



**Escuela Politécnica Superior de Ingeniería sección Náutica, Máquinas y
Radioelectrónica Naval**

Universidad de la Laguna

TRABAJO DE FIN DE GRADO

“Sistemas Esenciales del Volcán de Tagoro”

Iván Pedro Lema Manente

Septiembre de 2021

Sistemas esenciales del Volcán de Tagoro



Directores:

Dr. D. Federico Padrón Martín.

Dr. D. Alexis Dionis Melian.

Nombre: Iván Pedro Lema Manente

Grado: Tecnologías Marinas

Septiembre de 2021

Dr. Don Federico Padrón Martin Profesor Contratado Doctor Tipo 1 del área de Ingeniería de los procesos de Fabricación perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna hago constar:

Don Iván Pedro Lema Manente ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

“Sistemas esenciales del Volcan del Tagoro”

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

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

En Santa Cruz de Tenerife a 17 de septiembre de 2021.

Fdo. Federico Padrón Martin

Director del trabajo.

Dr. Don Alexis Dionis Melian Profesor Titular del área de conocimientos de Construcciones Navales perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna hago constar:

Don Iván Pedro Lema Manente ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

“Sistemas esenciales del Volcan del Tagoro”

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

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

En Santa Cruz de Tenerife 17 de septiembre de 2021.

Fdo. Alexis Dionis Melián

Director del trabajo.

Agradecimientos:

En Primer lugar, tener en consideración al Dr. D. Federico Padrón Martin y al Dr. D. Alexis Dionis Melian por la gran ayuda que me han ofrecido y por los conocimientos que he adquirido.

INDICE

I.	Introducción. Pág-15
II.	Objetivos. Pág-21
III.	Revisión y Antecedentes. Pág-25
3.1.	Normativa de los Buques Rápidos. Pág-28
3.2	Modelos de Buques similares al Volcán de Tagoro. Inventario. Pág-31
3.3	Estudio y comparativa entre los distintos buques del inventario descrito. Pág-54
3.4	Características de la embarcación tipo del marco referencial de este TFG. Pág-56
3.6	Combustibles aplicados a buques rápidos. Pág-57
IV.	Metodología. Pág-57
4.1	Documentación bibliográfica. Pág-60
4.2	Metodología del trabajo de campo. Pág-60
4.3	Marco referencial. Pág-60
V.	Resultados. Pág-61
5.1	Descripción del Volcán de Tagoro. Pág-64
5.2	Motor principal. Elementos fundamentales. Pág-65
5.2.1	Sistema de Agua de Refrigeración. Pág-66
5.2.2.	Sistema de Lubricación de Aceite. Pág-68
5.2.3.	Sistema de Inyección. Pág-69
5.2.4.	Sistema de Arranque. Pág-69
5.3	Hidráulica de popa. Pág-70
5.4	Motores auxiliares. Pág-72
5.5	Cuadro de control. Pág-73
5.6	Shut Down. Pág-73
5.7	Slow Down. Pág-74
5.8	Splash Oil. Pag-74
VI.	Conclusiones. Pág-75
VII.	Bibliografía. Pág-79

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Fin de Grado (TFG) nace de mi experiencia en el buque rápido “*Volcan de Tagoro*”. Este buque es un buque destinado al tráfico de cabotaje actualmente en el archipiélago canario, realizando líneas de cabotaje entre los puertos de Santa Cruz de Tenerife y La luz en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria. Este buque actualmente pertenece a la Naviera Armas-Transmediterránea. Esta naviera es de gran arraigo en el tráfico interinsular. Después, de mi experiencia en este embarque he mostrado gran interés en el conocimiento de la propulsión de este tipo de embarcación rápida debido a su tecnología y bajo nuestro entender con posibilidades cada vez mayores en el uso marítimo de estas embarcaciones tan características.

El buque “*Volcan de Tagoro*” entre sus características principales destaca por su dualidad ya que es un buque destinado al transporte de pasaje y de carga rodada. Una de las características que queremos mencionar en este TFG es que el buque posee rampa propia para la descarga de la carga rodada. Además, se un sistema de propulsión de water jet con la disposición de cuatro motores principales que dan salida a cuatro líneas de eje dos a cada banda. Tal fue mi experiencia en este tipo de embarcación que quise realizar la elaboración de este TFG pero no solo destacando los elementos mas relevantes de dicha embarcación sino conociendo las peculiaridades técnicas que pudimos observar respecto a un buque convencional.

En el segundo capítulo “Objetivos” de este TFG el lector podrá encontrar los objetivos que nos hemos planteado en la elaboración de este trabajo.

En el tercer capítulo “Revisión y Antecedentes” de este TFG hemos considerado necesario y para darle al lector una visión global de la importancia de este tipo de embarcaciones esta adquiriendo en el mundo marítimo. Hemos incorporado un inventario de las embarcaciones de este tipo que podemos encontrar a nivel mundial, se añade a este TFG una colección fotográfica de estas embarcaciones destacando en todas ellas características básicas de las mismas incluso el tipo de combustible usado. Queremos llamar la atención del lector en este TFG que la última ilustración del inventario de embarcaciones rápidas aportadas en este TFG corresponde a una embarcación que ya esta utilizando una posibilidad dual de combustible que es la incorporación del GNL a este tipo de embarcación, entendemos que es un hecho relevante. Además, incorporamos varios gráficos que van ayudar a este lector del TFG que va ayudar al lector del TFG a entender de una manera global algunos aspectos relacionados con este tipo de embarcaciones. Por ejemplo, el lector de este TFG se podrá encontrar gráficos relacionados con la eslora y velocidad, etc.

En el cuarto capítulo “Metodología” se describe en tres apartados clásicos el método que hemos utilizado para el desarrollo de este TFG, tanto en relación con la documentación bibliográfica utilizada, utilización de manuales planos, etc. Además, se incorpora una colección de ilustraciones de elaboración propia y otras cedidas al autor de este TFG.

En el quinto capítulo "Resultados" hemos destacado los sistemas mas significativos de este barco rápido, además, de incorporar elementos característicos y propios de este tipo de embarcación, como por ejemplo los relacionados con las alarmas.

En el sexto capítulo "Conclusiones" el lector de este TFG tendrá disponible las conclusiones que hemos obtenido después de la elaboración de este TFG y que esperamos haber cubierto los objetivos que nos planteamos al inicio del mismo.

Por ultimo, en el séptimo capítulo "Bibliografía" se tienen referenciadas las fuentes para la elaboración básicamente del capítulo "Revisión y Antecedentes" añadiendo además la webgrafía seleccionada en este TFG.

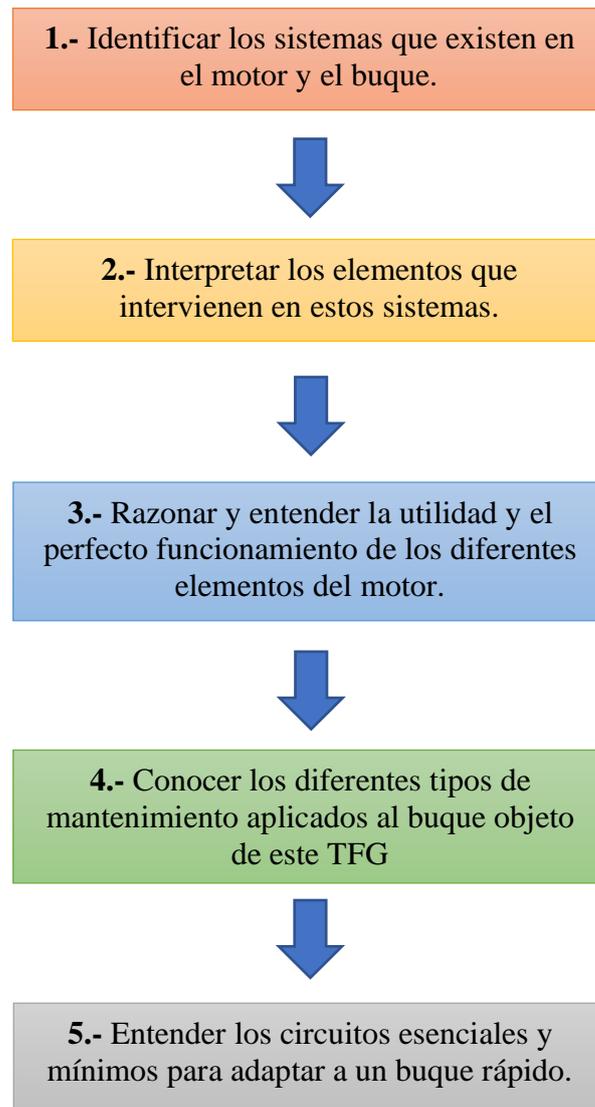
ABSTRACT

This final degree project is a study and a proposal for the development of rotor balancing. What is intended with the development of this practical application is the knowledge and visualization by means of a photo of the balancing process of a rotor in such a way that it provides a different vision that provides a different vision to a technical book and a manual.

II. OBJETIVOS

II. OBJETIVOS.

Los objetivos que me planteo en este **TFG** quedaran plasmados a continuación:



III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

A lo largo de este TFG y más concretamente en este tercer capítulo “Revisión y Antecedentes” intentare plasmar el estado en que se encuentra la temática de este estudio empezando por normativa de ámbito ambiental marítimo, continuando con la actuación a bordo de los buques, en la relación a la instalación de equipos que permitan conseguir ese objetivo medioambiental. Se abre la posibilidad a través de este trabajo de poder andar un poco más en la efectividad de las medidas adoptadas en los buques y su repercusión en núcleos poblacionales, a modo de ejemplo. Un ejemplo puede ser las ciudades de Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria y Santa Cruz de Tenerife en el sentido de tener estas tres ciudades un nexos de unión entre ellas, cual es la de ser acogedora de puertos de cabotaje, de mercancías de buques de línea regular y de cruceros.

3.1. Normativa de los Buques Rápidos.

Actualmente, las naves de gran velocidad presentan un gran impacto en nuestro archipiélago, incrementando su flota para transportar pasaje y carga entre islas.

Para entender qué es una embarcación rápida, debemos consultar el **Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar** o “SOLAS”. El Capítulo “X” “*Medidas de Seguridad aplicables a las naves de gran velocidad*”, detalla este tipo de barcos, empleando como definición la citada a continuación ^[1]:

“Se considera nave de gran velocidad aquella nave cuya velocidad máxima (en m/s) sea igual o superior a $3,7 \times \Pi^{0,1667}$ donde Π es el desplazamiento expresado en metros cúbicos correspondiente a la flotación de proyecto exceptuando las naves cuyo casco está a completamente sustentado por encima de la superficie del agua en la modalidad sin desplazamiento por las fuerzas aerodinámicas generadas por el efecto de superficie”.

Este concepto, se recoge en el **Código de Naves de Gran Velocidad** que internacionalmente recibe el nombre de “*High Speed Craft Code*” (HSD), aprobado en 1994 por la Organización Marítima Internacional (OMI), surge tras la necesidad de adaptar la normativa existente.

El **Código de Naves de Sustentación Dinámica** (Code of Safety for Dynamically Supported Craft o DSC) fue aprobado en 1977 y estaba dirigido principalmente a embarcaciones de la época denominadas hidroalas, aerodeslizadores o jetfoil. En condiciones operacionales normales se sustentan por encima de la superficie del agua, debido a las fuerzas hidrodinámicas generadas por aletas de soporte.

Según el DSC, la definición de **nave de sustentación dinámica** hace referencia [2]:

- a) Naves cuyo peso, o una parte importante de éste, se encuentra contrarrestado por fuerzas distintas de las hidrostáticas.
- b) Naves que presenten una relación de:

$$\frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{g \times L}} \geq 0,9$$

- “ $V_{m\acute{a}x}$ ” es la velocidad máxima.
- “ g ” significa la gravedad.
- “ L ” indica la eslora de flotación del proyecto.

La **aplicación** de dicha definición se establece para naves que cumplan los siguientes criterios [2]:

- a) Transporten entre 12 a 450 pasajeros, con asiento para cada uno de ellos.
- b) En el transcurso de su viaje no se alejen más de 100 millas marinas de un lugar de refugio.

Tanto la definición como el ámbito de aplicación descritos, determina una eslora de embarcaciones que oscilan aproximadamente entre 20 y 50 metros. Teniendo en cuenta la fórmula citada anteriormente:

- Si nos encontramos en un buque de 111 metros de eslora, la velocidad máxima que debería alcanzar tendría que ser igual o superior a 57,7 nudos; para poder considerarse una nave de sustentación dinámica, dato que en la práctica habitual sería imposible.

Además, la utilidad del DSC resulta muy limitada tanto en el número de pasajeros como en las distancias que se debe mantener próximo a la costa.

Con lo expuesto previamente, se demuestra los **inconvenientes** que presenta el DSC, puesto que, no se adecúa a las siguientes situaciones:

- Evolución de la tecnología naval.
- Buques de esloras muy superiores a los descritos en dicho código.
- Navegaciones que pueden estar a mayor distancia de la costa.
- Albergar un número superior de pasajeros de forma segura.

Por tanto, surge la necesidad de crear el *Código de Naves de Gran Velocidad (HSC)* en 1994, cuyo objetivo consiste en determinar los niveles de seguridad y minimizar los riesgos asociados, teniendo en cuenta, las singularidades que tienen este tipo de barcos. De este modo, el HSC modifica la definición de Nave de gran velocidad, como ha quedado expuesto en este documento y que está recogida en el SOLAS en su Capítulo X.

La aplicación de este nuevo código se puede utilizar en las naves que tengan las siguientes características ^[3]:

- **“Realicen viajes internacionales”.**
- **“A las naves de pasaje que en el curso de su viaje no estén a más de cuatro horas de un lugar de refugio a la velocidad normal de servicio”.**
- **Las naves de carga de arqueo bruto igual o superior a 500 que en el curso de su viaje a plena carga no estén a más de 8 horas de un lugar de refugio a la velocidad normal de servicio.”**

Del mismo modo, se ha añadido una nueva clasificación para los buques rápidos y que se dividen en la siguientes tres categorías:

- *Nave de Categoría A.*
- *Nave de Categoría B.*
- *Nave de Carga.*

Las **naves de Categoría A**, hacen referencia a aquellos bracos de gran velocidad que pueden transportar como máximo unos 450 pasajeros y que están operativas en una ruta, que necesitara realizar una evacuación se pudiera llevar a cabo en un tiempo adecuado, es decir, juzgado por la administración competente. Evitando así, que las personas que estén en una embarcación de supervivencia sufran una hipotermia en las peores condiciones previstas y estando en cualquier punto de su ruta asegurando la seguridad de las personas en todo momento, y no podrá exceder las cuatro horas.

Las **naves de Categoría B** son embarcaciones de pasaje de gran velocidad que no entran en la categoría A, y que tanto su maquinaria como sus sistemas de seguridad están provistos, de tal manera que, si cualquiera de estos quedara fuera de servicio, la nave podría continuar de forma segura.

Las **naves de carga** son naves de gran velocidad, que no son de pasaje y que mantienen tanto las funciones principales como los sistemas de seguridad de los espacios que no hayan sido afectados después de sufrir una avería en cualquiera de sus compartimientos de abordó.

Incluso, dentro de dichas categorías se puede diferenciar entre:

- **“Naves Asistidas”**, que son las que permiten una reducción en la protección activa y pasiva del buque, puesto que, facilitan el hecho de socorrer en menor tiempo y con un número limitado de personas. (*Categoría A*).
- **“Naves No Asistidas”**, que exigen medios adicionales tanto activos como pasivos para asegurar su seguridad, ya que, no disponen de una facilidad para ser evacuados. (*Categoría B y naves de carga*). Por tanto, las especificaciones técnicas deben ser más exigentes, porque, requieren mayores medios a bordo para asegurar la seguridad del buque y de las personas que estén a bordo.

Además, en este código se recoge los certificados que deben presentar las embarcaciones rápidas en vigor para poder navegar, que son:

- a) **Certificado de seguridad para naves de gran velocidad**, para los requisitos técnicos de la nave.
- b) **Permiso de explotación de naves de gran velocidad**, enfocado para los aspectos operacionales.

Los buques deben llevar a bordo una serie de manuales que están recogidos en el HSC, que son los citados a continuación:

- *Manual Operacional de la Travesía.*
- *Manual de Operaciones de la Nave.*
- *Manual de Formación.*
- *Manual de Mantenimiento.*
- *Programa de Servicio.*
- *Información sobre los Pasajeros.*

3.2. Modelos de Buques similares al Volcán de Tagoro. Inventario.

El **Volcán de Tagoro**, es un buque rápido de estilo catamarán, es decir, cuenta con dos cascos geoméricamente iguales, por lo que, tiene dos quillas que le otorgan una gran estabilidad. Así mismo, presenta una menor resistencia hidrodinámica con respecto a los monocascos, por lo cual necesita menos potencia propulsora. Con este tipo de diseño se consiguen velocidades máximas mucho más elevadas, siendo una ventaja esencial.

Dicha embarcación fue construida por **Incat Tasmania**, empresa especializada en los barcos “*Wave Piercing Catamarán*” (WPC), o lo que es lo mismo, *Catamarán Perforante de Olas*. Son capaces de atravesar las olas sin necesidad de mantenerse sobre ella y sin tener apenas cabeceo mejorando notablemente la navegación. La proa consta de canales de desalojo de agua, permitiendo que nuestro buque tenga una mayor velocidad ^[4].

Las naves WPC de gran eslora, comenzaron a fabricarse a principios de la década de los 90. Anteriormente, sólo existían embarcaciones de esloras más pequeñas y que realizaban trayectos cercanos a la costa.

A continuación, se hará una recopilación de los diversos barcos tipo WPC similares al buque de estudio de este TFG que han navegado a lo largo de la historia ^[4]:

El primer modelo es el **Incat Hull 023** denominado **Sea Speed Jet**. Es un modelo WPC innovador, siendo el primero que permitió el transporte de pasajeros y carga rodada en este tipo de barcos. En su inicio operó en la ruta entre Port Welshpool y George Town ^[5].

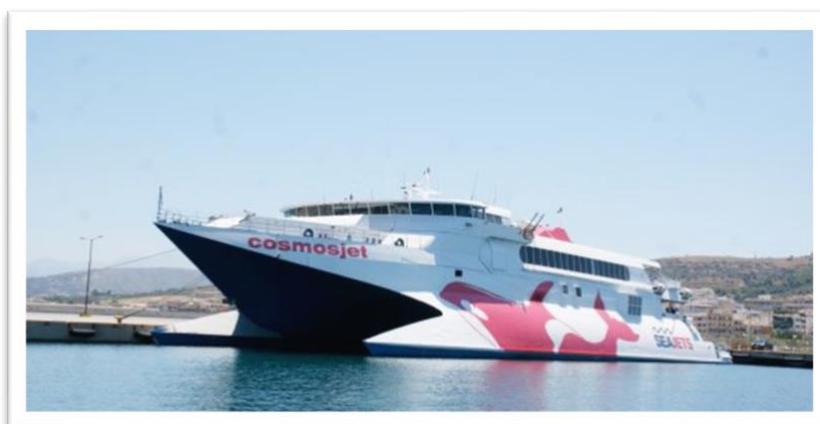


Ilustración 1: Sea Speed Jet. Fuente: [6]

El **Incat Hull 024**, con 74 metros de eslora, recibe el nombre de **Pinar del Río**, que operaba entre Denia e Ibiza; entregado en 1992 ^[5].



Ilustración 2: Pinar del Río. Fuente: [7]



El **Incat Hull 025**, opera dentro de las islas de Grecia y también cuenta con 74 metros de eslora. Llamado **High Speed Jet** y fue entregado en 1990 ^[5].

Ilustración 3: High Speed Jet. Fuente: [8]

El **Incat Hull 026**, también con 74 metros de eslora y denominado **Máster Jet**, realiza la misma ruta que el anterior y fue entregado en 1991 [5].



Ilustración 4: Máster Jet. Fuente: [9]

Cabe destacar que estas embarcaciones tipo WPC. Los cuales pueden transportar su carga rodada desde la proa, como se puede observar en el buque de **Incat Hull 027** llamado buque **Express Atlántico**, entregado en 1994 [5].



Ilustración 6: Express Atlántico. Fuente: [10]

El **Incat Hull 028**, también cuenta con 74 metros de eslora y recibe el nombre de **Naxos Jet**. Su ruta opera entre las islas de Grecia y fue entregado en el 1992 ^[5].



Ilustración 7: Naxos Jet. Fuente: [11]



Ilustración 8: Tiger. Fuente [12]

El **Incat Hull 030**, con 74 metros de eslora, denominado **Tiger**. Opera en Ras Laffan, Qatar el cual fue entregado en el 1995 ^[5].

El próximo buque, es el **Incat Hull 31**, con una eslora de 74 metros recibe el nombre de **Seecat Moorea**, y opera en Phnom Penh Cambodia y fue entregado en 1993 [5].



Ilustración 9: Seecat Moorea. Fuente [13]

El **Incat Hull 032**, también con una eslora de 74 metros llamado **Atlantic III**. Opera entre Buenos Aires y Colonia y fue entregado en el año 1993[5].



Ilustración 10: Atlantic III. Fuente: [14]

A continuación, está el **Incat Hull 033**, con 74 metros de eslora, que recibe el nombre de **Jaime I** que opera entre Algeciras y Ceuta y que fue entregado en 1994^[5].



Ilustración 11: Jaime I. Fuente: [15]



El **Incat Hull 034**, presenta 78 metros de eslora y fue denominado **Fares 2**. Opera en Arabia Saudi y fue botado en el año 1995^[5].

Ilustración 12: Fares 2. Fuente: [16]

El siguiente buque de tipo WPC es el **Incat Hull 035**, de 78 metros de eslora y que recibe el nombre de **Mega Jet** que opera en las islas de Grecia y que fue entregado en el año 1995^[5].

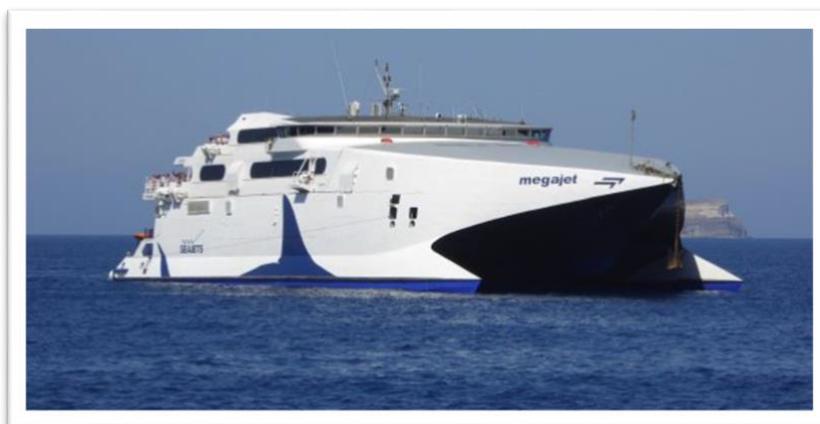


Ilustración 13: Mega Jet. Fuente: [17]

El **Incat Hull 038**, de 81 metros de eslora y denominado **Jaime II**. Opera en Fort Lauderdale, Florida – Grand Bahamas Island, Fort Lauderdale, Florida USA – Bimini y que fue entregado en el 1996^[5].



Ilustración 14: Jaime II. Fuente: [18]

El **Incat Hull 040**, de 81 metros de eslora llamado **Rapidlink Jet**, que opera en las islas de Grecia y que fue entregado en el año 1996^[5].



Ilustración 15: Rapidlink Jet. Fuente: [19]



Ilustración 16: Jaime III. Fuente: [20]

El siguiente buque de tipo WPC es el **Incat Hull 041**, con 81 metros de eslora llamado **Jaime III** y que opera en la ruta entre Ciutadella y Alcudia y que fue entregado en 1996^[5].

El **Incat Hull 042**, de 86 metros de eslora, recibe el nombre de **Champion Jet 2** y opera en las islas de Grecia y que fue botado en el año 1996^[5].



Ilustración 17: Champion Jet 2. Fuente: [21]

El **Incat Hull 043**, de 86 metros de eslora llamado **Tarifa Jet**; opera entre Tarifa y Tanger y fue entregado en el año 1997^[5].



Ilustración 18: Tarifa Jet. Fuente: [22]

El **Incat Hull 044**, con 86 metros de eslora denominado **Champion Jet 1** que opera en las islas de Grecia y que fue entregado en el 1997^[5].



Ilustración 19: Champion Jet 1. Fuente: [23]



Ilustración 20: Condor Rapide. Fuente: [24]

El **Incat Hull 045**, de 86 metros de eslora y que recibe el nombre de **Condor Rapide**, opera en la ruta de Islas del Canal – ST. Malo, Francia y que fue botado en 1997^[5].

A continuación, el **Incat Hull 046** de 91 metros de eslora denominado **T & T Express** y opera en Trinidad y Tobago y que empieza a operar en el año 1997^[5].



Ilustración 21: T & T Express. Fuente: [25]

El **Incat Hull 047**, con 91 metros de eslora y que bautizado con el nombre de **Super Express** que opera entre las islas de Grecia y que fue botado en el año 1998^[5].

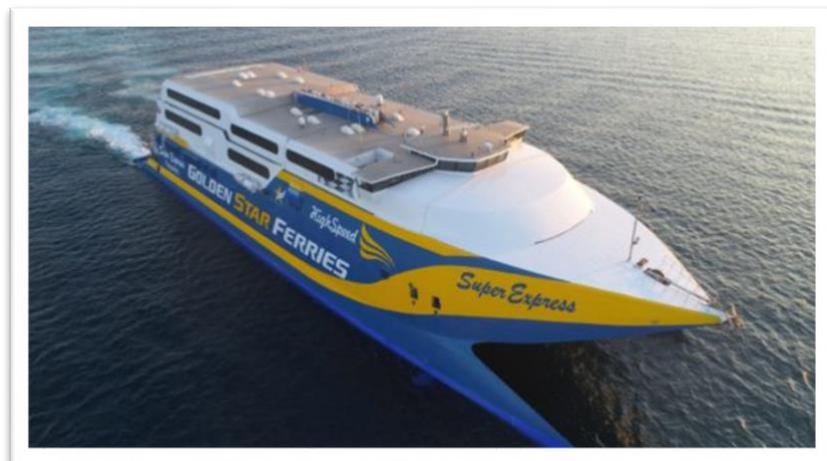


Ilustración 22: Super Express. Fuente: [26]

El **Incat Hull 048**, de 91 metros de eslora y que se llama **Max**. Opera entre Rønne, Dinamarca – Ystad Suecia y que fue entregado en el año 1998^[5].



Ilustración 23: Max. Fuente: [27]



Ilustración 24: Skane Jet. Fuente: [28]

El próximo buque, es el **Incat Hull 049**, de 91 metros de eslora y que recibe el nombre de **Skane Jet** y que cuya ruta es Sassnitz, Alemania – Ystad Suecia y que fue entregado por el astillero en el año 1998^[5].

El **Incat Hull 050**, con 96 metros de eslora, llamado **Manannan**; tiene la ruta entre Douglas – Liverpool y que empezó a operar en el año 1998^[5].



Ilustración 25: Manannan. Fuente: [29]

A continuación, vino el **Incat Hull 051**, con 96 metros de eslora que tiene el nombre de **HSC Artemis** cuya ruta es entre Valetta, Malta y Augusta Sicilia y que fue botado en el año 1999^[5].

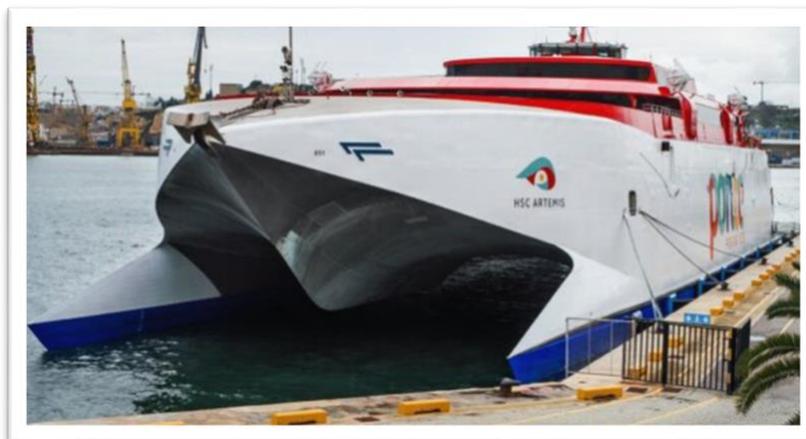


Ilustración 26: HSC Artemis. Fuente: [30]

El **Incat Hull 052**, de 96 metros de eslora y que recibe el nombre de **Villa de Agaete** que opera entre Las Palmas de Gran Canaria y Santa Cruz de Tenerife (España); fue entregado en el año 1999^[5].



Ilustración 27: Villa de Agaete. Fuente: [31]



Ilustración 28: Bencomo Express. Fuente: [32]

El **Incat Hull 053**, con 96 metros de eslora denominado **Bencomo Express** que tiene la ruta entre Agaete y Santa Cruz de Tenerife, fue entregado en 1999^[5].

A continuación, vino el **Incat Hull 055**, con 96 metros de eslora que recibe el nombre de **Bentago Express**, y que tiene la ruta entre Agaete y Santa Cruz de Tenerife cuya botadura fue en el año 2000^[5].



Ilustración 29: Bentago Express. Fuente: [33]

El **Incat Hull 056**, de 96 metros de eslora, llamado **Volcán de Teno** y que realiza el trayecto entre Ceuta – Algeciras España y que empezó a operar en el año 2000^[5].



Ilustración 30: Volcán de Teno. Fuente: [34]

El **Incat Hull 057**, con 98 metros de eslora, denominado **Normandie Express** y que tiene la ruta entre Cherbourg, Francia – Portsmouth, UK; lleva operando desde el año 2000^[5].



Ilustración 31: Normandie Express. Fuente: [35]



El **Incat Hull 058**, con 98 metros de eslora que tiene el nombre de **Ciudad de Ceuta** y que cubre el servicio entre Algeciras – Ceuta España; fue botado en el año 2003^[5].

Ilustración 32: Ciudad de Ceuta. Fuente: [36]

El próximo buque, es el **Incat Hull 059**, de 98 metros de eslora y que recibe el nombre de **Hai Xia Hao**, que cubre la ruta entre Taichung, Taiwan – Pingtan Island y empezó su andadura en el año 2002^[5].



Ilustración 33: Hai Xia Hao. Fuente: [37]

El **Incat Hull 060**, con 98 metros de eslora, llamado **T & T Spirit**, cubre el trayecto entre Scarborough y Puerto de España y cuya botadura fue en el 2000^[5].



Ilustración 34: T & T Spirit. Fuente: [38]

El **Incat Hull 062**, con 98 metros de eslora que fue bautizado con el nombre de **Volcán de Tirajana**, opera entre Puerto de la Estaca, El Hierro – Los Cristianos, Tenerife, (España) y su puesta en servicio fue en el año 2006^[5].



Ilustración 35: Volcán de Tirajana. Fuente: [39]



Ilustración 36: Natchan Rera. Fuente: [40]

El **Incat Hull 064**, de 112 metros de eslora y que recibe el nombre de **Natchan Rera**, que opera entre Keelung – Taipei Taiwán y que su botadura fue en el año 2007^[5].

El **Incat Hull 065**, con 112 metros de eslora, denominado **Natchan World**; trabaja en la zona de Hakodate, Japón y su puesta en servicio fue en el año 2008^[5].



Ilustración 37: Natchan World. Fuente: [41]

A continuación, fue construido el **Incat Hull 066**, de 112 metros de eslora que fue bautizado con el nombre de **Express 1**. Cubre la ruta entre Rønne, Dinamarca – Ystad Suecia y que empezó a operar en el año 2009^[5].



Ilustración 38: Express 1. Fuente: [42]

El **Incat Hull 067**, de 112 metros de eslora y llamado **Express 2**, cubre el trayecto Aarhus – Ebeltoft Dinamarca y fue entregado en el año 2013^[5].



Ilustración 39: Express 2. Fuente: [43]



Ilustración 40: Akane. Fuente: [44]

El siguiente buque de tipo WPC es el **Incat Hull 68**, de 85 metros de eslora, denominado **Akane** y que tiene la ruta de Nigata – Sado Island, Japón; fue botado en el 2015^[5].

El **Incat Hull 069**, con 99 metros de eslora, fue bautizado con el nombre de **Francisco**, y opera entre Buenos Aires, Argentina – Montevideo, Uruguay. Su puesta en servicio fue en el año 2013^[5].



Ilustración 41: Francisco. Fuente: [45]

El **Incat 088**, con 110 metros de eslora, y que recibe el nombre de **Express 3**. Su ruta está entre Aarhus – Ebeltoft Dinamarca, y fue entregado en el año 2017^[5].



Ilustración 42: Express 3. Fuente: [46]

El siguiente buque de tipo WPC es el **Incat Hull 089**, de 110 metros de eslora, llamado **Saint John Paul II**, opera entre Valetta, Malta – Pozzallo, Sicily y fue botado en el año 2019^[5].



Ilustración 43: Saint John Paul II. Fuente: [47]



Ilustración 44: Volcán de Tagoro. Fuente: [48]

Por último, estaría el buque de estudio empleado en la elaboración de este TFG, **Incat Hull 091**, el cual cuenta con 111 metros de eslora, que como conocemos recibe el nombre de **Volcán de Tagoro** y cubre el trayecto entre las ciudades de Las Palmas de Gran Canaria – Santa Cruz de Tenerife; cuya botadura fue en el año 2019^[5].

También estos buques pueden tener un uso militar, este ejemplo se ve en el **Incat Hull 061**, que recibe el nombre del **Swift** de 98 metros de eslora y que forma parte de la armada de los Estados Unidos de América y que empezó a funcionar en el año 2003^[5].



Ilustración 45: Swift. Fuente: [49]

Cabe reseñar, que existen naves de gran velocidad tipo WPC con una eslora reducida. Éstos presentan la diferencia de que transportan únicamente pasajeros. Además, sus rutas son mucho más cortas y cercanas a la costa. Un ejemplo de ello se puede observar en el **Incat Hull 092**, de 33 metros de eslora cuyo nombre es **Ocean Adventurer**; operando en Sydney Harbour, desde el año 2018^[5].



Ilustración 46: Ocean Adventurer. Fuente:[50]

Del mismo modo, hay embarcaciones rápidas como son los catamaranes rápidos o los llamados buques de **Clase K**. Por ejemplo, en la nave de **Incat Hull 037**, con 78 metros de eslora y que recibe el nombre de **Sun Flower**, opera en Corea del Sur.

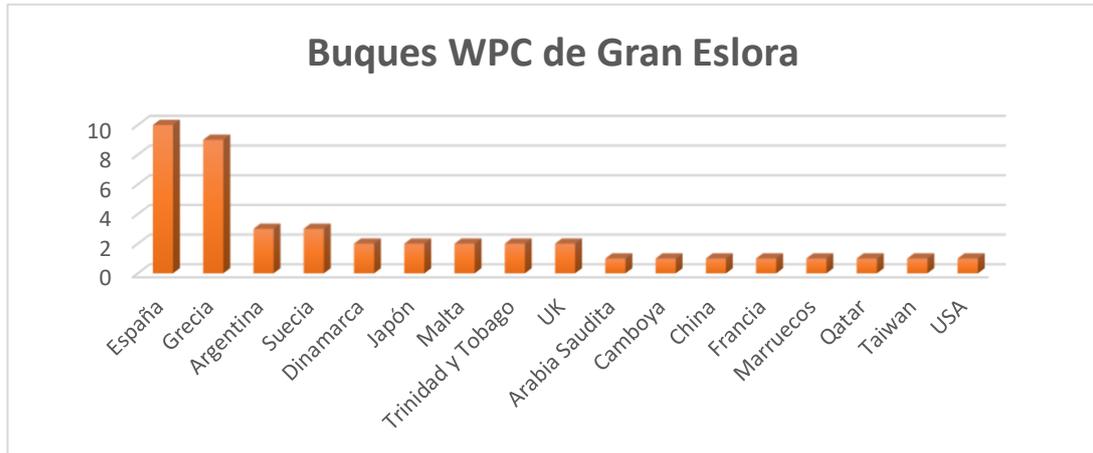


Ilustración 47: Sun Flower. Fuente: [51]

3.3 Estudio y comparativa entre los distintos buques del inventario descrito.

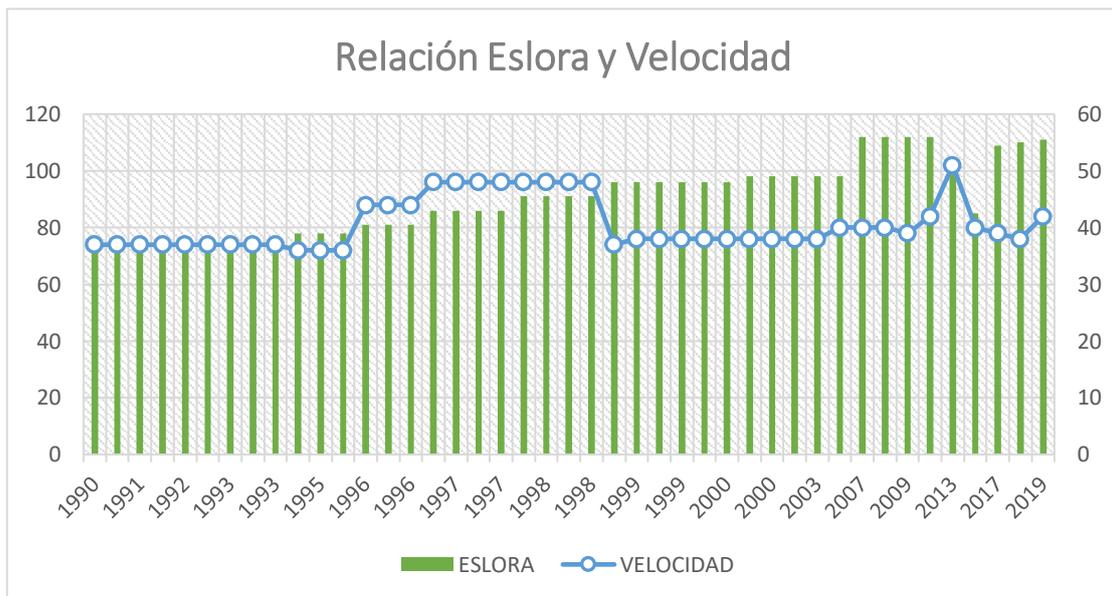
Se llevará a cabo un análisis diferencial entre los aspectos más relevantes de los buques mencionados en el apartado anterior.

En primer lugar, se realizará una comparación del número de buques que operan en cada país.



Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en el gráfico España y Grecia encabezan la lista siendo los países con mayor número de barcos que son del mismo tipo del buque a estudiar en este trabajo. Sin embargo, en la cola tenemos a Arabia Saudita, Camboya, China, Francia; Marruecos, Qatar, Taiwan y USA. La diferencia radica en que tanto España como Grecia cuenta con varios archipiélagos por lo que las distancias son más cortas y donde se necesita cubrir un gran número de pasaje como de carga.

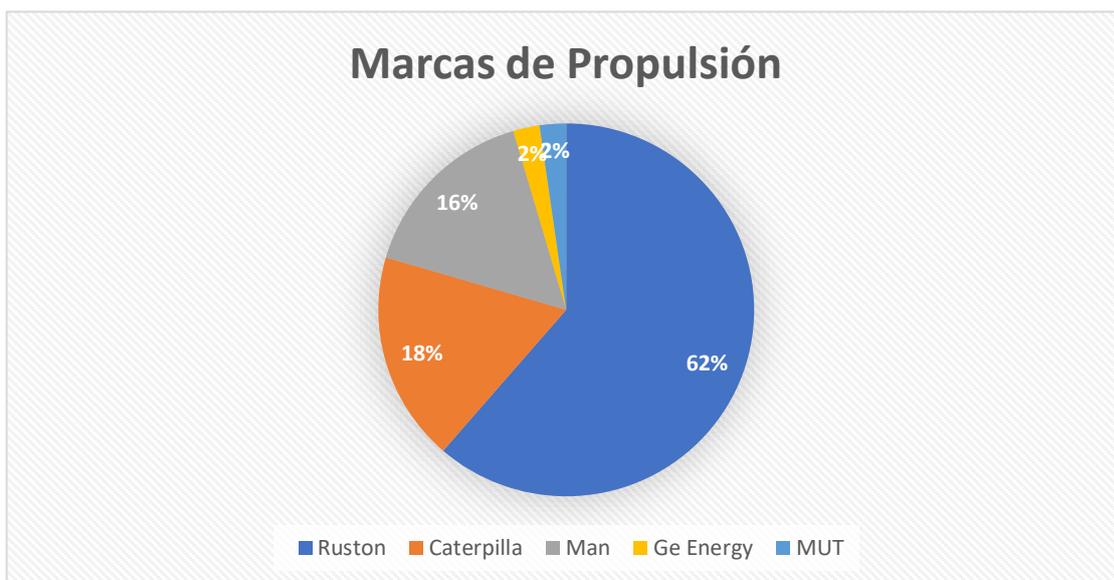


Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en el gráfico anterior, se ve como la eslora no presente grandes cambios entre los años 1990 y 1996 que aumento paulatinamente de 74 a 78 metros de eslora a partir de ese año los buques podían ofrecer una eslora de 81 metros que en el año siguiente subió unos 5 metros. En el 1998 los buques ofrecieron una mayor eslora teniendo unos 91 metros de eslora que fue subiendo a lo largo de los años hasta el 2006 que llego a los 98 metros de eslora. En 2007 se ve como los buque pasa de los 100 metros de eslora llegando a las 112 metros de eslora.

También en este gráfico se ve la evolución de la velocidad máxima que pueden alcanzar los buques que es mas oscilante que la eslora. En ella se aprecia como se mantiene constante a lo largo de 1990 a 1996 en esos años la velocidad media fue de 37 nudos. En ese mismo la velocidad aumento a 44 nudos llegando en los siguientes años a 48. En términos de velocidad hay que destacar a buque llamado **Francisco** de 99 metros de eslora el cual es considerado el buque WPC más rápido de mundo llegando a alcanzar una velocidad máxima de 51 metros de eslora, esto fue posible ya que su propulsión es realizada con turbinas de gas el cual le da una mayor velocidad.

Cabe destacar que las características de los barcos cambian en función de su funcionalidad ya que es la empresa es la que decide que tipo de características en función de tipo de ruta que tenga que cubrir y el pasaje y carga que se quiera transportar.



Fuente: Elaboración Propia.

En este gráfico se puede ver como la marca Ruston es la marca propulsora mas utilizadas a lo largo de la historia en los buques de tipo WPC de gran eslora, esta compañía de origen ingles tiene tres series RK215, RK270 Y RK280. El RK270, es un diseño con una carrera de 270 mm y con un diámetro de 305 mm. El RK270 mantiene las mismas características que la anterior serie, pero utilizo nuevos componentes con lo que consiguió un mayor rendimiento. Después salió la serie RK280 que ofrece un rendimiento mucho mejor que la serie anterior. Cabe destacar que esta compañía fue comprada por **MAN B&W DIESEL AG**, en junio de 2000 con lo que se convierte en la compañía mas relevante dentro de este tipo de buques ^[52].

3.4 Características principales de la embarcación tipo del marco referencial de este TFG.

En este apartado 3.4 del capítulo “Revisión y Antecedentes” voy a describir de manera tabulada las características principales del buque objeto de estudio en el capítulo de Resultados de este Trabajo Fin de Grado (TFG).

Nombre del Buque	Volcán de Tagoro
Tipo	Catamarán Wave Piercing de Gran Velocidad
Constructor	InCat Tasmania Pty Ltd
Nº de Construcción	91
País de Construcción	Australia
Años de Construcción	2017
Propietario	Naviera Armas Transmediterránea
Explotador	Naviera Armas Transmediterránea
M.M.S.I.	224781000
Puerto de Registro	Santa Cruz de Tenerife
Número OMI	9830111
Número Máximos de Pasajeros	1165
Número Total de Tripulantes	16
Material del Casco	Aluminio
Carga Rodada de Coches	215
Carga Rodada Mixta	595 metros
Eslora Total	111
Manga	31 metros
Calado Máximo	4,16 metros
Arqueo Bruto (GT)	10870
Propulsión	4 waterjets con motores diésel
Potencia Máxima	9100 kW
Velocidad Máxima	42 nudos

3.5 ¿Cual es el motivo de coexistencias de buques convencionales y buques rápidos en el archipiélago canario en la actualidad?

El motivo de coexistencia entre estos dos tipos de buques es que ofrecen servicios diferentes. Para esto hay que tener claro que ofrece un buque y otro. Por un lado, tenemos a los buques convencionales Ro – Pax los cuales son capaces de cargar un mayor número de camiones de gran tonelaje, como coches convencionales como pasajeros. Esta mayor carga hace que el barco estructuralmente sea diferente a los fast ferry además de tener un desplazamiento mayor con lo que su velocidad es más lenta con lo que con un mismo barco se realizaran menos trayectos.

Por el otro lado tenemos a los buques rápidos que no carga un gran numero de camiones de gran tonelaje a bordo, estos están diseñados para transportar coches y pasajeros, los cuales en numero total máximo son inferiores que los buques convencionales, el cual le da otra ventaja ya que esta diseñado para con un numero de carga determinado tener siempre una gran velocidad en el trayecto con lo que con un mismo barco puede realizar mas trayectos entre islas.

Como vemos son dos tipos de buques diferentes que a priori puede parecer que son iguales, pero no lo son ofrecen servicios diferentes por eso ambos modelos pueden coexistir en el archipiélago canario.

3.6 Combustibles aplicados a buques rápidos.

Tras la revisión realizada para este sexto apartado de este tercer capítulo de “Revisión y Antecedentes” aportamos al lector de este TFG una información que entendemos relevante para el desarrollo del quinto capítulo resultados, cual es la utilización en las embarcaciones rápidas estudiadas en los apartados anteriores de este capítulo donde el combustible utilizado es el Gas Oil Marino o **GMO** y solo tenemos constancia de una única embarcación que casualmente es la más rápida en el negocio marítimo actual de embarcaciones de alta velocidad cuyo nombre del buque es **Francisco** el cual posee una dualidad en el uso de combustible ya que tiene **GMO** y **GNL**.



Ilustración 87: Francisco. Fuente: [53]

La pregunta entonces sería ¿Por qué las embarcaciones rápidas utilizan **GMO**? La respuesta a esta pregunta es necesaria destacar varios aspectos que comentaremos a continuación, si se utilizara **HSFO** (fuel pesado) sería necesario tener un sistema de calentamiento (vapor o aceite térmico) además de una línea de depuradoras específicas y la instalación inevitable de un módulo de combustible que adapta al mismo a las prestaciones del motor marino en cuestión. Pero actualmente este no es el problema, aunque en si, si que es un problema ya que la instalación de la sala de maquinas es mas compleja. Precisamente uno de los detalles en la sala de maquinas de estas embarcaciones rápidas es la sencillez de su instalación. Pero el problema no acaba en este punto además con la nueva normativa medioambiental de obligado cumplimiento desde el 1 enero de 2020 las emisiones de azufre se tienen que reducir al 0,1% de azufre por lo que además de este inconveniente si utilizáramos **HSFO** sería necesario la instalación de torres de lavado. Como podemos observar utilizar el **HSFO** en un fast ferry es complejo ya que este combustible tiene emisiones de azufre del 3,5% de azufre e incumpliría la normativa. Cabría otra posibilidad de utilizar otro combustible que se adapte a la normativa actual por ejemplo el **VLSFO** que es un fuel mas caro que el **HSFO** pero que no necesita torres de lavado ya que la emisión del azufre es del 0,1%. Y la ultima posibilidad es utilizar motores rápidos marinos de 4 tiempos utilizando **GMO** como anteriormente, lo que vamos a utilizar en el capítulo de resultados.

IV. METODOLOGÍA

IV. METODOLOGÍA

La metodología empleada en este trabajo de fin de grado se ha fraccionado en los siguientes apartados:

4.1 Documentación bibliográfica.

La documentación que se expone en este TFG (Trabajo de Fin de Grado), es a partir de una fuente bibliográfica en la que aparecen páginas web, planos y manuales del buque. También de los conocimientos adquiridos en el periodo de embarque en el buque Volcan de Tagoro, para desarrollar los aspectos propios de un equipo propulsor de una embarcación rápida.

4.2 Metodología del trabajo de campo.

La confección de este TFG viene de mi experiencia de embarque en la cual se analizo la sala de maquinas y demás compartimientos destacando la maquina como elemento principal en este trabajo. Incorporando fotos de elaboración, planos y manuales.

4.3 Marco referencial.

Nuestro escenario es el **Volcan de Tagoro** perteneciente a la empresa naviera armas transmediterránea en la que he tenido la oportunidad durante mi periodo de practicas de la creación de este TFG.



Ilustración 88: Volcan de Tagoro. Fuente: [54]

V. RESULTADOS

V. RESULTADOS.

En este quinto capítulo “Resultados” de este trabajo fin de grado voy a desarrollar una descripción detallada de los elementos más diferenciadores que consideramos en comparación a una sala de máquinas de un buque mercante convencional con una sala de máquinas de un buque rápido como en el que describo en el marco referencial de este TFG. Llama la atención como una embarcación de línea regular que puede alcanzar los **32 nudos** de media tiene implantada una tecnología que guarda una relación espacio/velocidad. Si a esta relación añadimos la variable de buscar en este tipo de buques no solo velocidad si no fiabilidad aportado en este capítulo de este TFG los elementos más característicos y más relevantes que hace de este tipo de embarcación una verdadera revolución en el ámbito marítimo y añadiría el concepto de hito ya que en un mismo intervalo de tiempo lo que antes se hace en una derrota, hoy en día puedo hacer varias derrotas en el mismo intervalo de tiempo.

5.1 Descripción del Volcán de Tagoro.

En este primer apartado del quinto capítulo resultados vamos a hacer una descripción genérica del buque rápido **Volcan de Tagoro**, haciendo hincapié en sus características principales y que están relacionados con la temática de este TFG.

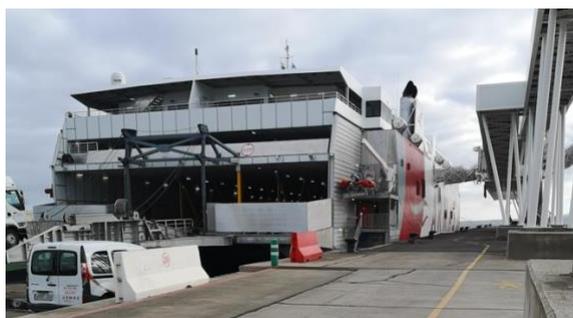


Ilustración 89: Volcan de Tagoro. Fuente: Trabajo de Campo.

Actualmente este buque hace la ruta Santa Cruz de Tenerife – Las Palmas de Gran Canaria haciendo un total de 8 derrotas diarias con 16 maniobras de atraque y desatraque. En un intervalo estipulado de tiempo en el que la carga rodada tiene que ser desembarcada y embarcada en un tiempo mínimo y ese mismo intervalo de tiempo realizar el embarque y desembarque del pasaje. En este tipo de buque se va a atender a dos tipos de pasajeros, el pasajero con vehículo propio y el pasajero sin vehículo propio, por lo tanto, el buque realizará el desembarque de los pasajeros tanto por una escala real como por la cubierta a través de su propia rampa. Un detalle no menor es por ejemplo el tener todos los parámetros temporales controlados. En este tipo de embarcación rápida de cabotaje como es obvio lo que prima es el tiempo, es decir, el pasajero exige salir a una hora estipulada y arribar a una hora prefijada. Puede hacer caso que por motivo colaterales este tiempo no se cumpla y la embarcación y la naviera depende de estos parámetros, por ejemplo, la avería de un vehículo de carga rodada en la cubierta rompería el intervalo de tiempo prefijado, es decir, romper la línea. No vamos a introducir en este TFG otros motivos que pueden ser motivos de romper la línea por causas extraordinarias, como puede ser un incidente de diversos índoles. Un motivo que puede ocasionar la ruptura de línea, puede ser una avería en la propia rampa del buque. Quiero

destacar después de mi experiencia personal en este tipo de buque de que las líneas regulares en este tipo de embarcaciones es un verdadero encaje de bolillos donde todas las piezas tiene que estar sincronizada.

5.2 Motor principal. Elementos fundamentales.

En este segundo apartado del quinto capítulo de “Resultados” vamos a hacer una descripción del motor principal que lleva el **Volcan de Tagoro**. Este consta de cuatro motores diésel marinos llamado **MAN B&W 20V28/33D** este es un motor cuyos cilindros están en V de 10 cilindros a cada lado, esto permite a la embarcación a tener una gran potencia en un espacio mas reducido ya que como hemos dicho en capítulos anteriores optimizar el espacio es importante. Cabe destacar que los motores están colocados dos a cada banda dos a estribor y dos a babor, además, en cada banda los motores están separados entre si asegurando una mayor seguridad en caso de incendio.

Para localizar cada motor se identifican según en que banda este y posición quedando la siguiente nomenclatura:

PIME	Port Inner Main Engine
POME	Port Outer Main Engine
SIME	Starboard Inner Main Engine
SOME	Starboard Outer Main Engine

Estos motores suelen trabajar a unas 900 RPM y van conectados a una reductora **ZF 60000 NR2H** que tiene una relación 2,125:1, los cuales cuentan con un embargue de acoplamiento flexible que conecta el motor con el acoplamiento de los ejes.



Ilustración 90: Sala de Máquinas. Fuente: Trabajo de Campo.

5.2.1 Sistema de Agua de Refrigeración.

Para el funcionamiento correcto de este motor contamos con varios sistemas propios que permiten su correcto funcionamiento. En primer lugar, contamos con un sistema de refrigeración por agua destilada el cual esta dividida en dos circuitos, Circuito de agua de alta temperatura (**HT**) y sistema de agua de baja temperatura (**LT**).

El sistema de agua de alta temperatura se ocupa de refrigerar varias partes esenciales de nuestro motor como son las camisas y las culatas, además, de ocuparse de refrigerar la parte primaria del aire de barrido.



Ilustración 91: Enfriador Aire de Barrido. Fuente: Trabajo de Campo.

Para que el agua mantenga su temperatura dispone de un enfriador de placas (**Sondex S41A-IS**) el cual a través del agua salada refrigera nuestra agua de alta. Esta circula gracias a la bomba acoplada al motor que hace que el agua se mueva por todo el circuito cabe destacar la importancia de las termostáticas ya que es la que va a regular nuestra temperatura ya que cuando el agua suba de temperatura esta mandara parte del agua hacia los enfriadores para poder mantener una temperatura media.

Cabe destacar que cuando el motor no esta en funcionamiento el agua de alta no puede bajar de temperatura ya que al arrancar el motor esto causaría un choque térmico que no seria beneficioso a las camisas y a las culatas ya que dañarían mucho las juntas de estas. Para ello contamos con un precalentado de agua con resistencias eléctricas el cual tiene una bomba centrífuga que calienta y recircula el agua de alta.



Ilustración 91: Enfriador de placas. Fuente: Trabajo de Campo.

El sistema de agua de baja se ocupa de refrigerar el aceite del motor ya que es la utilizada en el enfriador de aceite de placas de este motor, también se ocupa de refrigerar el aire de barrido en la parte secundaria de nuestro enfriador de aire de barrido, también, el circuito de agua de baja se ocupa de refrigerar a los dos turbocompresores, este sistema cuenta con una bomba externa al motor que en la secuencia de encendido del motor circula agua de baja para que este a la temperatura idónea. Este sistema también se refrigera con el mismo enfriador de placas de agua de alta ya que puede refrigerar los dos sistemas a la vez. También es importante añadir aquí el trabajo que realizan las termostáticas ya que es la que envía el agua de baja al enfriador si esta temperatura empieza a subir de la consigna asignada.



Ilustración 92: Termostáticas de Agua de Baja. Fuente: Trabajo de Campo.

5.2.2. Sistema de Lubricación de Aceite.

Este buque utiliza el sistema de lubricación de carter húmedo, así el aceite queda almacenado dentro del mismo motor ahorrando espacio y operativa. La importancia de este sistema es vital por doble partida ya que actúa de lubricante haciendo que el tren alternativo del motor no sufra desgaste ni tenga obstrucciones y además actúa de elemento refrigerador ya que disipa el calor, además, de lubricar el tren alternativo del motor de ocupa de lubricar las turbos.

Este motor cuenta con un enfriador de aceite de placas de contraflujo que utiliza agua de baja para bajar la temperatura.

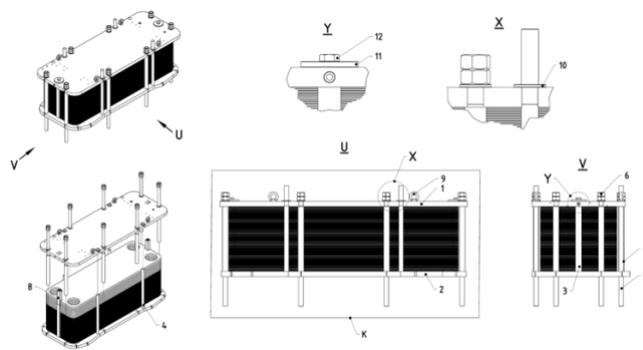


Ilustración 93: Enfriador de Aceite. Fuente: [55].

Este sistema también está dotado de termostáticas que son vitales para el funcionamiento del sistema ya que si la temperatura no es alta la termostática recirculara el aceite hacia los filtros dúplex (los cuales están debajo del enfriador de aceite) y este acabara otra vez en el carter que a través de su bomba acoplada la recirculara por todo el sistema. Este sistema cuenta con una bomba de tornillo que se encarga de recircular el aceite por las partes anteriormente dichas, cuando el motor no está en funcionamiento dejando que la temperatura del aceite no suba.



Ilustración 94: Bomba Pre-lubricación. Fuente: Trabajo de Campo.

Cabe destacar que este motor tiene un sensor de partículas metálicas, el cual da alarma en cuanto se encuentra partículas metálicas en el aceite importantísimo ya que si se encontrara nos está indicando que partes del motor están sufriendo un gran desgaste. También, este carter tiene unas válvulas de alivio en cada cilindro como medida de seguridad estas están establecidas en 6 bar. Para evitar que la presión del carter se eleve mucho y no se forme neblina este motor cuenta con un extractor del carter el cual baja la presión de este.



Ilustración 95: Localizador de partículas metálicas. Fuente: Fuente cedidas al autor

5.2.3. Sistema de Inyección.

Este sistema cuenta con una bomba-inyector electrónico en cada cilindro que es la encargada de inyectar el combustible al cilindro para que se produzca la combustión esta bomba es accionada por el árbol de levas. Para que el combustible llegue a este inyector se precisa de una bomba que está acoplada al motor que presuriza el sistema de combustible y que lleva el combustible del tanque diario al inyector, que entremedias pasa por el filtro de combustible dúplex (**5 micras**).

Este sistema permite que el retorno de combustible vuelva al motor pasando por el filtro anteriormente y ya siendo aspirado por la bomba acoplada, o de que este combustible vuelva al tanque almacén. En este caso nuestro buque de estudio utiliza la primera opción, si se quisiera cambiar de opción disponemos de una válvula de tres vías donde se actuará.

Este motor no cuenta con un actuador de combustible como otros motores, este cuenta con dos módulos de inyección electrónicos situado encima del enfriador de aceite. Este módulo controla la revolución de nuestro motor además del control de las válvulas de inyección y de nuestra bomba-inyector, esta función la realiza solo un módulo con el respaldo del otro en caso de que el primero deje de funcionar el segundo tomará el control sin interrupción.

5.2.4. Sistema de Arranque.

El sistema de arranque de este motor es diferente al que se suele encontrar en los motores principales, que utilizan el aire inyectándolo directamente al cilindro para que este se mueva del PMS

(Punto Muerto Superior) al PMI (Punto Muerto Inferior) el cual producirá un movimiento rotativo al volante de inercia que permitirá que arranque el motor ya con la propia combustión. En este barco de estudio cuenta con un motor de arranque que a través de engranajes mueve el volante de inercia, Este motor esta conectado a una línea de aire a una presión de 30 bar, este motor hará que el motor principal empiece a girar a unas 100 rpm en ese momento es cuando el modulo de inyección dará la consigna de empezar a inyectar combustible y así finalizar el arranque del motor.



Ilustración 96: Motor de Arranque. Fuente: Trabajo de Campo.

5.3 Hidráulica de popa.

En este tercer apartado del quinto capítulo de resultados vamos a hacer una descripción de la sala jet, esta sala se encuentra a la popa del buque y es donde se encuentra la maniobra del sistema hidráulico que es alimentada por dos bombas eléctricas una por cada banda y estas se encuentran en la sala de compresores, también equipa una bomba acoplada al motor llamada **PTO** esta bomba solo esta acoplada a los dos motores interiores que tiene nuestro buque uno por cada banda (**PIME** y **SIME**).

En esta sala jet contamos con tres sistemas hidráulicos que son los que permiten al buque tener gobierno en la navegación, cabe destacar que en esta sala se encuentran las hélices que a diferencia de los barcos convencionales no son de paso variable.

En primer lugar, tenemos el denominado **Trink Tap** que dentro de estos tres sistemas se encuentra en el centro este sistema y permite mantener un nivel estable en el buque gracias a su movimiento vertical.



Ilustración 97: Trink Tap. Fuente: Trabajo de Campo.

En segundo lugar, tenemos el denominado **Baket** este sistema se encuentra en la parte babor a popa de la sala jet y se encarga de dar adelante o atrás. Esta parte es vital para la maniobrabilidad del buque sobre todo en las operaciones de atraque y desatraque. Es importante añadir que en caso de emergencia el distribuidor hidráulico cuenta con un actuador donde se puede accionar manualmente y donde se puede poner los grados que se necesiten adelante y atrás.



Ilustración 98: Baket. Fuente: Trabajo de Campo.

En tercer lugar, tenemos el dispositivo denominado **Steering**, este sistema se encuentra en la parte de estribor a popa de la sala jet y es el encargado de dirigir el barco a babor o estribor, al igual que el Baket es un parte muy importante dentro de la operativa de maniobra y navegación así que como en el caso anterior disponemos de un distribuidor con actuador manual para poder maniobra el buque a un grado o a otro.



Ilustración 99: Steering. Fuente: Trabajo de Campo.

5.4 Motores auxiliares.

En este cuarto apartado del quinto capítulo de “Resultados” vamos a hacer una descripción de los motores auxiliares que se encuentran a bordo del **Volcan de Tagoro**. Este cuenta con cuatro motores **Scania DI-13 074M** de 5 cilindros en línea con una potencia de 426 kW, este esta situado en cada sala de maquinas que dispone el barco, y esta por encima de los motores principales. Este motor consume el mismo combustible que el motor principal, pero no su mismo aceite de lubricación ya que en motor principal utiliza el aceite **Shell Siruis X40** y el motor auxiliar utiliza un **SAE 10W-40**.



Ilustración 100: Motor Auxiliar. Fuente: Fotos cedidas al autor.

Este motor esta acoplado a un transformador que produce 400V y 230 V, este buque no tiene un transformador de 400 a 230 como en otros buques, ya produce los dos voltaje, teniendo 400 V (las tres fases) y 230 V (fase-neutro).

Como ya hemos dicho anteriormente este barco cuenta con 4 motores no cuenta con motor de emergencia, ya que durante la navegación la planta se sustenta con la potencia suministrados por dos

motores uno a cada banda, los otros dos quedan en stand-by siendo uno de ellos el designado para motor de emergencia.

5.5 Cuadro de control.

En este quinto apartado del quinto capítulo de “Resultados” vamos a hacer una descripción de la sala de control de la máquina, la cual se encuentra alojada en el puente, desde allí tenemos el cuadro de control donde se puede encender los motores principales, los auxiliares y disposición de planta, las bombas de combustibles primarias, las bombas hidráulicas de proa y popa, el control del trip tap y el embrague de los motores principales.

Desde el control se puede gestionar toda la maniobra de la máquina, pero cabe destacar que todas las acciones anteriormente descritas se pueden hacer en local si eso pasara desde el control de la máquina no se podría actuar ya que el mando lo tendría en local.

Normalmente en esta máquina se suele encender los motores en manual para inspeccionar cualquier ruido extraño que nos alerte de una avería, el resto de la maniobra encender las bombas hidráulicas mirar la planta y embragar se encarga el jefe de máquinas desde el control.

5.6 Shut Down.

En este sexto apartado del quinto capítulo de “Resultados” vamos a hacer una descripción de las alarmas “Shut Down” de nuestro motor principal. Las alarmas de este tipo son súper importantes ya que de producirse automáticamente el motor se detiene por seguridad, esto conlleva a estar muy atento a estas alarmas que daremos a continuación:

Baja Presión de Aceite del Motor Principal
Baja Presión de Aceite de la Turbo A
Baja Presión de Aceite de la Turbo B
Alta Temperatura de la Turbo A
Alta Temperatura de la Turbo B
Alta Temperatura del Splash-Oil (Carter)
Temperatura Diferencial del Splash-Oil
Sobrevelocidad de la Turbo A
Sobrevelocidad de la Turbo B
Sobrevelocidad del Motor Principal
Baja Presión de Aceite de la Reductora
Baja Presión de Embrague
Alta Temperatura de Cojinete
Activación del CO2

A todos estos valores hay que tenerlos controlados desde el monitor de control para actuar antes de que estos valores lleguen a los valores de consigna.

5.7 Slow Down.

En este séptimo apartado del quinto capítulo de “Resultados” vamos a hacer una descripción de las alarmas “Slow Down” de nuestro motor principal. Las alarmas de este tipo son importantes también ya que de llegar a la consigna asignada el motor baja de vueltas pasando de 900 rpm a 400 rpm, con lo que al igual que en el anterior apartado tendremos que estar atento a estas alarmas.

Baja Presión de Agua de Alta.
Alta Temperatura de Aceite.
Alta Temperatura del Cojinete de Empuje.
Alta Temperatura de Gases de Escape.
Temperatura Diferencial de Gases de Escape.
Baja Presión en el Cojinete de Empuje.
Alta Temperatura en el Agua de Alta.

A estos valores hay que prestar mucha atención y revisar que estén con su mantenimiento correctivo al día para que estas no salten y reduzca el motor ya sea en maniobra o en navegación.

Otra cosa muy importante que se realiza es la comprobación de las alarmas ya que hay que comprobar si estas funcionan de verdad. O si no se pueden probar como como la alarma de temperatura diferencial de escape, que los sensores que están colocados estén en perfecto funcionamiento, en este caso se realiza con un horno el cual se mete la PT correspondiente y al llegar al valor de consigna se mira los miliamperios que marca a ver si manda la señal correctamente.

5.8 Splash Oil.

En este octavo apartado del quinto capítulo de “Resultados” vamos a hacer una descripción de la alarma Splash Oil. Esta alarma esta situada en el lado A del motor y esta colocada en cada cilindro de ese lado, midiendo la temperatura del carter en todo momento, si esta temperatura subiera al valor de consigna marcado automáticamente por seguridad el motor pararía como explicamos en el sexto apartado de “Resultados”.

Este sistema es muy practico respecto a otros sistemas de seguridad del carter como el detector de niebla el cual por infrarrojos detecta niebla en el carter ya que este requiere de un mantenimiento correctivo mas asiduo y da algunas falsas alarmas que pueden llegar a complicar la operativa del motor principal. Esto da una ventaja muy grande a este sistema de seguridad ya que es mas fiable y requiere menos mantenimiento siendo mas económico y mas fiable.



Ilustración 101: Sensor del Splash Oil. Fuente: Fotos cedidas al autor.

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

Tras la realización del Trabajo de Fin de Grado desarrollaré las conclusiones que se han obtenido después de realizar los diversos capítulos anteriormente mencionados.

- Tras la realización de este TFG y mi experiencia a bordo en el Volcan de Tagoro he podido identificar y aprender los circuitos elementales de una sala de maquinas. Me ha resultado de gran ayuda básicamente dos asignaturas del grado Motores de Combustión Interna y mi paso en el simulador de cargas líquidas. Con esta visión teórica mas la experiencia a bordo han sido claves para el desarrollo de este TFG además servirme de apoyo y referencia para mi formación como oficial de maquinas de segunda clase de la marina mercante.
- Tras mi experiencia a bordo pude identificar de una manera física los elementos que componen un sistema básico de una sala de maquinas. Si me ha sorprendido a nivel personal que no es lo mismo ver un elementos en un plano que físicamente. Esto lo comento por el caso del modulo de combustible que gracias a mi experiencia y al trabajo de campo que he realizado en el capitulo de resultados hemos llegado a la conclusión de que es necesario estar físicamente frente a un equipo tan especifico como el que hemos mencionado anteriormente. Esto lo comento por la dificultad técnica bajo mi entender de poder simular o ver en un plano un modulo de combustible en nuestra opinión es necesario estar presente para entender este dispositivo.
- Tras mi conocimiento en las maquinas navales que me viene por una cuestión familiar donde a mi se me explicaba que la única protección del motor era la sobrevelocidad del mismo. Esto era la única seguridad que tenia un motor principal. Claro tras mi embarque y observar lo que es un "Slow Down" y un "Shut Down" donde la primera trata de desacelerar el motor de 900 rpm a 400 rpm como medida de seguridad, pero lo mas llamativo es el "Shut Down" que te para el motor de forma instantánea.
- Hemos aprendido los diferentes tipos de mantenimiento, pero quizás el que apporto yo en este TFG como diferenciador no es el mantenimiento correctivo ni el predictivo y el preventivo me refiero al mantenimiento reglamentario legal el cual ha sido totalmente relevante en mi formación como el mantenimiento industrial avanzado.
- Tras mi embarque a bordo bajo mi experiencia y así lo plasmo en este TFG me ha parecido totalmente identificativo como una embarcación que adquiere 32 nudos de media de velocidad de crucero puede tener una sala de maquinas tan minimalista donde tanto el motor principal como los elementos básicos de su sistemas son mínimos pero repetidos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Organización Marítima Internacional (OMI). SOLAS [Internet]. Londres: 4ª Ed; 2002. Disponible en: <http://www.bioscafire.com/upfiles/normativa/solas.pdf>
- [2] Rodrigo de Larrucea J. Embarcaciones de alta velocidad [Internet]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/2431/Embarcaciones%20alta%20velocidad.pdf>
- [3] El Comité de Seguridad Marítima. Aprobación del código internacional de seguridad para las naves de gran velocidad [Internet]. 1994. Disponible en: <http://www.cameintram.org/documentos/convenciones/CODIGO INTERNACIONAL DE SEGURIDAD PARA LAS NAVES DE GRAN VELOCIDAD.pdf>
- [4] <http://maquinasdebarcos.blogspot.com/2017/11/catamaranes-con-proa-wave-piercing-wp.html>
- [5] <https://www.incat.com.au/vessel-progress/current-fleet/>
- [6] <https://www.incat.com.au/incat-vessels/023/>
- [7] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/024/>
- [8] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/025/>
- [9] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/026/>
- [10] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/027/>
- [11] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/028/>
- [12] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/030/>
- [13] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/031/>
- [14] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/032/>
- [15] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/033/>
- [16] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/034/>
- [17] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/035/>
- [18] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/038/>
- [19] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/040/>
- [20] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/041/>

- [21] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/042/>
- [22] <https://www.incat.com.au/incat-vessels/043/>
- [23] <https://www.incat.com.au/incat-vessels/044/>
- [24] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/045/>
- [25] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/046/>
- [26] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/047/>
- [27] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/048/>
- [28] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/049/>
- [29] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/050/>
- [30] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/051/>
- [31] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/052/>
- [32] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/053/>
- [33] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/055/>
- [34] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/056/>
- [35] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/057/>
- [36] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/058/>
- [37] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/059/>
- [38] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/060/>
- [39] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/062/>
- [40] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/064/>
- [41] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/065/>
- [42] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/066/>
- [43] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/067/>
- [44] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/068/>

- [45] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/069/>
- [46] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/088/>
- [47] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/089/>
- [48] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/091/>
- [49] <https://incat.com.au/incat-vessels/061/>
- [50] <https://www.incat.com.au/vessel-gallery/092/>
- [51] <https://incat.com.au/incat-vessels/037/>
- [52] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750658461500250>
- [53] <https://www.nauticexpo.es/prod/incat/product-27117-397847.html>
- [54] <https://incat.com.au/vessel-gallery/091/>
- [55] Technical Documentation Engine. Spare Parts Catalogue.

