



**Universidad
de La Laguna**

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

SECCIÓN NAUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

TRABAJO FIN DE GRADO

**“MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE BETANCURIA
EXPRESS”**

Aday González Ramos
Nimrod Galán Gutiérrez

Septiembre 2019

Director:

David Brito Hernández

D. David Brito Hernández, Profesor dentro del Área de Ciencias y Técnicas de la Navegación, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. Aday González Ramos con DNI 42237140-D y Nimrod Galán Gutiérrez con DNI 42223571-X, han realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado:

“Maniobrabilidad del buque Betancuria Express”

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

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

En Santa Cruz de Tenerife, a de de 2019

Fdo: David Brito Hernández

Director del Trabajo de Fin de Grado

Agradecimientos

Gracias a todas las personas que nos han apoyado a lo largo de la carrera durante todos estos años.

Agradecer especialmente a nuestro tutor Juan Antonio Rojas Manrique por la ayuda brindada que nos ha ofrecido durante todo el transcurso de la carrera.

También agradecer de forma especial al equipo profesional que tiene la tripulación del Betancuria Express, desde todos los Capitanes, los Jefes de Maquinas, los oficiales y el resto de la tripulación. Gracias nuevamente por todo el conocimiento que nos han transmitido durante esos 6 meses.

Un agradecimiento muy especial para el Doctor Don Enrique Melón, por haber sido un pilar fundamental para nosotros en la escuela. Donde no solamente llegamos a conocer a un gran profesional al cual le encantaba dar clases, sino también a un gran amigo. Porque llegó a ser nuestro profesor, mentor y amigo. Llegando a congeniar mas allá de lo académico.

Y nuestra eterna gratitud a nuestros padres, madres, abuelos y abuelas, que son los que han estado siempre al pie del cañón, los pilares fundamentales de la vida. Tanto en lo bueno como en lo malo, en la alegría como en la tristeza, gracias a ellos por apoyarnos en todo momento y por aguantarnos durante toda nuestra vida. También agradecer a nuestros hermanos y hermanas por estar siempre que los necesitamos.

INDICE

1. INTRODUCCION.....	5
2. OBJETIVOS	7
3. HISTORIA DE LA PROPULSIÓN.....	9
4. TIPOS DE PROPULSORES.....	11
5. BETANCURIA EXPRESS	17
5.1 PROPULSIÓN BETANCURIA EXPRESS	18
6. MANIOBRABILIDAD	21
6.1 CONSOLA.....	21
6.1.1 Partes de la consola	22
6.2 MODO COMUN	24
6.2.1 1. Modo navegación	25
6.2.2 2. Movimientos rotacionales	26
6.2.3 3. Movimientos laterales puros.....	27
6.2.4 4. Movimientos laterales con rotación	28
6.2.5 5. Hélice de Proa	29
6.3 MODO SEPARADO.....	31
6.3.1 1. Timonear	32
6.3.2 2. Movimientos rotacionales	33
6.3.3 3. Movimientos laterales puros.....	34
6.3.4 4. Movimientos combinados	35
6.4 MODO BUCK-UP	38
6.5 MODO EMERGENCIA.....	40
7. COMPARACIÓN DIFERENTES MODOS.....	43
8. CONCLUSIÓN.....	45

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. “Primeras Embarcaciones”	9
Ilustración 2. “Barco de Vapor”	9
Ilustración 3. “Buque en la actualidad”	10
Ilustración 4. “Principio de acción y reacción”	11
Ilustración 5. “Hélice Dextrógira o Levógira”	12
Ilustración 6. “Fuerza de Empuje”	12
Ilustración 7. “Fuerza Lateral”	13
Ilustración 8. “Hélice de Paso Variable”	14
Ilustración 9. “Propulsores de eje vertical Voith-Schneider”	15
Ilustración 10. “Propulsión Azimutal”	15
Ilustración 11. “Propulsión a Chorro o Waterjets”	16
Ilustración 12. “Leonora Christina”	17
Ilustración 13. “Betancuria Express”	18
Ilustración 14. “Consola Betancuria Express”	22
Ilustración 15. “Consola de Babor”	22
Ilustración 16. “Acople y desacople de los Waterjets”	23
Ilustración 17. “Alarmas, control de la consola y modos de maniobras”	24
Ilustración 18. “Modo Común”	25
Ilustración 19. “Joystick Reviro”	26
Ilustración 20. “Posición cucharas para el reviro”	27
Ilustración 21. “Movimiento lateral puro”	28
Ilustración 22. “Movimiento laterales con rotación 1”	29

Ilustración 23. “Movimiento laterales con rotación 2”	29
Ilustración 24. “Pantalla hélice de proa”	30
Ilustración 25. “Modo Separado”	31
Ilustración 26. “Empuje atrás y los waterjets a 30° babor”	32
Ilustración 27. “Posición joysticks reviro a babor”	33
Ilustración 28. “Posicionamiento de las cucharas y los waterjets”	34
Ilustración 29. “Posición desplazamiento lateral”	35
Ilustración 30. “Posicionamiento de los waterjets”	36
Ilustración 31. “Resultante del aumento o disminución”	37
Ilustración 32. “Consola modo Buck-Up”	38
Ilustración 33. “Buck-Up PIME”	39
Ilustración 34. “Modo Emergencia”	40
Ilustración 35. “Pulsadores Modo Emergencia”	41
Ilustración 36. “Instrucciones Pulsadores”	42
Ilustración 37. “Tabla Comparativa”	44

1. INTRODUCCION

En este trabajo de fin de grado se conocerá la maniobrabilidad del buque de pasaje Betancuria Express, nave de alta velocidad de la flota Fred Olsen S.A. que opera en las Islas Canarias, principalmente en la ruta de Las Palmas de Gran Canaria y Morro Jable (Fuerteventura).

Previo al estudio de las diferentes formas de gobierno del buque, se realizará un pequeño resumen de las características del propio buque y su sistema de propulsión hasta llegar a hablar de los diferentes modos de maniobrabilidad.

ABSTRACT

In this final degree project, the maneuverability of the Betancuria Express passenger vessel, high-speed craft of the Fred Olsen S.A. fleet will be known. It operates in the Canary Islands, mainly on the route of Las Palmas de Gran Canaria and Morro Jable (Fuerteventura).

Prior to the study of different forms of steering the ship, a small summary of the characteristics of the ship itself and its propulsion system will be exposed, and concluding with the different way of handling.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es realizar un manual de maniobra del buque Betancuria Express, aplicando la experiencia obtenida como alumnos de puente en este barco, teniendo una información básica de todos los modos de gobierno: modo común, modo separado, modo Buck-up, modo de emergencia y el control de las hélices de proa, con la finalidad de ser una referencia como posible guía básica para una primera impresión de sus controles.

Además, con el fin de poder realizar una comparación entre sus diferentes modos y llegar a la conclusión de cuál de estos es el más eficaz y óptimo teniendo en cuenta diferentes criterios importantes para una maniobra rápida y segura, utilizando todos los conocimientos obtenidos en meses de prácticas a través de sus oficiales.

3. HISTORIA DE LA PROPULSIÓN

Desde los orígenes de la humanidad, el ser humano ha estado interesado en conocer el mar y como desplazarse sobre este, es decir, en la navegación.

Desde la Edad de piedra, donde se inventó los remos, las primeras embarcaciones y el mismo timón, utilizado para direccionar los botes.

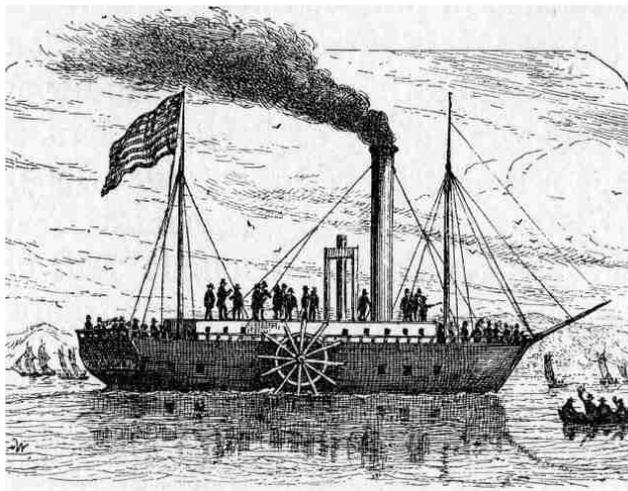
Ilustración 1 Primeras Embarcaciones



Fuente: http://www.mnve.mil.ve/web/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=1

Pasando por la egipcia, hace apenas unos cinco milenios, donde surge la navegación a vela, cuyo diseño se ha ido mejorando hasta finales del siglo XVIII, cuando se comienza a investigar la “tecnología del vapor”, en principio estuvo en combinación a las velas, aunque esta fue descartada rápidamente por los mismos marinos por su ruidosidad y por desaseada. [1]

Ilustración 2 Barco de Vapor



Fuente: http://www.mnve.mil.ve/web/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=1

En el posterior siglo XIX surgen dos grandes avances tecnológicos para la navegación. En primer lugar, se mejora potencialmente el diseño de las ruedas de la paleta, y en segundo, el origen de la hélice, partiendo de unos de los inventos de Leonardo da Vinci.

Estas dos tecnologías dan paso a los primeros buques propulsados por turbinas de vapor, llegando incluso a una velocidad de 8 nudos.

A comienzos del pasado siglo es cuando se empieza a usar el Diesel como alternativa al vapor y se mantiene hasta la actualidad.

Hoy en día, la variedad de propulsores permite a los astilleros elegir la mejor opción para cada construcción, teniendo en cuenta si se desea una mejor maniobrabilidad, mayor velocidad, menor consumo, para poder obtener el mejor rendimiento posible. [2]

Ilustración 3 Buques en la actualidad



Fuente: http://www.mnve.mil.ve/web/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=1

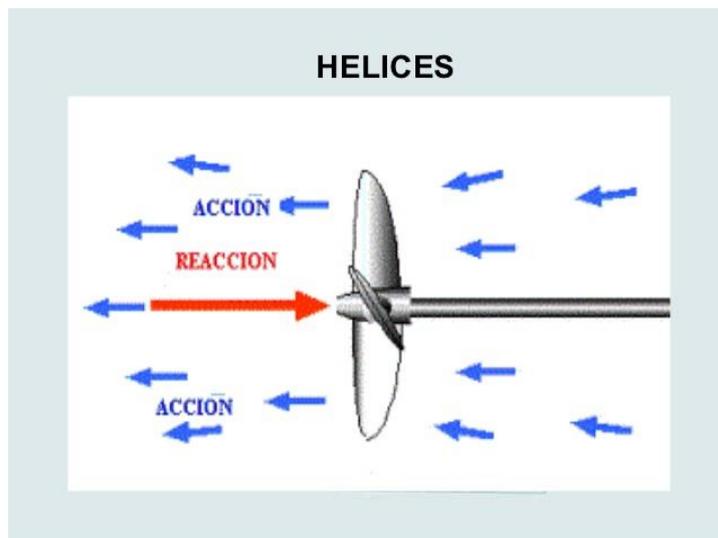
4. TIPOS DE PROPULSORES

En la actualidad, hay varios tipos de propulsores diseñados para diferentes objetivos, algunos de ellos son:

- Hélice convencional: su diseño consta de unas placas denominadas palas o álabes montadas de formas concéntrica. Es un dispositivo mecánico y giratorio que se instala en el exterior del buque, bajo la línea de flotación. La hélice al girar produce el principio de acción/reacción, generando de esta forma un chorro de agua, la cual genera la fuerza que mueve el buque.

El principio de acción y reacción es un principio de la física y dice que: “A toda fuerza (acción) se opone otra de la misma intensidad y del sentido contrario (reacción)”

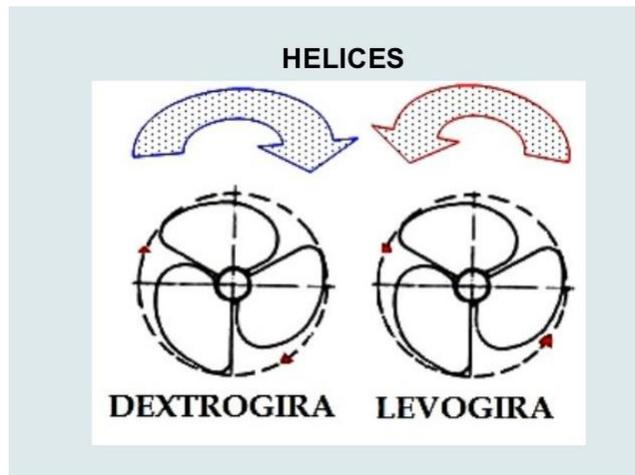
Ilustración 4 Principio de Acción y Reacción



Fuente: <https://es.slideshare.net/miguelsune9120/buques-sistemas-de-propulsin-mecnica>

Un factor a tener en cuenta con respecto a las hélices es su sentido de giro. Para que una hélice genere un empuje puede tener dos tipos de giro: hélices dextrógiras, son las que giran en el sentido de las agujas del reloj; y hélices levógiras, son las que giran en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Ilustración 5 Hélice Dextrógira o Levógira



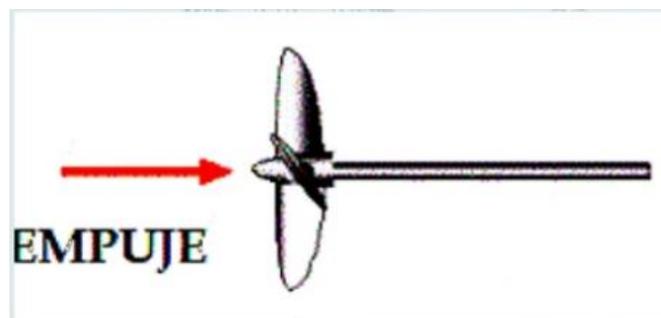
Fuente: <https://es.slideshare.net/miguelsune9120/buques-sistemas-de-propulsin-mecnica>

Las hélices al trabajar generan dos tipos de fuerzas: Fuerza de empuje y Fuerza Lateral.

La Fuerza de Empuje es la que genera el movimiento del barco hacia adelante y es una fuerza paralela al eje.

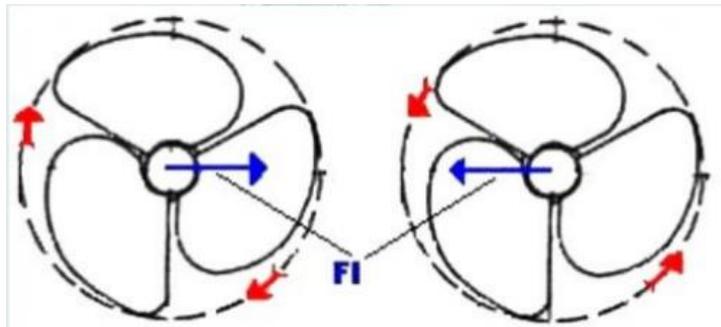
La fuerza Lateral es la que genera el movimiento de la popa hacia la misma banda que gira la hélice (dextrógira o levógira) y es una fuerza perpendicular al eje. [3]

Ilustración 6 Fuerza de empuje



Fuente: <https://es.slideshare.net/miguelsune9120/buques-sistemas-de-propulsin-mecnica>

Ilustración 7 Fuerza Lateral



Fuente: <https://es.slideshare.net/miguelsune9120/buques-sistemas-de-propulsin-mecnica>

- Hélice de paso variable: este tipo de hélice lo que tiene es que las palas pueden girar alrededor de su eje para así cambiar el ángulo de ataque. Se le puede denominar palas controlables o palas orientables.

Con estas hélices también se puede invertir el movimiento, crean un empuje contrario si el ángulo de ataque se posiciona en valores negativos. Por consecuencia, se puede frenar o dar atrás sin tener que cambiar la dirección de rotación.

Este tipo de hélices mejoran la maniobrabilidad de una embarcación y depende del buque, puede incluso llegar a realizar maniobras de atraque sin necesidad de remolcadores. [3]

Ilustración 8 Hélice de Paso Variable



Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lice_de_paso_variable#/media/Archivo:Verstellpropeller_eines_Hurtigruten_schiffes.jpg

- Propulsores de eje vertical Voith-Schneider: Es uno de los propulsores más maniobrables siendo capaz de cambiar de forma instantánea la dirección del empuje que producen.

Es una placa giratoria que sobresale por debajo del casco, una paleta formada por un conjunto de álabes verticales.

Durante el giro de la rueda, estos álabes producen un empuje positivo y por otro lado, de forma individual, cada álabe puede girar sobre su propio eje vertical, logrando de esta manera que el conjunto produzca un empuje en cualquier dirección que se desee.

Se utiliza en embarcaciones que tengan poco calado y necesiten una gran maniobrabilidad, como por ejemplo remolcadores y transbordadores.[6]

Ilustración 9 Propulsores de eje vertical Voith-Schneider



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Propulsor_Voith_Schneider#/media/Archivo:VSPreal.jpg

- Propulsor azimutal: es una hélice con un eje en vertical con el cual puede producir un giro de 360° orientando de esta forma su impulso, mejorando en gran manera la maniobrabilidad del buque, haciendo incluso innecesario el timón.

Este tipo de propulsión viene aplicándose cada vez en mayor medida por su gran maniobrabilidad, tanto en embarcaciones deportivos como en grandes buques.[7]

Ilustración 10 Propulsión Azimutal



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Propulsor_azimutal#/media/Archivo:Siemens_Schottel_Propulsor.jpg

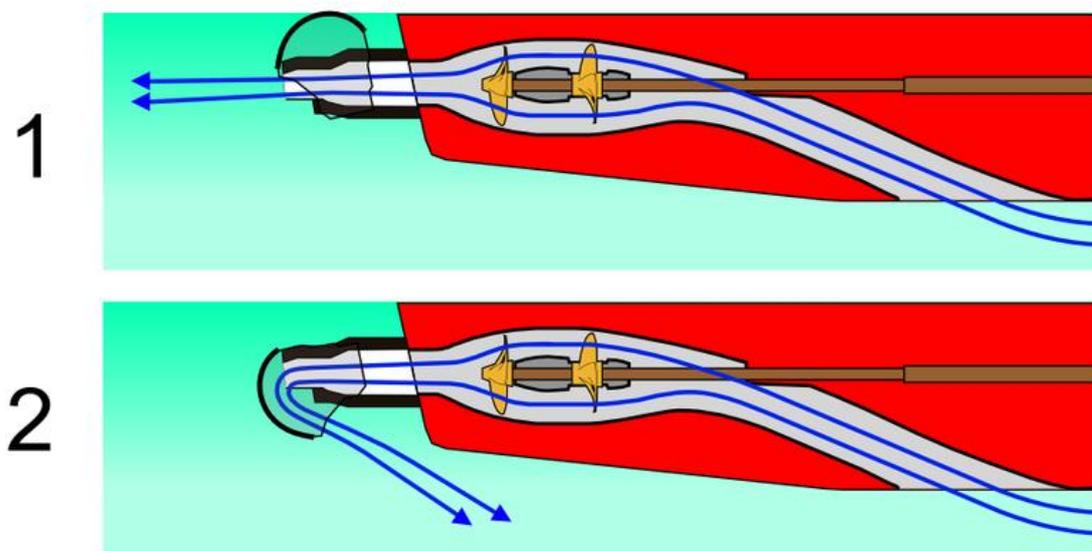
- Propulsores a chorro o Waterjets: una masa de agua es absorbida por una bomba de aspiración situada en la parte inferior del casco. Una vez dentro, el agua es acelerada mediante una tobera de expulsión situada en la popa, produciendo de esta forma el empuje necesario para el desplazamiento del buque.

Los Waterjets están formados por una “cuchara” o “cazoleta” situada a la popa de la tobera, la cual tiene el funcionamiento de invertir el chorro y así producir un distinto empuje. Si la “cuchara” está abierta la propulsión del chorro sería para adelante, mientras que de lo contrario, si la “cuchara” está cerrada tendría el empuje para atrás.

Las embarcaciones que utilizan este tipo de propulsor carecen de timón, por lo tanto, utilizan sistemas hidráulicos en los waterjets para poder direccionar el chorro y a su vez tener efecto de timón (steering).

Dependiendo de la posición de los waterjets podemos tener diversas formas de maniobrabilidad. [4]

Ilustración 11 Propulsión a Chorro o Waterjets



Fuente: <https://sectormaritimo.es/diez-propulsores-usados-en-el-mundo-naval>

5. BETANCURIA EXPRESS

El Betancuria Express, es un Fast Ferry Catamarán (el más grande del mundo hasta la fecha), operado por la compañía Fred Olsen Express en las Islas Canarias, realizando concretamente la ruta de Gran Canaria a Fuerteventura.

En sus orígenes, el buque fue construido en 2011 por la compañía danesa BornholmerFærgen. La empresa que llevó a cabo la construcción fue Austal en Perth, Australia. Los daneses le habían puesto el nombre al barco de Leonora Christina y el puerto de registro era Rønne, en Dinamarca. Realizaba la ruta entre Rønne e Ystad.

Ilustración 12 Leonora Christina



Fuente: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonora_Christina_\(11800526086\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonora_Christina_(11800526086).jpg)

En abril de 2017, el Leonora Christina fue vendida a la empresa Fred Olsen Express, aunque la transferencia no se realizó hasta septiembre de 2018.

Fred Olsen Express le cambió el nombre al de Betancuria Express y a su vez el puerto de registro, siendo este el de Santa Cruz de Tenerife, España. Empezó su servicio el 15 de octubre de 2018 en la ruta de Las Palmas de Gran Canaria – Morro Jable.[8]

Ilustración 13 Betancuria Express



Fuente: Elaboración Propia

5.1 PROPULSIÓN BETANCURIA EXPRESS

La propulsión del Betancuria Express está formada por cuatro waterjets (dos por banda) y dos hélices de proa (una por cada banda). A su vez estos waterjets están impulsados por 4 motores principales (dos por banda).

Los propulsores Waterjets son 4 de la casa Rolls-Royce con el sistema Kamewa. Los que se utilizan en el Betancuria Express son los “KAMEWA S3 SERIES” concretamente los Kamewa 125 SIII NP.

Las dos hélices de proa son hélices de paso fijo. Hay que tener en cuenta que para una determinada carga y una velocidad concreta la hélice de paso fijo es mucho más eficiente que la hélice de paso variable; pero en este caso, las hélices que tiene el Betancuria Express, son más para una ayuda a la hora de maniobrabilidad y no para la navegación. Las hélices de proa son dos, una a cada banda, y se activan en el caso de maniobra de ataque o desatraque. Una vez que las hélices se activan bajan las dos a la vez. El funcionamiento principal es empujar para estribor o babor y así ayudar a la proa a tener mayor maniobrabilidad ya que toda la fuerza está en la popa. El empuje que generan las hélices es para el mismo sentido, ya sea para babor o estribor, pero la descomposición de las fuerzas será de forma totalmente inversa. Se puede incrementar las revoluciones por

minuto para así tener una mayor caída y respuesta en la proa. Con respecto a la seguridad de las mismas, cuando la velocidad del buque empieza a sobrepasar los 8 nudos, hay una alarma que se activa para llegar a evitar un posible fallo o deterioro.

Con respecto a los motores principales son x4 MAN B&W 20V 28/33D 9.1MW. Los dos motores de la banda de babor reciben el nombre de POME (Port Outer Motor Engine) y PIME (Port Inner Motor Engine). En la banda de estribor reciben el nombre de SOME (Starboard Outer Motor Engine) y SIME (Starboard Inner Motor Engine).

Por otro lado, desde el puente, el Jefe de Máquinas tiene su consola en donde esta programado el Marine Link, un sistema en el cual se tiene absoluto control y conocimiento prácticamente de todo el buque: Sistema contra incendios, control de bombas del barco, sensores de cualquier tipo, sistema de estabilización, estado y funcionamiento de la hélice de proa, estado de motores y waterjets, funcionamiento de los motores auxiliares, etc. [8]

6. MANIOBRABILIDAD

El objetivo principal de este trabajo es conocer las diferentes formas de maniobrabilidad que tiene el buque Betancuria Express. Primero una descripción breve de la consola y que se puede encontrar en ella con respecto a la operativa de las maniobras de atraque y desatraque. Después una explicación más detallada con respecto a los diferentes modos de maniobra, que son los siguiente: modo común, modo separado, modo back-up y modo emergencia. Hay que destacar que para una maniobrabilidad con mal tiempo se puede activar el modo “Bad Weather”. Este modo consiste en que las revoluciones del motor aumentan a 750 revoluciones por minutos teniendo así una respuesta mucho más rápida a la hora de realizar la maniobra. El modo Bad Weather solo lo puede activar el Jefe de Máquinas desde el control del Marine Link cuando el Capitán se lo pide. Por último, una conclusión en la cual se reflejará una comparativa de los diferentes modos de maniobra y en qué situación sería más óptima poder realizar una u otra. [9]

6.1 CONSOLA

La consola del Betancuria Express fue diseñada por la compañía Rolls Royce, creada para un sistema de kamewa. La consola permite variedad para maniobrar, ya que presenta diferentes modos de maniobrar, “modo separado, modo común, modo back-up”. Esto posibilita elegir o cambiar, de forma sencilla, la mejor manera de maniobrar cada waterjets, dependiendo de la necesidad o comodidad que requiera cada maniobra.

Ilustración 14 Consola Betancuria Express



Fuente: Elaboración Propia

De la consola del Betancuria Express se puede destacar siete partes aplicable para la maniobra, sin contar con elementos generales, como el ECDIS, ARPA, VHF, etc.

6.1.1 Partes de la consola

Ilustración 15 Consola de Babor



Fuente: Elaboración Propia

1. Indicadores de revoluciones por minutos del motor, posición de la pala y steering de cada uno de los waterjets.
2. Joystick de las hélices de proa, pantalla táctil de hélices de proas y botón de parada de emergencia de las hélices de proa.
3. Botones para el acople y desacople de cada uno de los ejes de los waterjets. (ver imagen 16)
4. Alarmas del sistema, botones para elegir el modo de maniobra y transferir o solicitar el control de la consola. (ver imagen 17)
5. Controles del modo de maniobra “común”.
6. Controles del modo de maniobra “separadas”.
7. Controles del modo de maniobra “back-up”

Ilustración 16 Acople y desacople de los Waterjets



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 17 Alarmas, control de la consola y modo de maniobra



Fuente: Elaboración Propia

6.2 MODO COMUN

El modo común es una de las principales formas de maniobra que ofrece el buque, se caracteriza por responder a la demanda aplicada en el joystick y la palanca, calculando automáticamente el conjunto de la suma de los vectores de cada waterjets y alterando los mismos, para que la resultante sea igual al desplazamiento solicitado.

La palanca (situada a la derecha de la imagen 18) tiene un movimiento de 360° y un movimiento bidireccional donde se aplica el empuje. El joystick (situado a la izquierda de la imagen 18) tiene un movimiento rotacional limitado, indicado por la franja amarilla.

Ilustración 18 Modo Común



Fuente: Elaboración Propia

El modo joystick, presenta diferentes características en función de la acción demandada.

1. Modo navegación.
2. Movimientos rotacionales.
3. Movimientos laterales “puros”.
4. Movimientos laterales con rotación.
5. Hélice de proa.

6.2.1 1. Modo navegación

El modo navegación, a diferencia del modo maniobra, los waterjets permanecen en paralelo y reaccionan a la acción demandada por la palanca con el mismo empuje y a la del joystick con la dirección de los waterjets.

Cuando se altera el rumbo con el joystick (aplicando empuje tanto hacia proa o popa), los waterjets caerán a la banda solicitada. Por ejemplo; si se actúa sobre el joystick, colocándolo todo a estribor y con la palanca hacia proa, los cuatro waterjets caerán hacia

estribor paralelamente, ejerciendo un empuje en la popa hacia babor y cayendo la proa a estribor, es decir, la dirección de la palanca indicará la dirección de la guiñada.

Rolls-Royce permite la configuración del modo, pudiendo aplicar tanto el empuje como el rumbo únicamente con la palanca, sin hacer uso del joystick.

6.2.2 2. Movimientos rotacionales

Para realizar un reviro (un movimiento rotacional puro), la acción se realiza sobre el joystick y la palanca se debe situar a cero, es decir, sin empuje y sin dirección. Para que el reviro sea hacia estribor, se debe rotar el joystick en sentido horario, y viceversa para babor. Cuanto más se acerque el indicador del joystick al extremo de la franja amarilla, mayor serán las revoluciones de los waterjets y, en consecuencia, el reviro se realizará en menos tiempo.

Cuando el movimiento rotacional sea demandado, los waterjets pasarán a una posición enfrentada, la banda de estribor caerá a babor y la banda de babor a estribor, manteniendo la característica del modo joystick, ambas bandas caerán con el mismo ángulo. El ángulo estará comprendido entre 20° y 30°. Cada banda tendrá la dirección del chorro del waterjets en sentidos opuestos. Cuando se realice un reviro a estribor, el chorro de babor llevará el sentido hacia adelante, mientras que el de estribor hacia atrás.

Ilustración 19 Joystick Reviro



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 20 Posición cucharas para el reviro



Fuente: Elaboración Propia

6.2.3 3. Movimientos laterales puros

En los desplazamientos laterales, los waterjets están configurados de forma opuesta a los movimientos rotacionales, los waterjets de la banda de babor se abrirán 20° a babor, mientras que los de estribor caerán 20° a estribor. A su vez, coinciden en que las direcciones de los chorros están en sentidos opuestos. Cuando el desplazamiento es a estribor, los waterjets de estribor se invierten y los de babor permanecen hacia adelante.

Para realizar un movimiento lateral puro, la palanca debe partir desde el comando cero hacia 90° estribor o babor. A su vez, si se desea realizar un desplazamiento en diagonal, tanto hacia adelante o hacia atrás, para ello se deberá alterar la palanca unos grados hacia la nueva dirección, partiendo desde el movimiento lateral. Los waterjets mantendrán los mismos ángulos y aumentará la apertura de la cuchara o las revoluciones (siempre y cuando sea necesario) la banda de waterjets cuyo empuje sea igual a la nueva dirección dada, por ejemplo, si el traslado es a babor (babor atrás, estribor adelante) y la intención es ir adelante, los waterjets que aumentará más las revoluciones serán los de la banda de estribor.[9]

Ilustración 21 Movimiento lateral puro



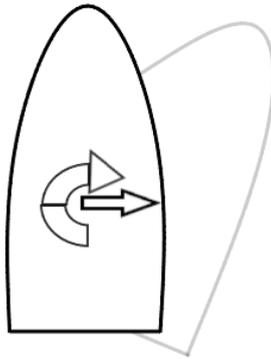
Fuente: Elaboración Propia

6.2.4 4. Movimientos laterales con rotación

Este tipo de desplazamiento es un conjunto de los dos anteriores, rotacional y lateral. Partiendo de un desplazamiento lateral, se puede utilizar el joystick para adelantar la proa/popa al movimiento.

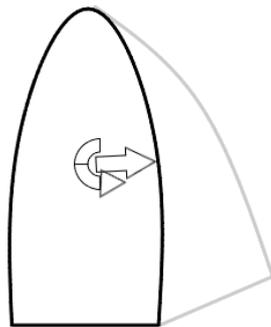
En estos movimientos, ambos waterjets pasan de 20° (la banda de babor a babor y estribor a estribor), a 10° o a 30° . Cuando los waterjets se “abren” o se “cierran”, la suma de los vectores resultantes del empuje de los chorros se desplaza hacia proa o popa. Si pasan de 20° a 10° , el empuje se desplazará hacia la popa, haciendo que ésta caiga antes que el resto del barco, y cuando pasan a 30° , será la popa la que reciba el empuje. [9]

Ilustración 22 Movimiento laterales con rotación 1



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 23 Movimiento laterales con rotación 2



Fuente: Elaboración Propia

6.2.5 5. Hélice de Proa

La hélice de proa facilita cada maniobra, permitiendo un amplio uso, dependiendo de la situación, clima, maniobra de practicaje, atraque y desatraque, etc.

Pero la propia hélice presenta desventajas, su uso eleva el consumo durante la maniobra. Además, sólo se permite su uso cuando la velocidad sea menor a ocho nudos, una vez superada esta velocidad, las hélices deberán estibarse para no dañar su estructura, principalmente no supone un inconveniente para las maniobras, puesto que no se debe superar esta velocidad dentro de puerto.

Ilustración 24 Pantalla hélice de proa



Fuente: Elaboración Propia

Principalmente, la hélice de proa sustituye, corrige o mejora cada maniobra que requiera empuje en la proa, por ejemplo, en el movimiento lateral con rotación, el uso de la hélice en este último, se puede mantener un movimiento lateral puro y únicamente corregir el movimiento de la proa cuando se requiera.

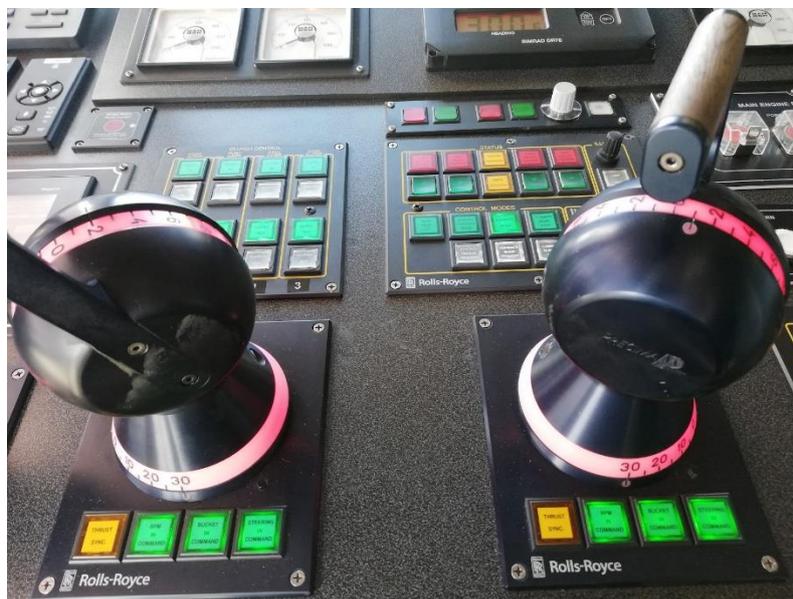
La consola de la hélice de proa permite que se transfiera de cualquier otra consola, por lo tanto, es de vital importancia la comprobación de que el control de la misma esté en la maniobra deseada, previo al inicio de la maniobra.

El panel ofrece una configuración de uso automático, esto permite unificar los controles comunes junto a las hélices de proa, facilitando la maniobra, puesto que ayuda automáticamente. Por ejemplo, en la maniobra de reviro usando el modo común, las hélices se activan ayudando a la proa en la dirección del giro del buque, disminuyendo el tiempo del giro si no se hiciese con hélice de proa.

6.3 MODO SEPARADO

El modo separado, permite trabajar de modo manual con el conjunto de waterjets y motores de cada banda, POME-PIME en babor y SIME-SOME en estribor, permitiendo una amplia variedad dentro de la misma maniobra, ya que posibilita a quien maniobra, el control de la dirección, sentido y revoluciones de cada banda.

Ilustración 25 Modo Separado



Fuente: Elaboración Propia

El modo separadas, presenta diferentes características en función de la acción demandada.

1. Timonear.
2. Movimientos rotacionales.
3. Movimientos laterales puros.
4. Movimientos combinados.

6.3.1 1. Timonear

Durante la navegación, es posible el uso del modo separado para timonear, para ello, se utilizan ambos joysticks. Partiendo de que ambos joysticks, y por consecuencia los waterjets, están a la vía y con empuje hacia adelante o atrás, para alterar el rumbo se debe girar ambos joysticks a la misma dirección. Cuando se va en dirección atrás, los controles pueden llegar a ser confusos, puesto que una vez que el joystick indica un empuje hacia atrás, cuando se quiere caer a una banda la dirección señalada por el joystick deberá ser la opuesta. [9]

Ilustración 26 Empuje atrás y los waterjets a 30º babor



Fuente: Elaboración Propia

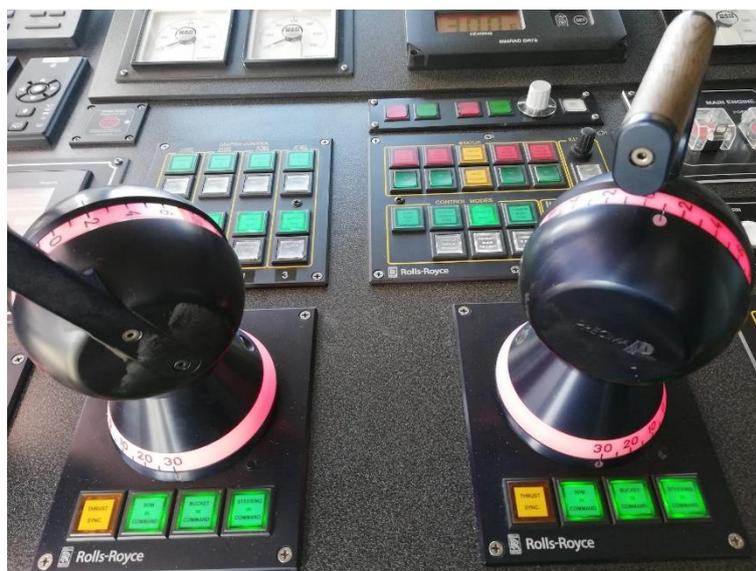
Otro modo de timonear es utilizando una única banda y manteniendo la otra banda a la vía, realizando un movimiento más suave, siendo una forma útil para corregir ligeros cambios de rumbos y marcaciones.

6.3.2 2. Movimientos rotacionales

En los movimientos rotacionales, como en el caso del reviro, la intención es que los waterjets se enfrenten, lo que quiere decir, que la banda de estribor caiga a babor y la de babor a estribor. Además, se debe aplicar un empuje hacia atrás con la misma banda de waterjets a la que se quiere girar, y hacia adelante con la contraria, es decir, en el caso de querer caer a babor, los waterjets de estribor empujan hacia adelante y los de babor atrás, y viceversa en el caso de un reviro a estribor.

Cabe destacar que la banda que empuja hacia atrás, deberá tener el doble de empuje en el joystick que la que avantea. Por ejemplo, aplicar cuatro puntos de empuje en babor atrás y dos adelante en estribor para realizar un reviro a babor. Esto se aplica para que el reviro sea lo más estático posible, puesto que el diseño del waterjets hace más eficaz el empuje hacia adelante frente atrás. Lo más común es el 1/2, uno de empuje adelante y dos atrás, pero en muchas ocasiones se debe dar más empuje para realizar una maniobra más rápida, siempre y cuando no haya riesgo de colisión, puesto que el una de las ventajas que presenta el buque Betancuria Express es su rápida reacción a los movimientos, por lo tanto, en un reviro se suele usar la opción 2/4, dos atrás y cuatro adelante. [9]

Ilustración 27 Posición joysticks reviro a babor



Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la imagen de arriba, la ilustración 27, se muestra claramente el posicionamiento de los joysticks en un reviro a babor, donde el joystick de la izquierda indica que está a 30° estribor, 2 puntos atrás, y el joystick de la derecha señala 30° a babor y 1 punto adelante.

Ilustración 28 Posicionamiento de las cucharas y los waterjets



Fuente: Elaboración Propia

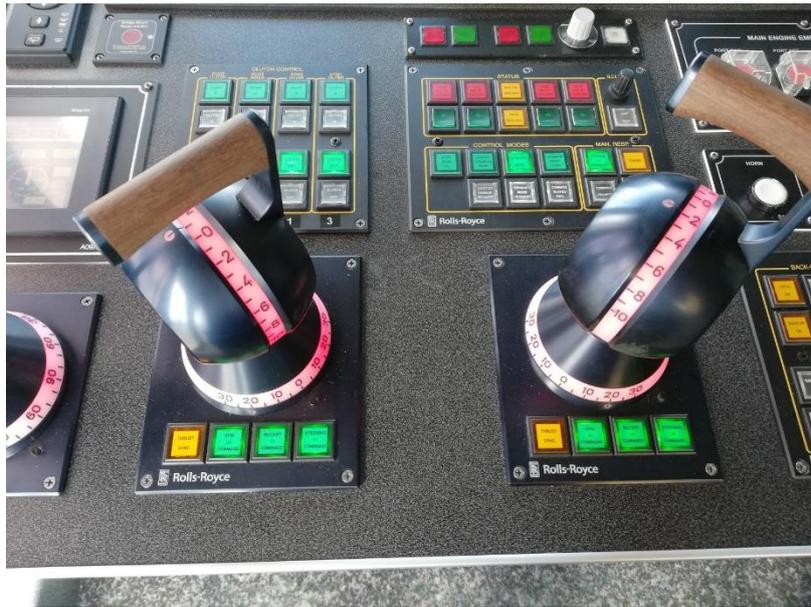
La imagen de arriba, ilustración 28, muestra el posicionamiento de los waterjets y las cucharas en función a lo demandado por el joystick de la imagen anterior, ilustración 27.

6.3.3 3. Movimientos laterales puros

Para realizar un desplazamiento lateral, el objetivo deberá ser que la resultante de las fuerzas ejercidas por los waterjets, se apliquen desde el centro del buque con una dirección transversal.

En el buque Betancuria Express, en ángulo que deben tener los waterjets, para que las fuerzas se apliquen en el centro, es de 20° aproximadamente, donde estribor abrirá a estribor y babor a babor. Realizando el mismo empuje en cada banda, en sentido contrario, llevando el sentido atrás a la misma banda a la que se desea desplazar. [9]

Ilustración 29 Posición desplazamiento lateral



Fuente: Elaboración Propia

Cuando se quiere realizar un desplazamiento lateral a babor, se deberá colocar los joysticks como en la imagen anterior: el joystick de babor de babor a babor a 20° a babor y dos puntos atrás, el joystick de estribor a 20° a estribor y un punto adelante.

6.3.4 4. Movimientos combinados

Unas de las ventajas del modo separado frente al resto de modos son los movimientos combinados, puesto que permiten más libertad de movimientos, por ejemplo, frente al modo común, porque los ángulos de los waterjets y la apertura de las cucharas son decididos por quien maniobra, mientras que, en el modo común, estas posiciones están establecidas de forma automática en función de cada movimiento.

Estas acciones permiten un mayor conocimiento del barco, ver sus reacciones y finalmente llegar a maniobrar con más libertad de movimientos, puesto que en cada momento se sabe el posicionamiento exacto de los waterjets.

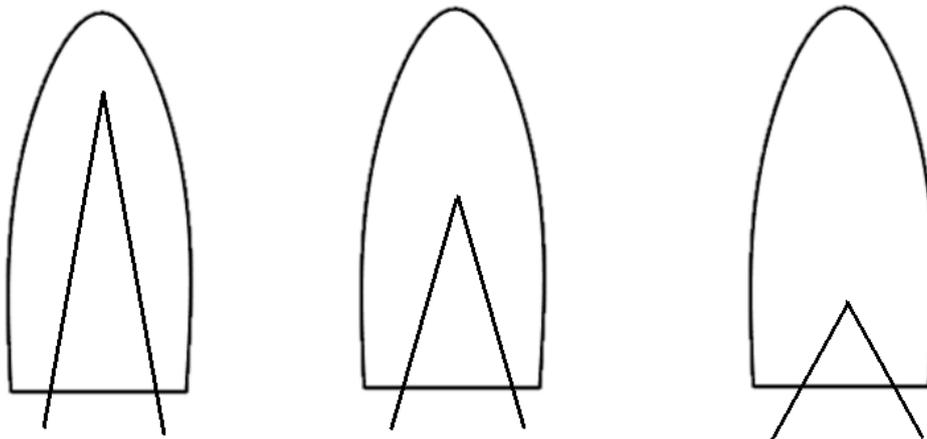
Partiendo de los movimientos laterales puros, se presenta la opción de rotar la proa o la popa para realizar el atraque, sin necesidad de utilizar las hélices de proa. Para ello, se deben colocar los waterjets al mismo ángulo, pero con sentido opuesto, babor a babor y

estribor a estribor, para que el punto de unión de todos los empujes siempre estén en la línea de la crujía del buque. Cuanto más pequeño sea el ángulo más se acerca a la proa y cuanto mayor sea el ángulo más a la popa. Como se ha nombrado previamente, para un movimiento lateral puro se necesita buscar que el conjunto de fuerzas se aproxime lo más posible al centro del buque, para ello se ha estipulado que sea 20° .

Para que el centro del empuje sea en la proa, los waterjets deberán estar a 10° , menor a ese ángulo se perdería eficacia a la hora de separar el buque o acercarlo al muelle, puesto que los waterjets se posicionarían paralelamente, rotando la popa en la dirección opuesta a la proa.

Cuando se quiere pasar el centro del empuje hacia popa, se deben abrir los waterjets lo máximo posible, es decir, a 30° , cada conjunto de waterjets a su respectiva banda, una vez trasladado el centro de fuerza a la popa, cuando se está realizando un desplazamiento lateral, la popa se adelantará al resto del buque, partiendo el movimiento desde la popa.

Ilustración 30 Posicionamiento de los waterjets para los diferentes movimientos: (de izquierda a derecha) apertura a 10° , 20° y 30°



Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 30 se observa el posicionamiento de los waterjets para cada uno de los desplazamientos anteriores, de izquierda a derecha, la situación de los waterjets cuando

el empuje parte desde la proa abierto a 10°, apertura a 20° para un desplazamiento lateral y por último a 30° para que el movimiento surja desde la popa.

Cada uno de estos movimientos tienen el mismo empuje por cada banda, pero en direcciones opuestas, llevando el empuje hacia atrás a la misma banda que a la dirección que se desea (estribor si se desea un desplazamiento a estribor y viceversa), mientras que en los joysticks se refleja aplicando el doble de puntos a la banda que retrocede a la que avanza. Pero en otros tipos de movimientos se puede aprovechar el aumento o disminución de empuje para realizar diferentes desplazamientos, por ejemplo, una diagonal.

Para ello, partiendo de un desplazamiento lateral, por ejemplo, a estribor, donde la banda de estribor tiene la cuchara bajada y la de babor avantea. Si se desea un desplazamiento en dirección a la amura de estribor, se puede aumentar el empuje de babor o disminuir el de estribor para que la resultante sea una diagonal.

Ilustración 31 Resultante del aumento o disminución de la potencia en una de las bandas



Fuente: Elaboración Propia

Para que la resultante sea hacia la aleta, se debe aumentar la potencia de la banda que tiene la cuchara bajada, en el mismo ejemplo de estribor, la banda de estribor deberá aumentar su empuje hacia atrás o disminuir el empuje de babor, para que el buque se dirija hacia la aleta. [9]

6.4 MODO BUCK-UP

Ilustración 32 Consola modo Buck-Up



Fuente: Elaboración Propia

En el modo Back-up es el que permite que se pueda trabajar con cada motor y cada waterjets de manera individual. Esta forma de maniobrabilidad se usa muy poco, ya que es de las más complicadas y se podría decir que se utiliza en casos que sean bastante necesarios; pero la forma en sí de maniobrar en este modo es similar al del modo separadas, puesto que se debe colocar los waterjets de la misma forma al separadas, diferenciando que en el modo separadas se trabaja en el conjunto de una banda de waterjets mientras que en el back-up en cada uno de los waterjets.

Como se puede observar en la ilustración 32, hay diferentes cuadros de controles con sus respectivas palancas y botones. Haciendo referencia (de izquierda a derecha) al POME, PIME, SIME y SOME.

A continuación, la explicación estará centrada solamente uno de ellos ya que en este modo todos son exactamente iguales, en la cual se cogerá para la explicación el PIME.

Ilustración 33 Buck-Up PIME



Fuente: Elaboración Propia

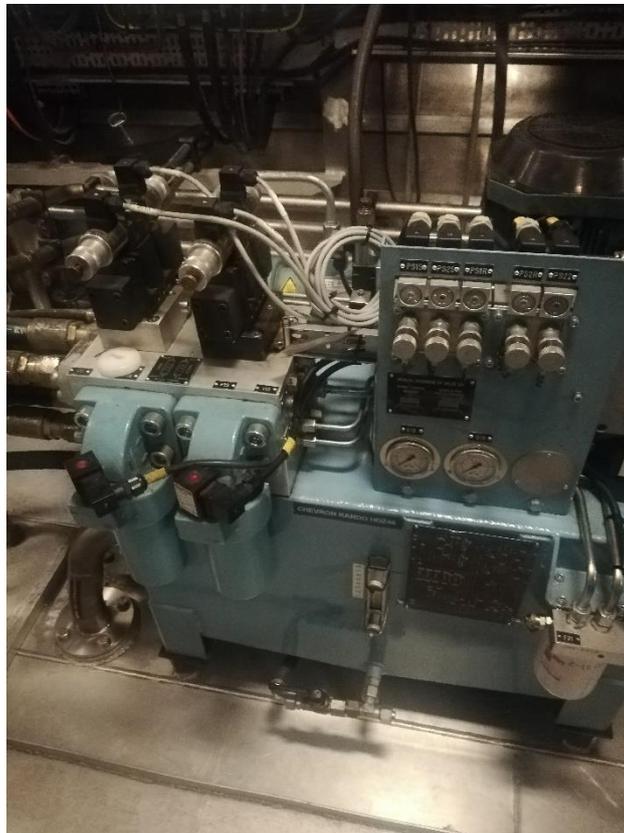
1. Con respecto a esos dos botones es donde se puede activar (Back-Up On) o desactivar (Back-Up Off) el motor para ponerlo en modo Back-Up. Y manejar ese motor individualmente de la forma que se desea en ese momento.
2. Con el botón Separate RPM On se activa la opción de modificar las revoluciones por minutos de ese motor y ponerlas en el rango deseado. Y con el botón Separate RPM Off se desactiva la opción volviendo de esta manera a tener los mismos RPM que tienen el resto de motores.
3. Con el Clutch In se puede acoplar el eje de los Waterjets y con el Clutch Out para desacoplar dicho eje.
4. Estos botones, RPM+ RPM-, son con los que se puede aumentar o disminuir las revoluciones por minuto del motor.
5. Por último, está la palanca, con la cual se puede mover la Kamewa. Si se acciona la palanca hacia la derecha o hacia la izquierda la Kamewa se mueve a estribor o

babor (steering); y si la palanca se acciona para arriba o abajo, está el movimiento de la cuchara, lo que permite que la Kamewa se “abra” para ir adelante o se “cierre” para ir atrás.

Una cosa bastante importante y hay que tener en cuenta siempre es que, con respecto al movimiento de los Waterjets, no se puede llegar a enfrentar nunca los de una misma banda ya que terminarían chocando entre ellos.

6.5 MODO EMERGENCIA

Ilustración 34 Modo Emergencia



Fuente: Elaboración Propia

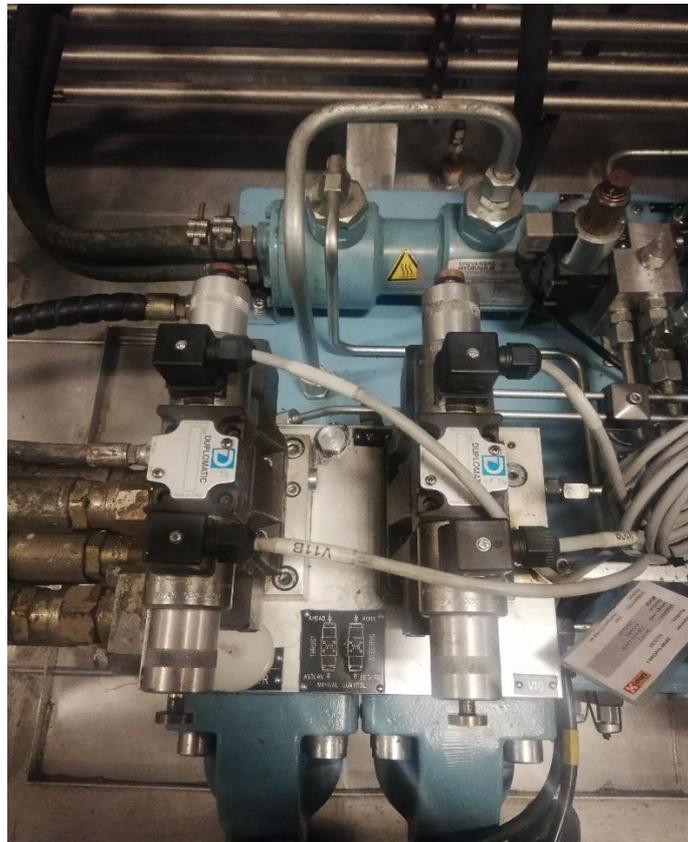
Este es el modo en el que se usaría en el caso de que no se tenga maniobrabilidad desde el puente, situada en la sala de los waterjets. Hay un control por cada uno de los waterjets, por lo tanto, tenemos un total de cuatro sistemas hidráulicos de los waterjets. Cada sistema hidráulico tiene sus propios tanques de aceite de forma independiente y también hay una

bomba eléctrica para el funcionamiento del steering y otra bomba para el funcionamiento del bucket (cucharas)

En caso de emergencia, se debe pasar el control cambiando el selector de automático a manual.

Al ser una maniobra bastante compleja y con visibilidad muy reducida, deben participar bastante tripulación en la misma. El Primer Oficial de Máquinas y el MECAMAR (Marinero de Máquinas) estarán situados dentro de la sala de jets, ellos serán los encargados de accionar los pulsadores de steering o bucket, a la orden del Capitán y el Jefe de Máquinas que estarán situados en el puente de gobierno, manteniendo de esta forma una comunicación constante por UHF.

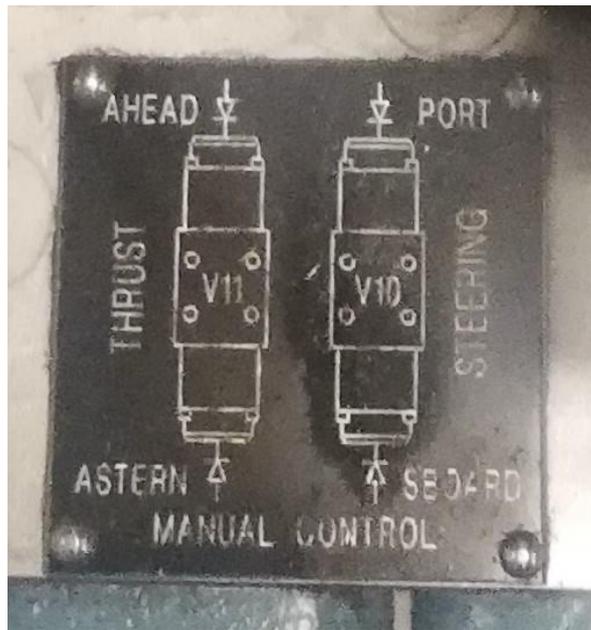
Ilustración 35 Pulsadores Modo Emergencia



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 35 se encuentran los pulsadores para llevar a cabo la maniobra de emergencia una vez lo tengamos en el modo manual para poder operar con ella. Estos pulsadores hacen referencia a los waterjet del PIME.

Ilustración 36 Instrucciones Pulsadores



Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 36 se muestra las instrucciones que hacen referencia a cada pulsador. Depende de lo que se quiera accionar se debe pulsar uno y otro. Si lo que se quiere activar son los steering se debe accionar la electroválvula 10 (V10) y si se quiere activar la cuchara se debe accionar la electroválvula 11 (V11)

Cabe destacar que el movimiento de los waterjet en este modo es demasiado lento. La respuesta de control a cada accionamiento de las electroválvulas no es de una respuesta inmediata.

7. COMPARACIÓN DIFERENTES MODOS

Para la comparación entre los diferentes modos, se van a utilizar algunos factores importantes para las maniobras, tales como la dificultad para maniobrar, comodidad en los controles, etc.

-Dificultad: Con la dificultad se hace referencia a la velocidad de aprendizaje para llegar a conocer los controles y las reacciones del buque. Frente a todos los modos de gobierno destaca el modo común por su claridad y simpleza, puesto que son unos controles muy intuitivos, mientras que el resto de modo, se exige un mayor número de maniobras para alcanzar el control, puesto que se requiere el manejo de las bandas por separado o cada waterjets.

-Tiempo para maniobrar: Suponiendo que en una misma maniobra, con las mismas condiciones, el mismo control sobre todos los modos y la misma potencia en cada una de ellas, se puede llegar a comparar con cuál de los modos se puede realizar una maniobra antes. El modo común y el separado utilizarán el mismo tiempo puesto que los controles permiten su uso con dos manos, mientras que el back-up requiere cambiar de joysticks constantemente.

-Comodidad: En la comodidad en la maniobra hay que señalar que el modo back-up está posicionado en una parte de la consola que resta visión a quien está maniobrando, sin ángulo para visionar la popa o incluso la proa por lo tanto, la comodidad para este modo la damos como baja, Para el modo común y el separado, la posición de los joystick están en el extremo de la consola del alerón, facilitando la visión de la proa y la popa.

-Maniobrabilidad: Versatilidad del buque a realizar diferentes movimientos. En el modo común está limitado el posicionamiento de los waterjets, pero los controles están configurados para realizar todos los movimientos necesarios por lo tanto, tiene una alta maniobrabilidad. El modo separado tiene la libertad de probar diferentes posiciones de los waterjets para realizar los desplazamientos. El modo back-up presenta la misma ventaja, pero por problemas de la comodidad y dificultad de los controles, la maniobrabilidad de se ve perjudicada.

Ilustración 37 Tabla Comparativa

	Modo Común	Modo Separadas	Modo Buck-Up	Modo Emergencia
Dificultad	Neutro	Alta	Alta	Muy Alta
Tiempo para maniobrar	Bajo	Bajo	Alto	Muy Alto
Comodidad	Alta	Alta	Baja	Muy Baja
Maniobrabilidad	Alta	Muy Alta	Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se observa de forma clara la calificación dada a los diferentes modos según los criterios explicados anteriormente. Se puede resaltar la alta puntuación recibida al modo común y al modo separadas, siendo ambas las mejores opciones para maniobrar.

8. CONCLUSIÓN

Conclusión general

En definitiva, el modo Separado es el más óptimo ya que permite una libertad de posicionamiento de los waterjets mucho más amplia, esto permite llegar a un conocimiento más específico del buque. Reconociendo que requiere una mayor destreza y control de la maniobra. Para ello es recomendable que para los primeros usos sea preferible el Modo Común ya que es el más viable y seguro.

En conclusión, descartando el Modo Buck-Up por su dificultad a la hora de maniobrar, por estar mal posicionado en el alerón, y el Modo de Emergencia porque solo se utiliza en los casos como su nombre indica, el resto de modos, el Común y el Separado, ambos, son igual de válidos, pero se le da mayor valor al Modo Separado por su versatilidad y conocimiento del mismo barco, siempre teniendo en cuenta que el Modo Común se recomienda de ser el primero en su uso por su simpleza y por ser bastante intuitivo.

Conclusión específica 1

El modo común es una buena herramienta para familiarizarse con los movimientos del barco, por ello, se recomienda su uso en las primeras maniobras.

Conclusión específica 2

El modo separado es la mejor opción para conocer cada movimiento del barco, puesto que se puede utilizar diferentes combinaciones para un mismo movimiento, como alterar el ángulo de los waterjets o la apertura del bucket (cuchara).

Conclusión específica 3

Los modos emergencia y Buck-up, son los menos recomendables para su uso, por su complejidad a la hora de tener que controlar cada waterjet por separado y su limitada visibilidad por su posicionamiento. En conclusión, el modo emergencia solo debe usarse en los casos como su propio nombre indica.

9. BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA

- [1] http://www.mnve.mil.ve/web/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=1
- [2] <https://www.muyhistoria.es/h-moderna/fotos/las-maquinas-de-leonardo-da-vinci/la-helice-perfecta>
- [3] <http://finmarpropulsionnaval.blogspot.com/2012/11/propulsion-naval-propulsion-de-barco>
- [4] <https://sectormaritimo.es/diez-propulsores-usados-en-el-mundo-naval>
- [5] https://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lice_de_paso_variable
- [6] https://es.wikipedia.org/wiki/Propulsor_Voith_Schneider
- [7] https://es.wikipedia.org/wiki/Propulsor_azimutal
- [8] <https://www.fredolsen.es/es/experiencia-fredolsen/flota/betancuria-express>
- [9] Manual – Rolls Royce - Joystick Manoeuvre Strategies