



# **CIRCUITO HIDRÁULICO DE POPA DEL FAST FERRY “BENCOMO EXPRESS”**

TRABAJO FIN DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
GRADUADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

UD INGENIERÍA MARÍTIMA  
SECCIÓN NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA  
Santa Cruz de Tenerife

Pablo A. Navarro Rodríguez

Septiembre 2016



Dr. D. Federico Padrón Martín, profesor ayudante doctor del área de Ingeniería de los procesos de fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna. Certifica que:

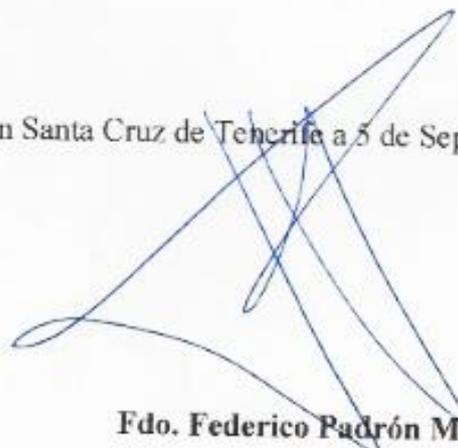
D. Pablo A. Navarro Rodríguez, ha realizado el trabajo de fin de grado bajo mi dirección con el título:

*“Circuito hidráulico de popa del fast ferry Bencomo Express”*

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 5 de Septiembre de 2016



**Fdo. Federico Padrón Martín**

Director del TFG



Dr. D. Alexis Dionis Melián, profesor titular del área de construcciones navales, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna. Certifica que:

D. Pablo A. Navarro Rodríguez, ha realizado el trabajo de fin de grado bajo mi dirección con el título:

*“Circuito hidráulico de popa del fast ferry Bencomo Express”*

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 5 de Septiembre de 2016



**Fdo. Alexis Dionis Melián**

Director del TFG



### ***Agradecimientos:***

*Quiero agradecer a D. Federico Padrón Martín por aceptar ser mi tutor, guiarme y comprenderme, porque no se lo he puesto fácil.*

*A D. Alexis Dionis Melián por su colaboración en este trabajo como segundo tutor.*

*A la empresa Fred. Olsen, S.A. por permitir que realizara mis prácticas de alumno en uno de sus buques y a la tripulación del fast ferry Bencomo Express por acogerme entre ellos como uno más.*

*A Jesús Fernández Lado, jefe de máquinas del Bencomo Express, por su implicación y ayuda en la realización de este trabajo y su interés en la consecución de éste.*

*Y sobre todo a mi familia por entenderme, ayudarme y apoyarme cuando tomé la decisión de continuar con mis estudios, en especial a mi pareja Alba y a nuestra hija Aroa porque han sabido sacrificar parte de nuestra vida familiar para que yo consiguiera este objetivo.*



# ÍNDICE



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2. OJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
<b>3. REVISIÓN Y ANTECEDENTES .....</b>	<b>11</b>
3.1. HISTORIA DE FRED. OLSEN EN CANARIAS .....	11
3.2. FLOTA DE FRED. OLSEN EN CANARIAS .....	12
3.3. DESCRIPCIÓN DEL BUQUE BENCOMO EXPRESS .....	16
3.4. CONSTRUCCIÓN .....	19
3.5. PROPULSIÓN .....	20
3.5.1. Maquinaria propulsora .....	21
3.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES PRINCIPALES .....	21
3.6.1. Sistema de agua de refrigeración .....	21
3.6.2. Sistema de aceite lubricante .....	22
3.6.3. Sistema de admisión .....	23
3.6.4. Sistema de escape .....	24
3.6.5. Sistema combustible .....	24
3.6.6. Sistema de arranque .....	25
3.6.7. Regulador de velocidad .....	26
3.6.8. Instrumentación .....	26
3.6.9. Sistema de monitorización desde el puente .....	27
3.6.10. Equipo de protección y seguridad .....	28
3.6.11. Virador del motor .....	29
3.6.12. Líneas de ejes .....	29
3.7. SISTEMA DE CIRCULACION DE AGUA SALADA .....	30
3.8. SISTEMA DE AGUA DE SENTINAS .....	31
3.9. SISTEMA DE AGUA DULCE PARA LA REFRIGERACION DE LOS MOTORES .....	32
3.10. SISTEMA DE AGUA DULCE PARA SANITARIOS .....	32
3.11. SISTEMA DE AGUA SALADA PARA SANITARIOS .....	33
3.12. SISTEMA DE COMBUSTIBLE .....	34
3.12.1. Sistema de combustible de los Motores Principales .....	34
3.12.2. Sistema de combustible para los Motores Auxiliares .....	35

3.13. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE .....	36
3.14. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE .....	36
3.15. SISTEMA NEUMÁTICO.....	36
3.16. SISTEMA ELÉCTRICO DE CORRIENTE CONTINÚA .....	38
3.17. SISTEMA DE GENERACIÓN DE CORRIENTE ALTERNA .....	39
<b>4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>43</b>
4.1. DOCUMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	43
4.2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE CAMPO .....	43
4.3. MARCO REFERENCIAL .....	43
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
5.1. DESCRIPCIÓN .....	47
5.2. ACEITE HIDRÁULICO .....	48
5.3. PLANO HIDRÁULICO .....	50
5.4. TANQUES .....	53
5.5. BOMBAS HIDRÁULICAS .....	56
5.5.1. Bomba PTO .....	59
5.5.2. Bomba eléctrica N°1 .....	62
5.5.3. Bomba eléctrica N°2 .....	65
5.5.4. Bomba manual .....	67
5.6. BLOQUE DE DISTRIBUCIÓN .....	68
5.7. BLOQUE DE GOBIERNO .....	72
5.7.1. Circuito del steering.....	75
5.7.2. Circuito del bucket.....	82
5.8. BLOQUE DEL TRIM-TAB .....	87
5.9. BLOQUE DEL CABRESTANTE .....	95
5.10. PESCANTE DEL BOTE DE RESCATE .....	99
5.11. BLOQUE DE RETORNO (ELEMENTO DEL CIRCUITO) .....	100
5.12. ENFRIADOR (ELEMENTO DEL CIRCUITO).....	101
5.13. MÉTODOS DE BÚSQUEDA DE FALLOS .....	105
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>111</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>115</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración n° 1: Bonanza Espress. ....	12
Ilustración n° 2: Bencomo Express.....	13
Ilustración n° 3: Bentago Express.....	14
Ilustración n° 4: Bocayna Express. ....	14
Ilustración n° 5: Benchijigua Express.....	15
Ilustración n° 6: Bencomo Express.....	16
Ilustración n° 7: Válvula termostática. ....	22
Ilustración n° 8:Filtros centrifugos GLACIER. ....	23
Ilustración n° 9: Turbosoplante.....	23
Ilustración n° 10: Bomba de combustible acoplada.....	24
Ilustración n° 11: Motores de arranque.....	25
Ilustración n° 12: Regulador. ....	26
Ilustración n° 13: Tacómetro digital ....	27
Ilustración n° 14: Ordenador de alarmas del puente.....	28
Ilustración n° 15: Virador. ....	29
Ilustración n° 16: Eje apoyado en cojinete. ....	30
Ilustración n° 17: Bomba de agua salda acoplada. ....	31
Ilustración n° 18: Bomba de sentinas. ....	31
Ilustración n° 19: Bomba agua dulce acoplada.....	32
Ilustración n° 20: Bombas de agua dulce para sanitarios. ....	33
Ilustración n° 21: Bombas de agua salada para sanitarios. ....	34
Ilustración n° 22: Piano de válvulas de combustible. ....	35
Ilustración n° 23: Tanque combustible del motor auxiliar alto.....	35
Ilustración n° 24: Tanque de aceite.....	36
Ilustración n° 25: Tapón de llenado. ....	36
Ilustración n° 26: Compresor de aire. ....	37
Ilustración n° 27: Cargador y baterías. ....	38
Ilustración n° 28: Motor auxiliar. ....	40
Ilustración n° 29: Plano del buque. ....	47
Ilustración n° 30: Plano del buque.....	47

Ilustración n° 31: Cancelas de popa. ....	48
Ilustración n° 32: Logotipo de castrol. ....	48
Ilustración n° 33: Parte superior del bidón de aceite. ....	49
Ilustración n° 34: Plano hidráulico, similar en ambas bandas. ....	50
Ilustración n° 35: Leyenda. ....	51
Ilustración n° 36: Leyenda. ....	52
Ilustración n° 37: Tanques hidráulicos. ....	53
Ilustración n° 38: Tanque hidráulico principal. ....	54
Ilustración n° 39: Entradas al tanque desde el bloque de retorno y el enfriador. ....	55
Ilustración n° 40: Tanque hidráulico de reserva. ....	55
Ilustración n° 41: Pantalla del ordenador del jefe de máquinas con los indicadores. ....	56
Ilustración n° 42: Bombas. ....	56
Ilustración n° 43: Ejemplo de una bomba de pistones de caudal variable. ....	57
Ilustración n° 44: Ejemplo de una bomba de pistones de caudal variable con varios grados de inclinación. ....	58
Ilustración n° 45: Despiece de una bomba de caudal variable. ....	58
Ilustración n° 46: Bomba PTO y válvula shut off. ....	59
Ilustración n° 47: Bomba PTO y válvula shut off. ....	59
Ilustración n° 48: Eje de la bomba PTO acoplado a la reductora. ....	60
Ilustración n° 49: Atenuador de ruido y vibraciones de la bomba PTO. ....	60
Ilustración n° 50: Consola del jefe de máquinas. ....	61
Ilustración n° 51: Botonera de activación de la válvula shut off. ....	61
Ilustración n° 52: Bomba eléctrica N°1. ....	62
Ilustración n° 53: Bomba eléctrica N°1. ....	62
Ilustración n° 54: Atenuador de ruido y vibraciones de la bomba eléctrica N°1. ....	63
Ilustración n° 55: Interruptores de activación de las bombas desde la consola del jefe de máquinas. ....	63
Ilustración n° 56: Interruptor de activación de la bomba eléctrica N°1 desde el cuadro eléctrico del ante-room. ....	64
Ilustración n° 57: Consola de navegación. ....	64
Ilustración n° 58: Consola de maniobra. ....	65
Ilustración n° 59: Bomba eléctrica N°2. ....	65
Ilustración n° 60: Bomba eléctrica N°2. ....	66

Ilustración nº 61: Interruptor de activación de la bomba eléctrica N°2 desde el cuadro eléctrico del ante-room. ....	66
Ilustración nº 62: Atenuador de ruido y vibraciones de la bomba eléctrica N°2. ....	67
Ilustración nº 63: Bomba manual. ....	67
Ilustración nº 64: Bomba manual. ....	68
Ilustración nº 65: Bloque de distribución. ....	68
Ilustración nº 66: Bloque de distribución. ....	69
Ilustración nº 67: Válvula prioritaria. ....	69
Ilustración nº 68: Presostatos del bloque de distribución. ....	70
Ilustración nº 69: Señales desde las entradas del bloque hacia los presostatos. ....	70
Ilustración nº 70: Indicación de los presostatos en la consola del jefe de máquinas. ....	71
Ilustración nº 71: Filtro del bloque de distribución. ....	71
Ilustración nº 72: Bloque de gobierno. ....	72
Ilustración nº 73: Consola de maniobra. ....	73
Ilustración nº 74: Válvulas selectoras. ....	73
Ilustración nº 75: Direcciones del chorro de agua del waterjet. ....	74
Ilustración nº 76: Válvulas del steering. ....	75
Ilustración nº 77: Bloque y válvulas de gobierno. ....	76
Ilustración nº 78: Conjunto de válvula proporcional principal y válvula piloto del modo normal. ....	77
Ilustración nº 79: Waterjet. ....	77
Ilustración nº 80: Cilindros del steering. ....	78
Ilustración nº 81: Bloque situado ante de los cilindros del steering. ....	79
Ilustración nº 82: Imagen del programa de simulación moviendo el steering hacia babor. ....	80
Ilustración nº 83: Imagen del programa de simulación moviendo el steering hacia estribor. ....	81
Ilustración nº 84: Válvulas del bucket. ....	82
Ilustración nº 85: Bloque y válvulas de gobierno. ....	82
Ilustración nº 86: Cilindro del bucket. ....	83
Ilustración nº 87: Cilindros del bucket. ....	83
Ilustración nº 88: Bloque situado ante de los cilindros del bucket. ....	84
Ilustración nº 89: Imagen del programa de simulación movimiento del bucket hacia popa. ....	85

Ilustración nº 90: Imagen del programa de simulación movimiento del bucket hacia popa. .....	86
Ilustración nº 91: Bloque del trim-tab. ....	87
Ilustración nº 92: Bloque y válvulas del trim-tab. ....	88
Ilustración nº 93: Cilindro del trim-tab visto desde el jet-room. ....	89
Ilustración nº 94: Cilindro del trim-tab visto desde fuera. ....	89
Ilustración nº 95: Control del trim-tab con indicadores de posición. ....	90
Ilustración nº 96: Elementos del trim-tab. ....	90
Ilustración nº 97: Trim-tab. ....	91
Ilustración nº 98: Filtro del bloque del trim-tab. ....	91
Ilustración nº 99: Acumuladores hidráulicos. ....	92
Ilustración nº 100: Botón de estibado de emergencia del trim-tab situado en la consola del jefe de máquinas. ....	92
Ilustración nº 101: Imagen del programa de simulación moviendo el trim-tab en una dirección. ....	93
Ilustración nº 102: Imagen del programa de simulación moviendo el trim-tab en la otra dirección. ....	94
Ilustración nº 103: Circuito del cabrestante. ....	95
Ilustración nº 104: Bloque y válvula del cabrestante. ....	95
Ilustración nº 105: Motor hidráulico y reductora del cabrestante. ....	96
Ilustración nº 106: Imagen del programa de simulación moviendo el cabrestante en un sentido. ....	97
Ilustración nº 107: Imagen del programa de simulación moviendo el cabrestante en el otro sentido. ....	98
Ilustración nº 108: Circuito que va hacia el pescante del bote de rescate y hacia el otro jet-room. ....	99
Ilustración nº 109: Circuito que va hacia el pescante del bote de rescate y hacia el otro jet-room. ....	100
Ilustración nº 110: Bloque de retorno. ....	100
Ilustración nº 111: Bloque de retorno. ....	101
Ilustración nº 112: Enfriador de aceite. ....	101
Ilustración nº 113: Enfriador. ....	102
Ilustración nº 114: Toma de agua de mar para el enfriador. ....	102

Ilustración n° 115: Filtro atrapa algas.....	103
Ilustración n° 116:Resumen sala de máquinas y jet-room.....	103
Ilustración n° 117: Resumen circuito oleohidráulico. ....	104
Ilustración n° 118: Ejemplo de una medida de presión. ....	105
Ilustración n° 119: Punto donde poder realizar una medida de presión. ....	105
Ilustración n° 120: Cámara termográfica.....	106
Ilustración n° 121: Imagen tomada con la cámara termográfica. ....	106
Ilustración n° 122: Plantilla para la toma de medidas de temperaturas. ....	107
Ilustración n° 123: Resultado de un análisis de aceite hidráulico.....	108

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla n° 1: Datos del buque .....	18
Tabla n° 2: Maquinaria propulsora.....	21
Tabla n° 3: Características del aceite.....	49

# **I. INTRODUCCIÓN**



## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo fin de grado nace de mi experiencia durante mis prácticas en la empresa naviera **Fred. Olsen, S.A.**

En el capítulo de *Objetivos* me planteo los objetivos que me han motivado para el desarrollo de este TFG (trabajo fin de grado).

En el capítulo de *Revisión y Antecedentes* se ha explicado los comienzos de la naviera Fred. Olsen, S.A. en Canarias, los buques rápidos con los que cuenta actualmente y una descriptiva genérica del buque donde hemos obtenido los resultados de este trabajo de fin de grado.

En el capítulo de *Metodología* he incluido tres apartados: documentación bibliográfica, metodología del trabajo de campo y marco referencial. Sobre este marco referencial (Bencomo Express) es el buque donde he realizado el estudio para el capítulo de resultados de este TFG.

En el capítulo de *Resultados* he realizado una descriptiva, funcionamiento y ubicación del circuito hidráulico de popa del fast ferry Bencomo Express. Además, se ha incorporado técnicas de diagnóstico como una colección de ilustraciones de termografías, se ha incorporado análisis de aceite hidráulico como herramienta de mantenimiento predictivo. También se han incorporado simulaciones del circuito oleohidráulico objeto de este TFG con un software específico del mismo.

En el capítulo de *Conclusiones* he desarrollado las mismas que se han obtenido de la realización de este TFG, el cual me ha ayudado a entender el funcionamiento del circuito oleohidráulico de popa del Bencomo Express.

En el capítulo de *Bibliografía* se aportan manuales, libros y referencias web en relación al contenido de este TFG.

## **ABSTRACT**

This final degree work comes from my experience during my internships in **Fred Olsen, S.A.**

In the **Objectives** chapter, I consider the goals that have motivated me to carry out this end-of-degree project.

When it comes to the **Review and Background** chapter, I have explained the beginnings of Fred Osen, S.A. company in Canary Islands, the fast ships that belong to this company currently and a generic and descriptive form of the ship from which we obtained the results of this project.

In **Methodology** I have included three different sections: bibliography documentation, fieldwork methodology and framework. The framework is related to the ship where I carried out the study for the results of this chapter (Bencomo Express).

In the **Result** chapter I made a descriptive, operation and location on the aft hydraulic circuit of the Bencomo Express fast ferry. I have also incorporated diagnostic techniques as a collection of illustrations on thermography and hydraulic oil analysis as a tool on predictive maintenance. We have also incorporated circuit simulations on oil hydraulic, which is the main object of this end-of-degree project with a specific software of itself.

In the **concluding** chapter I developed the same as those obtained from the realization of this EOD Project, which has helped me on the understanding of the functioning on oil hydraulic circuit from the stern of Bencomo Express.

Finally, in the **Bibliography** chapter; manuals, books and web references are added regarding the content of this end-of-degree project.

## **II. OBJETIVOS**



## 2. OJETIVOS

Los objetivos que se pretenden alcanzar con este TFG son los siguientes:

1. Conocer los circuitos básicos, equipos y elementos del fast ferry Bencomo Express. Marco referencial de este trabajo fin de grado.



2. Estudiar los elementos básicos de un circuito oleohidráulico de un buque genérico tipo fast ferry. En particular del circuito oleohidráulico de popa.



3. Entender el funcionamiento y los elementos del circuito oleohidráulico estudiado para poder desarrollar e interpretar planos al respecto con ayuda de software de simulación.



4. Determinar posibles técnicas de diagnóstico de averías aplicados actualmente a los circuitos oleohidráulicos, utilizados actualmente a bordo.



### **III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES**



### **3. REVISIÓN Y ANTECEDENTES**

#### **3.1. HISTORIA DE FRED. OLSEN EN CANARIAS**

La actividad empresarial de la familia Olsen en Canarias se remonta a 1904. [1]

En concreto fue Thomas Olsen quien estableció en aquellos tiempos un pequeño núcleo agrícola en el sur de La Gomera. [1]

De esta manera, la familia estableció una ruta de transporte basada en la exportación hacia Europa de tomate y plátano de sus propios cultivos en la Lomada de Tecina y Playa de Santiago situados en el sur de la Isla Gomera.

Desde su comienzo, la empresa siempre mantuvo una política fiel a su compromiso de generar riqueza dentro de la Comunidad Canaria.

Ese compromiso se plasma hoy en la creación de más de 1.000 puestos de trabajo directos en las islas y la inversión de un gran capital en el desarrollo de sus diferentes áreas de actividad.

Desde el inicio de "Ferry Gomera, S.A." en 1974, Fred. Olsen mantiene su convicción por el desarrollo del transporte marítimo en las Islas Canarias.

Una idea que pretendía unir las entre sus puntos más cercanos, en la mayor brevedad posible, y ofreciendo el máximo confort. Fue el 8 de julio de 1974 con la inauguración del ferry entre San Sebastián de La Gomera y Los Cristianos en Tenerife, cuando la apuesta echó a navegar. Comienza así el compromiso de Fred. Olsen con la comunidad canaria.

Transcurridos unos años, y establecido el servicio entre Tenerife y La Gomera se inició una etapa de expansión por todas las islas. En 25 años, Fred. Olsen, S.A., ha logrado con su actividad marítima el objetivo de estar presente en casi todas las Islas Canarias, ofreciendo lo que en un principio se propuso: comodidad, velocidad y calidad de servicio.

Hoy en día, Fred. Olsen Express cuenta con cinco rutas marítimas liderando el mercado interinsular de pasajeros y carga, transportando más de 2.400.000 personas, 6000.000 coches, y más de 200.000 vehículos de carga al año. [1]

Un servicio marítimo formado únicamente por barcos rápidos de última generación. Un concepto espectacular de transporte que une las Islas Canarias. [1]

### 3.2. FLOTA DE FRED. OLSEN EN CANARIAS

La compañía Fred. Olsen Express cuenta con cinco buques de alta velocidad uniendo prácticamente casi todas las Islas Canarias.

El ferry Bonanza Express fue el primer ferry de alta velocidad de Fred. Olsen Express, y el primero de la historia en arribar en Canarias (1999). Este barco tiene una capacidad de 717 pasajeros y 235 coches o alternativamente, 105 coches más unos 25 camiones con carga. El ferry Bonanza Express puede desplazarse a una velocidad máxima de 48 nudos en rosca, es decir, vacío, o de 38 nudos (más de 70 km hora) en servicio, con un peso muerto de 500 toneladas. En concreto se trata de un barco "Wavepiercing Catamaran", tiene 95,47 metros de eslora, 26,16 metros de manga y 3,70 metros de calado. [1]

Su puesta en marcha de la mano de Líneas Fred. Olsen significó un avance en el transporte marítimo canario, introduciendo por primera vez el concepto de fast-ferry en nuestro Archipiélago.

Hoy en día, el Bonanza Express une diariamente la capital de Gran Canaria con el puerto de Morro Jable en Fuerteventura. [1]



*Ilustración nº 1: Bonanza Express.  
Fuente: [1].*

El ferry Bencomo Express es uno de los 5 barcos catamaranes rápidos que Fred. Olsen Express tiene en su flota de las islas canarias. La puesta en servicio el 25 de octubre de 1999 del ferry desde Las Palmas de Gran Canaria (Agaete) a Santa Cruz de Tenerife, ha supuesto una auténtica revolución en el transporte marítimo de Canarias. Una travesía a bordo del barco Bencomo Express de apenas 80 minutos para unir ambas islas capitalinas. El alto grado de confort, rapidez y puntualidad, han sido los argumentos preferidos por los usuarios que han convertido este ferry en el medio de transporte con más pasajeros entre las dos Islas Canarias. [1]

El Bencomo Express, es un barco tipo "Wavepiercing Catamarán", y uno de los ferries más modernos del mundo en su género, habiendo demostrado una total adaptación a las singulares características de navegación en Canarias.



*Ilustración nº 2: Bencomo Express.  
Fuente: [1].*

El ferry Bentago Express, es uno de los dos barcos de última generación que cubre la ruta desde Las Palmas de Gran Canaria (Agaete) a Santa Cruz de Tenerife en apenas 80 minutos.

Dicho ferry rápido tiene prestaciones a la altura del resto de los barcos de Fred. Olsen Express en Canarias y los cuales son insignia de la compañía: rapidez, comodidad y servicio.

Se trata de un ferry Wavepiercing Catamarán, barco de última generación que puede navegar a una velocidad de 38 nudos, y con capacidad para más de 900 pasajeros y más de 270 coches. [1]



*Ilustración n° 3: Bentago Express.  
Fuente: [1].*

El ferry Bocayna Express es un barco de alta velocidad construido a la medida de las necesidades del transporte marítimo entre las islas canarias de Lanzarote y Fuerteventura. La travesía a bordo de este ferry desde Lanzarote (Playa Blanca) a Fuerteventura (Corralero) en sólo 25 minutos, con todos los atractivos de los ferries de Fred. Olsen Express en canarias que demandan los pasajeros: comodidad, capacidad, y por supuesto, calidad de servicio. [1]

Con el ferry rápido Bocayna Express, con capacidad para 450 pasajeros y más de 60 coches, se refuerza la apuesta de la Compañía por el pueblo majorero y conejero.



*Ilustración n° 4: Bocayna Express.  
Fuente: [1].*

El ferry Benchijigua Express es el barco Trimarán multicasco más moderno del mundo y está en Canarias. Desde 2005 este ferry cubre la ruta de Tenerife (Los Cristianos) a La Gomera (San Sebastián) en poco más de 50 minutos, también es el ferry que en 2 horas y 55 minutos une Tenerife (Los Cristianos) con La Palma (S.C. de La Palma). [1]

Un barco que sienta las bases del futuro del transporte marítimo en Canarias. Sin duda, su capacidad, velocidad y comodidad en el transporte de pasajeros, coches y vehículos de carga, lo hacen el socio ideal de los canarios que ven estos ferries como autopistas marítimas entre las islas canarias.

El ferry Benchijigua Express supera los 40 nudos (aprox. 76 km/h), sus 126,70 metros de eslora lo hacen más grande que un campo de fútbol, y posee una capacidad para 1.291 pasajeros y 341 coches, lo que lo convierte en uno de los ferrys más espectaculares del mundo. [1]



*Ilustración nº 5: Benchijigua Express.  
Fuente: [1].*

### 3.3. DESCRIPCIÓN DEL BUQUE BENCOMO EXPRESS

El buque está clasificado como High Speed Wave Piercing Catamarán preparado para el transporte de pasajeros y vehículos en viajes nacionales e internacionales. Refleja las limitaciones impuestas por la sociedad de clasificación respecto a las máximas distancias admisibles desde el puerto base o fondeadero seguro. Tiene una capacidad de pasaje de 871, y 18 tripulantes (889 en total) y hasta 253 vehículos de tamaño medio o 16 camiones con semi-remolques. Contrariamente a los buques convencionales Ro-Ro, la cubierta de vehículos de este tipo de buques está situada a cierta altura de la línea de flotación, y protegidos de la inundación. [2]



*Ilustración n° 6: Bencomo Express.  
Fuente: [1].*

Un catamarán comparado con un buque monocasco del mismo desplazamiento tiene una gran superficie de cubierta (normalmente hasta un 50% más grande). También posee una gran estabilidad transversal y una gran capacidad de alta velocidad. Poco calado y ligereza en la construcción son también las ventajas del Catamarán.

El Buque es de un diseño similar al de un catamarán convencional, a excepción de que los cascos tienen un mínimo Francobordo y reserva de flotabilidad para penetrar las olas en malas condiciones meteorológicas, en lugar de pasar por encima de ellas. Una característica del Catamarán Wave Piercing es la proa central distintiva, la cual aloja el cabrestante y equipo de fondeo, y se prolonga más allá de los cascos “Wave Piercing” proporcionando una reserva de flotabilidad en condiciones meteorológicas adversas. [2]

Tipo de buque	Buque Alta Velocidad mixto pasaje.
Anteriores nombre	F/F “Bentayga Express” (20/10/99-22/09/04) F/F “Benchijigua Express” (23/09/99-19/10/99)
Propietario	Fred. Olsen, S.A.
Armador Naviero	Fred. Olsen, S.A.
Número OMI	9206712
Puerto de Matrícula	Santa Cruz de Tenerife
Lugar y Nº. de construcción	Astilleros Incat, Hobart, Tasmania, Australia, Nº 053
Colocación de la quilla	01/02/99
Fecha de botadura	18/09/99
Fecha de inicio de las pruebas de mar	25/09/99
Fecha de entrega	02/10/99
Entrada en servicio en Canarias	25/10/99
Sociedad de Clasificación	Det Norske Veritas
Eslora máxima	95,47 m
Eslora entre perpendiculares	76,80 m
Eslora de arqueado	81,404 m
Manga máxima	26,16 m
Manga de arqueado	26,16 m
Puntal a la cubierta principal	7,693 m
Calado máximo a proa	4,039 m
Calado máximo a popa	4,026 m
Calado máximo en el Centro	4,013 m
Calado en rosca	2,901 m

*CIRCUITO HIDRÁULICO DE POPA DEL  
FAST FERRY BENCOMO EXPRESS*

Francobordo de verano	1,061 m
Desplazamiento máximo	1.700,03 TM
Desplazamiento en rosca	982,1 TM
Peso Muerto	717,93 TM
Arqueo bruto	6.344 TRB
Arqueo Neto	2.839 TRN
Número de tripulantes	18 Personas
Número de Pasajeros	859 Personas
Velocidad	38 Nudos
Motores Principales/Potencia	4 x Caterpillar 3618 4 x 7200 KW
Potencia Total	28.800 KW 39.168 CV
Motores Auxiliares/Potencia	4 x Caterpillar 3406 4 x 230 kW / 415 V / 50 Hz
Capacidad máxima de combustible	174.878 litros
Tanque de combustible viajes largos	2 x 196.500 litros
Capacidad de combustible para generadores de emergencia	2 x 856 litros
Capacidad de agua dulce	5000 litros
Capacidad de aguas sucias	5000 litros
Capacidad de almacenaje de Aceite de Lubricación	2 x 465 litros
Agua dulce refrigeración MMPP (cada motor)	1000 litros
Agua dulce refrigeración generadores (cada uno)	50 litros
Aguas oleosas	2 x 168 litros
Tanques hidráulicos de popa.	2 x 400 litros
Tanque de reserva aceite hidráulicos de popa	2 x 100 litros
Tanque de aceite Proa	1 x 300 litros

*Tabla nº 1: Datos del buque  
Fuente: [2].*

### 3.4. CONSTRUCCIÓN

Los cascos están conectados por una estructura arqueada la cual incorpora un casco central (proa central), que se mantiene sobre la superficie del agua en aguas tranquilas en la condición de máxima carga. En condiciones extremas el casco Central provee de una flotabilidad instantánea al Buque y rompe el oleaje. En la cubierta de garaje se dispone de columnas de acero de tipo puerta para aumentar la resistencia estructural en caso un incendio de larga duración. Los espacios de categoría especial (Cubierta de vehículos y Salas de Máquinas) están recubiertos de una protección estructural contraincendios. [2]

El buque está construido en sistema longitudinal y en aluminio casi en su totalidad. Las planchas y refuerzos estructurales están realizados en aleación de aluminio. Las cuadernas están situadas a 1200 mm desde su centro en ambas direcciones del buque y los mamparos proporcionan siete compartimentos estancos en cada casco:

- Pique de proa: Incluye el equipo hidráulico de proa.
- Espacio 1: Incluye el estabilizar de proa.
- Espacio 2: Incluye las bombas de rociadores y bomba para tomas contraincendios en babor y estribor.
- Espacio 3: Tanques de largo recorrido.
- Espacio 4: Tanques diarios y tanque del generador de emergencia, tanque séptico suspendido (estribor), agua dulce (babor).
- Espacio 5: Tanque de aceite.
- Sala de máquinas: Equipos de propulsores y generadores
- Sala de jets: Equipos hidráulicos. [2]

La superestructura está dividida en dos secciones y está soportada por la estructura de puerta del casco a través de las uniones flexibles para dar más confort a los pasajeros aislando de las vibraciones y el ruido. [2]

La cubierta de garaje principal tiene un resguardo vertical de 4.7 m desde el espejo de popa hasta la cuaderna 13 y 4.3 m desde cuaderna 17 hasta la 47, donde las rampas de entrecubiertas se levantan para acomodar los camiones. Todas las áreas de proa del buque incluyendo las rampas tienen un resguardo vertical nominal de 2.1 metros. Las partes inferiores de la cubierta y los mamparos están recubiertos con una protección estructural

contra el fuego en su mayor parte. Las partes bajas de la cubierta incorporan una instalación fija de sistema de rociadores de “tubería seca”.

La filosofía de esta protección ignífuga estructural es la de proteger o contener los altos riesgos, rutas de escape y áreas de control del efecto de un incendio grave por un tiempo razonable que permita un abandono ordenado del buque. Por esta razón las áreas tales como la cubierta de garaje y la zona intermedia entre el puente de mando y la zona de pasajeros, espacios para vehículos/pasajeros y las salas de máquinas están cubiertos con una protección estructural contraincendios.

El buque está equipado con sistemas de Ride Control hidráulicos controlados por ordenador, los cuales incorporan un sistema activo independiente de estabilizadores, los trim-tabs a popa, y los T-foil a proa. Estos sistemas de estabilizadores son hidráulicos y controlados por ordenador desde el Puente.

La superestructura tiene servicios para la tripulación y pasajeros, salones, quiosco, bar, sala de juegos y cámara de tripulación. La sala de electrónica se encuentra situada en la parte de proa del salón de pasaje, debajo del puente de mando.

Las rampas de acceso de babor y estribor proporcionan aparcamientos para los coches. Los accesos de los pasajeros desde la cubierta de vehículos se sitúan en ambas bandas a proa y popa. [2]

### **3.5. PROPULSIÓN**

De la propulsión se encargan los motores diésel CATERPILLAR 3618 (2 en cada sala de máquinas), desarrollando cada uno una potencia de 7200 KW a 1050 revoluciones, acoplados a través de las reductoras Reintjes VLJ 6831 a los waterjets LIPS LJ 150D, disponiendo de 7200 KW de potencia a la máxima revolución. El empuje y gobierno es proporcionado por todos los waterjets. Los Waterjets desplazan a la máxima velocidad aproximadamente 18m<sup>3</sup> de agua por segundo. [2]

### 3.5.1. MAQUINARIA PROPULSORA

Motores Principales (4 unidades)	CATERPILLAR 3618 18 cilindros en V 280 mm diámetro x 300 mm de carrera Máxima potencia 7200KW a 1.050 RPM
Reductora	RIENTJES. Caja reductora de una etapa. Desmultiplicación 1,781 / 1. Tipo VLJ6831
Arranque	INGERSOLL RAND. Dos motores neumáticos de arranque alimentados desde un recipiente de 673 litros (uno en cada ante-room). Presión máxima del recipiente 28 bar. Tiempo de presurizaron del recipiente 35 minutos. Máximo número de arrancadas sin recargar el recipiente: Aproximadamente 6
Control y Gobierno	Heinzmen Helenos + actuador eléctrico STG 30
Compresor de arranque	Atlas Copco LT75-30 Tipo: En V de dos etapas acoplado a un motor eléctrico de 7,5 KW
Unidades de propulsión waterjet	LIPS LJ 150D waterjet.

Tabla n° 2: Maquinaria propulsora.  
Fuente: [2].

### 3.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES PRINCIPALES

#### 3.6.1. Sistema de agua de refrigeración

Los motores están preparados para la refrigeración por agua dulce, con un sistema de refrigeración central:

- Intercambiador del tipo de placas combinado, unifica los servicios: agua de mar / agua dulce y agua de mar / aceite. El enfriador tiene las placas de titanio y los sellos nitrados.
- Bomba acoplada del circuito de agua dulce de baja temperatura sin auto cebado, con carcasa de fundición, impulsor de bronce y eje de acero inoxidable.
- Bomba acoplada del circuito de agua dulce de alta temperatura de las camisas sin auto cebado, con carcasa de fundición, impulsor de bronce y eje de acero inoxidable.
- Calentador de las camisas con termostato y bomba de circulación (10 m<sup>3</sup>/hora). La bomba y el calentador solo operan cuando el motor está parado.

- Control de caudal de las camisas con orificio para el control de la temperatura.
- Válvula by pass para el sistema de refrigeración central de agua dulce de baja temperatura.
- Válvula termostática para el circuito de alta temperatura de las camisas húmeda, con cuerpo de acero de fundición, con acople flexible para la conexión.
- Tubería de agua de refrigeración del motor en acero dulce.
- Bomba acoplada con auto cebado de agua de mar con carcasa, impulsor y eje de acero inoxidable. [2]



*Ilustración n° 7: Válvula termostática.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.6.2. Sistema de aceite lubricante**

El sistema de lubricación de los motores está diseñado con cárter húmedo, cuyos componentes son:

- Válvula termostática de aceite, con el cuerpo de fundición y guarnición de bronce.
- Los motores CATERPILLAR están montados con filtros de aceite de celulosa, instalados con manómetros para lecturas de servicio.
- Bombas acopladas de aceite.
- Cuatro filtros centrífugos GLACIER.
- Bomba eléctrica de lubricación de cebado continuo con arrancador.
- Válvula de sobrepresión en el circuito. [2]



*Ilustración n° 8: Filtros centrifugos GLACIER.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.6.3. Sistema de admisión**

- Dos turbosoplantes ABB TPL 65, movidas por los gases de escape del motor y con filtros de aire silenciadores.
- Válvula de drenaje.
- Tres enfriadores de aire de barrido.



*Ilustración n° 9: Turbosoplante.  
Fuente: Trabajo de campo.*

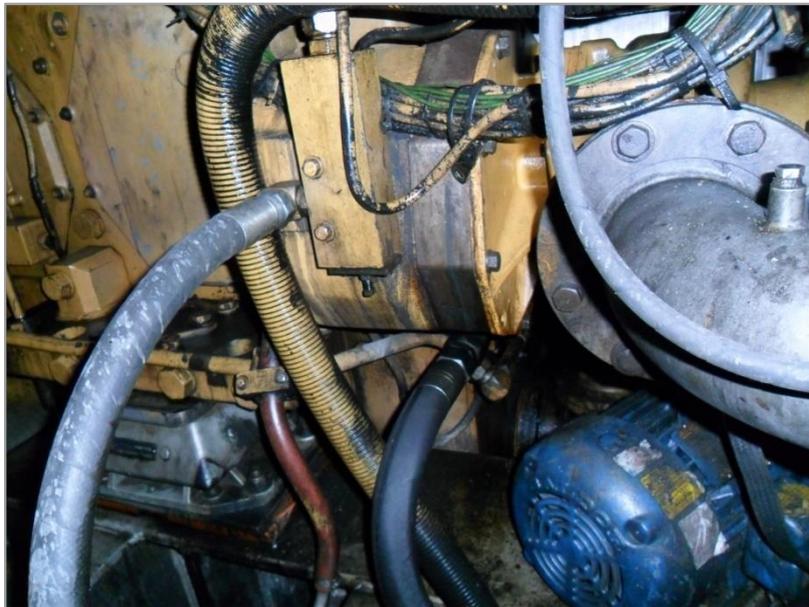
#### **3.6.4. Sistema de escape**

- Silenciosos de acero inoxidable.
- Dos expansiones de acero inoxidable en la salida de las turbosoplantes.
- Dos bridas de conexión para las turbosoplantes.
- Colector de escape forrado para cumplir con los requerimientos de la Sociedad de Clasificación.
- Silencioso de escape montado con un kit de suspensión flexible.

#### **3.6.5. Sistema combustible**

Los motores están preparados para usar combustible destilado que cumpla con la norma ISO 8217 DMA, ISO 8217 DMB e ISO 8217 DMX, con el equipo de suministro que comprende:

- Bomba de combustible, de alta presión accionada mecánicamente, e inyector por cilindro.
- Bomba de alimentación de combustible acoplada.



*Ilustración n° 10: Bomba de combustible acoplada.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### 3.6.6. Sistema de arranque

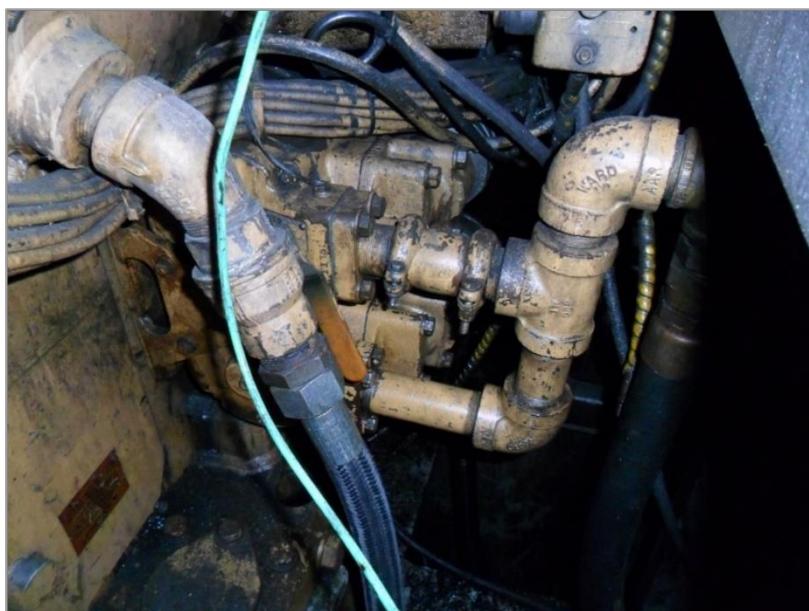
Los motores están preparados con motores de arranque neumáticos accionados local o remotamente. El sistema comprende:

- Dos motores neumáticos de arranque por cada motor principal, con una presión máxima de operación de 15 bar.
- Una válvula de seguridad por motor.
- Un volante de inercia montado sobre el piñón de arranque.

Un interruptor de flujo de aceite de lubricación.

- Una válvula solenoide de arranque.
- Una reductora de aire de arranque de 28 a 15 bar por motor.
- Un filtro de aire por motor.
- DOS Botellas de aire de 673 litros., a 25 bar, para suministro de los cuatro motores principales, completas, con manómetros, válvula de seguridad y válvula de purga.

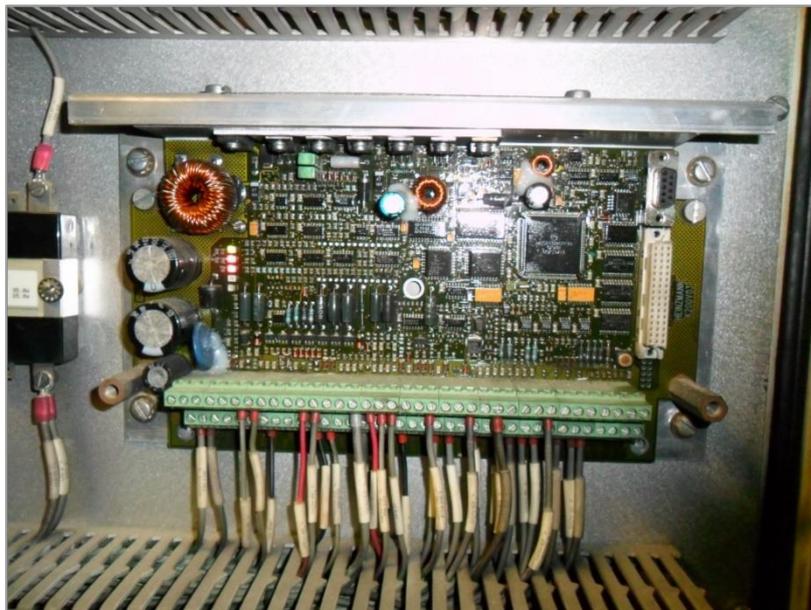
[2]



*Ilustración n° 11: Motores de arranque.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.6.7. Regulador de velocidad**

El regulador Heinzman controla la velocidad y carga de los motores proporcionando la lógica necesaria para los botones de arranque/parada/parada de emergencia y para los interfaces a través de una señal de 4-20mA para los controles desde el Puente.



*Ilustración n° 12: Regulador.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.6.8. Instrumentación**

Se dispone de un panel de control en cada motor que incluye los siguientes instrumentos y sensores:

- Manómetro de aire de barrido.
- Manómetro de agua de refrigeración de las camisas (Alta temperatura).
- Manómetro de aceite de lubricación.
- Manómetro de combustible.
- Tacómetro digital solo de lectura (sin iluminación).
- Termopares de gases de escape en cada cilindro y en la entrada y salida de las turbosoplantes.



*Ilustración n° 13: Tacómetro digital  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.6.9. Sistema de monitorización desde el puente**

Sistema de alarma LITTON ISIS 2500 con 864 canales. El sistema tiene una mezcla de canales digitales (solo alarma) y canales analógicos (alarma y lectura), que cubren los cuatro motores principales y reductoras, los cuatro motores generadores, los cuatro waterjets y una miscelánea de maquinaria y servicios de acuerdo con la carta de canales de alarmas. Tres unidades en cada sala de máquinas, una en cada ante-room, y una en el Puente.

El sistema comprende cuatro unidades de alarma para los espacios de máquinas y una unidad en el puente. Cada unidad tiene lectura local de su grupo de alarmas, unidad de interface, dos VDU. [2]

Cada unidad tiene fuente de alimentación con batería de emergencia, un equipo de medición de tanques que comprende hardware y software que permite la lectura de los cuatro tanques de combustible. [2]

Incluye transductores y contactos asociados a los motores propulsores, además de sensores de nivel de sentinas y tanques de combustible, temperatura de las salas de máquinas y sensores de temperatura de los cojinetes del eje.



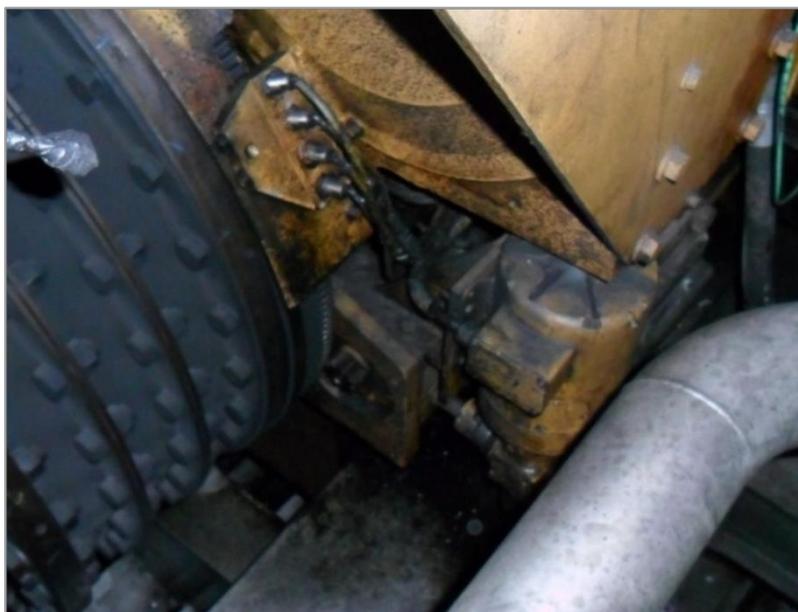
*Ilustración n° 14: Ordenador de alarmas del puente.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.6.10. Equipo de protección y seguridad**

- Válvulas de seguridad de actuación rápida en las tapas de los cárteres de los motores principales.
- Extractor eléctrico de gases con válvula de mariposa para ajustar el nivel de vacío en el cárter, incluyendo arrancador.
- Alarma de sobrevelocidad.
- Sistema de detección de niebla en el cárter con indicación individual en cada cilindro.
- Sensor de partículas metálicas en el aceite.
- Sensores de temperatura de los cojinetes de bancada.

### 3.6.11. Virador del motor

Dispone de un virador eléctrico con una relación 50:1 que mueve una pequeña rueda dentada corrediza que engrana con el volante de inercia. Se incluye un bloqueo para prevenir que el motor sea arrancado mientras el virador está engranado.



*Ilustración n° 15: Virador.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### 3.6.12. Líneas de ejes

- Motor Caterpillar 3618.
- Acoplamiento flexible de triple elemento, VULKAN RATO R, montado en el volante de inercia.
- Reductora REINTJES de una sola etapa con engranaje helicoidal tipo VLJ 6831 con una relación de reducción de 1.781:1 de disposición horizontal de los ejes de entrada y salida.
- Ejes propulsores huecos de material forjado en la sección exterior de la transmisión apoyado en cojinetes de cobre para los motores exteriores.
- Ejes propulsores macizos de material forjado en la transmisión de los motores interiores sin cojinetes. [2]



*Ilustración n° 16: Eje apoyado en cojinete.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.7. SISTEMA DE CIRCULACION DE AGUA SALADA**

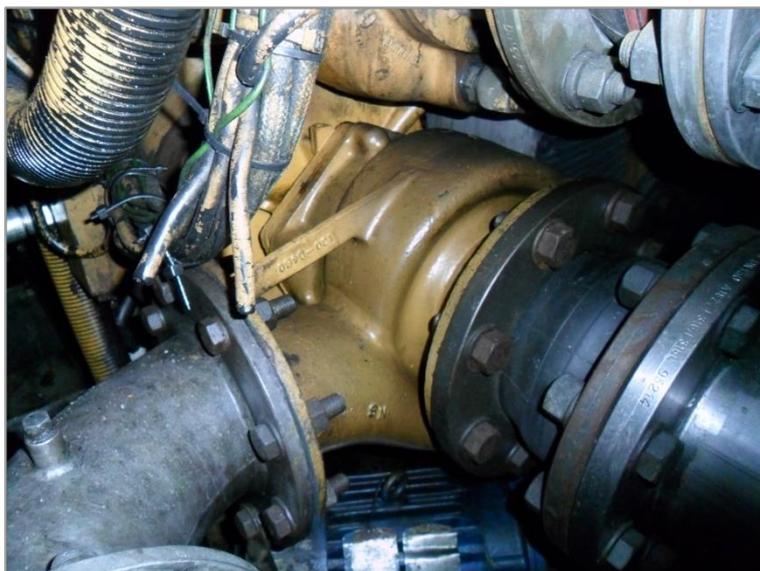
La caja de mar de proa suministra agua salada a las bombas del sistema de rociadores y bombas C.I. [2]

La caja de mar central suministra agua salada para enfriar la maquinaria propulsora exterior, alternadores, reductora y solo en babor el sistema de agua salada para sanitarios.

La caja de mar de popa suministra agua para enfriar la maquinaria propulsora interior y la reductora.

El agua de refrigeración para el sistema hidráulico es cogida bajo presión del waterjet.

Todas las cajas de mar están colocadas con filtros y válvula para limpieza con aire comprimido. El agua salada de refrigeración es descargada al mar a través de la línea de descarga de agua salada de refrigeración. Las cajas de mar también están provistas con un registro que permite la inspección, limpieza de suciedad y sustitución de los ánodos de zinc, solo cuando el buque esta fuera del agua. Los filtros, pueden ser desmontados para su limpieza después de haber cerrado la válvula del fondo. [2]



*Ilustración n° 17: Bomba de agua solda acoplada.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.8. SISTEMA DE AGUA DE SENTINAS**

Cada espacio vacío estanco tiene conectada una bomba de sentinas que descarga al mar por el túnel central a través de una válvula de no retorno. La sala de máquinas está equipada adicionalmente con una segunda bomba sumergible. Las alarmas de nivel alto de sentinas están colocadas en cada espacio vacío y son controladas por el sistema ISIS. [2]

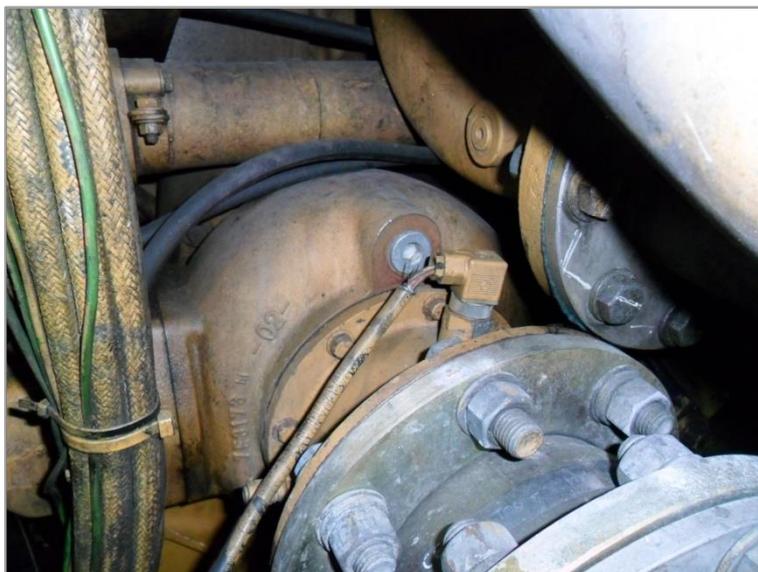


*Ilustración n° 18: Bomba de sentinas.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.9. SISTEMA DE AGUA DULCE PARA LA REFRIGERACION DE LOS MOTORES**

Todos los motores principales y auxiliares son refrigerados por un circuito cerrado de agua dulce circulando a través de las camisas mediante una bomba acoplada al motor. El agua dulce es refrigerada por agua salada en un intercambiador de calor. Cada motor principal está equipado con un tanque de compensación, de 100 litros aproximadamente de capacidad. Los tanques están situados en el ante-room. Los niveles de agua de refrigeración de los motores principales y alternadores son chequeados diariamente.

El sistema refrigerante requiere acondicionarse con un tratamiento de agua que minimice los efectos de la corrosión, erosión por cavitación y los depósitos de minerales. [2]



*Ilustración n° 19: Bomba agua dulce acoplada.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.10. SISTEMA DE AGUA DULCE PARA SANITARIOS**

Un tanque de fibra para agua, (5000 litros de capacidad), está colocado bajo la cubierta de vehículos en el espacio vacío 5 en el casco de babor. Las bombas de presión Grundfos colocadas cerca del tanque suministran agua dulce para todo el buque. Se puede acceder a las bombas a través de la escotilla del espacio vacío. Las bombas están taradas para arrancar y parar al variar los valores de presión asignados. Los valores de presión de las bombas deben ser chequeados regularmente. [2]

Las conexiones de agua dulce están situadas a babor y estribor a popa. Las conexiones son de 1,5". El tanque de agua tiene una toma de aire en la cubierta de vehículos en el costado de babor. El rebose puede ser utilizado como indicador de que el tanque está lleno. Se tendrá cuidado de no sobre presurizar el tanque mientras se llena. Se dispone de una sonda colocada al lado de la toma de aire.

A los limpiacristales del puente se les suministra agua dulce para limpiar las formaciones de sal.



*Ilustración n° 20: Bombas de agua dulce para sanitarios.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.11. SISTEMA DE AGUA SALADA PARA SANITARIOS**

El agua salada es suministrada para urinarios y retretes.

Dos bombas Grundfos, (iguales a las del sistema de agua dulce), están colocadas en el espacio vacío 2. Una de las bombas está colocada en paralelo manteniéndose en reserva y debe estar eléctrica e hidráulicamente desconectada cuando no se use. Una válvula de corte está colocada en cada cisterna de los baños para permitir el uso independiente de cada cisterna.

Un filtro fino de tela metálica está colocado en la succión del costado de cada bomba para aislar cualquier partícula. Este filtro debe ser comprobado semanalmente. Los fallos de un filtrado inadecuado pueden ocasionar el bloqueo de las cisternas. [2]



*Ilustración n° 21: Bombas de agua salada para sanitarios.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.12. SISTEMA DE COMBUSTIBLE**

En cada sala de máquinas hay dos sistemas independientes de combustible:

- Sistema de combustible para los MMPP.
- Sistema de combustible para los motores generadores. [2]

#### **3.12.1. Sistema de combustible de los Motores Principales**

Cada motor principal dispone suministro de combustible de su respectivo tanque y tiene la posibilidad de:

- Trasegar combustible de los tanques de proa a popa y viceversa.
- Trasegar combustible desde el tanque de viajes largos a cada uno de los tanques de principales o de los tanques diarios a los tanques de viajes largos.
- Trasegar combustible desde cada casco a una u otra banda.
- Que los MMPP puedan consumir de los tanques diarios.

El trasegar combustible de un casco al otro puede realizarse para minimizar un derrame en casos de emergencia.

El trasegar combustible de un casco a otro se realiza mediante una electrobomba y la toma colocada en cada sala de máquinas. Las bombas se conectan localmente. [2]



*Ilustración n° 22: Piano de válvulas de combustible.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.12.2. Sistema de combustible para los Motores Auxiliares**

El generador “bajo” en cada sala de máquinas se alimenta del respectivo tanque diario de proa. Todo el combustible es filtrado en el motor. La alimentación del generador “alto” es suministrada por un tanque de 856 litros, el cual es continuamente relleno desde el tanque de popa. Si falla el sistema de trasiego de combustible se dispone de 12 horas de operaciones continuas con los generadores para casos de emergencia. [2]



*Ilustración n° 23: Tanque combustible del motor auxiliar alto.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.13. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE**

Un tanque de aceite con 465 litros de capacidad está situado en cada casco. Los tanques se llenan desde la cubierta de garaje. Se dispone de tubería de aceite flexible para suministrar el aceite al tanque. Se pueden sondar los tanques desde la cubierta de garaje. [2]



*Ilustración n° 24: Tanque de aceite.  
Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración n° 25: Tapón de llenado.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.14. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE**

Los tanques de almacenamiento de combustible forman parte del casco del buque. Los tanques situados en el espacio vacío n°5 tienen un volumen aproximado de 45.000 y 42.500 litros respectivamente (Total del buque 174.878 litros al 100% de su capacidad). Destacar que el combustible utilizable será menor que el total disponible. Los espacios vacíos n°3, babor y estribor, están preparados para ser tanques de combustible para viajes largos, con una capacidad total de 196.500 litros en cada uno. Los tanques de viajes largos están limitados a una sonda de 5.6 metros como máximo, no pudiendo rellenarse completamente. El combustible de estos tanques se puede trasegar al tanque de consumo elegido. [2]

### **3.15. SISTEMA NEUMÁTICO**

En el buque se utiliza aire comprimido para los siguientes equipos.

- Accionamiento de las válvulas de combustible.
- Arranque de MMPP.
- Tifón.
- Lavado cajas de mar.

- Arranque motores auxiliares.
- Bombas de trasiego de aguas oleosas.
- Detector de niebla en el cárter.
- Funcionamiento del CO<sub>2</sub>.
- Servicios diversos.

El aire a presión es suministrado por un compresor ATLAS COPCO LT 75/30, localizado en cada ante-room. El compresor tiene una capacidad de 673 litros y una presión máxima de 28 bar. Cada botella tiene una capacidad de hacer un mínimo de seis arranques consecutivos sin recargarse, cuando está totalmente cargada y cada carga requiere aproximadamente 1400 litros de aire a presión atmosférica. La mínima presión de arranque requerida es de aproximadamente de 15 bar. La presión del compresor está controlada por una alarma de Baja presión programada a 20 bar.

El tiempo necesario para cargar la botella a 28 bar desde la presión ambiental es aproximadamente de 35 minutos. Se debe prever la conexión con tiempo de cada compresor para cargarlas con la presión de aire necesaria para el arranque. [2]



*Ilustración n° 26: Compresor de aire.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### **3.16. SISTEMA ELÉCTRICO DE CORRIENTE CONTINÚA**

El sistema de corriente continua es de 24 voltios. El cuadro de distribución tiene una lámpara para detectar las derivaciones al casco en ambos polos, positivo y negativo.

Muchos de los sistemas de a bordo utilizan 24 voltios suministrados desde el cuadro de corriente continua del puente. [2]

Hay 4 cuadros de distribución de corriente continua. Cada cuadro tiene una fuente de alimentación-cargador, que está constantemente alimentada por 240 Voltios CA., que provienen del cuadro de distribución de CA. así como baterías para emergencia, conectadas directamente al cuadro de distribución. En el caso de fallo en el suministro de 240 V, CA. desde la fuente de alimentación-cargador o por un fallo del mismo, las baterías de emergencia automáticamente suministran energía al cuadro de distribución de CC.

Todas las fuentes de alimentación-cargadores están instalados con amperímetro, voltímetro e indicador de carga para las baterías.

Todas las baterías de emergencia son de 24V sin mantenimiento.

Los cuadros de distribución de C.C. son los siguientes:

- 1) C.C. Normal en el puente.
- 2) C.C. Esencial en el puente.
- 3) C.C. ISIS en el puente.
- 4) C.C. Radios en el puente.



*Ilustración n° 27: Cargador y baterías.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### 3.17. SISTEMA DE GENERACIÓN DE CORRIENTE ALTERNA

El sistema de distribución y suministro de corriente alterna es en 415/240 V, en tres fases y un neutro, con toma a tierra. La energía es suministrada por 4 alternadores Caterpillar (240 KW cada uno) acoplados a motores Caterpillar 3406. Hay 2 generadores en cada sala de máquinas. La secuencia de arranque de los alternadores puede ser variada desde los cuadros de distribución de babor o estribor, en el puente. [2]

El equipo de generadores está conectado directamente a dos cuadros principales completamente independientes, donde los generadores de babor alimentan el cuadro de babor y los de estribor al cuadro de estribor.

En condiciones normales de operación, los dos cuadros principales están conectados por un Bus de 400 A, que permite tener en secuencia tres generadores desde cada cuadro principal. El cuarto generador es solo para emergencias. En caso de problemas en cada casco el Bus puede ser desconectado para separar totalmente los dos cuadros principales. El Bus solo se debe desconectar en caso de emergencia.

El suministro de los cuadros normales de distribución está repartido entre los dos cuadros principales. En caso de emergencia los cuadros esenciales son suministrados por ambos cuadros principales para mantener la potencia, aunque uno de los cuadros principales quede inoperativo.

La desconexión del Bus, hará que todos los cuadros no esenciales se desconecten del cuadro principal. El estado de estos cuadros no esenciales se puede ver en el cuadro principal. Los cuadros no esenciales se deben rearmar manualmente. [2]

El sistema eléctrico de C.A. tiene las siguientes características:

- Control totalmente automático de fallos y desconexiones.
- Arranque, Sincronización y Carga automáticos.
- Arranque o Stand-by de la maquinaria automáticamente, dependiendo de la carga.
- Control automático de la carga, facilitando la condición de sobrecarga.
- Arranque y paro automático de la maquinaria en condiciones de fallo.
- Arranque de otros motores en stand-by al alcanzar el régimen de sobre velocidad.
- Facilidades para el control remoto de la alarma.
- Paro y arranque sincronizado y manual.

Un control programable situado en cada cuadro de interruptores controla el arranque y parada de los dos grupos de generadores y las alarmas según necesidades.

Dos controladores de secuencia controlan el sistema de carga, en consonancia con los valores fijados en el panel de secuencia, arrancan y paran el grupo de generadores cuando se desee y en el orden adecuado. Un controlador de secuencia está localizado en cada cuadro de interruptores. Cada control de secuencia es capaz de operar independientemente, estando abierto el Bus. Otra función de estos controladores es controlar la carga ya que el generador puede alcanzar niveles críticos. Todos los parámetros de estas funciones pueden variarse cuando se requiera. [2]



*Ilustración n° 28: Motor auxiliar.  
Fuente: Trabajo de campo.*

## **IV. METODOLOGÍA**



## 4. METODOLOGÍA

La metodología empleada en referencia a este Trabajo Fin de Grado la hemos dividido en los siguientes bloques:

### 4.1. DOCUMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La documentación aportada en este TFG es a partir de una fuente bibliográfica en la que se incluyen páginas web, informes, manuales, planos y libros. Además de los conocimientos adquiridos en mi periodo de prácticas en la empresa **Fred. Olsen, S.A.**

### 4.2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE CAMPO

La realización de este TFG viene de mi experiencia de mi trabajo de campo que consistió en entender el funcionamiento del circuito oleohidráulico de popa del fast ferry Bencomo Express, perteneciente a la compañía Fred. Olsen, S.A.

Del mismo modo se aporta una colección de fotos como trabajo de campo dentro de los capítulos de revisión y antecedentes y de resultados de este TFG.

### 4.3. MARCO REFERENCIAL

Nuestro marco referencial viene en relación al buque fast ferry Bencomo Express de la empresa **Fred. Olsen, S.A.**, destinada al transporte marítimo de pasajeros y carga rodada entre las Islas Canarias.



## **V. RESULTADOS**



## 5. RESULTADOS

En este apartado explicaré los elementos y funcionamiento del circuito hidráulico de popa.

### 5.1. DESCRIPCIÓN

El fast ferry Bencomo Express cuenta con dos unidades hidráulicas de popa situadas cada una en los jet-room de cada casco.

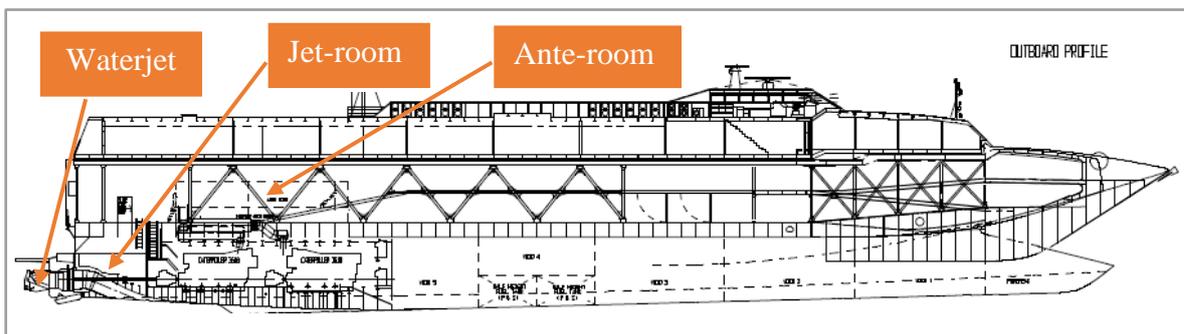


Ilustración n° 29: Plano del buque.  
Fuente: [7].

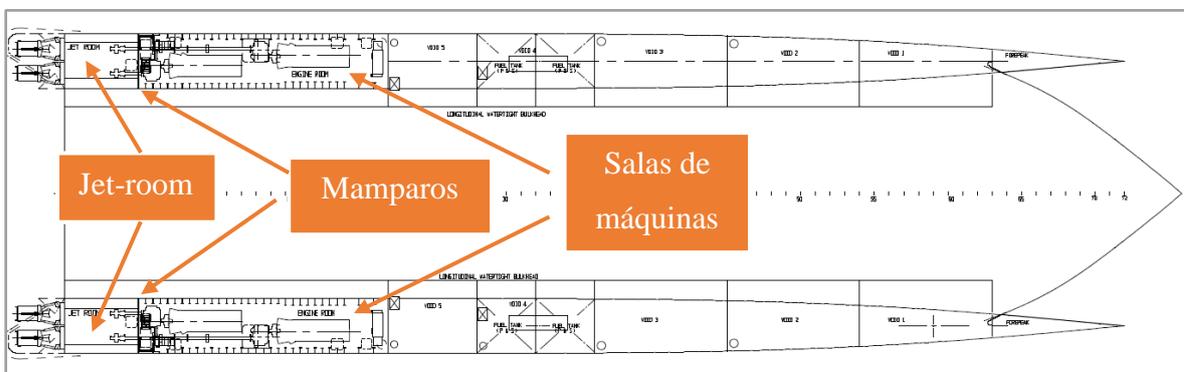


Ilustración n° 30: Plano del buque.  
Fuente: [7].

Los elementos en los que actúa estas unidades hidráulicas son:

- Cilindros de steering (gobierno babor estribor).
- Cilindros de bucket (gobierno avante atrás).
- Cilindro del trim-tab (estabilizador de popa).
- Cabrestante de maniobra.
- Pescante del bote de rescate.

Antiguamente la unidad hidráulica de babor también actuaba en los cilindros de las cancelas que cerraban la cubierta del garaje, pero estas cancelas hoy en día no están instaladas.



*Ilustración n° 31: Cancelas de popa.  
Fuente: [11].*

Estas unidades hidráulicas son iguales e independientes una de la otra. Esto quiere que con las bombas de un casco no podemos operar los elementos del otro casco, a excepción de los pescantes de los botes de rescate, que por motivos de seguridad, sí que podemos operar el pescante de una banda con las bombas de la otra banda.

## **5.2. ACEITE HIDRÁULICO**

El aceite hidráulico que utilizan a bordo es de la marca castrol y el nombre del producto es el Hyspin AWH-M46, que es un aceite de alto índice de viscosidad.



*Ilustración n° 32: Logotipo de castrol.  
Fuente: [3].*

Contiene un paquete de aditivos que ayudan a mantener las características de viscosidad del producto en un amplio rango de temperaturas, incluso durante un uso prolongado, y confieren un punto de fluidez muy bajo, lo que permite que el producto pueda ser utilizado en ambientes muy fríos. Presenta muy buena protección contra el desgaste y la corrosión y es estable en presencia de agua. [3].

Las ventajas de este aceite en comparación con aceites hidráulicos convencionales son:

- Alto índice de viscosidad y bajo punto de fluidez que permite que el producto pueda ser utilizado entre un rango de temperaturas.
- Proporciona una excelente protección contra el desgaste de las bombas hidráulicas.
- Excelente separación del agua y estabilidad hidrolítica, que hace que aumente la fiabilidad de los equipos y ayuda a prolongar la vida útil del lubricante.
- Buena capacidad de filtración dando un sistema más limpio, con cambios de filtros menos frecuentes. [3]

Grado de viscosidad ISO	46
Densidad a 15 ° C	880 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad cinemática a 40 ° C	46 mm <sup>2</sup> /s
Viscosidad cinemática a 100 ° C	8.32 mm <sup>2</sup> /s
Índice de viscosidad	>150
Punto de fluidez	-42 ° C

Tabla n° 3: Características del aceite.  
Fuente: [3].

La “estabilidad hidrolítica” es la propiedad que tiene el aceite y su paquete de aditivos para evitar descomponerse químicamente en presencia del agua

Este aceite hidráulico es suministrado en bidones de 208 litros.

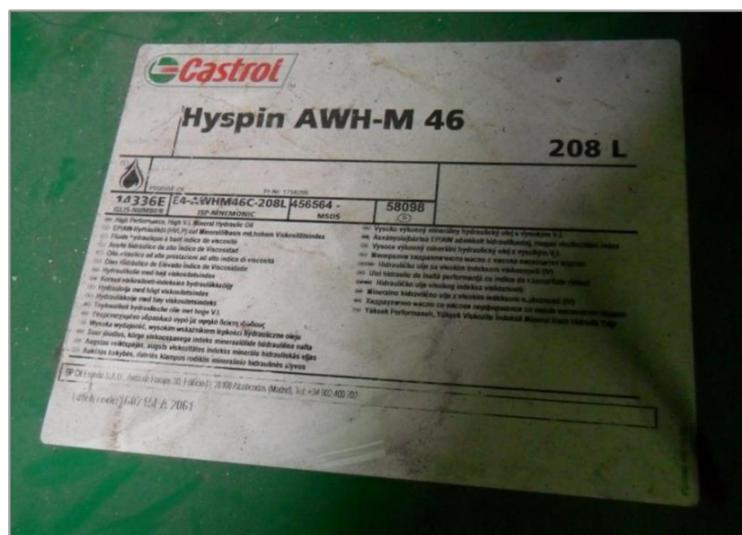


Ilustración n° 33: Parte superior del bidón de aceite.  
Fuente: Trabajo de campo.



ITEM	DESCRIPTION	MANUFACTURER	PART NO.	QUANTITY	SETTING
1	RESERVOIR	INCAT	400L 2200L X 500H X 500W	1	400 L
2	SIGHT GLASS	HYDAC	FSA-254-1-1-T12	2	-
3	TEMPERATURE / LEVEL SENSOR	BUHLER / OLAER	23K-M-370	1	70 C / 85%
4	RESERVE TANK	INCAT	100L	1	100 L
5	FILLER / BREATHER	HYDAC	BF 3 G10W-1 0	1	-
6	SUCTION ELEMENT	HYDAC	0100-S-125-WP/B0 2	2	-
7	SUCTION ELEMENT	HYDAC	0190-S-125-WP/B0 3	1	-
8	PUMP - ELECTRIC	VICKERS	PVH57Q1C-RAF-1S-10-C2CVT16-14	2	200 BAR
9	COUPLING	CROSS	ND108CIR103/ND108HD40	2	-
10	BELL HOUSING	SKEELS & PERKINS	TH4127A	1	-
11	ELECTRIC MOTOR	BROOK CROMPTON	22 kW @ 1440 RPM 18CL B3/B5	2	-
12	PUMP - PTO	VICKERS	PVH131C-RAF-3S-10-C25V-31	1	200 BAR
13	PUMP - HAND	CROSS	PN50	1	-
14	PRESSURE SWITCH	STAUFF	DS307-240	6	70 OR 1-40 BAR
15	CHECK VALVE	BOSCH / DENISON	CV10-311-A1	2	-
16	CHECK VALVE	BOSCH / DENISON	CV09B-311-A1	2	-
17	CHECK VALVE	BOSCH / CBF	VU38-SF01	1	-
18	MANIFOLD	RIMS	50101	1	-
19	PRESSURE FILTER	HYDAC	DF-BNHC-330-P-10-C-1-0	1	5 BAR ALARM
20	PRIORITY FLOW REGULATOR	VICKERS	CV1-25-D11-2-M-10 / CVCS-25-N-B29-10	1	-
21	BELL HOUSING COOLER	HYDAC	PTK3501/1-1-0M-SAE C 2 BOLT	1	-
22	CHECK VALVE - COOLER WATER	TURNFLO	SSC-25-316SS	2	-
23	BLANKING PLATE	BERENDSEN	IBP5	1	-
24	BUCKET / BALANCE VALVE	LIPS		2	250 BAR
25	BUCKET CYLINDER	LIPS		2	-
26	STEERING CYLINDER	LIPS		4	-
27	JET / BALANCE CARTRIDGE	BERENDSEN / OIL CONTROL	VR50-SEC-33-04-52-11-03-00-35	6	250 BAR
28	PTO SEAT VALVE PILOT CONTROL	BOSCH	0810 091 345 / 1810 120 017	1	-
29	ACCUMULATOR	BOSCH	0531 015 706 / 1533 359 036 / 1531 334 005 / 1530	2	90 BAR NITROGEN
30	DRAIN VALVE	ATLAS COPCO	BAL1A20	1	-
31	MANIFOLD	RIMS	38478 - REV 2	1	-
32	ACC BLEED / TRAIL VALVE	HYDAC	KHP10-1-2-1-2-AK-P	2	-
33	ISOLATION VALVE	HYDAC	KHP25-1-2-1-2-AK-P	2	-
34	PROPORTIONAL VALVE	BOSCH	0811 404 430 / 1834 482 023	1	-
35	BYPASS FLOW CONTROL	HYDAC	DVEB-1-10-P	1	1.5 TURNS
36	PILOT FILTER	HYDAC	DF-BNHC-AFE-30-S-C1-0	1	5 BAR ALARM
37	LOCK VALVE	BOSCH	0810 010 900 / 0810 081 242	1	-
38	TRIM TAB CYLINDER	SKEELS & PERKINS		1	-
39	MANIFOLD	BERENDSEN	IM-5-1-P-2	1	-
40	DIRECTIONAL VALVE	BOSCH	0810 001 731 / 1817 001 005	1 + 1	-
41	MOTION CONTROL VALVE	BERENDSEN / OIL CONTROL	VAA-B-SICN-ST-VF-150-05-71-45-03-04-35	1	225 BAR
42	CAPSTAN MOTOR	CHARLYN	109-1118	1	-
43	CAPSTAN GEARBOX	RENOLD / SOM	PG1002MS-14.63 / FL1000-1600 / FF1000-1600 / Z14	1	-
44	TRANSOM PENETRATION	RIMS	1274 CHARLYN 4000	1	-
45	PORT BLOCK	RIMS	3851	2	-
46	CHECK VALVE	HMC	HMC-3-TAB	1	-
47	BALL VALVE	BERENDSEN / OIL CONTROL	VSO-SE-05-52-01-00-04-01	1	-
48	CRANE FLOW CONTROL	HYDAC	KHB-G1/2-1-1-2-AK	3	-
49	CHECK VALVE	HYDAC	SRVR-12-1-0V/P	1	60L/m
50	COOLER OIL / SEAWATER	BOSCH / CBF	VU34-SF01	3	-
		DYNACOOOL	65-B1003-TSW	1	-

Ilustración n° 35: Leyenda.

Fuente: [7].

**CIRCUITO HIDRÁULICO DE POPA DEL  
FAST FERRY BENCOMO EXPRESS**

ITEM	DESCRIPTION	MANUFACTURER	PART No.	QUANTITY	SETTING
51	RETURN FILTER	HYDAC	RF BN1HC-330-F-10-C-1	2	3 BAR ALARM
52	TEST POINTS	STAUFF	SMK20-G11/4" VARIOUS	19 + 3	-
53	COOLER BYPASS VALVE	HYDAC	RVP25-1 0G-7.5 BAR	1	-
54	RETURN DIFFUSER	CROSS	SD200AG	2	-
55	ACCUMULATOR MANIFOLD	RIMS	3404	1	-
56	FLOW CONTROL	BOSCH	0811 320 025	1 + 1	60L/m + 25 L/m
57	LP BALL VALVE	ATLAS COPCO	BALI A15	1	-
58	COOLER BYPASS MANIFOLD	RIMS	4788	1	-
59	SKIN VALVES	PROCHEM	1" 316 2 PIECE BALL VALVES	3	-
60	FILL VALVE	RYCO	R82-12M	2	-
61	OLF CONNECTER	RYCO	R82-12F	1	-
62	WEED TRAP	SKEELS & PERKINS		2	-
63	MANIFOLD	RIMS	48100	1	-
64	ISOLATION VALVE	HYDAC	KHM-32F3-1-1-2-AK	2	-
65	C. BAL / ISOLATION MANIFOLD	RIMS	4690	2	-
66	JET ISOLATION / TRAILING VALVE	HYDAC	KHP16-1-2-1-2-AK-P	6	-
67	ISOLATION VALVE	HYDAC	KHB-G3/4-1-1-2-AK	1	-
68	PRESS. SWITCH CONNECTER	STAUFF	STH20-400A + 2 X SMK20-R1-4"KPD	6	-
69	LP BALL VALVE	ATLAS COPCO	BALI A40	4	-
70	SUCTION VALVE	ATLAS COPCO	BALI A65	1	-
71	TRIM TAB OVERRIDE VALVE	BOSCH	0810 061 203	1	-
72	PTO SEAT VALVE	VICKERS	CV1-25-D11-2-M-10 / CVCS-25-D3-B25-10	1	-
73	CHECK VALVE SLICE	RIMS	4685	1	-
74	PTO SHAFT	CENTA	CF-A-030-G-2-L > 7	1	-
75	BUCKET CB VALVE MANIFOLD	RIMS	4689	2	225 BAR
76	TANK SUPPORTS	MACKAY	M140-80	8	-
77	FLUSHING BLOCK	RIMS	3413	1	-
78	RETURN FILTER ADAPTOR	RIMS	3625	2	-
79	CHECK VALVE SLICE	RIMS	4684	2	-
80	RETURN LINE CHECKS	BOSCH / DENISON	CSV-12-331-A1	2	-
81	STEERING BACKUP SELECTOR VALVE	BOSCH	0521 000 109	2	-
82	STEERING BACKUP PILOT VALVE	BOSCH	0810 061 212	1	-
83	STEERING PROPORTIONAL VALVE	BOSCH	0811 404 702	1	-
84	STEERING PRESSURE COMPENSATOR	SUN	YFEQ XHN 88/M	1	-
85	BUCKET PRESSURE COMPENSATOR	SUN	YFEQ XFN 88/M	2	25 BAR APPROX. 15 BAR APPROX.
86	JET VALVES MANIFOLD	BOSCH	NL 9962 007 327	1	-
87	BUCKET PROPORTIONAL VALVE	BOSCH	0811 404 833	2	-
88	STEERING PILOT MANIFOLD SLICE	BOSCH	NL 9962 015 921	1	-
89	BUCKET AMPLIFIER CARDS	BOSCH	0811 405 106	2	-
90	SHUTTLE VALVE	BERNARDSEN / OIL CONTROL	VFC-NC-05-99-05-00-09	2	-
91	SHORE RAMP CROSS LINE RELIEF	OIL CONTROL	VSDI-30-05-16-03-03-20	0 + 1	150 BAR
92	SHORE RAMP COUNTER BAL. VALVE	OIL CONTROL	VBSD-SE-CC-05-41-08-02-03-20	0 + 1	175 BAR
93	SHORE RAMP CYLINDER	SKEELS & PERKINS		0 + 1	-
94	NOISE ATTENUATOR	DEANQUIP	TPD-140-25-R1"-3 + 3 x IH-K-75	0 + 2	-
95	NOISE ATTENUATOR	DEANQUIP	TPD-200-25-3-H + 3 x IH-K-75	0 + 1	-
96	SHUTTLE VALVE	BOSCH / SUN	CSAB-8XN	2	-
97	SHUTTLE VALVE	BOSCH / HYDAC	WVE-R1/4-01X	1	-
98					
100					

Ilustración n° 36: Leyenda.

Fuente: [7].

## 5.4. TANQUES

Cada unidad hidráulica de popa cuenta con un tanque principal y un tanque de reserva.

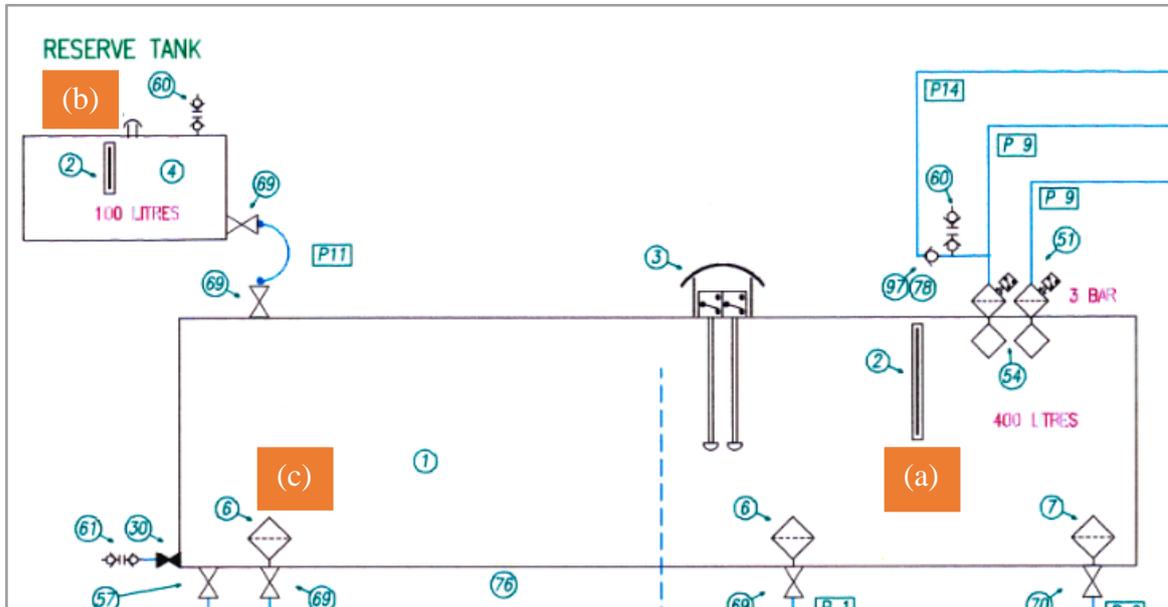
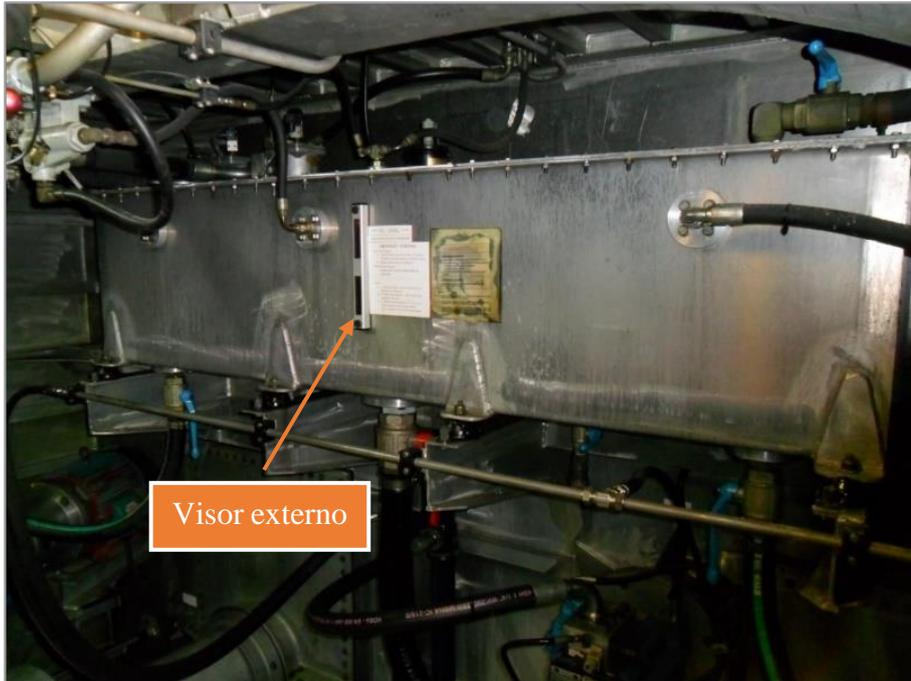


Ilustración n° 37: Tanques hidráulicos.  
Fuente: [4].

El tanque principal tiene una capacidad de 400 litros, tiene un sensor de temperatura que mide la temperatura del aceite hidráulico y un sensor de nivel que mide el nivel de aceite en el tanque. Además, cuenta con un visor externo para poder comprobar el nivel de aceite en el tanque en el sitio (a).

Los valores de las alarmas de estos sensores son:

- Bajo nivel de aceite hidráulico cuando el nivel está por debajo del 50%.
- Alto nivel de aceite hidráulico cuando el nivel está por encima del 80%.
- Alta temperatura del aceite hidráulico cuando la temperatura es superior a 45° C.



*Ilustración n° 38: Tanque hidráulico principal.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Este tanque cuenta con 5 salidas, una salida para la bomba PTO (power take-off), una salida para la bomba eléctrica N°1, otra salida para la bomba eléctrica N°2, una salida para la bomba manual y otra salida para el drenaje del tanque.

Las salidas para la bomba PTO y las dos bombas eléctricas cuentan con unos filtros de 125 micras para filtrar el aceite antes de que este llegue a las bombas (c).

El tanque cuenta con 5 entradas, una entrada desde el tanque de reserva para su llenado, otra entrada para el retorno del circuito que pasa por el enfriador de aceite, otra entrada que viene directa desde el bloque de retorno, otra entrada desde los retornos de las bombas y otra entrada que viene desde el retorno de las válvulas piloto del steering.

Las entradas que vienen desde el bloque de retorno y desde el enfriador tienen unos filtros de 10 micras que cuentan con unos presostatos que miden el diferencial de presión entre la entrada y la salida y nos indica si el filtro está colmado. Colmado es el término que usa cuando un filtro está tupido y no permite el paso de aceite por él.

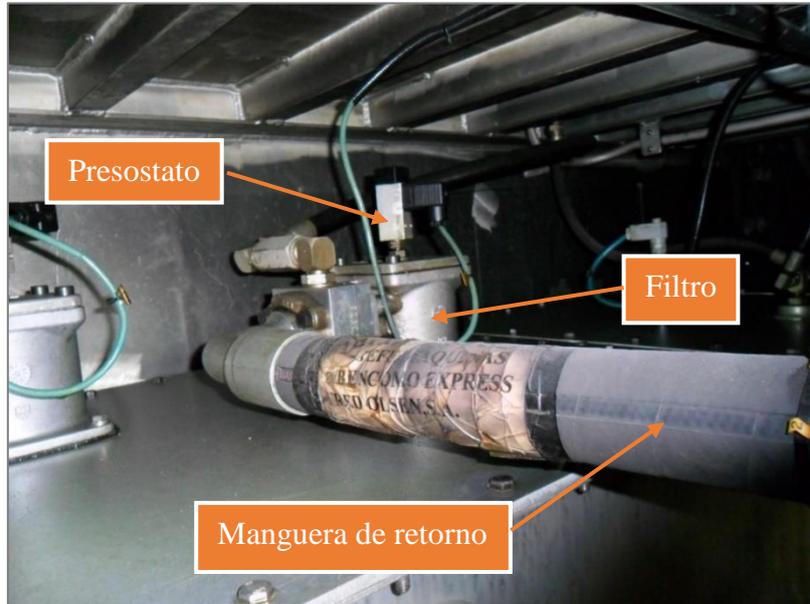


Ilustración n° 39: Entradas al tanque desde el bloque de retorno y el enfriador.  
Fuente: Trabajo de campo.

El tanque de reserva tiene una capacidad de 100 litros, cuenta con un visor externo para comprobar su nivel y un filtro en la entrada de aceite (b).



Ilustración n° 40: Tanque hidráulico de reserva.  
Fuente: Trabajo de campo.

La función de este tanque de reserva es la de llenado del tanque principal, y una vez llenado el tanque principal, contar con una reserva de aceite.

En cada jet-room cuentan con 100 litros más de aceite en 4 garrafas de 25 litros y en la cubierta del garaje cuentan con un bidón de 208 litros.

Es muy importante contar con reservas de aceite hidráulico ya que la pérdida de aceite por fugas implicaría la pérdida del gobierno del buque y podría causar daños en las bombas.

Por este motivo los jefes de máquinas en la pantalla de su ordenador llevan datos que le informan del nivel y la temperatura del aceite en los tanques principales.

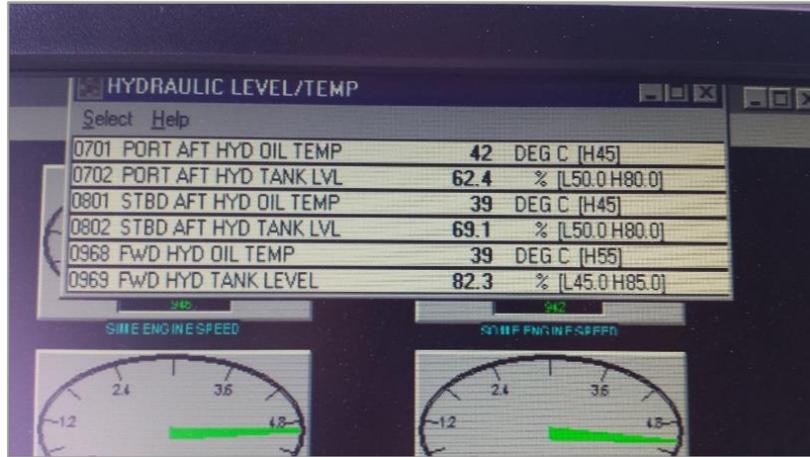


Ilustración n° 41: Pantalla del ordenador del jefe de máquinas con los indicadores.  
Fuente: Trabajo de campo.

## 5.5. BOMBAS HIDRÁULICAS

Cada unidad hidráulica cuenta con 4 bombas, una bomba PTO, una bomba eléctrica N°1, una bomba eléctrica N°2 y una bomba manual.

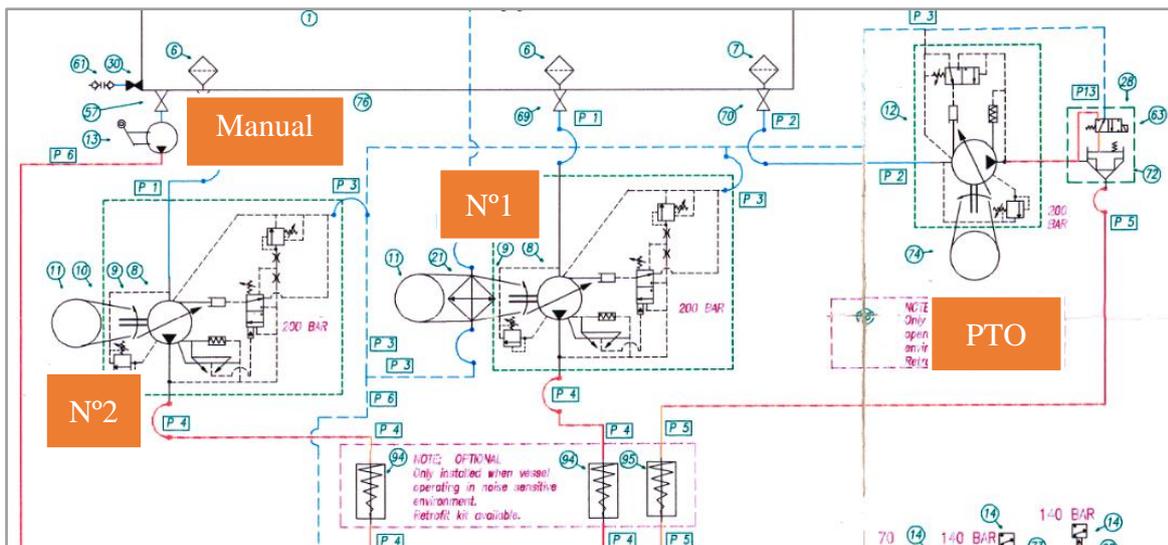


Ilustración n° 42: Bombas.  
Fuente: [4].

Tanto la bomba PTO como las bombas eléctricas son bombas de pistones de caudal variable.

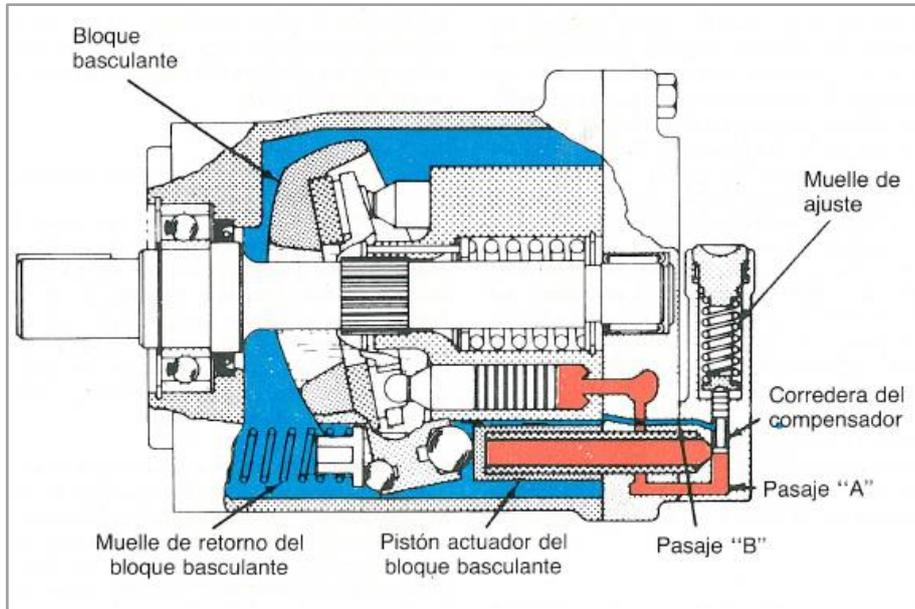
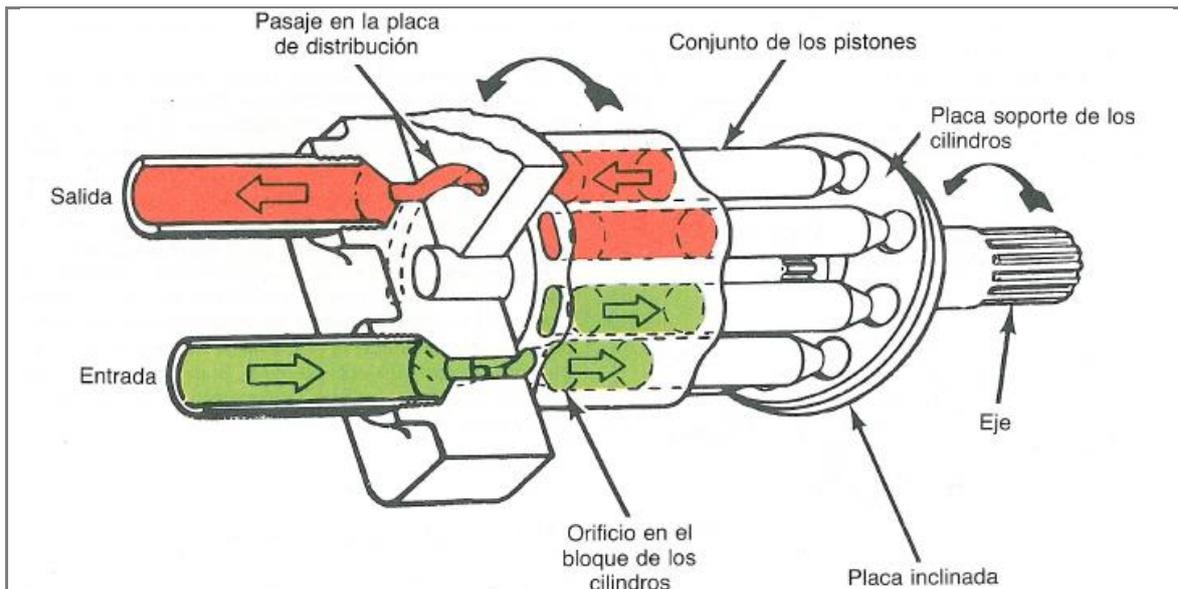


Ilustración n° 43: Ejemplo de una bomba de pistones de caudal variable.  
Fuente: [5].

Este tipo de bomba mantiene una presión constante y regulan el caudal según la inclinación del bloque basculante o placa inclinada. Con la inclinación de la placa, regula la carrera de los pistones, proporcionando más caudal o menos caudal.



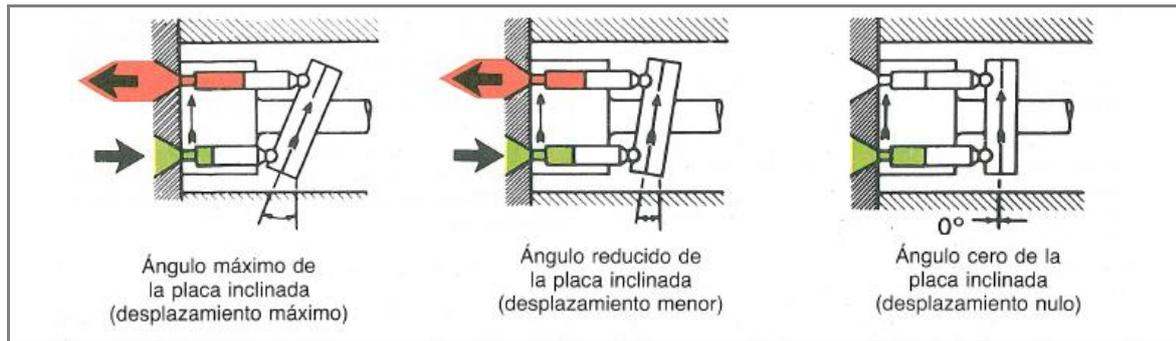


Ilustración n° 44: Ejemplo de una bomba de pistones de caudal variable con varios grados de inclinación.

Fuente: [5].

Navegando y con los motores al régimen establecido para la navegación la bomba PTO es la única que va en funcionamiento ya que el caudal máximo de esta bomba a ese régimen es suficiente para la parte de gobierno y estabilización.

Antes de la llegada a puerto y de bajar las revoluciones del motor el jefe de máquinas activa manualmente las bombas eléctricas N°1 y N°2 para que estas apoyen a la bomba PTO en el suministro de caudal cuando el motor baje de revoluciones.

En navegación y cuando las olas del mar superen los 2 metros hay que activar la bomba eléctrica N°1 y si superan los 3 metros hay que activar también la bomba eléctrica N°2 para apoyar a la bomba PTO.

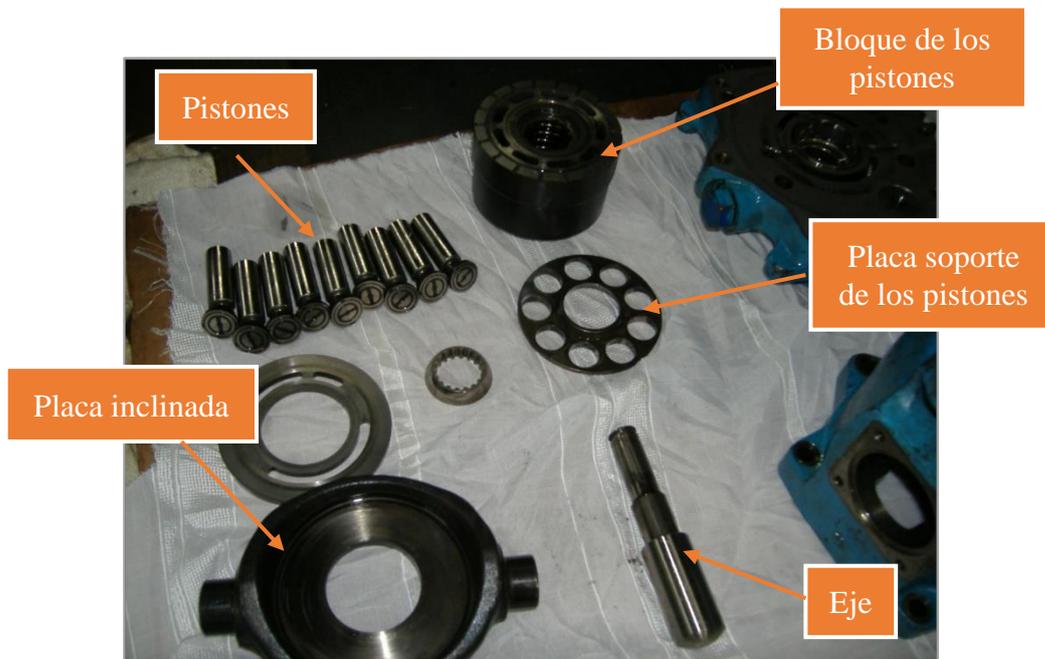


Ilustración n° 45: Despiece de una bomba de caudal variable.

Fuente: Trabajo de campo.

### 5.5.1. Bomba PTO

Esta bomba es de la marca Vickers, modelo PVH 131 acoplada mediante un eje al primario de la reductora del motor interior. Esto quiere decir que una vez el motor principal interior arranque, el primario de la reductora empieza a girar y la bomba empieza a trabajar. Su misión es dar caudal y presión de aceite a los elementos del circuito.

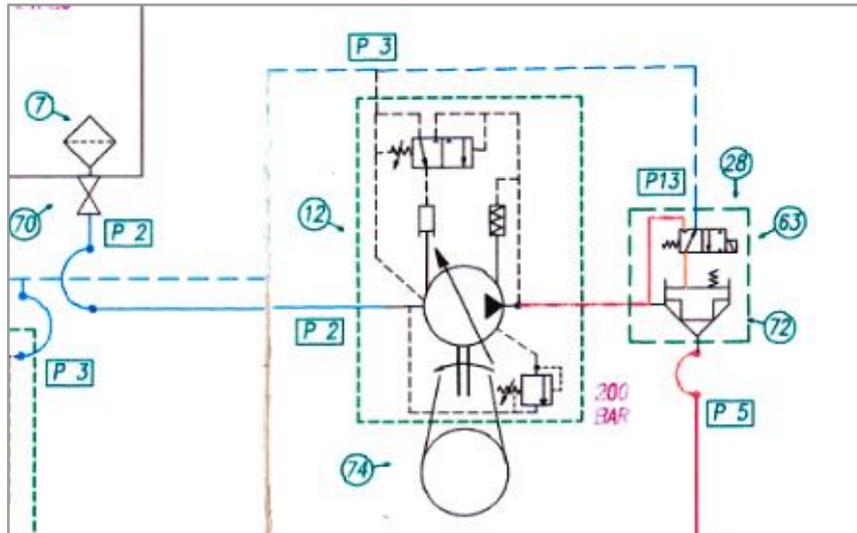


Ilustración n° 46: Bomba PTO y válvula shut off.  
Fuente: [4].

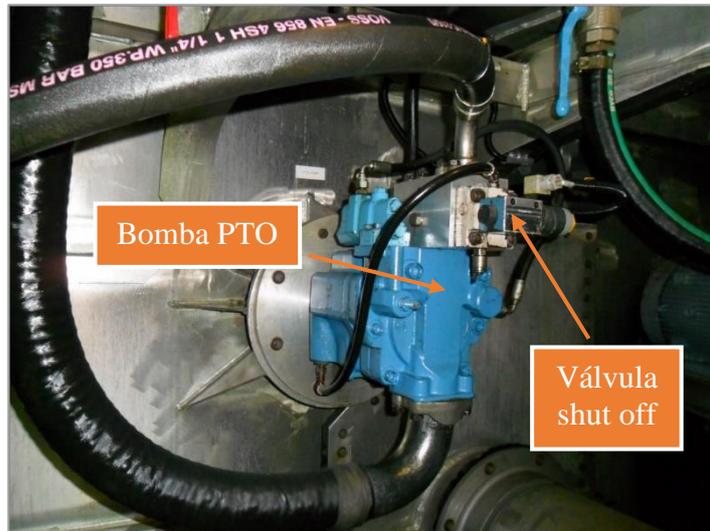


Ilustración n° 47: Bomba PTO y válvula shut off.  
Fuente: Trabajo de campo.

Esta bomba trabaja a una presión de 200 bar y el caudal máximo varía en función de las revoluciones del motor principal, a 350 RPM daría un caudal máximo de 83 L/min y a 1000 RPM daría un caudal máximo de 250 L/min.

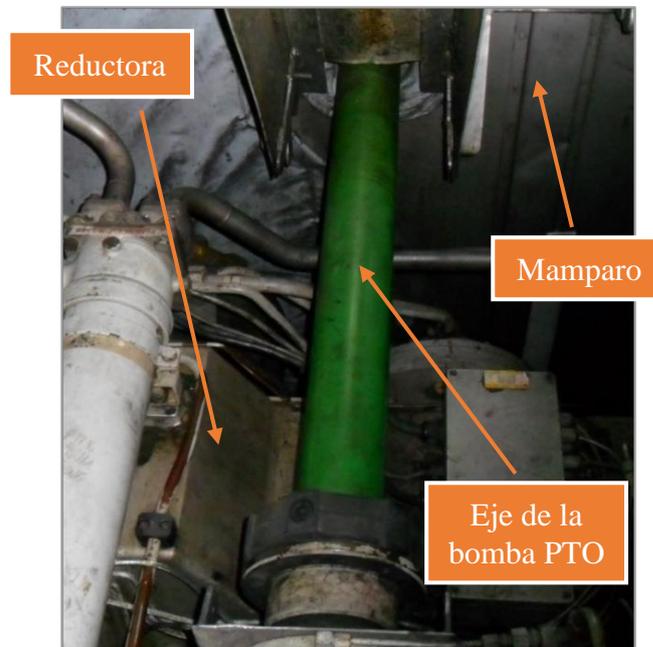


Ilustración n° 48: Eje de la bomba PTO acoplado a la reductora.  
Fuente: Trabajo de campo.

La bomba a su salida cuenta con un atenuador de ruidos y vibraciones.



Ilustración n° 49: Atenuador de ruido y vibraciones de la bomba PTO.  
Fuente: Trabajo de campo.

Esta bomba cuenta con la válvula shut off que lo que hace es comunicar la aspiración con la descarga de la bomba en caso de que haya una pérdida de aceite hidráulico y no se quiera parar el motor interior.

De entre las diferentes traducciones al español de shut off, la que más se corresponde con lo que realmente hace esta válvula es la de aislar.

Esta válvula solo la puede activar el jefe de máquinas desde su consola.



Ilustración nº 50: Consola del jefe de máquinas.  
Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración nº 51: Botonera de activación de la válvula shut off.  
Fuente: Trabajo de campo.

### 5.5.2. Bomba eléctrica N°1

Es una bomba de la marca Vickers, modelo PVH 057 acoplada a un motor eléctrico trifásico de la marca Brook Hansen de 22 kW a 1470 rpm, trabaja a una presión de 200 bar y da un caudal máximo de 63 L/min. Su misión es dar caudal y presión de aceite a los elementos del circuito.

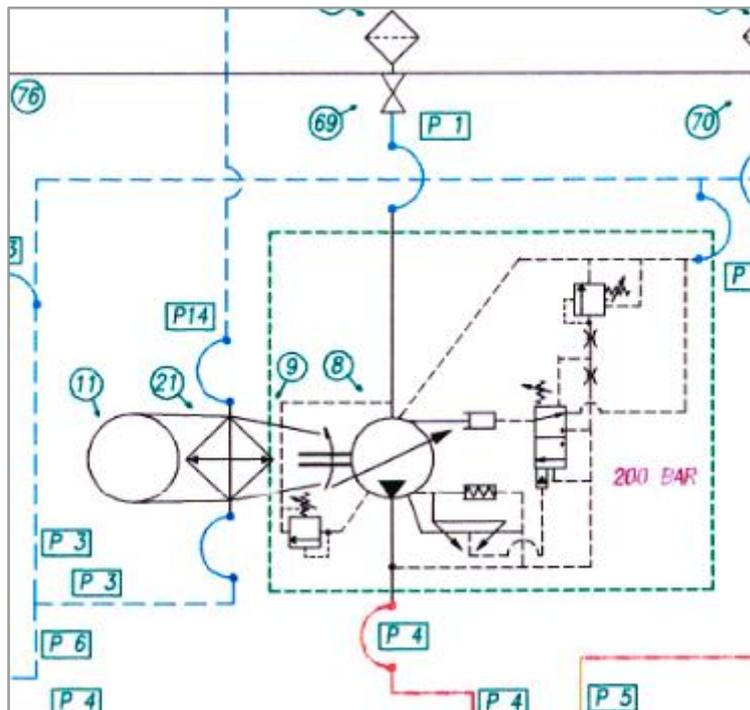


Ilustración n° 52: Bomba eléctrica N°1.  
Fuente: [4].

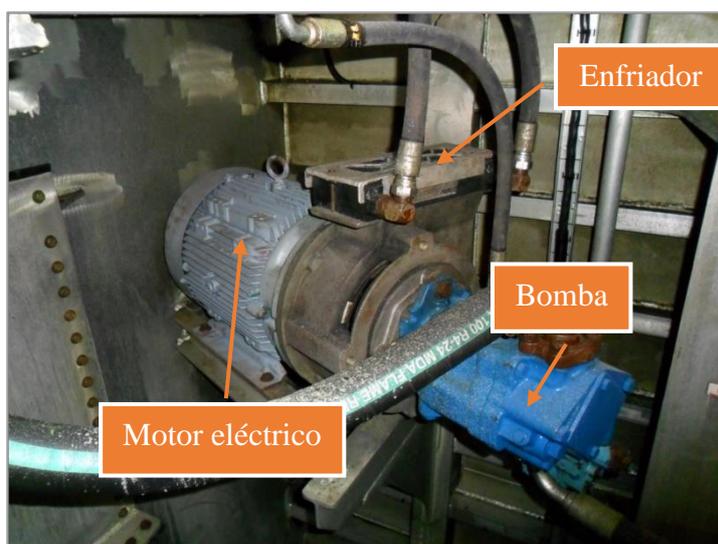


Ilustración n° 53: Bomba eléctrica N°1.  
Fuente: Trabajo de campo.

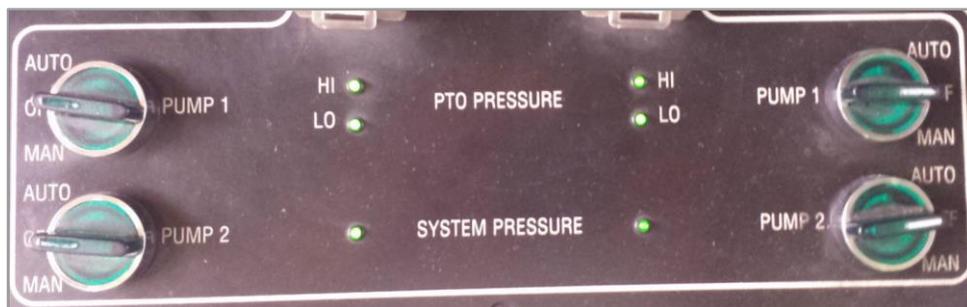
La bomba eléctrica N°1 cuenta con un enfriador de aire en su parte superior cuya función es enfriar el aceite de retorno de las bombas antes de mandarlo al tanque principal.

La bomba a su salida cuenta con un atenuador de ruidos y vibraciones.



*Ilustración n° 54: Atenuador de ruido y vibraciones de la bomba eléctrica N°1.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Esta bomba se puede poner en funcionamiento desde la consola del jefe de máquinas en el puente y desde el cuadro eléctrico situado en el ante-room.



*Ilustración n° 55: Interruptores de activación de las bombas desde la consola del jefe de máquinas.  
Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración nº 56: Interruptor de activación de la bomba eléctrica Nº1 desde el cuadro eléctrico del ante-room.  
Fuente: Trabajo de campo.*

En la consola del jefe de máquinas hay una posición auto en los interruptores de activación de las bombas. Si el interruptor estuviera en la posición auto cuando pasan el control desde la consola de navegación a la consola de maniobra la bomba se activaría automáticamente.



*Ilustración nº 57: Consola de navegación.  
Fuente: Trabajo de campo.*



Ilustración n° 58: Consola de maniobra.  
Fuente: Trabajo de campo.

### 5.5.3. Bomba eléctrica N°2

Esta bomba tiene las mismas características que la bomba eléctrica N°1 a excepción de que no cuenta con el enfriador de aire. Y al igual que la bomba eléctrica N°1, su misión es suministrar caudal y presión al circuito.

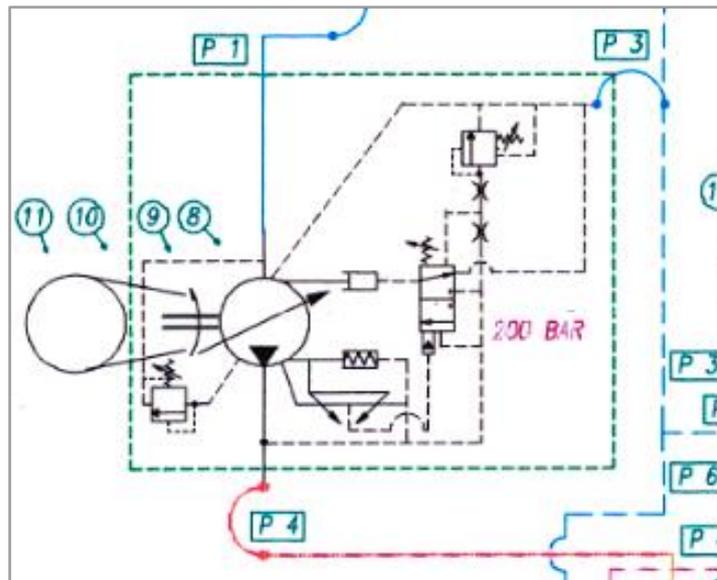


Ilustración n° 59: Bomba eléctrica N°2.  
Fuente: [4].



*Ilustración n° 60: Bomba eléctrica N°2.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Se puede poner en funcionamiento desde la consola del jefe de máquinas en el puente y desde el cuadro eléctrico situado en el ante-room.



*Ilustración n° 61: Interruptor de activación de la bomba eléctrica N°2 desde el cuadro eléctrico del ante-room.  
Fuente: Trabajo de campo.*

También cuenta con la posición auto desde la consola del jefe de máquinas como la bomba eléctrica N°1.

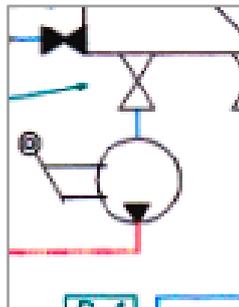
Y al igual que la bomba PTO y la bomba eléctrica N°1, a su salida cuenta con un atenuador de sonido y vibraciones.



*Ilustración n° 62: Atenuador de ruido y vibraciones de la bomba eléctrica N°2.  
Fuente: Trabajo de campo.*

#### **5.5.4. Bomba manual**

La bomba manual es una bomba de accionamiento manual que cuenta con un solo pistón y que aporta al sistema un caudal de aceite muy bajo.



*Ilustración n° 63: Bomba manual.  
Fuente: [4].*

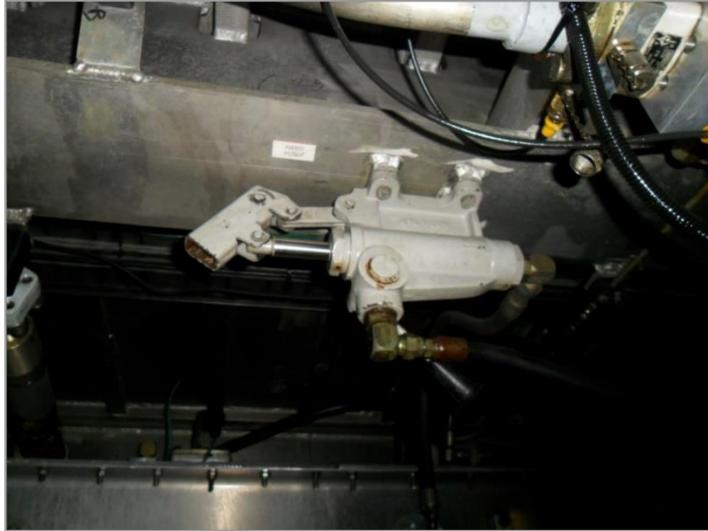


Ilustración n° 64: Bomba manual.  
Fuente: Trabajo de campo.

Esta bomba se utiliza cuando se están realizando labores de mantenimiento o reparación en el sistema y sea necesario el movimiento de un actuador de forma lenta. También podría utilizarse a modo de emergencia para el gobierno del barco de forma local en caso de averías de las bombas, pero ante esta situación la prioridad es la ayuda de remolcador y una vez atracado solucionar la avería.

## 5.6. BLOQUE DE DISTRIBUCIÓN

El bloque de distribución es el elemento del sistema que distribuye el aceite a los diferentes elementos que componen el circuito.

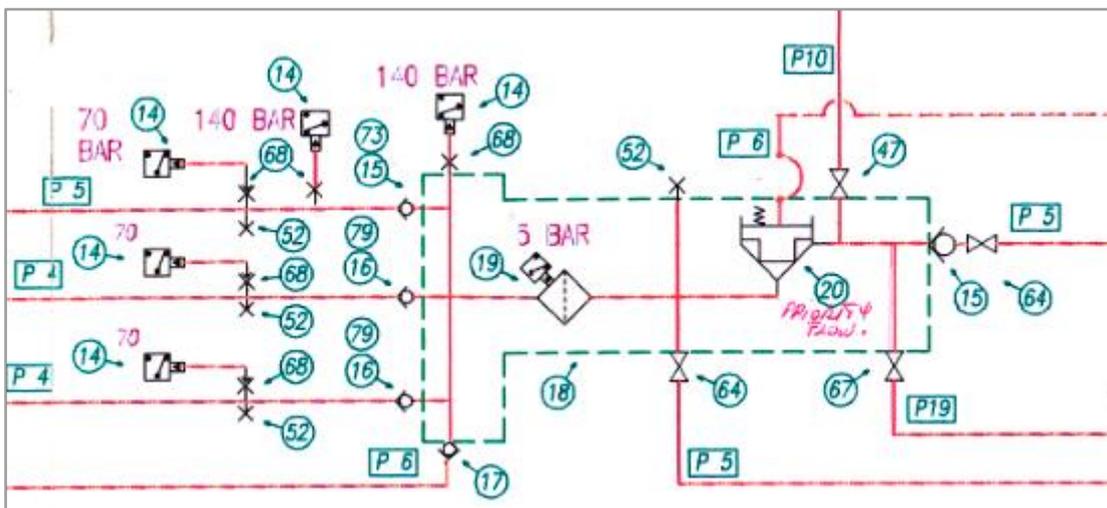


Ilustración n° 65: Bloque de distribución.  
Fuente: [4].



*Ilustración n° 66: Bloque de distribución.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Las cuatro entradas que lo alimentan son las que vienen de la descarga de las bombas, y reparte el aceite para el bloque de gobierno, el bloque del trim-tab, el bloque del cabrestante y para el pescante del bote de rescate.

A su entrada desde las bombas cuenta con válvulas de retención, y sus salidas cuentan con válvulas de corte manual para poder cortar el paso de aceite hacia alguno de sus elementos.

La salida hacia el bloque del trim-tab es la única que cuenta con una válvula de retención que explicaré en el apartado del trim-tab el motivo por el que la lleva.

Este bloque también cuenta con una válvula prioritaria pilotada por señal de aceite desde el bloque de gobierno. Su misión es la de permitir solo el paso de aceite hacia el bloque de gobierno cuando éste esté actuando y cortar el paso hacia los demás elementos del circuito.



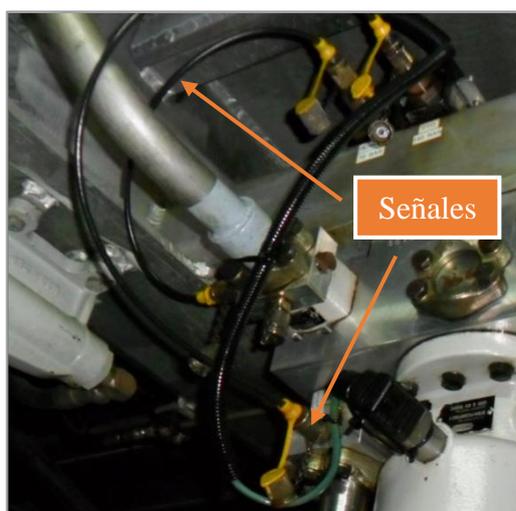
*Ilustración n° 67: Válvula prioritaria.  
Fuente: Trabajo de campo.*

El bloque de distribución cuenta con cinco presostatos para indicar que el circuito cuenta con presión.



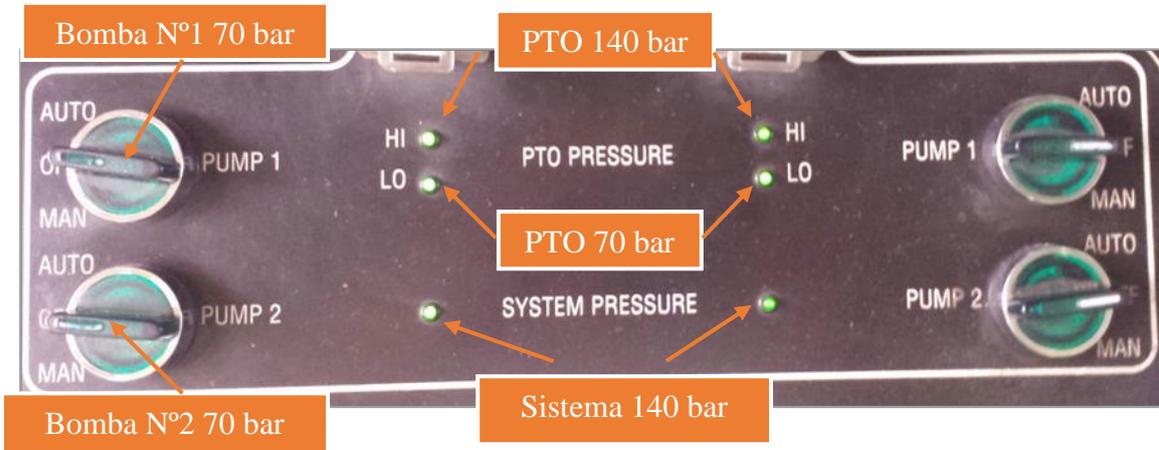
*Ilustración n° 68: Presostatos del bloque de distribución.  
Fuente: Trabajo de campo.*

El primer presostato está tarado a 70 bar y toma señal de aceite en la entrada del bloque alimentada desde la bomba de la PTO, el segundo presostato está tarado a 140 bar y también toma señal de aceite en la entrada del bloque alimentada desde la bomba PTO, el tercer presostato está tarado a 70 bar y toma señal de aceite en la entrada del bloque alimentada desde la bomba eléctrica N°1, el cuarto presostato está tarado a 70 bar y toma señal de aceite en la entrada del bloque alimentada desde la bomba eléctrica N°2 y el quinto presostato está tarado a 140 bar y toma la señal de aceite de dentro del bloque y nos indica la presión del sistema.



*Ilustración n° 69: Señales desde las entradas del bloque hacia los presostatos.  
Fuente: Trabajo de campo.*

La indicación de estos presostatos se encuentra en la consola del jefe de máquinas.



*Ilustración n° 70: Indicación de los presostatos en la consola del jefe de máquinas.  
Fuente: Trabajo de campo.*

El bloque de distribución tiene un filtro de 10 micras con un presostato que nos mide el diferencial de presión entre la entrada del filtro y su salida y nos indica si el filtro esta colmado.



*Ilustración n° 71: Filtro del bloque de distribución.  
Fuente: Trabajo de campo.*

## 5.7. BLOQUE DE GOBIERNO

El bloque de gobierno es el encargado de alimentar la parte de gobierno tanto de los steering como de los bucket.

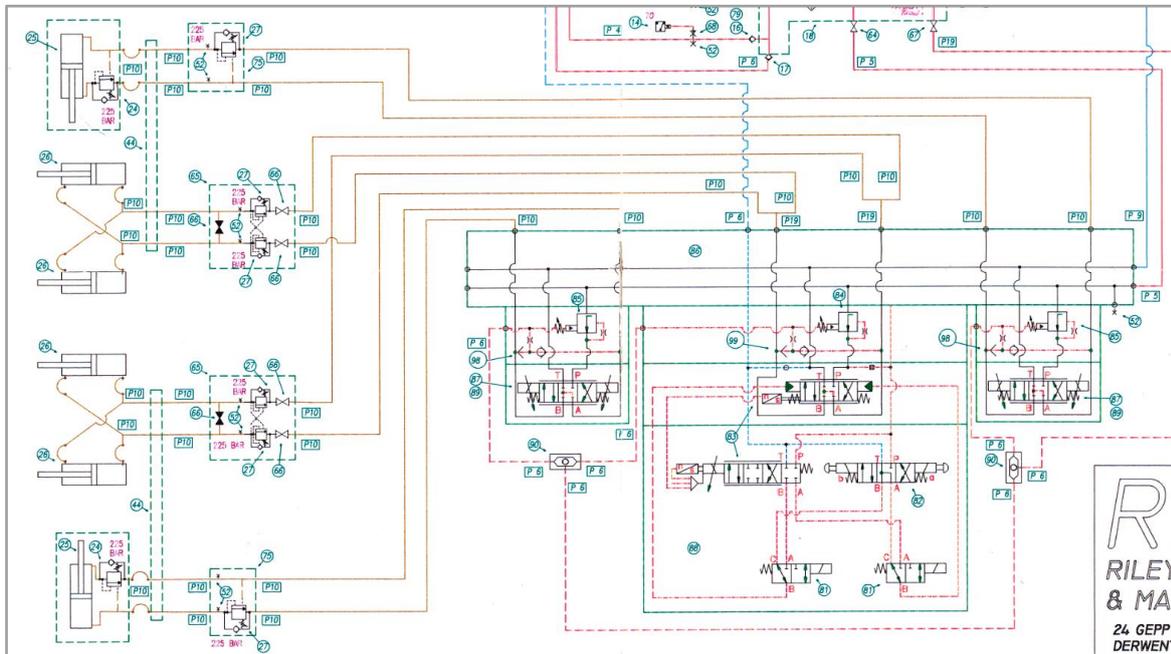


Ilustración nº 72: Bloque de gobierno.  
Fuente: [4].

Antes de comenzar con la explicación de ésta parte del circuito hay que comentar que el buque cuenta con dos modos de trabajo, normal y back up.

En el modo normal cuando el capitán actúa en el joystick el ordenador es el encargado de posicionar los waterjets de cada banda para dar una respuesta a lo que el capitán esté demandando.

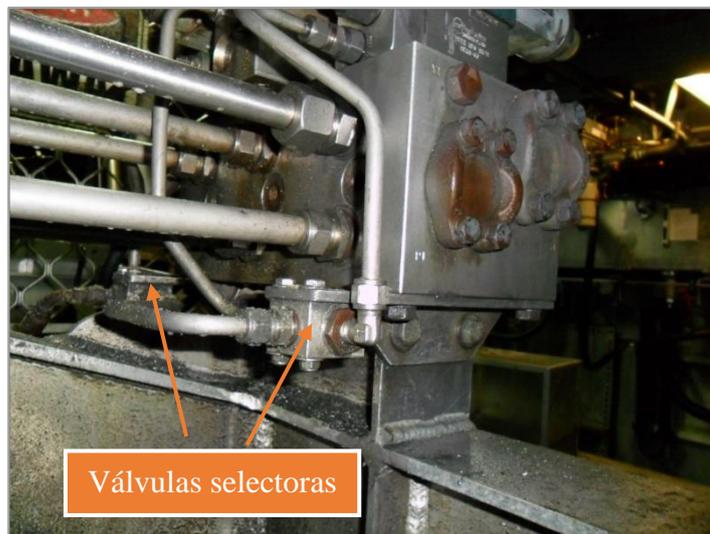
En el modo back up el capitán actúa en dos palancas en las que el controla el movimiento de los waterjets de cada banda.



*Ilustración n° 73: Consola de maniobra.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Este bloque cuenta con prioridad absoluta ante cualquier otro elemento del circuito mediante la válvula prioritaria vista en el bloque de distribución.

La forma de mandar señal piloto a la válvula prioritaria es con las dos válvulas selectoras de circuito (ítem 90), cuando el bloque de gobierno está actuando.



*Ilustración n° 74: Válvulas selectoras.  
Fuente: Trabajo de campo.*

A modo de entender que es el steering y el bucket y como direccionan el chorro de agua, pondré una ilustración en la que se puede observar diferentes posiciones.

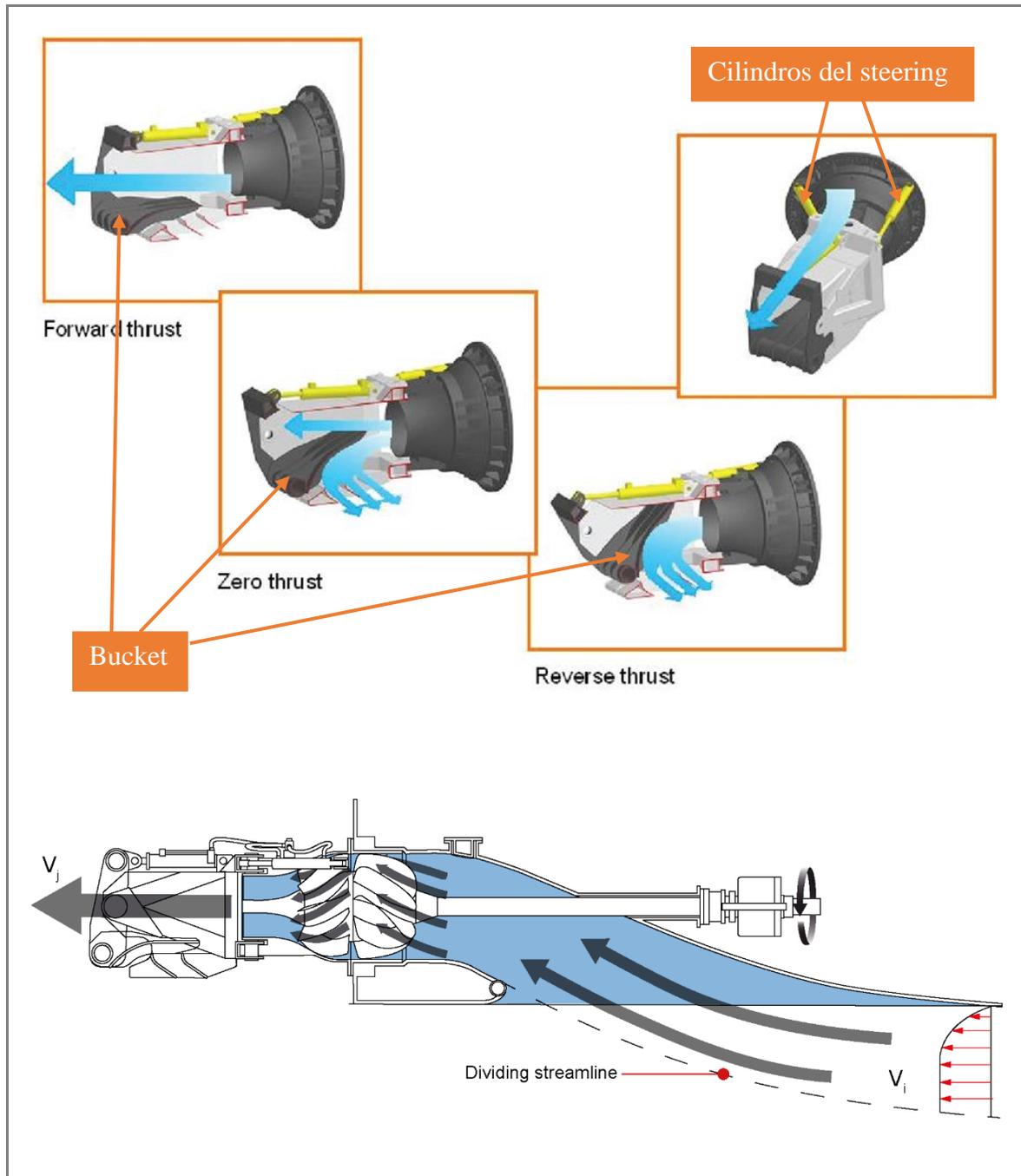


Ilustración nº 75: Direcciones del chorro de agua del waterjet.  
Fuente: [9].

### 5.7.1. Circuito del steering

El circuito del steering es el encargo de mover hacia babor o hacia estribor mediante cilindros los waterjets.

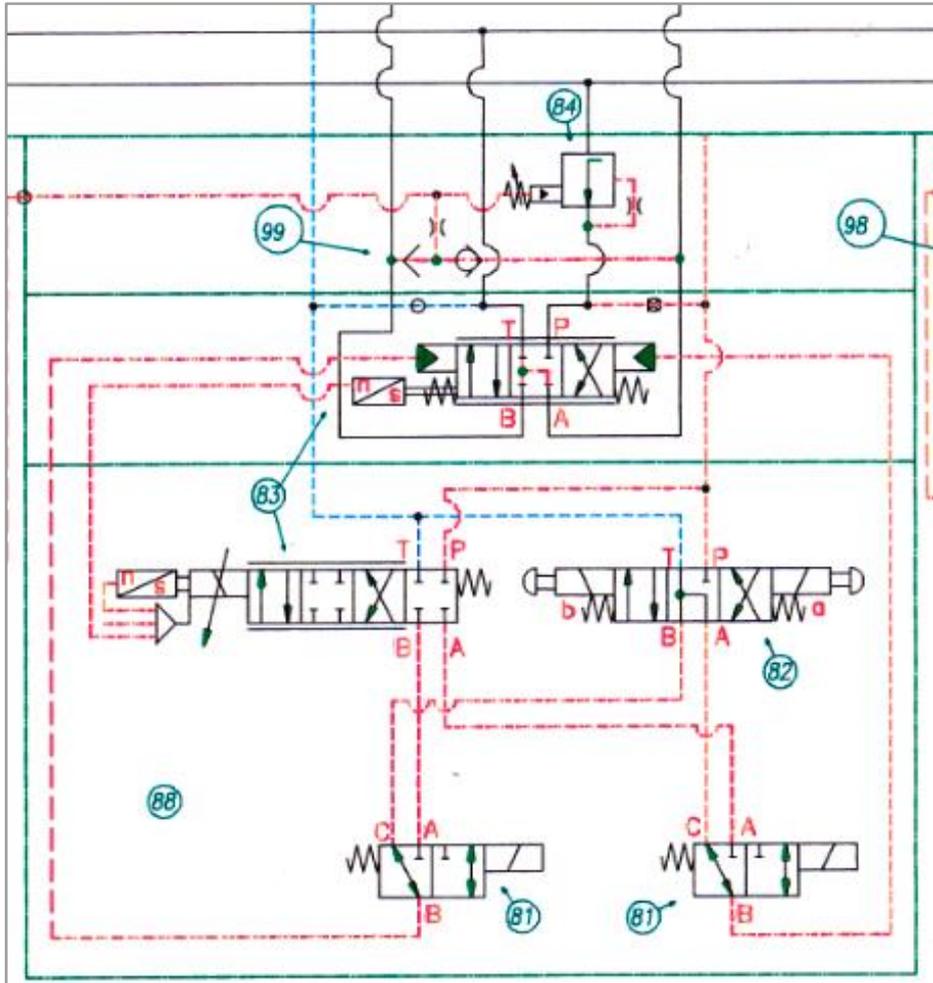
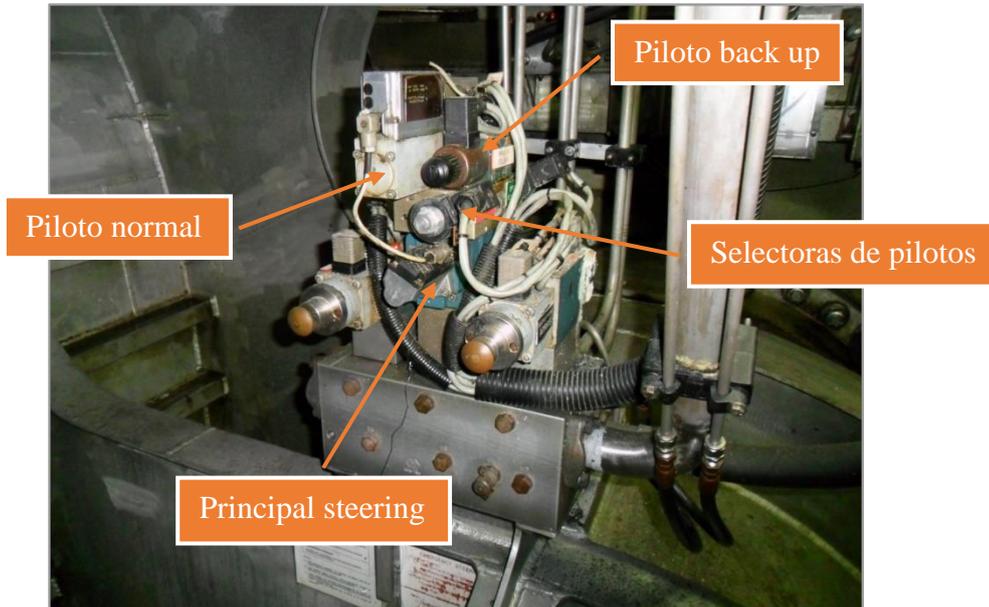


Ilustración nº 76: Válvulas del steering.  
Fuente: [4].

Las válvulas que lo componen son una compensadora de presión (ítem 84), una válvula proporcional principal con válvula proporcional piloto para el modo normal (ítem 83), válvula piloto para el modo back up (ítem 82) y dos válvulas selectoras (ítem 81).



*Ilustración n° 77: Bloque y válvulas de gobierno.  
Fuente: Trabajo de campo.*

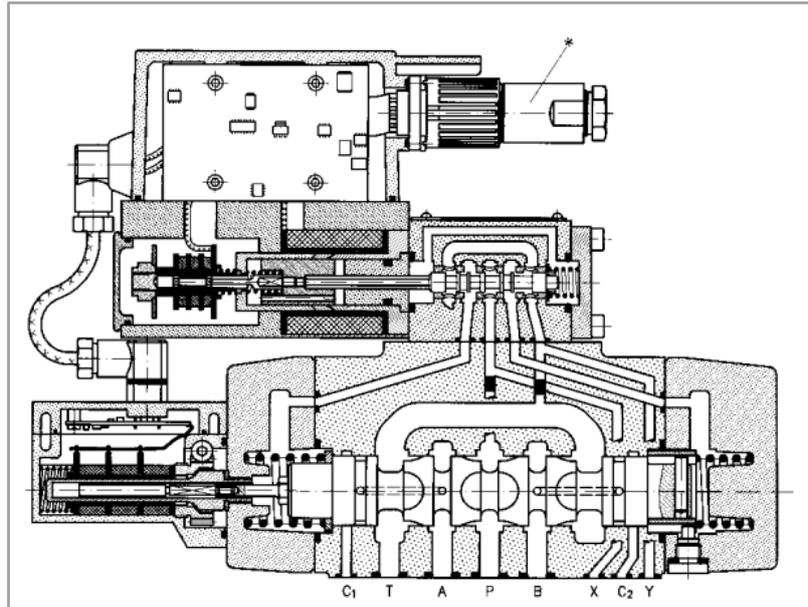
La misión de la válvula compensadora de presión es reducir la presión de salida a un valor constante con respecto a la presión de entrada.

La válvula proporcional principal es la encargada de regular el caudal de aceite hacia los cilindros. Esta válvula es accionada por señal piloto de aceite desde las válvulas piloto.

Las válvulas pilotos son las encargadas de dar la señal piloto a la válvula proporcional principal. La válvula piloto del modo normal es accionada por señal eléctrica y la válvula piloto del modo back up es accionada por señal eléctrica y manualmente.

Las válvulas selectoras son las encargadas de seleccionar la válvula piloto que va a hacer trabajar a la válvula proporcional principal. Son accionadas por señal eléctrica

Destacar que la válvula proporcional principal y la válvula piloto del modo normal vienen calibradas de fábrica, esto implica que en caso de avería de alguna de las dos no podemos sustituirla por otra de respeto, sino que hay que cambiar el conjunto completo.



*Ilustración n° 78: Conjunto de válvula proporcional principal y válvula piloto del modo normal.  
Fuente: [8].*

Tanto la válvula proporcional principal y la válvula piloto del modo normal tienen unida a sus correderas un LVDT (transformador diferencial variable lineal). El LVDT mediante unas bobinas da una señal eléctrica que indica la posición de la corredera en cada momento, de esta forma se hace mucho más preciso el posicionamiento de la corredera en relación con los orificios.

La válvula proporcional principal manda el aceite a los dos cilindros de steering, que son los encargados de mover de babor a estribor los waterjets.



*Ilustración n° 79: Waterjet.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Cada waterjet cuenta con dos cilindros del steering, que son cilindros de doble efecto de vástago simple.

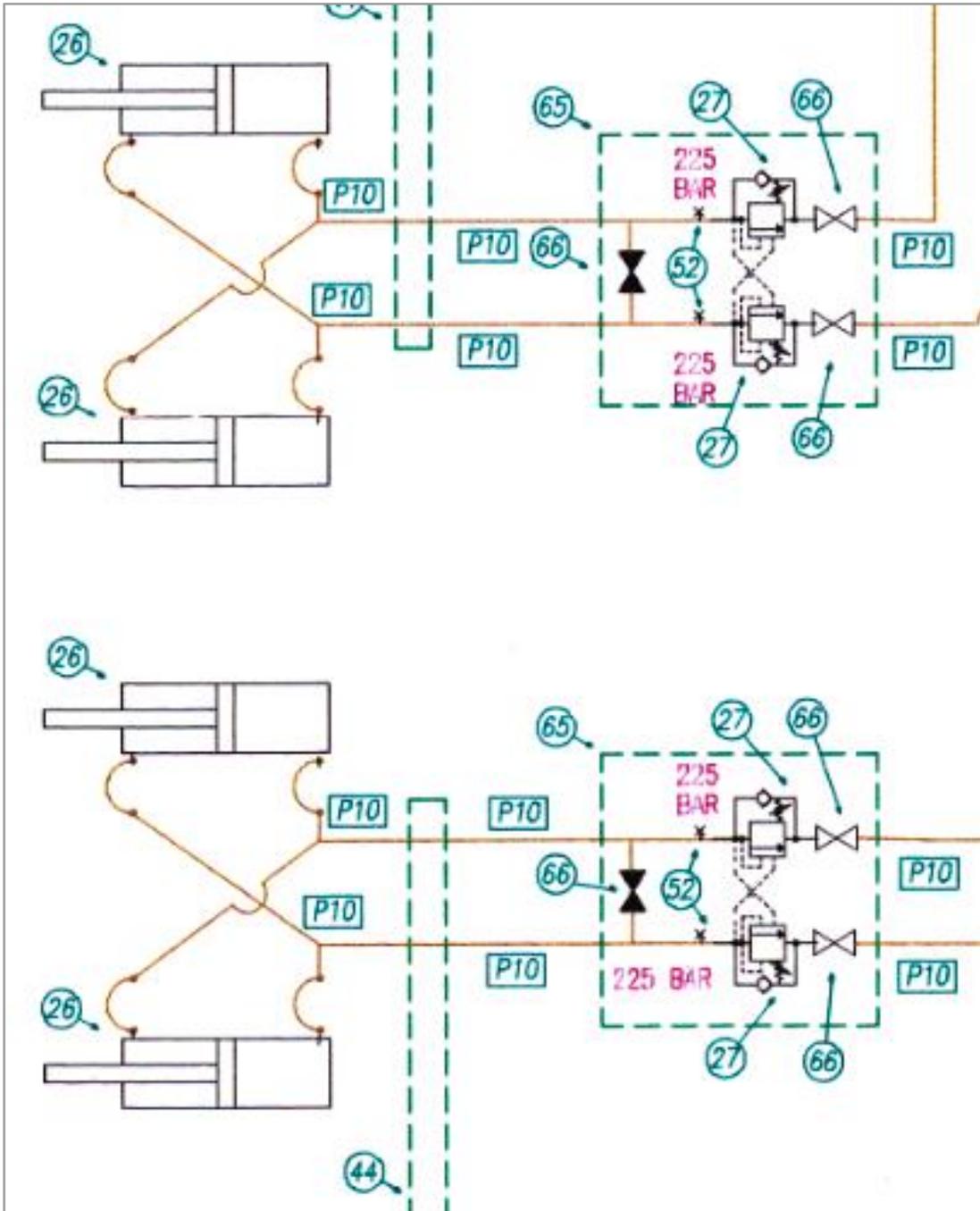


Ilustración n° 80: Cilindros del steering.  
Fuente: [4].

Vemos como antes de la salida hacia los cilindros cuentan con un bloque compuesto por dos válvulas de conexión y frenado y en paralelo dos válvulas de retención. Así se consigue que entre los cilindros y este bloque se mantenga el aceite, ya que sin este bloque y debido a la posición neutra de la válvula proporcional principal todo el aceite retornaría al tanque.



*Ilustración nº 81: Bloque situado ante de los cilindros del steering.  
Fuente: Trabajo de campo.*

A modo de entender el funcionamiento de este circuito, pondré unas imágenes de un simulador de hidráulica con el que he trabajado para ver cómo es su funcionamiento.

Destacar que en el programa de simulación no contiene algunos elementos como aparecen en el plano y que he tenido que añadir dos válvulas de retención estranguladoras para conseguir el sincronismo entre los dos cilindros.

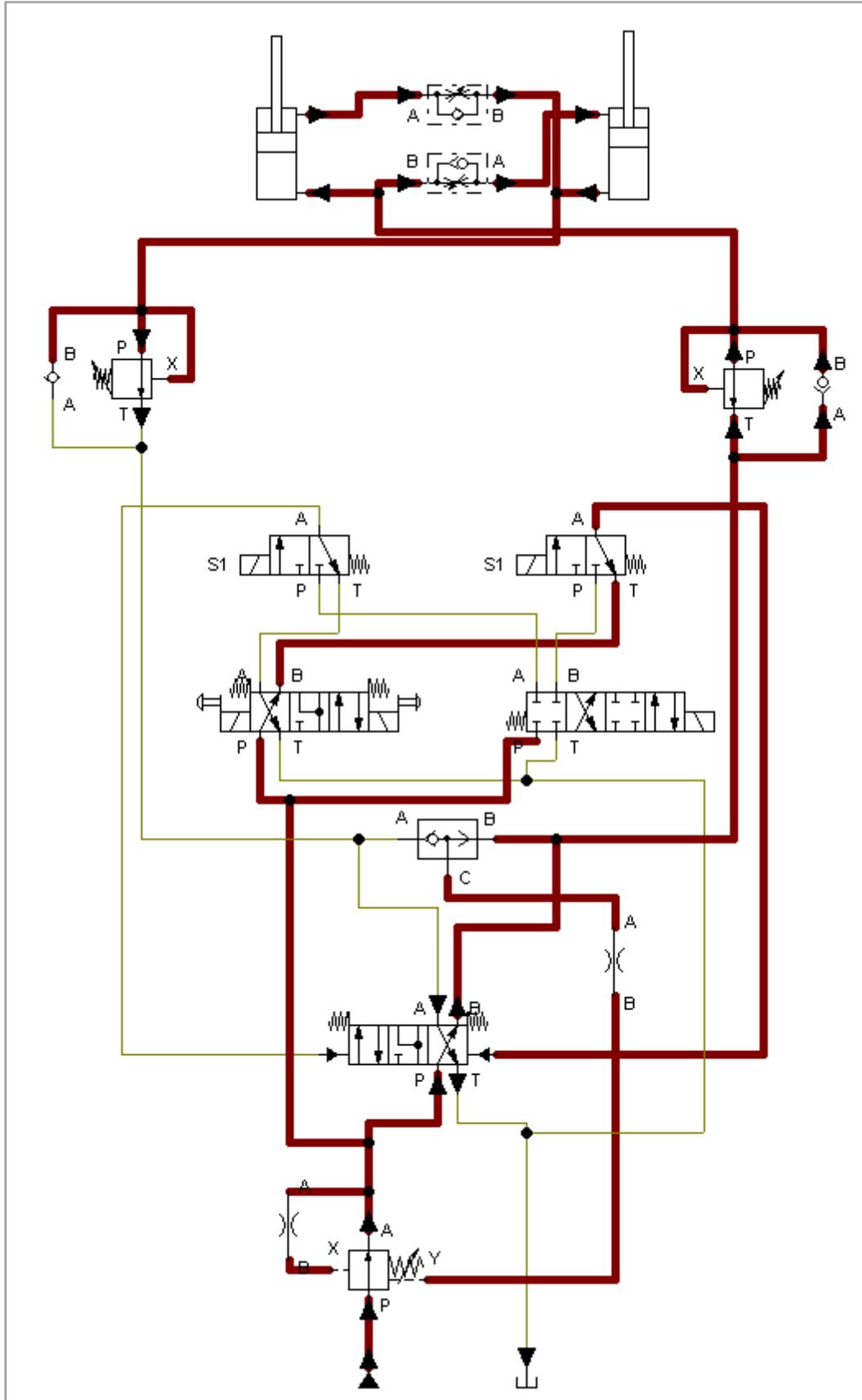


Ilustración n° 82: Imagen del programa de simulación moviendo el steering hacia babor.  
Fuente: Elaboración propia.

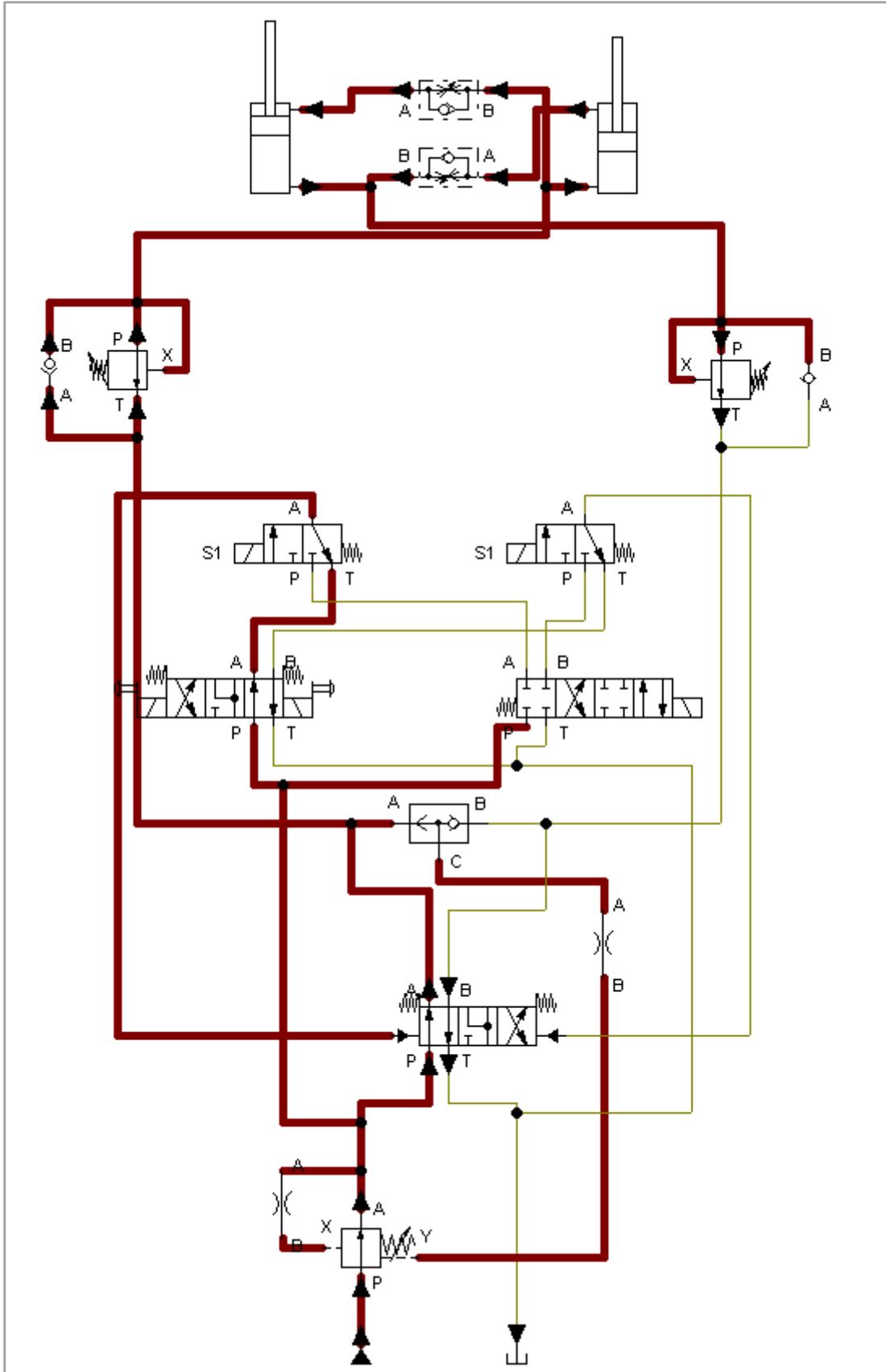


Ilustración n° 83: Imagen del programa de simulación moviendo el steering hacia estribor.  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.7.2. Circuito del bucket

El circuito del bucket es el encargado de mover el bucket que tienen los waterjets mediante un cilindro para influenciar en la dirección de salida del chorro de agua y de esta forma conseguir que el buque vaya hacia proa o hacia popa.

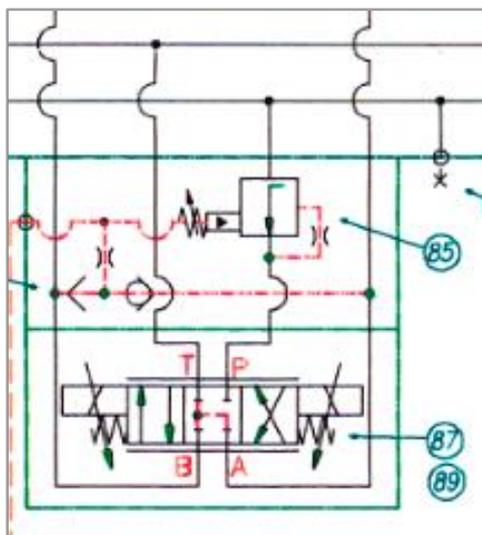


Ilustración n° 84: Válvulas del bucket.  
Fuente: [4].

Las válvulas que componen ésta parte son una compensadora de presión (ítem 85), una válvula proporcional principal (ítem 87).

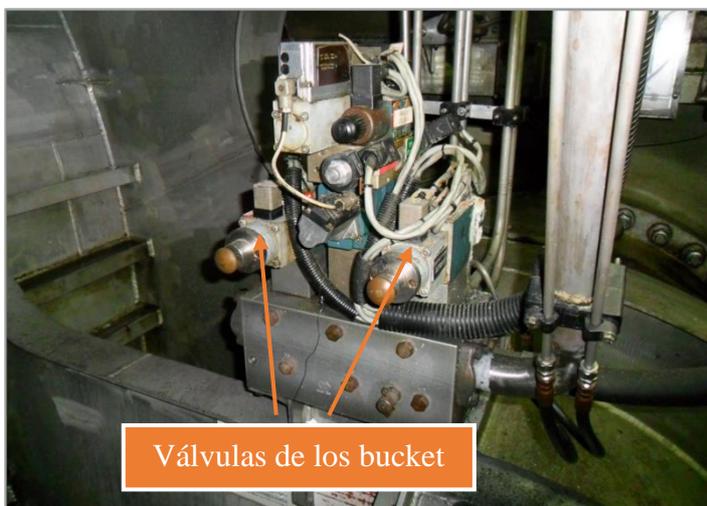


Ilustración n° 85: Bloque y válvulas de gobierno.  
Fuente: Trabajo de campo.

La misión de la válvula compensadora de presión es reducir la presión de salida a un valor constante con respecto a la presión de entrada.

La válvula proporcional principal es la encargada de regular el caudal de aceite hacia los cilindros. Esta válvula es accionada por señal eléctrica y de forma manual, aunque en el plano no lo ponga.

No lleva válvulas pilotos y el cambio entre el modo normal y el modo back up se realiza de forma externa al bloque y mediante electrónica.

Esta válvula proporcional principal permite el paso de aceite hacia el cilindro del bucket.



Ilustración n° 86: Cilindro del bucket.  
Fuente: Trabajo de campo.

Cada waterjet cuenta con un cilindro del bucket, son cilindros de doble efecto de vástago simple.

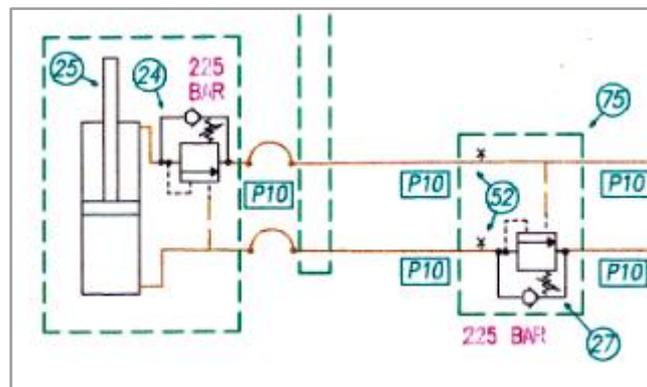


Ilustración n° 87: Cilindros del bucket.  
Fuente: [4].

Al igual que la parte del circuito del steering, el circuito del bucket, en una sus líneas entre el cilindro y la válvula proporcional principal cuenta con un bloque que tiene una válvula limitadora de presión y en paralelo una válvula de retención. También en la otra línea cuenta con lo mismo pero situado en el propio cilindro.

Con esto se consigue mantener el aceite entre el cilindro y el bloque y evitar el retorno de aceite hacia el tanque.



*Ilustración n° 88: Bloque situado ante de los cilindros del bucket.  
Fuente: Trabajo de campo.*

A modo de entender el funcionamiento de este circuito, pondré unas imágenes del simulador de hidráulica para ver cómo es su funcionamiento.

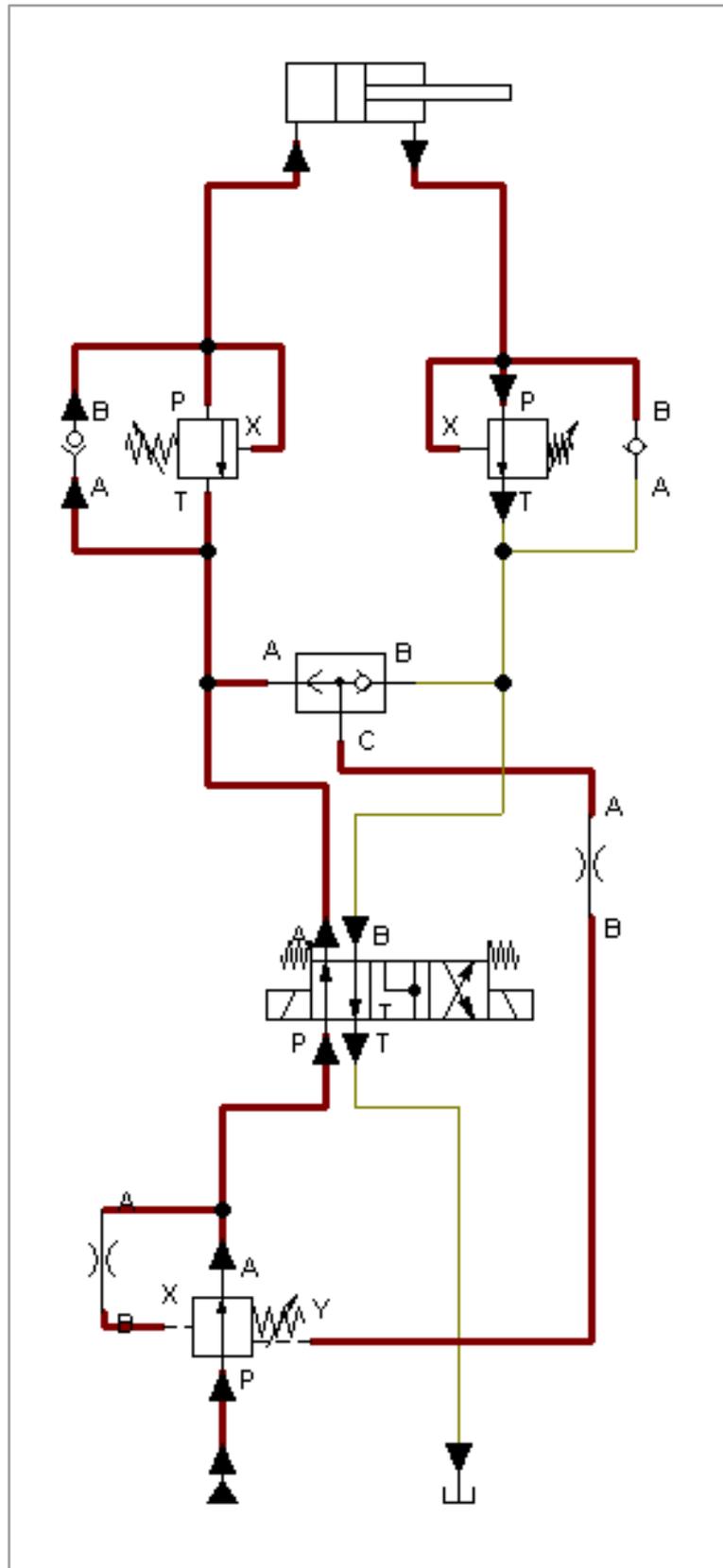


Ilustración n° 89: Imagen del programa de simulación movimiento del bucket hacia popa.  
Fuente: Elaboración propia.

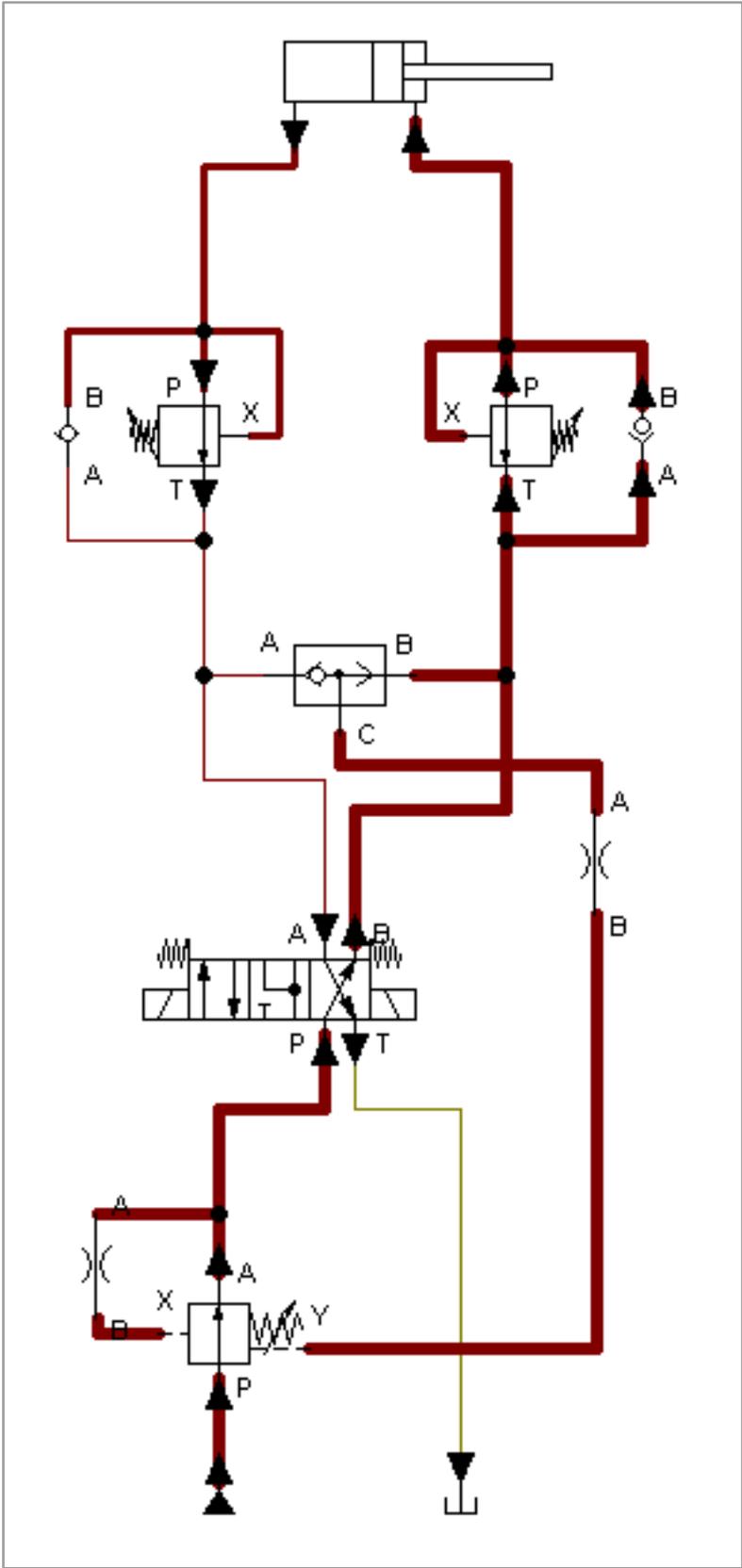


Ilustración n° 90: Imagen del programa de simulación movimiento del bucket hacia popa.  
Fuente: Elaboración propia.

## 5.8. BLOQUE DEL TRIM-TAB

EL trim-tab es el estabilizador de popa cuya misión es evitar el balanceo del buque mientras navega y así realizar una travesía más confortable para los pasajeros.

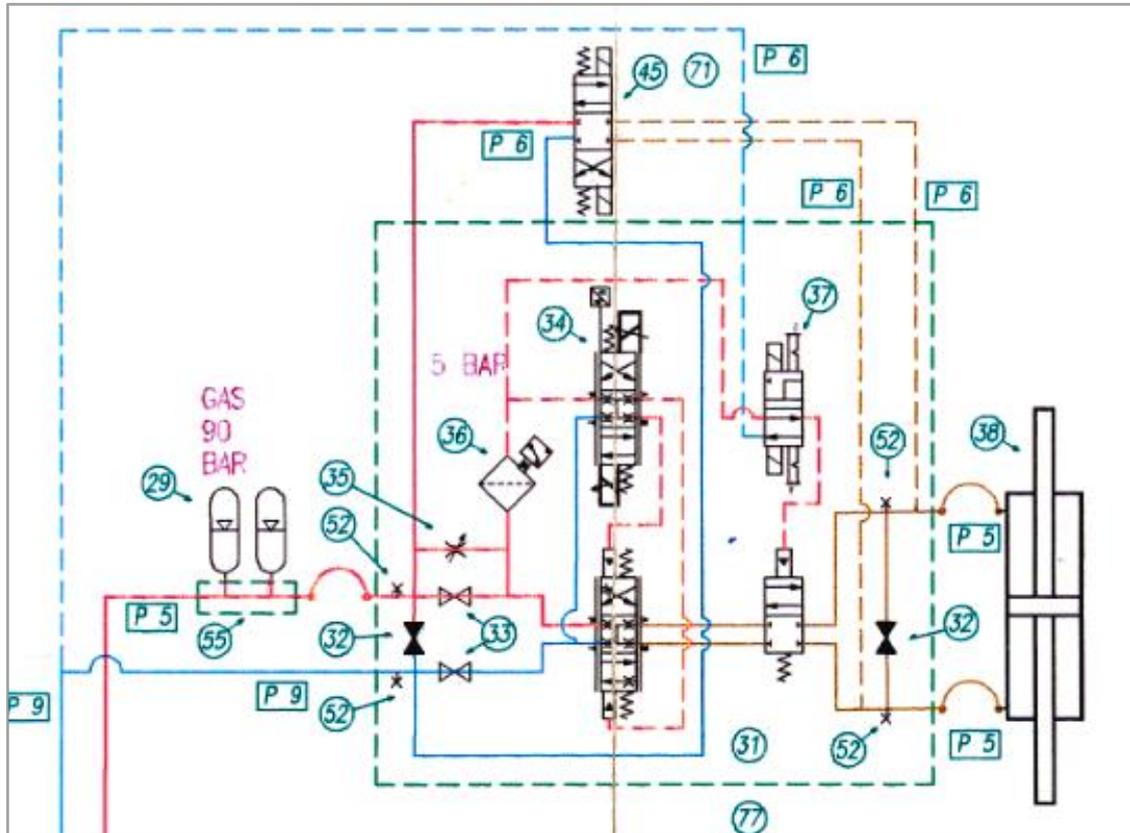
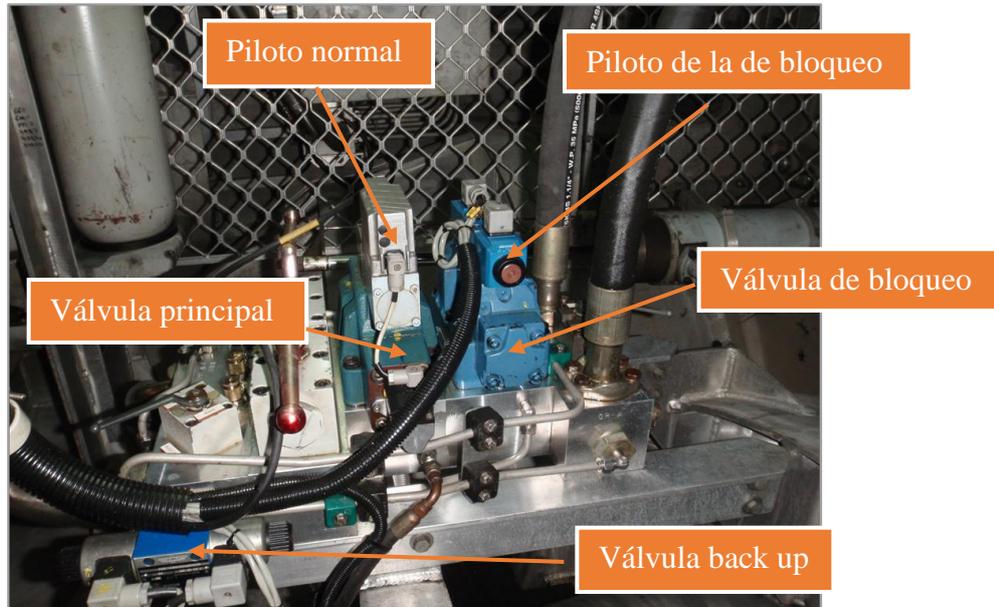


Ilustración n° 91: Bloque del trim-tab.

Fuente: [4].

Las válvulas que componen este bloque son una válvula proporcional principal con una válvula piloto proporcional con LVDT para el modo normal (ítem 34), una válvula de bloqueo con una válvula piloto (ítem 37) y una válvula distribuidora para el modo back up (ítem 45).



*Ilustración n° 92: Bloque y válvulas del trim-tab.  
Fuente: Trabajo de campo.*

La válvula proporcional principal es la encargada de regular el caudal de aceite hacia el cilindro. Esta válvula es accionada por señal piloto de aceite.

La válvula piloto del modo normal es la encargada de dar la señal piloto a la válvula proporcional principal. Es accionada por señal eléctrica.

La válvula distribuidora para el modo back up, permite el paso de aceite hacia el cilindro. Es accionada mediante señal eléctrica.

La válvula de bloqueo es la encargada de separar el circuito entre la válvula proporcional principal y la válvula distribuidora del modo back up. Es accionada por señal piloto de aceite

La válvula piloto de la válvula de bloqueo es la encargada de dar señal piloto de aceite a la válvula de bloqueo. Es accionada eléctricamente y además cuenta con enclavamiento mecánico.



*Ilustración n° 93: Cilindro del trim-tab visto desde el jet-room.  
Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración n° 94: Cilindro del trim-tab visto desde fuera.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Cada casco cuenta con un cilindro para el trim-tab, que es un cilindro de doble efecto con vástago doble. Como podemos observar en las imágenes un vástago es el que realiza el trabajo para mover el trim-tab y el otro vástago se utiliza para dar una señal de cuál es la posición cilindro.



Ilustración n° 95: Control del trim-tab con indicadores de posición.  
Fuente: Trabajo de campo.

Este cilindro actúa en el yugo, y este mueve el trim-tab mediante una barra de unión.

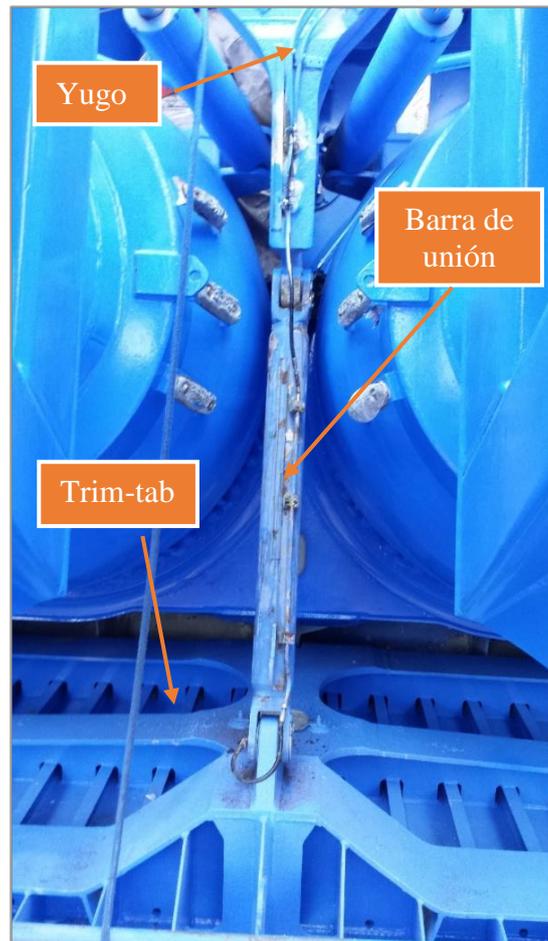


Ilustración n° 96: Elementos del trim-tab.  
Fuente: Trabajo de campo.



*Ilustración n° 97: Trim-tab.  
Fuente: Trabajo de campo.*

En el bloque del trim-tab se encuentra un filtro de 5 micras para filtrar el aceite que va hacia las válvulas pilotos. Este filtro cuenta con un presostato que mide el diferencial de presión entre la entrada y la salida para indicarnos si el filtro esta colmado.



*Ilustración n° 98: Filtro del bloque del trim-tab.  
Fuente: Trabajo de campo.*

También podemos encontrar dos acumuladores hidráulicos rellenos con nitrógeno a 90 bar.



*Ilustración n° 99: Acumuladores hidráulicos.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Estos acumuladores tienen dos misiones, una es la de reducir los golpes de ariete que se puedan producir en la línea y otra es para que en caso de emergencia tener una reserva acumulada que proporcionen a la línea un caudal necesario para poder estibar el trim-tab, que es una condición necesaria para poder dar atrás al buque ya que el chorro de agua podría dañarlo.



*Ilustración n° 100: Botón de estibado de emergencia del trim-tab  
situado en la consola del jefe de máquinas.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Los motivos por lo que la salida del bloque de distribución hacia el trim-tab cuenta con una válvula de retención, es que sin esta válvula el acumulador no quedaría cargado con una reserva y también porque podría derivarse hacia otros circuitos y que el trim-tab no quede en su posición más alta.

A modo de entender el funcionamiento de este circuito, pondré unas imágenes del simulador de hidráulica para ver cómo es su funcionamiento.

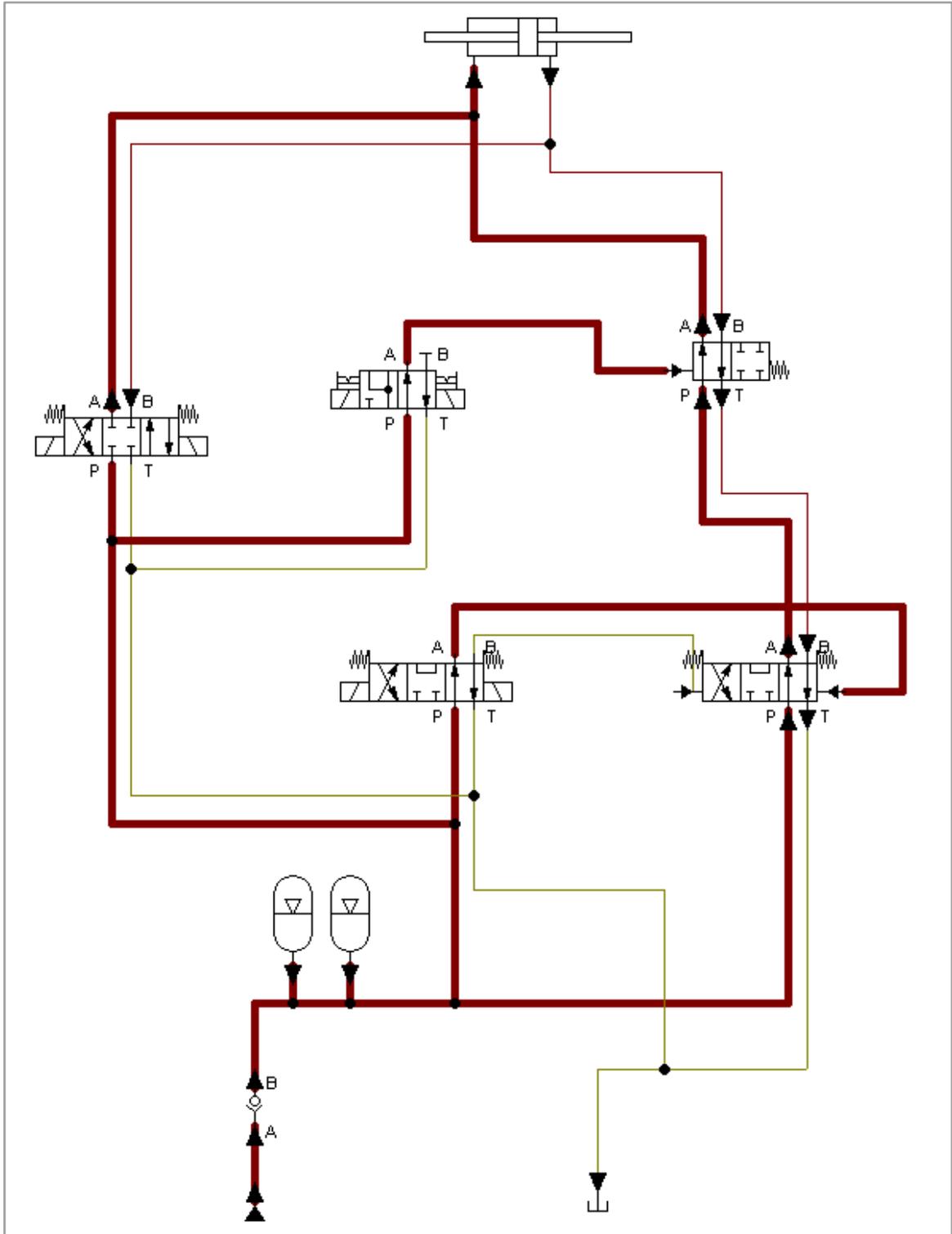


Ilustración n° 101: Imagen del programa de simulación moviendo el trim-tab en una dirección.  
Fuente: Elaboración propia.

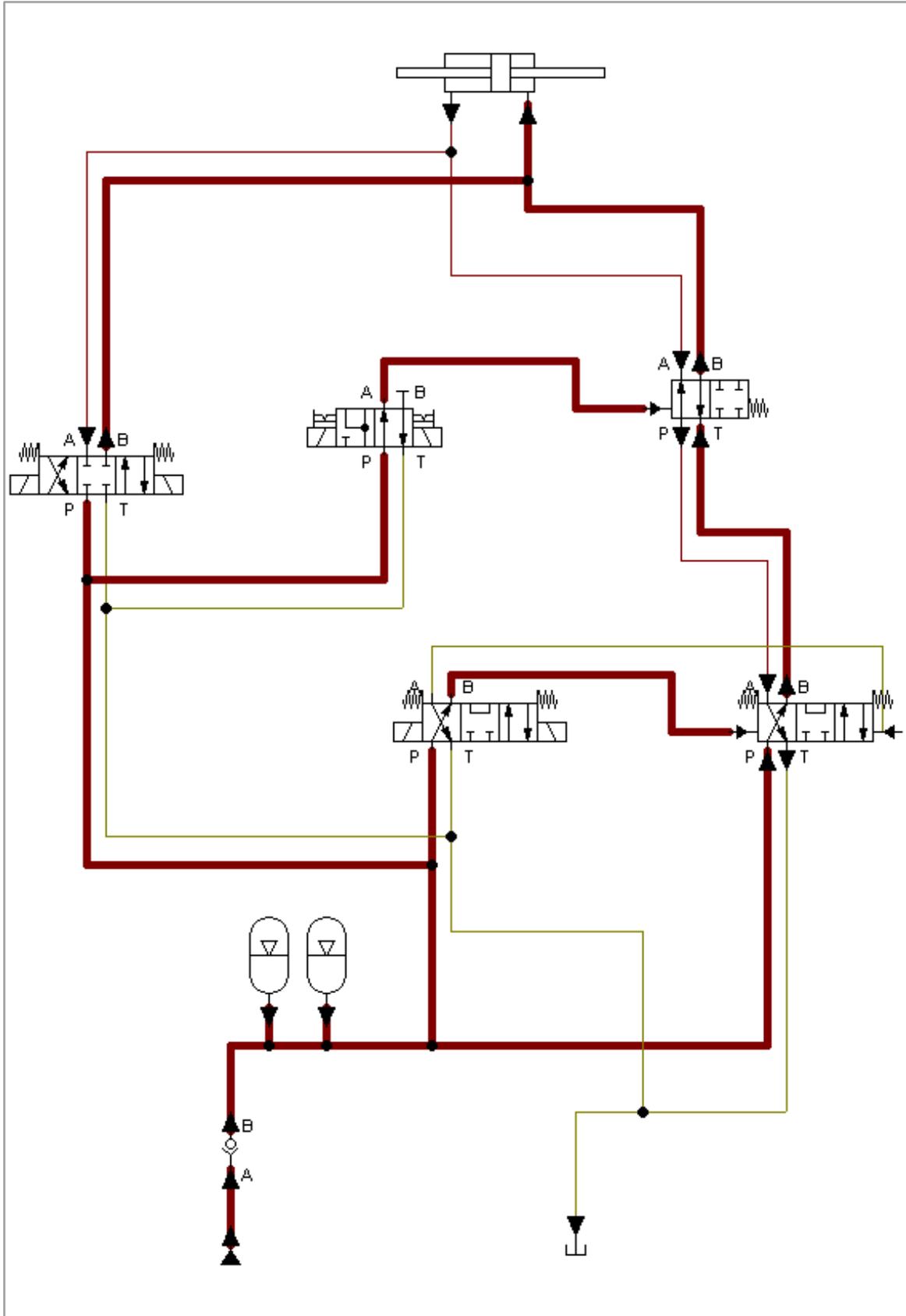


Ilustración n° 102: Imagen del programa de simulación moviendo el trim-tab en la otra dirección.  
Fuente: Elaboración propia.

## 5.9. BLOQUE DEL CABRESTANTE

Este circuito es el encargado de mover el cabrestante de maniobra para poder virar los cabos cuando el buque esté atracando.

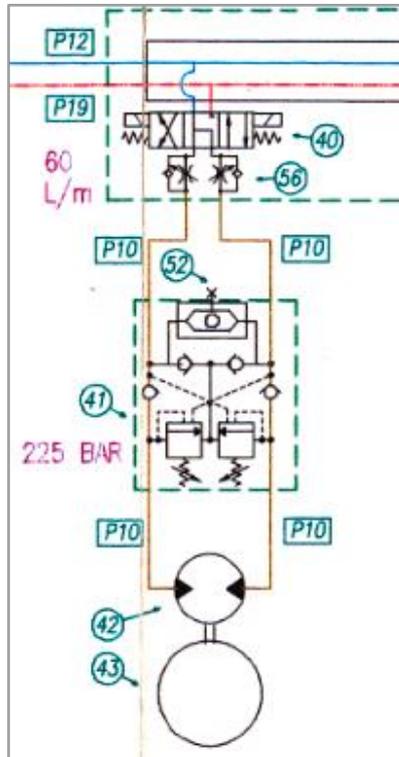


Ilustración n° 103: Circuito del cabrestante.  
Fuente: [4].

Este circuito cuenta con una válvula distribuidora, dos válvulas de retención estranguladoras regulables, cuatro válvulas de retención y dos válvulas de desconexión y frenado.



Ilustración n° 104: Bloque y válvula del cabrestante.  
Fuente: Trabajo de campo.

La válvula distribuidora es la encargada de suministrar aceite al motor hidráulico y es accionada por señal eléctrica.

Las válvulas de retención estranguladoras regulables se encargan de que el aceite cuando va en un sentido no tenga restricción de caudal, pero cuando fluya en el otro sentido sufran una restricción del caudal. Con estas válvulas podríamos regular la velocidad de giro del motor hidráulico.

El funcionamiento de las válvulas de retención es permitir el paso del fluido en un sentido y cortar el paso en el otro sentido.

La función de las válvulas de desconexión y frenado es controlar el retorno del fluido del motor, ya que puede girar en un sentido o en el otro.



*Ilustración nº 105: Motor hidráulico y reductora del cabrestante.  
Fuente: Trabajo de campo.*

A modo de entender el funcionamiento de este circuito, pondré unas imágenes del simulador de hidráulica para ver cómo es su funcionamiento.

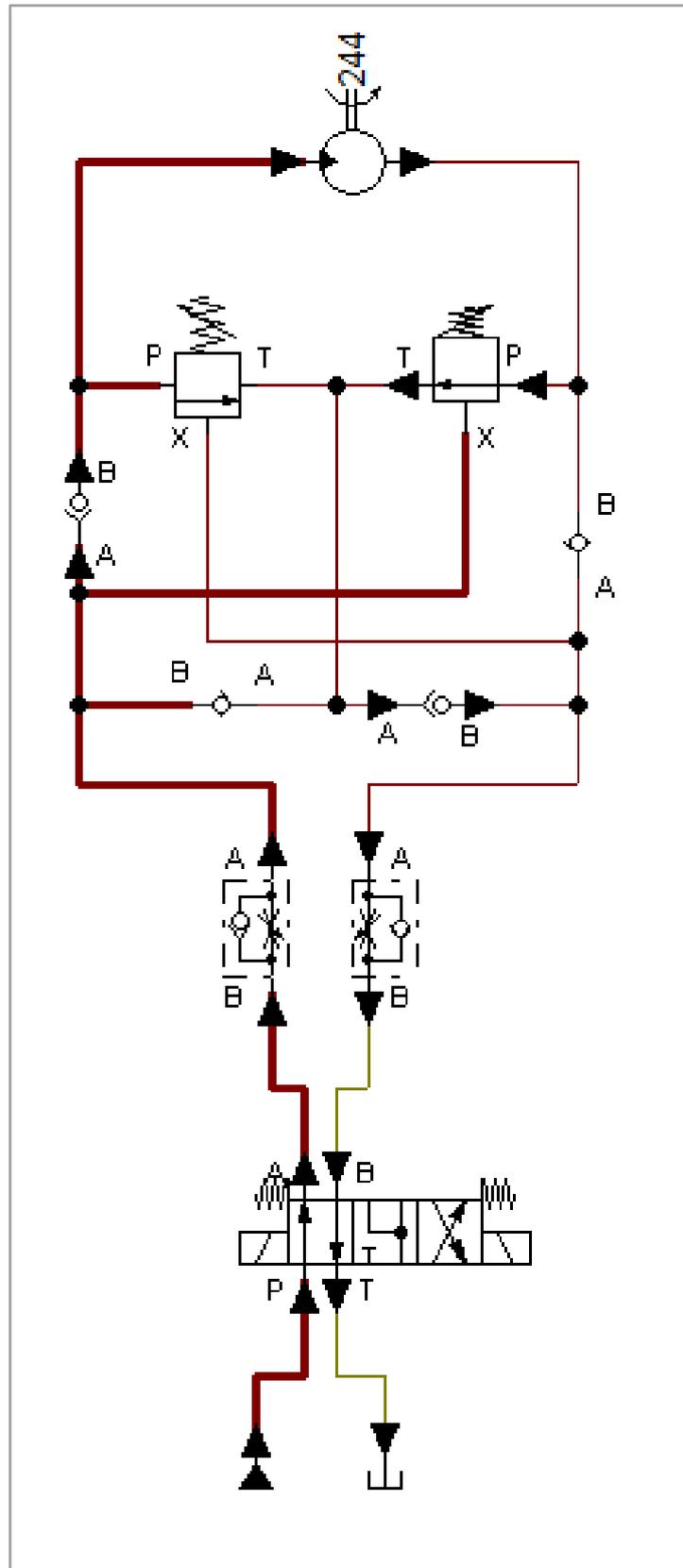


Ilustración n° 106: Imagen del programa de simulación moviendo el cabrestante en un sentido.  
 Fuente: Elaboración propia.

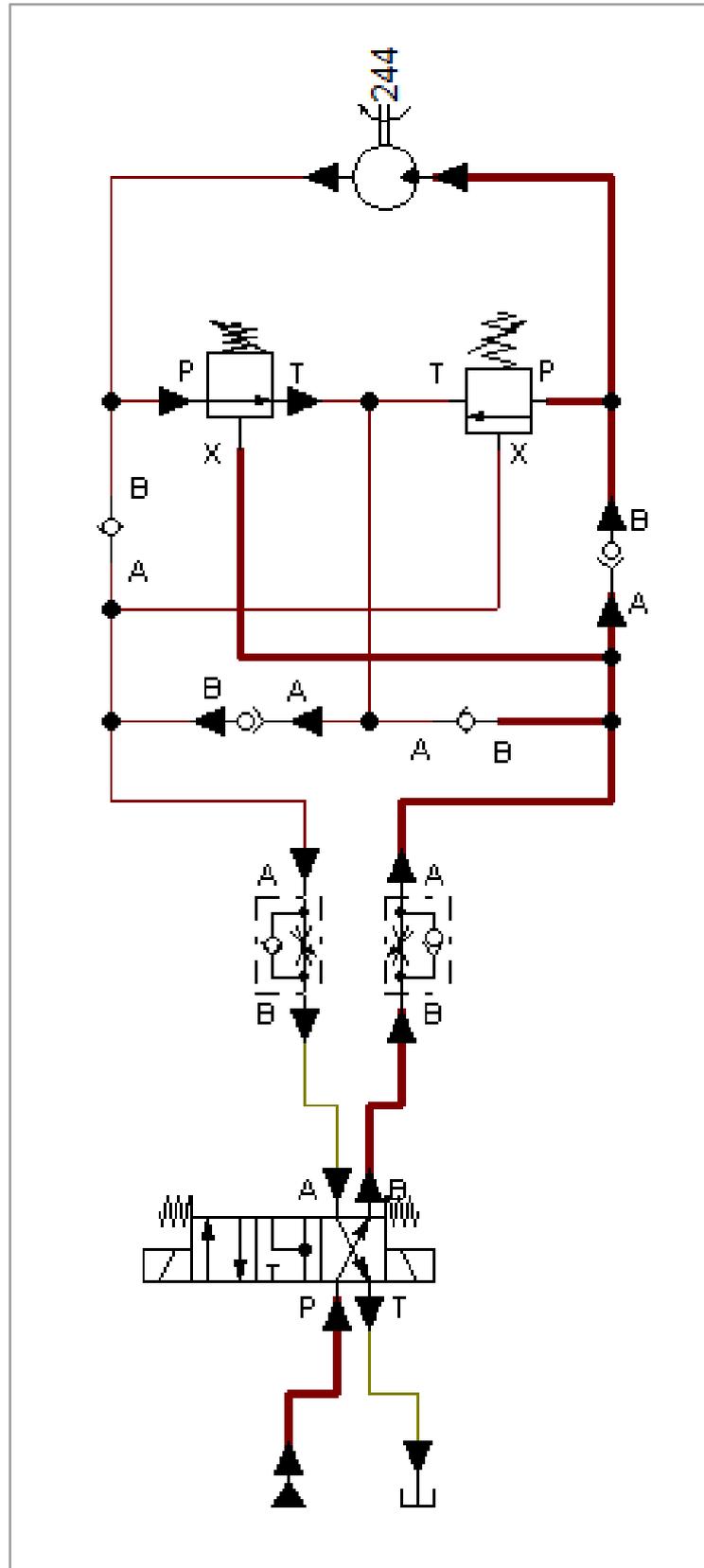


Ilustración n° 107: Imagen del programa de simulación  
moviendo el cabrestante en el otro sentido.  
Fuente: Elaboración propia.

## 5.10. PESCANTE DEL BOTE DE RESCATE

Esta parte del circuito es el encargado de suministrar aceite al pescante del bote de rescate.

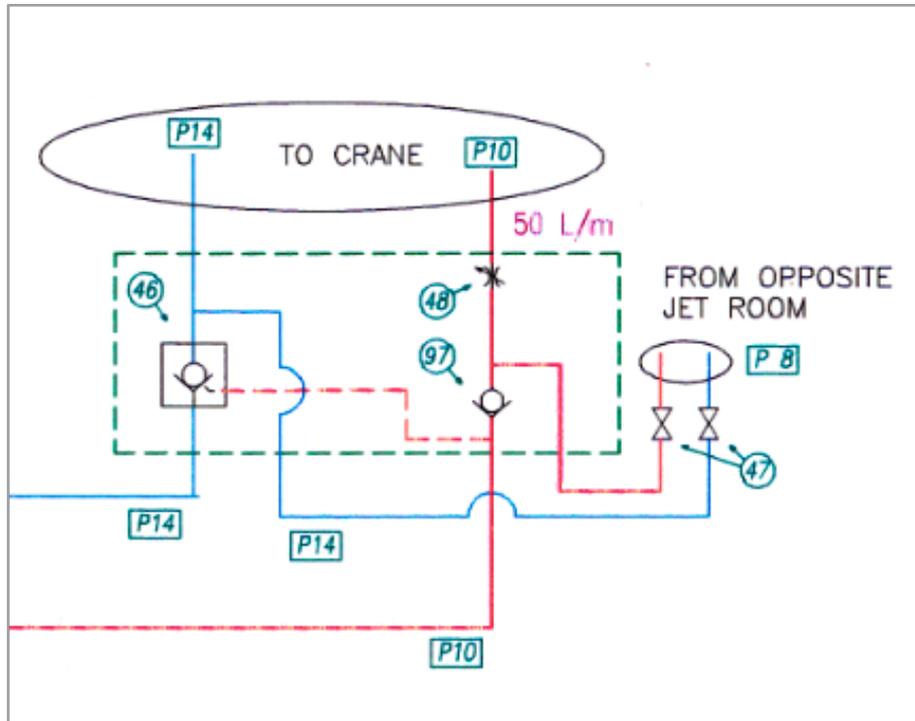


Ilustración n° 108: Circuito que va hacia el pescante del bote de rescate y hacia el otro jet-room.  
Fuente: [4].

Como ya hemos comentado, el pescante es el único elemento que podremos mover independientemente de la unidad hidráulica que esté en funcionamiento por motivos de seguridad.

Como podemos observar en la imagen la salida de la parte alta va hacia el pescante de esa banda y las tomas de la derecha nos valen tanto para alimentar el pescante de la otra banda o que la unidad hidráulica de la otra banda alimente el pescante de esta banda.

En la línea de presión cuenta con una válvula de retención y en la línea de retorno cuenta con una válvula de retención con señal piloto que toma señal antes de la válvula de retención de la línea de presión.

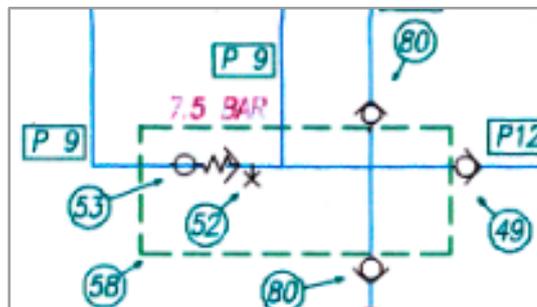
De esta forma conseguimos independizar los circuitos haciendo que el aceite que esté alimentando al pescante retorne a la unidad hidráulica de donde está saliendo.



*Ilustración n° 109: Circuito que va hacia el pescante del bote de rescate y hacia el otro jet-room.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### 5.11. BLOQUE DE RETORNO (ELEMENTO DEL CIRCUITO)

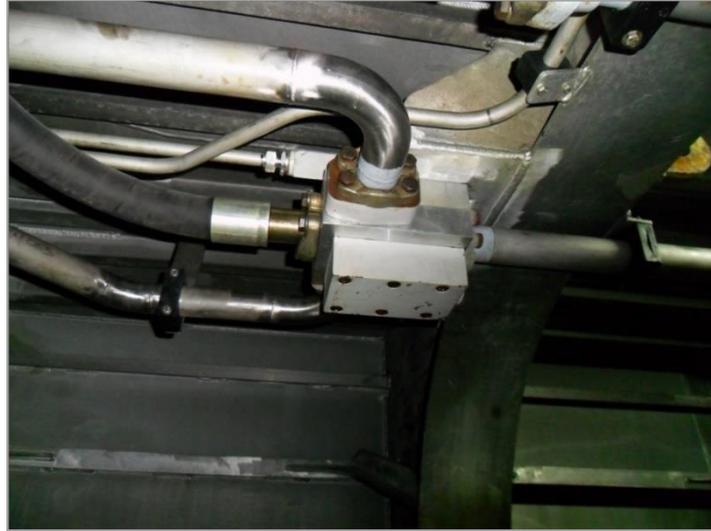
El bloque de retorno es el encargado de concentrar los retornos de todos los circuitos y canalizarlo hacia el enfriador o hacia el tanque.



*Ilustración n° 110: Bloque de retorno.  
Fuente: [4].*

Podemos observar que las entradas de los retornos de los circuitos cuentan con válvulas de retención.

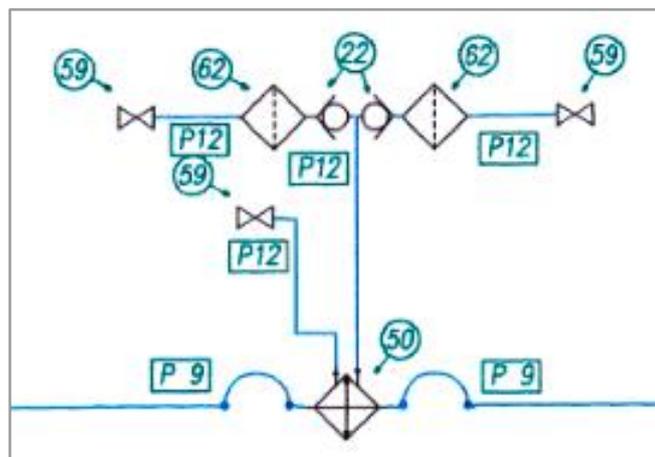
La salida de aceite de este bloque va hacia el enfriador. En el caso de que el enfriador esté obstruido abriría la válvula de retención con muelle y mandaría el aceite directamente al tanque.



*Ilustración n° 111: Bloque de retorno.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### 5.12. ENFRIADOR (ELEMENTO DEL CIRCUITO)

El enfriador es el encargado de enfriar el aceite que haya estado trabajando en el circuito hidráulico.



*Ilustración n° 112: Enfriador de aceite.  
Fuente: [4].*

La entrada del enfriador procede desde el bloque de retorno y su salida va hacia el tanque principal de aceite.



*Ilustración n° 113: Enfriador.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Este enfriador es el encargado de enfriar el aceite hidráulico pasando por su interior agua de mar procedente del chorro de agua que pasa por dentro del waterjet.



*Ilustración n° 114: Toma de agua de mar para el enfriador.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Las tomas de agua de mar cuentan con filtros atrapa algas para evitar que al enfriador le lleguen elementos que puedan obstruirlo y evitar que cumpla su cometido.



Ilustración n° 115: Filtro atrapa algas.  
Fuente: Trabajo de campo.

### 5.13. DIAGRAMA DE BLOQUES RESUMEN

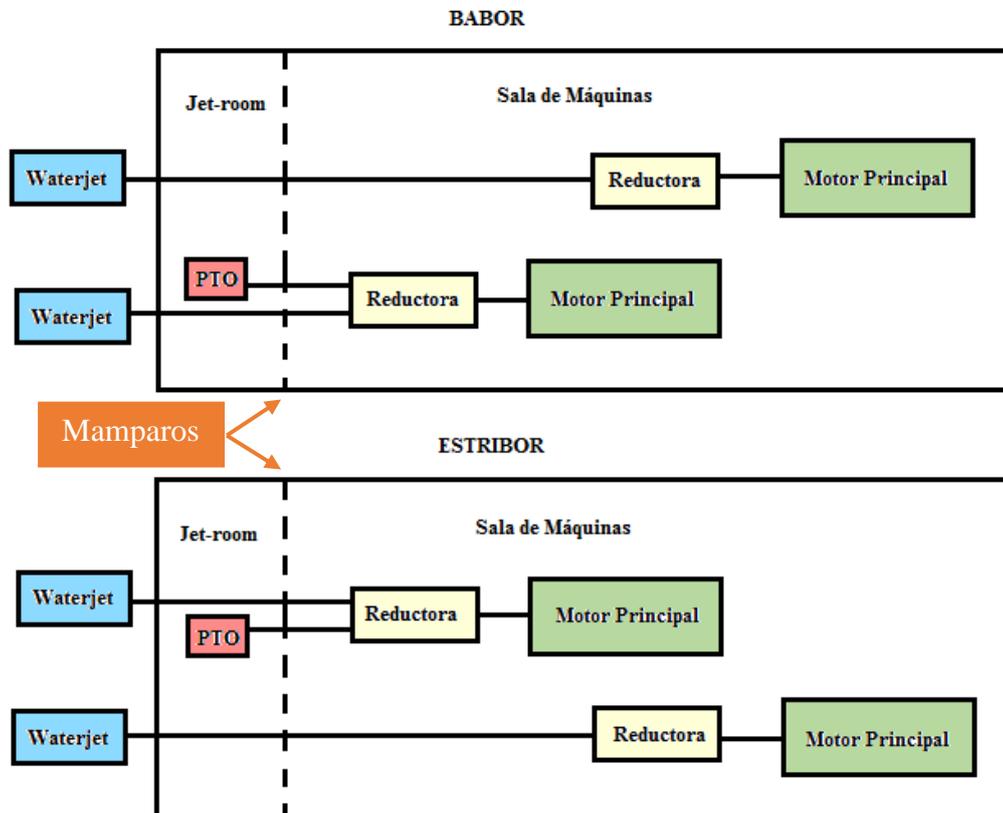


Ilustración n° 116: Resumen sala de máquinas y jet-room.  
Fuente: Elaboración propia.

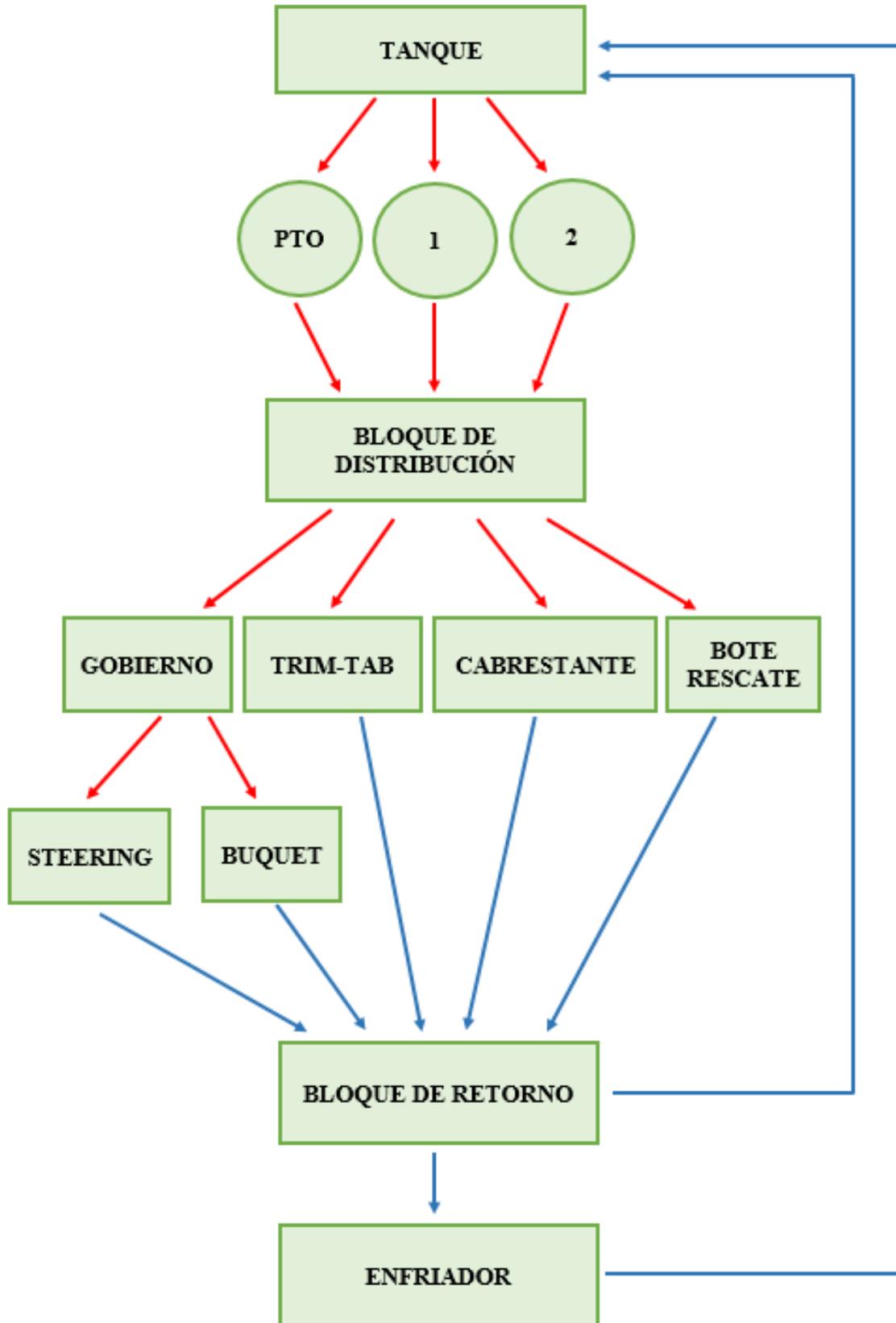


Ilustración n° 117: Resumen circuito oleohidráulico.  
Fuente: Elaboración propia.

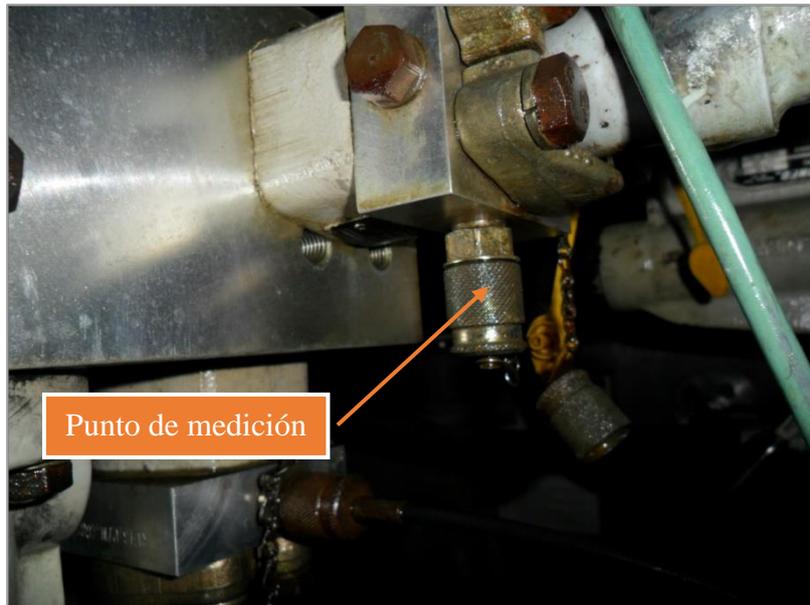
### 5.14. MÉTODOS DE BÚSQUEDA DE FALLOS

Hay tres métodos que en el buque se utilizan para buscar fallos que se estén produciendo en el circuito. Por toma de presiones, por toma de temperaturas y por análisis de aceite.

El método por toma de presiones consiste en ir tomando medidas de presión con un manómetro por lo diferentes puntos del circuito y comprobando que cuenten con presión.



*Ilustración n° 118: Ejemplo de una medida de presión.  
Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración n° 119: Punto donde poder realizar una medida de presión.  
Fuente: Trabajo de campo.*

El método por tomas de temperatura consiste en ir con la cámara termográfica tomando medidas de temperatura en unos puntos del circuito y comparar los valores con unas medidas que se han realizado en condiciones normales sin fallo y que tienen guardadas.

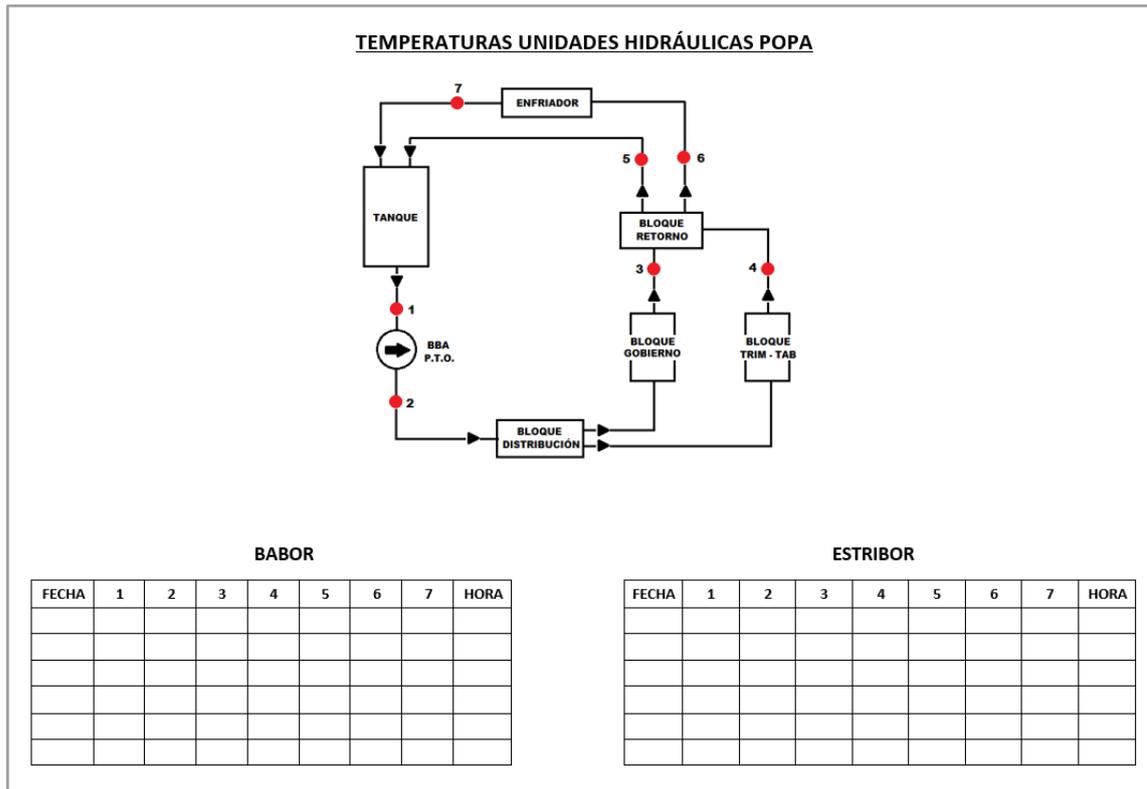


*Ilustración n° 120: Cámara termográfica.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Si en la comparación se observa un valor fuera de lo común, se puede determinar que en la zona donde se ha tomado la medida tenga algún fallo.



*Ilustración n° 121: Imagen tomada con la cámara termográfica.  
Fuente: Trabajo de campo.*



*Ilustración n° 122: Plantilla para la toma de medidas de temperaturas.  
Fuente: [8].*

Los puntos del circuito donde tomar medidas de temperatura se ha establecido de esa forma ya que son elementos del circuito que hacen variar la temperatura del aceite, tanto los elementos que lo calientan como el elemento que lo enfría.

El ultimo método de detección de fallos es el análisis de aceite, aunque su primera función es determinar el estado de un aceite, también nos indica elementos químicos que puedan encontrarse en el aceite.

El análisis de aceite nos puede dar datos de presencia de elementos químicos tales como aluminio, cromo, cobre, hierro, níquel, etc.

La presencia en el aceite de estos elementos es un indicativo claro de que en la instalación hay algún elemento o varios elementos que están sufriendo desgaste y te está prediciendo un fallo de la instalación en el futuro.

Hay veces que este método puede no llegar a ser eficaz, porque desde que se toma la muestra de aceite, se envía para analizar y el laboratorio responde con los resultados del análisis pasa un determinado tiempo y en ese tiempo puede haberse producido el fallo.



## CAREMAX™ OIL MONITOR

MACHINE UNIT/LOCATION

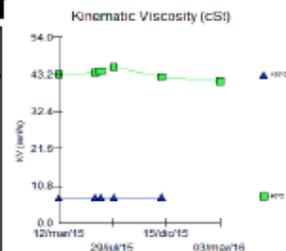
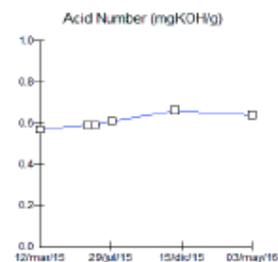
WATERJET - HYDRAULIC/PA

mv/ss

IMO		Customer Code	005250Z
Make	LIPS	Sample Code	GS054170
Model	BV 125 DLX	Sample Taken	03-may-2016
Lubricant Schedule	HYSPIN AWH-M 46	Received	27-may-2016
Lubricant In Use	HYSPIN AWH-M 46	Report Date	03-jun-2016
Port Landed		Total Machine Hrs	
Sample Point		Lubricant Hours	
Machine Usage	HYWTJ	Label Ref.	C 10933035

**DIAGNOSIS:**

The analysis results, based on the tests performed, indicate that the lubricant is suitable for continued use. - . Main parameters are in normal values and there are not evidences of active contaminants neither water and low mineral acidity. Wear metal contents are in acceptable. - . Elemental analysis is provided for trending purposes - take note of any large change in values.



Sample Ref.	03-may-16 GS054170	03-dic-15 MR006100	02-ago-15 MR005146	29-jun-15 MR004823	15-jun-15 MR004647	12-mar-15 MR003781
Lubricant Hours						1674
Rating	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Colour	Dark Yellow	YELLOW	YELLOW	YELLOW	YELLOW	YELLOW
Condition	Clear	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR
AN (mgKOH/g)	0,64	0,66	0,61	0,59	0,59	0,57
Suspended Water	< 0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
KV@40°C (cSt)	41,25	42,6	45,31	44,16	43,68	43,19
KV@100°C (cSt)		7,51	7,52	7,41	7,45	7,38
Viscosity Index		144	132	133	136	136
<b>Elements (ppm)</b>						
Aluminium (Al)	0	3	1	1	1	1
Calcium (Ca)	44					
Chromium (Cr)	1	1	1	1	1	1
Copper (Cu)	4	8	23	22	14	10
Iron (Fe)	4	5	8	7	4	3
Lead (Pb)	0	1	1	1	1	1
Nickel (Ni)	0	1	1	1	1	1
Silicon (Si)	1	2	3	4	3	4
Sodium (Na)	17	10	51	49	12	29
Tin (Sn)	0					

KEY: > Greater Than      < Less Than      \* Estimated  
 ✓ Normal      ! Marginal      ✗ Critical

The latest sample as supplied has been taken as representative of the lubricant from the stated source. The analysis results and recommendations set out in this report are based on the tests performed on the relevant sample. Which tests we perform depends on how the sample was labelled, any other description given to us of its use and any other instructions received from you.

**NB: Customers should ensure that they inform us promptly of any changes to their contact details (email, telephone, postal address and/or contact names). If the contact details we hold for you are not accurate, you may not receive critical sample notifications promptly, or at all.**

Ilustración nº 123: Resultado de un análisis de aceite hidráulico.  
Fuente: [8].

## **VI. CONCLUSIONES**



## 6. CONCLUSIONES

En este capítulo de este trabajo fin de grado hemos finalizado el contenido del mismo, en el cual describiremos las conclusiones que hemos obtenido en la elaboración del mismo.

- ✓ Hemos podido aprender los diferentes circuitos básicos del buque Bencomo Express, circuito de agua de refrigeración, circuito de aceite de lubricación, circuito de combustible, circuito neumático, etc. Y entre ellos el circuito oleohidráulico de popa del fast ferry Bencomo Express.
- ✓ Hemos podido estudiar, comprobar y plasmar mediante ilustraciones los distintos elementos básicos de un circuito oleohidráulico, además de incorporar elementos específicos propios del circuito de estudio de este TFG. Entre los que destacamos tanques de aceite hidráulico, bombas, válvulas, actuadores, acumuladores, mangueras, filtros, dispositivos de medidas, y como elemento específico destacar la bomba PTO (power take-off) que es una bomba engranada a la reductora mediante un eje y su válvula shut off que es una válvula que comunica la aspiración con la descarga de la bomba PTO.
- ✓ Hemos recopilado el plano y junto con su leyenda se ha analizado insitu en la instalación realizando un seguimiento de las líneas del circuito y elementos que componen el mismo, incorporando fotos propias como trabajo de campo, como ayuda para buscar una relación entre el plano y el elemento perteneciente al circuito de estudio. Una vez realizada esta descriptiva hemos tenido que estudiar un software específico de circuitos oleohidráulicos de tal manera que hemos tenido que incorporar a este software elementos del plano para realizar simulaciones para entender y comprender el funcionamiento del circuito oleohidráulico objeto de este trabajo.
- ✓ Hemos tenido acceso a distintos procedimientos de herramientas de diagnóstico de averías, como son toma de presiones con el que se comprueba que las presiones de trabajo en el circuito son las correctas, análisis termográfico, con el que se comprueba mediante termografía diferentes puntos específicos, las temperaturas de trabajo del circuito oleohidráulico, destacando que hemos tenido acceso al aprendizaje y uso de la cámara termográfica, además se ha incorporado en el capítulo de resultados un

análisis del aceite hidráulico perteneciente a un plan de análisis propio de la compañía y del buque, en el cual mediante un contrato con un laboratorio de análisis y mediante un plan de muestra se envían a dicho laboratorio muestra del aceite hidráulico para obtener indicadores y evidencias de posibles defectos en el circuito objeto de este estudio.

## **VII. BIBLIOGRAFÍA**



## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. <https://www.fredolsen.es>
2. Manuales del buque
3. [http://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/76C9ED2862BAAA0680257EE3002F8034/\\$File/BPXE-A3NUUD.pdf](http://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/76C9ED2862BAAA0680257EE3002F8034/$File/BPXE-A3NUUD.pdf)
4. Planos hidráulicos del buque
5. Manual de oleohidráulica móvil de vickers
6. Potencia hidráulica controlada por PLC. Victoriano Á. Martínez Sánchez. Editorial Ra-Ma.
7. Planos del buque
8. Archivos del buque
9. <http://cdn.wartsila.com/images/default-source/Products/gears-propulsors/waterjets/modular-waterjets-principle-3.png?sfvrsn=0>
10. <http://www.eaton.com/Eaton/ProductsServices/Hydraulics/index.htm>
11. <http://haynesworld-u-cdolly.blogspot.com.es/2012/01/thomson-destiny.html>

Otras fuentes que se han consultado para la realización de este trabajo fin de grado:

- Oleohidráulica A-B-C-D. Jaume Rifá Molist. Editorial Bellisco.
- Oleohidráulica. Conceptos básicos. Royo – Hasta. Editorial Paraninfo.

