

Bunkering: actualidad y camino hacia un futuro sostenible

Trabajo Fin de Grado
Grado en Náutica y Transporte Marítimo
Junio de 2022

Autor:
Saul Burgos Muñiz
45.346.617R

Tutor:
Prof. Dr. Alejandro Urbano Gómez Correa

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería
Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval
Universidad de La Laguna

D/D^a. Alejandro Urbano Gómez Correa, Profesor de la UD de Ciencias y Técnicas de la Navegación , perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **Saul Burgos Muñoz** con **DNI 45346617R**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Bunkering: actualidad y camino hacia un futuro sostenible.**

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 12 de Septiembre de 2022.

Fdo.: Alejandro Urbano Gómez Correa.

Director del trabajo.

Índice del TFG

ILUSTRACIONES:	3
1. RESUMEN	4
2. ABSTRACT	5
3. ANTECEDENTES	6
4. OBJETIVOS	7
5. BUNKERING EN LA ACTUALIDAD	8
5.1. Reglas y reglamentos.....	9
5.2. Documentos y listas de comprobaciones	10
5.3. Equipos utilizados	11
5.4. Seguridad	23
6. OPERACIONES BUNKERING	25
6.1. Pre-Bunkering.....	25
6.2. Bunkering	25
6.3. Post-Bunkering.....	28
6.4. Bombeo	29
6.5. Carta de protesta.....	29
6.5.1. Carta de Protesta LETTER OF PROTTEST:	30
6.6. Toma de Muestras Samples:	32
7.FUTURO	33
7.1. Gas Natural Licuado.....	35
7.2. Barcos eléctricos.	39
7.3 Factores que influyen en el mercado en 2022	40
8. CONCLUSIONES	42
9. CONCLUSIONS	43

10. BIBLIOGRAFIA 44

11. Anexos..... 45

 01.- Anexo I. Pre-Checklist. 45

 02.- Anexo I. Check-List Bukering. 47

ILUSTRACIONES:

ILUSTRACIÓN 1. IMAGEN ILUSTRATIVA BUNKERING EN FONDEO. ELABORACIÓN PROPIA. 8

ILUSTRACIÓN 2. IMAGEN ILUSTRATIVA BUNKERING..... 9

ILUSTRACIÓN 3. IMAGEN ILUSTRATIVA YOKOHAMAS. ELABORACIÓN PROPIA..... 11

ILUSTRACIÓN 4. IMAGEN ILUSTRATIVA MAQUINILLA PROA. ELABORACIÓN PROPIA..... 12

ILUSTRACIÓN 5. IMAGEN ILUSTRATIVA MANGUERAS DE FUEL Y GASOIL CONECTADAS. ELABORACIÓN PROPIA. 13

ILUSTRACIÓN 6. IMAGEN ILUSTRATIVA ESQUEMA MANGUERAS. ELABORACIÓN PROPIA..... 14

ILUSTRACIÓN 7. IMAGEN ILUSTRATIVA TABLA DE SONDAS. 16

ILUSTRACIÓN 8. IMAGEN ILUSTRATIVA SONDEO POR SONDA COMPLETA. 17

ILUSTRACIÓN 9. IMAGEN ILUSTRATIVA SONDE POR ULLAGE. 18

ILUSTRACIÓN 10. IMAGEN ILUSTRATIVA PARADA DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA..... 19

ILUSTRACIÓN 11. IMAGEN ILUSTRATIVA REDUCCION 4" A 3". ELABORACIÓN PROPIA. 20

ILUSTRACIÓN 12. IMAGEN ILUSTRATIVA DETECTOR DE GASES. ELABORACIÓN PROPIA. 21

ILUSTRACIÓN 13. IMAGEN ILUSTRATIVA FLOW METER ACCULOAD III. ELABORACIÓN PROPIA. 22

ILUSTRACIÓN 14. IMAGEN ILUSTRATIVA SISTEMA DE CONTROL CARGA Y DESCARGA. ELABORACIÓN PROPIA. 26

ILUSTRACIÓN 16. IMAGEN ILUSTRATIVA CARTA DE PROTESTA POR CANTIDAD. ELABORACIÓN PROPIA. 31

ILUSTRACIÓN 17. IMAGEN ILUSTRATIVA MUESTRAS DE FUEL OIL ALMACENADAS. ELABORACIÓN PROPIA..... 32

ILUSTRACIÓN 18. IMAGEN ILUSTRATIVA CONTAMINACIÓN DEL TRANSPORTE MARÍTIMO. 33

ILUSTRACIÓN 19. IMAGEN ILUSTRATIVA BUNKERING DE GAS NATURAL LICUADO. ELABORACIÓN PROPIA..... 36

ILUSTRACIÓN 20. IMAGEN ILUSTRATIVA LÍNEAS DE BUNKERING NECESARIAS PARA GAS NATURAL LICUADO. 38

ILUSTRACIÓN 21. IMAGEN ILUSTRATIVA BUQUE JAPONES PROPULSADO POR BATERIAS. 39

1. RESUMEN

En nuestro planeta se realizan a diario infinidad de movimientos por vía marítima, lo que produce que se emitan grandes cantidades de gases contaminantes a la atmósfera. Con el fin de reducir estas emisiones es necesario tomar medidas, la cuestión es decidir qué camino se tomará. Desde mi punto de vista, el gas natural licuado (GNL) como combustible para buques es una buena opción para cumplir con las futuras regulaciones en contra las emisiones contaminantes de las autoridades internacionales.

El presente trabajo se centra en el desglose de los procedimientos actuales que intervienen en las operaciones barco a barco en suministros de líquidos inflamables. Con el objetivo de dar a conocer los puntos más importantes dentro desarrollo del bunkering en su forma actual más común, queriendo seguidamente realizar una vista al futuro desarrollo del mismo y sus posibles alternativas sostenibles de cara a un mundo más ecológico y respetuoso con el medio ambiente.

Palabras claves: Bunkering, GNL, Líquidos Inflamables, Futuro.

2. ABSTRACT

On our planet, countless movements are carried out daily by sea, which causes large amounts of polluting gases to be emitted into the atmosphere. In order to reduce these emissions, it is necessary to act, the question is to decide which way to go. From my point of view, liquefied natural gas (LNG) as fuel for ships is a good option to comply with future regulations against polluting emissions from international authorities.

The present work focuses on the breakdown of the current procedures involved in ship-to-ship operations in supplies of flammable liquids. With the aim of publicizing the development of bunkering in its current most common form, wanting then to take a look at its future development and its possible sustainable alternatives in the face of a more ecological and environmentally friendly world.

Keywords: Bunkering, LNG, Flammable Liquids, Future.

3. ANTECEDENTES

El transporte marítimo emite alrededor de 800 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂), lo que equivale a algo más del 3% de todas las emisiones mundiales, según la Organización Marítima Internacional (IMO). Esta cifra equivale actualmente a los gases emitidos por Alemania. Solo 15 de los mayores mercantes que surcan el océano contaminan lo mismo que 760 millones de turismos, lo que equivale al 63% de los vehículos que circulaban en todo el mundo en 2020.

En la actualidad la inmensa mayoría de buques destinados al bunkering siguen operando con combustibles fósiles, debido a la alta demanda de los mismos por la mayoría de los buques mercantes, algo que en un futuro cercado debería disminuir utilizando nuevos combustibles o nuevas tecnologías para producir la menor contaminación posible o incluso eliminarla por completo y así ser respetuosos con el medio ambiente.

4. OBJETIVOS

El objetivo del siguiente trabajo es describir el procedimiento actual del bunkering, así como una visión hacia los posibles caminos hacia un futuro sostenible, teniendo en cuenta las restricciones actuales y las posibles futuras ampliaciones o nuevas restricciones hacia las emisiones de contaminantes a la atmosfera por buques mercantes.

La idea principal es dar una idea general de los equipos utilizados y los procedimientos de bunkering para así asegurar que las operaciones de transbordo de cargas de hidrocarburos buque a buque se realicen conforme a las mejores pautas de seguridad, garantizándose en todo momento la seguridad de dichos buques al igual que la protección del medio ambiente.

Como comparar la forma actual con el uso generalizado de Gas Natural Licuado (LNG) como alternativa a los combustibles fósiles pesados tal como el Very Low Fuel Oil (VLFO) o el Heavy Fuel Oil (HFO) que en la actualidad consumen la gran mayoría de buques.

5. BUNKERING EN LA ACTUALIDAD

El bunkering es el suministro de combustible para uso de los barcos, incluida la logística de carga y distribución del combustible.

El término bunkering se originó en la época de los barcos de vapor, cuando el carbón se almacenaba en búnkeres. Hoy en día, el término bunkering se denomina a la práctica y el negocio de repostar barcos.

Es una práctica que se ha ido desarrollando a lo largo de muchos años debido a la necesidad de los buques de repostar combustible sin la obligación de tener que hacer una entrada a puerto innecesaria, apostando por permanecer en el fondeo o la imposibilidad de buques de carga general de realizar maniobra de atraque a terminales de carga en tierra, diseñados para buques tanques, optando los mismos por realizar bunkering en fondeo o atracados en su correspondiente terminal de carga o descarga.



ILUSTRACIÓN 1. IMAGEN ILUSTRATIVA BUNKERING EN FONDEO. ELABORACIÓN PROPIA.

Debido a su extendido uso durante décadas actualmente el Bunkering que se realizan en todos los puertos y mares en su amplia mayoría es de fósiles combustibles tal como el Fuel Oil tanto VLFSO como el HFO y en menor cantidad Marine Gasoil (MGO) siendo por ejemplo en España el bunkering de Liquid Natural Gas (LNG) una práctica casi inexistente llevada a cabo por un par de buques.

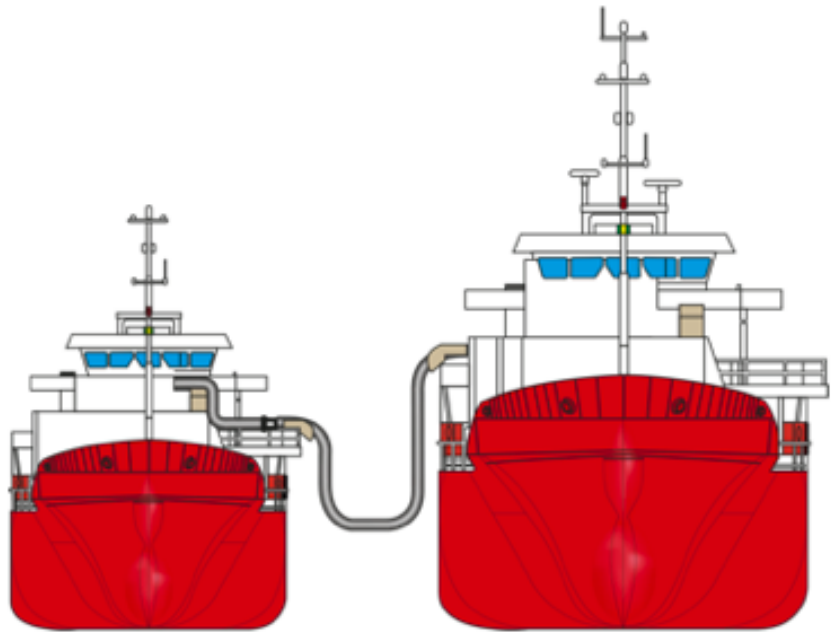


ILUSTRACIÓN 2. IMAGEN ILUSTRATIVA BUNKERING. FUENTE

[HTTPS://WWW.KLAWLNG.COM/BUNKERING/](https://www.klawlmg.com/bunkering/)

5.1. Reglas y reglamentos

El bunkering se rige por una serie de normas y reglamentos internacionales, los cuales estipulan las buenas prácticas en dicha actividad, su seguridad y pasos a seguir para realizar el bombeo de combustibles entre dos buques de la forma más segura y profesional para ambos.

- Ship to Ship Transfer Guide for Petroleum, Chemicals and Liquefied Gases.
- Mooring Equipment Guidelines.
- Código ISM.
- ISGOTT (Guía Internacional de Seguridad para Petroleros y Terminales)

5.2. Documentos y listas de comprobaciones

Los documentos a la hora de realizar bunkering son un punto muy importante y a veces tardío, ya que se necesitan que ambas partes posean sus propios documentos firmados, sellados y todo cumplimentado correctamente antes de poder realizar el bombeo.

Antes de la transferencia de hidrocarburos entre ambos buques es necesaria la complementación de varios documentos de seguridad como check-list, confirmación de la carga a recibir etc. Deben conservarse a bordo los registros que a continuación se indica, por un periodo de tres años:

- Anotaciones en el Diario de Navegación, La hora de barloeo y desabarloeo al otro buque
- Libro de Hidrocarburos.
- Check-List
- Registro de Operaciones de Buque a Buque

Otros documentos check-list deben incluir las siguientes consideraciones:

- La manguera de bunker ha sido conectada y asegurada
- La manguera de bunker en sus medidas es compatible con el manifold.
- El buque que recibe la carga y el buque bunkering tienen acordado la cantidad y propiedades del suministro.
- Comunicación entre buques se ha establecido.
- Señales de peligro e instrucciones se han colocado en las zonas del bunker
- Parada de emergencia está disponible y se ha chequeado en ambos buques
- Plan de protección contra derrames ha sido acordado entre las dos partes.
- Equipamiento contra la contaminación ha sido colocado cerca de la zona bunker.
- Equipamiento contra incendios de ambos buques ha sido chequeado y están listos para su uso.
- La temperatura y presión de los tanques que van a ser utilizados y los cuales el fuel va a ser suministrado debe ser revisado y tiene que estar dentro de los límites de seguridad. La variación en la temperatura puede desencadenar en el comienzo del suministro en un aumento de presión en los tanques del buque que recibe dicho producto.

5.3. Equipos utilizados

En este apartado daremos un simple vistazo a los elementos imprescindibles que el buque debe contar a la hora de realizar bunkering de forma segura y siguiendo todos los reglamentos posteriormente mencionados. Cada uno de estos elementos son elementos esenciales para poder realizar las tareas de bunkering sin cualquiera de estos equipos no podría realizarse:

Defensas: Las defensas del buque son de tipo Yokohama por la banda donde se realizan los suministros, complementada con defensas tipo neumático en el castillo de proa y en la toldilla.



ILUSTRACIÓN 3. IMAGEN ILUSTRATIVA YOKOHAMAS. ELABORACIÓN PROPIA.

Antes de realizar las operaciones de abarloe y transferencia, deben supervisarse las defensas verificándose que se encuentran en buen estado y situadas correctamente.

Las defensas tipo Yokohama deben contar con sus correspondientes certificados, así como realizadas sus comprobaciones de mantenimiento periódico.

Equipos de amarre: Abarca todos los elementos tal como cabos, sigas, maquinillas de proa y popa...

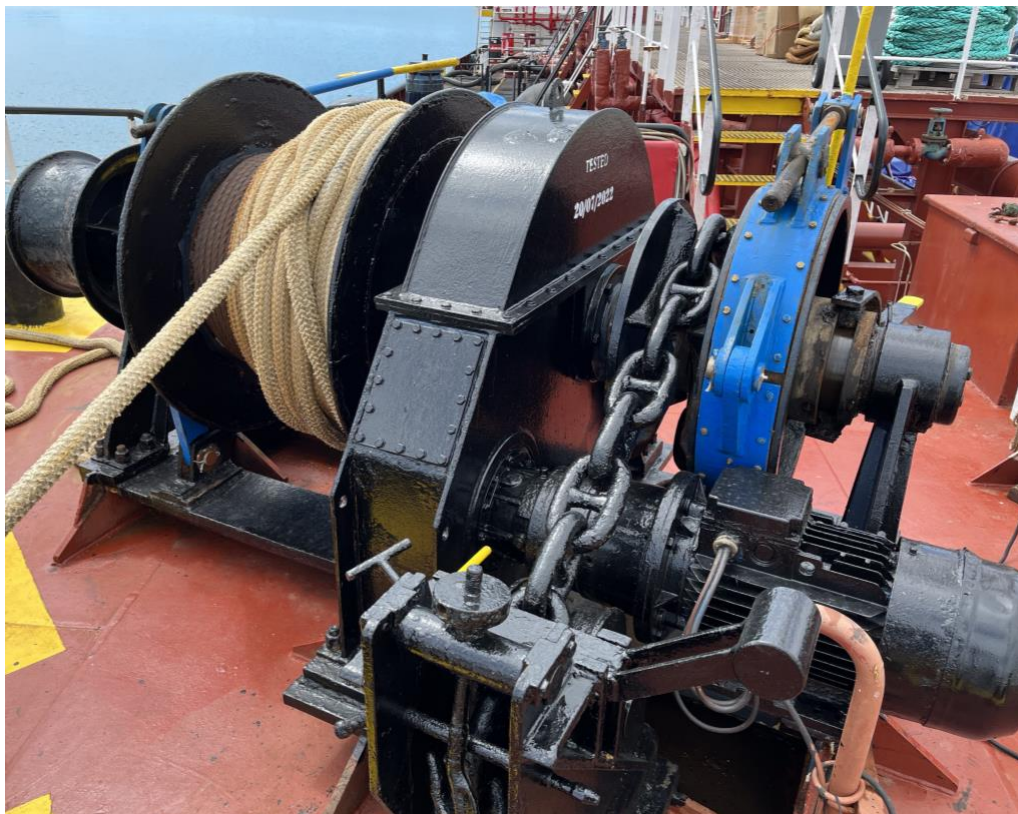


ILUSTRACIÓN 4. IMAGEN ILUSTRATIVA MAQUINILLA PROA. ELABORACIÓN PROPIA.

Puntal: Elemento esencial para la estiba y movimiento de las mangueras de bunkering dado su elevado peso es necesario en todo momento, en la mayoría de los casos consta de dos puntales uno en la cubierta principal y otro en popa.

Mangueras: La manguera de carga de hidrocarburos deberá cumplir con los requerimientos estándares conocidos tal como lo recomienda OCIMF (Oil companies international marine forum) la manguera de conexión que debe poseerse abordo consiste en dos mangueras independientes unidas entre sí por una brida aislante.



ILUSTRACIÓN 5. IMAGEN ILUSTRATIVA MANGUERAS DE FUEL Y GASOIL CONECTADAS. ELABORACIÓN PROPIA.

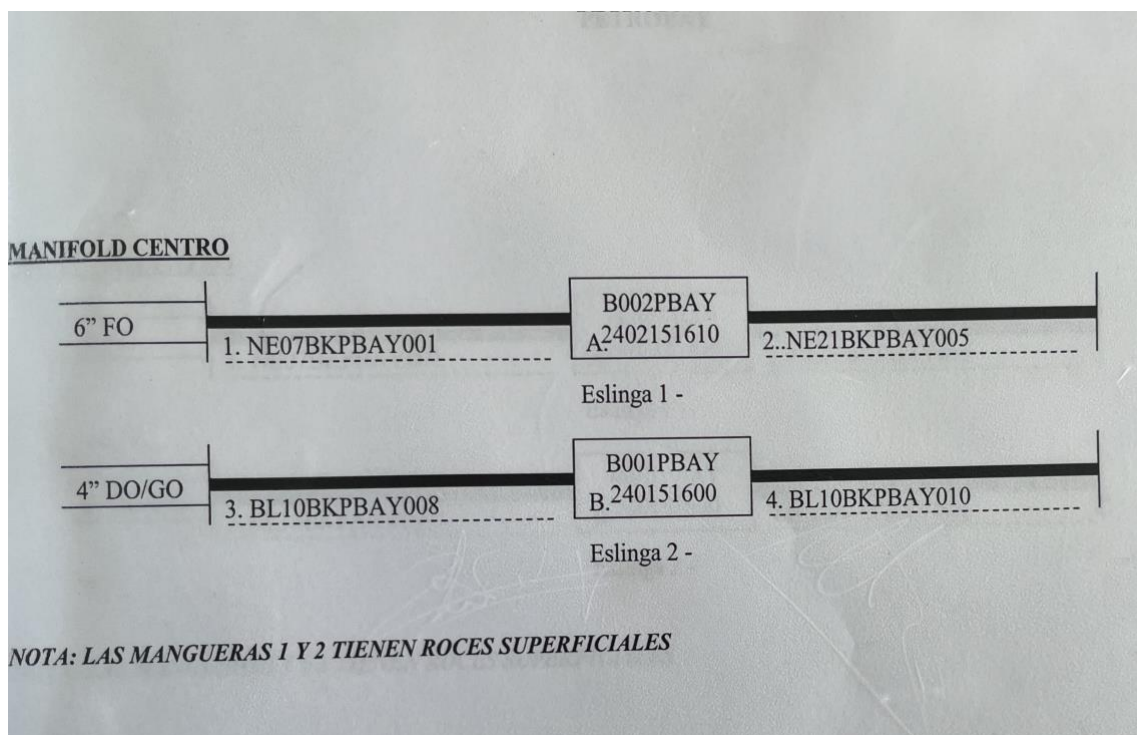


ILUSTRACIÓN 6. IMAGEN ILUSTRATIVA ESQUEMA MANGUERAS. ELABORACIÓN PROPIA.

Sondas: Sondar es el término que se utiliza para tomar una medida de la cantidad total de fluidos en los tanques de un buque. A bordo de los barcos se utilizan diferentes tipos de métodos de sondeo.

A bordo del buque, es muy importante llevar el registro actualizado de la cantidad de líquidos presentes en los distintos tanques. Un barco está equipado con diferentes tipos de sistemas de medición de sondeo automáticos e hidráulicos/neumáticos/mecánicos en los que el nivel del líquido se puede comprobar de forma remota o local sin medir y calcular manualmente la cantidad de líquido dentro del tanque.

Para la medición manual de los tanques, se utiliza una cinta métrica normalmente hecha de latón y acero con una plomada unida al final de la cinta con un gancho de correa. La cinta de la sonda suele encontrarse en metros o pies métricos. La forma de la plomada (peso de inmersión en forma de varilla, que termina en un cono truncado en el extremo inferior) se usa más comúnmente para líquidos más espesos ya que el cono penetra en el aceite o lodo más fácilmente.

Una punta de acero inoxidable en la pesa de inmersión de latón evita el desgaste. La lenteja cilíndrica se usa para sondear agua y diesel/aceite lubricante y fluidos similares donde la penetración es fácil de lograr.

La graduación en milímetros continúa en un lado plano del peso de inmersión para eliminar cualquier punto ciego donde la cinta está conectada al peso.

Generalmente, los pesos de inmersión disponibles para medir agua y fluidos similares son de aprox. 400 gramos El peso de 700 gramos a 1000 gramos es el más común para aceites y grasas.

Pasta para encontrar agua/aceite

Son pastas especiales que se aplican sobre la cinta de sondeo. Normalmente están disponibles para sondeos de agua y sondeos de gasolina/diésel, ya que son de color transparente y difíciles de detectar en la cinta métrica. La pasta se aplica sobre la cinta de sondeo y al entrar en contacto con el agua o gasóleo, cambiará de color, indicando el nivel.

Tabla de sondeo

La tabla de sondeo es un gráfico que describe la construcción, la capacidad y, lo que es más importante, el contenido volumétrico del tanque a una determinada profundidad de sondeo o vacío. Todos los buques tienen sus propios documentos de caja de resonancia para cada tanque que contiene fluido a granel. La tabla de sondeo se compila para mostrar la cantidad volumétrica de fluido en varios ajustes y una lista para la profundidad de sondeo particular en cm.

Capacities in m3												
Sounding: (m)	Ullage: (m)	Trim(m): -2.0000	Trim(m): -1.5000	Trim(m): -1.0000	Trim(m): -0.5000	Trim(m): 0.0000	Trim(m): 0.5000	Trim(m): 1.0000	Trim(m): 1.5000	Trim(m): 2.0000	Trim(m): 2.5000	Trim(m): 3.0000
0.0000	1.5620	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0033	0.0189	0.0472	0.0880
0.0250	1.5370	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0081	0.0288	0.0620	0.1075
0.0500	1.5120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0154	0.0412	0.0793	0.1294
0.0750	1.4870	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0070	0.0256	0.0565	0.0993	0.1539
0.1000	1.4620	0.0003	0.0003	0.0004	0.0005	0.0010	0.0036	0.0152	0.0390	0.0747	0.1221	0.1810
0.1250	1.4370	0.0010	0.0011	0.0014	0.0020	0.0036	0.0096	0.0265	0.0553	0.0958	0.1477	0.2108
0.1500	1.4120	0.0024	0.0028	0.0035	0.0050	0.0086	0.0190	0.0411	0.0748	0.1198	0.1760	0.2432
0.1750	1.3870	0.0047	0.0056	0.0070	0.0099	0.0163	0.0318	0.0588	0.0972	0.1467	0.2071	0.2782
0.2000	1.3620	0.0083	0.0098	0.0124	0.0171	0.0273	0.0478	0.0797	0.1227	0.1765	0.2409	0.3158
0.2250	1.3370	0.0133	0.0158	0.0198	0.0271	0.0416	0.0671	0.1037	0.1511	0.2090	0.2774	0.3560
0.2500	1.3120	0.0200	0.0237	0.0296	0.0400	0.0594	0.0897	0.1308	0.1825	0.2445	0.3166	0.3987
0.2750	1.2870	0.0286	0.0338	0.0421	0.0563	0.0806	0.1155	0.1610	0.2168	0.2827	0.3585	0.4440
0.3000	1.2620	0.0394	0.0464	0.0575	0.0761	0.1051	0.1446	0.1943	0.2541	0.3237	0.4030	0.4918
0.3250	1.2370	0.0524	0.0617	0.0761	0.0994	0.1330	0.1768	0.2306	0.2942	0.3675	0.4502	0.5422
0.3500	1.2120	0.0681	0.0800	0.0982	0.1262	0.1642	0.2122	0.2700	0.3373	0.4140	0.5000	0.5950
0.3750	1.1870	0.0865	0.1014	0.1239	0.1564	0.1987	0.2508	0.3123	0.3832	0.4633	0.5524	0.6503
0.4000	1.1620	0.1079	0.1262	0.1532	0.1901	0.2365	0.2925	0.3577	0.4320	0.5153	0.6074	0.7081
0.4250	1.1370	0.1324	0.1546	0.1861	0.2271	0.2776	0.3373	0.4060	0.4836	0.5700	0.6650	0.7680
0.4500	1.1120	0.1603	0.1867	0.2225	0.2676	0.3219	0.3851	0.4573	0.5381	0.6274	0.7251	0.8301
0.4750	1.0870	0.1918	0.2224	0.2624	0.3114	0.3694	0.4361	0.5115	0.5953	0.6875	0.7878	0.8942
0.5000	1.0620	0.2269	0.2618	0.3058	0.3586	0.4201	0.4901	0.5686	0.6553	0.7502	0.8528	0.9601
0.5250	1.0370	0.2659	0.3049	0.3526	0.4090	0.4739	0.5472	0.6286	0.7181	0.8156	0.9199	1.0278
0.5500	1.0120	0.3086	0.3515	0.4029	0.4628	0.5309	0.6072	0.6915	0.7837	0.8836	0.9889	1.0970
0.5750	0.9870	0.3551	0.4017	0.4566	0.5198	0.5911	0.6703	0.7573	0.8520	0.9539	1.0598	1.1678
0.6000	0.9620	0.4052	0.4554	0.5138	0.5801	0.6543	0.7363	0.8259	0.9230	1.0263	1.1324	1.2399
0.6250	0.9370	0.4590	0.5126	0.5742	0.6436	0.7206	0.8053	0.8973	0.9966	1.1006	1.2065	1.3133
0.6500	0.9120	0.5164	0.5734	0.6380	0.7103	0.7900	0.8772	0.9716	1.0726	1.1767	1.2819	1.3879
0.6750	0.8870	0.5775	0.6376	0.7052	0.7802	0.8625	0.9520	1.0486	1.1505	1.2542	1.3587	1.4635
0.7000	0.8620	0.6421	0.7052	0.7756	0.8532	0.9380	1.0297	1.1283	1.2302	1.3331	1.4365	1.5401
0.7250	0.8370	0.7103	0.7762	0.8493	0.9294	1.0164	1.1104	1.2100	1.3114	1.4132	1.5153	1.6176
0.7500	0.8120	0.7820	0.8507	0.9262	1.0087	1.0979	1.1938	1.2935	1.3938	1.4944	1.5951	1.6958
0.7750	0.7870	0.8573	0.9284	1.0064	1.0911	1.1823	1.2796	1.3783	1.4773	1.5764	1.6755	1.7747
0.8000	0.7620	0.9360	1.0096	1.0898	1.1765	1.2697	1.3669	1.4642	1.5616	1.6591	1.7566	1.8542
0.8250	0.7370	1.0180	1.0940	1.1763	1.2650	1.3595	1.4551	1.5508	1.6466	1.7424	1.8383	1.9342
0.8500	0.7120	1.1030	1.1813	1.2657	1.3562	1.4500	1.5439	1.6380	1.7320	1.8261	1.9203	2.0146
0.8750	0.6870	1.1907	1.2710	1.3571	1.4482	1.5406	1.6329	1.7253	1.8177	1.9102	2.0027	2.0952
0.9000	0.6620	1.2806	1.3626	1.4498	1.5403	1.6312	1.7220	1.8128	1.9036	1.9944	2.0853	2.1762
0.9250	0.6370	1.3724	1.4557	1.5433	1.6325	1.7217	1.8110	1.9002	1.9895	2.0787	2.1680	2.2572
0.9500	0.6120	1.4658	1.5498	1.6370	1.7247	1.8123	1.9000	1.9877	2.0753	2.1630	2.2507	2.3384
0.9750	0.5870	1.5605	1.6447	1.7307	1.8168	1.9029	1.9890	2.0751	2.1612	2.2473	2.3334	2.4195

ILUSTRACIÓN 7. IMAGEN ILUSTRATIVA TABLA DE SONDAS. FUENTE

<https://www.marineinsight.com/guidelines/how-and-why-to-take-manual-sounding->

Medición del nivel por sonda

Para realizar este tipo de sondeo, se debe introducir la cinta de la sonda por el tubo de sondeo y bajar hasta llegar a tocar el fondo del tanque con la plomada. Con este proceso la cinta mide la profundidad del líquido almacenado en el tanque que se comparara con el valor de sondeo en la tabla de sondas.

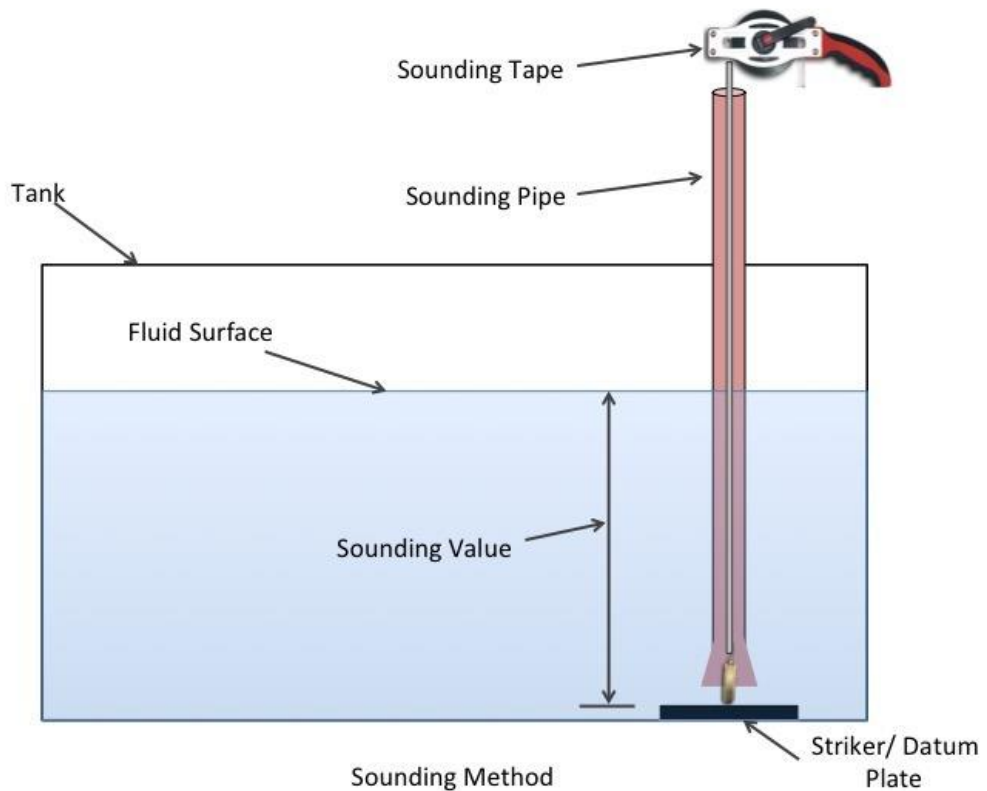


ILUSTRACIÓN 8. IMAGEN ILUSTRATIVA SONDEO POR SONDA COMPLETA. FUENTE

[HTTPS://WWW.MARINEINSIGHT.COM/GUIDELINES/HOW-AND-WHY-TO-TAKE-MANUAL-SONDING-](https://www.marineinsight.com/guidelines/how-and-why-to-take-manual-sounding-)

Medición del nivel mediante el cálculo del Ullage del tanque

Cuando se mide el nivel por el método de vacío, la cinta de sondeo se inserta solo hasta que la plomada toque alguna parte de la superficie superior del fluido. En lugar de medir toda la profundidad del tanque, solo se mide el espacio libre desde la parte superior del tubo de sondeo hasta la superficie del líquido. Este método es conveniente si el nivel del líquido en el tanque es más alto. En tanques de petróleo pesado y fluidos viscosos, este método no estropea toda la cinta de sondeo y evita una lectura falsa.

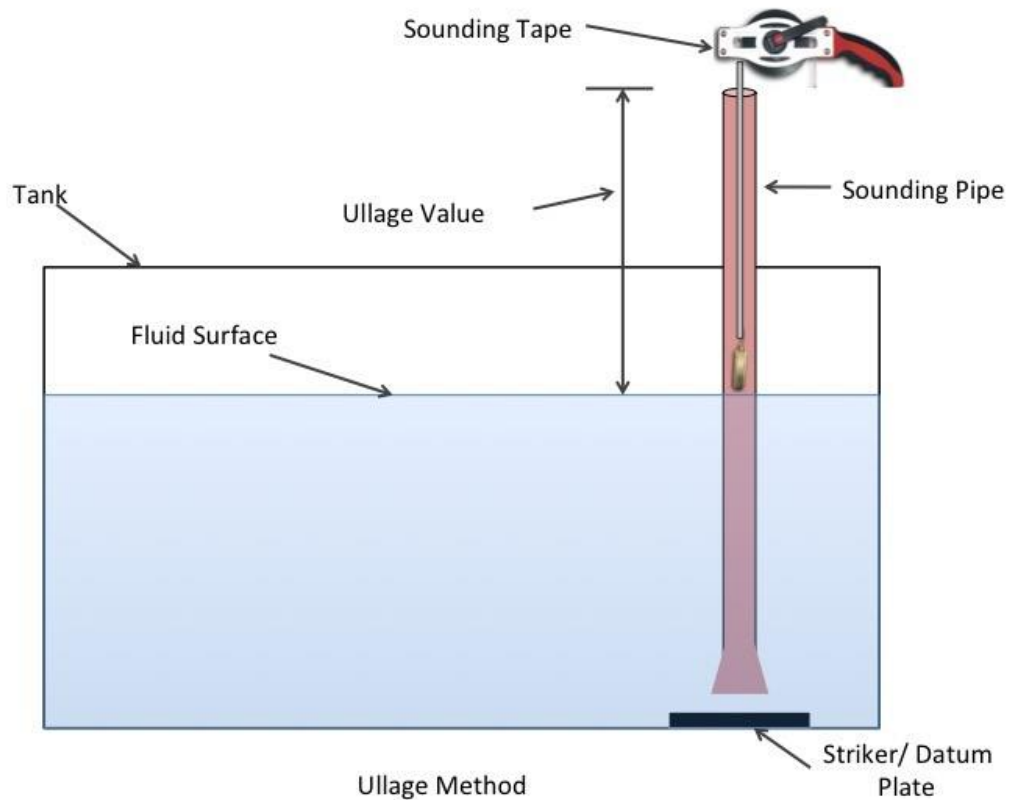


ILUSTRACIÓN 9. IMAGEN ILUSTRATIVA SONDE POR ULLAGE. FUENTE

[HTTPS://WWW.MARINEINSIGHT.COM/GUIDELINES/HOW-AND-WHY-TO-TAKE-MANUAL-SOUNDING-](https://www.marineinsight.com/guidelines/how-and-why-to-take-manual-sounding-)

Para realizar correctamente el sondeo de un barco utilizando la cinta de sondeo se deberán seguir los siguientes pasos:

- Asegúrese de que la plomada esté bien sujeta con la cinta con un gancho de correa. Asegúrese de que la cinta no se dañe en ningún punto intermedio para evitar que se caiga la lenteja o la cinta dentro de la tubería.
- Conozca la última lectura del tanque para tener una idea aproximada de si tomar sondeo o vacío.
- Aplicar pasta de detección de agua/petróleo para obtener lecturas exactas.
- Deje caer la cinta dentro de la tubería y asegúrese de que golpee la placa del percutor.
- Enrolle la cinta y verifique la impresión de pasta y luego observe el sonido
- Verifique el asiento y la escora del barco para leer la lectura correcta del contenido volumétrico del barco.
- Anotar el sondeo en el libro registro con la firma del oficial a cargo

Parada de emergencia: El botón de parada de emergencia es esencial en caso de que ocurra cualquier situación que ponga en peligro la realización del bunkering.



ILUSTRACIÓN 10. IMAGEN ILUSTRATIVA PARADA DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA.

La activación del ESD incluye la inmediata parada de las bombas en el buque que suministra el producto y el cierre de las válvulas de la misma. Los botones de parada de emergencia se encuentran localizados en diferentes localizaciones para poder así realizar una actuación rápida en caso de emergencia. Es recomendable siempre proveer al buque que recibe la carga de un botón de parada de emergencia para pueda ser cualquiera de los dos buques capaz de detener el funcionamiento de las bombas.

Reducciones: Debido a el diseño estándar de las mangueras y los diferentes tipos de buques a los que se le suministra, es necesario en ocasiones conectar una reducción entre la manguera de suministro y el manifold del buque que recibe el producto debido a la diferencia de pulgadas entre ambos.

En las líneas de gasoil se suele recurrir a una toma de 4" y en la conexión para fuel oil de 6" pudiendo encontrar barcos con diferentes conexiones que rondan desde las 3" a las 12".



ILUSTRACIÓN 11. IMAGEN ILUSTRATIVA REDUCCION 4" A 3". ELABORACIÓN PROPIA.

Detector de Gas: Los detectores de gases inflamables se han de llevar en todo momento por el personal que trabaja en cubierta para detectar posibles pérdidas o acumulación de gases.



ILUSTRACIÓN 12. IMAGEN ILUSTRATIVA DETECTOR DE GASES. ELABORACIÓN PROPIA.

Las tres consideraciones principales suelen ser:

- Vigilar si hay suficiente oxígeno
- Monitor de gases explosivos
- Supervisión de gases tóxicos en función de los límites higiénicos.

El oxígeno y los gases explosivos se determinan fácilmente como necesarios para monitorear, pero decidir qué gases tóxicos monitorear depende del tipo de tanque y recipiente. Estos detectores de gas funcionan solo cuando el aire circundante tiene al menos un 10% de oxígeno para evitar la acumulación de alquitrán y combustible sin quemar. El sensor puede

llegar a durar hasta cuatro años, pero es muy sensible y puede romperse fácilmente si el monitor se golpea o se cae.

La mayoría de los detectores de gas tienen solo una vida útil de 3 años

Flow meter: Equipo de vital importancia para el suministro del producto, el cual se encarga de contabilizar la cantidad que se le suministra al buque.



ILUSTRACIÓN 13. IMAGEN ILUSTRATIVA FLOW METER ACCULOAD III. ELABORACIÓN PROPIA.

Para medir la cantidad exacta de líquido que se ha enviado durante la transferencia de utiliza un medidor de flujo. Tienen una pantalla visual, que puede ser mecánica o digital, para

que se pueda leer la medición. Los medidores de flujo se usan en una variedad de aplicaciones de transferencia de fluidos y, por lo tanto, aunque siempre se usan para medir el fluido, las formas en que funcionan son ligeramente diferentes.

Con un medidor de flujo de combustible de disco oscilante, el fluido entraría en la entrada del medidor donde entra en contacto con el disco montado excéntricamente. Este disco gira a lo largo del eje vertical en el que se coloca el disco y, al hacerlo, proporciona una indicación de la cantidad de fluido que ha pasado por el medidor.

Los medidores de flujo de combustible de engranajes ovalados usan al menos dos engranajes que giran en ángulo recto entre sí creando una forma de T. Los dientes de los dos engranajes siempre engranan en el centro del medidor de flujo, asegurando que ningún fluido pase por este punto. A medida que el fluido empuja contra los engranajes y hace que giren, mueve el fluido retenido en la cámara de medición hacia la salida del medidor. Mientras esto ocurre, el fluido que ingresa a la entrada será conducido a la otra cámara de medición que ahora está abierta, ya que la cámara anterior se cierra. Los imanes en los engranajes giratorios luego transmiten una señal a un interruptor de láminas eléctrico para medir el flujo.

Un medidor de flujo de combustible de turbina convierte la acción mecánica de la turbina que gira en el fluido alrededor de un eje en un caudal. A medida que el fluido impacta sobre las palas de la turbina, pone en movimiento el rotor, y cuando se alcanza una velocidad de rotación constante, es proporcional a la velocidad del fluido.

5.4. Seguridad

El capitán antes de iniciar cualquier actividad consultará, el informe meteorológico, para asegurarse que las condiciones son adecuadas para la realización de la transferencia. El capitán comprobará, antes de empezar la maniobra, que el estado de la mar y del viento son adecuados para la realización del trasiego, el capitán posee la potestad para suspender el trasiego de combustible, informando al otro buque de tal decisión.

En caso de una situación potencialmente peligrosa el sistema de bombas se parará usando el ESD (Emergency Stop Device). El objetivo de este es eliminar las fuentes de ignición para reducir el riesgo de explosión o incendio durante el proceso de bombeo. Las siguientes situaciones pueden iniciar el uso del ESD:

- Presión caudal temperatura
- Perdida de instrumentos de presión

- Perdida de electricidad
- Fallo en la bomba
- Detección de gas
- Detección de fuego
- Buque que recibe fuera de rango generado drift o desplazamiento.

6. OPERACIONES BUNKERING

A continuación, se dará un pequeño repaso de la actividad del bunkering desglosando como se realizan dichas operaciones.

6.1. Pre-Bunkering

Engloba todas las operaciones previas al suministro o bunkering.

Estando atracados en un muelle a la espera el capitán realiza llamada a puerto para cambiar atraque, operación de atraque teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas, como el viento y la corriente, el buque de combustible debe maniobrar junto al buque receptor de forma segura.

El amarre al buque al cual se suministrará se completa cuando todas las líneas de amarre están conectadas de forma correcta y tensadas para garantizar que el buque de combustible esté asegurado de manera segura al buque receptor. Las líneas de amarre adicionales tendrán que estar listas para usar en cualquier momento si así se requiriera.

Supervisión de las líneas de amarre las líneas de amarre deberán estar bajo supervisión durante la operación. Se debe prestar especial atención al repostar un buque con carga y descarga de vehículos pesados o con carga y descarga de contenedores que pueden provocar un movimiento vertical rápido en el buque receptor. Conexión de mangueras y papeles.

6.2. Bunkering

Engloba todas las operaciones desde el abarloe de los dos buques hasta la parada de las bombas de suministro.

El proceso de comienza una vez finalizada correctamente la maniobra de abarloe con la conexión del enlace de comunicación entre los dos barcos, el cual puede ser por VHF o por comunicación directa entre los tripulantes de ambos barcos.

Se entregará toda la documentación necesaria por los dos buques para el comienzo del suministro en puerto entre barcos.

Los operarios de cubierta realizaran el trabajo de acople de las mangueras de suministro entre los dos barcos.

Después de recibir los documentos firmados, se permite abrir primero las válvulas manuales del búnker. Es importante comprobar que las válvulas de la tolva controladas a distancia estén cerradas comprobando visualmente el indicador de la válvula antes de abrir las válvulas manuales.

La bomba sumergida en el tanque del barco de abastecimiento de combustible está controlada por un convertidor de frecuencia. El convertidor de frecuencia, junto con la "línea de retroceso" en el sistema de tuberías, permite que el barco de abastecimiento se adapte a un diseño diferente en el barco receptor ajustando el flujo de fuel. El flujo se controla aún más con válvulas de control de regulación de flujo de medidores de flujo.

Los transmisores de presión, flujo y temperatura se colocan tanto en el abastecimiento de combustible como en el barco receptor para monitorear el proceso de abastecimiento de combustible. Cerca de las estaciones de abastecimiento habrá un armario eléctrico con indicadores.

Cuando se confirma que las válvulas manuales están abiertas y que el personal se encuentra fuera de la zona de transferencia inmediata, ambos barcos confirman que están listos para comenzar el abastecimiento de combustible dando una señal de listo por VHF o un enlace de comunicación opcional.

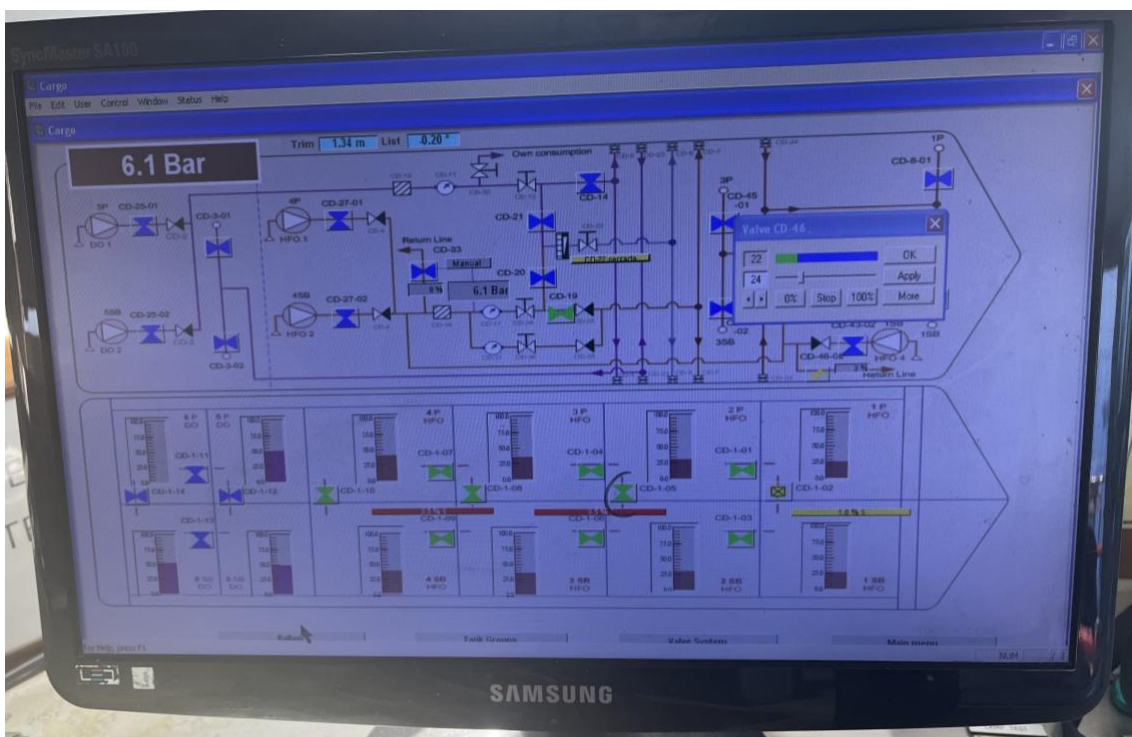


ILUSTRACIÓN 14. IMAGEN ILUSTRATIVA SISTEMA DE CONTROL CARGA Y DESCARGA. ELABORACIÓN PROPIA.

Secuencia de arranque de la bomba

Una vez que se dan las señales de listo y el personal está fuera del área del búnker, las bombas de carga se pueden encender y aumentar de manera controlada hasta que se logre la velocidad de transferencia de inicio acordada. Esta secuencia debe ser monitoreada de cerca en ambos barcos para detectar posibles fugas, comportamiento de mangueras y equipos y funciones del sistema. Si se detecta algún problema o sospecha de problemas, la transferencia debe detenerse de inmediato y no reiniciarse hasta que se realicen controles y acciones satisfactorias. La tasa de transferencia de la secuencia de inicio debe mantenerse durante un tiempo acordado, dando tiempo para monitorear y también calentar el sistema

Este procedimiento se debe realizar para cada tanque que se va a llenar, independientemente del tipo de combustible.

Suministro de combustible

Cuando la secuencia de arranque de la bomba se completa sin comentarios, las bombas de carga pueden continuar aumentando de manera controlada hasta que se logre la tasa acordada bajo supervisión y monitoreo constantes del equipo y el sistema. Esta tasa se puede retener durante la transferencia hasta casi alcanzar la cantidad acordada. La transferencia se monitoreará en ambos barcos con respecto a la presión del sistema, el volumen del tanque y el comportamiento del equipo.

Este procedimiento debe realizarse para cada tanque independientemente del tipo de combustible

Cuando el Flow meter del buque indique que se ha alcanzado el nivel requerido, el abastecimiento de combustible finalizará. Después del abastecimiento de combustible, el sistema de tuberías y las mangueras se deben purgar, después de este proceso se pueden desconectar las mangueras entre los barcos.

6.3. Post-Bunkering

En este apartado detallaremos todas las operaciones que se realizan después del bunkering.

El líquido que quede en las mangueras de la tolva, después de que las bombas se hayan detenido, debe drenarse antes de la desconexión. Las válvulas más cercanas a las conexiones del múltiple en ambos barcos deben cerrarse cuando se complete la purga.

Las válvulas, en ambos colectores, se deben cerrar cuando se purguen las mangueras. Primero se deben cerrar las válvulas de control remoto y luego las válvulas manuales.

Las líneas de combustible, en el barco receptor, se pueden desconectar después de que las líneas se hayan purgado de líquido y las válvulas estén cerradas. Con el uso de equipo de protección como guantes y ropa ignífuga, los acoplamientos de conexión rápida deben desconectarse con atención al posible goteo de combustible. Las mangueras deben conectarse a la grúa del barco de combustible y soltarse del soporte en el barco receptor. La grúa devolverá las mangueras al buque de combustible donde se estiban en su lugar correspondiente.

El buque bunker deberá entregar un documento, en 2 ejemplares, en el que conste claramente la cantidad y calidad del combustible transferido, firmado por el oficial responsable. Ambas copias deben ser firmadas por el personal del buque receptor. Un documento firmado que debe mantenerse uno a bordo del buque suministrador y el otro documento a bordo del buque receptor durante un periodo de 3 meses.

El enlace de comunicación, si está disponible, debe desconectarse y devolverse al buque de combustible.

Después de transferir los documentos, puede comenzar la secuencia de desamarre. Las amarras se sueltan, se retiran y se almacenan bajo la supervisión del oficial responsable y teniendo en cuenta las condiciones del viento y la corriente. Las defensas deben retraerse y guardarse cuando el buque de combustible se haya alejado con seguridad del buque receptor. El radar debe activarse antes de la salida.

El buque de combustible debe tener un control constante de las posiciones de tráfico circundantes durante el desamarre y la salida.

6.4. Bombeo

Una vez todos los documentos tanto de la gabarra como los del buque que solicita el suministro se encuentren firmados y sellados por ambas partes, se establezca un medio de comunicación entre los dos barcos, la manguera este correctamente conectada y los manifold abiertos se procederá a el arranque de las bombas de suministro.

El bombero encargado del suministro tendrá que estar en todo momento pendiente del estado de la manguera por si pudieran aparecer torceduras o elementos que puedan dañar la misma, el bombero también debe tomar las muestras necesarias para los dos barcos.

Desde el puente el oficial de guardia es el encargado de introducir la cantidad que se va a suministrar en el Flow Meter dicha cantidad ha de estar en m³, también de controlar la presión de la línea tanto como la apertura de la válvula de retorno de la bomba la cual es la encargada de regular la salida de fuel de las misma generando mayor o menor ratio de bombeo.

Una vez el contador Flow meter recuente la cantidad previamente acordada a suministrar se detendrán las bombas y se procederá al soplado y desconexión de la manguera para su posterior estiba en nuestro buque.

6.5. Carta de protesta

En algunos casos el buque que recibe el producto puede reportar una vez finalizado en bombeo y realizado los cálculos por sonda en sus tanques que las cantidades suministradas no concuerdan, la gabarra en estos casos no puede realizar ningún bombeo extra o modificación de documentación ya que al contar con un Flow meter la compañía da por correcta esa cantidad y finalizada cualquier disputa relacionada con las cantidades, en estos casos el buque puede realizar una carta de protesta con la inconformidad de la cantidad de producto suministrado.

Existen diferentes tipos de cartas de protestas:

- Protesta de la diferencia.
- Protesta de carga muerta.
- Protesta de temperatura.
- Protesta de tasa de carga o descarga baja.
- Superación de la cantidad máxima acordada.

6.5.1. Carta de Protesta LETTER OF PROTEST:

Las Cargas Líquidas son mercancías valiosas y negociables. Por lo tanto, la propiedad de un paquete particular de carga química puede seguir cambiando. Los propietarios temporales buscan proteger el interés de su carga. Por lo tanto, la posibilidad de un reclamo de carga contra el propietario del barco es alta. El capitán debe proteger los intereses del propietario de la carga entregando la carga al propietario legítimo, cuando el receptor presente el conocimiento de embarque original.

Negociación de reclamos de B/L (Bill of loading): estos reclamos se pueden utilizar en caso de discrepancia entre la cifra del BDN y la cifra de llegada del barco al de descarga.

Puede haber reclamos debido a la falta del "factor de experiencia" del barco. La cifra de BDN puede ser una aproximación cercana a la cifra del barco de carga, pero la reclamación puede ser por "pérdida en tránsito". La causa de esto debe establecerse revisando de nuevo el lastre a bordo, los tanques adyacentes, calados y asientos, revisando nuevamente los vacíos, la temperatura de la carga en diferentes vacíos, el uso de diferentes termómetros y el recálculo de la carga.

En estas circunstancias, se debe considerar la precisión de las calibraciones de los tanques, los métodos de medición y el equipo. Si aún existe discrepancia, se debe emitir una 'Carta de protesta', especialmente si es superior al 0,5%. La cual solo se debe firmar como "ONLY RECEIVED"

Protesta de la diferencia

Tras la presentación del B/L, el peso de la carga indicado en el conocimiento de embarque debe compararse con la medida de espacio libre del buque. En caso de cualquier desviación del peso B/L de las cifras del barco, se debe emitir una protesta por la diferencia y dirigirse al transportista. La protesta generalmente se firma "solo recibido".

Cuando la diferencia entre el conocimiento de embarque y las cifras del buque en el puerto de descarga es superior al 0,5 %, el inspector normalmente dirigirá una protesta adecuada al buque. Esta protesta siempre debe estar firmada como 'Solo recibido'. El capitán no debe firmar ningún B/L que se desvíe más del 0,5 % de la cifra del buque sin consultar con la oficina de gestión.

LETTER OF PROTEST BUNKER DISCREPANCY

Vessel: xxxxxx	Date Completed Bunkering: 00/00/0000
Port: xxxxxx	Berth: xxxxxx

To Barge XXXX

1, Chief Engineer of the above named vessel, hereby give formal notice and lodge a protest on behalf of my vessel's Owners, Charterers and/or other interested parties. I hold you responsible for any consequences arising from the events described below. I also reserve the right to amend this Letter Of Protest (LOP) at a later date and to take action as may be deemed necessary.

Bunker grade	LSMGO
Supplier's figures	70.000 M/T
Ship's figures	65.500 M/T
Difference	-4.500 MT

Remarks

Short of quantity supplied by barge XXXX

Signatures

Date/Local Time
Signature, Chief Engineer

ILUSTRACIÓN 16. IMAGEN ILUSTRATIVA CARTA DE PROTESTA POR CANTIDAD. ELABORACIÓN PROPIA.

6.6. Toma de Muestras Samples:

Una parte muy importante en el proceso del bunkering es la toma de muestras de los productos que se están bombeando.

Durante el suministro el bombero ha de recoger las muestras Marpol tal como se detalla en las normas del Manual ISGOTT. Las tomas de muestras se realizarán normalmente manteniéndose el sistema cerrado utilizando un cubitainer.

Además de las muestras de comienzo de carga, se deberán tomar en el transcurso de la operación de carga, sobre todo si se realizan cambios de tanques. Deberán ser tomadas utilizando el método de goteo y en el manifold para cogerlas y comprobar la bondad del producto.

En caso de que las muestras de productos tomadas en el manifold se detectara presencia de agua, se comunicara al otro buque, procediendo a parar toda operativa de carga. Se deberán enviar las muestras para su análisis, si se demuestra la presencia de agua en el producto bombeado en este caso Fuel Oil se procederá a un des-bunkering retirando toda la mercancía con presencia de agua o alguna sustancia no usual, siendo este mismo un proceso lento y costoso para ambos buques afectados.



ILUSTRACIÓN 17. IMAGEN ILUSTRATIVA MUESTRAS DE FUEL OIL ALMACENADAS. ELABORACIÓN PROPIA.

7.FUTURO

Como brevemente se había introducido antes el LNG es a mi opinión una buena forma de reducir las emisiones de Sox y Nox.

En el año 2015 las emisiones permitidas de Sox SULFURO de buques navegando entre Emission Control Area (ECA) se vio reducido drásticamente. Debido a esto se ha incrementado el uso de VLSO lo cual es más caro. Algo que podría hacer al LNG más competitivo, económica y ecológicamente para su uso generalizado produciendo a su vez un cambio en el bunkering actual.

La contaminación del transporte marítimo

Emisiones de CO2 **totales** por tipo de flota y **medias** por embarcación* (2019)

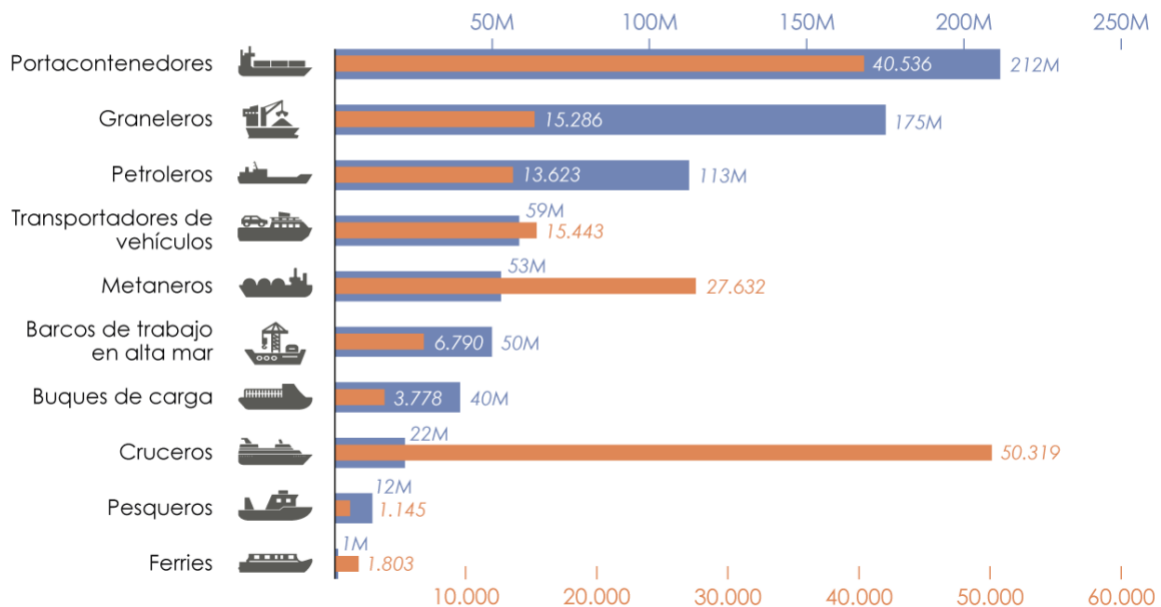


ILUSTRACIÓN 18. IMAGEN ILUSTRATIVA CONTAMINACIÓN DEL TRANSPORTE MARÍTIMO. FUENTE

[HTTPS://ELORDENMUNDIAL.COM/MAPAS-Y-GRAFICOS/CONTAMINACION-BARCOS/](https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/contaminacion-barcos/)

En el 2016 las nuevas reglas sobre NOx fueron introducidas drásticamente por la IMO, lo que significa que solo unos niveles de estas emisiones son permitidos en la llamada TIER III level. Esta regulación solo se aplica a buques construidos posteriormente a la salida de la norma, lo cual el LNG hace posible cumplir dichas reglas.

Los beneficios medio ambientales del LNG son mucho mejores de los mencionados en la norma anterior. Actualmente no hay regulaciones sobre la emisión de partículas de

dióxido de carbono en la marina mercante. Pero es más que posible que dichas restricciones puedan ser introducidas en un futuro cercano haciendo al LNG la mejor alternativa. Desde que el gas natural posee los mismos componentes que el BIOGAS (una forma natural de producir gas de energías renovables) eso hace posible cambiar LNG por LBG, por lo que el LNG también podría servir como un puente para el uso del LBG renovable.

Las expectativas, lejos de reducir esas emisiones, prometen que crecerán significativamente si no se controlan, ya que se espera que la demanda de transporte marítimo aumente un 250% de aquí a 2050.

Ante esta tendencia, la IMO limitó el contenido máximo de azufre de los combustibles al 0,5% para el año 2020 y recientemente ha acordado que las emisiones de CO₂ se deberán reducir en al menos un 40% de aquí a 2030. Y el sector parece haber encontrado la solución para cumplir con esos objetivos en el empleo del gas natural licuado (GNL).

Este combustible, según datos de la Asociación Ibérica de Gas Natural para la Movilidad, reduce totalmente las emisiones de azufre y partículas, un 85% los óxidos de nitrógeno y un 25% las de CO₂.

La principal razón es que en la actualidad el transporte marítimo apenas supone el 3% de las emisiones globales de dióxido de carbono. En bruto, esta cifra puede parecer inofensiva, pero comparada con otras fuentes de emisión cobra relevancia: la aviación, un medio de transporte con cuya contaminación la sociedad está mucho más concienciada, acumula el 2% de las emisiones de CO₂ globales, un punto porcentual menos, mientras que si ubicamos el transporte marítimo en la escala nacional, sería el sexto país más contaminante del mundo, solo por detrás de Estados Unidos, China, Rusia, India y Japón.

Precisamente por esa falta de fiscalización, se estima que los barcos podrían generar hasta el 17% del total de emisiones en 2050 si el sector continúa esquivando la regulación. El aplazamiento de la descarbonización podría dar lugar a una paradoja enorme: gran parte del suministro necesario para la transición verde desde las aspas de las turbinas eólicas hasta las baterías para los vehículos eléctricos sería transportado a bordo de enormes barcos portacontenedores impulsados con combustibles fósiles y por lo tanto muy contaminantes, de forma que la reconversión ecológica no sería limpia al cien por cien.

7.1. Gas Natural Licuado.

En la mayoría de los casos, el buque alimentado con GNL necesitará tanto GNL como algún tipo de gasóleo para la propulsión. El barco tiene motores de gas puro y motores de diésel puro. En algunos casos el buque utiliza motores de combustible dual, este tipo de motores necesitan usar pequeñas cantidades de diésel para poder prender el gas. En ambos casos se utilizan GNL y gasóleo como combustibles para realizar bunkering en el cual influyen las siguientes regulaciones.

Código IGC de la OMI - (Código internacional de gas), Reglas para el buque de combustible

Directrices provisionales de IMO IGF - (Combustible de gas internacional), Reglas para el buque receptor

El Código IMO IGC es la regulación internacional para buques gaseros y por lo tanto será válido para el buque bunker. Para el buque receptor, el buque que utiliza GNL como combustible, las directrices provisionales del IGF son las reglamentaciones que deben utilizarse. Las pautas del IGF se denominan provisionales ya que aún no están finalizadas. Se espera que el contenido de este trabajo pueda proporcionar a la OMI a través del grupo de trabajo del IGF llamado BLG (Gases líquidos a granel), información y soluciones para implementar el abastecimiento de combustible en el futuro IGF Código. Con los estándares internacionales sobre el abastecimiento de combustible de barco a barco, los sistemas se pueden hacer cumplir de manera más efectiva y la logística de suministro de combustible de GNL se puede distribuir más ampliamente.

El abastecimiento de GNL de barco a barco es una forma de transferencia de GNL y, por lo tanto, se han considerado las directrices del ISGOTT. Las pautas del ISGOTT se centran en la transferencia de GNL a gran escala desde los buques metaneros, tanto para la transferencia a la terminal como para la transferencia de GNL de barco a barco.



ILUSTRACIÓN 19. IMAGEN ILUSTRATIVA BUNKERING DE GAS NATURAL LICUADO. ELABORACIÓN PROPIA.

Bombeo del gas a presión en lugar de bombas

Un tanque de GNL se puede vaciar usando una alta presión dentro del tanque en lugar de usar una bomba. Este hecho hizo que investigara si un aumento de la presión en el tanque de carga de GNL podría transferir el GNL al mismo ritmo que con una bomba criogénica normal de pozo profundo.

El sistema exige que tanto el tanque de carga como el tanque de combustible de recepción puedan manejar una alta presión de aproximadamente 10 bar. También existe un mayor riesgo de liberación no deseada de metano a través de las válvulas de seguridad debido a la alta presión.

Una o dos mangueras flexibles lograrán las conexiones entre las dos naves; una manguera de llenado de líquido y una manguera de retorno de vapor si es necesario.

Las mangueras de transporte de GNL deben estar claramente marcadas con colores de acuerdo con un sistema definido, de modo que no haya riesgo de utilizar un tipo de manguera incorrecto. La manguera debe ser revisada visualmente y debe estar dentro de la última fecha de reemplazo antes de todas las operaciones de transferencia. Las mangueras deben estar en buenas condiciones, tener el tamaño y la longitud adecuados para cada

transferencia específica y deben estar sujetas para evitar sobreesfuerzos o rozaduras durante la transferencia. Preferiblemente, el número de mangueras diferentes debe mantenerse al mínimo.

Inertización de Líneas de Búnker

El barco receptor debe inertizar las líneas de combustible antes de la salida, lo que significa que la secuencia de inertización debe comenzar tan pronto como se desconecten las mangueras del colector y funcionar hasta que las líneas estén libres de gas. No es necesario inertizar el buque de combustible antes de la salida ya que las mangueras están conectadas al estacionamiento de mangueras y están ventiladas. El proceso de inertización se puede realizar después de la salida del barco receptor. Para evitar el riesgo de olvidarse de inertizar las mangueras de combustible, debe haber una sección de inertización en la lista de control posterior al combustible que debe verificarse dentro de los 10 minutos posteriores a la salida y una señal de alarma en el tablero de distribución principal si la válvula de inertización no se ha activado dentro de 60 minutos desde la parada de las bombas de carga.

Luego se conectarán las mangueras para el trasvase de fuel. La utilización de dos mangueras es necesario debido al gran aumento de presión que se genera en los tanques al bombear LNG, por lo que con una segunda manguera el gas natural regresa a la gabarra equilibrando así la presión en ambos tanques.

La bomba sumergida en el tanque del barco de abastecimiento de combustible está controlada por un convertidor de frecuencia. El convertidor de frecuencia, junto con la "línea de retroceso" en el sistema de tuberías, permite que el barco de abastecimiento se adapte a un diseño diferente en el barco receptor ajustando el flujo de LNG. El flujo se controla aún más con válvulas de control de regulación de flujo de medidores de flujo.

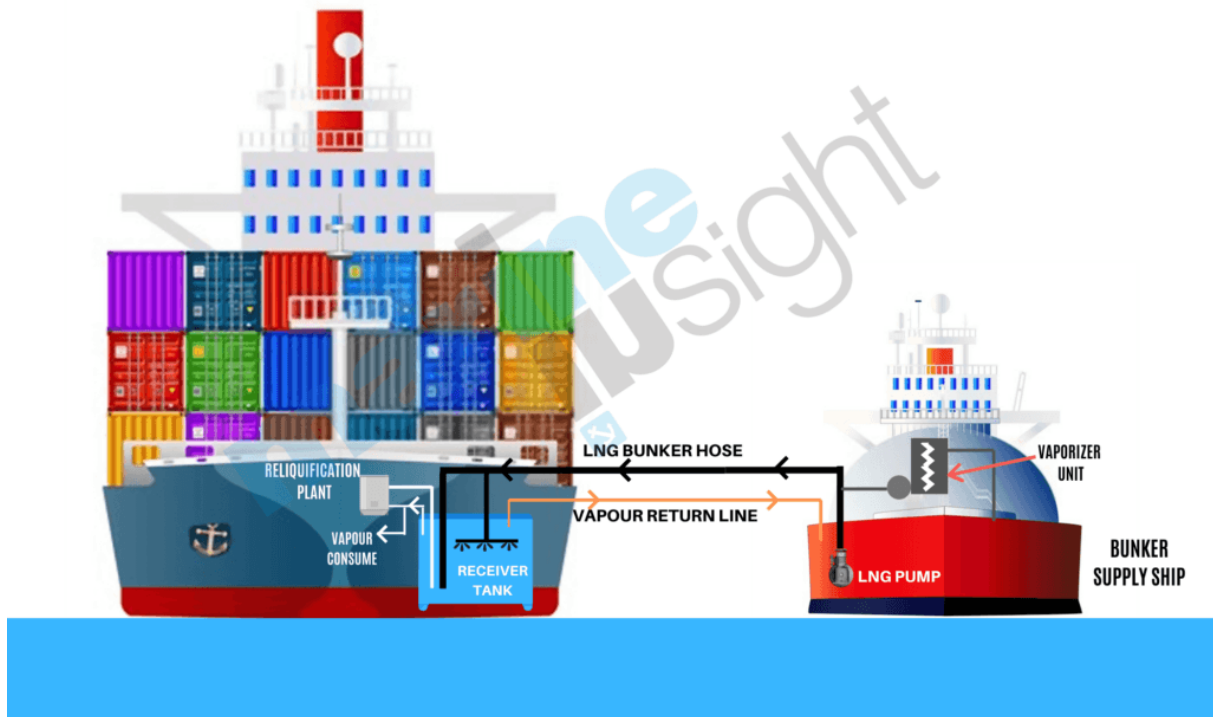


ILUSTRACIÓN 20. IMAGEN ILUSTRATIVA LÍNEAS DE BUNKERING NECESARIAS PARA GAS NATURAL LICUADO. FUENTE

[HTTPS://WWW.MARINEINSIGHT.COM/GUIDELINES/LNG-BUNKERING-PROCEDURE-OF-SHIPS-EXPLAINED/](https://www.marineinsight.com/GUIDELINES/LNG-BUNKERING-PROCEDURE-OF-SHIPS-EXPLAINED/)

El mercado para el LNG como combustible marino tiene unas expectativas de crecimiento muy significativo durante los próximos años. El repostaje entre buques se debe realizar dentro de unos tiempos muy reducidos y específicos para cumplir con los horarios de navegación de cada buque los cuales solo realizan parada en puerto para la descarga de contenedores, la carga o descarga de vehículos y pasajeros. Estas condiciones no dan margen para el error y cada operación debe ser realizada de forma segura en cada una de las ocasiones.

Afortunadamente, las compañías que realizan trabajos de bunkering utilizando LNG mantienen unos excelentes estándares los cuales cuentan con uno de los récords de seguridad más altos en comparación con cualquier otro sector de transporte marítimo. Los 50 años de historia del LNG en buques han demostrado sin ninguna duda que el gas natural licuado puede ser transportado de forma segura y eficiente. Estos registros han podido llevarse a cabo utilizando unas tripulaciones bien formadas y una tecnología efectiva y segura.

7.2. Barcos eléctricos.

Otra de las vías para reducir drásticamente las emisiones producidas por los buques es la fabricación o modificación de los buques actuales a buques eléctricos utilizando grandes baterías para alimentar todo el buque y su propulsión, actualmente esta es una opción para buques de trayectorias cortas como fast ferry, buques de pasajeros de ida y vuelta o gabarras que realizan bunkering dentro o fuera de puerto, pero no para largas travesías o navegaciones transoceánicas.

Para esta opción el buque dispondría de unas baterías de gran capacidad las cuales serían recargadas desde tierra cada vez que el buque regresara de su corto recorrido.

Esta técnica está empezando a utilizarse en barcos de pasajeros en los países nórdicos los cuales hacen trayectorias cortas con salidas muy frecuentes por lo que el buque siempre toca tierra para cargar las baterías eliminando por completo el uso de cualquier combustible ya sea líquido o gasificado.



ILUSTRACIÓN 21. IMAGEN ILUSTRATIVA BUQUE JAPONES PROPULSADO POR BATERÍAS. FUENTE

[HTTPS://WWW.MARINELINK.COM/NEWS/JAPANS-ASAHI-TANKER-START-SHIP-FUELLING-495802](https://www.marinelink.com/news/japans-asa-hi-tanker-start-ship-fuelling-495802)

En la ilustración anterior aparece el primer buque propulsado completamente por la energía de baterías designado para realizar tareas de bunkering en Japón, este diseño es completamente respetuoso con el medio ambiente y abre el camino hacia un bunkering mucho menos contaminante.

La utilización de un barco con energía de batería tiene unos beneficios ambientales muy destacables, pero también tiene beneficios operativos. La energía de las baterías da como resultado una experiencia más tranquila y fluida para los miembros de la tripulación, así como un entorno sin olor en comparación con los buques que funcionan con combustibles fósiles.

Las baterías requieren menos mantenimiento y trabajo manual para que sigan funcionando, en comparación con motores convencionales que usan combustibles fósiles.

Si utiliza un sistema de propulsión a batería, en comparación con el sistema de motor convencional, no necesita tantos ingenieros para mantenerlos en funcionamiento.

7.3 Factores que influyen en el mercado en 2022

La importancia de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y CO₂, junto con la promoción del cambio a fuentes alternativas de combustibles verdes, es un tema que la industria discute con frecuencia para trabajar hacia el objetivo de la neutralidad de carbono.

En febrero, la OMI organizó un simposio en línea para resaltar la importancia de reducir las emisiones de carbono dentro de la industria. Los oradores de la industria, así como los representantes gubernamentales, describieron y abordaron las diversas opciones de combustible que están actualmente disponibles para quienes trabajan en el sector marítimo.

El secretario general de la OMI, Kitack Lim, discutió la importancia de lograr cero emisiones de carbono. “Para alcanzar un futuro bajo y cero carbono para el transporte marítimo, necesitaremos nuevas tecnologías, nuevos combustibles e innovación. Ya se está llevando a cabo una investigación y desarrollo emocionantes en combustibles marinos con bajo contenido de carbono o sin carbono”, “La OMI quiere acelerar aún más este tipo de iniciativas al proporcionar un foro mundial para compartir conocimientos y crear asociaciones entre las partes interesadas, entre los sectores público y privado, no solo en la industria del transporte marítimo y los puertos, sino también en los bancos privados y de desarrollo, y la academia a nivel internacional, a nivel nacional y local”. La opinión pública también juega un

papel cuando se trata de impulsar la introducción del uso de combustibles más ecológicos dentro de la industria.

Debido a la actual crisis que azota a Europa y el mundo entero por el precio del Gas Natural Licuado en mi opinión posible que muchos proyectos para el uso de LNG en buques se vean retrasados o incluso cancelados debido al alto costo económico que conllevaría el uso de gas para consumo propio, abriendo un camino más fácil hacia el uso del LBG en lugar del GNL o la construcción de buques con propulsión a baterías siempre que estos sean de rutas cortas. Al mismo tiempo se está viendo un gran aumento de movimiento de LNG por vía marítima a países del norte de Europa ya que su ruta normal que eran las tuberías subacuáticas como el north stream 1 ya no realizan su labor y esto hace necesario que buques cargados con LNG de países de América o África transporten dicho producto hacia Europa.

8. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este proyecto ha sido establecer un procedimiento de bunker de barco a barco seguro y eficiente en el tiempo, que abarque toda la operación de bunker, con el proceso de bunker operativo.

Este estudio ha demostrado que el abastecimiento de GNL de barco a barco es, de hecho, una solución adecuada para proporcionar combustible de búnker respetuoso con el medio ambiente a barcos más grandes que, con suerte, se abrirán para una mayor utilización de GNL o LBG en el transporte marítimo.

A la misma vez cabe destacar la irrupción en el mercado de nuevas y más potentes baterías eléctricas que hacen posible la construcción de buques que utilizan únicamente la energía de baterías para su funcionamiento y propulsión.

Otra gran incógnita para el futuro del LNG es su actual precio alterado por la situación de guerra que atraviesa Europa y hace que su coste sea muchísimo más alto que unos años atrás.

9. CONCLUSIONS

The main aim with this project has been to establish a safe and time efficient ship to ship bunkering procedure for LNG, encompassing the entire bunkering operation, with both the operational bunkering process and the technical solutions that are needed.

This study has showed that LNG bunkering ship to ship is indeed a suitable solution to provide environmentally friendly bunker fuel to larger ships which hopefully will open for more utilization of LNG or LBG in shipping.

At the same time, it is worth noting the irruption in the market of new and more powerful electric batteries that make it possible to build ships that use only battery energy for their operation and propulsion.

Another great unknown for the future of LNG is its current price, which has been altered by the war situation in Europe and makes its cost much higher than it was a few years ago.

10. BIBLIOGRAFIA

1. Guía Internacional de Seguridad para Buques Petroleros y Terminales (ISGOTT 6) 6a Edición 2020
2. ISM CODE
3. IMO REGULACIONES
4. "¿Cómo y por qué llevar el sondeo manual a bordo?". [En línea]
Avaliable: <https://www.marineinsight.com/guidelines/how-and-why-to-take-manual-sounding-on-a-ship/>
5. "¿Cuánto contamina cada tipo de barco?". [En línea]
Avaliable: <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/contaminacion-barcos/>
6. "Noticias de abastecimiento de GNL". [En línea]
Avaliable: <https://www.lngindustry.com/tag/lng-bunkering-news/>
7. "Bunkering, opciones escalables de abastecimiento de GNL". [En línea]
Avaliable: <https://www.klawlng.com/bunkering/>
8. "El petrolero Asahi de Japón comenzará a repostar barcos con el primer petrolero eléctrico del mundo". [En línea]
Avaliable: <https://www.marinelink.com/news/japans-asahi-tanker-start-ship-fuelling-495802>

11. Anexos

01.- Anexo I. Pre-Checklist.

BUNKERING PRE-CHECKLIST

AL CAPITÁN/JEFE DE MÁQUINAS

Por favor, rellene el siguiente formulario y devuélvanoslo con los archivos adjuntos solicitados

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del barco		IMO	
Está el barco en condición de lastre?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No	Freeboard (m)	
Volumen de Bunker a ser descargado (MT)		Producto	<input type="radio"/> IFO 380 <input type="radio"/> IFO 180 <input type="radio"/> _____
Razón para el bunker			
Parámetro fuera de especificaciones (Off spec)	1. _____		4. _____
	2. _____		5. _____
	3. _____		6. _____

MANIFOLD

¿Tiene equipo propio para bombear?	<input type="radio"/> So <input type="radio"/> No	Rate de bombeo en M3/h?	
¿Localización del colector?			
¿Tamaño de la conexión del colector?			

SOLICITUD

<p>¿Necesita nuestra asistencia para el bombeo con bombas portátiles?</p>	<p><input type="radio"/> Yes</p> <p><input type="radio"/> No</p>								
<p>Si la respuesta es si, por favor rellene las siguientes cuestiones</p>									
<p>Distancia del fondo del tanque a la barandilla lateral (m)</p>	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>								
<p>¿Cuál es la temperatura máxima capaz de calentar?</p>	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>								
<p>¿Está el buque equipado con grúas?</p>	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%; text-align: center;">SWL</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%; text-align: center;">¿Es capaz de llegar desde la grúa a la boca de acceso de los depósitos nominados?</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>		SWL				¿Es capaz de llegar desde la grúa a la boca de acceso de los depósitos nominados?		
		SWL							
	¿Es capaz de llegar desde la grúa a la boca de acceso de los depósitos nominados?								
<p>¿Hay algún obstáculo en la cubierta para llegar desde la grúa al tanque nominado?</p>	<p><input type="radio"/> Si</p> <p><input type="radio"/> No</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>								
<p>¿Existe una conexión eléctrica en la cubierta?</p>	<p><input type="radio"/> Si</p> <p><input type="radio"/> No</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Voltaje y frecuencia</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>		Voltaje y frecuencia						
	Voltaje y frecuencia								

02.- Anexo I. Check-List Bukering.

	ITMS A SER CHEQUEADOS	BARCAZA SUMINISTRO		BARCO	
		SI	NO	SI	NO
1	¿Están las defensas revisadas y en buen estado?				
2	¿Están el buque a suministrar y la barcaza de suministro bien amarrados?				
3	¿Están el petrolero y la barcaza listas para moverse por sus propios medios, respectivamente? ?				
4	¿Se ha completado la solicitud de bunkering correctamente?				
5	¿Se vigilarán los tanques a intervalos regulares (indique los nombres del personal de servicio asignado)? a) Barcaza :_ b) Buque: _				
6	¿Ha acordado el plan de precarga del buque, la presión máxima de la línea, rate de transferencia y el volumen a entregar? Inicial Max. Presión en la línea _ _ _ bar				
7	a) ¿Se han comprobado visualmente las mangueras de transferencia y se encuentran en buen estado de funcionamiento, debidamente aparejadas y con todos los orificios de las bridas completamente atornillados?				

	b) Fecha de la última prueba de presión de las mangueras del búnker				
8	a) ¿Existe aislamiento eléctrico entre la barcaza y la conexión del buque, según corresponda? b) Fecha de la última prueba de aislamiento eléctrico____ _____				
9	¿Hay personal de guardia constante en las estaciones de búnker durante la entrega? (a) Barcaza: _ _____ b) Barco: _ _____				

10	¿Se han acordado los tiempos estimados para los medidores de llenado y de parada? a) Tiempo estimado para parar el bombeo para los medidores de llenado: _ _ _____ b) Tiempo estimado para cesar el bombeo para el manómetro de parada: _ _ _____				
11	¿Están cerradas todas las tapas de los depósitos?				
12	¿Se han sellado las conexiones no utilizadas?				
13	¿Se ha colocado el aviso de entrega requerido?				
14	¿Todo el personal que participa en las operaciones de abastecimiento de				

	combustible utiliza el equipo de protección personal adecuado?				
15	¿Se respetan las restricciones sobre el consumo de tabaco y el uso de luces desnudas?				
16	¿Está el equipo de extinción de incendios colocado y listo para su uso inmediato?				
17	¿Se ha colocado el equipo de respuesta a derrames de petróleo de emergencia junto a ambas conexiones de manguera?				
18	¿Están cerradas todas las puertas exteriores y portillos del alojamiento?				
19	¿Están desconectados los aparatos de aire acondicionado de ventana (si están instalados)?				
20	¿Están cerradas las tomas de aire acondicionado para evitar la entrada de vapores?				
21	a) ¿Se ha establecido una comunicación eficaz entre la barcaza y el buque? b) ¿Las radios de comunicación portátiles o los walkie-talkies utilizados son de un tipo aprobado?				
22	¿Has acordado las señales de emergencia y los procedimientos de parada?				
23	¿Existe un acceso seguro entre el petrolero y el buque?				

24	¿Los imbornales y desagües de a bordo están bien tapados?				
25	<p>a) ¿Se dispone de suficiente iluminación para realizar las operaciones durante las horas de oscuridad?</p> <p>b) En caso negativo, ¿se utilizan linternas de mano de un tipo aprobado?</p>				

REGISTROS DE CONTROLES REPETITIVOS:

FECHA:			
HORA:			
INICIALES PARA EL BUQUE:			
INICIALES PARA LA BARCAZA:			

Declaración

Los abajo firmantes hemos cubierto conjuntamente todos los puntos de esta lista de comprobación y nos hemos cerciorado de que las anotaciones que hemos hecho son correctas a nuestro leal saber y entender.

También hemos acordado y tomado medidas para que se realicen controles repetitivos, según sea necesario, de los elementos codificados con una "R" en la lista de comprobación, a intervalos no superiores a _ _ horas.

Para la barcaza de suministro	Para el Barco
Nombre:	Nombre:
Firma:	Firma:
Sello:	Sello:
Fecha:	Fecha:

Permiso de divulgación del Trabajo Final de Grado

El alumno **Saul Burgos Muñiz**, autor del trabajo final de Grado titulado “**Bunkering: actualidad y camino hacia un futuro sostenible**”, y tutorizado por el/los profesor/es **Nombre y apellidos del tutor/es**, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFG), manifiesta que **PERMITE** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado, y siempre con el consentimiento de su/s tutor/es, por parte de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, del Departamento de Náutica y Transporte Marítimo de la Universidad de La Laguna, para que pueda ser consultado y referenciado por cualquier persona que así lo estime oportuno en un futuro.

Esta divulgación será realizada siempre que ambos, alumno y tutor/es del Trabajo Final de Grado, den su aprobación. Esta hoja supone el consentimiento por parte del alumno, mientras que el profesor, si así lo desea, lo hará constar en futuras reuniones, una vez finalizado el proceso de evaluación del mismo.

Nota: Este documento será obligatorio presentarlo como última hoja del documento final del TFG

