

Procedimientos de Carga y Descarga

Trabajo Fin de Grado
Grado en Náutica y Transporte Marítimo
Julio de 2021

Autor:
Pablo A. Ballesteros Santana

Tutor:
Prof. Dr. ANTONIO C. BERMEJO DIAZ

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

D/D^a. **Antonio C. Bermejo Diaz**, Profesor de la Universidad de La Laguna, perteneciente al Departamento de ingeniería agraria, náutica, civil y marítima:

Certifica que:

D. Pablo A. Ballesteros Santana con **DNI 79062412G**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **OPERACIONES DE CARGA Y DESCARGA**

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 9 de Julio de 2021.

Fdo.: Antonio C. Bermejo Diaz.

Director del trabajo.

Ballesteros Santana, Pablo A. (2021). *Procedimientos de Carga y Descarga*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

RESUMEN

El presente trabajo pretende explicar los procedimientos generales aplicados en las operaciones de carga y descarga que se desarrollan en los buques petro-quimiqueros. Para este propósito hare uso de la información y la experiencia adquirida durante los 5 meses de embarque ininterrumpidos que realicé a bordo del buque tanque LOUKAS I.

En referencia al contenido del trabajo, este se centrará en las operaciones de carga y descarga, así como el estudio de los componentes implicados durante el desarrollo de las operaciones, procedimientos y normativas de aplicación.

En primero lugar detallaré las especificaciones técnicas del buque LOUKAS I. En segundo lugar, expondré los equipos implicados en las operaciones de carga y descarga para finalmente desarrollar los procedimientos de carga y descarga junto con los protocolos llevados a cabo durante todos los tramos de las operaciones.

El resultado esperado es realizar una guía de cómo se realizan las operaciones de carga y descarga a bordo de los buques tanque, con el fin de ayudar a la comprensión de los elementos implicados en la carga y descarga, así como su operatividad.

ABSTRACT

After 5 months working as cadet on board of the Chemical tanker ship “LOUKAS I” I had the opportunity of been in many operations, most of them loading and discharges of different kind of cargoes but not the only ones.

Chemical Tankers Ships are vessels built to transport cargoes with special handling and required a high level of training to carry out the operations successfully.

The principal aim of this work is to explain the different process involved on operations of loading and discharges. Finally, I will create a basic guide with the purpose of help to understand the different elements implicated on board of this vessel and the principals' operations on board of tanker ships.

This work Will start describing the vessel LOUKAS I and which ones are the technical specifications of this kind of vessels. Then, I Will explain the equipment that we can find on board and its functions during the operations of discharges and loading.

Finally, with the help of the all the information and experiences acquired during my period as cadet, I Will create the procedures of loading and discharges and all the attached process that we can find in these operations. All the procedures are going to be substantiated on the maritime regulation and international agreements that rules involved with the management of cargoes on board of chemical tankers (SOLAS, ISGOTT, MARPOL, etc)

Índice del TFG

Introducción	5
1. ESPECIFICACIONES DEL BUQUE	6
2. ESTRUCTURAS Y ESQUIPOS DE CARGA Y DESCARGA	9
2.1. TANQUES DE CARGA	9
2.2. LINEAS DE CARGA	13
2.3. MANIFOLDS.....	15
2.4. BOMBAS DE DESCARGA.....	18
2.4.1. BOMBAS DE EMERGENCIA.....	21
2.5. SONDA- RADAR	24
2.6. ALARMAS DE NIVEL (HI & HI-HI)	26
2.7. TUBOD DE SONDA.....	27
2.8. VÁLVULAS P/V	28
2.9. VÁLVULAS DE IG (INERT GAS)	32
2.10. SISTEMA DE GAS INERTE.....	34
2.10.1. Especificaciones técnicas del sistema.	36
2.11. CONTROL DE CARGA.....	38
2.11.1 CALCULADOR DE CARGAS Y ESFUERZOS.....	38
2.11.2. MONITOR DE VACÍOS	40
2.11.3 MONITOR DE LAS BOMBAS DE DESCARGA.	41
2.11.4 PANEL DE CONTROL DE LAS BOMBAS.	42
2.11.5 PANEL DE LAS ALARMAS DE HI LEVEL Y OVERFILL.....	43
2.11.6. PANEL DE CONTROL DE LAS VÁLVULAS DEL LASTRE.	44
2.12. MEDIOS DE LASTRE.....	46

2.12.1. TANQUES Y BOMBAS DE LASTRE.....	46
2.12.2 SONDAS DE LASTRE.....	49
3. ELEMENTOS DE LIMPIEZA.....	49
3.1 CAÑONES DE LIMPIEZA.....	51
4. OPERACIONES DE CARGA Y DESCARGA.....	54
4.1 TERMINALES.....	54
4.2. OBJETIVOS DE LAS OPERACIONES.....	56
4.3. OPERACIÓN DE CARGA.....	57
4.4. PROCEDIMIENTO DE DESCARGA.....	62
4.5. LIMPIEZA DE LOS TANQUES.....	65
Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.

Índice de ilustraciones.

Ilustración 1: plano de distribución de buque Loukas I cedido por la compañía.....	10
Ilustración 2: Ilustración 2: interior de los tanques. Fuente: archivos de pablo ballesteros....	12
Ilustración 3: interior de los tanques. Fuente: archivos de pablo ballesteros.....	12
Ilustración 4: plano de distribución de las líneas de carga. Fuente: planos del buque gemelo Mattheos I.	13
Ilustración 5: imagen de la cubierta. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.....	14
Ilustración 6: representación del manifold y crossover.....	16
Ilustración 7: imagen de los Manifolds. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros	17
Ilustración 8: imagen del crossover. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.....	18
Ilustración 9: imagen del asiento del motor eléctrico y la conexión con la brida. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.	19
Ilustración 10: imagen del motor eléctrico. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.	20
Ilustración 11: esquema de la bomba y sistema de stripping. Fuente: manual del buque gemelo Mattheos I.	21
Ilustración 12: Imagen del trípode y cabestrante de las bombas de emergencia. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros	22
Ilustración 13: imagen de la conexión de las mangueras a la bomba de emergencia. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros	23
Ilustración 14: imagen de la conexión de las mangueras a la bomba de emergencia. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros	23
Ilustración 15: imagen de la conexión de las mangueras a la línea hidráulica. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros	23
Ilustración 16: imagen de la sonda radar. Fuente: archivo de Pablo Ballesteros.	25
Ilustración 17: imagen del monitor de la sonda-radar. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros	25
Ilustración 18: Alarma de nivel de la cubierta principal: Fuente: archivo de Pablo Ballesteros.	27
Ilustración 19: Equipo UTI. Fuente: archivos de Pablo Ballestero.....	28
Ilustración 20: imagen de las válvulas de presión. Fuente: archivos Pablo Ballesteros.	30
Ilustración 21: imagen del P/V Breaker de popa. Fuente: archivo de Pablo Ballesteros	31
Ilustración 22: imagen de la válvula principal de nitrógeno. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.	33

Ilustración 23: Imagen de la válvula de nitrógeno de el tanque 7P. Fuente: archivo de Pablo Ballesteros.	33
Ilustración 24: imagen del sistema informático NAPA. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros	39
Ilustración 25: imagen del monitor de vacíos. Fuentes: archivos de Pablo Ballesteros.....	40
Ilustración 26: imagen del monitor de vacíos. Fuentes: archivos de Pablo Ballesteros.....	41
Ilustración 27. imagen del monitor de las bombas de descarga. Fuente: archivos Pablo Ballesteros.	42
Ilustración 28: imagen del panel de control de las bombas. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros	43
Ilustración 29: imagen del panel de control del hi-level y overfill. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.	44
Ilustración 30: imagen del monitor de las válvulas del lastre. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.	45
Ilustración 31: imagen de los solenoides de las válvulas accionadas por acción hidráulica. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.	46
Ilustración 32: imagen del programa informático NAPA con la representación gráfica de los tanques de lastre. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.	48
Ilustración 33: imagen de los planos de distribución de los tanques de lastre. Fuente: Planos del buque gemelo Mattheos I	49
Ilustración 34: imagen de las bombas de limpieza. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros. .	51
Ilustración 35: imagen de una unidad de lavado scanjet. Fuente: http://serimport.com/product/1608/	53
Ilustración 36: máquina de lavado del Slop de estribor. Fuente: archivos Pablo Ballesteros.	54
Ilustración 37: imagen de la terminal de St Croix, Limetree bay. Fuente: archivo de Pablo Ballesteros.	55
Ilustración 38: tabla de compatibilidad de la carga. Fuente: archivo proporcionado por la empresa.	66

Introducción

La demanda de hidrocarburos derivada de la industrialización supuso un enorme desarrollo del tráfico marítimo a nivel mundial. En el año 2002, el 59% de la producción mundial de petróleo se transportó en buques tanques, en 2009, el 35% de la flota mundial de mercante estaba formada por petroleros. Esto, se debe al papel estratégico del petróleo y sus derivados en la economía global. Por tanto, las operaciones de carga y descarga son un gran condicionante de la economía mundial y por ello son llevadas a cabo bajo estrictas medidas de seguridad que serán detalladas a lo largo del presente trabajo. [1]

Para el desarrollo del transporte de hidrocarburo las operaciones de carga y descarga son esenciales y suponen un punto crítico dado los riesgos que conllevan y la naturaleza de la carga. Para llevarlas a buen término es necesario el conocimiento profundo de las características del buque, así como los equipos de abordaje y el comportamiento de los mismos.

1. ESPECIFICACIONES DEL BUQUE

Este navío está construido con un doble casco que se extiende por toda la eslora de carga y zona de combustibles. En cuanto a sus dimensiones este cuenta con una eslora de 182.83 m, una manga de 32.20 m, y un puntal desde la quilla hasta la antena de 43.70 m. Dispone de un calado máximo de verano en el medio de 12,017 m, de invierno 11,767 m y tropical 12,267 m. En relación al tonelaje este cuenta con un registro internacional neto de 13025 Tm y un registro internacional bruto de 27207 Tm, además de un peso muerto de 39999 Tm.

La sección de carga está formada por 18 tanques, 2 Slops que pueden ser utilizados como tanques de carga adicionales o como tanque residual y por último un tanque residual. Estos tanques están designados de forma descendente de proa a popa por parejas en la siguiente disposición: 1P-1S, 2P- 2S, 3P-3S, 4P-4S, 5P-5S, 6P-6S, 7P-7S, 8P-8S, 9P-9S. Incluyendo los Slops que se designan de la siguiente manera: SLP - SLs, en su totalidad el buque tiene una capacidad de carga de 52051.9 m³.

En la sección de carga también se encuentran situados los tanques de lastre, el buque cuenta con 12 tanques de lastre a los costados más un tanque en la proa (Fore peak). Estos están divididos en parejas, al igual que los tanques de carga y son designados en sentido descendente de proa hacia popa de la siguiente forma: 1PW-1SW, 2PW-2SW, 3PW-3SW, 4PW-4SW, 5PW-5SW, 6PW-6SW. Cabe mencionar que es posible enlazar la línea de lastre con el colector de estribor por medio de una conexión, esto permitiría lastrear, por medio del colector de estribor, los tanques de carga en caso de emergencia.

El sistema de descarga está formado por 18 bombas eléctricas, una por cada tanque, con un caudal máximo de 500 m³/h, 2 bombas eléctricas en los slops de menor dimensión con un caudal máximo de 100 m³/h y 1 bomba eléctrica para el tanque residual con un caudal máximo de 35 m³/h.

El C.C.R (Cargo Control Room), es el lugar designado para la supervisión y operatividad de las operaciones, desde este punto podemos controlar de forma remota gran parte del sistema carga/descarga, lastre y el sistema de gas inerte. Además, podemos encontrar el equipo informático empleado para el diseño de los planes de carga/descarga. De igual manera, encontramos el panel de control de las bombas; el panel de control del lastre, desde el cual podemos controlar de forma remota las válvulas de los tanques de lastre; el panel de las alarmas de high level y overfill (95% y 98%); es sistema ODME; el panel de control del gas inerte; los repetidores de la sonda de los tanques, etc. Cabe mencionar que desde el control también se encuentra el botón de paro de emergencia y también desde ahí podemos encender cualquiera de las 3 bombas de contra incendio que se encuentran en el buque. [2]

Para reducir el nivel de oxígeno (O₂), dentro de los tanques y así neutralizar el triángulo de fuego, haciendo casi imposible que se produzca una combustión, el buque cuenta con una planta generadora de gas inerte, esta proporciona nitrógeno (N₂), a los tanques hasta que la proporción de oxígeno es menor al 8%, favoreciendo así a la seguridad de la operación.

En cuanto a los medios de propulsión, el buque "LOUKAS I", cuenta con un motor principal MAN B&W 6S50 MC-C de 9480KW. Es un motor de 2 tiempos, con 6 cilindros en línea y tubo alimentado, capaz de proporcionar una velocidad máxima de 15 nudos. Además, cuenta con un Bowthruster WARTSILA de 1000 KW de tipo túnel, 4 aspas, operado por un motor eléctrico.

A continuación, se muestran las características técnicas del buque facilitadas por la empresa, además de información más detallada de los equipos abordo. [2]

SHIP'S PARTICULARS

SHIP'S NAME	"LOUKAS I"	CALL SIGN	C4FD2	
SHIP'S TYPE	OIL AND CHEMICAL TANKER	IMO CLASS: IMO II	FLAG: CYPRUS	
PLACE AND YEAR BUILT	ULJANIK SHIPBUILDING; PULA; CROATIA; 19 APRIL 2006			
OFFICIAL/IMO/LRN NUMBER	9281580 (Consultores de navegacion, 2006)	MMSI	212522000	
CLASS SOCIETY	LLOYD'S	P&I	BRITANNIA	
CLASSIFICATION				
+ 100A1 Double Hull Oil and Chemical Tanker, Ship Type 2, S.G. 1.23, ESP, *IWS, LI, SPM. +LMC, IGS, UMS, NAV1. With Descriptive Notes: ETA, COW, PL, SBT. Shipright (SDA, FDA / 20 years, CM)				
SHIP PHONES, FAX, INMARSAT C NUMBERS AND EMAIL				
PHONE VSAT	+1 206 274 8920 (MASTER)	PHONE VSAT	+47 210 387 91 (BRIDGE)	
PHONE VSAT	+44 203 145 4010 (C.C.R.)	PHONE FBB	+870 773 156 393 (BRIDGE)	
FAX		+870 764 592 325		
INMARSAT C (1)		421 252 210 (EMERGENCY)		
INMARSAT C (2)		421 252 211		
EMAIL		capt.loukas@uniwardshipping.com		
OWNER	UNIWARD SHIPPING COMPANY LTD. 284 Arch. Makairos III Avenue. Fortuna Court, Block B 2 nd Floor. Limassol 3105. CYPRUS	OPERATOR	MARFLET MARINE S.A. C/ Antonio Maura 16. 28014 Madrid.	
			PHONE	+34 91 532 8301
			FAX	+34 91 521 8890
			EMAIL	ops.marfletmarine.com
SHIP'S DESCRIPTION				
LENGTH OVERALL	182.83 m	DISTANCES TO CENTRE MANIFOLD FROM		
LENGTH B.P.	174.80 m	BRIDGE	67.86 m	
BREADTH	32.20 m	BOW	88.40 m	
DEPTH. moulded	17.50 m	AFT	94.43 m	

(FROM KEEL TO ANTENNAS)		43.70 m			
DRAFT & DISPLACEMENT				TANKS AND CAPACITIES (m³)	
				CARGO TANKS, FILLED AT 98%	
TROPICAL FRESH	11.192 m	50573 MT		1 P	2819.4
FRESH	11.192 m	50573 MT		1 S	2818.4
TROPICAL	10.946 m	50573 MT		2 P	2645.1
SUMMER	10.946 m	50573 MT		2 S	2635.5
WINTER	10.946 m	50573 MT		3 P	2746.2
FRESH WATER ALLOWANCE	0.246 m			3 S	2747.2
LIGHTSHIP	10574 MT			4 P	2769.6
SUMMER DWT	39999 MT			4 S	2779.2
TONNAGE				5 P	2749.2
INTERNATIONAL GROSS TONNAGE	27207			5 S	2748.2
INTERNATIONAL NET TONNAGE	13025			6 P	2779.2
SUEZ GROSS TONNAGE	28743,74			6 S	2769.6
SUEZ NET TONNAGE	26058,58			7 P	2748.2
PANAMA NET TONNAGE	22613			7 S	2749.2
MAIN ENGINE				8 P	2769.5
MAN B&W 6S50 MC-C				8 S	2779.1
9480KW	12713 HP	TRIAL SPEED 15.6 Knots		9 P	2970.1
BOWTHRUSTER				SLOP P	965.0
WARTSILA	1000 KW	1341 HP		RESIDUAL	126.0
TYPE: TUNNEL, 4 BLADED, CPP HYDR. OPERATED, ELEC. MOTOR				TOTAL WITHOUT SLOPs	
				49985.4	
				TOTAL WITH SLOPs	
				52051.9	
				BALLAST TANKS CAPACITY	
				20963.5 m³	
				FRESH WATER	
				TANK CLEANING	
				477.6 m ³	
				BOILER AND CREW	
				334.1 m ³	
				FUEL OIL CAPACITY (FILLED AT 98%)	
				1950.78 m ³	
				DIESEL OIL CAPACITY (FILLED AT 98%)	
				398.51 m ³	

2. ESTRUCTURAS Y ESQUIPOS DE CARGA Y DESCARGA

En este apartado detallaré los elementos y equipos implicados en las operaciones de carga y descarga en el buque tanque “LOUKAS I”, además, explicaré las funciones y procedimientos de trabajo que se llevan a cabo para la realización segura de las operaciones.

La variedad de productos que el buque puede transportar está delimitada por la clase, IMO tipo 2, en concordancia con la descripción del buque y la compatibilidad de la carga con el revestimiento de los tanques. Asimismo, el buque dotado de un sistema de carga/descarga capaz de adaptarse a las necesidades de estiba del producto. Debido a esto el buque es capaz de operar tanto con cargas limpias, es decir, productos con una densidad relativa inferior a 0.9; como con cargas sucias, es decir, productos con una alta densidad relativa y viscosidad como el crudo. Para el transporte de este tipo de cargas el buque cuenta con serpentines de calor distribuidos por los tanques que permiten mantener la carga a una temperatura adecuada y segura para su transporte.[2][3]

A continuación, se describirán los elementos estructurales y equipos esenciales que permiten la realización de las operaciones de carga y descarga.

2.1. TANQUES DE CARGA

Los mamparos transversales estancos que forman los compartimientos principales dividen el buque en:

- Fore peak (Peak de proa)
- 9x2 tanques de carga
- 2 Slop tank, 1 tanque residual
- Tanques de almacenamiento del H.F.O
- Sala de maquinas
- Peak de popa

Los tanques de carga están distribuidos de forma simétrica a lo largo de la sección de carga, es decir, cada banda cuenta con 9 tanques de carga y un slop. Cabe mencionar que los slops pueden ser utilizados como tanques de carga, si así es requerido, o para el almacenamiento de residuos oleosos tras las operaciones de limpieza. El tanque residual está situado a la altura del slop de babor y este es empleado para el almacenamiento residuos.

Los tanques de carga son una parte integral del casco del buque, la parte superior del doble fondo sumado a las planchas laterales, la cubierta principal y los mamparos transversales

forman los tanques. Estos están contruidos sin ningún refuerzo en su interior ya que, los refuerzos de los costados se encuentran en los tanques de lastre y los refuerzos en la cubierta se hayan por encima de los tanques.

El fondo de los tanques es plano, es decir, sin elevación del piso, y tiene el pozo de succión ubicado en la esquina de popa de los tanques de carga y decantación.

La disposición estructural de los tanques de carga y el doble fondos se basa en un escuadre longitudinal. Los escantillones de la estructura del tanque de carga se determinan para una carga completa de peso específico de 1.23t/m^3 o 1.53t/m^3 a un máximo relleno del 80%.

Todos los mamparos transversales y longitudinales son corrugados y estancos al aceite. El acceso a los tanques tiene forma elíptica. El interior de los tanques está protegido por *Sigmadur epoxy* para los taques destinados al transporte de derivados del petróleo y *Zinc Sylicate* para los tanques destinados para el transporte de químicos, estos revestimientos de silicato de zinc, en particular los de tipo inorgánico, son muy resistentes a los disolventes fuertes y normalmente toleran temperaturas más altas que las pinturas de epoxy.

En cuanto a la distribución de los tanques, como ya hemos mencionado, estos se encuentran asignados en parejas de dos en sentido descendente desde la proa hacia la popa de la siguiente forma: 1P-1S, 2P- 2S, 3P-3S, 4P-4S, 5P-5S, 6P-6S, 7P-7S, 8P-8S, 9P-9S. Además, cuenta con los dos Slops: SLP – SLs, y el R.O.T en la banda de babor. [2]

A continuación, se muestra la distribución de los tanques de carga por medio de los planos de distribución cedidos por el buque tanque “LOUKAS I”.

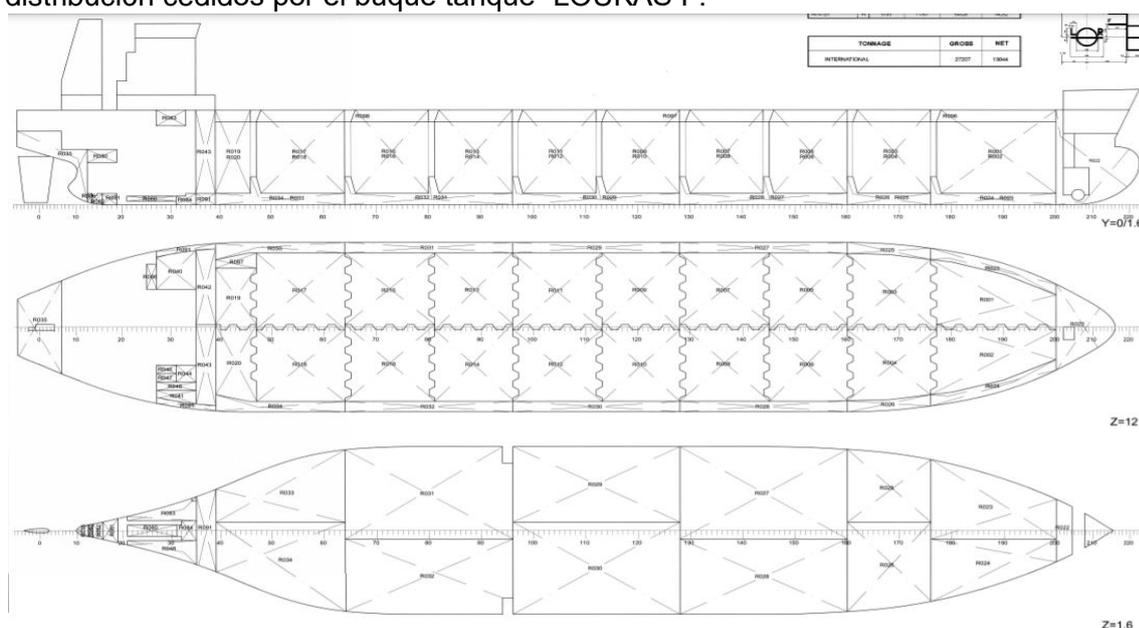


Ilustración 1: plano de distribución de buque Loukas I cedido por la compañía.

Asimismo, por medio las siguientes tablas se muestran las capacidades de los tanques al 100% y al 98%.

- cargo tank No. 1 PS&SB	(2 x 2868,34)	5736,68 m ³
- cargo tank No. 2 PS&SB	(2 x 2704,57)	5409,14 m ³
- cargo tank No. 3 PS&SB	(2 x 2830,60)	5661,20 m ³
- cargo tank No. 4 PS&SB	(2 x 2830,60)	5661,20 m ³
- cargo tank No. 5 PS&SB	(2 x 2830,60)	5661,20 m ³
- cargo tank No. 6 PS&SB	(2 x 2830,60)	5661,20 m ³
- cargo tank No. 7 PS&SB	(2 x 2830,60)	5661,20 m ³
- cargo tank No. 8 PS&SB	(2 x 2830,60)	5661,20 m ³
- cargo tank No. 9 PS&SB	(2 x 3023,83)	6047,66 m ³
- slop tank 1 PS		981,48 m ³
- slop tank 1 SB		1100,49 m ³
- residual tank 1 PS		119,01 m ³
	Total cap (100%)	53,361,66 m³

Tabla 1: capacidad de los tanques al 100%. Fuente: manual del buque gemelo Mattheos I.

TANKS AND CAPACITIES (m³)			
CARGO TANKS, FILLED AT 98%			
1 P	2819.4	1 S	2818.4
2 P	2645.1	2 S	2635.5
3 P	2746.2	3 S	2747.2
4 P	2769.6	4 S	2779.2
5 P	2749.2	5 S	2748.2
6 P	2779.2	6 S	2769.6
7 P	2748.2	7 S	2749.2
8 P	2769.5	8 S	2779.1
9 P	2970.1	9 S	2962.5
SLOP P	965.0	SLOPS	1101.5
RESIDUAL	126.0		
TOTAL WITHOUT SLOPs			49985.4
TOTAL WITH SLOPs			52051.9

Tabla 2: capacidad de los tanques al 98%. Fuente: ficha técnica del buque.

En el interior de los tanques podemos ver:

- Mamparos corrugados de forma longitudinal y transversal que separan los tanques y proporcionan mayor resistencia estructural.
- El bajante de la línea de carga
- La bomba eléctrica centrífuga sumergida
- El pozo de succión situada ubicado en la esquina de popa de los tanques de carga y decantación.
- Serpientes de calefacción.



Ilustración 2: Ilustración 2: interior de los tanques. Fuente: archivos de pablo ballesteros.

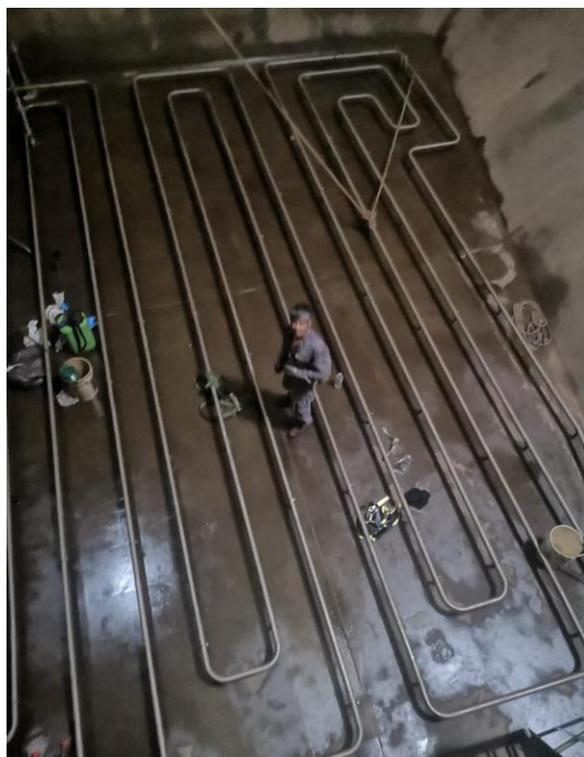


Ilustración 3: interior de los tanques. Fuente: archivos de pablo ballesteros.

2.2. LINEAS DE CARGA

Las líneas de carga están construidas en acero inoxidable y se encuentra repartidas a lo largo de toda la sección de carga. Estas están recubiertas con *Sigmadur 550*, pintura capaz de resistir las condiciones ambientales a las que están expuestas las líneas.

La función principal del entramado de líneas de cargas sobre la cubierta es transportar el producto procedente de la terminal a los tanques o viceversa. Para ello, las líneas están conectadas a los colectores de babor y a los Manifolds. Cabe señalar, que para cada una de las bajadas de los tanques se encuentran dispuestas válvulas intermedias de tipo mariposa de acción manual, la función de estas es esencial en las operaciones de carga, pues ellas, cortan o permiten el paso del producto al interior de los tanques. Asimismo, la conexión de las bombas con las líneas de carga se hace por medio de válvulas de mariposa de acción hidráulica, esta, es accionada desde el control de carga y es esencial para las operaciones de descarga. Todas las líneas están testeadas para soportar una presión máxima 18 bares. [2]

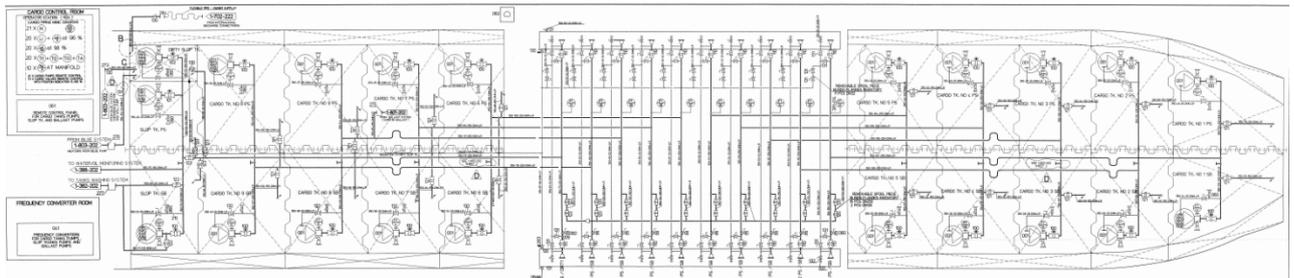


Ilustración 4: plano de distribución de las líneas de carga. Fuente: planos del buque gemelo Mattheos I.



Ilustración 5: imagen de la cubierta. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.

2.3. MANIFOLDS

Gracias a los Manifolds, el buque Loukas I, está capacitado para cargar varios productos simuladamente. Los Manifolds o también denominados colectores están situados en el centro de la cubierta, a cada banda el buque cuenta con 10 colectores con un diámetro nominal de 10", a excepción de los colectores correspondientes a los slops y el tanque residual que cuentan con un diámetro nominal menor. Cada colector está conectado con su línea de carga correspondiente, permitiendo cargar su pareja de tanques aisladamente. Igualmente, todos los colectores están conectados con un colector transversal denominado crossover, la función de este es conectar los Manifolds con todas las líneas de carga por medio de válvulas denominadas agrupadas y, en consecuencia, permitiendo la carga simultánea de varios tanques. En el caso de que se esté cargando distintos productos, es posible aislar las líneas de carga mediante el uso de bridas ciegas en el crossover desconectando los tanques entres si y evitando la contaminación de la carga. [2]

Para el desarrollo de las operaciones es necesario que las conexiones del buque se puedan adaptar a las necesidades de las distintas terminales, buques, o boyas donde vayan a cargar o descargar. Para ello, el buque cuenta con diferentes acoples que permiten adaptar los colectores a los diferentes brazos de carga o mangueras de la terminal.

Por otro lado, cabe señalar que en las líneas de carga hay conexiones tapadas con bridas ciegas, estas pueden ser utilizada para la conexión entre tanque por medio de mangueras.

Debido a la adaptabilidad del buque en función de las condiciones de la operación es posible realizar las operaciones de carga y descarga por medio de tres vías diferentes. La primera es conectando la manguera o brazo de la terminal al manifold correspondiente a la línea de carga de los tanques que quiera cargar. La segunda es conectando el brazo de carga a uno de los Manifold y mediante el uso del crossover alinear los tanques que se quieran cargar. La última es conectando el manifold de una línea de carga y mediante el uso de mangueras acopladas a las conexiones antes mencionadas situadas en la parte superior de las líneas de carga, emparejar los tanques que se quieran cargar.

El siguiente esquema es una representación gráfica de la disposición de los Manifolds a cada banda y el crossover situado en la banda de babor.

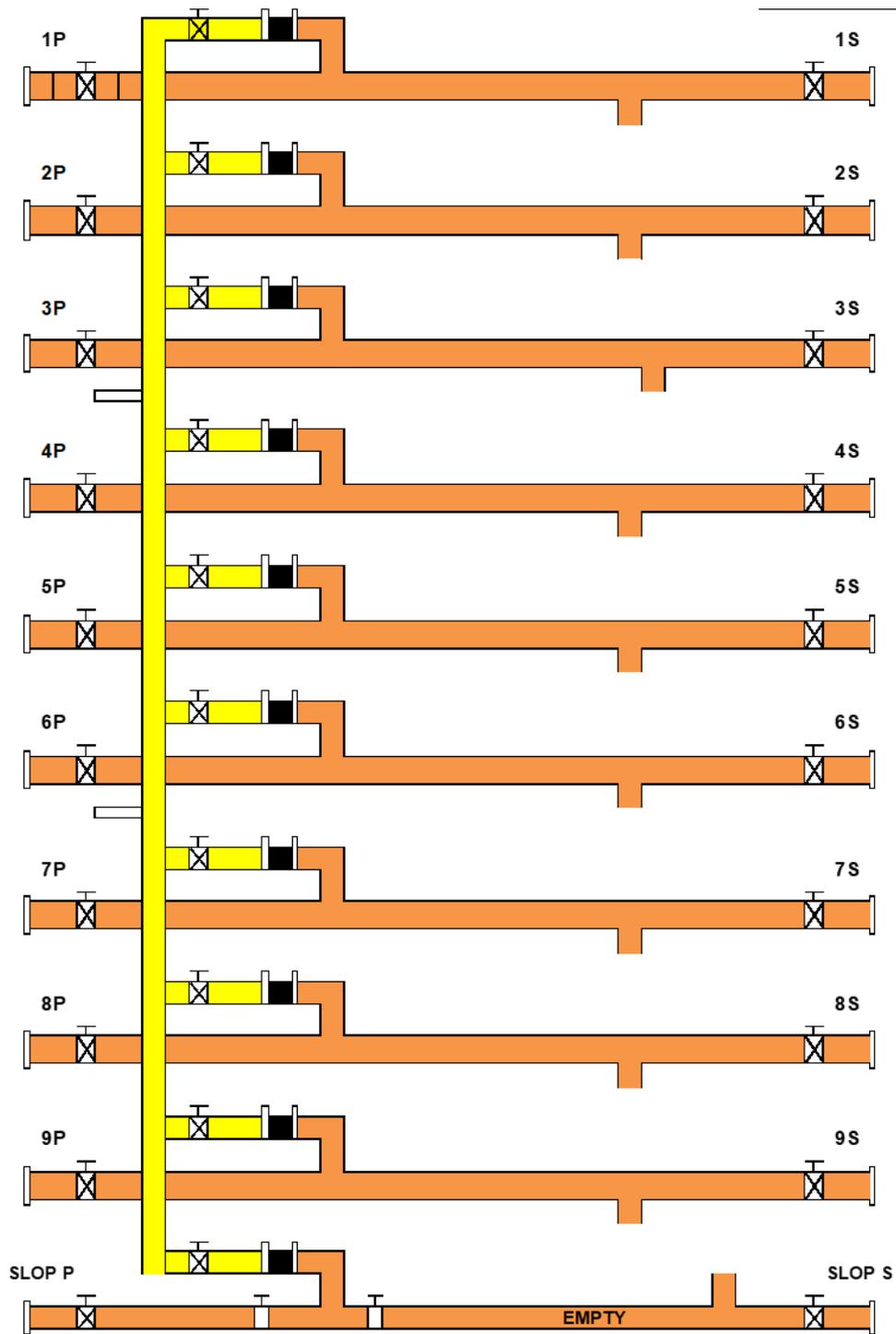


Ilustración 6: representación del manifold y crossover.



Ilustración 7: imagen de los Manifolds. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros



Ilustración 8: imagen del crossover. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.

2.4. BOMBAS DE DESCARGA

Las bombas de descarga son un elemento vital cuando se habla de buques tanque, puesto que ellas son las encargadas de bombear la carga contenida en los tanques hacia la terminal. Para este propósito las bombas deben estar capacitadas para trabajar a su máximo caudal, pues es tiempo de la operación y por tanto la estancia en el puerto depende de ello.

Para la correcta utilización de las bombas de descarga es necesario conocer a fondo las características y limitaciones de esta, además de realizarles un mantenimiento periódico para evitar averías que imposibilitarían el desarrollo de la operación.

El sistema de bombeo y tuberías está dispuesto para conformar 9 segregaciones de carga separadas. Las bombas son de tipo sumergidas, centrífugas y de acción eléctrica. Como se ha mencionado en anteriores apartados, cada tanque cuenta con su propia bomba tipo DL 150d/ 200 producida por Hamworthy KSE. Del mismo productor son las bombas DL 100d/ 100 situadas en los tanques de decantación y 1 DL80c / 100 para el tanque residual. Todas las bombas de descarga están construidas en acero inoxidable AISI 316. [2]

Estas bombas están diseñadas para adaptarse al transporte de carga con un peso específico de 800 Kg/m^3 y una viscosidad de 1cst. Estas cuentan con tres componentes principales [2]:

- Motor eléctrico a prueba de explosiones.
- Brida en la plancha superior
- Un eje impulsado y tubería de carga

Las bombas sumergidas están instaladas a los tanques por medio de la placa superior que descansa sobre una estructura en la cubierta y apoyado por dos anillos de soporte intermedio y un fondo de apoyo.

Los caudales máximos de las bombas antes mencionadas son los siguientes [2]:

- 18 bombas de descarga $500 \text{ m}^3/\text{h}$.
- 2 bombas slop $100 \text{ m}^3/\text{h}$.
- 1 tanque residual $70 \text{ m}^3/\text{h}$

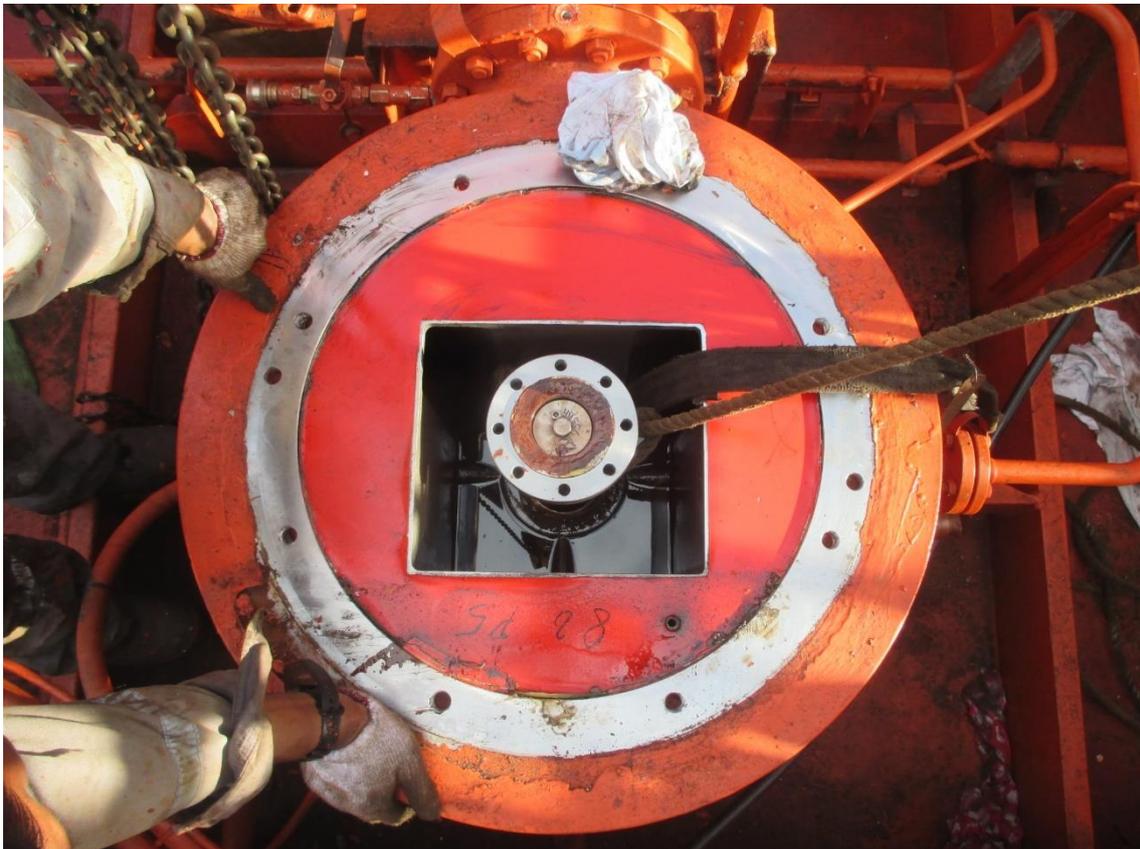


Ilustración 9: imagen del asiento del motor eléctrico y la conexión con la brida. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.



Ilustración 10: imagen del motor eléctrico. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.

Para el mantenimiento la bomba antes de cualquier operación se chequea el nivel de aceite y se repone en caso de que sea necesario, también se realiza el purgado del cofferdam de la bomba por medio de la inyección de aire comprimido a la línea de purgado.

En cuanto a el modo de operar la bomba la metodología es la siguiente: antes de encenderla hay que chequear que la válvula de descarga está cerrada. En el supuesto de que la válvula de descarga este abierta, cuando se inicia la bomba, lo que sucederá es que el motor eléctrico comenzará a demandar más energía, esto ocasionará un corte y por consecuencia el parado de la bomba, de aquí la importancia de iniciar la operación con la válvula de descarga cerrada. También se chequea la conexión del manifold y el estado de las líneas. Una vez encendido del motor eléctrico con la válvula de descarga cerrada, la presión de la bomba será alta y la

demanda efectiva del motor eléctrico será baja. Llegados a este punto se abre la válvula de descarga y se chequea nuevamente que no haya fugas en ninguna parte de las líneas y el manifold. De este modo la bomba está operativa. [2]

Por otro lado, las bombas de descarga cuentan con un sistema de stripping (secado), este está constituido por los siguientes componentes [2]:

- Una tubería de extracción que va desde la cabeza de la bomba hasta la brida de descarga en la base del motor.
- Una conexión para aire comprimido/N₂ en la base del motor de la bomba para presurizar la bomba.

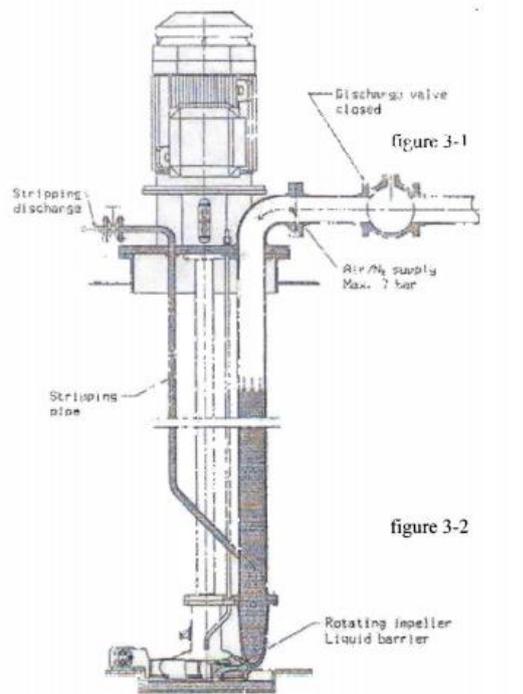


Ilustración 11: esquema de la bomba y sistema de stripping. Fuente: manual del buque gemelo Mattheos I.

2.4.1. BOMBAS DE EMERGENCIA

Pese a el mantenimiento periódico y el correcto cuidado y uso de las bombas de descarga, estas pueden quedar inutilizables en medio de la operación por diversos motivos como: fallo de motor eléctrico, rotura del eje, pérdida de presión debido a una fuga en la línea de succión, etc. Para estas situaciones en las que no es posible realizar la descarga por medio de la bomba principal, el buque cuenta con 2 bombas de emergencia. Estas son bombas portables, sumergible, centrifugas y de acción hidráulica. El modelo de las bombas es NH 80-

1NE producidas por Hamworthy KSE y construidas de acero inoxidable AISI 316 al igual que las bombas de descarga. El máximo caudal al que pueden trabajar es de 70 m³. [2]

El equipo de bombas portables está compuesto por las bombas, un trípode y un cabestrante que será el encargado de elevar o sumergir la bomba dentro del tanque en función de la cantidad de producto que quede en el tanque. [2]



Ilustración 12: Imagen del trípode y cabestrante de las bombas de emergencia. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros

Para que funciones las bombas de emergencia es necesario administrarle presión hidráulica, para ello, el buque cuenta con 3 líneas en cubierta destinadas para ese cometido. La primera línea es la emisora, desde ella la máquina envía presión de aceite; la segunda línea es la de retorno, el aceite vuelve a la máquina para volver a ser enviado en un ciclo cerrado de ida y vuelta. La última línea cuenta con un diámetro nominal menor y es la de sobrellenado, enviando de vuelta a la máquina el exceso de aceite. Estas líneas son conectadas a las bombas por medio de 3 mangueras y mediante unas válvulas de acción manual situadas en la línea emisora se controla el flujo de aceite que entra a la bomba. [2]



Ilustración 15: imagen de la conexión de las mangueras a la línea hidráulica. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros



Ilustración 14: imagen de la conexión de las mangueras a la bomba de emergencia. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros



Ilustración 13: imagen de la conexión de las mangueras a la bomba de emergencia. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros

Cabe señalar que la función de las bombas de emergencia no es descargar el producto a tierra directamente, ya que no es capaz de suministrar el caudal necesario para llevar el producto de los tanques a la terminal. Por lo tanto, estas bombas están pensadas para el trasvase de tanque a tanque, es decir, se toma la carga del tanque cuya bomba está averiada y se lleva a otro tanque vacío o parcialmente vacío con la misma carga, para su posterior descarga a tierra por medio de una bomba de descarga operativa.

2.5. SONDA- RADAR

Este elemento compone una parte fundamental, en el monitoreo y la seguridad, durante el desarrollo de las operaciones de carga y descarga. Unas de las tareas realizadas por el oficial de guardia durante las operaciones, es la monitorización de vacíos, y para la obtención de estos es necesario el correcto funcionamiento de la sonda-radar, a través de los cuales el oficial obtiene la información de los vacíos a tiempo real durante el transcurso de la operación. [2]

Estos dispositivos están distribuidos en el interior de los tanques de carga. Su funcionamiento consiste en la emisión de ondas que, al impactar sobre la superficie del producto contenido en el tanque, genera unos ecos que retornan al dispositivo, esta información obtenida es procesada, informatizada y mostrada en pantalla en el control de carga. [2]

Del mismo modo el aparato de sonda radar también es el encargado de proporcionar los datos de temperatura y presión en el interior de los tanques. Estos datos junto con la información de los vacíos deben ser monitorizados constantemente durante la operación, ya que de ellos depende la seguridad de la misma.

El buque Loukas I hace uso del programa informático TankRadar Star para la observación por pantalla de los datos transmitidos a través de la sonda-radar situada en cubierta.



Ilustración 17: imagen del monitor de la sonda-radar. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros



Ilustración 16: imagen de la sonda radar. Fuente: archivo de Pablo Ballesteros.

2.6. ALARMAS DE NIVEL (HI & HI-HI)

Todos los tanques cuentan con un equipo intrínseco de seguridad denominado alarma de alto nivel (high-level alarm), y alarma de muy alto nivel (overfill). Estas alarmas están instaladas para los niveles de 95% y 98% de volumen de tanque respectivamente. [2]

Este sistema está constituido por los siguientes componentes fundamentales:

- El dispositivo de cubierta.
- Las señales luminosas y acústicas.
- El panel de control.

El dispositivo de cubierta está conformado por un tubo que penetra la cubierta hasta el interior del tanque. Una vez en el interior del tanque el mecanismo funciona como una boya que a medida que el fluido asciende, este comienza a empujar el tubo hasta llegar al punto donde se alcanza el llenado del 95% disparando la alarma. El mismo desarrollo ocurre para la alarma de 98% de llenado de los tanques. [2]

Las señales acústicas y visuales están situadas sobre la estructura del puente, estas están constituidas por una sirena y 2 dispositivos luminosos. Las señales acústicas y visuales difieren según el nivel sea de 95% o 98% permitiendo que los marineros de cubierta reporten el aviso al control de manera precisa a modo de confirmación.

En el control de carga está situado el panel de control de las alarmas, este panel le permite saber al oficial en que tanque ha saltado la alarma y a qué nivel se encuentra. Este panel también permite inhibir la alarma y la señal luminosa para cada tanque, esto se emplea ya que en la actualidad la mayor parte de las operaciones de carga se realizan llenando los tanques hasta un nivel próximo al 98%.

Hay que mencionar que, aunque se trate de un equipo fiable dada su simpleza no está exenta de la posibilidad de fallo, de ahí la importancia de monitorizar los vacíos constantemente. Por otro lado, este equipo es chequeado antes de cada operación de carga disparando manualmente las alarmas para comprobar su correcto funcionamiento.

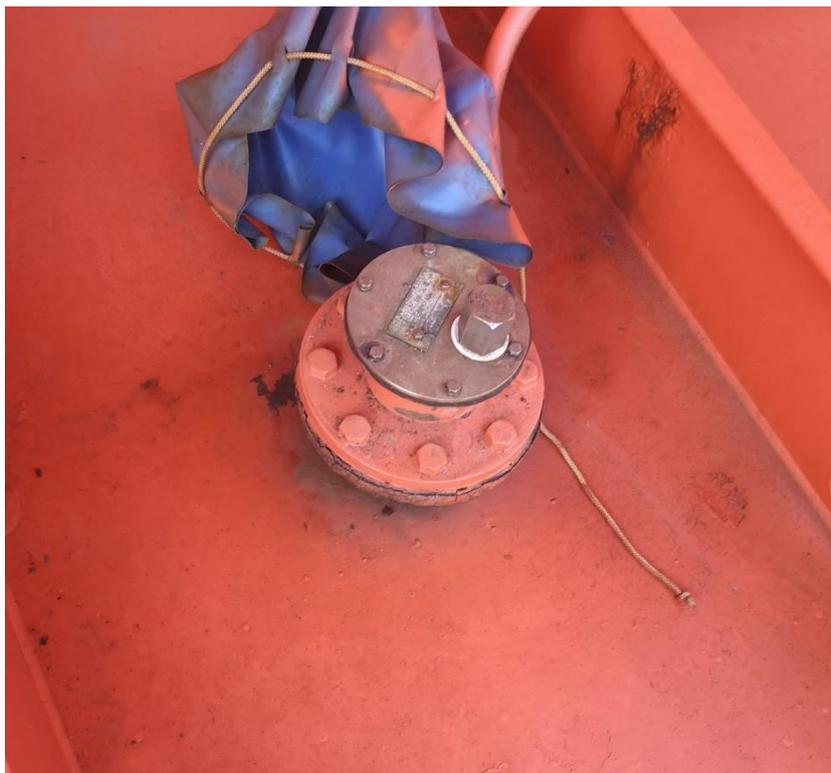


Ilustración 18: Alarma de nivel de la cubierta principal: Fuente: archivo de Pablo Ballesteros.

2.7. TUBOD DE SONDA.

Los tubos de sonda, también conocidos como vapour Lock o puntos de sampleo, son tubos distribuidos a lo largo de la sección de carga de aproximadamente medio metro de altura que sobresalen por encima de los tanques. Su función principal es ser el medio de entrada para los dispositivos de medición tanto de vacío como de temperatura. Los dispositivos encargados de dichas mediciones son aparatos homologados a prueba de explosiones denominados UTI. Los datos recogidos por medio de estos aparatos son utilizados para conocer la cantidad de producto en el interior de los tanques al momento de la medición y son reflejados en la liquidación inicial o final de las operaciones. Además, estos puntos también son empleados para la obtención de muestras en las diferentes fases de las operaciones, partes de estas muestras son almacenadas por el buque mientras otras son dadas a los supervisores. [2]



Ilustración 19: Equipo UTI. Fuente: archivos de Pablo Ballestero.

2.8. VÁLVULAS P/V

Los sistemas de venteo es uno de los elementos más importantes para la seguridad de las operaciones, ya que durante estas la presión en el interior de los tanques varia, produciéndose sobrepresiones o dando lugar a efecto vacío en el interior de los tanques. Para regular estos cambios de presión el buque dispone de las denominadas válvulas de vacío o PV (pessure/vacuum).

Cada uno de los tanques de carga y de decantación cuentan con una línea de venteo independiente equipada con una válvula de vacío, ella está situada en una torre a una altura de 3 metros sobre la cubierta principal de acuerdo con la regulaciones de SOLAS, Parte B, Regla 4, 5.3.4.1.4: "cuando el método de descarga de gases se realice a gran velocidad en

las operaciones de carga-descarga, los orificios de salida estarán situados a una altura mínima de 2 metros por encima de la cubierta principal".[2] [4]

La distribución de las PV a lo largo de la cubierta de carga se divide en 2 secciones. En la primera sección situada en la proa se encuentran las válvulas de vacío correspondientes a los tanques 1P, 1S, 2P, 2S, 3P, 3S, 4P, 4S, 5P, 5S, 6P y 6S, mientras que en la sección situada más hacia la popa se encuentran las válvulas de presión correspondientes a los tanques 7P, 7S, 8P, 8S, 9P, 9S, SLp, SLs y Residual. [2]

El funcionamiento de las válvulas de presión está determinado por la presión a la que estén seteados sus límites, es decir, bajo que niveles de presión estas saltaran. En el caso de las válvulas de vacío dispuesta el buque tanque Loukas I, están programadas para saltar cuando exista una sobre presión de 200mb, una vez alcanzada esta presión la parte superior de la válvula es empujada hacia arriba permitiendo salir los gases contenidos en el interior del tanque (una mezcla de gases de hidrocarburo y N_2). La presión a la que salta la válvula de vacío está regulada por el SOLAS Parte B, Regla 4, 5.3.4.1.1.2, en esta se especifica que la velocidad de salida de los gases por medio de las PV deberá ser como mínimo de 30 m/s, asimismo, en la regla 5.3.4.1.2 se establece que estos gases deberán ser expulsados de forma vertical. Las razones por las que los gases son expulsados de forma vertical y a una velocidad de 30 m/s, es porque de este modo, los gases serán despedidos a una gran altura alejándolos rápidamente del buque y proporcionando una mayor seguridad. [2] [4]

Por otro lado, en el caso de producirse efecto vacío en el interior de los tanques y alcanzar una presión negativa de -35mb, las válvulas absorberán aire para contrarrestar este efecto, evitando una posible implosión. Este caso es muy improbable que se produzca en el buque Loukas I, ya que este dispone de una planta generadora de gas inerte que suministra presión positiva al interior de los tanques durante el transcurso de las operaciones de descarga. [2]



Ilustración 20: imagen de las válvulas de presión. Fuente: archivos Pablo Ballesteros.

Por otro lado, a la altura del Manifold situado a la banda de estribor se encuentran los P/V Breakers. Hay uno situado a la popa del manifold y otro a la proa del mismo. Estos dispositivos están conectados a la línea de gas inerte, que conecta con a su vez con todos los tanques de la nave. La función de los P/V Breakers es la misma que la de las válvulas de presión, ventear los gases contenidos en el interior de los tanques. Este dispositivo, es un dispositivo de seguridad que actúa en caso de que las válvulas de vacío sobre la cubierta fallen, la acción es automática activándose cuando la presión en el interior de los tanques alcanza 240 mb o una presión negativa de -70mb. [2]



Ilustración 21: imagen del P/V Breaker de popa. Fuente: archivo de Pablo Ballesteros

2.9. VÁLVULAS DE IG (INERT GAS)

Como se ha mencionado en apartados anteriores, el buque Loukas I, cuenta con una planta generadora de gas inerte. La cubierta de carga y la planta generadora conectan a través de la línea principal de nitrógeno, cuya función es transportar el gas al interior de los tanques, y para ello cuenta con ramificaciones de menor diámetro que conectan con todos los tanques de carga, los slops y el tanque residual.

La entrada de gas inerte a la cubierta principal está dividida por la válvula principal de I.G, esta es la válvula que permite la entrada de gas inerte a la línea principal para su distribución. Por otro lado, las válvulas secundarias de I.G están dispuestas en las ramificaciones que conectan, la línea principal con los diferentes tanques de carga, son de acción manual y de tipo mariposa. [2]

La normativa que regula el uso de las válvulas de N_2 y su disposición en los tanques es SOLAS, Parte B: Prevención de incendios y explosiones, Regla 4, 5.3.2.2, que establece que cuando los medios de inertizado estén combinados con los tanques de carga, se deberá permitir el aislamiento de ambas partes por medio de válvulas. [4]

Las válvulas relacionadas con el gas inerte están pintadas de amarillo fluorescente para distinguirlas. Dependiendo de la operación deberán estar abiertas o cerradas, por ejemplo: en las operaciones de descarga y en los procesos de inertización las válvulas permanecerán abiertas, pues en dichos procesos se bombea N_2 de forma constante al interior de los tanques; mientras que en las operaciones de carga estas válvulas permanecen cerradas.

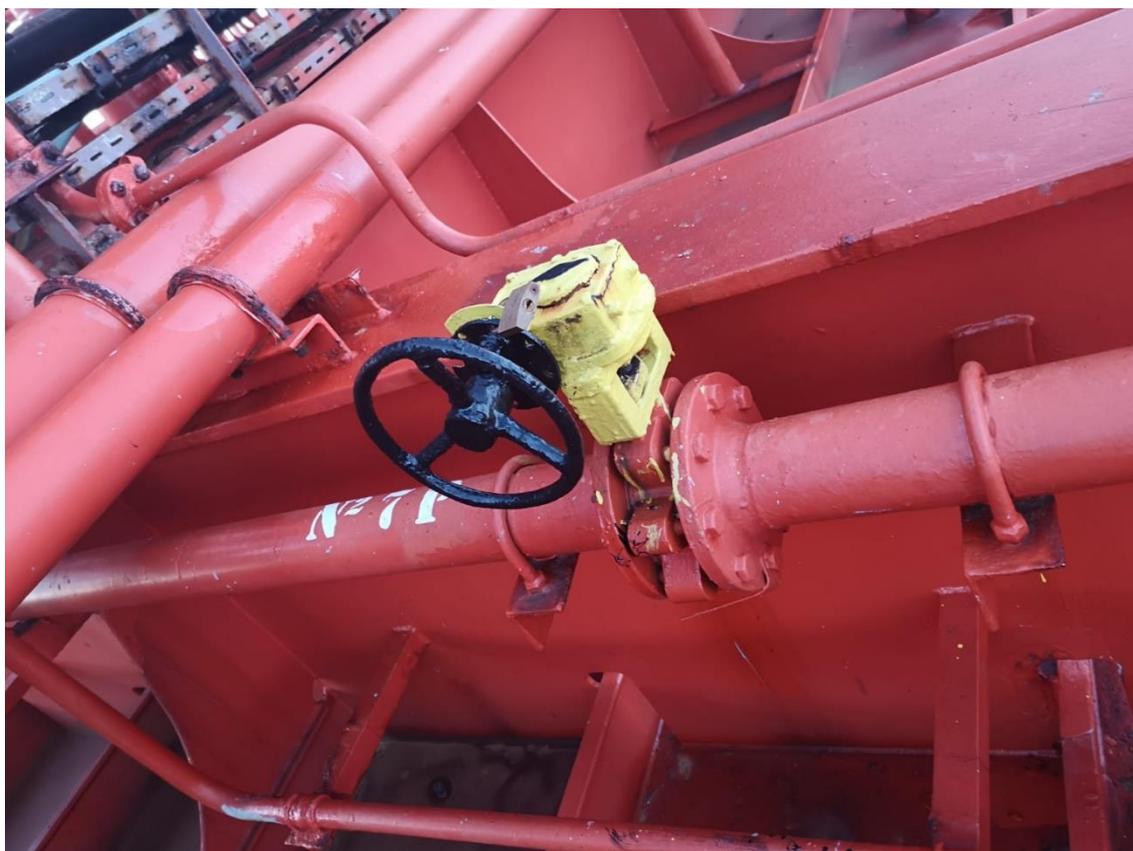


Ilustración 23: Imagen de la válvula de nitrógeno del tanque 7P. Fuente: archivo de Pablo Ballesteros.

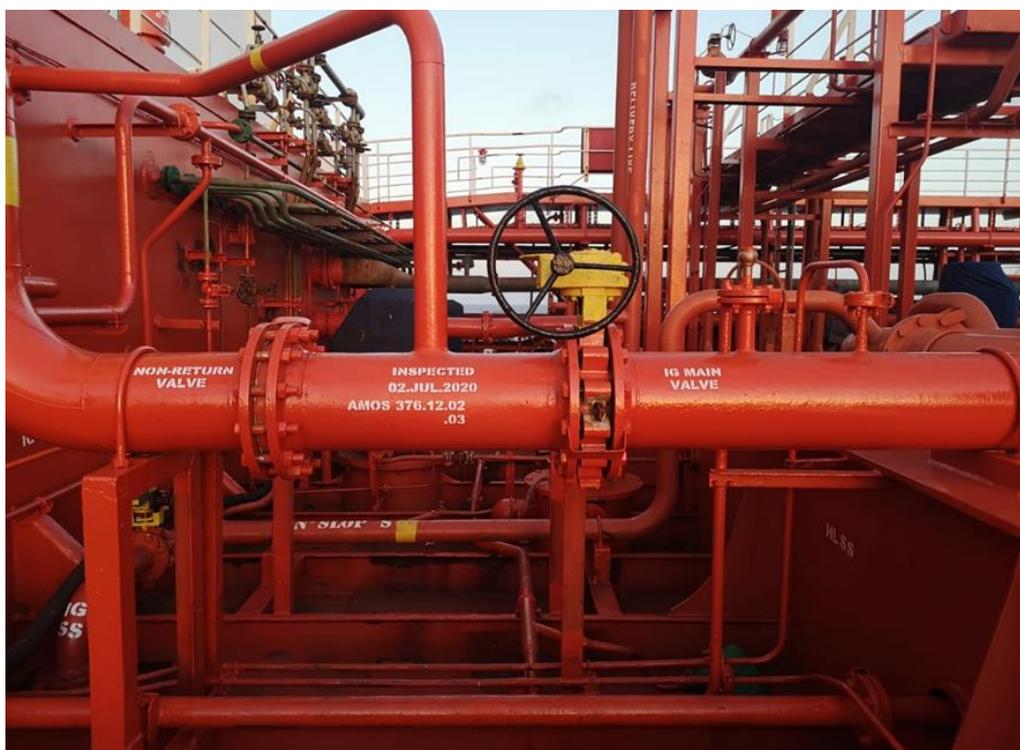


Ilustración 22: imagen de la válvula principal de nitrógeno. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.

2.10. SISTEMA DE GAS INERTE

Regulaciones:

El buque tanque Loukas I cuenta con un sistema de gas inerte, este está regulado por la organización marítima internacional mediante el SOLAS, capítulos II, parte D regulación 62.21 y USCG (United States Coast Guard), 46 CFR parte 32.53-10.

Propósito del gas inerte:

El propósito del sistema de inertización por medio de N_2 es proteger al buque contra las explosiones de los tanques, para ello es introducido nitrógeno dentro de los tanques con el objetivo de mantener el contenido de oxígeno bajo, menos de un 8% del volumen, y reducir a una proporción segura el contenido de gases de hidrocarburos en la atmósfera de los tanques. Al mantener dicho porcentaje de oxígeno se corta el triángulo de fuego, y por lo tanto dentro de los tanques no es posible que se produzca una combustión. [5]

Descripción general del sistema:

El buque está equipado con un sistema de nitrógeno que está formado por: cuatro compresores idénticos, una estación de tratamiento de aire y una unidad de membrana brundle.

Antes de que el aire comprimido entre en la unidad de membrana brundle, es necesario que el aire pase un tratamiento adicional, con el propósito de alcanzar la condición óptima de entrada. [5]

Descripción general del proceso:

El sistema completo puede ser dividido en varios subsistemas. A continuación, pasare a describir las funciones de estos subsistemas.

Dependiendo del modo seleccionado o la demanda, los cuatro compresores estarán listos para su uso. Es el primero oficial quien selecciona el número de compresores que se usará durante la operación, basándose en la demanda requerida por los tanques. Cada compresor adicional suministrará alrededor de 1000 m³/h de nitrógeno a 45 °C. A parte, se selecciona el número de compresoras también acorde a las horas de uso, esto es así para mantener unos intervalos de mantenimiento iguales para cada compresor. [5]

Cada compresor opera de manera independiente al sistema de N₂ y cuentan con sus propios controladores.

Sistema de alimentación de aire:

Es sistema de alimentación de aire se asegura suministrar aire bajo la presión de trabajo del sistema. Cuatro compresores de gran tamaño son los encargados de tomar el aire en condición ambiente para suministrarlo bajo la presión de trabajo a la línea de filtrado. [5]

El aire comprimido es enfriado a una temperatura de máximo 45 °C, por medio de un post enfriador en la salida de cada compresor. El post enfriador usa agua y está diseñado para mantenerla a una temperatura constante de 36 °C. Una temperatura más baja puede producir una menor producción de nitrógeno, mientras que una temperatura mayor puede producir problemas causados por la producción de vapor de aceite, y por consecuencia un posible daño a la membrana. [5]

El aire comprimido que sale del compresor estará saturado de vapor de agua, por consecuencia un precalentador (2100) es instalado para mantener el aire por debajo del punto de saturación antes de llegar al filtro. Por otra parte, el calentador también facilita a los compresores de aire la óptima temperatura de operación para los separadores de aire. [5]

El buen funcionamiento del calentador es de vital importancia para poder lograr aire con una humedad menor del 70%, de otro modo la cama de carbón situada en el filtro absorbería las partículas de agua. El carbón es más reactivo a el agua que al vapor de aceite, por ello si absorbe un exceso de agua ya no será capaz de absorber el vapor de aceite. Por este motivo, si el carbón activo se humedece, es necesario reemplazarlo y como medida de seguridad aumentar la temperatura del calentador 5 grados. [5]

Sistema de filtrado:

Las partículas de agua son separadas del aire en la entrada de la estación de tratamiento del aire. La cama de carbón corta el paso de las partículas de vapor de aceite, esto previene que las membranas se vean contaminadas, mientras que los microfiltros, 2200 y 2300, por encima de la cama de carbón activo filtran todas las partículas en el aire que provengan de la cama de carbón activo. Los separadores de agua y los filtros están provistos de separadores por nivel y válvulas automáticas de drenado. [5]

Membrana Brundle:

La separación de el nitrógeno y el oxígeno ocurre dentro de la membrana brundle, donde es soplado aire dentro de las fibras huecas. Los gases más rápidos, oxígeno, vapor de agua y dióxido de carbono, permean a través de las paredes de la fibra. La mezcla húmeda es expulsada del módulo y llevada a un área segura fuera del mismo. [5]

Envío de nitrógeno a cubierta:

El sistema de nitrógeno está conectado a la cubierta principal. La demanda enviada tiene que ser seleccionada por el primer oficial y está basada en la capacidad y el número de bombas de descarga, ya que según se postula el en la guía ISGGOT, la planta de gas inerte debe ser capaz de suministrar como mínimo 1.25 más caudal que las bombas de descarga. La capacidad de demanda es seleccionada según el número de compresores. Cada compresor adicional proporciona un 25% más de flujo de nitrógeno. [5] [6]

La disposición de las válvulas 7010, 7030 y 7050 está diseñada para actuar como válvulas de doble bloqueo y válvulas de purga, es así para prevenir un contra flujo de la mezcla de gases de hidrocarburos y nitrógeno hacia la sala de máquinas. Adicionalmente una válvula para el exceso de gas está instalada encima del sistema de bloque y purga. La función de la válvula de exceso es enviar la capacidad de un set de membranas. Las posiciones de encendido o apagado de esta válvula se muestran en el control de carga. Si la luz para la posición de cerrado está apagada, indica que hay cierta sobre carga en la producción de nitrógeno. Si la luz muestra que está abierta, esto indica al operador que debe apagar uno de los compresores. [5]

2.10.1. Especificaciones técnicas del sistema.

El diseño de la instalación está basada y calculada en función de lo siguientes principios [5]:

- Las especificaciones técnicas están reguladas según las regulaciones IMO y las reglas de la sociedad de clasificación.
- La capacidad generadora de nitrógeno está calculada para un porcentaje específico de 5% de O₂ dentro del nitrógeno para unas condiciones del aire de 25 °C y un 80% de humedad relativa,
- La tolerancia de voltaje es: -15% / +10%.
- Capacidad de tolerancia: +/-3%
- Tolerancia en la calidad del porcentaje: +/-0.01%
- Máxima temperatura dentro de la membrana 55 °C
- Máxima presión de descarga del compresor 13.5 bar(g)
- Control de voltaje 220V -60Hz
- La disposición está diseñada de forma que se requiera el mínimo espacio. El compresor y la unidad de membrana podrán ser montadas directamente en el plano horizontal sobre el suelo.

- Máxima condición del ambiente: 45 °C y humedad relativa de 90% (excepto para el enfriador del aire del compresor máx. 40 °C)
- Precauciones en la membrana Brundle: nunca debe ser congelada, nunca debe entrar en contacto con un solvente, el gas suministrado a la membrana debe estar libre de gases de aceite y estar seco.
- Factor de THD (total harmonic distortion), de 8-10%.

Especificaciones del nitrógeno

Capacidad: N ₂	máx.	3750 m ³ /h* (4 compresores operativos)
	min**	900 m ³ /h* (1 compresor operativo)
	min	200 m ³ /h* (1 compresor operativo)
Aire	máx.	3750 m ³ /h* (2 compresores operativos)
	min**	900 m ³ /h* (1 compresor operativo)

*Capacidad medida en ambiente seco a 20 °C y a presión atmosférica. **Capacidad sin soplado.

- Presión de descarga: min. 10 bar(g)
- Composición del gas: O₂ 5%, N₂+Ar
- Temperatura máxima: 60 °C
- Punto de rocío -60 °C después de la expansión a presión atmosférica.
- Aire de alimentación:
- Temperatura: máx. 45°C
- Presión: atmosférica
- Consumo: máx. 7500 Nm³/h (0°C a presión atmosférica)
- Electricidad:
- Suministro de energía: 440V, 3ph, 60Hz
- Control de suministro: 220V, 1ph, 60Hz
- Ratio de energía:
- Compresor: 4x285 KW
- Control del sistema: 3 KW
- Calentador 2100: 20 KW
- Enfriador del agua:
- Agua usada: agua dulce
- Presión de suministro: 2-4 bar(g)
- Presión de salida: atmosférica
- Temperatura en el interior: 36 °C constantes
- Consumo por compresor: 9 m³/h. [5]

Paneles de control:

- Panel de control local: este es el panel principal de control de sistema de nitrógeno con el generador puede ser operado. El panel está montado sobre el equipo de tratamiento de aire. [5]
- Panel de control en el control de carga: desde este panel se puede accionar la válvula de envío a cubierta a través de la línea principal. Este panel es la interface entre el generador de nitrógeno y los tanques de carga. También se pueden apagar los compresores desde este panel si así es requerido. [5]
- Panel en el puente: los indicadores de las válvulas y alarmas son visibles desde el puente acorde a los requerimientos de clasificación. [5]

Tipos de inertizado:

En la guía de seguridad para buque tanque y terminales ISGOTT 5ª Edición 7.1.4, se establecen y definen los métodos de inertizados que se utilizan en los buques tanque. [6]

A continuación, se explicará brevemente en qué consisten estos métodos:

- Inertizado por desplazamiento: este principio se basa en que el gas inerte es más ligero que los gases de hidrocarburo, por ello si el gas inerte es introducido a una baja velocidad por la parte superior del tanque, los gases de hidrocarburo más pesados saldrán por el fondo a través de la bajada de la línea. Como la bajada de la línea está conectada con la línea de carga y esta está conectada con su pareja de tanque, los gases de hidrocarburo pasan al otro tanque entrando por la parte inferior del tanque, produciendo que mientras que en el primer tanque se da el proceso de desplazamiento en el segundo tanque se dará el proceso de disolución. [6]
- Inertizado por disolución: Para esto es necesario introducir el gas inerte con una velocidad lo suficiente mente alta como para penetran en el fondo del tanque. Debido a esto el gas introducido en el tanque es capaz de formar una mezcla homogénea que al seguir suministrándose gas inerte poco a poco la concentración de gas inicial ira disminuyendo. [6]

2.11. CONTROL DE CARGA.

La base operativa de las operaciones de carga y descarga es la sala denominada control de carga, situada en la cubierta de toldilla. A continuación, se detallarán los equipos situados en el control de carga y su funcionamiento.

2.11.1 CALCULADOR DE CARGAS Y ESFUERZOS.

El calculador de carga y de esfuerzos es un quipo vital para la realización de los planes de carga. El buque Loukas I cuenta con el programa informático NAPA, dicho programa se encarga de recoger la información obtenida por los sensores y proporcionarla a tiempo real por pantalla. Del mismo modo, es capaz de calcular los esfuerzos constantes y momentos flectores a los que se ve expuesto el buque y permite realizar las operaciones de carga y descarga estimadas.

Este programa es capaz de ajustarse a las necesidades del operador. Por una parte, proporciona información a tiempo real de los niveles de los tanques, y de esta forma, facilita llevar de manera cómoda un control de los caudales de carga o descarga.

Por otra parte, el programa tiene la funcionalidad de realizar cálculos estimados en función de la distribución de la carga. Esta función es utilizada para la elaboración de los planes de carga o descarga, y para ello se ha de introducir los siguientes datos dentro del programa:

- Datos de la carga como: temperatura, densidad, toneladas por tanque.
- Datos de los consumibles: cantidad de combustible almacenada (H.F.O, D.O & L.O), así como tanques de sedimentación y servicio diario.
- Datos de las cantidades de agua fresca, destilada, aguas sucias...

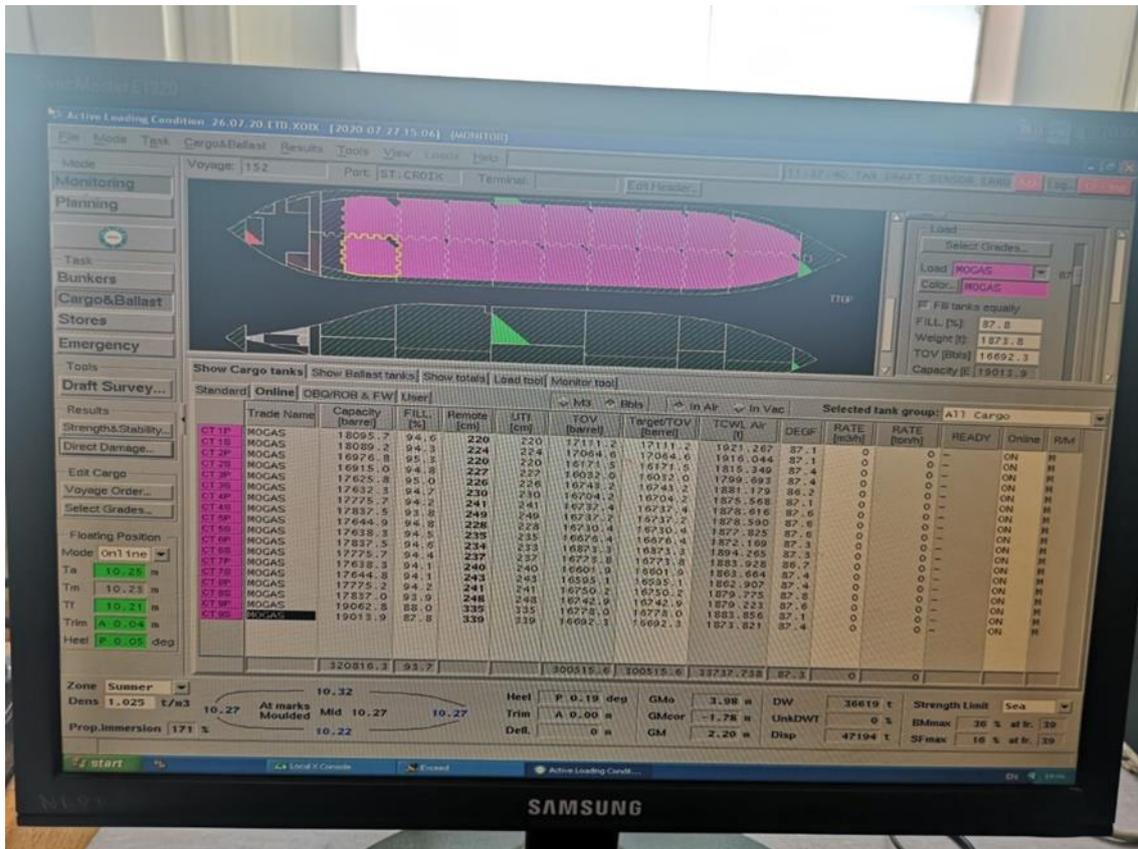


Ilustración 24: imagen del sistema informático NAPA. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros

2.11.2. MONITOR DE VACÍOS

El monitor de vacíos recoge la información obtenida por la sonda-radar situada en los tanques, seguidamente por medio del programa informático Tankradar Star, se muestra en el monitor a tiempo real la presión, temperatura y vacío en el interior de los tanques. Esta pantalla es de

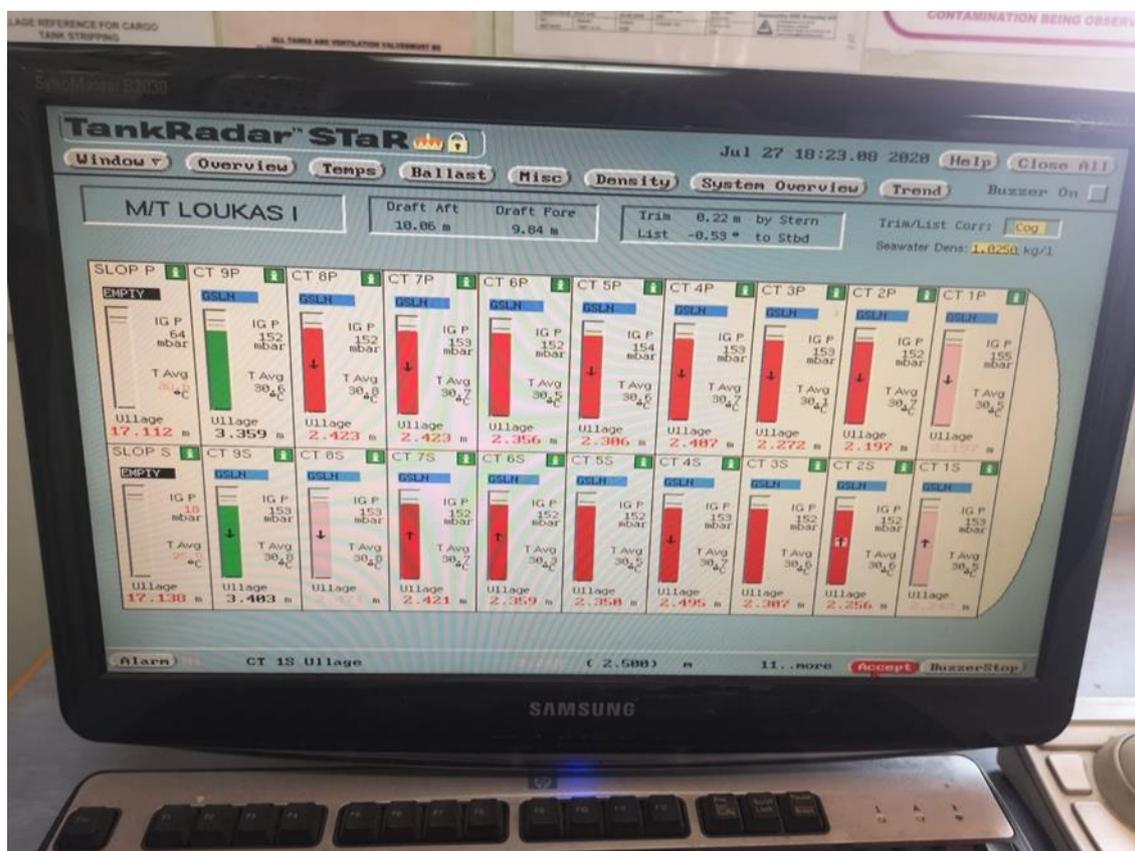


Ilustración 25: imagen del monitor de vacíos. Fuentes: archivos de Pablo Ballesteros

mucha utilidad para el oficial de guardia ya que gracias a ella es capaz de monitorizar las diferentes fases de las operaciones simplemente observando el display que se muestra en pantalla.

Además, el programa permite nombrar que tipo de carga contiene cada tanque y en caso de no ser el mismo producto, para facilitar al operario la distinción de la carga el programa cuenta con la función de cambiar el color de los tanques.



Ilustración 26: imagen del monitor de vacíos. Fuentes: archivos de Pablo Ballesteros

2.11.3 MONITOR DE LAS BOMBAS DE DESCARGA.

Las válvulas de la línea de descarga son de acción hidráulica, esta se activada desde el control de carga por medio del sistema informático vinculado a las válvulas. Este programa informatizado proporciona información tanto del estado de abertura de las válvulas, como de la presión de la línea y la presión en el interior de los tanques. El grado de apertura se puede ajustar por el operador mediante el clic derecho sobre la válvula de descarga deseada.



Ilustración 27. imagen del monitor de las bombas de descarga. Fuente: archivos Pablo Ballesteros.

2.11.4 PANEL DE CONTROL DE LAS BOMBAS.

El encendido y apagado de las bombas tanto de carga como de laste es de acción manual y se hace a través del panel de control de las bombas. Para el encendido de las bombas el oficial tiene que avisar a la máquina para que alineen las bombas deseadas con sus respectivos convertidores, una vez alineadas ya es posible el encendido de la bomba.



Ilustración 28: imagen del panel de control de las bombas. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros

El panel de control cuenta con su interruptor de encendido, este corresponde con el interruptor verde de la imagen superior. Por otro lado, el interruptor negro es el encargado de controlar las revoluciones de la bomba, aumentando o disminuyendo las revoluciones en función de hacia que lado muevas el interruptor. Por lo genera el margen de revoluciones de las bombas para la descarga es de 2700 rpm, esto es fácil de monitorizar ya que en el panel se muestran el rpm de la bomba a tiempo real. Cuando se produce una parada de la bomba se enciende el botón rojo que se puede ver en la imagen, para reestablecer la bomba es necesario pulsarlo y a continuación pulsar el botón blanco, una vez hecho esto el interruptor de encendido de la bomba se encenderá y se podrá poner de nuevo en funcionamiento. [2]

Cabe señalar que el panel de control es uno de los lugares designados para el botón de parada de emergencia, los otros botones de parada de emergencia se encuentran, uno a la altura del manifold de babor y otro en la sala de máquinas.

2.11.5 PANEL DE LAS ALARMAS DE HI LEVEL Y OVERFILL

Como se mencionó el apartado 2.6, este panel está conectado a las alarmas de nivel. Es un elemento de seguridad muy importante para las operaciones de carga, ya que en el panel se

puede distinguir con facilidad a qué nivel de alarma y que tanque corresponden las señales acústicas y visuales una vez disparadas.



Ilustración 29: imagen del panel de control del hi-level y overfill. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.

2.11.6. PANEL DE CONTROL DE LAS VÁLVULAS DEL LASTRE.

Las válvulas del lastre al igual que las válvulas de descarga son de control remoto, de mariposa y de acción hidráulica. A diferencia de las válvulas de descargas, estas son de tipo abierta o cerrado, es decir, no permite cambiar a distintos grados de apertura. Las únicas válvulas que sí permiten ajustar su grado de apertura son las válvulas de entrada para el cebado de la bomba. Dichas válvulas son accionadas remotamente mediante un programa informático vinculado, en este se puede observar un diagrama con la disposición de las válvulas en los diferentes tanques, entradas al sistema y salida.

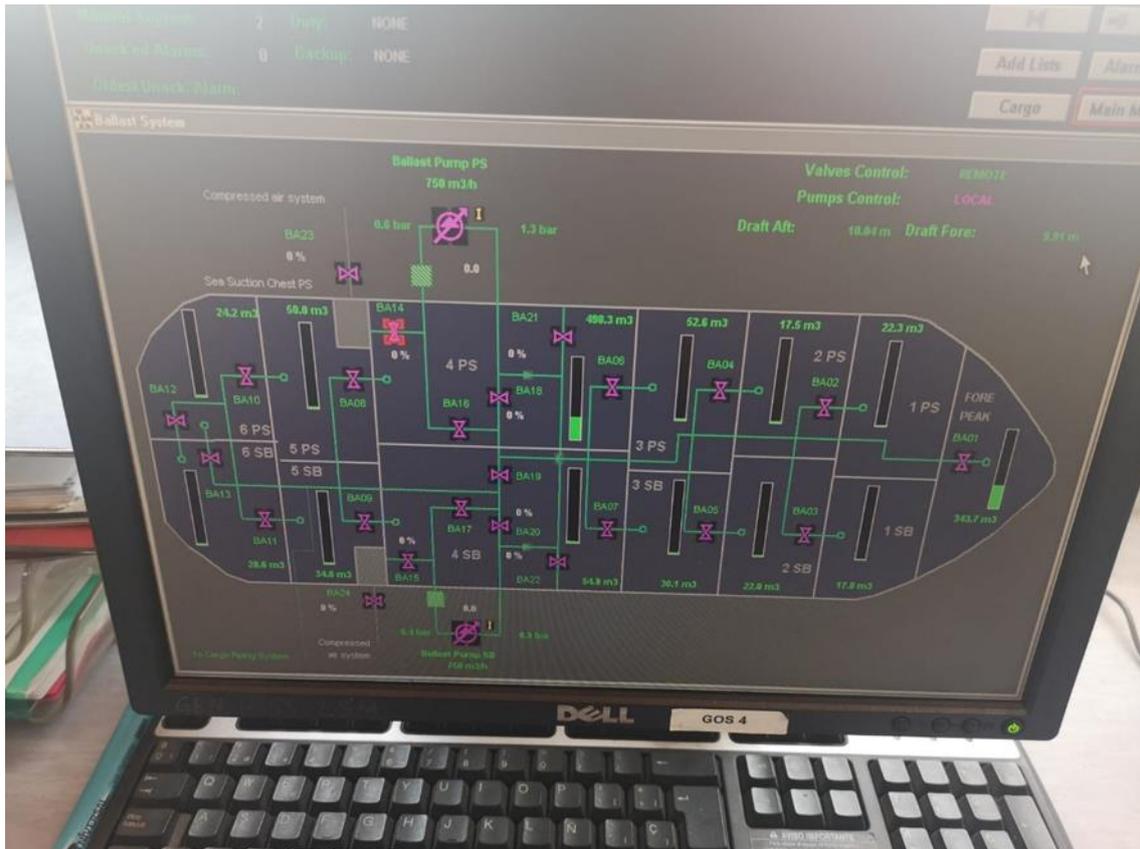


Ilustración 30: imagen del monitor de las válvulas del lastre. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.

En el caso de que el sistema informático no sea capaz de enviar la orden de apertura o cerrado de la válvula, todas las válvulas de acción remota, tanto de lastre como de descarga, se pueden accionar manualmente desde la sala de máquinas, concretamente desde los solenoides

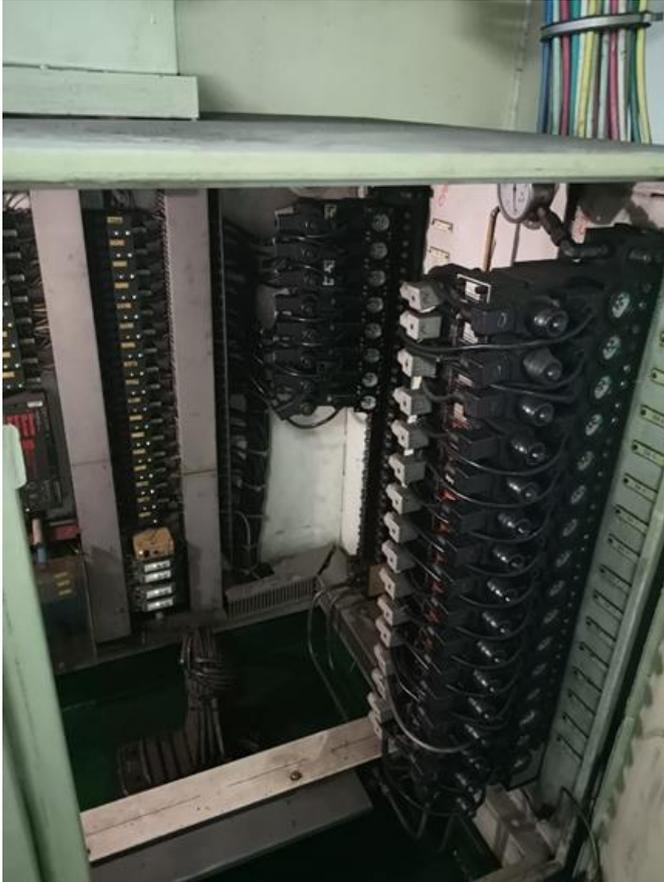


Ilustración 31: imagen de los solenoides de las válvulas accionadas por acción hidráulica. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.

2.12. MEDIOS DE LASTRE.

2.12.1. TANQUES Y BOMBAS DE LASTRE.

El buque Loukas I cuenta con la particularidad del doble casco, es en este espacio situado en las bandas de los tanques de carga, donde se lastra el buque para mejorar la estabilidad, reducir los esfuerzos y mejorar la navegabilidad del mismo. En la tabla de a continuación se detalla la capacidad y el peso que es capaz de soportar cada tanque y en conjunto. [7]

	Volume (m ³)	Weight (m. t.)
- WB No. 1 PS	1442,74 m ³	1478,81
- WB No. 1 SB	1170,22 m ³	1199,48
- WB No. 2 PS	891,60 m ³	913,89
- WB No. 2 SB	1050,89 m ³	1077,16
- WB No. 3 PS	2107,46 m ³	2160,15
- WB No. 3 SB	1744,09 m ³	1787,69
- WB No. 4 PS	1745,36 m ³	1788,99
- WB No. 4 SB	2108,73 m ³	2161,45
- WB No. 5 PS	2108,73 m ³	2161,45
- WB No. 5 SB	1745,36 m ³	1788,99
- WB No. 6 PS	1382,31 m ³	1416,88
- WB No. 6 SB	1662,85 m ³	1704,42
- FORE PEAK WB	1149,50 m ³	1178,24
- AFT PEAK WB	472,38 m ³	484,19
Total cap. (100%)	21286.88 m ³	21819.03

Tabla 3: capacidad de los tanques de lastre al 100%. Fuente: Manual técnico del buque gemelo Mattheos I.

Como se puede ver en la tabla, los tanques de lastre están designados según su destitución en cada banda y esta se hace de manera descendente de proa a popa.

El lastrado y deslastrado de los tanques se puede hacer por medio de la gravedad, esto se hace para evitar el estrés innecesario de las bombas de lastre, sin embargo, este método solo lastra o deslastra hasta el nivel de la línea de flotación debido al efecto de vasos comunicantes. Por otro lado, el buque cuenta con 2 bombas de lastres de tipo centrífuga, y capaces de desalojar un caudal máximo de 750 m³/h cada una. Como ya se mencionó en el apartado 2.4, todas las bombas son accionadas remotamente desde el control de carga. [7]

Cabe señalar que el *peak de popa* no es utilizado por el sistema de lastre, mientras que el *peak de proa* es utilizado para la corrección del trimado. [7]

Es recomendable para evitar el efecto de superficie libre que cuando se lastren los tanques estos estén al 100% de su capacidad. De esto se garantiza la estabilidad del navío durante la navegación.

También es recomendable que durante las operaciones de descarga el buque cuente con un asiento apopante (nunca superior a 3 metros). Esto proporciona una condición óptima de esfuerzos y estabilidad, que a su vez favorece al secado de los tanques. Una vez finalizada cualquier operación el buque debe estar en condiciones de navegabilidad, y por lo tanto el sistema de lastrado siempre debe estar operativo.

A la hora de deslastra el buque al mar se debe comprobar que las aguas contenidas por los tanques no se hayan visto contaminadas por trazas de hidrocarburos. Para este cometido se introduce un explosímetro en el interior de los tanques y se comprueba que el agua esté en

condiciones óptimas para ser desalojada. Además del explosímetro, es necesario la confirmación visual, para ello se abre la escotilla del tanque de lastre más a proa. [8]

Otra de las consideraciones a la hora de operar con el lastre es el calado. En las operaciones de carga es necesario llevar un control activo del calado ya que este no puede exceder su máximo. Además, para el tránsito del buque por canales como el de Panamá, es exigido que no se sobrepasen ciertos calados, pues de ello depende la seguridad de la navegación.

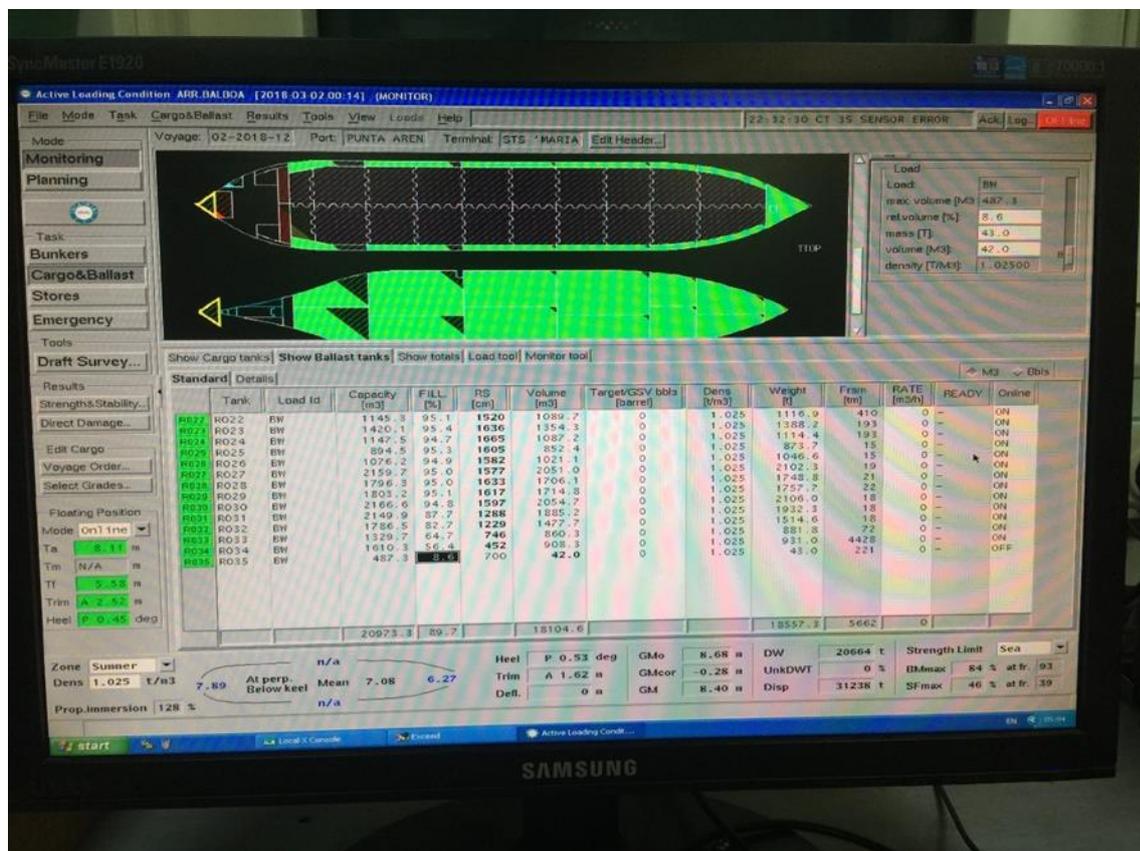


Ilustración 32: imagen del programa informático NAPA con la representación gráfica de los tanques de lastre. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.

A continuación, se muestra el plano de distribución de las líneas de lastre cedidos por la empresa.

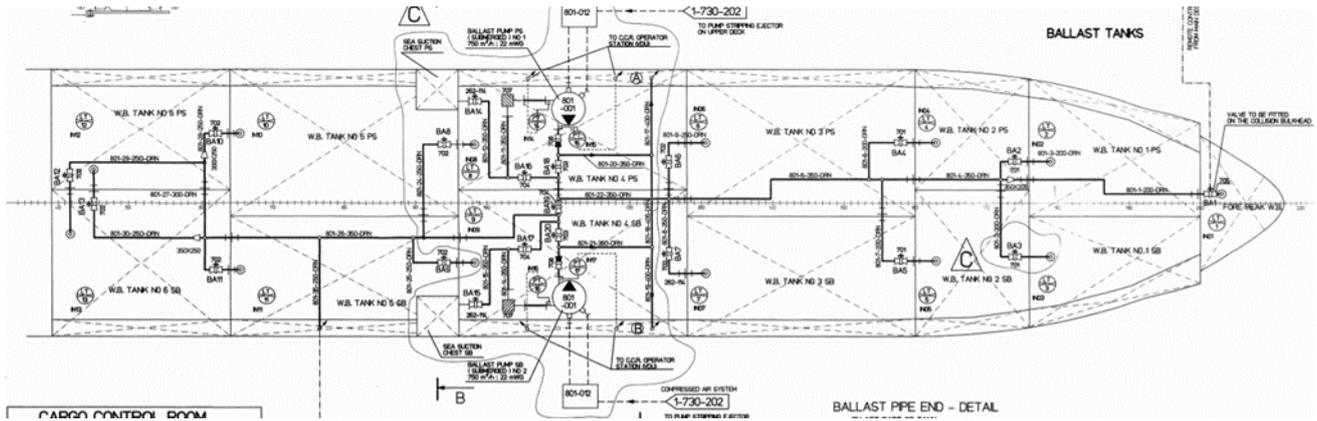


Ilustración 33: imagen de los planos de distribución de los tanques de lastre. Fuente: Planos del buque gemelo Mattheos I

2.12.2 SONDAS DE LASTRE

En los monitores del control de carga es posible saber la cantidad de volumen de agua contenida en los tanques de lastre. Los aparatos encargados de recoger dicha información son las sondas de lastre que se encuentran repartidas para cada uno de los tanques. Su funcionamiento es por medio de la medición de la presión de columna de agua en función de la altura que este alcance. [2] [7]

3. ELEMENTOS DE LIMPIEZA.

Unos de los procesos más importantes a la hora de preparar los tanques para recibir la carga es la limpieza de los mismos. Para este proceso el buque cuenta con un sistema de limpieza compuesto por un total de 20 máquinas de limpieza distribuidas para cada uno de los tanques. Dichas máquinas son capaces de descargar un caudal de 33 m³/h a una presión de 8 bares, garantizando así, que el chorro a presión de la máquina pueda cubrir la totalidad del tanque. La máquina de limpieza empleada en el buque es la SCANJET, modelo SC30T. [2] [9] [10]

Las máquinas de limpieza están construidas en acero inoxidable AISI 316, con una medida de 2 metros que se extienden hacia el interior de los tanques y diámetro de 18mm en la boquilla. Estas máquinas están fijadas a los tanques, es decir, no son portables. El interior de los tanques no cuenta con refuerzo alguno, ya que estos están situados en los tanques de lastre y sobre la cubierta principal como se mencionó en el apartado 2.1, este hecho, unido a que la pistola a presión situada en la parte inferior de la máquina de lavado es capaz de girar 360°, posibilita que la totalidad del tanque sea cubierta por el chorro a presión. [2] [9]

El buque cuenta con 2 bombas de limpieza localizadas en la cubierta inferior de la Sala de Máquinas, ambas con una capacidad de bombeo de 120 m³/h, son las encargadas de bombear el agua a la línea principal de baldeo en la cubierta principal, la cual esta ramificada permitiendo el acceso a las diferentes máquinas de limpieza. [2] [9]

Por lo general las operaciones de limpieza se realizan mediante agua dulce o agua de mar. Para las operaciones con agua de mar, el agua debe ser calentada a 60 °C y bombeada a los slops, una vez en los slops el agua será enviada a el sistema de lavado por medio de la bomba de descarga. Para calentar el agua de mar, el buque cuenta con un calentador en la sala de calentadores de agua, con conexiones a la línea de limpieza y a los slops, además posee una capacidad de 200 m³/h. El agua es recogida del mar y enviada por medio de las bombas de limpieza a los calentadores y de ahí a los slops para luego abastecer al sistema de lavado. [2] [9]

En cuanto a las operaciones con agua dulce, los tanques son lavados por agua dulce procedente del peak de popa. El agua es bombeada directamente al sistema de lavado por medio de las bombas de limpieza, aunque el agua también puede ser bombeada a los calentadores para después ser enviada al sistema de limpieza. [2] [9]

Por otro lado, si la limpieza de los tanques requiere el uso de detergentes, la sala de calentadores de agua cuenta con un tanque destinado para el detergente.

Cabe señalar, que en caso de fallo de la máquina de limpieza o que se requiera limpiar los tanques mediante el uso de productos químicos, el buque dispone de una máquina de limpieza portable, el modelo de esta es SC15TW con un diámetro de 10mm en la boquilla. [2] [9]

Una vez finalizada la operación de limpieza, la mezcla oleosa almacenada en el interior de los tanques durante la operación de limpieza, será bombeada por medio de la bomba de descarga del tanque hacia uno de los Slop o hacia el tanque residual, dependiendo de la cantidad que haya que almacenar. Para ello, se alinean por medio del crossover los tanques ya limpiados con el tanque residual o el Slop designado y se bombea la mezcla oleosa a una ratio bajo hacia los tanques antes mencionados. [9]



Ilustración 34: imagen de las bombas de limpieza. Fuente: archivos de Pablo Ballesteros.

3.1 CAÑONES DE LIMPIEZA.

La maquinilla de limpieza está constituida por dos secciones principales, la unidad bajo la cubierta en el interior de los tanques y el cabezal del cañón de limpieza situado sobre la cubierta. [10]

El principio de funcionamiento de la maquina es el siguiente: el agua de la línea de baldeo empuja una turbina cuyo movimiento genera una corriente estática, que su vez hace reaccionar a un imán haciéndolo girar, para este imán finalmente haga girar un pin. El movimiento del pin es transferido a un conjunto de engranajes que reducen la velocidad de giro que se transmite al cañón de limpieza en el interior de los tanques. [10]

Para poner en funcionamiento la máquina de limpieza es necesario seguir una serie de pasos:

- Los cañones de limpieza situados sobre la cubierta principal están conectados a una línea fija de baldeo. La línea principal de baldeo cuenta con ramificaciones para cada uno de los tanques, estas ramificaciones cuentan con una purga que se dejara abierta antes de encender las bombas de limpieza, seguidamente se arranca la bomba y finalmente se abren las válvulas de admisión paulatinamente, conectando la línea principal y los cañones de limpieza. [9]

- En la parte superior del cabezal del cañón se encuentra los 3 botones de los programas de lavado. En primer lugar, se tira de ellos para mantenerlos en la posición alta. [9]
- Se ha de comprobar que el engranaje de la maquina esté funcionando correctamente. [9]
- Una vez supervisada la parte mecánica del cañón y que se confirme su correcto funcionamiento, se selecciona el programa de lavado. [9]
- Si no se selecciona un programa de lavado dejando los botones hacia arriba, la maquina girará sobre su eje vertical sin variar el ángulo en su eje horizontal. [9]

Programas de lavado:

- El botón con el gráfico “P” acciona el prelavado. Es posible presionar este botón en tres alturas diferentes: alta, media y baja. [10]
- Según las posiciones de los botones correspondientes al pin de prelavado “P” se seleccionará un programa. Si el botón está en la posición alta significa que no hay ningún programa engranado. Si el pin está en la posición media, la elevación del cañón por cada vuelta será de 1.5°. Si el pin está completamente pulsado en su posición más baja, la elevación del cañón por vuelta será de 60°. [10]
- Si aparte del prelavado se selecciona otro programa, el cañón se elevará 3°por vuelta y si tenemos los tres programas seleccionados, el cañón aumentará 4.5° por vuelta su elevación. Es decir, por cada programa seleccionado (estando el botón de prelavado accionado en su punto medio), el ángulo de proyección del chorro aumentara 1.5°. [10]
- El sentido de giro va por ciclos, es decir, una vez se complete un ciclo (el cañón es llevado de 180° a 0°), es sentido de giro se invertirá.
- La velocidad de giro de la máquina de lavado tiene que estar comprendida entre 1 y 1.6 rpm. Para comprobarlo es necesario abrir la tapa del cofferdam, y en caso de que no se cumpla habría que quitar el tapón protector de la tuerca que ajusta la velocidad de giro sobre el eje vertical. Según apretemos o aflojemos la tuerca, la velocidad de giro de la maquina aumentará o disminuirá. Este proceso de mantenimiento no se debe hacer durante las operaciones, antes de cada operación se conecta una manguera a las máquinas de lavado para el ajuste de la velocidad. [9] [10]
- Una vez terminada la operación de limpieza, para parar el funcionamiento de las máquinas de lavado hay que cerrar las válvulas de admisión. Seguidamente para

drenar el agua contenida en el interior de la maquina se ajusta el ángulo del cañón a 0°. [9] [10]



Ilustración 35: imagen de una unidad de lavado scanjet. Fuente: <http://serimport.com/product/1608/>



Ilustración 36: máquina de lavado del Slop de estribor. Fuente: archivos Pablo Ballesteros.

4. OPERACIONES DE CARGA Y DESCARGA.

4.1 TERMINALES.

Los lugares designados para la carga y descarga de los buques tanques, se denominan Terminales. Las terminales están localizadas estratégicamente cerca de las refinerías y centros de distribución. Además de las terminales de tierra, existen las denominadas instalaciones costa afuera (off-shore), ubicadas cerca de plataformas petroleras.

Las conexiones de carga más comúnmente utilizadas por las terminales son las mangueras. Las mangueras son provistas por tierra y se conectan al manifold por medio de operarios designados por la terminal, o por los marineros de cubierta. Para maniobrar la manguera se emplea la grúa del buque, dirigiendo a esta hacia el manifold designado.

Por otro lado, las terminales más actualizadas emplean brazos articulados. Los brazos articulados están formados por varias secciones de tuberías, en la sección final más próxima al buque se encuentra la conexión que irá acoplada al manifold. Para establecer el acople no es necesario el empleo de grúa, acomodándose automáticamente a los cambios de francobordo de la nave.

Para el desarrollo de la operación el buque se amarra a una terminal, ya sea una terminal de tierra (al costado de la misma), o en las boyas de amarre si se trata de una terminal off-shore.



Ilustración 37: imagen de la terminal de St Croix, Limetree bay. Fuente: archivo de Pablo Ballesteros.

4.2. OBJETIVOS DE LAS OPERACIONES

Los buques tanques tienen como objetivo transportar su carga con seguridad, evitando a toda costa causar daños al medio ambiente, daños al propio buque y sin poner en riesgo la vida del personal de abordó.

Para que las operaciones lleguen a buen término, es de vital importancia llevar una detallada planificación de las fases. El primer oficial es la persona encargada de realizar la planificación de las operaciones, y para ello cuenta con el apoyo de los oficiales y los marineros que serán sus asistentes en el transcurso de las operaciones.

A efectos prácticos desde el punto de vista de la nave, existen 3 situaciones a las que enfrentarse a bordo.

- Carga/ descarga.
- Navegación con la carga.
- Preparación de la carga.

Vía email se le comunica al capitán que carga deberá ser transportada, además se le proporciona la información técnica de la carga por medio del *safety data Sheet* [6]. Para la seguridad de la navegación y de los tripulantes, es imprescindible estudiar la carga en función de los siguientes aspectos:

- Compatibilidad de la carga: Para ello el buque cuenta con una tabla de compatibilidades de carga entregada por los organismos internacionales, con el objetivo de evitar la formación de nubes tóxicas, polimerización, o cualquier consecuencia impredecible. [6]
- Compatibilidad de la pintura: las pinturas en el interior de los tanques no son compatibles con todo tipo de productos, pues dependiendo de la carga, esta puede reaccionar a algún componente de la pintura y contaminarse constituyendo un riesgo para la tripulación y la desvirtuación del producto. [6]
- Compatibilidad con la última carga: al cambiar de producto del interior de los tanques se debe tener en cuenta su compatibilidad con la nueva carga, ya que existen cargas reactivas a olores fuertes. Este aspecto es uno determinante a la hora de seleccionar el método de limpieza de los tanques. [6]
- Reactividad de la carga: las cargas pueden ser reactivas en determinadas condiciones y ambientes, ya sea al aire, al agua o incluso autorreactivas [6]. Por este motivo, es necesario estudiar las condiciones necesarias para su estiba, carga o descarga.

4.3. OPERACIÓN DE CARGA.

Para la realización segura y eficiente de las operaciones de carga, es necesario llevar una planificación detallada de todas las parcelas de la operación.

En la llegada de la nave a la terminal, por parte de la nave es de obligado cumplimiento que esta tenga los tanques de carga preparados para recibir el producto.

El primer oficial tiene la obligación de realizar previamente el plan de carga, que deberá ser aprobado por el capitán. El en plan se debe estar reflejada la siguiente información [11]:

- Que producto se llevara en cada tanque.
- La cantidad contenida de producto en cada tanque, basado en la información recibida por el capitán vía email y confirmada por la terminal.
- La secuencia de carga de los tanques
- En caso de que la descarga se realice por partes, es decir, varios puestos son los que recibirán el producto, es recomendable que el buque conozca el orden y los destinos, con el objetivo de acomodar la distribución de la carga en función de su futura descarga.
- El plan de carga debe contener las especificaciones de la carga anterior, con el fin de garantizar que ambas cargas sean compatibles entre sí.
- Con la finalidad de facilitar la comprensión del plan de carga, este cuenta con un croquis del buque con la distribución de los tanques, cantidades y el tipo de producto que va a contener.
- Durante la operación de carga se deberá monitorizar los caudales de carga de cada uno de los tanques, asegurándose que se cumpla con lo establecido en el plan para cada una de las parcelas en las que se haya dividido la operación.
- El plan de carga tambien cuenta con la distribución de los manifold y el crossover, especificando por donde entrara la carga al sistema y que tanques serán alineados. Ademán antes de llegar a puerto se coloca una bandera, especificando el manifold que se utilizara en la operación.
- El plan deberá establecer los parámetros necesarios para garantizar la estabilidad del buque en la navegación, evitando por medio de una buena estiba que se produzca el efecto de superficie libre.

- El plan de carga debe especificar los equipos disponibles para la prevención de derrames, además de los protocolos de actuación en caso de fuga.
- Las parcelas en las que se divida la operación deberán estar completamente detalladas, enumerando las secuencias de carga y de deslastre a efectuar.
- Una vez finalizado el plan de carga no podrá ser modificado, excepto si el primer oficial, junto con la aprobación del capitán, consideran que es necesario.

Una vez el plan de carga este comprobado y autorizado por el capitán se efectúan 3 copias del mismo; uno para el oficial de guardia, otro para el bombero y otro para el *Loading Master*. Por su parte este tiene la obligación de entregar al buque el Safety data Sheet (ficha técnica del producto).

Previo a la operación se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

El primer oficial y el bombero deberán realizar una ronda de reconocimiento cada uno. La finalidad de estas rondas de reconocimientos es chequear que el equipo de cubierta está listo para recibir la carga. Los puntos críticos que deberán revisar serán [6]:

- El estado de las válvulas de carga de acuerdo al plan de carga.
- El acople del manifold.
- Las válvulas de presión.
- El cierre de las tapas de los tanques.
- Las líneas de carga.
- La bandeja del manifold, etc.

Seguido de la comprobación de la cubierta, el capitán, el primer oficial y el Loading Master dan inicio a la reunión, que según la normativa IMO y como se establece en la guía de seguridad de buques tanques y terminales ISGOTT, deberán establecer un plan de carga definitivo, conformando la “Carta de Preaviso”. [3] [6]

En esta reunión se establece el número de conexiones (mangueras o brazos de carga), y su diámetro, el orden de carga, el máximo caudal para cada una de las parcelas de la operación, si habrá desplazamiento del producto y el volumen, quien es el que dará por finalizada la operación, la antelación con la que se deberá avisar a la terminal para modificar los caudales

o para parar la carga. También se establecen los canales de comunicación vía VHF entre la nave y terminal. [6]

Para la conexión de la manquera o brazo, el buque y la terminal deberán estar aislados eléctricamente, para ello, a la hora de realizar la conexión nave/terminal, se colocan bridas aislantes en la unión del brazo o manguera y el manifold. [6]

Es necesario que los inspectores de la carga, también denominado surveyor, compruebe que los tanques se encuentran vacíos y en condiciones óptimas para recibir la carga, pues de esto depende que se firme el "Certificado de Inspección de Limpieza de Tanques de Carga".

Previo al comienzo de la operación un marinero realizara la última ronda de seguridad en la preparación para la carga, asegurándose de que todos los medios de amarre se encuentren en estado óptimo, que el estado de las líneas y las conexiones sea adecuado y que todos los accesos a los tanques estén correctamente tapados.

Las operaciones de cargas según se establece en la guía ISGOTT y el convenio internacional para la seguridad de la vida en el mar SOLAS, establecen que todos los accesos a los tanques, sondas, puntos de sampleo, etc. Deberán permanecer cerrados, utilizándose como método exclusivo para el desplazamiento de los gases de los tanques al exterior, las válvulas automáticas de presión / vacío (PV). [4] [6]

Proceso de carga: a efectos prácticos la operación de carga puede ser dividida en 3 parcelas bien definidas:

- Primera parcela: corresponde con el llenado inicial de las cotas de los tanques de carga, hasta que el bajante de la tubería es cubierto, y como consecuencia las turbulencias producidas por el flujo cesan. Conforme a la guía ISGOTT 5ª, 11.1.7.3, la ratio de carga de los tanques está limitado para que el caudal en la bajada de la línea de carga no exceda 1 m/s. Esta media se implementó en los buques tanque para evitar que se produzca electricidad estática por consecuencia del choque violento de la carga con las paredes de los tanques. El buque Loukas I, por su parte cuenta con un caudal inicial de carga para cada tanque de 120° m³/h, con el fin de cumplir con lo establecido por la normativa. Los medios de bombeo de la terminal dependerán del número de tanques que se desee cargar simultáneamente, ya que, si solo se desea carga uno o dos tanques, el empleo de bombas provocaría que se exceda el máximo caudal de inicio. Para este tipo de situaciones se solicita a la terminal que la carga se efectúe por medio del efecto de la gravedad. [6] [11]

En la parcela inicial se toman muestras del producto para su posterior análisis en laboratorio. Dichas muestras son tomadas desde la purga situada en el manifold según es establecido por el ISGOTT. [6]

- La segunda parcela comprende desde el final de la primera, hasta el inicio del topeo de los tanques. El caudal máximo permitido para esta parcela está determinado por la capacidad de venteo del buque. [11]

El venteo de los gases se puede realizar por medio de las válvulas de presión de vacío, o a través de la línea de vapor. La línea de vapor, es una línea que conecta con el interior de todos los tanques, esta línea cuenta con un acople en el manifold al que se le conecta a una manguera o un brazo mecánico, que será el encargado de dirigir los gases expedidos por el buque hacia la terminal. [6]

Por otro lado, las válvulas de presión ya descritas en el apartado 2,8, expulsan los gases hacia el exterior cuando se alcanza una sobre presión de 200 mb.

Debido a la capacidad de venteo, el buque Loukas I, cuanta con un caudal de carga máximo por tanque de 620 m³/h. [2]

En la segunda parcela, son recogidas nuevas muestras de producto. Según se establece en el ISGOTT, 11.1.7.3, durante la carga y los 30 minutos tras la finalización de la operación, no se debe introducir objetos metálicos en el interior de los tanques, con el objetivo de evitar la producción de electricidad estática. También se recomienda que la correa utilizada en los equipos de obtención de muestras no esté fabricada de materiales sintéticos. [6] [11]

Pasados los 30 minutos de respeto establecidos por la normativa, los equipos metálicos para la medición de vacíos, temperatura, toma de agua o extracción de muestras pueden ser utilizados. Los equipos para la obtención de dichas muestras es el denominado sondas UTI, estos son a prueba de explosiones y cuentan con una toma de tierra que debe estar conectada permanentemente durante la operación. [6]

Toda la operación esta monitorizada por los oficiales de guardia que deberán llevar un registro horario de la misma. Este control horario deberá contener rateo del caudal, la cantidad contenida en los tanques y el tiempo estimado para la finalización de la parcela. Toda esta información es contrastada con el Loading Master a modo de confirmación de que se cumple con lo acordado en el plan de carga. En caso de que no se cumpla con lo establecido en el plan, se redactará una carta de protesta. [11]

En todas las fases de la operación se tendrá en cuenta el cuidado de la estabilidad del buque y los esfuerzos a los que está sometido la nave. Por otro lado, el deslastre se lleva a cabo de manera simultánea a la operación de carga. [11]

- La tercera y última parcela de la operación corresponde con el topeo de los tanques al 98% de su capacidad. [11]

Una vez nos aproximamos al completo llenado de los tanques, se avisará a la terminal con el tiempo de respeto previamente acordado, para que reduzcan el caudal de carga a uno que permita la parada instantánea de forma segura. Una

vez reducido el caudal, se procede a la medición del vacío de los tanques para apurar al máximo con los establecido en el plan de carga, los operarios encargados de esta operación son el bombero y los contramaestres, acompañados de un surveyor. Este proceso se realiza de popa hacia proa simultáneamente, cuando casi se alcanza el vacío deseado se da la orden al marinerio de cerrar la válvula de la bajada de la línea. Una vez realizado este proceso en todos los tanques se da por finalizada la carga. [11]

Una vez finalizada la operación de carga se debe asegurar que todas las válvulas de buque estén cerradas (manifold, bajada, crossover). Por otro lado, la información de la toma de muestras, temperatura, control del agua obtenida por los aparatos UTI, serán utilizados para la elaboración de la liquidación de la carga, donde constarán las cantidades de los tanques. Esta liquidación será contrastada con los datos del Loading master. En caso de que los datos de la nave y el Loading Mastes diverjan se redactara una carta de protesta. [6]

Conforme a las instrucciones establecidas es MARPOL, Anexo II, Regla 9, tanque por tanque, cada vez que se realicen a bordo las siguientes operaciones respecto a sustancias nocivas líquidas de categoría de contaminación X, Y o Z, asignada a cada producto en el Código Internacional de Químicos (CIQ) (Enmiendas de 2004, Capítulo 17) [8] [12]:

- a. Embarque de carga.
- b. Trasiegos internos de carga.
- c. Desembarque de carga.
- d. Prelavado obligatorio de los tanques de carga conforme al Manual de Procedimientos y
- e. medios.
- f. Limpieza de los tanques de carga, excepto prelavado obligatorio (diferentes a operaciones
- g. de prelavado, lavado final, ventilación, etc.).
- h. Descarga en la mar de la limpieza de tanques.
- i. Lastrado de tanques de carga.
- j. Descarga del agua de lastre de los tanques de carga.
- k. Descargas accidentales o descargas excepcionales.
- l. Cuando un inspector designado o autorizado por un Gobierno con la función de vigilar las
- m. operaciones reglamentarias en el Anexo II, haya inspeccionado el buque, el inspector hará el
- n. asiento pertinente en el Libro de Registro de Carga.
- o. Procedimientos operacionales y observaciones.

De acuerdo con la Regla 15.5, el Libro de Registro de Carga, deberá conservarse siempre a bordo, durante un período mínimo de tres años a partir del último asiento. [8]

4.4. PROCEDIMIENTO DE DESCARGA.

Previo al inicio de la operación hay que llevar a cabo una serie de protocolos:

- Del mismo modo que en las operaciones de carga, el primer oficial y el bombero son los encargados de realizar la ronda inicial de seguridad. Ambos deben comparar por separado el estado del equipo de cubierta, que el alineado de las válvulas este de acuerdo al plan de descarga, el estado de las líneas de carga y el manifold, asegurarse que las tapas y tapines de la cubierta estén cerradas, etc.
- El primer oficial es el encargado de realizar el plan de descarga previo con la aprobación del capitán. En la reunión inicial de los representantes de la nave con el Loading Master se deben esclarecer los aspectos detallados en el ISGOTT, y la normativa IMO, determinando por escrito el plan de carga definitivo y firmado la “carta de pre aviso”. A demás, en dicha reunión se le es entregado al Loading Master la lista de comprobación del buque/terminal. Estas listas son obtenidas de las paginas finales de ISGOTT apartado 26.3, 26.3.1, 26.3.2, 26.3.2.1, 26.3.2.2 y 26.3.3, donde están determinadas los procedimientos a llevar a cabo. [3] [6]

El plan de descarga debe estar constituido de la siguiente información [11]:

- Número de conexiones de descarga junto a su diámetro nominal.
- Distribución de los tanques y orden de descarga.
- Máxima presión de trabajo aceptada por la terminal y la nave.
- Safety data Sheet de la carga.
- Canales de comunicación nave-terminal.
- Planificación de la estabilidad y lastrado de los tanques.
- Equipo y procedimientos a seguir en situación de derrame.
- El plan deberá tener una explicación detallada de todas las parcelas de la operación.
- El plan debe contener un croquis con la distribución de la carga, cantidades y producto contenido en los tanques de carga.
- El plan tambien contiene un croquis de la distribución del manifold y las válvulas agrupadas del crossover a modo de apoyo.

Al igual que sucede con los planes de carga, una vez aceptados no se podrá modificar su contenido, exceptuando los casos en los que el capitán o primer oficial lo consideren estrictamente necesario.

La conexión del manifold con la terminal deberá estar aislada eléctricamente, para ello, se colocan bridas de material aislante en las bridas de unión del buque con la terminal.

Por otro lado, la operación se lleva a cabo con todas las aperturas de los tanques y accesos a la acomodación cerradas, esta es una medida de seguridad que deberá de cumplirse en todo el transcurso de la operación. [6]

La exhaustación de los gases de hidrocarburos de los tanques se lleva a cabo por las válvulas de presión/vacío. [6]

Proceso de descarga:

Una vez realizado el papeleo y las comprobaciones de seguridad pertinente se dará comienzo a la descarga de producto. El buque quedara a la espera de la confirmación de que la terminal esta lista para recibir la carga, siendo de vital importancia una comunicación clara entre terminal-buque.

Por otra parte, la maquina deberá estar preparada para tener los medios de inertizado operativos y capaces de suministrar 1.25 veces más caudal que el máximo caudal de descarga del buque, tal y como se recoge en la normativa ISGOTT, para la prevención de producción del efecto vacío dentro de los tanques. [6]

Antes de abrir la válvula del manifold, es necesario crear una presión positiva dentro de las líneas mediante el uso de las bombas de descarga. La operación comienza con un rateo de descarga bajo, hasta lograr el cebado completo del circuito y que se verifique que la carga alojada en los tanques está disminuyendo. Una vez comenzada la descarga las alarmas de hi level y over Flow son desactivadas, y se avisa a la máquina para el aumento de suministro de gas inerte con el objetivo de prevenir la producción de vacíos. [6]

Durante la descarga es imprescindible monitorear el funcionamiento de las bombas y la presión en el manifold, comprobando que sea coherente con lo acordado en el plan de descarga. Otros factores que se controlan de forma horaria en una hoja Excel es la cantidad de producto en cada tanque, esta información es utilizada para calcular el caudal de descarga promedio, la cantidad de producto descargado y el tiempo estimado de finalización.

En la fase final del periodo de descarga, una vez desalojada la mayor parte del producto que se alojaba en los tanques, se procede a realizar el achique de los mismos. Para la realización del stripping (achique), en el buque Loukas I, es necesario parar las bombas en funcionamiento y cerrar las válvulas de descarga. Una vez cerradas las válvulas, por medio de una manguera se conecta una línea de aire comprimido con la línea de achique de la bomba. Una vez conectadas se procede a soplar la línea de achique, el aire viaja a través de la línea de un diámetro nominal pequeño, y genera un efecto de succión en la línea de achique

que cuenta con una conexión directa con la línea de descarga. Una vez realizado este proceso se procede a encender la bomba, poniéndola a trabajar en un rango de revoluciones comprendido entre 2400- 2700 rpm, mientras se procede a abrir paulatinamente la válvula de descarga. Este proceso lo que consigues es aumentar enormemente el poder de succión de la bomba, para que en consecuencia se consiga cebar la línea y desalojar la mayor cantidad posible de la carga. Este proceso se repite hasta que, al suministrarle aire comprimido a la línea de achique, está ya no sea capaz de succionar la carga y se escuche un burbujeo en la línea. [2] [11]

Ya finalizada la descarga se efectúa el barrido de las tuberías y conexiones, que será realizado según lo convenido, ya sea hacia la terminal o hacia el buque. Se realiza el vaciado de la bandeja del manifold hacia el tanque residual y se aseguran todas las válvulas.

“De acuerdo con la Regla 36 del Anexo I del Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques de 1973, en su forma modificada por el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), las operaciones de descarga de los petroleros de arqueo bruto igual o superior a 150 toneladas, deberán consignarse en el Libro de Registro de Hidrocarburos (Partell).” [8]

“De acuerdo con lo establecido en la Regla 15 del Anexo II de MARPOL 73/78, todo buque al que le sea aplicable el Anexo II, estará provisto de un Libro de Registro de la Carga (Cargo Record Book for Ships Carrying Noxious Liquid Substances in Bulk), en la forma que especifica el apéndice II de dicho Anexo”. [8]

Conforme a las instrucciones establecidas es MARPOL, Anexo II, Regla 9, tanque por tanque, cada vez que se realicen a bordo las siguientes operaciones respecto a sustancias nocivas líquidas de categoría de contaminación X, Y o Z, asignada a cada producto en el Código Internacional de Quimiqueros (CIQ) (Enmiendas de 2004, Capítulo 17) [8] [12]:

- a. Embarque de carga.
- b. Traslados internos de carga.
- c. Desembarque de carga.
- d. Prelavado obligatorio de los tanques de carga conforme al Manual de Procedimientos y medios.
- e. Limpieza de los tanques de carga, excepto prelavado obligatorio (diferentes a operaciones de prelavado, lavado final, ventilación, etc.).
- f. Descarga en la mar de la limpieza de tanques.
- g. Lastrado de tanques de carga.
- h. Descarga del agua de lastre de los tanques de carga.
- i. Descargas accidentales o descargas excepcionales.

- j. Cuando un inspector designado o autorizado por un Gobierno con la función de vigilar las operaciones reglamentarias en el Anexo II, haya inspeccionado el buque, el inspector hará el asiento pertinente en el Libro de Registro de Carga.
- k. Procedimientos operacionales y observaciones.

De acuerdo con la Regla 15.5, “el Libro de Registro de Carga, deberá conservarse siempre a bordo, durante un período mínimo de tres años a partir del último asiento. [8]

4.5. LIMPIEZA DE LOS TANQUES.

Una vez finalizada la operación de descarga se comienza a planificar el procedimiento de limpieza y de preparación de los tanques para la siguiente carga. El encargado de realizar esta planificación nuevamente es el primer oficial. La compañía se encargará de comunicar al capitán de cuál es la siguiente carga que será transportada, y el primer oficial de acuerdo a esta información procederá a realizar la limpieza de los tanques.

Para realizar las operaciones de limpieza se siguen las recomendaciones estipuladas en el ISGOTT 5ª 11.3.2, que establece que la operación deberá llevar un registro de la operación y un detallado planeamiento. Los procedimientos de limpieza se eligen en función de una tabla suministrada por la empresa de compatibilidad de la carga. [6]

CARGO COMPATIBILITY CHART (per USCG 46 CFR part 150)	REACTIVE GROUPS																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
REACTIVE GROUPS																						
Non-Oxidizing Mineral Acids	1	x																				
Sulfuric Acid	2	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nitric Acid	3	x																				
Organic Acids	4	x																				
Caustics	5	x	x	x	x																	
Ammonia	6	x	x	x	x																	
Aliphatic Amines	7	x	x	x	x																	
Alkanolamines	8	x	x	x	x																	
Aromatic Amines	9	x	x	x																		
Amides	10	x	x	x																		
Organic Anhydrides	11	x	x	x																		
Isocyanates	12	x	x	x	x	x	x	x	x													
Vinyl Acetate	13	x	x	x																		
Acrylates	14	x	x																			
Substituted Allyls	15																					
Alkyene Oxides	16	x	x	x	x	x	x	x														
Epichlorohydrin	17	x	x	x	x	x	x	x														
Ketones	18	x	x																			
Aldehydes	19	x	x	x	x	x	x	x	x													
Alcohols, Glycols	20	x	x	x	x																	
Phenols, Cresols	21		x	x																		
Caprolactum Solution	22		x																			
CARGO GROUPS																						
Olefins	30	x	x	x																		
Paraffins	31																					
Aromatic Hydrocarbons	32		x																			
Misc. Hydrocarbon Mixtures	33		x																			
Esters	34	x	x	x	x																	
Vinyl Halides	35		x																			
Halogenated Hydrocarbons	36	x	x	x	x																	
Nitriles	37		x																			
Carbon Disulfide	38																					
Sulfolane	39																					
Glycol Ethers	40		x																			
Ethers	41	x	x	x																		
Nitrocompounds	42																					
Misc. Water Solutions	43	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Ilustración 38: tabla de compatibilidad de la carga. Fuente: archivo proporcionado por la empresa.

Previo a la operación:

El primer oficial es el encargado de realizar este procedimiento y deberá tener en cuenta los siguientes aspectos: El cumplimiento de las precauciones mencionadas en ISGOTT, dando una especial atención a los capítulos 2, 4 y 11 (Riesgo del petróleo, riesgos generales para buque y terminal, operaciones a bordo y limpieza de tanques y desgasificación). [6]

Por otro lado, deberá notificar tanto a la tripulación como a las embarcaciones colindantes que se llevará a cabo la operación de limpieza de tanques.

Operación:

Para una operación de limpieza es necesario que la atmósfera del tanque sea inerte. Según la normativa ISGOTT 5ª Edición 11.3.4.1. se deberá introducir gas inerte hasta alcanzar una concentración de oxígeno que no debe ser superior al 8% del volumen, mientras que en el interior de los tanques se deberá mantener una presión positiva. [6] [9]

Para la medición de la atmosfera de los tanques se utiliza un aparato denominado explosímetro, este es introducido al interior de los tanques a través de los puntos de sampleo, una vez introducido por pantalla se obtendrá la información de la atmosfera. [6] [9]

Ya confirmada que las condiciones de las atmosferas son óptimas para realizar la operación de limpieza, en primer lugar, se procede al alineado de los tanques que se vayan a lavar por medio del crossover situado en la banda de babor. Para las operaciones de limpieza donde se sepa que la cantidad de agua utilizada va a exceder la capacidad del tanque residual, es alineado uno de los Slop para ser utilizado como tanque de decantación. Las lavazas generadas durante la limpieza se almacenen hasta la próxima llegada del buque a refinería o en el caso de las mezclas oleosas se vierte al mar por el ODME (Oil discharge Monitoring Equipment). [6] [8] [9]

En segundo lugar, abrimos una puerta del sistema para evitar el efecto ariete y arrancamos la bomba de limpieza. Seguidamente alineamos los cañones de limpieza seleccionando el modo según las recomendaciones de limpieza en el cambio de producto. Una vez finalizado el rociado de agua a los tanques por medio de los cañones se encienden las bombas de descarga para llevar el agua contenida en el tanque a los SLOPs o el residual. Una vez las bombas no son capaces de bombear más fluido se procede al achique, este proceso se realiza de la misma forma que se explicó en el apartado 4.4. [9]

Para el drenado e las líneas se aísla cada tanque cerrando el colector en primer lugar, seguidamente se crea una presión positiva de entre 5 y 6 bar dentro de la línea. Una vez llegamos a las presiones mencionadas anteriormente se abre la purga de la línea que se encuentra en el manifold vertiendo el contenido de la sobre la bandeja del manifold. Una vez finalizada la limpieza se procede a la desgasificación de los tanques si fueras necesario o se deja en condición de atmósfera inerte. [9]

En conformidad con “el convenio para prevenir la contaminación por los buques de 1973, en su forma modificada por el protocolo de 1978, MARPOL 73/78 y enmiendas posteriores, Regla 36 del Anexo I, 2.5, las operaciones de limpieza de tanques de los petroleros de arqueo bruto igual o superior a 150 toneladas, deberán registrarse en el Libro de Registro de Hidrocarburos (Parte II).” [8]

Por otra parte, el registro de las operaciones de limpieza llevadas a cabo por el buque deberá ser reportado al Departamento de Seguridad y Medio Ambiente periódicamente proporcionando la información del número de lavanzas realizadas, las fechas y los puertos de descarga, por medio del documento Acción MARPOL. [8]

Bibliografía

1. Ecológica, M.p. (n.d.). *Mitecob.gob.es*. Retrieved from :https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/trafico_maritimo.aspx
2. Consultores de navegacion, S. (2006). *Marpot 73/78 ANNEX II- Procedures and arragementrts manual M/T LOUKAS I*.
3. IMO. (2014). *Codiogo internacional de quimiqueros para el transporte de químicos a granel*. Londres : ed.65.
4. Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar SOLAS. (ed. refundida) (2014).
5. Uljanik. (2004). *M.V MATTEOS I oil & chemical Tanker*. Republika Hrvatska.
6. Tankers safety measures & petroleum Shipping Terminals. (2020). *ISGOTT: International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals*. London ECIR 0ET, United Kingdom: WITHERBY & CO. LTD.
7. Consultores de Navegacion, S. (sep, 2010, Sep). LOUKAS I- Ballas water management.
8. Jrockley. (19 abr 2008). *MARPOL 73/78*.
9. MARFLER MARINE, S. (abril, 2013). *Tank Cleaning manual*.
10. marine, S. (n.d.). SC 30T. Scanjet tank cleaning equipment., (p.1-3).
11. Primer oficial. (2020). *Plan de carga St Croix*.
12. CODE, I. (2008). *International Maritime Dangerous Good Code incorporating amendment*.
