

ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE

ALMIRANTE MIGUEL GRAU

PROGRAMA ACADÉMICO DE MARINA MERCANTE



**CONOCIMIENTO DEL NUEVO COMBUSTIBLE DE BAJO
CONTENIDO DE AZUFRE RESPECTO A LA NORMATIVA “OMI
AZUFRE 2020” EN EGRESADOS DE LA ESPECIALIDAD DE
MAQUINAS DE LA ENAMM, 2019**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE OFICIAL DE MARINA
MERCANTE

PRESENTADA POR:

BALUIS FERNANDEZ, DENIS ANTONY

VARGAS REGALADO, SEBASTIAN AUGUSTO

CALLAO, PERÚ

2020

TITULO

**CONOCIMIENTO DEL NUEVO COMBUSTIBLE DE BAJO CONTENIDO DE
AZUFRE RESPECTO A LA NORMATIVA “OMI AZUFRE 2020” EN EGRESADOS
DE LA ESPECIALIDAD DE MAQUINAS DE LA ENAMM, 2019**

DEDICATORIA

Dedico la presente a mis padres ADAN HILARIO BALUIS MILLA Y ANA MARIA FERNANDEZ ROJAS; por la buena formación que me han brindado, por el cariño, por el amor y el esfuerzo que han hecho de mí una mejor persona y gracias a ellos estoy donde estoy logrando con mis objetivos.

A mi hermana JOSSELIN VANESSA BALUIS FERNANDEZ por sus tantos consejos e infaltable amor que me ha brindado en todo momento; a mi abuela ROSA ANDREA ROJAS SANCHEZ por su inmenso corazón y fe en mi para poder lograr mis objetivos; por último, a mi abuelo ESPIRITU FERNANDEZ CAMPOS que desde el cielo se encuentra guiándome por el buen camino desde mi niñez. *Baluis*

Esta tesis está dedicada la memoria de mis abuelos Rosaura y Juan, quienes me vieron crecer y guiaron mis pasos en la niñez. Su fuerza y su fe durante su vida me enseñaron la apreciación del significado y la importancia de la familia. Vivieron su vida, actuando concienzudamente sobre sus creencias, ayudando tanto a familiares como a extraños necesitados. Su ejemplo me mantiene soñando cuando quiero abdicar.

A mis padres Cesar y Esperanza quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque el mundo es de los osados.

A mi hermano Juan por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. *Vargas*

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme una grandiosa familia, agradecer muchísimo también a mi papa ADAN BALUIS MILLA por darme una buena orientación junto con los medios necesarios para ser poder ser un buen profesional y el buen ejemplo que me ha servido desde siempre.

Agradezco bastante a mis tíos MIGUEL ANGEL PINEDA MASIAS y TANIA BALUIS REYES por su apoyo incondicional y por considerarme un miembro más de su núcleo familiar; además también a GEORGE GABRIEL ULLOA MARCELO por su gran amistad, por los consejos que ayudaron a mi formación profesional y su apoyo en los momentos tantos buenos como malos.

Baluis

Al finalizar este trabajo quiero utilizar este espacio para agradecer a Dios por todas sus bendiciones, a mis padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez y a mi hermano Juan por su apoyo y paciencia en este proyecto de estudio.

También quiero agradecer a las personas que ayudaron a realizar el presente trabajo.

Vargas

ÍNDICE

	Pág.
Portada.....	i
TITULO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
INDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	18
1.2. Formulación del problema.....	22
1.2.1. Problema general.....	22
1.2.2. Problemas específicos	22
1.3. Formulación de la hipótesis.	22
1.3.1. Hipótesis general.....	22
1.3.2. Hipótesis específicas	¡Error! Marcador no definido.
1.3.3. Variables y dimensiones.....	23
1.4. Objetivo	24
1.4.1. Objetivo general.....	24
1.4.2. Objetivos específicos.....	24
1.5. Justificación de la investigación	25
1.5.1. Justificación teórica	25
1.5.2. Justificación práctica	25
1.5.3 Justificación metodológica	25
1.6. Limitaciones de la investigación	26

1.7. Viabilidad de la investigación	26
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	27
2.1. Antecedentes de la investigación	27
2.1.1. Antecedentes Nacionales	27
2.1.2. Antecedentes Internacionales	31
2.2. Bases teóricas.....	35
2.2.1. Conocimiento.....	35
2.2.2. Combustibles usados en motores marinos	35
2.2.3. Nuevo Combustible de bajo nivel de bajo contenido de azufre	43
2.2.4. Impacto Ambiental ocasionado por las emisiones de este nuevo combustible	72
2.2.5. Criterios de Mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados	91
2.3 Definiciones conceptuales.....	115
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	117
3.1. Diseño de la investigación.....	117
3.2. Población y muestra	118
3.3. Operacionalización de variables.....	120
3.4. Técnicas para la recolección de datos.	121
3.4.1. Técnicas	121
3.4.2. Instrumentos.....	122
3.4.3. Validez.....	123
3.4.4. Confiabilidad.....	124
3.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos.....	126
3.6 Aspectos éticos	127
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	128
4.1. Análisis estadísticos descriptivos.....	128
4.1.1. Dimensión Nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible	130
4.1.2. Dimensión Nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible	131

4.1.3. Dimensión Nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible	132
4.2. Contrastación de hipótesis	134
4.2.1. Contrastación de hipótesis general	134
4.2.2. Contrastación de hipótesis específica 1	136
4.2.3. Contrastación de hipótesis específica 2	139
4.2.4. Contrastación de hipótesis específica 3	141
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	145
5.1. Discusión.....	145
5.2. Conclusiones.....	150
5.3. Recomendaciones.....	152
FUENTES BIBLIOGRAFICAS	154
REFERENCIAS CIBERGRÁFICAS.....	157
ANEXOS	164
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	165
Anexo 2. Base de Datos Prueba Piloto Confiabilidad.....	166
Anexo 3. Instrumento de Medicion	167
Anexo 4. Baremo del Instrumento Aplicado	171
Anexo 5. Base de Datos.....	172
Anexo 6. Fichas de Datos de los Expertos.....	¡Error! Marcador no definido.2
Anexo 7. Aportes de la Investigacion.....	182
A. Infografía del Impacto ambiental de este nuevo combustible.....	182
B. Manual de Instrucción para el Uso del Nuevo Combustible de bajo contenido de azufre (VLSFO).....	183

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Breve reseña de los eventos de la OMI en los últimos años.	74
Tabla 2. Fechas de implementación de límites de emisiones de SOx.	90
Tabla 3. Operacionalización de la variable.	121
Tabla 4. Validez según juicio de expertos.	124
Tabla 5. Valores de los niveles de confiabilidad.	125
Tabla 6. Cálculo del coeficiente del Alfa de Cronbach.	126
Tabla 7. Resultado de la variable nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.	129
Tabla 8. Resultados de la dimensión Nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible.	130
Tabla 9. Resultados de la dimensión Nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible.	131
Tabla 10. Resultados de la dimensión Nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible. ...	132
Tabla 11. Resultados estadísticos para la variable conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.	134
Tabla 12. Resultados del puntaje, frecuencia y porcentaje para la variable conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.	135
Tabla 13. Resultados estadísticos para la dimensión nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible.	137
Tabla 14. Resultados del puntaje, frecuencia y porcentaje para la dimensión nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible.	138

Tabla 15. Resultados estadísticos para la dimensión nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible.....	140
Tabla 16. Resultados del puntaje, frecuencia y porcentaje para la dimensión nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible.....	140
Tabla 17. Resultados estadísticos para la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.....	142
Tabla 18. Resultados del puntaje, frecuencia y porcentaje para la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cinco ventajas del límite de azufre.....	38
Figura 2. Especificaciones técnicas de Combustible marino.....	42
Figura 3. Distribución de viscosidad según el test RMG380. Las barras azules son datos desde 2017. Las barras rayadas son el potencial esperado de distribución de viscosidad de este combustible.....	43
Figura 4. Viscosidad el combustible a la entrada del motor.	44
Figura 5. Relación viscosidad-temperatura para combustibles con diferentes viscosidades a la entrada del motor.	45
Figura 6. Relación viscosidad-temperatura para combustibles de viscosidad muy baja.	46
Figura 7. Relación viscosidad-temperatura para combustibles de viscosidad media.	46
Figura 8. Diagrama del sistema de combustible.....	48
Figura 9. Viscosidad por los cambios de temperatura.....	50
Figura 10. Viscosidad a la entrada del motor	50
Figura 11. Distribución de viscosidad según el test RMG380.	51
Figura 12. Esquema interno del purificador.....	53
Figura 13. Contenido máximo de Aluminio y Silicio a la entrada del motor.	54
Figura 14. Contenido de Azufre en las partículas de aluminio y Silicio.	56
Figura 15. Propiedades de fluidez.....	58
Figura 16. Combustible con altas concentraciones de precipitaciones cerosas.....	58
Figura 17. Esquema de un tanque que tiene un calentador acoplado a su diseño. ..	59

Figura 18. Formación de lodos y obstrucción.....	60
Figura 19. Tabla límites de azufre el convenio MARPOL a lo largo de los años.....	65
Figura 20. Resultados de laboratorio lote del combustible de 0.5% de azufre en su contenido, que fue recibido por el buque NordAutumn el 20 de enero del 2020.....	67
Figura 21. Resultados de laboratorio que contienen las propiedades que presenta este lote del combustible de 0.5% de azufre en su contenido, que fue recibido por el buque NordAutumn el 04 de febrero del 2020.....	68
Figura 22. Resultados de laboratorio que contienen las propiedades que presenta este lote del combustible de 0.5% de azufre en su contenido, que fue recibido por el buque NordAutumn el 04 de febrero del 2020.....	69
Figura 23. Proceso de flujo y composición de los gases de escape de un motor marino.	73
Figura 24. Fechas de medidas de restricción del contenido de azufre de los combustibles.	77
Figura 25. Impacto ambiental generado por los buques.	78
Figura 26. Concentraciones medias anuales de PM2.5 de todas las fuentes.	85
Figura 27. Reducción de concentraciones de PM2.5 de todas las fuentes.	85
Figura 28. Las estimaciones de mortalidad mínima y máxima en celdas de la red son 0 y 2550.....	87
Figura 29. Mapa de mortalidad evitada	87
Figura 30. Tasa de mortalidad y morbilidad	88
Figura 31. Distribución óptima para operar con diferentes combustibles.	92
Figura 32. Fotografía de un tanque de almacenamiento cuyo combustible no recibió suficiente temperatura y se excedió el límite de su punto de fluidez.	100
Figura 33. Sedimentaciones ubicadas en la parte inferior de los tanques.	101

Figura 34. Diagramas explicando que este nuevo combustible al pasar por un flujo más bajo mejor será la separación.....	103
Figura 35. Exceso de lodos en la estructura interna del purificador debido a la tendencia de formación de lodos.....	103
Figura 36. Exceso de lodos en el interior de las tuberías debido a la tendencia de formación de lodos.	104
Figura 37. Diagrama de la primera parte del sistema booster desde los tanques de servicio hasta el transmisor de presión.	106
Figura 38. Diagrama de la primera parte del sistema booster desde los tanques de servicio hasta el transmisor de presión.	107
Figura 39. Resultado en porcentajes de la variable conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.	129
Figura 40. Resultados en porcentajes de la dimensión Nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible.	130
Figura 41. Resultados en porcentajes de la dimensión Nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible.....	131
Figura 42. Porcentajes de la dimensión Nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible...	133
Figura 43. Porcentajes de la variable nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible...	136
Figura 44. Porcentajes de la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible...	138
Figura 45. Porcentajes de la dimensión nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible.	141
Figura 46. Porcentajes de la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible...	144

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: *Conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI Azufre 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM, 2019*, tuvo como objetivo determinar el nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la nueva normativa. El método utilizado fue analítico, deductivo e hipotético con un enfoque cuantitativo, diseño no experimental, nivel descriptivo, y un corte transversal. La población estuvo constituida por egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM desde el año 2009 al 2019, con una muestra no probabilística de 38 egresados. Se aplicó un instrumento para medir la variable en estudio, donde la prueba piloto arrojó el valor de coeficiente de Alfa de Cronbach de 0.88 indicando una fuerte confiabilidad. Los resultados de las estadísticas descriptivas para la variable nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre. indicaron que el 76% de los oficiales evaluados estuvieron en el nivel medio, el 16% en el nivel bajo, y el 8% en el nivel alto. Es importante mencionar que, los valores de las dimensiones estuvieron alrededor de ese mismo orden. Los análisis estadísticos descriptivos para la variable en estudio indicaron una media de 13.1 del total de 25 puntos máximo, una desviación estándar de 3.9, varianza de 15.3, demostrándose una predominancia para el nivel intermedio con una tendencia hacia la parte alta para los oficiales evaluados. De igual manera, se analizaron los demás valores para las dimensiones de la variable en estudio con valores o tendencias similares a la tendencia general, con un nivel medio hacía la parte alta. Por lo tanto, se aceptaron todas las hipótesis planteadas por el investigador, concluyéndose que: *Existe un nivel significativo de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.*

Palabras claves: Conocimiento, Azufre, OMI AZUFRE 2020, Combustible.

ABSTRACT

The present research work entitled: *Knowledge of the new fuel with low sulfur content with respect to the “OMI Sulfur 2020” standard for graduates of the ENAMM, 2019 specialty of machines*, aimed to determine the level of knowledge of the new fuel for low sulfur content compared to the new regulations. The method used was analytical, deductive and hypothetical with a quantitative approach, non-experimental design, descriptive level, and a cross section. The population was made up of graduates from the ENAMM specialty in machines from 2009 to 2019, with a non-probability sample of 38 graduates. An instrument was applied to measure the variable under study, where the pilot test yielded the Cronbach's alpha coefficient value of 0.88, indicating strong reliability. The results of the descriptive statistics for the variable level of knowledge of the new low sulfur fuel. They indicated that 76% of the officers evaluated were at the medium level, 16% at the low level, and 8% at the high level. It is important to mention that the dimension values were around that same order. Descriptive statistical analyzes for the variable under study indicated an average of 13.1 of the total of 25 maximum points, a standard deviation of 3.9, variance of 15.3, demonstrating a predominance for the intermediate level with a tendency towards the upper part for the officers evaluated. Similarly, the other values were analyzed for the dimensions of the variable under study with values or trends similar to the general trend, with a medium level towards the top. Therefore, all the hypotheses raised by the researcher were accepted, concluding that: *There is a significant level of knowledge of the new low sulfur fuel with respect to the “IMO SULFUR 2020” standard in graduates of the ENAMM specialty machinery.*

Key words: Knowledge, Sulfur, IMO SULFUR 2020, Fuel.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la propulsión marina ha estado dominada por el motor diésel, cubriendo el combustible gran parte de los gastos del buque. Recientes avances han llevado a muchos en la industria a cuestionarse si los actuales medios de propulsión naval son sostenibles, debido principalmente a tres factores: crecientes costos del combustible debido al cada vez más elevado precio del petróleo, normativa ambiental establecida para mitigar los efectos del cambio climático, y el potencial establecimiento de impuestos sobre las emisiones contaminantes.

Los avances tecnológicos en la industria del transporte marítimo, como las aplicaciones basadas en las cadenas de bloques, el seguimiento de los buques y la carga, los buques autónomos, presentan un potencial para el sector en todo el mundo. Sin embargo, persiste la insistencia de proteger y/o mitigar el impacto del cambio climático sigue siendo una prioridad. Cabe mencionar que, la industria naviera debe reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. A ese respecto, se acogen con beneplácito los esfuerzos internacionales como la aprobación en el año 2018, de una estrategia inicial de la Organización Marítima Internacional para reducir por lo menos a la mitad el total anual de emisiones de los buques registrado en 2008, a más tardar en 2050.

La estrategia de la OMI propone medidas adicionales a corto, mediano y largo plazo, un posible calendario de aplicación y las repercusiones previstas en los Estados. En la estrategia se pone de relieve la necesidad de prestar atención a las necesidades de los países en desarrollo, especialmente los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países menos adelantados.

En función del resultado de las negociaciones y el diseño específico de cualquier instrumento futuro, será importante evaluar las posibles consecuencias para los transportistas y los cargadores, así como los costos operativos y de transporte y los

costos comerciales. También será importante evaluar los beneficios relacionados con esas medidas, en particular en lo referente a los instrumentos de mercado aplicables al transporte marítimo y la forma en que estos podrían destinarse a dar respuesta a los desafíos a que se enfrentan los países en desarrollo en materia de transporte marítimo y logística.

En años recientes, la industria marítima ha mostrado grandes cambios, y en lo que respecta a uno de los mayores desafíos, prácticamente ya ha comenzado, ya que, a partir del 1 de enero de 2020, se permitirá que los buques utilicen únicamente combustible con un máximo de 0.5% de contenido de azufre, siendo el estándar actual el combustible con un contenido de azufre del 3.5%. La llamada norma “IMO 2020” es las importantes de una serie de medidas de la Organización Marítima Internacional (OMI) para reducir la contaminación del mar. El utilizar combustibles con bajo contenido de azufre, será la solución clave para la industria marítima. Además, es la solución más respetuosa con el medio ambiente a corto plazo.

La presente investigación consta de 6 capítulos los cuales serán detallados a continuación:

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, se desarrolla la contextualización de la problematización, se describe la realidad del problema y se enumeran los objetivos a desarrollar que fungen como limitantes a los aspectos a evaluar, para no divagar en el estudio a realizar.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO, se describe el marco teórico, por lo que se empezó por los antecedentes tanto nacionales como internacionales; luego, las bases teóricas que detallan el contexto de la investigación y las definiciones conceptuales.

CAPITULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES, en esta sección esta las hipótesis y las variables de la investigación.

CAPITULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO, se presenta el diseño de la investigación conteniendo, la población y la muestra, las técnicas e instrumentos utilizados, el

procedimiento de recolección de datos, las técnicas de procesamiento y análisis de los datos.

CAPITULO V: RESULTADOS, en esta sección se describe y discute los resultados de los análisis estadísticos efectuados a nivel descriptivo y Correlacional.

CAPITULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, en esta sección se realizan las discusiones, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se desarrollará la contextualización de la realidad problemática y su respectiva formulación; además, se describen los objetivos y las respectivas justificaciones, la viabilidad y las limitaciones.

1.1. Descripción de la realidad problemática

Según la Organización Marítima Internacional (OMI, 2018), las empresas navieras necesitan establecer normas y procedimientos de seguridad; siendo el transporte marítimo el más usado a nivel mundial para el comercio internacional, teniendo una gran evolución y destinando para ello diferentes tipos de buques dependiendo de la carga que se vaya a transportar. Los buques emiten gases contaminantes y nocivos, no obstante, transportan grandes cantidades de bienes vitales a través de los océanos del mundo, y el comercio marítimo continúa aumentando. En este sentido, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, 2016) señala que los barcos transportaron más de 10 mil millones de toneladas de comercio, así que los buques siempre han sido la forma más sostenible de transportar productos y bienes. Ahora bien, los buques cada vez son más eficientes

energéticamente. Las regulaciones de la OMI sobre eficiencia energética respaldan la demanda de un transporte más ecológico y limpio. Un buque que consume energía eficientemente quema menos combustible, por lo que emite menos contaminación del aire. Algunas veces se ha citado que solo unos pocos buques (todos los que usan fuel oil con el contenido máximo de azufre permitido) emiten tantos gases contaminantes al aire como todos los automóviles del mundo (si todos los autos estuvieran usando el combustible más limpio disponible).

Durante la carga de embarcaciones de tanques marinos y otras operaciones que introducen carga o líquido en los tanques de carga de la embarcación, los vapores, en su mayoría compuestos orgánicos volátiles, emitiendo desde los tanques de carga debido al desplazamiento y al crecimiento del vapor. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE. UU ha emitido dos conjuntos de normas nacionales para instalaciones de carga designada como fuentes principales para recolectar compuestos orgánicos volátiles y contaminantes peligrosos del aire desplazados de los buques tanques marinos durante la carga y para reducir los vapores capturados en un 95% a 98% por peso. Estas normas no abordan las operaciones de descarga de buques. Cabe mencionar que, la EPA también exige la recolección de vapores desplazados de los tanques de carga de buques tanque marinos durante la carga de cargas que contienen 70% o más de benceno en peso. Muchos estados de EE. UU. Han adoptado las normas de la EPA y las reglamentaciones emitidas, similares a las normas de la EPA, que exigen que los principales terminales controlen los vapores emitidos por los tanques de carga de los buques durante varias operaciones de buques. (Mistry, 2019).

Se puede indicar que las emisiones de gases con contenido de azufre, afecta a las poblaciones costeras a lo largo del recorrido de los buques mercantes, generando un índice acumulativo de contaminación ambiental, lo cual se puede ver reflejado en la salud de las poblaciones cercanas a las costas o los puertos que sirven de embarcaderos durante la travesía.

Mesa y Correa (2016) afirman que la mayor parte de la flota mundial, consume combustibles poco procesados con altas concentraciones de sustancias nocivas, incluyendo, azufre, hidrocarburos, metales pesados materia particulada carcinógena (MP), entre otros; siendo las zonas poblacionales de mayor riesgo las que se encuentran en las zonas costeras donde la mitad de la contaminación del aire por materia particulada proviniendo principalmente las emisiones de los buques. Por este motivo, las instituciones han hecho esfuerzos para reducir las emisiones en el transporte marítimo de los gases contaminantes, pero el esfuerzo no ha podido reducir significativamente las emisiones en este sector donde consume más de la quinta parte del combustible a nivel mundial. Es por todo ello que la normativa internacional, en los últimos años ha realizado actualizaciones, para aumentar las restricciones de las emisiones.

Más preocupantes son las cifras emitidas en una publicación del Eldiario.es (2019), señalo en ese entonces, los barcos contaminan el aire 3.500 veces más que a los vehículos de transporte terrestre. En efecto, en la actualidad, el límite máximo de contenido de azufre en los combustibles para el transporte marítimo, establecido por la Organización Marítima Internacional (OMI), es de 35.000 ppm frente a los 10 ppm permitidos en la Unión Europea en los carburantes para el transporte por carretera.

Ahora bien, las reglas de la OMI (2018) para reducir las emisiones de óxidos de azufre entraron en vigor en 2005, en virtud del Anexo VI del Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, más conocido como el Convenio MARPOL. Desde entonces, los límites de los óxidos de azufre han sido progresivamente endurecidos. Desde el 1 de enero de 2020, el límite de contenido de azufre en el combustible usado a bordo de los buques que operen fuera de las zonas de control de emisiones designadas será de 0.50% masa/masa. De esta forma, se reducirá significativamente la cantidad de óxidos de azufre que emanan de los buques, lo que debería tener grandes beneficios tanto para la salud como para el medio ambiente mundial, especialmente, para las poblaciones que viven

cerca de los puertos y costas. La regulación AZUFRE 2020, representa la más importante en materia de salud y protección ambiental para el transporte marítimo que impondrá la OMI en el 2020; por ello, se desarrolló el presente trabajo para brindar información relevante que pueda comprenderse de que se trata esta medida que va a afectar el precio del 90% de los productos que se transportan en el mundo.

El tipo de combustible más usado por los buques en el transporte marítimo es el HFO (Heavy fuel oil) el cual representa un combustible pesado, siendo un derivado residual de la destilación del petróleo crudo que tiene un aspecto semejante a la brea. El petróleo crudo contiene azufre que, después de la combustión en el motor, termina en las emisiones de los buques. Estas emisiones de los buques están compuestas de muchos gases contaminantes, nocivos y partículas de materia. Entre estos gases encontramos el óxido de azufre (SOx) que son dañinos para la salud humana y causan deficiencias respiratorias y enfermedades pulmonares. En la atmósfera, el SOx puede provocar lluvia ácida, que puede dañar los cultivos, los bosques y las especies acuáticas, y contribuye a la acidificación de los océanos. (OMI, 2018)

Según el precio relativo y la disponibilidad, así como las consideraciones ambientales, debe prevalecer la responsabilidad medioambientalista global, y entre todos los medios de transporte marítimos, en el cual se debería de tratar estudiar la factibilidad de crear nuevas tecnologías en cuanto a los motores que puedan reducir la emisión de contaminantes y que sean respetuosas con el medio ambiente, aunque el tráfico marítimo es el menos dañino de todos. Por ende, en base a lo expuesto anteriormente, en este trabajo se estudiará los conocimientos del nuevo combustible de bajo contenido de azufre “OMI AZUFRE 2020” es decir, como se contribuye a menores emisiones de óxidos de azufre, en egresados de Escuela Nacional de Marina mercante Miguel Grau, de la especialidad de Maquinas. En base a lo expuesto surge la interrogante de investigación.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es el nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM?

¿Cuál es el nivel de conocimiento del impacto ambiental por las emisiones de azufre del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM?

¿Cuál es el nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM?

1.3. Formulación de la hipótesis.

1.3.1. Hipótesis general

H_g: Existe un nivel significativo de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

1.3.2. Hipótesis específicas

H_{E1}: Existe un nivel significativo de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

H_{E2}: Existe un nivel significativo de conocimiento del impacto ambiental por las emisiones de azufre del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

H_{E3}: Existe un nivel significativo de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

1.3.3. Variables y dimensiones

Variable 1: Conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020”

Dimensiones:

Conocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.

Conocimiento del impacto ambiental ocasionado por las emisiones de azufre del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.

Criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.

1.4. Objetivo

1.4.1. Objetivo general

Determinar el nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

1.4.2. Objetivos específicos

Establecer el nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

Instituir el nivel de conocimiento del impacto ambiental por las emisiones de azufre del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

Determinar el nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

El desarrollo de este trabajo de investigación tendrá como aporte el aumento progresivo del nivel de conocimientos del nuevo combustible de bajo contenido de azufre, así mismo sus propiedades y su impacto al ambiente. Además, en referencia a los criterios de mantenimiento para el buen tratamiento de este combustible; y esto servirá para promover nuevas investigaciones.

1.5.2. Justificación práctica

El presente trabajo de investigación abarca los criterios de mantenimiento para este nuevo combustible, y tiene la intención de ser de utilidad para incrementar el nivel de conocimientos respecto a los procedimientos para el buen tratamiento y manejo de este combustible

1.5.3 Justificación metodológica

Esta investigación, promoverá un mayor interés para seguir profundizando en el análisis de la variable y del protocolo asociándola a otras de interés, ampliando de esta manera el conocimiento del tema, incentivando a más personas para que puedan realizar investigaciones similares con el presente estudio, con la misma finalidad de buscar, conocer y minimizar las emisiones de azufre, con el uso del nuevo combustible por parte de los buques mercantes.

De otra parte, cabe destacar que se cumple con las normas APA y el protocolo de investigación entregado por la Escuela Nacional de Marina Mercante.

1.6. Limitaciones de la investigación

El escaso acceso al material bibliográfico por tratarse de un tema nuevo en referente al nuevo combustible de bajo contenido de azufre, fue una limitante para la investigación debido a que no existe suficiente información a nivel nacional; por ello se tuvo que extraer información del idioma inglés y así mismo se tuvo que traducir. Por otro lado, otra limitante fue la poca disponibilidad de los encuestados debido a las características del ámbito de trabajo marítimo.

1.7. Viabilidad de la investigación

La presente investigación es viable en tanto se cuenta con el apoyo de las instituciones, así también los colaboradores están dispuestos a apoyar la presente investigación por tener un rigor científico.

La viabilidad de la actual investigación se basó primordialmente en los recursos humanos y materiales que infiere llevar a cabo un estudio, en este particular se acota que se cuenta con el apoyo constante que brindan los diferentes asesores en la Escuela Nacional de Marina Mercante Miguel Grau. Además, cuenta con los actores que integran la unidad de análisis, para aplicar los instrumentos de evaluación, permitiendo el análisis de la variable planteada.

Para el desarrollo del presente estudio, los costos demandados fueron cubiertos íntegramente por los investigadores con recursos propios.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Quispe y Castrejón (2018) en su investigación titulada: *Importancia de la Regulación OMI sobre emisiones de SOx en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020*, presentada en la *Escuela Nacional de Marina Mercante Almirante Miguel Grau, de Callao – Perú*. Tuvo como objetivo conocer la importancia de la regulación OMI sobre emisiones de SOx en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020 y evaluar una posible solución para su cumplimiento con el uso de energías alternativas, de las cuales una es el gas natural licuado (GNL), determinado como opción más viable y económica debido a su composición amigable con el medio ambiente y su bajo costo en el mercado mundial, así como por su aceptación por parte de las empresas involucradas en el transporte marítimo. Metodológicamente, fue un estudio de enfoque cualitativo, pues se evaluaron los beneficios y desventajas según las características de las fuentes de energía, haciendo uso de un diseño fenomenológico porque se trató de explorar, describir y comprender las experiencias de las empresas navieras respecto a la regulación. Como resultados se obtuvo que el 100% de encuestados expresan que la nueva regulación de OMI sobre emisiones de SOx en el transporte marítimo en el Perú será positiva toda vez que está enfocada en la reducción de emisión de gases contaminantes tanto para el mar como para el medio ambiente en general. Concluyendo que la reducción en el límite de emisiones de SOx a 0.5% tendrá efectos positivos no sólo en la conservación de la atmósfera sino también en la conservación de la salud humana y el ecosistema, ya que al reducir las cantidades de azufre en el planeta podemos generar una mejora completa a nivel mundial.

Cabrera y Huerta (2017) desarrollaron su trabajo investigativo titulado: *Conocimiento del anexo VI del convenio MARPOL en los cadetes de tercer año de la Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau" 2017*. Tesis de grado presentada en la Escuela Nacional de Marina Mercante Almirante Miguel Grau, Lima, Perú. El objetivo de esta investigación fue determinar el nivel de conocimiento del anexo VI del convenio MARPOL de los cadetes de tercer año de la Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau" 2017. Metodología el tipo de investigación es básica a nivel o alcance descriptivo diseño no experimental de corte transversal la población estuvo compuesta por todos los cadetes de tercer año de la especialidad de puente y máquinas. Se aplicó un muestreo no probabilístico de tipo censal considerando a cincuenta cadetes, se elaboró un instrumento de medición documentada para medir la variable de estudio el cual fue validado por jueces expertos y para la evaluación de las propiedades métricas a través del SPSS versión 24 con el estadístico Alfa de Conbach con el cual se obtuvo un valor de 0.736 considerando al instrumento de alta confiabilidad. Los resultados fueron que el 50% de los cadetes de tercer año de la Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau" 2017, presentan un nivel de promedio de conocimiento del anexo VI del convenio MARPOL comprobándose la hipótesis general afirmativa de la variable estudiada.

Cobeñas y Valverde (2016) en su investigación titulada: *Plan de gestión de Eficiencia Energética del Buque y el control de la contaminación atmosférica en la Naviera Transgas Shipping Lines 2014-2015*, Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau". Callao, Perú. Tuvo como objetivo determinar la relación que existe entre el Plan de Gestión de Eficiencia Energética del Buque (SEEMP) y el control de la contaminación atmosférica en la naviera Transgas Shipping Lines en el 2015. En la investigación se usó un tipo de diseño no experimental porque no se manipuló ninguna variable, de corte transversal; de tipo básico y enfoque cuantitativo. Es de alcance descriptivo correlacional porque se determinó la relación entre las variables de estudio. La población de estudio está constituida por oficiales de marina mercante que se encuentran laborando actualmente. El muestreo a

utilizar fue de tipo no probabilístico conformada por 31 oficiales de marina mercante vinculados al Plan de Gestión de Eficiencia Energética del Buque. Para medir el nivel de relación que existe entre el SEEMP y el control de la contaminación atmosférica, se utilizó un cuestionario en escala de Likert. Los resultados muestran que existe relación significativa entre ambas variables. Se concluye que la aplicación del SEEMP contribuirá en el control de la contaminación atmosférica.

Santillán e Igreda (2016) en su investigación: *Uso de energía en buques petroleros de Bandera Peruana y el conocimiento del SEEMP en la tripulación*, presentada en la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau” Callao, Perú. Tuvo como objetivo analizar la relación que existe entre el uso de energía en buques petroleros de bandera peruana y el conocimiento del SEEMP en la tripulación de estos buques. Para ello metodológicamente, la investigación tiene un diseño no experimental, transversal, correlacional y de enfoque cuantitativo, la población estuvo constituida por la tripulación total de seis buques petroleros y la muestra consiste en 67 encuestados que son parte de la tripulación de estos buques que han implementado el SEEMP en su plan de gestión energética. Los instrumentos que se utilizaron fueron: una lista de cotejo que sirve para evaluar la eficiencia en el uso de energía y también un cuestionario para medir el conocimiento del SEEMP en la tripulación de estos buques petroleros. Los resultados mostraron que aunque existe uso eficiente de energía en los buques y alto nivel de conocimiento del SEEMP, existe una relación directa, débil y no significativa entre ambas variables. Sin embargo, se encontró una relación directa y significativa, entre el conocimiento de la planificación del SEEMP y el uso de energía en buques petroleros de bandera peruana. Se concluyó que el nivel de conocimiento del SEEMP en la tripulación no tiene relación significativa con la eficiencia en el uso de energía en buques petroleros de bandera peruana.

Álvarez y Chávez (2016) en su trabajo de investigación: *Conocimiento y cumplimiento de las normas de seguridad en las operaciones de abastecimiento de combustible por la tripulación de los buques PB1 y TRANSGAS 1 periodo Marzo-*

Noviembre 2015, presentada en la Escuela Nacional de Marina Mercante Almirante Miguel Grau, Callao – Perú. Tuvieron como objetivo principal determinar el vínculo entre el conocimiento y la observancia de la normatividad de seguridad en el abastecimiento de combustible en los buques de transporte. Metodológicamente se trabajó con un diseño descriptivo correlacional no experimental, teniendo en cuenta las variables de conocimiento de normas de seguridad y cumplimiento de las normas de seguridad en el aprovisionamiento combustible. Como resultados se obtuvo que hay una relación significativa entre el nivel de conocimiento bajo y regular, encontrándose que el 76% tenían cumplimiento desfavorable de la normatividad de seguridad. Asimismo, el 24% tuvo conocimiento alto, regular y bajo; el mismo que tiene cumplimiento favorable. Los autores llegaron a la conclusión en su estudio que hay relación significativa entre el conocimiento de la normatividad de seguridad y el cumplimiento de dicha normatividad, comprobándose así que el carente conocimiento de la normatividad en seguridad implica el cumplimiento desfavorable de la normatividad de seguridad en el suministro de combustible. A pesar de lo obtenido se puede observar una relación no significativa entre el conocimiento teórico y aplicado en la observancia de la normatividad de seguridad en el suministro de combustible.

Reluz y Montes de Oca (2015) en su investigación: *Emisión de gases tóxicos por buques de la naviera transoceánica que cargan en la refinería La Pampilla año 2014*, presentada en la Escuela Nacional de Marina Mercante Almirante Miguel Grau, de Callao – Perú. Tuvo como objetivo determinar la relación que existe entre la contaminación del aire que existe a nivel nacional y las emisiones de gases tóxicos generados por los buques de la Naviera Transoceánica durante las operaciones de carga que se realizan en la refinería La Pampilla. La metodología de investigación utilizada en la presente investigación es de diseño no experimental, principalmente del tipo Descriptivo y Correlacional. Los resultados de la investigación reportan la inexistencia de una solución ante este problema de contaminación atmosférica; sin embargo, se ha planteado una posible solución la cual radica en la implantación de un sistema de recuperación de vapores, el cual es una forma de controlar de manera

más eficiente la emisión de gases tóxicos los cuales luego serán procesados en tierra y no ser expulsados al medio ambiente. Concluyendo finalmente que del análisis del comportamiento de los contaminantes atmosféricos primarios y secundarios se sabe que si bien los compuestos contaminantes son muchos, los elementos característicos son pocos y menos aún si nos fijamos en aquellos que tienen una real importancia producto de las emisiones desde buques durante las operaciones de carga, también que en cuanto a las emisiones al aire se han logrado fijar límites, que si bien no son tan altos, son suficientes para disminuir las emisiones sin afectar al negocio marítimo, en este sentido el Anexo VI del MARPOL 73/78 cuenta con párrafos que intentan que los buques y las refinerías promueven el uso de nuevas tecnologías para reducir las emisiones y no dañar el medio ambiente.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Uban (2019) en su tesis: *Adaptación de los puertos españoles a la nueva normativa MARPOL con el fin de aumentar el tráfico de buques*, presentada al Instituto Marítimo Español. Tuvo como objetivo primordial establecer la supremacía de competencia para las empresas de Bunkering (abastecimiento de combustible) con la finalidad de mejorar sus ventas y por ende ampliar el tráfico de buques en los puertos de España. Para el cumplimiento de dicho objetivo realizó un análisis de las ventajas y desventajas de los puertos españoles y la posibilidad de convertirse en uno de los más poderosos en el abastecimiento de combustible. A partir del 01 de enero del año 2020, planteó que se realizará un cambio extraordinario en la industria del suministro de combustible, ya que todos los buques se verán obligados a usar el fuel oil con un máximo de azufre de 0.5% masa/masa respecto del 3.5% que se utiliza hasta el año 2019 fuera de las zonas de control de emisiones (ECA), exigiéndose que el consumo de combustible debe tener como máximo 0,1%, dentro de estas zonas de control de emisiones, con la finalidad de reducir las emisiones de óxido de azufre. Mediante la observancia de la normatividad internacional MARPOL, los puertos españoles abastecedores de combustible, están orientados a mejorar

sus ventas y atraer más cantidad de buques demandantes. Se concluye que con la observancia de esta normatividad internacional MARPOL, los puertos españoles están orientados a ser líderes mundiales en el abastecimiento de combustible, proponiéndose inversiones e implementación para adaptarse a dicha norma.

Sendín (2019) en su investigación: *Soluciones para combatir la contaminación producida por los gases de escape en un buque Ro/Pax*, presentada en la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, España. Tuvo como objetivo estudiar los diferentes sistemas para reducir las emisiones y nos centraremos en la elección del sistema o sistemas más adecuados para poder reducir las emisiones de NOx y SOx para el buque en estudio y así poder cumplir las normas internacionales. Haciendo uso de una metodología de tipo descriptivo simple, que permitirá tener alcances de carácter teóricos referentes al tema enfocado. Concluyendo que a pesar de que el transporte marítimo es menos contaminante que otras opciones de transporte, la Organización Marítima Internacional está recrudesciendo las normas para combatir los cambios climáticos que estamos generando debido a la contaminación por los combustibles utilizados, así también se concluye que el factor más relevante suele ser el precio del combustible durante la vida útil del barco o el retorno de la inversión producida al instalar un sistema de limpieza de gases de escape durante un período determinado. El precio del combustible depende de varios factores difíciles o imposibles de prever. También hay que tener en cuenta la disponibilidad en el futuro de los distintos tipos de combustibles entre los que barajamos las diferentes soluciones.

Llop (2017) en su trabajo de investigación: *Adaptación de un buque para consumir fuel-oil de bajo contenido en azufre*, presentada en la Universitat Politècnica de Catalunya. Tuvo como objetivo principal la adaptación a bajo consumo de azufre por parte del R SPRING, un buque de estudio con un motor MAN B&W de 32.490kW de potencia. A lo largo del trabajo se han tratado los efectos y las consecuencias de las emisiones de azufre, así como la normativa encargada de regularlas. Del mismo modo, se ha hecho un estudio de los tratamientos de desulfuración realizables a

bordo, se ha elegido uno de ellos para su aplicación en el buque de estudio. Mediante un análisis detallado se propuso la instalación del scrubber húmedo tipo híbrido para la depuración del azufre de los gases de emisión; y, posteriormente se ha procedido al dimensionamiento básico de todos los equipos y tuberías relacionados con el lavado de gases. Siguiendo las sugerencias del fabricante del motor del buque se han escogido los combustibles, y se ha calculado la cantidad de azufre a lavar. Arribando como conclusión a que, debido a la carencia de las tablas hidrostáticas del buque, no se ha podido realizar un estudio de estabilidad como consecuencia del cambio de distribución de los contenedores en el buque. No obstante, el autor considera que la estabilidad no se vería alterada demasiado al tener en cuenta que solo se produciría una pérdida de peso de 104 toneladas. La instalación supondría una subida del centro de gravedad cuando el R SPRING esté libre carga.

Peña (2016) en su investigación: *Ingeniería marina: medidas para la reducción de gases contaminantes en motores marinos*, presentada en la Escuela Técnica Superior de Náutica y Máquinas de la Universidad da Coruña, España. Tuvo como objetivo realizar un análisis de las tecnologías y medidas utilizadas para controlar y disminuir las emisiones de contaminantes ocasionadas por los buques, un tema complicado para la mayoría de los implicados en este sector ya sea por la obligatoriedad de cumplir con las reglas, y por otro lado el gasto económico, logístico y preparatorio para poder implantar una nueva tecnología o realizar modificaciones para poder cumplir con las regulaciones del MARPOL. Haciendo uso de un tipo de metodología descriptivo simple, mediante el cual se detallan todos los alcances teóricos encontrados en la búsqueda por el investigador a disposición para posteriores investigaciones. Concluyendo que es necesario realizar inversiones, por lo que los armadores se enfrentan a una serie de decisiones importantes en términos de inversión y del comercio si quieren hacer negocios dentro de los futuros límites de emisiones de gases contaminantes. Se ha demostrado que las inversiones son retornables a medio plazo. Los factores decisivos que influyen en la decisión de inversión para la instalación de un depurador son el costo del

combustible y el tiempo de permanencia en una ECA. Por otro lado, la selección de un depurador (scrubber) requiere un costo significativo por adelantado, así como los gastos de funcionamiento, pero el ahorro en gastos de combustible puede ser mayores que los costos de instalación, dependiendo del tiempo que pasan en las ECA y la diferencia del costo del combustible entre el IFO y el MGO.

García (2013) en su tesis: *SEEMP y análisis de su influencia en el sector naviero español*, presentada ante la Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España. Tuvo como objetivo estudiar las nuevas normativas internacionales sobre la reducción de producción de CO₂., gracias a un aumento de eficiencia en las diversas actividades navieras. Haciendo uso de una metodología de tipo descriptiva simple donde se describe el papel de la OMI que es la organización marítima internacional, un organismo dependiente de naciones unidas, que promueve la organización entre estados y la industria del transporte, para mejorar la seguridad marítima, y prevenir la contaminación marítima, dando como fruto el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS) y el Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques (MARPOL 73/78), si como la normatividad internacional vigente. La resolución del MARPOL ha sido un importante paso en cuanto a la detección del problema de la emisión del CO₂ por parte del sector naviero, como este puede ayudar a la reducción de emisiones, y como en este proceso, se pueden generar nuevas vías de negocio. Sin embargo, la dificultad de la aplicación para buques ya construidos, o lo complicado que puede ser llevar a cabo alguna de las ideas que han surgido, están dificultando la aplicación, aún no ha sido plenamente desarrollada. Concluyendo finalmente que el sector marítimo español es uno de los más importantes dentro de la economía de España, entre las actividades más importantes está la pesca, los puertos, los astilleros y el transporte de pasajeros. Así también el sector marítimo de España se verá afectado dentro del corto plazo dado que las modificaciones propuestas, por lo que más convendría la construcción de nuevos buques. Esta normativa, en caso de aplicarse, afectará mayormente a los puertos y a los armadores que naveguen por aguas europeas. Los efectos de esta nueva normativa serán a largo plazo y solo

si las empresas se centran realmente en empezar a aplicarla seriamente, realizando las modificaciones pertinentes.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Conocimiento

La definición de conocimiento según la Real Academia Española (RAE, s.f.), es la acción y efecto de conocer, además del entendimiento, inteligencia, razón natural, noción y saber elemental de algo.

Según Landeau (2007), “El conocimiento es un conjunto de información que posee el ser humano, tanto sobre el escenario que lo rodea, como de sí mismo, valiéndose de los sentidos y de la reflexión para obtenerlo” (p. 1).

A lo que diremos que no solo es la aprehensión de los tópicos teóricos, sino también de los procedimientos prácticos.

2.2.2. Combustibles usados en motores marinos

2.2.2.1. Historia

El término "bunkers" es el nombre genérico inglés que significa los combustibles marinos usados por los buques para su consumo y propulsión.

De acuerdo a Cátedra (2017), el uso original de este término comenzó con el empleo del carbón como combustible para las calderas en los primeros buques propulsados por vapor. El carbón estaba entonces almacenado a bordo por alguno de los laterales de la sala de calderas, y estos compartimientos eran llamados en inglés "Coal Bunkers" (carboneras). Este era el mismo término usado para el almacenaje de carbón en tierra.

En la terminología nunca usan dos palabras cuando una es suficiente; por tanto, comenzaron a llamar a este espacio de almacenaje simplemente "bunker" (carbonera) y su contenido (carbón) fue denominado "bunkers" (combustibles). Para finales del siglo XIX, ya existía un gran número de buques mercantes y de la armada propulsados por vapor. Se abastecían de carbón en los puertos donde cargaban y descargaban mercancías, y también en puertos intermedios sobre su ruta, donde se establecieron depósitos exclusivos para el suministro de carbón combustible. Estos depósitos eran llamados estaciones de carboneo o estaciones de abastecimiento de combustible, y para los buques de la marina mercante llegó a ser una práctica normal denominar la labor de abastecerse de combustible con la conocida palabra inglesa 'bunkering', en la actualidad lo que se llama en español abastecimiento de combustible marino líquido.

A principios del siglo XX, un empresario británico llamado Weetman Pearson, más adelante conocido por el título honorífico de Lord Cowdray, tenía una participación muy alta en yacimientos petrolíferos y refinerías en México (Mexican Eagle), y en 1909 estableció una flota de petroleros con objeto de transportar el hidrocarburo a EE.UU. Ya había comenzado a usar fueloil en las locomotoras ferroviarias que transportaban sus mercancías. Se dio cuenta de las posibles ventajas respecto al ahorro de mano de obra, el espacio adicional disponible para mercancías y la eficacia que aportaba el uso de los hidrocarburos en las calderas de sus buques, y estos buques tanque fueron diseñados para quemar ambos combustibles hidrocarburos y carbón. Como podía conseguir suficiente hidrocarburo en sus puertos de carga para la travesía completa, los buques apenas usaban carbón.

El uso de fueloil repercutió en la desaparición de los grupos de fogoneros que llenaban la caldera de carbón a pala.

El combustible hidrocarburo ocupaba un volumen y peso menor a bordo para cubrir la misma distancia, y el coste promedio por milla resultaba mucho más bajo. No

tardó mucho para que estas actividades de Pearson fueran observadas por otros, y dos personajes vieron las posibilidades de grandes ventajas para ellos.

Sir Marcus Samuel, el fundador de Shell, estaba transportando y refinando hidrocarburos por todo el mundo, pero se dio cuenta que al mismo tiempo que proporcionaba a sus clientes la gasolina y keroseno que le pedían, a él le sobraban grandes cantidades de fueloil para las que necesitaba crear una demanda.

Por otra parte, el Almirante John Fisher era por aquel entonces el Comandante de la Flota Mediterránea y más adelante Primer Señor del Mar de la Real Armada Británica. Por su influencia se consiguió adaptar los buques de guerra de la clase Dreadnaught y Super Dreadnaught de aquella época, y comprendió las ventajas del combustible hidrocarburo en cuanto a mano de obra, espacio y coste.

Ambos ejercieron presión sobre su amigo Sir Winston Churchill, Primer Señor del Almirantazgo, para facilitar el cambio del carbón a hidrocarburos por la armada británica. Esta presión fue seguida por mucha intriga política además de cierta interferencia considerable por parte de la compañía que más adelante sería BP.

El descubrimiento de que Alemania estaba también intentando el mismo cambio acabó con la oposición política. El contrato no podía ser otorgado a Shell por el gobierno británico porque en esos momentos Shell ya era una empresa Anglo-Holandesa. Por tanto, el contrato fue a las manos de British Petroleum, ahora BP. Sin embargo, como BP no contaba con recursos suficientes para suministrar el volumen requerido, un contrato adicional para la mayor parte del suministro fue a las manos de Shell. El contrato exigía el establecimiento de depósitos de combustible para los buques de guerra británicos en las mismas localidades donde la armada ya tenía sus estaciones existentes de carboneo. Este cambio, emulado luego por otras importantes armadas del mundo, estableció (con el dinero de los contribuyentes) una red de estaciones de 'abastecimiento' de fueloil por todo el mundo además de la infraestructura necesaria para llenar los depósitos de almacenaje en las estaciones y trasladar el hidrocarburo a los buques.

La mayoría de las estaciones de abastecimiento de combustible marino eran propiedad y estaban operadas por las compañías que hoy llamamos las Grandes Petroleras, en muchos casos con el arrendamiento de sus instalaciones cedido por las autoridades coloniales (Gibraltar, Adén y Ciudad del Cabo son todos buenos ejemplos). La marina mercante comenzó a cambiarse al combustible hidrocarburo con mucha rapidez y, para 1940, casi la mitad de todos los buques eran propulsados por hidrocarburos. (Cátedra, 2017, p.46)

La Organización Marítima Internacional (OMI) acordó en la 70.^a sesión del Comité de Protección del Medio Marino (MEPC), celebrada en Londres, aplicar en el 2020 la reducción del límite de contenido de azufre de los combustibles marinos al 0,5 %.



Figura 1. Cinco ventajas del límite de azufre.

Fuente: OMI.

2.2.2.2. Tipos de combustibles marinos

Cátedra (2017) señala que el petróleo es un aceite mineral natural, constituido por una mezcla de hidrocarburos en su mayoría y otros compuestos orgánicos como parafinas, naftenos y aromáticos, así como pequeños contenidos en azufre. Su fórmula general es C_nH_{2n+2} . El petróleo es un recurso natural no renovable que actualmente es la principal fuente de energía a nivel mundial.

El combustible marino se origina con la mezcla en las refinerías de hidrocarburos procedentes del refino del petróleo, con sustancias aditivas que se añaden para mejorar sus cualidades y propiedades. Según su procedencia puede ser fuel oil (IFO), gasoil (GO) o diésel marino (MDO). En un buque de medio tamaño el fuel es consumido por los motores principales y el gasóleo o diésel por los motores auxiliares para la producción de energía eléctrica. Al día de hoy, muchos buques utilizan el mismo combustible para ambos tipos de motores. La razón fundamental es económica, ya que el precio del fuel es mucho menor. Existen también buques pequeños o medianos que sólo consumen gasóleo. Existen dos tipos de combustible marino: Combustible residual: es el residuo que se obtiene del proceso de refino del crudo en refinerías. Se trata de un producto de mayor viscosidad que queda después de extraer la gasolina, gasóleo, propano, butano, nafta, aceites lubricantes.

Es un combustible negro, pastoso, de olor desagradable, difícil de limpiar y es denominado también Marine Fuel Oil (MFO). Existen varios tipos de fuel en función de la viscosidad y el contenido de azufre. Los más usados son los de 380 cst (centistokes) y el de 180 cst, aunque también existen fueles intermedios y de menor cst (IFO) que se obtiene mezclando fuel con destilados (gasóleo o diésel) de tal manera que según la viscosidad deseada añadiremos al fuel más o menos producto destilado. De esta forma, podemos obtener IFO 30, 40, 60, 80, 100, 120, 150, 240, 280 y 320 cst. También existen producto de 500 y 700 cst.

Dentro de los fueles podemos distinguir entre:

- HSFO: (high sulphur fuel oil) tiene un contenido máximo de azufre del 3,5 por ciento, una viscosidad de entre 380 y 420 centistokes a 50° y una densidad de 0.991 y 0.998 g/l.
- LSFO: (low sulphur fuel oil) tiene un contenido de azufre máximo de 1,5 por ciento.
- ULSFO: (ultra low sulphur fuel oil) tiene un contenido máximo de azufre de 0,1 por ciento. (Cátedra, 2017, p.63)

Combustible destilado: son los llamados MGO (gasoil marino) y MDO (diésel marino). El gasoil es el más ligero, de MAYOR calidad y de precio más elevado. Hay varios tipos de gasóleos en el mercado. Se trata de un combustible con un contenido relativamente bajo de azufre. Su calidad de ignición se caracteriza por el índice de Cetano o el Número de Cetano. El primero es calculado a partir de algunas propiedades de destilación y debe tener un valor mínimo de 43; El segundo es más preciso ya que está medido en un motor bajo unas condiciones estándar. Es un excelente combustible para motores diésel que operan bajo condiciones de alta exigencia. Posee aditivos mejoradores de flujo, lo que le permite fluir a la más baja temperatura ambiente, circulando sin obstruir a través de los conductos de alimentación, filtros y sistema de inyección. Tiene un adecuado nivel de residuo carbonoso que contribuye a la uniformidad de las operaciones y evita la formación de depósitos que disminuyen la eficiencia. Este combustible se usa comúnmente en motores marinos de categoría 1 (< de % litros por cilindro) Las embarcaciones de recreo utilizan un gasóleo de 0,1%S desde el 1 de enero de 2008. Se asemeja a la especificación ISO 8217: 2010 (versión 2010) DMA.

El Diesel Marino (También conocido como MDO o DMB) se le permite tener rastros de combustible residual, que pueden ser altos en azufre. Esta contaminación con combustible residual por lo general se produce en el proceso de distribución, al utilizar los mismos medios de suministro (por ejemplo, oleoductos, buques de suministro) que se utilizan para el combustible residual. El DMB se utiliza

normalmente para motores de categoría 2 (5-30 litros por cilindro) y Categoría 3 (= 30 litros por cilindro).

2.2.2.3. Especificaciones del combustible

Los parámetros mínimos de calidad requerido a los combustibles marino vienen definidos por las especificaciones. En este sentido, Cátedra (2017) describe que en el año 1982 comienzan las refinerías a introducir el cracking y se llega por consenso entre suministradores, consumidores y fabricantes de motores a la necesidad de establecer un estándar de calidad. Es la organización ISO (International Organization for Standardization) con sede en Ginebra la que establece los parámetros mínimos tanto de los combustibles residuales, como de los destilados.

La primera letra del nombre del producto indica el tipo de combustible que es:

- D es para combustible destilado
- R es para combustible residual

La segunda letra indica la aplicación M de marina. La tercera letra, X, A, B, C, E, F etc, indica propiedades particulares del combustible. Para los combustibles marinos residuales, el número de después del nombre del producto indica la viscosidad máxima a 50°C y medida en (mm²/s), es decir en centistokes. Los cuatro tipos de combustible marinos más usados en el sector del transporte marítimo son Marine Gasoil (MGO), Marine Diesel Oil (MDO) y los fueles residuales (IFO) 180 cst y 380 cst IFO. Estos se corresponden con los siguientes grados ISO.

- MGO se corresponde con DMA
- MDO se corresponde con DMB y DMC
- IFO 180 cst se corresponde con RME 180 y RMF 180.
- IFO 380 cst se corresponde con RMG 380, RMH 380 y RMK 380.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO		Fecha efectiva:		
COMBUSTIBLE USO MARINO		01.01.2020		
TIPO DE PRODUCTO		Reemplaza edición de:		
COMBUSTIBLE RESIDUAL INTERMEDIO		Enero 2019		
NOMBRE DE PRODUCTO				
MARINE FUEL - 380 (MF-380 o IFO-380)				
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES		MÉTODO	
	MIN.	MÁX.	ASTM	Otro
VOLATILIDAD				
Densidad a 15°C, Kg/m ³		991.0	D-1298, D-287, D-4052	ISO-3675, ISO-12186
Punto de inflamación, °C	60		D-93	ISO-2719
FLUIDEZ				
Viscosidad cinemática a 50°C, cSt		380.0	D-445	ISO-3104
Punto de escurecimiento, °C		30	D-97	ISO-3016
COMPOSICIÓN				
Azufre total, % masa		0.5	D-4294	ISO-8754, ISO-14586
Residuo de carbón, % masa		18	D-188, D-4530	ISO-10370
Sulfuro de hidrógeno, mg/kg		2.00	D-7621	IP-570
Número de Acidez, mg KOH/g		2.5	D-664	
COMBUSTIÓN				
Índice de la aromaticidad de carbono, calculado - CCAI		870		ISO 8217 Sección 6.2
CONTAMINANTES				
Agua, % V		0.50	D-95	ISO-3733
Sedimentos totales, % masa		0.10	D-4870	ISO-10367-2
Cenizas, % masa		0.10	D-482	ISO-6245
Sodio, mg/Kg		100	D-6186	IP-601, IP-470
Aluminio + silicio, mg/Kg		60	D-5184	IP-501, IP-470, ISO-10478
Vanadio, mg/Kg		300	D-5708	IP-501, IP-470, ISO-14587
Calcio, mg/Kg		30	D-5185	IP-501, IP-470
Zinc, mg/Kg o		15	D-5185	IP-501, IP-470
Fósforo, mg/Kg		15	D-5185	IP-501, IP-500
OBSERVACIONES:				
Las especificaciones guardan concordancia con el estándar ISO 8217 para combustibles residuales marinos.				

Figura 2. Especificaciones técnicas de Combustible marino

Fuente: <https://www.petroperu.com.pe/productos/combustibles/combustibles-marinos/>

2.2.3. Nuevo Combustible de bajo nivel de bajo contenido de azufre

2.2.3.1. Propiedades

2.2.3.1.1. Viscosidad

Como se espera este combustible tendrá una viscosidad que se encontrará entre el rango de destilado y el residual de diferentes lotes del mismo combustible en diferentes faenas. En la figura 3, se observa que las barras azules contienen datos del 2017 y las barras rayadas el potencial esperado de distribución de viscosidad de este nuevo combustible con un límite de 0.5% de Azufre en su contenido. El Porcentaje de muestras esperado es distribuido de manera más uniforme en todo el rango de viscosidad para este nuevo combustible.

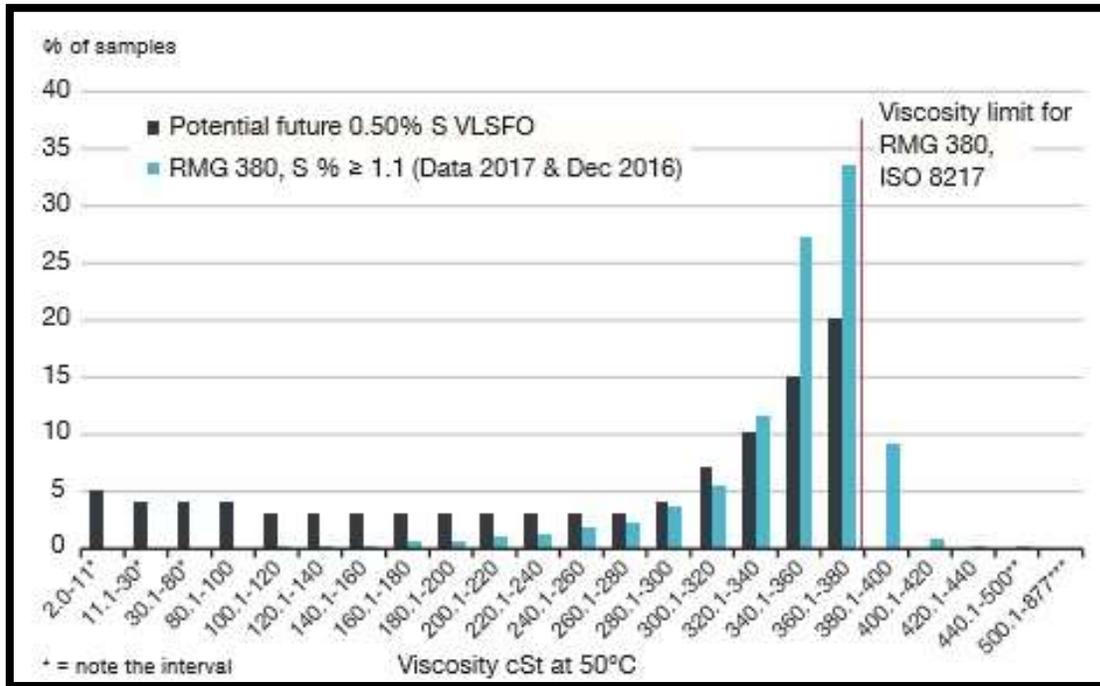


Figura 3. Distribución de viscosidad según el test RMG380. Las barras azules son datos desde 2017. Las barras rayadas son el potencial esperado de distribución de viscosidad de este combustible.

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%200.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

La viscosidad según el gráfico, no debe exceder a 380 mm²/s. pero por lo general en buena calidad se encuentra alrededor de 20 mm²/s. Se debe observar siempre con precaución en los resultados del laboratorio, por lo general la viscosidad se calcula a una temperatura de 50°C grados.

a. Viscosidad del combustible a la entrada del motor

El rango recomendado de la viscosidad de este combustible el cual es utilizado en motores de 2 tiempos de la marca MAN B&W se muestra en la figura 4.

Fuel viscosity	
Range	Fuel viscosity at engine inlet
Minimum	2 cSt
Normal (DM grades)	3 cSt or higher
Normal (RM grades)	3-18 cSt
Maximum	20 cSt

Figura 4. Viscosidad el combustible a la entrada del motor.

Fuente:<https://shipandbunker.com/download/Paper%2050-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

Si la viscosidad es menos de 2 cSt, la inyección del combustible se verá afectado. Si la viscosidad del combustible llega a estar muy alta, la presión de inyección efectiva se verá reducida, lo que llevará a una inyección más lenta y de menor grado de atomización, incluso podría comprometer la combustión. La relación viscosidad-temperatura para combustibles con diferentes viscosidades a la entrada del motor puede ser visto en la figura 5.

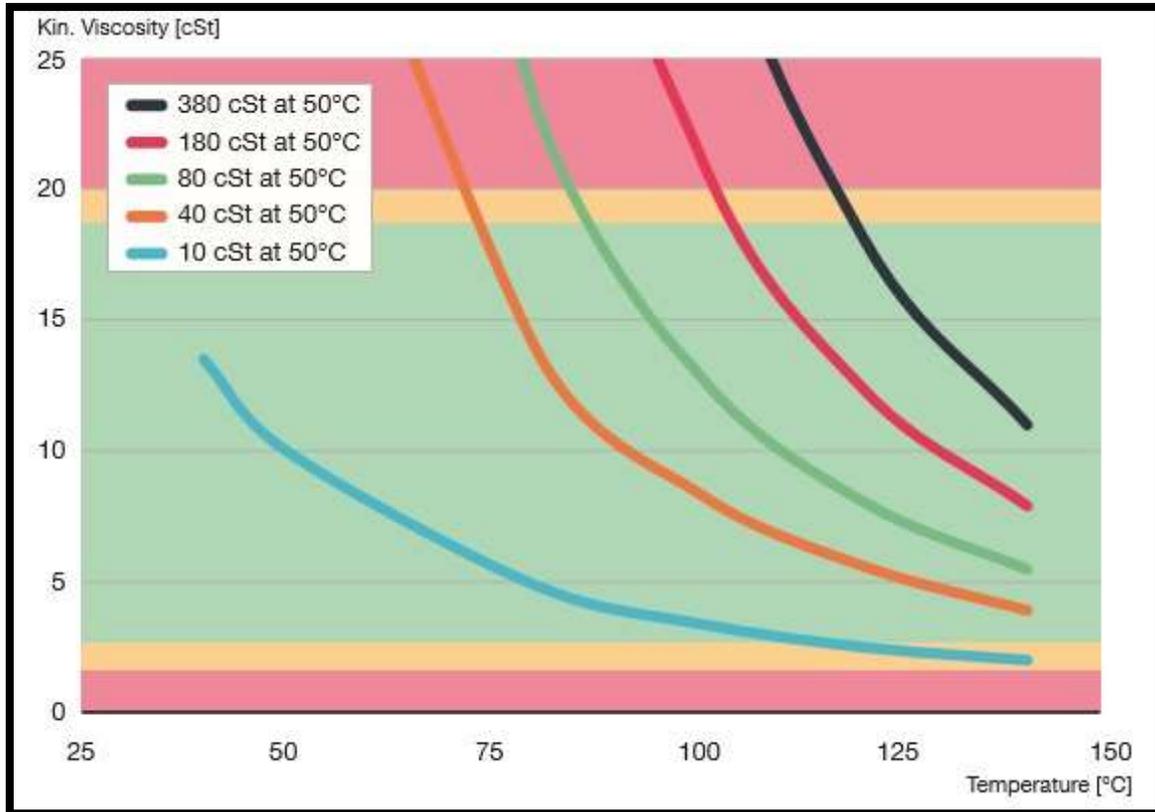


Figura 5. Relación viscosidad-temperatura para combustibles con diferentes viscosidades a la entrada del motor.

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%2050-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

b. Limite más bajo de viscosidad para la entrada del motor

Como se describió el límite más bajo es de 2 cSt. Prácticamente, para poder construir un margen de seguridad contra desviaciones de menor temperatura y sensores de viscosidad de estado fallido, la viscosidad mínima para la entrada del motor debe de ser de 3cSt. En las figuras 4 y 5 muestran típicas relaciones entre viscosidad y temperatura para combustibles marinos con viscosidad muy baja y viscosidad media. En caso de combustibles de baja viscosidad, se debe tener cuidado de no calentar demasiado el combustible para así poder reducir su viscosidad.

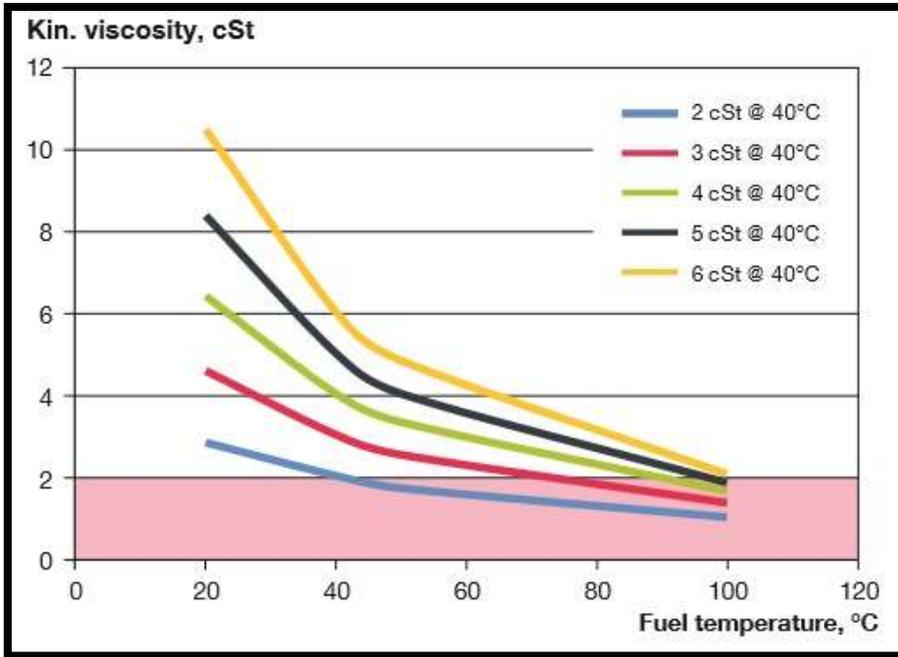


Figura 6. Relación viscosidad-temperatura para combustibles de viscosidad muy baja.

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%200.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

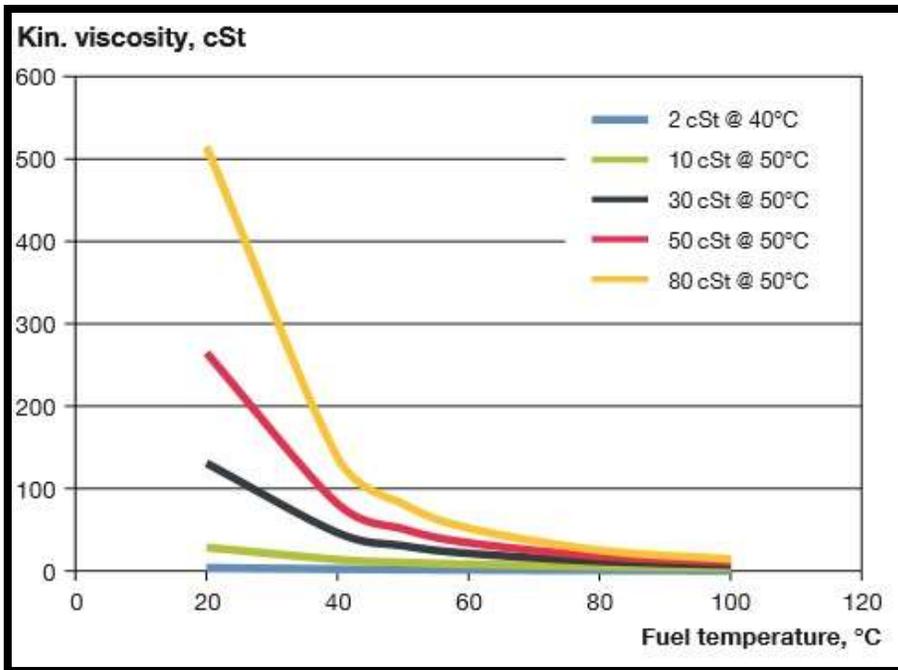


Figura 7. Relación viscosidad-temperatura para combustibles de viscosidad media.

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%200.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

Una buena gestión del sistema de combustible tiene un efecto variable en el calentamiento de este combustible, dado que se requiere la viscosidad ideal del combustible para que entre al motor.

Previamente, la gestión efectuada al sistema de combustible debe de estar bajo supervisión dado que estuvieron diseñados para el Heavy Fuel Oil de alta viscosidad, lo que significa que la temperatura se mantuvo alta. Cuando se utilice con este combustible de una viscosidad baja la temperatura en el sistema debe ser la más baja posible para garantizar una viscosidad adecuada a la hora de entrar al motor. Los combustibles de baja viscosidad desafían mucho la función de las bombas de combustibles de la siguiente manera:

- Desglose de la película de aceite hidrodinámica que podrá llevar a daños.
- La presión de inyección será insuficiente, lo que llevará a dificultades a la hora del arranque, operación en carga normal y baja.
- Habrá un margen insuficiente del índice de combustible, que limita la aceleración.

En la siguiente figura 8, se muestra el diagrama del sistema de combustible y como este opera dentro del motor, considerando el flujo en su accionar.

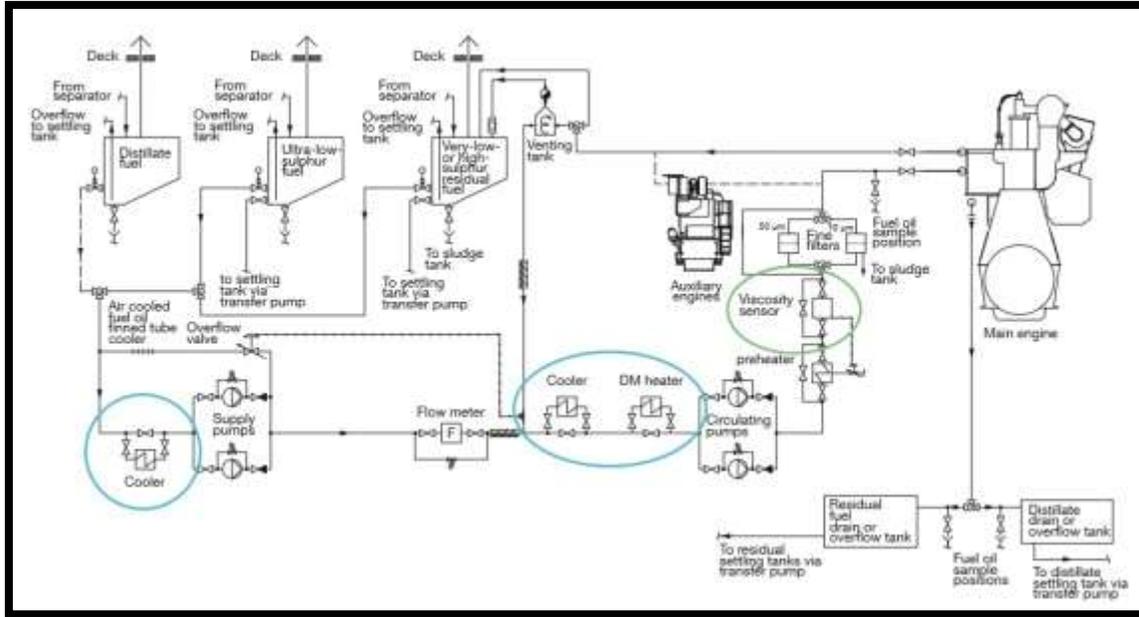


Figura 8. Diagrama del sistema de combustible

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%200.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

Muchos factores influyen en la tolerancia de la viscosidad durante el arranque y el funcionamiento en cargas bajas:

- Condición del motor y su mantenimiento.
- Desgaste de la bomba de combustible.
- Ajustes del motor principalmente en el índice de inyección durante el encendido.
- Temperatura actual del combustible en el sistema.

Es difícil de optimizar todos estos factores al mismo tiempo, dado que complica el funcionamiento de los combustibles en los extremos más bajos del rango de viscosidad.

Para construir algún margen para un funcionamiento seguro y fiable a razón de mantener la viscosidad requerida en la entrada del motor, la instalación de enfriadores puede ser necesaria en aquellos sistemas de combustible que no los tenga. (Figura 8)

Para los destilados que tienen una viscosidad muy baja, un enfriador puede no ser suficiente para disminuir la temperatura del combustible debido a la insuficiente agua que se usa para enfriar a bordo. La viscosidad del combustible no solo afecta a las bombas de combustible sino a las bombas de circulación, bombas de alimentación, bomba de transferencia. Por lo que se debe poner en contacto con el fabricante para contar en la bomba ideal para cada proceso.

c. Viscosidad para la entrada del motor durante el cambio a otro combustible

Como se describió, la viscosidad de este nuevo combustible se espera que pueda variar desde baja a alta. Si la temperatura del combustible no es ajustada durante el cambio del combustible anteriormente o posteriormente recibidas, la viscosidad puede aumentar o disminuir fuera de los límites especificados. En las figuras 8 y 9 se puede observar 2 ejemplos de cambio de combustible con diferente viscosidad donde la temperatura del combustible no ha sido ajustada, y la viscosidad termina fuera los límites establecidos.

La figura 9 muestra un cambio de un combustible que contiene una viscosidad de 80 cSt a 50°C grados a otro combustible de 380 cSt a 50°C grados sin cambiar la temperatura del combustible. Se debe observar que la viscosidad a la entrada del motor será muy alta.

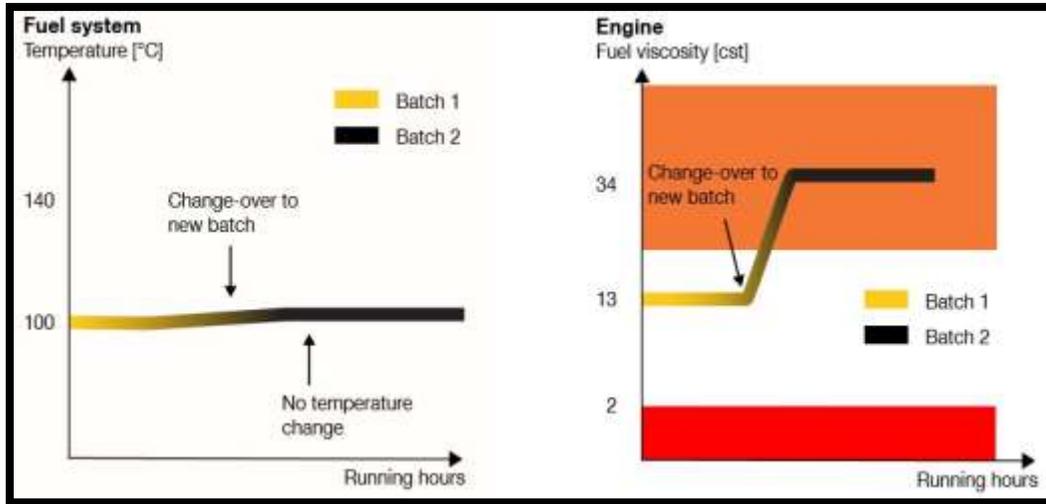


Figura 9. Viscosidad por los cambios de temperatura

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%200.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

En la siguiente figura 10, muestra un cambio de un combustible que contiene una viscosidad de 380 cSt a 50°C grados a otro combustible de 80 cSt a 50°C grados sin cambiar la temperatura del combustible. Se debe observar que la viscosidad a la entrada del motor será muy baja

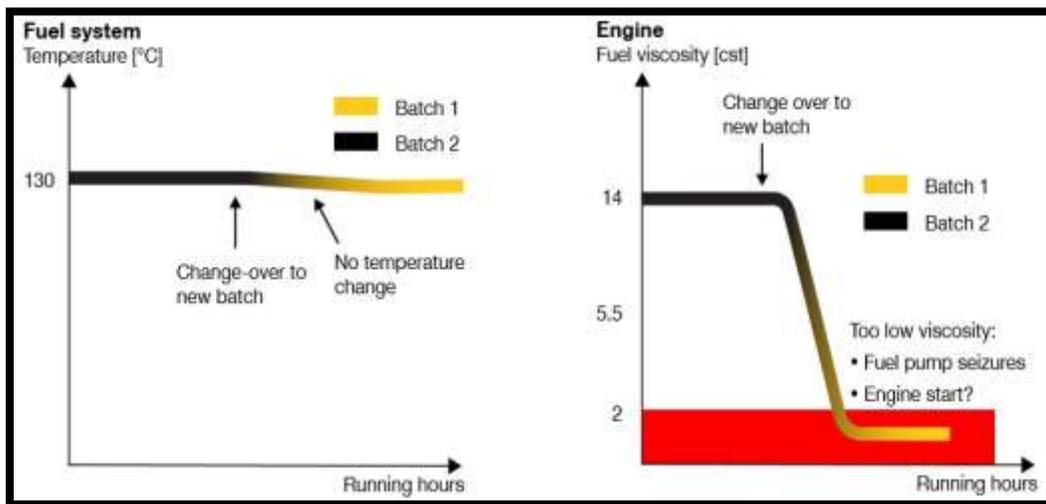


Figura 10. Viscosidad a la entrada del motor

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%200.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

2.2.3.1.2. Densidad

De acuerdo a las muestras que se recolectaron de las diferentes faenas de combustible del año 2017 (Figura 11), debido a que son diferentes lotes de combustibles con las mismas propiedades que se involucraron en las diferentes faenas a lo largo del año 2017 y 2016. Las barras azules muestran datos del 2017 y las barras rayadas muestran el potencial esperado de distribución de viscosidad de este nuevo combustible con un límite de 5% de Azufre en su contenido. El Porcentaje de muestras esperado es distribuido de manera más uniforme en todo el rango de viscosidad para este nuevo combustible.

En la figura 11, se muestra la distribución de viscosidad, como se puede observar, las barras azules son datos desde 2017. Las barras rayadas son el potencial esperado de distribución de viscosidad de este combustible.

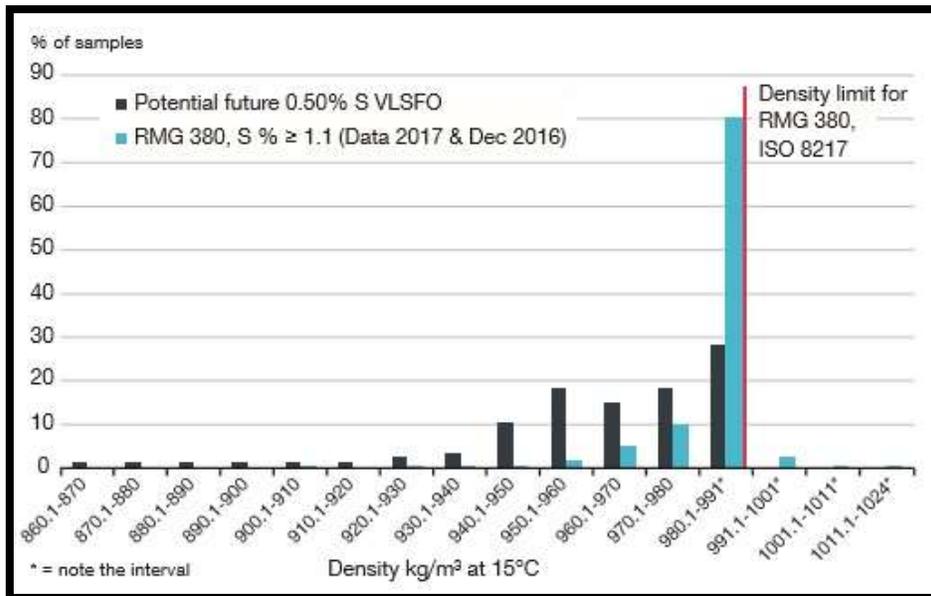


Figura 11. Distribución de viscosidad según el test RMG380.

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%200.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

La densidad según la figura 11, no debe de exceder a 991 kg/m³. Dado que ese es el límite según el test RMG 380. Se debe de observar siempre con precaución en

los resultados del laboratorio, por lo general se encuentra la densidad a una temperatura de 15°C grados.

a. Densidad y la limpieza del combustible:

En separadores normales, es muy importante cambiar los discos de gravedad para cuando se efectúe de cambio de un combustible a otro. Si el disco de gravedad del purificador no es ideal para este nuevo combustible entonces la interface agua-aceite será incorrecta y la eficiencia de limpieza se verá comprometida. Este combustible no será limpiado y el agua en su contenido ingresara al motor, por lo que se tendrá que drenar posteriormente cuando las fallas se hagan presente.

En los purificadores comunes, el disco de gravedad mantiene el balance hidráulico entre aceite y agua, y el ajuste del estado de interface. La correcta posición de interface entre agua y aceite debe de estar fuera de los discos y a la vez en la parte de arriba del disco superior según la figura 12.

Si la interface se ve comprometida y se aloja en el interior de los discos entonces la eficiencia de separación disminuirá progresivamente. El tipo de separador más común en buques nuevos, cuentan con ajustes automáticos para la interface de agua y aceite sin necesitar un disco de gravedad. Para una óptima limpieza se recomienda utilizar estos separadores con ajustes automáticos.

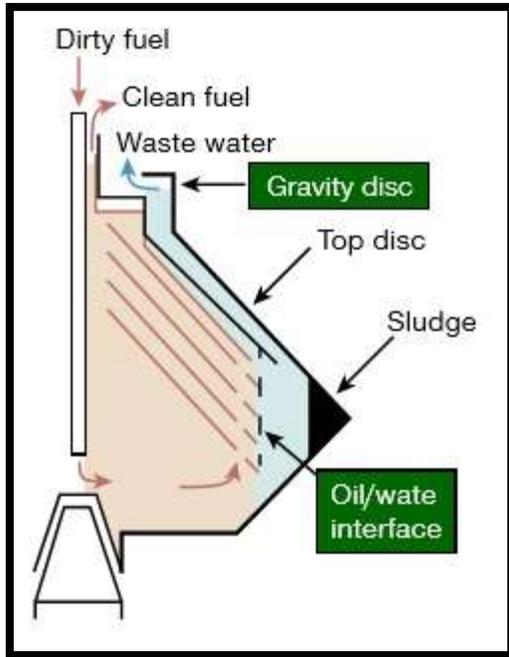


Figura 12. Esquema interno del purificador

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%200.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

2.2.3.1.3. Aluminio y Silicio

Los residuos catalíticos también son encontrados en todo combustible, pero este nuevo combustible tiene una mayor presencia a pesar de tener 0.5% de azufre en su contenido. Estos están en pequeñas partículas las cuales generaran mayor tendencia al desgaste en el motor. Se recomienda estrictamente el uso de nuevos planes y gestiones en los procedimientos como la purificación y acondicionamiento del sistema de combustible con el fin de limpiar este combustible y así eliminar estas partículas.

El sistema de combustible en los buques se encuentra diseñado para combustibles de alto nivel de azufre, alta viscosidad, alta densidad; por lo que se debe de estar atento y preparado cuando se cambie de combustibles de alto contenido de azufre a este nuevo de bajo nivel de azufre. Procedimientos adecuados para la limpieza, almacenaje, sedimentación y consumo de este nuevo combustible deben de ser

implementados para mantener los niveles de Aluminio y Azufre tan bajo como se pueda. El nivel máximo de estas partículas debe de ser de 15 ppm a la hora de entrada al motor por cortos periodos como se muestra en la figura 13.

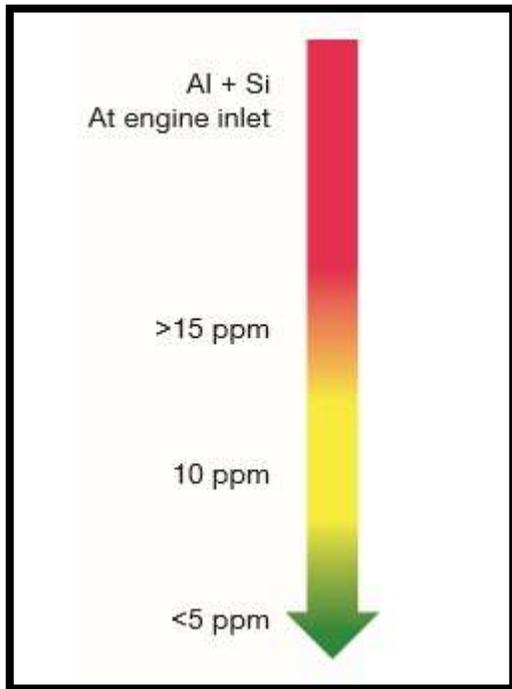


Figura 13. Contenido máximo de Aluminio y Silicio a la entrada del motor.

Fuente:<https://shipandbunker.com/download/Paper%20.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

La temperatura a través del purificador debe de mantenerse según las recomendaciones de los resultados del laboratorio, en caso que un lote de este combustible contenga un alto contenido de estas partículas se deben de mantener a 98°C o a la temperatura adecuada especificada por ellos.

Pero aquel combustible que tenga un rango bajo se debe de mantener alrededor de 50°C para evitar alcanzar el límite del punto de inflamabilidad.

Se recomienda que el purificador mantenga un flujo lento, usar los purificadores en paralelos simultáneamente para obtener una óptima extracción de estas partículas.

a. Partículas de Aluminio y Silicio en los tanques y los sistemas de combustibles

Algunos lotes de este combustible de bajo nivel de azufre muestran al momento de purificarse, lo que significa que pueden disolver lodos de los tanques y las paredes de las tuberías de combustibles anteriores. Cuando se efectúe esto, se debe de observar para evitar que algún lodo o partícula entren al motor.

Este por lo general debe de darse en el primer cambio de combustible del típico combustible de alto nivel de azufre a este nuevo combustible de bajo nivel de azufre.

b. Partículas de Aluminio y Silicio en este combustible a partir del 2020

En Julio del 2010, la regulación que indicaba que el contenido máximo de azufre en el combustible cambio de 1.5 % a 1.0%. Durante las muestras de estos combustibles mostraban que abundaban partículas de Aluminio y Silicio, pero también se mostraba un nivel más bajo de azufre como se muestra en la figura 14.

En Enero del 2020, la nueva regulación indicaba que el nivel máximo de azufre en el contenido debía de ser de 0.5%. En consecuencia, se vio un alto índice de aumento de estas partículas.

En la figura 14 se aprecia el contenido de azufre y las partículas de Aluminio y Silicio. Datos recolectados de las muestras desde el año 2010 mostrando los límites de 1.5% y 1.0% de azufre en zonas especiales.

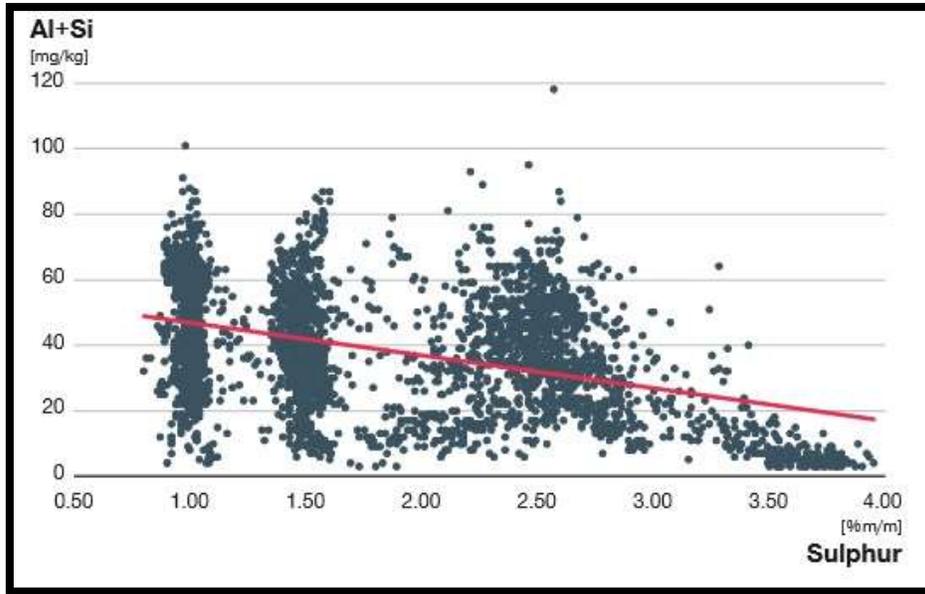


Figura 14. Contenido de Azufre en las partículas de aluminio y Silicio.

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%200.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

Las partículas de Aluminio y Silicio no deben de exceder a 60 mg/kg en su contenido. Dado que ese es el límite según el test RMG 380. Se debe de observar siempre con precaución en los resultados del laboratorio y si en caso de tener un alto contenido de estas, se deben de efectuar procedimientos adecuados para su correcta extracción durante el proceso de purificación de este nuevo combustible de bajo nivel de azufre.

2.2.3.1.4. Propiedades de Flujo en Frio

La fluidez se define mediante 3 parámetros las cuales son el punto de enturbiamiento, punto de atascamiento en filtros y el punto de fluidez.

El punto de enturbiamiento se define como la temperatura a la cual se comienza a crear ceras cristalinas y la transparencia del combustible se comienza a ponerse turbio. Puede ser medido solo en combustibles transparentes como el DMA, por lo general es más alto que el punto de fluidez. (ISO 3015)

El punto de atascamiento en filtros puede ser medidos de acuerdo a los grados del test de DM y es la temperatura más baja donde el combustible puede fluir a través de un filtro de 45 micrones.

El punto de fluidez puede frecuentemente ser medido de acuerdo a los grados del test de DM y RM, además es definido como el punto limite más bajo a la cual este combustible puede continuar fluyendo. (ISO 3016)

a. Manejo de propiedades de fluidez

En el sistema de combustibles debe de mantenerse a una temperatura alrededor de 35 °C a 40 °C grados para así minimizar el riesgo de la formación de ceras cristalinas y disminuir el riesgo de viscosidades muy bajas. Altas temperaturas incrementaran el riesgo de que la viscosidad se disminuya, por lo que se recomienda que este combustible circule por enfriadores para mantener la temperatura adecuada.

Para combustibles tipo RM; la temperatura del combustible en el sistema como por ejemplo en los tanques y tuberías, deben de estar por lo menos 10°C grados más alto que el punto limite más bajo de fluidez que es de 30°C. Si la temperatura llega a estar más bajo que el punto de enturbiamiento, se puede producir precipitaciones cerosas lo que llevará a una obstrucción de los filtros de los equipos involucrados, y si la temperatura cae más baja que el punto límite de fluidez entonces este combustible no podrá fluir según la figura 15 y la figura 16 muestra un caso severo de precipitaciones cerosas.

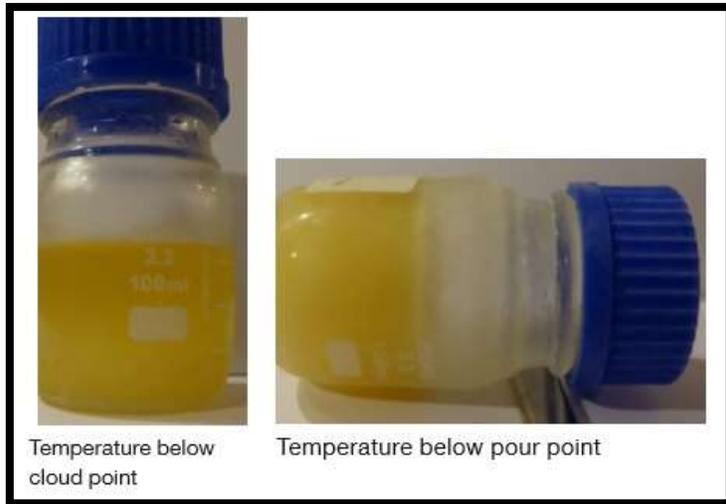


Figura 15. Propiedades de fluidez

Fuente:<https://shipandbunker.com/download/Paper%20.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>



Figura 16. Combustible con altas concentraciones de precipitaciones cerosas.

Fuente:<https://shipandbunker.com/download/Paper%20.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

Si este combustible se recalienta más arriba que el punto de enturbiamiento, las precipitaciones cerosas se disolverán, si el combustible calentado por encima del punto límite de fluidez entonces el combustible podrá fluir de nuevo. Esto requerirá

una apropiada distribución de calentamiento y recirculación del combustible en los tanques; además también significa que este combustible debe de calentarse por los tanques o recirculando por un calentador externo como se muestra en la figura 17.

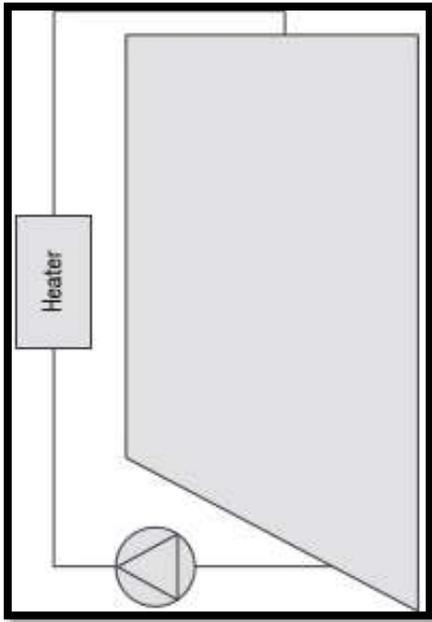


Figura 17. Esquema de un tanque que tiene un calentador acoplado a su diseño.

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%2050-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

2.2.3.1.5. Incompatibilidad y Estabilidad

Como se sabe los combustibles son generalmente mezclas de diferentes fracciones de hidrocarburos con diferentes características. Las más importantes son las parafinas, los asfaltos y las aromáticas.

Las moléculas parafinas se encuentran estructuradas en cadenas de hidrocarburos mientras que las moléculas aromáticas se encuentran en cadenas cíclicas.

Los asfaltos son moléculas muy grandes que están compuestas por una mezcla compleja de diversos componentes, que tienden a aglomerarse bajo ciertas condiciones y luego se precipitan.

Las moléculas aromáticas pueden apoyar para mantener los asfaltos en suspensión, mientras que las moléculas parafinicas no pueden contener moléculas asfálticas.

Como resultado de una precipitación de asfaltos existirá riesgo de una alta tendencia a generar lodos y bloqueo de filtros como se muestra en la figura 18. Se observa la formación de lodos y obstrucción del separador como resultado de una alta incommutabilidad al mezclar este nuevo combustible con otros lotes.



Figura 18. Formación de lodos y obstrucción

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%20.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

a. Estabilidad del combustible

Es responsabilidad de los que suministran este combustible verificar la estabilidad y homogeneidad a la hora de la entrega. Este combustible debe de ser estable dentro de los sistemas de combustible que usan normalmente en los buques incluso en el sistema de inyección a alta presión. La estabilidad como propiedad se define como la resistencia a precipitar lodos asfálticos a pesar de estar sujeto a fuerzas

como tensiones térmicas, dado que si se maneja y almacena este combustible como lo requiere los resultados del laboratorio entonces se obtendrá una función en óptimas condiciones.

La inestabilidad puede generarse si este combustible se mezcla con otros del mismo tipo de tal manera cuando existen moléculas asfálticas suspendidas, pero no existen muchas moléculas aromáticas para seguir manteniéndolas en suspensión. Los asfaltos necesitan de otras moléculas para permanecer en suspensión, mientras que, si se mezclan con altas cantidades de compuestos parafinas, entonces el riesgo de inestabilidad es muy grande.

El resultado de un combustible inestable llevara a la formación excesiva de lodos en tanques incluso en el mismo sistema, luego bloqueara los filtros incluyendo los purificadores. Una vez que los asfaltos se precipitan y forman lodos, hay muy poca probabilidad de que el proceso sea reversible; incluso estos asfaltos no se pueden revertir así se trate de volver a suspenderlos ni físicamente ni químicamente.

b. Incompatibilidad del combustible

La compatibilidad de un combustible se define como la habilidad de uno o más combustibles para mezclarse sin evidenciar separación del material que no lleve como resultado la formación de múltiples fases como por ejemplo la separación de moléculas de asfaltos haciendo que exista mayor formación de lodos en el combustible.

Es también una medida de que tan estable es un combustible cuando se mezcla con otro, y la tendencia de generar lodos o depósitos. La ausencia de asfaltos puede ser muy rápido y no reversible; incluso la formación de lodos puede ocurrir de forma inmediata después de mezclar muchos lotes de combustibles, pero depende de tu estabilidad. Los problemas restantes serán igual como para un combustible

inestable como por ejemplo problemas con el sistema de combustible, obstrucción de filtros y purificadores.

El reto para este combustible de 0.5% de azufre en su contenida consistirá en su amplia gama de poblaciones de mezclas, variando de compuestos altamente parafinas a compuestos altamente aromáticos. Cuando se mezcle combustibles aromáticos con parafinas que son estables por sí mismo, la mezcla podría resultar inestable; teniendo como resultado una cantidad excesiva de lodos porque los asfaltos en el combustible aromático caerán de la suspensión. Como conclusión se debe de tener en cuenta que diferentes lotes de combustible del mismo tipo pueden resultar no compatibles, por lo que se debe de mantener separados por recomendación de los resultados del laboratorio.

2.2.3.1.6. Poder calorífico:

El poder calorífico es la energía que desprende una unidad de volumen o en otro caso una unidad de masa, tal es el caso de una oxidación o una reacción química entre un combustible y un comburente que es el aire comprimido. Esta propiedad consta de 2 tipos las cuales son:

a. Poder Calorífico Inferior o Poder Calorífico Neto:

Es el calor el cual es desprendido cuando se da una combustión completa de 1 unidad de masa o 1 kg de combustible, en este caso no se considera el calor latente emitido por el vapor del agua durante la combustión, ya que no se produce un cambio de fase y al final solo es expulsado como vapor. En otras palabras, no se aprovecha la energía de condensación del agua.

b. Poder Calorífico Superior:

Es la cantidad de calor que se desprende de una combustión completa de 1 unidad de masa o 1 kg de combustible, en este caso se considera el calor que se desprendió cuando el vapor de agua que fue generado en la combustión se

encuentra de forma condensada, así se considera esta cantidad de calor en el cambio de fase.

Los resultados del laboratorio siempre consideran al Poder calorífico inferior como el más realista por lo general se encuentra en un valor alrededor de 41.5 MJ/kg. Este valor es mayor que la del Heavy Fuel Oil que contiene alrededor de 39 MJ/kg y menor que la del Marine Diesel Oil que es de 42.8 MJ/kg debido a que no tiene tantas impurezas como el Heavy fuel Oil, a medida que el combustible tiene una mejor calidad y condición entonces más alto será su poder calorífico tal es el caso del Marine Diesel Oil.

2.2.3.1.7. Punto de inflamabilidad:

Se define como la temperatura límite a la cual empieza a producir vapores explosivos, a medida que la temperatura se sigue incrementando tendrá como resultado una mayor tendencia. El convenio SOLAS, especifica que cualquier combustible utilizado por los buques debe de estar almacenado en los tanques en una temperatura menor de 60°C grados, esta propiedad debe de ser verificada con los resultados del laboratorio.

Otro aspecto importante de esta propiedad es que proporciona una idea de los compuestos volátiles que pueden tener en el contenido de este combustible.

Según los últimos resultados de laboratorio en este último año, se ha visto que este combustible tiene el punto de inflamabilidad alrededor de una temperatura de 70°C grados que es mayor comparando al Marine Diesel Oil y a la vez menor que al del Heavy Fuel Oil.

2.2.3.1.8. Azufre

A partir del 1 de enero del 2020, todos los buques deben de cumplir con el uso este nuevo combustible que tiene una cantidad de 0.5% m/m de azufre en su contenido. El azufre en el combustible depende del petróleo crudo y su proceso de refinación; se sabe que cuando un combustible se quema, este pasa a ser convertido en óxidos de azufre. Estos óxidos son corrosivos para las superficies del pistón para lo cual se usa un aceite lubricante con un alto número de base que los neutraliza.

En el 2008 el anexo VI del Mariol, se adoptó el requerimiento del contenido de azufre de cada combustible utilizado por los buques que no deben exceder como lo indica el anexo VI del MARPOL.

El anexo VI del MARPOL, estableció reglas que estableció el contenido máximo de azufre que un combustible debía contener; por ejemplo, hasta el 1 de enero del 2012 el contenido máximo de azufre era de 4.50% m/m, después del 1 de enero del 2012 el contenido máximo era de 3.5% m/m. Ahora a partir del 1 de enero del 2020 el contenido máximo de azufre es de 0.5% m/m.

Adicionalmente, se estableció restricciones del contenido de azufre del combustible utilizado en zonas dentro de zonas ECA (Emission Control Area); por ejemplo, a partir del 1 de enero del 2010 el contenido máximo de azufre era de 1.00% m/m y por último después del 1 de enero del 2015 es de 0.1% m/m.

Este nuevo combustible llamado también Very Low Sulphur Fuel Oil (VLS FO), debe de tener un máximo de 0.5% m/m de contenido de azufre en su contenido; esto se debe verificar con los resultados del laboratorio para cumplir con lo estipulado en el anexo VI del MARPOL.

En figura 19 se muestra los límites de azufre en los combustibles utilizados por los buques de acuerdo a lo que establece el convenio MARPOL a lo largo de los años.

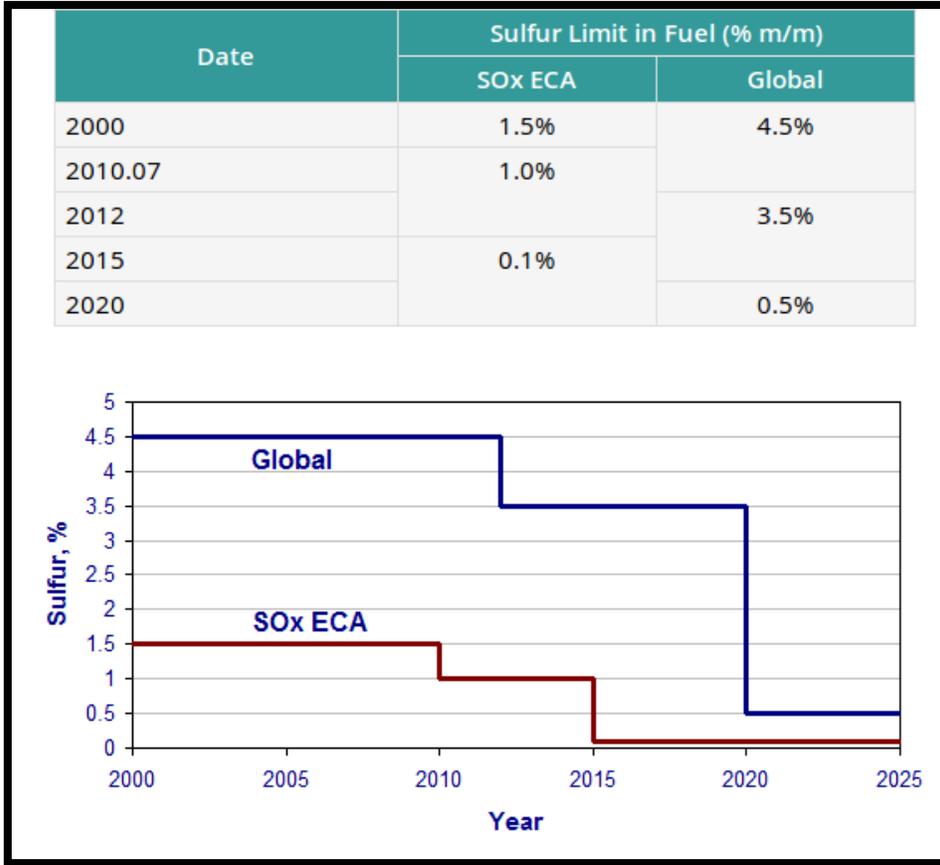


Figura 19. Tabla límites de azufre el convenio MARPOL a lo largo de los años.

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%200.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

2.2.3.1.9. Sodio

El sodio es un elemento químico muy activo que tiene carácter metálico y alcalino que por lo general se puede encontrar en la forma de sal. Este elemento se puede encontrar en el combustible ya sea desde los procedimientos de almacenamiento en los tanques o desde el momento en que el combustible proviene de la refinería hasta la hora de la entrega a los buques en las maniobras de combustible, en ciertos casos el aire salado en los depósitos del combustible puede condensarse y eso lleva a la formación de sodio en el contenido de este combustible.

Los efectos del Sodio tienden a producir oxidación en fase líquida y gaseosa:

- En la fase líquida, se da cuando se tiene contacto con sulfatos y piro-sulfatos que se encuentran en los gases de escape luego se depositan en las superficies de las válvulas.
- En la fase gaseosa, se da cuando se tiene contacto con el acero dado que los gases de escape tienen sodio y se produce la oxidación.

2.2.3.2. Aspectos Generales

A modo de resumen se especifica los componentes del nuevo combustible y sus índices permisibles lo cuales se demuestran mediante unas figuras que a continuación se presentan, las cuales han sido elaboradas por VPS análisis del combustible recibido por el buque NordAutumn a inicios del 2020. Como se podrá apreciar contar con información reciente permite hacer de esta investigación un aporte importante para futuras investigaciones en tanto los datos son corroborarles.

En la figura 20 se presentan los resultados de laboratorio que contienen las propiedades que presenta este lote del combustible de 0.5% de azufre en su contenido, que fue recibido por el buque NordAutumn el 20 de enero del 2020

Test Results

	Unit	Test Results	RMG380	Test Method
Density @ 15°C	kg/m³	9365	991.0	ISO 12185
Viscosity @ 50°C	mm²/s	31.97	380.0	ISO 3104
Water	% V/V	0.07	0.50	ASTM D6304-C
Micro Carbon Residue	% m/m	9.33	18.00	ISO 10370
Total Sediment Potential	% m/m	< 0.01	0.10	ISO 10307-2
Ash	% m/m	0.01	0.10	LP 1001
Vanadium	mg/kg	13	350	IP 501
Sodium	mg/kg	18	100	IP 501
Calcium	mg/kg	7	30	IP 501
Zinc	mg/kg	1	15	IP 501
Phosphorus	mg/kg	2	15	IP 501
Pour Point	°C	< 0	30	ISO 3016
Flash Point	°C	> 70.0	60.0	ISO 2719-B
CCAI (Ignition Quality) ¹	-	830	870	ISO 8217
Aluminium + Silicon	mg/kg	8	60	
Acid Number	mg KOH/g	0.6	25	ASTM D664
Sulfur	% m/m	0.46		ISO 8754
Aluminium	mg/kg	4		IP 501
Silicon	mg/kg	4		IP 501
Iron	mg/kg	15		IP 501
Nickel	mg/kg	10		IP 501
Magnesium	mg/kg	< 1		LP 1101
Potassium	mg/kg	< 1		LP 1101
Net Specific Energy ⁴	MJ/kg	41.76		ISO 8217
GC/MS Screen Headspace	-	In Progress		LP 3404-Headspace Screen

¹ Calculated value

Temperature

Injection 85 °C for 10 mm²/s, 70 °C for 15 mm²/s, 65 °C for 20 mm²/s, 55 °C for 25 mm²/s

Transfer Transfer : Heating may be required in cold climates.

Figura 20. Resultados de laboratorio lote del combustible de 0.5% de azufre en su contenido, que fue recibido por el buque NordAutumn el 20 de enero del 2020.

Fuente: VPS análisis del combustible recibido por el buque NordAutumn el 20 de enero del 2020.

Test Results

	Unit	Test Results	RMG380	Test Method
Density @ 15°C	kg/m³	9291	991.0	ISO 1285
Viscosity @ 50°C	mm²/s	20.08	380.0	ISO 3104
Water	% V/V	0.06	0.50	ASTM D6304-C
Micro Carbon Residue	% m/m	6.80	18.00	ISO 10370
Total Sediment Potential	% m/m	0.03	0.10	ISO 10307-2
Ash	% m/m	0.02	0.10	LP 1001
Vanadium	mg/kg	15	350	IP 501
Sodium	mg/kg	14	100	IP 501
Calcium	mg/kg	2	30	IP 501
Zinc	mg/kg	<1	15	IP 501
Phosphorus	mg/kg	2	15	IP 501
Pour Point	°C	< 0	30	ISO 3016
Flash Point	°C	> 70.0	60.0	ISO 2719-B
CCAI (Ignition Quality) ¹	-	831	870	ISO 8217
Aluminium + Silicon	mg/kg	11	60	
Acid Number	mg KOH/g	< 0.1	25	ASTM D664
Sulfur	% m/m	0.45		ISO 8754
Aluminium	mg/kg	4		IP 501
Silicon	mg/kg	7		IP 501
Iron	mg/kg	15		IP 501
Nickel	mg/kg	8		IP 501
Magnesium	mg/kg	<1		LP 1101
Potassium	mg/kg	1		LP 1101
Net Specific Energy ¹	MJ/kg	41.86		ISO 8217
GC/MS Screen Headspace	-	Pass		LP 3404 Headspace Screen

¹ Calculated value

Temperature

Injection 75 °C for 10 mm²/s, 60 °C for 15 mm²/s, 50 °C for 20 mm²/s, 45 °C for 25 mm²/s

Transfer Transfer : Heating may be required in cold climates.

Figura 21. Resultados de laboratorio que contienen las propiedades que presenta este lote del combustible de 0.5% de azufre en su contenido, que fue recibido por el buque NordAutumn el 04 de febrero del 2020.

Fuente: VPS análisis del combustible recibido por el buque NordAutumn el 04 de febrero del 2020.

VPS		NORDRUBICON (9763693)		
Test Results				
	Unit	Test Results	RMG380	Test Method
Density @ 15°C	kg/m ³	890.2	991.0	ISO 12185
Viscosity @ 50°C	mm ² /s	20.03	380.0	ISO 3104
Water	% V/V	0.02	0.50	ASTM D6304-C
Micro Carbon Residue	% m/m	2.24	18.00	ISO 10370
Total Sediment Potential	% m/m	0.06	0.10	ISO 10307-2
Ash	% m/m	0.05	0.10	LP 1001
Vanadium	mg/kg	9	350	IP 501
Sodium	mg/kg	128	100	IP 501
Calcium	mg/kg	3	30	IP 501
Zinc	mg/kg	<1	15	IP 501
Phosphorus	mg/kg	<1	15	IP 501
Pour Point	°C	30	30	LP 1306
Flash Point	°C	> 70.0	60.0	ISO 2719-B
CCAI (Ignition Quality) ¹	-	792	870	ISO 8217
Aluminium + Silicon	mg/kg	10	60	
Acid Number	mg KOH/g	0.2	25	ASTM D664
Sulfur	% m/m	0.32		ISO 8754
Aluminium	mg/kg	3		IP 501
Silicon	mg/kg	7		IP 501
Iron	mg/kg	11		IP 501
Nickel	mg/kg	5		IP 501
Magnesium	mg/kg	<1		LP 1101
Potassium	mg/kg	4		LP 1101
Net Specific Energy ¹	MJ/kg	42.41		ISO 8217
GC/MS Screen Headspace	-	Pass		LP 3404-Headspace Screen
				¹ Calculated value
Specification Comparison	Results compared with ISO 8217:2010 specification RMG380, table 2. Based on this sample please note the following:			
	Outside specification limit: Sodium			
Quantity				
Calculated Weight	450.035 MT	450.035 MT calculated weight		
Calculated Mass	450.592 MT			
	The calculated quantities are based on BDN Volume and tested density. A weight factor of 1.1 kg/m ³ (ASTM D1250-80 Table 5.6) has been applied to calculate the weight.			

Figura 22. Resultados de laboratorio que contienen las propiedades que presenta este lote del combustible de 0.5% de azufre en su contenido, que fue recibido por el buque NordAutumn el 04 de febrero del 2020.

Fuente: VPS análisis del combustible recibido por el buque NordAutumn el 04 de febrero del 2020.

- **Viscosidad.** De acuerdo a los resultados de los análisis mostrados en la figura 18, 19 y 20; se observa que la viscosidad se muestra a una temperatura de 50°C grados y se encuentra alrededor de 20 mm²/s, pero de acuerdo a la experiencia de los ingenieros este valor puede variar dado que a veces la viscosidad puede exceder y alcanzar valores altos debido a la baja calidad del combustible.

Si la viscosidad es alta, entonces se tendrá que ejecutar las recomendaciones del resultado del laboratorio; por lo general brinda información de la temperatura a la cual debe de estar en los tanques de almacenamiento, temperatura de separación en el purificador y la temperatura al momento de ser inyectado el combustible al motor.

- **Densidad.** De acuerdo a los resultados de los análisis mostrados en la figura 18, 19 y 20; se observa que la densidad se encuentra a una temperatura de 15° C grados y a 920 kg/m³. La densidad es una propiedad importante dado que con este valor podemos saber si se debe de cambiar el disco de gravedad para una eficiente separación, en caso de contar con un purificador trabajando con un sistema automático se procede a la configuración de sus parámetros. También se observa que este valor no debe de exceder a 991 kg/m³, según el test RMG 380.
- **Aluminio y Silicio.** De acuerdo a los resultados de los análisis mostrados en la figura 18, 19 y 20; se observa que estos diferentes lotes de este nuevo combustible tienen un total de 10 mg/kg de estas partículas en su contenido. Este valor es mayor comparando al Marine Diesel Oil, de acuerdo a algunas publicaciones a veces un lote de este combustible puede ser incluso mayor. Cuando se presente una alta cantidad entonces, se debe ejecutar nuevos criterios de mantenimientos como ajustar el flujo de separación en el purificador para disminuir la presencia de estas partículas con el fin de evitar

un mayor desgaste cuando estas partículas tengan contacto con las partes móviles del motor.

- **Propiedades de Fluidéz.** De acuerdo a los resultados de los análisis mostrados en la figura 18, 19 y 20; se observa que el punto de fluidez se encuentra entre 0°C grados y 30°C grados; normalmente según la experiencia de los ingenieros el punto de fluidez por lo general está alrededor de 10°C grados, pero puede mostrar diversas variaciones de acuerdo al lote de combustible. Los resultados del laboratorio siempre recomiendan a que temperatura deben de almacenarse para evitar llegar a este límite, por lo general se recomienda mantener los tanques de almacenamiento alrededor de 35°C grados. Cabe decir, que este combustible tiene tendencia a llegar a su punto de enturbiamiento alrededor de 18 °C grados.
- **Incompatibilidad y Estabilidad.** Este combustible tiene un alto potencial de incompatibilidad e inestabilidad, porque al tener contacto o mezclarse con otro combustible tiene tendencia a formar precipitaciones incluso hasta lodos. La inestabilidad hará que los lodos asfálticos se precipite. Por lo general durante, la purificación se puede observar una mayor tendencia a generar los lodos, y estos obstruirán los discos ubicados en su interior.
- **Poder calorífico.** De acuerdo a los resultados de los análisis mostrados en la figura 18, 19 y 20; se observa que este combustible tiene un poder calorífico alrededor de 41.8 MJ/kg. Que resulta mayor que la del Heavy Fuel Oil y que la del Marine Diesel Oil; esto es porque a mejor sea la calidad del combustible más será el valor de su poder calorífico.
- **Punto de inflamabilidad.** De acuerdo a los resultados de los análisis mostrados en la figura 18, 19 y 20; se observa que este combustible se encuentra alrededor de los 70 °C grados. El Marine Diesel Oil a partir de los 66°C grados empieza a producir vapores inflamables y el Heavy Fuel Oil lo

hace a más de 75 °C grados. En conclusión, este combustible se encuentra en un punto medio entre los combustibles mencionados.

- **Azufre.** De acuerdo a los resultados de los análisis mostrados en la figura 18, 19 y 20; se observa que la cantidad de azufre en este combustible no excede el 0.5 % m/m. Si en caso, en algún resultado exceda al límite establecido por el MARPOL, entonces no se debe de usar para cumplir con las reglas estipuladas.
- **Sodio.** De acuerdo a los resultados de los análisis mostrados en la figura 18 y 19; se observa que este combustible tiene una cantidad de alrededor de 16 mg/kg; pero en la figura 20, se observa que excede el límite establecido al contener 128 mg/kg. Este exceso hará que se genere más depósitos de cenizas y óxido, teniendo como consecuencia el incremento de limpieza de la turbo soplante.

2.2.4. Impacto Ambiental ocasionado por las emisiones de este nuevo combustible

2.2.4.1. Reseña histórica

Cátedra (2017) señala que para el comercio marítimo es indispensable la quema de combustible para generar energía y así transportar bienes de un lugar a otro. El combustible marino se considera el grado más bajo de combustible, a menudo compuesto de fueloil pesado y diésel. Estos gases generados por la combustión emiten oxígeno molecular (O₂), nitrógeno molecular (N₂), dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O), altas cantidades de PM (partículas finas y ultrafinas), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), metales, hidrocarburos aromáticos policíclicos y hollín.

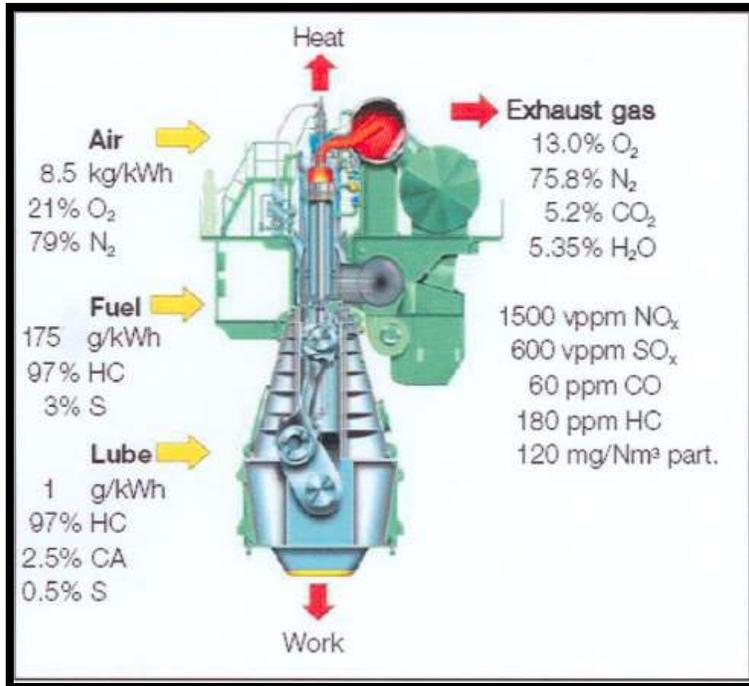


Figura 23. Proceso de flujo y composición de los gases de escape de un motor marino.

Fuente: <http://www.flamemarine.com/files/MANBW.pdf>

Diversos estudios realizados entre los años 2005 y 2007 revelaron que estos gases no solo producen contaminación ambiental, sino que también deterioran la salud de la población ya que los buques generan aproximadamente entre 5 y 10 por ciento del total de las emisiones antropogénicas de SO₂ a nivel mundial. (Corbett y Köhler, 2003).

Eyring et al., (2005) señala que alrededor de 7- 15 millones de toneladas promedio por año durante los últimos años. El azufre está en el origen de muchas partículas que los estudios epidemiológicos han relacionado de manera consistente con una variedad de enfermedades, incluidas las enfermedades pulmonares y la muerte prematura). Por otro lado, Corbett, Winebrake, Green, Kasibhatla, Eyring, y Lauer (2007) estimaron que las regiones costeras a lo largo de las principales rutas son las más afectadas, ocasionando alrededor de 60,000 muertes en todo el mundo

cada año. La mortalidad es más alta en Europa y Asia donde coinciden grandes poblaciones y emisiones de partículas.

Sofiev et al. (2018) publicaron un artículo técnico en la Revista “Nature Communications” en los Estados Unidos de Norteamérica realizado en 2015 en el cual evalúan la salud pública y los impactos climáticos del uso de combustibles con bajo contenido de azufre especificados por la OMI en el transporte marítimo mundial nos muestra que los impactos de la contaminación por SOx y PM relacionados con los buques en 2020 manifiestan que previo al uso de combustibles más limpios, los impactos en la salud relacionados a los buques incluyen 400,000 muertes prematuras por cáncer de pulmón y enfermedades cardiovasculares y 14 millones de casos de asma infantil anualmente.

Una estimación llevada a cabo en el año 2012 por la Organización Marítima Internacional (OMI) muestra que las emisiones de dióxido de carbono del transporte marítimo fueron del 2.2% de las emisiones globales producidas por el hombre. (Copeland, R. (2008)

A razón de evidencias como estas y estudios más sofisticados realizados por la Organización Marítima Internacional, esta organización vio por conveniente limitar el contenido de azufre en los combustibles para así mitigar las consecuencias ambientales y efectos nocivos para la salud que estos generan. Es así que se vienen adoptando medidas de restricción en el contenido de azufre de los combustibles a través de los años. En el siguiente cuadro se puede apreciar en que magnitud se ha ido limitando a través de los años:

Tabla 1. Breve reseña de los eventos de la OMI en los últimos años.

AÑO	EVENTO
(1972)	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, la cual da inicio a la cooperación internacional en la lucha contra la acidificación o lluvia ácida.
(1972 - 1979)	Diferentes estudios confirmaron la hipótesis donde se afirmaba que “los contaminantes podían viajar varios miles de kilómetros antes de depositarse y causar daños”. Los daños también afectarían cosechas y bosques. Se establece que la lluvia acida mayormente es causada por la concentración de dióxido de azufre y óxido de nitrógeno al aire. Las centrales energéticas a base de carbón e hidrocarburos, mientras que el óxido de nitrógeno procede de las emisiones de los automóviles, los camiones y los buques.
(1979)	Se lleva a cabo la reunión ministerial sobre la protección del medio ambiente en la cual 34 gobiernos y la Comunidad Europea firmaran el Convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia. El cual sería el primer instrumento internacional jurídico que se enfocó en el problema de la contaminación atmosférica.
(1987)	En la Segunda Conferencia Internacional sobre la Protección del Mar del Norte, los ministros de los Estados del Mar del Norte acordaron tomar acciones pertinentes como la OMI , “con la finalidad de mejorar las normas de calidad de los combustibles pesados y apoyar activamente las tareas destinadas a reducir la contaminación marítima y atmosférica”.
(1988)	Un documento presentado por Noruega revelaba la magnitud del problema de la contaminación atmosférica, por lo que el MEPC acordó incluir la cuestión de la contaminación atmosférica en su agenda de trabajo.
(1989)	En el periodo de sesiones del MEPC, varios países presentaron informes sobre la calidad del fueloil y la contaminación atmosférica también se acordó estudiar los aspectos de la prevención de la contaminación atmosférica causada por los buques, así como la calidad del fueloil.
(1990)	<p>Noruega presenta varios informes al MEPC en los que exponía una visión general de la contaminación atmosférica causada por los buques.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las emisiones de dióxido de azufre de los buques estaban alrededor de 4.5 y 6.5 millones de toneladas por año, lo que significaba aproximadamente un 4% de las emisiones mundiales de azufre. Estas emisiones en mar abierto se esparcen y sus efectos son de moderada intensidad, pero ciertas rutas causan problemas ambientales particularmente en el Canal de la Mancha, el Mar de la China Meridional y el Estrecho de Malaca. - Las emisiones de óxido de nitrógeno de los buques estaban en un valor de 5 millones de toneladas por año lo que significaba aproximadamente un 7% de las emisiones mundiales de azufre. Estas emisiones producen o aumentan los problemas regionales, entre ellos las lluvias acidas y los problemas de salud en las zonas portuarias.
(1991)	La asamblea de la OMI adopta en este año la resolución A.719(17) sobre la Prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques. El MEPC es encomendado para la elaboración de un nuevo proyecto de Anexo del Convenio MARPOL sobre la prevención de la contaminación atmosférica. El nuevo proyecto de Anexo sería trabajado en los siguientes seis años.
(1997)	<p>A través de un Protocolo del Convenio, el anexo VI del Convenio MARPOL es adoptado y se estableció el Protocolo de las condiciones específicas para su entrada en vigor. En este nuevo anexo se establecen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los límites para las emisiones de óxido de azufre y óxido de nitrógeno causados por los buques y se prohíben las emisiones deliberadas de sustancias que agotan la capa de ozono. - Límite máximo de (4.5% masa/masa) para el contenido de azufre del fueloil.

-
- Además, establecen zonas de control de emisiones de SOx en las que el control de las emisiones es más estricto (1.5% masa/masa). En su defecto, los buques deben poseer EGCS o utilizar otra forma técnica que limite las emisiones de SOx.
 - Asimismo, se establecen límites máximos para las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx) de los motores diésel.
- (MAYO 2005) Entrada en vigor del Anexo VI del Convenio MARPOL.
- (JULIO 2005) En la 53° sesión del MPEC se acordó revisar el Anexo con el propósito reducir sensiblemente los límites máximos de las emisiones a partir de mejoras tecnológicas y la experiencia adquirida en la implantación.
- (2008) Se adoptó el Anexo VI revisado del Convenio MARPOL y el Código técnico conexo sobre los NOx .
 Los principales cambios en el Anexo VI del Convenio MARPOL son:
- Reducción de las emisiones de SOx, NOx y materia particulada a nivel mundial.
 - Creación de las zonas ECA.
 - Establece la reducción del límite global máximo de (3.5% masa/masa) en o después del 1 de enero del 2012.
 - Establece la reducción del límite global máximo de (0.5% masa/masa) en o después del 1 de enero del 2020.
 - Establece la reducción del límite en las zonas ECA (1.0% masa/masa) en o después del 1 de enero del 2010.
 - Establece la reducción del límite en las zonas ECA (0.1% masa/masa) en o después del 1 de enero del 2015.
- (2010) Entra en vigor el Anexo VI revisado del Convenio MARPOL y el Código técnico conexo sobre los NOx, también la reducción del límite en las zonas ECA (1.0% masa/masa) en o después del 1 de enero del 2010
- (2012) Entrada en vigor de la reducción del límite global máximo de (3.5% masa/masa) en o después del 1 de enero del 2012, también
- (2015) Entrada en vigor de la reducción del límite en las zonas ECA (0.1% masa/masa) en o después del 1 de enero del 2015.
- (2020) Entrada en vigor de la reducción del límite global máximo de (0.5% masa/masa) en o después del 1 de enero del 2020.
-

Fuente: Elaboración propia de datos extraídos del portal web de la Organización Marítima Internacional (OMI)

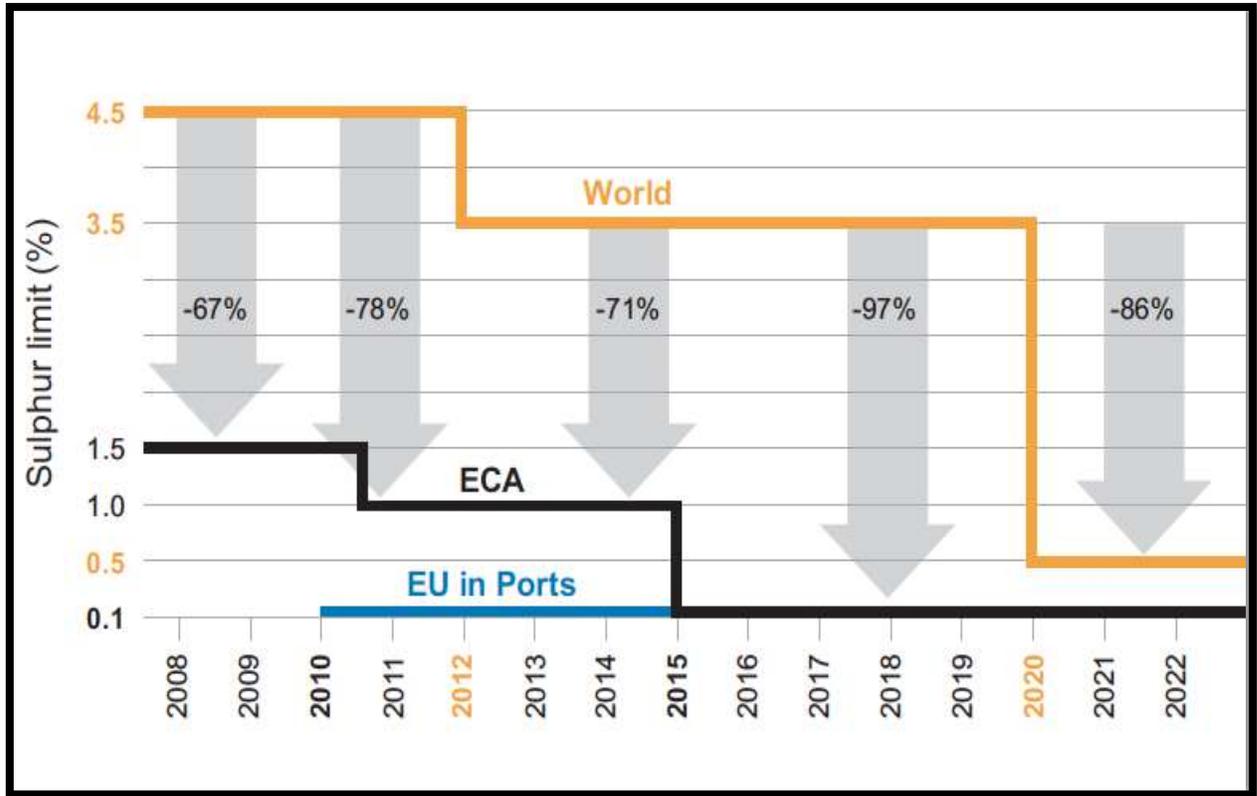


Figura 24. Fechas de medidas de restricción del contenido de azufre de los combustibles.

Fuente: <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Historic-Background-.aspx>

2.2.4.2. Definiciones

a) Impacto ambiental

Se define como cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, total o parcialmente como resultado de las actividades, productos o servicios de una organización.

El impacto ambiental causado por los buques incluye la contaminación del aire, la contaminación del agua, la acústica y la contaminación por petróleo. Alrededor del 18 por ciento de contaminantes del aire son producidos por los buques. También incluye las emisiones de gases de efecto invernadero. La contaminación del aire de

los buques es generada por los motores que queman combustibles con alto contenido de azufre, produciendo oxígeno molecular (O₂), nitrógeno molecular (N₂), dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O), altas cantidades de PM (partículas finas y ultra finas), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), metales, hidrocarburos aromáticos policíclicos y hollín.

La EPA (Agencia de Protección Ambiental) reconoce a estas emisiones como agentes que deterioran la capa de ozono (es reducen los estándares de calidad del aire), así también genera efectos adversos para la salud asociados con las concentraciones ambientales de partículas y visibilidad, turbidez, deposición ácida, eutrofización y nitrificación del agua.

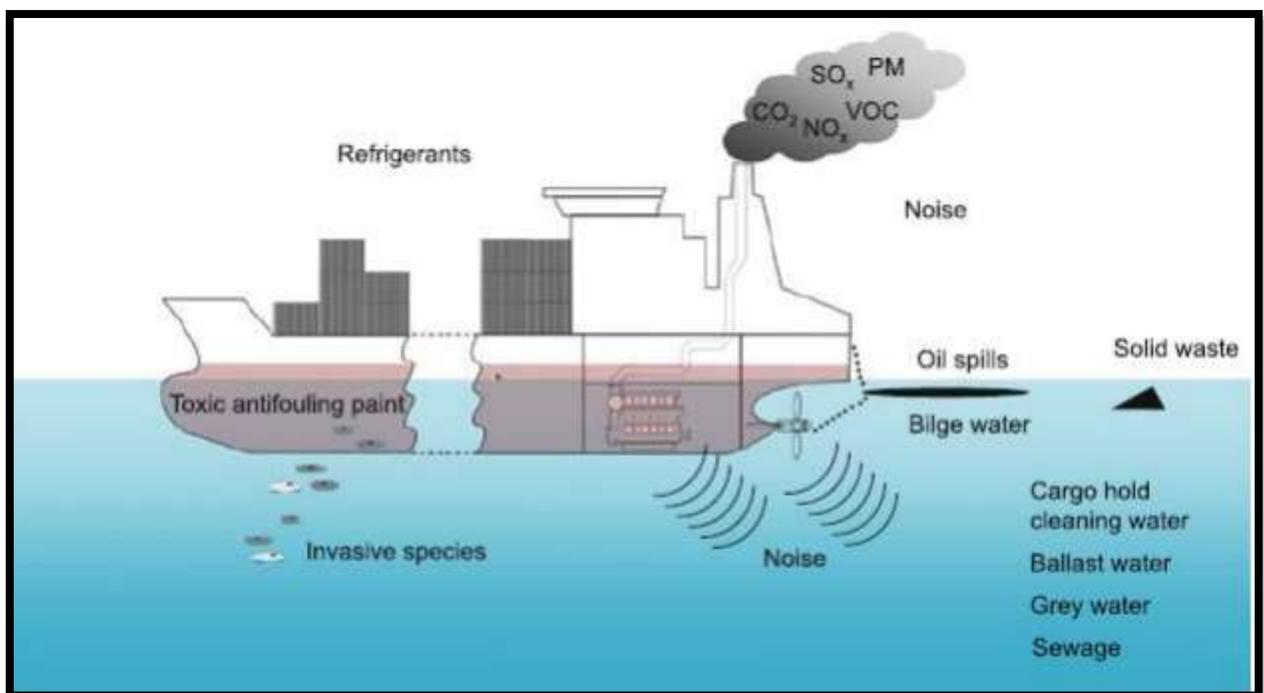


Figura 25. Impacto ambiental generado por los buques.

Fuente: Andersson K., Baldi F., Brynolf S., Lindgren J.F., Granhag L., Svensson E. (2016) Shipping and the Environment. En: Andersson K., Brynolf S., Lindgren J., Wilewska-Bien M. (eds) Shipping and the Environment. Springer, Berlín, Heidelberg

b) Emisiones Contaminantes

Emisiones es el término utilizado para describir los gases y partículas que se expulsan al aire y son producidos por diversas fuentes. Las cantidades y los tipos de emisiones cambian cada año. Estos cambios son causados por la actividad industrial, mejoras tecnológicas, el tráfico y muchos otros factores. Las regulaciones de contaminación del aire también tienen un efecto.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA, s.f.) se ocupa principalmente de las emisiones que podrían ser perjudiciales para las personas. Según esta agencia, define a este conjunto de contaminantes atmosféricos principales o contaminantes de criterio, los cuales son monóxido de carbono, plomo, dióxido de nitrógeno, ozono, partículas y dióxido de azufre. También hay otra gran cantidad de compuestos que se han determinado como peligrosos que se denominan tóxicos del aire.

Los dos contaminantes principales de las emisiones de los buques son los óxidos de nitrógeno (NOx) y los óxidos de azufre (SOx). Estos gases combustibles, emitidos al medio ambiente en forma de humo, pueden tener efectos adversos en la capa de ozono en la troposfera, lo que resulta en el "efecto invernadero" y puede contribuir al calentamiento global. El combustible marino en un motor de combustión interna se quema dentro de la cámara de combustión por la mezcla correcta de combustible y aire en presencia de calor o una fuente de ignición (la carrera de compresión de un pistón). El nitrógeno reacciona con el oxígeno bajo ciertas condiciones de operación del motor para formar emisiones de óxido de nitrógeno (NOx). Los factores contribuyentes incluyen:

- Alta temperatura y presión del cilindro durante el proceso de combustión.
- Proporción inadecuada de aire y combustible para la combustión.
- La alta temperatura del aire de admisión o de barrido dentro del cilindro.

- Menor calidad del combustible utilizado para el motor.
(<https://blog.dixonvalve.com/nox-and-sox-whats-it-all-about>)

2.2.4.3. Tipos de emisiones

Como se mencionó anteriormente los buques producen diferentes tipos de emisiones de las cuales nos centraremos en las que se producen en más cantidad y causan un mayor impacto ambiental.

a) SO_x

El dióxido de azufre (SO₂) pertenece a la familia de los gases de óxido de azufre (SO_x). Estos gases se forman cuando se quema combustible que contiene azufre (principalmente carbón y petróleo) y durante la fundición de metales y otros procesos industriales. Las fuentes más pequeñas de emisiones de SO₂ incluyen: procesos industriales como la extracción de metal del mineral; fuentes naturales como volcanes; y locomotoras, barcos y otros vehículos y equipos pesados que queman combustible con un alto contenido de azufre.

b) NO_x

El dióxido de nitrógeno es un gas irritante, que en altas concentraciones causa inflamación de las vías respiratorias. Cuando se libera nitrógeno durante la combustión del combustible, se combina con átomos de oxígeno para crear óxido nítrico (NO). Esto se combina además con oxígeno para crear dióxido de nitrógeno (NO₂). El óxido nítrico no se considera peligroso para la salud en concentraciones ambientales típicas, pero el dióxido de nitrógeno puede serlo.

El dióxido de nitrógeno y el óxido nítrico se denominan juntos óxidos de nitrógeno (NO_x). Los gases NO_x reaccionan para formar smog y lluvia ácida, además de ser centrales para la formación de partículas finas (PM) y ozono a nivel del suelo, los

cuales están asociados con efectos adversos para la salud. Fuente: (icopalnoxite.co.uk/nox-problem/nox-pollution.aspx)

c) PM

PM significa material particulado o partículas en suspensión (también llamado contaminación de partículas): el término para una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín o el humo, son lo suficientemente grandes u oscuras como para verse a simple vista. Otros son tan pequeños que solo se pueden detectar con un microscopio electrónico

La contaminación por partículas incluye:

- PM10: partículas inhalables, con diámetros que generalmente son de 10 micrómetros y más pequeños; y
- PM2.5: partículas finas inhalables, con diámetros que generalmente son 2.5 micrómetros y más pequeños.

Estas partículas vienen en muchos tamaños y formas y pueden estar formadas por cientos de productos químicos diferentes. Algunos se emiten directamente de una fuente, como sitios de construcción, caminos sin pavimentar, campos, chimeneas o incendios. La mayoría de las partículas se forman en la atmósfera como resultado de reacciones complejas de productos químicos como el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno, que son contaminantes emitidos por las centrales eléctricas, las industrias y los automóviles.

2.2.4.4. Consecuencias

a) Consecuencias en la salud y en el medio ambiente de los SOX

Las exposiciones a corto plazo al SO₂ pueden dañar el sistema respiratorio humano y dificultar la respiración. Las personas con asma, especialmente los niños, son sensibles a estos efectos del SO₂. Las emisiones que conducen a altas concentraciones de SO₂ en el aire generalmente también conducen a la formación de otros óxidos de azufre (SO_x). El SO_x puede reaccionar con otros compuestos en la atmósfera para formar pequeñas partículas. Estas partículas contribuyen a la contaminación por partículas (PM). Las partículas pequeñas pueden penetrar profundamente en los pulmones y en cantidad suficiente pueden contribuir a problemas de salud.

Además, a altas concentraciones, el SO_x gaseoso puede dañar árboles y plantas al dañar el follaje y disminuir el crecimiento. El SO₂ y otros óxidos de azufre pueden contribuir a la lluvia ácida que puede dañar ecosistemas sensibles incluso llevar a la acidificación de los océanos. (United States Environmental Protection Agency - EPA, s.f.)

b) Consecuencias en la salud y en el medio ambiente de la Materia Particulada

El material particulado contiene sólidos microscópicos o gotas de líquido que son tan pequeñas que pueden inhalarse y causar serios problemas de salud. Algunas partículas de menos de 10 micrómetros de diámetro pueden penetrar profundamente en los pulmones y algunas incluso pueden ingresar al torrente sanguíneo.

De estas, las partículas de menos de 2.5 micrómetros de diámetro, también conocidas como partículas finas o PM_{2.5}, presentan el mayor riesgo para la salud.

Las partículas finas (PM_{2.5}) son la causa principal de la reducción de la visibilidad (neblina) en partes de los Estados Unidos, incluidos muchos de nuestros preciados parques nacionales y áreas silvestres. Las partículas pueden ser transportadas a largas distancias por el viento y luego asentarse en el suelo o el agua. Dependiendo de su composición química, los efectos de esta solución pueden incluir:

- Cambiar el equilibrio de nutrientes en las aguas costeras y las grandes cuencas fluviales.
- Daño a bosques sensibles y cultivos agrícolas
- Afectando la diversidad de ecosistemas
- Contribuyendo a los efectos de la lluvia ácida.

La (PM) puede manchar, dañar la piedra y otros materiales, incluidos objetos de importancia cultural como estatuas y monumentos. Algunos de estos efectos están relacionados con los efectos de la lluvia ácida en los materiales. (EPA, s.f.)

c) Consecuencias en la salud y en el ambiente de los NO_x

Respirar aire con una alta concentración de NO₂ puede irritar las vías respiratorias en el sistema respiratorio humano. Dichas exposiciones durante períodos cortos pueden agravar enfermedades respiratorias, particularmente asma, y provocar síntomas respiratorios (como tos, sibilancias o dificultad para respirar), ingresos hospitalarios y visitas a salas de emergencia. Las exposiciones prolongadas a concentraciones elevadas de NO₂ pueden contribuir al desarrollo del asma y potencialmente aumentar la susceptibilidad a las infecciones respiratorias.

Las personas con asma, así como los niños y los ancianos, generalmente tienen un mayor riesgo de los efectos del NO₂ en la salud. El NO₂ junto con otros NO_x reacciona con otros químicos en el aire para formar tanto partículas como ozono.

Ambos también son dañinos cuando se inhalan debido a los efectos sobre el sistema respiratorio.

El NO₂ y otros NO_x interactúan con el agua, el oxígeno y otros químicos en la atmósfera para formar lluvia ácida. La lluvia ácida daña ecosistemas sensibles como lagos y bosques. Sin embargo, las partículas de nitrato que resultan del NO_x hacen que el aire sea turbio y difícil de ver.

Esto afecta a los muchos parques nacionales que visitamos. Además, las partículas de NO_x en la atmósfera contribuye a la contaminación de nutrientes en las aguas costeras. (EPA, s.f.)

d) Consecuencias del uso de este nuevo combustible con bajo contenido de azufre.

Según un artículo publicado en el nature communications, El SILAM es un sistema que sirve para predecir concentraciones de contaminación bajo la secuencia de 2 escenarios, el primero se muestra en la figura 4 que es el que no asume la implementación del uso de este nuevo combustible de contenido límite de 0.5% m/m de azufre y el segundo se muestra en la figura 5 que es el escenario que cumple con los estándares establecidos para el cumplimiento del uso de este nuevo combustible. El primer escenario muestra las concentraciones de PM_{2.5} por zonas de alto tránsito y de todas las fuentes de emisiones. El establecer límites para el contenido de azufre de los combustibles marinos hará que se disminuya la concentración de sulfatos ($2-4 \mu\text{g SO}_4 \text{ m}^{-3}$ promedio anual) teniendo así una cantidad reducida de PM_{2.5} en la atmosfera tal como se encuentra en la figura 26.

Los resultados del modelo muestran las concentraciones medias anuales de PM_{2.5} en microgramos por metro cúbico de todas las fuentes y con las emisiones de buques habituales en 2020 sin hacer cumplimiento de la implementación del

estándar global de azufre de combustible de la Organización Marítima Internacional en 2020.

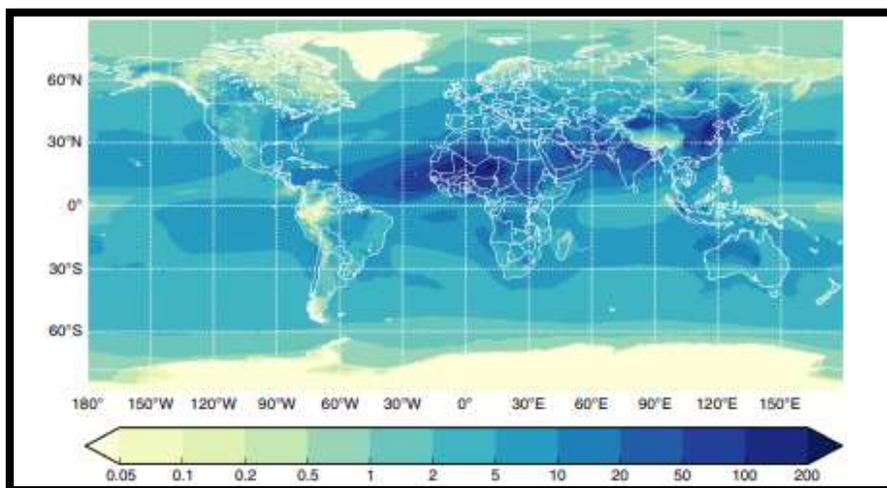


Figura 26. Concentraciones medias anuales de PM2.5 de todas las fuentes.

Fuente: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-02774-9.pdf>

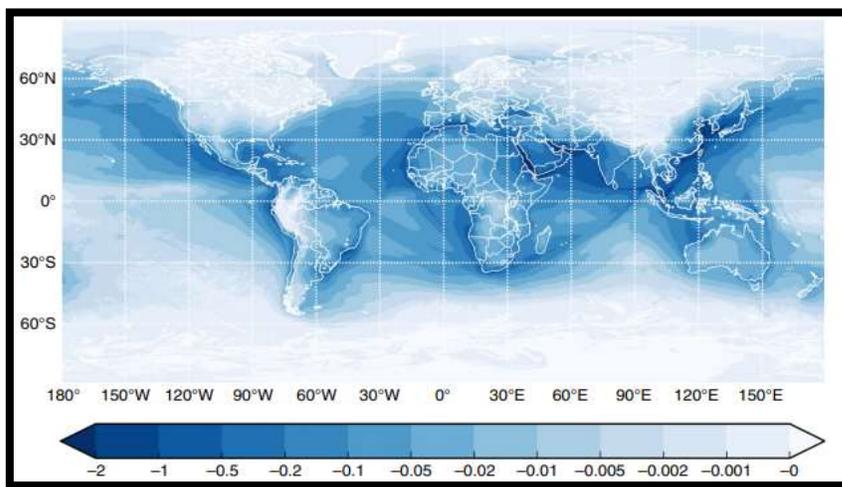


Figura 27. Reducción de concentraciones de PM2.5 de todas las fuentes.

Fuente: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-02774-9.pdf>

Según la EPA, (s.f.), la reducción de las concentraciones anuales de PM2.5 debido a los estándares de combustible con bajo contenido de azufre. Resultados del modelo que muestran la reducción de las concentraciones anuales de PM2.5 en

microgramos por metro cúbico debido a la implementación del estándar global de azufre de combustible de la Organización Marítima Internacional en 2020.

Además, se aplicó un método especial en este estudio en el cual también se calcula que la mortalidad de adultos por cáncer de pulmón y enfermedades cardiovasculares y la morbilidad por asma infantil. El total de muertes prematuras debido al alto tránsito marítimo en el año 2020 serían de 403300 por año, en la figura 6 se puede observar la distribución de mortalidad en diferentes zonas en caso de no cumplir con la implementación del estándar de azufre para el 2020.

El establecer límites para el contenido de azufre de los combustibles marinos hará que se evite 266300 muertes por año una reducción de aproximadamente 34%. La morbilidad por asma infantil debido a las emisiones de los buques por el comercio marítimo disminuirá en un 54%, de 14 millones de niños afectados a 6.4 millones cumpliendo con los estándares establecidos por la OMI.

Al reducir la tasa de mortalidad de los adultos más del 97% de los beneficios serán en Asia (80%), África (12%), América Latina y el Caribe (5%). Y también al reducir la tasa de morbilidad infantil más del 98% de los beneficios serán en Asia (54%), África (33%) y América Latina y el Caribe (12%).

La mortalidad debida a las emisiones de los buques en zonas de alto tránsito. Mapa de mortalidad combinada (por enfermedad cardiovascular y cáncer de pulmón) debido a las emisiones de PM2.5 de los buques en un caso normal para 2020. (Figura 28)

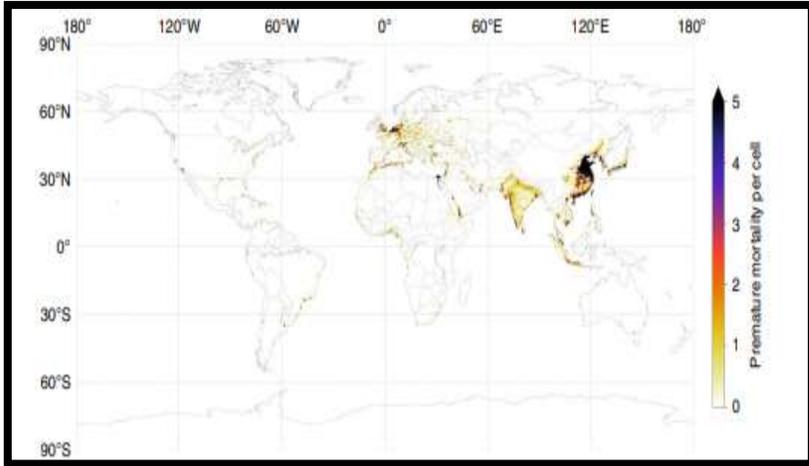


Figura 28. Las estimaciones de mortalidad mínima y máxima en celdas de la red son 0 y 2550.

Fuente (<https://www.nature.com/articles/s41467-017-02774-9.pdf>)

Mortalidad evitada debido a los estándares de azufre del combustible. Mapa de mortalidad evitada (enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón) a partir de la reducción de las emisiones de PM_{2.5} del barco debido a la implementación de los estándares de combustible bajo en azufre de la Organización Marítima Internacional en 2020. El mínimo y máximo anual de mortalidad evitada son 0 y 800, respectivamente.

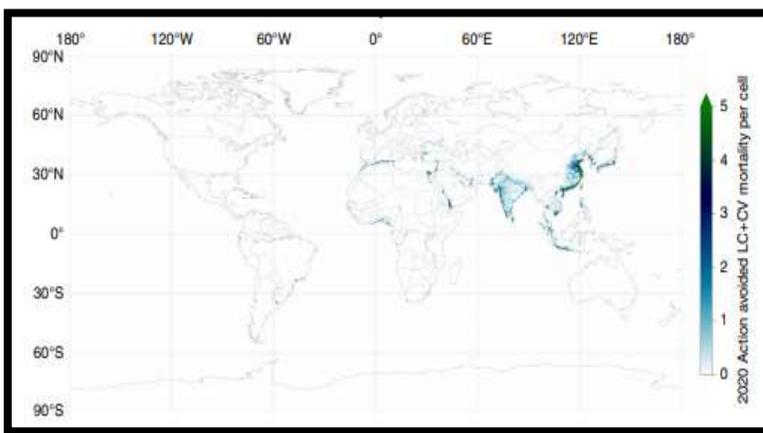


Figura 29. Mapa de mortalidad evitada

Fuente (<https://www.nature.com/articles/s41467-017-02774-10.pdf>)

Se muestra en la figura 30, el estimado de tasa de mortalidad y morbilidad en caso de que no se implemente los estándares de combustible bajo en azufre de la Organización Marítima Internacional en 2020, en caso si se cumple con las implementaciones y los beneficios de tomar las acciones en el 2020.

Table 2 Estimated annual health impacts of global shipping in 2020 in the BAU case and the 2020 Action case with IMO low-sulphur fuel standard, where parentheses indicate 95% confidence intervals based on relative risk calculations		
Scenario results (linear C-R model)	Mortality estimate (annual premature adult deaths^a)	Childhood asthma (million cases)
BAU 2020 (No implementation of global 0.5% S fuel standard)	CV mortality	349,000 (CI 95%: 200,300; 501,800)
	LC mortality	54,300 (CI 95%: 12,000; 93,600)
	Combined mortality	403,300 (CI 95%: 212,300; 595,400)
2020 Action (Implementation of global 0.5% S fuel standard in 2020)	CV mortality	226,800 (CI 95%: 129,800; 327,000)
	LC mortality	39,500 (CI 95%: 8,700; 68,700)
	Combined mortality	266,300 (CI 95%: 138,500; 395,700)
Health benefit of 2020 Action	Avoided mortality ^b	Avoided morbidity
	CV: 122,200 (CI 95%: 70,500; 174,800)	7.6 (CI 95%: 3.4; 9.6)
	LC: 14,800 (CI 95%: 3,300; 24,900)	
	Combined: 137,000 (CI 95%: 73,800; 199,700)	

CV cardiovascular disease, LC lung cancer, CI 95% 95 percent confidence interval
^a Values for annual premature mortality are rounded to nearest 100; values for annual childhood asthma morbidity rounded to nearest 100,000
^b Differences between avoided health impacts and scenario differences attributed to rounding

Figura 30. Tasa de mortalidad y morbilidad

Fuente: (<https://www.nature.com/articles/s41467-017-02774-9.pdf>)

Estudios demuestran que el uso de este nuevo combustible significaría una reducción importante de las emisiones anteriormente mencionadas. Lo cual nos mostraría un impacto ambiental positivo al usar el nuevo combustible bajo en azufre. En este estudio indican que los beneficiarios más directos de la reducción de las emisiones de óxido de azufre de origen marítimo son las poblaciones que viven cerca de puertos y costas. Los mega puertos más activos están en Asia; Los puertos mejor clasificados por volumen de contenedores son Shanghai, Singapur, Shenzhen, Ningbo y Guangzhou.

Pocos de los principales puertos del mundo están fuera de Asia: Rotterdam en los Países Bajos ocupa el puesto 11, y Los Ángeles en los EE. UU. Ocupa el puesto 17. Las ciudades con los comercios marítimos más ocupados también son algunas de las más pobladas del mundo, y la contaminación del aire la reducción tendrá grandes efectos ponderados por la población.

La acidificación de los mares se verá reducida, dado que este combustible se encuentra más limpio y es más agradable para el ambiente. Las diferentes especies acuáticas se verán menos afectadas debido a la menor formación de lluvia ácida. Cuando los gases sean expulsados al ambiente, tanto las enfermedades respiratorias como sus síntomas se verán reducidas, debido a que no se mantendrá una exposición tan prolongada a las partículas de SO_x, NO_x y PM.
(The_IMO_2020_sulphur_cap_a_step_forward_for_planet.pdf)

2.2.4.5. Convenios

2.2.4.5.1 MARPOL

El convenio MARPOL fue creado por la OMI y se adoptó en 1973 como medida para prevenir la contaminación en el ambiente marítimo, este consta de 6 anexos.

El anexo VI del tratado MARPOL aborda los requisitos para la prevención de la contaminación del aire de los buques. Este anexo entro en vigor el 19 de mayo de 2005. La MEPC (Comité de Protección del Medio Marino) es el encargado por la OMI para establecer los límites de emisiones contaminantes.

El anexo VI establece reglas para las emisiones y los límites del contenido de azufre en los combustibles utilizados por los buques. La regla 14 ha estado sujeta a cambios en el transcurso de los años. Inicialmente de forma global el contenido de azufre en el combustible era de 4.5 % m/m, luego a partir del 1 de enero de 2012 hasta el 2020 era de 3.5 % m/m. Para zonas especiales en años iniciales el límite máximo de azufre en el combustible era de 1.5 % m/m, luego a partir del 1 de julio de 2010 sería de 1.0 % m/m y al final después del 1 de enero de 2015 debería de ser de 0.1 % m/m.

La OMI según lo evaluado en el 70° sesión de la MEPC, decidió establecer un nuevo límite máximo de 0.5 % m/m de azufre en el contenido en el combustible y que se

entraría en vigor el 1 de enero de 2020 de forma global. Por lo que este nuevo combustible llamado también en inglés Very Low Sulphur Fuel Oil (VLS FO) será utilizado por los buques globalmente exceptuando las zonas SECA y ECA que ya se estableció el límite de contenido de azufre en el combustible.

Tabla 2. Fechas de implementación de límites de emisiones de SOx.

GLOBALMENTE		SECA/ECA	
FECHA	S% m/m	FECHA	S% m/m
LIIMITES INICIALES	4.50	LIIMITES INICIALES	1.50
1 ENERO ,2012	3.5	1 JULIO ,2010	1.0
1ENERO ,2020	0.50	1 ENERO ,2015	0.10

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del MARPOL.

2.2.4.5.2. Unión Europea

La Unión Europea a lo largo de los años estableció directivas para establecer el contenido de azufre en el contenido del combustible de los buques, esto porque tanto los océanos como los mares de este continente son los más transitados y esto llevo a una mayor contaminación atmosférica.

En la actualidad las directivas se han evaluado y modificando a lo largo de los años:

- Directiva UE 93/12 del Consejo de 23 de marzo de 1993 con respecto al contenido de azufre de combustibles designados.
- Directiva UE 1999/32 del Consejo de 26 de abril de 1999 que modifica la anterior directiva.
- Directiva UE 2005/33 del Parlamento Europeo y Consejo de 6 de julio de 2005 que modifica la directiva anterior en relacional contenido de azufre de combustibles utilizado en el ambiente marítimo.

- Directiva UE 2012/33 del Parlamento Europeo y Consejo de 21 de noviembre de 2012 que modifica la directiva anterior estableciendo que a partir del 2020 se deberá de utilizar un combustible con un límite máximo de 0.5% de azufre en su contenido.

2.2.5. Criterios de Mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados

2.2.5.1. Familiarización con las propiedades

Con el fin de mantener en optimo estado todos los equipos involucrados con este nuevo combustible; los oficiales del departamento de máquinas deben de estar familiarizados con las propiedades de este nuevo combustible teniendo como referencia los análisis que son entregados días posteriores al cual este combustible ha sido recibido. Además, es de vital importancia que cada una de las personas involucradas en el proceso de abastecimiento tenga conocimiento de sus roles y que estos sean cumplidos estrictamente.

- El jefe de máquinas designa al segundo ingeniero y al tercer ingeniero elaborar un plan de gestión la cual el combustible pase correctamente por su sistema ya diseñado en el barco y también a los equipos tales como el purificador, los generadores y maquinaria auxiliar involucrada con este combustible.
- El primer ingeniero recibe instrucciones para familiarizarse con las propiedades como el contenido de azufre, cenizas, agua y contenido de aluminio y silicio a fin de poder verificar si el aceite de cilindro es el adecuado para mantener en buen estado las piezas móviles del motor principal y la superficie interna del cilindro. Además de esto, tener en cuenta la viscosidad de este combustible a la cual debe estar dentro del rango de acuerdo a especificaciones del viscosímetro en el sistema booster; el punto de inflamabilidad es otra propiedad a tomar en cuenta para evitar producir vapores inflamables.

- El segundo y el tercer ingeniero son los encargados más directos a trabajar con este nuevo combustible porque están implicados desde la faena de combustible dado que deben hacer preparativos para poder recibir este combustible; una vez recibido este combustible se procede a distribuir en los tanques de almacenamiento, luego al tanque de sedimentación.

Asimismo, cabe mencionar que es importante conocer el punto de fluidez y el punto de inflamabilidad para saber qué tanta cantidad de vapor debe ser suministrado a dichos tanques; es por eso que también el segundo y el tercer ingeniero deben de verificar las propiedades de este combustible para poder manejar las temperaturas dentro de sus parámetros recomendados por los análisis efectuados.

Por último, se debe de verificar el proceso de purificación de este combustible para eso se procede a verificar la cantidad de aluminio y silicio, la cantidad de cenizas, la alta incompatibilidad que puede presentar este combustible; para que la purificación de este combustible sea eficiente.

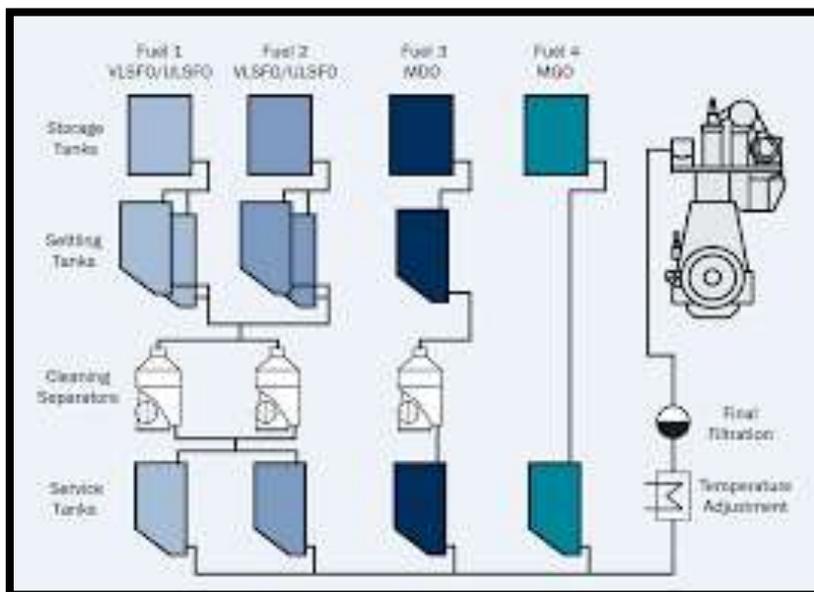


Figura 31. Distribución óptima para operar con diferentes combustibles.

Fuente: [https://www.wingd.com/en/documents/technical-information notes/wingd_tin011_imo-2020-operation-guideline/](https://www.wingd.com/en/documents/technical-information%20notes/wingd_tin011_imo-2020-operation-guideline/)

2.2.5.2. Procedimientos para la faena de combustible

Dado que este combustible se comenzó a utilizar a partir del 1 de enero de 2020, se optó por diferentes preparativos para la recepción de este combustible, para ello se tenía que reducir a cero la cantidad de Heavy Fuel Oil a bordo. Una vez reducida, se procedió a la limpieza de los tanques para reducir los lodos y las impurezas de todos los tanques de almacenamiento, sedimentación y servicio. Las impurezas y el Heavy Fuel Oil remanente fueron transferidos a un tanque de desbordamiento sin exceder el 90% de su capacidad, en algunos casos se excedió el límite por lo que se procedió a quemar esa impureza utilizando el incinerador y como otra alternativa se solicitó el uso de instalaciones portuarias para la recepción de desechos generados por los buques. Cabe decir, que se optaron por estos métodos debido a su alto nivel de incompatibilidad al contacto con otros combustibles.

Para esta faena la persona encargada es el jefe de máquinas el cual designa al segundo ingeniero y al tercer ingeniero como los involucrados directamente teniendo en cuenta los procedimientos cumpliendo con el sistema de gestión de seguridad del barco. Cabe resaltar que este procedimiento consta en la recepción de combustible ya sea normalmente de otra embarcación en algunos casos muy pocos comunes se dan directamente de plantas petroleras, camiones, etc. Para ello se tiene en mente evitar todo tipo de contaminación y a la vez no poner el riesgo la salud de las personas involucradas con esta maniobra.

Por lo general siempre el plan de gestión se divide en 3 partes que son antes, durante y después de esta maniobra:

a) Antes de la faena de combustible

1. El jefe de máquinas debe calcular y verificar qué tanques de combustible deben llenarse después de recibir la confirmación de la oficina en tierra sobre la cantidad de combustible que se aceptará.

2. Puede ser necesario vaciar algunos tanques y transferir de un tanque a otro. Esto es necesario para evitar la mezcla de dos combustibles diferentes y evitar la incompatibilidad.
3. El sondeo de otro tanque de almacenamiento de combustible (que no se utilizará en la operación de abastecimiento de combustible) también debe tomarse para mantener un registro del combustible ya presente a bordo. Esto ayudará a alertar a los ingenieros en caso de que alguna válvula tenga fuga o si se está transfiriendo a un tanque no deseado.
4. Una reunión de equipo debe de ser llevada a cabo para que así los miembros involucrados sepan lo siguiente:
 - Qué tanques deben llenarse
 - Secuencia de tanques a llenar
 - Cuánto combustible se debe tomar
 - Procedimientos de seguridad
 - Procedimiento de emergencia en caso de derrame de petróleo.
 - Las responsabilidades de cada persona
5. Se toma el sondeo antes de la faena de combustible y se registra.
6. Se debe completar una lista de verificación para que no se omita ningún procedimiento.
7. Todos los bornéales ubicado en toda la cubierta principal deben de estar de forma cerrada para así evitar un derrame de petróleo hacia el mar.
8. Se proporciona un tanque de desbordamiento en la sala de máquinas que está conectado al tanque de combustible y a la línea de combustible. Asegúrese de que el tanque de desbordamiento se mantenga vacío para transferir el exceso de combustible desde los tanques de combustible.

9. Se debe proporcionar una iluminación adecuada en la estación designada y la posición de sondeo.
10. No debe fumar o utilizar equipos electrónicos en la estación designada.
11. La comunicación a bordo, los letreros y las señales para detener la operación entre las personas involucradas deben ser entendidos por todos.
12. La bandera roja / luz se presenta en el mástil
13. Las válvulas ubicadas en la estación opuesto deben de estar cerradas y debidamente tapadas
14. El calado y el ajuste de la embarcación se registran antes de la carga.
15. Todo el equipo en el casillero SOPEP (plan de emergencia de contaminación por petróleo a bordo) se revisa y se mantiene cerca de la estación de almacenamiento.
16. Cuando la embarcación que suministra el combustible se asegura al costado del barco, la persona a cargo de la embarcación debe de saber los procedimientos utilizados.
17. El papeleo del proveedor se verifica para determinar la calidad del combustible y la densidad si son según la especificación.
18. El flujo de bombeo debe de ser informada para tener en consideración.
19. La manguera se conecta al colector. La condición de la manguera debe ser verificada adecuadamente por el personal del barco y si no es satisfactoria, debe notificarse al jefe de máquinas.
20. La mayoría de los proveedores envían a su tripulación para la conexión de las mangueras y las bridas para verificar que se haya efectuado correctamente a fin de evitar fugas.

21. Una vez realizada la conexión, los ingenieros involucrados se asegurarán de que todas las válvulas de línea estén de tal forma que cumpla con la secuencia a los tanques determinados que se van a proceder a llenar.
22. Se establecerá una comunicación adecuada entre la embarcación y el barco.
23. Las señales y las señales deben seguirse tal como se discutió en caso de comunicación durante una emergencia
24. La mayoría de las instalaciones (barco / barcaza / terminal / camión, etc.) proporcionan un interruptor de parada de emergencia que controla la bomba de suministro. Asegúrese de verificar su funcionamiento antes de comenzar la operación
25. Una vez que se realizan todas las comprobaciones, la válvula del distribuidor está abierta para la carga de combustible.

b) Durante la faena de combustible

1. Durante el inicio, el flujo de bombeo se mantiene bajo.
2. El personal del barco debe rastrear el sondeo del tanque seleccionado y otros tanques que no estén involucrados en la operación para garantizar que el combustible solo llegue al tanque seleccionado.
3. Después de confirmar que el combustible llega al tanque adecuado, el flujo de bombeo aumenta según lo acordado anteriormente.
4. En general, solo se prefiere el llenado de un tanque porque la medición de más de un tanque a la vez aumenta las posibilidades de desbordamiento
5. El máximo permitido hasta el que se llena el tanque es del 90%, y cuando el nivel del tanque alcanza aproximadamente el nivel máximo, se le dice a la barcaza que bombee a una velocidad baja para llenar el tanque, y luego se abre la válvula del otro tanque

6. Durante esta faena, el sondeo se toma regularmente y la frecuencia de sondeo es mayor cuando el tanque está casi lleno. Muchas embarcaciones tienen sensores de nivel que muestran el nivel del tanque en la sala de control, pero esto solo se puede confiar si el sistema funciona correctamente.
7. También se debe verificar la temperatura del combustible; generalmente, el proveedor proporcionará la temperatura del combustible. La temperatura es un parámetro crítico para así no alcanzar temperaturas la cual alcancen o superen los límites del punto de fluidez y el punto de inflamabilidad.
8. Se toma una muestra continua durante toda la faena con la ayuda de muestrear el grifo en el colector para así obtener una muestra homogénea, se debe de observar con cuidado para evitar que el combustible en el recipiente de muestra tienda a formar ceras cuando se encuentre en bajas temperaturas.
9. La tripulación necesita cambiar (abrir y cerrar las válvulas) los tanques de almacenamiento interno para acomodar la cantidad de combustible que se suministra. Se debe tomar la máxima precaución al abrir la otra válvula del tanque de almacenamiento y cerrar la válvula del tanque que está alcanzando el límite máximo de llenado.

c) Después de la faena de combustible

1. Una vez que la faena esté terminada, es una práctica general soplar la línea de suministro para descargar todo el petróleo atrapado en las tuberías. En esta etapa, asegúrese de que todas las tapas de las tuberías de sondeo estén cerradas y vigile las rejillas de ventilación del tanque de almacenamiento que están en su límite máximo.
2. Evite abrir la línea de suministro de combustible que conecta el barco de combustible y el colector receptor. En caso de cualquier discrepancia, el

proveedor puede acordar compensar el déficit y puede reanudar la operación de abastecimiento de combustible.

3. Se revisa el calado y el ajuste del barco
4. Tome el sondeo de todos los tanques que recibieron este combustible.
5. El volumen debe corregirse de acuerdo niveles y la temperatura de cada tanque.
6. En general, por cada grado de aumento de temperatura, la densidad debe reducirse en 0,64 kg / m³.
7. Se toman cuatro muestras durante esta faena. Uno se mantiene a bordo, uno para el búnker o la barcaza, uno para el análisis, uno para el estado del puerto o IMO
8. El jefe de máquinas firmará el recibo de la cantidad de combustible recibidos junto a sus especificaciones.
9. Si hay algún déficit de combustible recibido, jefe de máquinas puede emitir una nota de protesta contra la barcaza / proveedor (en caso de que el proveedor no acuerde el déficit)
10. Después de que todo esté resuelto, se quita la conexión de la manguera
11. La muestra se envía para análisis de laboratorio.
12. El jefe de máquinas hará el registro de la operación en el libro de registro de hidrocarburos junto con las especificaciones.
13. El nuevo combustible recibido no debe usarse hasta recibir el informe del laboratorio.

2.2.5.3. Procedimientos para la transferencia de combustible

Una vez ya recibido este combustible, se debe de distribuir a los tanques designados y esperar a los días posteriores para recibir el informe del laboratorio a fin de conocer los detalles y propiedades que tenga. El combustible no debe de ser usado hasta que el jefe aprueba conformidad con el informe, una vez familiarizado se debe de seguir los siguientes pasos:

- Se debe de mantener a una temperatura de 35°C grados en los tanques de almacenamiento porque este procedimiento toma lugar desde estos tanques hasta los tanques de sedimentación.
- Se suministra vapor a las tuberías que están dentro de un taque en la parte inferior que sirve para calentar el combustible.
- La temperatura de transferencia es importante porque esta temperatura se ve involucrada con la viscosidad, a medida que la temperatura es muy baja afectará a la estructura de la bomba de transferencia porque ejercerá más trabajo para tomar succión del tanque de almacenamiento al tanque de sedimentación por lo general la temperatura de transferencia oscila entre los 40°C grados y si la temperatura excede podría afectar a los mecanismos internos de la bomba.
- Es importante verificar los manómetros tanto de la presión de succión como la presión de descarga, para verificar que se encuentran en rango y no hay alguna obstrucción en el filtro, porque este combustible tiene tendencia a formar impurezas por su alto nivel de incompatibilidad.
- Es recomendable limpiar los filtros con una regularidad de 4 días para así mantener en óptimas condiciones.

Finalmente, este combustible pasa ser transferido a los tanques de sedimentación.



Figura 32. Fotografía de un tanque de almacenamiento cuyo combustible no recibió suficiente temperatura y se excedió el límite de su punto de fluidez.

Fuente: <http://mfame.guru/operational-feedback-and-problems-reported-after-use-of-vlsfo/>

2.2.5.4. Procedimientos para la purificación de combustible

La correcta gestión y los conocimientos adecuados deben de aplicarse durante este proceso dado que toma lugar desde los tanques de sedimentación hasta los tanques de servicio pasando por el purificador y sus componentes como los filtros, bombas de alimentación. Se debe tener en cuenta los siguientes procedimientos para obtener una eficiente purificación de este combustible.

Los tanques de sedimentación deben contar con una temperatura alrededor de 45°C a 50°C grados a razón de generar una correcta sedimentación y separación, en la parte inferior estará restos de agua, lodos y moléculas metálicas. Estos deben ser drenados manualmente mediante una válvula de purga que los dirige hacia el tanque de lodos, esta acción de drenado debe de ser efectuado con una frecuencia

recomendada de dos veces por día para evitar rápido enturbiamiento de los filtros ubicados antes de la bomba de alimentación del purificador.

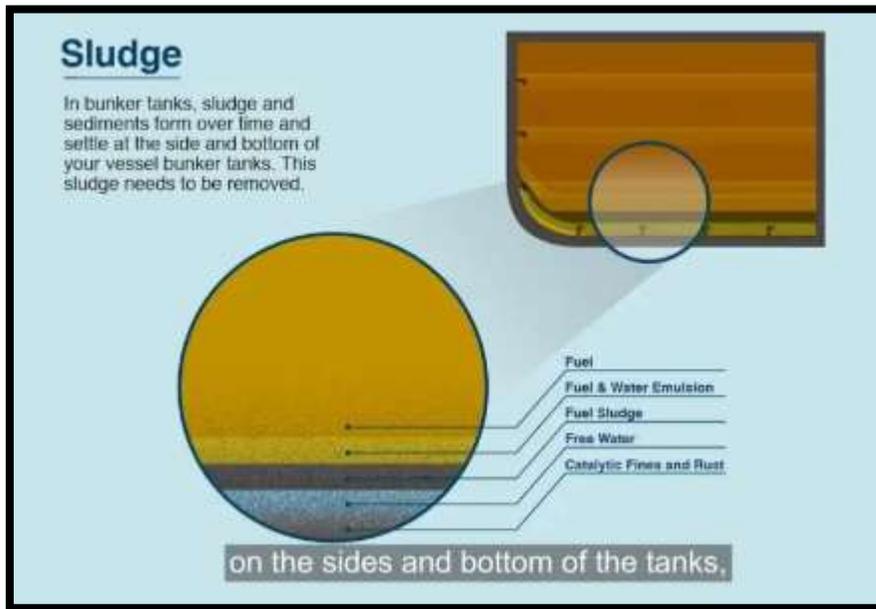


Figura 33. Sedimentaciones ubicadas en la parte inferior de los tanques.

Fuente <https://www.wilhelmsen.com/imo2020/preparing-your-bunker-tanks-for-imo-2020-starts-now/>

- La temperatura juega un papel importante dado que se debe de mantener en condiciones adecuadas a fin de evitar llegar al límite del punto de inflamabilidad. También para que el diferencial de temperatura no sea alto dado que el purificador requiere que el combustible tenga una temperatura optima de separación (detallada en los análisis del combustible).
- Se debe verificar frecuentemente las presiones de los manómetros tanto de la parte succión como descarga de la bomba de alimentación; esto es para verificar que se encuentra en rango y evitar que la bomba corra en vacío, dado que si ocurre la estructura interna de la bomba podría verse afectada.

- Es necesario verificar el correcto funcionamiento de la válvula reguladora de flujo de vapor, porque mediante esta válvula se verá la cantidad de vapor que ingresará a los intercambiadores de calor. Es recomendable verificar la temperatura para no exceder el límite de su punto de inflamabilidad; además verificar que los intercambiadores de calor se encuentren en óptimo estado para prevenir fugas.
- La temperatura en el purificador se debe mantener alrededor de los 55°C grados para que la purificación sea la correcta, para esto se debe contar con un PID (Proporcional-Integral-Diferencial). Se debe además de verificar que la temperatura sea la indicada con un flujo bajo dado que si el flujo es demasiado alto no será una suficiente eliminación de agua, partículas de Aluminio, partículas de Silicio, lodos, etc. Entonces una buena purificación será cuando el flujo que pase a través del separador sea más bajo dado que el combustible permanecerá por más tiempo en el purificador.
- Esta temperatura de 55°C se debe ajustar de acuerdo a los parámetros que se encuentran en el tablero de control del purificador, se ajusta a esta temperatura dado que anteriormente se mantenía a 98°C cuando el Heavy Fuel Oil era purificado. Es muy notable esta diferencia de temperatura.
- Debe de ajustarse el tiempo de separación para que así haya una mayor purificación, el tiempo se alarga para que así se pueda purificar, este tiempo se va a aumentar y se puede hacer también en el tablero de control del purificador.
- Este nuevo combustible a diferencia de los demás combustibles contiene muchas partículas de Aluminio y Silicio, por lo que estos restos si no se separan podría ocasionar desgastes a la cámara de combustión, camisa, anillos de pistón, ranuras de anillos de pistón. Es recomendable colocar un imán magnético a los filtros que se encuentran antes del ingreso del nuevo combustible que ingresará al purificador.

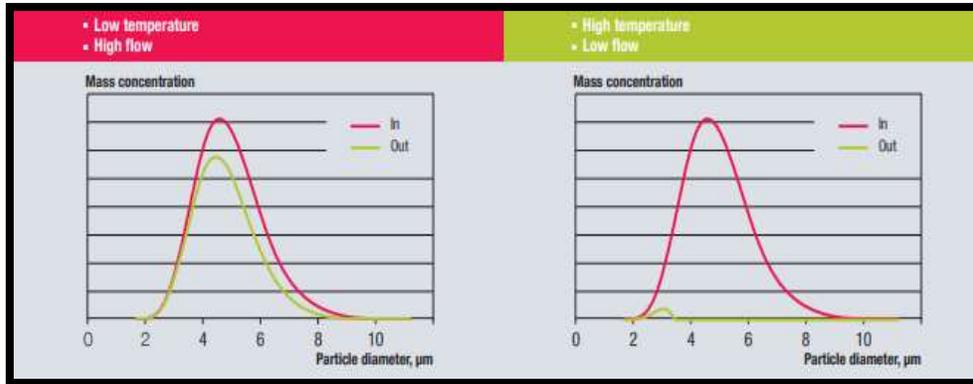


Figura 34. Diagramas explicando que este nuevo combustible al pasar por un flujo más bajo mejor será la separación.

Fuente: <https://www.wilhelmsen.com/imo2020/preparing-your-bunker-tanks-for-imo-2020-starts-now/>

- Se debe de tener cuidado con los discos del purificador porque este nuevo combustible tiene la tendencia a generar mayor cantidad de lodos, y la obstrucción de los discos hará que disminuya la eficiencia de este equipo. Se debe de inspeccionar constantemente como precaución.



Figura 35. Exceso de lodos en la estructura interna del purificador debido a la tendencia de formación de lodos.

Fuente <http://mfame.guru/operational-feedback-and-problems-reported-after-use-of-vlsfo/>

- Debe de sondearse diariamente el tanque de lodos para verificar que el nivel aumenta dado que este combustible como se ve en sus propiedades contiene un alto nivel de incompatibilidad. Cada purificador por lo general tiene un punto de inspección, a través de este punto se debe observar que este separando, porque a veces la tendencia de formar muchos lodos hará que se obstruya internamente y esto ocasionara daños y desgastes de sus partes móviles y a las tuberías.



Figura 36. Exceso de lodos en el interior de las tuberías debido a la tendencia de formación de lodos.

Fuente <http://mfame.guru/operational-feedback-and-problems-reported-after-use-of-vlsfo/>

Finalmente, con el combustible ya purificado, será transferido hacia los tanques de servicio.

2.2.5.5. Procedimientos para el consumo del combustible

El consumo del combustible abarca desde el momento en que el combustible ya purificado se encuentra en el tanque de servicio y pasa por el sistema booster para ser luego dirigido al motor principal, a los generadores. Además, también este combustible es succionado por las bombas de combustible de la caldera en un sistema paralelo; para todos estos equipos y sistemas se debe de tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- El Tanque de servicio debe de estar a 60°C grados normalmente o si se requiere se puede verificar los resultados del laboratorio. Este tanque también cuenta con válvulas de drenado en la parte inferior las cuales indicaran la presencia de agua en el combustible.
- Normalmente este tanque no suministra calor dado que ingresa a esa temperatura cuando proviene del purificador, en caso que se navegue en zonas de muy bajas temperaturas entonces se debe de abrir la válvula para el ingreso de vapor y así aumentar la temperatura del tanque. Cabe recalcar que se debe evitar llegar al límite del punto de inflamabilidad.
- El sistema booster está encargado del tratamiento directo del combustible el cual ingresara ya sea al motor principal y a los generadores. Existe 2 plantas booster la cual es para cada maquinaria respectivamente. Cada planta consta de 2 bombas de alimentación o bombas de baja presión la cual tomara succión directamente del tanque de servicio, se debe de verificar en todo momento los filtros y su condición, en caso necesite ser limpiado se debe de poner en servicio el otro filtro que se encuentra en espera. Estas bombas aumentaran notablemente la temperatura del combustible y así mismo la presión para evitar llegar a su punto de inflamabilidad.
- Luego el combustible pasara por los auto filtros para retener las pequeñas impurezas que tenga así mismo las partículas de aluminio y silicio que aun contienen; se debe de observar constantemente su condición para evitar que la presión disminuya así mismo prevenir un black out.

- El combustible pasa por un transmisor de flujo y un transmisor de presión, para verificar que la bomba está ejerciendo la presión a la cual se programó tal como se muestra en la figura 35.

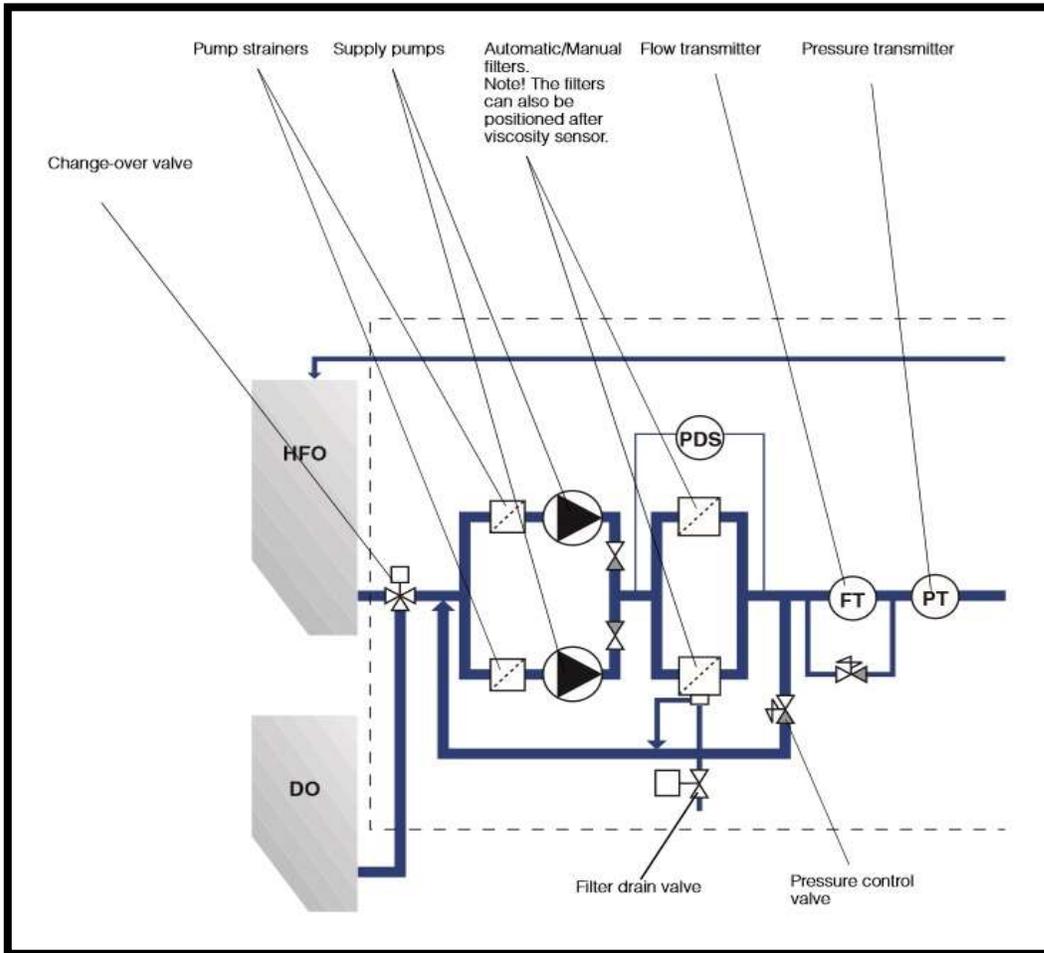


Figura 37. Diagrama de la primera parte del sistema booster desde los tanques de servicio hasta el transmisor de presión.

Fuente: Manual de fabricante de FO Booster Unit, Alfa Laval Tumba AB Marine & Diesel Equipment SE - 147 80 Tumba Sweden.

- El combustible ingresa al tanque de mezclado o también llamado Mixing Tank, existe también 2 bombas que son llamadas bombas circulatorias o bombas de alta presión. Estas bombas aumentaran la presión a la cual este combustible circulara por este sistema, luego pasan por un intercambiador

de calor, pero como este combustible no requiere una alta temperatura normalmente se cierra las válvulas que permiten el ingreso de calor.

- El combustible circula hasta pasar por un transmisor de presión y un sensor de temperatura, la cual indica la temperatura la cual este combustible obtiene antes de pasar por el viscosímetro. El viscosímetro normalmente está programado a 11cst.

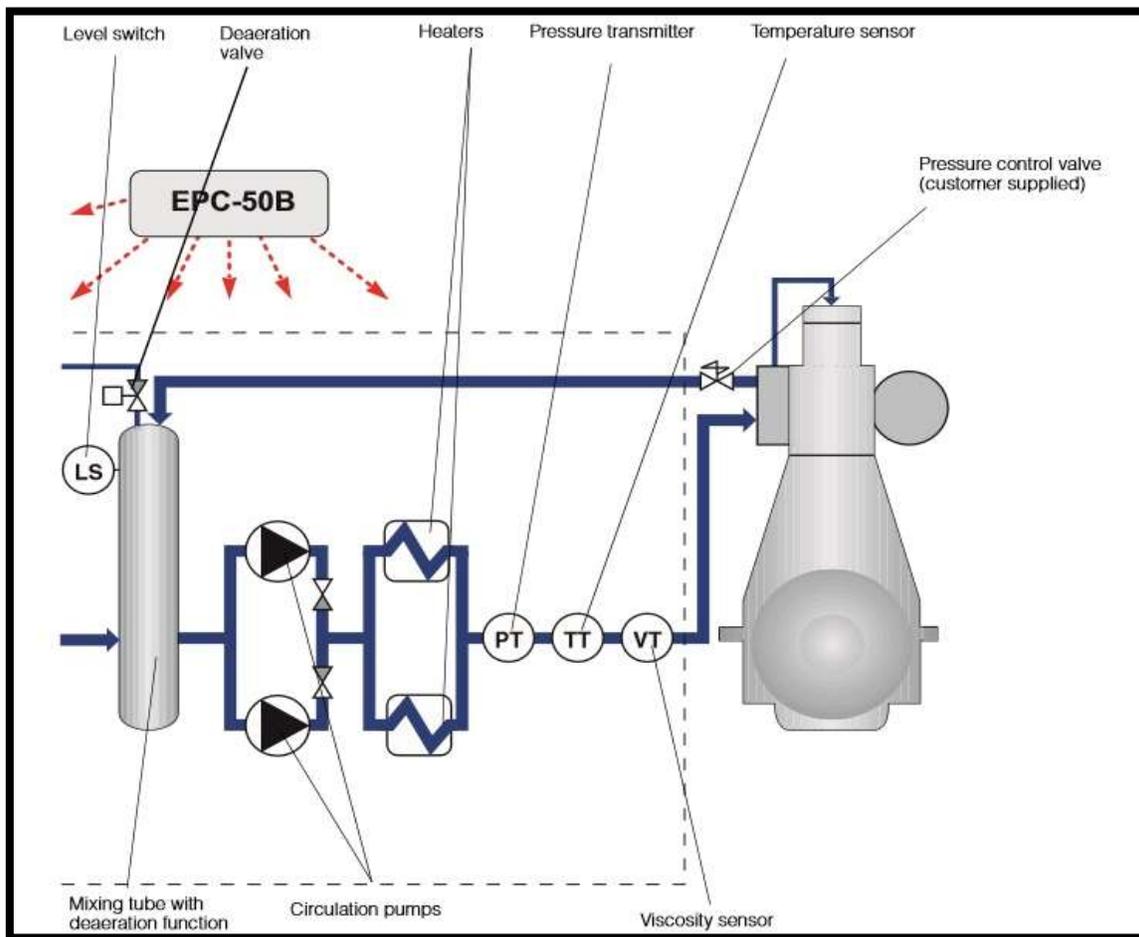


Figura 38. Diagrama de la primera parte del sistema booster desde los tanques de servicio hasta el transmisor de presión.

Fuente: Manual de fabricante de FO Booster Unit, Alfa Laval Tumba AB Marine & Diesel Equipment SE - 147 80 Tumba Sweden

- El combustible al pasar el viscosímetro pasa por las bombas de combustible y finalmente es atomizado por los inyectores y así comienza el ciclo de

combustión. Es importante verificar que este combustible cumpla con las indicaciones de los resultados del informe del laboratorio. Porque un mal tratamiento llevara a consecuencias que afectaran a la cámara de combustión, la cabeza de pistón, las ranuras de los anillos de pistón, partes internas de la bomba de combustible, inyectores. Estos daños se dan porque este combustible al presentar una alta cantidad de Silicio y Aluminio, estas partículas de metales comprometerán a un mayor desgaste.

2.2.5.6. Inspecciones rutinarias a los equipos

2.2.5.6.1. Motor principal

a) Rutinas Diarias

Las inspecciones de rutan varían de acuerdo a las especificaciones del manual del fabricante y también del tipo de embarcación. Esto quiere decir que, si se compara las horas de trabajo de un buque granelero o de contenedores, este último efectuara más horas de trabajo.

Por lo que se debe de tener en cuenta las siguientes recomendaciones para ver en qué condición el motor se encuentra trabajando.

b) Rutina de 250 Horas

- Cuando el motor principal cumpla este tiempo de trabajo se debe de limpiar los filtros de las bombas que se encuentran en el sistema booster para así mantener un buen flujo y una buena presión.

c) Rutina Mensual

- Se debe de realizar la evaluación de performance para verificar la presión máxima que se efectúa durante el proceso de combustión también se debe

anotar los valores tales como la temperatura de los gases de escape, el consumo de combustible por hora.

- Se debe realizar una medida de flexiones en el cigüeñal, para verificar que tanto los asientos de bancada se han deformado o verificar su condición y compararlo al manual del fabricante.
- Además, la potencia al freno y la potencia ideal deben ser calculadas, dado que el poder calorífico de este combustible es mayor que el que tiene el Heavy Fuel Oil y menor que el Marine Diesel Oil.

c) Rutina de 1000 Horas

A estas horas las inspecciones deben ser más exhaustivas, porque se debe de comprobar el sistema de inyección:

- Los inyectores deben de ser retirados y regulados, en caso no cumplan con la presión para atomizar, se debe de desarmar y volver a regular.
- Se debe verificar las partes internas de los inyectores en caso de haya desgaste.
- Se debe comprobar los espacios libres de la empuñadura.
- Se debe verificar la condición de los asientos de la válvula de escape de cada unidad.

d) Rutina de 2000 Horas

- Se debe verificar la alineación del cigüeñal y compararlo con el grafico que está en el manual del fabricante.
- Es muy importante que se mantengan dentro de los límites de la alineación inicial para obtener un rendimiento satisfactorio del motor y los cojinetes.
- Se debe tener muy claro la desviación del cigüeñal a intervalos regulares para así controlar la alineación.

- Verifique la temperatura del cojinete de empuje y la presión del aceite lubricante está dentro del rango.
- *Verifique que el amortiguador de vibraciones axiales y el amortiguador de vibraciones torsionales tengan presión de aceite lubricante dentro del rango.

e) Rutina de 4000 Horas

- En este punto el motor se encuentra como la media descarbonización porque debe eliminarse el carbón que se encuentra en las culatas de cada unidad para reacondicionarlas.
- Lumbreras de admisión deben de ser inspeccionadas, junto a la parte superior y el revestimiento del pistón. La camisa del cilindro también debe ser revisada en caso de desgaste.
- Todas las juntas y empaquetaduras deben de ser reemplazadas.

f) Rutina de 8000 Horas

- Los pistones deben ser removidos e inspeccionados junto con los anillos, si los anillos están lastimados deben de ser reemplazados. Las culatas deben de ser inspeccionadas en caso de tener desgaste, de ser así debe ser reemplazada.
- Revisar la tubería de escape.
- Reemplazar los inyectores
- Revisar la condición de las bielas, cojinete, asientos de bancada eje cigüeñal.

2.2.5.6.2. Generadores

a) Rutina de 250 Horas

Cuando los generadores cumplan este tiempo de trabajo se debe de limpiar los filtros de las bombas que se encuentran en el sistema booster para así mantener un buen flujo y una buena presión.

b) Rutina Mensual

- Se debe realizar una medida de flexiones en el cigüeñal, para verificar que tanto los asientos de bancada se han deformado o verificar su condición y compararlo al manual del fabricante.
- Se debe de realizar el performance para verificar la presión máxima que se efectúa durante el proceso de combustión también se debe anotar los valores tales como la temperatura de los gases de escape, el consumo de combustible por hora.
- Además, la potencia al freno y la potencia ideal deben ser calculadas, dado que el poder calorífico de este combustible es mayor que el que tiene el Heavy Fuel Oil y menor que el Marine Diesel Oil.

c) Rutina de 1000 Horas

- Se debe realizar una medida de flexiones en el cigüeñal, para verificar que tanto los asientos de bancada se han deformado o verificar su condición y compararlo al manual del fabricante.
- Se revisa la condición de las bombas de combustibles juntos a su resorte y O-ring. Los inyectores deben de ser regulados a su presión de atomización.
- El taquímetro debe de ser inspeccionado para que se encuentra en su rango de trabajo.

d) Rutina de 2000 Horas

- Se debe verificar la alineación del cigüeñal y compararlo con el gráfico que está en el manual del fabricante.
- Se verifica el torque en los pernos de la biela.
- Se inspecciona la sincronización del eje de levas para verificar que la bomba de combustible se activa de acuerdo a su tiempo.

- Se debe inspeccionar que todos los pernos y tuercas se mantengan ajustados de acuerdo al torque, esto se aplica los que se encuentran en los cilindros y los bloques.
- Se debe desensamblar las válvulas de admisión y escape, para verificar su condición del vástago y de sus asientos. Las válvulas de purga y de seguridad se deben de verificar y regular.

e) Rutina de 4000 Horas

- Se debe reemplazar los deflectores de la bomba de combustible junto a sus resortes.
- Todas las tuberías en la cual pasan el combustible se deben de verificar que se encuentren en óptimas condiciones para evitar fugas y perdida de presión.
- Se debe inspeccionar la condición de las bielas y la superficie superior de los pistones.
- Todas las juntas y empaquetaduras deben de ser reemplazadas.

f) Rutina de 8000 Horas

- Los anillos de pistón deben de ser reemplazados junto a la cabeza de pistón si las medidas tomadas no concuerdan con las especificaciones del manual del fabricante.
- Se debe inspeccionar que todos los pernos y tuercas se mantengan ajustados de acuerdo al torque, esto se aplica a los que se encuentran en los cilindros y los bloques.
- Se debe desensamblar las válvulas de admisión y escape, para verificar su condición del vástago y de sus asientos. Las válvulas de purga y de seguridad se deben de verificar y regular.
- Se debe tomar medida de la cámara de combustión y se debe de limpiar los restos de carbón.
- Se debe inspeccionar los cojinetes y las culatas.
- Se debe de revisar el eje de levas y cigüeñal,

- Reemplazar los inyectores

2.2.5.7. Procedimientos para el cambio de combustible en zonas ECA, SECA

Estos procedimientos deben de llevarse a cabo con extremada precaución dado que son llevados a cabo cuando antes de transitar por zonas especiales de acuerdo al convenio Marpol. Es importante saber la cantidad de azufre que contiene cada combustible, en este caso este nuevo combustible cuenta con 0.5% de contenido máximo de azufre, el cambio de combustible se dará de este combustible a uno de menor cantidad para entrar a estas zonas especiales como el Marine Diesel Oil que consta de menos de 0.1 % de contenido de azufre y el Ultra Low Sulphur Diesel Oil que contiene menos de 0.05% contenido de azufre.

El Cambio del nuevo combustible de bajo nivel de azufre a marine diesel oil es el siguiente:

a) Motor Principal

- Se debe verificar el tiempo correcto en el que el sistema va a cambiar de este nuevo combustible a Marine Diesel Oil para así obtener el cambio antes de ingresar a una zona especial y al salir de una zona especial.
- Los niveles de cada tanque deben de estar registrados para verificar el correcto nivel antes y después de este procedimiento.
- Anotar la hora y la posición que se llevara a cabo en el libro de registro de hidrocarburos.
- Se abre la válvula de salida del tanque de servicio de Marine Diésel y la entrada a las bombas de baja presión o bombas de alimentación.
- Se abre la válvula de retorno, pero ahora al tanque de Marine Diésel Oil y se cierra la válvula de retorno que contiene este nuevo combustible.
- Se acciona la válvula de doble sentido tomando que abre la válvula de entrada el Marine Diésel oil y cierra la entrada del nuevo combustible.

- Se debe de abrir la válvula que by-pasea los autofiltros, para que no se utilicen cuando se use Marine Diesel Oil. Las válvulas de entrada y salida de los autofiltros se deben de cerrar.
- Se presiona la opción de Marine Diésel para que el automatismo configure los valores requeridos para este combustible.
- El Marine Diésel Oil trabaja a una menor temperatura que este nuevo combustible, es por eso que se debe de cerrar las entradas de vapor de los calentadores para evitar exceder el límite de su punto de inflamabilidad.
- Al cerrar las válvulas de vapor de debe de hacer con precaución dado que no se debe de exceder de 2°C grados por minuto.
- Se debe de inspeccionar las válvulas de presión de cada bomba, para que no ocurra algún desperfecto con el trabajo del motor principal.

b) Generadores

- Se debe verificar el tiempo correcto en el que el sistema va a cambiar de este nuevo combustible a Marine Diésel Oil para así obtener el cambio antes de ingresar a una zona especial y al salir de una zona especial.
- Los niveles de cada tanque deben de estar registrados para verificar el correcto nivel antes y después de este procedimiento.
- Anotar la hora y la posición que se llevara a cabo en el libro de registro de hidrocarburos.
- Se abre la válvula de salida del tanque de servicio de Marine Diésel y la entrada a las bombas de baja presión o bombas de alimentación.
- Se abre la válvula de retorno, pero ahora al tanque de Marine Diésel Oil y se cierra la válvula de retorno que contiene este nuevo combustible.
- Se abre la válvula de entrada de Marine Diésel Oil del generador que se dese utilizar y se cierra simultáneamente la válvula de entrada del nuevo combustible.
- Se debe de mantener cerrada la válvula de salida de Marine Diésel Oil y abierta la válvula de salida del nuevo combustible para que el sistema se limpie con este Marine Diésel Oil.

- Se acciona la válvula de doble sentido tomando que abre la válvula de entrada el Marine Diésel oil y cierra la entrada del nuevo combustible.
- Se debe de abrir la válvula que pasea los autofiltros, para que no se utilicen cuando se use Marine Diésel Oil. Las válvulas de entrada y salida de los autofiltros se deben de cerrar.
- Se presiona la opción de Marine Diésel para que el automatismo configure los valores requeridos para este combustible.
- El Marine Diésel Oil trabaja a una menor temperatura que este nuevo combustible, es por eso que se debe de cerrar las entradas de vapor de los calentadores para evitar exceder el límite de su punto de inflamabilidad.
- Al cerrar las válvulas de vapor de debe de hacer con precaución dado que no se debe de exceder de 2°C grados por minuto.
- Se debe de inspeccionar las válvulas de presión de cada bomba, para que no ocurra algún desperfecto con el trabajo del motor principal.

2.3 Definiciones conceptuales

Código Técnico de NOX: es el código técnico sobre el control de las emisiones de óxidos de nitrógeno desde motores diésel marinos.

Combustible fósil: Combustible que procede de la descomposición natural de la materia orgánica a lo largo de millones de años, como el petróleo, el carbón mineral o el gas natural.

Conocimiento: Es un conjunto de información almacenada mediante la experiencia o el aprendizaje, o a través de la introspección. En el sentido más amplio del término, se trata de la posesión de múltiples datos interrelacionados que, al ser tomados por sí solos, poseen un menor valor cualitativo.

CST: Es la unidad de medida de la viscosidad cinemática de un fluido, se aplica bastante en los casos de los aceites lubricantes y combustibles.

Emisión: se refiere a cualquier liberación de sustancias, sujetas al control de buques, ya sea a la atmósfera o al mar

Gestión ambiental: Se denomina al conjunto de diligencias conducentes al manejo integral del sistema ambiental.

Hidrocarburo: Compuesto orgánico, en la tierra, formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno cuya introducción en el mar puede ocasionar riesgos para la salud humana, dañar la flora, fauna y los recursos vivos del medio marino.

MARPOL: Maritime Pollution Convention (Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques).

OMI: Organización Marítima Internacional especializada de las Naciones Unidas cuya función es promover la contribución entre Estados y la industria de transporte para optimar la seguridad marítima y prevenir la contaminación marina.

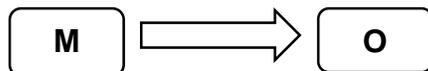
Petróleo crudo: Es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos insolubles en agua, se produce en el interior de la Tierra, por transformación de la materia orgánica acumulada en sedimentos del pasado geológico y puede acumularse en trampas geológicas naturales, de donde se extrae mediante la perforación de pozos.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

Tipo de investigación

Esta investigación es de Tipo descriptivo y se grafica de la siguiente manera:



Dónde:

M = Muestra

O = Observación

Enfoque de la investigación

En cuanto al enfoque de este trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo, en tal sentido y de acuerdo con Bernal (2010), la investigación cuantitativa se define:

Se fundamenta en la medición de las características de los fenómenos sociales, lo cual supone derivar de un marco conceptual pertinente del problema analizado, una serie de postulados que expresan relaciones de las

dimensiones estudiadas de forma deductiva. Este método tiende a generalizar y normalizar resultados. (p. 60)

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación adoptada en el presente estudio es de carácter no experimental, transversal y descriptivo según Hernández, Fernández y Baptista (2014).

El presente trabajo es un estudio no experimental puesto que no se manipula la variable independiente de forma intencional. Solo se observa el fenómeno en su contexto natural. Además, es una investigación descriptiva porque busca especificar propiedades, características y rasgos importantes del fenómeno que el investigador quiere analizar. Así mismo, tiene un diseño transversal o transeccional ya que se recopilan datos en un momento único y su propósito es describir la variable y analizar su incidencia e interrelación en un determinado momento. (Hernández et al., 2014)

3.2. Población y muestra

Población

Para Chávez (2007), la población significa el total de los individuos de un determinado estudio; es decir, representa el universo de la investigación, del cual se desea generalizar los resultados estando formada por características que le diferencian a los individuos unos de otros. De esta manera, este autor señala que el término de población se refiere a un conjunto de individuos o unidades que establecen a los mismos del total de del conjunto quienes van a ser sometidos a estudio, representando al tamaño total de la investigación. Por otro lado, Hernández et al. (2006) señalan que: "Población es un conjunto definido, limitado y accesible del universo que forma el referente para la elección de la muestra. Es el grupo al que se intenta generalizar los resultados". (p. 326).

La población estuvo constituida por un aproximado de 220 egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM desde el año 2009 al año 2019.

Muestra

La muestra debe ser parte de una población seleccionada sobre la cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión, la muestra deberá ser estadísticamente representativa de dicha población. Por ello, Bavaresco (2006) sostiene que “cuando se hace difícil el estudio de toda la población, es necesario extraer una muestra, la cual no es más que un subconjunto de la población, con la que se va a trabajar”. (p. 92). Por su lado, Carrasco (2009), señala que la muestra es un “fragmento representativo de la población, cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población” (p. 237).

La muestra fue No Probabilística intencionada conformada por 38 egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM desde el año 2009 al año 2019.

Criterios de Selección de la muestra

La selección de los egresados fue a conveniencia representando este tipo de muestreo por la técnica de uso común, que consiste en seleccionar una muestra de la población que sea accesible. En otras palabras, las personas involucradas en la investigación son seleccionadas porque están disponibles y porque sabemos que pertenecen a la población de interés, no porque hayan sido seleccionadas en base a criterios estadísticos. Esta conveniencia, que generalmente se refleja en la facilidad de uso y los bajos costos de muestreo, significa que es imposible hacer declaraciones generales sobre la población con precisión estadística. (Ochoa, 2015)

La selección de la muestra de la actual investigación fue basada en los siguientes pasos:

- Se estableció la población
- Se identificó el marco muestral
- Se determinó el tamaño de la muestra
- Se eligió el procedimiento para el muestreo

En base a los criterios considerados en el muestreo, se describen los elementos esenciales a considerar en los egresados que conforman la población, a tal fin que su cantidad de conformidad pueda dar claridad y respuesta a los objetivos planteados, de esta manera se consideraron los siguientes criterios:

- Egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM desde el año 2009 al año 2019 (Inclusión)
- Egresados activos en el rubro marítimo y con disponibilidad para la participación de esta investigación (Inclusión)
- Egresados indispuestos para la participación de esta investigación. (Exclusión)

3.3. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables es un proceso metodológico que consiste en descomponer deductivamente las variables que componen el problema de investigación, partiendo desde lo más general a lo más específico. Ahora bien, las variables son operacionalizadas con el propósito de convertirlas de conceptos abstractos a empíricos, susceptible de ser medido a través de la aplicación de instrumentos basados en los cuestionarios de preguntas. Dicho proceso tiene su importancia en la posibilidad que un investigador poco experimentado pueda tener la seguridad de no perderse o cometer errores que son frecuentes en un proceso de investigación, cuando no existe relación entre la variable y la forma en que se decidió medirla, perdiendo así la validez, dicho de otro modo (grado en que la medición empírica representa la medición conceptual).

A continuación, la operacionalización de la variable:

Tabla 3. Operacionalización de la variable.

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicadores
Nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020"	El combustible marino se origina con la mezcla en las refinerías de hidrocarburos procedentes del refinado del petróleo, con sustancias aditivas que se añaden para mejorar sus cualidades y propiedades. Según su procedencia puede ser fuel oil (IFO), gasoil (GO) o diésel marino (MDO). En un buque de medio tamaño el fuel es consumido por los motores principales y el gasóleo o diésel por los motores auxiliares para la producción de energía eléctrica. En este caso, según las regulaciones de la OMI, se debe utilizar un combustible que permitirá que los buques utilicen únicamente con un máximo de 0.5% de contenido de azufre (SOx), siendo el estándar actual el combustible con un contenido de azufre del 3.5%. (Cátedra. 2017)	1. Conocimiento de las propiedades del nuevo combustible. 2. Conocimiento del impacto ambiental ocasionado por las emisiones de azufre. 3. Criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible.	*Compatibilidad del Nuevo Combustible *Límites máximos y mínimos de temperaturas del nuevo combustible *Aspectos generales del nuevo combustible *Regulaciones involucradas con el nuevo combustible *Consecuencias de las emisiones del nuevo combustible. *Operación de los equipos. *Mantenimientos adecuados. *Mantenimientos inadecuados.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Técnicas para la recolección de datos.

3.4.1. Técnicas

Para la continuación de la presente investigación, la cual corresponde mediante la observación y aplicación de un determinado instrumento para cada variable, mediante el cual se pretende describir cada una de las mismas.

La técnica que se usó para el desarrollo de esta investigación corresponde a la observación mediante la encuesta, la cual sirvió para recolectar información, en la que se pretende describir cada variable en un momento dado. Es importante destacar, que la encuesta representa una técnica en la que se realiza un conjunto de preguntas dirigidas a una muestra representativa o al conjunto total de la población estadística, formada a menudo por personas, empresas o entes institucionales, con el fin de conocer opinión, características de alguna variable a medir o hechos específicos. Según Alvira (2011), señala que una determinada encuesta es el principio para la vinculación de intereses de acuerdo a requerimientos, o en dado caso de necesidades que sirvan para la recolección de data con información obtenida de una manera directa del individuo entrevistado, siguiendo un proceso planificado y de una manera metodológica.

3.4.2. Instrumentos

El instrumento para evaluar el nivel de conocimiento, en estudio, fueron elaborados en base a la teoría anteriormente descrita. Una vez validados los instrumentos por los expertos, se procedió a la aplicar ambos, en el cual cada instrumento consta de un conjunto de ítems relacionados a las dimensiones de la variable, donde cada instrumento está conformado por preguntas cerradas para ser respondidos según las alternativas presentadas, estas consistieron en SI, NO y A VECES.

Para poder desarrollar la presente investigación, se utilizaron encuestas, las cuales sirvieron para poder medir la variable en conjunto con sus dimensiones. Es decir, la recolección de datos consiste en obtener información sobre las preguntas relacionadas con las variables. En relación al cuestionario, señala Bavaresco (2006) comenta que un instrumento es el que contenga más detalles de la población que se investiga tales como: variables, dimensiones e indicadores. Además, Hernández et al. (2006) señalan que el cuestionario es un conjunto de preguntas respecto a una o más variables están sujetas a mediciones sobre lo que se pretender medir. Una vez definidos el diseño de la investigación y su respectiva población, se

procede la respectiva recolección de datos sobre las variables que serán objeto de estudio, en la cual se desarrollará un instrumento validado previamente por expertos, mediante la cual se aplicarán para obtener las respuestas respectivas, las cuales serán registradas posteriormente para realizar el análisis de los resultados obtenidos.

En este sentido, Chávez (2007), manifiesta que los instrumentos de investigación son los medios que se usan por parte del investigador para medir el determinado comportamiento o características de las variables, entre los cuales se destacan los cuestionarios, escalas de clasificación, entrevistas, entre otros.

3.4.3. Validez

En cuanto a la validez de los instrumentos elaborados para dar respuestas los objetivos e hipótesis de la investigación, Hernández et al. (2006), señala que la validez es simplemente grado de tal manera que el instrumento expresa un predominio característico con un contexto de lo que se desea medir. Por otro lado, Rusque (2003) define la validez representa la posibilidad de que un método de investigación sea capaz de responder a las interrogantes formuladas.

Según Hernández et al. (2014) la validez en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que quiere medir. Confirmando lo anteriormente mencionado, Baechle y Earle (2007) define la validez:

Como el grado en que una prueba o ítem de la prueba mide lo que pretende medir; es la característica más importante de una prueba. Al referirse a la validez relativa a un criterio definen a éste como la medida en que los resultados de la prueba se asocian con alguna otra medida de la misma aptitud; Consideran los autores que en muchas ocasiones la validez relativa a un criterio se estima en forma estadística utilizando el coeficiente de correlación de Pearson (también denominado tabulación cruzada, a este tipo de validez se le denomina validez concurrente. (p.277)

Tabla 4. Validez según juicio de expertos.

Especialista	Pertinencia	Precisión	Claridad
Mg José Martín Gil López	100%	100%	100%
Jefe de Máquinas. Carlos Manuel Borja García	100%	100%	100%
Mg Cesar Peña Carrillo	100%	100%	100%
Jefe de Máquinas. Miguel Héctor Carrillo Villagómez	100%	100%	100%
Jefe de Máquinas. John Chafloque Castro	100%	100%	100%
Total	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4 muestra los valores de V de Aiken para el instrumento utilizado para medir a la variable Nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre, donde se evidencia un porcentaje de 100% según el valor de V de Aiken 1 obtenido. Estos valores de validez indican que el instrumento antes mencionado es aplicable a la muestra previamente establecida.

3.4.4. Confiabilidad

Según Rusque (2003) señala que:

La fiabilidad designa la capacidad de obtener los mismos resultados de diferentes situaciones. La fiabilidad no se refiere directamente a los datos, sino a las técnicas de instrumentos de medida y observación, es decir, al grado en que las respuestas son independientes de las circunstancias accidentales de la investigación”. (p.134)

Se empleó la fórmula del Alfa de Cronbach para establecer la confiabilidad de los instrumentos mediante el cual se determinará el coeficiente mediante el siguiente procedimiento:

- Primero se determinó una muestra piloto de 10 oficiales egresados de la escuela de la ENAMM.
- Se aplicaron los instrumentos para determinar la confiabilidad.
- Se procedió a estimar la confiabilidad por la consistencia interna de Cronbach, mediante el software SPSS versión 24.
- Según la bibliografía, se compara el resultado de la confiabilidad con los siguientes criterios, tal como se expresa en la Tabla 5..

Tabla 5. Valores de los niveles de confiabilidad.

VALORES	NIVEL DE CONFIABILIDAD
-1 a 0	No es confiable
0.01 a 0.49	Baja confiabilidad
0.5 a 0.75	Moderada confiabilidad
0.76 a 0.89	Fuerte confiabilidad
0.9 a 1	Alta confiabilidad

Fuente: Hernández et.al. (2014, p. 438).

A continuación, la fórmula coeficiente Alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right]$$

En donde:

$$\begin{aligned} \alpha &= \text{Alfa de Cronbach} = && ? \\ K &= \text{Número de Ítems} = && 25 \text{ ítems} \\ \sum Vi &= \text{Sumatoria Varianza} = && 5.51 \\ Vt &= \text{Varianza total} = && 35.21 \end{aligned}$$

La siguiente tabla muestra el resultado del coeficiente de confiabilidad de Alfa de Cronbach calculado mediante la fórmula estadística luego de ser aplicada la prueba piloto del instrumento titulado: Nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020”; en el cual se obtuvo un valor de 0.88. Por lo tanto, se deduce que este instrumento presenta una fuerte una “Fuente confiabilidad”.

Tabla 6. Cálculo del coeficiente del Alfa de Cronbach.

Alfa de Cronbach	N de elementos	No Participantes
0.88	25	10

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos

Una vez realizado el análisis de la situación actual de la variable en estudio, mediante la aplicación del instrumento previamente elaborado, se tomaron en cuenta las recomendaciones y sugerencias pertinentes por parte de los expertos para la respectiva validez del mismo. Luego, se procedió a la aplicación del

instrumento, para establecer los análisis estadísticos descriptivos para la contrastación de las hipótesis.

A continuación, se detallan las fases utilizadas para el desarrollo de la actual investigación.

- **Fase o etapa de gabinete:** Se inició con la recopilación de la información diversa, sobre las variables de estudio y otros que fueron comprobados en el terreno, de igual forma se confeccionaron las encuestas y se aplicaron los respectivos análisis e interpretación de los datos.
- **Fase de campo:** Se realizaron la recolección de datos a los diferentes egresados hasta completar la muestra propuesta.
- **Fase de estadística:** Es la última etapa en donde se analizarán e interpretarán los datos acumulados tanto bibliográficos como de campo, en esta fase se desarrollará el análisis de datos a partir del SSPS 23, elaborándose luego el informe final.

3.6 Aspectos éticos

En esta investigación científica se realizó teniendo en cuenta la comunicación y redacción las citas de autores, así también como las indicaciones emanadas por la Universidad y siguiendo los pasos del asesor metodológico de la referida casa de estudios. Se procedió a los participantes a entregarles el procedimiento informado indicándoles el propósito de la investigación.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Análisis estadísticos descriptivos

En el presente trabajo se utilizaron métodos y fuentes para la recolección de datos, de la información que se obtiene para obtener indicadores objetivos. Cabe mencionar que, el análisis representa un proceso de las concepciones de los expertos metodólogos y los que están considerados en la muestra, con un análisis abierto sin transgredir la consistencia lógica inductiva básica, desarrollada en una aproximación general según las características y las circunstancias de los investigadores. Además, la búsqueda de recolección de datos, la recolección de datos no deseados organizados según sus características de categoría establecida.

La información y datos son recolectados de textos escritos y digitales, entrevistas a expertos para la validación del instrumento utilizado y mediante la observación dada en el trabajo de campo, siendo necesario mencionar sus características propias que definen un análisis cuantitativo, así como las fuentes y técnicas empleadas. En este sentido, la Tabla 7 y la Figura 39 se muestra el resultado de frecuencia y sus respectivos porcentajes de la variable nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.

Tabla 7. Resultado de la variable nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.

Nivel	Frecuencia (Fx)	Porcentaje (%)
Alto	3	8%
Medio	29	76%
Bajo	6	16%
Total	38	100%

Fuente: Elaboración propia.

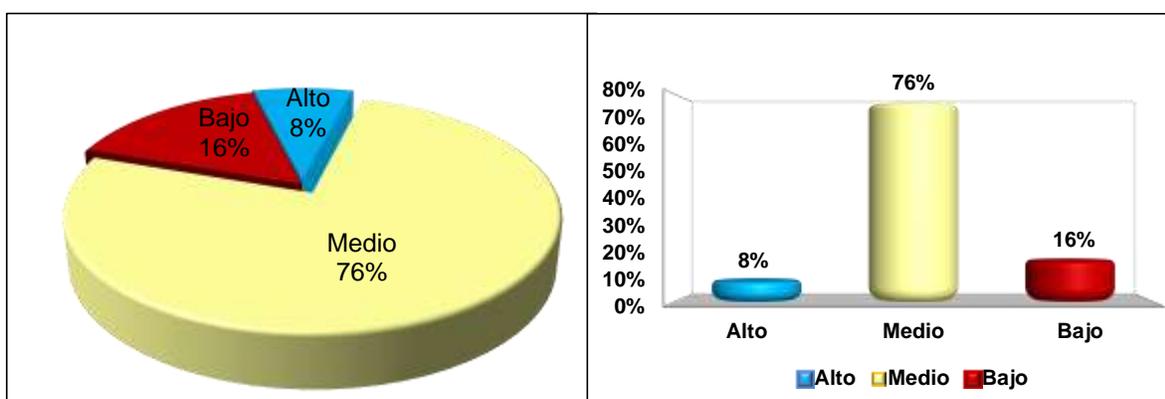


Figura 39. Resultado en porcentajes de la variable conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.

Interpretación

Los resultados mostrados en la Tabla 7 y la Figura 39, indican que el 76% (29 oficiales) se encontraron en el “nivel medio” de la variable nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre, mientras que el 16% (6 oficiales) se encontraron en el “nivel bajo”; y el restante 8% (3 oficiales) en el “nivel alto”. Es importante señalar que, la tendencia de los oficiales evaluados estuvo en la parte media del nivel de conocimientos de la variable en estudio

A continuación, los resultados descriptivos obtenidos mediante los análisis estadísticos para las dimensiones de la variable nivel conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre:

4.1.1. Dimensión Nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible

En la Tabla 8 y en la Figura 40 se presentan los resultados de frecuencia y sus respectivos porcentajes de la dimensión Nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible.

Tabla 8. Resultados de la dimensión Nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible.

Nivel	Frecuencia (Fx)	Porcentaje (%)
Alto	1	3%
Medio	23	60%
Bajo	14	37%
Total	38	100%

Fuente: Elaboración propia.

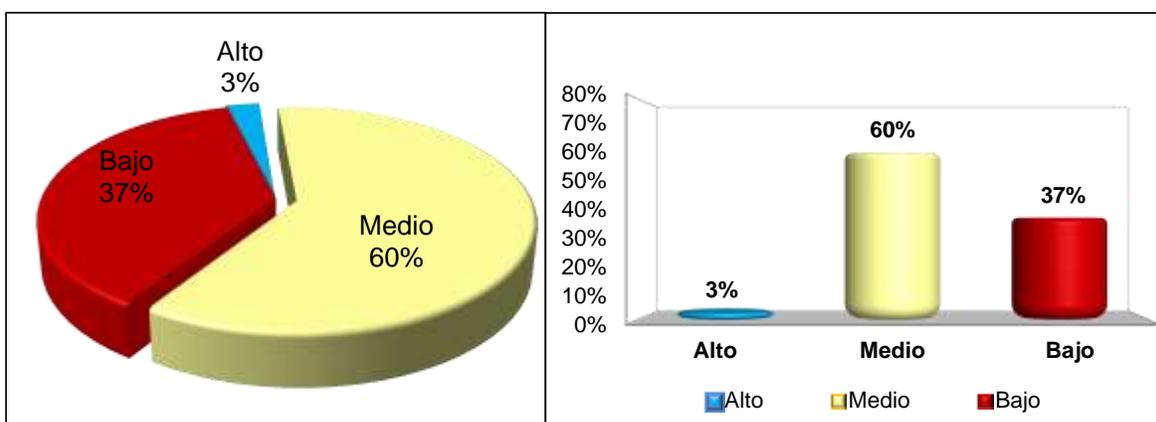


Figura 40. Resultados en porcentajes de la dimensión Nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible.

Interpretación

Los resultados mostrados, tanto en la Tabla 8 y Figura 40, indicaron que el 60% (23 oficiales) obtuvieron una puntuación para estar en el “nivel medio” de la dimensión Nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible, le sigue en

porcentaje el “nivel bajo” con el 37%(14 oficiales); mientras que sólo un (1) oficial estuvo en el renglón “nivel alto”. Cabe mencionar que, la mayoría de los oficiales evaluados estuvieron en el nivel medio con una tendencia hacia la parte baja, en el cual se puede inferir que existe un porcentaje de desconocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.

4.1.2. Dimensión Nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible

En la Tabla 9 y Figura 41 se presentan los resultados para la dimensión Nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible.

Tabla 9. Resultados de la dimensión Nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible.

Nivel	Frecuencia (Fx)	Porcentaje (%)
Alto	17	45%
Medio	19	50%
Bajo	2	5%
Total	38	100%

Fuente: Elaboración propia.

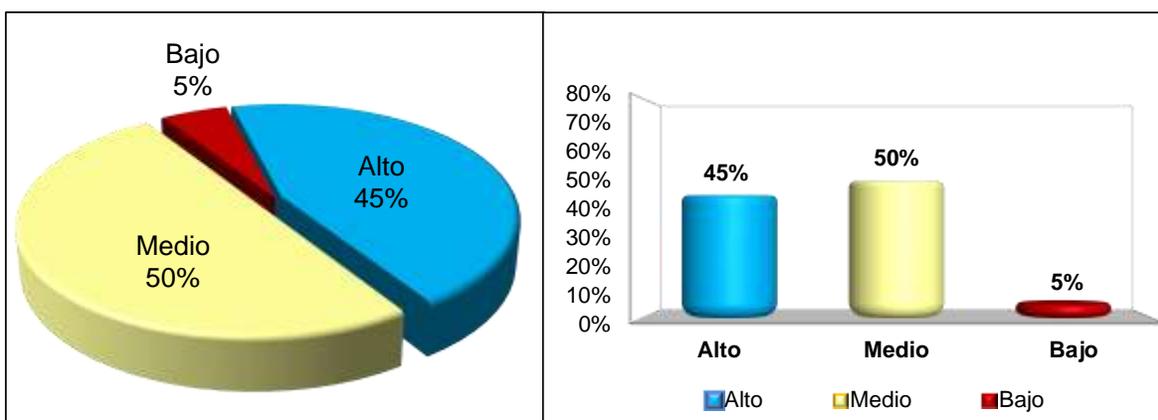


Figura 41. Resultados en porcentajes de la dimensión Nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible.

Interpretación

Los resultados mostrados, Tabla 9 y Figura 41, nos indican que del total de oficiales evaluados, el 50% (19 oficiales) estuvieron en el “nivel medio” de la dimensión Nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible; seguido del “nivel alto” con un 45% (17 oficiales), y el restante 5% (2 oficiales) se encontraron en el “nivel bajo”. Resumiendo lo anteriormente mencionado, la mayoría de los oficiales estuvieron en los niveles intermedios y altos para la temática relacionada con el impacto ambiental del nuevo combustible.

4.1.3. Dimensión Nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible

En la Tabla 10 y la Figura 42 se muestran los resultados de frecuencia y sus respectivos porcentajes para la dimensión Nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.

Tabla 10. Resultados de la dimensión Nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.

Nivel	Frecuencia (Fx)	Porcentaje (%)
Alto	4	11%
Medio	27	71%
Bajo	7	18%
Total	38	100%

Fuente: Elaboración propia.

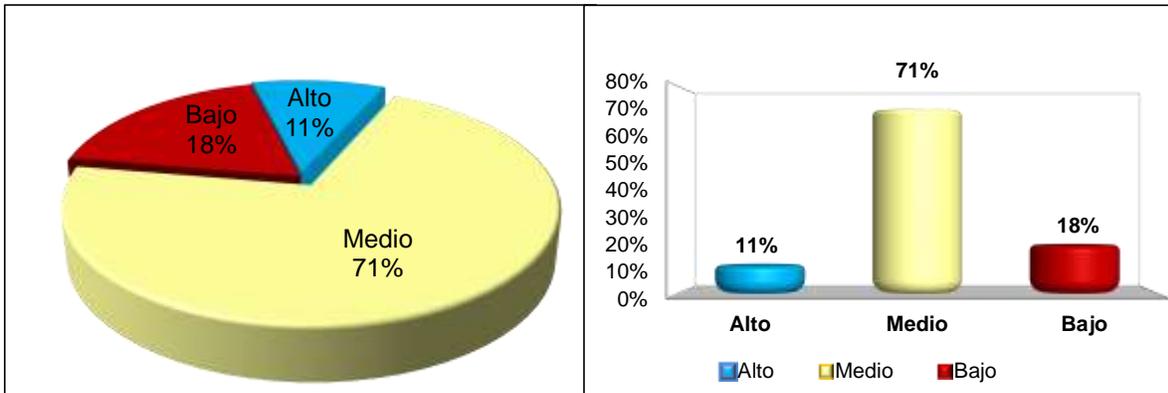


Figura 42. Porcentajes de la dimensión Nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.

Interpretación

Los resultados obtenidos para la dimensión Nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible, demuestran una predominancia para el “nivel medio” con un 71% (27 oficiales); seguido del “nivel bajo” con un 18% (7 oficiales); y el restante 11% (4 oficiales) en el “nivel alto”. Estos resultados indican que la mayoría de los oficiales evaluados estuvieron en el nivel intermedio de conocimientos en lo referente a los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.

4.2. Contrastación de hipótesis

4.2.1. Contrastación de hipótesis general

Para la contrastación de la hipótesis general (H_i) que representa la propuesta realizada por el investigador y (H_0) es la hipótesis nula. A continuación, las hipótesis:

H_i : Existe un nivel significativo de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

H_0 : No existe un nivel significativo de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

A continuación, se muestran la Tabla 11 se muestra los valores obtenidos mediante el programa SPSS, en donde se calcularon la media, desviación estándar, puntaje de valores máximos y mínimos obtenidos.

Tabla 11. Resultados estadísticos para la variable conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.

Rango (Puntos)		Rango Estadísticos (Puntos)		Media	Desviación estándar	Varianza	No. Evaluados
Min	Max	Min	Max				
0	25	2	19	13.11	3.91	15.286	38

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Tabla 12, se muestran los resultados obtenidos relacionado con el puntaje, frecuencia, porcentaje de cada valor, así como los válidos y acumulados para la variable nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre:

Tabla 12. Resultados del puntaje, frecuencia y porcentaje para la variable conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.

Nivel	Puntaje	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Bajo	0	-	-	-	-
	1	-	-	-	-
	2	1	2.6	2.6	2.6
	6	1	2.6	2.6	5.3
	7	2	5.3	5.3	10.5
	8	2	5.3	5.3	15.8
Medio	9	-	-	-	-
	10	3	7.9	7.9	23.7
	11	3	7.9	7.9	31.6
	12	3	7.9	7.9	39.5
	13	3	7.9	7.9	47.4
	14	2	5.3	5.3	52.6
	15	6	15.8	15.8	68.4
	16	5	13.2	13.2	81.6
	17	4	10.5	10.5	92.1
Alto	18	1	2.6	2.6	94.7
	19	2	5.3	5.3	100.0
	20	-	-	-	-
	21	-	-	-	-
	22	-	-	-	-
	23	-	-	-	-
	24	-	-	-	-
	25	-	-	-	-
	Total		38	100.0	100.0

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 43 se presenta el grafico de barras con la frecuencia y los resultados obtenidos (puntaje) para la medición de la variable nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre:

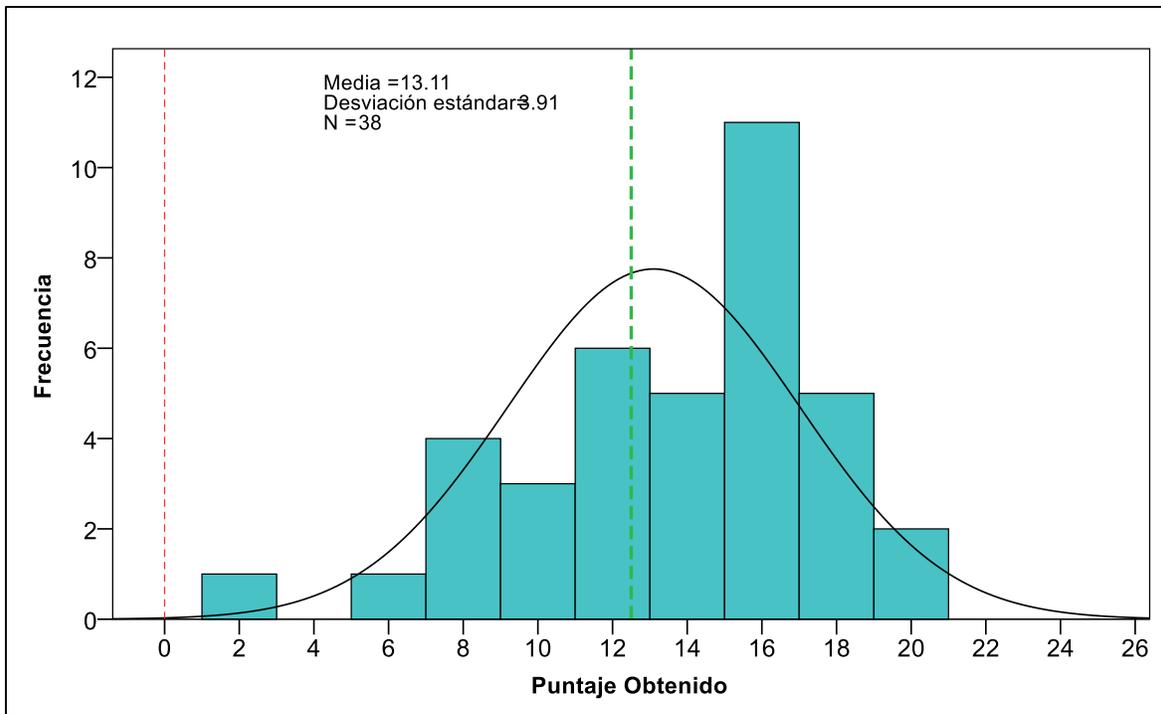


Figura 43. Porcentajes de la variable nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.

Interpretación

Mediante los resultados obtenidos para la variable nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre, con una media de 13.11 del total de 25 puntos máximo, desviación estándar de 3.91, varianza de 15.286, se demuestra una predominancia para el nivel intermedio con ligera tendencia hacia la parte alta para los oficiales evaluados. Por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador, concluyéndose que: *Existe un nivel significativo de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.*

4.2.2. Contrastación de hipótesis específica 1

Para la contrastación de la hipótesis general (H_1) que representa la propuesta realizada por el investigador y (H_0) es la hipótesis nula. A continuación, las hipótesis:

H₁: Existe un nivel significativo de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

H₀: No existe un nivel significativo de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

A continuación, se muestran la Tabla 13 se muestra los valores obtenidos mediante el programa SPSS, en donde se calcularon la media, desviación estándar, puntaje de valores máximos y mínimos obtenidos.

Tabla 13. Resultados estadísticos para la dimensión nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible.

Rango (Puntos)		Rango Estadísticos (Puntos)		Media	Desviación estándar	Varianza	No. Evaluados
Min	Max	Min	Max				
0	8	0	6	3.11	1.556	2.421	38

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Tabla 14, se muestran los resultados obtenidos relacionado con el puntaje, frecuencia, porcentaje de cada valor, así como los válidos y acumulados para la dimensión nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible:

Tabla 14. Resultados del puntaje, frecuencia y porcentaje para la dimensión nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible.

Nivel	Puntaje	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Bajo	0	2	5.3	5.3	5.3
	1	4	10.5	10.5	15.8
	2	8	21.1	21.1	36.8
Medio	3	8	21.1	21.1	57.9
	4	7	18.4	18.4	76.3
	5	8	21.1	21.1	97.4
	6	1	2.6	2.6	100.0
Alto	7	-	-	-	-
	8	-	-	-	-
Total		38	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 44 se presenta el grafico de barras con la frecuencia y los resultados obtenidos (puntaje) para la medición para la dimensión nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible:

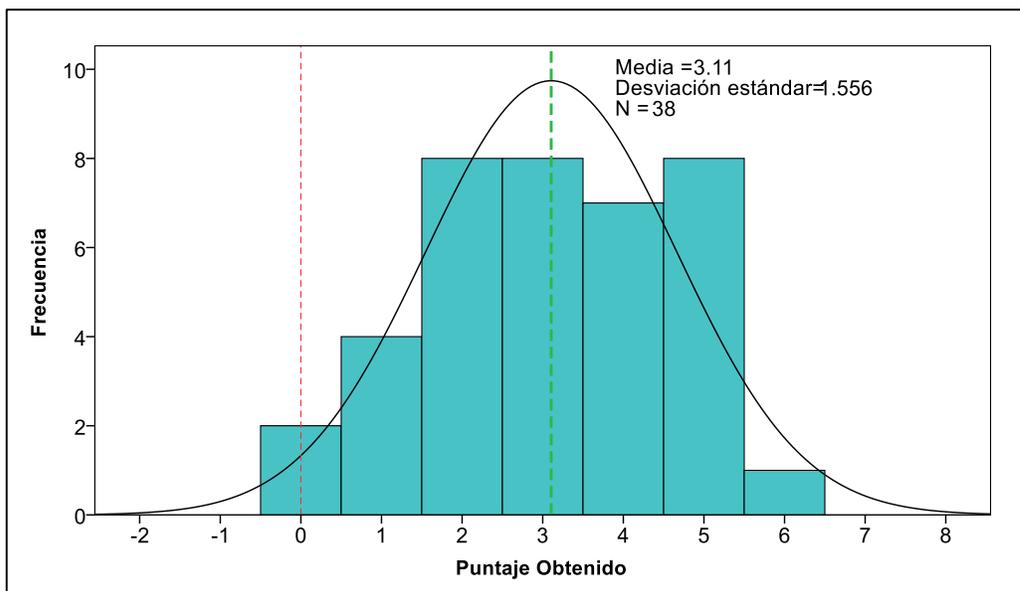


Figura 44. Porcentajes de la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.

Interpretación

Los resultados obtenidos para la dimensión nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible, con una media de 3.11 del total de 8 puntos máximo, con una desviación estándar de 1.556, varianza de 2.41, se demuestra una predominancia para el nivel intermedio para los oficiales evaluados. Por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador, concluyéndose que: *Existe un nivel significativo de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.*

4.2.3. Contrastación de hipótesis específica 2

Para la contrastación de la hipótesis general (**H₂**) que representa la propuesta realizada por el investigador y (**H₀**) es la hipótesis nula. A continuación, las hipótesis:

H₂: Existe un nivel significativo de conocimiento del impacto ambiental por las emisiones de azufre del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

H₀: No existe un nivel significativo de conocimiento del impacto ambiental por las emisiones de azufre del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

A continuación, se muestran la Tabla 15 se muestra los valores obtenidos mediante el programa SPSS, en donde se calcularon la media, desviación estándar, puntaje de valores máximos y mínimos obtenidos.

Tabla 15. Resultados estadísticos para la dimensión nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible.

Rango (Puntos)		Rango Estadísticos (Puntos)		Media	Desviación estándar	Varianza	No. Evaluados
Min	Max	Min	Max				
0	8	0	8	5.18	1.722	2.965	38

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Tabla 16, se muestran los resultados obtenidos relacionado con el puntaje, frecuencia, porcentaje de cada valor, así como los válidos y acumulados para la dimensión nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible:

Tabla 16. Resultados del puntaje, frecuencia y porcentaje para la dimensión nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible.

Nivel	Puntaje	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Bajo	0	1	2.6	2.6	2.6
	1	-	-	-	-
	2	1	2.6	2.6	5.3
Medio	3	4	10.5	10.5	15.8
	4	6	15.8	15.8	31.6
	5	9	23.7	23.7	55.3
Alto	6	6	15.8	15.8	71.1
	7	10	26.3	26.3	97.4
	8	1	2.6	2.6	100.0
Total		38	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 45 se presenta el grafico de barras con la frecuencia y los resultados obtenidos (puntaje) para la medición para la dimensión nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible:

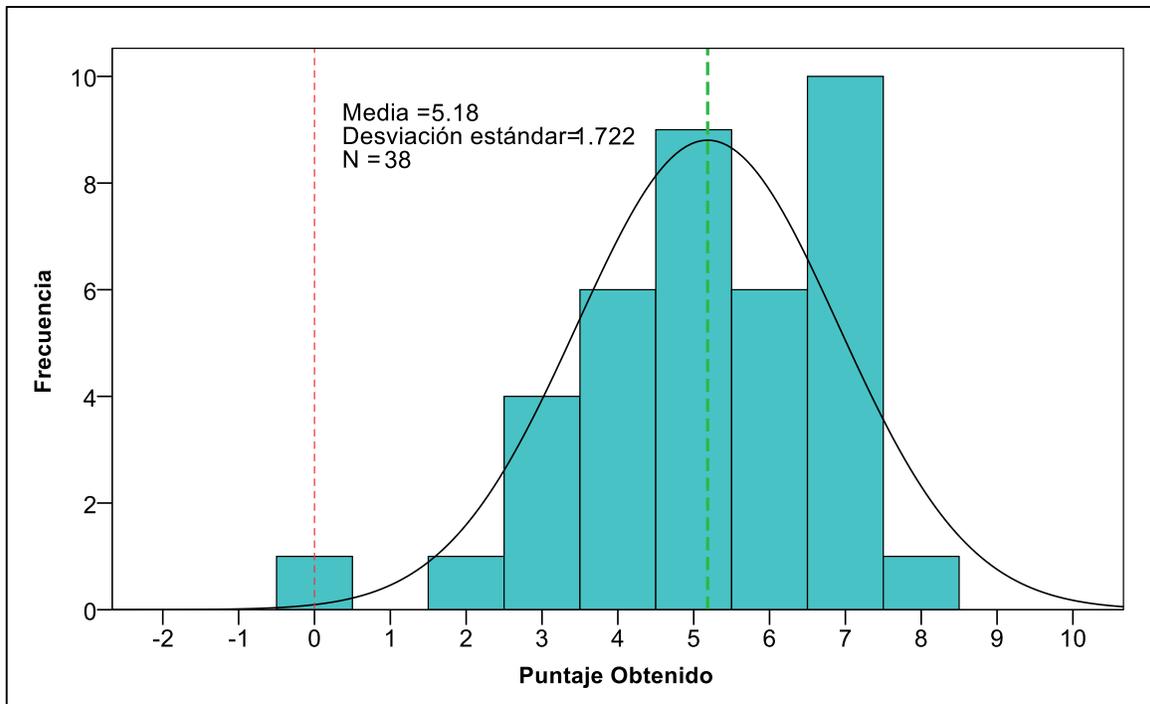


Figura 45. Porcentajes de la dimensión nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible.

Interpretación

Los resultados obtenidos para la dimensión nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible, con una media de 5.18 del total de 8 puntos máximo, con una desviación estándar de 1.722, varianza de 2.965, indicando una predominancia para el nivel intermedio con una fuerte tendencia hacia el nivel alto para los oficiales evaluados. Por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador, concluyéndose que: *Existe un nivel significativo de conocimiento del impacto ambiental por las emisiones de azufre del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.*

4.2.4. Contrastación de hipótesis específica 3

Para la contrastación de la hipótesis general (H_3) que representa la propuesta realizada por el investigador y (H_0) es la hipótesis nula. A continuación, las hipótesis:

H₃: Existe un nivel significativo de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

H₀: No existe un nivel significativo de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

A continuación, se muestran la Tabla 17 se muestra los valores obtenidos mediante el programa SPSS, en donde se calcularon la media, desviación estándar, puntaje de valores máximos y mínimos obtenidos.

Tabla 17. Resultados estadísticos para la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.

Rango (Puntos)		Rango Estadísticos (Puntos)		Media	Desviación estándar	Varianza	No. Evaluados
Min	Max	Min	Max				
0	9	1	8	4.82	1.674	2.803	38

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Tabla 18, se muestran los resultados obtenidos relacionado con el puntaje, frecuencia, porcentaje de cada valor, así como los válidos y acumulados para la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible:

Tabla 18. Resultados del puntaje, frecuencia y porcentaje para la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.

Nivel	Puntaje	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	0	0	-	-	-
Bajo	1	1	2.6	2.6	2.6
	2	4	10.5	10.5	13.1
	3	2	5.3	5.3	18.4
Medio	4	6	15.8	15.8	34.2
	5	13	34.2	34.2	68.4
	6	8	21.1	21.1	89.5
Alto	7	1	2.6	2.6	92.1
	8	3	7.9	7.9	100.0
	9	-	-	-	-
Total		38	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 46 se presenta el grafico de barras con la frecuencia y los resultados obtenidos (puntaje) para la medición para la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible:

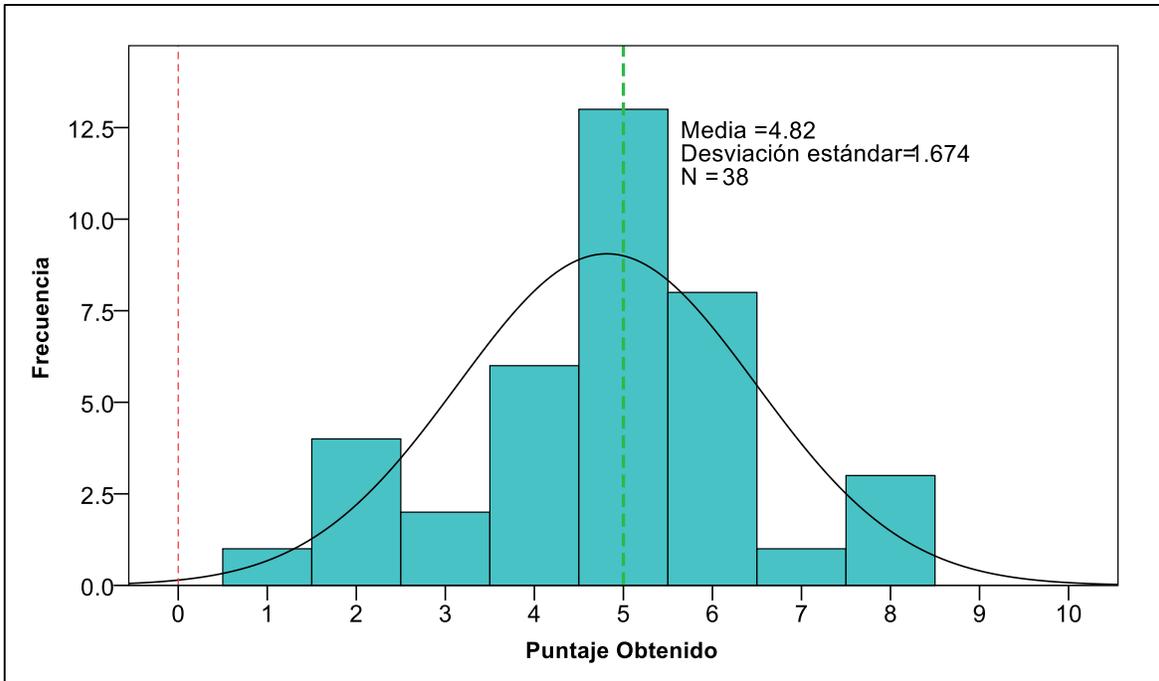


Figura 46. Porcentajes de la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.

Interpretación

Los resultados obtenidos para la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible, con una media de 4.82 del total de 9 puntos máximo, con una desviación estándar de 1.674, varianza de 2.803, indicando una predominancia para el nivel intermedio con una moderada tendencia hacia el nivel alto para los oficiales evaluados. Por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador, concluyéndose que: *Existe un nivel significativo de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.*

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Discusión

Los buques emiten contaminantes y otros gases perjudiciales, pero también transportan grandes cantidades de bienes esenciales a través de los océanos del mundo y el volumen de mercancías que se transportan por mar continúa aumentando. En este sentido, los buques han sido siempre la forma más sostenible de transportar bienes y mercancías y están siendo cada vez más eficientes desde el punto de vista energético.

Las reglas de la OMI sobre eficiencia energética respaldan la demanda de un transporte marítimo más limpio y ecológico, en que un buque que quiera ser más eficiente energéticamente utilizara menos combustible; por lo tanto, produce menos emisiones contaminantes.

La mayor parte de las emisiones de Sox, el cual se combina rápidamente con el amoníaco del aire, creando sulfato amónico y originando una neblina, u oscurecimiento, que reduce la visibilidad y aumenta la cantidad de luz solar que se refleja de vuelta al espacio, al mismo tiempo que deteriora el “aire limpio y claro”,

también influye en el clima, siendo perjudicial para la salud e incluso para el medio ambiente. Es por ello que la Organización Marítima Internacional (OMI) señala que la industria marítima ha mostrado grandes cambios, y en lo que respecta a uno de los mayores desafíos, prácticamente ya ha comenzado a partir del 1 de enero de 2020, permitiendo que los buques utilicen únicamente combustible con un máximo de 0.5% de contenido de azufre (SOx), siendo el estándar hasta antes del 1 de enero del 2020, el combustible con un contenido de azufre del 3.5%.

Los resultados encontrados en esta investigación, se confirma la hipótesis general que establece la existencia de un nivel significativo de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre en los egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020. Todo esto demostrado siguiendo un diseño metodológico como herramienta para llevar a cabo este trabajo abordando de una manera sistemática la temática antes mencionada.

Los hallazgos encontrados en el actual trabajo de investigación se asimilan a la investigación de Quispe y Castrejón titulada: “Importancia de la Regulación OMI sobre emisiones de SOx en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020”, donde los resultados de los evaluados expresaron que la nueva regulación de la OMI sobre las emisiones de Sox en el transporte marítimo es positiva y está enfocada en la mitigación de emisión de gases contaminantes al ambiente, resaltando el hecho que el límite de 0.5% de azufre apoyará la conservación de la atmósfera y de todo el ecosistema incluyendo la salud humana; es allí donde radica la importancia del uso de un nuevo combustible marítimo para cumplir con la nueva normativa.

Por su lado, Santillán e Igreda (2016) en su trabajo investigativo titulado: “Uso de energía en buques petroleros de Bandera Peruana y el conocimiento del SEEMP en la tripulación” presenta relación con el actual trabajo, en que la mayoría de los evaluados tienen conocimientos en la importancia de los tipos de combustibles, ya que a menor emisión de Sox, menor daño ocasionan al ambiente; en este sentido,

determinándose que el nuevo combustible representa como opción más viable debido a su composición amigable con el medio ambiente, el cual es adaptado por parte de las empresas involucradas en el transporte marítimo. En este mismo sentido, Cobeñas y Valverde (2016) en su investigación del plan de gestión de Eficiencia Energética del Buque y el control de la contaminación atmosférica en la Naviera, donde establece la existencia de una relación significativa entre las normas emanadas para una mejor eficiencia energética en los buques y la mitigación de la contaminación atmosférica; por consiguiente, el nivel obtenido para los evaluados demostraron un nivel acorde para la exigencia del cumplimiento de normas para la reducción de gases tóxicos, siendo una de esas alternativas el uso del nuevo combustible con bajo contenido de Sox, e inclusive de NOx.

En cuanto al estudio elaborado por Álvarez y Chávez, (2016) que trata la temática del conocimiento y cumplimiento de las normas de seguridad en las operaciones de abastecimiento de combustible en una empresa marítima, cuyos resultados guardan similitud con el actual trabajo investigativo en lo que respecta a la dimensión de la determinación del nivel de conocimiento del impacto ambiental por las emisiones de contaminantes, demostrándose que mayoría de los evaluados presentaron un nivel medio de conocimientos de la normativas relacionadas con la seguridad y del nuevo combustible de bajo contenido de azufre.

Además, Cabrera y Huerta (2017) señala que el mitad de los cadetes evaluados de la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau” presentaron un nivel de promedio de conocimiento del anexo VI del convenio MARPOL y afirman que a partir de sus teorías y resultados obtenidos en su presente investigación se podría tomar acciones para dar soluciones prácticas y hacer frente a dicha problemática que no solo es de preocupación dentro del contexto marítimo sino también en un contexto global, mediante estrategias que ayuden a capacitar y concientizar no solo a los cadetes sino a la gente de mar involucrada en la operación de los buques. Esta investigación presentó relación con el presente estudio ya que arrojó valores que la mayoría de los evaluados tuvieron un nivel alto en la variable

nivel de conocimientos del SEEMP seguido por el nivel medio. Cabe destacar, que el instrumento aplicado para obtener estos resultados fue aplicado a oficiales de una empresa naviera; mientras que los primeros eran estudiantes de la ENAMM. Por tal razón, se puede inferir que los alumnos presentaron un nivel acorde, a pesar de no tener ninguna experiencia laboral previa en la parte naviera; mientras que el actual estudio, los evaluados fueron egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM, obteniéndose que la mayoría están en un nivel medio de conocimientos acerca del tema en análisis

Reluz y Montes de Oca (2015) en su investigación acerca de emisión de gases tóxicos por buques de la naviera en el cual se relaciona con el actual trabajo investigativo en que los evaluados manifiestan en la implantación de medidas para controlar de una manera eficiente los gases tóxicos; por tal razón, es necesario el cumplimiento en la entrada del nuevo combustible para la reducción de emisiones tóxicas

En este mismo orden de ideas, Llop (2017) en su trabajo de investigación elaborado con el propósito de como un buque puede adaptarse para consumir fuel-oil de bajo contenido en azufre, describe todo un conjunto ideas para la minimización de emisión de gases contaminantes al ambiente conllevando al uso del nuevo combustible sugerido por la OMI. Por tal razón, cada oficial y/o estudiante de la escuela en la especialidad de máquinas de la ENAMM deben conocer la temática a fondo; en este sentido, existe una predominancia en los niveles medios con tendencia hacia el nivel alto en conocimientos del nuevo combustible con bajo contenido de Sox, ya que todos los buques están siendo obligados a usar el fuel oil con un máximo de azufre de 0.5% masa/masa respecto del 3.5% que se utilizó hasta el año pasado fuera de las zonas de control de emisiones (ECA), exigiéndose que el consumo de combustible debe tener como máximo 0,1%, dentro de estas zonas de control de emisiones, con la finalidad de reducir las emisiones de óxido de azufre.

La reducción progresiva de las emisiones de contaminantes de los motores diésel marinos instalados en buques, con un límite de emisión con un límite de emisiones más estrictos que los anteriores. En este sentido, la Organización Marítima Internacional ha establecido un conjunto de objetivos para la reducción de las emisiones contaminantes en el sector marítimo, donde se ha acordado la reducción de las emisiones de gases contaminantes cuyo un objetivo que parece ambicioso dadas las limitaciones tecnológicas existentes a día de hoy.

Por ende, en base a lo expuesto en este trabajo, se analizó la existencia de un nivel significativo de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM. Así mismo, los evaluados mostraron conocimientos en las propiedades y los procedimientos adecuados para el cumplimiento de esta normativa que tiene como fin la reducción de emisiones de óxidos de azufre.

5.2. Conclusiones

Primera

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, se determinó una predominancia para el nivel intermedio para los evaluados en la variable nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre, conllevando al rechazo de la hipótesis nula, y por consiguiente la aceptación de la hipótesis propuesta por el investigador, concluyendo que: *Existe un nivel significativo de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.*

Segunda

Mediante los resultados hallados para la dimensión nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible con una predominancia para el nivel intermedio para los evaluados. Por lo tanto, se concluye que: *Existe un nivel significativo de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.*

Tercera

Los resultados obtenidos para la dimensión nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible indicaron una predominancia para el nivel intermedio con una fuerte tendencia hacia el nivel alto para los oficiales evaluados. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador, permitiendo concluir que: *Existe un nivel significativo de conocimiento del impacto ambiental por las emisiones de azufre del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.*

Cuarta

En base a los hallazgos encontrados para la dimensión nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible indicando una predominancia para el nivel intermedio para los oficiales evaluados. En este caso, se rechazan la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador; concluyendo que: *Existe un nivel significativo de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa “OMI AZUFRE 2020” en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.*

5.3. Recomendaciones

Los hallazgos encontrados en la investigación nos proporcionan las bases para efectuar las siguientes recomendaciones a los egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.

Primera

Para incrementar el nivel de conocimientos del nuevo combustible de bajo contenido de azufre, los egresados deben de tomar charlas didácticas online en los medios tecnológicos de preferencia del idioma inglés dado que es el más utilizado a bordo. Esto fortalecerá a la adquisición de conocimientos debido a que no existe mucha información de este nuevo combustible en el idioma español.

Segundo

Los egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM deben de encargarse de promover programas didácticos para aumentar el nivel de conocimientos de los cadetes que se encuentren cursando la carrera dentro de la ENAMM, para que tengan una mejor competencia y un buen desenvolvimiento a bordo cuando se ponga en práctica los conocimientos aprendidos respecto al tratamiento de este nuevo combustible en base a sus propiedades y las especificaciones que tienen.

Tercera

Con los hallazgos obtenidos se dará paso a fomentar la lectura de los convenios internacionales más importantes involucrados con el rubro marítimo que servirá para aplicarlos a bordo de tal modo que tengan un mayor conocimiento de las diversas regulaciones que se van creando con el pasar de los años. Para esto se ha visto conveniente la creación de una infografía detallando información respectiva de los diversos agentes contaminantes, los efectos favorables para la salud del ser humano y la conservación del medio ambiente tanto atmosférico como marítimo. Esta infografía se encuentra en el anexo 7 que contiene los aportes de la investigación, esta infografía servirá para que tanto los egresados como cadetes

aun cursando la carrera, tengan motivación para seguir aprendiendo, así mismo, podrán familiarizarse con este nuevo combustible y con el impacto que tiene con el medio ambiente.

Cuarta

Con el fin de incrementar el nivel de conocimientos no solo de los egresados de la especialidad de máquinas sino también para los futuros cadetes de máquinas que tengan la meta de poder desempeñarse a bordo; se ha visto conveniente la creación de un manual de instrucción para el uso del nuevo combustible (VLSFO). Este manual se encuentra en el anexo 7 dentro de los aportes de la investigación, además contiene información referente a las propiedades y recomendaciones para el buen tratamiento de este combustible, que servirá como propósito para que los cadetes puedan acceder a esta información y así obtener un perfil que podrá seguir aumentado progresivamente.

FUENTES BIBLIOGRAFICAS

- Baechle, T., y Earle, R. (2007). *Principios de entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento físico*. (2da. Edición). Madrid, España: Editorial Médica panamericana, pp. 277-278.
- Bavaresco, A. (2006). *Proceso Metodológico en la Investigación: Cómo hacer un Diseño de Investigación*. (5ta Ed.) Maracaibo, Zulia: EDILUZ, 2006.
- Bernal, A. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Colombia: Prentice Hall.
- Cabrera, C. y Huerta, D. (2017). *Conocimiento del anexo VI del convenio MARPOL en los cadetes de tercer año de la Escuela Nacional de Marina Mercante Almirante Miguel Grau 2017*. (Tesis de Título) Escuela Nacional de Marina Mercante Almirante Miguel Grau, Lima, Perú.
- Carrasco, S. (2009). *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial. San Marcos.
- Chávez, N. (2007). *Introducción a la Investigación Educativa*. (Tercera Edición en español). Editorial La Columna. Maracaibo- Venezuela.
- García, A. (2008). *Diseño de una línea de baldeo y contraincendio de un buque quimiquero de 24000 TPM*. (Tesis) Universidad de Cádiz, Cádiz, España.
- Hernández R., Fernández C., y Baptista P. (2014). *Metodología de la Investigación científica*. México D.F. Edit Mc Graw Hill.
- Iglesias, E. (2018). *Operaciones de carga, descarga y estiba en buques graneleros*. (Tesis) Universidad de Oviedo, Oviedo, España.

International Maritime Organization (OMI, 2014). *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC Code)*. (2007 Edition). Supplement May 2014.

Organización Marítima Internacional (2002). *Código Internacional de Gestión de la Seguridad y Directrices revisadas para la implantación del Código IGS*. (Edición 2002). ISBN 9280135694

Organización Marítima Internacional (2014). *Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, y su Protocolo de 1988: artículos, anexos y significados*. (Sexta edición). Londres, Inglaterra: Polestar Wheatons (UK) Ltd, Exeter, EX2 8RP.

Organización Marítima Internacional (2016). *Código internacional para la protección de los buques y de las instalaciones portuarias y enmiendas de 2002 al Convenio SOLAS adoptado el 12 de diciembre de 2002*. Reino Unido: Halstan & Co. Ltd.

Organización Marítima Internacional (OMI, 2014). *Código IGS. Código Internacional de Gestión de la Seguridad y Directrices para la Implantación del Código IGS*. IC117S.

Rusque, M. (2003). *De la diversidad a la unidad en la investigación cualitativa*. Caracas: Vadell Hermanos Editores.

Landeau R. (2007). *Elaboración de un trabajo de investigación*. Universidad Nacional Abierta Dirección de Investigación y Postgrado. Caracas, Venezuela: Ed. Alfa; 2007.

Corbett, J., and Köhler, H. (2003). Updated emissions from ocean shipping. *J. Geophys. Res.*, 108. Doi:10.1029/2003JD003751, 2003.

- Corbett, J., Winebrake, J., Green, H., Kasibhatla, J., Eyring, V., and Lauer, A. (2007). Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment. *Environ. Sci. Technol.*, 41, doi: 10.1021/es071686z, 2007
- Eyring, V., Köhler, H., Aardenne, V., and Lauer, A. (2005). *Emissions from international shipping: 1. The last 50 years*. *J. Geophys. Res.*, 110, D17305, doi:10.1029/2004JD005619, 2005a.

REFERENCIAS CIBERGRÁFICAS

- Álvarez, R. y Chávez, A. (2016). *Conocimiento y cumplimiento de las normas de seguridad en las operaciones de abastecimiento de combustible por la tripulación de los buques PB1 y TRANSGAS 1 periodo marzo-noviembre 2015*. (Tesis de grado) Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau"- Perú. Recuperado de:
<http://repositorio.enamm.edu.pe/handle/ENAMM/65>
- Alvira, F. (2011). *La encuesta: una perspectiva general metodológica*. España, Cuadernos metodológicos, (2da edición). Recuperado de:
https://books.google.com.pe/books?id=GbZ5JO-loDEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Cátedra, F. (2017). *Bunker. Pasado, presente y futuro*. Recuperado de:
[Rechttps://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/144309/retrieve](https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/144309/retrieve)
- Cobeñas D. y Valverde R. (2016) "Plan de gestión de Eficiencia Energética del Buque y el control de la contaminación atmosférica en la Naviera Transgas Shipping Lines 2014-2015". (Tesis de grado) Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau". Callao, Perú. Recuperado de:
<http://repositorio.enamm.edu.pe/bitstream/ENAMM/60/1/TESIS%2051%20-%20COBE%c3%91AS-VALVERDE.pdf>
- Código Internacional de Quimiqueros (CIC, 2017). *Enmiendas al código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel (código CIG)*. Recuperado de:
<https://www.boe.es/boe/dias/2017/03/17/pdfs/BOE-A-2017-2923.pdf>

- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, 2016). *Informe sobre el transporte marítimo*. Recuperado de:
https://unctad.org/es/PublicationsLibrary/rmt2016_es.pdf
- Copeland, R. (2008). Cruise Ship Pollution: Background, Laws and Regulations, and Key Issues. *CRS Report for Congress. Order Code RL32450*. Recuperado de:
<https://web.archive.org/web/20081217143715/http://www.ncseonline.org/NLE/CRSreports/07Dec/RL32450.pdf>
- Díaz J. (2018) “Motor Diesel y la revolución en el mundo de los motores.”
- Dos Santos, M. (2015). *Código internacional de gestión de la seguridad*. Recuperado de: <http://conveniosmaritimos.blogspot.com/2015/09/codigo-ism.html>
- Douglas P. (2010). *Chemistry and light*. Recuperado de:
www.chm.bris.ac.uk/webprojects2002/fleming/experimental.htm.
- Eldiario.es (2019). *El transporte marítimo contamina miles de veces más que el terrestre*. Recuperado de: https://www.eldiario.es/tribunaabierta/transporte-maritimo-contamina-miles-terrestre_6_906469371.html
- Galo, D. (2015). *Incidencia del dominio de las competencias profesionales de la tripulación, en la accidentabilidad en los buques tanque de cabotaje. Elaboración de un plan de capacitación en gestión de riesgos*. Universidad de Guayaquil - Ecuador. (Tesis de grado). Recuperado de:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4861/1/TESIS%20-%20ING.%20NAV.%20GALO%20DIONICIO%20PAREDES%20TORRES.pdf>
- Gamarra, E. y Neciosup R. (2017). *Percepción del error humano en accidentes a bordo de buques mercantes con mercancía peligrosa 2005-2015*. (Tesis de grado) Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau", Lima

– Perú. Recuperado de:
<http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/222936>

García J. (2013) “SEEMP y análisis de su influencia en el sector naviero español” Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España.
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78286/Proyecto%20final%20de%20licenciatura%20\(12-02-2015\).pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78286/Proyecto%20final%20de%20licenciatura%20(12-02-2015).pdf)

Gómez, F. (2013). *Operaciones y pautas de manejo requeridas en buques tanque quimiqueros*. (Tesis de grado) Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
Recuperado de:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcig633o/doc/bmfcig633o.pdf>

Hernández R., Fernández C., y Baptista P. (2006). *Metodología de la Investigación científica*. (4ª Edición). México D.F. Edit Mc Graw Hill. Recuperado de
https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/1033525612-mtis_sampieri_unidad_1-1.pdf

Licon L. (s.f.) Aprendiendo mecánica Diesel. Obtenido de:
<https://sites.google.com/a/misena.edu.co/aprendiendo-mecanica-diesel/concepto-sobre-motor-diesel>

Llop J. (2017) “Adaptación de un buque para consumir fuel-oil de bajo contenido en azufre”. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España.
Recuperado de:
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106795/128330_TFG_Llop.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Martin, A. (2016). *Normas y maniobras de seguridad a bordo de un buque de salvamento marítimo*. (Tesis de grado) Universidad de La Laguna, Tenerife – España. Recuperado de: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/2529>

Mesa, J. y Correa, H. (2016). *Sistemas de control de emisiones en el buque tanque “Hespérides”*. (Tesis de grado) Universidad de Laguna, Tenerife - España.

Recuperado de: <https://docplayer.es/52789050-Trabajo-fin-de-grado-sistemas-de-control->

Ochoa, C. (2015). *Muestreo no probabilístico: muestreo por conveniencia*. Recuperado de: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-por-conveniencia>

Organización Internacional del Trabajo. (2011). *Sistema de gestión de la SST: una herramienta para la mejora continua*. Recuperado de: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_154127.pdf

Organización Marítima Internacional (OMI, 2018). *Prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques*. Recuperado de: <http://www.imo.org/es/ourwork/environment/pollutionprevention/airpollution/paginas/air-pollution.aspx>

Organización Marítima Internacional (OMI, 2019). *Noticias sobre los acontecimientos marítimos ocurridos a nivel mundial*. Recuperado de: <http://www.imo.org/es/MediaCentre/WhatsNew/Paginas/Default.aspx>

Organización Marítima Internacional. (2011). *Asamblea 27 periodo de Sesiones*. Recuperado de <http://www.directemar.cl/internacionall/resoluciones-de-la-asamblea-omi.html>

Ortiz, M. (2015). *Didáctica en la familiarización a bordo en seguridad marítima: dispositivos y ejercicios periódicos*. (Tesis de postgrado) Universidad de Cantabria, Santander – España. Recuperado de: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiGyMjXm4neAhXGhpAKHbpHCS44ChAWMAJ6BAgHEAI&url=https%3A%2F%2Frepositorio.unican.es%2Fxmlui%2Fbitstream%2Fhandle%2F10902%2F7498%2FManuel%2520Jes%25C3%25BAs%2520Ortiz%2520Morilla.pdf%3Fsequence%3D1&usg=AOvVaw24vEycgSfDGDgAjbtflGf>

Peña H. (2016) "Ingeniería marina: medidas para la reducción de gases contaminantes en motores marinos." Escuela Técnica Superior de Náutica y Máquinas de la Universidad da Coruña, Brazil. Obtenido de: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/17745/PenaAleman_Humberto_TFG_2016.pdf.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Quispe L. y Castrejón M. (2018) "Importancia de la Regulación OMI sobre emisiones de SOx en el transporte marítimo en el Perú para el año 2020." Escuela Nacional de Marina Mercante Almirante Miguel Grau, de Callao – Perú. Recuperado de: <http://repositorio.enamm.edu.pe/bitstream/ENAMM/91/1/TESIS%2012%20%28MM%29.pdf>

Ramos, E. (2015). *Propuesta de implementación de un sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional en las operaciones comerciales a bordo del buque tanque noguera (ACP-118) del servicio naviero de la marina.* (Tesis de grado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima – Perú. Recuperado de: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581587/Tesis%20Ramos%20Zegarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Real Academia Española (RAE, s.f.). *Diccionario de la Lengua Española.* Recuperado de: <https://dle.rae.es/conocimiento>

Reluz C. y Montes de Oca J. (2015) "Emisión de gases tóxicos por buques de la naviera transoceánica que cargan en la refinería La Pampilla año 2014." Escuela Nacional de Marina Mercante Almirante Miguel Grau, de Callao – Perú. Recuperado de: <http://190.119.236.94/bitstream/ENAMM/41/1/TESIS%2032%20-%20RELUZ-%20MONTES%20DE%20OCA.pdf>

Rodrigo, J. (s.f.). *Seguridad buques quimiqueros (Maritime Safety at Chemical Tanks).* Recuperado de:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/2511/SEGURIDAD%20BUQUES%20QUIMQUEROS-def.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, J. (2015). *Gestión de la seguridad operacional del buque y mantenimiento, departamento de máquinas*. Universidad de la Laguna Escuela Tenerife - España. (Tesis de grado). Recuperado de: riull.ull.es/.../GESTION+DE+LA+SEGURIDAD+OPERACIONAL+DEL+BUQUE+Y+M...

Sánchez, R. y Sumiano, A. (2017). *Percepción de normas de seguridad y la conducta de riesgo en la tripulación de los buques de una naviera peruana*. Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau", Lima – Perú. (Tesis de grado) Recuperado de: <http://repositorio.enamm.edu.pe/bitstream/ENAMM/16/1/TESIS%2005%20-%20S%C3%81NCHEZ-SUMIANO.pdf>

Santillán I. e Igreda S. (2016) “Uso de energía en buques petroleros de Bandera Peruana y el conocimiento del SEEMP en la tripulación.” (Tesis de grado) Escuela Nacional de Marina Mercante Almirante Miguel Grau Callao, Perú. Recuperado de: <http://190.119.236.94/bitstream/ENAMM/74/1/TESIS%2065%20-%20SANTILLAN%20-%20IGREDA.pdf>

Sendín M. (2019) “Soluciones para combatir la contaminación producida por los gases de escape en un buque Ro/Pax.” Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, España. Obtenido de: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/16128/Send%C3%ADn%20Guerra%2C%20Mar%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sofiev, M., Winebrake, J., Johansson, L., Carr, E., Prank, M., Soares, J., Corbett, J. (2018). Cleaner fuels for ships provide public health benefits with climate tradeoffs. *Nature Communications*. (2018) 9:406. Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-02774-9.pdf>

- Uban L. (2019) “Adaptación de los puertos españoles a la nueva normativa MARPOL con el fin de aumentar el tráfico de buques.” Instituto Marítimo Español. Madrid España. Recuperado de:
<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/40397>
- Ugarte, C. (2013). *La seguridad en el trabajo a bordo de los buques mercantes: análisis de los accidentes laborales y propuestas para su reducción*. (Tesis de grado) Universidad de Cantabria, Santander – España. Recuperado de:
https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/3823/TFG_CARLOS%20UGARTE%20MIGUEL.pdf?sequence=1
- United States Environmental Protection Agency (EPA, s.f.). *Sulfur Dioxide (SO₂) Pollution*. Recuperado de: <https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics#what%20is%20so2>
- Zavala, D. (2015). *Capacitación acerca del ingreso a espacios cerrados y el desempeño a bordo de los buques de cabotaje de transgas shipping lines y naviera transoceánica*. Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau", Lima – Perú. (Tesis de grado) Recuperado de:
<http://repositorio.enamm.edu.pe/bitstream/ENAMM/54/1/TESIS%2045%20-%20ZAVALA.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

TITULO: CONOCIMIENTO DEL NUEVO COMBUSTIBLE DE BAJO CONTENIDO DE AZUFRE RESPECTO A LA NORMATIVA "OMI AZUFRE 2020" EN EGRESADOS DE LA ESPECIALIDAD DE MAQUINAS DE LA ENAMM, 2019				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE Y DIMENSIONES	METODOLOGIA
¿Cuál es el nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM?	Determinar el nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM	El nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM, se encuentra en un nivel significativo	Variable1: Nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020"	Tipo de Investigación: Descriptiva Simple De Corte Transversal Exploratorio
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS		Diseño de Investigación:
¿Cuál es el nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM?	Establecer el nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM	El nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM, se encuentra en un nivel significativo.	Dimensiones:	No Experimental Enfoque Cuantitativo Método Deductivo
¿Cuál es el nivel de conocimiento del impacto ambiental ocasionado por las emisiones de azufre del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM?	Instituir el nivel de conocimiento del impacto ambiental ocasionado por las emisiones de azufre del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM	El nivel de conocimiento del impacto ambiental ocasionado por las emisiones de azufre del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM, se encuentra en un nivel significativo .	1.Conocimiento de las propiedades del nuevo combustible 2.Conocimiento del impacto ambiental ocasionado por las emisiones de azufre	Población: Egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM desde el año 2009 al año 2019
¿Cuál es el nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM?	Fundar el nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM.	El nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible de bajo contenido de azufre respecto a la normativa "OMI AZUFRE 2020" en egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM, se encuentra en un nivel significativo .	3.Criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos involucrados en el uso del nuevo combustible	Muestra: No Probabilística intencionada conformada por (38) egresados de la especialidad de máquinas de la ENAMM desde el año 2009 al año 2019

Anexo 2. Base de Datos Prueba Piloto Confiabilidad

Prueba de Alfa de Cronbach

No.	Preg.1	Preg.2	Preg.3	Preg.4	Preg.5	Preg.6	Preg.7	Preg.8	Preg.9	Preg.10	Preg.11	Preg.12	Preg.13	Preg.14	Preg.15	Preg.16	Preg.17	Preg.18	Preg.19	Preg.20	Preg.21	Preg.22	Preg.23	Preg.24	Preg.25	Total
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	11
2	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	17
3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	6
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
5	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	18
6	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	9
7	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	9
8	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	22
9	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	18
10	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	11
V_i	0.21	0.16	0.24	0.25	0.24	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.09	0.24	0.25	0.25	0.25	0.24	0.09	0.21	0.16	0.24	0.21	0.24	0.24	0.25	0.24	
K	25	$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$ <p> α = Alfa de Cronbach K = Número de ítems V_i = Varianza de cada ítems V_t = Varianza total </p>																								
$\sum V_i$	5.51																									
V_t	35.21																									
α	0.88																									

Anexo 3. Instrumento de Medición

INSTRUMENTO: Nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre

Estimado Colaborador: Después de haber sido informado adecuadamente sobre el propósito científico de nuestra encuesta., agradeceremos su colaboración respondiendo cada una de las preguntas de la presente encuesta. Para ello, sírvase llenar el recuadro de datos y dar respuesta a las preguntas formuladas:

VARIABLE: Nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre	Si	No	A veces
Dimensión: Nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible			
1.- ¿Este nuevo combustible tiene una mayor tendencia a formar ceras cristalinas en comparación a los demás combustibles?			
2.- ¿La temperatura mínima a la cual este nuevo combustible pierde su punto de fluidez es considerablemente alta en comparación a los demás combustibles?			
3.- ¿Este combustible tiene mayor tendencia a formar gases explosivos en comparación a los demás combustibles como el Heavy Fuel Oil y el Marine Diesel Oil?			
4.-Según sus conocimientos ¿La densidad a 15° de este nuevo combustible es mayor que la del Marine Diésel Oil y a la vez menor que la del Heavy Fuel Oil?			
5.- ¿Este nuevo combustible presenta un alto contenido de residuos catalíticos como el Aluminio y Silicio en su composición en comparación al Heavy Fuel Oil?			
6.- ¿Uno de los principales riesgos de este nuevo combustible se debe a que presenta un alto nivel de incompatibilidad al tener contacto con otros combustibles?			

7.- ¿Este nuevo combustible presenta un poder calorífico menor al del Heavy Fuel Oil?			
8.- ¿Este combustible presenta un poder calorífico mayor al del Marine Diesel Oil?			
Dimensión: nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible			
9.- Según sus conocimientos ¿Los óxidos de azufre (SOx) liberados a la atmosfera por este nuevo combustible después del proceso de combustión serán notablemente reducidos?			
10.- ¿La acidificación de los océanos y el daño a las especies acuáticas se verán reducidas significativamente por el uso de este nuevo combustible?			
11.- ¿Este nuevo combustible está enfocado en reducir las emisiones de azufre para mejorar drásticamente la calidad del aire y así proteger el medio ambiente? ***			
12.- Según MARPOL ¿Este nuevo combustible debe de tener un máximo de 0.25% de azufre en su contenido?			
13.- ¿Se reducirá la tasa de mortalidad y morbilidad utilizando este nuevo combustible de bajo contenido de azufre?			
14.- Según MARPOL ¿Este combustible debe de ser utilizado globalmente incluyendo las zonas SECA (SULPHUR EMISSION CONTROL AREAS)?			
15.- Según MARPOL ¿Este combustible debe de ser utilizado solo para zonas denominadas SECA (SULPHUR EMISSION CONTROL AREAS)?			
16.- Desde su perspectiva, ¿Son las partículas en suspensión causantes de enfermedades pulmonares, derrames cerebrales entre otras enfermedades?			
Dimensión: Nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible.			

17.- Desde su perspectiva, ¿Las modificaciones en los sistemas de combustible y limpieza de los tanques, debieron ser ejecutados para poder recepcionar el nuevo combustible teniendo en cuenta su alto nivel de incompatibilidad con otros combustibles?			
18.-Según sus conocimientos ¿Un inapropiado tratamiento de este nuevo combustible afectará las partes móviles del motor principal y generador tales como las bombas de inyección, los anillos de pistón, las ranuras de anillos de pistón, debido a la alta cantidad de Aluminio y Silicio?			
19.-Según sus conocimientos ¿Con el uso de este nuevo combustible no ocurrirá ningún problema de obstrucción en filtros y auto filtros?			
20.- Con respecto al sistema de purificación ¿Cree usted que la temperatura de separación al usar este nuevo combustible debe ser mayor a la usada al purificar el Heavy Fuel Oil?			
21.- Según su criterio ¿Cree usted conveniente ajustar el tiempo de separación que es llevado a cabo por el purificador mientras el nuevo combustible circula por este equipo?			
22.-Con respecto al sistema de purificación ¿Cree usted conveniente ajustar el caudal a través del separador al máximo posible al usar el nuevo combustible?			
23.-Según su criterio ¿Este nuevo combustible genera una menor cantidad de lodos en comparación de lo generado por el Heavy Fuel Oil?			
24.-Con respecto al sistema de purificación ¿Cree usted conveniente acoplar un imán magnético en los filtros de los purificadores para así eliminar los restos de metales como Aluminio y Silicio encontrados en el contenido del combustible?			
25.-Según su criterio ¿Con el uso de este nuevo combustible la frecuencia de limpieza a los discos del purificador disminuirá notablemente?			

Anexo 4. Baremo del instrumento aplicado:

Cada pregunta acertada representa un (1) punto, en total para la variable son 25 puntos

Variable	Puntuación MAX	Puntuación MIN
Alto	18	25
Medio	9	17
Bajo	0	8

Dimensión 1	Puntuación MAX	Puntuación MIN
Alto	6	8
Medio	3	5
Bajo	0	2

Dimensión 2	Puntuación MAX	Puntuación MIN
Alto	6	8
Medio	3	5
Bajo	0	2

Dimensión 3	Puntuación MAX	Puntuación MIN
Alto	7	9
Medio	4	6
Bajo	0	3

Anexo 5. Base de Datos

No.	VARIABLE: Nivel de conocimiento del nuevo combustible de bajo contenido de azufre																														Total Var. 1	Rango	
	Dim1: Nivel de conocimiento de las propiedades del nuevo combustible										Dim2: Nivel de conocimiento del impacto ambiental del nuevo combustible										Dim3: Nivel de conocimiento de los criterios de mantenimiento a los sistemas y equipos que trabajan con el nuevo combustible												
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Total Dim. 1	Rango	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	Total Dim. 2	Rango	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	Total Dim. 3			Rango
1	0	1	0	1	0	1	0	1	4	Medio	1	0	1	1	1	1	1	1	7	Alto	1	1	0	0	1	0	0	0	1	4	Medio	15	Medio
2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	Bajo	1	1	1	1	1	0	0	1	6	Alto	1	1	0	1	1	1	0	1	0	6	Medio	13	Medio
3	1	1	0	0	0	0	0	1	3	Medio	1	1	1	1	0	0	0	0	4	Medio	1	0	0	1	1	0	0	1	1	5	Medio	12	Medio
4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	Bajo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Bajo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	Bajo	2	Bajo
5	0	1	0	1	0	0	1	1	4	Medio	1	1	1	1	0	1	1	1	7	Alto	1	0	0	1	0	0	0	1	1	4	Medio	15	Medio
6	0	1	0	1	1	1	1	0	4	Medio	1	0	1	1	1	0	0	1	5	Medio	1	1	0	0	1	0	0	1	1	5	Medio	14	Medio
7	0	0	0	0	0	1	1	0	2	Bajo	0	0	1	0	1	0	0	1	2	Bajo	1	1	1	1	1	1	0	0	0	6	Medio	10	Medio
8	0	1	0	0	0	1	1	1	4	Medio	1	0	1	0	1	1	1	0	5	Medio	1	1	1	1	1	1	0	0	0	6	Medio	15	Medio
9	1	1	1	1	0	0	1	0	5	Medio	1	1	1	1	0	1	0	0	5	Medio	1	1	0	1	1	0	0	0	1	5	Medio	15	Medio
10	1	1	0	1	1	1	0	0	5	Medio	1	1	1	0	0	1	1	0	5	Medio	1	1	0	1	0	1	0	1	0	5	Medio	15	Medio
11	1	1	0	1	1	1	0	0	5	Medio	1	1	1	1	0	1	1	1	7	Alto	1	1	0	1	0	0	0	1	1	5	Medio	17	Medio
12	0	0	0	1	1	1	1	1	5	Medio	1	0	1	1	1	0	1	1	6	Alto	0	1	0	1	1	0	0	1	1	5	Medio	16	Medio
13	0	0	0	1	1	0	0	0	2	Bajo	1	0	1	0	0	1	1	0	4	Medio	1	1	0	1	1	0	0	0	0	4	Medio	10	Medio
14	0	1	0	0	0	1	0	0	2	Bajo	0	0	0	1	0	1	0	1	3	Medio	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	Bajo	7	Bajo
15	0	1	0	1	0	1	0	0	3	Medio	1	1	1	1	0	1	1	1	7	Alto	1	1	1	1	1	0	1	0	1	8	Medio	16	Medio
16	0	0	0	0	0	1	1	0	2	Bajo	1	1	1	0	1	0	0	0	4	Medio	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	Bajo	8	Bajo
17	0	1	0	0	0	1	0	1	3	Medio	1	1	1	1	1	1	1	0	7	Alto	1	1	0	1	0	1	1	0	1	6	Medio	16	Medio
18	0	1	0	1	0	1	0	0	3	Medio	1	1	1	1	1	1	1	0	7	Alto	1	1	1	1	0	1	0	0	1	6	Medio	16	Medio
19	0	0	0	1	1	1	0	1	4	Medio	1	1	1	1	1	0	1	1	7	Alto	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8	Alto	19	Alto
20	0	1	0	1	0	0	0	0	2	Bajo	1	0	1	0	0	0	1	0	3	Medio	1	1	1	1	1	1	1	1	0	8	Alto	13	Medio
21	1	1	0	1	1	0	1	0	5	Medio	1	1	1	1	1	1	0	0	6	Alto	1	0	1	1	1	0	0	1	1	6	Medio	17	Medio
22	0	0	1	1	1	1	1	1	6	Alto	1	1	1	1	1	1	1	0	7	Alto	1	0	0	0	1	0	1	1	1	5	Medio	18	Alto
23	0	1	0	1	0	0	1	0	3	Medio	1	1	1	0	0	1	0	0	4	Medio	1	1	0	1	1	0	0	0	1	5	Medio	12	Medio
24	0	1	0	1	0	1	0	1	4	Medio	1	1	1	0	1	1	1	1	7	Alto	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8	Alto	19	Alto
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bajo	0	0	1	1	0	0	0	1	3	Medio	1	0	0	0	0	1	1	0	0	3	Bajo	6	Bajo
26	0	0	1	0	0	0	0	0	1	Bajo	1	1	1	0	1	0	0	1	5	Medio	0	1	1	1	1	0	0	0	0	4	Medio	10	Medio
27	0	0	0	1	1	1	1	1	5	Medio	1	1	1	1	1	0	0	1	6	Alto	0	1	0	0	1	1	1	0	1	5	Medio	16	Medio
28	0	1	0	0	0	0	0	1	2	Bajo	0	0	1	1	1	0	1	0	4	Medio	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	Bajo	8	Bajo
29	0	0	0	1	1	1	0	0	3	Medio	1	1	1	0	0	0	0	0	3	Medio	1	1	0	0	1	1	1	0	0	5	Medio	11	Medio
30	0	0	0	1	0	0	0	0	1	Bajo	1	1	1	1	1	0	1	1	7	Alto	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3	Bajo	11	Medio
31	1	1	1	1	0	0	1	0	5	Medio	1	1	1	1	0	1	0	0	5	Medio	1	1	0	1	1	0	0	0	1	5	Medio	15	Medio
32	0	0	0	1	0	1	0	1	3	Medio	1	1	1	1	1	0	1	0	6	Alto	1	1	0	0	1	0	0	1	0	4	Medio	13	Medio
33	0	0	1	0	0	0	0	1	2	Bajo	1	1	1	1	1	0	0	0	5	Medio	1	1	0	0	0	1	1	0	0	4	Medio	11	Medio
34	1	0	0	1	1	1	0	1	5	Medio	1	1	1	1	1	0	1	0	6	Alto	1	1	0	1	0	1	0	1	1	6	Medio	17	Medio
35	0	1	0	1	0	1	0	0	3	Medio	1	1	1	0	0	0	0	1	4	Medio	1	0	1	1	0	1	0	1	0	5	Medio	12	Medio
36	0	1	0	1	0	0	0	0	2	Bajo	1	1	1	1	0	0	1	0	5	Medio	1	1	1	1	1	1	1	0	0	7	Alto	14	Medio
37	0	0	0	1	1	1	0	1	4	Medio	1	1	1	1	1	1	1	1	8	Alto	1	1	0	1	1	0	0	1	0	5	Medio	17	Medio
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bajo	1	1	0	1	0	0	1	1	5	Medio	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	Bajo	7	Bajo

Anexo 6. Fichas de Datos de los Expertos

1)

DATOS DEL EXPERTO	
NOMBRE COMPLETO:	Carlos Manuel Vargas Regalado
PROFESIÓN :	Oficial de Ingeniería Químico Mercante
GRADO ACADÉMICO:	Doctoral en Ciencias Químicas.
CARACTERÍSTICAS QUE LO DETERMINAN COMO EXPERTO:	
Oficial de Químico Mercante, experiencia de ingeniería con 32 años de experiencia en el ámbito químico y petroquímico. Docente universitario y de Examen, actualmente Asesor Académico de Química y Seguro de la ETSI.	
 FIRMA	
DNI : 08538486	
FECHA :	
AUTORES DEL INSTRUMENTO EVALUADO:	
BALUIS FERNANDEZ DENIS ANTONY	
VARGAS REGALADO SEBASTIÁN AUGUSTO	

2)

DATOS DEL EXPERTO	
NOMBRE COMPLETO: JOSÉ MARTÍN GIL LÓPEZ	
PROFESION: DOCENTE DE INGLÉS	
GRADO ACADEMICO: MAGISTER	
CARACTERISTICAS QUE LO DETERMINAN COMO EXPERTO:	
* GRADO DE MAGISTER	
" DIDACTICA EN IDIOMAS EXTRANJEROS "	
* DIPLOMADO EN UNIVERSIDAD CAYETANO HEREDIA	
" INVESTIGACION CIENTIFICA PARA INVESTIGADORES NOVELES "	
* TALLERES Y CAPACITACIONES SOBRE INVESTIGACION CIENTIFICA EN ESPAÑA.	
	
DNI: 07647840	
FECHA: 28-02-2020	
AUTORES DEL INSTRUMENTO EVALUADO:	
BALUIS FERNANDEZ DENIS ANTONY	
VARGAS REGALADO SEBASTIAN AUGUSTO	

FICHA DE EVALUACION GLOBAL DEL INSTRUMENTO DE MEDICION DOCUMENTADA

Estimado Oficial o Profesor:

Agradecemos que responda si el instrumento de investigación, que se encuentra evaluado como juez, cumple con los siguientes requisitos abajo descritos. Si su respuesta es de manera negativa a alguno de ellos, especifique el por qué en comentario.

CRITERIOS	SI	NO	COMENTARIOS
1. Si el instrumento contribuye a lograr el objetivo de la investigación.	✓		
2. Si las instrucciones son fáciles.	✓		
3. Si el instrumento está organizado de forma lógica.	✓		
4. Si el lenguaje utilizado es apropiado para el público al que va dirigido.	✓		
5. Si existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.	✓		
6. Si las alternativas de respuesta son las apropiadas.	✓		
7. Si las puntuaciones asignadas a las respuestas son las adecuadas.	✓		
8. Si considera que los ítems son suficientes para medir el indicador	✓		
9. Si considera que los indicadores son suficientes para medir la variable a investigar.	✓		
10. Si considera que los ítems son suficientes para medir la variable.	✓		

Nota: Sus respuestas estarán en función a como está conformado el instrumento de la investigación.

NOMBRE DEL JUEZ (A)



INSTITUCIONES DONDE LABORA

ENAMH

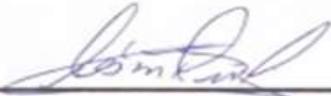
FIRMA

José María de Lora

DNI

07643840

3)

DATOS DEL EXPERTO	
NOMBRE COMPLETO:	César Sergio Peña Carrillo
PROFESION:	Ing. de Sistemas
GRADO ACADEMICO:	Magister
CARACTERISTICAS QUE LO DETERMINAN COMO EXPERTO:	
Docente investigador en la UNFV. Registrado en Concytec Docente en ENAMM por más de 10 años	
 _____	
DNI: 09354168 FECHA: 04/03/2020	
AUTORES DEL INSTRUMENTO EVALUADO: BALUIS FERNANDEZ DENIS ANTONY VARGAS REGALADO SEBASTIAN AUGUSTO	

FICHA DE EVALUACION GLOBAL DEL INSTRUMENTO DE MEDICION DOCUMENTADA

Estimado Oficial o Profesor:

Agradecemos que responda si el instrumento de investigación, que se encuentra evaluando como juez, cumple con los siguientes requisitos abajo descritos. Si su respuesta es de manera negativa a alguno de ellos, especifique el por qué en comentario.

CRITERIOS	COMENTARIOS	
	SI	NO
1. Si el instrumento contribuye a lograr el objetivo de la investigación.	✓	
2. Si las instrucciones son fáciles.	✓	
3. Si el instrumento está organizado de forma lógica.	✓	
4. Si el lenguaje utilizado es apropiado para el público al que va dirigido.	✓	
5. Si existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.	✓	
6. Si las alternativas de respuesta son las apropiadas.	✓	
7. Si las puntuaciones asignadas a las respuestas son las adecuadas.	✓	
8. Si considera que los ítems son suficientes para medir el indicador.	✓	
9. Si considera que los indicadores son suficientes para medir la variable a investigar.	✓	
10. Si considera que los ítems son suficientes para medir la variable.	✓	

Nota: Sus respuestas estarán en función a como está conformado el instrumento de la investigación.

NOMBRE DEL JUEZ (A) Pérez S. Pío Carrillo INSTITUCIONES DONDE LABORA ENLAWA FIRMA  DNI 09384118

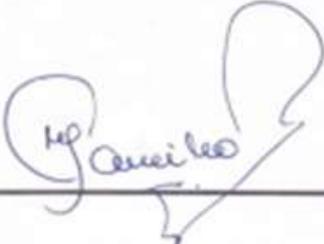
4)

DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE COMPLETO: MIGUEL HÉCTOR CARRILLO VILLAGOMEZ
PROFESION: MARINO MERCANTE
GRADO ACADÉMICO: JEFE DE MÁQUINAS.

CARACTERÍSTICAS QUE LO DETERMINAN COMO EXPERTO:

EGRESADO DE LA ENAMM AÑO 2000, TRABAJANDO ACTUALMENTE EN REEDEREI NORD GMBH COMO JEFE DE MÁQUINAS DESDE ABRIL 2015 Y DESDE MAYO 2017 COMO INTERNAL AUDITOR ISM- ISPS -MLC FOR SHIPPING COMPANIES - APPROVED BY JNV-GL. (REEDEREI NORD - SAFETY DEPARTMENT)



DNI: 40353744
FECHA: 02-MARZO-2020

AUTORES DEL INSTRUMENTO EVALUADO:
BALUIS FERNANDEZ DENIS ANTONY
VARGAS REGALADO SEBASTIAN AUGUSTO

FECHA DE EVALUACION GLOBAL DEL INSTRUMENTO DE MEDICION DOCUMENTADA

Evaluado Oficial o Profesor:

Apreciaciones que responda si el instrumento de investigación, que se encuentra evaluado como juez, cumple con los siguientes requisitos, abajo descritos. Si su respuesta es de manera negativa a alguno de ellos, especifique el por qué en comentario.

CRITERIOS	SI	NO	COMENTARIOS
1. Si el instrumento contribuye a lograr el objetivo de la investigación.	✓		
2. Si las instrucciones son fáciles.	✓		
3. Si el instrumento está organizado de forma lógica.	✓		
4. Si el lenguaje utilizado es apropiado para el público al que va dirigido.	✓		
5. Si existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.	✓		
6. Si las alternativas de respuesta son las apropiadas.	✓		
7. Si las puntuaciones asignadas a las respuestas son las adecuadas.	✓		
8. Si considera que los ítems son suficientes para medir el indicador	✓		
9. Si considera que los indicadores son suficientes para medir la variable a investigar.	✓		
10. Si considera que los ítems son suficientes para medir la variable.	✓		

Nota: Sus respuestas estarán en función a como esté conformado el instrumento de la investigación.

NOMBRE DEL JUEZ (A)

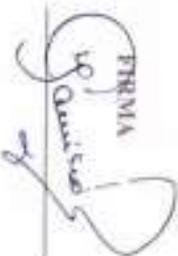
INSTITUCIONES DONDE LABORA

FRMA

DNI

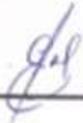
Miguel H. Cabezas V.

Redeerei Moeb GmbH



40553744

5)

DATOS DEL EXPERTO	
NOMBRE COMPLETO:	JOHN CHARLOVE CASTRO
PROFESION:	OFICIAL DE MARINA MERCANTE
GRADO ACADEMICO:	TITULO PROFESIONAL
CARACTERISTICAS QUE LO DETERMINAN COMO EXPERTO:	
OFICIAL DE MARINA MERCANTE EN LA ESPECIALIDAD DE INGENIERIA, EGRESADO DE ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE EL AÑO 1990.	
EXPERIENCIA EN BUQUES GASOLEROS, PETROLEROS, CARGA GENERAL Y REMOLCADORES	
JURE MAQUINAS DESDE EL AÑO 2005 Y DESDE EL AÑO 2010 HIO DESUMIENDO COMO SUPERINTENDENTE DE LOS REMOLCADORES DE LA EMPRESA NAVIERA PETROLERA TRANSOCEANICA S.A.	
ACTUALMENTE ESTOY REALIZANDO UNA TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAGISTER EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO EN LA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	
  <hr/>	
DNI: 08717943 FECHA: 04 MARZO 2020	
AUTORES DEL INSTRUMENTO EVALUADO: BALUIS FERNANDEZ DENIS ANTONY VARGAS REGALADO SEBASTIAN AUGUSTO	

FICHA DE EVALUACION GLOBAL DEL INSTRUMENTO DE MEDICION DOCUMENTADA

Estimado Oficial o Profesor:

Agradecemos que responda si el instrumento de investigación, que se encuentra evaluado como juez, cumple con los siguientes requisitos arbo de descriptos. Si su respuesta es de manera negativa a alguno de ellos, especifique el por qué en comentario.

	CRITERIOS		COMENTARIOS
	SI	NO	
1. Si el instrumento contribuye a lograr el objetivo de la investigación.	✓		
2. Si las instrucciones son fáciles.	✓		
3. Si el instrumento está organizado de forma lógica.	✓		
4. Si el lenguaje utilizado es apropiado para el público al que va dirigido.	✓		
5. Si existe coherencia entre las variables, indicadores e items.	✓		
6. Si las alternativas de respuesta son las apropiadas.	✓		
7. Si las puntuaciones asignadas a las respuestas son las adecuadas.	✓		
8. Si considera que los items son suficientes para medir el indicador.	✓		
9. Si considera que los indicadores son suficientes para medir la variable a investigar.	✓		
10. Si considera que los items son suficientes para medir la variable.	✓		

Nota: Sus respuestas estarán en función a como esté conformado el instrumento de la investigación.

NOMBRE DEL JEFE (A)

INSTITUCIONES DONDE LABORA

FIRMA

DNI

JOSÉ CHARRAS C

Patrolera Transaccional S.A.

08217943

Anexo 7. Aportes de la Investigación

A. Infografía del Impacto Ambiental del Nuevo Combustible



B. Manual de Instrucción para el Uso del Nuevo Combustible de Bajo Contenido de Azufre (VLSFO)

MANUAL DE
INSTRUCCIÓN
PARA EL USO
DEL NUEVO
COMBUSTIBLE
DE BAJO
CONTENIDO DE
AZUFRE (VLSFO)

Autores:

Denis Antony Baluis Fernandez

Sebastian Augusto Vargas Regalado

INDICE

Parte A.....	3
Propiedades del Nuevo combustible.....	3
Reseña Histórica.....	4
Definición.....	4
Viscosidad.....	5
Punto de inflamación.....	6
Propiedades de flujo en frio.....	6
Compatibilidad.....	8
Azufre.....	10
Aluminio + Silicio.....	11
Parte B.....	13
Criterios de Mantenimiento.....	13
Familiarización con las propiedades.....	14
Procedimientos para la faena de combustible.....	15
Procedimientos para la transferencia de combustible.....	18
Procedimientos para la purificación.....	19
Procedimientos para el consumo de combustible....	21
Procedimientos para el cambio de combustible en zonas ECA, SECA.....	23

PARTE

A

**Propiedades del Nuevo
combustible**

PROPIEDADES DEL NUEVO COMBUSTIBLE

1. Reseña Histórica:

Con el fin de un medio de transporte eficaz a lo largo de los años se han ido innovando ideas para poder movilizar estos buques. Por ejemplo, desde los inicios del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, los buques a vapor eran los predominantes para el transporte de mercaderías, pero ya a la segunda mitad del presente siglo, los buques que era propulsados por motores comenzaron a tener mayor auge. Ya en los años 30, los motores de 2 tiempos empezaron a dominar la industria mercante debido a su tamaño y rapidez que estos dos juntos eran los aspectos más importantes para el transporte marítimo.

En una serie de mejoras de los motores Diesel hicieron posible el uso de combustibles que en el principio era el Heavy Fuel Oil. Y así cada vez los motores Diesel ganaron más popularidad y ya a comienzos del siglo XXI, estos conformaban el 98% de la flota mundial.



Figura 1. Buque con propulsión a vapor-
Fuente: https://www.ecured.cu/Barco_a_vapor

2. Definición

Es inevitable hablar de combustible sin previamente mencionar al petróleo crudo, este es una mezcla de hidrocarburos junto a pequeñas cantidades de impurezas. La teoría más aceptada que explica el origen de este, es aquella que dice que este se formó debido al paso de millones de años de los restos de plantas y animales que vivieron en el mar. A medida que estos morían se hundían en el fondo marino y eran enterrados por el barro y la arena, de tal forma acumulándose así decenas de metros. Ahora la composición del petróleo crudo puede variar según la fuente de extracción, pero por lo general entre los tipos de hidrocarburos predominan las bases parafínicas, asfálticas, mixtas.

El proceso de refinación del petróleo crudo se separa por calentamiento y destilación, el cual se producirá compuestos parafínicos, destilados ligeros, destilados intermedios, residuos, gas natural y otros como se muestra en la figura 2.

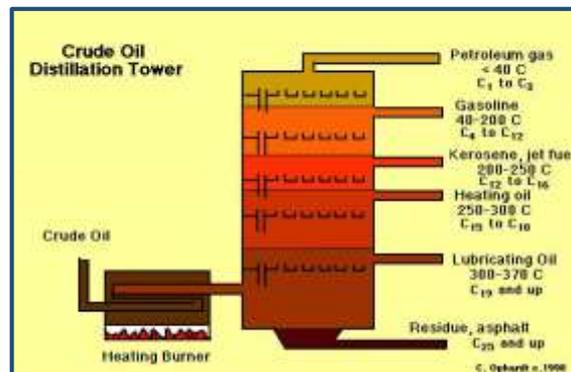


Figura 2. Proceso de refinamiento

Fuente: <https://www.wyattresearch.com/article/profit-from-the-oil-crack-spread/>

PROPIEDADES DEL NUEVO COMBUSTIBLE

Dentro de los compuestos reducidos, encontramos a diferentes combustibles con características específicas, estos pueden ser por ejemplo Marine Gas Oil (MGO), Marine Diesel Oil (MDO), Destilado Marítimo (DM), Residual Marítimo (RM), High Sulphur Fuel Oil (HSFO), Ultra Low Sulphur Fuel Oil (ULSFO). En este manual, nos enfocaremos en el compuesto producido el cual es denominado Combustible con Bajo Contenido de Azufre o también conocido de forma global como Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO). Este nuevo combustible por reglas en el Marpol,

debe de ser utilizado por los buques de forma global exceptuando las zonas ECA, SECA, así mismo, su uso es de carácter obligatorio a partir del 1 de enero de 2020.

Este nuevo combustible afectará a la producción de las refinerías, debido a que es poco probable la desulfuración de combustible con alto contenido de azufre. La característica más importante que debe de cumplir de acuerdo con los estándares internacionales es de que este combustible no debe de exceder del 0.5% m/m de contenido de azufre.

3. Viscosidad

La viscosidad se define como la propiedad de un combustible para resistirse al flujo, de tal forma se puede concluir que si el fluido tiene más viscosidad entonces más será la resistencia al flujo.

Se espera que este combustible de acuerdo a su calidad no exceda a $380 \text{ mm}^2/\text{s}$, pero este combustible con una buena calidad tendrá su viscosidad alrededor de $20 \text{ mm}^2/\text{s}$. Estos valores son designados cuando este combustible se encuentre a 50°C . Pero por la experiencia de los ingenieros a bordo, este valor puede variar de acuerdo al lote del combustible, este puede tener diversas cualidades; además del lugar de donde se abastece este combustible dependerá su calidad.

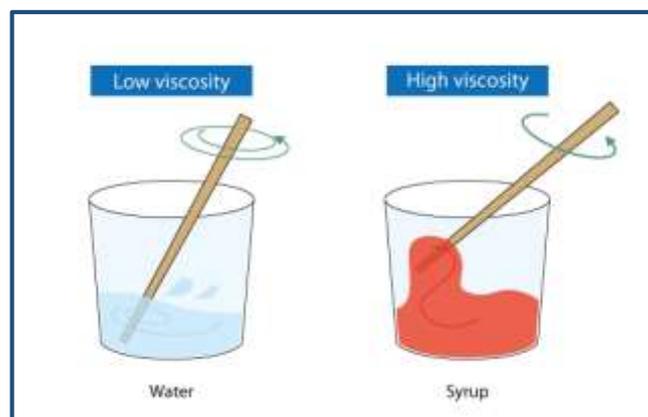


Figura 3. Ejemplos de diferentes fluidos con diferentes viscosidades

Fuente: https://www.tes.com/lessons/yKJ_c-nOXag8TA/the-physical-property-of-viscosity

PROPIEDADES DEL NUEVO COMBUSTIBLE

4. Punto de Inflamación (Flash Point)

Esta propiedad se caracteriza por ser la temperatura límite a la cual un combustible empieza a producir vapores inflamables y explosivos. Es decir que si cierto combustible por ejemplo con un punto de inflamación de 50°C comienza a calentarse a más de 55°C, entonces se producirán vapores inflamables que son considerados de gran riesgo a bordo. Según lo visto los análisis del laboratorio extraídos de diferentes buques, los cuales estos han sido plasmados en la presente tesis determina que este combustible tiene un punto de inflamación alrededor de los 70 °C. Pero cabe recordar, que este valor dependerá del lote y la calidad del combustible, es por eso que, en caso de alguna variación, el mismo análisis contendrá recomendaciones para operar con este lote de combustible.

5. Propiedades de Flujo en Frio

Estas propiedades se pueden dividir en tres:

-Punto de enturbiamiento, el cual se define como la temperatura a la cual se comienza a crear ceras cristalinas y la transparencia del combustible se comienza a ponerse turbio.

-Punto de atascamiento en filtros el cual se define como la temperatura a la cual un combustible puede fluir a través de un filtro de 45 micrones.

-Punto de fluidez, es el punto de temperatura límite más bajo a la cual este combustible puede continuar fluyendo.

En el caso de este nuevo combustible con un punto alto de fluidez, las ceras cristalinas se pueden empezar a formar a bajas temperaturas. Dentro de estas propiedades se pueden desencadenar los siguientes efectos:

*La formación de ceras cristalinas en los tanques de combustible, llevará consigo problemas al momento de realizar la transferencia de combustible de un tanque a otro.

*La obstrucción en tuberías y filtros traerán consigo un taponeo en estos dispositivos, esto quiere decir una reducción del flujo de combustible en el sistema y por ende podría traer consigo la parada de la máquina principal o maquinaria auxiliar.

*La acumulación de ceras en purificadores traerán como efecto la reducción del desempeño de los purificadores por lo que será deficiente la purificación y la calidad del combustible. Además, este combustible tiene la tendencia de generar una excesiva cantidad de suciedad y lodos en las partes móviles del purificador; estos traerán consigo desbalances, vibraciones anormales que posteriormente significarán un gran daño.

PROPIEDADES DEL NUEVO COMBUSTIBLE

Este combustible tiene una menor viscosidad en comparación a los demás combustibles usados como el HSFO; para evitar estos efectos se requiere un sistema de calefacción en los tanques que servirán cuando el buque transite en áreas frías.

Por lo general, el punto de fluidez de este combustible se encuentra entre 10° y 30°C; para ello para mantener un buen estado este combustible se debe de considerar estas recomendaciones:

*Se debe de mantener este combustible 10°C grados más por encima del punto de fluidez especificado en los análisis del laboratorio.

*En caso de no contar con equipos de calefacción en los tanques de combustible, se recomienda la navegación en agua cuya temperatura sea 15°C grados más que el punto de fluidez, y de no ser así, se debe de hacer uso de aditivos que ayudaran a mitigar el potencial de formación de ceras cristalinas.

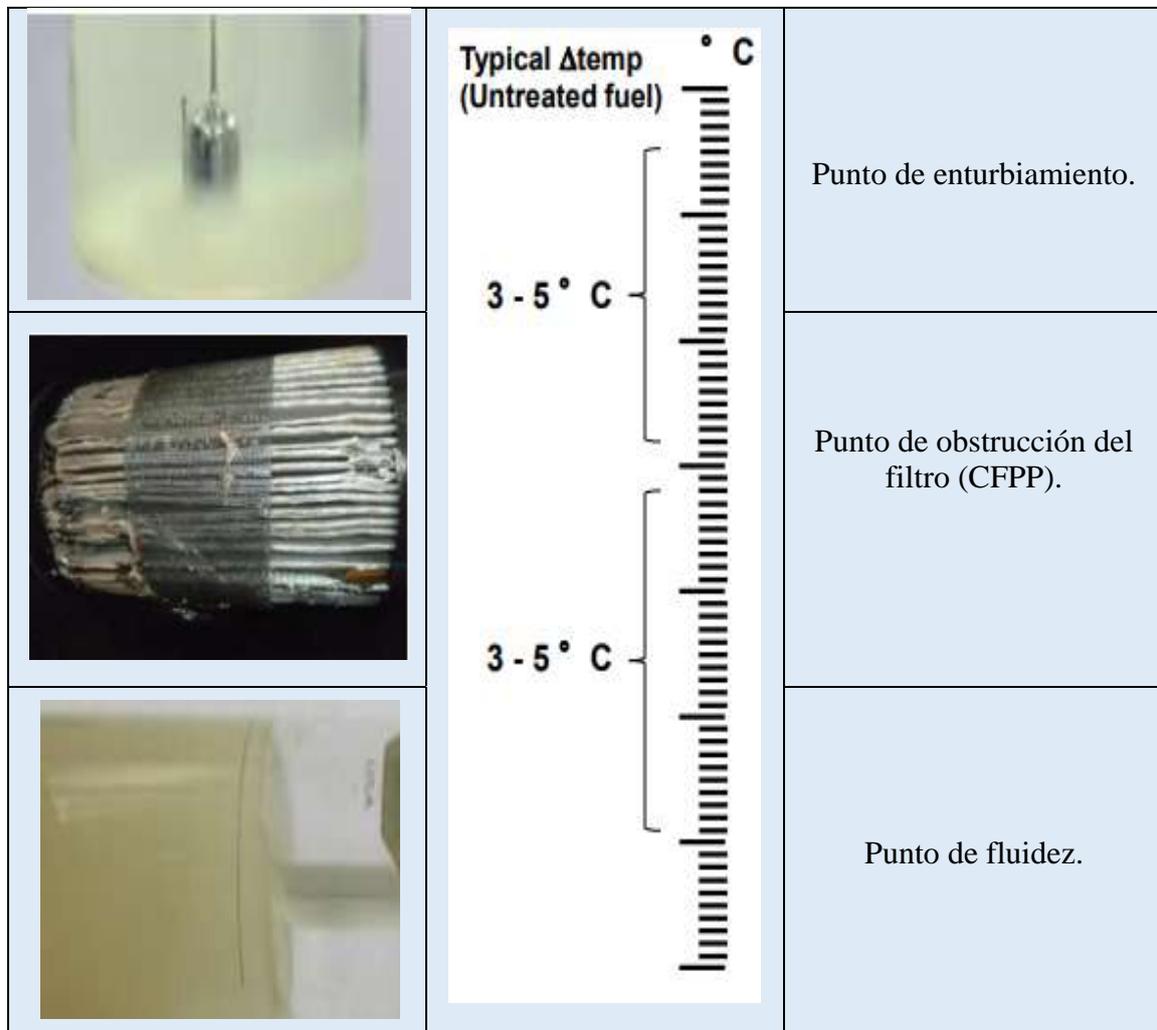


Figura 4. Propiedades de Flujo en Frio

Fuente: https://www.cimac.com/cms/upload/events/circles/circle_2018_SMM/CIMAC_Circle_SMM_2018.pdf

PROPIEDADES DEL NUEVO COMBUSTIBLE

6. Compatibilidad

Como propiedad, es la tendencia de los combustibles a producir lodos cuando se mezclan. El problema puede ocurrir inmediatamente cuando los combustibles se combinan. Por ejemplo, cuando un combustible pesado (HFO) con un alto el contenido de asfaltenos se mezcla con un destilado de baja gravedad con predominio de parafina hidrocarburos alifáticos, la reserva de solvencia puede agotarse y los asfaltenos pueden flocular y precipitarse como lodo.

Los siguientes problemas podrían ocurrir como resultado de una excesiva formación de lodo desencadenado por incompatibilidad:

*La precipitación de lodos en tanques/tuberías de combustible puede ocurrir cuando existe alta incompatibilidad con otros lotes del nuevo combustible o con diferentes combustibles.

*El taponeo de los filtros se dará siempre y cuando queda algún lodo residual que se encuentra precipitado en los tanques y/o tuberías; esto dará paso a una reducción notable de flujo del combustible en el sistema

*La acumulación de lodos en los purificadores, será indicador para verificar su incompatibilidad.

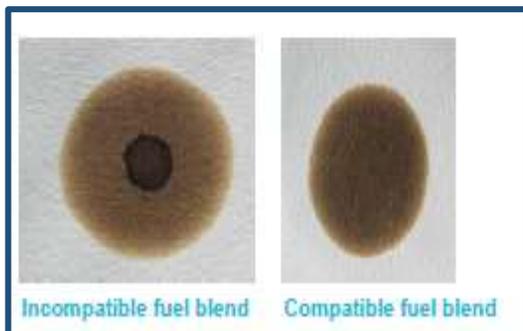


Figura 5. Incompatibilidad vs Compatibilidad



Figura 6. Limpieza de tanques debido a alta incompatibilidad



Figura 7. Parte interna del purificador con alta formación de lodos

Fuente: https://www.cimac.com/cms/upload/events/circles/circle_2018_SMM/CIMAC_Circle_SMM_2018.pdf

PROPIEDADES DEL NUEVO COMBUSTIBLE

Para estos problemas, se debe de realizar las siguientes recomendaciones de acuerdo al caso:

*Debe de vaciarse los tanques de combustibles tan rápido sea posible antes de recibir un nuevo lote de combustible, en caso de no ser efectuada debe de realizarse un spot test lo antes posible para verificar si existe incompatibilidad. Si el test muestra incompatibilidad entonces debe de agregarse dispersante de lodos al tanque antes del abastecimiento.

*Por lo general, la mezcla de diferentes lotes de combustible se efectúa en los tanques de sedimentación; para ello se trata de consumir el combustible que quedo como remanente.

*En la purificación, debe de disminuir el intervalo de retro-lavado, el diferencial de presión de la activación de retro-lavado. La limpieza de los filtros se tendrá que realizar de manera más frecuente, los intervalos de descarga de lodo tendrán que acortarse, la temperatura en el flujo debe estar alta con un flujo reducido.

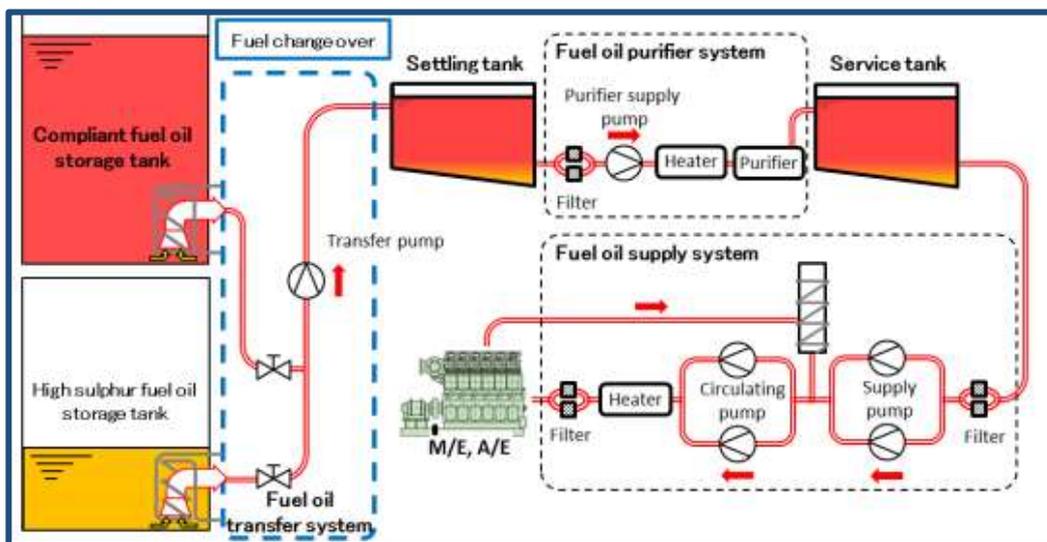


Figura 8. Sistema de combustible

Fuente: https://www.cimac.com/cms/upload/events/circles/circle_2018_SMM/CIMAC_Circle_SMM_2018.pdf

PROPIEDADES DEL NUEVO COMBUSTIBLE

7. Azufre

Este nuevo combustible llamado también Very Low Sulphur Fuel Oil (VLS FO), debe de tener un máximo de 0.5% m/m de contenido de azufre en su contenido; esto se debe verificar con los resultados del laboratorio para cumplir con lo estipulado en el anexo VI del MARPOL.

El anexo VI del MARPOL, estableció reglas que estableció el contenido máximo de azufre que un combustible debía contener; por ejemplo, hasta el 1 de enero del 2012 el contenido máximo de azufre era de 4.50% m/m, después del 1 de enero del 2012 el contenido máximo era de 3.5% m/m. Ahora a partir del 1 de enero del 2020 el contenido máximo de azufre es de 0.5% m/m.

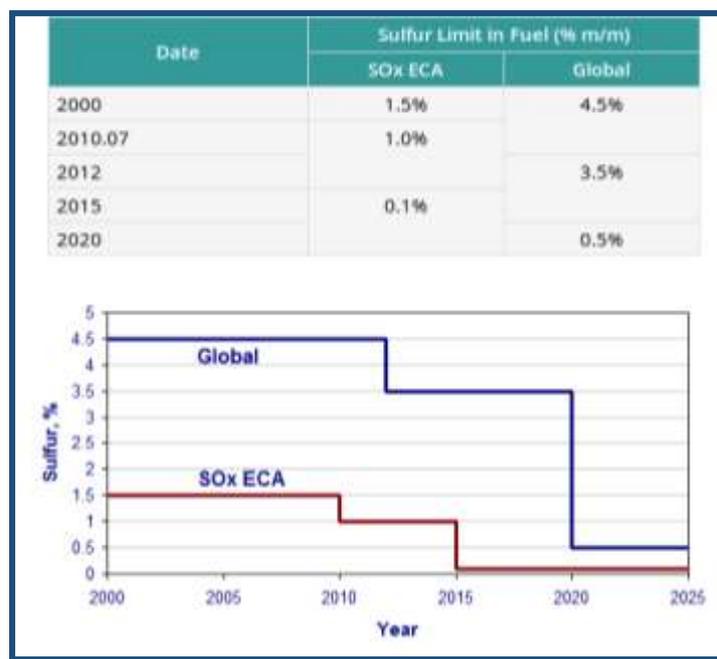


Figura 9. Límites establecidos en el convenio Marpol a lo largo de los años

Fuente: <https://shipandbunker.com/download/Paper%200.50-s-fuel-operation-2020%20MAN%20ES%202-S.pdf>

PROPIEDADES DEL NUEVO COMBUSTIBLE

8. Aluminio + Silicio

Las partículas catalíticas son duras y abrasivas por naturaleza. Estas son originadas en las refinerías durante el proceso de crackeo catalítico. Los catalizadores mayormente utilizados en estos procesos son los óxidos de Aluminio y Silicón. Estas partículas catalíticas deben ser eliminadas aproximadamente en un 80% en los sistemas de purificación de combustible para evitar desgaste abrasivo en las bombas de combustible, inyectores y cilindro.

Para estos problemas, se debe de realizar las siguientes recomendaciones de acuerdo al caso:

*Mantener la temperatura de separación lo más alta posible y así mismo mantener el flujo lo más bajo posible.

*Debe de aumentarse el caudal de alimentación del aceite de cilindro, y así mismo realizar inspecciones de forma más frecuente, según recomendación de MAN ES.

*Deben de realizarse el reemplazo de las partes móviles, en caso exista una superficie con altos índices de desgaste, en algunos casos debe de realizarse revestimientos para proteger la superficie.

Figura 10. Superficie con desgaste normal de partículas catalíticas.

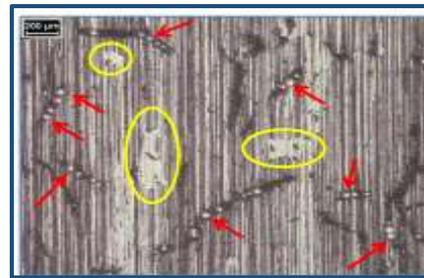
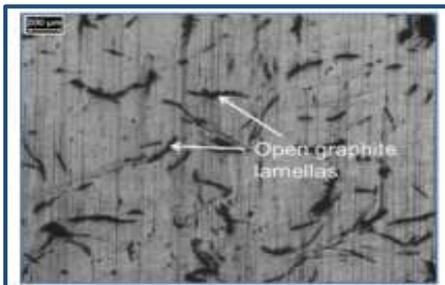


Figura 11. Superficie con desgaste anormal de partículas catalíticas.

Fuente: https://marine.man-es.com/docs/librariesprovider6/marketing-publications/catfines-paper/catfines-paper-5510-0207-00-web.pdf?sfvrsn=1c10fda2_4

PROPIEDADES DEL NUEVO COMBUSTIBLE

Figura 12. Desgaste en cámara de combustión

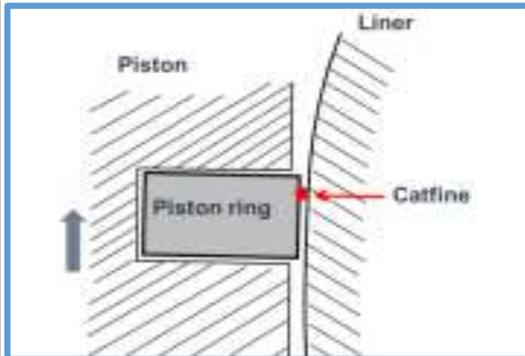


Figura 13. Desgaste en orificios de inyectores

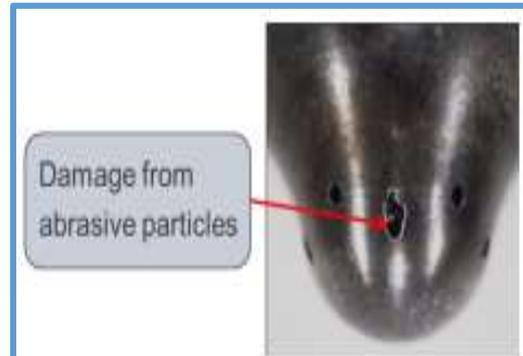


Figura 14. Superficie con alto índice de desgaste



Figura 15. Resultado de una combustión pobre



Fuente: https://marine.man-es.com/docs/librariesprovider6/marketing-publications/catfines-paper/catfines-paper-5510-0207-00-web.pdf?sfvrsn=1c10fda2_4

PARTE

B

**Crterios De
Mantenimiento**

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

1. Familiarización con las Propiedades

El departamento de máquinas cuenta con 4 oficiales tal como se muestra en la figura 16, los cuales cada uno realizara cada trabajo según el título de competencia que cada uno de ellos tenga. El encargado de este departamento es el Jefe de Máquinas; luego con la cadena de mando continua el Primer Ingeniero, el Segundo Ingeniero y el Tercer Ingeniero. Para que se pueda lograr una óptima familiarización cada ingeniero deberá de reconocer los valores y parámetros del combustible recibido en el proceso de abastecimiento, estos se encuentran en los análisis del combustible que son enviados a los días posteriores del proceso de abastecimiento (Bunkering).

***El Jefe de Máquinas**, como encargado del Departamento de Maquinas, reúne al Segundo y Tercer Ingeniero para elaborar un plan de gestión para el uso del nuevo lote del nuevo combustible con bajo contenido de azufre. Así mismo, se necesita concretar la estrategia que se llevara a cabo para el tratamiento de este.

***El Primer Ingeniero** debe de familiarizarse con las propiedades del nuevo lote del nuevo combustible, para así escoger el aceite de cilindro adecuado que deberá de ser usado para contrarrestar los efectos de los ácidos producidos en la combustión, además, él tiene la obligación de supervisar el manejo de las temperaturas y el de la viscosidad en los sistemas booster.

***El Segundo y Tercer Ingeniero**, son los que están más involucrados con el tratamiento de este nuevo combustible. Ellos deberán de gestionar los preparativos, los procedimientos que será aplicados a los equipos y sistemas involucrados con este nuevo combustible. Ellos verificaran los valores detallados en el análisis del laboratorio, también deberán de tener en cuenta las recomendaciones por parte del laboratorio y empezar a ejecutar el tratamiento adecuado para que este combustible pueda ser utilizado eficientemente.

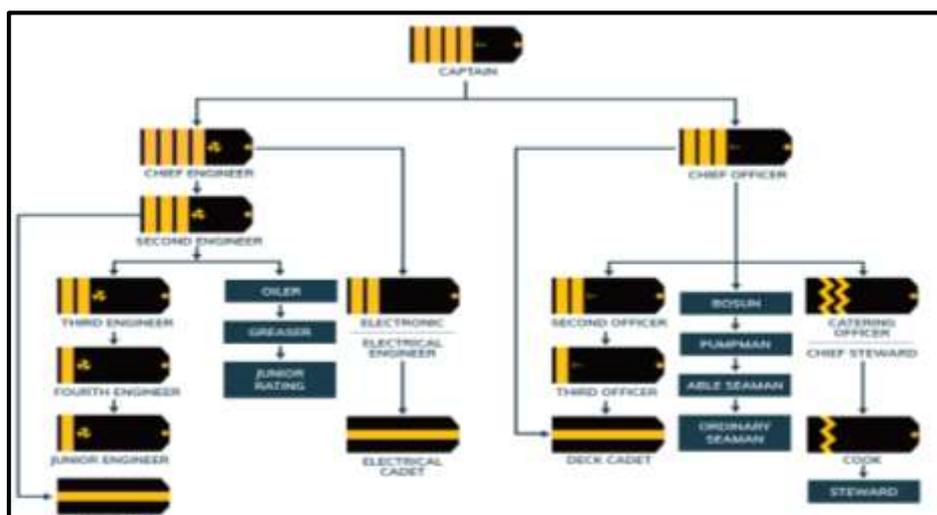


Figura 16. Distribución de la tripulación en un buque mercante.

Fuente: <https://www.chilternmaritime.com/joining-the-merchant-navy/merchant-navy-org-chart/>

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

2. Procedimientos para la Faena de Combustible

Esta faena cuenta con diferentes instrucciones las cuales se distribuyen en 3 escenarios los cuales son antes, durante y después de esta faena. El Jefe de Máquinas es el principal encargado, el con el apoyo del Segundo y Tercer Ingeniero deben de ejecutar de manera satisfactoria estos procedimientos. Cada buque cuenta con su sistema de gestión de seguridad, pero estos procedimientos son similares para cada buque.

-Antes de la faena de combustible

*El Jefe de Máquinas debe de tener un plan de pre-abastecimiento, seleccionando los tanques que serán llenados y además se distribuir la cantidad total del nuevo lote del nuevo combustible de manera eficiente.

*Para el primer abastecimiento es necesario no mezclar este combustible con otro para evitar una incompatibilidad.

*Los tanques deben de ser sondeados para saber la cantidad inicial de combustible en todos los tanques en el buque y debe de estar registrado.

*El Jefe de Máquinas con los Ingenieros involucrados deben de decidir que tanques serán llenados, la secuencia de abastecimiento, la cantidad de combustible, procedimientos de seguridad, y responsabilidades de cada integrante.

*Se debe de verificar el cumplimiento de cada procedimiento con precaución, además los bornéales ubicados en la cubierta principal deben de estar cerrados.

*Debe de existir una comunicación estable en todo momento.

*Está totalmente prohibido el uso de equipos electrónicos en las estaciones de abastecimiento y de tal forma el fumar.

*El casillero SOPEP, debe de estar listo en todo momento en caso de una falla.

*La manguera de abastecimiento debe de estar colocada de forma correcta y segura con su brida de seguridad para evitar fuga alguna.

*Cuando la manguera se encuentra colocada, los Ingenieros deben de verificar el estado de las válvulas que se aseguraran de la distribución del combustible.

*Debe de existir un lenguaje oral y de señalización en caso de emergencia, además la barcaza deberá de proporcionar un interruptor para una parada de emergencia de la bomba de suministro.

*Una vez todo verificado, el Jefe de Máquinas dará la orden para empezar la maniobra registrando la hora de inicio.

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

-Durante la faena de combustible

*Se debe de verificar el flujo de bombeo, este debe de ir de forma creciente hasta estar en el régimen de bombeo.

*Las personas involucradas deben de verificar que el tanque seleccionado, así como la secuencia siga según lo previsto.

*Por lo general, se abastece tanque por tanque para así evitar algún tipo de desbordamiento; no se debe de exceder el 90% de la capacidad del tanque por cuestión de seguridad.

*Se debe de realizar sondeos a los tanques de forma regular y frecuente para verificar el nivel de los tanques, y llenarlos de forma correcta a lo previsto en el plan.

*La temperatura del combustible debe de ser verificada para evitar exceder los límites establecidos del combustible tales como su punto de fluidez o el punto de inflamabilidad.

*Debe de tomar una muestra continua desde el comienzo hasta el final de esta faena, para que esta muestra sea llevada al laboratorio. La importancia de la muestra y sus condiciones para ser recepcionadas es para obtener una representación pequeña del combustible que ha sido suministrado.

-Después de la faena de combustible

*Cuando los tanques se encuentren llenos y se termine el abastecimiento, es necesario un soplo a la manguera para transferir cualquier combustible que se encuentre en su interior con el fin de evitar alguna contaminación cuando se retire la manguera de conexión.

*Se debe realizar un último sondeo a los tanques, para verificar la cantidad de combustible recibido y si este concuerda con lo previsto.

*El volumen debe de corregirse de acuerdo a las temperaturas de cada tanque, cabe resaltar que la densidad debe de reducirse en 0.64 kg/m³.

*La muestra que se tomó en el proceso debe de estar distribuido en 4 depósitos pequeños, los cuales uno se dará a la barcaza, uno para el análisis de laboratorio, otro para el buque y por último para el estado de puerto o IMO.

*El Jefe de Máquinas dará conformidad a los documentos respecto a la cantidad recibida de combustible, además recibirá las especificaciones del lote de combustible.

*En caso de algún déficit el Jefe de Máquinas puede ejercer su derecho de presentar una nota de protesta en contra la barcaza, en caso de alguna irregularidad.

*En caso de estar todo conforme, la manguera debe de ser desconectada con extrema seguridad; y el jefe lo registrara en el libro de registro de hidrocarburos con las especificaciones requeridas.

*El nuevo lote de combustible no deberá de ser usado hasta recibir los análisis del laboratorio y verificar que las propiedades cumplen con los estándares internacionales.

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO



Figura 17. Abastecimiento de combustible de un buque a otro
Fuente: <https://vietsea.net/business/shipping-agency-and-bunkering>

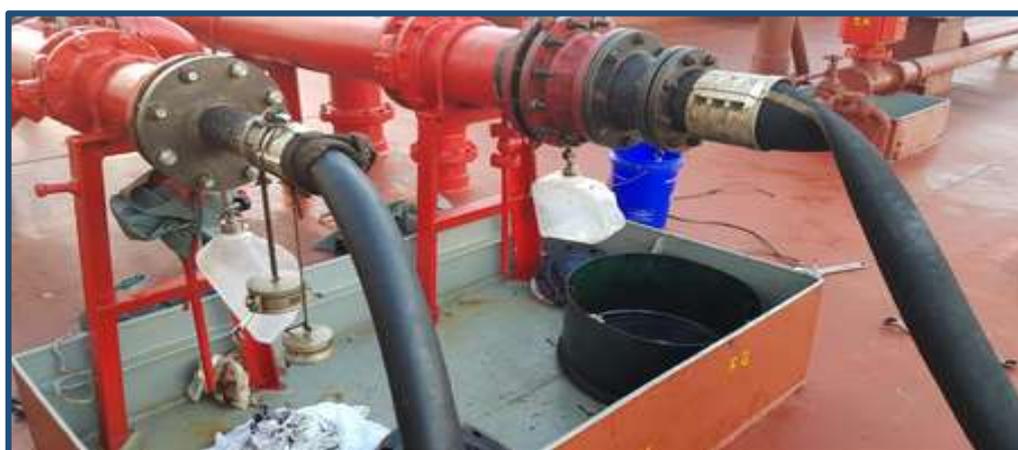


Figura 18. Bunker Station con depósito para recolectar la muestra
Fuente: <https://en.scorpiomarinesurveyor.nl/bunkering>



Figura 19. Bunker station con los equipos de SOPEP
Fuente: <https://www.maritimecyprus.com/2016/07/26/fuel-management-tips-for-smooth-sailing/>

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

3. Procedimientos para la Transferencia de Combustible

El combustible recibido será puesto en uso una vez el buque haya recibido los resultados del análisis del laboratorio, los Ingenieros deberán de tener en cuenta los valores de sus propiedades y además las recomendaciones que vienen anexadas en caso de alguna observación con las propiedades. Una vez esté completa la familiarización se deben de ejecutar los siguientes procedimientos:

-El combustible dentro de los tanques deben de mantenerse a una temperatura como mínima de 35° C o según lo recomiende el análisis del laboratorio. Esto es para evitar el punto límite de fluidez y así mismo el punto de inflamabilidad.

-Estos tanques reciben el nombre de tanques de almacenamiento, aquí es donde se suministra vapor a unas tuberías, donde calentarán el combustible a la temperatura mencionada.

-La temperatura es un factor importante dado que, si la temperatura se encuentra baja a lo requerido, el combustible llega a aumentar su viscosidad y se perderá su punto de fluidez tal como se muestra en la figura 20.

-El efecto de bajas temperaturas conllevaran a que la bomba de transferencia de combustible tendrá que ejercer un mayor trabajo para poder transferir este combustible, y llevara a fallas y daños a este equipo.

-El efecto de altas temperaturas conllevaran a alcanzar el punto de inflamabilidad, el cual se generarán vapores inflamables y presentaran un riesgo para el sistema. Además, altas temperaturas conllevaran a algún daño a los mecanismos internos de la bomba.

-Cuando la bomba se encuentre transfiriendo este combustible desde los tanques de almacenamiento a los tanques de sedimentación, los Ingenieros deben de verificar los manómetros tanto de succión como descarga para afirmar que la presión está en el rango de trabajo de la bomba.

-Debe de tenerse cuidado con los filtros y su condición, dado que, si los filtros se encuentran obstruidos, esto llevara a que la bomba exceda su presión de trabajo y pueda llevar a un daño imprevisto.

-Los filtros deben de ser limpiados frecuentemente, lo ideal es cada 4 días, pero dependerá de la calidad del combustible.

-Por último, este combustible llega a los tanques de sedimentación.



Figura 20. Tanque con combustible que alcanzo el punto límite de fluidez

Fuente: <http://mfame.guru/operational-feedback-and-problems-reported-after-use-of-vlsfo/>

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

4. Procedimientos para la Purificación del Combustible

Este procedimiento tiene su inicio en los tanques de sedimentación y termina en los tanques de servicio, el combustible pase del primer tanque al otro a través del purificador. Para realizar una buena purificación, el Ingeniero debe de realizar los siguientes procedimientos:

-Los tanques de sedimentación deben de contar con una temperatura alrededor de 45°C a 50°C grados, para que exista una eficiente separación, esto quiere decir que en la parte inferior se encontraran los restos de agua, lodos y partículas metálicas como se muestra en la figura 21.

-Estas impurezas al estar colocadas en la parte inferior, pueden ser drenadas a través de una válvula que se encontrara en un punto inferior del tanque. Esta acción debe de realizarse diariamente para evitar que algún tipo de agente extraño pase al purificador.

-La temperatura ayudara a la separación debido a su densidad, cuando el combustible se caliente debe de tenerse cuidado con exceder el límite de su punto de inflamabilidad. En algunos casos, algunos lotes de este nuevo combustible requerirán más temperatura, pero esta se llevará a cabo si el análisis del laboratorio lo recomienda.

-El combustible en el tanque de sedimentación es succionado por las bombas de alimentación del purificador, en este punto el combustible pasa por un intercambiador de calor y la temperatura se aumentará.

-Cuando la temperatura aumente llegue a 55°C con la ayuda de una válvula reguladora de flujo de vapor, este combustible ingresara al purificador en un flujo bajo para que la separación de Aluminio y Silicio sea eficiente.

-Debe de tenerse en cuenta que, si el combustible pasa por el purificador a una temperatura mayor con un flujo menor, esto dará a una purificación más eficiente. Además, si el tiempo de separación es mayor, entonces se incrementará aún más la eficiencia.

-Este nuevo combustible presenta un alto contenido de partículas catalíticas como Aluminio y Silicio, por lo que será importante obtener una mejor eficiencia. Para ello se recomienda acoplar un imán magnético a los filtros que se encuentran en la bomba de alimentación del purificador para así atrapar estas partículas metálicas, porque esas partículas llevaran a desgaste y daños a las partes del pistón y la camisa del motor.

-Este combustible tiene la particularidad de generar lodos debido a su alta incompatibilidad, es por ello que se requiere una frecuente inspección a los discos internos del purificador para evitar un exceso de lodos en su estructura interna tal como se muestra en la figura 22.

-Los tanques de lodos deben de ser sondeados diariamente, para verificar un aumento normal debido a las impurezas que son enviadas a estos tanques cuando el combustible es purificado.

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

-Los ajustes que son llevados a cabo se podrá realizar ingresando al panel general del purificador y gracias también a la ayuda de un dispositivo PID (Proporcional-Integral-Diferencial).

-El combustible purificado seguirá su paso hacia los tanques de servicio.

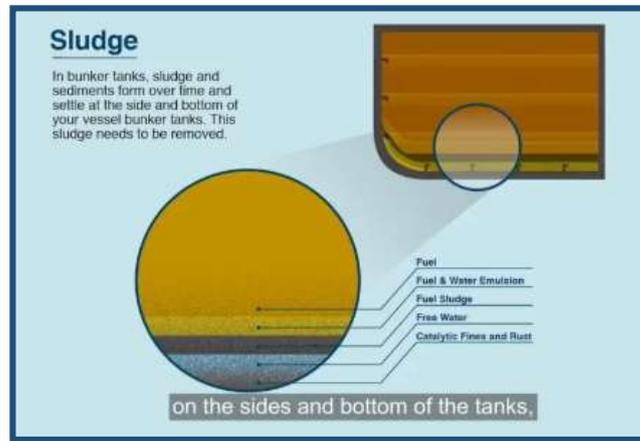


Figura 21. Proceso de sedimentación en un tanque de combustible

Fuente: <https://www.wilhelmsen.com/imo2020/preparing-your-bunker-tanks-for-imo-2020-starts-now/>



Figura 22. Exceso de formación de impurezas en un purificador

Fuente: <http://mfame.guru/operational-feedback-and-problems-reported-after-use-of-vlsfo/>

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

5 Procedimientos para el Consumo de Combustible

Estos procedimientos abarcan desde el tanque de servicio hasta el momento de la inyección hacia la cámara de combustión de los generadores y del motor principal.

-El tanque de servicio debe de tener suficiente calefacción para mantenerse alrededor de los 60°C o según recomendación de los análisis del laboratorio. En caso de navegar en aguas calientes, no será necesario una calefacción ni suministro de vapor al tanque. Por ningún motivo debe de alcanzar la temperatura límite del punto de inflamabilidad.

-El combustible dentro de este tanque es succionado por el sistema llamada Booster Unit como se muestra en la figura 18. En el buque existen 2 plantas, una para los generadores y otro para el motor principal. Esta planta cuenta con 2 bombas de alimentación (Baja Presión), las cuales toman succión del tanque de servicio y en este punto deben de verificarse las condiciones de los filtros y en caso de estar sucios estos deben de ser limpiados rápidamente; de las 2 bombas solo una trabaja y la otra se encuentra en espera. Siguiendo el recorrido, estas bombas hacen que el combustible pase por los filtros-automáticos con el fin de evitar el paso de las impurezas hacia el sistema, prácticamente estos filtros tendrán la misión de retener las partículas de Silicio+Aluminio.

-El combustible continua su camino a través de un transmisor de flujo y además de presión, para verificar que la presión y el flujo es el ideal para el sistema incluyendo que las bombas están efectuando un correcto funcionamiento. Cuando pase por esos transmisores, el combustible ingresa al Mixing Tank para luego ser succionado por otras 2 bombas circulatorias (Bombas de Alta Presión). Estas bombas aumentaran la presión y así mismo, pasara por intercambiador de calor para aumentar su temperatura. Continuando, pasa otra vez por otro transmisor de presión y de temperatura la cual debe de ser ideal para que pase por el viscosímetro. La temperatura es un factor ideal para poder tener una viscosidad deseada.

-Una vez pasado el combustible por el viscosímetro, este termina su recorrido en esta planta, para luego ser succionado por las bombas de combustible y luego con los inyectores este pasara a ser atomizado e inyectado al motor principal. En cada nuevo lote de combustible debe de verificarse las especificaciones del combustible según los análisis del laboratorio, dado que ellos brindaran las recomendaciones para establecer la temperatura y viscosidad de inyección.

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

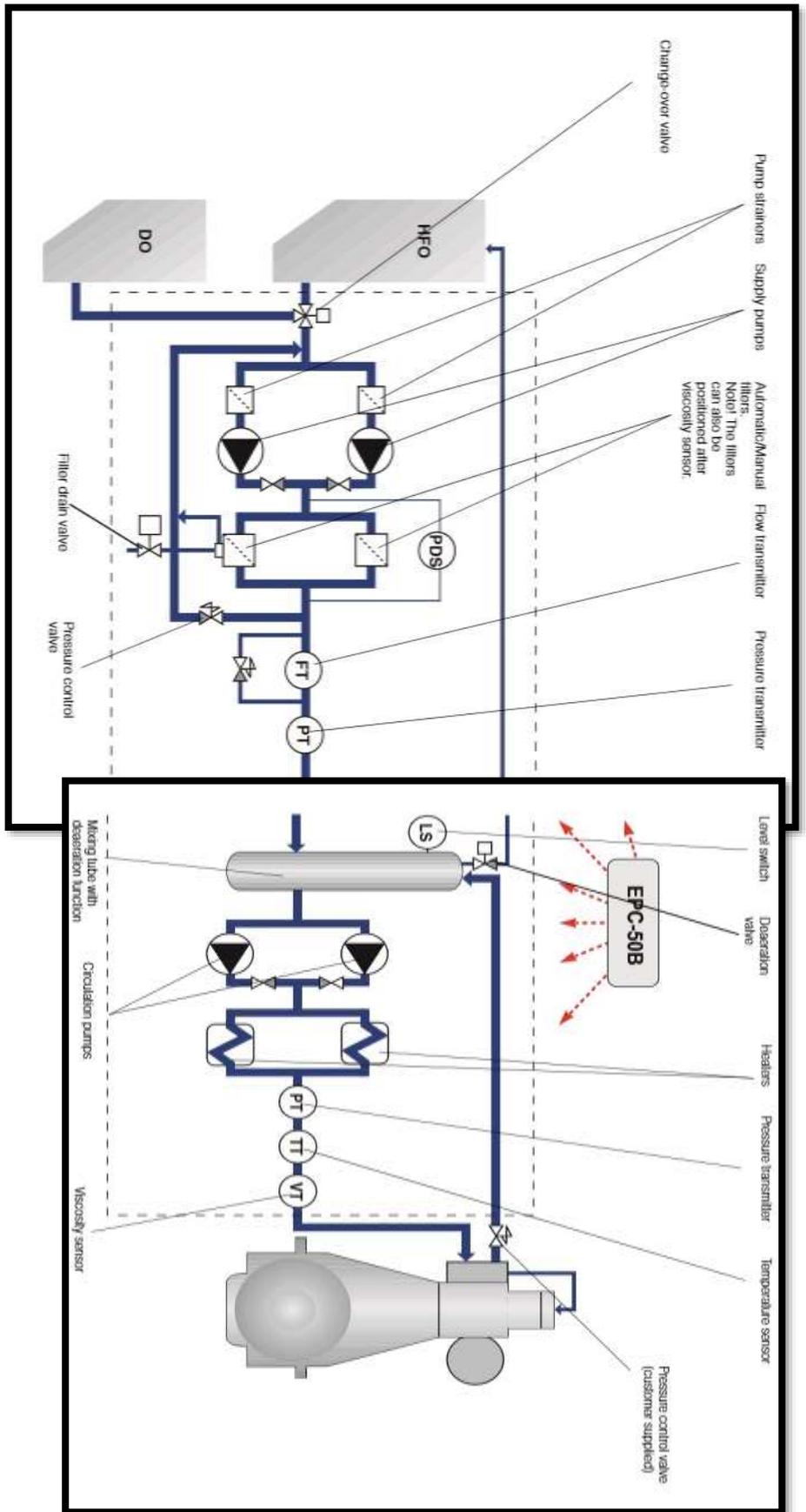


Figura 23. Sistema Booster Unit

Fuente: Manual de fabricante de FO Booster Unit, Alfa Laval Tumba AB Marine & Diesel Equipment SE - 147 80 Tumba Sweden

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

6. Procedimientos para el Cambio de Combustible en Zonas ECA, SECA

Se debe preparar un procedimiento de gestión de combustible (adecuado para el sistema de combustible específico en uso) para minimizar la mezcla de combustibles de diferentes lotes durante el cambio de combustible:

-Antes de llenar el tanque de sedimentación con un nuevo lote de combustible, asegúrese de que el tanque esté vacío.

-Si un tanque de sedimentación contiene combustible no utilizado al llenarlo con un nuevo lote de combustible, drenar frecuentemente este tanque para verificar la posible acumulación de lodo es recomendable.

-El tanque de servicio debe estar vacío antes de llenarlo con un nuevo lote de combustible.

-Si no es posible vaciar completamente el tanque de servicio, asegúrese de que la cantidad de combustible anterior restante sea mínima. Para cualquier acción que deba tomarse en el lado del motor durante el cambio de combustible.

También se debe prestar especial atención a lo siguiente:

-Asegúrese de que el viscosímetro funcione correctamente.

-Ajuste la temperatura para alcanzar la viscosidad de entrada del motor especificada.

-Este ajuste de temperatura debe realizarse a una velocidad máxima de 2 ° C / min.

Estos procedimientos deben de llevarse a cabo con extremada precaución dado que son llevados a cabo cuando antes de transitar por zonas especiales de acuerdo al convenio Marpol. Es importante saber la cantidad de azufre que contiene cada combustible, en este caso este nuevo combustible cuenta con 0.5% de contenido de azufre, el cambio de combustible se dará de este combustible a uno de menor cantidad para entrar a estas zonas especiales como el Marine Diesel Oil que consta de menos de 0.1 % de contenido de azufre y el Ultra Low Sulphur Diesel Oil que contiene menos de 0.05% contenido de azufre.

El Cambio del nuevo combustible de bajo nivel de azufre a marine diesel oil es el siguiente:

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

***Motor Principal**

-Se debe verificar el tiempo correcto en el que el sistema va a cambiar de este nuevo combustible a Marine Diesel Oil para así obtener el cambio antes de ingresar a una zona especial y al salir de una zona especial.

-Los niveles de cada tanque deben de estar registrados para verificar el correcto nivel antes y después de este procedimiento.

-Anotar la hora y la posición que se llevara a cabo en el libro de registro de hidrocarburos.

-Se abre la válvula de salida del tanque de servicio de Marine Diésel y la entrada a las bombas de baja presión o bombas de alimentación.

-Se abre la válvula de retorno, pero ahora al tanque de Marine Diésel Oil y se cierra la válvula de retorno que contiene este nuevo combustible.

-Se acciona la válvula de doble sentido tomando que abre la válvula de entrada el Marine Diésel oil y cierra la entrada del nuevo combustible.

-Se debe de abrir la válvula que pasea los autofiltros, para que no se utilicen cuando se use Marine Diesel Oil. Las válvulas de entrada y salida de los autofiltros se deben de cerrar.

-Se presiona la opción de Marine Diésel para que el automatismo configure los valores requeridos para este combustible.

-El Marine Diésel Oil trabaja a una menor temperatura que este nuevo combustible, es por eso que se debe de cerrar las entradas de vapor de los calentadores para evitar exceder el límite de su punto de inflamabilidad.

-Al cerrar las válvulas de vapor de debe de hacer con precaución dado que no se debe de exceder de 2°C grados por minuto.

-Se debe de inspeccionar las válvulas de presión de cada bomba, para que no ocurra algún desperfecto con el trabajo del motor principal.

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

***Generadores**

-Se debe verificar el tiempo correcto en el que el sistema va a cambiar de este nuevo combustible a Marine Diésel Oil para así obtener el cambio antes de ingresar a una zona especial y al salir de una zona especial.

-Los niveles de cada tanque deben de estar registrados para verificar el correcto nivel antes y después de este procedimiento.

-Anotar la hora y la posición que se llevara a cabo en el libro de registro de hidrocarburos.

-Se abre la válvula de salida del tanque de servicio de Marine Diésel y la entrada a las bombas de baja presión o bombas de alimentación.

-Se abre la válvula de retorno, pero ahora al tanque de Marine Diésel Oil y se cierra la válvula de retorno que contiene este nuevo combustible.

-Se abre la válvula de entrada de Marine Diésel Oil del generador que se dese utilizar y se cierra simultáneamente la válvula de entrada del nuevo combustible.

-Se debe de mantener cerrada la válvula de salida de Marine Diésel Oil y abierta la válvula de salida del nuevo combustible para que el sistema se limpie con este Marine Diésel Oil.

-Se acciona la válvula de doble sentido tomando que abre la válvula de entrada el Marine Diésel oil y cierra la entrada del nuevo combustible.

-Se debe de abrir la válvula que pasea los autofiltros, para que no se utilicen cuando se use Marine Diésel Oil. Las válvulas de entrada y salida de los autofiltros se deben de cerrar.

-Se presiona la opción de Marine Diésel para que el automatismo configure los valores requeridos para este combustible.

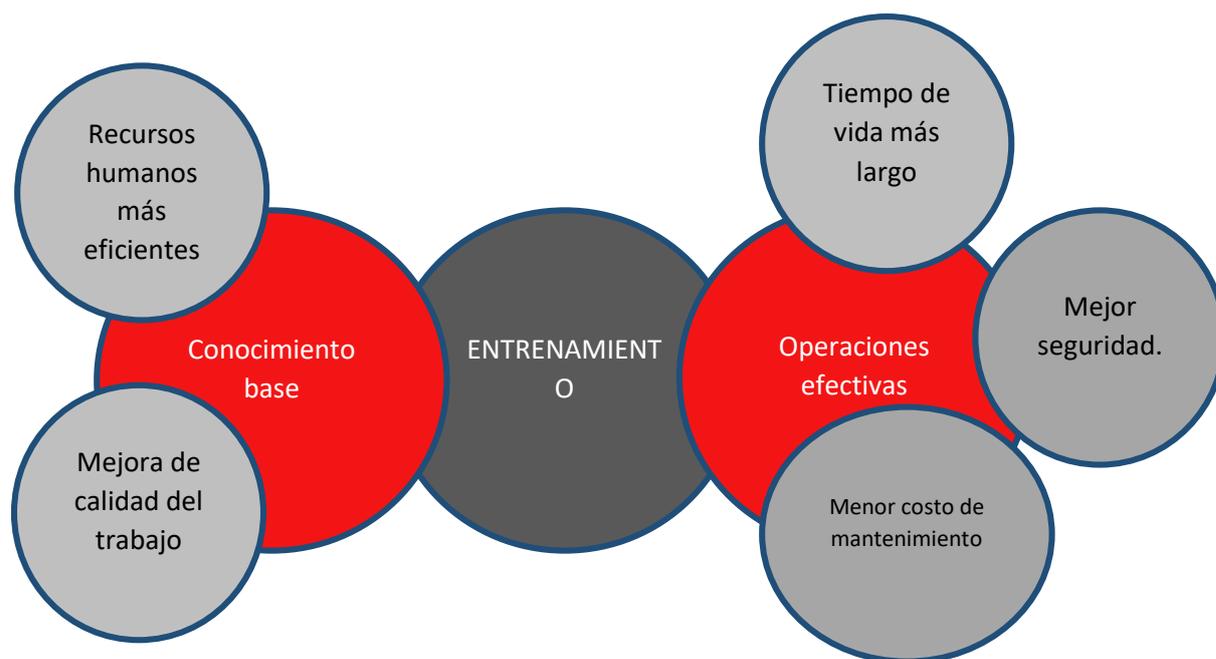
-El Marine Diésel Oil trabaja a una menor temperatura que este nuevo combustible, es por eso que se debe de cerrar las entradas de vapor de los calentadores para evitar exceder el límite de su punto de inflamabilidad.

-Al cerrar las válvulas de vapor de debe de hacer con precaución dado que no se debe de exceder de 2°C grados por minuto.

-Se debe de inspeccionar las válvulas de presión de cada bomba, para que no ocurra algún desperfecto con el trabajo del motor principal.

Descargo de responsabilidad

Todos los datos proporcionados en este documento no son vinculantes. Estos datos solo tienen fines informativos y, especialmente, no están garantizados de ninguna manera. Dependiendo de los proyectos individuales específicos posteriores, los datos relevantes pueden estar sujetos a cambios y se evaluarán y determinarán individualmente para cada proyecto. Esto dependerá de las características particulares de cada proyecto individual, especialmente del sitio específico y las condiciones operativas.



Bibliografía

Version, P. D. F. (2014). *Guide for judging condition of relevant piston-running components*. June, 1–32.

Chevron. (2012). Everything You Need to Know About Marine Fuels. *Chevron Product Engineering Department*, 26.
https://www.chevronmarineproducts.com/content/dam/chevron-marine/Brochures/Chevron_EverythingYouNeedToKnowAboutFuels_v3_1a_DESKTOP.pdf

Lamb's Question and Answer about Marine Diesel Engines.pdf. (n.d.).

McGeorge, H. D. (2012). General Engineering Knowledge. *General Engineering Knowledge*. <https://doi.org/10.4324/9780080571133>

Miguel, J., Mar, B., Upc, B., & Rodr, M. (2013). *Análisis y redimensionado de un sistema de combustible a partir del remolcador "Willy - T" y el buque Ro-Pax "Murillo ."*

JIP. (2019). The supply and use of 0.50%-sulphur marine fuel. *Joint Industry Guidance*, 4020.
http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Documents/Joint_Industry_Guidance.pdf

Cortés del Pino, A. (2014). *Proceso de refino del petróleo para la obtención de combustibles marinos (Tesis de Licenciatura)*. 1–89.
http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21742/PROYECTO_FINAL_DE_CARRERA_ETN_ADRIA_CORTES_DEL_PINO.pdf?sequence=7&isAllowed=y

Shell. (2014). Marine Fuels: ULSFO 0.1%S Max. *Shell Trading and Supply*, 1–2.
<http://www.sjofartsverket.se/forskningsdb/ViewProject.aspx?PJID=3310023f-f60f-4d3a-9434-373ffe385453>

Gas, P. P. W. (2018). *P.P. Winterthur Gas & Diesel AG, PO Box 414, CH-8401 Winterthur*. 41(June), 0–1.

Bash, E. (2013). Guideline for the operation of marine engines on low sulphur diesel. *Cimac*, 1, 1–23. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

CIMAC. (2018). *Fuel 2020*. 41.

Thomas, J. F., Sluder, C. S., & Kass, M. D. (2020). *A Guide to Fuel , Lubricant , and Engine Concerns Relative to the IMO 2020 Fuel Oil Sulfur Reduction Mandate* (Issue December 2019).

Chatzinikolaou, S., & Ventikos, N. (2011). Sustainable maritime transport. *Sustainable Maritime Transportation and Exploitation of Sea Resources*, 931–939. <https://doi.org/10.1201/b11810-138>

Aabo, K. (2010). Operation on low-sulphur fuels. *Operating Ships within Emission Control Areas, ECA's - SNAME Symposium*.

PRS. (2009). *Limits on sulphur content in marine fuels. Operational hazards related to maintenance of diesel engines and fired auxiliary boilers*.