP.</p>	<p>Ventajas: Se recomienda para zonas especiales. Se adelanta el trabajo haciendo el COW, purgado del SLOP de babor. El desplazamiento de líneas es más intenso.</p> <p>Desventajas: Se puede usar en zonas no especiales, pero la limpieza es de menor calidad. Riesgo a usar el fondo de la línea de carga. La cantidad de agua en el SLOP de estribor al final del COW del SLOP de babor y desplazamiento puede ser mayor. Uso del ODME.</p>
<p>Opción 3: Conectar la línea de contra incendios a la línea de COW por la válvula de brida ciega. Rellenar el SLOP de estribor hasta 10mts de vacío. Hacer el desplazamiento de líneas del barco. Reachicar las líneas, con <i>stripping</i> o eyectores. Comenzar el COW con el SLOP.</p>	<p>Ventajas: Se recomienda para zonas especiales. Se mitiga del todo el riesgo del abrir el fondo de las líneas de carga. La cantidad de agua lastrada en el SLOP es la deseada, incluso menor, pensando en la cantidad recogida durante el lavado con agua y reachiques. El desplazamiento se hace con el agua del SLOP y reachicado después.</p> <p>Desventajas: Se puede usar en zonas no especiales, pero la limpieza es de menor calidad. El tiempo de lastrado es mayor que en las otras opciones.</p>

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Opciones de relleno dos SLOP's.	Ventajas – desventajas.
<p>Opción 1: Abrir el fondo. Hacer el COW al SLOP estribor, mientras se rellena el SLOP de babor a 12mts de vacío usando un solo eyector. Cerrar el fondo. Hacer el desplazamiento de líneas. Reachicar con <i>stripping</i> o eyectores. Conectar la línea de contra incendios a la línea de COW por la válvula de brida ciega. Rellenar el SLOP de estribor hasta 12mts de vacío. Comenzar el COW con dos SLOP's.</p>	<p>Ventajas: El COW realizado mejora al de un solo SLOP. Se recomienda para zonas no especiales. Se adelanta el trabajo haciendo el COW del SLOP de babor. El desplazamiento de líneas es más intenso.</p> <p>Desventajas: Se supera la cantidad de recogida en la terminal, uso ODME. No se puede usar en zonas especiales, no puede ser deslastrado. Riesgo a usar el fondo de la línea de carga.</p>
<p>Opción 2: Abrir el fondo. Hacer el COW al SLOP estribor, mientras se rellena el SLOP de babor a 12mts de vacío usando un solo eyector. Cerrar el fondo. Hacer el desplazamiento de líneas. Reachicar con <i>stripping</i> o eyectores. Abrir el fondo. Lastrar el SLOP de estribor a 12mts de vacío. Comenzar el COW con dos SLOP's.</p>	<p>Ventajas: El COW realizado mejora al de un solo SLOP. Se recomienda para zonas no especiales. Se adelanta el trabajo haciendo el COW del SLOP de babor. El desplazamiento de líneas es más intenso.</p> <p>Desventajas: Se supera la cantidad de recogida en la terminal, uso ODME. No se puede usar en zonas especiales, no puede ser deslastrado. Riesgo a usar el fondo de la línea de carga.</p>
<p>Opción 3: Abrir el fondo. Hacer el COW al SLOP estribor, mientras se rellena el SLOP de babor a 12mts de vacío usando un solo eyector. Cerrar el fondo. Hacer el desplazamiento de</p>	<p>Ventajas: El COW realizado mejora al de un solo SLOP. Se recomienda para zonas no especiales. Se adelanta el trabajo haciendo el COW, purgado del SLOP de babor. El desplazamiento de</p>

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

<p>líneas. Reachicar con <i>stripping</i> o eyectores. Mientras se haga el COW del SLOP de estribor comenzar la purga, seguir con el ventilado y de-sedimentado. Al finalizar inertizar. Abrir el fondo. Lastrar el SLOP de estribor a 12mts vacío. Comenzar el COW con dos SLOP's.</p>	<p>líneas es más intenso.</p> <p>Desventajas: Se supera la cantidad de recogida en la terminal, uso ODME. No se puede usar en zonas especiales, no puede ser deslastrado. Riesgo a usar el fondo de la línea de carga.</p>
<p>Opción 4: Abrir el fondo. Hacer el COW al SLOP estribor, mientras se rellena el SLOP de babor a 12mts de vacío usando un solo eyector. Cerrar el fondo. Hacer el desplazamiento de líneas. Reachicar con <i>stripping</i> o eyectores. Mientras se haga el COW del SLOP de estribor comenzar la purga, seguir con el ventilado y de-sedimentado. Al finalizar inertizar. Conectar la línea de contra incendios a la línea de COW por la válvula de brida ciega. Rellenar el SLOP de estribor hasta 12mts. Comenzar el COW con dos SLOP's.</p>	<p>Ventajas: El COW realizado mejora al de un solo SLOP. Se recomienda para zonas no especiales. Se adelanta el trabajo haciendo el COW, purgado del SLOP de babor. El desplazamiento de líneas es más intenso. Se mitiga en parte el riesgo de abrir el fondo de las líneas de carga</p> <p>Desventajas: Se supera la cantidad de recogida en la terminal, uso ODME. No se puede usar en zonas especiales, no puede ser deslastrado. Riesgo a usar el fondo de la línea de carga.</p>

2.1.3.- FASE 3: LAVADO CON AGUA

La limpieza con agua en los dos casos al usar, uno o dos SLOP's, va a ser similar. La diferencia va a consistir en que el caso de dos SLOP's, el de estribor, con agua limpia, se usa para dar presión a la línea de COW y eyectores y descarga al sucio de babor, teniendo abierta la unión entre ambos SLOP's. Con un solo SLOP el circuito es sobre el de estribor.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Para este caso vamos a considerar sobre un solo SLOP. El tanque de estribor quedará con unos 600 metros cúbicos y unos 10 metros de vacío. Cantidad que será recogida por la planta desgasificadora.

Con esta agua en el SLOP de estribor vamos a alimentar la línea de COW y los eyectores de carga para realizar la operación de limpieza de los tanques de carga con agua. Es muy probable que al finalizar haya más de estos 600 metros cúbicos por lo que si fuera necesario se podría descargar a la mar por medio del ODME, o evitarlo parando antes de los 10 metros de vacío estimando la cantidad de sedimentos y agua remanente en líneas y tanques. Este proceso es muy intuitivo.

Esta operación de limpieza con agua es similar a la de limpieza con crudo, la variación va consistir en la secuencia de limpiado de tanques.

Una vez alineado para la limpieza con agua. Bomba de carga número²⁶ uno alimentada por el SLOP de estribor, descargando al cuarto de bombas para dar presión a la línea de COW y eyectores. Esta vez no se limpiara los tanques según segregaciones, si no, de proa a popa para facilitar el posterior purgado, ventilado y de-sedimentado de los tanques.

La línea de COW nos va a permitir limpiar cuatro tanques a la vez, así como reachicarlos. Los eyectores no estarán comunicados, como es normal, si no independizados para que aspiren de diferentes segregaciones.

La secuencia o plan será; limpiar los unos y doses y un eyector reachica los tanques de la segregación una y otro de la dos. Al finalizar, se sigue con los treses y los cuatros de la misma manera hasta llegar a los seises.

26 En este caso se habla de la bomba de carga número uno. Pero se podría usar cualquier otra. Consiste en dar presión a la línea de COW y eyectores.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

La limpieza del SLOP de babor²⁷, en este caso, va a ser el primero que se va a limpiar durante el llenado del SLOP de estribor. También se puede realizar al final, para evitar posible fallos en la cantidad total del SLOP.

En este caso, la limpieza se hace una vez tomada la cantidad en el SLOP de estribor para evitar lo comentado arriba.

Durante todo el proceso de limpieza de los tanques de carga y SLOP de babor se mantendrá una presión positiva de gas inerte sobre 800mmc.a. Se controla, con repetidas mediciones, la atmósfera de los tanques de carga, manteniendo unas cantidades de oxígeno por debajo de 5%, hidrocarburos 2% y LEL 1%.

Los ciclos de limpieza serán: 110°-0°-40° y 40°-0°-40°. Con lo que se hace un ciclo alto y dos bajos. Se usa el programa más lento, el primero. Con ello se enfatiza la limpieza de plan que es donde más sedimentos puede haber.

Estudio tiempo lavado con agua:

Programa 1: cada vuelta salta 1°.

Programa 2: cada vuelta salta 2°.

Programa 3: cada vuelta salta 3°.

Programa Full: Cada vuelta salta 5°.

Si, se va a hacer un ciclo alto y dos bajos: 110° – 0° – 40° y 40° – 0° – 40°

La maquinas de COW se van a mover: (110° + 40°) + (40° + 40°) = 230°

Velocidad de giro a 8 a 10 Kg/cm² presion COW → 1 a 2,5rpm

$$\text{Programa 1: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{1^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{2^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{230^\circ} = 1\text{h } 55\text{min}$$

²⁷ En este caso se estudia desde el punto de vista del SLOP de babor lavado durante el relleno del SLOP de estribor. La diferencia consiste en ganar tiempo lavando un SLOP mientras se rellena el otro. La desventaja reside en no controlar la cantidad de agua por las líneas y el tanque.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

$$\text{Programa 2: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{2^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{4^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{230^\circ} = 58\text{min}$$

$$\text{Programa 3: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{3^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{6^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{230^\circ} = 38\text{min}$$

$$\text{Programa Full: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{5^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{10^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{230^\circ} = 23\text{min}$$

Para que la operación sea más rápida se decide:

110° – 0° – 40 y 40° – 0° – 40° en el programa 1 para los tanques:

1br; er, 2br; er, 3br; er 4br; er, 5br; er, 6br; er .

Se van a secuenciar de proa a popa 1 – 2, 3 – 4, 5 – 6.

Tiempo aproximado = 6h

140° – 0° – 40° en el programa 1 para el tanque: SLOP br

$$\text{Programa 1: } 2\text{rpm} \rightarrow 2 \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \times \frac{1^\circ}{\text{vuelta}} = \frac{2^\circ}{\text{min}} \times \frac{1}{150^\circ} = 1\text{h } 15\text{min}$$

Tiempo aproximado = 1h 30min

Tiempo de reachiques de los tanques: 30min

Tiempo total: 6h + 1h 15m + 30min ≈ 8h

Arriba queda descrito el cálculo del tiempo necesario para realizar la limpieza total del barco a falta del SLOP de estribor.

Hasta en este momento se puede contemplar el barco lavado con agua desde los tanques unos a los seis incluido el SLOP de babor²⁸, quedaría por lavar el último tanque que es el de estribor.

28 Según el caso, usando dos SLOP's el de estribor ya habrá sido lavado. O usando el de estribor sólo, se puede lavar al principio o al final como un tanque más de carga.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Este tanque es el que hemos usado para hacer la limpieza, por lo que los sedimentos del lavado con agua estarán en él.

En este caso se va a llegar a la planta desgasificadora con un SLOP, el de estribor. Es en este momento cuando vamos a realizar la limpieza y descarga de forma simultánea.

Vamos a tener incomunicadas la líneas que ya están secas y limpias, por lo que solo contemplaremos una descarga por la línea uno. Incomunicada del resto de las líneas, tanto en cuarto de bombas, fondo y cubierta. Comenzaremos la descarga del SLOP²⁹. Este SLOP se descargará hasta una cantidad en la que la bomba es moderada para alinear el sistema de COW al SLOP y eyectores. Con la bomba moderada y vigilando el nivel de la campana se da tiempo para que el ciclo de COW termine, 110°-0° en el programa uno. El fin de esta fase de limpieza y descarga del SLOP lo pondrá cuando ya no tengamos líquido en el tanque o este termine su ciclo.

Es también posible realizar esta operación con un variante diferente. En esta, se va a descargar por completo el SLOP, seguido se abre el fondo de las líneas de carga para alimentar la bomba y de esta manera también la línea de COW. El líquido que entra se sacará por medio de la bomba de reachique³⁰.

Tabla 5 Lavado con SLOP de estribor.

Opciones de lavado con SLOP estribor.	Ventajas – desventajas.
Opción 1: Llenar el SLOP de estribor. Limpiar de proa-popa los tanques. Limpiar el SLOP de babor. Minimizar la cantidad del SLOP de estribor si es necesario por el ODME. Descargar y	Ventajas: Se va a tener en todo momento más control sobre la cantidad de agua y sedimentos. Se empieza antes con el purgado de los tanques de proa.

²⁹ En el ejemplo del anexo queda explicado la secuencia de alineamiento de válvulas.

³⁰ La bomba de re-achique, también conocida como caballito, es la encargada de vaciar la cantidad final en líneas de cuarto de bomba y tanques de decantación.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

<p>limpiar el SLOP de estribor en la planta.</p>	<p>Desventajas: La limpieza va a ser con agua oleosa no con agua limpia. Se pierde tiempo en el COW SLOP de babor. Hay que separar segregarse los eyectores.</p>
<p>Opción 2: Llenar el SLOP de estribor. Limpiar según segregaciones los tanques. Limpiar el SLOP de babor. Minimizar la cantidad del SLOP de estribor si es necesario por el ODME. Descargar y limpiar el SLOP de estribor en la planta.</p>	<p>Ventajas: Se va a tener en todo momento más control sobre la cantidad de agua y sedimentos. Se realiza la limpieza por segregaciones no hay que tener que separar, segregarse los eyectores.</p> <p>Desventajas: La limpieza va a ser con agua oleosa no con agua limpia. Se pierde tiempo en el COW SLOP de babor. El purgado se va a mover por segregaciones, no de proa popa. Se considera mejor acabar antes con los de proa por el mal tiempo.</p>
<p>Opción 3: Llenar el SLOP de estribor y limpiar el SLOP de babor. Limpiar de pro-popa los tanques. Minimizar la cantidad del SLOP de estribor si es necesario por el ODME. Descargar y limpiar el SLOP de estribor en la planta.</p>	<p>Ventajas: Se va a tener en todo momento más control sobre la cantidad de agua y sedimentos. Se gana en el COW del SLOP de babor. Se empieza antes con el purgado de los tanques de proa.</p> <p>Desventajas: La limpieza va a ser con agua oleosa no con agua limpia. Hay que separar segregarse los eyectores.</p>
<p>Opción 4: Llenar el SLOP de estribor y limpiar el SLOP de babor. Limpiar</p>	<p>Ventajas: Se va a tener en todo momento más control sobre la cantidad</p>

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

<p>según segregaciones los tanques. Minimizar la cantidad del SLOP de estribor si es necesario por el ODME. Descargar y limpiar el SLOP de estribor en la planta.</p>	<p>de agua y sedimentos. Se empieza antes con el purgado de los tanques de proa. Se realiza la limpieza por segregaciones no hay que tener que separar, segregar los eyectores.</p> <p>Desventajas: La limpieza va a ser con agua oleosa no con agua limpia. El purgado se va a mover por segregaciones, no de proa popa. Se considera mejor acabar antes con los de proa por el mal tiempo.</p>
---	--

2.1.4.- FASE 4: PURGADO-VENTILADO

Los planes que se pueden llevar a cabo para el purgado y ventilado de los tanques pueden ser diversos, lo que se debe tener en cuenta en todo momento es la finalidad que va a ser su purgado y posterior ventilado.

El plan que se va a ejecutar es el purgado simultáneo al COW. Mientras se esté haciendo la limpieza de los unos y los doses se va a ir purgando estos mismos tanques y así escalonados hasta los seises.

De esta manera, queda fijado el plan a seguir. Los tiempos de purgado, ventilado y posterior inertizado dependen de varios factores a tener en cuenta. La renovación de la atmósfera de los tanques en las diferentes fases va depender del caudal de presión de gas inerte o la presión de renovación de los ventiladores en el ventilado de tanques.

Las renovaciones de la atmósfera de los tanques van a depender de la condición de sedimentación, de la limpieza de los mismos. Por lo tanto, el purgado de los tanques no termina hasta que la concentración de los tanques no sea correcta. El ventilado tampoco termina hasta que la condición de los tanques no sea correcta.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

2.1.4.1.- PURGADO

Esta fase va a comenzar conjunta a la limpieza de los tanques y va a finalizar después. Para explicar este punto, durante la limpieza se van a comenzar a desplazar los gases de hidrocarburo, esto quiere decir, durante la limpieza de los unos y los doses se van a purgar también. Al cambiar a los treses y los cuatros se van a purgar estos también parando en los primeros.

El trabajo de purgado de los primeros tanques se termina una vez acabada la limpieza de los tanques.

Esta operación se debe entender simultánea o escalonada a la limpieza de los tanques.

El plan determinado de limpieza de tanques y purgado simultaneo o escalonado, va a generar un problema; este va a consistir en que todo el momento de la limpieza de los tanques debemos mantener una presión en los tanques positiva de unos 800mmc.a. Además, se estará realizando el purgado de los primeros tanques. Esto conlleva la necesidad de abrir las torres de venteo para poder desplazar los gases de hidrocarburos.

El desplazamiento de los gases de hidrocarburo se va a realizar por las líneas de gas inerte, por donde va a entrar el gas inerte y va a ser desplazado al exterior por la torres de venteo. Se ha de buscar una apertura de estas chimeneas lo suficiente o necesario para poder mantener la presión de gas inerte. Por lo que se va a jugar con su apertura.

El tiempo de purgado va a ser de unas doce horas por pareja de tanques, aunque, como es normal pensar, el tiempo de purgado va a terminar una vez que los valores de los gases de hidrocarburo sea adecuados para comenzar el ventilado.

Estudio tiempo de purgado de los tanques de carga:

$$\text{Sistema GI: Caldera} \rightarrow 14 \text{ kg/cm}^2; \text{Ventilador} \rightarrow 13500 \text{ m}^3/\text{h}$$

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Capacidad de venteo cada tanque $\rightarrow 4500 \text{ m}^3/\text{h}$ a 800mmca en tanque

Tabla 6 Capacidad de los tanques al 100% en m3

1 babor	10900	2 babor	15154	3 babor	15208
1 estribor	10900	2 estribor	15154	3 estribor	15208
4 babor	15208	5 babor	15208	6 babor	13939
4 estribor	15208	5estribor	15208	6 estribor	13939
SLOP br	1675	SLOP er	1675	Total	174585

Se busca: HC < 2%; LEL < 1%; O₂ < 5%

Se va a calcular para hacer 4 renovaciones de la atmósfera.

$$4 \text{ babor capacidad al } 100\% = 15208\text{m}^3$$

Se considera en todo momento la presión en tanques 800mmca $\rightarrow 4500 \text{ m}^3/\text{h}$

$$15208\text{m}^3 \times 4 = 60832\text{m}^3$$

$$\frac{60832\text{m}^3}{4500 \text{ m}^3/\text{h}} \approx 14\text{h}$$

Se van a purgar en dos fases: simultáneo a la limpieza con agua, final por parejas.

Purgado \rightarrow Simultáneo a la limpieza con agua(4 tanques) $\rightarrow 2\text{h}$

$$4500 \text{ m}^3/\text{h} \times 2\text{h} = 9000\text{m}^3$$

Purgado \rightarrow Fase final por parejas (2 tanques) $\rightarrow 12\text{h}$

$$4500 \text{ m}^3/\text{h} \times 12\text{h} = 54000\text{m}^3$$

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

$$9000m^3 + 54000m^3 = 63000m^3 > 60832m^3$$

Tiempo para hacer 4 renovaciones de la atmósfera = 14h

Se ha realizado el cálculo para uno de los tanques más voluminosos. Se va a considerar unas 14 horas de purgado. Las dos primeras se harán a cuatro tanques a la vez durante el lavado con agua y la final por parejas de dos tanques.

La secuencia de purgado de los tanques, a modo de conclusión de este punto, va a consistir en una primera fase de purgado simultaneo a la limpieza de los tanques. Al desplazarse la limpieza con agua, el purgado se desplaza también. En este momento se puede usar para tomar medidas de la condición de la atmósfera dentro de los tanques y determinar el tiempo final necesario para dar los tanques como purgados.

Tabla 7 Tiempos por fases de purgado de tanques.

	Fase 1			Fase 2						Total
1br	2h			12h						14h
1er	2h			12h						14h
2br	2h				12h					14h
2er	2h				12h					14h
3br		2h				12h				14h
3er		2h				12h				14h
4br		2h					12h			14h
4er		2h					12h			14h
5br			2h					12h		14h
5er			2h					12h		14h
6br			2h						12h	14h

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

6er			2h						12h	14h
Tiempo en realizar el purgado									3d 6h	

Es normal pensar que del plan trazado al ejecutado va a haber ciertos cambios debidos a diversos contratiempos que puedan suceder. La habilidad a asumir estos problemas va provocar el cambio del mismo.

Una vez finalizada la limpieza de los tanques de carga y su purgado simultáneo, se pasará al segundo purgado y final, de los tanques de manera escalonada de proa a popa.

2.1.4.2.- VENTILADO

La fase de ventilado la podemos tomar como casi el final de este trabajo. Una vez que los valores de hidrocarburos sean menores del 5% se puede comenzar el ventilado.

La idea de este ventilado de los tanques es alcanzar un valor de oxígeno del 20.9% con lo que la atmósfera es segura y se pueda pasar a la última fase de de-sedimentado de los tanques.

Se dispone a bordo de unos ventiladores preparados para este propósito. Estos ventiladores son un *impellers*³¹ que son movidos por la línea de contraincendios. Por un lado, el que queda a la atmósfera exterior, aspiran y por el otro, la atmósfera de los tanques, descargan. Por medio de unos manguerotes el oxígeno se lleva al fondo de los tanques y desplaza el gas inerte dentro de ellos.

Se busca: $O_2 > 20.8\%$; $LEL < 1\%$

Se va a calcular para hacer 4 renovaciones de la atmósfera.

4 babor capacidad al 100% = $15208m^3$

$15208m^3 \times 4 = 60832m^3$

31 Se trata de una marca de ventiladores movidos por medio de la presión de la línea de contraincendios.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Para una presión de 9 – 10 bar → caudal $10000 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\frac{60832 \text{ m}^3}{10000 \text{ m}^3/\text{h}} \approx 6 \text{ h}$$

El ventilado suele depender de la cantidad de ventiladores usados, por lo normal uno. Esto suele llevar unas 6 horas por tanque con un ventilador. Al igual que la fase de purgado no está limitado a este tiempo, si no, que depende de lograr una atmósfera segura para su posterior entrada en tanques.

2.1.5.- FASE 6: MINIMIZADO AGUA OLEOSA. ODME

Una vez terminada la limpieza de los tanques de carga, esto quiere decir, el lavado con agua, purgado, ventilado. El problema que nos encontramos es el minimizado del agua usada para este propósito.

El método para la reducción del agua oleosa va a ser su deslastrado al mar. Este deslastrado va a ser cumpliendo las reglas de MARPOL en este aspecto y cumpliendo todas sus limitaciones.

Los tanques SLOP's están diseñados para ser los tanques de decantación para este tipo de operaciones. De este modo MARPOL controla los vertidos deslastres del agua oleosa utilizadas para la limpieza de tanques.

A parte de estos tanques de decantación, la descarga va a estar controlada y monitorizada por un sistema fijo de control de descarga. Este sistema estará aprobado por la administración y será regularmente comprobada por terceras partes.

La descarga de esta agua oleosa solo se podrá hacer según MARPOL Anexo I Regulación 34:

1. Cualquier descarga al mar de crudo o mezcla con agua está prohibida excepto:

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

- No estar en un área especial³².
- Estar a más de 50 millas de tierra.
- Estar en ruta³³.
- No superar los 30 litros por milla náutica.
- No superar un total de crudo descargado al mar:
 - Los buques construidos antes de 31 de Diciembre 1979:
$$\text{regulación 1.28.2 } \frac{1}{15000}$$
 - Los buques construidos después de 31 de Diciembre 1979:
$$\text{regulación 1.28.2 } \frac{1}{30000}$$
- Tener operativo un equipo de monitorización de estas tipo de descarga según regulación 29 y 31.

2. El apartado uno de la regla 34 no se aplica para la descarga de lastre segregado.

Como se ha comentado, las dos posibilidades que hay es usando uno o dos SLOP's, la idea en los dos será buscar minimizar la cantidad de líquido dentro de los SLOP's

La primera idea es usando dos SLOP's. Como se ha explicado, el SLOP de estribor estará limpio, por lo que el agua que se encuentra en él, será lastre limpio en un tanque de carga³⁴. Este lastre puede ser totalmente eliminado. Durante su proceso de deslastre va a favorecer la limpieza de este tramo de línea para el posterior deslastre del agua oleosa del SLOP babor³⁵. El límite del deslastre lo pondrá el *total oil limit*.

32 Son áreas que se les ha reconocido por razones ecológicas o oceanográficas una prevención de contaminación mayor que en otras áreas. Estas áreas están definidas en el MARPOL Anexo I Regulación 1.11.

33 Se refiere a estar con velocidad. Esta es una de la alarmas del equipo.

34 Queda como nota que esta agua en el SLOP de estribor es agua limpia y puede ser descargado por el ODME, siguiendo otro concepto de descarga de lastre limpio siendo menor de 15ppm

35 Nótese que el SLOP de babor es considerado en todo momento agua oleosa, ya que, este tanque no ha sido lavado, purgado y de-sedimentado como el SLOP de estribor.

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Para la descarga de un solo SLOP, el de estribor. Se va a considerar siempre agua oleosa, y al igual que con dos SLOP's el límite de este deslastre lo pondrá el *total oil limit*.

Hay que tener en cuenta que este proceso de deslastre será importante la decantación del tanques para separación, *interface*, entre el petróleo y el agua. También es importante tener en cuenta limpiar el tramo de la línea de deslastre.

Estudio Oleómetro:

Alarmas por las que cerrará la descarga el oleómetro.

a) Si se superan la 30 *lts/milla*

$$30 \text{ lts/milla} > \frac{\text{PPM} \times \text{FLOW RATE}}{\text{SHIP'S SPEED} \times 1000}$$

b) Si se supera el Total Oil Limit (TOL) en *lts*

$$\text{Carga anterior en (Tons)} \times \frac{1}{30000} \times \frac{1000}{S. \text{gravity}} = \text{TOL}$$

Si se supone una carga de 1000000 *Bbls* 60°F Arabian light

Tabla 13 → API = 33. → WCF = 0.13648 → $\delta_{15^\circ\text{C}} = 0,859$

$$1000000 \times 0,13648 = 136480 \text{ Tm}$$

$$S. \text{Gravity} = \frac{\delta_{\text{producto}}}{\delta_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0,859}{1} = 0,859$$

$$136480 \text{ Tons} \times \frac{1}{30000} \times \frac{1000}{0,86} = 5290 \text{ lts}$$

c) Si las PPM > 999

d) Si la velocidad del buque < 2 nudos

e) Si falta algún componente del ODME.

Ejemplos de pruebas alarmas del oleómetro

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

a) *Abrir descarga alta*

$$30 \text{ lts/milla} > \frac{PPM \times FLOW \text{ RATE}}{SHIP'S \text{ SPEED} \times 1000}$$

Descripción	Automático	Manual
Descarga al costado	x	
Fecha hora	x	
Canal	x	
PPM		290
Velocidad del buque		10
Promedio de descarga		300
TOL		5290
Total oil discharge		0

$$\frac{290 \times 300}{10 \times 1000} = 8,7 \text{ lts/milla} < 30 \text{ lts/milla}$$

b) *Sobrepasar los 30 lts/milla*

$$30 \text{ lts/milla} > \frac{PPM \times FLOW \text{ RATE}}{SHIP'S \text{ SPEED} \times 1000}$$

Descripción	Automático	Manual
Descarga al costado	x	
Fecha hora	x	
Canal	x	

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

PPM		290
Velocidad del buque		10
Promedio de descarga		2000
TOL		5290
Total oil discharge		0

$$\frac{290 \times 2000}{10 \times 1000} = 58 \text{ lts/milla} > 30 \text{ lts/milla}$$

c) Sobrepasar el TOL

$$30 \text{ lts/milla} > \frac{PPM \times \text{FLOW RATE}}{SHIP'S SPEED \times 1000}$$

Descripción	Automático	Manual
Descarga al costado	x	
Fecha hora	x	
Canal	x	
PPM		290
Velocidad del buque		10
Promedio de descarga		300
TOL		5020
Total oil discharge		5021

$$\frac{290 \times 2000}{10 \times 1000} = 58 \text{ lts/milla} > 30 \text{ lts/milla}$$

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

Si se descargan 290PPM $\rightarrow 300\text{ m}^3/\text{h}$

$$\frac{300000\text{ lts}/\text{h}}{1000000\text{ lts}} \times 290\text{ lts} = 87\text{ lts}/\text{h} \rightarrow \frac{5290\text{ lts}}{87\text{ lts}/\text{h}} = 61\text{h deslastrando agua oleosa.}$$

Queda, por lo tanto, que con una concentración de 290ppm se puede llegar a deslastrar la totalidad del SLOP o SLOP's. Está claro, que esta situación no va a poder ser mantenida todo el tiempo, debido a que según se acerque al vacío en el que el agua y el petróleo están mezclados, la cantidad de PPM va a variar aumentado. Esta variación, va a hacer aumentar los litros por millas, haciendo que se alcance el máximo de litros de producto que se puede deslastrar.

Como se ha mencionado antes, en el SLOP de babor, en el caso de usar los dos SLOP's, o en el SLOP de estribor, en el caso de usar solo uno, va a haber agua y petróleo en suspensión.

En el primer caso, con dos SLOP's. El primer SLOP en ser deslastrado sería el de estribor, el limpio, y después el de babor³⁶. Con el limpio no habría problema ya que se le considera todo agua. Con el segundo, el de babor, se llegaría a la zona de mezcla de agua con petróleo parándose el deslastre.

En el segundo caso, con un solo SLOP. Se deslastra hasta que se llegue a la zona de la mezcla, momento en el que se supera el límite de petróleo descargado.

$$30\text{ lts}/\text{milla} > \frac{\text{PPM} \times \text{FLOW RATE}}{\text{SHIP'S SPEED} \times 1000}$$

$$\text{Si, PPM aumenta} \rightarrow \frac{\text{PPM} \times \text{FLOW RATE}}{\text{SHIP'S SPEED} \times 1000} > 30\text{ lts}/\text{milla}$$

\rightarrow Sobrepasar 30 lts/milla

³⁶ La secuencia en tiempo no ha de ser inmediata. Se puede deslastrar el de estribor primero, el limpio. Y días después el de babor. Cuanto más tiempo de decantación, más agua se va a poder deslastrar.

3. CONCLUSIONES



Figura 14 M/T Teide Spirit (2)

Como punto final a modo de conclusión de este proyecto para recopilar toda la información expuesta, se va a realizar un resumen.

La idea que más se ha repetido durante este trabajo es minimizar la cantidad de sedimentos en los tanques. Esta reducción va a favorecer el purgado y ventilado de los tanques. Al tener gran cantidad de sedimentos en los tanques, estos van a provocar atmósferas peligrosas.

El siguiente concepto que también se ha repetido es la reducción de los costes al usar la planta del gas inerte para el purgado y el uso de los auxiliares del buque para el ventilado. Con un buen plan de limpieza se van a reducir los sedimentos a

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

bordo y el purgado y ventilado van a ser más rápidos. Los cambios de atmósfera se harán como se ha relatado pero es muy frecuente que se deba hacer más cambios de atmósfera por la acumulación de estos sedimentos. Al reducir los residuos en los tanques el tiempo de purgado y ventilado se reduce y por lo tanto el consumo diésel y/o fuel.

El plan de limpieza con agua de los tanques como se puede observar no es complicada ya que es similar a la limpieza con crudo que se realiza en todos los puertos. Esta limpieza especial se debe entender como más exhaustiva y concreta, otra vez, para que los sedimentos queden concentrados en un solo tanque, en un SLOP.

El minimizado del agua para la limpieza, el uso de ODME, no ha de ser un problema. La comprensión del equipo y el conocimiento de la legislación de los vertidos de aguas oleosas van a indicar como se debe realizar esta operación. La buena gestión del libro de hidrocarburos, en el cual quedan reflejado estos acacimientos, será importante.

El plan de COW previo al total o final con agua, va a ser el primer paso que se debe tener en cuenta para comenzar con la reducción de sedimentos. Durante los viajes entre astillero y astillero, y aunque sea frecuente realizar un COW total, los sedimentos se van a ir acumulando entre los refuerzos o debajo de las líneas de los tanques de carga. Aún más, en los SLOP's habrá una acumulación mayor de sedimentos, ya que son los tanques usados para fines de limpieza.

El plan previo de COW se deberá entender como un minimizado de estos sedimentos realizando una limpieza de los SLOP's y de los tanques de carga más exhaustiva.

El trabajo no intenta ser un manual, si no, un intento de facilitar a futuros oficiales el proceso de limpiado de los tanques debido a que no existe ningún manual donde se estudie pormenorizadamente este operativo de cómo realizar una limpieza total, como para la preparación de entrada en astillero con los tanques

LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES

de-sedimentados y purgados. Se intenta dar una idea o pauta a seguir para entender lo que se puede hacer para realizar esta operación.

El estudio de las diferentes maneras de lastrar agua en el SLOP, hacer la limpieza purgado y ventilado, se ha basado en la experiencia del autor y la de otros compañeros oficiales.

Los cálculos de los tiempos en realizar cada fase están basados en las características diferentes equipos, como en las experiencias registradas a bordo.

Como cierre de este capítulo el proyecto pretende ser un estudio y comparativa de diferentes variantes para realizar un limpieza total de tanques de un petrolero, dando ideas y restricciones según el tipo de limpieza que se vaya a realizar.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Bonilla de la Corte, Antonio.** 1979. Teoría del Buque, Tercera edición Cádiz; s.n.
2. **Dudley, John R.** 1994. Towards safer ships and cleaned seas. London : Assuranceforeiningn GARD. 82-90344-06-6.
3. **Daewoo Shipyard,** 2004.
4. **Eyres, D. J. ; Bruce G. J.** 2012. Ship construction. Elsevier Ltd. OX5 1GB
5. **IMO Publication.** 2000. Crude oil washing oil system. London : IMO 92-801-5094-4.
6. —. 2000. Crude oil washing manual. London: IMO IMO-617E.
7. —. 2005. Marpol. London: INO-2011. ID5205.
8. —. 2013. Marpol How to do it. London: IMO IB636E.
9. —. 1982. Civil liability for oil pollution damage. London: IMO I410E.
- 10.—. 2005. Manual for oil pollution. London: IMO-2005. IA569E
- 11.—. 2013. MARPOL ANNEX VI and NTC 2008. LOmdon : IMO IB664.
- 12.—. Inert gas system. London: IMO-1990. I860E.
- 13.**Intertanko Publication.** 2004. Guide for crude oil washing and cargo heating. Edinbugh; Intertanko.
- 14.**Witherby publishing group Ltd.** 2012. Guidance manual for tank structure. Edinburg: Witherby publishing group Ltd.
15. —. 2012. Response to marine oil spill. Edinburg: Witherby publishing group Ltd.
- 16.**Witherby.** 1994. Clean seas guide for oil tankers. London: Whitherby.
- 17.**Witherby & Co. Ltd.** 1991. Prevention for oil spill. London: Witherby & Co. Ltd
- 18.**Whiterby & Comp.** 2006. Interniational safety guide for oil tankers and terminals ISGOT. London: Witherby & Comp-2006. 1-85609-291-7.

ANEXOS I



Figura 8 Amarre SBM Huelva

1. DESCRIPCIÓN MÁQUINAS DE COW

Se suele disponer dos tipos de máquinas de lavado con crudo dispuestas en de dos máquinas montadas en cubierta, a proa y popa de cada tanque, excepto en los SLOP's donde sólo hay una. Y una máquina fija sumergida, en cada SLOP.

Las máquinas de lavado fija son movidas por una turbina que tiene una única tobera y es completamente programable. Consta de dos partes: la unidad del cañón y la unidad de potencia. Obtiene su poder impulsor de una turbina equipada en la carcasa, la cual gira impulsada por el líquido de limpieza inmediatamente después de abrir la válvula de suministro

La velocidad de giro de la unidad de potencia varía entre 0,5rpm y 3rpm dependiendo del diámetro de la tobera y de la presión de la línea en la carcasa.

Se puede elegir fácilmente entre cuatro programas pre-programados de limpieza para elegir desde un lavado rápido hasta uno más intenso.

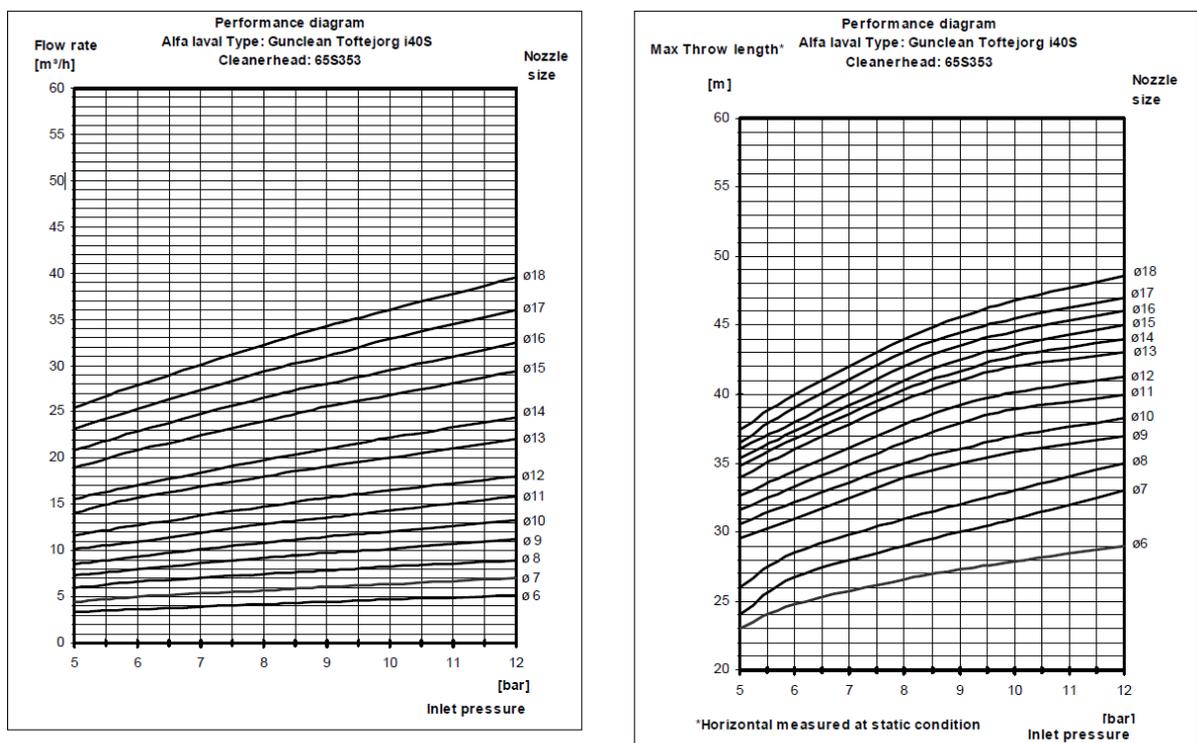


Figura 9 Comparación presión caudal y presión distancia

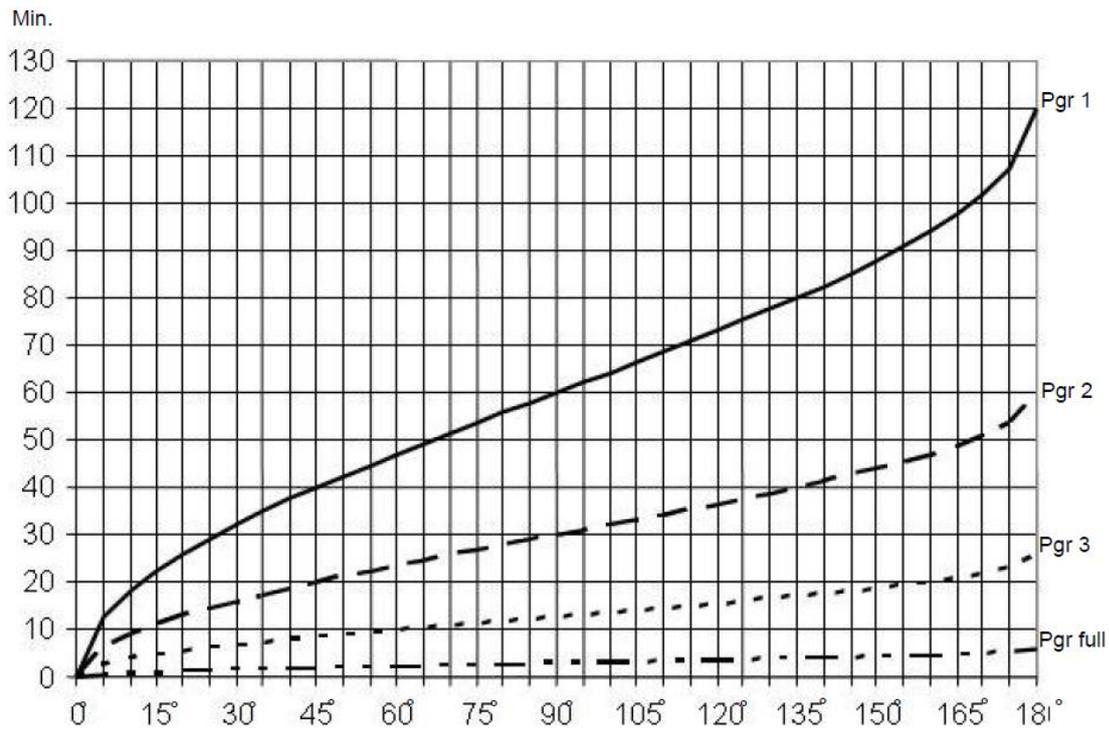


Figura 10 Comparación ángulo tiempo y programa de máquina de COW

Explicación:

Ángulo inicial = $A = X$ minutos

Ángulo final = $B = Y$ minutos

$$D = \frac{(Y-X) \times C}{60}$$

Tiempo de giro (seg/rev) = C

Tiempo de limpieza = D

Ejemplo 1

Programa 1

$A = 20^\circ \rightarrow X = 13$; $B = 65^\circ \rightarrow Y = 29$

$C = 60 \text{ seg}/\text{rev}$

$$D = \frac{(29-13) \times 60}{60} = 16 \text{ min}$$

2. PLAN COW SLOP's; COW COMPLETO CICLO ALTO Y BAJO

Para la alineación, se hace circuito cerrado del SLOP de estribor al SLOP de babor, manteniendo el ecualizador entre ambos tanques. Bomba número uno aspira del SLOP de estribor y descarga al cuarto de bombas, cerrada descarga a tierra. Alimenta línea de COW y eyectores. Descarga de los eyectores al SLOP de babor.

Para la alineación COW SLOP la bomba tres en circuito cerrado con el seis estribor. Línea tres incomunicada en anillos de proa y en el colector bajo. Descarga colector, alimenta línea de COW por y eyectores. Cerrada descarga a cubierta. Los eyectores aspiran de los SLOP's por la y descargan al seis estribor. Cañones programados 45°-0°-45° en el programa uno.

La alineación para el COW ciclo alto no se hace un circuito cerrado. Una vez los tanques número uno alcancen un vacío de dieciséis metros. Moderar bomba, alinear para línea de COW. Abiertos cañones programados en 110° bajando programa dos. Descarga a tierra abierta un 45%, según presión óptima de trabajo línea de COW. Bomba máximo de revoluciones 1350rpm. La limpieza se hará de cuatro en cuatro tanques y según segregación usando cada bomba.

Para el COW ciclo bajo se hace circuito cerrado del SLOP de estribor al SLOP de babor, manteniendo el ecualizador entre ambos tanques. Bomba número uno aspira del SLOP de estribor y descarga al cuarto de bombas, cerrada descarga a tierra. Alimenta línea de COW y eyectores. Descarga de los eyectores al SLOP de babor. Aspiración eyectores.

- Segregación uno: cañones 1W y 4W programa uno 40°-0°-40°.
- Segregación dos: cañones 2W y 5W programa dos 40°-0°-40°.
- Segregación tres: cañones 3W y 6W programa tres 40°-0°-40°.

3. ANÁLISIS DE RIESGO LLENADO SLOP Y DESPLAZAMIENTO DE LÍNEAS

- Cambio de brida y llenado del SLOP.

Paso N°.	Descripción de la tarea	Identificación de lo siguiente: i. Peligros ii. quién o qué puede resultar lesionado, dañado o incurrir en pérdidas iii. cómo podría ocurrir	Medidas que se deben aplicar con el fin de evitar y/o minimizar la gravedad de la lesión o el daño	Consecuencias	Probabilidad	Riesgo	Medidas aplicadas (Iniciales)
				Consecuencias x Probabilidad = Riesgo			
1	Reunión preoperacional	A. i) Malos entendidos pueden resultar en accidentes por comunicación inadecuada. ii) Personal y propiedad. iii) No conocer los trabajos a realizar pueden ocasionar daños o lesiones	A. Obtener permiso del capitán para hacer el trabajo. Toolbox talk con el supervisor y los tripulantes que harán el trabajo. El supervisor se asegura de que los pasos a realizar están identificados en el JHA. Comentar en la reunión diaria de seguridad.	2	1	2	
2	Llevar todas las herramientas al lugar de trabajo	A.i) Manejo de herramientas ii) daños personales ii) Personas pueden resultar dañadas por estar las herramientas en mal estado B.i) Superficies resbaladizas e inclinadas	A. Asegurarse de que las herramientas está en buenas condiciones antes de usarlas. Usar EPIS según SP0144 B. Bajar por las escaleras usando la técnica adecuada. Usar pasillo de	2	2	4	

		<p>ii) Personal</p> <p>iii) Caídas al mismo nivel y distinto nivel por humedad en cubierta y por tener las manos ocupadas al bajar las escaleras de la cámara de bombas</p> <p>C.i) Llevar pesos</p> <p>ii) Personal</p> <p>iii) Daños en espalda y hombros</p>	<p>seguridad. No apresurarse</p> <p>C.Pesos de más de 20kg entre dos. Pedir asistencia. Usar el puntalillo para arriar el equipo al fondo de la cámara de bombas. Usar el carrito para llevar material al tambucho de la cámara de bombas</p>				
3	Desmontar brida ciega del fondo de carga	<p>A. i) Uso de herramientas tanto neumáticas como manuales</p> <p>ii) personal</p> <p>iii) daños en las manos, en la cara, por impacto de mangueras de aire o por golpes y/o atrapamientos</p> <p>B. i) Lugar confinado y de difícil acceso</p> <p>ii) Personal</p> <p>iii) Daños en la espalda y en el cuerpo en general, por malas posturas o por tropiezos</p>	<p>A. Asegurarse de que tanto los acoples de mangueras de aire como mangos y demás herramientas están en buenas condiciones. Usar EPIS según SP0144.</p> <p>B. Adoptar posturas ergonómicas al trabajar, no apresurarse y si el casco impide la visión superior usar una bump cap. Trabajar con un ayudante</p>	3	1	3	
4	Cambiar bridas	<p>A. i) Liberación de gases</p> <p>ii) Personal</p> <p>iii) Dependiendo de la carga anterior puede haber h2s en las líneas y provocar malestar o incluso indisposición del personal</p> <p>B. i) Tuberías con presión</p> <p>ii) Personal y propiedad</p> <p>iii) Puede haber líquido en la línea y</p>	<p>A. Tener la ventilación de la cámara de bombas en marcha, usar detectores personales de H2S y concienciar al personal que abandone la zona si sube por encima de 5 ppm. Desde la oficina también se controlan los sensores de H2S y HC por parte del 1er Oficial.</p> <p>B. Asegurarse de que se ha hecho un buen drenado con la stripping al finalizar la descarga. Hacer prueba de estanqueidad</p>	3	1	3	

		<p>producir derrames en la cámara de bombas y si hay presión en la línea salpicar al personal</p> <p>■</p> <p>■</p> <p>C. i) Manejo de pesos</p> <p>ii) Personal</p> <p>iii) Al cambiar las bridas y ser un lugar de difícil acceso, se pueden producir lesiones en la espalda por sobreesfuerzos.</p>	<p>de válvulas antes de proceder al trabajo para asegurarse de que son estancas. Usar un medio bidón y tener trapos suficientes para contener un posible derrame.</p> <p>■</p> <p>C. Para levantar y cambiar las bridas se usarán un diferencial y eslingas en buen estado de uso, se evitará el levantar pesos en posturas difíciles y siempre hacer tool box continuo con el compañero</p>				
5	Apertura del fondo de carga	<p>A. i) Líneas que han contenido crudo en contacto directo con la mar</p> <p>ii) Propiedad, impacto operacional</p> <p>iii) Si no se sigue el procedimiento adecuado y acordado, se puede producir una contaminación</p> <p>■</p> <p>B. i) Entorno con mucho ruido, fallo de comunicaciones.</p> <p>ii) Personal y propiedad, impacto operacional</p> <p>iii) Daños auditivos por el ruido de las turbobombas y fallos en las comunicaciones con el CCR por ruido</p>	<p>A. Proceder según SP0595. Antes de abrir el fondo, arrancar bba 3, crear un vacío en la línea con la bomba de vacío y entonces despegar la válvula y cuando se sienta pasar se inspecciona la cubierta y el costado y cuando esté todo correcto se abre el fondo en banda.</p> <p>■</p> <p>B. Chequear walkies, el personal llevará baterías de respeto cargadas a la cámara de bombas, y si hay mala comunicación un tripulante con walkie har'ña de puente en la entrada de la cámara de bombas</p>	3	1	3	■
6	Lavado de slops de er y reachique a slop de babor	<p>A. i) Líneas con presión en cubierta, cargar agua en slops</p> <p>ii) Propiedad, impacto operacional</p> <p>iii) Derrames en cubierta por pérdida en bridas, reboses</p>	<p>A. Tener la bomba moderada para no meter mucha agua de repente, hacer FM007 con oficial de apoyo antes de proceder. Tener puestos los tapones de los imbornales y el equipo OPA preparado. Guardia en cubierta y el OOW vigilando desde el puente. Controlar nivel llenado de slops con el SAAB radar y una UTI como comprobación</p>	3	1	3	■
9	Parar bomba de carga	<p>A. i) Peligro de derrame por el fondo</p> <p>ii) Daño a la propiedad, impacto operacional</p>	<p>A. Empezar a lavar por la bomba más alejada de la aspiración de la mar y terminar por la más cercana. Para asegurarse</p>	4	1	4	■

- Llenado de líneas.

Step No.	Description of task step	Identify the following: i. Hazards ii. Who or what may be injured, damaged or result in a loss iii. How would this happen.	Measures that are required to be put in place to prevent and/or minimize the severity of the injury or damage.	Residual Consequence	Residual Likelihood	Residual Risk	Measures are in place. (Initial)
				Consequences X Likelihood = Risk			
1	Pre-job communications	A. i) Misunderstanding of job requirements due to inadequate communications ii) Injuries to personnel iii) leading to accidents.	A. Toolbox talk to be conducted with supervisor. Supervisor to ensure those conducting job, clearly understand the work, related hazards and control measures as stated in JHA.	2	1	2	
		B. i) Manual handling ii) Injury to Personnel iii) Persons preparing tools can sustain hand injuries while getting tools ready.	B. Use all required PPE as per SP0144, including gloves, safety goggles and helmets. Take 5 prior to commencing preparations. Stop if any unsafe condition/acts found.	2	2	4	

		<p>C.i) Hand tools</p> <p>ii) Injury to Personnel</p> <p>iii) Poor condition or inappropriate tools and equipment prepared that could cause injury.</p> <p>D.i) Environmental conditions</p> <p>ii) Injury to Personnel</p> <p>iii) Slips, trips and falls can occur whilst taking tools and equipment to job site.</p> <p>E.i) Lifting, pushing, pulling</p> <p>ii) Injury to Personnel</p> <p>iii) Back injuries whilst lifting or carrying equipment to the work site</p>	<p>C. Confirm tools selected most appropriate for the job. Inspect all equipment prior to use and confirm in good condition.</p> <p>D. Follow designated walkways. Assess weather conditions to ensure they will not impact upon safe working. Ensure one hand free whilst moving up and down stairs.</p> <p>E. Do not carry weights over 20kg without assistance. Utilize correct lifting techniques. Use the trolley and the pumproom davit.</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>	<p>2</p> <p>1</p> <p>2</p>	<p>4</p> <p>2</p> <p>4</p>	
2	To remove the blank flange of the seachest and fit the ring flange	<p>A. i) Hand / pneumatic tools</p> <p>ii). Personnel</p> <p>iii) . Use of hand / air tools can lead to hand injuries and / or eye injuries</p> <p>B.i) Pressurized lines with crude oil</p> <p>ii) Property and environmental losses</p> <p>iii) If the pump room lines are not stripped enough, minor oil spills in the pumproom can occur upon removal of the blank flange</p>	<p>A. Ensure that the tools are in good condition, the hoses and their connections are not broken or in bad condition and the personnel is using the PPE as per SP0144 including gloves, helmet and safety glasses. Use the whip preventer when working with air pressurized hoses.</p> <p>B. Prior to remove the blank flange ensure the tightness test of seachest suction and inboard valves as per OCIMF procedures is carried out at 3,5kg/cm² for 15 minutes, and check the good performance of the pressure gauge. Reference should be made during planning to the OCIMF handbook, "Prevention of Oil Spillages Through Cargo Pump Room Sea Valves (2nd Edition 1991) and as per company amended Form SP0595 - Line Flushing Activities & Opening of Sea Chest Procedure and SP0596 – Testing &</p>	<p>1</p> <p>2</p>	<p>2</p> <p>1</p>	<p>2</p> <p>2</p>	

		<p>C. i) Lifting weights in constrained spaces</p> <p>ii) Personnel</p> <p>iii) Personnel can sustain back injuries because the room available is constrained</p> <p>D. i) Toxic gases, dangerous atmosphere</p> <p>ii) Personnel</p> <p>iii) Inhalation of hydrocarbon gases can make the personnel to feel faint and/or dizziness</p>	<p>Securing of Cargo Sea Chest Procedure. Ensure that a thoroughly stripping of pumproom lines is carried out at the end of discharge to prevent oily water flowing overboard just in case communications and improper opening of the seachest is done.</p> <p>C. To use an approved chain hoist and wire slings inspected and in good condition. To carry out continuous take five and tool box and do not lift weights but using the chain hoist.</p> <p>D To keep both pumproom fans working all the time, and ensure the personnel carry a personal gas detector. Ensure the lines are well stripped during the last stage of discharge.</p>	<p>2</p> <p>1</p>	<p>2</p> <p>2</p>	<p>4</p> <p>2</p>	
3	Lining up the system for flushing	<p>A. i) Improper line up of pump and valves</p> <p>ii). Property and environmental losses</p> <p>iii) The chief officer can make a mistake when lining up the valves for flushing</p>	<p>A. Line up the necessary cargo pump and verify that the valves have been correctly set as described in preparations for Cargo Operations (SP0433) following FM0007. The OOW must comply with the procedure and the Chief Officer must ensure he is aware of the proper line setting.</p>	2	1	2	
4	To check communications with the personnel involved	<p>A. i) Communications</p> <p>ii). Property and environment</p> <p>iii). Failure of walkies, sound powered telephones can lead to a pollution incident.</p>	<p>A. To ensure that both the OOW and the pumpman and the pumpman assistant in the pumproom, and the bosun in the manifold and the AB on duty on deck close to the sea suction, have walkies fully charged with an spare battery, and that the sound powered telephone in the pumproom makes proper touch with that on the CCR</p>	2	1	2	
5	Start the flushing	<p>A. i) Opening the seachest</p> <p>ii) Environmental loss</p> <p>iii) Opening the seachest valve without The</p>	<p>A. Before opening the sea suction, start the pump # 3, which is the closer to the sea suction, with its discharge closed; then open the inboard valve, make proper negative suction using the stripping or the vacuum pump and once achieved by</p>	2	1	2	

		Chief Officer's permit can cause a pollution incident	checking the pressure gauge and the drain cock, crack open the seachest and increase the RPM, opening easy the discharge valve. Personnel on deck continuously checking overboard and the crew in the manifold checks for flow and report so to the CCR, so if everything goes, we can fully open the sea suction.				
6	Flushing operations	A. i) Pump trip ii) Environmental loss iii) If the pum fails and trips, oily water can flow by gravity overboard	A. OOW , pumpman an pumpman assistant remain in standby besides the sea suction valve just in case they have to close quickly in case of pump trip. Personnel in the vicinity of the sea suction and in the manifols continuously monitoring overboard the water surface. Mooring manster in the CCR with the Chief Officer in charge of the operations and coordinating with shoreside personnel	2	1	2	
7	Flushing completed	A. i) Stop the pump ii) environmental loss iii) If the pump is wrongly stopped, a pollution incedent can occur.	A. The Mooring master shall advise the Chief Officer in ample time when to stop the flushing, so the sea suction valve can be shut before stop the pump, thus preventing a flow of oily water through the sea suction.	2	1	2	
8	Put back the blank flange	A. i) Hand / pneumatic tools ii). Personnel iii) .Use of hand /air tools can lead to hand injuries, eye injuries or whipping hoses B. i) Pressurized lines with oily water ii) Property and environment iii) Minor spills of oily water in the pump room can occur when the ring flange is taken out C. i) Lifting weights in constrained spaces	A. Ensure that the tools are in good condition, the hoses and their connections are not broken or in bad condition and ther personnel is using the PPE as per SP0144 including gloves, helmet and safety glasses. Use the whip preventer when working with air pressurized hoses. B. Before the pum is stopped, allow it to make a good negative suction alike before opening the sea suction so a good stripping of the line is achieved.. C. To use an approved chain hoist and wire slings inspected and in good condition. To carry out continuous take five and tool box and do not lift	2 2 2	2 1 2	4 2 4	

4. PLAN LAVADO TANQUES DE CARGA

Previo el comienzo de lavado, se realiza una inspección de las atmósferas de los tanques a tres alturas distintas a 6, 12 y 18mts de vacío por los diferentes puntos de tomas de muestras a cada tanque.

Navegando, concluida la descarga y habiendo realizado el COW programado. Levantamos brida ciega de toma de mar de tanques de carga, y alineamos para lastrado parcial de SLOP's. Presión de gas inerte inicialmente de 700mmca.

Alineada la bomba uno aspirando de toma de mar, y descargando a las líneas de cubierta, comenzamos arrancando la bomba contra la *trottle*³⁷ y vamos observando la aspiración, cuando marque negativo en manómetro de toma de mar baja, vemos como se llena campana con *rpm* al mínimo, vamos abriendo la *trottle*, SLOP's abiertos y por líneas de cubierta, anillos de proa los dos abiertos.

Inicialmente con los *manifolds* abiertos, tapas firmemente estancas y abiertos los drenajes, para limpieza de uniones transversales de manifolds babor y estribor, así como, cuello de cisne. Permite llenar la línea a una presión de 2kg/cm², desplazando el gas. Cuando se aprecie que se escucha pasar agua por el cuello de cisne, después de 5 min, se cierra este, los manifolds y luego los drenajes.

Subir revoluciones a la bomba, alimentando línea de COW y eyectores, descarga a SLOP de babor.

Abrimos cuello de cisne, manifolds y sus drenajes, una vez bien drenado con eyector cerramos todo. Con la bomba subimos la presión de lavado de 9 kg/cm².

Con la bomba uno lavamos el SLOP de estribor con *Gunclean 270 ft*, 110°-0°-40° programa uno, unos 85 minutos.

Durante el lavado mantenemos un suministro de gas inerte <5% de O₂.y 800mmca, comunicado con los dos SLOP's y los demás tanques. Y empezaremos su purgado.

³⁷ Hace referencia a la válvula neumática entre la bomba y la descarga de la misma.

Terminado el COW y reachicado SLOP de estribor, el SLOP de babor puede estar por los 10mtrs de vacío.

Una vez lavado se va a terminar de purgar más o menos el mismo tiempo, para empezar con su purgado y de-sedimentado

Llenamos con agua limpia SLOP de estribor hasta 12mts de vacío, cerramos la toma de mar, y en circuito cerrado, aspirando de SLOP de estribor y descargando a SLOP de babor.

Comenzamos lavando por parejas de tanques, por los unos en ciclo completo: 140°-0°-40° programa 1. Duración 85 min + secado, total 90 min. Seguidos los 4ws, otros 90 min. El mismo proceso para todas las parejas restantes de tanques.

Durante el lavado de cualquier pareja, hacemos simultáneamente lavado a SLOP de babor ciclo alto. *Gunclean 270FT*: 110°-40° programa 1, con unos 30 minutos de duración.

Lavada la segregación uno, paramos la bomba uno y para lavar y limpiar líneas, alineamos y arrancamos bomba dos, que ahora alimentara eyectores y lavado de la segregación dos.

Alineamos la bomba tres y la arrancamos alimentando eyectores y cañones de la segregación tres, haciendo el mismo proceso hasta completar el lavado y achique de la segregación.

Terminado el lavado hacemos un buen reachique a todos los tanques y líneas de carga, con eyectores. Finalmente parada la bomba centrifuga, calentamos y con bomba de reachiques secando todas las líneas. Abriendo cuello de cisne y todas las válvulas abiertas, descargando SLOP de babor.

Muy importante que quede todo bien drenado para poder hacer purgado y des-gasificado por líneas de carga, conexión con línea de gas inerte.

5. PLAN PURGADO DE TANQUES

Los tanques que se están lavando, se purgarán con gas inerte durante su lavado, a través de las chimeneas. El resto de los tanques purgados y no purgados se mantendrán incomunicados de la línea de gas inerte y con presión positiva.

Los tanques ya lavados se incomunicarán con la brida de gafa³⁸ de la línea principal de gas inerte.

Vigilar el contenido de O₂ (< 5%). presión de 700/800mmca.

Antes de comenzar a ventilar se purgarán los tanques hasta que la concentración de gases sea del 2%. Si no se ha conseguido este porcentaje, se continúa la purga con gas inerte hasta conseguirlo.

Antes de tomar muestras se parará la purga a los tanques durante al menos una hora. Se aprovecha el tiempo para seguir el purgado en otro tanque.

Abrir siempre los siguientes a purgar, o el *riser*³⁹ si se trata del último par, y se comprobará la atmósfera por tres puntos de sonda distintos y a tres alturas distintas, 6, 12 y 18mts de vacío, esperando tres minutos a que la lectura se estabilice. Nos debe de llevar unos treinta minutos el analizar la atmósfera.

Terminado el COW le abrimos la chimenea de venteo al uno babor y le vamos purgando, por lo menos 3 horas, inyectándole gas inerte.

A partir de 3 horas de purgado, aislamos el 1br y su chimenea. Comenzando a purgar el 1er. Pasada una hora con atmosfera estática en 1br, analizamos su atmosfera a tres alturas y en el momento en que veamos que el contenido de hidrocarburos es inferior al 2% y O₂ <5%, consideramos bien purgados los tanques.

El purgado del 1er por su chimenea de purga son 3 horas. La misma secuencia, una hora de atmósfera estática, analizar y si cumple pasar al siguiente.

³⁸ Brida ciega a la entrada de la línea de gas inerte a los tanques por cubierta.

³⁹ Palo de venteo, desahogo de la presión de gas inerte de los tanques en cubierta.

Mientras habremos realizado el lavado con agua a todos los demás tanques, con las líneas bien reachicadas para, a través de comunicación de línea de gas inerte con las líneas de carga, por presión abrirá la anti retorno, y cerrada la válvula de corte de gas inerte.

*Cross over*⁴⁰ en los manifold, bajantes y anillos de proa estarán abiertos. Todos los tanques aislados de línea de gas inerte. Abrimos comunicación con línea de gas inerte al 2babor, abrimos su chimenea de purgado y *riser*. Esperamos a que su presión inicial de 800mmca baje claramente y abrimos sus válvulas bajas de llenado de gas inerte por líneas de carga.

Como la capacidad del 2br es de 15208m³, en dos horas comenzamos a analizar hasta tener buen purgado, aproximadamente en 2,5 horas.

Cerramos comunicación a 2br con la línea de gas inerte y se la abrimos al 2er y chimenea de purgado cuando baje claramente su presión le abrimos gas inerte por abajo y le purgamos durante 2,5 horas.

Cerramos el purgado al 2br, aislándole durante una hora, en que volvemos a hacer una exhaustiva inspección de su atmosfera. En el momento en que veamos que el contenido de hidrocarburos es inferior al 2% y LEL a 1%, oxígeno menor 5%, consideramos bien purgado el tanque, le abrimos comunicación con la atmosfera y le ventilamos con un AXIA.

Continuamos con el mismo proceso, aproximadamente 2,5 horas para cada uno de los tanques El tiempo total para los tanques: 6br, 6er, 5br, 5er, 4br, 4er, 3br, 3er, 2br, 2er, es de aproximadamente 25 horas.

Realizar un continuo muestreo por cada tanque hasta un buen purgado: H<2%, LEL<1 y O₂<5%.

Terminado el purgado y habiendo comprobado las atmósferas con diferentes unidades de medida diferentes, a tres diferentes alturas en cada tanque de carga purgado. Aislamos el tanque para volver a analizar la atmosfera estabilizada.

⁴⁰ Comunicación de las líneas de carga en el manifold.

Tendremos en todo momento con atmósfera estabilizada, tras una hora de parada:

- Hidrocarburos por debajo del 2%
- LEL por debajo de uno
- Contenido de oxígeno < 5%

A partir de la media hora de purgado podemos comenzar a analizar las atmosferas y en el momento en que veamos que el contenido de hidrocarburos es inferior al 2% y LEL a 1, oxígeno menor 5%; consideramos bien purgados los SLOP's.

Las operaciones comenzarán al acabar el reachique de líneas.

6. PLAN VENTILADO DE TANQUES

El plan de ventilado va a comenzar una vez que se haya acabado el purgado del tanque, cuando la concentración de hidrocarburos sea menor del 2%.

Disponemos de ocho ventiladores, estos funcionan con una presión de trabajo de 10kg/cm². Cuatro de ellos, serán utilizados para ventilar y dos para la entrada de tanques. Los dos restantes quedan de respeto.

Al finalizar con la limpieza y purgado de los tanques, utilizaremos el ventilador de gas inerte para el ventilado de los tanques.

Mantener la ventilación hasta conseguir una atmósfera segura, 21% O₂ y >1% LEL.

Concluido el lavado y paradas las bombas, habiendo quedado bien reachicadas las líneas, las cuales vamos a emplear para des-gasificar. Abrimos en cubierta la chimenea, tapa de toma de aire. Aislamos por corte línea de gas inerte, abiertas la "1000 vueltas"⁴¹ y válvulas más por presión abrirá la anti-retorno. En la *Scrubber* se cierra la toma de gas inerte y alineada línea aire.

Podemos despresurizar cada tanque por su válvula de presión/vacío, y, ò por línea general de gas inerte al *riser*. Excepto SLOP's, aislados de la línea de gas Inerte, y presurizados a 800mmca. Luego las chimeneas de cada tanque de carga sus *Hi-ye*⁴² y finalmente escotillas de entrada.

Los tanques 1br, 1er, 6br y 6er estarán abiertos y cada uno con un AXIA para ir ventilando.

Al tanque 5br, comenzamos a inyectarle aire por línea de carga, durante al menos 3 horas siendo una triple renovación de atmosfera.

Empezamos comprobando con *tankscope/explosímetro*⁴³ y analizador de O₂ el estado inicial de la atmosfera del tanque, y tomando muestras regularmente cada

⁴¹ Válvula principal de la línea de gas inerte.

⁴² Hace referencia a la válvula de presión-vacío.

⁴³ Aparato portátil de medición de gases para ambientes explosivos y ventilados.

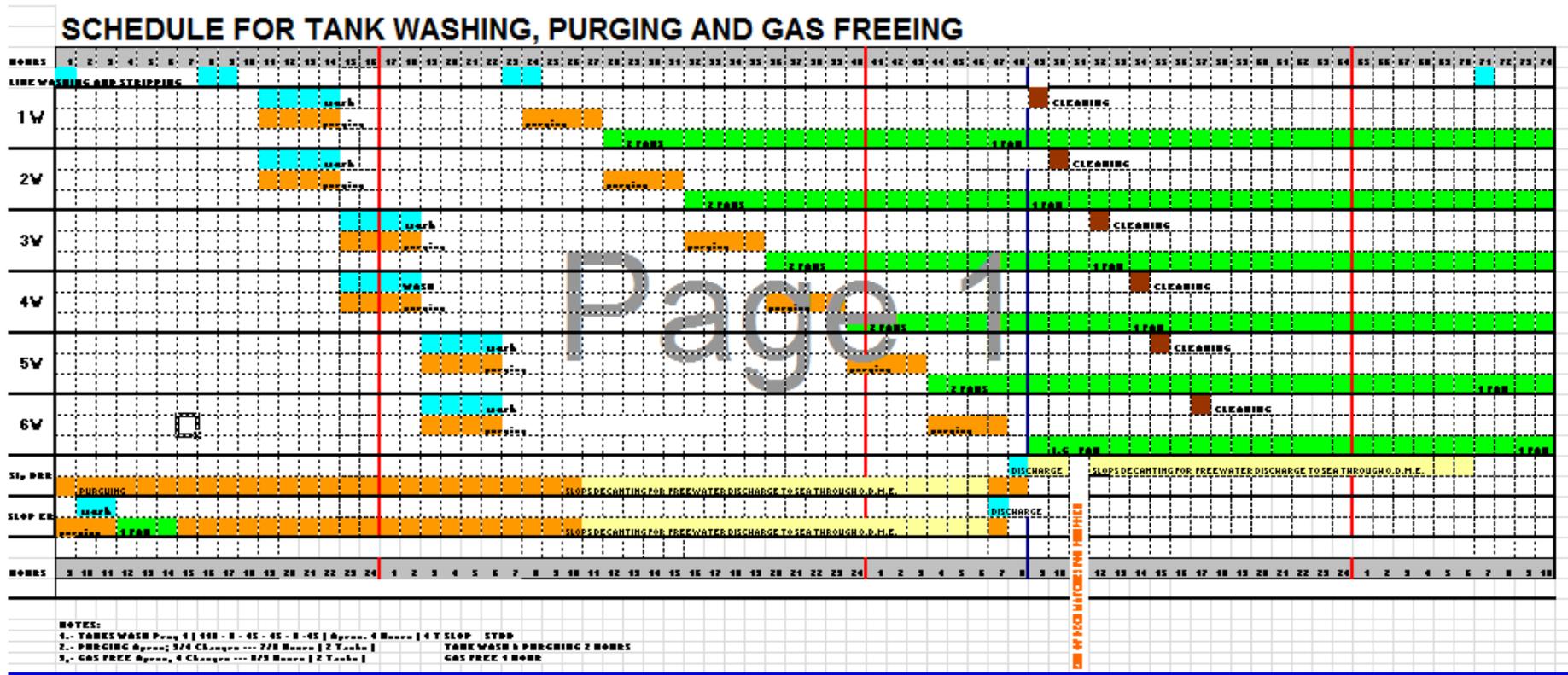
media hora, a partir de las dos horas de ventilado, 3 alturas, hasta alcanzar explosividad cero y contenido de O₂ de 20,8%, sin hidrocarburos.

Suponemos que mientras tanto con la ventilación con AXIAS de unos y seis darán una atmosfera respirable de explosividad cero y O₂ de 20,8%. Que comprobaremos a tres alturas diferentes y todos los puntos de muestreo que haya en cada tanque.

Completado el des-gasificado, todos los tanques des-gasificados aislados de línea de gas inerte, con su candado.

Alineamos la línea general de gas inerte para inertizar y purgar SLOP's.

7. ESQUEMA DE LAVADO, PURGADO Y VENTILADO DE TANQUES



Date		Time	6:00													FORESTAL(shore)		
Tank Number >>>		1P	1S	2P	2S	3P	3S	4P	4S	5P	5S	6P	6S	SLP	SLS	SLP	SLS	
Line Flushing	Completed	LINE FLUSING WAS COMPLETED 12/may/2010 at 1420																
	In Progress																	
	Pending																	
TANK WASH 12,my,10 (1500) to 14,my,10 ()	Completed	1825(12)	1825(12)	0300(13)	0300(13)	1130(13)	1130(13)	2235(12)	2235(12)	0636(13)	0636(13)	1130(13)	1130(13)	1000(14)	2006(14)			
	In Progress													0748(14)	1754(14)			
	Pending																	
Purgging CCT: 12/my/10 (1225) to	Completed	1945(12)	1945(12)	0636(13)	0636(13)	1500(13)	1500(13)	0500(13)	0500(13)	1630(13)	1630(13)	2200(13)	2200(13)	1030(14)	2325(14)			
	commenced	1240(12)	1240(12)	2300(12)	2300(12)	0636(13)	0700(13)	1945(12)	1945(12)	0700(13)	0700(13)	1630(13)	1630(13)	0430(14)	0430(14)	1700(14)		
	Pending																	
Gas Free Started 12,my,10(2100)	Completed	0200(13)	0500(13)	2300(13)	0200(14)	0700(14)	0200(14)	1300(13)	1600(13)	1145(14)	1145(14)	2100(14)	2000(14)	1540(14)	0800(15)		0800(15)	
	commenced	2100(12)	2100(12)	0930(13)	0930(13)	1620(13)	1620(13)	0545(13)	0545(13)	2330(13)	2330(13)	1230(14)	1230(14)	1030(14)	2345(14)			
	Pending																	
Demucked 0818(13) to	Completed	0850(13)	CLEAN	0908(14)	0942(14)	1330(14)	1112(14)	1412(13)	1656(13)	1430(14)	1616(14)	0840(15)	0924(15)	CLEAN	1100(15)			
	commenced	0818(13)		0820(14)	0910(14)	1300(14)	1030(14)	1354(13)	1620(13)	1345(14)	1443(14)	0817(15)	0852(15)		0944(15)		430 C.M.	
	Pending																	
TOTAL QTTY																		
Sludge	Bags	4	NIL	4	6	5	8	1	5	10	21	3	6	121	20	214	bags	
	Kgs	10	NIL	40	30	50	80	5	50	100	210	30	60	2420	200	3285	kgrs	
Total Sludge On Board		Bags	93	Quantity Of Slops (cbm)				Port	621	CM. DIRTY(143 C.M.OIL)								
		Kgs	865					Stbd	430	CM.CLEAN WATER								
				Temp of Slops (degC)														