

Análisis del coste operacional y de gestión de mantenimiento de un RO-PAX



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Autor: Jennifer Cruz Díaz

Tutores: Dr. Jerónimo Esteve Pérez

Dr. Gregorio Munuera

Trabajo Final de Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

Índice

1. Introducción teórica	8
1.1 Objetivos	9
1.2 Metodología empleada	9
1.3 Estructuración del trabajo	10
2. Descripción del buque RO-PAX.....	11
3. Enumeración y desglose de los equipos del buque.....	13
3.1 Cámara de máquinas.....	15
3.1.1 Equipo propulsor.....	15
3.1.2 Servicio de combustible	15
a) Alimentación a los motores	15
b) Sistema de trasiego y purificación	16
3.1.3 Servicio de aceite lubricante.....	17
3.1.4 Sistema de aire comprimido	17
3.1.5 Sistema de exhaustación.....	18
3.1.6 Sistema de agua de refrigeración	18
3.1.7 Servicio de vapor	19
3.2 Diésel-generadores.....	19
3.3 Planta eléctrica.....	20
3.4 Climatización: sistema de ventilación.....	21
3.5 Equipos de cubierta: Equipos de amarre, fondeo y remolque.....	22
3.6 Equipo de gobierno	22
3.7 Sistema hidráulico	23
3.8 Equipo de carga y descarga.....	23
3.9 Sistemas de acceso y elevación	23
3.10 Equipo de iluminación.	24
3.11 Armamento, instalaciones y habilitación	25
3.12 Equipo de salvamento.	25
3.13 Equipo de detección y extinción de incendios.....	27
3.14 Servicios generales, lastre y sentinas.....	28
3.15 Sistema de tratamiento séptico.	29
3.16 Servicio de agua sanitaria.	30

3.17 Aireación y sonda	30
3.18 Equipo de navegación y comunicaciones.	31
4 Etapas del ciclo de vida del buque.....	33
5 Análisis operacional del buque.....	36
6 Cuenta de explotación del buque.....	38
6.1 Costes de capital.....	38
6.1.1 Sistema alemán.....	39
6.1.2 Sistema Francés	40
6.2 Costes fijos	43
6.3 Costes variables	52
6.3.1 Consumo de combustible	53
6.3.2 Costes de escala:.....	56
6.4 Costes totales de explotación del buque	62
7. Introducción al mantenimiento:.....	64
8. Elaboración del plan de mantenimiento.....	67
8.1 Criterios para la criticidad	69
8.2 Técnicas de mantenimiento	73
8.3 Tareas de mantenimiento.....	76
8.4 Gamas de mantenimiento	81
8.4.1 Gama de mantenimiento de la planta propulsora	81
8.4.2 Gama de mantenimiento del grupo diésel-generator	85
8.5 Inspecciones reglamentarias	87
8.5.1 Definición de inspección.....	88
8.5.2 Intervalo de inspecciones y tipos	89
8.5.2.1 Inspecciones anuales	94
8.5.2.2 Inspecciones intermedias.....	99
8.5.2.3 De Renovación o especiales	100
8.5.2.4 Inspección en seco	105
9. Costes de mantenimiento	107
9.1 Costes de Mantenimiento preventivo a intervalo de tiempo fijo	108
9.2 Costes de Inspecciones reglamentarias	109
9.3 Costes de Mantenimiento correctivo	116
10. Comparativa de ambos costes. Análisis.	117

11. Conclusiones	121
12. Bibliografía	123

Índice de figuras

Figura 1: Distribución de las luces de navegación del buque Ro-Pax en análisis	25
Figura 2: Fases del ciclo de vida de un buque	33
Figura 3: Ruta geográfica del buque en análisis	36
Figura 4: Itinerario de navegación del buque analizado	36
Figura 5: Tiempo total invertido en la ruta.....	37
Figura 6: Precios del combustible Diesel Oil durante el año 2012.....	54
Figura 7: Precio del combustible Fuel Oil durante el año 2015.	54
Figura 8: Representación de la relación entre Fiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad.....	66
Figura 9: Gráfica del coste por riesgo	67
Figura 10: Distribución de la planta propulsora	77
Figura 11: Generador diésel	79
Figura 12: Buque encima de una cama de varada	91
Figura 13: Detalle de Carro de varada.....	92
Figura 14: Ventana de tiempo de inspecciones	93
Figura 15: Escotilla	95
Figura 16: Compuerta de un buque	96
Figura 17: Imágenes de un casco con corrosión.....	98
Figura 18: Timón de un buque	101
Figura 19: Imagen de un ancla y largos de cadena.....	102

Índice de tablas

Tabla 1: Características del buque	13
Tabla 2: Luces de navegación.....	24
Tabla 3: Planta de Tratamiento séptico	29
Tabla 4: Sistema de aguas grises	30
Tabla 5: Equipo de navegación	31
Tabla 6: Equipo de comunicación.....	32
Tabla 7: Perfil operativo del buque durante el itinerario de transporte	37
Tabla 8: Anualidad del Sistema Alemán	40
Tabla 9: Anualidad del sistema Francés	41
Tabla 10: Valor residual del buque.....	42
Tabla 11: Costes de capital (S.Alemán y Francés)	42
Tabla 12: Sueldos de tripulación de buques.....	44
Tabla 13: Tripulación del buque	44
Tabla 14: Variación del IPC (2000-2018).....	45
Tabla 15: Incremento del IPC (2000-2018)	45
Tabla 16: Media del incremento del IPC.....	45
Tabla 17: Valor del IPC calculado (2019-2034).....	46
Tabla 18: Costes de tripulación Española	47
Tabla 19: Sueldo de la tripulación Filipina.....	47
Tabla 20: Costes de tripulación Filipina.....	48
Tabla 21: Costes de seguro.....	50
Tabla 22: Costes fijos totales con tripulación Española	51
Tabla 23: Costes fijos totales con tripulación filipina.....	52
Tabla 24: Precios de combustible (MDO y HFO)	53
Tabla 25: Costes totales de combustible.....	56
Tabla 26: Costes de amarre y desamarre	57
Tabla 27: Costes totales de amarre y desamarre durante la vida útil del buque.....	57
Tabla 28: Cuantía básica.....	59
Tabla 29: Coeficientes correctores y bonificaciones de los puertos en análisis..	60
Tabla 30: Costes totales de escala.....	61
Tabla 31: Costes variables totales.....	61
Tabla 32: Costes totales de explotación del buque	62
Tabla 33: Costes totales de explotación del buque	62
Tabla 34: Costes totales de explotación del buque con tripulación Filipina.....	63
Tabla 35: Criterios de criticidad	69
Tabla 36: Criterios de Criticidad	70
Tabla 37: Rango de criticidades.....	71
Tabla 38: Equipos clasificados con criticidad alta ordenados en orden descendente	71

Tabla 39: Equipos clasificados con criticidad alta ordenados en orden descendente	72
Tabla 40: Equipos que constituye la Planta Propulsora	77
Tabla 41: Mantenimiento preventivo de la planta propulsora.....	78
Tabla 42: Mantenimiento preventivo de la planta propulsora.....	79
Tabla 43: Mantenimiento preventivo del diésel-generator.....	80
Tabla 44: Mantenimiento diario de la planta propulsora.....	81
Tabla 45: Mantenimiento cada 250h en la planta propulsora.....	82
Tabla 46: Mantenimiento cada 500h en la planta propulsora.....	82
Tabla 47: Mantenimiento cada 1200/2000h en la planta propulsora	83
Tabla 48: Mantenimiento anual y cada 10000h en la planta propulsora.....	83
Tabla 49: Mantenimiento bianual y cada 4 años de la planta propulsora	84
Tabla 50: Mantenimiento diario del grupo diésel-generator.....	85
Tabla 51: Mantenimiento cada 250h del grupo diésel-generator.....	85
Tabla 52: Mantenimiento cada 500h del grupo diésel-generator.....	86
Tabla 53: Mantenimiento cada 1000h del grupo diésel-generator.....	86
Tabla 54: Mantenimiento cada 2000h del grupo diésel-generator.....	86
Tabla 55: Mantenimiento anual del grupo diésel-generator	87
Tabla 56: Mantenimiento cada cuatro años del grupo diésel-generator.....	87
Tabla 57: Tripulación encargada del mantenimiento preventivo	108
Tabla 58: Costes de mantenimiento preventivo durante la vida útil del buque	108
Tabla 59: Costes asociados al personal encargado de la inspección de renovación y los costes relacionados con la varada y botadura	109
Tabla 60: Trabajos realizados durante la inspección de renovación.....	110
Tabla 61: Costes asociados al personal encargado de la inspección de renovación y los costes relacionados con la botadura y varada	112
Tabla 62: Trabajos realizados durante la inspección intermedia	113
Tabla 63: Costes asociados al personal encargado de la inspección anual así como los costes de abarloado a muelle del astillero	114
Tabla 64: Trabajos realizados durante la inspección anual.....	115
Tabla 65: Costes de inspecciones distribuidos durante la vida útil del buque	115
Tabla 66: Costes de mantenimiento durante la vida útil del buque	116
Tabla 67: Sumatorio de costes	116
Tabla 68: Costes fijos totales	117
Tabla 69: Costes fijos totales	117
Tabla 70: Porcentajes de cada partida, dentro de los costes operacionales totales en el sistema alemán.....	118
Tabla 71: Porcentajes de cada partida, dentro de los costes operacionales totales en el Sistema francés	118
Tabla 72: Porcentajes de cada partida, dentro de los costes operacionales totales en el Sistema alemán	119

Tabla 73: Porcentajes de cada partida, dentro de los costes operacionales totales en el Sistema francés	119
Tabla 74: Puntuación obtenida, en los diferentes equipos del buque, en el análisis de criticidad.....	126
Tabla 75: Tabla de criticidad de los diferentes equipos del buque, de mayor a menor criticidad.....	141

1. Introducción teórica

Los buques, como medio de transporte, suponen una parte fundamental de la economía mundial, siendo una fuente de ingresos tanto para armadores como fletadores y todo el personal marítimo participe en el negocio.

No obstante, para generar dichos ingresos y no generar pérdidas es necesario un análisis desde el punto de vista de los costes de su ciclo de vida que va desde su construcción, operación y finalmente desguace. La parte más importante es el análisis de su ciclo operacional y de mantenimiento, que genera uno de los mayores costes de este medio de transporte marítimo.

En este trabajo final de máster, se pretende desglosar los costes operacionales del buque RO-PAX, así como la elaboración de un plan de mantenimiento y su análisis económico, para realizar una comparativa final entre ambos costes pertenecientes al ciclo de vida del buque en cuestión.

Para la consecución de estos objetivos, en primer lugar, se ha calculado los costes operacionales que incluyen: costes de capital, costes fijos y costes variables. Los costes de capital se han obtenido con la aplicación del sistema francés y alemán para el cálculo de intereses. Los costes fijos y variables se han determinado teniendo en cuenta la ruta a realizar, consumo de combustible, IPC (Índice de Precios de Consumo), tasas portuarias y otros datos que afectan a su cálculo.

Posteriormente antes del cálculo de costes de mantenimiento es necesario comprender y establecer un mantenimiento de la maquinaria y equipos a bordo. No obstante, por la extensión de este trabajo final de máster, se ha desglosado y realizado únicamente el mantenimiento del sistema de propulsión y del grupo diésel-generador. De esta forma se puede visualizar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo necesario a aplicar en líneas en generales en este tipo de buque. Para la ejecución del mantenimiento se necesitará el empleo y destinación de determinados recursos, recursos que conllevan a unos costes de mantenimiento.

Ahora bien, los costes de mantenimiento también engloban los costes de inspecciones reglamentarias que debe realizar el buque. Estos costes se encuentran desglosados en función de la inspección a realizar.

Finalmente calculados los costes generales de mantenimiento, se comparan con los costes operacionales previamente calculados.

1.1 Objetivos

Como se ha explicado en el capítulo 1, con el siguiente trabajo se pretende desglosar los costes operacionales del buque RO-PAX, así como la elaboración de un plan de mantenimiento y su análisis económico. El objetivo final, consiste en realizar una comparativa presupuestal entre los costes operativos y los costes de mantenimiento del buque. De esta forma se visualizará la importancia, desde el punto de vista económico, de los costes de mantenimiento dentro de los costes operacionales, ambos costes pertenecientes al ciclo de vida del buque en cuestión.

1.2 Metodología empleada

En primer lugar, en este trabajo final de máster, se han calculado los costes operacionales que incluyen: costes de capital, costes fijos y costes variables. Para la obtención de los costes de capital, se ha optado por la aplicación de dos sistemas: el sistema alemán y el sistema francés. Con el sistema alemán, el cálculo de la anualidad, se realiza con la suma de la deuda viva e intereses que varían cada año. No obstante, con el sistema francés la anualidad a pagar cada año permanece constante.

Para los costes fijos se debe tener en cuenta el IPC (Índice de Precios de Consumo) y su variación anual, influyendo directamente en el sueldo base de la tripulación. Mientras que, para los costes variables, en primer lugar, es necesario la determinación de la ruta a realizar, a partir de la cual se calculará los costes de combustibles y costes de escala. Para el cálculo de los costes de combustible, se debe calcular la fluctuación de precios del combustible, horas de navegación y en puerto, así como el consumo y potencia de los motores y diésel-generadores. Para el cálculo de los costes de escala, se recurrirá a las tasas portuarias establecidas en cada puerto en el que atraca el buque en análisis.

Posteriormente, antes del cálculo de costes de mantenimiento, se realizará un análisis de criticidad subjetivo de todos y cada uno de los equipos que comprenden el buque. Con este análisis, se pretende ordenar los equipos del buque, en orden descendente de mayor a menor importancia. De los equipos de mayor importancia se realizará un mantenimiento. De esta forma se puede visualizar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo necesario a aplicar en líneas en generales en este tipo de buque. Para la ejecución de este mantenimiento se necesitará el empleo y destinación de determinados recursos, recursos que conllevan a unos costes de mantenimiento. Estos costes de mantenimiento se han calculado en base a datos reales de astilleros.

Finalmente, se realiza la comparativa presupuestal, entre costes operativos y costes de mantenimiento, en tanto por ciento.

1.3 Estructuración del trabajo

Para la realización y desarrollo de este trabajo final de master, así como para la consecución de los objetivos, se ha desglosado los siguientes capítulos:

- Descripción del buque Ro-Pax: breve explicación del tipo de buque a analizar.
- Enumeración y desglose de los equipos del buque: descripción de los diferentes sistemas y equipos que conforman el buque.
- Etapas del ciclo de vida del buque: enumeración y desarrollo de los conceptos que forman parte del ciclo de vida de un buque.
- Análisis operacional del buque: se describe el itinerario realizado por el buque en análisis. De esta forma se obtendrán los gastos de combustibles y costes de escala, necesarios para el cálculo de los costes variables.
- Cuenta de explotación del buque: se explica y desarrolla, los cálculos realizados y los resultados obtenidos, para obtener los costes operacionales del buque: costes de capital, costes fijos y costes variables.
- Introducción al mantenimiento: breve descripción y fundamentos teóricos del mantenimiento.
- Elaboración del plan de mantenimiento: se elabora un plan de mantenimiento enfocado en dos sistemas del buque.
- Costes de mantenimiento: se calcula y desarrolla los costes de mantenimiento del buque durante su vida útil.
- Comparativa de ambos costes. Análisis: comparación entre los costes de mantenimiento y los costes calculados en el apartado de *Cuenta de explotación del buque*.
- Conclusiones: importancia de los costes de mantenimiento dentro de los costes de explotación del buque.

2. Descripción del buque RO-PAX

Desde su aparición hasta la actualidad, los barcos han surgido con motivo de cubrir determinadas necesidades humanas, tales como: transporte de personas, mercancías o incluso como medio de intervención en conflictos. De esta forma el diseño y la construcción de cada buque ha estado enfocada en satisfacer la necesidad para la que habría sido elegido, cumpliendo en cada momento con la normativa vigente existente.

Por tanto, dentro de la clasificación de buques existentes se pueden encontrar múltiples variantes y combinaciones, como es el caso del buque “*Roll On-Roll off*”, término inglés, conocido comúnmente por el acrónimo RO-RO, que hace referencia a todo barco que transporta carga rodada.

Estos barcos surgieron con motivo de reducir los costes portuarios en las operaciones de carga y descarga de mercancía rodada. Esto se consiguió acelerando las operaciones de carga y descarga mediante cubiertas diáfanos (sin ningún mamparo ni compartimento estanco) y mediante rampas de acceso tanto a proa como a popa.

Posteriormente, surgieron los buques RO-PAX, en un afán de competir con el transporte aéreo en trayectos de corta distancia (Short Sea Shipping), dando al pasajero la oportunidad de poder desplazarse junto con el vehículo. En definitiva, se trata de un buque RO-RO pero con la diferencia de que este nuevo tipo es capaz de transportar pasajeros y carga rodada simultáneamente, conocidos coloquialmente como ferris. El Short Sea Shipping (transporte Marítimo de corta distancia) es definido por la normativa comunitaria y la legislación española vigente como “*el movimiento de mercancías y pasajeros por mar entre puertos situados en territorio de la Unión Europea o entre esos puertos y puertos situados en países no europeos con una línea de costa en los mares que rodean Europa.*”

Un transporte de mercancía mediante carga rodada, forma parte de un transporte intermodal mediante la integración con otros medios de transporte. Es el caso, por ejemplo, de un camión que es cargado en su lugar de origen con una determinada mercancía, recorre un trayecto por carretera hasta su lugar de embarque, donde realiza la travesía hasta su puerto de destino, donde desembarca y prosigue el viaje hasta su destino.

El Convenio para la Seguridad de la Vida Humana en la Mar (SOLAS) establece las normas de seguridad que los buques deben cumplir tanto a nivel de construcción como de operación.

A diferencia de los buques RO-RO's, los buques RO-PAX deben cumplir con normativas más exigentes debido al transporte combinado de mercancía y

pasajeros; un ejemplo de la normativa aplicable es la Resolución IMO MSC 194 (80) para el diseño de Buques RO-PAX. En la Resolución MSC.194 (80) de la OMI se adoptan enmiendas al Convenio SOLAS 1974, incluyendo una nueva Parte B del Capítulo II -1 del mismo, donde se recogen los nuevos criterios armonizados de estabilidad tras averías, aplicables a todos los buques de pasaje y de carga de más de 80 m de eslora, construidos a partir del 1 de Enero de 2009, y que sustituirán a los criterios probabilísticos y determinísticos de aplicación hasta la fecha.

Adicionalmente, los buques Ro-Pax parte deben disponer de superestructura con espacios de acomodación y de entretenimiento para el pasaje, siendo de vital importancia la seguridad a bordo. Por ejemplo, el Capítulo III del Solas define los medios y dispositivos de salvamento, a los que da especial importancia para aquellos buques dedicados al transporte de pasajeros. Además, este tipo de buques requieren plantas propulsoras de elevada potencia para dar altas velocidades, comprendidas entre los 20 y 25 nudos. También, por seguridad, a modo de criterio de redundancia de planta propulsora con varios motores y acoplados a dos líneas de ejes con una pala de timón por línea de ejes.

Asimismo, los buques Ro-Pax se incluyen dentro de aquellos que realizan “viajes internacionales cortos en el cual un buque no se aleja más de 200 millas de un puerto o un lugar que pueda servir de refugio seguro a los pasajeros y a la tripulación. Ni la distancia del último puerto de escala del país en que comienza el viaje al puerto final de destino ni el viaje de regreso excederán de 600 millas. El puerto final de destino es el último puerto de escala del viaje regular programado en el cual el buque inicia el regreso hacia el país en que comenzó el viaje” (SOLAS, Capítulo III, Dispositivos y medios de salvamento).

Todo ello lleva, a que sea caracterizado como un tipo de buque, al que se le aplica una normativa restrictiva; donde el mantenimiento de todos sus equipos cobra una vital importancia, dentro de su ciclo vida, para garantizar la seguridad de la tripulación y el pasaje y el mantenimiento en perfectas condiciones de sus instalaciones.

3. Enumeración y desglose de los equipos del buque.

Todo buque, independientemente de la función que vaya a desarrollar a lo largo de su vida útil, cuenta con una maquinaria y sistemas necesarios para su funcionamiento básico, tales como: planta propulsora, planta eléctrica, sistema de amarre y fondeo, equipo de gobierno, etc. No obstante, dependiendo de las funciones a las que se destina el buque, contará con equipos específicos, o será necesario el cumplimiento de determinadas normativas.

El buque elegido para el análisis de la operación y la elaboración del plan de mantenimiento, de este trabajo final de máster, es un ferry con una capacidad de 1500 pasajeros y 650 metros lineales de carga. Las características concretas del buque están incluidas en la **Tabla 1**.

Tabla 1: Características del buque

Características del buque RO-PAX		
Eslora total (apéndices)	175,7	m
Eslora total (casco)	171,55	m
Eslora entre perpendiculares	159	m
Manga de trazado	26,4	m
Puntal	14,94	m
Calado de diseño	6,4	m
Calado de escantillonado	6,7	m
Peso muerto (TPM)	4850	t
Máxima capacidad	1500	personas
Desplazamiento en rosca	11980,41	t
Peso muerto	5050	t
Arqueo neto (NT)	10214	t
Arqueo bruto (GT) TRB	29514	t
Nº motores principales	4	
Potencia propulsora	33600	kw
Potencia media por motor	8400	kw
Velocidad de servicio	24	nudos
Autonomía en servicio	3600	millas
Consumo motor principal 85%	175	gr/kW h
Densidad crudo	930	g/l
Diesel-generadores	3	
Potencia por cada diesel-generador	1095	kw
Consumo diesel-generador 85%	193,3	gr/kW h
Coste total del buque	120000000	€

Fuente: Elaboración propia

Así, los distintos equipos y sistemas que conforman este buque en análisis son:

- Cámara de máquinas
 - Equipo propulsor
 - Servicio de combustible
 - Sistema de trasiego y purificación
 - Servicio de aceite lubricante
 - Sistema de aire comprimido
 - Sistema de exhaustación
 - Sistema de agua de refrigeración
 - Servicio de vapor
- Diésel-Generadores
- Planta eléctrica
- Climatización: sistema de ventilación
- Equipos de amarre, fondeo y remolque
- Equipos de gobierno
- Sistema hidráulico
- Equipo de carga y descarga.
- Sistema de acceso y elevación
- Equipo de iluminación.
- Armamento, instalaciones y habilitación.
- Salvamento
- Equipo de detección y extinción de incendios.
- Servicios generales, lastre y sentinas.
- Sistema de tratamiento séptico.
- Servicio de agua sanitaria.
- Aireación y sonda
- Equipo de navegación y comunicaciones.

A continuación, se hará una breve descripción de los distintos equipos y sistemas mencionados en el listado anterior.

3.1 Cámara de máquinas

3.1.1 Equipo propulsor

El equipo propulsor contará con cuatro motores diesel de 4 tiempos, dos motores por línea de eje, preparados para quemar fuel-oil pesado (HFO) y capaces de desarrollar una potencia de 8400 KW a 500 rpm cada uno. El modelo de motor es el MAN 7L48/60CR, entre sus cualidades destacan:

- Capacidad de operar con un elevado rango de combustibles líquidos
- Bajo nivel de emisiones y consumo de combustible
- Menores costes de mantenimiento
- Configuración con menor número de piezas

Los principales elementos que configuran este motor son: bloque motor, cigüeñal, bielas, cojinetes, camisas, pistones, aros antidesgaste, culata, turboalimentación y enfriamiento del aire, equipo de inyección de combustible, sistema de aceite lubricante, sistema de agua de refrigeración, conductos de escape y sistema de automatización.

Los motores y las líneas de ejes estarán conectados mediante reductoras y chumaceras de empuje. Se dispondrá de dos líneas de ejes, cada una conectada a dos motores, formadas por la bocina, un eje intermedio y eje de cola. La bocina será lubricada por un tanque de compensación. En el exterior la línea de ejes se sostendrá mediante el uso de arbotantes, en el interior se dispondrá de chumaceras de apoyo

3.1.2 Servicio de combustible

El servicio de combustible, se encargará de proporcionar el combustible necesario para el funcionamiento de los motores principales y auxiliares. Estos serán alimentados con fuel-oil pesado y diesel oil.

Este servicio de combustible está compuesto por la alimentación al motor más el sistema de trasiego y purificación:

a) Alimentación a los motores

El combustible que se encuentra almacenado en los tanques de servicio diario, es suministrado a los motores a través de una unidad de alimentación que permite que el combustible llegue en óptimas condiciones para la inyección. Esta unidad de alimentación estará formada por:

- Filtros de aspiración.
- Bombas de alimentación con sus respectivas válvulas de seguridad integradas y motores eléctricos.
- Válvula de control de presión.
- Tanque de desaireación presurizado, equipado con una válvula de venteo controlada por un sensor de nivel.
- Bombas de circulación.
- Calentadores de vapor.
- Filtro automático.
- Viscosímetro
- Válvula de control y válvula termostática.
- Panel de control y panel de alarmas

b) Sistema de trasiego y purificación

Para el sistema de trasiego y purificación de combustibles es necesario:

- **Tanques de servicio diario de HFO y MDO:** es necesario el almacenamiento de ambos combustibles en un lugar seguro y fuera de la cámara de máquinas para impedir posibles incendios.
- **Tanques de almacén de HFO y MDO:** tanques donde se almacenan los combustibles antes de pasar a los tanques de sedimentación.
- **Tanques de sedimentación de HFO:** Estos tanques se caracterizarán por tener el fondo inclinado para facilitar el drenaje de los lodos.
- **Bombas de trasiego de HFO y MDF:** El trasiego consiste en la transferencia de combustible a baja presión desde los tanques de almacén a los de sedimentación.
- **Unidad separadora de combustible:** se situarán entre los tanques de servicio diario y los tanques de almacén para poder minimizar la presencia de impurezas en el combustible que pueden afectar al funcionamiento del motor, es necesario limpiar el combustible en una separadora centrífuga antes de transferirlo al tanque de servicio diario. Esta unidad consta de: filtro de aspiración, precalentador, separadora, bomba de alimentación y bomba de lodos, panel de control.
- **Tanques de reboses de HFO:** Las posibles fugas de combustible de los motores caen al tanque de reboses desde el cual será bombeado al tanque de servicio diario para su reutilización.

- **Pre calentador de la separadora:** se encarga de aumentar la temperatura del combustible dentro de la unidad separadora, en su paso del tanque de almacén al tanque de servicio diario. Este aumento de temperatura permite a la separadora la eliminación de impurezas en el combustible

3.1.3 Servicio de aceite lubricante

El servicio de aceite de lubricación necesario para los motores principales y auxiliares, constará de los siguientes elementos:

- **Bomba de lubricación:** Esta bomba será la encargada de proporcionar aceite al motor para su lubricación, limpieza y refrigeración.
- **Bomba de prelubricación:** Esta bomba se encargará de llenar los circuitos de aceite cuando el motor vaya a arrancar después de una larga parada, y de mantener el aceite en movimiento cuando se realice una parada corta. Será una bomba de engranajes, movida por un motor eléctrico y equipada con una válvula de seguridad.
- **Filtros automático:** Permite prolongar la duración de los filtros incorporados en el motor.
- **Filtros centrifugo:** Encargado de limpiar el aceite procedente de la autolimpieza del filtro automático.
- **Tanques de servicio de aceite:** cada motor contará con su tanque de servicio que estará situado bajo los motores en el doble fondo
- **Tanques de almacén de aceite**
- **Bombas de trasiego de aceite:** su misión consistirá en transportar el aceite desde los tanques de almacén a los tanques de servicio.
- **Tanque de aceite sucio:** el aceite pasará por este tanque antes de llegar a la unidad separadora de aceite. Este sistema constará de: bomba de alimentación con filtro de aspiración y válvula de seguridad, puesto de control, precalentador, separadora, tanque de lodos y bomba.
- **Enfriadores de aceite lubricante**
- **Válvula termostática** que permite mantener la temperatura del aceite en el interior del motor

3.1.4 Sistema de aire comprimido

Es necesario contar con un sistema de aire comprimido que permita el arranque de los motores (principales y auxiliares) y proporcione la energía necesaria de actuación a dispositivos de control y seguridad.

El sistema de aire comprimido estará compuesto por: compresores de aire de arranque que permitan el llenado de las botellas de aire comprimido, compresor de emergencia, botellas de aire comprimido, separadores de agua y aceite situados entre el compresor y las botellas de aire de arranque, y el filtro de aire de arranque que permita asegurar la entrada de aire al motor y no partículas.

3.1.5 Sistema de exhaustación

Cada motor debe contar con un sistema de exhaustación que permita liberar los gases de combustión del motor al exterior. En el diseño se deben considerar la expansión térmica, prevenir problemas de vibraciones en el turbosoplante, así como pérdidas de carga. Este sistema deberá contar con:

- El conducto de exhaustación: debe diseñarse de tal forma que se logre minimizar las pérdidas de carga
- Caldereta de gases de escape: serán necesarias para el aprovechamiento de los gases
- Silenciadores: se dispondrán de silenciadores para la reducción de ruidos transmitidas por la caldereta

No obstante, en el caso de los motores auxiliares, estos no contarán con calderetas.

3.1.6 Sistema de agua de refrigeración

El sistema de agua de refrigeración será el encargado de enfriar, con agua de mar, el agua dulce que circule por los distintos intercambiadores. Esto permitirá refrigerar: el aceite lubricante de los MM.PP. y MM.AA., así como las culatas y camisas, los compresores, chumaceras, reductoras, etc.

El agua dulce, en función de la temperatura a la que se encuentre se puede dividir en: circuito de alta temperatura y circuito de baja temperatura. Este sistema cuenta con:

- Bombas de circulación de agua dulce de respeto de los MM.PP.: bombas centrifugas movidas por motores eléctricos
- Bombas de circulación de agua salada: bombas centrifugas movidas por motores eléctricos
- Válvula termostática del circuito de alta temperatura: válvula externa al motor para regular la temperatura del circuito.
- Válvula termostática del circuito de baja temperatura: válvula por motor. Se dispondrá de una bomba de circulación para la refrigeración del equipamiento externo.

- Válvula termostática para recuperación de calor: Esta válvula, situada después del dispositivo de recuperación de calor, regula la temperatura máxima del agua proveniente del motor que se mezcla con el agua de alta temperatura antes de la bomba de circulación.
- Venteo de aire: El aire puede entrar en el sistema después de una parada por revisión o debido a una fuga. El circuito está equipado con tuberías de ventilación para evacuar el aire de los circuitos de refrigeración.
- Tanque de expansión: Este tanque compensa la expansión térmica del agua dulce, sirve de ventilación de los circuitos y proporciona suficiente presión estática para las bombas de circulación.
- Tanque de drenajes: Cuando el sistema deba ser drenado por trabajos de mantenimiento, el agua dulce del sistema se recogerá en el tanque de drenaje. Se dispone de una bomba para devolver el agua al circuito.
- Precalentadores de cilindros de los motores: El agua de refrigeración que circula entre los cilindros debe ser precalentada

3.1.7 Servicio de vapor

El servicio de vapor permite calentar aquellos sistemas o elementos que lo requieran. Para ello se hace uso de los gases residuales provenientes de las calderas de gases de escape. Estos gases provenientes de los motores, son utilizados para ser transformados en vapor con agua dulce. Este vapor es conducido al colector de vapor desde el cual es transportado hasta los distintos sistemas para la calefacción de los mismos: calefacción del agua sanitaria, tanque de lodos, calefacción de los tanques de combustible, etc.

Terminado este proceso, el vapor pasa a un condensador atmosférico, donde se condensa y el agua es bombeada hasta la caldera para comenzar el ciclo de nuevo. Sin embargo, si el agua condensada procede de serpentines que pueden ensuciar el vapor (tanques), este es reconducido a un tanque-filtro, pasando previamente por un tanque de observación de purgas para la eliminación de hidrocarburos. Desde el tanque-filtro el agua es bombeada hasta la caldera nuevamente. En el caso del agua condensada que no procede de serpentines que puedan contaminar el vapor, esta agua será conducida directamente al tanque-filtro.

3.2 Diésel-generadores

El buque dispondrá de tres motores auxiliares (generadores-diésel), dos generadores de cola (PTOs) y un generador de emergencia para la generación eléctrica. Situados a popa de la planta propulsora, estos generadores-diésel son

capaces de desarrollar una potencia de 1095 KW. El modelo de los diésel-generadores son el Wärtsilä Auxpac 1140W6L20.

Durante la navegación operarán dos auxiliares y uno se encontrará en stand-by, en maniobras funcionarán dos generadores auxiliares y los dos generadores de cola, mientras que durante la estancia en puerto solo operará un motor auxiliar.

3.3 Planta eléctrica

Para la instalación eléctrica del buque se opta por una corriente alterna trifásica por sus numerosas ventajas y ser la más común en buques. Algunas de sus ventajas son:

- Se requiere menor número de equipos y más ligeros.
- Son más eficaces en el suministro.
- Menor coste de instalación.
- La potencia suministrada es constante, por lo que no sufre variaciones en el tiempo y, por consecuencia menos vibraciones.
- Permite usar tensiones más elevadas

Para el suministro a bordo se utilizarán dos tipos de redes: una destinada a aquellos equipos que necesiten una mayor potencia (380V/50Hz) y otra red de baja tensión (220V/60Hz). Para la conversión de energía se utilizará un transformador monofásico.

Para la generación de energía eléctrica el buque dispondrá de tres generadores-diésel y uno de emergencia que suministrara energía eléctrica a los equipos mínimos necesarios en caso de emergencia cuando la planta principal quede inoperativa. Entre los equipos mínimos o sistemas deberán estar: el sistema CI, radiocomunicaciones, iluminación general y el servomotor entre otros. La planta de generación de energía eléctrica de emergencia deberá cumplir con lo prescrito en la regla 2-1/42 del SOLAS "*Fuente de energía eléctrica de emergencia en los buques de pasaje*", así como lo prescrito en la regla 2-1/42.1 "*Alumbrado de emergencia suplementario en los buques de pasaje de transbordo rodado*". Dispondrá, también de dos generadores de cola accionados por los motores principales a través de reductoras, que se utilizarán para las maniobras.

Para la distribución eléctrica será necesario un cuadro principal situado en la cámara de máquinas, así como cuadros secundarios que se encargarán de distribuir y hacer llegar la energía del cuadro principal a los diferentes consumidores del buque.

Por último, será necesario una fuente transitoria de energía eléctrica compuesta por un conjunto de baterías y sistemas de alimentación ininterrumpida que

suministrarán energía eléctrica durante el periodo en el que se produce *black-out* hasta que se pone en funcionamiento el sistema de emergencia.

3.4 Climatización: sistema de ventilación

Para la distribución del sistema de ventilación se debe tener en cuenta lo reflejado y prescrito en la normativa SOLAS, capítulo II-2. Esta normativa tiene en cuenta las posibilidades de incendio y riesgo de ignición, por lo que para contribuir a la prevención de incendios se asegura de establecer reglas y criterios que influyen al sistema de ventilación.

En el capítulo II-2, parte C, regla 9, apartado 7 “*Sistemas de ventilación*”, establece la obligación de un sistema independiente de ventilación para cámara de máquinas y cubiertas de carga rodada. Así, se evita el riesgo de transmisión de gases y humos desde éstos. De esta forma, el sistema de ventilación del buque se puede dividir en tres zonas: las zonas de carga, cámara de máquinas y las zonas de habitación.

Ventilación de zonas de carga

En las zonas de carga rodada se contará con un sistema compuesto de: ventiladores, conductos de aspiración y exhaustación y rejillas para la transmisión del aire. Dichos ventiladores, así como, el sistema de ventilación en general debe estar preparado para el ambiente salino y encontrarse en funcionamiento siempre que en el espacio de carga rodada haya presencia de vehículos. Los ventiladores podrán controlarse desde el puente de mando, permitiendo que puedan ser apagados en caso de incendio o riesgo del mismo.

Ventilación de cámara de máquinas

La ISO 8861 establece los requisitos que debe cumplir el sistema de ventilación de cámara de máquinas de un buque de propulsión diésel. El sistema de ventilación debe asegurar y proporcionar aire suficiente, para que en caso de condiciones meteorológicas adversas, proporcione el aire de combustión necesario para los motores, así como, disipar el calor emitido por los equipos en cámara de máquinas manteniendo unas condiciones de seguridad y confort.

Ventilación de espacios de habitación

En los espacios de habitación se dispondrá de conductos y rejillas de ventilación a través de los cuales se distribuirá el aire, asegurando el confort de la tripulación y de todo el pasaje a bordo. Este sistema de aire acondicionado estará compuesto por una serie de compresores y condensadores, evaporadores y ventiladores que permitirán en su conjunto mantener unas condiciones de temperatura agradables.

3.5 Equipos de cubierta: Equipos de amarre, fondeo y remolque

Para evitar la deriva durante el fondeo o en el atraque a muelles, así como, para impedir posibles desplazamientos, permitir el abarloado a otros buques y ser remolcado o remolcar, entre otras maniobras, el buque necesita disponer de un sistema de amarre, fondeo y remolque.

El sistema de fondeo se subdivide en un sistema fijo y móvil. El sistema fijo se compone del ancla y la cadena, mientras que el sistema móvil está formado por: escobenes, gatera de la cadena, caja de cadenas, estopores, tapa de la gatera, molinete, barbotén, tambor, ferodos y cabrestantes.

En el equipo de amarre podemos encontrar algunos elementos en común con el sistema de fondeo, pero principalmente está compuesto por: gatera, guiacabos, bitas, cabrestantes y escobenes, cables y amarras, chigres y alavantes.

3.6 Equipo de gobierno

El equipo de gobierno se compone de timones, servomotores y hélices transversales de maniobra.

Los servomotores son equipos rotativos electro-hidráulicos capaces de efectuar un giro del timón a una banda. Desde puente de navegación se realiza su control que puede ser automático o manual. Cada servomotor se compone de lo siguiente:

- Un servomotor de tipo rotativo con válvulas automáticas de seguridad.
- Dos grupos de electrobombas hidráulicas
- Panel en el puente de gobierno.
- Columna telemotor con distribuidor incorporado.
- Caja potenciométrica para indicar el ángulo de giro.
- Indicador de grados de tipo panorámico
- Dos arrancadores para arranque y parada

El buque dispondrá de dos servomotores, y por lo tanto, de dos timones suspendidos y semicompensados. Esto dotará al buque de una mayor maniobrabilidad y mayor facilidad para el desmontaje de timones que los que se encuentran apoyados. La distancia, entre el eje de giro y el centro de presiones, disminuye, por lo que el momento adrizante es menor, reduciéndose la potencia necesaria del servomotor para el control del timón.

Las hélices transversales de maniobra serán de paso variable, lo que permite variar la velocidad del flujo de agua transversal actuando sobre el paso y manteniendo constantes las revoluciones.

3.7 Sistema hidráulico

Este sistema estará formado por una central hidráulica compuesta de: motor hidráulico, bombas hidráulicas, tanque de aceite hidráulico, válvula reguladora de caudal, válvula de frenado, enfriador de aceite y tuberías. Este sistema, tendrá entre otras funciones, el accionamiento de rampas, movilidad de pontones, gobierno del timón, etc.

3.8 Equipo de carga y descarga.

Este sistema es de vital importancia en los buques ferries, puesto que para permitir el acceso a bordo y estiba de la carga se debe disponer de los medios necesarios tales como: rampas de acceso por popa, rampas de comunicación entre cubiertas y equipos de fijación de cargas.

Las rampas de acceso por popa se desplegarán una vez que el buque se encuentre amarrado a muelle. Estas rampas deben facilitar la transición entre el muelle y la cubierta del buque. Para la apertura y cierre de las rampas se hará uso del sistema hidráulico mencionado anteriormente y éste se controlará desde las propias cubiertas de carga.

Cuando los vehículos se encuentren a bordo, para su estiba y fijación a las cubiertas se debe disponer de los siguientes elementos: cadenas de trinca, calzos para las ruedas, anclajes sobre cubierta, bozas con tensores de las cadenas y caballetes de apoyo.

3.9 Sistemas de acceso y elevación

Para permitir el acceso a bordo de los pasajeros, así como, la escala del práctico durante las maniobras de entrada y salida de puerto, es necesario disponer de: puertas de acceso laterales y pasarelas para el embarque.

En el caso del práctico, según el SOLAS capítulo 5, regla 23: *“se habilitarán medios seguros y cómodos de acceso al buque y de salida de éste consistente en una escala de práctico cuando no sea necesario trepar menos de 1,5 metros ni más de 9 metros desde la superficie del agua.”*

Para el propio movimiento del pasajero y tripulación dentro del buque que les permita su desplazamiento por todas las cubiertas, se dispondrá de ascensores, escaleras y montacargas, permitiendo estos últimos el transporte de víveres a las cocinas.

3.10 Equipo de iluminación.

El sistema de alumbrado constará de: luces de navegación, así como alumbrado interior y exterior del buque.

En el sistema de alumbrado exterior e interior se debe tener en cuenta una serie de condicionantes externos que influirán en las decisiones de elección del tipo de iluminación. En el interior se deberá de tener en cuenta la iluminación más adecuada para el confort del pasajero. Mientras, en el exterior, es necesario una buena iluminación que permita la visibilidad al pasajero por las instalaciones del buque.

Algunas habitaciones deberán contar con doble sistema de iluminación, para que en caso de fallo de uno, siempre puedan contar con un sistema de iluminación de emergencia, como es el caso de la cámara de máquinas o el local del servomotor y puente.

Con respecto a las luces de navegación, se deberá tener en cuenta aquellas zonas exteriores del buque con mayor riesgo de humedad, y que deberán disponer de equipos de iluminación estancos para evitar su deterioro. Esto permitirá el funcionamiento ininterrumpido de estas luces de navegación, que son necesarias para la visibilidad durante la navegación, así como, para ser detectados por otras embarcaciones.

Las luces de navegación necesarias se obtienen de aplicar el Reglamento Internacional para prevenir los abordajes (RIPA), Parte C.

Tabla 2: Luces de navegación

Luces de navegación	Color	Ángulo de visibilidad	Alcance
Tope de proa	Blanco	225	6
Tope de popa	Blanco	225	6
Luces de costado:			
Estribor	Verde	112,5	3
Babor	Rojo	112,5	3
Luz todo horizonte	Blanca	360	3
Luz de alcance	Blanca	135	3
Luz todo horizonte en proa para fondeo	Blanca		
Luz todo horizonte en popa para fondeo	Blanca		
Buque sin gobierno: dos luces todo horizonte	Rojo		

Fuente: Elaboración propia

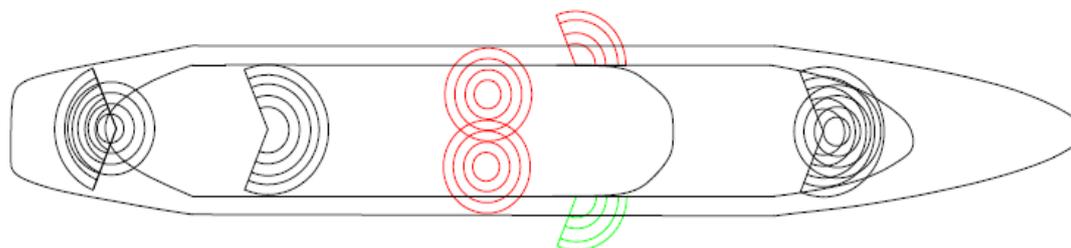


Figura 1: Distribución de las luces de navegación del buque Ro-Pax en análisis
Fuente: elaboración propia

3.11 Armamento, instalaciones y habilitación

Durante la construcción del buque se debe tener en cuenta en primer lugar los espacios que conforman la estructura del casco: doble fondo, pique de proa y popa, cubiertas de carga, cámara de máquinas y las zonas de habilitación. Todas ellas se comprenden y conforman con elementos estructurales tales como bulárcamas, cuadernas, puntales, varengas, mamparos, etc. Este tipo de buques destinado al transporte de mercancías y pasajeros debe cumplir con una normativa más restrictiva, por lo tanto, su dimensionamiento y construcción deberá cumplir con lo recogido en el capítulo 2-1 del SOLAS: *“Estructura, compartimentado y estabilidad, instalaciones de máquinas e instalaciones eléctricas”*. En él se detallan un conjunto de reglas enfocadas en la seguridad del buque, centrándose en su compartimentado para una mayor estabilidad.

Durante la construcción del mismo un factor principal también a tener en cuenta y que afectará al desarrollo del plan de mantenimiento es la corrosión galvánica, sobretodo en la zona de la obra viva del buque, que se encuentra en contacto directo con el agua. Para ello se procede a proteger tanto la estructura como la superestructura del buque a través de un chorreado inicial y pintado *antifouling* (pintura especial para buques a base de resinas, biocidas, pigmentos y disolvente que impide que las incrustaciones se adhieran al casco sumergido de los barcos). Se dispondrá también de ánodos de sacrificio a lo largo del casco de la obra viva, sobre todo en los ejes de las hélices o en los túneles de las mismas.

3.12 Equipo de salvamento.

Para el equipo de salvamento se debe cumplir la normativa reflejada en el SOLAS capítulo III: *“Dispositivos y medios de salvamento”*. Para los buques de pasaje, la normativa SOLAS, tiene un apartado en concreto en la sección II, Parte B: *“Prescripciones relativas a los buques y a los dispositivos de salvamento”*. Entre las

reglas que se pueden observar destaca la regla 21, destinada exclusivamente a cuantificar el número de embarcaciones de supervivencia y botes de rescate mínimos exigibles en función del trayecto a realizar por el buque en cuestión.

El buque en análisis contará con cuatro botes salvavidas, dos a cada banda con capacidad de 150 pasajeros cada uno, cumpliendo con las exigencias de la Regla 21, Apartado 1.2. Esta regla, establece que, en buques de pasaje destinados a trayectos internacionales cortos, debe estar equipado con botes salvavidas, parcial o totalmente cerrados, cuya capacidad conjunta permita transportar al menos al 30% del número total de pasajeros a bordo (1500 pasajeros). También deberá disponer de un bote de rescate a cada banda, tal y como establece el SOLAS, regla 21, apartado 2 Botes de rescate: *“Los buques de pasaje de arqueo bruto igual o superior a 500 llevarán a cada banda al menos un bote de rescate”*.

Por otra parte, el número de dispositivos de salvamento individuales, queda regulado por la regla 22:

- Regla 22.1-1.1: Aros salvavidas. Esloras superiores a 240 m. deberán llevar mínimo 30 aros salvavidas. En el caso en análisis el buque deberá contar con 18 aros salvavidas.
- Regla 22.2 en adición a la Regla 7: Chalecos salvavidas.
 - Para cada una de las personas que vayan a bordo se proveerá un chaleco salvavidas.
 - Un número de chalecos salvavidas apropiados para niños igual por lo menos al 10% del total de pasajeros que vayan a bordo, o un número mayor si es necesario, de modo que haya un chaleco salvavidas para cada niño.
 - Un número suficiente de chalecos salvavidas para las personas encargadas de la guardia y para utilizarlos en los puestos de embarcaciones de supervivencia alejados.
 - Los chalecos salvavidas se colocarán de modo que sean fácilmente accesibles
 - Además de los chalecos salvavidas prescritos en la regla 7.2, todo buque de pasaje llevará chalecos salvavidas para el 5% al menos del número total de personas que vayan a bordo.

En el buque analizado se dispondrá de 1500 chalecos salvavidas más 150 chalecos para niños (un chaleco salvavidas por cada pasajero más un 10% del número de pasajeros en chalecos salvavidas para niños).

- Regla 22.4: Trajes de inmersión: Todos los buques de pasaje llevarán, por cada bote salvavidas que haya a bordo al menos tres trajes de inmersión.

En este caso el buque contará con 12 trajes de inmersión (3 por cada bote salvavidas).

3.13 Equipo de detección y extinción de incendios.

Los objetivos de la seguridad contraincendios a bordo, tal y como se describe en el Apartado 1 de la Regla 2 del Capítulo II-2 del SOLAS, son:

- Evitar que se produzcan incendios y explosiones.
- Reducir los peligros para la vida humana que puede presentar un incendio.
- Reducir el riesgo de que el incendio ocasione daños al buque, a su carga o al medio ambiente.
- Contener, controlar y eliminar el incendio y las explosiones en el compartimiento de origen.
- Facilitar a los pasajeros y a la tripulación medios de evacuación adecuados y fácilmente accesibles.

Con el fin de alcanzar los objetivos anteriormente mencionados, debe llevarse a cabo lo siguiente, expuesto en el Apartado 2 Prescripciones funcionales de la misma regla:

- División del buque en zonas verticales principales y zonas horizontales mediante contornos que ofrecen protección térmica y estructural.
- Separación de los espacios de alojamiento del resto del buque mediante contornos que ofrecen protección térmica y estructural.
- Utilización restringida de materiales combustibles.
- Detección de cualquier incendio en la zona de origen.
- Contención y extinción de cualquier incendio en la zona de origen.
- Protección de las vías de evacuación y de acceso para la lucha contraincendios.
- Disponibilidad inmediata de los medios de extinción de incendios.
- Reducción al mínimo de la posibilidad de ignición de los vapores de las cargas inflamables.

Para la detección de incendios se instalará un sistema fijo de alarmas contraincendios que permitan detectar la presencia de humo. Para su extinción se debe disponer de distintos sistemas tales como: tomas de mar, colector principal y bombas contraincendios (CI), bomba CI de emergencia y bocas CI.

- Tomas de mar: aberturas existentes en la obra viva del casco que permite la entrada de agua salada al colector principal. El buque dispondrá de dos tomar de mar situadas en el pantoque.
- Colector principal: al colector se encuentran conectadas las distintas bombas CI que dar servicio al sistema contraincendios.

- Bombas CI: en el buque analizado se dispondrá de dos bombas contraincendios de accionamiento independiente. Además de una bomba de emergencia que será independiente del resto, teniendo su conexión al mar y su fuente de energía en un espacio diferente.
- Bocas CI: el número total de bocas CI, deben permitir una extinción total de las llamas en caso de emergencia.

La extinción en espacios de máquinas deberá contar con un sistema fijo de extinción de incendios basado en CO₂, un sistema contraincendios de agua, nebulizadores de agua, un equipo extintor portátil lanza espuma, así como, los propios sensores térmicos y de humo.

La extinción en zonas de habilitación y en cubiertas de carga contará con rociadores, distribuidos y colocados de tal forma que abarquen todas las zonas con mayor riesgo de incendio.

Se instalará un conjunto de bombas que se encargarán de mantener la descarga continua de agua de los rociadores y, para tal efecto, se dispondrá de un tanque presurizado de agua dulce.

3.14 Servicios generales, lastre y sentinas.

El buque debe contar con un servicio de lastre que le permita un lastrado en diferentes condiciones de carga. Para ello contará con las bombas centrífugas necesarias para realizar tal cometido, ayudándose de colectores y ramales que permitan el vacío, trasiego y relleno. Además, es necesario disponer de tanques antiescora que permitan corregir la escora producida sobre todo en los momentos de carga y descarga, durante los cuales puede haber un desplazamiento transversal del centro de gravedad. Para el trasiego de agua entre ambos tanques se dispondrá de una bomba reversible.

Otro sistema importante es el achique del buque que debe ser capaz de achicar el agua en los distintos espacios del buque, que se ha acumulado por pérdidas, mala mar, sistema contraincendios y siempre debe ser capaz de hacerlo sea cual sea la condición de escora o trimado del buque. Para llevar a cabo este proceso se dispone del servicio de sentinas que se compone de: colector de sentinas y las tuberías necesarias para succionar de los pocetes, así como las bombas de sentinas. Es necesario también las bombas de achique y las líneas de distribución de las mismas.

Para separar el aceite y/o combustible del agua que se tenga que achicar, antes de expulsarla al mar, se debe disponer de un separador de sentinas, evitando así la contaminación. Está formado por un separador, filtro y otros medios que permitan achicar el agua solo en caso de que lleve un determinado número de hidrocarburos. Si se excede la cantidad permitida de hidrocarburos estos irán destinados al tanque de lodos.

3.15 Sistema de tratamiento séptico.

Para el tratamiento de aguas negras y grises se dispondrá de dos plantas de tratamiento séptico, siendo una de ellas de respeto, cuyos componentes están incluidos en la tabla 2. La planta de tratamiento séptico se compone de aireación, sedimentación y clorinación.

- aireación: las bacterias transforman el material en dióxido de carbono, agua y nuevas bacterias. El agua y estas nuevas bacterias son las que pasarán al compartimento de sedimentación, mientras que el dióxido de carbono se transfiere a través del sistema de respiración.
- Sedimentación: las bacterias sedimentan y son devueltas al sistema de aireación.
- Clorinación: el material restante pasa a entrar en contacto con el cloro que se encarga de eliminar las bacterias.
- Finalmente se almacena hasta que pueda ser descargada en el mar.

Tabla 3: Planta de Tratamiento séptico

Desagües
Cámara de aireación
Cámara de descarga en contacto con cloro
Difusores de aire anti atascos
Cámara de clarificación
Tolva del clarificador
Línea de retorno de lodos
Válvula de suministro de aire a la línea de retorno de lodos
Válvula de suministro de aire del difusor
Clarificador
Colector de cruce
Inyección de productos químicos
Lodos de retorno de limpieza
Retorno de lodos. Electroválvula de alimentación de aire
Anti-sifón de ventilación
Eyector de vacío
Válvulas del colector de vacío
Válvulas de descarga
Bomba de circulación
Colector del control de vacío
Rejilla de ventilación a la atmósfera
Entrada de agua gris
Inyección de productos químicos
Descarga líquida tratada
Panel de control
Soplador
Tubo de entrada de aguas residuales
Tanque de cloro
Descarga a sentina
Biorreactor
Tanque de almacenamiento de desechos

Fuente: Elaboración propia

La descarga de aguas negras y grises en el mar podrá efectuarse cuando el buque tenga una instalación de tratamiento séptico aprobada o cuando dichas aguas hayan sido desinfectadas siguiendo un tratamiento específico aprobado y se descarguen a una distancia superior a tres millas de la costa más cercana. En el caso de que no se disponga de una instalación de tales características se podrán descargar a una distancia superior de 12 millas de la costa más próxima con un régimen de descarga especificado.

Esta normativa de descarga se encuentra registrada en el Anexo IV del Convenio Marpol, donde se especifica el equipo y sistemas que los buques deben tener para el control de descargas. Así como, las exigencias de que los puertos tengan una instalación propia para la recepción de aguas sucias.

Para el sistema de aguas grises, además de la planta de tratamiento séptico, se dispondrá de los componentes mencionados en la siguiente tabla.

Tabla 4: Sistema de aguas grises

Tanque de almacenamiento de aguas grises	
Planta de tratamiento séptico	Tanques de aireación
	Tanque de sedimentación
	Tanque de clorinación
Bombas de circulación de aguas grises	
Bombas de descarga de aguas grises	

Fuente: Elaboración propia

3.16 Servicio de agua sanitaria.

El agua sanitaria estará destinada para consumo humano, tanto para usos sanitarios como para otros usos de limpieza. Este sistema dispondrá de: tanques de almacén de agua dulce, tanques hidróforos, bombas de circulación de agua fría y caliente, tanque de agua potable así como una planta potabilizadora.

Con respecto a la planta potabilizadora, es necesaria para llevar a cabo el proceso de cloración que permite que el agua destilada a bordo pueda ser usada para consumo humano.

3.17 Aireación y sonda

En los tanques de agua dulce y de lastre llevaran tubos de respiro que conectarán con el exterior a través de los costados de la embarcación, siempre por encima de la cubierta principal y evitando la entrada de agua de mar.

Para obtener una lectura continua del nivel de lastre y combustible en sus respectivos tanques, se dispondrá de medidores de nivel a distancia situados en las cabinas de control de sala de máquinas. Además se dispondrá de medidores de sonda manual.

3.18 Equipo de navegación y comunicaciones.

El equipo de navegación y comunicaciones queda regulado por el Capítulo V del SOLAS: *Seguridad de la navegación*. Este capítulo contiene los términos relacionados con la seguridad durante la navegación tales como, sistemas y aparatos náuticos que se deben llevar a bordo, servicios de búsqueda y rescate, de avisos meteorológicos, de situación de tráfico marítimo y mensajes de prestación de ayuda en caso de riesgo o incidente. La composición del equipo de navegación y comunicación está incluida en la tabla 5 y 6, respectivamente.

Tabla 5: Equipo de navegación

EQUIPO DE NAVEGACIÓN
Compás magnético con sistema de compensación magnética
Compás magnético de respeto
Giróscopo con tres repetidores
Piloto automático en conexión con la giroscópica
Indicador de velocidad de giro
Rediogoniómetro
Receptor DECCA NAVIGATOR
Receptor automático LORAN-C
Sistema de navegación por satélite GPS
Sonda acústica con repetidor digital
Radar de movimiento real
Radar de movimiento meteorológica
Indicador electrónico de ángulo de giro del timón
Corredera
Sistema de indicación de revoluciones y posición de las palas de la hélice de popa
Sistema de indicación de revoluciones de las hélices de maniobra
Indicador del ángulo girado por los timones
Indicador de velocidad y dirección del viento
Cartas náuticas
Derroteros
Libros de faros
Avisos a navegantes
Tabla de mareas
Ejemplar del Código Internacional de Señales
Sextantes
Termómetros
Barómetros
Reglas
Prismáticos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Equipo de comunicación

EQUIPO DE COMUNICACIÓN
COMUNICACIÓN INTERIOR
Telégrafo de máquinas
Sistema de altavoces y micrófonos para las maniobras de atraque
Sistema de altavoces en pasillos y espacios públicos
Sistema de telefonía móvil GSM
Equipos walkie-talkie para comunicación con el puente
Sistema de cámaras instaladas en la CCMM para la extinción de incendios
COMUNICACIÓN EXTERIOR
Emisora de radio
Receptor de escucha
Generador de señales de la frecuencia radiotelefónica de socorro
Radio-teléfonos VHF
Equipo VHF portátil para las balsas de rescate
Sistema de comunicaciones por satélite con télex
Radio-balizas de emergencia

Fuente: Elaboración propia

4 Etapas del ciclo de vida del buque

En el ciclo de vida de un buque es necesario la utilización de varios sectores del sector marítimo, desde la elaboración del proyecto del buque hasta su construcción, operación y desguace. Exigiendo una gran cantidad de capital y horas de trabajo de la industria marítima.

Las fases del ciclo de vida de un buque se pueden subdividir en las siguientes etapas, véase Figura 2:



Figura 2: Fases del ciclo de vida de un buque

Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen las características de cada una de las fases del ciclo de vida del buque:

Planificación inicial: en esta etapa el armador comenzará la planificación del buque junto con profesionales especialistas en el sector, tomando como referencia diseños anteriores. Todas las especificaciones recogidas durante esta planificación serán entregadas al astillero para la elaboración del proyecto y presupuesto de construcción.

En esta etapa se lleva a cabo una negociación entre el propietario del buque y el astillero, pudiendo involucrar la presencia de un bróker¹ como intermediador en el contrato. Entre otros conceptos a incluir en el contrato, estará qué fabricantes de equipos podrán presentar las respectivas ofertas y se decidirá cuál será la Sociedad de Clasificación del buque.

¹ Se denomina bróker marítimo, al profesional que se encarga de gestionar la compra y venta de buques. Principalmente se enfocan en promover oportunidades e informar acerca de las tendencias del mercado con armadores, fletadores, inversionistas y banqueros, así como, en monitorizar las transacciones realizadas, el valor de los buques y las tendencias del mercado. Cuando un armador quiere adquirir un buque nuevo, durante este proceso, el bróker marítimo no sólo se encargará de negociar el precio del buque, sino que también debe prestar atención a todos los detalles logísticos, incluidos los acuerdos bancarios.

Diseño y desarrollo: esta es una de las fases más importantes del proyecto y que dan una visión global general del buque a construir. Durante esta fase el diseño y desarrollo del buque se adapta a las funciones que deberá desempeñar.

Construcción naval: La construcción requiere una gran cantidad de capital, por lo que el armador normalmente requiere de financiación externa. Una vez que el buque ha sido encargado, la construcción en el astillero puede tardar varios años dependiendo del tipo de buque. La construcción del buque se compone de varios hitos:

- **Firma del contrato:** Al firmar el contrato se suele celebrar una ceremonia en el astillero y este es el punto de partida para que el astillero inicie el proceso de construcción del buque. Normalmente el primer pago se realiza en el momento de la firma del contrato. El buque también recibe oficialmente un número de casco y un número IMO, que es una identidad única que seguirá al buque a lo largo de toda su vida útil. Este registro del buque estará asociado con las normas y reglamentos a los que esté sujeto.
- **Diseño de Producción:** establece la información necesaria de los diseños en los planos de cada componente respectivo. Esto permite controlar los componentes necesarios en cada parte del diseño.
- **Compra de material y equipo:** En esta etapa los astilleros comienzan a comprar todo el material y equipo necesario para construir el buque. Dado que es necesario encargar un enorme volumen de materiales para construir un buque, es vital gestionar y supervisar las fechas de entrega de esos materiales para que la adquisición sea oportuna y precisa.
- **Plan de producción:** debido a la enorme cantidad de componentes y el gran número de trabajadores involucrados, el plan de producción tiene una importancia relevante en el proceso de fabricación. Por lo tanto, es vital planificar a fondo para controlar y supervisar el flujo de materiales, el volumen de trabajo, las tareas asignadas y el posterior progreso del proceso de construcción naval.
- **Corte de acero:** En general, los materiales utilizados, como es el caso del acero, se fabrican y se prueban de acuerdo con los procedimientos especificados en las Reglas de la Sociedad de Clasificación a la que pertenece el buque.

Las planchas de acero, son el elemento básico de construcción y se cortan y conforman de acuerdo al diseño preliminar. Por lo general, se cortan con equipos automáticos de corte para posteriormente soldarlas entre sí. Finalmente se mecanizan mediante cilindros de curvar o aplanar, cizallas, etc. De esta forma, en los talleres, se conforman con las planchas de aceros las distintas piezas que forman los elementos del casco como las varengas, cuadernas, bulárcamas, etc. Así se fabrican y se arman los distintos bloques del buque que posteriormente se montarán en grada para construir los distintos módulos. Este sistema de construcción permite

acortar plazos y costes, además de optimizar los recursos. Normalmente durante este proceso es cuando se produce el segundo pago.

- **Ensamblaje y montaje de secciones del barco:** El acero previamente cortado se unifica para crear bloques pequeños que irán ensamblados para conformar las distintas secciones del buque.
- **Botadura:** Cuando se finaliza la etapa de ensamblaje y montaje se procede a la botadura. La botadura puede realizarse de varias formas: tanto en dique seco que implica llenar el dique con agua para hacer flotar el buque; botadura lateral, donde el buque se deja caer lateralmente al agua; o la más tradicional, que consiste en hacer que el buque se deslice por popa hacia el mar desde la grada donde ha sido construido. El tercer pago normalmente tendrá lugar antes de la botadura.
- **Finalización de la construcción del buque:** después de la botadura, el buque se termina en el muelle de armamento. Ultimando los detalles y revisando cada equipo e instrumento.
- **Pruebas de mar:** se comprueba el buen funcionamiento del buque y de los equipos del mismo, llevándose a cabo un registro de los mismos.
- **Entrega:** El buque es oficialmente entregado a su armador después del pago final. En esta ceremonia el capitán, el ingeniero jefe y la tripulación embarcan para el viaje inaugural.
- **Garantía:** El periodo de garantía de un barco suele ser de 12 a 24 meses dependiendo del contrato.

Operación del buque:

En el transporte marítimo los buques son operados por grandes compañías navieras que ofrecen servicios de transporte a sus clientes. Es un proceso sofisticado que involucra a un elevado número de personas pertenecientes a diferentes compañías. Durante este periodo de la vida del buque se generarán los ingresos con los cuales se debe recuperar la inversión inicial.

Desguace:

Antes de completar su vida útil, normalmente los buques son vendidos en mercados secundarios de transporte, donde el buque es explotado y utilizado en operaciones menos exigentes. Una vez que el buque ha completado su vida útil (25-30 años de servicio) y comercial, éste será vendido a un astillero de desguace para ser desmontado y reciclado concluyendo así este ciclo.

5 Análisis operacional del buque

Para el análisis del coste de explotación del buque, es necesario y básico saber la ruta concreta que realiza, a partir de la cual se podrá calcular los costes variables en el cómputo global de costes operativos. De este modo, a partir del itinerario elegido, se podrá calcular costes de combustible en navegación y puerto.

El buque elegido para desarrollar el TFM cubre una línea regular entre las Islas Canarias y la Península Ibérica, véase Figura 3. Concretamente, sigue el itinerario reflejado en la Figura 4.

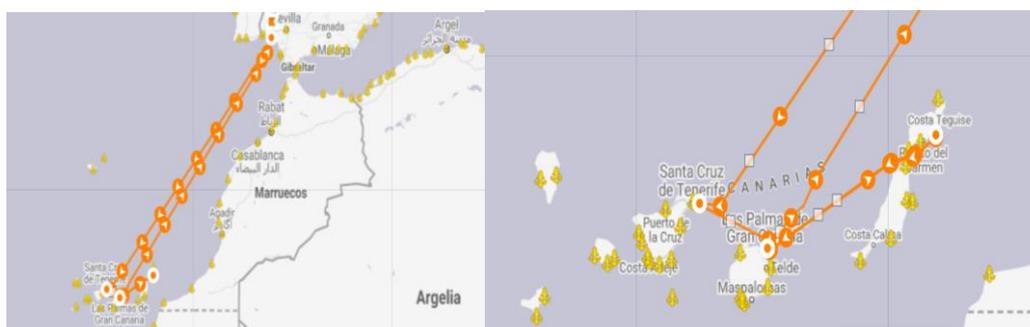


Figura 3: Ruta geográfica del buque en análisis
Fuente: Elaboración propia a partir de Marine traffic



Figura 4: Itinerario de navegación del buque analizado
Fuente: Elaboración propia

Para la determinación del tiempo de estancia en puerto se ha hecho uso de la página web **Marine Traffic**. Mientras que el tiempo de navegación, se ha calculado a partir de la distancia entre puertos y velocidad del buque.

$$T_N = \frac{D_A - B}{V} \quad (1)$$

Donde:

D_A = distancia del puerto A

B = distancia del puerto B

V = velocidad del buque

El perfil operativo del buque está reflejado en la Tabla 7 y Figura 5.

Tabla 7: Perfil operativo del buque durante el itinerario de transporte

Puertos	Trayecto de viaje (h)	Operaciones portuarias (h)
Huelva		
Santa Cruz de Tenerife	30	14
Las Palmas de Gran Canaria	3	4
Arrecife	6	9
Las Palmas de Gran Canaria	6	4
Huelva	30	14

Fuente: Elaboración propia



Figura 5: Tiempo total invertido en la ruta

Fuente: Elaboración propia

Esto hace un total de 75 horas de navegación y 45 horas en puerto, por itinerario, lo cual es equivalente a una duración de 5 días.

6 Cuenta de explotación del buque

Durante la vida útil del buque, se generan una serie de costes procedentes de su construcción y operación. Los costes de explotación de un buque se estructuran en: costes de capital, costes fijos y costes variables.

6.1 Costes de capital

Los **costes de capital** de un buque son: *“aquellos inherentes al hecho de poseer el buque, es decir, aquellos que se derivan de la adquisición del mismo y deben ser soportados por su dueño”* (IME y FEIN,2009).

El coste de construcción de un buque requiere de una gran inversión, que no siempre puede ser solventada en la totalidad con los fondos propios del armador. Comúnmente es necesario solicitar financiación para cubrir la compra del buque. De esta forma los costes de capital se componen del pago efectuado por el armador con fondos propios, la devolución del crédito durante el periodo de tiempo estipulado e intereses devengados del mismo.

No obstante, en la amortización del buque, se debe tener en cuenta el valor residual del mismo en el mercado de desguace o en el mercado de segunda mano. Este valor se debe restar al coste de capital total.

En este trabajo final de máster, para la obtención de los costes de capital, se ha tenido en cuenta un pago del 25% del coste de construcción con fondos propios de la naviera y una financiación del 75% del coste de compra del buque, al 6% de interés anual y con 16 años de devolución del crédito. Para el cálculo de la anualidad correspondiente a la parte financiada se va a realizar una comparación por dos métodos, con el fin de evaluar las diferencias entre ambos y su incidencia en la cuenta de explotación. Los métodos aplicados son:

- Sistema alemán: el principal se mantiene constante durante los años de devolución del crédito, por tanto, los intereses varían cada año dependiendo del valor de la deuda viva en el año correspondiente.
- Sistema francés: la anualidad es la misma todos los años de devolución del crédito.

A continuación, se desarrolla el cálculo por cada uno de los dos métodos.

6.1.1 Sistema alemán

Para el cálculo de los costes de capital es necesario calcular la anualidad a devolver cada año. La anualidad se compone de:

$$\text{Anualidad} = \text{Principal} + \text{Intereses}$$

Por tanto, hay que calcular el principal y los intereses para cada año del periodo de devolución del crédito.

Para realizar este cálculo se parte de un buque cuyo coste de construcción es de 120.000.000 €, teniendo en cuenta que se ha obtenido una financiación del 75%, la deuda asciende a 90.000.000 €. Este crédito se debe devolver en 16 años, por lo que supone un principal de 5.625.000€ anuales constantes más los intereses que varían en función de la deuda viva cada año.

Los intereses se calculan como:

$$\text{Intereses}_{\text{año } n} = D_n \cdot i \quad (2)$$

Siendo D_n la deuda viva en el año n e i el interés anual

Mientras que para la deuda viva se calcula como:

$$D_n = D_{n-1} - \text{Principal} \quad (3)$$

La Tabla 8 refleja los valores de deuda viva, principal, intereses y anualidad para los 16 años de devolución del crédito.

Tabla 8: Anualidad del Sistema Alemán

Años de vida útil	Deuda viva	Principal	Intereses	Anualidad
1	90.000.000,00	5.625.000,00	5.400.000,00	11.025.000,00
2	84.375.000,00	5.625.000,00	5.062.500,00	10.687.500,00
3	78.750.000,00	5.625.000,00	4.725.000,00	10.350.000,00
4	73.125.000,00	5.625.000,00	4.387.500,00	10.012.500,00
5	67.500.000,00	5.625.000,00	4.050.000,00	9.675.000,00
6	61.875.000,00	5.625.000,00	3.712.500,00	9.337.500,00
7	56.250.000,00	5.625.000,00	3.375.000,00	9.000.000,00
8	50.625.000,00	5.625.000,00	3.037.500,00	8.662.500,00
9	45.000.000,00	5.625.000,00	2.700.000,00	8.325.000,00
10	39.375.000,00	5.625.000,00	2.362.500,00	7.987.500,00
11	33.750.000,00	5.625.000,00	2.025.000,00	7.650.000,00
12	28.125.000,00	5.625.000,00	1.687.500,00	7.312.500,00
13	22.500.000,00	5.625.000,00	1.350.000,00	6.975.000,00
14	16.875.000,00	5.625.000,00	1.012.500,00	6.637.500,00
15	11.250.000,00	5.625.000,00	675.000,00	6.300.000,00
16	5.625.000,00	5.625.000,00	337.500,00	5.962.500,00
17	0,00	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,00	0,00
24	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Sistema Francés

En el caso del sistema francés la anualidad a pagar cada año permanece constante y se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{0,75 * C_c * i * (1+i)^n}{(1+i)^{n-1}} \quad (4)$$

Donde:

C_c = Coste de construcción

I = interés anual

n = años de devolución

La Tabla 9 refleja los valores de anualidad para los 16 años de devolución del crédito.

Tabla 9: Anualidad del sistema Francés

Años de vida útil	Anualidad (S.francés)
1	8.905.692,92
2	8.905.692,92
3	8.905.692,92
4	8.905.692,92
5	8.905.692,92
6	8.905.692,92
7	8.905.692,92
8	8.905.692,92
9	8.905.692,92
10	8.905.692,92
11	8.905.692,92
12	8.905.692,92
13	8.905.692,92
14	8.905.692,92
15	8.905.692,92
16	8.905.692,92
17	0,00
18	0,00
19	0,00
20	0,00
21	0,00
22	0,00
23	0,00
24	0,00

Fuente: Elaboración propia

En ambos sistemas, para la obtención de los costes de capital de cada año, se debe añadir la cuota que el armador paga y que no es obtenida con financiación ajena. En este caso se trata del 25% restante de construcción del buque. Esta parte o bien puede pagarla íntegra el primer año o puede dividir el valor en los años correspondientes de la devolución del crédito, en este caso se ha optado por la segunda opción. De tal forma que el coste anual se calcula según:

$$\frac{0,25 * C_c}{n} \quad (5)$$

C_c = coste de construcción
 n =años de devolución

En este caso se parte de un buque cuyo coste de construcción es de 120.000.000 €, teniendo en cuenta el 25% de financiación propia, la deuda a pagar por el armador asciende a 30.000.000 €. Esta cuota se devolverá en 16 años junto con la devolución del crédito, por lo que supone una cuota anual de 1.875.000 €.

Para la determinación de los costes de capital totales, tanto en el sistema alemán como francés, hay que calcular el valor residual final del buque. Este valor residual es aquel que se obtiene al final de la vida útil del buque. Y en este caso se supone un 5% del coste total del buque. Este valor se restará al final de los costes totales del buque.

Tabla 10: Valor residual del buque

Valor residual	
Coste total del buque	120000000
Valor residual	6000000

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 11 se refleja los costes de capital (Sistema Francés y Alemán) para los 16 años de devolución del crédito.

Tabla 11: Costes de capital (S.Alemán y Francés)

Años de vida útil	SISTEMA ALEMÁN					SISTEMA FRANCÉS	
	Costes de capital (S. alemán)	Deuda viva	Principal	Intereses	Anualidad	Anualidad (S. francés)	Coste de capital (S. francés)
1	12.900.000,00	90.000.000,00	5.625.000,00	5.400.000,00	11.025.000,00	8.905.692,92	10.780.692,92
2	12.562.500,00	84.375.000,00	5.625.000,00	5.062.500,00	10.687.500,00	8.905.692,92	10.780.692,92
3	12.225.000,00	78.750.000,00	5.625.000,00	4.725.000,00	10.350.000,00	8.905.692,92	10.780.692,92
4	11.887.500,00	73.125.000,00	5.625.000,00	4.387.500,00	10.012.500,00	8.905.692,92	10.780.692,92
5	11.550.000,00	67.500.000,00	5.625.000,00	4.050.000,00	9.675.000,00	8.905.692,92	10.780.692,92
6	11.212.500,00	61.875.000,00	5.625.000,00	3.712.500,00	9.337.500,00	8.905.692,92	10.780.692,92
7	10.875.000,00	56.250.000,00	5.625.000,00	3.375.000,00	9.000.000,00	8.905.692,92	10.780.692,92
8	10.537.500,00	50.625.000,00	5.625.000,00	3.037.500,00	8.662.500,00	8.905.692,92	10.780.692,92
9	10.200.000,00	45.000.000,00	5.625.000,00	2.700.000,00	8.325.000,00	8.905.692,92	10.780.692,92
10	9.862.500,00	39.375.000,00	5.625.000,00	2.362.500,00	7.987.500,00	8.905.692,92	10.780.692,92
11	9.525.000,00	33.750.000,00	5.625.000,00	2.025.000,00	7.650.000,00	8.905.692,92	10.780.692,92
12	9.187.500,00	28.125.000,00	5.625.000,00	1.687.500,00	7.312.500,00	8.905.692,92	10.780.692,92
13	8.850.000,00	22.500.000,00	5.625.000,00	1.350.000,00	6.975.000,00	8.905.692,92	10.780.692,92
14	8.512.500,00	16.875.000,00	5.625.000,00	1.012.500,00	6.637.500,00	8.905.692,92	10.780.692,92
15	8.175.000,00	11.250.000,00	5.625.000,00	675.000,00	6.300.000,00	8.905.692,92	10.780.692,92
16	7.837.500,00	5.625.000,00	5.625.000,00	337.500,00	5.962.500,00	8.905.692,92	10.780.692,92
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
24	-6000000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6000000
Σ	159.900.000,00						166.491.086,77

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 11, los costes totales de capital del Sistema alemán son inferiores a los costes totales de capital del Sistema francés. Esto se debe a que, el sistema francés, mantiene constante el interés durante toda la vida útil del buque, sin embargo, en el Sistema alemán los intereses dependen de la deuda viva, que van disminuyendo cada año.

Seguidamente se calculan los costes fijos del buque durante su explotación.

6.2 Costes fijos

Los **costes fijos** son “los necesarios para que el buque esté armado y en disposición de navegar” (IME y FEIN, 2009).

Los costes fijos se dividen en:

- **Costes de mantenimiento:** son aquellos costes derivados de los trabajos que se realizan para asegurar el buen estado y funcionamiento del buque durante su vida útil. Estos costes de mantenimiento engloban: costes de mantenimiento preventivo, predictivo, mantenimiento correctivo, así como, las diferentes inspecciones realizadas para asegurar que cumple con la normativa y exigencias vigentes en el momento de la inspección. Estos costes representan una parte importante del presupuesto operacional, dado que el dinero destinado a esta partida es de vital importancia para asegurar el funcionamiento del buque. El cálculo de dichos costes constituye la principal aportación de este trabajo final de máster. Dichos costes se estimarán en los siguientes capítulos de este trabajo.
- **Costes de tripulación:** el número y los rangos de los tripulantes a bordo depende del tipo de buque y tipo de tráfico que realiza. Los tripulantes de un buque se pueden clasificar según tres categorías: debido a la labor que realizan a bordo, su categoría laboral y dependiendo de su horario de trabajo (IME y FEIN, 2009).

El buque que se está analizando tiene de 33 tripulantes, con los siguientes rangos: un capitán, tres oficiales, cuatro contramaestres, seis subalternos, un jefe de máquinas, tres oficiales de máquinas, un electricista, un mecánico, dos mayordomos, dos cocineros, un ayudante de cocina, tres camareros, cuatro limpiadoras y un enfermero.

Para la determinación del número de tripulantes a bordo se ha recurrido a consultar las tripulaciones mínimas exigidas por la Comunidad Económica Europea en todos los mares. (E. González, Julio 1993)

Con respecto al sueldo base de cada uno de los tripulantes los principales factores que lo determinan son el rango que tienen a bordo y la nacionalidad de los tripulantes.

En la Tabla 12 se incluye los sueldos para varios rangos según la nacionalidad del tripulante.

Tabla 12: Sueldos de tripulación de buques

	China (\$)	Filipinas (\$)	España (\$)	Reino Unido (\$)
Capitán	40.000	50.000	95.000	125.000
Oficial	22.000	25.000	56.000	75.000
Maestranza	14.000	20.000	40.000	60.000
Subalterno	12.000	15.000	30.000	50.000

- Fuente: Pardos, M.; Pérez, J.E. (Ed.). (Abril 2009). *Economía del sector marítimo*. Madrid, España: Fondo Editorial de Ingeniería Naval e Instituto Marítimo Español.

Tomando como referencia los valores de la Tabla 12 se ha hecho una estimación del coste de tripulación para el barco en estudio. La Tabla 13 resume la estimación del coste de tripulación.

Tabla 13: Tripulación del buque

Tripulación		Número	€/año
Personal de puente	Capitán	1	71500
	Oficiales	3	45000
	Contra maestre	4	38750
	subalterno	6	27130
Personal de máquinas	jefe de maquinas	1	66800
	oficiales de máquinas	3	53000
	electricista	1	24000
	mecanico	1	24000
Personal de fonda	mayordomo	2	24000
	cocinero	2	24000
	ayudante de cocina	1	19650
	camareros	3	21700
	limpiadoras	4	16800
	enfermeros	1	25200
		Σ	481530

Fuente: Elaboración propia

El coste de tripulación no será fijo para todos los años de explotación del buque, por tanto, es necesario estimar su variación a lo largo de la vida útil del buque. Para realizar esta estimación se ha tomado en consideración el IPC (índice de precios al consumo) ya que es un indicador que varía cada año. La Tabla 14 contiene los valores del IPC desde el año 2000 hasta el año 2018.

Tabla 14: Variación del IPC (2000-2018)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
IPC	3,60%	2,70%	4,10%	3,00%	4%	4,60%	3%	4,90%	2,10%	2,10%

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
IPC	4%	3,10%	4%	1,60%	0,30%	1,70%	3,50%	1,70%	2,30%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Con estos datos se puede realizar una estimación de la variación de dicho factor durante los próximos años de la vida útil del buque, aproximadamente hasta 2034. Para ello, en primer lugar se debe calcular el incremento del IPC en el periodo de tiempo del cual se disponen datos:

$$\frac{A_1 - A_2}{A_2} \quad (6)$$

Donde:

A_1 = año de estudio

A_2 = año anterior al estudio

La Tabla 15 muestra la variación interanual del IPC durante el periodo 2000-2018.

Tabla 15: Incremento del IPC (2000-2018)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
IPC	3,60%	2,70%	4,10%	3,00%	4%	4,60%	3%	4,90%	2,10%	2,10%
Incremento (%)		-0,25	0,52	-0,27	0,33	0,15	-0,33	0,58	-0,57	0

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
IPC	4%	3,10%	4%	1,60%	0,30%	1,70%	3,50%	1,70%	2,30%
Incremento (%)	0,90	-0,23	0,29	-0,60	-0,81	4,67	1,06	-0,51	0,35

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se calcula la media del incremento, como la suma de todos los incrementos, dividido entre el número de años que se está analizando:

Tabla 16: Media del incremento del IPC

Media del incremento (%)	0,27834
---------------------------------	---------

Fuente: Elaboración propia

Este porcentaje se sumará al año 2018, último año del que se dispone de datos, y así consecutivamente hasta obtener el IPC del periodo de vida útil del buque. No obstante, a partir del año 2027 se decide mantener un IPC

constante, esto es debido a que el valor obtenido de IPC a partir de ese año, es elevado y un aumento del mismo podría dar valores no fidedignos.

La Tabla 17 muestra los valores estimados del IPC para el periodo 2019-2034.

Tabla 17: Valor del IPC calculado (2019-2034)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
IPC	2,58%	2,86%	3,14%	3,41%	3,69%	3,97%	4,25%	4,53%	4,81%

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
IPC	4,81%	4,81%	4,81%	4,81%	4,81%	4,81%	4,81%

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de costes de tripulación, el primer año en funcionamiento se tiene en cuenta el sueldo de cada miembro de la tripulación, y en los años sucesivos se tiene en cuenta también el IPC esperado. De esta forma se obtiene el cómputo global de los costes anuales de tripulación:

$$\sum(n^{\circ} \text{ tripulantes} * \text{sueldo}) * (1 + \text{IPC}) \quad (7)$$

La Tabla 18 muestra los costes de tripulación calculados para 24 años de vida útil del barco:

Tabla 18: Costes de tripulación Española

Años de vida útil	Gastos fijos directos (€) Tripulación
1	1.071.230,00
2	1.114.079,20
3	1.131.904,47
4	1.135.300,18
5	1.154.600,28
6	1.195.011,29
7	1.215.326,49
8	1.243.278,99
9	1.275.334,93
10	1.311.767,11
11	1.352.891,19
12	1.399.070,12
13	1.450.719,44
14	1.508.313,39
15	1.572.392,05
16	1.643.569,56
17	1.722.543,74
18	1.805.312,67
19	1.892.058,68
20	1.982.972,86
21	2.078.255,51
22	2.178.116,53
23	2.282.775,91
24	2.392.464,22
Σ	37.109.288,81

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 18, los costes de tripulación, durante la vida útil del buque, son elevados. No obstante, las navieras, intentan reducir gastos de esta partida con la contratación de personal de otra nacionalidad. Así, si observamos la Tabla 12, podemos ver como la tripulación de Filipinas, tiene un sueldo que es casi la mitad del sueldo de una tripulación española. Por lo tanto, si establecemos el sueldo de la tripulación Filipina como la mitad de la española, obtenemos lo siguiente. Véase Tabla 19.

Tabla 19: Sueldo de la tripulación Filipina

Tripulación		Número	€/año
Personal de puente	Capitán	1	35750
	Oficiales	3	22500
	Contramaestre	4	19375
	subalterno	6	13565
Personal de máquinas	jefe de máquinas	1	33400
	oficiales de máquinas	3	26500
	electricista	1	12000
	mecánico	1	12000
Personal de fonda	mayordomo	2	12000
	cocinero	2	12000
	ayudante de cocina	1	9825
	camareros	3	10850
	limpiadoras	4	8400
	enfermeros	1	12600
Σ			240765

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de costes totales de tripulación Filipina, el primer año en funcionamiento se tiene en cuenta el sueldo de cada miembro de la tripulación, y en los años sucesivos, a diferencia de la tripulación española, no se tendrá en cuenta el IPC esperado. Por lo tanto, los costes de tripulación Filipina se mantendrán constantes durante toda la vida útil del buque. Véase Tabla 20:

Tabla 20: Costes de tripulación Filipina

Años de vida útil	Gastos fijos directos (€) Tripulación
1	535.615,00
2	535.615,00
3	535.615,00
4	535.615,00
5	535.615,00
6	535.615,00
7	535.615,00
8	535.615,00
9	535.615,00
10	535.615,00
11	535.615,00
12	535.615,00
13	535.615,00
14	535.615,00
15	535.615,00
16	535.615,00
17	535.615,00
18	535.615,00
19	535.615,00
20	535.615,00
21	535.615,00
22	535.615,00
23	535.615,00
24	535.615,00
Σ	12.854.760,00

Fuente: Elaboración propia

De esta forma se puede observar que los costes de tripulación, disminuyen considerablemente cuando se cambia la nacionalidad de la tripulación a bordo del buque. Comparando las Tablas 18 y 20, se puede observar la diferencia económica entre ambos presupuestos.

- **Costes de seguro marítimo:** *“comprende la cobertura de los riesgos en los que pueden incurrir un buque, sus mercancías y personal.”* (IME y FEIN, 2009)

Este seguro es contratado por el armador para sufragar los costes en caso de pérdida del buque o daños sufridos; para asumir la responsabilidad frente a terceros y otros riesgos. De esta forma el seguro marítimo se puede dividir en: seguro de casco y máquinas, seguro de protección e indemnización, seguro de guerra y huelga, y otras coberturas. Teniendo en cuenta los distintos riesgos a asegurar, se suscriben distintas pólizas que cubran todos y cada uno de estos riesgos. En este caso, debido a la ruta que cubre el buque, tendrá que suscribir las pólizas de seguro de casco y máquinas y club de protección e indemnización.

La póliza de seguro de casco y máquinas, es el seguro que cubre la mayor parte de los riesgos y constituye la mayor parte del coste del seguro. Esta póliza asegura las siguientes coberturas: pérdida total, pérdida total constructiva, salvamento y remolque, avería gruesa o avería general, avería particular y daños por colisión.

La primera vez que se asegura un determinado buque se debe tener en cuenta que el riesgo de pérdida total supone el de mayor importancia, seguido del resto de riesgos más frecuentes, como es el caso de las averías particulares. De esta forma la prima de casco y máquinas se puede subdividir en:

$$Prima_{Cascos} = Prima_{pérdida\ total} + Prima_{otros\ riesgos} \quad (8)$$

La prima de pérdida total se calcula como sigue:

$$Prima_{pérdida\ total} = Tasa\ pura + Margen\ aseguradora \quad (9)$$

Normalmente el armador asegura el casco a un valor del 80% y cubre el 20% restante al añadirle el seguro del flete y desembolso, así consigue una menor tasa o prima. De esta forma teniendo en cuenta que el valor asegurado será del 80% del buque con un margen para la aseguradora del 0,02%, se procede a calcular la prima de cascos de la siguiente manera:

- Tasa pura:

$$\frac{(0,1+(0,02*(año-1)))}{100} * Vc * Va \quad (10)$$

Donde:

Vc = Valor contable del buque = *Coste del buque* –
(*amortización* * (*año* – 1))

Va = Valor asegurado

- Margen aseguradora: representa los beneficios que la aseguradora pretende obtener del seguro.

$$Vc * 0,02\% \quad (11)$$

Donde:

$$Vc = \text{Valor contable del buque} = \text{Coste del buque} - (\text{amortización} * (\text{año} - 1))$$

Mientras que, la tasa por otros riesgos se calcula según:

- Tasa otros riesgos:

$$\frac{(70+3) * (\text{año}-1) * TPM}{\frac{Va * Vc}{100} * Va * Vc} \quad (12)$$

Donde:

$$Vc = \text{Valor contable del buque} = \text{Coste del buque} - (\text{amortización} * (\text{año} - 1))$$

Va = Valor asegurado

$$\text{Amortización: } \frac{(\text{Coste del buque} - \text{Valor residual})}{\text{vida útil}}$$

Valor residual: 5% del coste del buque

Los valores obtenidos en el cálculo del seguro se reflejan en la Tabla 21:

Tabla 21: Costes de seguro

Años de vida útil	Valor contable del buque (€)	Tasa pura (€)	Margen (€)	Tasa otros riesgos (€)	Total seguros (€)
1	115.250.000,00 €	110.640,00 €	23.050,00 €	3.540,50	137.230,50
2	110.500.000,00	123.760,00	22.100,00	3.686,00	149.546,00
3	105.750.000,00	135.360,00	21.150,00	3.831,50	160.341,50
4	101.000.000,00	145.440,00	20.200,00	3.977,00	169.617,00
5	96.250.000,00	154.000,00	19.250,00	4.122,50	177.372,50
6	91.500.000,00	161.040,00	18.300,00	4.268,00	183.608,00
7	86.750.000,00	166.560,00	17.350,00	4.413,50	188.323,50
8	82.000.000,00	170.560,00	16.400,00	4.559,00	191.519,00
9	77.250.000,00	173.040,00	15.450,00	4.704,50	193.194,50
10	72.500.000,00	174.000,00	14.500,00	4.850,00	193.350,00
11	67.750.000,00	173.440,00	13.550,00	4.995,50	191.985,50
12	63.000.000,00	171.360,00	12.600,00	5.141,00	189.101,00
13	58.250.000,00	167.760,00	11.650,00	5.286,50	184.696,50
14	53.500.000,00	162.640,00	10.700,00	5.432,00	178.772,00
15	48.750.000,00	156.000,00	9.750,00	5.577,50	171.327,50
16	44.000.000,00	147.840,00	8.800,00	5.723,00	162.363,00
17	39.250.000,00	138.160,00	7.850,00	5.868,50	151.878,50
18	34.500.000,00	126.960,00	6.900,00	6.014,00	139.874,00
19	29.750.000,00	114.240,00	5.950,00	6.159,50	126.349,50
20	25.000.000,00	100.000,00	5.000,00	6.305,00	111.305,00
21	20.250.000,00	84.240,00	4.050,00	6.450,50	94.740,50
22	15.500.000,00	66.960,00	3.100,00	6.596,00	76.656,00
23	10.750.000,00	48.160,00	2.150,00	6.741,50	57.051,50
24	6.000.000,00	27.840,00	1.200,00	6.887,00	35.927,00
Σ					3.616.130,00

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, los costes fijos totales, se calculan como la suma de los costes de tripulación, los costes de seguro y los costes de mantenimiento. No obstante, como los costes de mantenimiento se calcularán de forma más detallada en el capítulo 9 de este trabajo final de máster, en la Tabla 20 se mostrarán los costes fijos totales como la suma entre costes de tripulación y costes de seguro. Se deberá tener en cuenta, por un lado los costes fijos totales con la tripulación española y, por otro lado los costes fijos totales con la tripulación Filipina. Véase Tablas 22 y 23:

Tabla 22: Costes fijos totales con tripulación Española

Años de vida útil	Total gastos fijos (€)
1	1.208.460,50
2	1.263.625,20
3	1.292.245,97
4	1.304.917,18
5	1.331.972,78
6	1.378.619,29
7	1.403.649,99
8	1.434.797,99
9	1.468.529,43
10	1.505.117,11
11	1.544.876,69
12	1.588.171,12
13	1.635.415,94
14	1.687.085,39
15	1.743.719,55
16	1.805.932,56
17	1.874.422,24
18	1.945.186,67
19	2.018.408,18
20	2.094.277,86
21	2.172.996,01
22	2.254.772,53
23	2.339.827,41
24	2.428.391,22
Σ	40.725.418,81

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Costes fijos totales con tripulación filipina

Años de vida útil	Total gastos fijos directos (€)
1	672.845,50
2	685.161,00
3	695.956,50
4	705.232,00
5	712.987,50
6	719.223,00
7	723.938,50
8	727.134,00
9	728.809,50
10	728.965,00
11	727.600,50
12	724.716,00
13	720.311,50
14	714.387,00
15	706.942,50
16	697.978,00
17	687.493,50
18	675.489,00
19	661.964,50
20	646.920,00
21	630.355,50
22	612.271,00
23	592.666,50
24	571.542,00
Σ	16.470.890,00

Fuente: Elaboración propia

Comparando ambas tablas, se puede observar la influencia de los costes de tripulación en los costes fijos totales.

6.3 Costes variables

Los **costes variables** están directamente relacionados con la operación del buque y varían en función del volumen de actividad y las rutas que cubre. Dichos costes están compuestos principalmente por los costes de combustible y los costes de escala, aunque también existen los costes de paso de estrechos o canales para aquellos buques cuyas rutas tengan presencia de los mismos. El caso en estudio, como se describe en el apartado 5, no pasa por ningún canal ni estrecho de pago.

A continuación, se detalla el cálculo de los costes de combustible y escala.

6.3.1 Consumo de combustible

Para el cálculo del consumo de combustible anual, se debe tener en cuenta el tiempo de navegación y operaciones portuarias del buque, el consumo de combustible del motor y generadores, y el precio del combustible.

- Tiempo de navegación: en el apartado 5 se describió todos los detalles relacionados con el itinerario, incluyendo el tiempo de navegación, que como se indicó constaba de una duración de 120 horas, 75 de navegación y 45 horas en puerto.

Para el cálculo del consumo de combustible anual es necesario obtener las horas de navegación y estancia en puerto durante un año.

Teniendo en cuenta aproximadamente que el buque va a estar navegando 350 días, el resto de días se suponen para varadas e inspecciones pertinentes, hace un total de 8400 horas, de las cuales 5250 son para navegación y 3150 para estancia en puerto. Anualmente, dado que un itinerario es de 120 horas, el buque realiza 70 viajes.

- Precio combustible: el buque analizado tiene una vida útil de 24 años, comenzando su navegación en el año 2011 se prolongará hasta 2034. Para la obtención de los precios del combustible, en primer lugar, durante esta franja temporal, se realizan varias estimaciones y se calcula el incremento anual de la evolución del precio. Teniendo un histórico de precios del fuel oil y diésel, véase Tabla 18, desde el año 2011 hasta 2019, se calcula el incremento de ambos combustibles hasta el año 2034. Debido a la elevada volatilidad del mercado de combustible marino, y los valores anómalos durante la época de crisis, se toma para el cálculo, los valores de 2016 hasta 2019 por tener un comportamiento más estable y regular.

Tabla 24: Precios de combustible (MDO y HFO)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
HFO (€/t)	932,325	891,1757	831,92074	862,48877	632,7583	522,01	557,7	668,96962	681,1968
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
MDO (€/t)	965,0092	953,9577	909,04624	932,08983	676,7292	534	603,1	745,62483	745,6248

Fuente: Elaboración propia

No obstante los precios son estimaciones, dado que es un valor muy fluctuante y bastante impreciso de determinar. Dentro de un mismo año el valor del precio del fuel oil, así como del diésel y otros combustibles puede variar. Es por ello que para la realización de estos cálculos se ha escogido el máximo valor del combustible durante el año en estudio. A continuación se pueden ver algunos ejemplos de la volatilidad de los precios del combustible:

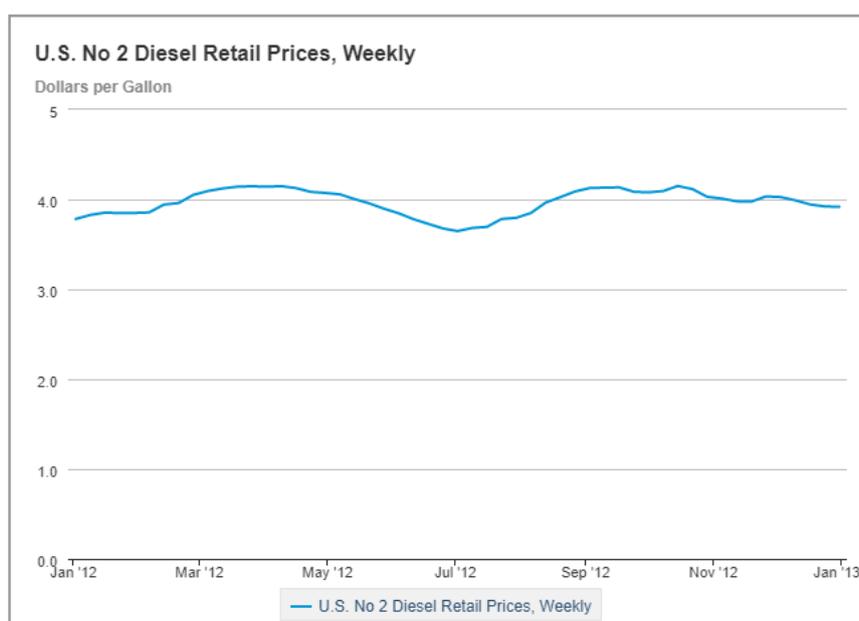


Figura 6: Precios del combustible Diesel Oil durante el año 2012.
Fuente: Historical Fuel Prices Interactive Graph (2019).

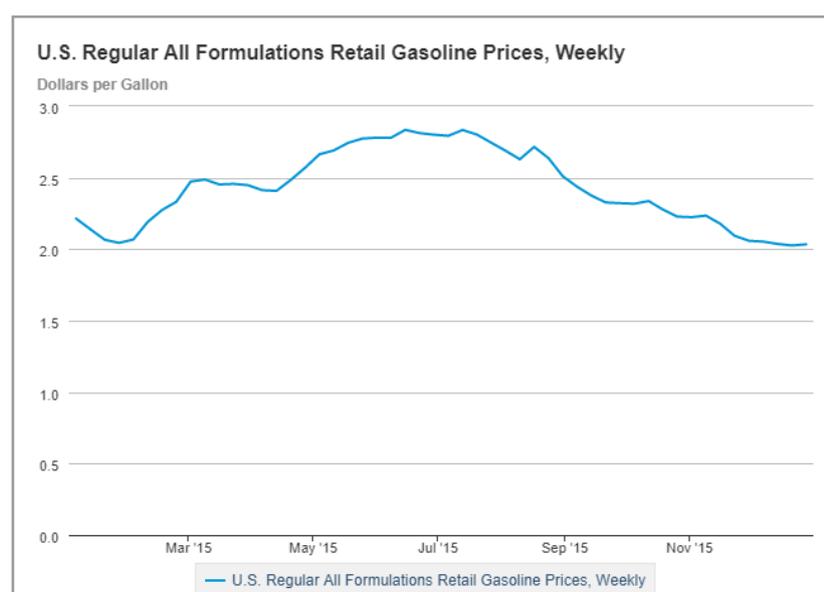


Figura 7: Precio del combustible Fuel Oil durante el año 2015.
Fuente: Historical Fuel Prices Interactive Graph (2019).

Para la realización de los cálculos de coste de combustible, el incremento de precio obtenido durante los años 2016-2109, se aplica gradualmente hasta el año 2022 y se mantiene lineal hasta el último año de vida del buque, dado que seguir incrementando el valor da resultados poco fidedignos.

- Consumo combustible: teniendo en cuenta el tipo de motor y generador descritos en el apartado de equipos (apartados 3.1.1 y 3.2), se obtiene los consumos de ambos a partir de las fichas técnicas. A partir de buques similares se obtiene que el buque va a funcionar en navegación con los 4 motores principales al 85% del MCR y dos generadores auxiliares al 93% del MCR. En puerto tendrá en funcionamiento un solo generador al 75% del MCR.

Para la obtención del coste de combustible se procederá de la siguiente manera:

- Coste en navegación:

$$\left(((mcr * P.M * Z) * C * \text{precio HFO}) + ((mcr * P.G * Y) * C * \text{precio MDO}) \right) * H_n \quad (13)$$

- Coste en puerto:

$$\left(((mcr * P.G * Y) * C * \text{precio MDO}) \right) * H_p \quad (14)$$

Donde:

- P.M.= potencia del motor
- Z= n° motores propulsores
- P.G. = potencia del generador
- Y = n° generadores
- H_n = horas de navegación
- H_p = horas en puerto
- C = consumo
- MCR = Potencia Máxima Continua

La potencia del motor y generador son, respectivamente, las potencias máximas extraídas de la ficha técnica. En el cálculo se ha multiplicado por el porcentaje del régimen de potencia al cual opera el motor. En este sentido, se intentó obtener las curvas de los motores principales y generadores para, así, calcular la potencia exacta pero no fue posible disponer de las curvas. Por lo tanto se hace una estimación con la potencia máxima y el porcentaje de MCR.

Los costes totales de combustible, en puerto y en navegación, se reflejan en la Tabla 25:

Tabla 25: Costes totales de combustible

Años de vida útil	Costes totales de combustible (€)	*costes en navegación (€)	*costes en puerto (€)
1	26.937.745,07	26.458.931,98	478.813,09
2	25.829.675,82	25.356.346,21	473.329,61
3	28.153.391,04	27.702.345,37	451.045,66
4	29.159.689,34	28.697.210,03	462.479,31
5	21.373.498,19	21.037.722,35	335.775,85
6	17.566.507,54	17.301.550,30	264.957,24
7	18.857.824,27	18.558.566,09	299.258,18
8	22.678.692,96	22.308.732,85	369.960,11
9	23.056.147,02	22.686.186,90	369.960,11
10	23.826.472,05	23.442.289,27	384.182,78
11	24.596.797,08	24.198.391,63	398.405,45
12	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
13	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
14	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
15	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
16	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
17	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
18	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
19	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
20	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
21	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
22	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
23	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
24	25.367.122,11	24.954.494,00	412.628,11
Σ	591.809.027,80		

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Costes de escala:

Son aquellos costes en los que incurre el buque por su estancia en puerto para la utilización de sus instalaciones y por el uso de diversos servicios portuarios.

Para un buque Ro-Pax, los costes derivados del uso de **servicios portuarios** están vinculados, fundamentalmente, con el servicio de remolque, amarre y desamarre y practicaaje. El coste del servicio de remolque, suele ser el más alto de los servicios portuarios, no obstante, en el buque Ro-Pax no se utiliza por la alta maniobrabilidad del buque. El servicio de practicaaje, tampoco es muy común en este tipo de buques, por la exención de practicaaje. Los costes de amarre y desamarre dependen de las tarifas de cada puerto. La suma total de las distintas tarifas, corresponde al coste total de amarre y desamarre en un itinerario, véase Tabla 26:

Tabla 26: Costes de amarre y desamarre

	Costes de amarre y desamarre (€)
Huelva	710,2108
Santa Cruz de Tenerife	359,42
Las Palmas de Gran Canaria	423,65
Arrecife	423,65
Las Palmas de Gran Canaria	423,65
Huelva	710,2108
Costes totales en 1 itinerario	3050,7916

Fuente: Elaboración propia

Como se indicó en el apartado 5, anualmente se realizan 70 trayectos, lo que supone un total de: 213.555,412 €. Se debe tener en cuenta que estos costes de amarre y desamarre serán los equivalentes a los del primer año. Para el cálculo de los costes de amarre y desamarre durante la vida útil del buque, se aplicará el IPC (Índice de Precios de Consumo). La Tabla 27 refleja los costes totales de amarre y desamarre durante la vida operativa del buque.

Tabla 27: Costes totales de amarre y desamarre durante la vida útil del buque

Años de vida útil	Servicios portuarios (€)
1	213.555,41
2	222.097,63
3	216.972,30
4	214.196,08
5	217.185,85
6	221.029,85
7	217.185,85
8	218.467,19
9	219.061,59
10	219.656,00
11	220.250,40
12	220.844,81
13	221.439,21
14	222.033,62
15	222.628,03
16	223.222,43
17	223.816,84
18	223.816,84
19	223.816,84
20	223.816,84
21	223.816,84
22	223.816,84
23	223.816,84
24	223.816,84

Fuente: Elaboración propia

El coste de uso de las **instalaciones portuarias** está relacionado con el uso efectuado por el buque y la mercancía de las mismas. Para el caso de un buque Ro-Pax es el uso que los pasajeros y mercancía hacen de las instalaciones portuarias. La tasa de aplicación en cada caso se describe a continuación.

T-1: Tasa del buque: según BOE-A-2011-16467 esta tasa se debe a *“la utilización por los buques de las aguas de la zona de servicio del puerto y de las obras e instalaciones portuarias que permiten el acceso marítimo al puesto de atraque o de fondeo que les haya sido asignado y la estancia en los mismos en las condiciones que se establezcan. Asimismo constituye el hecho imponible de esta*

tasa la prestación de los servicios comunes de titularidad de la respectiva Autoridad Portuaria de los que se benefician los usuarios sin necesidad de solicitud, relacionados con los anteriores elementos del dominio público."

T-2: Tasa del pasaje: según BOE-A-2011-16467 esta tasa se debe a *"la utilización por los pasajeros, por su equipaje y, en su caso, por los vehículos que éstos embarquen o desembarquen en régimen de pasaje, de las instalaciones de atraque, accesos terrestres, vías de circulación y otras instalaciones portuarias. Asimismo, constituye el hecho imponible de esta tasa, la prestación de los servicios comunes de titularidad de la respectiva Autoridad Portuaria de los que se benefician los usuarios sin necesidad de solicitud, relacionados con los anteriores elementos del dominio público.*

No está sujeta a esta tasa, la utilización de maquinaria y elementos mecánicos móviles para las operaciones de embarque y desembarque, que se encontrará sujeta, en su caso, a la correspondiente tarifa."

Teniendo en cuenta que el buque en cuestión se trata de un buque RO-PAX solo se tendrá en cuenta las dos primeras tasas en los puertos correspondientes. Para la obtención de dichas tasas se deberá recurrir a la normativa BOE-A-2011-16467 donde se especifica el cálculo de las distintas tasas, además de los coeficientes correctores y bonificaciones. No obstante, para los coeficientes correctores y bonificaciones más detallados, se recurrirá a las tasas propias de cada Autoridad Portuaria (A.P.), en concreto las de Huelva, Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria. El puerto de Arrecife, situado en la isla de Lanzarote, tomará los valores de los coeficientes de la Autoridad Portuaria de Las Palmas de Gran Canaria ya que está gestionada por esa Autoridad Portuaria. Las ecuaciones de cálculo de cada tasa son:

-Tasa del buque (T-1):

$$\frac{GT}{100} * E * (B \text{ ó } S) * CC * coeficientes * Bonificaciones \quad (15)$$

Donde:

- GT: arqueo bruto
- E: estancia en horas en puerto, recogido en la BOE con un mínimo de 3 horas y un máximo de 15 por escala cada 24 horas
- (B ó S): cuantía básica

Donde: B= 1,43

S= 1,2

*En este caso la cuantía básica es de 1,2 por tratarse de Servicios Marítimos Interinsulares en un mismo archipiélago. La Tabla 28 muestra qué cuantía básica aplica en función del tráfico que se trate.

- CC= coeficiente corrector de tasa del buque
- Coeficientes: Coeficientes añadidos
- Bonificaciones: Bonificaciones en función del tipo de servicio

Tabla 28: Cuantía básica

TRÁFICO	CUANTÍA BÁSICA
Buques integrados en Servicios Marítimos Interinsulares en un mismo archipiélago.	S (1,2 €)
Buques integrados en Servicio Marítimos en territorios TMCD	
Buques en estancias cortas para avituallarse, aprovisionarse o repararse cuando el puerto anterior-siguiente pertenezca a territorio TMCD	
Buques de Crucero Turístico	B (1,43 €)
Buques en estancias prolongadas	
Buques en estancias cortas cuando el puerto anterior-siguiente no pertenezca a territorio TMCD	

Notas: TMCD: Territorio Marítimo de Corta Distancia

Fuente: Autoridad Portuaria de Tenerife (2019)

-Tasa del pasaje (T-2):

$$\text{Cuantía básica} * CC * \text{coeficientes} * \text{Bonificaciones} \quad (16)$$

- Cuantía básica: 3,23 €
- CC= coeficiente corrector de tasa del pasaje
- Coeficientes: Coeficientes añadidos
- Bonificaciones: Bonificaciones en función del tipo de servicio

En la Tabla 29 se muestra los coeficientes correctores y bonificaciones de los distintos puertos:

Tabla 29: Coeficientes correctores y bonificaciones de los puertos en análisis

	Tasa del buque	Bonificaciones	Tasa del pasaje	Bonificaciones
Huelva	1	40%	0,7	40%
S.Cruz de Tenerife	1,2	40%	1,3	45%
Las Palmas de G.Canaria	1,15	40%	1,3	45%
Arrecife	1,15	40%	1,3	45%

Fuente: Elaboración propia a partir de A.P. de Tenerife (2019), A.P. de Las Palmas (2019) y A.P. de Huelva (2019)

Los coeficientes añadidos a aplicar son:

- **Tasa del buque:**
 - 1) A los buques que realicen la carga o descarga de mercancías por rodadura, tales como los de tipo ro-ro puro, ro-pax, con-ro y ferry integrado en servicio marítimo regular: 0,6 .
 - 2) En función del número de escalas anuales:
 - Huelva y Santa Cruz de Tenerife: si se realizan entre 53 y 104 escalas: 0,75
 - Las Palmas de Gran Canaria: si se realizan entre 105 y 156 escalas. Hay que tener en cuenta que en Las Palmas de Gran Canaria, en un solo trayecto realiza dos escalas: 0,65

*En el caso de que el servicio marítimo sea regular se aplicarán los coeficientes anteriores reducidos en 5 centésimas.

- **Tasa del pasaje**

En el caso de los coeficientes añadidos de la tasa del pasaje, se debe tener en cuenta:

- 1) Estaciones marítimas otorgadas en autorización o concesión sin atraque en concesión: 0,75. Se trata de un buque ro-pax en cuya ruta contará con puertos e instalaciones para desembarco y embarque de carga rodada y pasajeros, pero sin necesidad de concesión de atraque.
- 2) Servicios marítimos interinsulares: 0,2. El buque analizado se engloba dentro de los buques integrados en servicios marítimos interinsulares en un mismo archipiélago para el transporte de pasajeros y vehículos.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de los costes totales de escala (costes totales del uso de instalaciones portuarias más servicios portuarios). Véase la tabla 30:

Tabla 30: Costes totales de escala

Años de vida útil	Costes totales de escala (€)	Instalaciones portuarias (€)	Servicios portuarios (€)
1	219.795,98	6.240,57	213.555,41
2	228.338,20	6.240,57	222.097,63
3	223.212,87	6.240,57	216.972,30
4	220.436,65	6.240,57	214.196,08
5	223.426,42	6.240,57	217.185,85
6	227.270,42	6.240,57	221.029,85
7	223.426,42	6.240,57	217.185,85
8	224.707,75	6.240,57	218.467,19
9	225.302,16	6.240,57	219.061,59
10	225.896,57	6.240,57	219.656,00
11	226.490,97	6.240,57	220.250,40
12	227.085,38	6.240,57	220.844,81
13	227.679,78	6.240,57	221.439,21
14	228.274,19	6.240,57	222.033,62
15	228.868,59	6.240,57	222.628,03
16	229.463,00	6.240,57	223.222,43
17	230.057,40	6.240,57	223.816,84
18	230.057,40	6.240,57	223.816,84
19	230.057,40	6.240,57	223.816,84
20	230.057,40	6.240,57	223.816,84
21	230.057,40	6.240,57	223.816,84
22	230.057,40	6.240,57	223.816,84
23	230.057,40	6.240,57	223.816,84
24	230.057,40	6.240,57	223.816,84
Σ	5.450.134,57		

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los costes de escala y los costes de combustible, se obtiene los costes totales variables del buque:

Tabla 31: Costes variables totales

Años de vida útil	Total gastos variables directos (€)
1	27.157.541,05
2	26.058.014,01
3	28.376.603,90
4	29.380.125,98
5	21.596.924,61
6	17.793.777,96
7	19.081.250,69
8	22.903.400,71
9	23.281.449,18
10	24.052.368,61
11	24.823.288,05
12	25.594.207,49
13	25.594.801,89
14	25.595.396,30
15	25.595.990,70
16	25.596.585,11
17	25.597.179,51
18	25.597.179,51
19	25.597.179,51
20	25.597.179,51
21	25.597.179,51
22	25.597.179,51
23	25.597.179,51
24	25.597.179,51
Σ	597.259.162,36

Fuente: Elaboración propia

6.4 Costes totales de explotación del buque

Una vez calculados los costes totales de capital, costes fijos y costes variables, se procede a la sumatoria de los mismos para la obtención de los costes totales de explotación del buque. A continuación se presenta los costes finales, segregados por tipo de sistema de financiación para cada año de explotación y los totales para los 24 años de vida útil. Véase Tablas 32 y 33:

Tabla 32: Costes totales de explotación del buque

Años de vida útil	Sistema alemán (€)	Sistema francés (€)
1	41.266.001,55	39.146.694,47
2	39.884.139,21	38.102.332,14
3	41.893.849,87	40.449.542,79
4	42.572.543,16	41.465.736,09
5	34.478.897,40	33.709.590,32
6	30.384.897,26	29.953.090,18
7	31.359.900,68	31.265.593,60
8	34.875.698,71	35.118.891,63
9	34.949.978,60	35.530.671,53
10	35.419.985,72	36.338.178,65
11	35.893.164,74	37.148.857,66
12	36.369.878,60	37.963.071,53
13	36.080.217,83	38.010.910,75
14	35.794.981,69	38.063.174,61
15	35.514.710,25	38.120.403,17
16	35.240.017,67	38.183.210,59
17	27.471.601,76	27.471.601,76
18	27.542.366,18	27.542.366,18
19	27.615.587,69	27.615.587,69
20	27.691.457,38	27.691.457,38
21	27.770.175,53	27.770.175,53
22	27.851.952,05	27.851.952,05
23	27.937.006,93	27.937.006,93
24	22.025.570,74	22.025.570,74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Costes totales de explotación del buque

Costes de explotación del buque		
Sistema alemán	797.884.581,18	€
Sistema francés	804.475.667,94	€

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar los costes por el sistema alemán son menores que por el sistema francés, esto es debido a que, el sistema francés como se explicó en el apartado 6.1.2, mantiene constantes los intereses de la deuda viva. Mientras que los intereses del sistema alemán van disminuyendo a medida que disminuye la deuda viva.

También debemos tener en cuenta que, a estos costes totales de explotación, habrá que sumarle los costes de mantenimiento que se calcularán en el apartado 9 de este trabajo final máster. Por otro lado los costes que se reflejan en las Tablas

32 y 33, son los costes totales obtenidos con la tripulación española, a continuación se observan los costes totales de explotación con la tripulación filipina. Véase Tabla 34:

Tabla 34: Costes totales de explotación del buque con tripulación Filipina

Años de vida útil	Sistema alemán (€)	Sistema francés (€)
1	40.730.386,55	38.611.079,47
2	39.305.675,01	37.523.867,94
3	41.297.560,40	39.853.253,33
4	41.972.857,98	40.866.050,91
5	33.859.912,11	33.090.605,04
6	29.725.500,96	29.293.693,89
7	30.680.189,19	30.585.882,11
8	34.168.034,71	34.411.227,64
9	34.210.258,68	34.790.951,60
10	34.643.833,61	35.562.026,54
11	35.075.888,55	36.331.581,47
12	35.506.423,49	37.099.616,41
13	35.165.113,39	37.095.806,31
14	34.822.283,30	37.090.476,22
15	34.477.933,20	37.083.626,13
16	34.132.063,11	37.075.256,03
17	26.284.673,01	26.284.673,01
18	26.272.668,51	26.272.668,51
19	26.259.144,01	26.259.144,01
20	26.244.099,51	26.244.099,51
21	26.227.535,01	26.227.535,01
22	26.209.450,51	26.209.450,51
23	26.189.846,01	26.189.846,01
24	20.168.721,51	20.168.721,51
Σ	773.630.052,36	780.221.139,13

Fuente: Elaboración propia

Como se observa los costes totales disminuyen con respecto a la Tabla 33.

7. Introducción al mantenimiento:

Durante el ciclo de vida de cualquier sistema, equipo o máquina es necesario un mantenimiento continuado y perseverante de los mismos que permita alargar su vida operativa o, al menos, desarrollarla con una buena productividad.

La Federación Europea de Sociedades Nacionales de Mantenimiento, define el mantenimiento como *“todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual puede llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes”*.

Entre los objetivos de la planificación de un buen mantenimiento se encuentra: el aumento de la disponibilidad de las instalaciones (incrementándose la producción y cumpliendo con los plazos de entrega), alargar la vida útil de los equipos y la reducción de costes por pérdidas de producción.

En la actualidad no solo se requiere conseguir la máxima disponibilidad de las instalaciones sino que también se plantea su eficiencia, es decir, minimización de los costes derivados de la Gestión del Mantenimiento. Otros aspectos son los relacionados con la seguridad de las instalaciones y la protección del medio ambiente.

El mantenimiento se puede aplicar de diferentes formas, este puede clasificarse de diferentes formas en función de la instalación sobre la que actúa, el tipo de control que se lleva a cabo, el volumen de medios necesarios para su ejecución, etc. Así entre los distintos tipos de mantenimiento se puede encontrar:

- Mantenimiento correctivo: aquel que se realiza con la finalidad de reparar fallos o defectos que se presenten en equipos y maquinarias. Está vinculado con la reparación e incrementa el número de repuestos.
- Mantenimiento preventivo según condición (Predictivo): es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisiones y reparaciones que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. Con este tipo de mantenimiento se pretende anticiparse a las posibles averías, siempre que se consiga un equilibrio entre los costes y la efectividad de las acciones preventivas. Este, a su vez, se puede dividir en dos tipos:
 - **Mantenimiento preventivo a intervalos de tiempo fijo**: cada X intervalos de tiempo especificados o cada cierto número de horas de funcionamiento se produce la inspección y revisión.
 - **Mantenimiento preventivo-predictivo**: Se analiza de forma continua los parámetros que caracterizan al sistema en cuestión, es decir son

aquellos que se realizan según la condición de la máquina. Este mantenimiento se lleva a cabo cuando las condiciones de funcionamiento alcanzan niveles bajos.

El mantenimiento ideal es aquel que realiza una combinación de mantenimiento preventivo y predictivo, no obstante, debido a las roturas y fallos impredecibles, todo plan de mantenimiento debe constar de un plan de mantenimiento correctivo.

Dentro del concepto de mantenimiento, es necesario describir otros que se encuentran relacionados con el mismo y que de una manera u otra permiten ver la importancia que adquiere el mantenimiento dentro de cualquier ámbito.

Uno de los conceptos a definir es la función **disponibilidad**, esta función permite cuantificar los beneficios generados a través de la gestión del mantenimiento que se realiza en una empresa. Cuantificar su valor consiste en obtener la relación entre las horas producidas y las horas teóricas totales en las que se debería haber estado produciendo.

La disponibilidad de cualquier sistema, equipo, o incluso de la totalidad de la instalación, es fácil de obtener con los tiempos medios de fallos:

$$MTTF = \text{tiempo medio hasta el fallo} = \frac{\sum T}{n} \quad (17)$$

Donde:

- $\sum T$ = sumatoria de tiempos medios hasta el fallo
- n = número de tiempos

MTBF = tiempo medio entre fallo

MTTR = tiempo medio hasta la reparación

$$MTBF = MTTF + MTTR \quad (18)$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{MTTF}{MTBF} \quad (19)$$

La disponibilidad está soportada por las funciones de fiabilidad y mantenibilidad. Tanto una como la otra merman la disponibilidad cuando no están dentro de unos valores razonables.

Mantenibilidad: función estadística relacionada con la reparación. Permite calcular la probabilidad de que un sistema sea recuperado en un tiempo concreto en condiciones normales de funcionamiento.

Fiabilidad: probabilidad de que un sistema o dispositivo funcione en condiciones nominales después de transcurrido un tiempo T. Toma valores de 0 a 1 y está asociada a una variable aleatoria continua dependiente del tiempo.

La definición de fiabilidad presenta cuatro elementos: probabilidad, tiempo, entorno y funcionamiento correcto.

- Función de fiabilidad R(t): probabilidad de que el fallo se produzca después de t.
- Función de in fiabilidad F(t): probabilidad de que el dispositivo falle antes de transcurrido el tiempo t.

Ambas funciones son complementarias:

$$R(t)+F(t) = 1 \quad (20)$$

Por lo tanto, una alta fiabilidad y mantenibilidad, aumentan la disponibilidad del dispositivo, equipo o sistema. La figura 9 representa la importancia de la fiabilidad y mantenibilidad como bases para una buena disponibilidad. Una buena disponibilidad de la maquinaria nos indica que el mantenimiento llevado a cabo es el correcto.

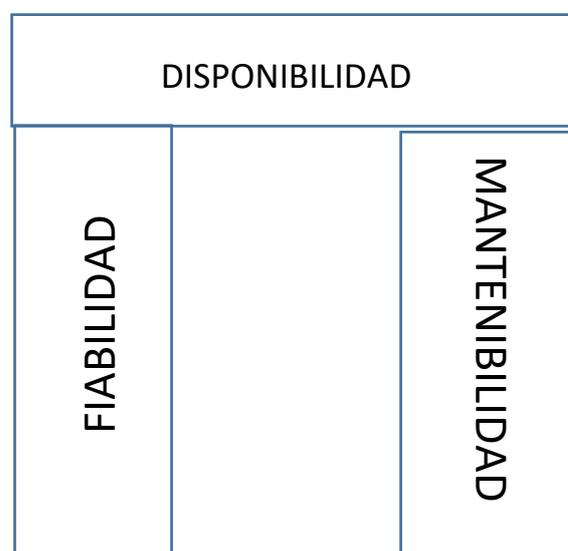


Figura 8: Representación de la relación entre Fiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad
Fuente: Apuntes de la asignatura: Logística, mantenimiento y reparación. Máster en Ingeniería Naval y Oceánica.

Se debe tener en cuenta que los equipos en mantenimiento se van deteriorando con su uso y que irremediamente todos tienen una vida útil determinada que acabará con la sustitución del elemento.

8. Elaboración del plan de mantenimiento

Para la elaboración de un plan de mantenimiento que permita una mejora continua en la instalación y su disponibilidad, es necesario recurrir a metodologías analíticas que se apoyen en datos históricos. La criticidad permite obtener el nivel de importancia de un elemento para el funcionamiento global del equipo y seguridad del mismo a partir de datos históricos. De esta forma, para realizar un buen plan de mantenimiento es imprescindible la realización de un estudio de criticidad de los sistemas que se pretenden mantener.

Si se representa el coste por riesgo asumido en una gestión del mantenimiento de bajo o nulo nivel frente a los costes de mantenimiento derivados de acciones preventivas y predictivas, se aprecia que existe un punto de intersección de ambas curvas. Ese punto teórico es el ideal al que se debería tender si se está realizando una labor correcta de mantenimiento en la empresa u organización, véase figura 9.

En principio, no existe información que de forma objetiva permita conocer el punto de corte, pero si un procedimiento de aproximación obtenida con las distintas decisiones de mantenimiento que se van tomando.

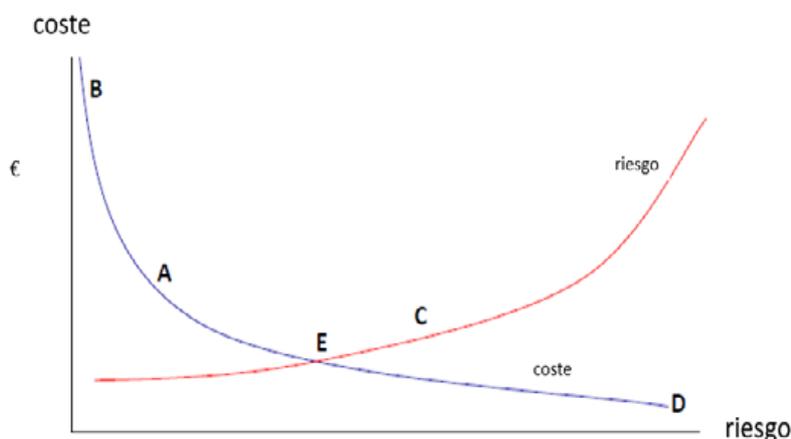


Figura 9: Gráfica del coste por riesgo

Fuente: Apuntes de la asignatura: Logística, mantenimiento y reparación. Máster en Ingeniería Naval y Oceánica.

Existen dos tipos de análisis de criticidad: cuantitativos y cualitativos. Para usar el método de análisis de **criticidad cuantitativa**, el equipo de análisis debe:

- Definir la confiabilidad / falta de fiabilidad para cada item, en un tiempo de funcionamiento dado.
- Identificar la parte de la falta de fiabilidad de los elementos que se puede atribuir a cada modo de fallo potencial.

- Calificar la probabilidad de pérdida (o severidad) que resultará de cada modo de fallo que pueda ocurrir.

Se puede calcular la criticidad cuantitativa para cada modo de fallo potencial, obteniendo el producto de los tres factores:

$$\text{NPR} = \text{Se} \times \text{Oc} \times \text{De} \quad (21)$$

Donde:

- NPR = número de prioridad de riesgo
- Se = severidad. Cómo de grave es el riesgo
- Oc = Ocurrencia. Tasa de fallo = número de fallos/tiempo
- De = Detectabilidad. Probabilidad de ser detectado el problema antes del fallo

Para usar el método de análisis de **criticidad cualitativa** para evaluar los riesgos y priorizar las acciones preventivas, predictivas y correctivas, el equipo de análisis debe:

Calificar la gravedad de los posibles efectos del fallo, teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia para cada modo de fallo potencial. Los criterios a utilizar suelen ser: impacto en pérdidas de disponibilidad u operación, impacto en seguridad, impacto en medio ambiente, coste del activo y averías repetitivas.

Como cada uno de los criterios no tiene por qué “pesar lo mismo”, se suelen ponderar.

La criticidad del ítem es la suma de todos los criterios multiplicada por su coeficiente de ponderación.

$$\text{Criticidad del ítem} = C_1 \times \text{Pond}_1 + C_2 \times \text{Pond}_2 + \dots + C_n \times \text{Pond}_n \quad (22)$$

Con esta metodología se pretende obtener los ítems que en caso de avería o fallo parcial, afectarían en mayor medida a la operativa del sistema en su conjunto, estableciendo una jerarquía de mayor a menor vulnerabilidad de los elementos en función de su nivel de criticidad. De esta forma se realizará un plan de mantenimiento acorde a las necesidades de cada instalación.

8.1 Criterios para la criticidad

Para el desarrollo de este análisis, serán evaluados los siguientes tres parámetros de criticidad que se han elegido por ser los más relevantes para estudiar los equipos y sistemas que componen el buque en estudio. En la Tabla 31 se aprecia los tres criterios elegidos. Apréciense que los criterios en cada columna tienen su ponderación.

Tabla 35: Criterios de criticidad

CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO		
VALOR	PONDERACIÓN	TOTAL	VALOR	PONDERACIÓN	TOTAL	VALOR	PONDERACIÓN	TOTAL
	0,4			0,4			0,2	

Fuente: Elaboración propia

- CR1: Indisponibilidad. Este criterio dependerá de si el fallo o avería del equipo o sistema afecta al funcionamiento y disponibilidad del buque para su explotación. Se debe tener en cuenta que aquí se engloban también aquellos equipos que deben estar en correcto estado antes de que el buque salga a navegación, aquellos equipos que la Sociedad de Clasificación considera importante en este tipo de buques, tales como, salvamento y seguridad o sistema contra-incendios.
- CR2: Seguridad. Este parámetro será de vital importancia para salvaguardar la vida de tripulación y pasajeros a bordo del buque.
- CR3: Costes activos. Reflejan el precio aproximado de las labores correctivas de reparación de los ítems.

Entre los tres parámetros de análisis de la criticidad existe un rango diferente de importancia o efecto en la criticidad, siendo CR1 y CR2 de mayor influencia que CR3 a la hora de realizar el cálculo del valor de la criticidad del ítem. Teniendo en cuenta de que se trata de un buque RO-PAX, donde la seguridad para los pasajeros es lo primordial, el criterio de seguridad e indisponibilidad son de mayor importancia que el coste de los activos. Por este motivo se aplica una ponderación de la influencia sobre la criticidad total donde CR1 y CR2 tienen una influencia del 40% (cada uno de ellos) y CR3 tienen una influencia del 20%.

A continuación, la Tabla 36 muestra los valores que se les ha asignado, en función de la importancia subjetiva a cada equipo o sistema:

Tabla 36: Criterios de Criticidad

	INDISPONIBILIDAD C1: 40%	SEGURIDAD C2: 40%	COSTES ACTIVOS (€) C3: 20%
5	Indisponibilidad del buque por un tiempo superior a 60 días.	El fallo de determinados equipos o sistemas puede provocar la pérdida del buque; y provocar daños para la tripulación o pasaje.	>100000
4	Indisponibilidad del buque por un tiempo comprendido entre 30 y 60 días	El fallo de determinados equipos o sistemas afecta gravemente a la seguridad del buque y navegación; y supone un riesgo para la tripulación o pasaje.	75000 < c.a ≤ 100000
3	Indisponibilidad del buque por un tiempo inferior a 30 días.	El fallo de determinados equipos o sistemas afecta gravemente a la seguridad del buque; pero no supone un riesgo para la tripulación ni pasaje.	50000 < c.a ≤ 75000
2	La indisponibilidad del equipo o sistema afecta al confort del pasajero.	El fallo de determinados equipos o sistemas afecta a la seguridad del buque; pero no supone un riesgo para la tripulación ni pasaje.	10000 < c.a ≤ 50000
1	La indisponibilidad de un equipo o sistema no impide la navegación del buque.	El fallo de determinados equipos o sistemas afecta levemente a la seguridad del buque; pero no supone un riesgo para la tripulación ni pasaje.	0 < c.a ≤ 10000
0	No afecta a la disponibilidad de los diferentes sistemas y equipos que comprenden el buque	No supone ningún riesgo para el buque ni para la navegación	0

Fuente: Elaboración propia

En el estudio de criticidad se ha analizado la criticidad de los ítems anteriormente expuestos, obteniendo un valor de criticidad englobado en un rango del 0 al 5. Dentro de este rango se consideran ítems de criticidad alta a aquellos que hayan obtenido una puntuación que esté comprendida entre el 3,4 y el 5, de criticidad media a aquellos que hayan obtenido una puntuación que esté comprendida entre el 3,3 y el 1,7, de criticidad baja a aquellos que hayan obtenido una puntuación que esté comprendida entre el 0 y el 1,6. Se debe tener en cuenta, que

esta clasificación es subjetiva. Se ha realizado con el objetivo, de agrupar y concentrar, los numerosos equipos y máquinas del buque facilitando así su estudio. De esta forma, se descartan un mayor número de equipos de criticidad baja y se concentran los equipos de criticidad alta.

Tabla 37: Rango de criticidades

3,4 a 5	Criticidad alta
1,7 a 3,3	Criticidad media
0 a 1,6	Criticidad baja

Fuente: Elaboración propia

En el ANEXO I se encuentran las tablas que reflejan la puntuación obtenida para cada uno de los equipos y sistemas que engloban el análisis.

Con los resultados del análisis para cada ítem, se procede a la ordenación de mayor a menor criticidad, con el fin de poder agrupar todos los ítems en los tres niveles de criticidad (alta, media y baja). En este apartado se reflejará los ítems de mayor importancia, véase Tabla 38.

En el ANEXO I se encontrará la ordenación de mayor a menor de todos los ítems.

Tabla 38: Equipos clasificados con criticidad alta ordenados en orden descendente

Motores principales	5
Casco	4,98
Pique de proa	4,96
Pique de popa	4,96
Roda	4,96
Codaste	4,96
Doble fondo	4,94
Diésel- generador	4,9
Generadores de cola (PTOs)	4,9
Generador de emergencia	4,86
Timón	4,84
Propulsores	4,82
Servomotores	4,78
Hélices transversales	4,72
Eje intermedio	4,62
Eje de cola	4,6
Reductora	4,58
Chumacera de empuje	4,58
Bocina	4,56
Bombas CI	4,42
Bombas	4,42
Tanque de compensación	4,4
Arbotantes	4,4
Sistema fijo conraincendios de gas	4,4
Sistema fijo conraincendios de agua	4,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Equipos clasificados con criticidad alta ordenados en orden descendente

Mamparos	4,38
Bomba CI de emergencia	4,38
Bombas independientes	4,38
Mamparos contra incendios	4,36
Equipo extintor portátil lanzaespuma	4,36
Tomas de mar	4,28
Colector principal	4,28
Bocas contra incendios	4,28
Nebulizadores	4,2
Cuadernas	4,16
Bulárcamas	4,16
Rociadores	4,16
Sensores térmicos y de humo	4,12
Alarma contra incendios	4,08
Detectores de humo	4,08
Tanque presurizado de agua dulce	4,08
Rociadores de accionamiento manual	4,08
Varengas	4,04
Puntales	4,02
Botes salvavidas	4
Botes de rescate	4
Balsas salvavidas	4
Tanque presurizado	4
Cohetes lanza bengalas	3,8
Aros salvavidas	3,8
Chalecos salvavidas	3,8
Trajes de inmersión	3,8
Generador de señales de la frecuencia radiotelefónica de socorro	3,72
Ancla	3,7
Sistema de indicación de revoluciones de las hélices de maniobra	3,66
Indicador del ángulo girado por los timones	3,66
Bombas de trasiego de HFO	3,64
Tanques de sedimentación de HFO	3,6
Cadenas	3,6
Panel de control	3,58
Panel de alarmas	3,58
Radar de movimiento meteorológica	3,58
Indicador electrónico de ángulo de giro del timón	3,58
Tanques de servicio diario de HFO	3,56
Sistema de indicación de revoluciones y posición de las palas de la hélice de popa	3,54
Bombas de trasiego de MDF	3,52
Radio-telefonos VHF	3,52
Tanques de almacén de HFO	3,52
Caja de cadenas	3,52
Sistema de navegación por satélite GPS	3,5
Sonda acústica con repetidor digital	3,5
Radar de movimiento real	3,5
Unidad separadora de combustible	3,48
Tanque de lodos	3,48
Tanque de reboses de HFO	3,48
Tanque de servicio de MDF	3,48
Tanque de almacén de MDF	3,48
Válvula de control de presión	3,48
Pozos de sentinas	3,46
Bombas de sentinas	3,46
Separador de sentinas	3,46
Bombas de alimentación	3,44
Tanque de desaireación presurizado	3,44
Bombas de circulación	3,44
Válvula de control para los intercambiadores	3,44
Válvula termostática	3,44
Bombas de achique	3,44
Motor hidráulico	3,4
Bombas hidráulicas	3,4

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar de la tabla 38 los sistemas y equipos más sensibles a los factores críticos elegidos son:

- En primer lugar, los motores principales, dado que su fallo provoca la indisponibilidad total del buque además de poner en riesgo la tripulación.
- En segundo lugar, los elementos estructurales tales como el casco, roda o codaste que constituyen la estructura principal.
- En tercer lugar, la planta de generación eléctrica, en especial los generadores, que distribuyen la electricidad a todo el buque y permite llevar un control general de maniobrabilidad del buque.
- En cuarto lugar, el sistema de gobierno, sin el cual se pone en peligro la maniobrabilidad del buque, pudiendo provocar accidentes.
- El resto de elementos se conforman por el sistema contra-incendios y salvamento, de gran importancia desde el punto de la indisponibilidad (si no se encuentran en las condiciones necesarias para navegación, la Sociedad de Clasificación puede impedir su navegación), y de seguridad para la tripulación.

8.2 Técnicas de mantenimiento

Partiendo del análisis de criticidad y de los resultados obtenidos se puede establecer un plan de mantenimiento para los equipos del buque. El mantenimiento elegido, por tanto, determinará las tareas a realizar sobre cada uno de los equipos del sistema.

Así, los elementos que se consideren de criticidad alta, cuyo fallo origina un gran impacto en la planta y que requieren de una mayor atención y cuidado, es necesario realizarles un mantenimiento preventivo (puede ser un mantenimiento preventivo a intervalo de tiempo fijo o predictivo). De esta forma, se reducirá al máximo la posibilidad de producirse fallos, aunque se debe tener en cuenta que reduce la probabilidad pero no la elimina, por lo que a pesar de este mantenimiento también pueden producirse averías previamente no detectadas. En este caso, se recurre a una reparación o mantenimiento correctivo que implicaría la sustitución de la pieza si así fuese necesario.

Con respecto a los elementos de criticidad media es difícil establecer el tipo de mantenimiento a aplicar y normalmente se aplican ambos mantenimientos en función de datos históricos de la máquina en concreto, en función de lo que resulte más económico o incluso dependiendo de la importancia que este sistema tenga en el eslabón de la cadena, dependerá su grado de mantenimiento. En nuestro caso se aplicarán ambos mantenimientos tanto preventivos como correctivos para evitar posibles fallos con anterioridad.

Para los elementos de criticidad baja, simplemente se aplicará un mantenimiento correctivo que conllevará a la sustitución de piezas cuando estén obsoletas.

De esta forma, en función del nivel de criticidad, las tipologías de mantenimientos realizados, se pueden resumir en:

- Criticidad alta: Mantenimiento preventivo (mantenimiento preventivo a intervalo de tiempo fijo o predictivo) y correctivo.
- Criticidad media: Mantenimiento preventivo (mantenimiento preventivo a intervalo de tiempo fijo o predictivo) y correctivo.
- Criticidad baja: Mantenimiento correctivo.

Se debe tener en cuenta que en el proceso de elaboración del mantenimiento de los diferentes equipos, es primordial realizar una planificación previa donde conste:

- El personal que realizará las distintas tareas de mantenimiento.
- La programación e intervalos de tiempo X en los que se realizara el mantenimiento para reducir la indisponibilidad.
- Implementar medidas predictivas que no se solapen con las medidas preventivas a intervalo de tiempo fijo.
- Programar labores de mantenimiento desde el momento del montaje para evitar fallos desde el comienzo.

Una vez finalizado cada etapa de mantenimiento se debe recoger la información necesaria del estado y fallos a los que se ha visto sometido el equipo, para con posterioridad poder analizar si el mantenimiento aplicado es el idóneo y poder realizar una programación más exhaustiva de los intervalos en los que se debe acometer el mantenimiento.

Por último, hay que añadir que los buques deben seguir y cumplir normativas recogidas en los convenios Solas y Marpol sobre seguridad marítima y contaminación, exigiendo inspecciones programadas, que forman parte y se engloban dentro del marco de mantenimiento general del buque. Esto obliga a las embarcaciones a acreditar que sus equipos, sistemas y elementos estructurales se encuentran en correctas condiciones de funcionamiento y navegabilidad, a través de documentos oficiales y certificados emitidos por las Sociedades de Clasificación. Entre estos equipos de gran importancia se encuentran los sistemas contra-incendios y de salvamento, que como se observa en las Tablas 34 y 35 de este trabajo final de master, tienen una alta criticidad debido a que un mal funcionamiento de los mismos prohíbe la navegación. Por ello es de vital importancia el mantenimiento en los buques.

Dentro de este mantenimiento global, con respecto al mantenimiento predictivo es importante la realización de inspecciones que permitan saber el estado de la máquina con continuidad. Algunas de estas inspecciones engloban:

- **Inspección visual:** consiste en ver el estado de la máquina a simple vista. Requiere de un conocimiento del estado normal de la máquina y de las posibles anomalías que se pueden detectar a simple vista. Para ello el inspector debe tener un amplio conocimiento previo de la máquina.
- **Termografía infrarroja:** la termografía es una técnica que permite captar la radiación infrarroja del sistema en estudio sin necesidad de contacto físico. Para ello se hace uso de cámaras termográficas que permiten detectar la temperatura de los equipos y detectar posibles fugas, reducción de aislamiento, sedimentación en una tubería, etc.
- **Impulsos de choques:** Son aparatos que permiten una medición eléctrica de las vibraciones de alta frecuencia que engendra cualquier rodamiento averiado o desgastado en los que los componentes dan lugar a choques, eliminando otras señales emitidas por la máquina.
- **Medición de vibraciones:** El análisis de vibraciones, permite diagnosticar el estado de las máquinas y sus componentes mientras funcionan normalmente dentro de una planta de producción, es una de las tecnologías más utilizadas en el mantenimiento predictivo de las máquinas rotativas.

Con el desarrollo de esta tecnología, se consiguen equipos analizadores de vibración y paquetes informáticos que agilizan y facilitan el análisis de vibraciones, porque entregan al usuario las gráficas de las señales de las vibraciones ya sea en el dominio del tiempo o en la frecuencia para que se pueda realizar su interpretación y emitir un diagnóstico acertado.

Todas las máquinas generan vibraciones como parte normal de la actividad, sin embargo, cuando falla alguno de sus componentes, las características de estas vibraciones cambian, permitiendo bajo un estudio detallado identificar el lugar y el tipo de fallo que se está presentando, su rápida reparación y mantenimiento.

El análisis de vibraciones está basado en la interpretación de las señales de vibración tomando como referencia los niveles de tolerancia indicados por el fabricante o por las normas técnicas.

Los fallos que se pueden detectar en las máquinas por medio de sus vibraciones son las siguientes:

- Desbalanceo
- Desalineamiento
- Defecto de rodamientos
- Ejes torcidos
- Desajuste mecánico

- Defecto de transmisiones por correa
- Defectos de engranajes
- Problemas eléctricos
- **Ensayo de líquidos penetrantes:** La inspección por líquidos penetrantes es un tipo de ensayo no destructivo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados. Detectando imperfecciones y defectos no perceptibles mediante la inspección visual.
- **Análisis del aceite lubricante:** conocer y analizar el estado de los aceites lubricantes que se utilizan es importante para el conocimiento desde el punto de vista del propio aceite, saber si existe o no presencia de metales que puedan dañar la maquinaria, presencia de agua, combustible u otros líquidos. Un conocimiento general de los aditivos de los que se compone, ayuda a determinar si el aceite cumple satisfactoriamente la función requerida.
- **Análisis del agua de refrigeración:** El análisis del agua de refrigeración se realiza mediante el uso de un refractómetro que detecta el tanto por ciento por volumen de anticongelante que contiene y su punto de congelación. Esto es importante desde el punto de vista de refrigeración de la maquinaria, impidiendo así su sobrecalentamiento y mal funcionamiento, incluso posibles incendios por las altas temperaturas, unidas a la fricción de las partes.

8.3 Tareas de mantenimiento

Para poder mantener en condiciones de funcionamiento todos los equipos de la instalación, es necesario, no solo realizar un mantenimiento predictivo, sino también realizarles una serie de tareas a intervalos de tiempo fijo. Algunas de estas tareas son: pruebas de presión, limpieza, tratamiento anti-corrosivos, etc. Como se observa en la Tabla que contiene el listado de equipos del buque analizado, este consta en torno a unos 500 equipos. Este trabajo final de máster, se concentrará en torno al mantenimiento realizado en planta propulsora y en la planta de generación eléctrica, concretamente, en los generadores diésel. Además, se tendrá en cuenta las inspecciones periódicas obligatorias por parte de las sociedades de clasificación y el mantenimiento e inspecciones que se realizan en estos intervalos de tiempo.

En primer lugar, se reflejará el mantenimiento preventivo a intervalo de tiempo fijo a la Planta Propulsora, que consta de los siguientes elementos, véase Tabla 40:

Tabla 40: Equipos que constituye la Planta Propulsora

Planta propulsora
Motores principales
Bloque motor
Cigüeñal
Bielas
Cojinetes
Camisas
Pistones
Aros antidesgaste
Culata
Turboalimentación y enfriamiento del aire
Equipo de inyección de combustible
Sistema de aceite lubricante
Sistema de agua de refrigeración
Conductos de escape
Sistema de automatización
Eje de cola
Eje intermedio
Reductora
Chumacera de empuje
Bocina
Tanque de compensación
Arbotantes

Fuente: Elaboración propia

Los elementos del listado destacados con diferente color son aquellos elementos que forman parte de los motores principales. De esta forma la distribución que tiene el buque en la planta propulsora es la siguiente:

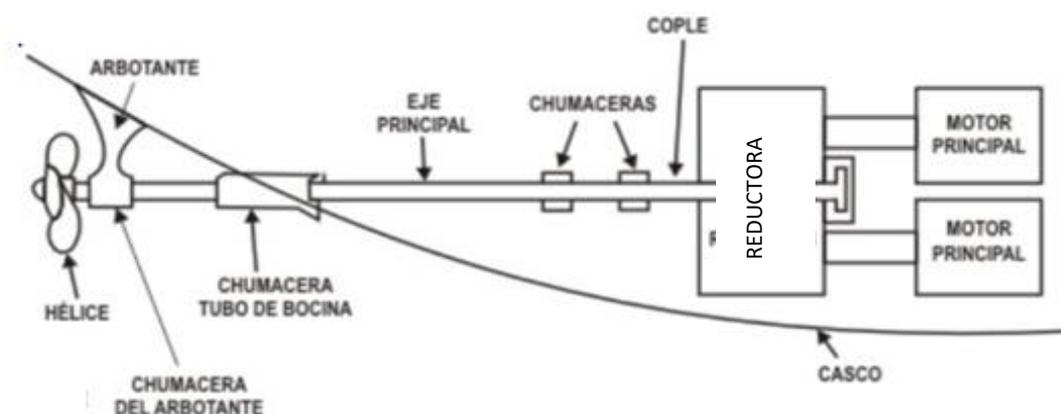


Figura 10: Distribución de la planta propulsora

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las exigencias de cada uno de los equipos que forman parte de la planta propulsora, se procede a realizar un mantenimiento preventivo, de todos y cada uno de ellos:

Tabla 41: Mantenimiento preventivo de la planta propulsora

ELEMENTO	Tarea de mantenimiento	Frecuencia
MOTOR		
Sistema de refrigeración	Comprobación nivel de refrigerante	Diariamente
	Rellenado de líquido refrigerante	Diariamente
	Comprobación correa de la bomba de refrigeración	Diariamente
	Inspección de mangueras y abrazaderas	Cada 250 h
	Análisis de líquido refrigerante	cada 1200 h
	Limpieza del intercambiador de calor	Cada 1200 h
	Sustitución de retenes del eje de la bomba del agua	Cada 1200 h
	Sustitución de la correa de accionamiento de la bomba	Cada 2000h
	Sustitución rotor de la bomba de refrigeración	Cada 2000h
	Inspección y limpieza de la válvula termostática	Anual
	Sustitución líquido refrigerante	anual
	Sustitución del termostato del agua de refrigeración	Cada 10000 h
	Desmontaje, inspección, limpieza y reacondicionamiento	Cada 10000 h
	Cambiar el filtro de agua	Cada 250 horas
	Cambiar el líquido anticongelante de refrigeración	Bianual
	Comprobar los orificios de alivio de las bombas de refrigerante	cada 1200 h
	Comprobar externamente si hay suciedad en los elementos refrigerantes	Diariamente
	Limpiar al área de aire de enfriamiento	250 horas
	Inspección visual del Impulsor de la bomba de agua	500 horas
	Cambiar el impulsor de la bomba de agua	Bianual
Sistema de combustible	Inspección tanque combustible	Cada 250 h
	Inspección visual del combustibles	Diariamente
	comprobar nivel de combustible	Diariamente
	Sistema de purga de combustible (quitar aire)	Diariamente
	Drenar el agua y los contaminantes del filtro de combustible	1200 h
	Sustitución de los filtros de combustible	Cada 250 h
	Comprobar los orificios de drenaje de la bomba de combustible	Bianual
	Limpieza de rejilla de la bomba de cebado	Cada 250 h
	Inspección de bujías	Diariamente
	Comprobación de la sincronización de inyección	Cada 1200 h
	Inspección de las boquillas de inyección	Anual
	Sustitución de inyectores	Bianual
	Desmontaje, inspección y limpieza regulador de presión de inyección del combustible	Cada 10000 h
	Desmontaje y limpieza de la válvula	Cada 250 h
	Comprobar la presión de compresión de cada cilindro	1200 h
	Sistema de admisión de aire	Limpieza de filtro de aire
Sustitución del filtro de aire		Cada 1200 h
Inspección, limpieza y engrase de válvula de admisión aire		Cada 1200 h
Comprobación nivel aceite lubricante		Diariamente
Sistema de lubricación	Sustitución aceite lubricante	Cada 250 h
	Sustitución filtro de aceite lubricante	Cada 250 h
	Análisis de estado del aceite lubricante	Cada 500 h
	Desmontaje, inspección, limpieza y reacondicionamiento de la bomba de aceite lubricante	Cada 10000 h
	Comprobación de aislantes	Anual
Sistema de exhaustación	Limpieza colector de escape	Cada 1200 h
	Desmontaje, inspección y limpieza de los componentes	Cada 10000 h
	Sustitución de tuberías y juntas del sistema de escape	Cada 10000 h
	Fijación de tornillos, apretar	500 horas
Motor en general	Inspección visual de las Válvulas	500 horas
	Inspección en busca de gases de exhaustación, ruido y vibraciones	Diariamente
	Presión de compresión	10000 h
	Inspeccionar visualmente el motor en busca de fugas y estado general	diariamente
	Comprobar el estado de la correa de transmisión	500 horas
	Realizar la inspección endoscópica de las cámaras de combustión	10000 h
	Respirador del carter: sustituir el filtro o el elemento filtrante	250 horas
	Comprobar la holgura de las válvulas	Diariamente
	Comprobar zona de aspiración del aire de combustión y de refrigeración	250 horas
	Limpiar la rejilla de escape	250 horas

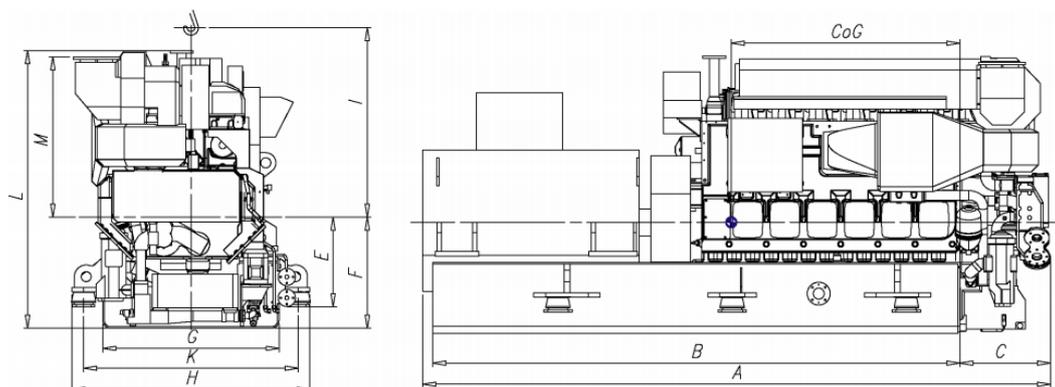
Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Mantenimiento preventivo de la planta propulsora

ELEMENTO	Tarea de mantenimiento	Frecuencia
Ejes	Desmontaje e inspección mediante líquidos penetrantes	Cada 4 años
	Revisión del eje de la hélice y par de apriete del tornillo de posicionamiento	250 h
Chumaceras de empuje	Inspección	250 h
	Engrase	500 h
Bocinas seco	Inspección	250 h
	Engrase	Bianual
Reductora	Inspección	250 h
	Sustitución de aceite de lubricación	250 h
Hélices	Inspección	Anual
	Pintado	Bianual

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para el mantenimiento preventivo de la planta eléctrica, se debe considerar la necesidad básica de realizar un mantenimiento que permita tener la máxima productividad de la maquinaria y la máxima disponibilidad de suministro eléctrico a bordo. El esquema que presenta los generadores diésel que tiene instalados el buque está representado en la Figura 11:


Figura 11: Generador diésel

Fuente: Manual Diésel Generador 1140W6L20

Teniendo en cuenta todos los elementos que conforman el diésel-generator y que hacen posible la transformación de energía mecánica en energía eléctrica, se realiza el mantenimiento reflejado en la Tabla 39:

Tabla 43: Mantenimiento preventivo del diésel-generador

ELEMENTO	Tarea de mantenimiento	Frecuencia
GENERADOR DIESEL		
Motor	Comprobar los soportes del motor	500 h
	Comprobar que no hay fugas de combustible, aceite y refrigerante del motor	Diariamente
	Comprobar las palas del ventilador del motor y la tensión de la correa del ventilador	250 horas
	Limpie el motor y el alternador con aire a presión.	1000 h
	Comprobar las holguras de la válvula.	1000 h
Sistema de lubricación	Comprobar los ajustes del inyector.	1000 h
	Comprobar el nivel de aceite	Diariamente
	Cambiar el aceite del motor	500 h
	reemplazar los elementos del filtro de combustible	500 h
Sistema de combustible	Comprobar el sistema de recirculación de vapor de aceite	Diariamente
	Comprobar el nivel de combustible	Diariamente
	Revisar el filtro de combustible	Diariamente
	Comprobar si hay fugas en las mangueras de succión y retorno de combustible, si es necesario, apriete las abrazaderas.	250 horas
	Cambie el filtro de combustible y drene el combustible contaminado y el agua acumulada en el fondo del tanque de combustible.	500 h
Sistema de refrigeración	Comprobar el nivel de refrigerante	Diariamente
	Comprobar si hay fugas en las mangueras del sistema de refrigeración, si es necesario, apriete las abrazaderas.	250 horas
Sistema de exhaustación	Comprobar la bomba de agua	1000 h
	Comprobar si hay fugas en el sistema de escape.	250 horas
Sistema eléctrico	Medir y registrar lecturas de resistencia de bobinados con medidor de aislamiento	Anualmente
	Estado de las fijaciones del cableado del generador	Cada 1000 h
Motor eléctrico de alta tensión	Desamblado del motor	Anualmente
	Limpiado y horneado del devanado	1000 h
	Sustitución de rodamientos	2000 h
	Prueba de resistencia de aislante y continuidad	1000 h
	Barnizado del devanado	2000 h
	Ensamble y pintura	Anual
	Comprobar conexiones	500 h
	Pruebas de arranque	1000 h
	Comprobar la conexión eléctrica a tierra del motor	500 h
	Comprobación de carga, tasa y ciclos de carga	250 horas
Baterías	Limpieza y apriete de bornes	Anual
	Sustitución de baterías	Cada 4 años
	Control y eventual ajuste de la correa del alternador	250 h
Alternador	Comprobar el alternador y el arrancador	500 horas
	Cambiar la correa del alternador	1000 h
	Comprobar el tensor automático de la correa y el desgaste de la correa	500 h
	Comprobar que la tensión de salida del alternador entre fases es de unos 400/230 V - 50 Hz.	250 h
	Comprobar que las rejillas de ventilación están abiertas y no hay ningún ruido anormal.	250 h
Caja de conexiones	Inspección	Diariamente
	Comprobación termográfica	2000 h
	Comprobación conexiones	Diariamente
	Comprobar el cableado eléctrico y las conexiones	Diariamente
Generador	Realizar una inspección visual del recorrido	Diariamente
	Termostatos de prueba	2000 h
	Comprobar las mangueras de entrada de aire, las conexiones y el sistema	500 h
	Comprobar si hay fugas de gases de escape en el generador	Diariamente
	Comprobar el apriete de los tornillos de los amortiguadores de vibraciones que conectan el generador con el chasis.	500 h
	Compruebe los cables de control y transferencia del panel de control.	250 h

Fuente: Elaboración propia

8.4 Gamas de mantenimiento

Una vez realizado el mantenimiento, este conjunto de tareas se pueden agrupar en gamas, es decir en una lista de tareas a realizar específicamente para cada equipo o sistema. Este listado de tareas se puede agrupar:

- Tareas que se aplican al mismo sistema: gamas de cámara de máquinas, gama de planta eléctrica,...
- Tareas que se agrupan por realizarse en un intervalo de tiempo X: gamas diarias, semanales, mensuales, etc.
- Tareas que se realizan por el mismo personal, de esta forma se obtiene gamas mecánicas, eléctricas,...

En este estudio en cuestión se realiza una agrupación por gamas temporales tanto para la planta propulsora como para los grupos diésel-generadores.

8.4.1 Gama de mantenimiento de la planta propulsora

Tabla 44: Mantenimiento diario de la planta propulsora

GAMA DIARIA	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Sistema de refrigeración	Comprobación nivel de refrigerante
	Rellenado de líquido refrigerante
	Comprobación correa de la bomba de refrigeración
	Comprobar externamente si hay suciedad en los elementos
Sistema de combustible	Inspección visual del combustibles
	comprobar nivel de combustible
	Sistema de purga de combustible (quitar aire)
	Inspección de bujías
Sistema de lubricación	Comprobación nivel aceite lubricante
Motor en general	Inspección en busca de gases de exhaustación, ruido y vibraciones
	Inspeccionar visualmente el motor en busca de fugas y estado
	Comprobar la holgura de la válvula

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Mantenimiento cada 250h en la planta propulsora

GAMA 250 horas	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Sistema de refrigeración	Inspección de mangueras y abrazaderas
	Cambiar el Filtro de agua
	Limpiar al área de aire de enfriamiento
Sistema de combustible	Inspección tanque combustible
	Sustitución de los filtros de combustible
	Limpieza de rejilla de la bomba de cebado
	Desmontaje y limpieza de la válvula
Sistema de admisión de aire	Limpieza de filtro de aire
Sistema de lubricación	Sustitución aceite lubricante
	Sustitución filtro de aceite lubricante
Motor en general	Respirador del carter: sustituir el filtro o el elemento filtrante
	Comprobar zona de aspiración del aire de combustión y de
	Limpiar la rejilla de escape
Ejes	Revisión del eje de la hélice y par de apriete del tornillo de posicionamiento
Chumaceras de empuje	Inspección
Bocina	Inspección
Reductora	Inspección
	Sustitución de aceite de lubricación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Mantenimiento cada 500h en la planta propulsora

GAMA 500 horas	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Sistema de refrigeración	Inspección visual del Impulsor de la bomba de agua
Sistema de lubricación	Análisis de estado del aceite lubricante
Motor en general	Fijación de tornillos, apretar
	Inspección visual de las Válvulas
	Comprobar el estado de la correa de transmisión
Chumaceras de empuje	Engrase

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Mantenimiento cada 1200/2000h en la planta propulsora

GAMA 1200 horas	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Sistema de refrigeración	Análisis de líquido refrigerante
	Limpieza del intercambiador de calor
	Sustitución de retenes del eje de la bomba del agua
	Comprobar los orificios de alivio de las bombas de refrigerante
Sistema de combustible	Drenar el agua y los contaminantes del filtro de combustible
	Comprobación de la sincronización de inyección
	Comprobar la presión de compresión de cada cilindro
Sistema de admisión de aire	Sustitución del filtro de aire
	Inspección, limpieza y engrase de válvula de admisión aire
Sistema de exhaustación	Limpieza colector de escape

GAMA 2000 horas	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Sistema de refrigeración	Sustitución de la correa de accionamiento de la bomba
	Sustitución rotor de la bomba de refrigeración

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Mantenimiento anual y cada 10000h en la planta propulsora

GAMA Anual	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Sistema de refrigeración	Inspección y limpieza de la válvula termostática
	Sustitución líquido refrigerante
Sistema de combustible	Inspección de las boquillas de inyección
Sistema de exhaustación	Comprobación de aislantes
Hélices	Inspección

GAMA 10000 horas	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Sistema de refrigeración	Sustitución del termostato del agua de refrigeración
	Desmontaje, inspección, limpieza y reacondicionamiento
Sistema de combustible	Desmontaje, inspección y limpieza regulador de presión de inyección del combustible
	Desmontaje, inspección, limpieza y reacondicionamiento de la bomba de aceite lubricante
Sistema de exhaustación	Desmontaje, inspección y limpieza de los componentes
	Sustitución de tuberías y juntas del sistema de escape
Motor en general	Presión de compresión
	Realizar la inspección endoscópica de las cámaras de combustión

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: Mantenimiento bianual y cada 4 años de la planta propulsora

GAMA Bianual	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Sistema de refrigeración	Cambiar el líquido anticongelante de refrigeración
	Cambiar el impulsor de la bomba de agua
Sistema de combustible	Comprobar los orificios de drenaje de la bomba de combustible
	Sustitución de inyectores
Bocina	Engrase
Hélices	Pintado

GAMA Cada 4 años	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Ejes	Desmontaje e inspección mediante líquidos penetrantes

Fuente: Elaboración propia

8.4.2 Gama de mantenimiento del grupo diésel-generator

Tabla 50: Mantenimiento diario del grupo diésel-generator

GAMA DIARIA	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Sistema de lubricación	Comprobar el nivel de aceite
Sistema de combustible	Comprobar el nivel de combustible
	Revisar el filtro de combustible
Sistema de refrigeración	Comprobar el nivel de refrigerante
Caja de conexiones	Inspección
	Comprobación conexiones
	Comprobar el cableado eléctrico y las conexiones
Generador	Realizar una inspección visual del recorrido
	Comprobar si hay fugas de gases de escape en el generador
Motor	Comprobar que no hay fugas de combustible, aceite y refrigerante del motor
Sistema de lubricación	Comprobar el sistema de recirculación de vapor de agua

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Mantenimiento cada 250h del grupo diésel-generator

GAMA 250 h	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Motor	Comprobar las palas del ventilador del motor y la tensión de la correa del motor
Sistema de combustible	Comprobar si hay fugas en las mangueras de succión y retorno de combustible, si es necesario, apriete las abrazaderas.
Sistema de refrigeración	Comprobar si hay fugas en las mangueras del sistema de refrigeración, si es necesario, apriete las abrazaderas.
Sistema de exhaustación	Comprobar si hay fugas en el sistema de escape de gases de escape.
Baterías	Comprobación de carga, tasa y ciclos de carga
Alternador	Control y eventual ajuste de la correa del alternador
	Comprobar que la tensión de salida del alternador entre fases es de unos 400/230 V
	Comprobar que las rejillas de ventilación están abiertas y no hay ningún ruido
Generador	Compruebe los cables de control y transferencia del panel de control.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Mantenimiento cada 500h del grupo diésel-generador

GAMA 500 h	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Motor	Comprobar los soportes del motor
Sistema de lubricación	Cambiar el aceite del motor
	Reemplazar los elementos del filtro de combusti
Sistema de combustible	Cambie el filtro de combustible y drene el combustible contaminado y el agua acumulada en el fondo del tanque de
Motor eléctrico de alta tensión	Comprobar conexiones
	Comprobar la conexión eléctrica a tierra del mo
Alternador	Comprobar el alternador y el arrancador
	Comprobar el tensor automático de la correa y el desgaste de la correa
Generador	Comprobar las mangueras de entrada de aire, las conexiones y el sistema
	Comprobar el apriete de los tornillos de los amortiguadores de vibraciones que

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: Mantenimiento cada 1000h del grupo diésel-generador

GAMA 1000 h	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Motor	Comprobar el motor y el alternador con aire a presi
	Comprobar las holguras de la válvula.
	Comprobar los ajustes del inyector.
Sistema de refrigeración	Comprobar la bomba de agua
Motor eléctrico de alta tensión	Limpiado y horneado del devanado
	Prueba de resistencia de aislante y continuidad
	Pruebas de arranque
Alternador	Cambiar la correa del alternador
Sistema eléctrico	Comprobar el estado de las fijaciones del cableado del genera

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: Mantenimiento cada 2000h del grupo diésel-generador

GAMA 2000 h	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Motor eléctrico de alta tensión	Sustitución de rodamientos
	Barnizado del devanado
Generador	Termostatos de prueba
Caja de conexiones	Comprobación termográfica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: Mantenimiento anual del grupo diésel-generador

GAMA Anual	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Sistema eléctrico	Medir y registrar lecturas de resistencia de bobinados con medidor de aislamiento
Motor eléctrico de alta tensión	Desamblado del motor
	Ensamble y pintura
Baterías	Limpieza y apriete de bornes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Mantenimiento cada cuatro años del grupo diésel-generador

GAMA cada 4 años	
SISTEMA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
Baterías	Sustitución de baterías

Fuente: Elaboración propia

8.5 Inspecciones reglamentarias

Las Sociedades de Clasificación son entidades que dictan requerimientos técnicos para la construcción y mantenimiento de los buques.

El propósito de una sociedad de clasificación es proporcionar servicios de clasificación y estatutarios y la asistencia a la industria marítima y los organismos reguladores en materia de seguridad marítima y prevención de la contaminación, basado en la acumulación de conocimientos y tecnología marítima.

El objetivo de la clasificación de buques es:

- Verificar la Resistencia estructural y la integridad de partes esenciales del casco y sus apéndices.
- La fiabilidad y la función de los sistemas de propulsión y gobierno, así como, la generación de energía y aquellas otras características.
- El correcto funcionamiento de los sistemas auxiliares que se han construido en el buque con el fin de mantener los servicios esenciales a bordo.

De esta forma, las Sociedades de Clasificación aseguran un nivel de estabilidad y seguridad marítima y ambiental. Además, los Estados de abanderamiento requieren que, los artefactos o estructuras flotantes que naveguen bajo su bandera, cumplan unos estándares. Por ello, ciertas Sociedades de Clasificación pueden estar autorizadas para inspeccionar buques y otras estructuras marinas, y emitir certificados en nombre del estado, en cuya bandera estén registrados los buques.

Un buque que ha sido diseñado y construido con las reglas apropiadas de una sociedad puede obtener un certificado de clasificación de esa sociedad. Sin embargo, un certificado de este tipo no implica, y no debe ser interpretado como, una garantía de la seguridad de la vida o los bienes en el mar o la navegabilidad de un buque, debido a que las Sociedades de Clasificación no tienen control sobre cómo está tripulado un buque, operado y mantenido entre las inspecciones periódicas que lleva a cabo. Es solamente una certificación de que el buque se encuentre en el cumplimiento de las reglas que se han desarrollado y publicado por la Sociedad a la hora de emitir el certificado de clasificación.

Las sociedades de Clasificación fueron, por tanto, el resultado de la necesidad de establecer una base, para asumir distintos riesgos en relación al buque o su carga. Este concepto de clasificación se extendió poco a poco a otros países y mercados de seguros, creándose distintas sociedades de clasificación durante el siglo XIX: *Bureau Veritas* (BV) en 1828, *Lloyd's Register* (LR) en 1760, *Registro Italiano Naval* (RINA) en 1861, *American Bureau of Shipping* (ABS) en 1862, *Det Norske Veritas* (DNV GL) en 1864, y *Nippon Kaiji Kyokai* (NKK) en 1899. Más recientes fundaciones han sido: *Polish Register of Shipping* (PRS) en 1936; *Croatian Register of Shipping* (CRS) en 1949; *China Classification Society* (CCS) en 1956; *Korean Register of Shipping* (KR) en 1960; y *Indian Register of Shipping* (IRS) de 1975, *Russian Maritime Register of Shipping* (RS) en 1913.

8.5.1 Definición de inspección

Una inspección es un examen visual, realizado por las SSCC de acuerdo a su reglamentación para buques en servicio ó después de construcción que consiste básicamente en:

- Inspección general visual (GVI): examen general de los elementos indicados en las Normas para la inspección.
- Inspección detallada (**close-up survey** o también **more detailed inspection** dependiendo de los elementos en discusión) de aquellos elementos necesarios según la reglamentación a aplicar y generalmente por muestreo.
- Presenciar pruebas, mediciones o ensayos si son requeridos, como por ejemplo, pruebas de carga de grúas y pescantes, mediciones de caída de eje de cola o huelgo de timón, ensayos no destructivos (partículas magnéticas, ultrasonidos) o ensayos destructivos (presenciar pruebas de ensayo de tracción para la fabricación de nuevas piezas).

8.5.2 Intervalo de inspecciones y tipos

Para que el buque pueda seguir manteniendo su clase, debe pasar periódicamente unas inspecciones tabuladas cada año y un reconocimiento de renovación a los cinco años. Para la renovación de clase se requiere:

- Cuatro inspecciones anuales
- Una inspección intermedia
- Inspección de renovación o especial
- Inspección en dique seco o submarina

Se debe tener en cuenta que las extensiones de las inspecciones anteriormente comentadas aumentan con la edad del barco. Es decir, a medida que aumenta la edad del barco las inspecciones serán más rigurosas y detalladas.

A continuación, se detallará el alcance de cada una de las inspecciones necesarias para la renovación de clase, y demás definiciones que se deben saber:

- **Periodo de certificado de clase**

El periodo del certificado de clase comienza desde la fecha de clasificación inicial o desde la fecha acreditada de la última renovación de la clase; y vence en la fecha de vencimiento asignada para el reconocimiento de renovación siguiente. Es decir, la fecha de vencimiento es el final de la ventana de tiempo para la inspección.

- **Reconocimiento reglamentario inicial**

Una inspección inicial es una inspección del diseño y la construcción de la estructura correspondiente, la maquinaria y el equipo del buque para verificar que cumple con los requisitos de la normativa aplicable. En este reconocimiento se establecerá la fecha de renovación de clase y la de las correspondientes inspecciones.

- **Inspección anual**

Las inspecciones anuales se llevarán a cabo dentro de una ventana de tres meses antes y tres meses después de cada fecha de vencimiento.

Una inspección anual, en principio, incluye una inspección general de la estructura, casco, maquinaria y el equipo pertinente del buque para confirmar que se ha mantenido de acuerdo con las regulaciones y está en condiciones satisfactorias. También se debe realizar una inspección anual interna de los tanques de lastre en el segundo ciclo de un buque (buques entre 5 y 10 años), cuando se produzca una de las siguientes condiciones durante la inspección de renovación a los cinco años:

- En el caso de que la pintura aplicada sea tipo *hard coating* (pintura de dos componentes formado por una base, más un catalizador o endurecedor, que hace más dura la pintura, más resistente en condiciones de intemperie, y a los rayos ultravioleta, y son más flexibles que los monocomponentes) y no se haya sustituido desde su primera aplicación
- En el caso de que en la primera inspección de renovación, se haya utilizado pintura *soft coating* (pintura de un solo componente menos resistente que las pinturas de dos componentes)
- La pintura de protección de los tanques, en la inspección anterior, se ha detectado que no es suficiente

- **Inspección intermedia**

Una inspección intermedia se llevará a cabo dentro de la ventana de tres meses antes de la segunda inspección anual y tres meses después de la tercera inspección anual. El reconocimiento intermedio incluye exámenes y controles de la estructura como se especifica en las Normas para verificar que el buque cumple con los requisitos de la reglamentación.

De acuerdo con el tipo y la edad del buque, es necesario durante esta inspección la varada en dique seco, así como, el examen del casco y las mediciones de espesores según lo especificado en las reglas y cuando se considere necesario por el inspector participante. La diferencia con respecto a la inspección anual, es que en la inspección intermedia es necesario la inspección interna de tanques de lastre para buques de más de cinco años, siempre y cuando, no se den algunas de las condiciones mencionadas anteriormente en la inspección anual, dado que en ese caso también se deberían inspeccionar en dichas inspecciones anuales.

- **Inspección de renovación**

La fecha de vencimiento es el día y el mes que figura en el certificado de clase que corresponde a la fecha de expiración del certificado. Normalmente a los cinco años de la primera inspección después de la fecha de clasificación inicial (Fecha aniversario).

En estas inspecciones se lleva a cabo no solo lo necesario en las inspecciones anuales e intermedias, sino también, otros requisitos adicionales que dependen del tipo y edad del buque, como:

- Medida de espesores.
- Inspección visual del casco en dique seco.
- Inspección interna y pruebas de presión hidráulica de tanques (tanques de lastre, combustible, aceite, agua dulce, etc).
- Inspecciones de bodegas y tanques de carga.
- Inspección de caja de cadenas.

- Calibración e inspección visual de cadenas y anclas.
 - Válvulas de fondo y costado.
 - Medición del huelgo de timón.
 - Etc.
-
- **Inspección de casco en dique seco o a flote (In-water Survey)**

Este tipo de inspección se produce al menos dos veces durante el ciclo de cinco años de inspecciones. La primera tiene lugar en la ventana de tiempo de la inspección intermedia y la segunda en la inspección de renovación, se debe tener en cuenta que no puede pasar más de 3 años sin producirse ninguna varada.

No obstante algunos armadores solicitan una inspección submarina del casco en vez de una inspección en dique seco. Cuando el buque dispone de la notación especial UWILD (*UnderWater In Lieu of Drydock*) esto significa que todas las inspecciones que se llevarían normalmente en dique seco pueden ser llevadas a cabo a flote. Sin embargo, esta inspección a flote está sujeta al tipo y edad del buque. Por ejemplo, los buques ESP (petroleros, quimiqueros, gaseros y graneleros) con más de quince años no pueden sustituir la inspección en dique seco por una a flote.

En las siguientes Figuras 12 y 13 se puede visualizar un ejemplo de buque en dique seco.



Figura 12: Buque encima de una cama de varada
Fuente: Inspector de ABS



Figura 13: Detalle de Carro de varada
Fuente: Inspector de ABS

- **Ventana de tiempo de inspecciones (± 3 meses, ± 9 meses, -15 meses)**

La ventana de tiempo de inspecciones (anual , intermedia y renovación) es el período en el cual puede llevarse a cabo la inspección reglamentada tanto antes como después de la fecha establecida para su inspección.

Para las cuatro inspecciones anuales las ventanas de tiempo son de ± 3 meses respecto a la fecha de inspección anual fijada. Las inspecciones intermedias tienen una ventana de tiempo de ± 9 meses, pudiéndose iniciarse 3 meses antes de la segunda inspección anual hasta 3 meses después de la tercera inspección anual. La inspección de renovación se realiza a los cinco años de la fecha de aniversario, esta puede empezarse 15 meses antes de su cumplimiento (puede comenzarse hasta 3 meses antes de la cuarta inspección anual) pero nunca puede retrasarse más allá de su fecha de renovación fijada, salvo circunstancias excepcionales² y no siendo válidas razones comerciales, puede retrasarse como máximo 3 meses después de la fecha límite fijada. En la siguiente Figura 14, se puede observar un organigrama de las ventanas de inspecciones que se deben llevar a cabo, y el espacio temporal de las mismas.

² 'circunstancias excepcionales' significa falta de disponibilidad de las instalaciones de dique seco; falta de disponibilidad de las instalaciones de reparación; falta de disponibilidad de materiales esenciales, equipos y piezas de repuesto; o retrasos ocasionados por las medidas adoptadas para evitar condiciones climáticas severas.

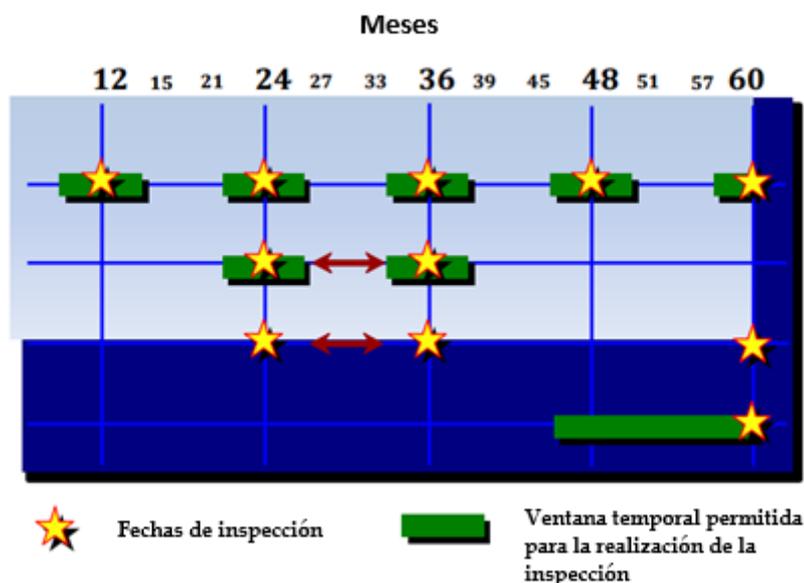


Figura 14: Ventana de tiempo de inspecciones

Fuente: Inspector de ABS

- **Inspecciones no periódicas**

Dichas inspecciones se llevan a cabo, por ejemplo:

- Para actualizar los documentos de clasificación (por ejemplo, cambio de propietario, nombre del barco, cambio de bandera).
- Hacer frente a los daños o sospecha de daño, la reparación o renovación, o alteraciones de las condiciones iniciales del buque aceptadas por la sociedad de clasificación, aplazamiento de inspecciones o recomendaciones / condiciones pendientes de la clase.
- En el momento de las inspecciones de control del Estado del puerto.

En caso de que el daño afecte o pueda afectar a la clase del buque, el propietario debe hacérselo saber a la Sociedad sin demora. Las reparaciones se realizan en este caso a la mayor brevedad posible, para ello un inspector debe asistir y conocer el alcance de los daños y determinar si es tal que el buque ya no cumple con los requisitos de la regla aplicable.

Después de la reparación, el inspector volverá a evaluar el estado del buque para determinar si se ha vuelto a una condición de clase que está en conformidad con los requisitos de la Regla aplicable.

- **Recomendaciones / Condiciones de Clase**

'Recomendación' y 'condición de la clase' son diferentes términos utilizados por las Sociedades de la IACS para la misma cosa, es decir, es una sugerencia que se hace para elementos de clasificación defectuosos o dañados que no requieren

sustitución inmediata pero necesitan ser reparados dentro de un periodo de tiempo.

- **Memorandos**

Otra información de utilidad para el inspector y propietarios puede registrarse como "Memorandos". Pueden, por ejemplo, incluir notas relativas a materiales de construcción y otros datos. Un memorándum también puede definir una condición que, si bien se aparta de la norma técnica, no afecta a la clase (por ejemplo, pequeñas muescas en el casco que no tienen un efecto sobre la resistencia global del casco o menores deficiencias, que no afectan a la seguridad de funcionamiento de la maquinaria).

A continuación, se describe detalladamente el alcance de cada inspección.

8.5.2.1 Inspecciones anuales

En cada inspección anual, las cubiertas de intemperie, las planchas del casco y sus dispositivos de cierre, junto con las aberturas estancas deben ser examinados de forma general, en la medida de lo posible. La inspección debe incluir lo siguiente:

Protección de las Escotillas de Carga

Se debe confirmar que no haya habido cambios no notificados en las tapas de escotillas, brazolas de escotilla y sus dispositivos de sujeción y sellado desde la última inspección. Las tapas de las escotillas expuestas han de ser examinadas para confirmar la integridad estructural y la capacidad de mantenerse a la intemperie (estanqueidad). Además, donde se encuentren extensas áreas de desgaste sobre las tapas de escotilla de acero, se debe llevar a cabo mediciones de espesores y las renovaciones o reparaciones necesarias donde el desgaste exceda los márgenes admisibles. Donde se observe una corrosión importante, se realiza una medición de espesores adicional.

Por otro lado, cuando se instalen tapas de escotillas de acero de accionamiento mecánico, la inspección debe cubrir las siguientes partes:

- Las tapas de escotilla; incluyendo las planchas y refuerzos, así como una inspección detallada de la chapa de la tapa de las escotillas.
- Los dispositivos de apriete de longitudinal, transversal y la unión transversal intermedia: juntas, rebordes de juntas, barras de compresión, canales de drenaje, desagües, válvulas de retención, etc.
- El contacto acero-acero entre tapa y la brazola, almohadillas de apoyo, sistemas de fijación (cornamusas)

- Dispositivos de sujeción por trincas como abrazaderas y barras retenedoras.
- Poleas
- Guías
- Carriles guía y ruedas de cierre
- Los cables, cadenas y dispositivos tensores
- Dispositivos de seguridad y dispositivos de retención

Por otra parte, se realiza un reconocimiento minucioso de la chapa de las brazolas, incluyendo la conexión con la cubierta, refuerzos, tirantes, cuñas y soportes. A su vez, cuando se encuentren extensas zonas de desgaste, se debe llevar a cabo la medida de espesores y se renovará o reparará cuando dicho desgaste haya superado los límites establecidos. Así mismo, cuando se encuentre zonas de corrosión substancial se debe llevar a cabo una medida de espesores adicionales.

Por último se producirá la comprobación aleatoria de la operación mecánica de apertura de algunas escotillas:

- estiba y sujeción en condición abierta
- ajuste y la eficacia de la estanquidad en la condición de cerrado.
- Pruebas de funcionamiento de los componentes hidráulicos y eléctricos, cables, cadenas y transmisión por eslabones.



Figura 15: Escotilla

Fuente: Inspector de ABS

Protección de otras aberturas

Se tendrán también que inspeccionar los siguientes elementos:

- Otras escotillas y registros tanto en la cubierta de francobordo como en las cubiertas de la superestructura.

- Camisas de las maquinarias, espacios de la chimenea, tragaluces, escaleras entre cubiertas.
- Ventanas y medios de fijación y unión, prestando atención a los dispositivos de seguridad y protectores de tormenta.
- Compuertas de carga tanto en proa como en popa, rampas y aberturas en los costados del buque bajo la cubierta de francobordo.
- Ventiladores. Todos los dispositivos de cierre de los conductos de ventilación en las cubiertas expuestas deben ser externamente examinados y algunos abiertos para verificar su estado interno.
- Mamparos estancos, de colisión, penetraciones en los mamparos y penetraciones y puertas que afecten a los mismos.
- Puertas estancas y dispositivos de cierre para todo lo anteriormente comentado, incluyendo refuerzos, bisagras y tapas de sellado. Además se debe confirmar el buen funcionamiento de dichas puertas y mecanismos de cierre y sellado.
- Medios necesarios para reducir al mínimo la entrada de agua a través de las gateras a las cajas de cadenas.

Compuertas y Drenaje

- Compuertas tanto de acceso como de salida en las que se incluyen elementos como: barras, bisagras...
- Confirmación de un drenado satisfactorio desde los espacios de carga situados en la cubierta de francobordo.



Figura 16: Compuerta de un buque
Fuente: Inspector de ABS

Protección de la Tripulación

- Barandillas, líneas de vida, pasarelas, y camarotes.

Información de Carga y Estabilidad

- Confirmación de las previsiones de carga y descarga, datos de estabilidad y control de daños. Los dispositivos electrónicos de carga aceptados por la Sociedad de Clasificación que complementan tanto la información del trimado como la de la estabilidad del buque, deben ser revisados. Todos los manuales de uso deben ser confirmados y verificados a bordo.

Línea de Flotación

- Confirmación de que no se han producido modificaciones en el casco o las superestructuras que afecten al cálculo de determinación de la línea de flotación.

Sistema y Equipo de Fondeo y Amarre

- Anclas, cadenas, molinete, escoben, frenos, maquinaria y dispositivos que conforman el equipo de fondeo. Deben ser examinados siempre en la medida de lo posible.
- Amarre y equipo de remolque.
- En cada molinete, siempre que sea posible, debe examinarse su comportamiento (ascenso y descenso del ancla, sistema de freno, tensión de la cadena, tránsito adecuado de la cadena por el escobén, adecuada y efectiva estiba de la cadena y ancla)

Protección Estructural contra el Fuego

- Verificar que no se han producido cambios significativos en la disposición estructural inicial de protección contra incendios. Verificar también el funcionamiento de las puertas contraincendios manuales y/o automáticas; así como, la verificación, si hubiera, de los medios de evacuación en la zona de habilitación, espacio de máquinas y otros.

Áreas con presencia de corrosión

- El casco debe ser examinado de forma general, incluyendo un reconocimiento general de las zonas con corrosión que fueron identificadas en las inspecciones anteriores.

- Se tiene que volver a medir el espesor de aquellas zonas detectadas con bastante corrosión en inspecciones previas. En la Figura 17, se muestra un ejemplo de casco que presenta corrosión.

Cuando se haya reducido el escantillonado como resultado de una fuerte corrosión, los resultados de las medidas tienen que ser evaluados en base al escantillonado antes de la reducción.



Figura 17: Imágenes de un casco con corrosión
Fuente: Inspector de ABS

Tanques de Lastre

- **Para buques de más de 5 años, será necesaria la inspección de los siguientes tanques:**
 - Tanques de lastre y tanques combinados entre carga y lastre distinto de los tanques de doble fondo, donde se han identificado, en estudios anteriores, las siguientes condiciones:
 - Una capa protectora se encuentra en mal estado.
 - Una capa de protección se ha aplicado.
 - No se ha aplicado ninguna capa de protección desde su construcción.
 - Tanques de lastre de doble fondo donde se haya encontrado una importante corrosión y cuando las siguientes condiciones hayan sido identificadas en inspecciones previas:

- Una capa protectora se encuentra en mal estado.
- Una capa de protección se ha aplicado.
- No se ha aplicado ninguna capa de protección desde su construcción.

➤ **Para buques de más de 15 años, los siguientes tanques serán también inspeccionados:**

Se inspeccionará un mínimo de 3 tanques de lastre, diferentes a los tanques de doble fondo. Estos tanques de lastre inspeccionados, deben ser aquellos que, en inspecciones previas, la capa protectora haya sido encontrada en estado no aceptable.

8.5.2.2 Inspecciones intermedias

En las inspecciones intermedias se debe llevar a cabo todas las inspecciones realizadas en una inspección anual, es decir, todas las inspecciones mencionadas en el apartado 8.5.2.1. No obstante, también se debe tener en cuenta lo siguiente:

Tanques de Lastre

En una inspección intermedia, no se requiere de pruebas de presión de los tanques de carga y de lastre, a menos que se considere necesario si así lo determina el inspector o cumpla las siguientes condiciones:

➤ **Para buques entre 5 y 10 años**

Inspección general de al menos 3 tanques de lastre elegidos por el inspector. Cuando exista una capa protectora en mal estado, cuando una capa blanda protectora haya sido aplicada o cuando no se haya aplicado ninguna capa protectora desde su construcción, la inspección se extenderá a otros tanques de lastre del mismo tipo.

➤ **Para buques mayores de 10 años**

Se debe llevar a cabo la inspección general de todos los tanques de lastre.

Si las inspecciones comentadas anteriormente no revelan ningún daño estructural, la inspección puede limitarse a la verificación del buen estado de los sistemas de prevención de la corrosión.

En los tanques de lastre y combinados de tanques de lastre/carga, diferentes de los tanques de doble fondo, donde la fuerte capa protectora se encuentre en malas condiciones y los armadores o representantes de los mismos decidan no repararla, donde una semi-intensa capa haya sido aplicada o cuando no se haya aplicado una fuerte capa protectora desde la construcción, los tanques en cuestión, tienen que ser internamente examinados en cada una de las inspecciones anuales que se den de ahí en adelante. Las mediciones de espesores serán llevadas a cabo si el inspector así lo considera.

En los tanques del doble fondo ocurre exactamente lo mismo.

Medidas de Espesores

Cuando se encuentren amplias zonas de desgaste en el casco del buque, se deben realizar medidas de espesores y si la medida del desgaste supera los márgenes permitidos, se tienen que renovar las zonas afectadas.

8.5.2.3 De Renovación o especiales

En adición a los requisitos de las inspecciones anuales, la inspección de renovación incluye las suficientes inspecciones, ensayos y comprobaciones llevadas a cabo por los inspectores para asegurarse de que el casco, el equipo y los sistemas estén en correcto estado y cumplan con su funcionalidad durante el periodo de cinco años.

Por lo tanto, la inspección de renovación incluye lo siguiente:

Inspección de Varada en Seco

El buque debe ser varado en una zona seca y adaptada a sus condiciones estructurales. Así mismo, se debe de cumplir unos requerimientos de inspección que será comentado en el apartado **de Varada en Seco**.

Timón

El timón debe ser examinado, así como, las partes que lo conforman, y si fuese necesario se procedería a su retirada. Durante su inspección se debe verificar lo siguiente:

- La existencia de grietas en el timón o soporte del timón en zonas de transición.
- Caída del timón
- La existencia de grietas o poros en el timón que afecta a su funcionamiento

- Examen de los pernos de la mecha
- Estado del casquillo/s:
 - a) Flojedad
 - b) Rotura
 - c) Levantamiento o caída
 - d) Perdida de seguridades.
- Huelgo de mecha y el pinzote. Los huelgos excesivos son potencialmente más peligrosos en caso de timones suspendidos (grietas en la mecha). Habrá que verificar el tiempo transcurrido desde la última renovación de casquillos.
- Seguridades de tuerca y pinzote.

En la Figura 18 se puede observar un timón suspendido.



Figura 18: Timón de un buque

Fuente: Inspector de ABS

Se debe tener en cuenta una serie de elementos para poder prevenir las averías de timones:

- **Alineación:** Este es uno de los puntos más importantes para la prevención de averías en los timones. Siempre que se encuentren huelgos elevados u ovalizaciones grandes producidas en poco tiempo, habrá que pensar en fallos de alineación.

- **Interferencia y seguridad de casquillos:** Durante la colocación de casquillos en el timón, se debe tener en cuenta las tolerancias geométricas y el estado superficial de los mismos. Una mala colocación inicial de los casquillos en el timón, puede llegar a producir: presencia de huelgos y, por tanto, desgastes excesivos por interferencias con el timón. Esto produce una falta de seguridad en el timón, cuya reparación consiste mayormente en la sustitución de los casquillos con la interferencia adecuada.
- **Huelgos iniciales adecuados según el tipo de material:** Esto es especialmente importante en el caso de casquillos sintéticos en los que habrá que tener en cuenta las recomendaciones del fabricante. En caso de avería de este tipo sería necesario la sustitución de casquillos.
- **Ajuste de pinzotes y mechas, y verificación de estanqueidad:** En el caso de falta de ajuste, de pinzotes y mechas al timón y casco del buque, generalmente la solución adoptada es poner una pieza de acero ajustada y soldada para asegurar la estanqueidad.
- **Apriete:** La falta de apriete puede producir también efectos catastróficos.
- **Seguridades de tuerca y pinzote:** Los fallos de las seguridades, a veces producen también fallos catastróficos. Cuando el pinzote no tenga chaveta (es lo normal), se deberán disponer dos seguridades:
 - a. Una para evitar el giro de tuerca.
 - b. Otra para evitar el giro del pinzote.

Ancla y Cadenas

Las anclas y cadenas deben de ser revisadas y examinadas. La caja de cadenas, las sujeciones, el escobén y el molinete, deberán ser examinados y el izado y bajada del ancla operacionalmente comprobado.

En la segunda inspección de renovación y en las siguientes, las cadenas deberán ser calibradas y renovadas en caso de que sus diámetros disminuyan el 12% del diámetro nominal.

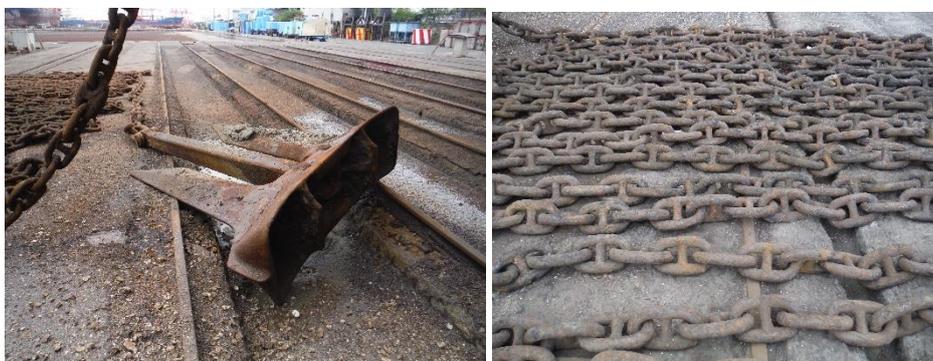


Figura 19: Imagen de un ancla y largos de cadena
Fuente: Inspector de ABS

Aberturas en el casco

Todas las aberturas en el casco y los aliviaderos deberán ser examinados.

Cubiertas, Mamparos y Forro

Todas las cubiertas, mamparos estancos y las caras internas y externas de las tracas tienen que ser examinadas.

Espacios

Se inspeccionará de manera general todos los espacios, incluyendo bodegas, tanques de doble fondo, lastre, profundos, de pique y de carga, cámara de bombas, hueco de la quilla, cámara de máquinas, espacios secos, cofferdams, incluyendo las chapas y conjunto de elementos estructurales, pantoque, sondas, conductos de ventilación, y sistema de achique.

Se examinarán las partes eléctricas que afectan a los sistemas de bombeo localizados dentro de los tanques de carga, cofferdams y sistema de achique.

Por otro lado, se realizarán las inspecciones internas de los tanques de fuel oil, aceite y agua dulce, de acuerdo a lo siguiente:

- En los lugares en los que exista tanques de tipo estructural, excepto los tanques de piques, que son usados para fuel pesado o para aceites ligeros o agua dulce, la inspección interna se puede obviar, siempre y cuando se realice un examen general externo.

Por lo tanto, para una inspección interna de los tanques de *fuel-oil*, aceite y agua dulce durante la inspección de renovación, los mínimos requisitos son:

- Una inspección de un tanque de *Fuel Oil* que esté situado en la zona de carga y de un tanque de agua dulce, para buques entre 5 y 10 años.
- Inspección de un tanque de *Fuel Oil* situado en cámara de máquinas, dos tanques de *Fuel Oil* situados en la zona de carga, un tanque profundo, si es necesario, y todos los tanques de agua dulce. Para buques entre 10 y 15 años.
- Inspección de un tanque de *Fuel Oil* situado en cámara de máquinas, mitad de todos los tanques de *fuel oil* situados en la zona de carga, un tanque profundo, un tanque de aceite y todos los tanques de agua dulce. Para buques de más de 15 años.

Por último, esta inspección debe ser complementada con la medición de espesores y las pruebas necesarias para garantizar que la integridad estructural

sigue siendo eficaz. El objetivo del examen es descubrir la corrosión importante y deformación considerable, fracturas, averías u otro deterioro estructural, que puede estar presente.

Espacios de la Cámara de Máquinas:

Se hará hincapié a los soportes de conexión entre las cuadernas del forro de costado y los tanques altos, así como los mamparos de cámaras de máquinas afectados por estos tanques altos y el pantoque. Se prestará también especial atención a la succión del agua del mar, a los sistemas de enfriamiento y válvulas de descarga y su conexión con la traca de costado.

Tanques de Lastre: se procede de la misma forma que en las inspecciones intermedias. Aunque, la inspección interna de estos tanques con altas medidas anti-corrosión será según el criterio del inspector.

Protección de otras Aberturas

Dispositivos de Protección de Tanques:

- Todos los dispositivos de protección de tanques, cuando existan, serán externamente examinados para asegurar que los procesos de ensamblaje e instalación han sido los adecuados, evitando con ello daños o deterioro.
- Todas las válvulas de vacío y válvulas liberadoras de presión serán desmontadas. Los discos de presión y vacío serán revisados para verificar el buen contacto entre estos con sus respectivos asientos y se comprobará su funcionamiento.

Conductos de Aire: Todos los conductos de aire serán examinados y abiertos verificando todos sus componentes tanto interna como externamente.

Mamparos Estancos: además de la inspección requerida en las inspecciones anuales se añade que las puertas estancas serán operacionalmente revisadas para confirmar sus propiedades.

Verificación de Tanques

Se deben inspeccionar los límites de los tanques de doble fondo, de lastre, piques y otros tanques, incluyendo las bodegas adaptadas para llevar agua de mar de lastre. La inspección se llevara a cabo mediante tests hidráulicos de presión con introducción de agua, exceptuando los tanques de carga de los buques quimiqueros. Así mismo, se comprobará el estado de los tanques de fuel-oil,

aceite y agua dulce, mediante un examen externo satisfactorio de los límites de los mismos.

Por otro lado, los tests de los dobles fondos y otros espacios no diseñados para la carga de líquido pueden ser especialmente omitidos, siempre y cuando se tenga una satisfactoria examinación interna de los mismos.

Tapas de Escotilla y Brazolas

Se llevará a cabo una inspección minuciosa de los elementos enumerados en el procedimiento de la inspección anual para todo tipo de buques, incluyendo una inspección detallada de las chapas de las tapas de las escotillas así como las chapas de las brazolas.

Se comprobará un correcto funcionamiento operacional mecánico del proceso de apertura de las escotillas incluyendo lo siguiente:

- Estiba y sujeción en posición abierta
- Ajuste apropiado y eficiencia de sellado
- Pruebas de funcionamiento de los componentes hidráulicos y eléctricos, cables, cadenas y transmisión por eslabones.

Se revisara la eficacia de las disposiciones y sellado de todas las tapas de escotilla. No será preciso los test con mangueras siempre y cuando en las inspecciones anuales se haya llevado a cabo las inspecciones respecto a las tapas de escotilla y brazolas.

- Donde existan amplias zona de desgaste del acero en las escotillas, brazolas o sus refuerzos, se llevará a cabo medidas de espesores y las renovaciones se realizarán si se sobrepasan los márgenes permitidos

8.5.2.4 Inspección en seco

Para permitir la inspección de los siguientes elementos nombrados, es necesario colocar un buque en dique seco o en una grada, mediante camas de varadas o carros:

- Quilla.
- Roda.
- Codaste.
- Tracas de proa.
- Tracas inclinadas (proas lanzadas...)

- Las tracas del costado y fondo serán externamente examinadas. La inspección se centrará en identificar excesiva corrosión o deterioro debido a golpes sufridos o “buckling”.
- Partes visibles del timón. Si fuese considerado por el inspector, el timón se deberá desmontar.
- Partes visibles del eje del timón. Pinzotes y hembras del timón.
- Tobera de la hélice (si tiene).
- Partes visibles de la hélice. El núcleo de cada hélice que tenga más de 10 años de servicio será examinado bajo un método especial de detección de roturas en su superficie.
- Cierres y elementos internos de las hélices que posibilitan el paso variable así como sus palas.
- Quillas de Balance, conexión casco-quilla.
- Cajas de mar.
- Serán externamente examinadas las tomas de agua y válvulas de descarga, incluyendo sus accesorios con el casco.
- Tendrán también que ser examinadas todas las piezas de expansión no metálicas en los sistemas de enfriamiento y circulación por agua del mar.

9. Costes de mantenimiento

Una parte fundamental de este trabajo final de máster es la determinación de los costes de mantenimiento del buque en análisis. Estos costes de mantenimiento serán comparados con los costes operativos, viendo su importancia dentro de los mismos.

Para la determinación de los costes de mantenimiento debemos tener en cuenta todas las operaciones que engloban el mantenimiento:

- **Mantenimiento preventivo a intervalo de tiempos fijos del buque:** para mantener el buque en condiciones de navegabilidad hasta sus inspecciones reglamentarias es necesario un mantenimiento cada x tiempo que permita un control sobre los diferentes equipos. En el apartado 6 se muestra un ejemplo de mantenimiento preventivo enfocado en CCMM y en el grupo diésel-generator, no obstante el mantenimiento del buque se debe aplicar a los diferentes espacios y equipos del buque.
- **Inspecciones reglamentarias:** en el apartado 7 se describe las diferentes inspecciones reglamentarias obligatorias que debe realizar el buque y que son necesarias para un mantenimiento adecuado del buque, para cumplir los requisitos mínimos de navegabilidad y seguridad.
- **Mantenimiento correctivo del buque:** aquí se incluyen todos los equipos que deben ser sustituidos. En el apartado 8 se puede observar cómo tanto en la planta propulsora como en el grupo diésel- generator es necesario cambiar equipos cada x tiempo. No obstante también es necesario cambiar piezas de todos y cada uno de los sistemas que conforman el buque y que hayan cumplido con su vida útil.

También en esta apartado se debe tener en cuenta aquellos equipos, elementos estructurales o sistemas que se rompen o sufren desperfectos y deben ser sustituidos o reparados, y no se tienen en cuenta en el presupuesto general de mantenimiento.

9.1 Costes de Mantenimiento preventivo a intervalo de tiempo fijo

Este mantenimiento se llevará a cabo por parte de la tripulación del buque. Serán los mismos los que se encargarán de revisar y comprobar que las máquinas estén en correcto funcionamiento diariamente y cada X tiempo. Para ello el buque contará con: electricistas, mecánicos, contra maestres y subalternos.

Tabla 57: Tripulación encargada del mantenimiento preventivo

Mantenimiento diario/semanal/mensual		
	Nº	€
electricista	1	24000
mecanico	1	24000
contra maestro	4	38750
subalterno	6	27130

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta el IPC, ya calculado en los costes operativos de este trabajo final de máster, se puede obtener el coste anual de mantenimiento preventivo durante los 24 años de vida útil del buque. Para ello se multiplicará el IPC correspondiente de cada año por la suma de los costes de tripulación, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 58: Costes de mantenimiento preventivo durante la vida útil del buque

Concepto	1	2	3	4	5	6	7
Mantenimiento diario	365780	380411,2	386497,78	387657,27	394247,45	408046,11	414982,891

Concepto	8	9	10	11	12	13	14
Mantenimiento diario	424527,50	435473,25	447913,31	461955,45	477723,61	495359,69	515025,60

Concepto	15	16	17	18	19	20	21
Mantenimiento diario	536905,77	561209,89	588176,26	616438,36	646058,48	677101,85	709636,87

Concepto	22	23	24
Mantenimiento diario	743735,21	779471,98	816925,93

Fuente: Elaboración propia

Los costes totales finales de mantenimiento preventivo son: 12.671.261,69 €

9.2 Costes de Inspecciones reglamentarias

Para el cálculo de estos costes se debe partir de todas las inspecciones necesarias y reglamentarias: anuales, intermedias y de renovación.

En primer lugar vamos a partir de la más compleja y aquella que se realiza de forma más exhaustiva cada 5 años: la *inspección de renovación*. Esta se hará a los cinco, diez, quince y 20 años de vida útil del buque.

Esta inspección se realizará en dique seco, por lo tanto se debe tener en cuenta los costes de varada y botadura, los costes de reparaciones que se realizarán así como los costes del personal encargado de llevar a cabo las reparaciones.

Suponiendo un total de 15 días para dicha varada en seco, se obtienen los siguientes costes:

Tabla 59: Costes asociados al personal encargado de la inspección de renovación y los costes relacionados con la varada y botadura

	15 días
Costes de inspector	2800
Ingeniero	15300
mecánicos	22500
Estadía en dique (15 días)	37500
Preparación de cama de varada	3100
Embarcaciones auxiliares para la varada y la botadura	6000
Buceadores para el servicio de varada	1950
Varada y botadura	9350
Inspección de valvulas en la botadura	450
Colocar 3 canaletas en inbornales	300
Colocar 2 escalas de acceso al buque	500
Conexión de corriente eléctrica	700
Suministro de electricidad	5250
Conexión de agua dulce	100
Suministro de agua dulce	425
Suministro de agua salada durante la estadía	840
Conexión de mangueras de aire comprimido	90
Suministro de aire comprimido	1782
Contenedor de basura	770
Servicio de descargas sanitarias en tanque	3900
	Σ 113607

Fuente: Elaboración propia

Durante la inspección de renovación se llevan a cabo una serie de inspecciones, reparaciones y actuaciones que contribuyen al mantenimiento preventivo del buque, además de cumplir con la normativa vigente.

Para la elaboración de este trabajo final de máster se ha tenido en cuenta las inspecciones y trabajos más habituales en las inspecciones de renovación. A continuación, se muestra una tabla con los trabajos supuestos realizados y los costes de los mismos.

Tabla 60: Trabajos realizados durante la inspección de renovación

Trabajos realizados en inspección de renovación (€)	
Conexión de mangueras CI	100
Servicio de bombero para los trabajos en caliente	5040
Desmontar los tapones de fondo	840
Servicios generales de grua	27100
Limpieza de obra viva con agua a presión	8530
Descaclado de obra viva	400
Limpieza del casco con pulidora por horas	4200
Chorro del nicho de los estabilizadores, aletas y túneles de hélices de maniobra	2500
Parcheo de la obra viva	4500
Pintado de la obra viva	5700
Protecciones para el tratamiento del casco	15000
Chorro parcial de la obra muerta	5300
Limpieza de obra muerta con agua dulce a presión	14900
Parcheo de la obra muerta	4000
Pintado de la obra muerta	7152
Pintado de los botes salvavidas	5720
Pintado de logos de la compañía en el costado	3300
Repintado de calados y discos de francobordo	700
Trazado y repintado de líneas de flotación	5000
Pintado del nombre del buque y marcas de tapones, hélices de maniobra, etc	700
Eliminación de latas de pintura	1200
Lavado con agua a presión de la rampa	1000
Chorro de la rampa de popa	2000
Parcheo de la rampa	900
Extender anclas y cadenas	2350
Calibración de cadenas	400
Limpieza de anclas y cadenas con agua a presión	2100
Líquidos penetrantes a los cabezotes de los ejes y de la hélice de maniobra	900
Colocación de andamios para tomas de huelgos en dos ejes y timones	2500
Desmontar dos defensas guardacabos	1950
Tomar huelgos al eje	1700
Desmontar registros del timón	1200
Comprobar holguras del timón	1000
Desmontar rejillas del fondo, raspar, limpiar y pintar	5400
Transporte y reciclaje de residuos	3100
Renovación de 7 ánodos en tomas de mar	2700
Colocar 30 ánodos de zinc en el casco	1700
Destapar válvulas de fondo y reconocer	14000
Limpieza y tratamiento de tomas de mar	2900
Renovar dos chapas de castigo del espejo de popa de la rampa	3900
Reparación de acero en tanques de FO	1900
Renovación de acero en costado de estribor	12300
Reparación de tramo de quilla de balance	3450
Bajar botes salvavidas a tierra y preparar cama	6500
Limpieza y pintado del colector de fondo	7400
Limpieza de tanques de FO	23000
Limpieza de la planta séptica	2800
Reparación de la rampa de popa babor	18000

Renovación de 23 rodillos tipo Panamá	6300
Removidos necesarios para desmontar líneas de ejes	4800
Desconectar el eje de cola con hélice de paso controlable, extracción del mangón, extraer el conjunto eje-hélice	68000
Soldar cáncamos para la extracción de mangones del eje de cola	1400
Efectuar limpieza interior de la bocina	1500
Transporte de los ejes de cola al taller	6100
Comprobar ejes de cola con Magnaflux	1600
Desmontar obturador exterior e interior de la bocina. Despiece, limpieza y renovación de retenes.	8300
Vaciar el circuito de aceite de las bocinas	1200
Mecanizado de los obturadores de los casquillos de los ejes de cola	4000
Traslado de palas de hélices desmontadas al taller para reparar	900
Desmontar las palas del CPP. Elaborar nuevos pernos	29000
Demosntar el nucleo de la hélice de paso controlable (CPP)	5200
Mecanizar en mandrinadora las bases de las 8 palas de la hélice	9000
Calibración de la bocina	900
Limpieza de dos ejes de cola	2600
Desmontar la empaquetadura de la limera del timón	2380
Revisión de la hélice de maniobra	25000
Desmontar rejillas del túnel de la hélice de maniobra	8000
Palas de la hélice de maniobra. Colocar en el torno y mecanizar	3000
Trabajos mecánicos en los estabilizadores	5300
Desmontaje y revisión de motores eléctricos	7800
TOTAL (€)	451212

Fuente: Elaboración propia

Para obtener los costes totales de la inspección de renovación, se debe tener en cuenta los resultados obtenidos en las Tablas 59 y 60. En la Tabla 59 se tiene en cuenta el personal encargado de los trabajos, así como los costes relacionados con la varada y botadura. En la Tabla 60 se reflejan los resultados obtenidos de todos los trabajos que se realizan en una inspección de renovación. Por lo tanto, con la suma de los costes obtenidos en la Tabla 59 y 60, se obtienen los costes totales de la inspección de renovación, siendo un total de: 564.819 €. Estos costes son aproximados y han sido proporcionados por un Astillero.

Dado que es difícil determinar exactamente que se le va a hacer en cada varada al buque, aparte de lo que indica la normativa, se mantendrá constante este valor durante las próximas varadas para inspecciones de renovación. De esta forma el error que se introduzca en un año por exceso de inspecciones se verá compensando con el error introducido en un año en el que se haga menos inspecciones.

La siguiente inspección a tener en cuenta es *la inspección intermedia*, es aquella que se realiza entre el segundo y tercer año durante un ciclo de cinco años. Dado que durante este ciclo de cinco años el barco debe haber tenido al menos dos varadas en seco, vamos a suponer que en la inspección intermedia también se realiza varada en seco. Por lo tanto, al igual que en la inspección de renovación

se debe tener en cuenta el personal que interviene en la inspección, así como los costes relacionados con la varada y botadura. No obstante, los días de inspección para la inspección intermedia, se establecerán en torno a 7 días. Véase Tabla 61:

Tabla 61: Costes asociados al personal encargado de la inspección de renovación y los costes relacionados con la botadura y varada

	7 días
Costes de inspector	2800
Ingeniero	7140
mecánicos	10500
Estadía en dique (7 días)	17500
Preparación de cama de varada	3100
Embarcaciones auxiliares para la varada y la botadura	6000
Buceadores para el servicio de varada	1950
Varada y botadura	9350
Inspeccion de valvulas en la botadura	450
Colocar 3 canaletas en inbornales	300
Colocar 2 escalas de acceso al buque	500
Conexión de corriente electrica	700
Suministro de electricidad	5250
Conexión de agua dulce	100
Suministro de agua dulce	425
Suministro de agua salada durante la estadia	840
Conexión de mangueras de aire comprimido	90
Suministro de aire comprimido	1782
Contenedor de basura	770
Servicio de descargas sanitarias en tanque	3900
	Σ 73447

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de los datos de reparaciones que se realizan, es muy difícil saber datos concretos y solo se sabe que se va a realizar aproximadamente la mitad de inspecciones que se realizan en una varada para una inspección de renovación. No obstante, en la siguiente Tabla se establecerán aproximadamente los trabajos que se suelen realizar en una inspección intermedia. Véase Tabla 62:

Tabla 62: Trabajos realizados durante la inspección intermedia

Trabajos realizados en inspeccion INTERMEDIA (€)	
Conexión de mangueras CI	100
Servicio de bombero para los trabajos en caliente	5040
Desmontar los tapones de fondo	840
Servicios generales de grua	27100
Limpieza de obra viva con agua a presión	8530
Descaclado de obra viva	400
Limpieza del casco con pulidora por horas	4200
Parcheo de la obra viva	4500
Protecciones para el tratamiento del casco	15000
Chorro parcial de la obra muerta	5300
Limpieza de obra muerta con agua dulce a presión	14900
Parcheo de la obra muerta	4000
Pintado de la obra muerta	7152
Pintado de logos de la compañía en el costado	3300
Repintado de calados y discos de francobordo	700
Trazado y repintado de líneas de flotación	5000
Pintado del nombre del buque y marcas de tapones, hélices de maniobra, etc	700
Eliminación de latas de pintura	1200
Lavado con agua a presión de la rampa	1000
Chorro de la rampa de popa	2000
Parcheo de la rampa	900
Extender anclas y cadenas	2350
Calibración de cadenas	400
Limpieza de anclas y cadenas con agua a presión	2100
Líquidos penetrantes a los cabezotes de los ejes y de la hélice de maniobra	900
Colocación de andamios para tomas de huelgos en dos ejes y timones	2500
Tomar huelgos al eje	1700
Desmontar registros del timón	1200
Comprobar holguras del timón	1000
Desmontar rejillas del fondo, raspar, limpiar y pintar	5400
Transporte y reciclaje de residuos	3100
Renovación de 7 ánodos en tomas de mar	2700
Colocar 30 ánodos de zinc en el casco	1700
Destapar válvulas de fondo y reconocer	14000
Limpieza y tratamiento de tomas de mar	2900
Limpieza y pintado del colector de fondo	7400
Limpieza de tanques de FO	23000
Limpieza de la planta séptica	2800
Efectuar limpieza interior de la bocina	1500
Vaciar el circuito de aceite de las bocinas	1200
Mecanizado de los obturadores de los casquillos de los ejes de cola	4000
Limpieza de dos ejes de cola	2600
Desmontar rejillas del túnel de la hélice de maniobra	8000
Trabajos mecánicos en los estabilizadores	5300
Desmontaje y revisión de motores eléctricos	7800
TOTAL	217412

Fuente: Elaboración propia

De esta forma el coste de la inspección intermedia será la suma de los costes de las Tablas 61 y 62, siendo un total de: 290.859 €.

Por último, se debe calcular los costes de las *inspecciones anuales*, estas se realizarán con el buque abarloado a muelle, por lo tanto se debe tener en cuenta dichos costes. Véase Tabla 63:

Tabla 63: Costes asociados al personal encargado de la inspección anual así como los costes de abarloado a muelle del astillero

	3 días
Costes de inspector	2000
Ingeniero	3060
mecánicos	4500
Precio por día de abarloado	4125
Pilotos y remolcadores (practicaje)	3000
Amarre y desamarre	340
Colocar 3 canaletas en inbornales	300
Colocar 1 escalas de acceso al buque	250
Conexión de corriente eléctrica	700
Suministro de electricidad	5250
Conexión de agua dulce	100
Suministro de agua dulce	425
Suministro de agua salada durante la estadia	840
Conexión de mangueras de aire comprimido	90
Suministro de aire comprimido durante 15 días	1782
Contenedor de basura	770
Servicio de descargas sanitarias en tanque	3900
	Σ 31432

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de los costes de reparación en la inspección anual, al igual que en la inspección intermedia, no se puede obtener unos datos reales fidedignos, dado la subjetividad a la que está sujeta dichos costes. Anualmente se realiza aproximadamente la mitad de inspecciones que se realizan en una inspección intermedia, no obstante esto puede variar en función de los desperfectos que pueda sufrir el buque a lo largo de su vida útil. No obstante, en la siguiente Tabla se establecerán aproximadamente los trabajos que se suelen realizar en una inspección anual. Véase Tabla 64:

Tabla 64: Trabajos realizados durante la inspección anual

Trabajos realizados en inspeccion ANUAL (€)	
Conexión de mangueras CI	100
Servicio de bombero para los trabajos en caliente	5040
Servicios generales de grua	27100
Limpieza de obra viva con agua a presión	8530
Comprobación de sujeciones y sellado de rampas de popa	2300
Comprobación de las zonas estancas de todo el buque	4500
Lavado con agua a presión de la rampa	1000
Comprobación de los elementos de protección para la tripulación: barandillas, pasarelas,...	1300
Limpieza y comprobación del sistema de amarre y fondeo	3300
Comprobación del sistema contra-incendios	2700
Examinar obra viva en busca de zonas de corrosión	800
Tratamiento de zonas de corrosión	2500
Repintado de calados y discos de francobordo	700
Trazado y repintado de líneas de flotación	5000
Transporte y reciclaje de residuos	3100
Comprobación de las zonas estancas de todo el buque	4500
Comprobación del sistema de salvamento y seguridad	6500
Comprobación se los sistemas de comunicación a bordo	1100
Supervisión de tanques de lastre	1500
TOTAL (€)	81570

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto los costes totales de la inspección anual será la suma de los resultados obtenidos en las Tablas 63 y 64: 113.002 €.

Una vez obtenidos los costes totales de cada inspección, estos se distribuirán a los largo de la vida útil del buque, en función del año en el que toque una u otra inspección:

Tabla 65: Costes de inspecciones distribuidos durante la vida útil del buque

Concepto	1	2	3	4	5	6	7
Inspecciones	113002	113002	290859	113002	564819	113002	113002

Concepto	8	9	10	11	12	13	14
Inspecciones	290859	113002	564819	113002	113002	290859	113002

Concepto	15	16	17	18	19	20	21
Inspecciones	564819	113002	113002	290859	113002	564819	113002

Concepto	22	23	24
Inspecciones	113002	113002	0

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el último año de vida útil del buque no se registra ninguna inspección, durante este año, el armador intentará sacar el máximo partido al buque y el máximo beneficio, teniendo en cuenta que el buque será llevado a desguace al final de su ciclo de vida.

Finalmente sumando los costes de todas las inspecciones se obtiene un total de: 5.117.742 €.

9.3 Costes de Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo de un barco no puede ser controlado en su totalidad. El armador y sus tripulantes pueden tener conocimiento de las piezas, sistemas y equipos que deben ser cambiados cada x tiempo, pero es imposible e impredecible controlar los desperfectos y roturas que puede sufrir todos los sistemas del buque durante la vida útil del buque.

Por tanto, partiendo de los costes totales de inspecciones y de mantenimiento preventivo, se calculará los costes de mantenimiento correctivo. En las siguientes Tablas, se refleja los costes anuales durante la vida útil del buque, así como la suma total de dichos costes. Véase Tablas 66 y 67:

Tabla 66: Costes de mantenimiento durante la vida útil del buque

Concepto	1	2	3	4	5	6	7
Mantenimiento diario	365780	380411,2	386497,78	387657,27	394247,45	408046,11	414982,8906
Inspecciones	113002	113002	290859	113002	564819	113002	113002
Σ (€)	478782	493413,2	677356,7792	500659,2725	959066,4462	521048,1068	527984,8906

Concepto	8	9	10	11	12	13	14
Mantenimiento diario	424527,50	435473,25	447913,31	461955,45	477723,61	495359,69	515025,60
Inspecciones	290859	113002	564819	113002	113002	290859	113002
Σ (€)	715386,4971	548475,2502	1012732,309	574957,4514	590725,614	786218,6851	628027,5985

Concepto	15	16	17	18	19	20	21
Mantenimiento diario	536905,77	561209,89	588176,26	616438,36	646058,48	677101,85	709636,87
Inspecciones	564819	113002	113002	290859	113002	564819	113002
Σ (€)	1101724,77	674211,893	701178,2559	907297,3636	759060,477	1241920,85	822638,8671

Concepto	22	23	24
Mantenimiento diario	743735,21	779471,98	816925,93
Inspecciones	113002	113002	0
Σ (€)	856737,2064	892473,98	816925,93

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67: Sumatorio de costes

Concepto	Total
Mantenimiento diario	12671261,69
Inspecciones	5117742
Σ (€)	17789003,69

Fuente: Elaboración propia

Para tener en cuenta estos costes de mantenimiento correctivo se aplicará un coeficiente del 1,25 al mantenimiento total, de esta forma se obtiene los costes de mantenimiento totales: 22.236.254,61€.

10. Comparativa de ambos costes. Análisis.

En este apartado final se procederá a la comparación de los costes obtenidos en el presupuesto de operación con los costes obtenidos en el mantenimiento. De esta forma se visualizará la importancia del coste del mantenimiento dentro de los costes de operación.

En primer lugar, se calculará el porcentaje del coste de mantenimiento dentro de los costes fijos. Para ello, se debe sumar los costes de mantenimiento a los costes de seguro y tripulación, obteniéndose así los costes fijos totales. Posteriormente, se calculará los porcentajes de cada partida dentro de los costes fijos totales. Véase Tabla 68:

Tabla 68: Costes fijos totales

	Costes (€)	Porcentajes
Mantenimiento	22236254,61	35,3171%
Tripulación Española	37.109.288,81	58,9395%
Seguros	3.616.130,00	5,7434%
Σ (€)	62961673,43	

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar los costes de tripulación representan la mayor partida dentro de los costes fijos. No obstante, esto es algo poco improbable. Como ya se comentó en el apartado 6.2 de este trabajo final de máster, la naviera intenta reducir gastos de tripulación. Aunque los costes de mantenimiento también representan un alto porcentaje, son más difíciles de controlar, dado que las averías son impredecibles. Y aunque se lleve a cabo un mantenimiento preventivo exhaustivo, seguirá necesitando de una partida económica alta. Por lo tanto, se realizará la misma comparativa anterior, pero con tripulación filipina. Para ello se cogerán los datos obtenidos en el apartado 6.2. Véase Tabla 69:

Tabla 69: Costes fijos totales

	Costes (€)	Porcentajes
Mantenimiento	22236254,61	57,4474%
Tripulación Filipina	12.854.760,00	33,2103%
Seguros	3.616.130,00	9,3423%
Σ (€)	38707144,61	

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se realizará la comparativa de los costes de mantenimiento dentro de los costes operacionales totales, tanto por el Sistema alemán como por el Sistema francés. Teniendo en cuenta la tripulación española. Véase Tabla 70 y 71:

Tabla 70: Porcentajes de cada partida, dentro de los costes operacionales totales en el sistema alemán

	Costes (€)	Porcentajes
Costes de capital (S.alemán)	159.900.000,00	19,4971%
Mantenimiento	22236254,61	2,7113%
Tripulación Española	37.109.288,81	4,5249%
Seguros	3.616.130,00	0,4409%
Costes combustible	591.809.027,80	72,1612%
Costes de escala:	5.450.134,57	0,6646%
Σ (€)	820.120.835,79	100,0000%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71: Porcentajes de cada partida, dentro de los costes operacionales totales en el Sistema francés

	Costes (€)	Porcentajes
Costes de capital (S.francés)	166.491.086,77	20,1389%
Mantenimiento	22236254,61	2,6897%
Tripulación Española	37.109.288,81	4,4888%
Seguros	3.616.130,00	0,4374%
Costes combustible	591.809.027,80	71,5859%
Costes de escala:	5.450.134,57	0,6593%
Σ (€)	826.711.922,56	100,0000%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el porcentaje que representa dentro del presupuesto operacional total es pequeño, no obstante debemos tener en cuenta lo siguiente:

- El presupuesto operacional total es elevado debido al elevado valor adquisición del buque (120.000.000 €), lo que hace que se incremente considerablemente los costes de capital del buque, por ende al presupuesto operacional. Esto lleva a que cualquier comparativa con estos valores representen una parte ínfima del presupuesto total.

- El mayor porcentaje pertenece a los costes de combustible, dando un resultado razonable, dado que esta partida supone siempre la mayor inversión de las navieras.
- En tercer lugar se encuentra los costes de tripulación y a continuación los costes de mantenimiento.

Por último se realizará la comparativa de los costes de mantenimiento dentro de los costes operacionales totales, tanto por el Sistema alemán como por el Sistema francés. Teniendo en cuenta la tripulación filipina. Véase Tabla 72 y 73:

Tabla 72: Porcentajes de cada partida, dentro de los costes operacionales totales en el Sistema alemán

	Costes (€)	Porcentajes
Costes de capital (S.alemán)	159.900.000,00	20,0913 %
Mantenimiento	22236254,61	2,7940%
Tripulación filipina	12.854.760,00	1,6152%
Seguros	3.616.130,00	0,4544%
Costes combustible	591.809.027,80	74,3604%
Costes de escala:	5.450.134,57	0,6848%
Σ (€)	795.866.306,98	100,0000%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73: Porcentajes de cada partida, dentro de los costes operacionales totales en el Sistema francés

	Costes (€)	Porcentajes
Costes de capital (S.francés)	166.491.086,77	20,7477%
Mantenimiento	22236254,61	2,7710%
Tripulación filipina	12.854.760,00	1,6019%
Seguros	3.616.130,00	0,4506%
Costes combustible	591.809.027,80	73,7496%
Costes de escala:	5.450.134,57	0,6792%
Σ (€)	802.457.393,75	100,0000%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en estas dos últimas tablas la partida más grande sigue siendo el combustible, seguido de los costes de capital. No obstante, al cambiar la nacionalidad de la tripulación y por ende sus costes, la tercera partida pasa a ser los costes de mantenimiento. Por lo que en este caso, los costes de tripulación pasan al cuarto lugar.

11. Conclusiones

Como conclusión a este análisis se puede observar varias cosas:

- Como se ha indicado anteriormente, durante el desarrollo de este trabajo final de máster, los costes totales fijos están formados por: costes de seguro, tripulación y costes de mantenimiento. Una de las conclusiones que podemos obtener de este trabajo es que, los costes de mantenimiento, representan el 35,3 % de los costes fijos totales. Mientras que los costes de tripulación alcanzan casi el 59%. No obstante, este estudio se llevó a cabo con tripulación española, a la que se le aplicó el sueldo base mínimo, con un incremento del IPC (Índice de Producto de Consumo) durante la vida útil del buque. Sin embargo, también se realizó el estudio con tripulación de otra nacionalidad, en este caso Filipina. Se le aplicó el sueldo base mínimo del país y sin IPC. Posteriormente, al calcular la partida que representaba el mantenimiento dentro de los costes fijos totales, se observó lo siguiente: el porcentaje de mantenimiento dentro de los costes fijos se elevó a un 57%, mientras que los costes de tripulación pasaron a ser cerca del 33%. Teniendo en cuenta que, en la mayoría de los casos, las navieras tienden a reducir los costes en tripulación, podemos observar el alto porcentaje que representan los costes de mantenimiento dentro de los costes fijos.

En aquellos buques en los que las navieras no recortan costes en tripulación, son buques en los que se requieren amplios conocimientos y personal cualificado. Por lo tanto, son buques que requieren de un mayor mantenimiento; como puede ser el caso de buques off-shore: gente formada (mayor coste de tripulación), pero también mayores costes de mantenimiento por el tipo de buque.

- Los costes de capital del Sistema francés son más elevados que los costes de capital del Sistema alemán esto es debido a que: el sistema francés mantiene constantes los intereses de la deuda viva. Mientras que los intereses del sistema alemán van disminuyendo a medida que disminuye la deuda viva. La diferencia entre ambos costes, para el análisis realizado alcanza en torno a los 7.000.000 €, lo que supone un incremento considerable para la naviera en costes.
- Si analizamos los porcentajes que representan los costes fijos, variables y los costes de capital, dentro de los costes operacionales totales, obtenemos lo siguiente:

- **Caso 1:** Sistema alemán y francés con tripulación española.
 - Los costes de combustible y los costes de capital son muy elevados, por lo que hace que se incremente considerablemente los costes operacionales del buque. Esto lleva a que cualquier comparativa con estos valores representen una parte ínfima del presupuesto total.
 - El mayor porcentaje es para los costes de combustible alrededor del 70%, por lo que podemos observar que los costes de combustible suponen la mayor inversión para el armador del buque.
 - El segundo mayor porcentaje es el coste de capital (alrededor del 20%), en este caso por el elevado valor de adquisición del buque (120.000.000 €), lo que hace que se incremente considerablemente los costes de capital del buque, y por ende el presupuesto operacional.
 - El tercer mayor porcentaje son los costes de tripulación con casi el 5%, seguido de los costes de mantenimiento con casi el 3%. Por ello, la importancia de reducir costes en los costes de tripulación.
 - Por último, se encuentran los costes de seguros y costes de escala, que representan un porcentaje muy pequeño dentro de los costes operacionales, inferiores al 1%.

- **Caso 2:** Sistema alemán y francés con tripulación filipina
 - Los costes de combustible y los costes de capital, al igual que el caso anterior, siguen siendo los más elevados, con un porcentaje similar al caso anterior.
 - El tercer mayor porcentaje, en este caso, son los costes de mantenimiento, con un porcentaje alrededor del 3%, seguido de los costes de tripulación con casi el 2%.
 - Por último, se encuentran los costes de seguros y costes de escala, que siguen representando un porcentaje muy pequeño dentro de los costes operacionales, inferiores al 1%.

Como conclusión, en líneas generales, se puede observar la importancia de los costes de mantenimiento dentro de los costes operacionales de un buque. Aunque se mantengan en tercer lugar dentro de los costes totales, va seguido de dos partidas muy fuertes como lo son los costes de combustible y costes de capital. No obstante, los costes de mantenimiento, se han calculado de manera subjetiva y con margen de error, por lo que dichos costes pueden incrementarse por averías o sucesos impredecibles durante la vida operativa del buque.

12. Bibliografía

- Diaz Navarro, Juan. (2010). *Técnicas de mantenimiento industrial*. Serie Manuales. Calpe Institute of Technology SL.
- Garcia Bercedo, Raúl. (2003) *Organización y mantenimiento del buque*. Universidad del país vasco, Servicio Editorial, D.L.
- Robert M. Conachey, Randal L. Montgomery. (2002). *Application of Reliability-centered Maintenance Techniques to the Marine Industry*. ABS TECHNICAL PAPERS 2002. Originally presented at Institute of Marine Engineers, India.
- Fondo Editorial de Ingeniería Naval e Instituto Marítimo Español (Ed.). (2009). *Economía del sector marítimo*. Madrid, España.
- González, E., (1993). *Las Tripulaciones de la flota mercante de la CEE*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Barcelona.
- Roald, S., (2014). Life Cycle Cost Comparison Study. *An analysis of a LNG ferry's performance and potential for improvement*. Norwegian University of Science and Technology: Department of Marine Technology.
- Rawson, K.J.; Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Míguez, M.; Caamaño, P.; Díaz, V. y Martínez, A. (2015). *Implicaciones de la Resolución IMO MSC 194(80) en el Diseño de Buques Ro-Pax*. Universidad de Coruña, España.
- Tupper, E.C. (2004). *Introduction to naval architecture*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Alvariño, R.; Azpíroz, J.J. y Meizoso, M. (1997). *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid, España: Fondo Editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de ingenieros navales.
- Rodrigo, J. (Enero 2009). *Seguridad en buques de pasaje y transbordo rodado*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- IMO (Organización Marítima Internacional). (1974). SOLAS Capítulo 2-1. *Construcción-Estructura, Compartimentado y Estabilidad, Instalaciones de máquinas e Instalaciones eléctricas*.
- IMO (Organización Marítima Internacional). (1974). SOLAS Capítulo 2-2. *Construcción-Prevención, Detección y Extinción de incendios*.
- IMO (Organización Marítima Internacional). (1974). SOLAS Capítulo 3. *Dispositivos y Medios de salvamento*.
- IMO (Organización Marítima Internacional). (1974). SOLAS Capítulo 5. *Seguridad en la Navegación*.
- CEE (Comunidad Económica Europea). (1993). *Las tripulaciones de la flota mercante de la CEE*. Barcelona, España.

- Autoridad Portuaria de S/C de Tenerife. (2018). *Tasas y Tarifas 2019*.
- Autoridad Portuaria de Cartagena. (2011). *Precios máximos tarifas servicios portuarios técnico-náuticos año 2011*.
- AENOR. (2009). UNE-EN 60300-3-3. *Gestión de la confiabilidad*. España.
- Autoridad Portuaria de Guipúzcoa. (2018). *Tasas y Tarifas portuarias 2018*. Guipúzcoa, España.
- Asociación de Ingenieros Navales de España. (2010). *Botadura del Buque Ferry Volcán del Teide*. Ingeniería Naval, España.
- Instituto Nacional de Estadística (2019). *Cálculo de variaciones del Índice de Precios de Consumo*. URL: <https://www.ine.es/varipc/>. (22 de Abril, 2019)
- Autoridad Portuaria de Huelva (2019). *Tarifas por servicios indirectos prestados por empresas en el puerto de Huelva*. URL: <http://www.puertohuelva.com/recursos/doc/aphuelvaportal/2016/08/19/tarifas-indirectas-20195998.pdf>. (28 de Octubre, 2019).
- Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife. *Tarifas máximas para el servicio de amarre y desamarre en los puertos de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife*. URL: <https://www.puertosdetenerife.org/index.php/tf-tasas-y-tarifas/tf-tarifas-tecnico-nauticas/tf-amarre>. (28 de Octubre, 2019)
- Autoridad Portuaria de Las Palmas. *Resolución del consejo de administración de la Autoridad Portuaria de Las Palmas sobre la actualización de las tarifas máximas del servicio de amarre y desamarre de buques en el puerto de Las Palmas*. URL: <http://www.palmasport.es/es/download/tarifas-servicio-amarre-y-desamarre-puerto-las-palmas-pdf/?wpdmdl=3548&refresh=5db5dd59824dc1572199769>.(28 de Octubre, 2019)
- Historical Fuel Prices Interactive Graph (2019). URL: <https://www.ttnews.com/historical-fuel-prices>. (22 de Abril de 2019)

ANEXO I

Tabla 74: Puntuación obtenida, en los diferentes equipos del buque, en el análisis de criticidad

Análisis de criticidad										
CÁMARA DE MÁQUINAS										
EQUIPO PROPULSOR	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	
Motores principales	5	0,4	2	5	0,4	2	5	0,2	1	5
Eje de cola	5	0,4	2	4,5	0,4	1,8	4	0,2	0,8	4,6
Eje intermedio	5	0,4	2	4,5	0,4	1,8	4,1	0,2	0,82	4,62
Reductora	5	0,4	2	4,5	0,4	1,8	3,9	0,2	0,78	4,58
Chumacera de empuje	5	0,4	2	4,5	0,4	1,8	3,9	0,2	0,78	4,58
Bocina	5	0,4	2	4,5	0,4	1,8	3,8	0,2	0,76	4,56
Tanque de compensación	5	0,4	2	4,5	0,4	1,8	3	0,2	0,6	4,4
Arbotantes	5	0,4	2	4,5	0,4	1,8	3	0,2	0,6	4,4
SERVICIO DE COMBUSTIBLE										
Filtros de aspiración	4	0,4	1,6	3,6	0,4	1,44	1	0,2	0,2	3,24
Bombas de alimentación	4	0,4	1,6	3,6	0,4	1,44	2	0,2	0,4	3,44
Válvula de control de presión	4	0,4	1,6	3,7	0,4	1,48	2	0,2	0,4	3,48
Tanque de desaireacion presurizado	4	0,4	1,6	3,6	0,4	1,44	2	0,2	0,4	3,44
Bombas de circulación	4	0,4	1,6	3,6	0,4	1,44	2	0,2	0,4	3,44
Calentadores de vapor	4	0,4	1,6	3,6	0,4	1,44	1,5	0,2	0,3	3,34
Filtro automático	4	0,4	1,6	3,6	0,4	1,44	1	0,2	0,2	3,24
Viscosímetro	4	0,4	1,6	3,6	0,4	1,44	1	0,2	0,2	3,24
Valvula de control para los intercambiadores	4	0,4	1,6	3,6	0,4	1,44	2	0,2	0,4	3,44
Válvula termostática	4	0,4	1,6	3,6	0,4	1,44	2	0,2	0,4	3,44
Panel de control	4	0,4	1,6	4	0,4	1,6	1,9	0,2	0,38	3,58
Panel de alarmas	4	0,4	1,6	4	0,4	1,6	1,9	0,2	0,38	3,58

Análisis de criticidad										
CÁMARA DE MÁQUINAS	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
SISTEMA DE TRASIEGO Y PURIFICACIÓN	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	TOTAL
Tanques de servicio diario de HFO	3,5	0,4	1,4	3,9	0,4	1,56	3	0,2	0,6	3,56
Tanques de sedimentación de HFO	3,5	0,4	1,4	4	0,4	1,6	3	0,2	0,6	3,6
Tanques de almacén de HFO	3,5	0,4	1,4	3,8	0,4	1,52	3	0,2	0,6	3,52
Bombas de trasiego de HFO	3,5	0,4	1,4	4	0,4	1,6	3,2	0,2	0,64	3,64
Unidad separadora de combustible	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	3	0,2	0,6	3,48
Filtro de aspiracion	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	2	0,2	0,4	3,28
Bomba de alimentacion de la separadora	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	2	0,2	0,4	3,28
Pre calentador de la separadora de HFO	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	2	0,2	0,4	3,28
Separadora de HFO	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	2	0,2	0,4	3,28
Tanque de lodos	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	3	0,2	0,6	3,48
Tanque de reboses de HFO	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	3	0,2	0,6	3,48
Tanque de servicio de MDF	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	3	0,2	0,6	3,48
Tanque de almacén de MDF	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	3	0,2	0,6	3,48
Separadora de MDF	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	2	0,2	0,4	3,28
Pre calentador de la separadora de MDF	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	2	0,2	0,4	3,28
Bombas de trasiego de MDF	3,5	0,4	1,4	3,7	0,4	1,48	3,2	0,2	0,64	3,52
SERVICIO DE ACEITE LUBRICANTE										
Bombas de lubricación	3	0,4	1,2	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2,8
Bombas de prelubricacion	3	0,4	1,2	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2,8
Bomba de lubricacion de respeto	3	0,4	1,2	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2,8
Filtros	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	1	0,2	0,2	2,2
Tanques de servicio de aceite	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	2	0,2	0,4	2,4
Tanques de almacen de aceite	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	2	0,2	0,4	2,4
Bombas de trasiego de aceite	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	2,2	0,2	0,44	2,44
Tanque de aceite sucio	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	2	0,2	0,4	2,4
Unidad separadora de aceite	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	1	0,2	0,2	2,2
Bomba de alimentación	3	0,4	1,2	3	0,4	1,2	2,2	0,2	0,44	2,84
Pre calentador	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	2	0,2	0,4	2,4
Separador de aceites	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	1	0,2	0,2	2,2
Tanque de lodos	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	2	0,2	0,4	2,4
Enfriadores de aceite lubricante	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	2	0,2	0,4	2,4
Válvula termostática	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	2	0,2	0,4	2,4

Análisis de criticidad										
CÁMARA DE MÁQUINAS	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	TOTAL
Compresor de aire de arranque	3	0,4	1,2	3,5	0,4	1,4	1	0,2	0,2	2,8
Compresor de emergencia	3	0,4	1,2	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	2,68
Separadores de agua y aceite	2	0,4	0,8	3	0,4	1,2	1	0,2	0,2	2,2
Botellas de aire de arranque	3	0,4	1,2	3,7	0,4	1,48	1,5	0,2	0,3	2,98
Válvula manual	2	0,4	0,8	3,5	0,4	1,4	1	0,2	0,2	2,4
Botella de aire comprimido	3	0,4	1,2	3,7	0,4	1,48	1,5	0,2	0,3	2,98
Filtro de aire de arranque	3	0,4	1,2	3	0,4	1,2	1	0,2	0,2	2,6
SISTEMA DE EXHAUSTACIÓN										
Conducto de exhaustación	1	0,4	0,4	3	0,4	1,2	0,5	0,2	0,1	1,7
Caldereta de gases de escape	2	0,4	0,8	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2,4
Silenciadores	1	0,4	0,4	1	0,4	0,4	1	0,2	0,2	1
Sistema de exhaustacion de los motores auxiliares	1	0,4	0,4	2,6	0,4	1,04	2	0,2	0,4	1,84
SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACIÓN										
Bombas de circulacion de agua dulce de respeto de los MMP	3	0,4	1,2	4	0,4	1,6	1	0,2	0,2	3
Bombas de circulacion de agua salada	3	0,4	1,2	4	0,4	1,6	2	0,2	0,4	3,2
Válvula termostática del circuito de HT	2	0,4	0,8	4	0,4	1,6	2	0,2	0,4	2,8
Válvula termostatica del circuito de LT	2	0,4	0,8	4	0,4	1,6	2	0,2	0,4	2,8
Valvula termostatica para recuperacion de calor	2	0,4	0,8	4	0,4	1,6	2	0,2	0,4	2,8
Ventoeo de aire	3	0,4	1,2	3,7	0,4	1,48	0,5	0,2	0,1	2,78
Tanque de expansion	2	0,4	0,8	3	0,4	1,2	1,3	0,2	0,26	2,26
Tanque de drenajes	2	0,4	0,8	3	0,4	1,2	1,3	0,2	0,26	2,26
Pre calentadores de cilindros de los motores	2	0,4	0,8	4	0,4	1,6	1,2	0,2	0,24	2,64
SERVICIO DE VAPOR										
Calderetas	2,5	0,4	1	1,6	0,4	0,64	2	0,2	0,4	2,04
Caldera auxiliar	2,5	0,4	1	1,6	0,4	0,64	2	0,2	0,4	2,04
Condensador Atmosférico	2,5	0,4	1	1,6	0,4	0,64	2	0,2	0,4	2,04
Serpentines	2,5	0,4	1	1,6	0,4	0,64	2	0,2	0,4	2,04
Tanque-filtro	2,5	0,4	1	1,6	0,4	0,64	2	0,2	0,4	2,04
Tanque de observacion de purgas	2,5	0,4	1	1,6	0,4	0,64	2	0,2	0,4	2,04

Análisis de criticidad										
PLANTA ELÉCTRICA	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
PLANTA ELÉCTRICA	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	TOTAL
Red de fuerza para equipos de gran potencia	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	1	0,2	0,2	2,2
Red de baja tension	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	1	0,2	0,2	2,2
Transformador monofásico	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	1	0,2	0,2	2,2
Diesel- generador	5	0,4	2	4,9	0,4	1,96	4,7	0,2	0,94	4,9
Generadores de cola (PTOs)	5	0,4	2	4,9	0,4	1,96	4,7	0,2	0,94	4,9
Generador de emergencia	5	0,4	2	4,8	0,4	1,92	4,7	0,2	0,94	4,86
Cuadro principal	3,8	0,4	1,52	2	0,4	0,8	1	0,2	0,2	2,52
Cuadros secundarios	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	1	0,2	0,2	2,2
Fuente transitoria de energía eléctrica	4	0,4	1,6	2	0,4	0,8	1	0,2	0,2	2,6
CLIMATIZACIÓN: SISTEMA DE VENTILACIÓN										
VENTILACION DE CCMM y ZONAS DE CARGA										
Ventiladores	2	0,4	0,8	0,5	0,4	0,2	1	0,2	0,2	1,2
Rejillas	2	0,4	0,8	0,5	0,4	0,2	1	0,2	0,2	1,2
Conductos de aspiracion y exhaustacion	2	0,4	0,8	0,5	0,4	0,2	1	0,2	0,2	1,2
VENTILACION DE ESPACIOS DE HABILITACIÓN										
aire acondicionado	2	0,4	0,8	0,5	0,4	0,2	1	0,2	0,2	1,2

Análisis de criticidad										
EQUIPOS DE AMARRE,FONDEO Y REMOLQUE										
AMARRE Y REMOLQUE	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	
Cables y amarras	3	0,4	1,2	3	0,4	1,2	1,5	0,2	0,3	2,7
Molinetes y chigres	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	1,7	0,2	0,34	2,34
Bitas	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	1,7	0,2	0,34	2,34
Alavante	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	1,7	0,2	0,34	2,34
Escobenes	3	0,4	1,2	2	0,4	0,8	1,7	0,2	0,34	2,34
FONDEO										
Ancla	3,5	0,4	1,4	4	0,4	1,6	3,5	0,2	0,7	3,7
Cadenas	3,5	0,4	1,4	4	0,4	1,6	3	0,2	0,6	3,6
Caja de cadenas	3,5	0,4	1,4	3,8	0,4	1,52	3	0,2	0,6	3,52
Freno de cinta	3	0,4	1,2	2,8	0,4	1,12	2,8	0,2	0,56	2,88
Cabilon	3	0,4	1,2	2,5	0,4	1	2,5	0,2	0,5	2,7
Barboten	3	0,4	1,2	2,5	0,4	1	2,8	0,2	0,56	2,76
Motor eléctrico	3	0,4	1,2	2,5	0,4	1	2,8	0,2	0,56	2,76
Gatera	3	0,4	1,2	2,5	0,4	1	2,9	0,2	0,58	2,78
EQUIPOS DE GOBIERNO										
EQUIPOS DE GOBIERNO										
Propulsores	5	0,4	2	4,7	0,4	1,88	4,7	0,2	0,94	4,82
Servomotores	5	0,4	2	4,6	0,4	1,84	4,7	0,2	0,94	4,78
Hélices transversales	5	0,4	2	4,5	0,4	1,8	4,6	0,2	0,92	4,72
Timón	5	0,4	2	4,7	0,4	1,88	4,8	0,2	0,96	4,84

Análisis de criticidad										
SISTEMA HIDRÁULICO	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
SISTEMA HIDRÁULICO	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	TOTAL
Motor hidráulico	3,5	0,4	1,4	3,5	0,4	1,4	3	0,2	0,6	3,4
Bombas hidráulicas	3,5	0,4	1,4	3,5	0,4	1,4	3	0,2	0,6	3,4
Tanque de aceite hidráulico	3	0,4	1,2	3,5	0,4	1,4	1,5	0,2	0,3	2,9
Válvula reguladora de caudal	3	0,4	1,2	3,5	0,4	1,4	1	0,2	0,2	2,8
Válvula de frenado	3	0,4	1,2	3,5	0,4	1,4	1	0,2	0,2	2,8
Enfriador de aceite	3	0,4	1,2	3,5	0,4	1,4	1	0,2	0,2	2,8
Tuberías	2	0,4	0,8	2	0,4	0,8	1	0,2	0,2	1,8
EQUIPOS DE CARGA Y DESCARGA										
EQUIPOS DE CARGA Y DESCARGA										
Puertas- rampa de acceso a popa (portones)	2,5	0,4	1	2	0,4	0,8	2,7	0,2	0,54	2,34
Rampa de comunicación entre cubiertas	2,5	0,4	1	2	0,4	0,8	2,7	0,2	0,54	2,34
Equipos de fijacion de la carga	2,5	0,4	1	2,5	0,4	1	2	0,2	0,4	2,4
SISTEMA DE ACCESO Y ELEVACIÓN										
ACCESO A BORDO DE PASAJEROS										
Dos puertas laterales	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	1,9	0,2	0,38	1,86
Pasarelas	2	0,4	0,8	1,8	0,4	0,72	1	0,2	0,2	1,72
Ascensores	2	0,4	0,8	1,8	0,4	0,72	1	0,2	0,2	1,72
Montacargas	2	0,4	0,8	1,8	0,4	0,72	1	0,2	0,2	1,72
Escala del práctico	2	0,4	0,8	1,8	0,4	0,72	1,5	0,2	0,3	1,82

Análisis de criticidad										
EQUIPO DE ILUMINACION	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
ALUMBRADO	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	TOTAL
Tope de proa	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Tope de popa	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Banda de estribor	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Banda de babor	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Luz de alcance	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Luz de buque remolcado	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Luz de todo horizonte	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Luz de fondeo a proa	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Luz de fondeo a popa	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Luz de buque sin propulsion	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Luz de buque de varado	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Luz de maniobra	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	1	0,2	0,2	3,08
Alumbrado interior	2	0,4	0,8	2,8	0,4	1,12	1	0,2	0,2	2,12
ARMAMENTO,INSTALACIONES Y HABILITACIÓN										
PROTECCIÓN CATÓDICA										
Anodos de sacrificio	1	0,4	0,4	2,8	0,4	1,12	1	0,2	0,2	1,72
PINTURA										
pintura exterior	1	0,4	0,4	2,8	0,4	1,12	1,8	0,2	0,36	1,88
pintura interior	1	0,4	0,4	2,8	0,4	1,12	1,8	0,2	0,36	1,88
pintura interior de tanques	1	0,4	0,4	2,8	0,4	1,12	1,8	0,2	0,36	1,88

ARMAMENTO, INSTALACIONES Y HABILITACIÓN	Análisis de criticidad									
	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	
CASCO Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES										
Casco	5	0,4	2	5	0,4	2	4,9	0,2	0,98	4,98
Aletas estabilizadoras	1	0,4	0,4	2,9	0,4	1,16	2,9	0,2	0,58	2,14
Escotillas logísticas	1	0,4	0,4	1,5	0,4	0,6	1	0,2	0,2	1,2
Cuadernas	3,8	0,4	1,52	4,6	0,4	1,84	4	0,2	0,8	4,16
Bulárcamas	3,8	0,4	1,52	4,6	0,4	1,84	4	0,2	0,8	4,16
Varengas	3,8	0,4	1,52	4,3	0,4	1,72	4	0,2	0,8	4,04
Mamparos	4	0,4	1,6	4,6	0,4	1,84	4,7	0,2	0,94	4,38
Mamparos contraincendios	4	0,4	1,6	4,6	0,4	1,84	4,6	0,2	0,92	4,36
Puntales	3,8	0,4	1,52	4,5	0,4	1,8	3,5	0,2	0,7	4,02
Doble fondo	5	0,4	2	5	0,4	2	4,7	0,2	0,94	4,94
Pique de proa	5	0,4	2	5	0,4	2	4,8	0,2	0,96	4,96
Pique de popa	5	0,4	2	5	0,4	2	4,8	0,2	0,96	4,96
Roda	5	0,4	2	5	0,4	2	4,8	0,2	0,96	4,96
Codaste	5	0,4	2	5	0,4	2	4,8	0,2	0,96	4,96
Aislamientos	2	0,4	0,8	2	0,4	0,8	1	0,2	0,2	1,8
Tambuchos	1	0,4	0,4	1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	0,9
Cubierta principal	1	0,4	0,4	1	0,4	0,4	2	0,2	0,4	1,2
Cubierta superior	1	0,4	0,4	1	0,4	0,4	2	0,2	0,4	1,2
Local de MMPP	1	0,4	0,4	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2
Local de motores auxiliares	1	0,4	0,4	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2
Local de grupos electrógenos	1	0,4	0,4	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2
Local de separadoras	1	0,4	0,4	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2
Locales de CI	1	0,4	0,4	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2
Sala de control de CCMM	1	0,4	0,4	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2
Local de hélices de proa	1	0,4	0,4	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2
Local del servomotor	1	0,4	0,4	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2

Análisis de criticidad										
ARMAMENTO, INSTALACIONES Y HABILITACIÓN										
CASCO Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	
Camarotes	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
Enfermería	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
Pañoles	0	0,4	0	1	0,4	0,4	1	0,2	0,2	0,6
Recepción	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
Acceso a las zonas exteriores	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
Comedor	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
Cocina	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
Almacén	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
Montacargas	0	0,4	0	1	0,4	0,4	1	0,2	0,2	0,6
Cafetería	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
Salones	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
Butacas	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
Mobiliario y materiales decorativos	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
Aseos	0	0,4	0	0	0,4	0	1	0,2	0,2	0,2
SALVAMENTO										
SEÑALES ÓPTICAS										
Cohetes lanza bengalas	5	0,4	2	4	0,4	1,6	1	0,2	0,2	3,8
EMBARCACIONES DE SUPERVIVENCIA										
Botes salvavidas	5	0,4	2	4	0,4	1,6	2	0,2	0,4	4
Botes de rescate	5	0,4	2	4	0,4	1,6	2	0,2	0,4	4
Balsas salvavidas	5	0,4	2	4	0,4	1,6	2	0,2	0,4	4
DISPOSITIVOS INDIVIDUALES DE SALVAMENTO										
Aros salvavidas	5	0,4	2	4	0,4	1,6	1	0,2	0,2	3,8
Chalecos salvavidas	5	0,4	2	4	0,4	1,6	1	0,2	0,2	3,8
Trajes de inmersión	5	0,4	2	4	0,4	1,6	1	0,2	0,2	3,8

SISTEMA CONTRA INCENDIOS	Análisis de criticidad									
	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	
DETECCIÓN										
Alarma contraincendios	4,5	0,4	1,8	4,7	0,4	1,88	2	0,2	0,4	4,08
Detectores de humo	4,5	0,4	1,8	4,7	0,4	1,88	2	0,2	0,4	4,08
EXTINCIÓN										
Tomas de mar	4,5	0,4	1,8	4,7	0,4	1,88	3	0,2	0,6	4,28
Colector principal	4,5	0,4	1,8	4,7	0,4	1,88	3	0,2	0,6	4,28
Bombas CI	4,5	0,4	1,8	4,8	0,4	1,92	3,5	0,2	0,7	4,42
Bomba CI de emergencia	4,5	0,4	1,8	4,7	0,4	1,88	3,5	0,2	0,7	4,38
Bocas contraincendios	4,5	0,4	1,8	4,7	0,4	1,88	3	0,2	0,6	4,28
EXTINCIÓN EN CCMM										
Sistema fijo contraincendios de gas	4,5	0,4	1,8	4,8	0,4	1,92	3,4	0,2	0,68	4,4
Sistema fijo contraincendios de agua	4,5	0,4	1,8	4,8	0,4	1,92	3,4	0,2	0,68	4,4
Nebulizadores	4,5	0,4	1,8	4,5	0,4	1,8	3	0,2	0,6	4,2
Equipo extintor portátil lanzaespuma	4,5	0,4	1,8	4,8	0,4	1,92	3,2	0,2	0,64	4,36
Sensores térmicos y de humo	4,5	0,4	1,8	4,8	0,4	1,92	2	0,2	0,4	4,12
EXTINCIÓN EN HABILITACIÓN										
Rociadores	4,5	0,4	1,8	4,9	0,4	1,96	2	0,2	0,4	4,16
Bombas independientes	4,5	0,4	1,8	4,7	0,4	1,88	3,5	0,2	0,7	4,38
Tanque presurizado de agua dulce	4,5	0,4	1,8	4,7	0,4	1,88	2	0,2	0,4	4,08
EXTINCIÓN EN CUBIERTAS DE CARGA										
Rociadores de accionamiento manual	4,5	0,4	1,8	4,7	0,4	1,88	2	0,2	0,4	4,08
Bombas	4,5	0,4	1,8	4,8	0,4	1,92	3,5	0,2	0,7	4,42
Tanque presurizado	4,5	0,4	1,8	4,5	0,4	1,8	2	0,2	0,4	4

Análisis de criticidad										
LASTRE Y SENTINAS	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	
TANQUES DE LASTRE										
Bombas centrífugas	3,7	0,4	1,48	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	3,08
Colectores	3	0,4	1,2	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	2,8
TANQUES ANTIESCORA										
Bomba reversible	3,8	0,4	1,52	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	3,12
SISTEMA DE DRENAJE										
Colector de sentinas y pocetes	3,8	0,4	1,52	3,6	0,4	1,44	2,1	0,2	0,42	3,38
Tuberías	2	0,4	0,8	2,5	0,4	1	1	0,2	0,2	2
Pozos de sentinas	3,8	0,4	1,52	3,6	0,4	1,44	2,5	0,2	0,5	3,46
Bombas de sentinas	3,8	0,4	1,52	3,6	0,4	1,44	2,5	0,2	0,5	3,46
Separador de sentinas	3,8	0,4	1,52	3,6	0,4	1,44	2,5	0,2	0,5	3,46
ACHIQUE										
Bombas de achique	3,5	0,4	1,4	3,8	0,4	1,52	2,6	0,2	0,52	3,44
Lineas de distribución	3	0,4	1,2	3	0,4	1,2	1	0,2	0,2	2,6

TRATAMIENTO SÉPTICO	Análisis de criticidad									
	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
AGUAS NEGRAS	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	
Desagües	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Cámara de aireación	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Cámara de descarga en contacto con cloro	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Difusores de aire anti atascos	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Cámara de clarificación	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Tolva del clarificador	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Línea de retorno de lodos	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Válvula de suministro de aire a la línea de retorno de lodos	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Válvula de suministro de aire del difusor	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Clarificador	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Colector de cruce	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Inyección de productos químicos	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Lodos de retorno de limpieza	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Retorno de lodos. Electroválvula de alimentación de aire	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Anti-sifón de ventilacion	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Eyector de vacio	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Válvulas del colector de vacio	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Válvulas de descarga	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Bomba de circulacion	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Colector del control de vacio	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Rejilla de ventilacion a la atmosfera	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Entrada de agua gris	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Inyección de productos químicos	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Descarga liquida tratada	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Panel de control	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Soplador	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Tubo de entrada de aguas residuales	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Tanque de cloro	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Descarga a sentina	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Biorreactor	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04
Tanque de almacenamiento de desechos	2	0,4	0,8	1,7	0,4	0,68	2,8	0,2	0,56	2,04

Análisis de criticidad										
TRATAMIENTO SÉPTICO	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
AGUAS GRISES	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	TOTAL
Tanque de almacenamiento de aguas grises	2,4	0,4	0,96	2	0,4	0,8	2,9	0,2	0,58	2,34
Planta de tratamiento séptico	2,4	0,4	0,96	2	0,4	0,8	2,9	0,2	0,58	2,34
Bombas de circulacion de aguas grises	2,3	0,4	0,92	2	0,4	0,8	2,9	0,2	0,58	2,3
Bombas de descarga de aguas grises	2,3	0,4	0,92	2	0,4	0,8	2,9	0,2	0,58	2,3
AGUA SANITARIA										
AGUA SANITARIA										
Tanques de almacen de agua dulce	2,6	0,4	1,04	2,5	0,4	1	0,9	0,2	0,18	2,22
Tanque hidróforo de agua fría sanitaria	2,6	0,4	1,04	2,5	0,4	1	0,8	0,2	0,16	2,2
Bombas de circulacion de agua fría sanitaria	2,6	0,4	1,04	2,5	0,4	1	1,1	0,2	0,22	2,26
Tanque hidróforo de agua caliente sanitaria	2,6	0,4	1,04	2,5	0,4	1	0,8	0,2	0,16	2,2
Bombas de circulacion de agua caliente sanitaria	2,6	0,4	1,04	2,5	0,4	1	1,1	0,2	0,22	2,26
Tanque de agua potable a presion	2,6	0,4	1,04	2,5	0,4	1	1	0,2	0,2	2,24
Bombas de circulacion de agua potable	2,6	0,4	1,04	2,5	0,4	1	1,1	0,2	0,22	2,26
Planta potabilizadora	2,6	0,4	1,04	2,5	0,4	1	2	0,2	0,4	2,44
AIREACIÓN Y SONDA										
AIREACIÓN										
Tubos de respiro	0,4	0,4	0,16	0,5	0,4	0,2	0,8	0,2	0,16	0,52
SONDA										
Indicadores de nivel	0,4	0,4	0,16	0,5	0,4	0,2	0,8	0,2	0,16	0,52

Análisis de criticidad										
NAVEGACIÓN Y COMUNICACIÓN	CR1 INDISPONIBILIDAD			CR2 SEGURIDAD			CR3 COSTE ACTIVO			TOTAL
EQUIPO DE NAVEGACIÓN	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	TOTAL
Compás magnético con sistema de compensación magnética	4	0,4	1,6	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	3,2
Compás magnético de respeto	4	0,4	1,6	2	0,4	0,8	2	0,2	0,4	2,8
Giróscopo con tres repetidores	4	0,4	1,6	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	3,2
Piloto automático en conexión con la giroscopica	4	0,4	1,6	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	3,2
Indicador de velocidad de giro	4	0,4	1,6	3,2	0,4	1,28	2	0,2	0,4	3,28
Rediognoniometro	4	0,4	1,6	3	0,4	1,2	2	0,2	0,4	3,2
Receptor DECCA NAVIGATOR	4	0,4	1,6	2,5	0,4	1	2	0,2	0,4	3
Receptor automático LORAN-C	4	0,4	1,6	2,5	0,4	1	2	0,2	0,4	3
Sistema de navegación por satélite GPS	4	0,4	1,6	3,5	0,4	1,4	2,5	0,2	0,5	3,5
Sonda acústica con repetidor digital	4	0,4	1,6	3,5	0,4	1,4	2,5	0,2	0,5	3,5
Radar de movimiento real	4	0,4	1,6	3,5	0,4	1,4	2,5	0,2	0,5	3,5
Radar de movimiento meterologica	4	0,4	1,6	3,7	0,4	1,48	2,5	0,2	0,5	3,58
Indicador electronico de angulo de giro del timon	4	0,4	1,6	3,7	0,4	1,48	2,5	0,2	0,5	3,58
Corredera	4	0,4	1,6	3	0,4	1,2	1	0,2	0,2	3
Indicacion de revoluciones y posicion de las palas de la heli	4	0,4	1,6	3,6	0,4	1,44	2,5	0,2	0,5	3,54
Sistema de indicacion de revoluciones de las helices de maniob	4	0,4	1,6	3,9	0,4	1,56	2,5	0,2	0,5	3,66
Indicador del angulo girado por los timones	4	0,4	1,6	3,9	0,4	1,56	2,5	0,2	0,5	3,66
Indicador de velocidad y direccion del viento	4	0,4	1,6	2,5	0,4	1	2,5	0,2	0,5	3,1
Cartas náuticas	4	0,4	1,6	1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	2,1
Derroteros	4	0,4	1,6	1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	2,1
Libros de faros	4	0,4	1,6	1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	2,1
Avisos a navegantes	4	0,4	1,6	1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	2,1
Tabla de mareas	4	0,4	1,6	2	0,4	0,8	0,5	0,2	0,1	2,5
Ejemplar del Código Internacional de Señales	4	0,4	1,6	3	0,4	1,2	0,5	0,2	0,1	2,9
Sextantes	4	0,4	1,6	1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	2,1
Termómetros	4	0,4	1,6	1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	2,1
Barómetros	4	0,4	1,6	1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	2,1
Reglas	4	0,4	1,6	0,5	0,4	0,2	0,5	0,2	0,1	1,9
Prismáticos	4	0,4	1,6	0,5	0,4	0,2	0,5	0,2	0,1	1,9

Análisis de criticidad										
NAVEGACIÓN Y COMUNICACIÓN										
EQUIPO DE COMUNICACIÓN										
COMUNICACIÓN INTERIOR										
	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	VALOR	PONDERACION	TOTAL	TOTAL
Telégrafo de máquinas	2	0,4	0,8	2	0,4	0,8	0,5	0,2	0,1	1,7
Sistema de altavoces y micrófonos para las maniobras de atraque	2	0,4	0,8	2	0,4	0,8	0,5	0,2	0,1	1,7
Sistema de altavoces en pasillos y espacios públicos	2	0,4	0,8	2	0,4	0,8	0,5	0,2	0,1	1,7
Sistema de telefonía móvil GSM	2	0,4	0,8	2	0,4	0,8	0,5	0,2	0,1	1,7
Equipos walkie-talkie para comunicación con el puente	2	0,4	0,8	2	0,4	0,8	0,5	0,2	0,1	1,7
Sistema de cámaras instaladas en la CCMM para la extinción de incendios	2	0,4	0,8	2	0,4	0,8	0,5	0,2	0,1	1,7
COMUNICACIÓN EXTERIOR										
Emisora de radio	4	0,4	1,6	4	0,4	1,6	0,6	0,2	0,12	3,32
Receptor de escucha	4	0,4	1,6	4	0,4	1,6	0,6	0,2	0,12	3,32
Generador de señales de la frecuencia radiotelefónica de socorro	4	0,4	1,6	5	0,4	2	0,6	0,2	0,12	3,72
Radio-telefonos VHF	4	0,4	1,6	4,5	0,4	1,8	0,6	0,2	0,12	3,52
Equipo VHF portátil para las balsas de rescate	4	0,4	1,6	3,9	0,4	1,56	0,6	0,2	0,12	3,28
Sistema de comunicaciones por satélite con télex	4	0,4	1,6	3,9	0,4	1,56	0,6	0,2	0,12	3,28
Radio-balizas de emergencia	4	0,4	1,6	3,5	0,4	1,4	0,6	0,2	0,12	3,12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75: Tabla de criticidad de los diferentes equipos del buque, de mayor a menor criticidad

Motores principales	5
Casco	4,98
Pique de proa	4,96
Pique de popa	4,96
Roda	4,96
Codaste	4,96
Doble fondo	4,94
Diésel- generador	4,9
Generadores de cola (PTOs)	4,9
Generador de emergencia	4,86
Timón	4,84
Propulsores	4,82
Servomotores	4,78
Hélices transversales	4,72
Eje intermedio	4,62
Eje de cola	4,6
Reductora	4,58
Chumacera de empuje	4,58
Bocina	4,56
Bombas CI	4,42
Bombas	4,42
Tanque de compensación	4,4
Arbotantes	4,4
Sistema fijo contraincendios de gas	4,4
Sistema fijo contraincendios de agua	4,4
Mamparos	4,38
Bomba CI de emergencia	4,38
Bombas independientes	4,38
Mamparos contraincendios	4,36
Equipo extintor portátil lanzaespuma	4,36
Tomas de mar	4,28
Colector principal	4,28
Bocas contraincendios	4,28
Nebulizadores	4,2
Cuadernas	4,16
Bulárcamas	4,16
Rociadores	4,16
Sensores térmicos y de humo	4,12
Alarma contraincendios	4,08
Detectores de humo	4,08
Tanque presurizado de agua dulce	4,08
Rociadores de accionamiento manual	4,08
Varengas	4,04
Puntales	4,02
Botes salvavidas	4
Botes de rescate	4
Balsas salvavidas	4
Tanque presurizado	4

Cohetes lanza bengalas	3,8
Aros salvavidas	3,8
Chalecos salvavidas	3,8
Trajes de inmersión	3,8
Generador de señales de la frecuencia radiotelefónica de socorro	3,72
Ancla	3,7
Sistema de indicación de revoluciones de las hélices de maniobra	3,66
Indicador del ángulo girado por los timones	3,66
Bombas de trasiego de HFO	3,64
Tanques de sedimentación de HFO	3,6
Cadenas	3,6
Panel de control	3,58
Panel de alarmas	3,58
Radar de movimiento meteorológica	3,58
Indicador electrónico de ángulo de giro del timón	3,58
Tanques de servicio diario de HFO	3,56
Sistema de indicación de revoluciones y posición de las palas de la hélice de popa	3,54
Bombas de trasiego de MDF	3,52
Radio-telefonos VHF	3,52
Tanques de almacén de HFO	3,52
Caja de cadenas	3,52
Sistema de navegación por satélite GPS	3,5
Sonda acústica con repetidor digital	3,5
Radar de movimiento real	3,5
Unidad separadora de combustible	3,48
Tanque de lodos	3,48
Tanque de reboses de HFO	3,48
Tanque de servicio de MDF	3,48
Tanque de almacén de MDF	3,48
Válvula de control de presión	3,48
Pozos de sentinas	3,46
Bombas de sentinas	3,46
Separador de sentinas	3,46
Bombas de alimentación	3,44
Tanque de desaireación presurizado	3,44
Bombas de circulación	3,44
Válvula de control para los intercambiadores	3,44
Válvula termostática	3,44
Bombas de achique	3,44
Motor hidráulico	3,4
Bombas hidráulicas	3,4

Colector de sentinas y pocetes	3,38
Calentadores de vapor	3,34
Emisora de radio	3,32
Receptor de escucha	3,32
Filtro de aspiración	3,28
Bomba de alimentación de la separadora	3,28
Pre calentador de la separadora de HFO	3,28
Separadora de HFO	3,28
Separadora de MDF	3,28
Pre calentador de la separadora de MDF	3,28
Indicador de velocidad de giro	3,28
Equipo VHF portátil para las balsas de rescate	3,28
Sistema de comunicaciones por satélite con télex	3,28
Filtros de aspiración	3,24
Filtro automático	3,24
Viscosímetro	3,24
Bombas de circulación de agua salada	3,2
Compás magnético con sistema de compensación magnética	3,2
Giróscopo con tres repetidores	3,2
Piloto automático en conexión con la giroscópica	3,2
Radiogoniómetro	3,2
Bomba reversible	3,12
Radio-balizas de emergencia	3,12
Indicador de velocidad y dirección del viento	3,1
Tope de proa	3,08
Tope de popa	3,08
Banda de estribor	3,08
Banda de babor	3,08
Luz de alcance	3,08
Luz de buque remolcado	3,08
Luz de todo horizonte	3,08
Luz de fondeo a proa	3,08
Luz de fondeo a popa	3,08
Luz de buque sin propulsión	3,08
Luz de buque de varado	3,08
Luz de maniobra	3,08
Bombas centrífugas	3,08
Bombas de circulación de agua dulce de respeto de los MMPP	3
Corredera	3
Receptor DECCA NAVIGATOR	3
Receptor automático LORAN-C	3
Botellas de aire de arranque	2,98
Botella de aire comprimido	2,98
Tanque de aceite hidráulico	2,9
Ejemplar del Código Internacional de Señales	2,9
Freno de cinta	2,88
Bomba de alimentación	2,84
Compresor de aire de arranque	2,8
Válvula reguladora de caudal	2,8
Válvula de frenado	2,8
Enfriador de aceite	2,8
Bombas de lubricación	2,8
Bombas de prelubricación	2,8
Bomba de lubricación de respeto	2,8
Válvula termostática del circuito de HT	2,8
Válvula termostática del circuito de LT	2,8
Valvula termostática para recuperación de calor	2,8
Colectores	2,8
Compás magnético de respeto	2,8

Venteo de aire	2,78
Gatera	2,78
Barbotén	2,76
Motor eléctrico	2,76
Cables y amarras	2,7
Cabilón	2,7
Compresor de emergencia	2,68
Pre calentadores de cilindros de los motores	2,64
Filtro de aire de arranque	2,6
Fuente transitoria de energía eléctrica	2,6
Líneas de distribución	2,6
Cuadro principal	2,52
Tabla de mareas	2,5
Bombas de trasiego de aceite	2,44
Planta potabilizadora	2,44
Válvula manual	2,4
Tanques de servicio de aceite	2,4
Tanques de almacén de aceite	2,4
Tanque de aceite sucio	2,4
Pre calentador	2,4
Tanque de lodos	2,4
Enfriadores de aceite lubricante	2,4
Válvula termostática	2,4
Caldereta de gases de escape	2,4
Equipos de fijacion de la carga	2,4
Molinetes y chigres	2,34
Bitas	2,34
Alavante	2,34
Escobenes	2,34
Puertas- rampa de acceso a popa (portones)	2,34
Rampa de comunicación entre cubiertas	2,34
Tanque de almacenamiento de aguas grises	2,34
Planta de tratamiento séptico	2,34
Bombas de circulacion de aguas grises	2,3
Bombas de descarga de aguas grises	2,3
Bombas de circulación de agua fría sanitaria	2,26
Bombas de circulación de agua caliente sanitaria	2,26
Bombas de circulación de agua potable	2,26
Tanque de expansión	2,26
Tanque de drenajes	2,26
Tanque de agua potable a presión	2,24
Tanques de almacén de agua dulce	2,22
Filtros	2,2
Unidad separadora de aceite	2,2
Separador de aceites	2,2
Separadores de agua y aceite	2,2
Red de fuerza para equipos de gran potencia	2,2
Red de baja tensión	2,2
Transformador monofásico	2,2
Cuadros secundarios	2,2
Tanque hidróforo de agua fría sanitaria	2,2
Tanque hidróforo de agua caliente sanitaria	2,2

Aletas estabilizadoras	2,14
Alumbrado interior	2,12
Cartas náuticas	2,1
Derroteros	2,1
Libros de faros	2,1
Avisos a navegantes	2,1
Sextantes	2,1
Termómetros	2,1
Barómetros	2,1
Calderetas	2,04
Caldera auxiliar	2,04
Condensador Atmosférico	2,04
Serpentines	2,04
Tanque-filtro	2,04
Tanque de observación de purgas	2,04
Desagües	2,04
Cámara de aireación	2,04
Cámara de descarga en contacto con cloro	2,04
Difusores de aire anti atascos	2,04
Cámara de clarificación	2,04
Tolva del clarificador	2,04
Línea de retorno de lodos	2,04
Válvula de suministro de aire a la línea de retorno de lodos	2,04
Válvula de suministro de aire del difusor	2,04
Clarificador	2,04
Colector de cruce	2,04
Inyección de productos químicos	2,04
Lodos de retorno de limpieza	2,04
Retorno de lodos. Electroválvula de alimentación de aire	2,04
Anti-sifón de ventilación	2,04
Eyector de vacío	2,04
Válvulas del colector de vacío	2,04
Válvulas de descarga	2,04
Bomba de circulación	2,04
Colector del control de vacío	2,04
Rejilla de ventilación a la atmósfera	2,04
Entrada de agua gris	2,04
Inyección de productos químicos	2,04
Descarga líquida tratada	2,04
Panel de control	2,04
Soplador	2,04
Tubo de entrada de aguas residuales	2,04
Tanque de cloro	2,04
Descarga a sentina	2,04
Biorreactor	2,04
Tanque de almacenamiento de desechos	2,04
Local de MMPP	2
Local de motores auxiliares	2
Local de grupos electrógenos	2
Local de separadoras	2
Locales de CI	2
Sala de control de CCMM	2
Local de hélices de proa	2
Local del servomotor	2
Tuberías	2
Reglas	1,9
Prismáticos	1,9
pintura exterior	1,88
pintura interior	1,88
pintura interior de tanques	1,88
Dos puertas laterales	1,86
Sistema de exhaustación de los motores auxiliares	1,84
Escala del práctico	1,82
Tuberías	1,8
Aislamientos	1,8

Pasarelas	1,72
Ascensores	1,72
Montacargas	1,72
Ánodos de sacrificio	1,72
Conducto de exhaustación	1,7
Telégrafo de máquinas	1,7
Sistema de altavoces y micrófonos para las maniobras de atraque	1,7
Sistema de altavoces en pasillos y espacios públicos	1,7
Sistema de telefonía móvil GSM	1,7
Equipos walkie-talkie para comunicación con el puente	1,7
Sistema de cámaras instaladas en la CCMM para la extinción de incendios	1,7
Cubiertas de carga	1,2
Cubiertas superior	1,2
Ventiladores	1,2
Rejillas	1,2
Conductos de aspiración y exhaustación	1,2
aire acondicionado	1,2
Escotillas logísticas	1,2
Silenciadores	1
Tambuchos	0,9
Paños	0,6
Montacargas	0,6
Tubos de respiro	0,52
Indicadores de nivel	0,52
Camarotes	0,2
Enfermería	0,2
Recepción	0,2
Acceso a las zonas exteriores	0,2
Comedor	0,2
Cocina	0,2
Almacén	0,2
Cafetería	0,2
Salones	0,2
Butacas	0,2
Mobiliario y materiales decorativos	0,2
Aseos	0,2
Pagayas	0,2
Listado de contenido	0,2
Bolsa de achique	0,2
Bomba de hinchado	0,2
Bengala	0,2
Cohetes	0,2
Reflector de radar	0,2
Botiquín	0,2
Aro salvavidas	0,2
Bolsas para mareo	0,2
Mantas térmicas	0,2
Agua	0,2
Comida	0,2
Silbato	0,2
Pilas	0,2
Linterna	0,2
Motores eléctricos	0

Bomba de alimentación	0
Precalentador	0
Separadora	0
Bomba de lodos	0
Cuadro de control	0
Monotorización	0
Válvula de seguridad	0
Bomba de alimentación	0
Filtro de aspiración	0
Válvula de seguridad	0
Precalentador	0
Separadora	0
Armario de control	0
Tanque de lodos	0
Bomba de lodos	0
Sensor de nivel	0
Alarma de bajo nivel	0
Sistema para permitir añadir aditivos	0
Sensor de nivel	0
Alarma de bajo nivel	0
Sistema para permitir añadir aditivos	0
Válvula termostática	0
Circuitos de arranque para motores	0
Rectificadores	0
Inversores	0
Sistema de alimentación ininterrumpida	0
Condensadores	0
Evaporadores	0
Ventiladores	0
Conductos	0
Rejillas	0
Difusores	0
Electro bombas hidráulicas	0
Panel en el puente de gobierno	0
Columna telemotor con distribuidor incorporado	0
Caja potenciométrica para indicar el ángulo de giro	0
Indicador de grados de tipo panorámico	0
Arrancadores	0
Anclajes sobre cubierta	0
Bozas con tensores de las cadenas	0
Calzos para las ruedas de las plataformas	0
Caballetes para apoyo de los trailers	0
Filtro	0
Alarma	0
Tanque de sedimentación	0
Tanque de clorinación	0
Bomba de baja presión	0
Decantador	0
Filtro: membrana semipermeable	0
Válvulas	0
Tuberías	0
Tolvas	0
Cuadro de control y maniobra	0

Fuente: Elaboración propia