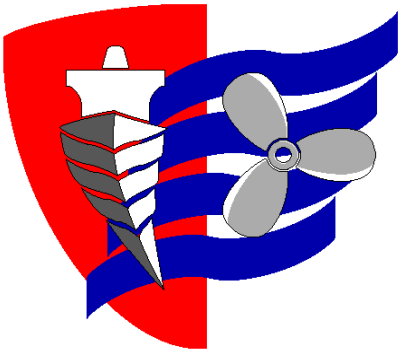
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Máster

ESTUDIO DE LA PÉRDIDA DE UN T-FOIL EN UN HSC INCAT Y SU REPARACION

STUDY OF THE LOSS OF A T FOIL IN AN INCAT HSC AND ITS REPAIR

Para acceder al Título de Máster Universitario en

INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

Autor: D. Néstor A. Campillo González
Director: Dña. Emma Diaz Ruiz de Navamuel
Universidad de Cantabria

Septiembre– 2022

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Máster

ESTUDIO DE LA PÉRDIDA DE UN T-FOIL EN UN HSC INCAT Y SU REPARACION

STUDY OF THE LOSS OF A T FOIL IN AN INCAT HSC AND ITS REPAIR

Para acceder al Título de Máster Universitario en

INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

Septiembre – 2022

AGRADECIMIENTOS

<< Quiero dar las gracias a cada una de las personas que han despertado en mi esta inquietud por el mar. También quiero agradecer a mis compañeros y capitanes que me han formado como profesional y como persona. Quiero dar las gracias en especial a mis amigos y mi familia que me han acompañado en esta marea de sacrificio y dedicación apostando desde un primer momento por mi ilusión y acompañándome en esta travesía de mi vida. Quiero agradecer a mi abuelo su buena fe por mí, su tiempo para inculcarme esta pasión por el mar que a día de hoy se ha convertido en mi pilar fundamental, se lo dedico desde el mar para el cielo >>

AVISO DE RESPONSABILIDAD:

Este documento es el trabajo fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable del contenido.
Se trata, por lo tanto, de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.
Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.
Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros.

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster, así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.

RESUMEN:

Este trabajo tiene como objetivo proporcionar un estudio sobre un caso real de un HSC (hight speed craft) de los astilleros INCA en su modelo especifico con T-Foil, en cada patín de proa.

En este caso nos encontramos con un incidente real, acontecido en un buque HSC.
Este buque trabaja en una línea regular en el mar Mediterráneo, en un trayecto de navegación de una hora, a una velocidad de 33 nudos y realizando un mínimo de un trayecto al día.
Durante la travesía, nos encontramos con una entrada de agua en dos VOID. La entrada se originó por el impacto del T-foil en ellos, al partirse de su base e impactar contra el casco del buque.
Al presentarse un incidente y careciendo de un procedimiento de actuación, se actuó por inercia y experiencia. Obteniendo un resultado satisfactorio.

Bajo la experiencia del primer oficial de cubierta de este buque, vamos a analizar este modelo de buque en concreto, sus características, composición, su origen, cual es la funcionalidad del T.-foil en el buque y que nos proporciona a la hora de navegar.

Con el fin de estudiar detenidamente la complejidad del elemento de estabilidad T- Foil y teniendo una pérdida del mismo, se comprobará cómo se va a comportar el barco, cómo se ha de actuar mediante la pérdida del T-Foil, cuáles son los medios que tenemos para hacer una reparación, para poder llegar a varadero y llevar a cabo su reparación final.

El fin de este trabajo está basado en la experiencia a bordo de este modelo de HSC (hight speed craft) en el cual nos hemos especializado y hemos visto un punto complejo con respecto a otros HSC (hight speed craft), la importancia de los aislamientos, mantenimientos y procedimientos de

actuación.

El objetivo de este trabajo fin de máster (TFM), es implementar bajo la experiencia de lo sucedido un mejor sistema de mantenimiento en los T-foil del buque y en caso de pérdida del T-foil por impacto establecer una ficha de mantenimiento y un protocolo rápido de actuación que minimice los riesgos y los costos para la naviera.

Este trabajo de fin de Máster, como ya se ha mencionado con anterioridad trata de un trabajo de investigación basado en la experiencia profesional que nos ha brindado la compañía a lo largo de estos años.
Por privacidad del buque y de la compañía, dado que los datos expuestos aquí comprometen a la seguridad y a la protección del buque, en ningún momento se hará mención ni de la empresa que explota el barco ni del nombre del buque.

Palabras clave: Trabajo marítimo, T-foil, estabilidad, void, inundación

ABSTRACT:

The objective of this work is to provide a study on the hull HSC shipyards INCA in its specific model with T Foil in each bow skate. This is a research work based on professional experience in this type of ship.
We will explain in details its characteristics, the composition, its origins, what is his functionality is on the boat, what it provides us when sailing.

In order to carefully study the complexity of the T-Foil stability element, and to lose it, how the boat is going to behave, how to act through the loss of the T-Foil, what are the means we have to do a repair to be able to reach the boathouse and make its final repair.

The purpose of this work is based on the experience on board of this HSC model, which is the one in which we have specialized, and were we have seen a complex point with respect to other HSC, the importance of insulation, maintenance and action procedures.

This Master's thesis, as previously mentioned, is a research project based on the professional experience that the company has given us over the years. In order to respect the privacy of the ship and the company, since the data exposed here compromises the safety and protection of the ship, at no time will mention be made of the company that operates the ship or the name of the ship.

The objective of this Master's Thesis (TFM) is to implement, based on the experience of what happened, a better maintenance system in the T Foil of the ship and in the event of loss of the T Foil due to impact, to establish a rapid action protocol that minimizes the risks and shipping costs.

This Master's thesis, is a research project based on the professional experience that the company has given to us over the years.

In order to protect the privacy of the ship and of the company, we will not mention the company that operates the ship or the name of the ship.

Keywords: Maritime work, T-foil, stability, void, flooding

Tabla de Contenido

1.- INTRODUCCIÓN 1

2.- ANTECEDENTES 2

2.1 Incat: 2

2.1.1 .-Línea de producción: 6

2.1.2.- Diseño: 6

2.1.3.- Tienda de Platos: 7

2.1.4.- Prefabricación: 8

2.1.5.- Asamblea: 8

2.1.6.- Equipar: 10

2.1.7.- Lanzar: 10

2.1.8.- Diseño de revolución: 10

2.1.9.- La Marina: 12

3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVO 13

4.- METODOLOGÍA: 14

5.- DESARROLLO: 15

5.1.-Carácterísticas del T.-foil con LAP INCAT: 16

5.2.- Funciones del T Foil: 23

5.3.- Características Técnicas del Buque: 25

5.4.- Hechos: 26

5.5.-Estudio de soluciones: 33

5.6.-Reparación: 35

5.7.- Origen. Análisis de las Causas: 37

5.8.- Diseño del procedimiento ante rotura del T-Foil: 47

5.9.- Flujograma 59

5.10.- Ficha de inspección del T-foil: 60

6.- APORTACIÓN PERSONAL 61

7.- CONCLUSIONES 61

8.-REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍCAS 63

1.- INTRODUCCIÓN

Estableciendo como objetivo la seguridad de los buques, el mantenimiento y la actuación de sus protocolos a seguir, son básicos y fundamentales para el cumplimiento de la normativa vigente y de sus certificados de navegabilidad y calidad.
Cada buque requiere un mantenimiento determinado, ya que no todos los buques están fabricados de los mismos materiales, ni tienen las mismas dimensiones ni la misma hidrodinámica.
Cada buque está diseñado en concreto por su astillero, dependiendo de lo que requiere el cliente para su acción en la empresa, las funciones que va a cumplir el buque y en qué zona marítima navegará el buque.

En **la primera fase** de este trabajo nos centraremos en explicar en detalle quién es el astillero INCAT, dónde se encuentra, y cómo se ha especializado, a lo largo de estos años, en los HSC (hight speed craft) y en su forma característica de construir buques.

La segunda fase, será explicar cómo es el diseño de un INCA en concreto por qué tiene los T-foil en proa, y qué efecto nos proporciona esta pieza a la hora de dar estabilidad.
¿Por qué es de gran importancia?

En **una tercera fase**, comprobaremos qué sucede cuando tenemos una pérdida de cualquiera de los T-foil, sea por un impacto o por un mal mantenimiento. ¿Qué nos puede llegar a pasar?
¿Cuál es el protocolo de actuación? ¿A día de hoy, existe protocolo de actuación? ¿Cuál es el método de reparación de fortuna que podemos realizar para poder navegar hasta un varadero?
¿Cuáles son los mecanismos de mejora para la actuación bajo la experiencia requerida?

2.- ANTECEDENTES

2.1 INCAT:

Ilustración 1: Título. Logotipo de Incat

Fuente: (Incat, https://incat.com.au/, 2022)

Incat Tasmania es un fabricante de ferries tipo catamarán para embarcaciones de alta velocidad (HSC).

Se ha especializado en grandes transbordadores marítimos de pasajeros y vehículos, pero también ha construido transportes militares y en 2015 se ha iniciado en la construcción de transbordadores fluviales más pequeños.

Incat tiene sede en Derwent Park , un suburbio de Hobart , Tasmania , Australia, y fue fundada por Bob Clifford .

La empresa construye embarcaciones utilizando tecnología de construcción de aluminio, perforación de olas y chorro de agua.

Incat ha construido buques de hasta 130 metros de eslora y 13.000 toneladas brutas, que llegan a alcanzar velocidades de crucero de hasta 58 nudos (107 km/h).

La compañía se fundó en los suburbios de Hobart, en la década de 1970. Llamándose en sus inicios **Sullivans Cove Ferry Company**.

Su primera construcción fueron cuatro transbordadores pequeños.

Posteriormente, en 1977, se asociaron el fundador de Sullivans Cove Ferry Company, Bob Clifford y el arquitecto marítimo Philip Hercus y fundaron **“International Catamaranes**”.

Esta asociación diseñó el que, probablemente, fue el primer gran catamarán perforador de olas en el mundo.

Sin embargo, la sociedad se disolvió en 1988, quedándose Clifford en Hobart, comercializando las embarcaciones como “**Incat Tasmania**” y trabajando con

su propia empresa de diseño (**Revolution Design**), mientras que Hercus regresó a Sydney para fundar 'Incat Designs (Sydney)', una empresa exclusiva de diseño que, posteriormente pasó a denominarse Incat Crowther. Incat Crowther e Incat Tasmania no estaban asociadas y sus barcos los construían otras empresas.

En 1989, Incat Tasmania se trasladó su ubicación actual en Prince of Wales Bay, lo que le permitió construir barcos más grandes, entregando en 1990 su primer transbordador catamarán rápido de 74 metros.

Al mismo tiempo, otras empresas también comenzaron a construir grandes transbordadores, en aluminio, de transporte de vehículos.

Este tipo de barco fue revolucionario y, durante la siguiente década. Los barcos rápidos reemplazaron a la mayoría de los servicios de aerodeslizadores, así como a muchos transbordadores monocasco. El éxito de este nuevo tipo de ferry llevó a otros constructores de barcos de todo el mundo a utilizar sus astilleros para construir grandes catamaranes de aluminio para vehículos.

Sin embargo, muchos operadores de transbordadores prefirieron los diseños de monocascos tradicionales y el mercado limitado de barcos rápidos se llenó de fabricantes que hacían ofertas bajas para mantener sus astilleros en funcionamiento.

Después del inevitable colapso de la industria, sobrevivieron dos constructores de transbordadores de grandes catamaranes, Incat y su rival con sede en Perth, Austal .

Incat, dadas las circunstancias, se vio en la obligación de reducir su tamaño, y después de un breve período en situación crítica, la empresa continuó construyendo transbordadores y desarrollando diseños más grandes, ambiciosos y eficientes.

La fuerza laboral de Incat Tasmania se expandió rápidamente a partir de 2015 gracias a su diversificación en transbordadores, recuperando el mercado.

En 1990, Incat se convirtió en uno de los pioneros en transbordadores de catamaranes grandes y rápidos y, desde entonces, ha sido su producto principal.

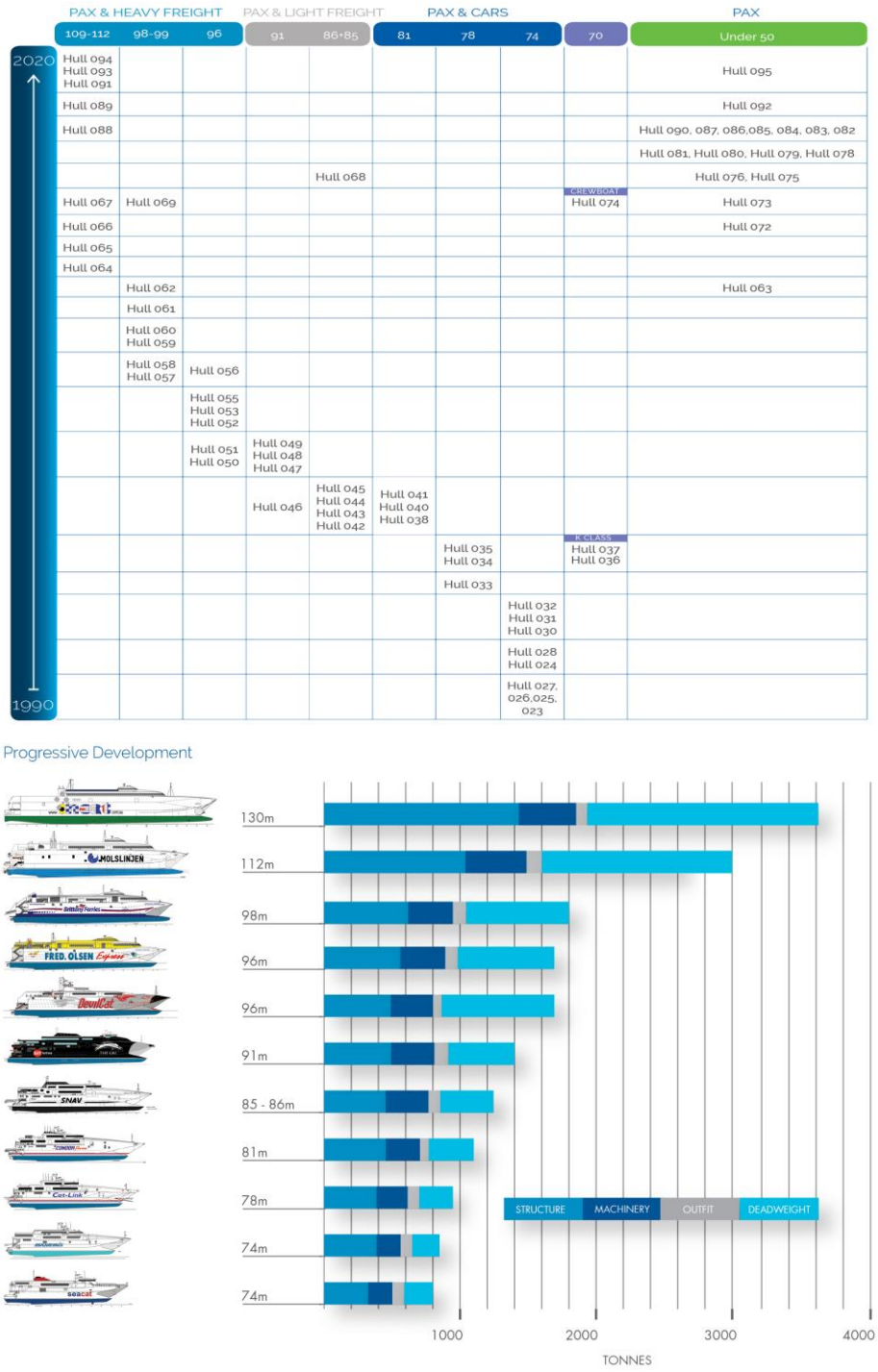
Gracias a este tipo de catamaranes, Incat se convirtió en un competidor importante en la industria. A lo largo de los años, la innovación ha llevado a que los barcos se fabriquen cada vez más grandes, más rápidos, más eficientes en combustible y mucho más estables en mares agitados.
Además, las cubiertas de los vehículos a menudo se pueden mover para dar paso a camiones altos o automóviles adicionales.

Las mejoras del producto y las lecciones aprendidas de décadas de trabajo con el sector comercial han permitido a Incat ofrecer embarcaciones probadas y comprobadas.
Desde que se entregó al Reino Unido el primer transbordador de pasajeros y vehículos de alta velocidad de 74 metros en 1990, se ha producido un aumento gradual y constante en la longitud de la línea de flotación y el peso muerto de las embarcaciones, al tiempo que se mantiene la alta velocidad por la que Incat es famoso.
La carga útil ha aumentado también significativamente a medida que ha ido aumentado la eslora del buque. Las embarcaciones de Incat tienen un atractivo universal que ofrece tránsito rápido, respuesta rápida en el puerto, flexibilidad y versatilidad en el diseño de la cubierta del vehículo, comodidad para los pasajeros, calado poco profundo, número mínimo de tripulantes y operaciones confiables y económicas.
Se han construido una gran diversidad de embarcaciones, desde yates hasta grandes catamaranes perforadores de olas. Como se puede apreciar en la imagen (2), las generaciones de embarcaciones Incat han progresado hasta los diseños actuales: 70 metros, 85 metros, 98 metros, 112 metros y 130 metros. La diversificación dentro de este rango es evidente con la variación en el número de pasajeros, la capacidad y configuración de vehículos y carga. También se puede añadir una gran diversidad de cocinas y otras instalaciones de apoyo para adaptarse a los perfiles operativos y de ruta de cada propietario.[1]

[1] (Incat, https://incat.com.au/, 2022)

En La imagen 2, a continuación, podemos observar cómo ha sido el desarrollo de los productos INCAT. (INCAT I. d., 2020)[2]

Ilustración 2: Título. Tabla de desarrollo de productos INCAT



Fuente: https://incat.com.au/product-development/

[2] (Incat, https://incat.com.au/product-development/, 2022)

Incat ha construido el 60% de los ferries de alta velocidad del mundo con una capacidad superior a las 750 toneladas. Si bien los transbordadores inicialmente revolucionaron los enlaces de transporte en todo el Reino Unido, los barcos construidos por Incat ahora operan en América del Norte y del Sur, Australia, el Mediterráneo, Asia y toda Europa. (INCAT TASMANIA, 1)[3]

2.1.1 .-LÍNEA DE PRODUCCIÓN:

Los catamaranes perforadores de olas de Incat se elaboran a través de un sistema de línea de producción en instalaciones cubiertas de 70.000 m^2.

Se pueden fabricar varias embarcaciones simultáneamente en dos diques secos, lo que incluye en la capacidad de albergar la construcción de embarcaciones más grandes, de más de 150 m de longitud.

Parte del éxito de Incat se deber al personal leal y dedicado.

En Incat se dispone de un programa de capacitación integral, que repercute en altos niveles de satisfacción laboral, garantizando una fuerza laboral capacitada con una baja rotación de empleados.

En Incat son muchos los miembros del equipo que cumplen más de dos décadas de servicio.

2.1.2.- DISEÑO:

El equipo de arquitectos, ingenieros y diseñadores navales de Revolution Design trabaja con el concepto y el equipo creativo de Incat para desarrollar y refinar el diseño de embarcaciones.

El equipo trabaja en conjunto desde la etapa inicial. Aplicando la investigación y el desarrollo, el diseño y el análisis estructural, la

[3] (Incat https://incat.com.au/global-view/, 2022)

especificación y el diseño técnico de la línea de transmisión, los servicios de arquitectura naval y los servicios completos de dibujo y diseño para las embarcaciones de Incat. (INCAT, 1)[4]

2.1.3.- TIENDA DE PLATOS:

En los buques de gran velocidad, es importante minimizar los pesos para que el desplazamiento del barco sea más ágil. Para ello, es fundamental medir los materiales del buque. Es ahí donde hacemos referencia a que el material más liviano, que nos ofrece mejor resistencia es el aluminio. No se trata de un aluminio normal, es un aluminio específico que tiene que cumplir unas normas de calidad específicas para una navegación segura.

El aluminio de grado marino de alta resistencia se obtiene en secciones de perfil extruido y placas de proveedores especializados, ubicados en Australia, Francia, Italia, Grecia y China. La placa llega a una instalación especializada donde se generan planes de anidamiento y se corta para iniciar la construcción del recipiente.

El aluminio 6061 es una aleación de aluminio endurecido que contiene como principales elementos aluminio, magnesio y silicio. Originalmente denominado "aleación 61S" fue desarrollada en 1935. Tiene buenas propiedades mecánicas y para su uso en soldaduras. Es una de las aleaciones más comunes de aluminio para uso general, especialmente se utiliza en estructuras de alta resistencia que requieran un buen comportamiento frente a la corrosión, camiones, barcos, vehículos ferroviarios, mobiliario y tuberías.

Se emplea comúnmente en formas pre templadas como es el 6061-O y las templadas como son el 6061-T6 y 6061-T651.[5]

[4] (Incat, https://incat.com.au/design-technology/, 2020)

[5] (Grabrian, https://gabrian.com/es/aluminio-6061-conozca -sus-propiedades-y-usos, 2020)

2.1.4.- PREFABRICACIÓN:

Se dispone de una nave de construcción de pequeñas medidas, que se utiliza para la prefabricación de componentes de embarcaciones necesarios para todo tipo de embarcaciones.

La prefabricación de los componentes de la embarcación aporta inmensos beneficios tanto para la comodidad del trabajador como para la eficiencia de la producción.

Tanto los componentes como las técnicas de soldadura se pueden rotar. De esta manera se facilita la fabricación y a su vez, minimiza el tiempo de construcción del recipiente.

2.1.5.- ASAMBLEA:

A continuación, detallamos las diferentes etapas por las que pasa el barco, durante su producción y antes de su lanzamiento, hasta la instalación la maquinaria principal, como motores, jets, propulsores, T-foils. y su cierre por última vez antes de que se aborden los requisitos de pintura y librea.

Asamblea 1

El refinamiento continuo del proceso de prefabricación y construcción de módulos ha hecho que en la Etapa 1 las dos salas de ensamblaje principales también se transformen en áreas prefabricadas para componentes grandes como tanques de combustible, salas de máquinas, salas de jets y módulos de superestructura.

Asamblea 2

En la Etapa 2, en este tipo de embarcaciones, los módulos completados en los diferentes puntos de prefabricación se colocan, en su posición, dentro de la sala de construcción.
La construcción comienza a realizarse en la parte central de la embarcación, permitiendo un rápido crecimiento de manera controlada.
A medida que los equipos de fabricación y soldadura avanzan por toda la embarcación, nuestros departamentos de garantía/control de calidad y las autoridades de inspección, verifican y aprueban las secciones completas de la estructura.

Una vez finalizado este proceso, los instaladores, equipos eléctricos y electrónicos de equipamiento se trasladan e instalan servicios y equipos.
La embarcación continúa creciendo, en esta fase, hasta que alcanza aproximadamente el 70 % de su peso ligero completo, momento en el que la embarcación regresa a la siguiente etapa de la secuencia de producción.

Asamblea 3

Con el barco ahora en su etapa final, antes del lanzamiento, el extremo delantero del barco está completo y la forma única del catamarán Incat comienza a ser reconocible.

En esta etapa se instala la maquinaria principal, como motores, jets, propulsores, T-foils. Una vez que el equipo se coloca y asegura con cuidado, la estructura de la embarcación se cierra por última vez antes de que se aborden los requisitos de pintura y librea.

2.1.6.- EQUIPAR:

En la etapa 3, la mayor parte del trabajo de acondicionamiento lo completan los trabajadores, altamente cualificados, del astillero. Montadores, fontaneros, electricistas, electrónicos, hidráulicos, neumáticos, pintores y personal de protección contra incendios estructurales, se dedican a completar los distintos componentes y sistemas a bordo.

2.1.7.- LANZAR:

Con la instalación y el equipamiento de la maquinaria completados, el buque está listo para su lanzamiento. Una vez botado el buque y asegurado en el muelle, se instalan radares y antenas y se lleva a cabo la puesta en servicio final de los sistemas. Se completan las pruebas del constructor y las pruebas de mar para el cliente y la embarcación está lista para ser entregada y enviada a su nuevo destino.[6]

2.1.8.- REVOLUTION DESIGN:

El equipo de arquitectos, ingenieros y diseñadores navales de Revolution Design trabaja con el concepto y el equipo creativo de Incat se centra en desarrollar y refinar el diseño de las embarcaciones.

El equipo trabaja en conjunto, desde que se genera el concepto o la idea, hasta la investigación y el desarrollo, en el diseño y análisis estructural, la especificación técnica y el diseño de la línea de transmisión, los servicios de arquitectura naval y los servicios completos de dibujo y diseño para embarcaciones Incat.

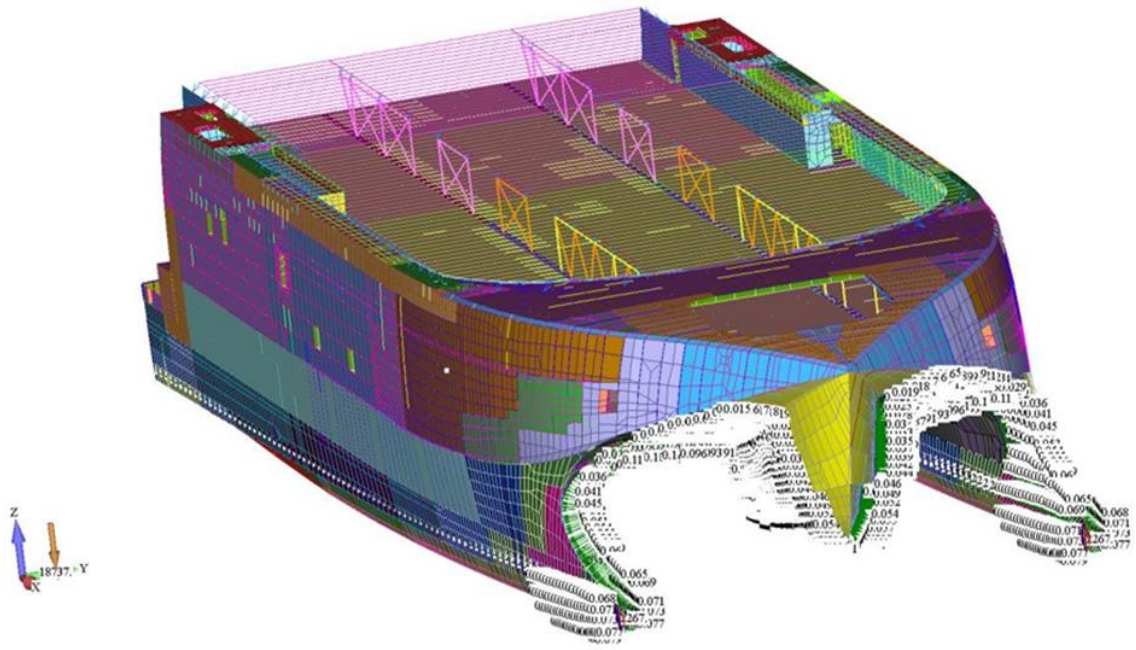
[6] (Incat, https://incat.com.au/, 2022)

Los proyectos de investigación, realizados en conjunto con los armadores, permiten el desarrollo constante de productos desde un punto de vista formado y preciso. El equipo de I+D tiene como objetivo mejorar el diseño y la capacidad de construcción de los barcos con el objetivo continuo de reducir el peso, además de investigar formas para mejorar la fiabilidad operativa, la eficiencia y la economía.

Las embarcaciones de última generación de Incat tienen una capacidad de transporte de carga útil de casi el 100% del peso propio del barco. Ningún otro constructor en la industria mundial de embarcaciones ligeras de alta velocidad ha logrado la alta proporción de carga útil por embarcación.

Incat y Revolution Design utilizan el modelado de elementos finitos (FEM) para analizar las opciones de diseño y para producir un diseño eficiente en peso, sin comprometer la resistencia del buque. En la imagen 3, a continuación, podemos ver uno de sus modelos de buque, en su estudio de esfuerzos.

Ilustración 3: Título. Estudio de esfuerzos del Volcán de Tagoro



Fuente: Incat 091 Drawings

Un FEM global utiliza elementos finitos relativamente gruesos sobre toda la estructura del buque, para ilustrar el comportamiento de la tensión bajo cargas de diseño impuestas, que se basan en condiciones marítimas extremas.

A continuación, se requieren modelos FEM locales para evaluar más en profundidad la distribución del estrés en las áreas con 'puntos críticos' que el FEM global ha destacado por tener altos niveles de estrés.
(Incat, https://incat.com.au/, 2022)

2.1.9.- LA MARINA:

Construida como una embarcación base o SeaFrame, en línea con AirFrame de la industria de la aviación.

La nave se puede equipar para numerosos propósitos, incluidos pasajeros/comerciales, carga, industria en alta mar o despliegue militar.

Construir para SeaFrame permite reducir los costos de producción y, en consecuencia, reducir los costos de propiedad.

De acuerdo a los requisitos del cliente en cuanto al tamaño, la potencia y la velocidad de la embarcación, se ofrecen motores diésel o motores alternativos de combustible dual para utilizar MGO y GNL. Si se requiere una mayor velocidad, las turbinas de gas de combustible dual también son una opción.
La plataforma de carga/vehículo/misión proporciona 797 metros de carril para camiones (TLM) más 148 turismos, o 420 turismos si se requiere para un modo de vehículos de pasajeros completo. Las plataformas intermedias de elevación son una buena opción para rutas de alta capacidad de vehículos que requieren alta flexibilidad.

Usando el ejemplo del SeaFrame de 112 metros de Incat, la embarcación incorpora cuatro motores diésel que proporcionan los

36 megavatios necesarios para impulsar la embarcación a gran velocidad, pudiendo ir desde una velocidad económica de carga pesada de 20 nudos hasta los 50 nudos ligeros. El espacio libre en la cubierta para vehículos es generalmente de 4,5 metros, y con una manga de 30,2 metros, los vehículos de carretera pesados pueden girar fácilmente en la proa para un desembarco rápido sobre las rampas de popa.[7]

3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVO

Durante 4 años de experiencia a bordo de los HSC del modelo de INCAT, no nos habíamos parado a pensar en la complejidad e importancia del T-Foil.

En este periodo de tiempo, siempre hemos escuchado y leído noticias de gran relevancia como que un Buque de Incat pierde un T-Foil y se ve obligado a ir a varadero. Un buque de Incat colisiona con un objeto a media agua no identificado y pierden un T-Foil, viéndose obligado a ir a varadero. etc.

Este tipo de noticias en los modelos HSC con T-Foil se suelen escuchar con cierta frecuencia a lo largo de los años. Pero nunca nos habíamos parado a pensar el porqué de esta pérdida y su importancia a bordo.

En este año, por primera vez, no nos limitamos a escuchar esta noticia, sino que la vivimos en primera persona.

De ahí el origen de este TFM, bajo la documentación estudiada en un caso práctico real.

En primer lugar, tal y como ya mencionamos anteriormente y

[7] (Incat, https://incat.com.au/production-line/, 2022)

explicamos que es un T-Foil y cuál es su funcionamiento, tenemos que comentar, que el buque al que nos vamos a referir en todo momento, donde se produjo lo sucedido, tiene un sistema de T-foil fijo en ambos patines concretamente situados en el VOID numero 1 a proa del buque (Compartimento estanco) tanto en Babor como en Er.

Nuestro Objetivo principal será estudiar el caso vivido para poder desarrollar un procedimiento de actuación, para situaciones similares, y una ficha de mantenimiento de la pieza, como método de control preventivo para poder evitar, en mayor medida, la pérdida del T-foil.

4.- METODOLOGÍA:

En este punto vamos a describir la metodología que hemos utilizado para realizar el trabajo.

En primer lugar, realizamos un trabajo de investigación, recopilando información general sobre la empresa fabricante y materiales. Intentamos buscar información sobre casos similares, pero se trata de información confidencial y las empresas no están dispuestas a facilitarla ni a publicarla.

En segundo lugar, nos informamos sobre el incidente en sí. Estudiamos en detalle todos los hechos acontecidos y los pasos dados, entrevistándonos con el personal implicado y comprobando si había documentación donde se reflejase lo acontecido.

A raíz de ello conseguimos visualizar el video grabado y tener acceso a la plancha fotográfica del suceso.

En un siguiente paso, evaluamos toda la documentación e información conseguida.

Estas gestiones las tuvimos que realizar en repetidas ocasiones, dado que

mientras se realizaba el trabajo iban surgiendo dudas sobre el texto analizado.

En una última fase, aplicamos el criterio personal y la experiencia adquirida, incluyendo los comentarios pertinentes.

Cuando disponíamos de toda la documentación e información, mantuvimos entrevistas con personas competentes, explicándoles el desarrollo del trabajo a realizar y recopilando todas las aportaciones que nos pudieran ofrecer, orientaciones y puntos de vista desde la posición de dentro de sistema objeto del estudio.

Recalcamos que ha sido importante y positivo la voluntad de aportar y de cooperar del personal especializado.

Cabe destacar que las soluciones dadas en este trabajo, han sido las reales, desde un punto de vista profesional y ahora redactadas en este TFM, desde un punto de vista más técnico, para así poder llevar un estudio de las soluciones dadas y poder analizar en profundidad si las medidas llevadas a cabo en tiempo y forma, fueron las correctas, sabiendo que el resultado fue satisfactorio, pero estudiando en profundidad si se puede realizar una mejora continua, en este supuesto, si volviera a ocurrir.

Dado que no hay una normativa específica relativa a los mantenimientos de los buques, comprobamos si existía algún procedimiento de actuación escrito o / y algún seguimiento de mantenimiento por fichas. Descubriendo que, hasta la fecha, no existía nada al respecto.

Hemos aplicado los conocimientos adquiridos de los apartados previos y la experiencia profesional propia para proponer soluciones, elaborar un procedimiento de actuación y una ficha de mantenimiento mensual para llevar el control continuo.

5.- DESARROLLO:

Como ya hemos indicado con anterioridad, tratamos un caso real, bajo la experiencia profesional de un primer oficial de puente, que, tras 3 años

navegando a bordo del buque se ha encontrado con esta incidencia.

En el tiempo en el que permanecimos navegando como primer oficial a bordo del buque, en diferentes ocasiones, se escucharon historias tanto de otros barcos como de este mismo barco, sobre pérdidas del T-foil y las vías de agua derivadas de dichas pérdidas. Pero no era lo mismo escuchar una historia, que vivirla en primera persona.

El día que nos tocó vivirlo, todas las historias que se habían escuchado quedaron en poco, dándonos cuenta de la gravedad del incidente y de que pudo haber causado mayores daños de no haber actuado con agilidad y rapidez.

5.1.-CARÁCTERÍSTICAS DEL T.-FOIL CON LAP INCAT:

Los Catamaranes de Incat son modelos de HSC catamarán construido y diseñado por el astillero Incat Tasmania de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 10 del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS), en el código NGV 2000 y a las Regla DNV GL HSLC por ser una nave de gran velocidad.

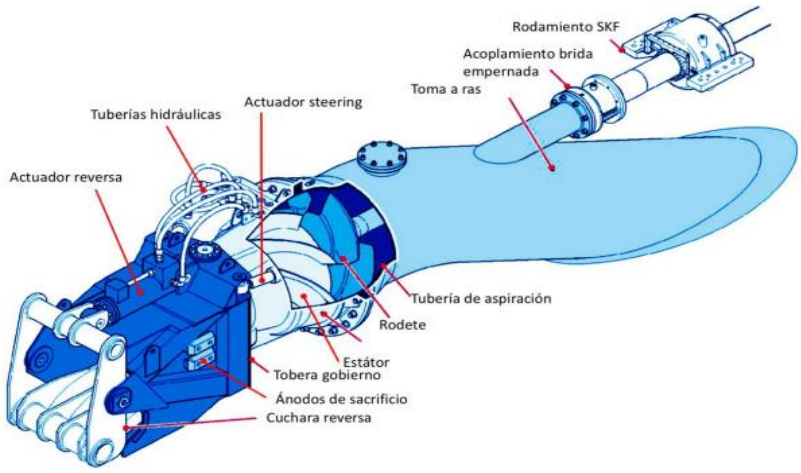
Este tipo de embarcaciones son fabricadas en aluminio, no en acero marino, ya que necesitan tener un peso ligero, su sistema de propulsión para cumplir lo que sería un HSC montan Waterjet, de forma muy simplificada, es un sistema de propulsión por “waterjets”, cuya imagen del funcionamiento podemos apreciar a continuación (imagen 4). Aspirando un caudal de agua, lo acelera y lo redirige hacia un mismo punto provocando un empuje.

El sistema va provisto de un “bucket” comúnmente llamado cuchara (cuchara reversa en la imagen) que, al dar la orden de ir atrás, desciende de su posición de estiba, redirigiendo ese chorro hacia proa.

Si el “trim tab”, que se encuentra a proa del “waterjet” no se estiba y se da la orden de ir atrás, éste actuaría como el “bucket” pero redirigiendo ese mismo chorro hacia popa.

Este efecto hace que el buque continúe avante y que el desenlace pueda ser dramático. El funcionamiento de su sistema de propulsión se ve más en detalle en la siguiente ilustración (4).

Ilustración 4: Título. Imagen del funcionamiento del sistema de propulsión de Waterjet



Fuente: Ingenieromarino.com

Ilustración 5: Título. Imagen de T-foil con Flap

Fuente: Propia (Betancuria Express)

Este sistema, que apreciamos en la imagen 5 y 6, es muy común en los catamaranes, aunque también es apto para trimaranes y buques convencionales de una sola quilla. La estructura de este estabilizador es una T invertida y las hay de varios tipos. El modelo más común es el que se muestra en la siguiente ilustración. (Ilustración 6).

Ilustración 6: Título. Ilustración de T-foil con Flap

Fuente: ingenieromarino.com

Este mecanismo de estabilización es capaz de mover tanto el alerón que se observa en la imagen como la “T” en su conjunto. Este no es el único tipo de “T-Foil” ya que hay modelos en los que no existe ese alerón (solo se mueve la T) y otros modelos en los que el sistema es fijo y no contiene piezas móviles.

Los T- foil no suelen estar fabricados en aluminio, debido a que necesitan peso para realizar su función. Suelen estar fabricados en hierro, por lo que una de sus características fundamentales es el peso. Dado que el fabricante, cuando manda a construir la pieza, requiere de ese peso en concreto para que el T- foil haga bien su función.

Por lo tanto, un dato importante a tener en cuenta es el sistema aislado de corrosión de esta pieza, porque va ensamblada en un casco de aluminio y las polaridades son diferentes, generando una corrosión al metal más noble.

Este es uno de los principales problemas que presentan los buques construidos en aluminio, el sistema de corrosión es de gran importancia ya que el metal que suele corroer primero es el aluminio al ser más noble con respecto al hierro.
Se denomina alúmina al óxido de aluminio que se forma en la pieza compuesta de este material, siendo una característica muy importante del aluminio, ya que se produce de modo espontáneo en la superficie de la pieza.

Esta capa de alúmina tiene la propiedad de que posee una temperatura de fusión muy elevada, de unos 2050ºC, en comparación con los 660ºC del aluminio. Esta temperatura tan elevada de la alúmina va a ser un grave inconveniente para la obtención de soldaduras correctas, y que se solucionará limpiando la superficie de la pieza inmediatamente antes de soldar con cepillos de alambre de acero inoxidable.

La corrosión de contacto, se produce entre metales distintos puestos en contacto, y también entre pequeñas zonas de un mismo metal, en las que hay diferencias de potencial eléctrico. El medio que rodee a las piezas puede ser una atmósfera con gran contenido en vapor de agua, o con humedad superficial, ambiente que sirve como electrolito y permite la formación de pequeñas células electrolíticas en la superficie del metal.

Cada una de estas células consta de una zona positiva o ánodo que libera electrones y otra negativa o cátodo. Los electrones, que son partículas con carga negativa, fluyen del ánodo al cátodo. La pérdida de electrones por parte del ánodo convierte a algunos átomos del mismo en iones con carga positiva o cationes, los cuales pasan al electrolito y en él reaccionan con otros iones de carga negativa o aniones. Esta reacción entre el ánodo y el electrolito provoca la desintegración o corrosión del metal anódico, mientras que en el metal catódico no se produce corrosión.

La dirección del flujo de electrones entre dos metales en contacto a través de

un electrolito, depende de su posición relativa en la serie galvánica de los metales. Cuando se ponen en contacto mutuo dos de estos metales, los electrones fluyen desde el metal situado en la parte superior hacia el que está más bajo en la serie, esto significa que los metales que están por encima se convierten en anódicos y los situados más abajo en catódicos.

El metal que hace de ánodo se corroe de forma que protege al metal catódico. La descomposición es mayor cuanto más distanciados estén los metales en la serie de los metales. La corrosión por contacto del aluminio lleva a un deterioro rápido de las piezas, especialmente de aquellas que poseen poco espesor en la zona de contacto.

Las piezas de aleación de aluminio no deben estar en contacto con otras piezas metálicas, porque el aluminio es anódico con respecto a la mayor parte de los restantes metales corrientes y si sucede una acción electrolítica, es el aluminio el que sufre el ataque en mayor medida. Para prevenir esta corrosión de contacto del aluminio, este debe estar aislado todo lo posible de otros metales mediante pinturas epoxi, o imprimaciones de cinc. A su vez, para prevenir problemas de corrosión.
[8]

El sistema que tiene el T- foil para acoplarse a la estructura del barco es muy simple.
Suelen llevar de 4 , 6 u 8 pernos pasantes desde la base del T- foil a la estructura del casco, llevando un apriete de tuercas tanto en la base del T-foil, como en la base del casco (dentro del compartimento del VOID tiene su apriete)

¿Por qué los T – Foil se encuentran en la proa de los buques?
Tal y como podemos apreciar en la imagen 7, La hidrodinámica de los buques

[8] (ocasion, 2016)

hace que el fluido del mar pase por debajo del casco en este caso de los cascos ya que suelen ser catamarán, dos casco o trimarán, tres cascos.

La funcionalidad de que los T- foild que estén en la proa es para que el cabeceo y arfada, de proa sea más estable, no permitiendo sacar tanto los patines de proa del agua ya que la superficie en metros cuadrados que ocupa la embarcación es mayor de lo normal con respecto a las Toneladas de registro bruto de un buque convencional.

Los T -foil por lo tanto generan una fuerza de resistencia en un punto especifico del buque haciendo resistencia y a la misma vez un movimiento hidrodinámico no generando en su movimiento de avance ninguna resistencia.

Solamente presenta resistencia para dar estabilidad en los movimientos verticales del buque dando la estabilidad que necesita ya que la proporción de superficie que desplaza con respecto a los metros cuadrados que ocupa en el mar son proporcionales.

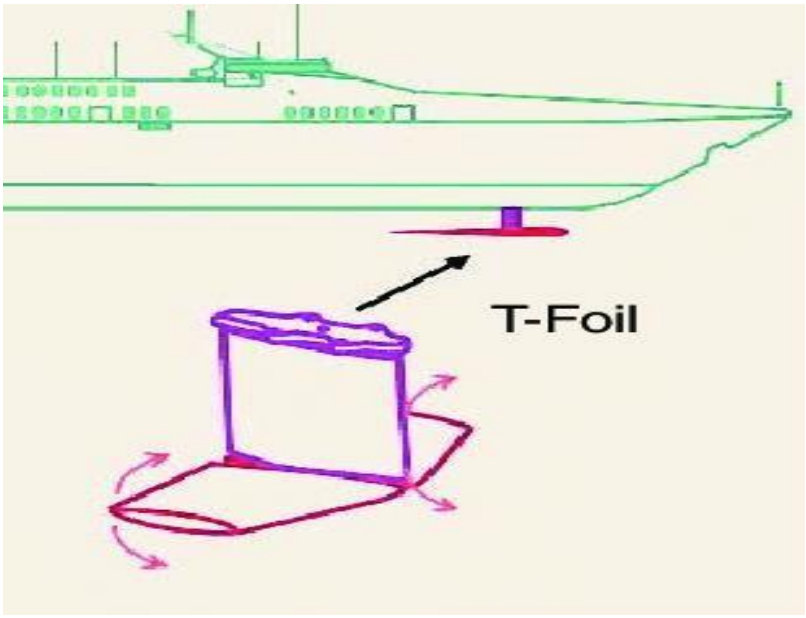
Otro motivo por lo cual están a proa y llevan también montado los flaps, es para poder elevar la proa del agua gracias a su diseño hidrodinámico en conjunto con su velocidad.

A mayor velocidad más elevación menos resistencia ejerce el buque contra el mar.

Es importante mencionar que la descomposición de vectores de fuerza en esta parte del buque es de gran importancia ya que parece una pieza muy simple del buque, pero como se puede apreciar, es de gran importancia no solo para la estabilidad del buque, sino que también a su vez para alcanzar su velocidad optima.

Como podemos apreciar es un elemento hidrodinámico del buque que está expuesto por completo con el medio marino, ejerciendo un trabajo de resistencia y estabilidad. Como se ha mencionado con anterioridad, se trata de un elemento acoplado al buque, pero que en caso de accidente con el T – Foil se pueda desprender del buque con facilidad.

Ilustración 7: Título. Ilustración de la posición del T-foil



Fuente: ingenieromarino.com

5.2.- FUNCIONES DEL T FOIL:

El T-foil, tiene como función principal reducir los movimientos de cabeceo y arfada del buque. Esto lo consigue generando fuerzas verticales, ya sean hacia arriba o hacia abajo. Hay algunos T-foil que se pueden estibar en el casco. Esto produce menos resistencia y si se realiza con el mar en calma, la velocidad será mayor y el consumo se verá reducido.

El T-foil puede ser móvil pivotante. Tiene la forma de una “T” invertida, gran parte de esta se encuentra bajo el agua, cuando no está estibada. Este modelo no tiene un alerón, a diferencia del que se ha explicado en apartados anteriores.

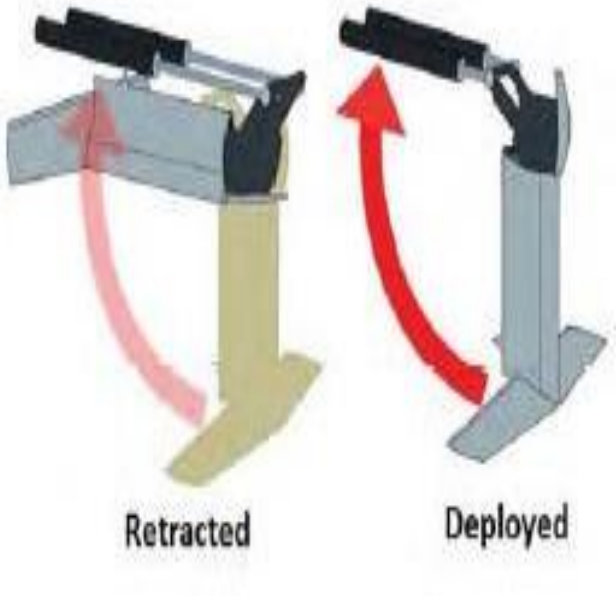
Se denomina móvil pivotante ya que es la “T” la que se mueve en su conjunto hacia arriba o hacia abajo. (Podemos apreciarlo en la imágenes 6, 8 y 9). Al tener solo este tipo de movimiento, el sistema

sólo cuenta con un cilindro generado.[9]

Ilustración 8: Título. Imagen de un T-foil Retráctil

Fuente: ing.dk

Ilustración 9: Título. Imagen de un T-foil Estibado y Arriadol



Fuente:ingenieromarino.com

[9] (Alayón, 2020)

5.3.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BUQUE:

Generales:

• ESLORA TOTAL: 81,15 mts

• ESLORA ENTRE PERPENDICULARES:61 mts

• MANGA MÁXIMA: 26 mts

• PUNTAL CUBIERTA SUPERIOR: 19 m.

• CALADO MÁXIMO: 3,90 mts

• FRANCOBORDO: 4,7 mts

• COEFICIENTE DE BLOQUE:

• DESPLAZAMIENTO: 1.100 tns

• PESO EN ROSCA: 767,1 tns

• ARQUEO NETO:1.747 tns

• ARQUEO BRUTO: 4.305 tns

Propulsión:

• MOTORES PRINCIPALES: 4 motores diesel marino, Caterpillar C280-16

• POTENCIA: 22.604 KW

• CONSUMO: 6.000 Lt x Hr

• AUXILIARES: 4 MMAA Caterpillar 3606

• COMBUSTIBLE: GASOLEO

Maniobra:

• HELICES EMPUJE TRANSVERSAL: No Posee

• TIMONES DE POPA: 4 water jets de maniobra Wartsila.

• MAQUINILLAS: En las maniobras de proa dos en babor y dos en estribor; una en popa babor y una en estribor.

Datos de línea regular:

• VELOCIDAD: 36 nudos

• NUMERO MAXIMO DE PASAJEROS EN TRAYECTO: 640

• BOMBAS DE ROCIADORES: 6

• BOMBAS DE CONTRA INCENDIO: 2

• SISTEMA FIJO DE EXTINCIÓN DE INCENDIO EN MAQUINA: CO2.

• SISTEMA DE EXTINCIÓN EN HABILITACION Y GARAJE: ROCIADORES SISTEMA DESPRESURIZADO PARA AHORRAR PESO. SE PRESURISA LA LINEA UNA VEZ ARRANCA LAS BOMBAS.

5.4.- HECHOS:

Navegando, como cualquier otro día, en una ruta regular con tiempo de navegación de 1 hora, a una velocidad optima de 33 nudos, encontrándonos a mitad de travesía y siendo ya el ultimo trayecto del día;
Escuchamos a bordo del buque un sonido muy notado, acompañado de una vibración rápida que puso en alerta al puente de mando, dado que no era un sonido habitual en el buque y mucho menos acompañado de esa vibración externa.

En un periodo corto de tiempo (no más de 10 minutos), saltó en el panel de alarmas del puente, al jefe de máquinas, que el compartimento número 1 de Babor (conocido en este tipo de buque como VOID, su acrónimo en inglés) tenía una alarma de sentina, indicando posibilidad de agua a bordo del VOID número 1 de Babor y notificando que la bomba de achique acababa de saltar en automático dando alarma en el compartimento.

En ese mismo momento se había mandado al contramaestre y al marinero de guardia a hacer una ronda de seguridad previa, específicamente en los VOID.
Al detectar esta alarma se comunicó con el contramaestre y con el marinero de guardia y se les dijo que fueran de inmediato a comprobar ese compartimento.

Desafortunadamente, nos comunican que, desde la parte superior del VOID número 1 de babor, efectivamente se ve agua entrando.
A lo que les hacemos salir del VOID número 1 y revisar el VOID número 2 de Babor que es el contiguo a ese.

Pocos minutos después nos confirman que en el VOID número 2 de Babor también tenemos agua.

Inmediatamente se pone en marcha un aviso, por comunicado en VHF (en un cambio de canal de trabajo diferente al de la fonda) que todos los marineros acudan a la cubierta principal de carga numero 1 para empezar a colocar bombas de achique.

Mientras tanto, encontrándonos en el puente de mando y teniendo esas dos alarmas de los VOID. El capitán al mando pide al primero de puente que baje a hacer una evaluación de los daños desde una

perspectiva visual, sin que se vea comprometida su seguridad e integridad de los trabajadores.

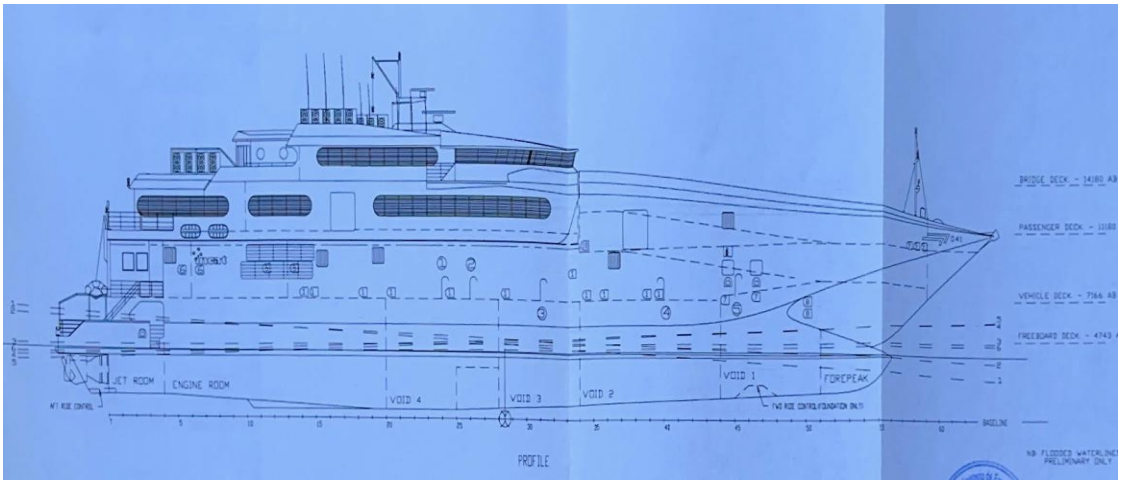
Minutos después, el primer oficial acuda al puente y le reporta al capitán que efectivamente el comportamiento VOID 1 y 2 de Babor están inundados con notable entrada de agua.

A la hora de lo sucedido, cuando saltaron por primera vez las alarmas en el puente, el buque se encontraba a mitad de travesía con unas condiciones meteorológicas desfavorables ya que teníamos 1,5 m de ola y rachas de 20 nudos de viento. El dato a favor es que tanto el viento como la ola daban al buque de popa.
Cuando al capitán se le reporta lo sucedido, mirando la posición en la que se encontraba el barco, decide continuar a rumbo, dado que las condiciones meteorológicas daban de popa y la velocidad no disminuía notablemente.

Cuando el primer oficial reporta al capitán lo sucedido en los VOID y le enseña un video grabado con el móvil, para que el capitán pudiera ver con exactitud lo que estaba pasando en los VOID y pudiera evaluarlo de primera mano, el capitán pone al mando de buque al primer oficial y saca el libro de estabilidad del buque en condiciones de emergencia, verificando que el buque está preparado y soportará poder navegar las 15 millas restantes sin problemas y con seguridad.

Un dato importante en este diseño de catamaranes, en concreto en este modelo, es que sus patines están compartimentados de proa a popa en 5 VOID. Cada VOID es estanco e independiente. Con sus sensores de sentinas. Podemos apreciarlo en el plano que se muestra a continuación, en la imagen 10.

Ilustración 10: Título. Plano real donde se pueden apreciar los VOID del buque



Fuente: Elaboración propia

Cada VOID tiene su función:

En el VOID 1 Br: encontramos el agarre del T-Foil

En el VOID 1 Er: encontramos el agarre del T-foil y la corredera

En el VOID 2 Br: 2 Bombas Contra Incendios

En el VOID 2 Er: 2 Bombas contra incendios

En el VOID 3 Er y Br: totalmente vacíos.

En el VOID 4 Br: 2 depósitos de combustible

En el VOID 4 Er: 2 depósitos de combustible y la depuradora.

En los VOID 5 Er y Br: Encontramos la sala de máquinas.

El punto fuerte de este tipo de construcción como catamarán es que estos Barcos tienen un GM bastante positivo debido a que los VOID

le dan esta flotabilidad y estabilidad. En este modelo en concreto el libro de estabilidad nos dice que podremos llegar a navegar con 3 VOID totalmente inundados.
Es obvio que dependiendo los VOID que tengamos inundados podremos navegar o no.
En nuestro caso fue en la banda de Br el 1 y el 2 pudiendo navegar con seguridad.

Según pasaban los minutos, a 10 minutos del incidente, empezamos desde el puente a notar una pequeña escora a Babor.

Ya el capitán había notificado al DPA y al director de Flota lo sucedido para que fuera transmitido a las autoridades pertinentes.

Llegamos al puerto sin más incidente, descargando con normalidad los vehículos que llevábamos a bordo y el pasaje.
Una vez descargado, procedimos a realizar un cambio de atraque para evaluar los daños con una empresa de buzos profesionales (externa a nosotros) que ya había gestionado el inspector de nuestro buque.

Cuando dimos cabos a tierra, en el cambio de atraque, el VOID 1 y 2 de Babor se encontraban totalmente inundados.

Una vez realizado el cambio de atraque, se encontraban los buzos esperando y una vez atracado iniciaron la inspección subacuática con sus medios.

Un dato a tener en cuenta de estos VOID es que el compartimento se queda inundado pero la cubierta principal de carga se queda a dos metros por encima del nivel del mar, creando un espacio cerrado y evitando que el agua que entra por ese VOID pueda entrar en la

cubierta principal. Si eso pasara y tuviéramos carga a bordo, por la acción del agua podríamos tener un corrimiento de carga, debido al agua en la cubierta, ese es el motivo por el que la cubierta está más elevada de los VOID.

Después de realizar los buzos la inspección subacuática y grabarla, hicimos un esquema en papel de las principales vías de agua, mandando a medir sus tamaños y a revisar cada una de ellas. Hicimos un croquis con todas las medidas de las vías de agua que teníamos

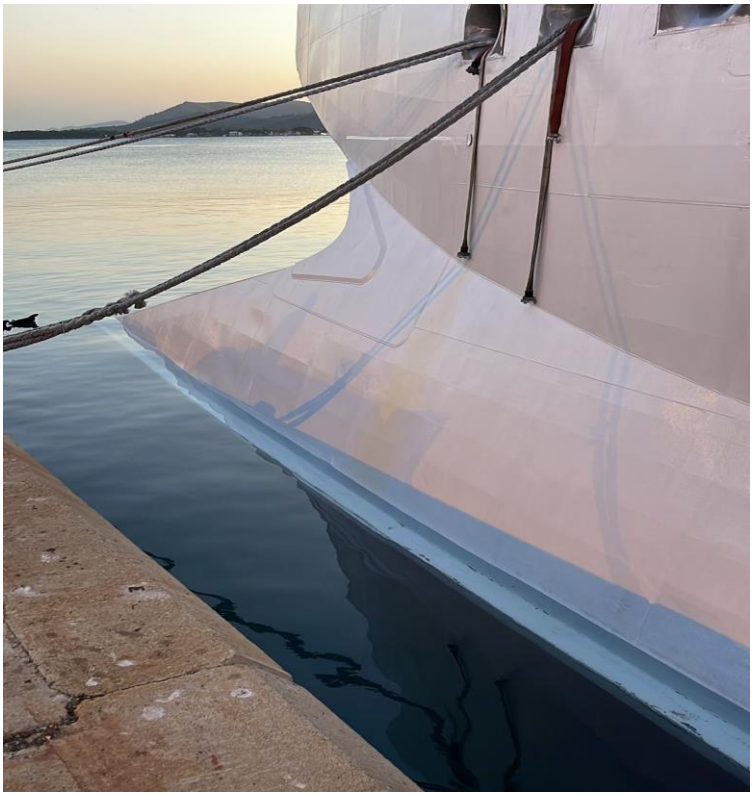
Finalmente nos confirmaron, que teníamos en el VOID número 1 de Babor la pérdida total del T-Foil con los 4 pernos de sujeción degollados, con una vía de agua de 1 metro de longitud en forma triangular que iba de menor a mayor en su extremo máximo de 25 cm.

En el VOID número 2 teníamos una vía de agua de 20 cm por 20 cm. En ambas vías de agua su presencia era como el de una lata de atún al abrir, tenía su rebarbe como si hubiera impactado un objeto y lo hubiera rajado.

Una vez sabiendo a los que nos enfrentábamos, se hizo un informe de daños que se reportó al DPA, director de flota y responsables de la empresa, para poder evaluar detenidamente los daños y proceder a su reparación inmediata.

En las imágenes que presentamos a continuación, podemos apreciar algunos de los daños. (Imágenes 11, 12,13, 14, 15, 16, 17 y 18)

Ilustración 11: Título. Imagen de como quedo el patín de Babor en el cambio de atraque



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12: Título. Patín de Babor totalmente inundado, se aprecia en su calado

Fuente: Elaboración propia

5.5.-ESTUDIO DE SOLUCIONES:

En un gabinete de crisis convocado en el momento con el informe de daños y las aportaciones de reparación por parte de la empresa de buzos profesionales y del inspector de capitanía;

Ilustración 13: Título. Restos del aluminio que se encontró dentro del VOID se aprecia la fuerza del golpe como lo dobló

Fuente: Elaboración propia

Se dan varias soluciones para su reparación y es ahí cuando vemos la complejidad del golpe, dado que en el lugar que se encontraban las vías de agua tenían mala reparación.

Ilustración 14: Título. Vía de agua en el VOID numero 2 Babor

Fuente: Elaboración propia

La principal idea que se dio, como en todos los barcos convencionales cuando tienen una vía de agua, era la de hacer una reparación de fortuna subacuática con soldadura subacuática. Lo que enseguida se rechazó dado que el casco de este barco es aluminio y hasta la fecha no existe ningún equipo de soldar aluminio subacuático.

Se barajó la posibilidad de hacer una cementada en su interior, para taponar la vía de agua, pero debido a que las vías de agua no estaban en la quilla del patín resultaba imposible realizarla ya que las vías de agua son, en sus paredes, verticales y se complicaba el encofrado para su cementada.

Por lo que finalmente, poniéndonos de acuerdo entre la empresa y

los buzos profesionales, debido a la rápida actuación que queríamos llevar a cabo, decidimos crear por primera vez un método de reparación temporal para poder viajar al varadero y realizar la reparación en condiciones y con todos los medios necesarios.

5.6.-REPARACIÓN:

Se cogieron las medidas exactas de las vías de agua, se mandaron a fábrica con una chapa de 4 mm, un parche de goma que sellaba la chapa, fabricada con el casco del barco, del tamaño de la vía de agua.

Se sanearon, con una radial neumática subacuática, los rebarbes de las vías de agua, dejándolos a ras de chapa.

Se perforó con un taladro subacuático el perímetro de sujeción de la chapa al casco del barco, colocando entre el casco del barco y la chapa fabricada, una goma que haría de sello y apretando tanto por dentro como por fuera unos pernos de hierro que atravesaban la chapa del casco de dentro hacia fuera, por los taladros que realizaron. Se apretó tanto por dentro como por fuera con doble tuerca y se fijaron todos sus bordes y su tornillería con soldadura de frío en pasta de dos componentes.

Una vez teníamos ya las vías de agua parcheadas (se pueden apreciar los restos en las imágenes 15, 16 y 17), llevamos a cabo una cementada desde su interior haciendo un encofrado y tapando en su parte interior las vías de agua.

En la vía de agua de la quilla, donde se encontraba la sujeción de los pernos del T-foil, si se pudo hacer una cementada, ya que se encontraba en el plano horizontal del barco y tenía fácil acceso.

Una vez se reparó y se verificó que la actuación de reparación era segura y la fraguada de hormigón estaba seca, mandamos a realizar el vaciado con las bombas de achique de los VOID, de esta manera podríamos verificar que eran estancos y seguros para su

navegación.

La reparación, en total, duró unas 24 horas, desde el momento del cambio de atraque a la salida para irnos a varadero.
Pasamos una lista blanca y verificamos la seguridad de la reparación, para poder partir a varadero y hacer la reparación en condiciones.

Durante la navegación hubo momentos en los que nos vimos comprometidos con la seguridad. A mitad de travesía, cuando llevábamos navegadas 12 horas, en una de las vías de agua que habíamos reparado, empezamos a tener un poco de agua.
Antes de la salida del puerto de origen estudiamos este posible suceso y nos preparamos con más bombas de achique para poder actuar ante este escenario.
Por lo tanto, estábamos preparados.
Desde que salimos del puerto de origen, el Capitán mandó como orden reforzar las guardias con más marineros y en tiempos más cortos de lo que teníamos establecidos.
A mitad de travesía, como nos dimos cuenta de que en esa reparación de fortuna del VOID 1 de Babor, en el mamparo vertical nos entraba agua, pusimos las bombas a funcionar.
Estuvieron funcionando durante toda la travesía (disponíamos de 4 bombas por VOID).

24 horas después de la partida del puerto de origen llegamos a la esclusa del varadero, sin mayores incidencias y listos para su puesta en seco y su reparación.

5.7.- ORIGEN. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS:

Una vez puesto barco en seco, pudimos bajar al dique y comprobar que la reparación previa que habíamos realizado fue correcta y efectiva.

Entonces pudimos iniciar el estudio del origen del siniestro:

¿Qué fue lo que paso?

En ese momento, con el barco puesto en seco y observando el estado delante de nuestros ojos estaba claro el motivo que originó las vías de agua. El T-foil, por algún motivo que a día de hoy sigue sin conocerse, se perdió, viéndose afectado por la velocidad del buque y saliendo despedido hacia la popa e impactando en la parte interior del patín de Babor, generando dos impactos que fueron los que nos produjeron la grietas en el VOID 1 de Babor y en el VOID 2 de Babor.

La gran pregunta que se hacen los especialistas de este tema es:
¿Impactó algo con el T- foil, viéndose obligado a partir los pernos y produciendo las grietas?
Y la otra gran pregunta, de un gran entendido de la empresa y del sector marítimo, que cambió los esquemas de lo sucedido fue:
¿Los cuatro pernos de sujeción del T -foil eran los originales, su material de fabricación era el correcto, su mantenimiento y sellado fue el correcto, tenía holguras, tenía corrosión, se encontraban aislados ante la polaridad de la corrosión?

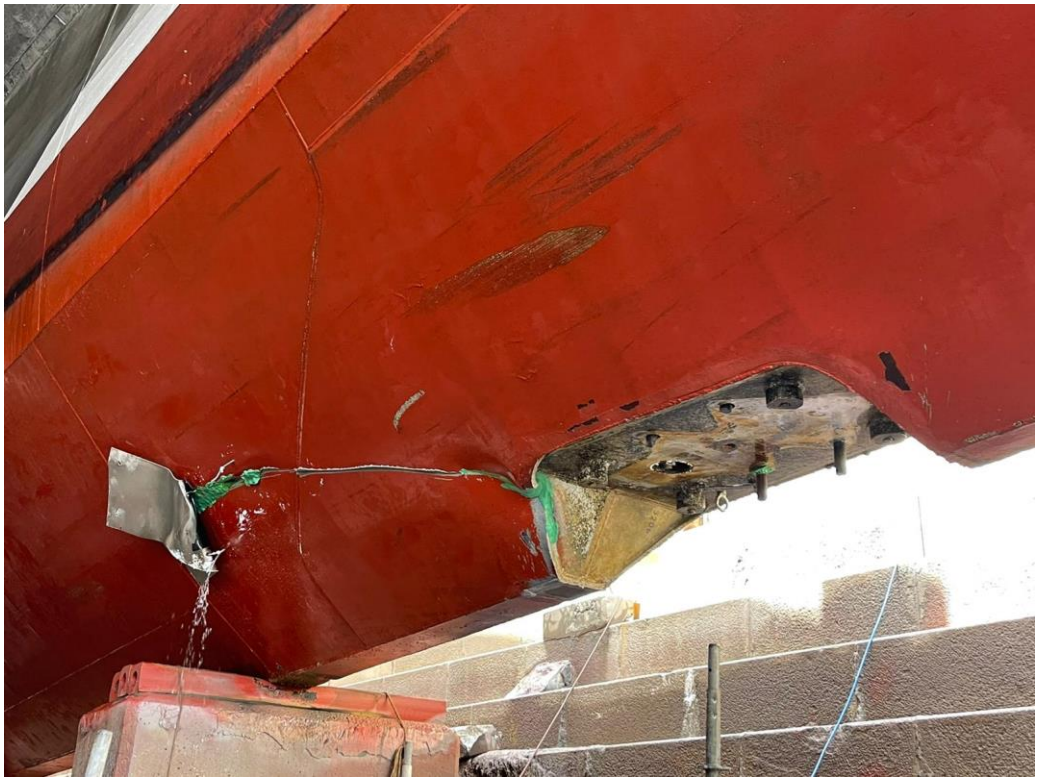
Queremos hacer una anotación, que antes no habíamos

mencionado:

Siete meses antes del incidente, se había colocado ese T-foil nuevo, dado que dos años atrás pasó algo similar y se perdió el T-foil, Pero no generó ningún impacto en el casco del barco, sólo una vía de agua por los pernos.

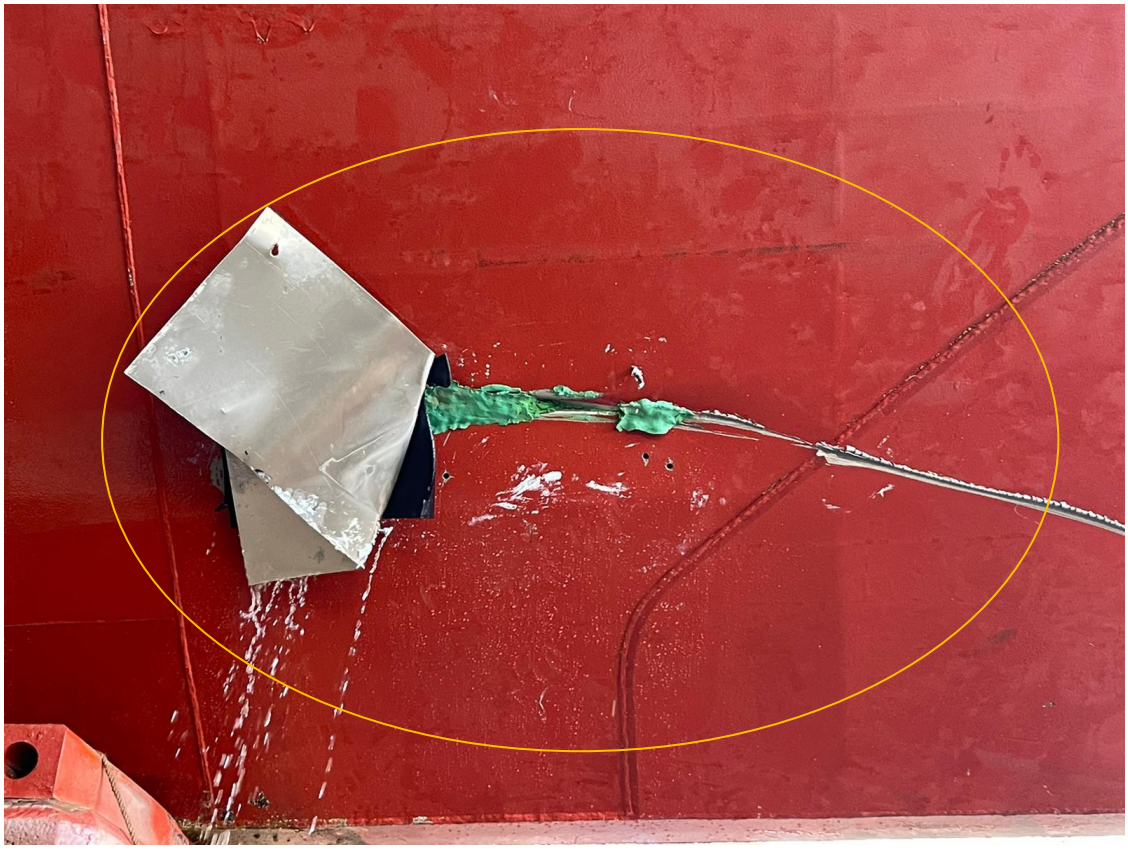
De ahí la gran incógnita, si a la hora de montar este T-foil nuevo, tenía las características que el fabricante exigía. Tanto la pieza del T- foil como los pernos de sujeción.

Ilustración 15: Título. Imagen donde se aprecia la perdida T-foil (En varadero)



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 1: Título. Reparación de fortuna (se aprecia en la parte exterior del casco la chapa de 4 mm colocada por los buzos en la grieta principal del VOID 1 de babor, los agujeros de los taladros por donde pasaron los pernos para la sujeción de la chapa)



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17: Título. Imagen completa de la pérdida del T-foil se aprecian los dos golpes

Fuente: Elaboración propia

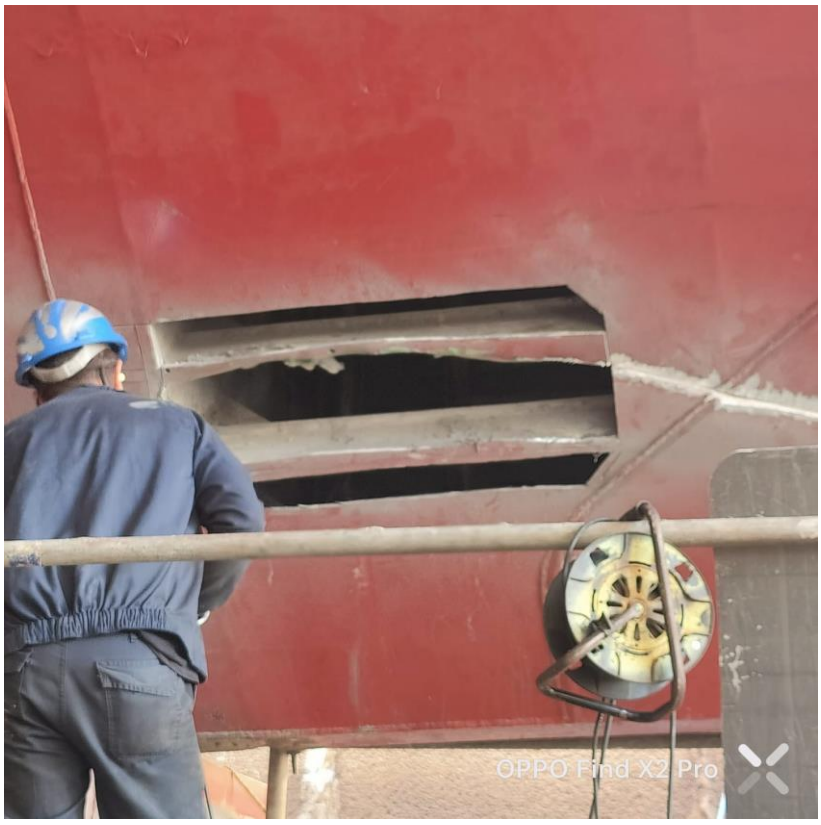
Ilustración 18: Título. Imagen de los pernos degollado de la sujeción es exterior del T-foil

Fuente: Elaboración propia

Una vez en el dique, en seco, una empresa especializada en soldadura de aluminio, con diferentes turnos de trabajo, se puso manos a la obra para desmontar la reparación de fortuna y realizar la reparación definitiva. (Imágenes 19,20,21,22,23)

Se saneó y se cortaron los daños, tanto por dentro como por fuera del buque. Se mandaron a fabricar, a medida, las planchas que necesitábamos y se soldaron en el casco del buque. (Imágenes 22,23,24,25 y 26).

Ilustración 19: Título. Imagen saneamiento de la vía de agua en el VOID 1 Br



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 20: Título. Imagen de los pernos del T-foil tapados

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 21: Título. Imagen del saneamiento de la vía de agua del VOID 1 Br

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 22: Título. Saneamiento y cierre de las vías de agua

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23: Título. Saneamiento y cierre de las vías de agua

Fuente: Elaboración propia

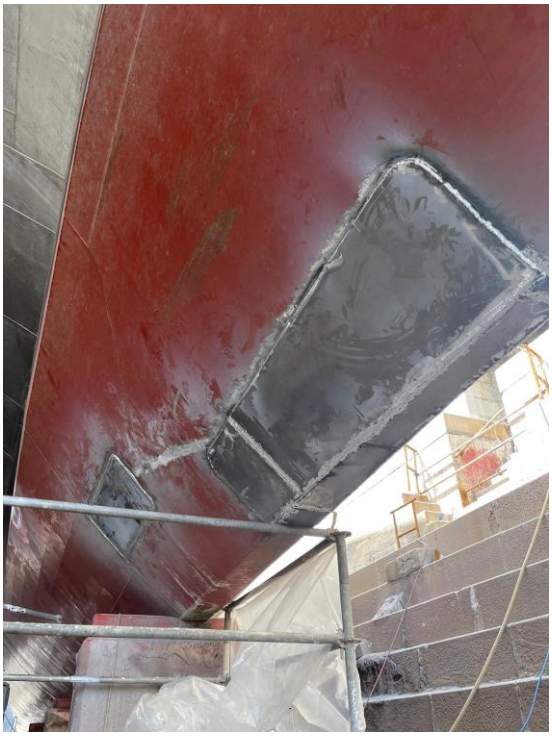
Ilustración 24: Título. Saneamiento y cierre de las vías de agua

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 25: Título. Saneamiento y cierre de las vías de agua

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 26: Título. Saneamiento y cierre de las vías de agua



Fuente: Elaboración propia

Después de todo lo sucedido hemos aprendido que la parte del T-foil es un elemento de gran importancia para la navegación del buque. Si bien, es cierto que gana mucho peso por tenerlo, pero se agradece a la hora de navegar en condiciones meteorológicas desfavorables con hasta 3,5 metros de ola ya que su funcionalidad es reducir los cabeceos de proa.
Hemos estado navegando sin el T-foil a espera que se fabrique el nuevo y hemos notado que el buque gana 3 nudos más de velocidad en condiciones meteorológicas positivas. Por esa parte es favorable, dado que no necesitamos meterle tanta carga a la máquina para obtener la velocidad necesaria.

La parte negativa y es ahí donde nos damos cuenta de la importancia de la pieza del T-foil, es que, en condiciones meteorológicas desfavorables, al no tener el T-foil en proa, los cabeceos de la proa son mucho más notados sacando el patín de Er de popa y descebando la refrigeración de los motores, ya que al superar la ola el patín de popa Er se queda todo en el aire por no tener el T-foil de proa Br.

Tras vivir esta gran experiencia aprendimos que el T-foil es una pieza del buque de gran importancia como hemos contado anteriormente.
Sintiendo lo que es navegar con él, viendo las prestaciones que proporciona al buque y también navegando sin el T-foil y observando la necesidad de llevarlo en la navegación.

También hemos aprendido que el acero de los pernos del T-foil está hecho de una densidad férrea especifica, marcada por el fabricante, por si en algún momento colisionara el barco con el T-foil, o como

se señala en este caso, unos pernos que no eran los de fábrica y su mal estado, producido por la corrosión, no aguantó la resistencia y acabó degollando los pernos, desprendiéndose del T-foil y este colisionando en nuestra banda interior del patín de babor y golpeándonos dos veces, produciendo dos vías de agua diferentes. Por lo tanto, es importante que se pueda desprender con facilidad, de tal manera que no sea un elemento prisionero fijo al barco para así no producir un desgarre mayor en la estructura del buque y pueda minimizar la avería.

5.8.- DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO ANTE ROTURA DEL T-FOIL:

En vista de lo sucedido y dado que hasta la fecha no se ha generado ningún protocolo que paute las acciones a seguir cuando hay una pérdida del T-Foil, ya sea por impacto o por el mal estado de sus pernos, pudiendo producir corrosión hasta llegar al punto de partir la pieza.
Hemos decidido realizar este protocolo de actuación como guía rápida a seguir si se da esta situación nuevamente no sólo en este buque, sino en cualquier buque con casco de aluminio y T-foil.

Y por último, mencionar que debería de haber un protocolo que ha de llevar tanto la empresa explotadora del buque como el astillero responsable de la montura del T-foil.
Y se ha de basar en varios aspectos muy importantes a tener en cuenta:

- La fabricación de un T-foil que no es original sino una pieza genérica fabricada por un taller especializado.
- Es importante llevar el control de los datos técnicos específicos del astillero de fabricación:
- Material de fabricación y acero su densidad
- Cuál es el peso total de la pieza una vez diseñada y fábrica
- Cuál es el material exacto de los pernos que diámetro nominal tiene y qué apriete de tuerca específicamente llevan.

Una vez obtenidos los datos técnicos para la fabricación del T-foil, es importante desde el minuto uno de fabricación, llevar un control exhaustivo de cada uno de los materiales que se ven implicados en la pieza especifica una vez finalizada la fabricación de la pieza.
La segunda parte sería el proceso de movimiento del taller al lugar in-situ del montaje del T-foil para que no tenga ningún tipo de golpe

y su procedimiento de colocación sea también exhaustivo, dado que unir el T-foil por sus cuatros pernos con el casco del barco, es un proceso delicado porque la vida de esos pernos se verá expuesta por el correcto montaje de ese procedimiento, para que pueda quedar totalmente estanco, sin filtraciones de agua y así mantener la vida de la resistencia de los metales correctamente, como asegura su fabricante.

MANUAL TÉCNICO				
PROCEDIMIENTO				
CODIGO DE IDENTIFICACION: PT.01.22 CARACTER: DEFINITIVO CAPITULO: SEGURIDAD DEL BUQUE TITULO: ACTUACIÓN ANTE PÉRDIDA DE T FOIL				
APROBACION				
EDICION	FECHA EDICION	REDACTADO	REVISADO	APROBADO
	FECHA EFECTIVIDAD		Jefe de Departamento de Calidad	Director de Flota
1	01/08/2022	Néstor A. Campillo		
NATURALEZA DE LOS CAMBIOS RESPECTO A LA EDICIÓN (Anterior):				

INDICE DE CONTENIDOS

1.- OBJETO
2.- ALCANCE
3.- DOCUMENTOS RELACIONADOS
4.- RESPONSABILIDADES
5.- GENERALIDADES Y DEFINICIONES
6.- PROCEDIMIENTO

6.1.- Detección de la incidencia, estado de alerta
6.2.- Acciones iniciales desde control
6.3.- Acciones en tierra
6.4.- Gabinete de crisis
6.5.- Estudio de Causas y Origen

1.- OBJETO

El presente documento tiene por objeto desarrollar el procedimiento a seguir para la gestión de todas aquellas acciones a realizar en el caso de que el buque pierda un T Foil durante la navegación.

2.- ALCANCE

Es de aplicación a todos los buques HSC que tengan T- foil.

3.- DOCUMENTOS RELACIONADOS

- “Libro de Estabilidad del buque”.
- “Fichas de seguimiento y mantenimiento del T-foil”

- “Croquis de daños con medidas de vías de agua”
- “Informe de daños”
- “Acta de gabinete de crisis”
- “Informe técnico de pérdida de T foil

4.- RESPONSABILIDADES

Capitán del Buque afectado:

- Organiza y dirige las funciones a realizar
- Comprueba el libro de estabilidad
- Convoca el comité de crisis
- Informa a los responsables de la compañía
- Informa a las autoridades competentes
- Valora los daños, estudia y propone soluciones
- Realiza el seguimiento de la reparación
- Estudia el origen para proponer acciones correctivas y preventivas
- Realiza el informe de daños
- Firmará el “Informe técnico de la pérdida del T Foil” y se lo entregará al director de Flota

Jefe de máquinas:

- Detecta las alarmas
- Realiza seguimiento de la incidencia estando pendiente de posibles nuevas alarmas
- Soluciona posibles problemas técnicos derivados de la pérdida
- Forma parte del gabinete de crisis aportando ideas y alternativas de soluciones.
- Realización de croquis con medidas de vías de agua (con medidas y ubicaciones exactas)

1er Oficial:

- Comprueba in situ los daños y el estado del buque
- Coordina y dirige el trabajo de los marineros
- Aporta ideas de solución al capitán
- Realiza seguimiento de los daños
- Realiza seguimiento de la reparación, coordinando los trabajos
- Realizará en “informe técnico de la pérdida del T Foil”

5.- GENERALIDADES Y DEFINICIONES

T-FOIL

El T-foil, tiene como función principal reducir los movimientos de cabeceo y arfada del buque. Esto lo consigue generando fuerzas verticales, ya sean hacia arriba o hacia abajo. Hay algunos T-foil que se pueden estibar en el casco. Esto produce menos resistencia y si se realiza con el mar en calma, la velocidad será mayor y el consumo se verá reducido.

VOID

Compartimentos en los que se dividen los patines del barco. Los patines suelen estar compartimentados de proa a popa en VOID independientes, cada uno de ellos con su función propia.

Pernos de Sujeción

Son los pernos que sujetan el T Foil. Es el elemento de sujeción entre el T-foil y el casco del buque.

6.- PROCEDIMIENTO

6.1- DETECCIÓN DE LA INCIDENCIA, ESTADO DE ALERTA

La detección de la incidencia puede venir de diferentes formas, independientes o conjuntas (seguidas):

- Sonido fuera de lo normal
- Movimiento incontrolado del buque, temblequeo o movimiento agitado
- Detección de alarmas en activo en panel de control

6.2.- ACCIONES INICIALES DESDE CONTROL

En el momento de la primera duda ante posibles daños, el 1er oficial ha de ordenar al contramaestre y al marinero de guardia a realizar una ronda de control y seguridad.
Una vez salten las alarmas y /o se detecten los daños, estudiar las posibles alternativas rápidas:

6.2.1.- Si hay entrada de agua:

El 1er oficial ha de acudir a valorar los daños y transmitírselos al capitán
El capitán cederá el mando al primer oficial y comprobará el libro de estabilidad del buque, para estudiar el alcance y las posibles alternativas.
Si el buque se puede mantenerse estable al verse menos de 4 VOID afectados, el capitán no informará a la fonda y mantendrá comunicación con el resto de tripulación en un canal alternativo (VHF) para que no llegue a la fonda. De esta manera el pasaje se mantendrá tranquilo.

Se comprobará tanto el estado de la mar como tramo recorrido / pendiente y se evaluará la posibilidad de seguir navegando en un sentido o en el contrario. Siempre valorando la seguridad y la posibilidad de que los daños vayan en aumento.
Se dará instrucciones a los marineros para que lleven y pongan en marcha bombas de achiques en los VOID con entrada de agua.
Se dará aviso a la compañía (jefe de flota)
Se notificará del estado de crisis a las autoridades competentes (capitanía marítima, salva mar)
Se localizará a una empresa de reparaciones subacuáticas para que ayuden con la evaluación de daños y posible reparación.

6.2.2.- Si no hay entrada de agua:
El 1er oficial ha de acudir a valorar los daños y transmitírselos al capitán
Se comprobará tanto el estado de la mar como tramo recorrido /pendiente y se evaluará la posibilidad de seguir navegando en un sentido o en el contrario. Siempre valorando la seguridad y la posibilidad de que los daños vayan en aumento. Dado que con la pérdida del T-foil el buque tendrá menos estabilidad y podrá navegar a menor velocidad.
Se notificará del estado de crisis a las autoridades competentes (capitanía marítima, salva mar)
Se localizará a una empresa de reparaciones subacuáticas para que ayuden con la evaluación de daños y posible reparación.

6.3.- ACCIONES EN TIERRA

Una vez descargado el pasaje y loa vehículos, se realizará un cambio de atraque y se evaluarán los daños con una empresa de

reparaciones subacuáticas. Tomando imágenes para poder analizarlas en el comité de crisis.

Después de realizar los buzos la inspección subacuática y grabarla, se realizará un esquema en papel de las principales vías de agua, mandando a medir sus tamaños y a revisar cada una de ellas. Finalmente se realiza un croquis con todas las medidas de las vías de agua.

Una vez se obtengan todos los datos, sea de realizar un “Informe de daños” y se reportará tanto al DPA, director de flota como a los responsables de la empresa, para poder evaluar detenidamente los daños y a la toma de decisiones para poder proceder a su reparación inmediata.

6.4.-GABINETE DE CRISIS

Se convoca urgente un gabinete de crisis. Los asistentes serán:

- Capitán,
- Director de Flota
- Jefe de Máquinas

Se aportará la siguiente documentación:

- El informe de daños
- Las aportaciones de reparación por parte de la empresa de buzos profesionales
- Las aportaciones del inspector de capitanía

Se analiza la complejidad del golpe dado.

Se estudiarán las posibles soluciones:

6.4.1.-Posibles soluciones

Posibles soluciones para la reparación de las vías de agua:

1.- Realizar una reparación de fortuna subacuática con soldadura subacuática. Siempre que el casco no sea de aluminio. Si el barco es de aluminio la reparación se ha de realizar en seco, dado que hasta la fecha no existe ningún equipo subacuático de soldar aluminio.

2.- Realizar una cementada en el interior de los VOID dañados para taponar la vía de agua. Siempre que la vía de agua se encuentre en la quilla del patín, Si se encuentra en sus paredes verticales no será posible dado que el encofrado es muy complicado en vertical

3.- Realizar una reparación temporal subacuática para asegurar la travesía del buque hasta su puerto de destino para su reparación definitiva en seco, en varadero. En este caso, de preparará el barco con los medios auxiliares necesarios (bombas de achique) por si la reparación temporal tuviera alguna fisura en la travesía.

6.5.- ESTUDIO DE CAUSAS (ORIGEN)

Una vez puesto barco en seco (varadero), los oficiales a bordo (capitán y 1er oficial) comprobarán los daños reales, coordinarán y harán seguimiento de la reparación e instalación del nuevo T Foil.

Se analizarán las posibles causas:

- Impacto
- Rotura del T Foil sin impacto previo
- Comprobar ficha de mantenimiento y control de T Foil para analizar T Foil perdido:
    - ¿Pernos originales?
    - ¿Correcto Material de fabricación?
    - ¿Mantenimiento estaba al día?
    - ¿Tenía corrosión?
    - ¿Tenía holguras?
    - ¿Estaba correctamente sellado?
    - ¿Estaban aislados ante polaridad de corrosión?

Una vez se realice el estudio, se emitirá “Informe técnico de la pérdida del T Foil” y se presentará a la dirección de flota de la compañía.

7. MODELO DE FICHA DE INSPECCIÓN RUTINARIA PARA EL CONTROL Y MANTENIMIENTO DE LOS T-FOIL

En este aparatado hemos querido añadir una ficha de control y mantenimiento con seguimiento mensual, realizada por el primer oficial de cubierta, supervisada y firmada por el capitán del buque.

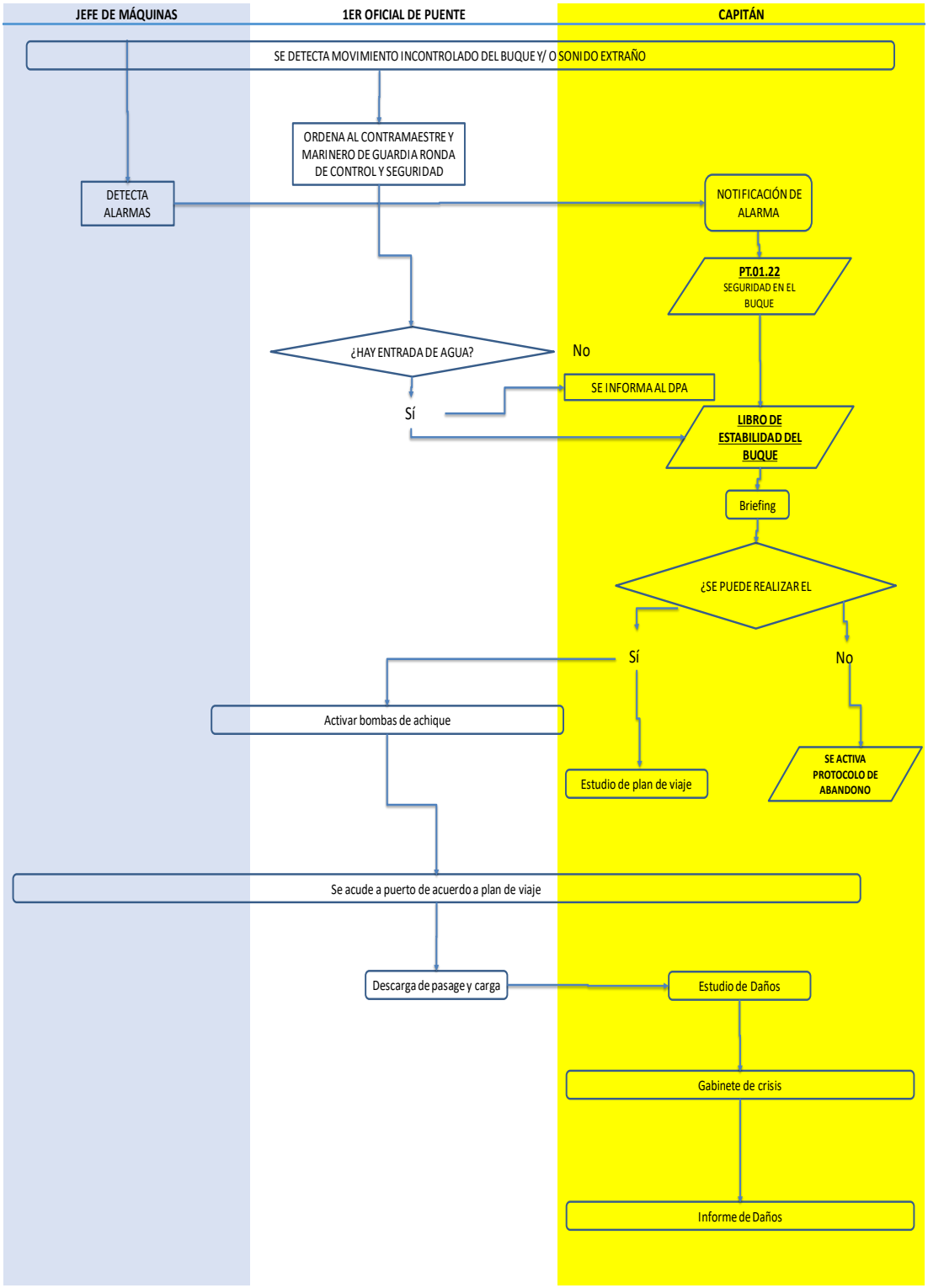
En el caso de que en alguna revisión se detecte algún fallo, se abrirá una incidencia o no conformidad que generará una acción correctiva

(preventiva) para evitar futuras roturas que provoque incidente como entradas de agua o perdida del T-foil.

Esta ficha de control podrá ser ampliada o modificada dependiendo de la característica de cada buque al igual que las mejoras del T-foil o de las necesidades que surjan.

El objetivo, como ya hemos dicho, es el mantenimiento que evite daños y apoye la mejora continua del buque y por lo tanto del servicio.

5.9.- FLUJOGRAMA



5.10.- FICHA DE INSPECCIÓN DEL T-FOIL:

	FICHA DE INSPECCIÓN T-FOIL	
Centro de trabajo: 00100 NOMBRE DEL BUQUE		1 de 1
Localización: SEPTIEMBRE (MES EN CURSO)		

Inspectores
✓ 1er oficial de Máquinas
✗ 1er oficial de Puente
✗ Jefe de Máquinas
✓ Capitán del Buque

Edición: 1

RESPONSABLE DE LA INSPECCIÓN: Capitán

Grupo	DC	Nº	Descripción	PC	Correcto SI	Correcto NO	Correcto N/A	Fecha Inspección	INC Nº	Observaciones
1	1	1	Revisión de corrosión	PC						
1	1	2	Revisión de posibles grietas	PC						
1	1	3	Apriete de los pernos	PC						
1	1	3	Olgura de los pernos	PC						

Nombre y Apellidos	Fecha	Firma

CONFORMIDAD FINAL

Nombre y Apellidos	Puesto	Fecha	Firma

COMUNICADO

Nombre y Apellidos	Puesto	Fecha	Firma

6.- APORTACIÓN PERSONAL

Nuestra aportación principal, cumpliendo con el objetivo fijado, ha sido la redacción de un procedimiento de actuación rápida, frente a la pérdida del T-foil y la redacción de una ficha de seguimiento y control mensual para el mantenimiento de dicho T-foil.

Queremos dejar claro que el T-foil es una pieza que pertenece al casco del buque, pero que es anexa a él, tal y como se ha explicado es este TFM.

Pensamos que, al ser una pieza anexa, con un sistema de enganche al casco, es importante llevar a cabo tanto la ficha de mantenimiento y control como el protocolo de actuación fijado.

Es de extrañar que haya otras piezas anexas al casco del buque que si que lleven un mantenimiento pautado y controlado por fichas, como es el caso de los waterjet.

7.- CONCLUSIONES

Primera: Es cierto que la experiencia es un grado, bajo la desgracia experimentada, tuvimos la suerte de adquirir nuevas vivencias que nos han permitido comprobar la importancia que tiene cualquier elemento del buque y la necesidad, tanto de tener siempre un control sobre todas las piezas fundamentales, como es el caso del T-foil, para prever posibles incidentes, como el tener un procedimiento de actuación que permita agilidad y seguridad en las acciones a realizar.

Segunda: ¿Por qué una ficha de mantenimiento?

No ha existido nunca a bordo de ningún buque de la empresa una ficha de control sobre el mantenimiento del T-foil, no se le ha dado nunca la importancia que requiere.

En nuestro caso, meses atrás, se había notificado en diferentes ocasiones tanto la posible holgura que sufría uno de los pernos como un pequeño goteo que se adentraba en el VOID 1 de babor, debido a esa pequeña holgura.

Esta ficha, obliga al capitán, a validar con su firma, mensualmente, el estado de los T-foil, siendo responsable absoluto, en el caso de que surja un problema que se haya detectado previamente en inspección y no se haya resuelto.
Así, quedando por escrito con esta ficha y adjuntándola al procedimiento creado, no podrá quedar en el aire si se notificó o no, o si fue un problema de mantenimiento o de comunicación entre el inspector del buque y el capitán.
Viéndose este obligado a su notificación y sobre todo a su rápida reparación

Tercera: Dado que, en el buque, toda situación de riesgo requiere un procedimiento de actuación que sirva como guía, es importante ir modificándolos, actualizándolos y ampliándolos, en base a nuevas experiencias o a mejoras técnicas y tecnológicas.
Es importante que se forme un equipo entre los mandos del buque y el equipo técnico de tierra, para que los procedimientos notificados del buque lleven siempre un correcto seguimiento, también por parte de los departamentos técnicos de tierra. Siempre sin menospreciar procedimientos y notificaciones que puedan parecer de poca relevancia, porque podrían empeorar su estado y agravar la situación terminando en una incidencia mayor.

Cuarta: No podemos terminar este TFM sin mencionar que este tipo de buque está destinado al tránsito de pasajeros y vehículos y con él se realizan hasta tres y cuatro viajes al día.
Este tipo de buques, están diseñados para sacar su máximo rendimiento económico para la empresa y de ahí la gran responsabilidad de llevar un buen control sobre los procedimientos y el mantenimiento del buque, dado que cualquier incidencia, si no lleva un control, podría generar un accidente marítimo produciendo, en el peor de los casos, pérdidas humanas, contaminación marítima, y grandes pérdidas económicas para la compañía, pudiendo llegar a producir su quiebra.

8.-REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍCAS

• Página oficial de INCAT Tasmania. Ilustración logotipo. Presentación e historia de la empresa. 01 de enero 2022
https://incat.com.au/

• Página oficial de INCAT Tasmania. Ilustración y Desarrollo de productos. 1 de enero 2022
https://incat.com.au/product-development/

• Página oficial de INCAT Tasmania. Vista Global. 01 de enero 2022
https://incat.com.au/global-view/

• Página oficial de INCAT Tasmania. Diseñar tecnología.
01 de enero 2022
https://incat.com.au/design-technology/

• Página oficial de Gabrian Internacional. Utilidades del aluminio. 1 de enero del 2020
https://www.gabrian.com/es/aluminio-6061-conozca-sus-propiedades-y-usos/

• Página oficial de INCAT Tasmania. Ilustración logotipo. Presentación e historia de la empresa. 01 de enero 2022
https://incat.com.au/

• Página oficial de INCAT Tasmania. Línea de producción. 1 de enero 2022
https://incat.com.au/production-line/

• Autocasión. Reportaje sobre la corrosión del aluminio. 6 de octubre 2016.
https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/la-corrosion-del-aluminio

• Estudio del T-foil del Volcán de Tagoro. Funciones del T-foil. Diego Acosta Alayón. 15de mayo de 2020.
http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/19432