

ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE ALMIRANTE MIGUEL GRAU

PROGRAMA ACADÉMICO DE MARINA MERCANTE
ESPECIALIDAD PUENTE



CONOCIMIENTO DEL SISTEMA DE GAS INERTE POR UN GENERADOR DE GAS INDEPENDIENTE EN BUQUES TANQUE PETROLEROS EN OFICIALES MERCANTES EMBARCADOS DE UNA NAVIERA PERUANA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE OFICIAL DE MARINA
MERCANTE

PRESENTADA POR:

BALBIN CAMPOS, GINA AQUILINA

JARA ROMERO, ROY ABEL

CALLAO, PERÚ

2017

CONOCIMIENTO DEL SISTEMA DE GAS INERTE POR UN
GENERADOR DE GAS INDEPENDIENTE EN BUQUES TANQUE
PETROLEROS EN OFICIALES MERCANTES EMBARCADOS DE
UNA NAVIERA PERUANA

DEDICATORIA

Balbin Campos Gina Aquilina

A Dios por ser el que fortalece mi corazón y guía cada uno de mis pasos. A mis padres que con su amor y esfuerzo me ayudaron a cumplir esta meta. A mis hermanos, familiares y amigos que siempre me acompañaron con sus consejos.

Jara Romero Roy Abel

A Dios, por darme la vida y por bendecirme en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente. A mis padres por ser el pilar fundamental de todo lo que soy y por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por bendecirnos con la vida y darnos la oportunidad de vivir esta profesión, a familiares, amigos y a todas aquellas personas que se involucraron y ayudaron para la realización de esta investigación.

Balbin campos, Gina Aquilina

Jara Romero, Roy Abel

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema.....	7
1.2.1 Problema general	7
1.2.2 Problemas específicos.....	8
1.3 Objetivos de la investigación.....	9
1.3.1 Objetivo general.....	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	9

1.4	Justificación de la investigación	10
1.4.1	Justificación teórica	11
1.4.2	Justificación práctica.....	11
1.4.3	Justificación metodológica.....	11
1.5	Limitaciones de la investigación.....	12
1.6	Viabilidad de investigación.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		13
2.1	Antecedentes de la investigación.....	13
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	13
2.1.2	Antecedentes Nacionales.....	17
2.2	Bases teóricas	18
2.2.1	Conocimiento del sistema de gas inerte	18
2.2.2	Composición del gas inerte	29
2.2.3	Componentes Del Sistema De Gas Inerte	42
2.2.4	Procedimientos operacionales del sistema de gas inerte	56
2.2.5	Monitoreo del Sistema de Gas Inerte	58
2.2.6	Medidas de seguridad	67
2.2.7	Mantenimiento del Sistema de Gas Inerte.....	86
2.2.8	Regulaciones vigentes del sistema de Gas Inerte	91
2.3	Definiciones conceptuales:	112
CAPÍTULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES.....		114
3.1	Formulación de la hipótesis	114

3.1.1	Hipótesis general	114
3.1.2	Hipótesis específicas	114
3.2	Variable	116
CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO		117
4.1	Diseño de la investigación:	117
4.2	Población y Muestra	118
4.3	Técnicas de Recolección de datos	120
4.3.1	Técnicas	120
4.3.2	Instrumentos	120
4.4	Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos.	123
4.5	Aspectos éticos	124
CAPÍTULO V: RESULTADOS		125
5.1	Análisis Estadístico Descriptivo	125
5.1.1	Análisis del resultado	125
5.1.2	Análisis por dimensiones	127
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		137
6.1	Discusión	137
6.2	Conclusiones	140
6.3	Recomendaciones:	141
FUENTES DE INFORMACIÓN		144
Referencias bibliográficas		144
Referencias electrónicas		148

ANEXOS	150
Anexo I	151
Anexo II	154
Anexo III	164
Anexo IV.....	168
Anexo V.....	169

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Temperatura de inflamabilidad	27
Tabla 2: Composición común del sistema de gas inerte	30
Tabla 3: Modalidades principales de la inertización, purga y desgasificación	37
Tabla 4: Mantenimiento preventivo aconsejado del sistema de gas inerte	90
Tabla 5: Operacionalización de las variables	119
Tabla 6: Confiabilidad de la prueba de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente	123
Tabla 7: Resultados sobre el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente	126
Tabla 8: Resultados sobre el nivel de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente	128
Tabla 9: Resultados sobre el nivel de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente	129
Tabla 10: Resultados sobre el nivel de conocimiento del monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente	131
Tabla 11: Resultados sobre el nivel de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente	132
Tabla 12: Resultados sobre el nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente	134

Tabla 13: Resultados sobre el nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente	135
---	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Número de incendios y explosiones en buques petroleros y quimiqueros 2004-2015.	6
Figura 2: Grafica, relación gas hidrocarburo/mezcla aire	26
Figura 3: planta de nitrógeno.....	33
Figura 4: Proceso de dilución, naturaleza turbulenta del flujo del gas dentro del tanque.	39
Figura 5: Curvas que indican la concentración de gas en función del tiempo, tres curvas en diferentes posiciones para la toma de muestra	39
Figura 6: zonas de ingreso y salida; la capa de separación del gas nuevo y el gas existente.....	40
Figura 7: Curvas que indican la concentración de gas en función del tiempo, tres curvas en diferentes posiciones para la toma de muestra	41
Figura 8: Aproximación a la disposición típica de un sistema de gas inerte.....	44
Figura 9: Partes de la torre de lavado.	50
Figura 10: Inertización de un tanque.	63
Figura 11: Proceso de carga	64
Figura 12: Relleno de gas inerte de un tanque.....	65
Figura 13: Proceso de descarga de un tanque.....	67

Figura 14: Niveles de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana	126
Figura 15: Niveles de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.....	128
Figura 16: Niveles de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.....	129
Figura 17: Niveles de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.....	131
Figura 18: Niveles de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	133
Figura 19: Niveles de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.....	134
Figura 20: Niveles de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.....	136

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general describir el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana. Esta investigación fue de diseño no experimental, transversal, descriptivo. Enfoque cuantitativo. La población estuvo constituida por 54 oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana, de las cuales 33 son oficiales de la especialidad de cubierta y 21 de la especialidad de máquinas. A estos sujetos se les aplicó el instrumento validado por expertos para la variable correspondiente y la confiabilidad con el alfa de Cronbach de 0.704. Los resultados demostraron que el 35,2% de los oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana presentan un nivel de conocimiento promedio comprobándose la hipótesis de la investigación.

Palabras clave: Conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente, oficiales mercantes.

ABSTRACT

The general objective of the investigation was to describe the level of knowledge about the inert gas system from an independent gas generator in tankers vessels in merchant officers on board from a Peruvian shipping company. This research was of non-experimental, transversal, descriptive. The population was constituted by 54 merchant officers embarked from the Peruvian shipping company, of which 33 Deck officers and 21 engines Officers. To these participants were applied the instrument validated by experts for the corresponding variable and reliability with Cronbach's alpha of 0.704. The results showed that 35.2% of the merchant officers on board of the Peruvian shipping company present an average level of knowledge proving the research hypothesis.

Keywords: Knowledge of the inert gas system from an independent gas generator, merchant officers.

INTRODUCCIÓN

El estudio del sistema de gas inerte deviene desde antes de los años 60, pero es en este siglo que tras una secuencia de explosiones ocurridas en los petroleros "MACTRA", "MARPESSA" y "KING HEATO.VII", las compañías navieras iniciaron una profunda investigación de las causas de los incendios en la mar y los medios para impedirlos.

Las cargas de los buques petroleros desprenden vapores de hidrocarburos, si estos se llegan a mezclar con oxígeno en una proporción adecuada se produciría un ambiente potencialmente inflamable y si a esto se le suma una fuente de ignición se encontrarían en una situación peligrosa con consecuencias muy graves.

El petróleo (crudo) desprende vapores de hidrocarburos y aunque la velocidad en que se desprenden esos vapores disminuye rápidamente si se deja que se decante el crudo, hay ciertas operaciones, en particular la descarga y la limpieza de tanques, que incrementan esa velocidad al remover el crudo. Es evidente que dentro de los tanques se pueden presentar los tres elementos del triángulo del fuego que generan una combustión: el combustible, calor y el comburente. Esta combustión se puede controlar con eficacia mediante el sistema de gas inerte.

La razón principal de este sistema a bordo de un buque tanque, es conferir una mayor seguridad a todo el barco, no solo durante la limpieza de tanques y las operaciones de carga y descarga, sino incluso en navegación. Así mismo el sistema de gas inerte debe proporcionar a los tanques de carga una atmósfera no inflamable, no contaminar la carga, estar disponible en volumen y presión adecuados para cualquier condición de funcionamiento.

Debido a la gran importancia que demandaba el uso del sistema de gas inerte, el SOLAS 1974 incluyó un apartado, la regla 62, sobre el propósito, diseño y manejo de un sistema de gas inerte, en 1978 se incluyeron enmiendas tanto al SOLAS 1974 como al MARPOL 1973. Una de estas enmiendas concernía a las reglas de todos los buques nuevos de tonelaje igual o superior a 20.000 D.W.T. que debían de utilizarse durante el lavado de tanques.

Pese al enriquecimiento del conocimiento acerca del sistema de gas inerte las explosiones continuaron, por ello la Organización Marítima Internacional (OMI), publica las enmiendas al Convenio SOLAS para, prescribir la instalación de sistemas de gas inerte a bordo de los petroleros y quimiqueros nuevos, buques por encima de 8.000 toneladas de peso muerto y sistemas de ventilación a bordo de los buques nuevos; las enmiendas conexas al Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendios (Código SSCI) en relación con los sistemas de gas inerte.

El presente estudio tiene como finalidad determinar cuál es el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Para ello la investigación consta de seis capítulos estructuralmente interrelacionados en forma secuencial.

El capítulo I: corresponde al planteamiento del problema. En este, se expone la realidad problemática, la formulación del problema, objetivos de la investigación, la justificación, las limitaciones y, por último, la viabilidad de la investigación.

El capítulo II: corresponde al marco teórico. En este apartado se presentan los antecedentes internacionales y nacionales de la investigación, al igual que las bases teóricas que sustentan el estudio y las definiciones conceptuales.

El capítulo III: corresponde a la presentación de la hipótesis general y las específicas, así como la variable estipulada en esta investigación, y su operacionalización.

El capítulo IV: comprende los aspectos del diseño metodológico. Este capítulo consta del diseño de la investigación, la población y muestra; así como las técnicas para la recolección de datos, y para el procesamiento y análisis de los datos, concluyendo con los aspectos éticos propios de esta propuesta.

El capítulo V: se refiere a los resultados de investigación, los cuales se evidencian a través de la descripción de los resultados por dimensiones y la variable. Para ello fue necesario el uso de las tablas y gráficos mediante el programa estadístico SPSS 24 y Excel.

El capítulo VI: trata sobre las discusiones. En esta parte, se presentan, exponen, explican y discuten los resultados de la investigación. Luego se presentarán las conclusiones y recomendaciones, seguidas de las referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Las explosiones en buques tanques por los años 20 eran muy frecuentes debido a la falta de inertización de los tanques, por tal motivo en ese año la compañía Chevron puso a prueba el sistema de gas inerte en 19 de sus buques tanque, 20 años más tarde afirmó que este sistema no brindaba ninguna ventaja de seguridad ni la discontinuación de corrosión en sus tanques, estos resultados son incompatibles con todo el conocimiento que tenemos hoy en día sobre la inertización, por ello la falta de conocimiento y el mantenimiento inadecuado del sistema de gas inerte que deviene de años atrás continua originando explosiones (Devanney, 2005).

A finales de los años 60 la petrolera Shell empleó el sistema de gas inerte en sus buques, debido a las innumerables e inexplicables explosiones e incluso en los tanques vacíos; concluyendo, que el impacto del agua a altas presiones contra las paredes metálicas producía descargas de electricidad estática, así como también se encontraba aire y bolsas explosivas de vapor de hidrocarburo durante la limpieza de los tanques, lo que conllevaba a las explosiones. Se determinó que la solución

para este problema era reducir al máximo los tres elementos de la combustión: combustible, comburente y calor; lo que se lograba conseguir con el gas inerte demostrando así su utilidad (Soler, 2011).

Incidente del buque petrolero María Alejandra, en 1980, mientras navegaba en modo lastre por la bahía de Algeciras. Tuvo como consecuencia la muerte de 36 marineros. El Colegio de Oficiales de la Marina Mercante manifestó que la explosión se debió al lavado de tanques sin haber eliminado los gases inertes completamente (Díaz, 2016).

El suceso del buque tanque Heng San, en el 2001 donde ocurrió una secuencia de explosiones, el buque había estado en operaciones de limpieza y ventilación de tanques porque al parecer aún quedaban residuos de carga. Tuvo como consecuencia la muerte de 7 tripulantes. Según el informe del estado de Singapur el sistema de gas inerte no estaba en funcionamiento ya sea por la falta de conocimiento del oficial encargado sobre la importancia de este o porque no lo aplicaba habitualmente (Sub-committee on fire protection, 2008).

Sin embargo, a pesar de las regulaciones vigentes en materia de equipamiento de naves y uso del sistema de gas inerte, en el año 2004 y en años posteriores ocurrieron una serie de explosiones en buques tanque petroleros y petroquimiqueros cuando se llevaban a cabo operaciones de manipuleo de carga, desgasificación y limpieza de tanques tal como:

La explosión en el 2004 del petroquimiquero NCC Mekka, cuando se encontraban limpiando sus tanques se dio una explosión, causada por la baja presión o por una carga estática debido a la mezcla del agua de lavado con el

detergente. Este buque contaba con el sistema de gas inerte pero la carga no estaba inertizada, originando la muerte de dos marineros (Devanney, 2005).

Por otro lado, el aumento en el transporte de petroquímicos ha traído consigo el incremento del uso de gas inerte en buques tanque quimiquero en cargas no combustibles que se deterioran en contacto con el aire; procedimiento que a su vez elevan el riesgo de accidentes y fatalidades por asfixia debido a la reducción de oxígeno que involucra el manipuleo de gas inerte (Det Norske Veritas. 2015).

El trabajo en un buque tanque se hace frente a problemas de gas y ausencia de aire, por ello existen una serie de conductas e indicaciones que al no cumplirse suscitan los accidentes, como es el evento del año 2004 en un buque que transportaba etileno, debido a que se utilizó gas inerte acuoso, un marinero ingreso a completar la tarea de secado. Trajo como consecuencia el desmayo del marinero por permanecer más de 20 minutos en el tanque y la muerte de un capitán. Las evidencias encontradas fueron q no se utilizó el equipo necesario, no hubo el registro del nivel de oxígeno antes de su ingreso y no se llenó el permiso de trabajo (Gard As Noruega, 2005).

El área inerte y espacios cerrados con mínimo contenido de oxígeno conlleva a la pérdida de conocimiento e inclusive a la muerte de una persona, esto ocurre cuando se encuentra dentro de un espacio cerrado con menos del 5% de oxígeno, además puede causar daños cerebrales irreversibles si su permanencia es de 4 minutos o inclusive puede causar la muerte si permanece en el mismo tanque durante más tiempo. El mantenerse en un espacio que carece de oxígeno es mucho más grave que permanecer en un espacio lleno de vapores de hidrocarburos, por ello es de vital importancia analizar el tanque cuyo contenido seguro de oxígeno es

del 21% en todo el tanque, esto como primer paso del mantenimiento a un área expuesta a una atmósfera inerte (Campos y Vera, 2005).

Otra tragedia ocurrió en el 2005 a bordo de una fragata en el que fallecieron cuatro trabajadores por hipoxia aguda debido a la baja concentración de oxígeno dentro de un tanque, la posible causa fue el escape de un gas inerte o un fallo en el sistema de refrigeración, el cuarto trabajador falleció al querer auxiliar a los otros tres por lo que es necesario puntualizar que para trabajar en estos espacios se debe medir, evaluar y si es necesario ventilar el tanque. Se concluyó que estos tipos de accidentes se pueden evitar formando e informando a todos los involucrados para que tengan conocimiento sobre los riesgos a los que están expuestos y cumplir con la normativa que regula el trabajo en este tipo de espacios (Diego, De los Reyes, Tábara, Mejuto y Moreno, 2005).

En el año 2006 un grupo inter industrial formado para investigar los accidentes de incendios y explosiones ocurridos en áreas de carga de petróleo y químicos, presentó ante la OMI las conclusiones de su investigación. Este grupo examinó 35 accidentes ocurridos en años anteriores. En la mayoría de los casos el accidente ocurrió, cuando los buques se encontraban limpiando los tanques, ventilando o liberando gases, otra de las causas fueron el incumplimiento de los procedimientos establecidos y la falta de evaluación y monitoreo de las atmosferas de los tanques no inertizados, en otros casos ocurrió dentro del tanque de carga.

El resultado de este estudio, dio lugar a que el comité de seguridad marítima adoptara las enmiendas al convenio SOLAS 2014 que reducía de 20.000 a 8.000 toneladas de peso muerto, siendo este requerimiento para los buques tanque

nuevos (construidos a partir del 1 de enero del 2016) llevar un sistema de gas inerte y al uso del mismo cuando manipulen cargas inflamables.

Otro punto importante es el conocimiento que debe tener el encargado del sistema de gas inerte debido a que este puede tener pérdidas de gas y como consecuencia originar en él muy rápidamente la pérdida de conocimiento, por lo que se debe seguir las recomendaciones estándar para trabajar en este tipo de sistema (Campos y Vera, 2005).

Clara muestra es el accidente del buque tanque Maharshi Krishnatreya en noviembre del 2012, teniendo la pérdida de 5 vidas humanas y el estado crítico de uno de sus tripulantes por la inhalación de gas en la sala de compresores. Después de la descarga del gas licuado de petróleo un trabajo común es limpiar los residuos de gas inerte, para ello existe un procedimiento estándar que se debe seguir para poder trabajar en estos lugares. En este suceso hubo una falla en la secuencia de estas tareas porque no se dieron cuenta que los gases inertes aún no se habían purgado, según evidencias el accidente ocurrió por un posible error humano al no llevar a cabo este procedimiento (Daily News & Analysis, 2012).

Campos y Vera (2005) refieren:

“La razón principal del sistema de gas inerte (CO₂) a bordo de un buque tanque es conferir una mayor seguridad a todo el barco, no solo durante la limpieza de tanques y las operaciones de carga y descarga, sino incluso en navegación. Este sistema minimiza el peligro de incendio o explosión en los tanques de carga que todo marino debe conocer.

Durante los años 2004 al 2015 el Foro Marítimo Internacional emprendió estudios en 15 incidentes de incendios y explosiones ocurridos en áreas de carga de petróleo y químicos. A partir de los datos revisados por la OCIMF estos eventos tuvieron como consecuencia la muerte de 20 personas y más de 30 desaparecidos, como se muestra en la figura 1.

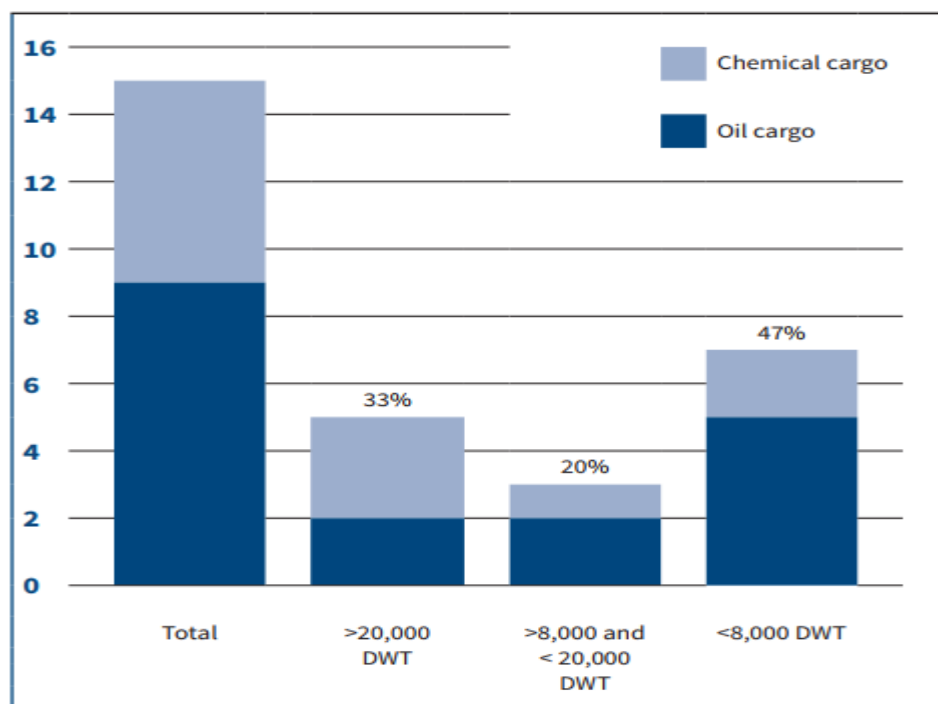


Figura 1: Número de incendios y explosiones en buques petroleros y químicos 2004-2015.

Fuente: (OCIMF, 2017)

Los datos indican que el que la mayoría de los incidentes ocurrieron en buques menores a 20.000 DWT y los que si tenían el sistema de gas inerte no tenían los tanques inertizados, de esto la OMI y la OCIMF llegaron a la conclusión que los cargamentos inflamables se transportaban más seguros bajo una condición inerte. El uso efectivo del sistema de gas inerte aliado con la capacitación y la aplicación de procedimientos correctos, evita incendios y explosiones en la carga de los

tanques y dará como resultado una mejora significativa en el rendimiento de seguridad al transportar cargas de petróleo (OCIMF, 2017).

Se ha podido observar que a bordo de los buques petroleros muchas veces se producen cuasi accidentes por el no cumplimiento de los procedimientos del sistema de gas inerte, la falta de conocimiento por parte de los oficiales involucrados en el manejo de cada uno de los componentes y la omisión de precauciones que se deben tomar en cuenta al realizar cualquier trabajo, como el no llevar un medidor de gases al ingresar a un tanque, como fumar en la zona no segura del buque, como no verificar el funcionamiento de las válvulas de presión – vacío durante la carga- descarga y no realizar las rondas de seguridad correctamente; así mismo no realizar los procedimientos operacionales de los componentes del sistema, de la configuración de alarmas, de las medidas de seguridad y las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte.

Estos tipos de problemas incrementan el riesgo de explosiones, muertes por asfixia, daños a la nave, daños a propiedades de terceros y daños a la carga; por lo que surge el interés de realizar la presente investigación que formula lo siguiente:

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?

1.2.2 Problemas específicos

Problema específico 1

¿Cuál es el nivel de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?

Problema específico 2

¿Cuál es el nivel de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?

Problema específico 3

¿Cuál es el nivel de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?

Problema específico 4

¿Cuál es el nivel de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?

Problema específico 5

¿Cuál es el nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?

Problema específico 6

¿Cuál es el nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Describir el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

1.3.2 Objetivos específicos

Objetivo específico 1

Describir el nivel de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Objetivo específico 2

Describir el nivel de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Objetivo específico 3

Describir el nivel de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Objetivo específico 4

Describir el nivel de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Objetivo específico 5

Describir el nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Objetivo específico 6

Describir el nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

1.4 Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica y adquiere importancia por las siguientes razones:

1.4.1 Justificación teórica

La presente investigación ayudara a obtener un análisis del conocimiento que tienen los oficiales mercantes respecto al sistema de gas inerte y operatividad de la gente de mar.

Además, en nuestro medio no se han hallado estudios acerca del conocimiento del sistema de gas inerte, lo cual aportaría datos relevantes para reflexionar y debatir esta variable de estudio.

1.4.2 Justificación práctica

Los resultados del estudio darán a conocer que nivel de conocimiento tienen los oficiales mercantes con respecto a este sistema dando la probabilidad de hacer mejoras para el desarrollo profesional y laboral de los futuros oficiales mercantes.

Así mismo, los datos de esta investigación beneficiarán a este grupo de profesionales ya que se podrán emplear para retroalimentarlos y generar en ellos una mayor concientización.

1.4.3 Justificación metodológica

Mediante la presente investigación se aportará con la construcción del instrumento además de su validez y confiabilidad que permitirá su uso para futuras investigaciones.

1.5 Limitaciones de la investigación

En el proceso de investigación surgieron algunos inconvenientes como:

Difícil acceso a estudios de accidentes nacionales e internacionales sobre el sistema. No se encontraron antecedentes nacionales de investigación acerca del nivel de conocimiento del sistema de gas inerte.

La dificultad para la aplicabilidad del instrumento por motivo de la poca disponibilidad de la población, porque se encontraban navegando fuera del puerto del Callao, así mismo, tenían diferentes fechas de arribo.

Sin embargo, estas limitaciones fueron superadas posteriormente, con el apoyo de la naviera Transoceánica.

1.6 Viabilidad de investigación

La presente investigación es viable por tener acceso a la tecnología en busca de la información necesaria, en tanto también se contó con el apoyo de los oficiales mercantes de la naviera transoceánica, del mismo modo, la colaboración de especialistas del tema.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Se han encontrado los siguientes antecedentes relacionados con la variable de estudio:

OCIMF (2017) Estudió el uso del gas inerte para el transporte de cargas inflamables, el estudio se realizó en base a 15 incidentes en buques petroleros resultando la muerte de 20 tripulantes y 30 desaparecidos, esto a causa del incumplimiento en los procedimientos establecidos, la falta de evaluación y monitoreo de las atmosferas de los tanques no inertizados. Tuvo como objetivo establecer beneficios de seguridad al usar el gas inerte como una barrera para prevenir los incendios y explosiones en buques petroleros independientemente de su tamaño.

La investigación llego a las siguientes conclusiones; todos los buques petroleros que no cumplan con los requisitos de gas inerte SOLAS deberán considerar su instalación conforme a lo establecido, los ya existentes menor a 20.000 DWT que cuenten con el sistema no conforme al SOLAS deberán

utilizarse de tal manera que se mantenga en condición inerte, los buques en construcción deberán instalar el sistema. Y por último determinar que el uso efectivo del sistema de gas inerte aliado con la capacitación y la aplicación de procedimientos correctos, evita incendios y explosiones en la carga de los tanques lo cual es una mejora significativa en el rendimiento de seguridad al transportar cargas de petróleo.

Díaz (2016) estudió la explosión del buque petrolero María Alejandra, en la bahía de Algeciras 1980, mientras navegaba en modo lastre se inició la reparación de los ventiladores para el gas inerte ya que antes de su zarpe se detectó una avería en esta, el personal de cubierta se dedicaba a la limpieza de tanques cuando se sintió una secuencia de 4 explosiones. Este evento tuvo como consecuencia la muerte de 36 marineros y el hundimiento de la embarcación. La investigación concluyó con el informe del Colegio de Oficiales de la Marina Mercante quien manifestó que la explosión se debió al lavado de tanques sin haber eliminado completamente los gases inertes.

Akyuz (2015) con su investigación “Cuantificación de la probabilidad de error humano para el proceso de inertización del gas a bordo de los petroleros” el cual se realizó en la universidad de Pirí Reis en Turquía, con el objetivo de reducir el riesgo de error humano y aumentar la conciencia de seguridad en la industria marina. Para ello se utilizó la metodología de fiabilidad cognitiva y método de análisis de errores (CREAM) cuantitativo. Teniendo como conclusión que puede ser beneficioso para los profesionales tener un método integral e inteligente para predecir la probabilidad del error humano en las

labores designadas y determinar el nivel de control, ya que el gas inerte a pesar de sus beneficios operacionales puede afectar directamente a la seguridad de los seres humanos, la nave, la mercancía y el medio ambiente. Los resultados de este estudio han proporcionado una visión general del problema por los altos riesgos, por ende, es apropiado generar un alto nivel de seguridad marítima para reducir al mínimo estos riesgos.

DNA (2012) estudia el accidente en el buque tanque Maharshi Krishnatreya en el 2012 frente a la costa de Gujarat, la India, con el objetivo de demostrar que a pesar que existen procedimientos operacionales estándar para realizar la limpieza de tanques después de una descarga de petróleo, los accidentes siguen ocurriendo. Este suceso tuvo como consecuencia la muerte de 5 marineros y el estado crítico de uno de sus tripulantes por la inhalación de gas inerte en la sala de compresores, ya que estos no se percataron que los gases aún no se habían purgado. Tuvo como conclusión que el accidente ocurrió por un posible error humano al no conocer bien los procedimientos al trabajar con gas inerte.

El Sub Comité FP (2008) estudia la explosión del buque Heng San ocurrido en el 2001, con el objetivo de establecer medidas para evitar las explosiones en los buques tanque petroleros y quimiqueros que transportan carga con bajo punto de inflamación, se habían realizado operaciones de limpieza y ventilación de los tanques de carga cuando empezó una serie de explosiones donde 7 tripulantes murieron. La conclusión fue que no se puso en funcionamiento el sistema de gas inerte y según las circunstancias se demostró

que no se aplicaron correctamente los procesos de seguridad en cuanto al funcionamiento del sistema de gas inerte ya sea porque el oficial encargado no conocía sobre esto o no lo aplicaba habitualmente.

Campos y Vera (2005) investigaron en la Universidad Veracruzana el “Manual del Proceso y Mantenimiento del Sistema de Gas Inerte (CO₂) del Buque Tanque Nuevo Pemex I”. Tuvo como objetivo principal dar a conocer el Sistema de protección mediante gas inerte de un buque tanque petrolero, para minimizar el peligro de incendio o explosión y dar una mayor seguridad a todo el barco en las operaciones de carga y descarga de combustible. Siendo las conclusiones familiarizar al especialista con los sistemas de control en una planta de gas inerte y los términos técnicos que se utilizan, el uso de sistemas modernos como el uso de controlador lógico programable (PLC) para el control de la planta de gas inerte, la participación en proyectos de automatización, instrumentación y control, así como, la futura implementación de este sistema a los demás buques tanques petroleros, y el mantenimiento de esta planta a bordo del buque tanque Nuevo Pemex I.

Devanney (2005) estudió sobre la explosión del buque tanque “Mekka” ocurrido el 2004 en Brasil, mientras realizaban trabajos de limpieza en los tanques, primero explotó el tanque que había estado cargado de nafta debido a la baja presión que presentaba, seguidamente explotó el tanque adyacente cargado de etanol donde dos tripulantes fallecieron. Esta investigación llevo a la conclusión que el tanque se encontraba bajo una atmosfera cargada de gases lo que produjo una carga estática debido a la mezcla del agua de lavado

y detergente, también se determinó que el buque contaba con el sistema de gas inerte y no se utilizó en los tanques de carga por ello la investigación estipula la presencia de un error humano.

Gard AS (2005) estudió el incidente a bordo de un buque en el año 2004, con el objetivo de demostrar que a pesar que existen diversos procedimientos y advertencias frente a los problemas de gas y ausencia de aire ocurren accidentes, este buque que se dedicaba al transporte de etileno aplicó gas inerte acuoso a los tanques porque presentó problemas en el generador de gas inerte, un marinero tuvo que ingresar a completar la tarea de secado, trajo como consecuencia la muerte del marinero por permanecer más de 20 minutos en un tanque con gases de monóxido de carbono y la muerte del capitán por ingresar al auxilio de su tripulante. El presente estudio tuvo como conclusión que no se utilizó el equipo de respiración necesario para su ingreso, que no hubo el registro del nivel de oxígeno antes de su ingreso y que no se llenó el permiso de trabajo correspondiente.

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

No se han encontrado antecedentes relacionados con la variable de estudio.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Conocimiento del sistema de gas inerte

Es el conocer todos los equipos especiales para suministrar, enfriar, limpiar, presurizar, controlar y examinar la distribución del gas inerte desde la planta hasta los tanques de carga mediante tuberías, válvulas y otros medios que imposibilitan el retorno de los gases de carga, hacia la máquina, espacios, instrumentos de medición y dispositivos de control (OMI, 2014).

Gas inerte

International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT), afirma que el gas inerte es “un gas o mezcla de gases, tales como gases de combustión, que contienen insuficiente oxígeno para mantener la combustión de hidrocarburos” (ISGOTT, 2006, p. 20).

Reluz y Montes de Oca (2015) “Este tipo de vapores se caracterizan por ser muy estables y por no causar respuestas violentas a ciertos contextos. Esto quiere decir que son vapores que no arden ni son combustibles” (P.19).

Campos y Vera (2005) se obtienen eliminando el exceso de oxígeno mediante el proceso de combustión reduciendo del 21% al 1-4% del volumen total (p.13).

Estado inerte

ISGOTT (2006) alega que es “una condición en la que el contenido de oxígeno en la atmósfera de un tanque se ha reducido a 8% o menos en volumen por la adición de gas inerte” (p.20).

Sistema de gas inerte

Está compuesto por una planta de gas inerte el cual va de la mano con un sistema de repartimiento del mismo, cuenta con los recursos necesarios para no permitir el retorno de los gases de la carga a los compartimentos de máquinas, dispositivos de Control e instrumentos de medición fijos y portátiles (ISGOTT, 2006).

Con el manejo de un sistema de gas inerte, se dice que un tanque está protegido de alguna explosión, ya que con la introducción de gas inerte se logra aislar los tanques de atmosferas explosivas, así pues, confiere una mayor seguridad a todo el buque en operaciones de carga, descarga, navegación y limpieza de tanques (Campos y Vera, 2005).

Buque Tanque

SOLAS (2014) define a un buque tanque como “un buque de carga construido o adaptado y utilizado para el transporte a granel de cualquiera de los productos líquidos de naturaleza inflamable” (cap. 1).

De acuerdo con ISGOTT (2006) define que buque tanque es “aquél diseñado para transportar carga de petróleo líquido a granel, incluso un buque

de carga combinada al utilizarse para este propósito” y se clasifica de la siguiente manera:

- **BUQUE TANQUE PETROLERO**

MARPOL (2002) lo define como un “buque construido o adaptado para transportar principalmente hidrocarburo a granel en sus espacios de carga” (Anexo 1, regla 1).

- **BUQUE TANQUE GASERO**

De acuerdo con la definición entregada por el convenio SOLAS (2014) “es todo buque de carga construido o adaptado y utilizado para el transporte a granel de cualquiera de los gases licuados u otros productos enumerados en el capítulo 19 del Código Internacional de Gaseros” (cap. II, regla 3).

- **BUQUE TANQUE QUIMIQUERO**

SOLAS (2014) define buque tanque quimiquero como “buque de carga construido o adaptado y utilizado para el transporte a granel de cualquiera de los productos líquidos enumerados en el capítulo 17 del Código Internacional de Quimiqueros(CIQ)” (Cap. VII; parte b).

Estos buques tanque quimiqueros son idóneos para transportar gran variedad de productos petroquímicos, químicos orgánicos e inorgánicos también puede transportar aceites vegetales y animales de manera

simultánea y en variedad de taques, así mismo puede llevar productos tóxicos, corrosivos, venenosos o volátiles (Ricardo, 2004).

Según Alborno (2013) considera que la división de los espacios de un buque tanque se dividen de la siguiente manera:

- ZONA SEGURA

Ambiente seguro de gases de hidrocarburos, conformado por la sala de máquinas, habitabilidad, cuarto de control de carga y puente de navegación, que está protegido por un mamparo de aislación.

- ZONA NO SEGURA

Ambiente con presencia de gases de hidrocarburos que son inflamables y tóxicos para el ser humano, está conformado por los tanques de carga, tanques de lastre, sala de bombas y la cubierta de carga, la que podemos llamar zona de riesgo, es decir ambiente con presencia de gases de hidrocarburos accidentalmente, ya sea por factores climáticos o filtraciones, porque es posible que los gases se desvíen hacia la cubierta.

Anexos MARPOL

- ANEXO I – REGLAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS

El primer y segundo anexo es de carácter obligatorio y si un gobierno aprobara el convenio, no podrá rechazar las disposiciones que describen estos dos primeros anexos. Por otro lado, son de carácter facultativos los anexos III, IV, V y futuramente el nuevo anexo VI, por consiguiente, todos los gobiernos que lo rigen cumplirán las normas en función de sus intereses.

Es factible decir que la piedra angular del MARPOL es el buque petrolero. Sin embargo, debido a la evolución de los buques en tipos y formas su definición se extiende ya que estos no son los únicos que transportan petróleo.

A efectos del presente Anexo:

Hidrocarburos: se entiende el petróleo en todas sus manifestaciones, incluidos los crudos de petróleo, el fuel-oil, los fangos, los residuos petrolíferos y los productos de refinación (distintos de los de tipo petroquímico que están sujetos a las disposiciones del Anexo II del presente Convenio).

Petrolero: se entiende todo buque construido o adaptado para transportar principalmente hidrocarburos a granel en sus espacios de carga; este término comprende los buques de carga combinados y buques tanque quimiqueros tal como se definen estos últimos en el Anexo II del presente convenio.

- ANEXO II – REGLAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR SUSTANCIAS NOCIVAS LÍQUIDAS A GRANEL

El anexo II del MARPOL cuenta con 15 reglas y 5 apéndices, los cuales detallan el proceder que deben llevar al operar con sustancias nocivas a granel. No es lo mismo transportar mercancías químicas que hidrocarburos ya que, son inestables a las reacciones que estimulan entre sí con el agua y/o atmosfera.

A consecuencia se obligan normas especiales a cumplir para prevenir su vertido al mar debido al inconveniente no solo del no conocer las propiedades, sino también de no conocer la variedad de nomenclaturas y códigos usados en los distintos convenios de transporte marítimo, terrestre y aéreo.

A efectos del presente Anexo:

Por buque tanque quimiquero: se entiende por un buque construido o adaptado para transportar principalmente sustancias nocivas líquidas a granel, en este término se incluyen los "petroleros" tal como se definen en

el Anexo I del presente convenio, cuando transporten un cargamento total o parcial de sustancias nocivas líquidas a granel.

Inflamabilidad

En la fase de quemado, los gases de hidrocarburos reaccionan con el oxígeno del aire formando dióxido de carbono y agua, esta reacción genera suficiente calor para formar una llama en la mezcla de los gases de hidrocarburos y el aire. Se dice quema cuando el gas de un hidrocarburo líquido se inflama generando un calor suficiente para obtener los gases más puros de este para mantener la llama y el líquido ya que es el gas quien se quema y se regenera del líquido (ISGOTT, 2006).

Define inflamabilidad como la propiedad que tienen los hidrocarburos para arder, para que esto pueda cumplirse se necesitan tres condiciones; la primera que el hidrocarburo haya alcanzado una temperatura a la cual se inicie el desprendimiento de gases dentro de los límites inflamables, la segunda que exista una fuente de ignición y por último tener un nivel de oxígeno en la atmósfera mayor al 11% en volumen (Méndez, 2016).

- **LIMITES INFLAMABLES**

Una composición de gases de hidrocarburos y aire no pueden inflamarse, ni quemarse si estos se encuentran dentro de un margen inflamable; dichos márgenes son, el Límite inferior de inflamabilidad (LII) que radica cuando la concentración de hidrocarburos, tiene debajo de este un escaso gas de hidrocarburos para poder mantener o propagar la

combustión y el Límite Superior de inflamabilidad (LSI) que radica cuando la concentración de hidrocarburos tiene arriba de este, un escaso aire para poder mantener y propagar la combustión.

Los límites inflamables varían por los diferentes gases de hidrocarburos puros y por los gases que surgen de la mezcla de diferentes líquidos derivados del petróleo, el LII y LSI de las cargas de combustible pueden en general considerarse del 1% y 10% del volumen respectivamente (ISGOTT, 2006).

- EFECTO DEL GAS INERTE SOBRE LA INFLAMABILIDAD

A una mezcla de gases de hidrocarburos con aire se le adiciona el gas inerte para no encontrarse dentro del rango inflamable, para ello el gas adicionado debe cumplir una serie de restricciones para ser viable y no producir una combustión.

Cada punto en el diagrama representa, una mezcla de gas de hidrocarburo, aire y gas inerte; estas mostradas en términos de su contenido de hidrocarburo y oxígeno. Las mezclas del LII y LSI para gases de hidrocarburos en el aire, se encuentran representadas en los puntos C y D. Por lo tanto, se ve que es seguro estar por debajo del 12% de oxígeno, pero por motivos de seguridad el porcentaje de oxígeno debe estar alrededor del 2%.

Partiremos del punto F que tiene un 11% de hidrocarburos y un 2% de oxígeno, si a esta relación se le introduce aire este desplazaría el vapor de hidrocarburos existentes, pero sucedería una mezcla que los llevaría al triángulo de inflamabilidad como se muestra en el grafico que pasa del punto F al punto A.

Entonces para no llegar a esta situación primero se introducirá gas inerte para poder desplazar el vapor de hidrocarburos a la atmosfera hasta llegar a un 2.5%, llegado a este rango recién se podrá introducir el aire para desplazar el gas inerte introducido anteriormente y así poder llegar a una atmosfera no inflamable y segura, como se ve en el grafico se pasa del punto F al punto H y luego al punto A. Así mismo, además de no contener exceso de oxígeno el gas inerte no debe reaccionar con la carga ni ser tóxico con este para evitar posibles fugas (Soler, 2011, pp. 1-2). Como se observa en la Figura 2.

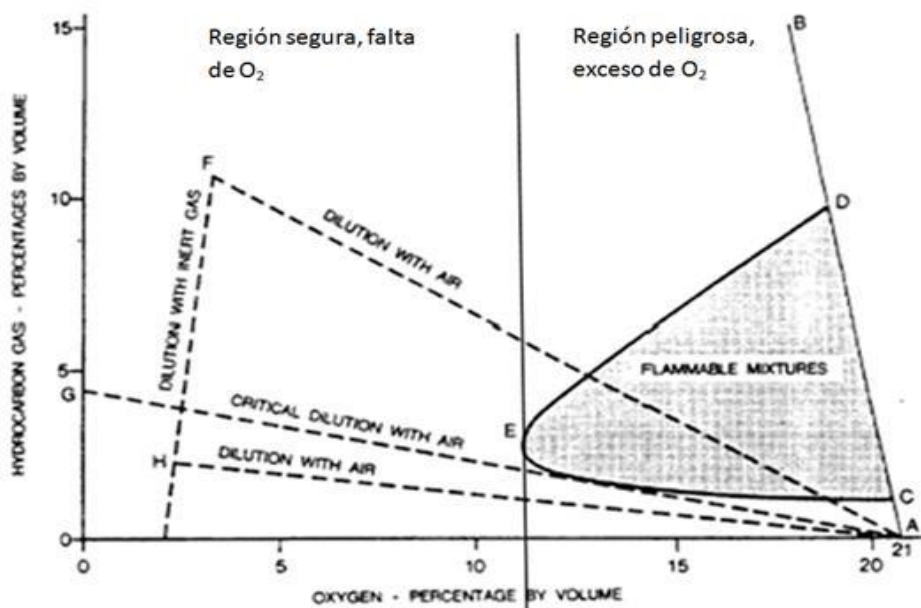


Figura 2: Grafica, relación gas hidrocarburo/mezcla aire

Fuente: (soler, 2011, p.1).

- PUNTO DE INFLAMACIÓN (FLASH POINT)

Es la temperatura mínima de un líquido donde una pequeña llama forma una llamarada fugaz que va por la superficie del líquido, esto indica que existe una mezcla de gas inflamable logrando evidenciar la mezcla de gas – aire que corresponde a la mezcla del límite inflamable inferior. (ISGOTT, 2006).

Dentro de los derivados de petróleo más volátiles en el manipuleo de carga se han establecido límites de temperaturas para evitar la inflamabilidad de la atmósfera. Como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1:

Temperatura de inflamabilidad

Producto	Temperatura
Gasolina	-40 °C
Diésel Oil	71 °C
Fuel Oil	82 °C
Aceite Lubricante	148 °C

Fuente: (ISGOTT, 2015).

Existen dos categorías dentro de la inflamabilidad las cuales son:

- NO VOLÁTIL

Cuando el punto de inflamación es igual o mayor a 60 °C y consigue alcanzar una combustión a temperatura de ambiente normal, dichos líquidos generan concentraciones de gas en equilibrio por debajo del LII,

estos son los aceites de combustible (fuel oil) residuales, gas o pesados, diésel (ISGOTT, 2006).

- **VOLÁTIL**

Cuando el punto de inflamación es menor a 60°C y consigue alcanzar una combustión, algunos líquidos generados por el petróleo logran una combinación de gas-aire en equilibrio dentro de los límites de inflamabilidad cuando se hallan en cierto rango normal de la temperatura de ambiente, como son los combustibles para aviones y parafinas; por tanto la otra parte proporciona combinaciones de gas-aire sobre el LSI a cualquier temperatura de ambiente normal como son los combustibles y la mayoría de petróleos crudos.

Estos dos últimos se manipulan frecuentemente antes de lograr su condición de equilibrio, por ello se pueden dar mezclas de gas-aire que residan dentro del rango inflamable (ISGOTT, 2006).

Inertización (Inerting)

ISGOTT (2006) define inertización Como “la introducción de gas inerte en un tanque, con el objeto de lograr la condición inerte”.

Purga (Purging)

Es la acción de inyectar gas inerte a un tanque el cual ya está en condición inerte, con la intención de minimizar aún más el contenido de oxígeno actual

y/o minimizar la existencia de gases de hidrocarburo a un nivel bajo, de tal forma que la combustión no logre permanecer presente si posteriormente se le inyectara oxígeno al tanque (ISGOTT, 2006).

Presurizado de tanque (topping up)

ISGOTT (2006) refiere que es “la introducción de gas inerte en un tanque que ya se encuentra en estado inerte con el objeto de elevar la presión del tanque para evitar cualquier entrada de aire” (p.24).

Libre de gases (gas free)

Se dice que un tanque, compartimento cerrado o un contenedor, se encuentra libre de gases en el momento en el cual se abastece de suficiente aire puro con el objetivo de minimizar el contenido de cualquier gas inflamable, toxico o inerte hasta el nivel requerido para un fin específico (ISGOTT, 2006).

2.2.2 Composición del gas inerte

Becerra (2014) indica que el gas inerte es un gas no reactivo, bajo una determinada condición de trabajo y que no produce ignición, determina la composición usual del gas inerte a bordo producido por combustión en la caldera estos resultados lo expresan en porcentajes como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Composición común del sistema de gas inerte.

Componente	símbolo	porcentaje
Nitrógeno	N ₂	83%
Dióxido de Carbono	CO ₂	12-14%
Oxígeno	O ₂	2-4%
Dióxido de azufre	SO ₂	50 ppm
Monóxido de Carbono	CO	Rastros
Óxido de Nitrógeno	NO _x	200 ppm
Vapor de Agua	H ₂ O	Rastros
Cenizas y Hollín	(c)	Rastros
Densidad		1.044

Fuente: (Albornoz, 2013).

Fuentes Del Gas Inerte

García (2014) “Cualquiera que sea la fuente el gas inerte debe ser enfriado y limpiado con agua para eliminar partículas sólidas (hollín) y ácidos de azufre antes de enviarlo a los tanques” (p.2).

SOLAS (2006) especifica que los sistemas de gas inertes deben poder distribuir este gas a través de la tubería principal de gas con un contenido de oxígeno máximo del 5% por volumen en cualquier ritmo de fluido y que se debe mantener una presión positiva en los tanques de carga, es decir, no deberá ser mayor al 8% por volumen.

Rerequeo (2009) para obtener la condición “inerte” (concentración de oxígeno menor al 8% en volumen), se necesita que, en la fuente de generación el gas inerte contenga una concentración no mayor al 2% de oxígeno (P.44).

Para obtener la calidad deseable es necesario alcanzar un contenido del 5% de oxígeno en volumen, para ello puede ser necesario un control automático de la combustión.

Las fuentes de gas inerte pueden ser de la siguiente manera:

- **POR EMISIÓN DE GASES**

Extracción de las calderas principales o auxiliares

Esta es la más destacada y utilizada a bordo de los buques ya que se obtiene de la exhaustación de las calderas, pero para ello antes que sean manejadas como una fuente de gas inerte debe cumplir las siguientes exigencias.

Los quemadores y el equipo de control de combustión sean idóneos para generar de forma estable gases que tengan menor al 5 % de oxígeno y las calderas deben ser idóneos para generar suficientes gases para abastecer los requerimientos del sistema (López, 2010).

Un generador de gas inerte independiente

En el caso de no utilizar las calderas por ahorro de costos como sucede durante la navegación ya que en esta condición solo se necesitan pequeños caudales de gas que se utilizan en el relleno de la carga, también se utiliza esta fuente para proporcionar dicho gas en las operaciones de carga, descarga y limpieza. Este generador debe estar compuesto por el quemador, los dispositivos de control de combustión y por los elementos de enfriamiento y limpieza del gas (López, 2010).

El nivel de oxígeno es controlado automáticamente con un margen generalmente dentro del 1,25% y 2,5% por volumen y por lo general sin exceder el 5% (Albornoz, 2013).

Una instalación de turbina de gas

Son empleados por motivos de ahorro de energía. El porcentaje de oxígeno extraído de los gases de exhaustación de las turbinas de gas excede el límite superior exigido y suficiente para mantener una segunda combustión por lo tanto no es adecuado; para poder usar esta fuente se debe contar con un dispositivo de postcombustión (López, 2010).

- **PLANTA DE NITRÓGENO**

La aplicación de este sistema se remonta desde el año 1994, demostrando alta eficiencia, operación segura y fácil, bajos costos de mantenimiento y con un gran diseño de moss (membrana tecnológica de última generación).

Los gases son separados por las membranas siguiendo el proceso de permeación selectiva que se da en la pared de la membrana de fibra hueca, seguido de esto el aire del ambiente se comprime severamente y se filtra a una temperatura controlada para su ingreso a los módulos de la membrana.

Cada membrana contiene miles de fibras huecas donde se realiza la separación del aire y la generación gas de nitrógeno mediante una baja presión, de esto se logra un nitrógeno seco y pobre en dióxido de carbono (Paschalis, 2015). como se observa en la figura 3.

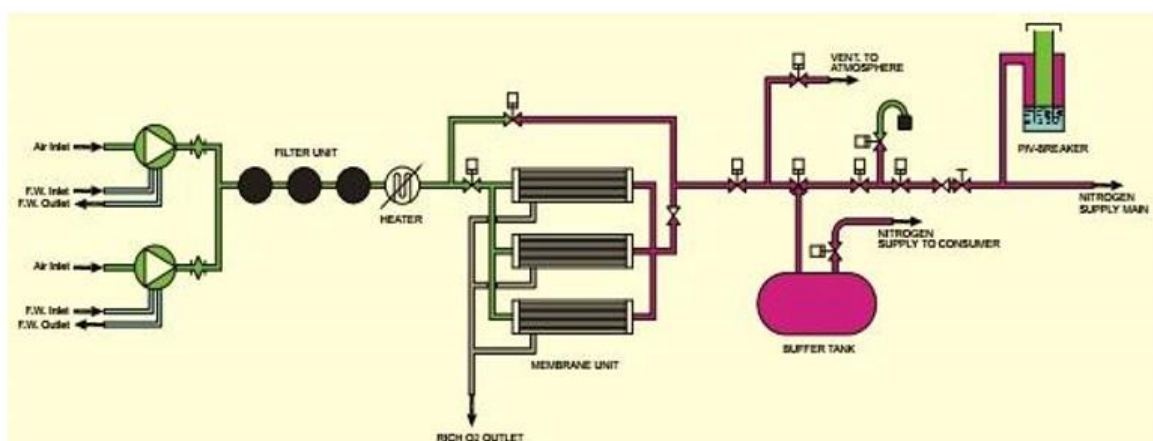


Figura 3: planta de nitrógeno.

Fuente: (Paschalis,2015, p37).

Según Paschalis (2015) los propósitos, características especiales y el rendimiento de la planta de nitrógeno son:

Propósitos

1. Si la finalidad es el requerimiento de un gas inerte seco y limpio.
2. Lograr la purga y relleno de tanques de carga, tuberías y válvulas.
3. Sellado del compresor.
4. Protección de aislamiento en el transporte de gas.

Características especiales

1. Elegir membranas basadas en el propósito del nitrógeno.
2. Los polímeros presentan diferentes reacciones al presenciar soluciones de altas presiones o altas purezas.
3. La cantidad de membranas a utilizar pueden ser encajados en armarios.
4. El diseño ocupa un espacio reducido, su instalación y mantenimiento son fáciles.
5. El filtro de moss y el conjunto del calentador.
6. Los componentes de esta planta, habitualmente se ubican sobre una rampa de madera y para componentes más pequeños la ubicación puede ser un armario.

Rendimiento

1. Logra una pureza de nitrógeno hasta el 99,9%.
2. La capacidad de producción va desde 10 a 6 000 Nm³/h o más.
3. Temperatura de ambiente +2°C a + 45°C (con diseño especial + 55°C).

4. Punto de rocío (valor al que debe descender la temperatura del aire para que el vapor de agua existente comience a condensarse) del producto hasta -70°C (presión atmosférica) dependiendo de la aplicación y capacidad.
5. Producto CO_2 menos de 5 ppm.
6. Presión de entrega hasta 11.5 bar, utilizando 13 bar el compresor (es).
7. Consumo de energía aprox. 0.3 kW/Nm³/h de gas al 95% de N_2 (excluyendo la bomba de agua).
8. Consumo nominal de agua de mar / agua dulce: 11.5 L/Nm³ de gas al 95% de N_2 .

Así mismo los principios de separación de la membrana de la planta de nitrógeno indica que, cada separador de membrana tiene miles de fibras huecas de polímero agrupados, que el aire se sostiene a una presión y temperatura adecuada para lograr pasar a su disolución y difusión a través del material de fibra y que se absorbe en la parte que la membrana presenta baja presión.

Debido a la variedad de los componentes del aire, estos se diluyen en la matriz de manera diferente y también se impregnan a una velocidad diferente; los componentes de rápida impermeabilidad es decir el oxígeno, el dióxido de carbono y el vapor de agua se enriquecen en la corriente de baja presión y son venteados de manera segura hacia la atmosfera, los componentes de lenta impermeabilidad es decir el nitrógeno y el argón se

estancan en la corriente de alta presión y es eliminado del módulo de la membrana como producto de gas de nitrógeno (Paschalis, 2015).

Métodos de reemplazo del gas inerte

- DISPOSICIONES PARA LA INERTIZACIÓN, PURGA Y DESGASIFICACIÓN

Según IGS (1990) existen tres formas para sustituir el gas en los tanques de carga, que son, inertización, purgado y desgasificación; cada uno de estos cumple diversas disposiciones.

Estas tres formas tienen una disposición en común que viene a ser los puntos de entrada y salida; las cuales deben estar situadas de manera que el reemplazo de gas sea totalmente eficiente en todo el tanque, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Modalidades principales de la Inertización, purga y desgasificación

Disposición	Entrada	salida	Principio
I	Arriba	Arriba	Dilución
II	Fondo	Arriba	Dilución
III	Arriba	Fondo	Desplazamiento o dilución

Fuente: (Inert Gas System, 1990).

Disposición I

Es la disposición más sencilla, los gases ingresan y se exhausta por la parte superior del tanque. El gas es reemplazado por el método de dilución, así mismo, el gas que ingresa a cada uno de los tanques debe conseguir la máxima introducción y una mixtura completa homogénea en toda la atmosfera del tanque, los gases se pueden ventilar a través de un tubo de exhaustación ubicado para cada tanque o por un colector de exhaustación.

Disposición II

El gas es introducido por la parte baja del tanque y se expulsa por la parte alta, al igual que la disposición I, el gas es reemplazado por dilución. En este caso el gas es introducido por una conexión entre el colector de gas inerte y las tuberías de carga que atraviesan por el fondo del buque, estos gases de escape pueden salir a través de tuberías individuales de

exhaustación, aparte de ello se podrá instalar un ventilador fijo para la desgasificación.

Disposición III

El gas es introducido por la parte superior del tanque y expulsado por el fondo, en esta disposición el gas es reemplazado por desplazamiento, aunque puede prevalecer el método de dilución si la variación de densidades entre los gases de entrada y los ya existentes es mínima o si la velocidad con la que ingresa es elevada. El punto de expulsión generalmente se da en un tubo de purga que se extiende desde el fondo del tanque que va desde 1 metro a 2 metros por encima del nivel de la cubierta.

Inert Gas System (1990) de estas tres formas de sustitución puede prevalecer uno de los siguientes procesos:

Dilución

Este proceso consiste en la mezcla del gas introducido al tanque con los gases originales existentes, generando así una mezcla homogénea en toda la atmósfera del tanque, de esta forma es como se logra que los gases originales existentes se reduzcan de manera exponencial.

Es importante tener en cuenta la velocidad real con la que se ejecuta la sustitución del gas, ya que los factores a tener en cuenta son el flujo

volumétrico del gas que ingresa, la velocidad de ingreso y las dimensiones del tanque.

Para lograr la sustitución deseada del gas, es necesario que la velocidad con la que ingresa el gas sea lo suficientemente alto como para que este gas introducido logre llegar hasta el fondo del tanque.

“Por esta razón se establece un límite de números de tanques, que puedan ser inertizados de forma simultánea” (Rerequeo, 2009, p.43). Como se observa en la Figura 4 y figura 5.

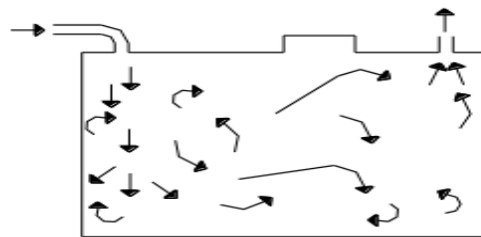


Figura 4: Proceso de dilución, naturaleza turbulenta del flujo del gas dentro del tanque.

Fuente: (López, 2013, p.35).

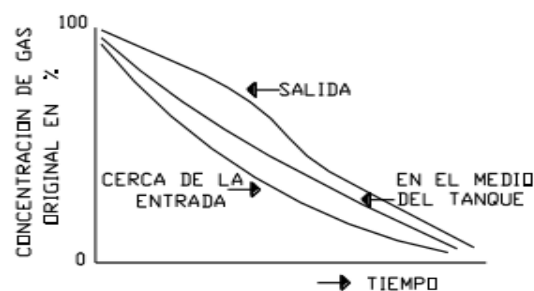


Figura 5: Curvas que indican la concentración de gas en función del tiempo, tres curvas en diferentes posiciones para la toma de muestra

Fuente: (López, 2013, p.35).

Desplazamiento

Este proceso consiste en un reemplazo, lo cual se consigue con la formación de una capa de separación que se establece entre los gases más ligeros que ingresan por la parte superior del tanque y los gases más pesados que son expulsados por la parte inferior del tanque a través de una tubería conveniente.

Para lograr el reemplazo requerido es necesario que la velocidad con la que ingresa el gas sea suficientemente baja; en la práctica es preciso hacer más de un cambio de la atmosfera del tanque, generalmente son dos los cambios requeridos (IGS, 1990).

El gas inerte al desplazar (1.05g/l de densidad, más liviano) al gas de hidrocarburo (2.0g/l densidad promedio) puede producir un poco de dilución debido a la turbulencia generada por el flujo de gas inerte, este método de desplazamiento facilita la inertización o purga de varios tanques a la vez (Rerequeo, 2009, p.43). Como se observa en la Figura 6 y Figura 7.

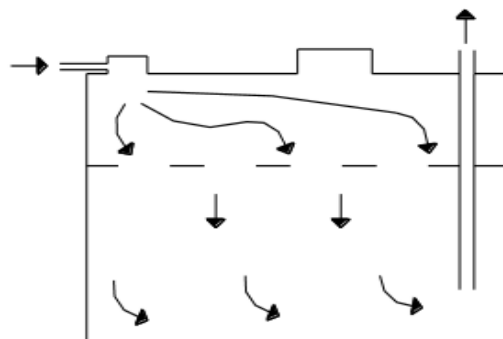


Figura 6: zonas de ingreso y salida; la capa de separación del gas nuevo y el gas existente.

Fuente: (López, 2013, p.36).

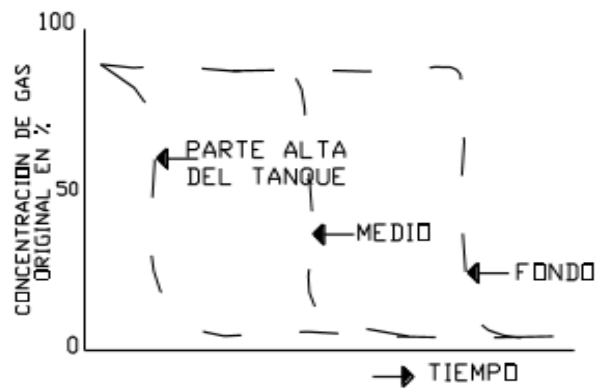


Figura 7: Curvas que indican la concentración de gas en función del tiempo, tres curvas en diferentes posiciones para la toma de muestra

Fuente: (López, 2013, p.36).

Política general del control de la atmósfera de los tanques de carga

Según IGS (1990), Los buques tanque que cuenten con un sistema de gas inerte deberán tener sus tanques de carga en un lugar no inflamable en todo momento, de esto se deduce que:

- Siempre que en los tanques se presencie residuos de carga, estos deberán mantenerse en estado inerte, es decir, el porcentaje de oxígeno se mantendrá en el 8 % o menos en volumen con una presión de gas positiva en todos los tanques de carga.
- Dentro del tanque se hará la conversión a la condición inerte sin sufrir la condición de inflamabilidad, es decir, antes que algún tanque esté libre de gases, se purgaría con gas inerte hasta que el porcentaje de hidrocarburo en el tanque se encuentre por debajo de la línea de dilución crítica.

- Cuando un buque se halle libre de gases antes de su ingreso a puerto, este deberá ser inertizado antes de iniciar cualquier operación.

Para conservar los tanques de carga es un estado no inflamable la planta de gas inerte seguirá lo siguiente:

- Los tanques de carga vacíos estarán inertizados.
- Estará operativo durante las operaciones comerciales.
- Tanques de purgados antes de la liberación de gases.
- Incrementar la presión en los tanques de carga cuando así se requiera.

2.2.3 Componentes Del Sistema De Gas Inerte

La disposición usual de un sistema de gas inerte, se inicia por las válvulas de incomunicación de gases de la caldera, que generalmente son válvulas neumáticas de mariposa por donde atraviesan los gases calientes y sucios provenientes del generador de gases o calderas hacia la torre de lavado “Scrubber”, es aquí donde los gases se enfrían y limpian para luego ser enviados a los ventiladores, seguidamente estos gases se dirigen a los tanques bajo una presión a través de los sellos de agua de cubierta, la válvula de retención y la válvula de incomunicación de cubierta.

Posterior a los ventiladores hay una válvula reguladora de presión y un rompedor de vacío y entre la válvula de retención y la válvula de incomunicación de cubierta hay una válvula de ventilación para dar salida al gas cuando se para la planta, esta válvula de igual manera puede situarse delante de estas dos válvulas mencionadas para abastecer gas inerte a los tanques durante las operaciones de carga, descarga, deslastre, limpieza de tanques y navegación.

También existe un colector de gas inerte que parte desde la válvula de incomunicación y va a través de toda la cubierta, de aquí se dividen los ramales de gas inerte que van hacia a la parte alta de cada tanque de carga (Lopez,2013, p.39). Como podemos observar en la Figura 8.

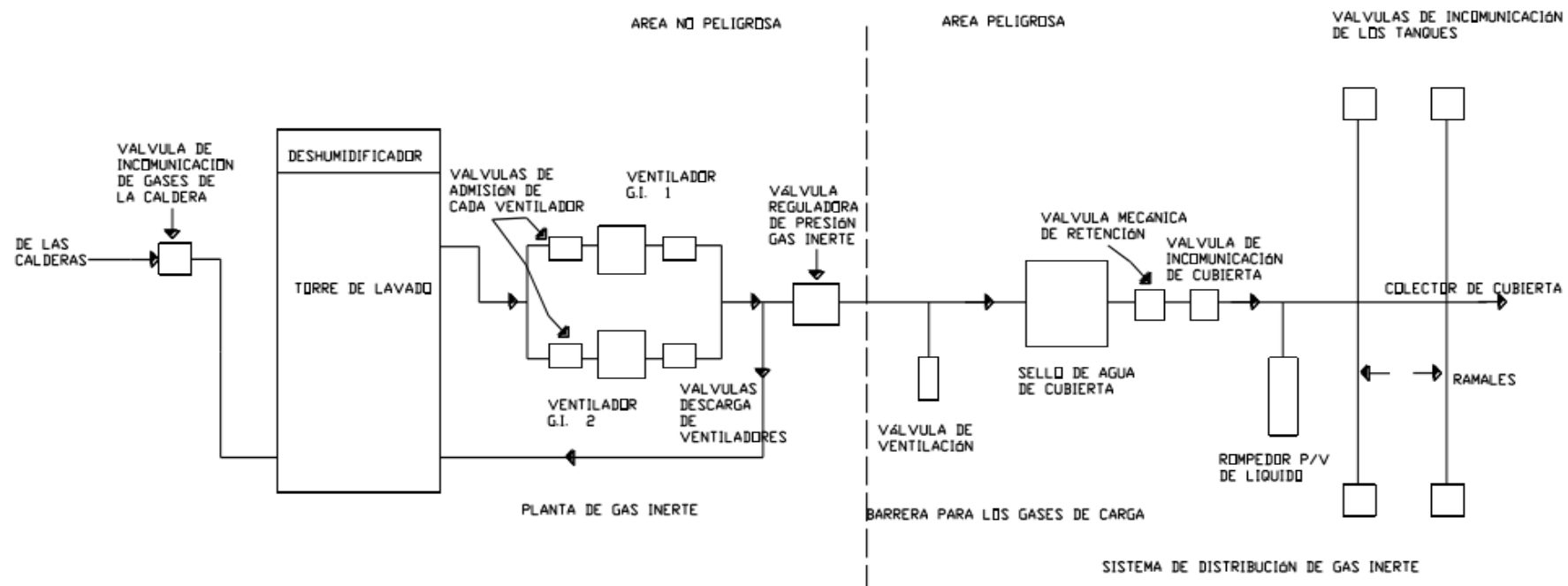


Figura 8: Aproximación a la disposición típica de un sistema de gas inerte.

Fuente: (López, 2013, p.38).

Por lo expuesto, un sistema de gas inerte deberá mantener los tanques de carga en una atmósfera no inflamable, que no cambie la naturaleza de la carga y que esté operativo en presión y volumen durante cualquier operación de la carga.

El sistema se define de dos maneras; una planta que genere gas inerte bajo una determinada presión que sea enviado a través de ventiladores a los tanques de carga y un sistema de distribución que controle la entrega del gas inerte adecuado a los tanques de carga en el tiempo destinado; si se requiere aislar un tanque solo bastara con cerrar la válvula de la línea de gas inerte que están distribuidas en la cubierta principal (IGS, 1990).

La planta de tratamiento está ubicada en la llamada zona segura, entretanto el sistema de distribución y los tanques de carga están en la llamada zona no segura, a sabiendas de esto es fundamental que el sistema cuente con mecanismos que bloqueen el retorno de los vapores de hidrocarburos o mezclas no inertes a las zonas mencionadas, esto es logrado utilizando las válvulas de retención en la tubería de gas inerte, algunas veces constituido por el sello de cubierta.

Cuando se está llevando a cabo operaciones de descarga se genera un mayor requerimiento de gas inerte, ya que este debe igualar al menos a la velocidad que se está descargando, en algunas ocasiones estas bombas logran descargar cantidades superiores a sus especificaciones, por esta razón el sistema de gas inerte es diseñado con una capacidad que exceda a la

capacidad de las bombas por un factor del 1.25 para cada uno de los dos ventiladores empleados.

Ante cualquier falla se deberá cerciorar que el sistema de gas inerte se ponga en una situación de seguridad automáticamente.

Los componentes de un sistema de gas inerte generalmente varían de acuerdo al armador siempre y cuando estos cumplan con los reglamentos en vigor. (Lopez,2013, pp. 39-40).

Quemador

Es un componente fundamental para el procedimiento de ignición en creadores de bióxido de carbono ya que mediante este medio se realiza la reacción de combustión y es debido a esto que se exige contar con un sistema de encendido, como también de una apropiada seguridad adherida para el quemador (Cárdenas, García y Huerta, 2011).

Los gases emitidos por el quemador son posteriormente usados para la inertización de los tanques de carga, el cual contiene un sistema de control automático que controla la dosis de combustible y aire abastecido con el objetivo de conservar una persistente presión de vapor, usualmente es de 7kg/cm^2 al igual que el suministro de agua destinado al quemador para mantener una altura adecuada requerida por los límites de operación. (Albornoz, 2013).

Torre de Lavado (Scrubber)

Según IGS (1990) es un purificador de gases cuya función es refrigerar los fluidos emitidos por el quemador y liquidar las fracciones de hollín y dióxido de azufre. Es la consecuencia de la comunicación inmediata con enormes fracciones de agua de mar, la torre puede llegar a suprimir hasta un 95% del dióxido de azufre comprendido en el fluido, haciéndolo pasar primeramente por una especie de duchas o traspasar un sello de agua con un perfil de glóbulo para luego ingresar a la parte más profunda de la torre topándose con el deshumidificador que elimina por completo el agua arrastrada por el gas.

La torre de lavado puede ser abierta en supervisiones o mantenimiento.

El sello de agua que lleva el scrubber también es usado como un sistema extra de seguridad con el objetivo de impedir el retorno de gases. en la parte inferior de este sello se presencia un constante movimiento de agua que recircula con el propósito de disipar las sustancias compactas.

La torre de lavado permite integrar un calentador con el propósito de la no solidificación del agua cuando el buque se encuentre en sectores helados y también impedir la elevación de temperatura por medio de un sistema automático. La propagación del gas desde la parte más baja a la más alta es duchada gravitatoriamente y el resultado de la comunicación

con el agua de mar ocasiona la refrigeración del gas densificando el ácido sulfúrico, el vapor de agua y empujando el hollín.

Según López (2010) dentro de la torre, el gas sube a través de una corriente de agua que está bajando y para lograr obtener el máximo contacto entre el gas y el agua. Se pueden utilizar varios sistemas de Scrubber, como son, el de varias duchas, el de placas perforadas de impacto, el de toberas y ranuras y por último el de estantes de piedra o trozos de plástico prensados; todos estos se basan en el mismo principio.

- SEGÚN IGS (1990) SE TIENEN LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA LA TORRE DE LAVADO DE GASES INERTES

1. El diseño de la torre de lavado será de acuerdo al tipo de tanque, carga y equipo de control de combustión, la fuente de suministro del gas inerte debe ser capaz de abastecer la cantidad requerida según lo establecido en la regla 62 del convenio SOLAS.
2. La eficacia de la torre de lavado debe ser de manera que el flujo de gas total elimine al menos el 90% del dióxido de azufre y los sólidos.
3. El interior de la torre de lavado será construido de materiales q sean resistentes a la corrosión del gas, la primera capa puede ser revestida con caucho, fibra de vidrio, resina epoxi u otro, si los

gases de escape necesitan de refrigeración se ingresará en las secciones alineadas de la torre de lavado.

4. Se tendrán aberturas y anteojos adecuados para poder realizar las inspecciones, limpiezas y observaciones, los anteojos serán de doble acristalamiento capaces de resistir cualquier impacto o calor.
5. El diseño de la torre de lavado será de manera que en condiciones normales de trimado y escora la eficiencia no decaerá más del 3%, ni el incremento de la temperatura de salida del gas inerte será mayor a 3°C según lo establecido.
6. La locación de la torre de lavado será por encima de la línea de flotación de manera que el drenaje de efluente no llegue a deteriorarse cuando el buque este con carga completa.

Naturalmente esta torre de lavado cuenta con cristaleras estancas de inspección con excepción del ingreso de aire por un sector dúctil. En la banda superior de la torre se encuentra el aislador de residuos de agua compuesto por rejillas con orificios colocados alternamente, es así como los residuos de agua no logran ser remolcadas por el gas. Existe una variedad de diseños, no obstante, cumplen el mismo principio en su totalidad. (Soler, 2005). Como se observa en la Figura 9.

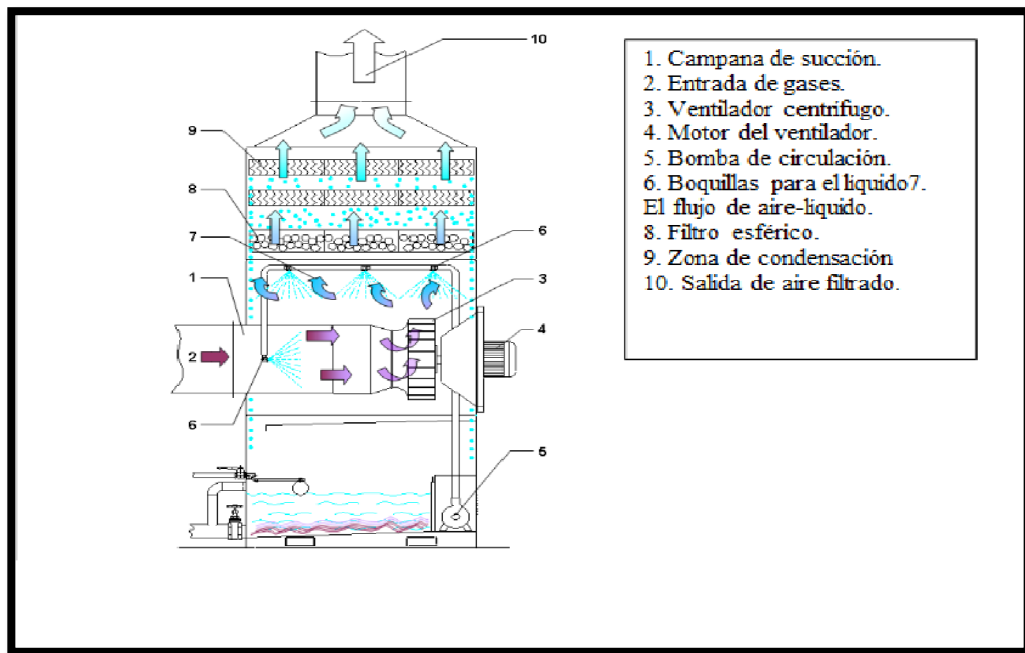


Figura 9: Partes de la torre de lavado.

Fuente: (López, 2010).

Ventiladores

Son usados para transferir los gases de combustión libre de impurezas a los tanques de carga. SOLAS ordena contar con dos ventiladores como mínimo los cuales están obligados a solventar el empuje del gas inerte hacia los tanques de carga a una capacidad de producción de por lo menos el 125% más del volumen máximo de descarga referido en volumen.

En la aplicación ambos ventiladores deben satisfacer los requerimientos de la regla 62 del SOLAS. En el caso de que cada uno cumpla con el requerimiento anterior, se podrá utilizar uno para rellenar las presiones de los tanques de carga y si este se encontrase defectuoso

el segundo ventilador lograría conservar con presión positiva el tanque sin ocasionar prolongaciones a la descarga (IGS,1990).

Succiona los gases originados de la ignición producida por el quemador, al término del tránsito por la torre de lavado son empujados hacia los tanques de carga por medio del sello de cubierta. Los ventiladores trabajan eléctricamente con corriente alterna encontrándose el eje del motor reposando encima de dos cojinetes alojados en cada extremo, brindando al dispositivo la mayor operatividad. Tienen que estar equipados con calefacción para conservar los devanados secos en el lapso de inoperatividad. (López, 2010).

- SEGÚN IGS (1990) LAS CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA LOS VENTILADORES DE GASES INERTES

1. La carcasa del soplador deberá ser hecha de material resistente a la corrosión o también de acero templado, internamente sus superficies deberán encontrarse revestidas de resina epoxi de caucho, fibra de vidrio u otro material resistente a las condiciones de corrosión del gas.
2. Deberán pasar por una prueba de velocidad de hasta un 20% o un 10% por encima de la velocidad de lo que la turbina requiera.
3. La carcasa deberá contar con drenajes substanciales provisto de sellos de agua por si existiera una acumulación de fluido.

4. Deberá contar con medios como es el lavado con agua dulce con el objetivo de exterminar acumulaciones de depósitos que son fuente de vibraciones en la operación del ventilador.
5. Deberá contar con aperturas para su inspección.
6. En caso de que los dos ventiladores no sean de la misma capacidad, las características de presión, volumen y las tuberías de salida deberán estar emparejadas tal como si estuvieran operando ambas a la vez.

Valvula reguladora de presión

Es un dispositivo regulador de flujo automático de gas inerte que es llevado a los tanques, esta asentada posteriormente de los ventiladores. Cuenta con un cierre automático para diferentes situaciones como son: una deficiencia en los sopladores, elevada y baja presión de agua en la torre de lavado y temperatura elevada de gas inerte a la salida del scrubber.

Después de atravesar por la válvula reguladora de presión, el gas inerte es dirigido a la vía de repartición, la misma que lo entrega con un nivel de oxígeno no mayor a un 5% de volumen a los compartimentos como son principalmente los tanques de carga (Albornoz, 2013).

Sello de Agua de Cubierta

Es la continuación de la válvula reguladora de presión y tiene como objetivo evitar el contra-flujo de gases de hidrocarburo que puedan regresar desde los tanques de carga (Albornoz, 2013).

Cuenta con un aguante al reflujo mayor que el rompedor de presión, está comprendido de agua limpia por medio de un flujo regulador. Deberá contar con visores resistentes al empuje, estos serán usados como medio de inspección para el monitoreo del nivel de agua mientras éste se encuentre operando (IGS, 1990).

El manual de sistema de gas inerte (1990) determina que hay 3 tipos de sellos de agua de cubierta:

Tipo húmedo: en este tipo el gas no penetra la capa de agua por burbujeo, debido a que el flujo de gas inerte impulsa el agua a una cámara aislada donde se mantiene por la presión del gas y al cerrarse el sistema el agua es regresada automáticamente.

Tipo semi-seco: en este tipo el gas no penetra la capa de agua por burbujeo, debido a que el flujo de gas inerte impulsa el agua a una cámara aislada donde se mantiene por la presión del gas y al cerrarse el sistema el agua es regresada automáticamente.

Tipo Seco: en este tipo de sello el llenado y vaciado el mismo se realiza de forma automática, por medio de válvulas automáticas, el cual corre el riesgo de inoperatividad por el fallo de alguna.

Válvula de No-Retorno

Alojado delante del sello de agua de cubierta. Este dispositivo de seguridad se cerrará en caso la circulación del gas inerte y/o gases de hidrocarburo retornaran a este (Albornoz, 2013).

Esta válvula tiene como objetivo impedir el retorno de gases de los tanques de carga y evitar el ingreso de cualquier fluido a la tubería de gas inerte cuando los tanques estén llenos. Es de acción mecánica, provista de un medio de cierre positivo y debe estar operativa en todo momento (IGS, 1990).

Válvula de presión/ Vacío (Válvulas P/V)

Esta válvula tiene como objetivo suministrar seguridad contra una presión y/o vacío de cantidades anormales de gases de hidrocarburo, aire o gas inerte. Están instaladas a una altura de por lo menos 2 metros sobre la cubierta principal y horizontalmente nunca a menos de 5 metros de la ciudadela ni dispositivos de cubierta que tengan la probabilidad de solventar una combustión (Albornoz, 2013).

Radica en una herramienta que distribuye el traslado de porciones de volúmenes de vapor, aire o mezclas de gas inerte ocasionados por el cambio de temperatura dentro de un tanque de carga (ISGOTT, 2015).

Rompedor de presión y vacío (P/V Breaker)

Posicionado en la línea de repartición del gas inerte el cual contiene un líquido que podría ser agua o una mezcla de glicol/agua para los ambientes fríos. Su propósito es actuar cuando exista sobre presión en los tanques de carga, este rompedor es la copia de seguridad final para cualquiera de las válvulas de presión/vacío y se compone esencialmente de dos tubos concéntricos, estos dispositivos requieren de poco mantenimiento, pero funcionaran correctamente a la presión requerida si se tiene el nivel correcto y el líquido de densidad correcto.

En el momento en que el tanque este presenciando una sobre presión en el sistema, el fluido es obligado a emerger del regulador y esta sobre presión es liberada al medio ambiente (IGS, 1990).

En la situación en la que el tanque este sufriendo de un “Vacío” el líquido del regulador resultara sorbido por la vía de ventilación satisfaciendo al tanque con aire del medio ambiente. Este dispositivo actuara en caso las Válvulas P/V hayan sufrido un bloqueo (Albornoz, 2013).

2.2.4 Procedimientos operacionales del sistema de gas inerte

Según IGS (1990) establece procedimientos operacionales del sistema de gas inerte:

Procedimientos de puesta en servicio

1. Verificar que el quemador está produciendo gases de escape con un contenido de oxígeno del 5% por volumen u 8% en buques existentes.
2. Verificar que haya suministro de corriente en el panel de control del sistema.
3. Verificar que los niveles de agua para la torre de lavado y el sello de cubierta sean mantenidas en niveles adecuados por sus respectivas bombas.
4. Realizar la prueba operacional de las alarmas y paradas del sistema por falta de agua en la torre de lavado y sello de cubierta.
5. Verificar que las válvulas para la ventilación estén cerradas y con brida ciega.
6. Cerrar la entrada de aire a los dispositivos de sello de aire de la válvula de aislamiento de los gases de escape.
7. Abrir la válvula de aislamiento de los gases de escape.
8. Abrir la válvula de succión de los ventiladores.
9. Encender los ventiladores.
10. Probar la alarma de falla de los ventiladores.
11. Abrir las válvulas de descarga de los ventiladores.
12. Abrir la válvula de recirculación para estabilizar la planta.
13. Abrir la válvula de recirculación de los gases de escape.

14. Verificar que el contenido de oxígeno es de 8% o 5% (Según aplique a la nave), luego cerrar la válvula de venteo a la atmósfera.

Nota: Algunas plantas de gas inerte necesitan al menos de dos horas para que las lecturas del nivel de oxígeno sean exactas.

Procedimientos de puesta en fuera de servicio:

1. Cuando se haya alcanzado el nivel de oxígeno requerido en los tanques inertizados o cuando la presión requerida en los tanques de carga haya sido alcanzada cerrar la válvula de aislamiento a cubierta (válvula de no retorno).
2. Abrir la válvula de venteo a la atmosfera.
3. Cerrar la válvula reguladora de presión de los gases de escape.
4. Apagar los ventiladores.
5. Cerrar las válvulas de succión y descarga de los ventiladores, verificar que todos los drenes estén libres, abrir el agua de lavado del sistema con el suministro de corriente del motor apagado y cerrar el agua de lavado después de un tiempo prudente.
6. Cerrar la válvula de aislamiento de los gases de escape y abrir la entrada de aire a los dispositivos de sello de aire de la válvula de aislamiento de los gases de escape.
7. Mantener el suministro de agua en la torre de lavado según las instrucciones del fabricante.
8. Verificar que el nivel de agua del sello de cubierta se mantenga en los niveles requeridos por el fabricante y las alarmas están operacionales.

Procedimientos de verificación para cuando la planta de gas inerte haya sido apagada:

1. Verificar el suministro de agua. El nivel de agua en el sello de cubierta deben ser verificados a intervalos regulares cuando el sistema se encuentre operativo y diariamente cuando el sistema este apagado.
2. Verificar el nivel del agua en los serpentines del sistema para prevenir el retorno de gases de hidrocarburos en espacios libre de gases.
3. En climas templados asegurarse que el sello de cubierta y los rompedores de presión/vacío tengan aditivos anticongelantes.
4. Antes que la presión en los tanques de carga caiga por debajo de los 100 mm/wg los tanques deben ser presurizados.

2.2.5 Monitoreo del Sistema de Gas Inerte

Según las directrices del sistema de gas inerte (1990)

Antes de la operación:

1. verificar que el sistema tenga suministro de combustible, agua de refrigeración, agua para la torre de lavado, y el sello de cubierta esté debidamente alineado.
2. Verificar que el panel de control de la planta de gas inerte tenga suministro de corriente.

3. Verificar que los valores predeterminados de temperatura, presión y oxígeno del sistema estén configurados apropiadamente de acuerdo al manual del fabricante.
4. Verificar que la válvula de venteo del sistema esté cerrada y el sistema alineado para el encendido de la planta.
5. Verificar que solo los tanques a inertizar estén abiertos en posición asegurada y que los tanques restantes estén cerrados y asegurados.
6. Realizar la calibración del sensor de oxígeno de la planta de gas inerte.
7. Cuando sea aplicable, verificar que las impresoras de registro de oxígeno tengan suficiente papel para registrar toda la operación de inertizado.
8. Verificar que el nivel del líquido del rompedor de presión y vacío esté de acuerdo al manual de operación del fabricante.

Durante la operación:

1. En sistemas dedicados de gas inerte el oficial o los oficiales encargados deberán monitorear la entrada de aire y la entrada de combustible al quemador, así como la presión de combustible en el quemador.
2. El oficial o los oficiales encargados además de lo indicado en líneas superiores verificarán:
 - El funcionamiento de las bombas de agua de la torre de lavado y del sello de cubierta.
 - Monitorear la temperatura del agua de refrigeración en la torre de lavado.

- Monitorear la temperatura de salida del gas inerte de la torre de lavado.
- Monitorear la presión del agua en la torre de lavado.
- Monitorear el nivel de agua de la torre de lavado.
- Monitorear el contenido de oxígeno suministrado a cubierta.
- Monitorear la presión de salida del gas inerte de la torre de lavado.
- Monitorear los niveles de agua en el sello de cubierta.
- Monitorear la presión en la línea principal de gas inerte.
- Monitorear el flujo en la línea principal del gas inerte.
- Monitorear el contenido de oxígenos en los tanques de carga.
- Monitorear el contenido de presión de los tanques de carga.
- Asegurarse que las capacidades de bombeo de las bombas de carga no excedan el 80% de la capacidad de producción de la planta de gas inerte.

Según American Bureau of Shipping (2004) el monitoreo del gas inerte es de la siguiente manera:

1. El instrumento de la fuente principal del gas inerte debe concordar para mostrar y grabar permanentemente cuando se esté suministrando gas inerte a los tanques. Es decir, la presión, el nivel de oxígeno y el nivel de dióxido de carbono del suministro principal de gas inerte.
2. Panel en la sala de control de carga de fácil acceso para el oficial encargado.

3. Paneles en el puente de navegación para indicar en todo momento la presión y en la sala de control de máquinas para indicar el nivel de oxígeno y azufre.

Monitoreo durante el inertizado de tanques vacíos

Los tanques vacíos serán inertizados después de una desgasificación, una limpieza de tanques o después de la descarga. Así, en la primera mención, los tanques contendrán aire fresco y en los otros dos, una mezcla de hidrocarburos y gas inerte (López, 2010).

DESGASIFICACIÓN:

1. Se podrá operativo el quemador para la generación de gas inerte (5% de oxígeno).
2. Monitorear la alimentación eléctrica para el sistema.
3. Monitorear el buen funcionamiento del sistema de aire comprimido de instrumentación y el sistema hidráulico para el control de las válvulas.
4. Monitorear que todas las válvulas controladas remotamente estén cerradas.
5. Monitorear que las válvulas de gas inerte de entrada a los tanques a inertizar estén cerradas.
6. Monitorear las válvulas manuales de aspiración y descarga de la bomba de agua salada del gas inerte estén abiertas; del mismo modo la abertura de las válvulas manuales para la alimentación de agua salada del sello hidráulico de cubierta.

7. Monitorear que las válvulas manuales de drenaje de la torre de lavado estén abiertas.
8. Monitorear que el nivel del sello hidráulico de cubierta está normal.
9. Monitorear todas las válvulas necesarias a utilizar para la operación.
10. Monitorear que el sistema de gas inerte está listo para suministrar gas, y que la válvula de incomunicación de la tubería de cubierta y los ramales de los tanques que no se van a inertizar están cerrados.
11. Abrir las tapas de las válvulas de presión y vacío, y asegurarse que estén en posición de servicio.
12. Monitorear que la planta de gas inerte este en modo automático. Luego con un analizador portátil, tomar lecturas periodicas del contenido de oxígeno de los tanques.
13. Monitorear que los tubos de purga o exhaustaciones a la atmósfera estén abiertas, luego que el suministros de gas continúe hasta que el oxígeno del tanque haya sido por debajo del 8%, debiéndose cerrar entonces los tubos de purga y presurizarse el tanque con gas inerte.
14. Monitorear que durante la inertización, no se introduzca en el tanque ningún equipo de medición o de toma de muestras, hasta que se haya comprobado que el tanque está inertizado. Esto se comprobará cuando el gas de salida del tanque tiene un contenido de oxígeno inferior al 8 % en volumen, la medición se tomara en profundidades y lugares especificados, y comprobando que todas están dentro del límite del 8%, entonces podremos decir que el tanque es inerte.
15. Monitorear que después la inertización todos los tanques, deben comunicarse con el colector de gas inerte y mantenerse a una presión

positiva superior a 100 mm. de columna de agua, durante todo el resto del ciclo de operaciones del petrolero. Como se muestra en la Figura 10.

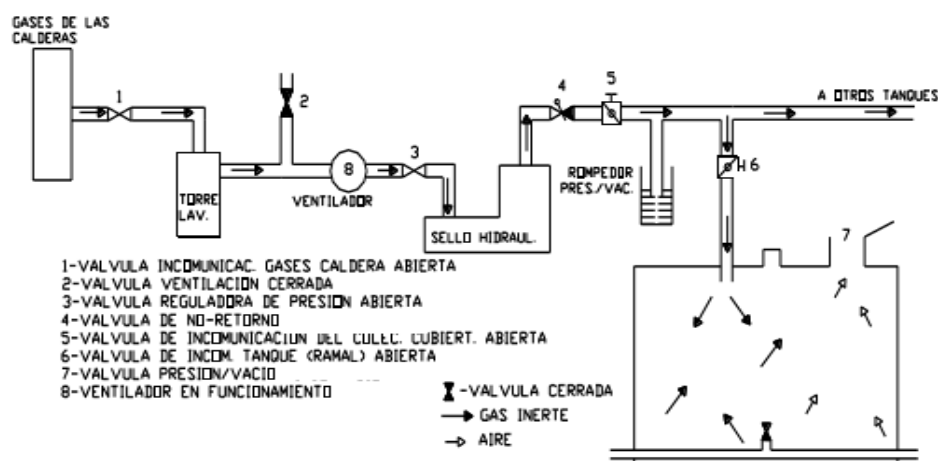


Figura 10: Inertización de un tanque.

Fuente: (López, 2010).

GAS INERTE CON CARGA O LASTRE:

Carga, navegación con carga o lastre y descarga son un proceso continuo; se deberán anotar en los libros de registros de oxígeno.

En carga, una vez se consiga la presión del tanque de carga requerida se deberá tener listo el sistema de gas inerte para ser utilizada; como ya sabemos los tanques antes de ser cargados deben estar inertizados; ya con la carga a bordo se monitoreará que la válvula de incomunicación de la tubería principal de cubierta está cerrada, que todas las válvulas de los ramales estén abiertas para que se igualen las presiones en los tanques y para que la presión de la tubería principal de cubierta sea igual a la de los tanques.

Seguidamente se monitoreará que todas las aberturas de los tanques de carga permanezcan cerradas, esto para reducir al mínimo los vapores inflamables en cubierta excepto los de exhaustación, para esto es necesario abrir las tapas de las válvulas p/v, y comprobar que están en posición de servicio. Así mismo, antes de comenzar la carga deben monitorearse las rejillas anti-llamas en las exhaustaciones.

Se comenzará la carga a un régimen tal que la velocidad de entrada en cada tanque no pase de 1 m/s, ya recubierto el fondo, se puede aumentar la velocidad del líquido hasta un máximo de 10 m/s y por último tomar medidas requeridas. En este proceso de carga se pone en manifiesto en la Figura 11.

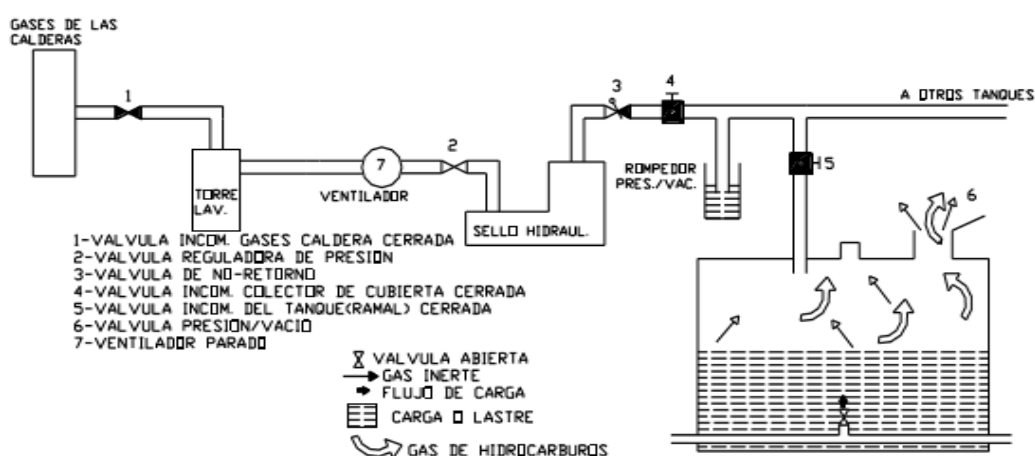


Figura 11: Proceso de carga

Fuente: (López, 2010).

NAVEGACIÓN CON CARGA O LASTRE:

Durante el viaje con carga o lastre solo se usa el sistema de gas inerte para compensar las pérdidas de presión de gas debido a diferentes

factores, en la travesía se mantendrán los tanques a una presión positiva de gas inerte de al menos 100 mm. de columna de agua, siendo necesario rellenar la presión de vez en cuando y una presión dentro de los tanques de 200 mm de columna de agua.

Es importante monitorear que el gas inerte no contenga más del 5% de oxígeno en volumen. Y si el sistema es puesto fuera de servicio durante el viaje se monitoreará que la alimentación eléctrica del panel de control esté conectada para el funcionamiento de las alarmas de oxígeno y presión por si se requiere generar más gas inerte. Cuando sea necesario rellenar se debe preparar la planta para suministrar gas inerte, abrir las válvulas de cubierta y ramales hasta alcanzar el valor deseado en presión y oxígeno como se puede observar en la Figura 12.

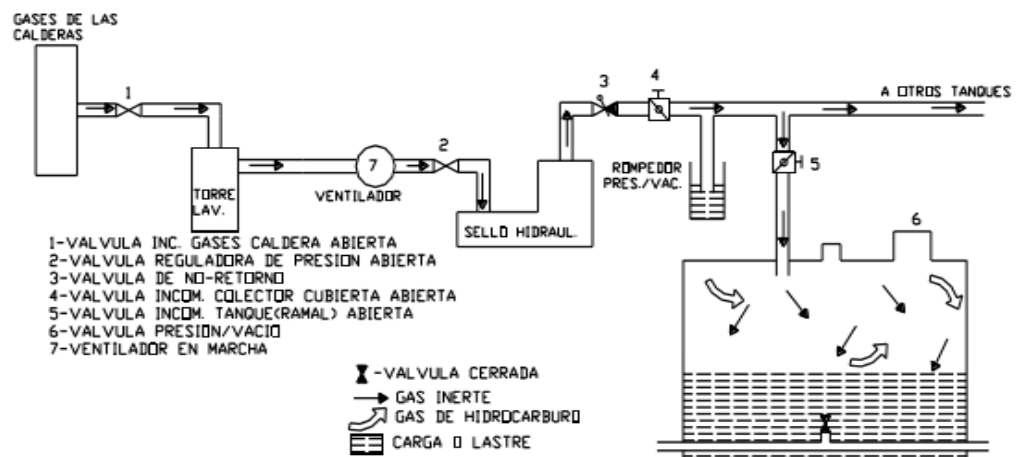


Figura 12: Relleno de gas inerte de un tanque.

Fuente: (López, 2010).

DESCARGA:

Durante la descarga de crudo o deslastre es necesario el uso del sistema de gas inerte para mantener la presión aceptable en los tanques conforme se reduce el nivel de líquido en los mismos, para evitar que el aire entre en contacto con los gases de hidrocarburo. Por tanto, es necesario llevar un registro continuo del contenido de oxígeno y presión en el colector de gas inerte.

Si se requiere abrir un tanque durante la descarga se monitoreará que la presión de la tubería de cubierta se reduzca a 15 mm. De columna de agua, cerrando la válvula de incomunicación de la tubería y abriendo la válvula presión vacío. También es necesario silenciar las alarmas. Seguido de esto se monitoreará el cerrado de la abertura anterior y llevar la presión a su valor original.

Se monitoreará que la presión dentro de los tanques sea de 300 mm. de columna de agua. Dicho esto, se resume que se deberá abrir la válvula de incomunicación de cubierta y la del ramal correspondiente, luego abrir las válvulas de descarga de los tanques según el programa de descarga, descargar el crudo o el lastre, cerrar las válvulas de descarga y por último comprobar que al finalizar el nivel de oxígeno de la atmósfera sea inferior al 8% como se observa en la siguiente Figura 13.

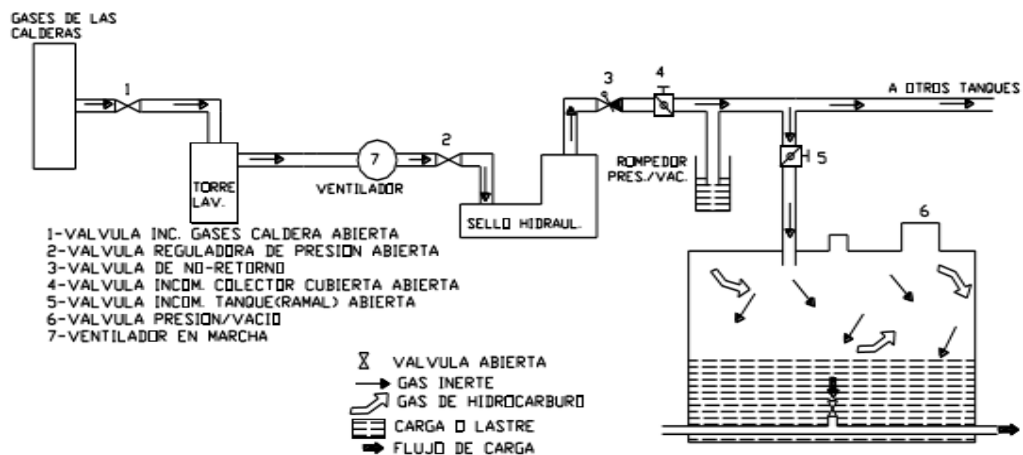


Figura 13: Proceso de descarga de un tanque.

Fuente: (López, 2010).

2.2.6 Medidas de seguridad

Según la regulación 62.11 del convenio SOLAS, el aislamiento de los tanques de carga de la cubierta principal de gas inerte

Para la desgasificación y el ingreso a tanques algunas válvulas siempre estarán equipadas de manera que puedan aislar los tanques de carga de la cubierta principal de gas inerte; se consideraran los factores apropiados como son:

1. La protección frente a la fuga de gases e incorrecto funcionamiento.
2. La facilidad y seguridad de uso.
3. Facilidad de poder utilizar el colector de gases para las operaciones de desgasificación.
4. Facilidad de aislamiento para los tanques por tiempos cortos y así lograr regularizar la presión de la botella y el manual ullaging.

5. Protección frente a daños estructurales generado por el bombeo de la carga y de lastrado si el tanque de carga es repentinamente aislado del colector de gas inerte.
6. Por ningún motivo la disposición deberá impedir la correcta ventilación de los tanques.

Llenado de líquidos e Interruptores de vacío

1. sea uno o más los llenados de líquidos e interruptores de vacío estarán provistos de válvulas de presión vacío como medida de seguridad, con el propósito de evitar presiones excesivas o vacío según indique la regulación 62 del convenio SOLAS.
2. Estos dispositivos son de poco mantenimiento, su condición le permite solo funcionar a la presión requerida si estos son llenados hasta el nivel requerido con líquido de que tenga la densidad adecuada. Se utilizará un aceite apropiado, agua dulce o glicol para evitar el enfriamiento en épocas frías.
3. Se estará atento a la evaporación, la entrada de agua de mar, la condensación y corrosión para poder ser subsanados, el aumento de presión vacío en los tanques de carga suscitados por tiempos pesados puede generar que el líquido del interruptor de p/v sea soplado al exterior.
4. El diseñador deberá certificar que las características del cierre hidráulico de cubierta, presión /vacío, los interruptores de presión vacío, los ajustes de presión de la cubierta de alto y bajo del gas inerte cuenten con alarmas compatibles.

Instrumentación y Alarmas

Para tener una manipulación segura y eficaz del sistema de gas inerte se necesitan contar con instrumentos fijos y portátiles, así mismo para el buen funcionamiento se darán instrucciones claras sobre el funcionamiento, calibración, pruebas de instrumentos y alarmas.

Según la regla 62 del SOLAS estos instrumentos y alarmas serán apropiados para soportar modificaciones de tensión de suministro, cambios de temperaturas de ambiente, vibraciones, humedad, choques, golpes, impactos y corrosiones que surgen a bordo de los buques (IGS,1990).

Según López (2010) existen tres clases de alarmas las cuales se mencionan a continuación:

1. Alarmas que son visuales y sonoros, sin ningún efecto automático sobre la planta de gas inerte.
2. Alarmas que son visuales, sonoros y que además tienen un efecto automático limitado que en algunas condiciones pueden parar el sistema de gas inerte.
3. Alarmas que paran directamente la planta de gas inerte, parando el ventilador, o por las interconexiones entre válvulas y ventiladores.

Según IGS (1990) la instrumentación y alarmas serán de la siguiente manera:

- TORRE DE LAVADO
 1. El flujo de agua de la torre de lavado estará controlado por un fluxímetro o un medidor de presión; se deberá activar una alarma si el flujo del agua es inferior a la cantidad establecida y los ventiladores del sistema se detendrán automáticamente si el flujo continúa decayendo. El límite para la activación de la alarma será determinado de acuerdo al diseño y material de la torre de lavado.
 2. El nivel del agua de la torre de lavado estará controlado por una alarma de nivel alto la que se activará si alcanza el límite establecido y este dejará de funcionar si continúa elevándose. El límite para la activación de la alarma será determinado de acuerdo al diseño y la inundación de los tubos de entrada de gas en la torre de lavado.
 3. Sera inspeccionada la temperatura de gas inerte a la salida de los ventiladores.se activará una alarma si la temperatura alcanza los 65°C, así mismo se cerrarán automáticamente los ventiladores del SGI si alcanzan los 75°C.
 4. Si el sistema requiere de un pre enfriador en la entrada de la torre de lavado se establecerán las alarmas antes mencionadas para medir la temperatura de salida de este pre enfriador que es útil para la protección de los materiales que la reviste.

5. Para inspeccionar la eficacia de la torre de lavado se exhorta a indicar las temperaturas de entrada y salida del agua del enfriador, igualmente las diferencias de presión en la torre.
6. Todos los sensores, flotadores y sondas que tienen contacto con el agua y el gas dentro de la torre de lavado estarán hechos de materiales resistentes al ataque de ácidos.

La alarma para el alto nivel de agua en la torre de lavado, será alarma acústica y visual ubicado en el panel de control y también podrá apagar la planta automáticamente (López, 2010).

- SELLO DE CUBIERTA

Los sellos de agua de cubierta contarán con una alarma que se activará cuando el nivel de agua es inferior a lo establecido, esto será antes que el sello haya quedado inoperativo. Para aquellos sellos de agua tipo seco u otro será posible desactivar la alarma al momento de abastecer gas inerte al sistema de distribución (IGS, 1990).

La alarma para el bajo nivel de agua en el sello de cubierta será de tipo acústica y visual, estará ubicada en el panel de control de la planta. (López, 2010).

- COLECTOR DE GAS INERTE

Se inspeccionará la presión de gas en el colector de gas inerte a través de una alarma que se activará cuando la presión llegue al límite

establecido, El límite para la activación de la alarma será determinado de acuerdo a la proyección de los tanques, de la válvula mecánica de retención y del sello de agua (IGS, 1990).

- ANALIZADOR DE OXÍGENO, REGISTRADOR E INDICADOR

1. El punto de toma de muestra para el analizador y registrador de oxígeno, deberá estar ubicado en la tubería que se encuentra después de los ventiladores y antes de la válvula de regulación de gas como lo especifica la regla 62 del SOLAS. En esta ubicación pueden presentarse circunstancias turbulentas debido a los ventiladores; el punto de muestra debe ser de fácil acceso.
2. La toma de muestra estará asociado a un filtro de polvo de acuerdo a las instrucciones del fabricante del instrumento, tanto la toma de muestra y el filtro se podrán extraer y limpiar.
3. El tubo que une la toma de muestras con el analizador de oxígeno no impedirá su función a pesar de las condensaciones que pueda sufrir, así mismo, las uniones empleadas en las tuberías serán mínimas para evitar el ingreso de aire.
4. Los enfriadores si es posible estarán situados en el punto más frío del sistema, descartando esto si se necesita calentar las tuberías de los sensores para frenar la condensación.
5. El analizador estará en una ubicación segura, protegido del calor y de las condiciones ambientales dañinas, también estará situado lo más próximo al punto de toma de muestra para emplear menor tiempo en la extracción de muestras y análisis.

6. El registrador y el repetidor según la regla 62 del SOLAS exige que se evitara ubicaciones sujetas a vibraciones y calor.
7. La resistencia de los cables entre el analizador y el registrador debe estar de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
8. El analizador de oxígeno debe tener una exactitud de +1% del total de la escala del indicador.
9. De acuerdo al tipo de medición la calibración será en cero y/o escalas en proximidades del analizador de oxígeno, estará equipado de tomas adecuadas para los analizadores portátiles.

Es necesario que el contenido de oxígeno del gas suministrado a los tanques tenga porcentajes por debajo del 8% en volumen.

El analizador de oxígeno y el registrador de oxígeno tienen que medir el contenido de los gases que salen de los quemadores, o cualquier tubería que pasan por la cubierta, alertar si este contenido es crítico; existen analizadores de oxígeno fijo y analizadores de oxígeno portátil.

El analizador de oxígeno fijo está diseñado para controlar permanentemente el contenido de oxígeno en la muestra de gas, es altamente exacto, analiza los datos velozmente y no requiere mantenimiento. El sistema de muestreo está diseñado para suministrar un flujo y caudal conveniente; el analizador fijo está formado por, una unidad de control con circuitos eléctricos que sirven para controlar la temperatura del sensor y producir la señal del display y un transmisor.

El analizador de oxígeno portátil está diseñado para controlar el contenido de oxígeno de los gases que hay en los tanques o de los que salen de los mismos para examinar si se está llevando bien el proceso de inertización o desgasificación.

Por otro lado, el registrador de oxígeno está ubicado en el panel principal de control y facilita la lectura y registro gráfico del contenido de oxígeno que existe en el colector de gas inerte (López, 2010).

- **LOS DISPOSITIVOS DE PRESIÓN DEBEN**

1. Tener un punto de muestras para poder utilizar los instrumentos portátiles, ubicado entre el sello de agua de cubierta y la válvula reguladora de presión de gas.
2. El sensor y registrador de presión de gas inerte recibir la señal de un punto del colector del gas inerte que está situado entre la válvula de retención y los tanques de carga.
3. Si la presión del colector de gas ubicado a proa de los aparatos de retención desciende más de 50 mm c.a deberá sonar una alarma o parar automáticamente las bombas de carga.

- **ASÍ MISMO SEGÚN LÓPEZ (2010) LAS ALARMAS DE PRESIÓN SERÁN LAS SIGUIENTES:**

1. Para la alta presión de gas inerte en el sistema se tendrá alarma acústica y visual en el panel de control y apagado de la planta, considerando alta presión de gas inerte (1200 mm. c. a.).

2. Para muy baja presión de gas inerte en el sistema se tendrá alarma acústica y visual en el panel de control y apagado de las bombas de carga, considerando baja presión de gas inerte (200 mm. c. a.) y muy baja presión de gas inerte (100 mm. c. a.).
3. Para baja presión de aire se tendrá alarma acústica y visual en el panel de control y apagado de la planta.
4. Para baja presión de agua en la torre de lavado se tendrá alarma acústica y visual en el panel de control y apagado de la planta.
5. Para baja presión de combustible en el quemador se tendrá alarma acústica y visual en el panel de control y apagado de la planta.
6. Para baja presión de gas inerte en el sistema se tendrá alarma acústica y visual en el panel de control de la planta.
7. Para baja presión de agua en el sello de cubierta se tendrá alarma acústica y visual en el panel de control de la planta.

Otras consideraciones de medidas de seguridad

1. Todas las alarmas mencionadas y exigidas en la regla 62 del SOLAS deberán sonar en el puente de navegación y en máquinas.
2. Acorde a la regla 62 del SOLAS se contará con instrumentos portátiles para medir las concentraciones de oxígeno y de vapores inflamables. Si se trata del medidor de vapores de hidrocarburos, se tendrá en cuenta de aquellos que funcionan por el procedimiento de filamento catalítico ya que este no es

conveniente para medir concentraciones de hidrocarburos en ambientes con deficiencia de oxígeno ni las concentraciones por encima del LII.

3. Todas las partes metálicas de instrumentos portátiles y tubos de toma de muestras que se ingresa a los tanques y se utilizan desben estar conectados a la tierra de la estructura del buque durante todo el tiempo que se utilicen dichos instrumentos y tomas de muestras, los ya mencionados serán de un tipo intrínsecamente seguro. Debe preparase suficiente tubería, para que la muestra que se toma de la atmósfera de un tanque sea lo suficientemente clara (IGS,1990).
4. Todos los tanques tendrán las aberturas suficientes para que las muestras tomadas sean claras, si el buque tiene mamparos totales o parciales también tendrán aberturas adicionales por cada subdivisión (IGS,1990).
5. Se pondrán en funcionamiento las alarmas de temperatura; si se registra alta temperatura del gas inerte se activara una alarma acústica y visual en el panel de control y apagara la planta de manera automática; si se registra alta temperatura de refrigeración se activara una alarma acústica y visual en el panel de control y apagara la planta automáticamente (Lopez,2010).
6. Control de llama es una medida de seguridad que solo se aplica en sistemas dedicados. Consiste en un detector ultravioleta que al no detectar llama, para este caso se tendra una alarma acústica y visual en el panel de control y apagara de la planta automáticamente.

Medidas de seguridad en general

- MEDIDAS DE SEGURIDAD ANTE FUENTES DE IGNICIÓN

A continuación, se menciona algunas medidas de seguridad, pero se tendrá en cuenta que siempre se aplicaran las medidas de seguridad establecidas por la compañía, así mismo, con independencia del sistema de gas inerte.

1. Sera permisible fumar en periodos y lugares establecidos por el capitán, ningún tripulante podrá introducir cigarrillos ni mecheros y bajo ningún motivo se retirará el aviso de NO FUMAR pese a que el buque ha sido tratado con gas inerte.
2. Todo material absorbente no se colocará junto a pinturas aceites ni otros ya que estos materiales cuando están en estado húmedo o envueltos de aceites pueden causar una ignición espontanea debido a la oxidación que se generó, la solución para esto es que los materiales mojados sean secados y los que están con aceite sean limpiados o eliminados.
3. Por ningún motivo se accederá al roce de materiales de aluminio en las cubiertas de acero ya que se podrían generar chispas.
4. Por ningún motivo se picarán ni pulirán las planchas hasta que el buque haya sido considerada libre de gases.
5. Sera preferible utilizar las herramientas normales antes de las que no producen chispas (non- sparking tools) debido a que los estudios realizados indican que no hay reducción apreciable frente al riesgo de ignición, es más presentan riesgos inherentes al mismo comparado con las herramientas normales (Walton, S/F).

Según Albornoz (2013) ya mencionadas las medidas de seguridad adoptadas por la compañía, el oficial responsable deberá realizar los siguientes chequeos:

1. El oficial encargado deberá verificar los equipos que se utilizarán durante el trabajo.
2. Antes del inicio se analizará el área de trabajo y el cumplimiento de las exigencias del permiso de trabajo.
3. Pasado al menos 30 minutos la verificación se continuará realizando hasta descartar todo tipo de riesgo.
4. Los análisis a la atmósfera del área de trabajo no pararán por ningún motivo.
5. Se confirmará que no existe ingreso de vapores inflamables, líquidos, gases tóxicos o gas inerte desde espacios adyacentes.

- **MEDIDAS DE SEGURIDAD EN TRABAJOS EN CALIENTE**

Según Walton (s/f) en primera instancia el primer oficial deberá verificar las siguientes condiciones:

1. El compartimiento a trabajar y adyacentes deberán estar en la condición libre de gases o desgasificado y no presentar materiales inflamados.
2. Que existan equipos contraincendios apropiados para ser utilizados inmediatamente.

(Albornoz, 2013) “Se debe tomar en cuenta la posible presencia de vapores de hidrocarburo en la atmósfera y la existencia de potenciales fuentes de ignición” (p.100).

Existen trabajos en caliente en un espacio designado que es un lugar seguro y apto, tal como la sala de máquinas que deberá ser considerado para poder realizar los trabajos en caliente, para ello este lugar se evaluará y precisará bajo qué condiciones puede ser utilizado este lugar, se realizarán controles adicionales a los que ya se aplicaron para este tipo de trabajo.

Como también existen trabajo en caliente fuera del espacio designado, el trabajo en este espacio será controlado con el permiso para trabajo en caliente, el capitán es quien argumenta en qué momento se realizará el trabajo y bajo qué condiciones de seguridad (Albornoz, 2013).

Según Albornoz (2013) el oficial encargado podrá autorizar dicho trabajo bajo la aprobación del armador quien realizará un análisis de tarea segura (ATS) para identificar y evaluar los peligros y riesgos, que se mencionan a continuación:

1. Durante las operaciones de carga, descarga, lastre, limpieza de tanques, desgasificado, purgado o inertización se prohibirán realizar trabajos en caliente y se cancelarán si existe algún permiso de trabajo en caliente.

2. Es preferible realizar un trabajo en caliente a la vez, pero si hay más de uno estos tendrán su permiso independientemente.
3. En la hoja de permiso de trabajo en caliente se deberá especificar los procedimientos, medidas de seguridad, conocimiento de cada uno de los involucrados y aceptación para dicho trabajo.
4. Se alistarán adecuadamente el espacio de trabajo, se revisarán las medidas de seguridad, que el equipo contra incendio esté listo y operativo.
5. Se designará a un personal para realizar rondas de seguridad en los posibles lugares afectados como lugares adyacentes no inertizados.
6. Las medidas de seguridad y aislamiento del lugar serán permanentes hasta que no exista riesgo alguno.
7. La tripulación designada para esta tarea deberá tener las competencias necesarias y el entrenamiento adecuado para este puesto.
8. La atmósfera del lugar deberá ser monitoreada, aprobada, ventilada, adecuada y tener menor al 1% de LEL.

No se deberán realizar trabajos en caliente en los mamparos de los tanques de combustible que tengan líquido y vapores de 500 mm (Albornoz, 2013).

TRABAJO EN CALIENTE EN UNA ZONA NO SEGURA

Como se ya se precisó estas zonas pueden presentar atmósferas explosivas, se deberán cumplir los procedimientos de trabajo para esta

zona e incluso si se ingresara a un espacio confinado, recordando siempre tener cuidado con la reacción de espacios adyacentes (Albornoz, 2013).

TRABAJO EN CALIENTE EN TANQUES DE CARGA

Si en el área a trabajar se presencian lodos, SLOPS, sedimentos, o cualquier material que induzca a emitir vapores inflamables deberán ser removidos, así mismo, esta área permanecerá limpia con una extensión de acuerdo a la evaluación de riesgos realizada. Todos los residuos (slops) serán eliminados o aislados de manera segura por lo menos a 30 metros del área de trabajo y los que no se encuentren en este rango deberán permanecer cerrados y fuera de todo riesgo, Así también los tanques con ubicación diagonal serán considerados adyacentes.

Se tendrá especial cuidado con las cuadernas reversas y mamparos, se considerará la utilización de las mantas resistentes al fuego, también se podrá formar una capa de agua en el fondo del tanque para evitar que las chispas contacten con la pintura.

Las líneas de interconexión ubicadas en el área de trabajo serán lavadas, drenadas, venteadas y aisladas; otras medidas a tomar es que las líneas de carga sean inertizados o llenas de agua, se comprobará que los serpentines de calefacción estén libres de hidrocarburos y que hayan sido lavados o soplados con vapor.

Si un tanque de combustible está ubicado adyacente al lugar de trabajo se probará que tenga menos del 1% de LEL y que no existirá transferencia de calor por sus mamparos, es importante que los demás tanques de carga sean inertizados y cualquier compartimiento sea cerrado.

Si el trabajo es en el mamparo del tanque de carga o un alrededor de 500mm de este, se limpiará y tomará las mismas precauciones del otro lado del tanque. Se analizará la disminución de presión del gas inerte durante el trabajo en caliente para evitar una ventilación no controlada (Albornoz, 2013).

TRABAJO EN CALIENTE EN LINEAS

Se analizará si es necesario desmontar cañerías, filtros válvulas del área de trabajo para repararlos en un área designado. Si el trabajo se va a realizar en el mismo lugar, las cañerías adyacentes serán flancheadas, limpiadas y desgasificados hasta estar en un estándar seguro, se considerará de acuerdo a la ubicación la ventilación continua y completa de la línea con aire fresco (Albornoz, 2013).

- **MEDIDAS DE SEGURIDAD EN OPERACIONES EN PUERTO**

Existen diversas precauciones a tomar en cuenta de las diversas áreas del buque durante las operaciones comerciales en el puerto.

Según Albornoz (2013) en el caso del sistema de gas inerte se tomarán las siguientes precauciones y medidas de seguridad.

1. Se tendrá extrema cautela al realizar el monitoreo o medición de gases, principalmente si se tratan de productos químicos tóxicos o altamente inflamables.
2. Al estar en funcionamiento el sistema de gas inerte el oficial encargado (primer oficial) deberá tomar todas las medidas necesarias para evitar algún caso de asfixia, por esta razón él se encargará de realizar las mediciones de oxígeno, gases inflamables y sulfuro de hidrógeno.
3. Se deberá especificar al terminal el tipo de venteo que se utilizará en el sistema de gas inerte o si hay alguna restricción con este, si es viable, no se deberá ventilar la atmósfera si se posee las líneas de retorno de gases.
4. Obviamente todo acuerdo realizado sobre la seguridad y calidad quedara firmado con el terminal y el charreador, y así evitar reclamos en un futuro.
5. Considerando el tipo de buque y carga, los detectores fijos se verificarán durante toda la operación de carga, para ello se seguirán las normas existentes sobre los límites de llenado de tanques y se calcularan los niveles máximos al que pueden llegar, estas mediciones se realizaran antes y durante la primera etapa de carga.

- MEDIDAS DE SEGURIDAD FRENTE A REPARACIONES DE LA PLANTA DE GAS INERTE.

Sea cual sea el trabajo en esta área el tripulante debe tener mucha precaución por el riesgo a su exposición al gas inerte ya que este es asfixiante y lleva a la pérdida de conocimiento, por estas razones es indispensable desgasificar toda la planta antes de realizar cualquier trabajo y seguir las precauciones de ingreso a espacios cerrados (López,2010).

- MEDIDAS DE SEGURIDAD FRENTE A PELIGROS PARA LA SALUD

Deficiencia de oxígeno

Cuando nos hallamos en una atmósfera con bajo porcentaje de oxígeno se puede llegar a la inconciencia sin presenciar los síntomas y en cuestión de segundos producirse daños cerebrales y la muerte.

Aun si se logra presenciar los síntomas la mente se torna más sensible, y el escapar agravaría aún más el estado por el desgaste físico y mental, por esta razón es indispensable ventilar los compartimientos hasta lograr el 21% de oxígeno (López, 2010).

Según Paschalis (2015) los efectos debido a la falta de oxígeno son:

1. 22% de oxígeno enriquecido atmósfera.
2. 20,8% nivel Normal ($\pm 0,2\%$).

3. 19,5% de oxígeno atmósfera deficiente.
4. 16% alteración del juicio y la respiración.
5. 14% fatiga rápida y juicio defectuoso.
6. 11% dificultad para respirar y la muerte en pocos minutos.

Toxicidad

La toxicidad de los vapores de hidrocarburos considerando la existencia de bolsas de gases y su regeneración dentro del tanque de carga la desgasificación deberá continuar hasta que el indicador marque 0% de gases de hidrocarburos o 1% de límite inferior de inflamabilidad (López, 2010).

Peligros electrostáticos

Este peligro puede desarrollarse por la formación de pequeñas partículas sólidas que pueden estar poco o muy cargadas electrostáticamente, esto puede desarrollarse durante el lavado de tanques por la generación de nieblas de agua.

Según especificaciones los tanques de carga normalmente se encuentran inertizados, entonces solo se formará una ignición electrostática por la elevación del nivel de oxígeno debido a la entrada de aire o a la falta de inertización de un tanque por tener una atmósfera inflamable (López, 2010).

2.2.7 Mantenimiento del Sistema de Gas Inerte

Es importante tener cuidado especial al realizar las inspecciones de todo aquello que implique el sistema de gas inerte, a continuación, se mencionaran los programas de inspección y mantenimiento de los componentes del sistema de gas inerte.

Torre de lavado

De acuerdo a los registros se inspeccionará la existencia de, atascos, daños o corrosiones en la carcasa de la torre, daños en el fondo de la torre, en las tuberías de agua de enfriamiento y duchas de agua, en los interruptores de flotador, en sensores de temperatura y en otras partes internas como filtros, placas y otros.

De la misma manera, se deberá inspeccionar si las partes no metálicas presentan daños en el forro interior, en los deshumificadores y en los techos de los estantes (López, 2010).

Tubería de descarga de la torre de lavado

Es complicado realizar una inspección eficaz en esta área, por esta razón en cada dique se aprovechará en verificar todos los elementos incluso la válvula de descarga.

Ventiladores de gases inertes

A simple vista podrá detectarse algún daño inicial en los ventiladores, se tendrá que llevar un análisis del sistema de monitoreo para de esta manera

poder contribuir a la eficacia del equipo, a través, de dos ventiladores de igual tamaño o sucesivamente, el suministro y retención de un repuesto impulsor cada uno con su respectivo eje a bordo; se tendrá un nivel de disponibilidad adecuado, la inspección visual se realizara a través de aberturas adecuadas existentes en los ventiladores.

Las inspecciones a los ventiladores de gas inerte exige una inspección interna de la caja del ventilador que son para los residuos de hollín o signos de estar sufriendo algún tipo de corrosión, un examen del sistema de lavado fijo o portátil, una inspección del funcionamiento de descarga de agua fresca si así lo amerita, una inspección de las líneas de drenaje de la caja de ventilador para saber si estas operan de manera clara y por último se realizara una observación del ventilador cuando esté en funcionamiento para poder detectar si hay vibraciones excesivas pues esto genera un desequilibrio.

Sello de agua de cubierta

Esta unidad realiza una función importante y debe mantenerse en buenas condiciones. En primera instancia se dará manteniendo al corroído de tuberías, daños por flotador, a las válvulas y a la línea de drenaje por la borda y conexiones.

Una inspección de cierre hidráulico de cubierta debe incluir:

1. Apertura para inspección interna para comprobar el bloqueo de las líneas de venturi en sellos de agua tipo de agua semi–secos.
2. Corrosión de las tuberías de entrada y alojamiento.

3. Corrosión de serpentines de calefacción.
4. Corrosión o peguado de los flotadores para drenaje de agua y válvulas de suministro y control del nivel.
5. Llenado y vaciado automático, para ser comprobado por un medidor de nivel local si es posible.
6. Presencia de arrastre de agua durante el funcionamiento en la línea principal de gas inerte.

Se deberá mantener en buen estado por el rol importante que desempeña, son normales las averías por las válvulas operadas por flotador, las corrosiones existentes en la tubería de entrada, los fallos en la tubería de descarga al costado y en la conexión; por esta razón las verificaciones se realizarán de la siguiente manera.

1. Se abrirá para realizar una inspección interna y verificar si existe corrosión en las tuberías de entrada, si existe corrosión en el serpentín de calefacción y si existe corrosión o ahogo en los flotadores de las válvulas.
2. Se abrirán las purgas del colector para realizar pruebas de funcionamiento, entre estos se verificará si el brote de agua es posiblemente generado durante su funcionamiento.
3. Se verificará con un medidor de nivel si el llenado y el desagüe automático están siendo ejecutados correctamente.

Válvula de no retorno

Esta válvula de retención debe ser abierta para la inspección y así comprobar la corrosión y la condición del asiento. La operatividad de la válvula debe ser verificada cuando esté en funcionamiento (IGS, 1990).

En este caso también será necesario abrir la válvula para inspeccionar si presenta corrosiones, si su asiento está en buen estado y su operatividad en general (López, 2010).

Prueba de otras unidades y alarmas

López (2010) Se establecerán procedimientos que logren comprobar que las unidades del sistema y las alarmas funcionen adecuadamente, así mismo, se deberá poder realizar simulaciones de sus funcionamientos como son:

1. Los tonos de alarmas.
2. Tonos de elementos de seguridad.
3. El funcionamiento de la válvula de retención y de sello de agua.
4. El funcionamiento de las válvulas de incomunicación de gases.
5. Cantidad de vibraciones en los ventiladores.
6. La cantidad de perdidas, teniendo en cuenta que los sistemas debemos inspeccionarlos si tienen más de 4 años.
7. El estado de los equipos de medición de oxígeno (portátil y fijo), para comprobar sus exactitudes.

Programa De Mantenimiento

López (2010) se presenta un programa de mantenimiento preventivo aconsejado con el que lograremos reducir el número y la gravedad de las averías de una manera considerable como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Mantenimiento preventivo aconsejado del sistema de gas inerte.

Componente	Mantenimiento Preventivo Aconsejado	Intervalo
Torre de lavado	Enjuagar con agua.	Después de usarla
	Limpieza del deshumidificador.	Cada tres meses
	Abrirla para inspección interna.	En dique
	Desarmar los reguladores de nivel y sensores de temperatura para inspección.	Cada seis meses
Tubería de descarga de la torre y válvulas de la torre	Desarmar la válvula, e inspeccionar tuberías y la conexión al costado.	En dique o cuando se pare
	Purgar durante 1 hora	Después del uso
Sello de agua de cubierta	Abrir e inspeccionar.	Cada año
	Inspeccionar válvulas automáticas.	Cada año
	Desarmar reguladores de nivel, válvulas de flotación.	Cada seis meses
Ventiladores de gas inerte	Enjuague con agua.	Después del uso
	Comprobar vibraciones.	Mientras funcione
	Inspección interior por escotillas.	Cada seis meses
	Desarme, apretado de ejes, etc.	Cada dos años

Válvula de retención mecánica	Moverla y lubricarla. Abrirla para inspección interior.	Antes de arrancarla Cada año
Válvula de incomunicación de gases	Moverlas. Limpieza con aire comprimido o vapor. Desarme para inspección y limpieza.	Antes de arrancar Antes de operarla Después de su uso
Válvulas de presión/ vacío	Moverlas y lubricarlas. Abrirla para inspección.	Cada seis meses Cada año
Válvula de incomunicación de cubierta	Abrirla para inspección.	Cada año
Sistemas de regulación de la presión del gas	Eliminación de la condensación. Abrir válvulas de regulación de presión de gas.	Antes de arrancar Cuando proceda
Rompedor de presión/ vacío	Comprobar el nivel de líquido.	Cada seis meses

Fuente: López (2010)

2.2.8 Regulaciones vigentes del sistema de gas inerte

Las disposiciones vigentes con respecto a la operación, construcción y procedimientos de seguridad en buques tanques petroleros con el transcurrir de los tiempos se han tornado más relevantes en el departamento de seguridad. Entre los convenios más importantes establecidos por la OMI que se aplican a los buques tanques con sistema de gas inerte son:

SOLAS (SAFETY OF LIFE AT SEA)

De entre todos los convenios internacionales que ven el tema de seguridad marítima, es este el más importante y uno de los más antiguos, el cual fue adoptado por primera vez con su versión inicial en una conferencia celebrada en Londres 1914.

El presente convenio en el capítulo I, regla 2 define buque tanque como “un buque de carga diseñado para el transporte de crudo o líquidos a granel derivados del petróleo, de naturaleza inflamable”.

En el capítulo II rige normas detalladas de construcción para buques petroleros, donde establece reglas relativas a equipos y sistemas en caso de incendios y normas al sistema de gas inerte instalado.

Albornoz (2013) Clasifica a los buques tanque, en petroleros, gaseros, quimiqueros y combinados (que pueden transportar hidrocarburos y/o minerales a granel) y los Floating production storage y offloading ships (FPSOs), los cuales son embarcaciones fondeadas en áreas de explotación las cuales cuentan con instalaciones apropiadas para el alojamiento y tratado de crudo.

ENMIENDAS AL CONVENIO INTERNACIONAL PARA LA SEGURIDAD DE LA VIDA HUMANA EN EL MAR, 1974

- RESOLUCIÓN MSC.365(93), adoptada el 22 de mayo de 2014

Capítulo II-2 construcción – prevención, detección y extinción de incendios: parte B (prevención de incendios y explosiones - regla 4)

Aplicación

En el caso de los buques tanque de 20.000 toneladas de peso muerto o más, creados el 1 de julio de 2002 o posteriormente, pero antes del 1 de enero de 2016, la seguridad de los tanques de carga se llevará a cabo por medio de un sistema fijo de gas inerte en conformidad con los requisitos del Código de Sistemas de Seguridad Contra Incendios, así mismo, los adoptados por la resolución MSC.98 (73), excepto que la Administración podrá aceptar otros sistemas o arreglos equivalentes, como se describe en el párrafo 5.5.4.

En el caso de los buques tanque de 8.000 toneladas de peso muerto construido a partir del 1 de enero de 2016 al transportar los productos descritos en la regla 1.6.1 o 1.6.2, las protecciones de los tanques de carga se llevarán a cabo a través de un sistema fijo de gas inerte

En el caso de los buques tanque que utilicen el crudo como un procedimiento de lavado de tanques, esta limpieza deberá estar

establecida con un sistema fijo de gas inerte en buques tanque contruidos a partir del 1 de julio de 2002 pero antes del 1 de enero del 2016, que cumplan con el protocolo del código de seguridad contra incendios, como también los adoptados por la resolución MSC.98 (73).

Los buques tanque que están obligados a contar con este sistema deberán: Estar provistos de conexiones de gas inerte hacia los espacios de doble casco, proporcionar medidas para evitar el ingreso de gases de hidrocarburos a los estanques de doble casco por medio del sistema y facilitar la conexión de los tanques que no están continuamente conectados por un sistema de distribución de gas inerte (SOLAS, 1974).

Sistema de gas inerte para buques tanque quimiqueros y gaseros

Las disposiciones aplicables a los sistemas de gas inerte que figuran en el código de sistemas de seguridad contra incendios, no deben aplicarse a los buques tanque para productos químicos creados antes del 1 de enero de 2016, incluidos los creados antes del 1 de julio de 2012, y todos los que transportan gas.

Cuando lleven productos descritos en la regulación 1.6.1 siempre que adopten los requisitos del sistema de gas inerte en los buques tanque quimiqueros establecidos por la administración, incluyendo las directrices desarrolladas por la misma.

Cuando lleven productos inflamables diferentes del petróleo crudo o petróleo pero que estén listados en los capítulos 17 y 18 del código internacional de productos químicos a granel, siempre que la capacidad usada para sus tanques no sobrepase los 3000m³ y que la capacidad individual de las toberas de los dispositivos de lavado de los tanques no exceda los 1705m³/h y el caudal combinado total de todos los dispositivos de lavado que se encuentren operando no exceda de 110m³/h.

Prescripciones especiales para los sistemas de gas inerte

El sistema de gas inerte tiene que solventar la inertización, el purgado, así como también, la liberación de gases de los estanques vacíos conservando la atmósfera interna del tanque con el correcto porcentaje de oxígeno, tal que no solvente una combustión.

Los buques tanque equipados con un sistema de gas inerte fijo deberán estar dotados de un diseño por el cual podrán obtener la toma de ullages en condición cerrada.

Prescripciones para sistemas equivalentes

La administración accederá a otras instalaciones fijas, de conformidad con lo establecido en la regla I/5 y en el párrafo 5.5.4.3, después de haber examinado la disposición y el equipo del buque.

En el caso de los buques tanque de peso muerto de 8.000 toneladas, como también de más de 20.000 toneladas de peso muerto creados a partir del 1 de enero de 2016, podrán ser aprobadas otras disposiciones

equivalentes o medios de protección de conformidad con el reglamento I/5 y el párrafo 5.5.4.3, por la administración.

Estos sistemas o arreglos equivalentes deberán, tener la eficiencia de evitar acumulaciones de gases explosivos dentro de los tanques de carga, durante el servicio diario, operaciones en el tanque, durante el lastrado en el viaje y tener un diseño tal que logre minimizar el riesgo de solventar una combustión o generar una electricidad estática por el propio problema.

Capítulo II-2 construcción – prevención, detección y extinción de incendios: parte E (prescripciones operacionales – regla 16)

Funcionamiento del sistema de gas inerte

Para buques tanque que cumplan con las disposiciones en la regulación 4.5.5.1, operaran cumpliendo con el objetivo de mantener el ambiente de los estanques de la carga no inflamable.

No obstante, a lo anterior, para el caso de los buques tanque que transportan productos químicos, la inertización se puede llevar a cabo después de la carga del tanque, pero antes del inicio de la descarga y se continuara suministrando gas inerte hasta que el tanque se encuentre libre de vapores inflamables. Solo el nitrógeno es aceptable como gas inerte bajo esta disposición.

No obstante, lo dispuesto en la regla 1.2.2.2, las disposiciones del presente se aplicarán a los buques tanque contruidos a partir del 1 de

enero de 2016. Si el contenido de oxígeno del gas inerte supera el 5% en volumen, se adoptarán medidas inmediatas para mejorar la calidad del gas. A menos que mejore la calidad del gas, todas las operaciones en los tanques de carga a los que se suministra gas inerte se suspenderán de modo que se evite que el aire penetre en los tanques de carga, se cerrará la válvula reguladora de gas, el gas de especificación se ventilará en la atmósfera.

No obstante, a la regulación 1.2.2.2, las disposiciones del presente párrafo solo se aplicarán a los buques creados a partir del 1 de enero de 2016. Si el contenido de oxígeno de la gasolina en volumen es mayor al 5%, se adoptará una acción instantánea para corregir la inertización y de no ser que se corrija el contenido de oxígeno las operaciones se paralizaran y se cerrara la válvula reguladora de gas.

Si fuera el caso de que el sistema este incapacitado de suministrar gas inerte a los tanques y no cumpla con el requisito del párrafo 16.3.3.1 y se ha evaluado de que no es prudente realizar una operación, la descarga y limpieza de los tanques de carga que requieran inertización solo volverán a operar cuando se hayan llevado a cabo los procedimientos de emergencia adecuados, cumpliendo las disposiciones dadas por la organización.

**CÓDIGO INTERNACIONAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EL EQUIPO
DE BUQUES QUE TRANSPORTAN PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS
A GRANEL (IBC), EDICIÓN DE 2007**

El presente código se aplica a los buques independientemente de su tamaño que forme parte del transporte de cargas a granel o de sustancias químicas peligrosas o sustancias líquidas nocivas (NLS) que no sean derivadas de petróleo o mercancías inflamables similares.

En la actualidad el código IBC se limita a los líquidos, los cuales tienen la característica de poseer una presión de vapor no superior a 2.28 MPa absolutos a una temperatura de 27.8°C.

**ENMIENDAS AL CÓDIGO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCIÓN Y
EQUIPO DE BUQUES QUE TRANSPORTAN PRODUCTOS QUÍMICOS
PELIGROSOS A GRANEL (CÓDIGO IBC)**

- RESOLUCIÓN MSC.369(93), adoptada el 22 de mayo de 2014

**Nuevo SOLAS y requerimientos por el código IBC para el sistema de
gas inerte en buques tanque quimiqueros**

En el 2004, como consecuencia de la pérdida total de (02) buques tanque quimiqueros debido a explosiones en sus tanques de carga, se han venido suscitando un sin número de incendios y explosiones similares

a bordo de los buques tanque. En su mayoría estas explosiones tienen en común el lavado de tanques y la expulsión de gases.

Como resultado de las dos tragedias sucedidas en 2004, se han reformado los requerimientos de gas inerte para los buques tanque petroleros y quimiqueros.

General para todos los buques tanque

Los buques tanque petroleros y quimiqueros, así como también los buques que transportan gas que contienen aceites inflamables (enumerados en el capítulo 17 y 18 del código IBC) de 8000 toneladas de peso muerto o más, construidos el 1 de enero de 2016 o posteriormente, deberán contar con un sistema fijo de gas inerte.

El porcentaje máximo que debe contener el gas inerte para abastecer los tanques de carga ha sido cambiado del 8% al 5%. Lo cual puede alterar la manera en que se establece la alarma detectora de oxígeno.

Requisitos específicos aplicables a los buques tanque quimiqueros

Exclusión de los buques tanque quimiqueros existentes cuyos volúmenes de los tanques sea menos de 3000 m³ y con un caudal de dispositivo de limpieza de tanques no mayor a 17.5 m³/h por boquilla y un caudal total no mayor a 110 m³/h por tanque o después del 1 de enero del 2016.

Para los buques tanque adheridos con un sistema de gas inerte, la inertización se llevará a cabo durante la carga, el viaje, la descarga, la limpieza del tanque y la purga antes de liberar el gas con aire.

En caso de los buques tanque quimiqueros, Se acepta que únicamente se aplicara gas inerte antes de iniciar la descarga. Se interpreta que para minimizar el tiempo del manejo de la carga. Una condición importante para la alternativa anterior es que el nitrógeno es el único tipo de gas inerte aceptado.

A pesar de que no es necesario suministrar nitrógeno hasta antes de iniciar la descarga, se debe aplicar en el proceso de descarga, en el proceso de limpieza del tanque y para purgar antes de expulsar el gas con aire.

La aplicación de gas inerte antes de iniciar la descarga puede llevarse a cabo mediante las conexiones normales de relleno de gas inerte en formas de vías verticales de válvula P/V.

La exclusión anterior para los buques tanque quimiqueros relacionados con la capacidad de gas inerte aún existe.

En el momento que se transporten sustancias químicas inflamables, es aceptable que la velocidad de descarga se disminuya al 80% de la capacidad del sistema de gas inerte.

El requerimiento operacional para la suelta de gas en el código IBC se ha reformado en conformidad con las disposiciones aplicables a los petroleros. Cuando los buques tanque quimiqueros necesiten usar gas inerte, los estanques de carga se purgarán hasta que los gases inflamables producto de la carga contenidos en el tanque, sean reducidos a menos del 2% en volumen. Como el manejo de las conexiones del gas inerte en forma de válvulas P/V no son adecuadas para la purga antes de liberar el gas inerte con aire usualmente se desarrollará mediante el sistema de carga.

Por último, en el caso de los buques tanque quimiqueros que necesiten estar inertizados y que lleven productos que contengan un inhibidor dependiente del oxígeno, se aplicara el gas inerte antes de iniciar la descarga. El nivel de oxígeno que contengan los vapores no será menos que el nivel mínimo de oxígeno para el inhibidor suministrado por el fabricante de la carga.

FSS CODE (FIRE SAFETY SYSTEM)

ENMIENDAS AL CÓDIGO INTERNACIONAL PARA SISTEMAS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS (CÓDIGO FSS)

- RESOLUCIÓN MSC.367(93), adoptada el 22 de mayo de 2014

REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA DE GAS INERTE

Generalidades

El sistema de gas inerte citado en el Capítulo II-2 del SOLAS será diseñado creado y probado a complacencia de la administración. Su diseño cumplirá con el objetivo de mantener la atmósfera de un tanque en estado inerte.

El sistema de gas inerte deberá ser capaz de:

1. Mantener los estanques de carga inertes con un porcentaje de volumen no superior al 8%, como también mantener con presión positiva en mar y puerto, salvo cuando sea requerido que dicho estanque esté libre de gases.
2. Suprimir la posibilidad del ingreso de aire a los tanques de carga durante las operaciones normales; a menos que sea necesario que el tanque esté libre de gases.
3. Purgar los tanques de carga que se encuentran vacíos de hidrocarburos o de algún vapor que solvente una explosión, de manera que las siguientes operaciones de liberación de gases no producirán en ningún momento un ambiente inflamable.
4. Entregará gas inerte a los tanques de carga a por lo menos el 125% del régimen máximo de descarga del buque expresado en volumen.
5. El contenido de oxígeno del gas inerte será no mayor al 5% en volumen a cualquier velocidad de carga requerida.

Todos los materiales utilizados en el sistema de gas inerte deberán ser contruidos con material anticorrosivo como el caucho, resina epoxi, fibra de vidrio u otro recubrimiento equivalente.

Medidas de seguridad

El sistema de gas inerte estará proyectado de modo que la presión máxima que pueda ejercer en cualquier tanque de carga no exceda de la presión de prueba de ese tanque, se dispondrá la desconexión automática del sistema de gas inerte y sus componentes cuando se alcancen límites predeterminados, habida cuenta de lo dispuesto en los párrafos 2.2.4, 2.3.2 y 2.4.2.

Se proveerán dispositivos de cierre adecuados en el orificio de descarga de cada instalación generadora, el sistema se proyectará de modo que se garantice que, si el contenido de oxígeno excede del 5 % en volumen, el gas inerte se expulsará automáticamente a la atmósfera.

Se proveerán medios que permitan estabilizar el funcionamiento de la instalación de gas inerte antes de comenzar el desembarque de la carga. Si se han de utilizar los ventiladores para desgasificar, sus tomas de aire irán provistas de obturadores, en los casos en que se haya instalado una válvula de doble bloqueo y purga, si se produce una pérdida de corriente, el sistema garantizará el cierre automático de las válvulas de bloqueo y la apertura automática de la válvula de purga.

Componentes

1. Se instalarán como mínimo dos dispositivos de retención con el objetivo de impedir el retorno de vapores y/o gases provenientes de los tanques de carga.
2. El primer dispositivo deberá ser un tanque de sello de cubierta.
3. El segundo dispositivo deberá ser una válvula anti-retorno o equivalente el cual impida el retorno de gases o fluidos provenientes de los tanques de carga.
4. Contará con un sello de agua el cual estará provisto de dos bombas, donde cada una de ellas pueda solventar el suministro de agua requerido.
5. Se adoptarán medidas necesarias para garantizar que el sello de agua opere de forma eficaz incluso en condiciones de ambiente frío.
6. Los dispositivos de retención deberán estar posicionados en la zona de carga de la cubierta.

Indicadores y alarmas

El estado operacional del sistema de gas inerte se indicará en un panel de control.

Se instalarán instrumentos que, cuando se esté suministrando gas inerte, indiquen y registren continuamente, la presión existente en los colectores de gas inerte situados delante de los dispositivos de retención; y el contenido de oxígeno del gas inerte.

Los dispositivos de indicación y registro estarán situados en la cámara de control de la carga, si la hay. Si no hay cámara de control de la carga,

se emplazarán en un lugar fácilmente accesible para el oficial encargado de las operaciones relacionadas con la carga.

Además, se instalarán aparatos de medición en el puente de navegación y en la cámara de mando de las máquinas o en el espacio de máquinas, para indicar el contenido de oxígeno a que se hace referencia en el párrafo 2.2.4.2.2.

También se proveerán alarmas acústicas y visuales, según el sistema proyectado, que indiquen lo siguiente:

1. Contenido de oxígeno superior al 5 % en volumen.
2. Fallo en el suministro eléctrico a los dispositivos indicadores a los que se hace referencia en el párrafo 2.2.4.2.
3. Presión de gas inferior a una columna de agua de 100 mm. El dispositivo de alarma será tal que la presión de los tanques de decantación de los buques de carga combinada se pueda supervisar en todo momento.
4. Presión alta de gas.
5. Fallo en el suministro eléctrico al sistema de control automático.

Manuales de instrucciones

A bordo del buque se dispondrá de manuales de instrucciones pormenorizadas que abarquen los aspectos de funcionamiento, las prescripciones de seguridad y mantenimiento y los riesgos para la salud en el trabajo relacionados con el sistema de gas inerte y su aplicación al

sistema de tanques de carga. Dichos manuales incluirán orientaciones sobre los procedimientos que se han de seguir en caso de avería o fallo del sistema de gas inerte.

Prescripciones para sistemas de gas de combustión y generadores de gas inerte

En el generador de gas inerte se instalarán dos bombas de fueloil. Se proveerá combustible adecuado en cantidad suficiente para los generadores de gas inerte.

SISTEMA DE GAS INERTE (1990)

Esta publicación contiene directrices para sistemas de gas inerte y documentos pertinentes de la OMI sobre sistemas de gas inerte. Se incluyen las disposiciones del convenio SOLAS relativas a la aplicación y requisitos técnicos de los sistemas de gas inerte, junto con la evolución de la reglamentación de los sistemas de gas inerte en los buques tanque de productos químicos, con objeto de establecer el marco y los requisitos internacionales de los sistemas de gas inerte.

Además, la regla 62.1 exige que el sistema de gas inerte sea diseñado, construido y probado a satisfacción de la administración. Estas directrices se han elaborado para complementar los requisitos del convenio para el sistema de gas inerte. Ayuda a los administradores a

determinar los parámetros del diseño, construcción y procedimientos operativos adecuados en cuando los sistemas instalados en buques que enarbolan la bandera de su estado.

Aplicación

Los sistemas de gas inerte exigidos en los nuevos buques tanque por la regla 60 del capítulo II-2 de la SOLAS y de conformidad con la regla 62.

Sistemas de gas inerte exigidos en los buques tanque existentes por la regla 60 del capítulo II-2 del 1978 Protocolo SOLAS y de conformidad con la regla 62.20.

Sistemas de gas inerte que estén equipados, pero no estén obligados a cumplir los la regla 60 del capítulo II-2 del Protocolo SOLAS de 1978.

Según el código IGS (1990) los buques deberán cumplir las políticas generales de control de atmosfera de carga

1. Los buques que estén equipados con un sistema de gas inerte deben mantener los tanques de carga en todo momento en no inflamables.
2. Los tanques deben mantenerse en estado inerte en todo momento excepto cuando el ingreso es necesario.
3. El oxígeno debe mantenerse al 8% o menos y con un volumen positivo en todos los tanques.
4. En el interior del tanque debe hacerse la transición de la condición inerte a la condición libre de gases sin pasar por la condición

inflamable, es decir, antes que cualquier tanque esté libre de gas se deberá purgar con gas inerte hasta que el contenido de hidrocarburo de la atmósfera del tanque se encuentre por debajo de la línea de dilución crítica.

5. Si el buque se encuentra en estado libre de gases antes de ingresar a puerto deberá inertizar los tanques antes de cargar.
6. Para tener los tanques de carga en estado no inflamable, la planta de gas inerte deberá requerir que los tanques vacíos estén inertes, el sistema este operativo durante la carga, descarga y limpieza de tanques, purgar los tanques antes de liberar gases, recargar las presiones de los tanques cuando sea necesario durante la navegación.

OIL COMPANIES INTERNATIONAL MARINE FORUM (OCIMF)

Tiene como objetivo convertirse en la primera autoridad en la operación segura y ambientalmente responsable de los buques petroleros, terminales y buques offshore. Creado en abril de 1970 como consecuencia de la preocupación pública acerca de la contaminación marina, especialmente por el petróleo luego del incidente del buque tanque petrolero Torrey Canyon en 1967.

A inicios de los años 70 con poco acoplamiento florecieron innumerables modos anti polución a nivel nacional, regional e

internacional. Por medio de la OCIMF, la industria petrolera logró desempeñar un rol más pronunciado tomando así la disposición en cooperación con gobiernos y organismos intergubernamentales. En 1971 obtuvo el estatus consultivo de la OMI y continúa presentando opiniones de la industria petrolera en las reuniones de la OMI.

Esta organización presenta variedad de publicaciones, como es el SIRE (ship inspection report) y el TMSA (The Tanker Management and Self Assessment), ambos reconocidos a nivel nacional.

- INTERNATIONAL SAFETY GUIDE FOR OIL TANKERS AND TERMINALS (ISGOTT)

publicado por la Cámara Internacional de Navegación (ICS) y el Foro Marítimo Internacional de Compañías Petroleras (OCIMF) en 1978.

ISGOTT es una guía estándar sobre la operación segura de buques tanque y terminales petroleras a las cuales suministran. Para ello esta guía debe mantenerse actualizada en cuanto a diseños de buques y prácticas de operaciones, así mismo, reflejar los avances de la última tecnología y nuevas legislaciones.

En la actualidad la guía se divide en cuatro secciones: Información general, información de buque tanques, información de terminales y gestión de buque tanques, e interfaz de terminales.

En su sección II: Información de buques tanque, capítulo 7 sobre sistemas a bordo, describe las operaciones del sistema de gas inerte fijo, que es utilizado para mantener una atmósfera segura en un tanque. Así mismo, se describen las precauciones a considerar para evitar los peligros que afecten a la salud a consecuencia de la operación de la planta de gas inerte.

Para la mejor manipulación de este sistema se recomienda verificar la información detallada en el manual de operaciones del buque, instrucciones del fabricante y los planos de instalación, de ser aplicable. Del mismo modo, para obtener una explicación más detallada sobre el diseño, principios de operación y prácticas consultar la publicación de la OMI con lo que respecta a lineamientos del sistema de gas inerte.

Generalidades

Los gases de hidrocarburo que por lo general se hallan en los buques tanque petroleros, se encuentran en una atmósfera no inflamable si contiene menos de aproximadamente el 11% de oxígeno por volumen, esta es una manera de evitar incendios o explosiones en el espacio de vapores de los tanques de carga.

El porcentaje establecido generalmente se logra mediante un sistema de tuberías fijo que emane gas inerte a cada tanque de carga para reducir el contenido de aire, reduciendo de esa manera el contenido de oxígeno, con lo cual se logra que la atmósfera del tanque sea no inflamable.

- INERT GAS SYSTEM - 2017

El uso del sistema de gas inerte para el transporte de cargas inflamables, emitido por el foro marítimo internacional de compañías petroleras en el año 2017.

Si bien el asesoramiento dado en este documento informativo se ha desarrollado utilizando las mejores fuentes disponibles actualmente, se pretende que sea puramente una guía. La OCIMF no acepta responsabilidad alguna por la interpretación de esta guía.

Esta guía se basa en incidentes históricos que abarcan incendios y explosiones en las áreas que se transportan cargas inflamables, de acuerdo a los hechos, se establecen beneficios para la seguridad del uso del gas inerte y una barrera efectiva para evitar incendios y explosiones en los tanques de carga independientemente de su tamaño. Es preciso informar que este documento no ofrece orientación para buques tanque quimiqueros que transportan cargas químicas.

Legislación

El convenio SOLAS presenta requisitos para que los buques tanque sean equipados con un sistema de gas inerte a bordo, estas disposiciones fueron desarrolladas por la OMI y entro en vigor en 1980 para todos aquellos buques petroleros de 100.000 DWT a más.

En 1981 SOLAS estableció nuevas enmiendas donde se reduciría la implementación de un sistema fijo a bordo en los buques petroleros de 100.000 DWT a 20.000 DWT.

El 01 de enero del 2016 entra en vigor la nueva enmienda donde se reduce la instalación del sistema a partir de 8.000 DWT para todos aquellos buques construidos partir o posterior a esta fecha.

OCIMF da la bienvenida a estos cambios; sin embargo, el principio de basar los requerimientos del gas inerte en buque por el Deadweight tonnage (DWT) no reconoce adecuadamente los riesgos que representan las cargas de petróleo inflamables o los beneficios probados de la seguridad de transportar tales cargas bajo condiciones inertes.

2.3 Definiciones conceptuales:

Buque tanque: SOLAS (capítulo I, regla 2), define por buque tanque, a un buque de carga construido o adaptado para el transporte a granel de líquidos de naturaleza inflamable.

Hidrocarburo: MARPOL 73/78 (anexo I, regla 1.1), define hidrocarburo, como el petróleo en todas sus manifestaciones, incluidos los crudos de petróleo, fuel-oil, los fangos, los residuos petrolíferos y los productos de refinación.

IBC: Código Internacional para la Construcción y el Equipo de Buques que Transporten Productos Químicos Peligrosos a Granel, que proporciona un estándar internacional para el transporte seguro por mar de productos químicos líquidos peligrosos y nocivos a granel. Para minimizar los riesgos para los buques, sus tripulaciones y el medio ambiente (OMI, 2017).

Inflamabilidad: Se entenderá por atmósfera explosiva la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada (Bechtold, 2011).

OCIMF: Foro Marítimo Internacional de las Compañías Petroleras reconocida por la OMI, es una asociación voluntaria de compañías petroleras con interés en el cuidado del medio ambiente, transporte seguro de oleos, productos petrolíferos, petroquímicos, gas y operaciones seguras en terminales (OCIMF, 2017).

Triángulo de inflamabilidad: O diagrama de inflamabilidad es el sistema gráfico para representar la inflamabilidad de una mezcla de un combustible con el aire respecto a una atmósfera inerte, estos contemplan las concentraciones del componente inerte, combustible y comburente (Bechtold, 2011).

Dióxido de carbono (CO₂): Gas más pesado que el aire, formado por la combinación de un átomo de carbono y dos de oxígeno, que se produce en las combustiones y que es uno de los principales causantes del efecto invernadero (Real Academia Española, 2014).

CAPÍTULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 Formulación de la hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

H_i : Existe un nivel de conocimiento promedio del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H_o : No existe un nivel de conocimiento promedio del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

3.1.2 Hipótesis específicas

H_1 : Existe un nivel de conocimiento promedio de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H_{o1} : No existe un nivel de conocimiento promedio de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H₂: Existe un bajo nivel de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H₀₂: No existe un nivel bajo de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H₃: Existe un bajo nivel de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H₀₃: No existe un bajo nivel de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H₄: Existe un nivel de conocimiento promedio de las medidas seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H₀₄: No existe un nivel de conocimiento promedio de las medidas seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H₅: Existe un bajo nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H₀₅: No existe un bajo nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H₆: Existe un bajo nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

H₀₆: No existe un bajo nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

3.2 Variable

Conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Diseño de la investigación:

La presente investigación es de diseño no experimental, transversal y descriptivo. No experimental debido a que no existe manipulación de las variables. Es transversal porque la recolección de datos se dio en un tiempo único, con el propósito de describir la variable y analizar su incidencia en un momento dado. Es descriptivo porque se busca medir la variable de estudio, para poder posteriormente describirla en los términos deseados por el investigador; en otras palabras, describir una realidad en base a hechos y a partir de ella buscar la solución del problema, como es describir el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

4.2 Población y Muestra

Población

La población utilizada en esta investigación contó con 63 oficiales mercantes embarcados de la naviera Transoceánica de los cuales ,33 son de la especialidad de puente entre primeros, segundos y terceros oficiales de puente y 21 son de máquinas entre primeros, segundos y terceros ingenieros de máquinas, todos ellos embarcados en los nueve buques tanques existentes de la naviera mencionada, actualmente navegando.

Muestra

El tipo de muestreo fue no probabilístico por conveniencia, debido a que no se pudo contar con la disponibilidad de todos los oficiales mercantes de la Naviera Transoceánica a su arribo al Puerto del Callao, para la aplicación del instrumento, por ello la muestra estuvo constituida por 54 oficiales mercantes.

Operacionalización de variables

Tabla 5

Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Conocimiento del Sistema de Gas Inerte por un Generador de Gas Inerte	Componentes del sistema de gas inerte	Nivel de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	1,2,3,4,5,6 y 7
	Procedimientos operacionales del sistema de gas inerte	Nivel de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	8,9,10,11 y 12
	Monitoreo del sistema de gas inerte	Nivel de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	13,14,15,16,17 y 18
	Medidas de seguridad del sistema de gas inerte	Nivel de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	19,20,21,22,23 y 24
	Mantenimiento del sistema de gas inerte	Nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	25,26,27,28 y 29
	Regulaciones vigentes del sistema de gas inerte	Nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	30,31,32,33,34,35 y 36

Fuente: Elaboración propia

4.3 Técnicas de Recolección de datos

4.3.1 Técnicas

Para la recolección de datos se utilizó “Cuestionario”, un sistema de preguntas ordenadas con coherencia, con sentido lógico y psicológico, expresado con lenguaje sencillo y claro. Permite la recolección de datos a partir de las fuentes primarias (García, 2002).

4.3.2 Instrumentos

El instrumento elaborado fue una “Prueba de Conocimientos”, que se realizó previa revisión de expertos. Los cuales fueron: Capitán de Marina Mercante Angel Carbajal Díaz, Capitán de Marina Mercante Max Durand Matos, Capitán de Marina Mercante Petrov Maximov, Jefe de Máquinas de Marina Mercante Walter Castro Rivero, Jefe de Máquinas de Marina Mercante Juan Lucero Rodríguez, Jefe de Máquinas de Marina Mercante Eduardo Viaña Vasquez.

4.3.2.1 Prueba de conocimiento del sistema de gas inerte.

La aplicación de la prueba para evaluar el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanques petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera

peruana, fue elaborada, previa revisión de seis jueces expertos. En esta prueba se evaluó los conocimientos acerca de los componentes, los procedimientos operacionales, el monitoreo, las medidas de seguridad, el mantenimiento y las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

Este instrumento se compone de un total de 36 preguntas con (5) alternativas teniendo una respuesta correcta, de las cuales las 7 primeras componen la dimensión 1, las 5 siguientes de la dimensión 2, luego 6 preguntas de la dimensión 3, 6 preguntas de la dimensión 4, 5 preguntas de la dimensión 5 y por ultimo 7 preguntas de la dimensión 6, todas ellas sobre un valor de 72 puntos, donde se le asigna 2 puntos a cada pregunta correcta y 0 puntos para la incorrecta, esta prueba tuvo una duración total de 45 minutos.

La calificación fue de la siguiente manera:

Dimensión número 1:

Nivel muy bajo menor que 8.
Nivel bajo de 8 a 10.
Nivel promedio de 10 a 12.
Nivel de alto de 12 a 14.
Nivel muy alto mayor a 14.

Dimensión número 2:

Nivel muy bajo menor que 2.
Nivel bajo de 2 a 3.
Nivel promedio de 3 a 4.
Nivel de alto de 4 a 6.
Nivel muy alto mayor a 6.

Dimensión número 3:

Nivel muy bajo menor que 5.
Nivel bajo de 5 a 7.
Nivel promedio de 7 a 10.
Nivel de alto de 10 a 12.
Nivel muy alto mayor a 12.

Dimensión número 4:

Nivel muy bajo menor que 2.
Nivel bajo de 2 a 4.
Nivel promedio de 4 a 6.
Nivel de alto de 6 a 8.
Nivel muy alto mayor a 8.

Dimensión número 5:

Nivel muy bajo menor que 1.
Nivel bajo de 1 a 3.
Nivel promedio de 3 a 6.
Nivel de alto de 6 a 8.
Nivel muy alto mayor a 8.

Dimensión número 6:

Nivel muy bajo menor que 4.
Nivel bajo de 4 a 6.
Nivel promedio de 6 a 10.
Nivel de alto de 10 a 14.
Nivel muy alto mayor a 14.

4.3.2.2 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

Validez

Este instrumento fue validado por el criterio de seis jueces expertos quienes analizaron cada ítem planteado para la prueba de conocimiento

del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanques petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Confiabilidad

En la tabla 6 se aprecia el coeficiente de Alfa de Cronbach cuyo valor alcanzó el valor de .704 por lo cual se considera confiable la prueba de conocimientos del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros.

Tabla 6

Confiabilidad de la prueba de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente

Alfa de Cronbach	N de elementos
.704	36

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos.

Mediante la ciencia de la estadística descriptiva se nos permitió procesar y analizar los datos de la encuesta, mediante el programa informático IBM SPSS versión 24.

IBM SPSS (versión 24) es un programa estadístico para ciencias sociales que nos permitió procesar, analizar y presentar los datos obtenidos en la prueba.

4.5 Aspectos éticos

En esta investigación se aplicaron los principios éticos, por ello en este estudio consideró la autonomía, la justicia, no maleficencia.

Para la aplicación del instrumento (Anexo II) se informó al oficial embarcado de la naviera Transoceánica la finalidad e inspiración de la investigación, se contó con el apoyo del gerente de flota y el jefe de capacitación de dicha naviera, así como el consentimiento informado (Anexo III) respetando la participación voluntaria. A todos los oficiales se les aplicó el mismo cuestionario, brindándoles un trato cortés y amable. La información obtenida se adquirió con la finalidad de no causar daños físicos, psicológicos y sociales. Finalmente, la Naviera Transoceánica S.A se favorece con la investigación, ya que los resultados obtenidos, le permitirá analizar su situación y tomar decisiones para su futuro ya que maneja una gran flota de buques que cuentan con el sistema de gas inerte.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1 Análisis Estadístico Descriptivo

Para identificar el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana, se procedió a determinar el cálculo de las frecuencias y porcentajes como se observa en las tablas respectivas.

5.1.1 Análisis del resultado

Descripción de los resultados sobre el nivel de Conocimiento del Sistema de Gas Inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Según los datos obtenidos que se muestran en la Tabla 7, respecto a los porcentajes por niveles para la prueba de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana el 35,2% de los

participantes presentó un nivel promedio de conocimiento, el 33,3% presentaron un nivel bajo, el 20,4% logró el nivel alto, el 7,4% logró un nivel muy bajo y el 3,7% alcanzaron un nivel muy alto de conocimiento.

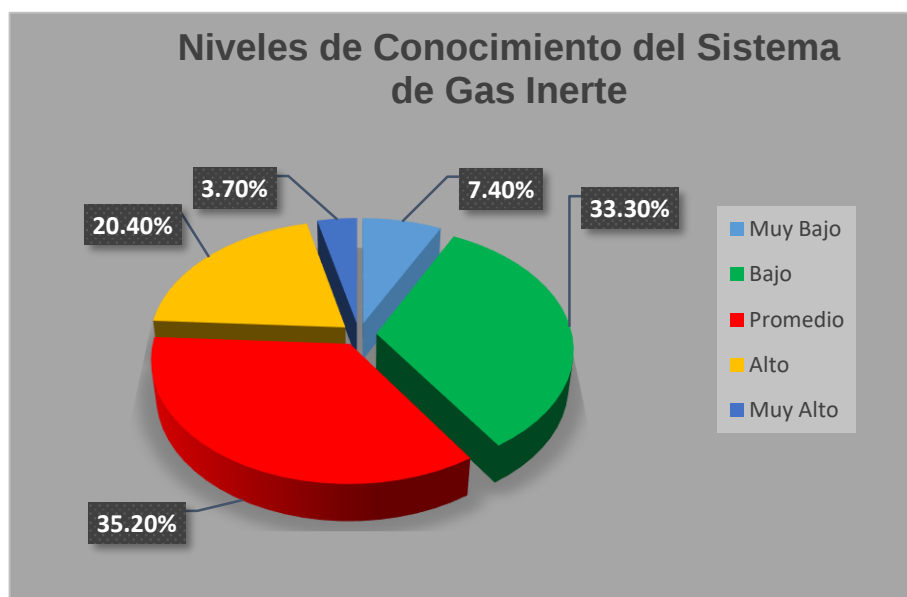
Tabla 7

Resultados sobre el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

Niveles	Frecuencia n	Porcentaje %
Muy bajo	4	7,4
Bajo	18	33,3
Promedio	19	35,2
Alto	11	20,4
Muy alto	2	3,7
total	54	100

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14: Niveles de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana



Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Análisis por dimensiones

Descripción de los resultados sobre el nivel de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Según los datos obtenidos que se muestran en la Tabla 8, el 37% de los participantes presentaron un nivel bajo de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros, el 31,5% presentaron un nivel promedio, el 24,1% logró el nivel alto y el 7,4% alcanzaron un nivel muy bajo de conocimiento.

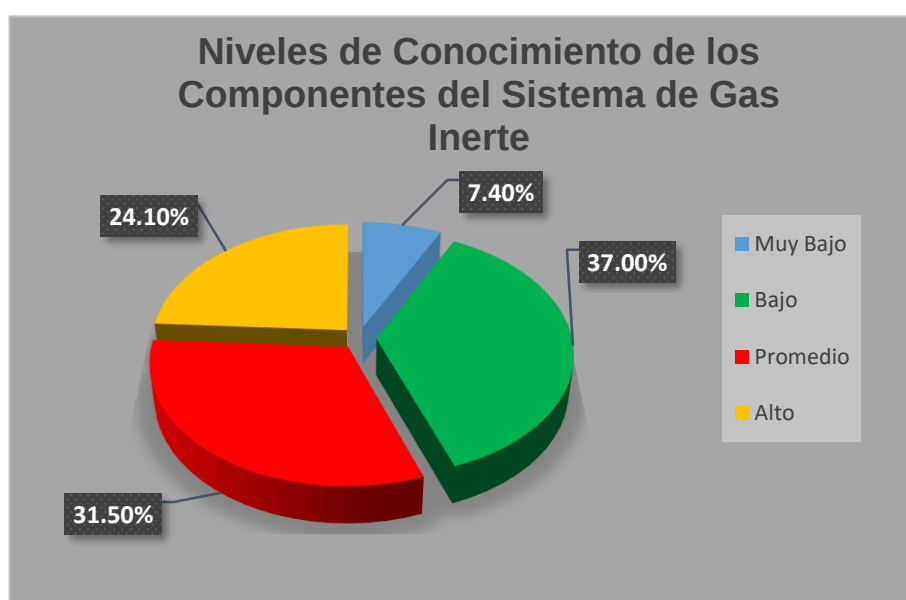
Tabla 8

Resultados sobre el nivel de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

Niveles	Frecuencia n	Porcentaje %
Muy bajo	4	7,4
Bajo	20	37
Promedio	17	31,5
Alto	13	24,1
total	54	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Niveles de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente



Fuente: Elaboración propia

Descripción de los resultados sobre el nivel de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Según los datos obtenidos que se muestran en la Tabla 9, el 48,1% de los participantes presentó un nivel muy bajo de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros, el 40,7% logro el nivel promedio, el 7,4% logró el nivel alto y el 3,7% alcanzaron un nivel muy alto de conocimiento.

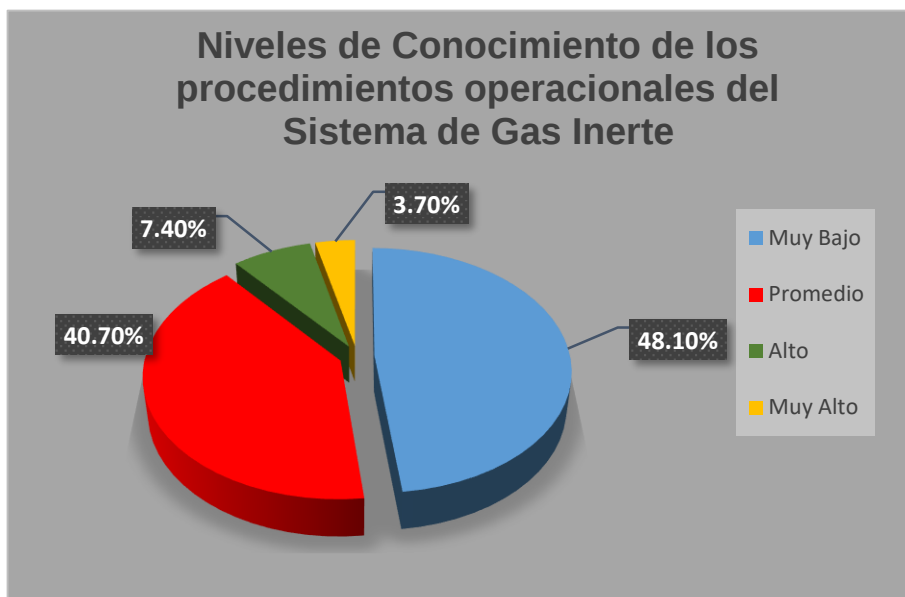
Tabla 9

Resultados sobre el nivel de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

Niveles	Frecuencia n	Porcentaje %
Muy bajo	26	48,1
Promedio	22	40,7
Alto	4	7,4
Muy alto	2	3,7
total	54	100

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Niveles de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción de los resultados sobre el nivel de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Según los datos obtenidos que se muestran en la Tabla 10, el 70,4% de los participantes presentó un nivel promedio de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros, el 20,4% logró un nivel bajo, el 5,6% logró el nivel alto y el 3,7% alcanzaron un nivel muy bajo de conocimiento.

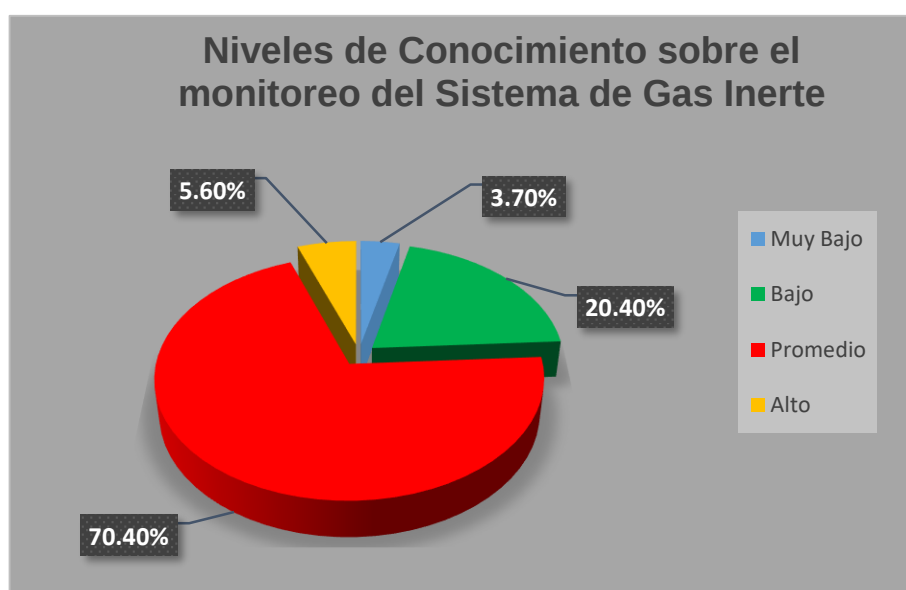
Tabla 10

Resultados sobre el nivel de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

Niveles	Frecuencia n	Porcentaje %
Muy bajo	2	3,7
Bajo	11	20,4
Promedio	38	70,4
Alto	3	5,6
total	54	100

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17: Niveles de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción de los resultados sobre el nivel de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Según los datos obtenidos que se muestran en la Tabla 11, el 33,3% de los participantes presentó un nivel promedio de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros, el 27,8% presentaron un nivel bajo de conocimiento, el 20,4% logró el nivel muy bajo, el 16,7% logró un nivel alto y el 1,9% alcanzaron un nivel muy alto de conocimiento.

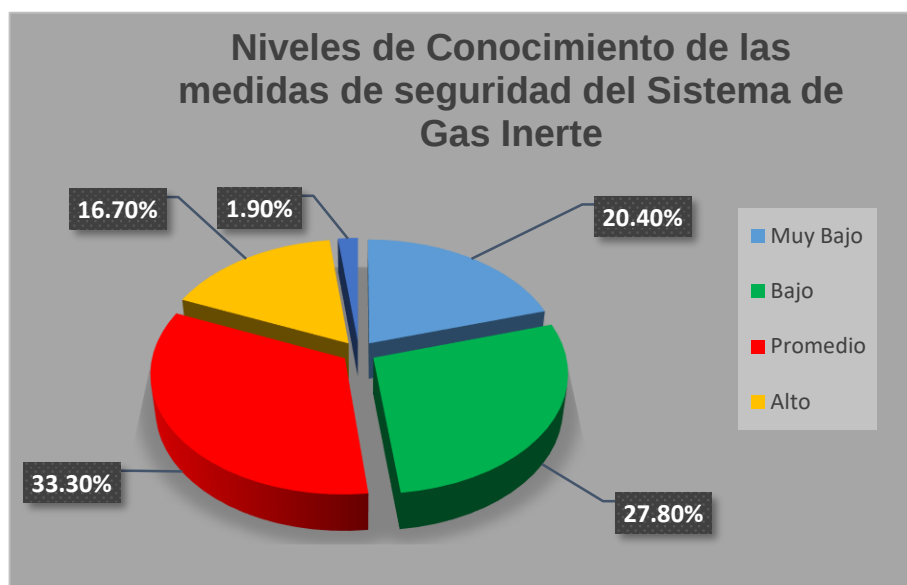
Tabla 11

Resultados sobre el nivel de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

Niveles	Frecuencia n	Porcentaje %
Muy bajo	11	20,4
Bajo	15	27,8
Promedio	18	33,3
Alto	9	16,7
Muy alto	1	1,9
total	54	100

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18: Niveles de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción de los resultados sobre el nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Según los datos obtenidos que se muestran en la Tabla 12, el 64,8% de los participantes presentó un nivel promedio de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros, el 20,4% logró un nivel bajo, el 11,1% logró el nivel alto y el 3,7% alcanzaron un nivel muy bajo de conocimiento.

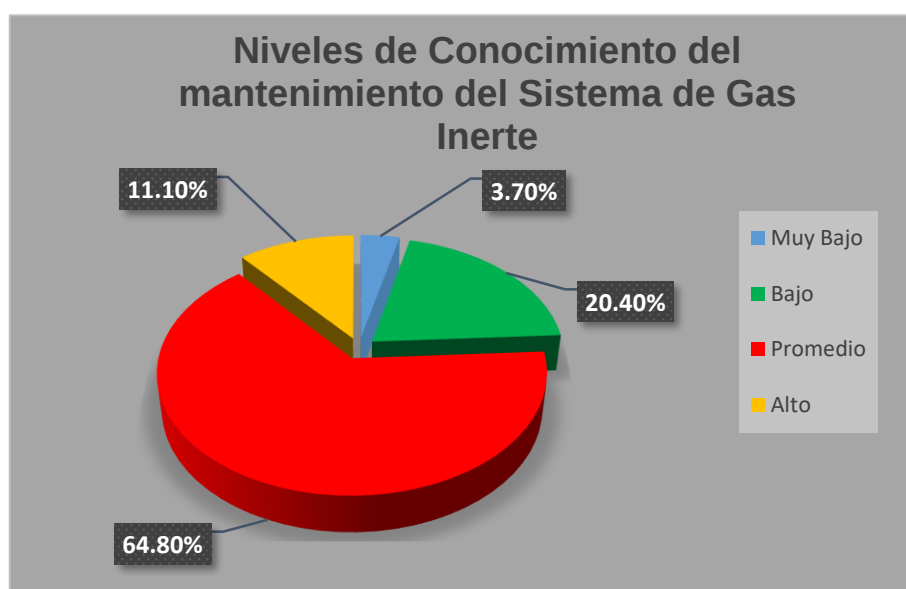
Tabla 12

Resultados sobre el nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

Niveles	Frecuencia N	Porcentaje %
Muy bajo	2	3,7
Bajo	11	20,4
Promedio	35	64,8
Alto	6	11,1
total	54	100

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19: Niveles de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción de los resultados sobre el nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.

Según los datos obtenidos que se muestran en la Tabla 13, el 53,7% de los participantes presentó un nivel promedio de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros, el 20,4% logró un nivel bajo de conocimiento y el 13% alcanzaron un nivel alto y muy bajo de conocimiento.

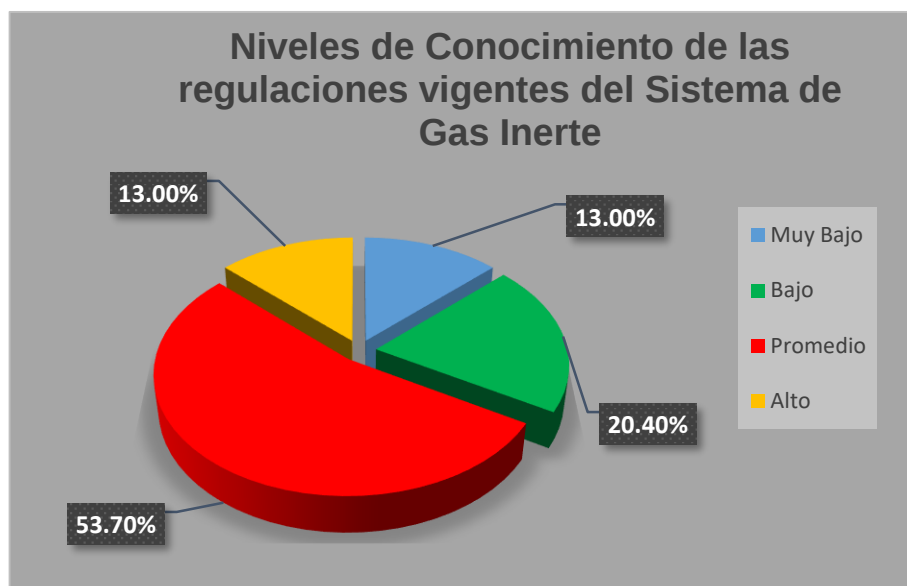
Tabla 13

Resultados sobre el nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

Niveles	Frecuencia	Porcentaje
Muy bajo	7	13
Bajo	11	20,4
Promedio	29	53,7
Alto	7	13
total	54	100

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20: Niveles de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron comprobar la hipótesis general afirmando que existe un nivel de conocimientos promedio del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana. Estos resultados tienen concordancia con los hallados por Akyuz (2015) con su investigación “Cuantificación de la probabilidad de error humano para el proceso de Inertización del gas a bordo de los petroleros”. Existiendo discrepancia con los hallados por Campos y Vera (2005), donde indican que debido a los altos riesgos que presenta el manejo del gas inerte es apropiado que los oficiales encargados generen un nivel de conocimiento alto para reducir al mínimo estos riesgos.

Así también se evidencia la discrepancia con los resultados encontrados por la OCIMF (2017) quien estudió el uso del gas inerte para el transporte de cargas inflamables, donde determinan que los incendios y explosiones de la carga de los tanques en buques petroleros se evitarían con el uso efectivo del sistema de gas

inerte, aliado con la capacitación y la aplicación de procedimientos correctos, así mismo, incrementaría la seguridad a bordo.

Así también se evidencia la discrepancia con los resultados encontrados por DNA (2012) respecto al accidente ocurrido en el buque tanque Maharshi Krishnatreya en el 2012 que a pesar que existen procedimientos operativos estándar siendo una exigencia del SOLAS para realizar la limpieza de tanques después de una descarga de petróleo, los accidentes siguen ocurriendo por un posible error humano al no conocer bien estos procedimientos como en este suceso que tuvo como consecuencia la muerte de 5 marineros.

Así también se evidencia la falta concordancia con los resultados encontrados por Díaz (2010), quien estudio la explosión del buque petrolero María Alejandra, en la bahía de Algeciras, donde el Colegio de Oficiales De La Marina Mercante manifestó que la explosión se debió al lavado de tanques sin haber eliminado completamente los gases inertes, comprobando una vez más el bajo conocimiento en medidas de seguridad del sistema de gas inerte.

Así también, lo ocurrido con el buque “Heng San” en el 2001, estudiado por El Sub Comité FSI (2008) donde se dio la muerte de 7 tripulantes debido a la falta de conocimiento de la importancia del uso del sistema de gas inerte no se puso en funcionamiento.

De igual modo otro estudio realizado por Devanney (2005) sobre la explosión del buque tanque petroquímico “Mekka” ocurrido el 2004 en Brasil donde se presencia nuevamente el error humano con su falta de conocimiento ya que los tanques de este buque se encontraban bajo una atmosfera cargada de gases y no se utilizó el sistema de gas inerte para llevarlo a una atmosfera libre de gases.

Existiendo además coincidencias con los estudios de Gard AS (2005) quien demostró que a pesar que existen diversos procedimientos y advertencias frente a los problemas de gas y ausencia de aire ocurren accidentes por la falta de conocimiento de los seres humanos, como se tiene en este caso la muerte de un tripulante y el capitán, todo este suceso debido a que no utilizaron el equipo de respiración necesario, a la falta del registro del nivel de oxígeno antes de su ingreso, y la falta del llenado del permiso de trabajo correspondiente.

Por este y todos los estudios se demuestra la enorme necesidad de generar un alto nivel de conocimiento del sistema de gas inerte en los oficiales mercantes. El nivel actual donde se encuentran nuestros oficiales mercantes no es el ideal para mantener una navegación segura, unas operaciones comerciales u otro suceso de manera exitosa y fuera de riesgos, de manera que esto nos indica que esta falta debe ser subsanado y mejorado para lograr desempeñarnos sin dificultad, sin cometer errores ni dejar falta alguna al momento de hacer uso del sistema de gas inerte, logrando cumplir con los estándares que nos califica como marinos mercantes para preservar la vida humana en el mar .

Finalmente se puede afirmar a partir de los resultados obtenidos sobre el conocimiento del sistema de gas inerte cobran importancia porque se podría evitar o prevenir accidentes o incidentes en nuestro ámbito marítimo ya que nos pone al tanto que es necesario mejorar el nivel conocimiento en el tema tocado para asegurar que se lleve una navegación, carga, descarga, limpieza de tanques y otras operaciones efectivamente en cualquier buque tanque ya sean petroleros, gaseros y quimiqueros.

6.2 Conclusiones

Para la presente investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones

Primera: El 35,2% de los oficiales mercantes de una naviera peruana presentan un nivel promedio de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros comprobándose la hipótesis general afirmativa de la variable estudiada.

Segunda: El 37% de los oficiales mercantes de una naviera peruana presentan un nivel bajo de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros comprobándose la hipótesis nula de la variable estudiada.

Tercera: El 48,1% de los oficiales mercantes de una naviera peruana presentan un nivel muy bajo de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros comprobándose la hipótesis nula de la variable estudiada.

Cuarta: El 70,4% de los oficiales mercantes de una naviera peruana presentan un nivel promedio de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros comprobándose la hipótesis nula de la variable estudiada.

Quinta: El 33,3% de los oficiales mercantes de una naviera peruana presentan un nivel promedio de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros comprobándose la hipótesis específica afirmativa 4 de la variable estudiada.

Sexta: El 64,8% de los oficiales mercantes de una naviera peruana presentan un nivel promedio de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros comprobándose la hipótesis nula de la variable estudiada.

Séptima: El 70,4% de los oficiales mercantes de una naviera peruana presentan un nivel promedio de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros comprobándose la hipótesis nula de la variable estudiada.

6.3 Recomendaciones:

Primera: Brindar capacitaciones por profesionales expertos sobre el sistema de gas inerte a los oficiales de las especialidades de puente como de máquinas con el fin de reforzar el conocimiento; para la mejora de la seguridad del buque, la tripulación y el medio ambiente, sino también para enriquecer los conocimientos y ampliar su aptitud profesional, especialmente en las dimensiones con resultados no favorables con niveles muy bajos y bajo en conocimiento en lo que respecta a los componentes y procedimientos operacionales del sistema de gas inerte.

Segunda: Que la naviera Transoceánica realice talleres de aprendizaje con el uso de maquetas, legos, guías, manuales e instrumentos didácticos para facilitar y fortalecer los conocimientos del sistema de gas inerte, así mismo, aclarar las dudas existentes en los oficiales, lo cual aportará a mejorar sus competencias profesionales.

Tercera: Que la naviera Transoceánica y otras entidades interesadas implementen el uso de simuladores y programas a los oficiales para lograr una mayor destreza y solución de problemas en lo que respecta al sistema de gas inerte.

Cuarta: Que este estudio sirva de motivación para que se siga investigando sobre temas relacionados al conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros, por ser una herramienta de suma importancia en el ámbito marítimo.

Quinta: Instruirse sobre el SISTEMA DE GAS INERTE (1990), emitido por el comité de seguridad marítima, con el objetivo de encontrar similitudes y/o contrastes con el curso BUQUE TANQUE PETROLERO AVANZADO, para así poder interpretar de forma efectiva sus conocimientos.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Referencias bibliográficas

- Albornoz, A. (2013). *Seguridad, entrenamiento y capacitación en buques tanques petroleros*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- American Bureau of Shipping. (2004). *Inert gas System for ballast tanks*. Houston, TX 77060 USA.
- Bechtold, F. (2011). *La inertización de procesos industriales con recuperación de volátiles*. Barcelona, España: Abello linde, Expoquímica.
- Campos, A, & Vera, A. (2005). *Manual del proceso y mantenimiento del sistema de gas inerte (CO₂) del buque tanque nuevo Pemex I*. México: Universidad Veracruzana.
- Cárdenas, E., García, V. & Huertas, M. (2011). *Propuesta de un sistema de control automático para la generación de bióxido de carbono (CO₂) como gas inerte para protección en sitios confinado*. D.F México: Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional "Adolfo López Mateos".
- García, F. (2002). *El cuestionario*, Universidad de sonora unidad regional centro división de ciencias exactas y naturales, México: Limusa.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.

- López, J. (2010). *Diseño y cálculo de la planta de gas inerte de un buque petrolero de 150.000 TPM propulsados por turbinas a vapor*. Andalucía – España: Universidad de Cádiz.
- Méndez, A. (2016). *Operaciones de carga / descarga en un buque petrolero “Guanarteme”*. Santa Cruz de Tenerife – España: Universidad de la Laguna.
- Montes de Oca, J & Reluz, C. (2015). *Emisión de vapores tóxicos por buques de la naviera Transoceánica que cargan en la refinería la Pampilla año 2004*. Callao, Perú: Escuela nacional de Marina Mercante Almirante Miguel Grau.
- Organización Marítima Internacional. (2015). International code for fire safety system “FSS” Code. London SE1 7SR United Kingdom.
- Organización Marítima Internacional. (2014). Resolution msc.369(93) (adopted on 22 may 2014) amendments to the international code for the construction and equipment of ships carrying dangerous chemicals in bulk (IBC code).
- Organización Marítima Internacional. (2014). Resolution msc.367(93) (adopted on 22 may 2014) amendments to the international code for fire safety systems (FSS code).
- Organización Marítima Internacional. (2014). *Resolution msc.365(93) (adopted on 22 may 2014) amendments to the international convention for the safety of life at sea, 1974, as amended*.
- Organización Marítima Internacional. (2014). Safety of Life at Sea “SOLAS” *Convention*. London.

Organización Marítima Internacional. (2002). Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL) 73/78. Londres, Reino Unido.

Organización Marítima Internacional. (1990). Inert gas system,1990 (1860E. Ed.). London.

OCIMF (2017) *Inert gas system*. Oil Companies International Marine Forum, Bermuda London SW 1H 9BU United Kingdom.

OCIMF (2006) *International Safety Guide for Oil Tankers & Terminals "ISGOTT"*. International Chamber of Shipping, London and Oil Companies International Marine Forum, Bermuda London SW 1H 9BU United Kingdom.

Paschalis, N. (2015) *Tanker ship safety systems*. Grecia: Academia de Marina Mercante, Macedonia.

Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española* (23. Ed.). Madrid, España: Autor.

Rerequeo, E. (2009) *Procedimientos generales de las operaciones de carga y descarga de un buque tanque petrolero*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile

Ricardo, G. (2004) Los buques tanque y su clasificación. *Petrotecnia*.11-16.

Referencias electrónicas

- Akyuz, E. (2015). Quantification of human error probability towards the gas inerting process on-board crude oil tankers. *Safety Science*, 80, 77-86. Doi: 10.1016/j.ssci.2015.07.018.
- Becerra, B. (2014). Gas inerte. Recuperado de <https://prezi.com/vx3tg8rqh8b8/gas-inerte/>
- Daily News & Analysis. (2012). Human error led to mishap on board Varun LPG carrier. Recuperado de <http://www.dnaindia.com/india/report-human-error-led-to-mishap-on-board-varun-lpg-carrier-official-1761185>
- Det Norske Veritas. (2015). New requirements to Inert gas systems. Technical, update. Recuperado de [file:///C:/Users/USER/Downloads/TechnicalUpdate_01_2015_January_tcm8-8147%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/TechnicalUpdate_01_2015_January_tcm8-8147%20(1).pdf)
- Devanney, J. (2005) The strange history of tank inerting. Recuperado de <http://www.c4tx.org/ctx/pub/igs.pdf>
- Díaz, J. (2016) Tragedia del petrolero María Alejandra. Recuperado de <http://www.puentedemandando.com/la-tragedia-del-petrolero-maria-alejandra/>
- Diego, De los reyes, Tábara, Mejuto y Moreno. (2005) Muerte por asfixia en ambientes con baja concentración de oxígeno. Recuperado de <https://www.sogapar.info/wp-content/uploads/2010/08/pneuma-n-3-7b-2.pdf>
- García, R. (2014) Sistema de gas inerte a bordo. *Ingeniero marino*. Recuperado de <http://ingenieromarino.com/24O-SISTEMA-DE-GAS-INERTE-A-BORDO/>

Gard As Noruega. (2005). A fatal tanker accident. Gard. Recuperado de <http://www.gard.no/web/updates/content/51656/a-fatal-tanker-accident>

Soler, F. (2011) El gas inerte en buques petroleros Recuperado de <https://es.scribd.com/document/250124775/El-Gas-Inerte-en-Buques-Petroleros>

Sub-committee on fire protection, (2008) Measures to prevent explosions on oil and chemical tankers transporting low-flash point cargoes. Recuperado de <http://www.sjofartsverket.se/pages/17003/53-5-2.pdf>

ANEXOS

Anexo I
Matriz de consistencia

CONOCIMIENTOS DEL SISTEMA DE GAS INERTE POR UN GENERADOR DE GAS INDEPENDIENTE EN BUQUES TANQUE PETROLEROS EN OFICIALES MERCANTES EMBARCADOS DE UNA NAVIERA PERUANA						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál es el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?	Describir el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana.	Existe un nivel de conocimiento promedio del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana	VARIABLE DE ESTUDIO Conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	- Componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente. - Procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente. - Monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	Nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros.	Tipo De Investigación: Básica Diseño De La Investigación: No experimental-transversal – descriptivo Población: oficiales mercantes embarcados de la NAVIERA TRANSOCEANICA S.A
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS		- Medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente. - Mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas		
¿Cuál es el nivel de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?	Describir el nivel de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana	Existe un nivel de conocimiento promedio de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana		- Nivel de conocimiento de los componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente. - Nivel de conocimiento de los procedimientos		

¿Cuál es el nivel de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?	Describir el nivel de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana	Existe un bajo nivel de conocimiento de los procedimientos operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana		independiente. - Regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	operacionales del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente. - Nivel de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	
¿Cuál es el nivel de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?	Describir el nivel de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana	Existe un bajo nivel de conocimiento sobre el monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana			- Nivel de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	
¿Cuál es el nivel de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?	Describir el nivel de conocimiento de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana	Existe un nivel de conocimiento promedio de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana			- Nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.	
					- Nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un	

¿Cuál es el nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?	Describir el nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana	Existe un bajo nivel de conocimiento del mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana			generador de gas independiente.	
¿Cuál es el nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana?	Describir el nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana	Existe un bajo nivel de conocimiento de las regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana				

Anexo II

INSTRUMENTO UTILIZADO PARA LA RECOLECCION DE DATOS

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS DEL SISTEMA DE GAS INERTE POR UN GENERADOR DE GAS INDEPENDIENTE EN BUQUES TANQUE PETROLEROS EN OFICIALES MERCANTES EMBARCADOS DE UNA NAVIERA PERUANA - 2017

Datos Generales:

Edad: _____ Área al que pertenece: Puente () Máquinas ()

Cargo:

Años de experiencia en buques tanque:

Instrucciones:

Señale, la respuesta correcta según corresponda: Duración: 45 min.
Le agradecemos, de antemano, su colaboración.

Dimensión I: Componentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

1. ¿Qué componentes forman parte del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente?

- a) Caldera, torre de lavado, ventiladores, válvulas automáticas y válvula reguladora de gas.
- b) Válvulas de presión / vacío, rompedor de presión / vacío.
- c) Sello de agua de cubierta, válvula de no retorno, válvulas de presión / vacío y el rompedor de presión / vacío.
- d) a y b son correctas.
- e) b y c son correctas.

2. El quemador es un componente del sistema de gas inerte usado para:

- a) Lavar los gases emitidos por la combustión.
- b) El procedimiento de ignición en creadores de gas inerte.
- c) La seguridad del no retorno de los gases provenientes de la caldera.
- d) Eliminar el Hollín emitido por los gases de la combustión.
- e) Separar el oxígeno de los gases emitidos de la combustión.

3. ¿Qué componente del sistema de gas inerte tiene como función purificar los gases, refrigerar los fluidos emitidos por el quemador y eliminar las fracciones de hollín y dióxido de azufre?

- a) Quemador.
- b) Ventiladores.
- c) Torre de lavado (Scrubber).
- d) Sello de agua de cubierta.
- e) Válvula de no retorno.

4. Según el convenio SOLAS, se contará como mínimo con ____ ventiladores donde cada uno podrá suministrar gas inerte a los tanques de a por lo menos el 125% de la capacidad máxima del régimen de las bombas de carga expresado en volumen

- a) 01
- b) 02
- c) 03
- d) 04
- e) 05

5. ¿Cuál es la función principal del sello de cubierta?

- a) Limpiar las últimas impurezas de los gases provenientes de la caldera.
- b) Evitar el contra-flujo de gases provenientes de los tanques de carga.
- c) Contar con visores para la verificación del nivel de agua requerida.
- d) Enviar gas inerte a los tanques de carga.
- e) Tener un soporte mayor que el rompedor de presión / vacío.

6. La válvula reguladora de gas tiene un medio de cierre _____.

- a) Manual
- b) Automático
- c) Hidráulico
- d) Eléctrico
- e) a y b son correctas.

7. Es un componente de seguridad ubicado delante del sello de agua de cubierta provista de un medio de cierre positivo (una sola dirección):

- a) Válvula de presión / vacío.
- b) Válvula reguladora de gas.
- c) Válvula de no-retorno.
- d) Torre de lavado.
- e) Ventilador.

Dimensión II: Procedimientos operacionales del sistema de gas inerte un generador de gas independiente.

8. ¿Cuál de las opciones no forma parte del procedimiento de puesta en servicio del sistema de gas inerte?

- a) Verificar que haya suministro de corriente en el panel de control del sistema.
- b) Realizar la prueba operacional de las alarmas y paradas del sistema por falta de agua en la torre de lavado y sello de cubierta.
- c) Verificar que las válvulas para la ventilación estén cerradas y con brida ciega.
- d) Apagar los ventiladores.
- e) Verificar que el contenido de oxígeno sea de 8% o 5% en volumen.

9. Forman parte del procedimiento de puesta en fuera de servicio del sistema de gas inerte :

- a) Verificar que haya suministro de corriente en el panel de control del sistema, abrir la válvula de recirculación para estabilizar la planta.
- b) Abrir las válvulas de descarga de los ventiladores, abrir la válvula de recirculación para estabilizar la planta.
- c) Abrir la válvula de venteo a la atmosfera, cerrar la válvula reguladora de presión de los gases de escape y apagar los ventiladores.
- d) a y b son correctas.
- e) b y c son correctas.

10. ¿Cuál de las opciones no forma parte del procedimiento de verificación cuando la planta del gas inerte se encuentre fuera de servicio?

- a) El suministro de agua, así como el nivel de agua en el sello de cubierta deben ser verificados a intervalos regulares.
- b) Verificar el nivel del agua en los serpentines de la torre de lavado para prevenir el retorno de gases de hidrocarburos en espacios libre de gases.
- c) En climas templados asegurarse que el sello de cubierta y los rompedores de presión / vacío tengan aditivos anticongelantes.
- d) Antes que la presión en los tanques de carga caiga por debajo de los 100 mm/wg, los tanques deben ser presurizados.
- e) Probar la alama de falla de los ventiladores.

11. En el procedimiento de encendido de la planta de gas inerte, se verificará que la caldera este distribuyendo gases de escape con un contenido de oxígeno del _____ en volumen:

- a) 2%
- b) 4%,
- c) 5%
- d) 6%
- e) 8%

12. Medir o verificar el nivel de oxígeno y presión requeridos en los tanques inertizados, son parte del procedimiento de:

- a) Apertura.
- b) Verificación después de haber sido puesto en servicio.
- c) Verificación durante la puesta en servicio.
- d) Puesta en fuera de servicio.
- e) a y c son correctas.

Dimensión III: Monitoreo del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

13. ¿Cuál de las opciones no forma parte del monitoreo que se realiza antes de la puesta en servicio o encendido de la planta de gas inerte?

- a) Verificar que los niveles de agua en los tanques de cascada estén en niveles apropiados.
- b) Verificar que las alarmas de nivel de agua en los tanques (torre de lavado y sello de agua de cubierta) estén operacionales.
- c) Verificar que las calderas estén operativas.
- d) Verificar que las alarmas de la caldera estén operativas.
- e) Verificar que la Válvula de no retorno este abierta.

14. El monitoreo o control del sistema de gas inerte mientras esté en servicio se podrá realizar desde un panel de control ubicado en:

- a) Control de carga.
- b) Sala de máquinas.
- c) Pasillo principal.
- d) a y b son correctas.
- e) b y c son correctas.

15. ¿Cuál de las opciones no forma parte del monitoreo realizado por el oficial encargado mientras el sistema de gas inerte esté en servicio?

- a) Temperatura de salida de gas inerte.
- b) Presión y temperatura del manifold.
- c) Presión y nivel de agua en la torre de lavado.
- d) Entrada de aire y combustible al quemador.
- e) a y c son correctas.

16. Un buque que utiliza un generador de gas inerte independiente deberá monitorear lo siguiente:

- a) Que los niveles de agua de la torre de lavado sean apropiados según lo requerido y que sus alarmas estén operativas.
- b) Que las calderas operen correctamente y sus alarmas estén operativas.
- c) Las botellas de nitrógeno.
- d) a y b son correctas.
- e) b y c son correctas.

17. Se deberá monitorear que las capacidades de producción de la planta de gas inerte sean por lo menos del ____ de la capacidad de bombeo de las bombas de carga.

- a) 100%
- b) 115%
- c) 125%
- d) 130%
- e) 135%

18.El oficial o los oficiales encargados deberán monitorear el correcto funcionamiento del quemador, para asegurar que la cantidad de aire y combustible consumida por esta sea la más adecuada, para así producir gas inerte con un contenido del:

- a) 2% de oxígeno.
- b) 5% de oxígeno.
- c) 6% de oxígeno.
- d) 8% de oxígeno.
- e) 11% de oxígeno.

Dimensión IV: Medidas de seguridad del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

19.El sello de agua de cubierta y las válvulas de no-retorno son accesorios que forman parte de las medidas de seguridad del sistema de gas inerte para la:

- a) Protección del no retorno de gases.
- b) Protección del tanque.
- c) Protección del generador.
- d) a y b son correctas.
- e) a y c son correctas.

20.Los equipos que forman parte de las medidas de seguridad y que son utilizadas para la protección del tanque son:

- a) Las válvulas de presión / vacío y el sello de agua de cubierta.
- b) El rompedor de presión / vacío y el sello de agua de cubierta.
- c) Las válvulas de presión / vacío y el rompedor de presión / vacío.
- d) El sello de agua de cubierta y las válvulas de no-retorno.
- e) Las válvulas de no retorno y las válvulas de presión / vacío.

21. ¿Cuál de las opciones no es un factor a considerar dentro de las medidas de seguridad que cumplen las válvulas para aislar a los tanques de carga de la cubierta principal?

- a) Protección a la fuga de gases e incorrecto funcionamiento.
- b) La facilidad y seguridad de uso.
- c) Protección frente a daños estructurales ocasionados por el bombeo de la carga y de lastrado.
- d) Serán de diseño “mariposa”.
- e) a y b son correctas.

22. ¿Cuál de las alarmas mencionadas dará parada en automático al sistema de gas inerte en su activación?

- a) Alarma de flujo de elevada y baja presión del agua en la torre de lavado.
- b) Alarma de nivel de agua en el sello de cubierta.
- c) Alarma de presión en el colector del gas inerte.
- d) b y c son correctas
- e) a y d son correctas.

23. Una medida de seguridad indica que se activara una alarma si a la salida de los ventiladores se registra una temperatura de ____ a más, así mismo se cerrarán automáticamente los ventiladores del SGI si alcanzan los ____.

- a) 65°C – 75° C
- b) 65°C – 70° C
- c) 60°C – 80° C
- d) 75°C – 80° C
- e) 75°C – 85° C

24. Según el convenio SOLAS, el punto de toma de muestra para el analizador y registrador de oxígeno deberá estar ubicado en la tubería que se encuentra después de _____ y antes de _____ de gas.

- a) Los ventiladores – la válvula de regulación.
- b) La válvula de regulación – los ventiladores.
- c) La válvula de regulación – el sello de cubierta.
- d) Los ventiladores – el sello de cubierta.
- e) El sello de cubierta – la válvula de no retorno.

Dimensión V: Mantenimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

25. ¿Cuál de las opciones no corresponde al mantenimiento que se realiza a la torre de lavado?

- a) Mantenimiento a la existencia de atascos.
- b) Daños o corrosiones en la carcasa.
- c) Mantenimiento a los filtros.
- d) Corrosiones en las tuberías de agua de enfriamiento.
- e) Ninguna de las anteriores.

26. ¿Cuál de las opciones no corresponde al mantenimiento que se realiza a los ventiladores?

- a) Mantenimiento de las duchas internas.
- b) Corrosión en las líneas de drenaje.
- c) Limpieza a los depósitos de hollín.
- d) Inspección de las líneas de drenaje de la caja las cuales tienen que ser claras y operativas.
- e) Mantenimiento del soplate para detectar vibraciones.

27. Es parte del mantenimiento: purgar la Tubería de descarga y las válvulas de la torre de lavado después de su uso por un periodo de:

- a) 30 minutos
- b) 45 minutos
- c) 1 hora
- d) 1 hora y 30 minutos
- e) 2 horas

28. El mantenimiento del sello de agua de cubierta exige desarmar los reguladores de nivel y las válvulas de flotación cada:

- a) 30 días
- b) 3 meses
- c) 5 meses
- d) 6 meses
- e) 12 meses

29. Es parte del mantenimiento del rompedor de presión / vacío comprobar el nivel de líquido cada:

- a) 30 días
- b) 3 meses
- c) 6 meses
- d) 12 meses
- e) 18 meses

Dimensión VI: Regulaciones vigentes del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente.

30. Los tanques de carga deben mantenerse inerte en todo momento excepto en:

- a) Navegación
- b) Carga
- c) Descarga
- d) Ingreso a un tanque
- e) a y d son correctas.

31. El sello de agua de cubierta estará provisto de _____ bombas de suministro de agua.

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

32. La seguridad de los tanques de carga de un buque tanque petrolero se llevará a cabo por medio de _____ en conformidad con los requisitos del Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.

- a) Un sistema de gas inerte.
- b) Válvula de presión / vacío.
- c) Rompedor de presión / vacío
- d) a y b son correctas.
- e) b y c son correctas.

33. ¿Qué función debe cumplir la planta de gas inerte, para mantener los tanques de carga en estado no inflamable?

- a) Inertizar los tanques que se encuentren vacíos.
- b) Estar operativo durante la carga, descarga, deslastre y otras operaciones necesarias en los tanques.
- c) Purgar los tanques antes de desgasificar.
- d) Aumentar la presión en los tanques de carga cuando sea necesario.
- e) Todas las anteriores son correctas.

34. ¿Cuál de las opciones no es un requisito según el código FSS para el sistema de gas inerte, el cual será diseñado, creado y aprobado a complacencia de la administración?

- a) Mantener los tanques de carga inertes con un porcentaje de volumen no superior al 8%.
- b) Suprimir la posibilidad del ingreso de aire a los tanques de carga durante las operaciones normales, a menos que sea necesario que el tanque esté libre de gases.
- c) Purgar los estanques de carga que se encuentran vacíos de hidrocarburos o de algún vapor que solvente una explosión.
- d) Entregar gas inerte a los tanques de carga a por lo menos el 115% del régimen máximo de descarga del buque expresado en volumen.
- e) El contenido de oxígeno del gas inerte será no mayor al 5% en volumen a cualquier velocidad de carga requerida.

35. Todos los materiales utilizados en el sistema de gas inerte deberán ser contruidos con material anticorrosivo como son: _____, _____, _____ u otro recubrimiento equivalente.

- a) Caucho – resina epoxi – fibra de vidrio.
- b) Aluminio – fibra de vidrio – Resina epoxi.
- c) Acero reforzado – fibra de vidrio – caucho.
- d) Fibra de vidrio – resina epoxi – platino.
- e) Platino – aluminio – acero.

36. Según la nueva enmienda SOLAS, se instalarán como mínimo _____ dispositivos de retención con el objetivo de impedir el retorno de vapores y/o gases provenientes de los tanques de carga.

- a) 01
- b) 02
- c) 03
- d) 04
- e) 05

Anexo III

Base de datos de los sujetos de la muestra

Base de datos 9-08-17.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos																
Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda																
Visible: 52 de 52 variables																
	SUJETO	ESPECIALIDAD	CARGO	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_10	P_11	P_12	
1	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	
2	2	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	
3	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	
4	4	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	
5	5	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	
6	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
7	7	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	
8	8	2	1	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
9	9	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
10	10	2	3	0	2	2	2	0	2	2	2	0	0	0	0	
11	11	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
12	12	1	2	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
13	13	1	3	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
14	14	1	3	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
15	15	1	3	0	2	2	2	2	0	2	0	2	0	2	0	
16	16	1	1	0	2	2	2	2	0	2	0	2	0	2	0	
17	17	1	2	0	2	2	2	2	0	2	0	2	0	2	0	
18	18	1	3	0	2	2	2	2	0	2	0	2	0	2	0	
19	19	1	3	0	2	2	2	2	0	2	0	2	0	2	0	
20	20	1	1	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	2	
21	21	1	2	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	0	
22	22	1	3	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	2	
23	23	1	3	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	0	
24	24	2	1	0	2	2	2	2	0	2	0	0	0	2	0	
25	25	2	2	0	2	2	2	0	0	2	0	0	0	2	0	
26	26	2	3	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	2	0	
27	27	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	
28	28	1	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	
29	29	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	
30	30	1	3	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	0	0	
31	31	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
32	32	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	
33	33	2	3	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	
34	34	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
35	35	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	
36	36	1	3	0	0	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0	
37	37	1	3	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	0	
38	38	1	2	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
39	39	1	1	0	0	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	
40	40	2	2	2	0	2	2	2	0	0	0	2	0	2	2	
41	41	1	3	2	2	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	
42	42	1	3	2	0	2	2	2	0	2	2	0	0	0	0	
43	43	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	
44	44	2	3	2	2	2	2	0	0	2	2	0	0	0	0	
45	45	1	2	2	2	0	2	2	0	2	2	0	0	0	0	
46	46	2	1	2	2	2	2	0	2	2	2	0	0	0	2	
47	47	1	1	2	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	2	
48	48	1	3	2	2	0	2	2	0	2	2	0	0	0	0	
49	49	1	3	2	2	2	0	0	2	0	2	2	0	0	2	
50	50	1	2	2	2	0	2	2	0	2	2	0	0	0	0	
51	51	2	3	2	0	2	2	2	0	2	0	2	0	0	0	
52	52	2	2	2	2	0	2	2	0	2	2	0	0	0	2	
53	53	2	1	2	0	2	2	2	2	0	2	2	0	0	2	
54	54	1	1	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	
55																
56																
57																
58																
59																
60																
61																
62																
63																
64																
65																
66																

Base de datos 9-08-17.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos																
Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda																
Visible: 52 de 52 variables																
	P_13	P_14	P_15	P_16	P_17	P_18	P_19	P_20	P_21	P_22	P_23	P_24	P_25	P_26	P_27	
1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
2	2	2	0	2	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
3	0	2	0	2	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
4	2	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	2	2	0	2	2	2	0	0	0	0	2	0	2	0	0	
6	2	2	0	2	2	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	
7	2	2	0	2	2	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	
8	0	0	2	0	2	2	0	2	2	2	0	0	2	2	0	
9	0	0	2	0	2	2	0	2	2	0	0	2	2	2	0	
10	0	0	2	0	2	2	0	2	2	0	2	0	2	2	0	
11	0	0	2	0	2	2	0	2	2	0	0	2	2	2	0	
12	0	0	2	0	2	2	0	2	2	0	0	2	2	2	0	
13	0	0	2	0	2	0	0	2	2	0	0	2	2	2	0	
14	0	0	2	0	2	2	0	2	2	0	0	2	2	2	0	
15	2	2	0	2	2	0	0	0	2	2	0	0	2	2	0	
16	2	2	0	2	2	0	0	2	2	2	0	0	2	2	0	
17	2	2	0	2	2	0	0	0	2	2	0	0	2	2	0	
18	2	2	0	2	2	0	0	0	2	2	0	0	2	2	0	
19	2	2	0	2	2	0	0	0	2	2	0	0	2	2	0	
20	0	2	2	0	2	2	2	2	0	2	0	2	0	2	0	
21	0	2	2	0	2	2	2	2	0	2	0	2	0	2	2	
22	0	2	2	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	
23	0	2	2	0	2	2	2	2	0	2	0	2	0	2	0	
24	0	2	2	0	2	2	2	2	0	2	0	2	2	2	2	
25	2	2	0	2	2	2	2	2	0	2	0	2	2	2	2	
26	2	2	0	2	2	2	2	2	0	2	0	2	2	2	2	
27	0	2	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	2	2	0	
28	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0	2	0	0	2	0	
29	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	
30	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	
31	2	2	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	2	0	
32	0	2	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	2	2	0	
33	0	2	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	2	2	0	
34	0	2	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	2	2	0	
35	0	2	2	2	0	0	0	2	2	0	0	0	2	0	0	
36	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	2	0	0	
37	2	2	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
38	0	0	2	0	2	2	0	2	2	0	0	2	2	2	0	
39	2	0	0	2	2	2	0	2	0	2	0	0	2	2	0	
40	0	2	0	2	2	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	
41	0	2	2	0	2	2	2	2	0	0	0	2	2	0	2	
42	2	0	2	2	2	2	2	0	0	0	2	2	0	2	2	
43	0	0	2	2	2	0	2	0	0	0	0	2	0	2	2	
44	2	0	0	2	2	2	2	0	0	2	0	2	2	0	2	
45	2	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	2	0	2	2	
46	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0	
47	0	0	2	0	2	2	0	2	0	2	0	0	2	2	2	
48	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	2	0	0	
49	2	2	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	2	2	
50	2	0	2	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	2	
51	2	0	2	2	2	0	2	2	0	2	0	2	2	0	2	
52	0	0	2	2	2	2	0	2	0	2	0	2	2	0	2	
53	0	2	2	0	2	2	2	2	0	2	0	2	2	0	2	
54	2	2	0	0	2	2	2	2	0	0	2	2	0	2	2	
55																
56																
57																
58																
59																
60																
61																
62																
63																
64																
65																
66																

Base de datos 9-08-17.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos															
Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda															
Visible: 52 de 52 variables															
	P_28	P_29	P_30	P_31	P_32	P_33	P_34	P_35	P_36	SUMAT	DIM1	DIM2	DIM3	DIM4	
1	2	0	2	2	0	2	0	0	0	40	14	4	12	2	
2	2	0	2	2	0	2	0	0	0	38	14	4	10	2	
3	2	0	2	2	0	2	2	0	0	38	14	4	8	2	
4	2	0	2	2	0	2	0	0	0	34	14	4	8	0	
5	2	0	2	2	0	2	0	0	0	40	14	4	10	2	
6	2	0	2	2	0	2	0	0	0	38	14	2	10	4	
7	2	0	2	2	0	2	0	0	0	40	14	4	10	4	
8	0	0	2	2	0	0	2	0	2	38	12	2	6	6	
9	0	0	2	2	0	0	0	0	0	34	12	2	6	6	
10	0	0	2	2	0	0	2	0	0	34	10	2	6	6	
11	0	0	2	2	0	0	2	0	2	38	12	2	6	6	
12	0	0	2	2	0	0	2	0	2	38	12	2	6	6	
13	0	0	2	2	0	0	2	0	2	36	12	2	4	6	
14	0	0	2	2	0	0	2	0	2	36	10	2	6	6	
15	0	0	2	2	0	2	2	0	2	40	10	4	8	4	
16	0	0	2	2	0	2	2	0	2	42	10	4	8	6	
17	0	0	2	2	0	2	2	0	2	40	10	4	8	4	
18	0	0	2	2	0	2	2	0	2	40	10	4	8	4	
19	0	0	2	2	0	2	2	0	2	40	10	4	8	4	
20	0	0	2	2	2	2	2	2	0	46	12	4	8	8	
21	0	0	2	2	2	2	2	2	0	46	12	2	8	8	
22	0	0	2	2	2	2	2	2	2	52	12	4	8	10	
23	0	0	2	2	2	2	2	2	2	46	12	2	8	8	
24	0	0	2	2	2	2	2	2	0	46	10	2	8	8	
25	0	0	2	2	2	2	2	2	2	48	8	2	10	8	
26	0	0	2	2	2	2	2	2	2	52	12	2	10	8	
27	2	0	2	2	0	2	2	0	2	46	12	8	8	2	
28	0	0	0	2	2	0	2	0	0	40	12	4	10	6	
29	2	0	2	2	2	0	2	0	0	42	14	4	10	4	
30	0	0	2	2	2	0	2	0	0	36	10	4	10	4	
31	2	0	2	2	0	2	0	0	2	40	14	2	10	2	
32	2	0	2	2	0	2	2	0	2	48	14	8	8	2	
33	2	0	2	2	0	2	2	0	2	38	12	0	8	2	
34	2	0	2	2	0	2	2	0	2	42	14	2	8	2	
35	0	0	2	2	2	2	0	0	0	38	14	4	6	4	
36	2	0	2	2	0	0	2	0	2	44	10	4	12	6	
37	0	0	0	2	0	0	0	0	2	28	12	2	8	2	
38	0	0	2	2	0	0	2	0	2	36	10	2	6	6	
39	2	0	2	0	2	0	2	2	2	40	10	2	8	4	
40	2	2	2	0	0	2	2	0	2	38	8	6	6	4	
41	2	2	2	0	2	0	2	0	2	40	8	2	8	6	
42	2	0	2	2	2	0	2	0	2	44	10	2	10	6	
43	0	0	0	0	0	0	0	2	2	38	14	6	6	4	
44	2	2	0	2	0	0	0	0	0	36	10	2	8	6	
45	2	0	2	0	2	0	2	2	0	40	10	2	10	4	
46	2	2	0	2	0	0	2	0	0	40	12	4	8	4	
47	0	2	0	0	2	2	0	2	0	38	12	2	6	4	
48	2	0	2	0	2	0	2	0	0	40	10	2	12	6	
49	2	0	0	0	2	0	2	2	2	38	8	6	4	6	
50	2	2	0	2	2	0	0	0	0	36	10	2	8	6	
51	2	2	2	0	2	0	0	0	0	42	10	4	8	8	
52	0	2	0	2	2	0	2	0	2	42	10	4	8	6	
53	2	2	2	2	2	0	0	0	0	46	10	6	8	8	
54	0	2	0	2	0	2	0	2	2	46	12	4	8	8	
55															
56															
57															
58															
59															
60															
61															
62															
63															
64															
65															
66															

Vista de datos Vista de variables

Base de datos 9-08-17.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos										Visible: 52 de 52 variables					
	DIM5	DIM6	COMP	PROC	MONI	SEG	MANT	REGU	var	var	var	var	var	var	var
1	2	6	4	3	4	1	2	2							
2	2	6	4	3	3	1	2	2							
3	2	8	4	3	3	1	2	3							
4	2	6	4	3	3	1	2	2							
5	4	6	4	3	3	1	3	2							
6	2	6	4	1	3	2	2	2							
7	2	6	4	3	3	2	2	2							
8	4	8	3	1	2	3	3	3							
9	4	4	3	1	2	3	3	1							
10	4	6	2	1	2	3	3	2							
11	4	8	3	1	2	3	3	3							
12	4	8	3	1	2	3	3	3							
13	4	8	3	1	1	3	3	3							
14	4	8	2	1	2	3	3	3							
15	4	10	2	3	3	2	3	3							
16	4	10	2	3	3	3	3	3							
17	4	10	2	3	3	2	3	3							
18	4	10	2	3	3	2	3	3							
19	4	10	2	3	3	2	3	3							
20	2	12	3	3	3	4	2	4							
21	4	12	3	1	3	4	3	4							
22	4	14	3	3	3	5	3	4							
23	2	14	3	1	3	4	2	4							
24	6	12	2	1	3	4	3	4							
25	6	14	1	1	3	4	3	4							
26	6	14	3	1	3	4	3	4							
27	6	10	3	5	3	1	3	3							
28	2	6	3	3	3	3	2	2							
29	2	8	4	3	3	2	2	3							
30	0	8	2	3	3	2	1	3							
31	4	8	4	1	3	1	3	3							
32	6	10	4	5	3	1	3	3							
33	6	10	3	1	3	1	3	3							
34	6	10	4	1	3	1	3	3							
35	2	8	4	3	2	2	2	3							
36	4	8	2	3	4	3	3	3							
37	0	4	3	1	3	1	1	1							
38	4	8	2	1	2	3	3	3							
39	6	10	2	1	3	2	3	3							
40	6	8	1	4	2	2	3	3							
41	8	8	1	1	3	3	4	3							
42	6	10	2	1	3	3	3	3							
43	4	4	4	4	2	2	3	1							
44	8	2	2	1	3	3	4	1							
45	6	8	2	1	3	2	3	3							
46	8	4	3	3	3	2	4	1							
47	8	6	3	1	2	2	4	2							
48	4	6	2	1	4	3	3	2							
49	6	8	1	4	1	3	3	3							
50	6	4	2	1	3	3	3	1							
51	8	4	2	3	3	4	4	1							
52	6	8	2	3	3	3	3	3							
53	8	6	2	4	3	4	4	2							
54	6	8	3	3	3	4	3	3							
55															
56															
57															
58															
59															
60															
61															
62															
63															
64															
65															
66															

Anexo IV

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL PARTICIPANTE DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, _____, acepto de manera voluntaria colaborar en la aplicación de la prueba de conocimiento para un estudio sobre el conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana, realizado por los bachilleres Gina Balbin Campos y Roy Jara Romero, candidatos a optar el título profesional de Marina Mercante.

Me ha informado que:

- La aplicación de la prueba de conocimiento forma parte para la realización de su tesis de titulación.
- La información obtenida será trabajada con fines de investigación, manteniendo siempre mi anonimato: la alumna no conocerá la identidad de quien llena cada cuestionario, pues no se registra el nombre en ellos en los cuestionarios.
- Mi participación es voluntaria y puedo retirarme del proceso en el momento que desee.
- Cualquier duda puedo contactarse al siguiente correo: balbinc@hotmail.com y roy_jara_romero@hotmail.com.

Lima, ____ de _____ del 2017.

Firma del participante

Anexo V

Validación externa del instrumento

Escuela Nacional de Marina Mercante

FICHA DATOS DEL EXPERTO

Nombre completo : Angel Eleazar Carbajal Díaz
Profesión : Marino mercante
Grado académico : Bachiller en Ciencias Marítimas.

Características que lo determinan como experto:

Se hace una breve síntesis de su experiencia docente o profesional que esté relacionada con la variable a validar, también se puede indicar la experiencia en el ámbito de la investigación o en la elaboración de instrumentos. Se incluye cualquier otra información que sea relevante para caracterizarlo como experto.

Abordo de buques tanques por 30 años,
de los cuales 10 de Primer oficial y
12 años de Capitán.

Actualmente dirigiendo el Centro de
Capacitación en Navega Transoceánica SA


Firma
DNI: 08553134

**FICHA
DATOS DEL EXPERTO**

Nombre completo : MAX ARTURO JIRONI MATOS
Profesión : MARINO MERCANTE (CAPITAN)
Grado académico : Superior

Características que lo determinan como experto:

Se hace una breve síntesis de su experiencia docente o profesional que esté relacionada con la variable a validar, también se puede indicar la experiencia en el ámbito de la investigación o en la elaboración de instrumentos. Se incluye cualquier otra información que sea relevante para caracterizarlo como experto.

- Capitán en buques tanque petroleros con manejo del sistema de gas inerte por 05 años en la Naviera Santa y la Naviera Transgas Shipping Line.
- 02 años de experiencia a bordo de buques quimiqueros, en la Naviera el Cano.



Firma
DNI: 07959060

**FICHA
DATOS DEL EXPERTO**

Nombre completo : PETROV MAXIMOV.
Profesión : MASTER.
Grado académico : LICENCIADO.

Características que lo determinan como experto:

Se hace una breve síntesis de su experiencia docente o profesional que esté relacionada con la variable a validar, también se puede indicar la experiencia en el ámbito de la investigación o en la elaboración de instrumentos. Se incluye cualquier otra información que sea relevante para caracterizarlo como experto.

- Buques Tankers 1983 - 1992
- Buques VLCC. 1996 - 2000
- Buques Petroquímicos 2002 - Actualidad.

Todos ellos con experiencia con Gas Inerte y Nitrogeno.


Firma
DNI:

FICHA
DATOS DEL EXPERTO

Nombre completo : WALTER CASTRO RIVERO
Profesión : OFICIAL MARINA MERCANTE.
Grado académico : JEFE MAQUINAS.

Características que lo determinan como experto:

Se hace una breve síntesis de su experiencia docente o profesional que esté relacionada con la variable a validar, también se puede indicar la experiencia en el ámbito de la investigación o en la elaboración de instrumentos. Se incluye cualquier otra información que sea relevante para caracterizarlo como experto.

DIECISEIS AÑOS EN EL CARGO JEFE MAQUINAS.
EN COMPAÑIAS EUROPEAS, EXPERIENCIA
EN BUQUES TANQUES PETROLEROS Y QUIMICEROS
REALIZANDO INSPECCIONES A BUQUES DIFERENTE
BANDERAS.


Firma
DNI: 07807594

**FICHA
DATOS DEL EXPERTO**

Nombre completo : Juan Lucero Rodriguez

Profesión : Marino Mercante

Grado académico : Bachiller de Ciencias Náuticas en la Especialidad de Ingeniería

Características que lo determinan como experto:

Jefe de Ingenieros con más de 3 años a cargo de las salas de Maquinas en buques tanques petroleros y químicos en la empresa Columbia Shipmanagement.

Experiencia en Operación, Mantenimiento y Reparación de los equipos de la Sala de Maquinas de Buques Petroleros, Químicos, Containeros y de Pesca. Experiencia en Reglamentación concerniente a la Planta de Ingeniería, planificación y conducción de personal, administración y gestor de operaciones de la planta de Ingeniería administración de repuestos, experiencia en inspecciones de buques.

Certificado en el curso de Instructor OMI.



Firma
DNI: 08890569

**FICHA
DATOS DEL EXPERTO**

Nombre completo : EDUARDO WILLIAM VIANA VASQUEZ
Profesión : JEFE DE MAQUINAS
Grado académico : SUPERIOR.

Características que lo determinan como experto:

Se hace una breve síntesis de su experiencia docente o profesional que esté relacionada con la variable a validar, también se puede indicar la experiencia en el ámbito de la investigación o en la elaboración de instrumentos. Se incluye cualquier otra información que sea relevante para caracterizarlo como experto.

Con 10 años de experiencia navegando en buques tanque quimiqueros (Naviera química y Etzen group).

Con 15 años de experiencia navegando en buques petroleros , buques con sistema de gas inerte en Trade wind tankers , Naviera Santa y la Naviera transgas.


Firma
DNI: 256877
