



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA SECCIÓN DE
NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

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

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO, PREDICTIVO Y
CORRECTIVO DENTRO DEL FAST-FERRY BOCAYNA
EXPRESS**

Adrián Rodríguez Hernández
Septiembre 2019

Dra María del Cristo Adrián de Ganzo, Profesora ayudante de doctor la UD de Ingeniería Marítima del Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna, certifica que:

Dº Adrián Rodríguez Hernández, alumno que ha superado las asignaturas de los cuatro primeros cursos del grado de Tecnologías Marinas, ha realizado bajo mi dirección el Trabajo de Fin de Grado nominado:

“Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry Bocayna Express” Para la obtención de Título de Graduado en Tecnologías Marinas por la universidad de La Laguna.

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

Para que conste y sufra efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado en Santa Cruz de Tenerife, a 23 de septiembre de 2019.

Dª Mª del Cristo Adrián de Ganzo



Mª DEL CRISTO ADRIÁN DE GANZO

Directora del trabajo

ÍNDICE

Índice de contenido

I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. OBJETIVOS	17
1. Generales	18
2. Específicos	18
III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES.....	20
1. Motores PAXMAN de inyección directa	22
2. Motores PAXMAN de inyección indirecta	26
IV. METODOLOGÍA.....	29
1. Material.....	30
1.1 Descripción general del buque	30
1.2 Sala de máquinas del barco	32
2. Metodología	34
V. RESULTADOS.....	36
1. Mantenimiento preventivo.....	38
1.1. Mantenimiento preventivo MMPP	40
1.2. Mantenimiento preventivo reductoras	67
2. Mantenimiento predictivo.....	75
2.1. Análisis de aceite de los MMPP	75
2.2. Análisis de agua de los MMPP realizado por MAN.....	80
2.3. Análisis de agua realizado a bordo	84
2.4. Análisis de aceite de las reductoras.....	88
3. Mantenimiento correctivo.....	91
3.1. Mantenimiento correctivo MMPP	91
3.2. Mantenimiento correctivo reductoras	108
VI. CONCLUSIONES.....	110
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	115

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: “Paxman Valenta”	23
Ilustración 2: “Paxman Ventura”	23
Ilustración 3: “Paxman YGX”	24
Ilustración 4: “Paxman YGA”	24
Ilustración 5: “Paxman ZH”	25
Ilustración 6: “Paxman YL”	26
Ilustración 7: “Vista de banda de estribor, proa y popa del Bocayna Express”	30
Ilustración 8: “Descriptiva de sala de máquinas del Bocayna Express”	33
Ilustración 9: “Portafiltro filtro de aceite”	43
Ilustración 10: “Motor de arranque MMPP”	44
Ilustración 11: “Valores admisibles de las patas”	46
Ilustración 12: “Vista inferior de una pata de los MMPP”	46
Ilustración 13: “Pata de motor”	48
Ilustración 14: “Aislante de los motores”	49
Ilustración 15: “Aislantes de los escapes de los MMPP”	49
Ilustración 16: “Presostatos y transmitter MMPP”	50
Ilustración 17: “Cuadro eléctrico MMPP”	51
Ilustración 18: “Clapeta de cierre de los colectores del aire de barrido de los MMPP” ..	52
Ilustración 19: “Regulador de velocidad MMPP”	53
Ilustración 20: “Portafiltro suspiro cárter MMPP”	54
Ilustración 21: “Filtro suspiro cárter MMPP”	55
Ilustración 22: “Parte inferior de una culata de un MMPP”	56
Ilustración 23: “Válvulas y muelles de una culata de un MMPP”	57
Ilustración 24: “Camisa MMPP”	58
Ilustración 25: “Pistón y biela”	59
Ilustración 26: “Reglaje de válvulas MMPP”	60
Ilustración 27: “Inyector MMPP”	61
Ilustración 28: “Bomba de combustible acoplada retirada de MMPP”	62
Ilustración 29: “Bomba de combustible acoplada MMPP”	63
Ilustración 30: “Operación de retirada de bomba A/S”	64
Ilustración 31: “Bomba retirada del MMPP”	64
Ilustración 32: “Turbo compresor MMPP”	65
Ilustración 33: “Operación de arriado PIME (1)”	66
Ilustración 34: “Operación de arriado PIME (2)”	67
Ilustración 35: “Porta filtros de aceite de la reductora”	69
Ilustración 36: “Ubicación de los ánodos de la reductora”	71
Ilustración 37: “Ánodos de la reductora”	71
Ilustración 38: “Bancada de la reductora”	72
Ilustración 39: “Enfriador de aceite de la reductora”	73
Ilustración 40: “Operación de arriado de la reductora del PIME”	74
Ilustración 41: “Secado de resina de la bancada de la reductora”	75
Ilustración 42: “Cintas de pH para agua de MMPP”	86
Ilustración 43: “Refractómetro”	87
Ilustración 44: “Etileno-porcentaje de Paxcool”	87

Ilustración 45: “Enfriador de baja presión”	92
Ilustración 46: “Emplazamiento del enfriador de baja presión de proa”	92
Ilustración 47: “Turbocompresor de alta contaminado”	93
Ilustración 48: “Turbocompresores de alta y baja presión”	93
Ilustración 49: “Colector contaminado”	94
Ilustración 50: “Enfriador de alta presión”	95
Ilustración 51: “Ubicación de enfriador de alta presión”	95
Ilustración 52: “Sensor de temperatura localizado en la tapa de registro el cigüeñal del SOME”	97
Ilustración 53: “Vista del cigüeñal del SOME desde la tapa de registro”	98
Ilustración 54: “Protector de teflón en la muñequilla del cigüeñal del SOME”	99
Ilustración 55: “Inspección de la muñequilla del cigüeñal del SOME”	100
Ilustración 56: “Pistón y biela retirados del SOME”	101
Ilustración 57: “Semicojinetes de biela retirados del SOME, lado de la muñequilla” .	102
Ilustración 58: “Semicojinetes de biela retirados del SOME, lado de la biela”	103
Ilustración 59: “Nuevo pistón y biela introducidos en el SOME”	104
Ilustración 60: “Termografía cilindro A2 antes de realizar el mantenimiento”	106
Ilustración 61: “Termografía cilindro A2 después de realizar el mantenimiento”	108

Índice de tablas

Tabla 1: “Datos técnicos Fast Ferry Bocayna Express”	31
Tabla 2: “Sistemas sujetos a mantenimiento en el Bocayna Express”	38
Tabla 3: “Mantenimientos realizados a los MMPP”	40
Tabla 4: “Registro de medición de las patas de los MMPP”	47
Tabla 5: “Mantenimientos reductoras”	67
Tabla 6: “Datos técnicos del aceite HLX 40”	77
Tabla 7: “Análisis de aceite MMPP POME”	78
Tabla 8: “Análisis de aceite MMPP PIME”	78
Tabla 9: “Análisis de aceite MMPP SOME”	79
Tabla 10: “Análisis de aceite MMPP SIME”	79
Tabla 11: “Requisitos calidad del agua MMPP”	80
Tabla 12: “Análisis de agua de refrigeración MMPP POME”	81
Tabla 13: “Análisis de agua de refrigeración MMPP PIME”	82
Tabla 14: “Análisis de agua de refrigeración MMPP SOME”	83
Tabla 15: “Análisis de agua de refrigeración MMPP SIME”	84
Tabla 16: “Resultados de análisis de agua a bordo”	85
Tabla 17: “Análisis de aceite reductora PIME”	89
Tabla 18: “Análisis de aceite reductora SIME”	89
Tabla 19: “Análisis de aceite reductora SOME”	90
Tabla 20: “Análisis de aceite reductora POME”	90
Tabla 21: “Temperatura antes del cambio del tren alternativo del SOME”	105
Tabla 22: “Temperatura después del cambio del tren alternativo del SOME”	107

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, trata de mostrar los distintos tipos de mantenimientos que se llevan a cabo en el Fast-Ferry Bocayna Express, dentro de todos los equipos con los que cuenta el buque objetivo de este trabajo.

El Bocayna Express, opera en Canarias desde 2003, hace la línea que une el puerto de Corralejo (Fuerteventura) con Playa Blanca (Lanzarote) en aproximadamente 25 minutos.

En la primera parte de este trabajo se hace una pequeña revisión a la historia los motores PAXMAN, desde la llegada de los motores objetivo de este proyecto hasta sus primeros motores.

La segunda parte de este proyecto hace referencia a los distintos mantenimientos que se llevan a cabo, haciendo hincapié en el preventivo y predictivo de los motores principales y las reductoras de los mismos, conociendo también el mantenimiento correctivo que se lleva a cabo, mediante la exposición de averías que hayan tenido lugar.

Para la elaboración del trabajo se han consultado manuales, planes de mantenimiento como MPM (Marine Plan Maintenance), así como también me ha servido la experiencia adquirida durante mi período de embarque como alumno de mantenimiento nocturno.

I. INTRODUCCIÓN

ABSTRACT

The present work, tries to show the different types of maintenance that are carried out in the Fast-Ferry Bocayna Express, within all the equipment with which the target vessel of this work counts.

The Bocayna Express, operates in the Canary Islands since 2003, makes the journey that connects the port of Corralejo (Fuerteventura) with Playa Blanca (Lanzarote) in approximately 25 minutes.

In the first part of this work a small revision to the PAXMAN engines history is made, from the arrival of the engines of this project to its first engines.

The second part of this project refers to the different maintenance carried out, emphasizing the preventive and predictive of the main engines and their reduction, knowing also the corrective maintenance that is carried out, through the exhibition of breakdowns that have taken place.

For the elaboration of the work, manuals, maintenance plans such as MPM (Marine Plan Maintenance) have been consulted, as well as the experience acquired during my boarding period as a night maintenance student.

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

I. INTRODUCCIÓN

II. OBJETIVOS

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Los objetivos del presente trabajo se dividen en dos grandes grupos, objetivos generales y específicos, a continuación se expone de una forma más detallada los distintos puntos:

1. Generales

- Conocer los distintos mantenimientos que se llevan a cabo dentro del Fast-Ferry Bocayna Express.

2. Específicos

- Mantenimiento predictivo de motores principales y sus reductoras acopladas.
- Mantenimiento preventivo de motores principales y sus reductoras acopladas.
- Mantenimiento correctivo de motores principales y sus reductoras acopladas.

II. OBJETIVOS

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Los motores de la marca PAXMAN fueron fundados en el año 1865 por James Noah Paxman y actualmente forman parte de MAN Energy Solutions UK Ltd. La historia de los motores PAXMAN se puede dividir en dos grandes grupos, inyección indirecta e inyección directa.

En términos generales el diseño de un nuevo motor surge de la exigencia de una serie de aspectos. En concreto el diseño de los VP185 se debe a la necesidad de diseñar un nuevo motor capaz de competir en el mercado con los motores de la marca GEC Diesels, ya que el modelo anterior de similares características, el Valenta estaba llegando al final de su vida útil. {1}

1. Motores PAXMAN de inyección directa

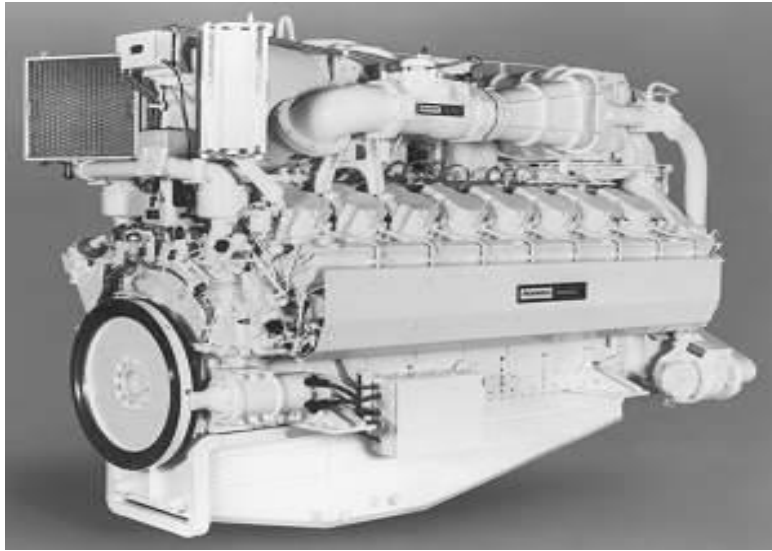
En este punto se expone los distintos motores de inyección directa que llegaron antes de la llegada de los primeros VP185, haciendo hincapié en el motor predecesor, el Valenta.

En relación al motor Valenta, los trabajos de diseño para este motor comenzaron en torno a 1965 y en 1971 salió al mercado el primero de estos motores, existen 5 variantes de este motor 6 en línea, V8, V12, V16 y V18 cilindros. Valenta nace de la necesidad de poder obtener un motor capaz de proporcionar más potencia, con un tamaño reducido y que sea rápido. De esta manera para conseguir este aumento de potencia se optó por bombas de combustible individuales y 3 árboles de levas, uno acciona las válvulas y otro impulsa las bombas de combustible de cada banco.

Antes del desarrollo del Paxman VP185, se desarrolló una variante de Valenta, los principales cambios introducidos en Valenta MK2 fueron en las disposiciones de los turbocompresores y el sistema de inyección de combustible, con el objetivo de producir una mayor potencia que el modelo anterior. Este modelo nunca llegó a salir al mercado motivado por sus elevados costos de producción y la necesidad de producir un motor completamente nuevo. El trabajo empleado en esta variante no fue en balde, dado que se emplearon en el VP185. {1} {2}

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

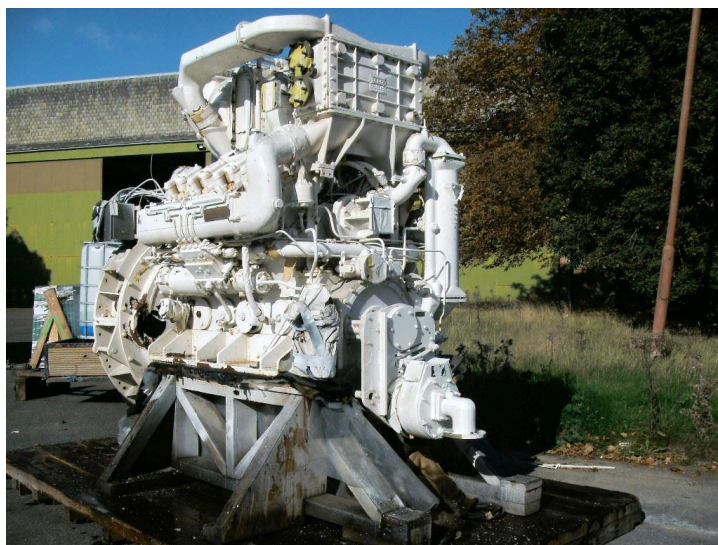
Ilustración 1: “Paxman Valenta”



Fuente: “paxmanhistory.org.uk”

- Paxman Ventura (1960) es el motor predecesor a Valenta, existen 4 variantes, V6, V8, V12, V16. Este motor rompe con la tradición de motores de 7” de diámetro para cada cilindro, introduciendo un motor de $7\frac{3}{4}$ ” el cual aumentó el barrido un 34% y por consiguiente un 50% la potencia. {1}{3}

Ilustración 2: “Paxman Ventura”

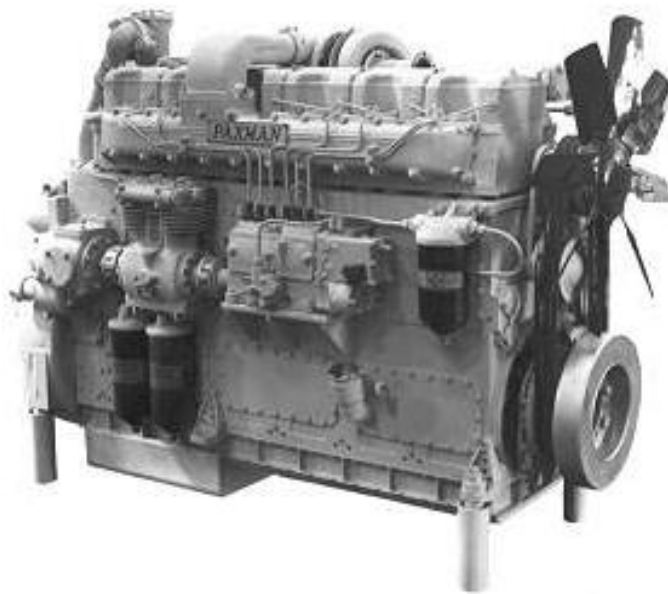


Fuente: “winchestermarineindustrial.com”

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

- Paxman YGX cuenta con similares características a las de los motores YGA y YGX, pero es sobrealimentado.

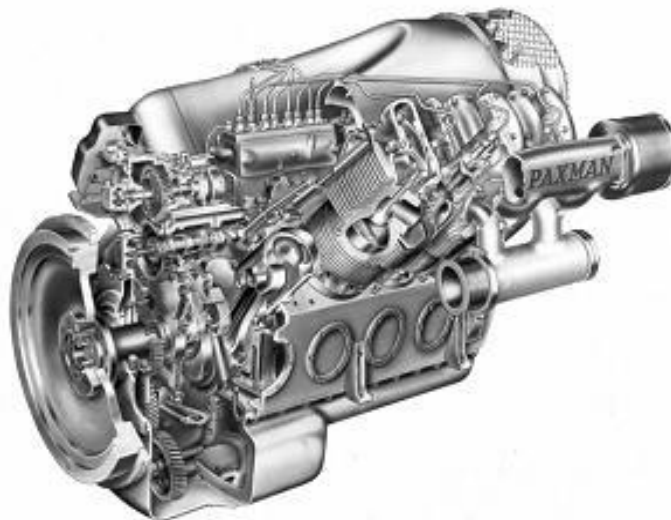
Ilustración 3: “Paxman YGX”



Fuente: “paxmanhistory.org.uk”

- Paxman YGA (1959) se trata del único motor diésel construido por Paxman que sea refrigerado por aire. {1}

Ilustración 4: “Paxman YGA”

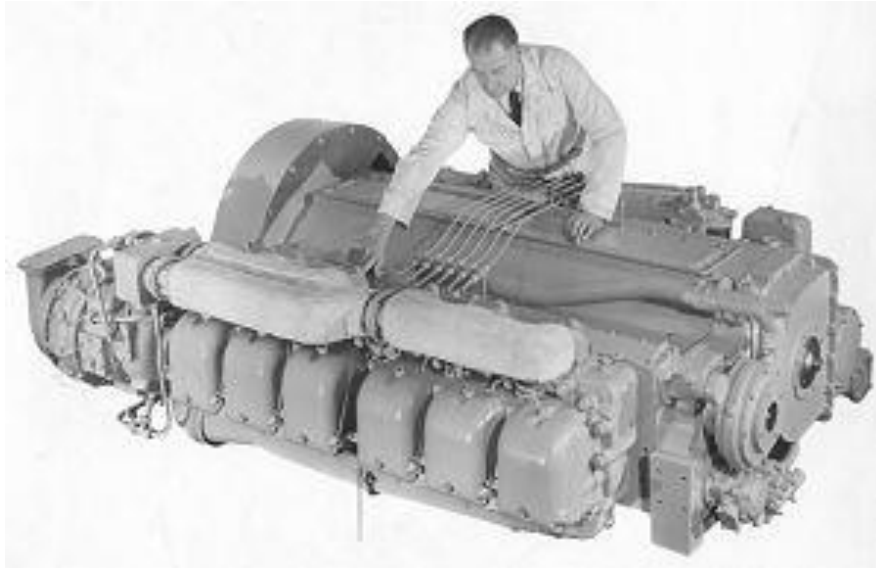


Fuente: “paxmanhistory.org.uk”

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

- Paxman ZH (1954) son 6 cilindros en horizontal, el cual se desarrolló a partir del YH, por lo que básicamente se puede decir que es medio 12 YH.

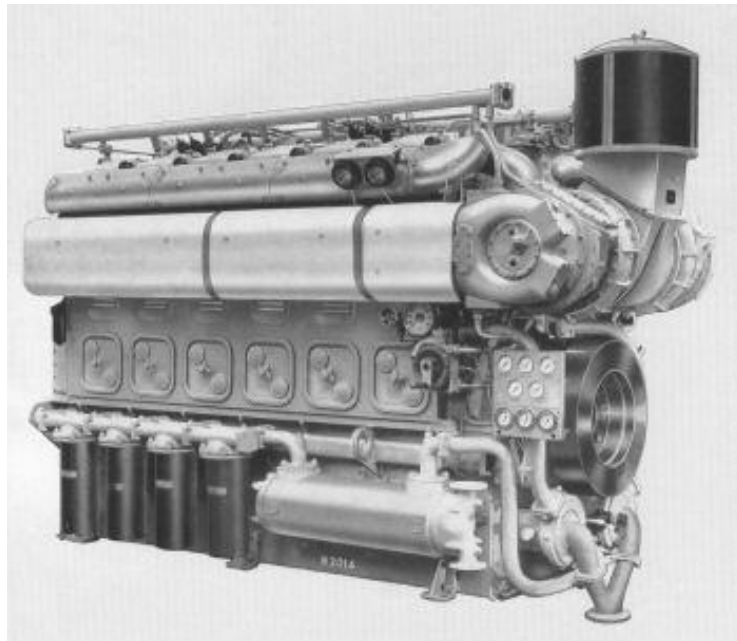
Ilustración 5: “Paxman ZH”



Fuente: “paxmanhistory.org.uk”

- Paxman YM (1959-1964 prototipo) este motor obtiene un 35% más de potencia que el YL, utilizando gran parte de la tecnología empleada en el YL. Este motor no llegó a salir al mercado, dado que no era competitivo.
- Paxman YL (1954) es el sucesor directo de los motores RX y RPL, fue desarrollado específicamente para la carga a presión con “intercooler”. {1}

Ilustración 6: “Paxman YL”



Fuente: “paxmanhistory.org.uk”

- Paxman YH (1952) se trata del primer motor de inyección directa, de alta velocidad desarrollado por PAXMAN, el cual se basó en el diseño del motor RPH.

2. Motores PAXMAN de inyección indirecta

Antes de los motores de inyección directa, llegaron los siguientes motores de inyección indirecta:

- Paxman RPB
- Paxman RPA
- Paxman S.M
- Paxman RPL
- Paxman RPH
- Paxman 12 TP y 12 TPM
- Paxman VEE RB
- Paxman 12 VEE RA
- Paxman RZ
- Paxman RXL {1}

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

- Paxman RXK
- Paxman RX y 6RXS
- Paxman RW
- Paxman RQ {1}

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

IV. METODOLOGÍA

1. Material

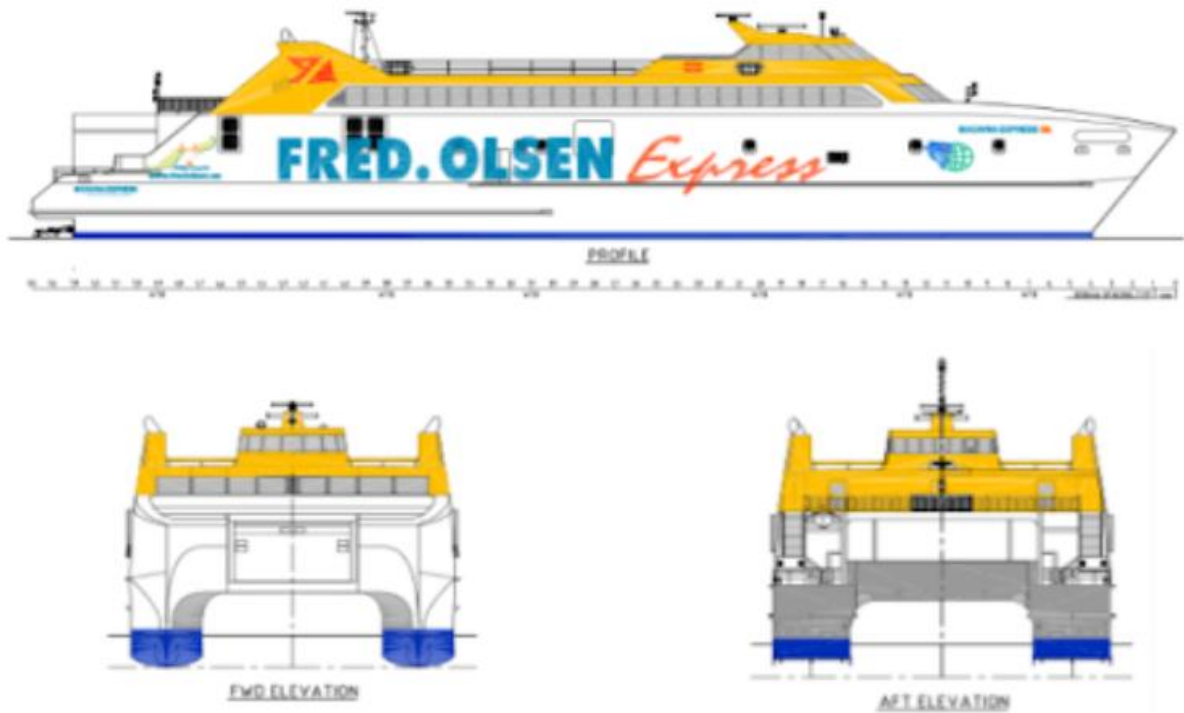
1.1 Descripción general del buque

El buque Bocayna-Express, se trata de un buque de alta velocidad mixto pasaje, construido en los astilleros de Austal, en Australia. Sus características básicas son 66,20 metros de eslora, 18,66 metros de manga, un calado de 2,182 metros y una velocidad de 31 nudos.

La línea que cubre dicho buque se trata de la segunda línea adquirida por Fred Olsen Express S.A.

Opera en Canarias desde 2003, haciendo la línea que une Corralejo con Playa Blanca en 25 minutos.

Ilustración 7: “Vista de banda de estribor, proa y popa del Bocayna Express”



Fuente: “196 Drawing Register”

IV. METODOLOGIA

Tabla 1: “Datos técnicos Fast Ferry Bocayna Express”

Características del buque	
Nombre del buque	Bocayna Express
Propietario	Fred Olsen S.A.
Número OMI	9285378
Tipo de buque	Buque de velocidad mixto pasaje
Potencia	11600 KW
Motores principales	2x18VP185 PAXMAN de 3500 KW 2x12VP185 PAXMAN de 2300 KW
Constructor	Austal ship
Tonelaje	628,32 TM
Velocidad	31 nudos
Capacidad	69 turismos o 31 turismos y 9 camiones 436 personas
Eslora total	66,20 m
Eslora línea de flotación	60,50 m
Manga	18,60 m
Puntal	5,90 m
Calado (máximo)	2,182 m

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Características del buque	
Peso muerto máximo	213,70 TM
Tripulación	11 personas

Fuente: “Datos y características del buque”

1.2 Sala de máquinas del barco

La propulsión del buque está compuesta por 4 motores, 2x18VP185 PAXMAN de 3500 KW y 2x12VP185 PAXMAN de 2300 KW a 1860 r.p.m. {4}

El sistema está compuesto por 4 water jets, cada motor está acoplado a un water jets y estos a su vez a una reductora, 2 Kamewa 90 SII para los motores de 18 cilindros y 2 Kamewa 80 SII para los de 12 cilindros. Los water jets son del tipo direccional. {5}

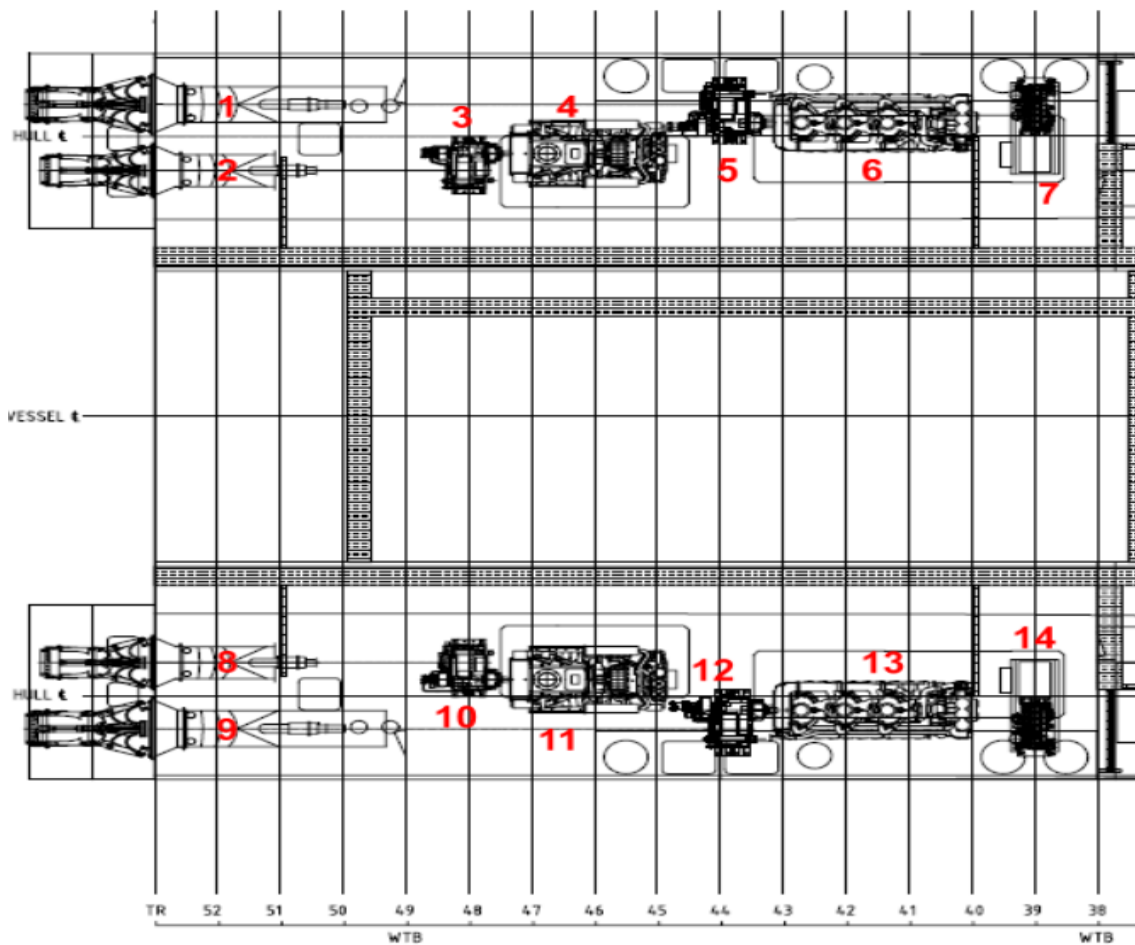
Para ayudar en las maniobras cuenta con una hélice de proa.

Cuenta con 2 motores auxiliares MAN D 2866 LXE, uno por patín de 230 kw cada uno a 1500 r.p.m. {6}

Está compuesto por un sistema de lastre formado por 3 tanques de lastre, 2 a popa uno por cada banda y otro en proa estribor, en proa babor no cuenta con tanque de lastre dado que en dicho emplazamiento se encuentra el motor de la hélice de proa y su accionamiento. El sistema de lastre con dos bombas, una por patín. {7}

IV. METODOLOGIA

Ilustración 8: “Descriptiva de sala de máquinas del Bocayna Express”



Fuente: “196 Drawing Register”

1. Water jet Kamewa 90 SII
2. Water jet Kamewa 80 SII
3. Reductora Reintjets VLJ 1130
4. MMPP PAXMAN 12VP185
5. Reductora Reintjets VLJ 2230
6. MMPP PAXMAN 18VP185

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

7. Alternador MAN D 2866 LXE
8. Water jet Kamewa 80 SII
9. Water jet Kamewa 90 SII
10. Reductora Reintjets VLJ 1130
11. MMPP PAXMAN 12VP185
12. Reductora Reintjets VLJ 2230
13. MMPP PAXMAN 18VP185
14. Alternador MAN D 2866 LXE

2. Metodología

Los medios y procedimientos empleados a la hora de adquirir los resultados del presente trabajo, se han basado en un trabajo de investigación y campo, para poder comprender los distintos equipos que componen el Bocayna Express, así como también se han consultado manuales, programas de mantenimiento (AMOS y MPM) y la experiencia personal adquirida durante mi período de embarque, como alumno de mantenimiento nocturno.

IV. METODOLOGIA

V. RESULTADOS

V. RESULTADOS

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Este trabajo se ha centrado en el estudio en profundidad de todos los mantenimientos, de los motores principales y las reductoras acopladas. El motivo por el cual se ha enfocado al estudio de estos dos sistemas, ha sido su elevada envergadura e importante interés dentro del resto de los sistemas.

Se realiza una pequeña explicación de en qué consiste cada tipo de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo.

Conjunto de trabajos realizado por horas sin importar el estado del equipo.

- Mantenimiento predictivo.

Acciones destinadas a conocer el estado de un sistema, mediante pruebas y análisis.

- Mantenimiento correctivo.

Se trata de operaciones destinadas a corregir los defectos que se encuentran en un equipo. {9}

1. Mantenimiento preventivo

Este punto se exponen los distintos equipos sujetos mantenimiento preventivo dentro del Fast Ferry Bocayna Express, desarrollando en mayor profundidad el mantenimiento preventivo de los MMPP y las reductoras de los mismos, por diferentes factores tal como ha sido expuesto en el anterior apartado se ha escogido exponer de una forma más detallada el mantenimiento de estos equipos.

La siguiente tabla muestra los distintos equipos sujetos a mantenimiento preventivo dentro del Bocayna Express:

Tabla 2: “Sistemas sujetos a mantenimiento en el Bocayna Express”

Sistemas sujetos a mantenimiento
Aire acondicionado
Bombeo de sentinas

V. RESULTADOS

Sistemas sujetos a mantenimiento
Lastre
Aire comprimido
Motores auxiliares
Hidráulica de cubierta
Maquinaria de cubierta
Servicios domésticos
Sistema eléctrico
Combustible
Bombas de sprinkler, boca de incendio y drencher
Ventiladores y ventilación
Reductoras
Hélice de proa
Aceite de lubricación
Motores principales
Sistema hidráulico
Refrigeración
Aparatos de gobierno
Ejes y sellos de ejes
Refrigeración con agua salada

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Sistemas sujetos a mantenimiento
Water jets
Puertas estancas

Fuente: "Elaboración propia"

A continuación se expone por separado el mantenimiento que se lleva a cabo para los MMPP y las reductoras:

1.1. Mantenimiento preventivo MMPP

Se presenta una tabla de los distintos mantenimientos que se llevan a cabo en los MMPP, para así poderlo ver de una manera más ilustrativa:

Tabla 3: "Mantenimientos realizados a los MMPP"

Tipo de mantenimiento	Intervalo de tiempo
100 hrs de funcionamiento	2 semanas
675 hrs de funcionamiento	675 hrs/12 meses
2250 hrs de funcionamiento	2250 hrs/24 meses
4500 hrs de funcionamiento	4500 hrs/60 meses
9000 hrs de funcionamiento	9000 hrs
18000 hrs de funcionamiento	1800 hrs
Comprobación de patas de motor	4 meses
"Survey" de patas de motor	5 años

V. RESULTADOS

Tipo de mantenimiento	Intervalo de tiempo
Medición de la desviación del cigüeñal	12 meses
"Survey" alineación del cigüeñal	5 años
"Survey" del aislante de los motores y el recubrimiento de los escapes	6 meses
"Survey" del recubrimiento de los escapes	5 años
"Overhaul" de amortiguador de vibraciones	28000 hrs
Inspección del amortiguador de vibraciones	40000 hrs
"Survey" de amortiguador de vibraciones	5 años
Test del motor	5 años
Cambio de aceite del regulador	1 año
Pre-filtro suspiro del cárter	1 año
Comprobación de ánodos circuito A/S	2 meses
"Survey" general de pistones	18000 hrs
"Survey" de culatas	5 años
"Survey" camisa de los cilindros	5 años
"Survey" pistón y biela	5 años
"Survey" muñequilla	5 años
"Overhaul" semicojinetes de bancada	18000 hrs
"Survey" semicojinetes de bancada	5 años
Reglaje de válvulas	2250 hrs

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Tipo de mantenimiento	Intervalo de tiempo
"Overhaul" inyectores de combustible	4500 hrs
"Overhaul" seguidor de leva y árbol de levas	18000 hrs
"Survey" árbol de levas	5 años
"Overhaul" bomba de combustible	9000 hrs
"Survey" bomba de combustible	5 años
"Overhaul" bomba de agua de refrigeración	9000 hrs
"Survey" bomba de agua de refrigeración	5 años
"Overhaul" bomba de agua salada	9000 hrs
"Survey" bomba de agua salada	5 años
"Survey" bomba de aceite acoplada	5 años
"Overhaul" turbocompresor	9000 hrs
"Survey" turbocompresor	5 años

Fuente: "Elaboración propia"

Seguidamente se explica cada uno de los puntos expuesto en la anterior tabla, para así comprender mejor el mantenimiento que se lleva a cabo, este mantenimiento está desarrollado a partir del MPM (Marine Plan Maintance), el cual está fundamentado en el Manual de cada equipo, para ayudar a comprender los equipos y los mantenimientos se acompañan con imágenes de los equipos y ejemplos de mantenimientos realizados:

- 100 hrs de funcionamiento. Tomar muestra de aceite y refrigerante para su análisis; drenar el agua de los filtros de combustible; lubricar el accionamiento de las clapetas de cierre aire de barrido por sobrevelocidad; comprobar el estado de

V. RESULTADOS

los filtros de aire; sustitución de filtros de cárter si la presión diferencial excede de 5mBar y comprobar presión en el cárter.

- 675 hrs de funcionamiento. Cambio de aceite del motor y filtros de aceite. Además realizar lo recogido en el mantenimiento de las 100 hrs. La capacidad de aceite de los motores de 18 es de 460 litros, mientras que la capacidad de aceite de los motores de 12 cilindros es de 310 litros. {4}

Se expone una imagen en la cual se puede ver el emplazamiento de los portafiltros de aceite.

Ilustración 9: “Portafiltro filtro de aceite”



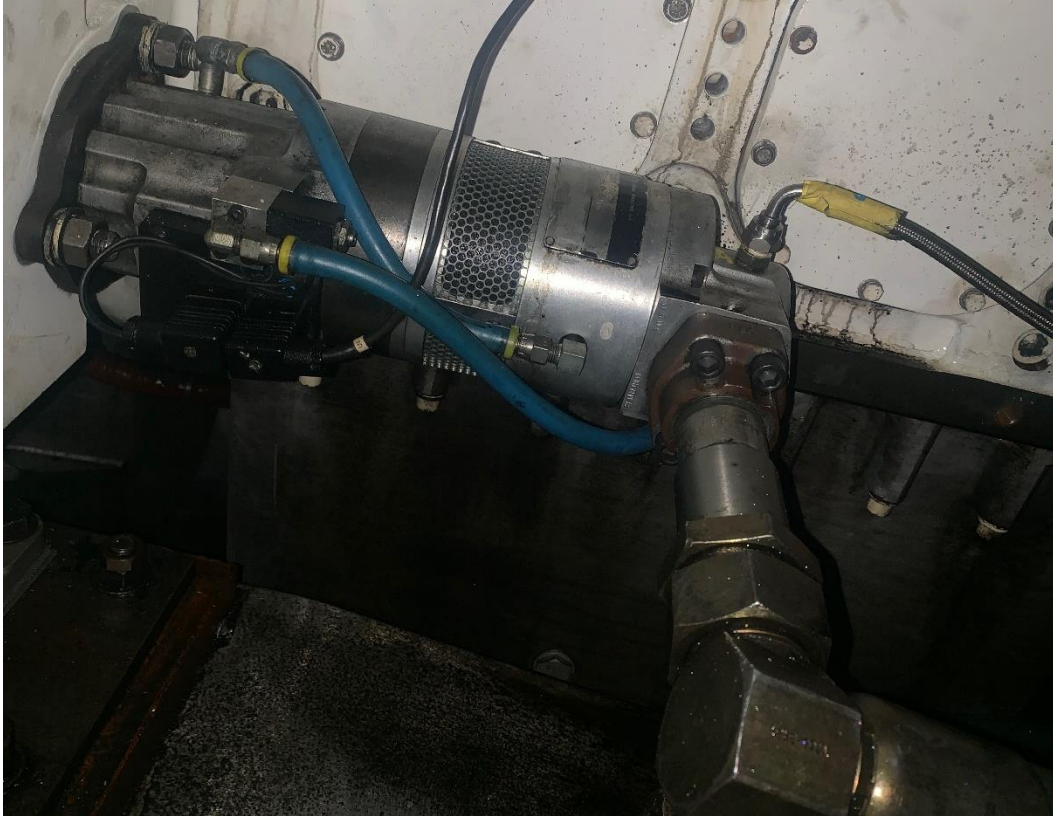
Fuente: “Elaboración propia”

- 2250 hrs de funcionamiento. Reglaje de válvulas; inspección visual de balancines; cambio de filtros de combustible; lubricar el regulador de velocidad; comprobar el estado del motor de arranque (corona dentada); revisión manguitos y tuberías y comprobar la operación bajo la condición de sobrevelocidad. Realizar también lo expuesto en el mantenimiento de las 100 hrs y 675 hrs. {4}

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Se expone una imagen de un motor de arranque de un MMPP:

Ilustración 10: “Motor de arranque MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

- 4500 hrs de funcionamiento. Reacondicionamiento de las bombas de inyección unitarias. Llevar a cabo además lo recogido en el mantenimiento de las 100hrs, 675hrs y 2250 hrs. {4}
- 9000 hrs de funcionamiento. Limpiar e inspeccionar pistones; comprobar estado de las camisas; comprobar estado del regulador de combustible; verificar el desgaste del accionamiento de la clapeta de cierre de aire de barrido por sobrevelocidad; montar álabes y eje nuevo en los turbocompresores; inspeccionar y limpiar los colectores; limpiar enfriador de aceite, enfriador de combustible; cambiar todo los cojinetes de las bielas; cambiar el aceite del regulador de velocidad y el sello del eje; reemplazar las bombas de inyección unitarias; sustituir

V. RESULTADOS

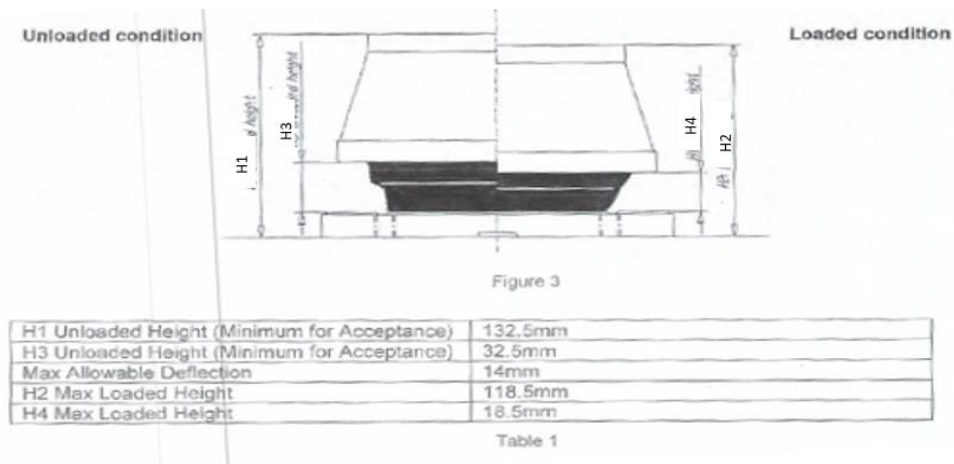
la bomba de alimentación de combustible y reacondicionar la extraída; cambiar bomba de refrigeración con agua salada y reacondicionar esta; cambiar bomba de agua dulce de refrigeración y reacondicionar la extraída; sustituir motor de arranque y reacondicionar este; verificar la presión de servicio de la válvula de alivio del sistema de aceite lubricante; comprobar las patas de los motores y alineación, registrar los datos obtenidos; revisar el resto de los equipos según sea necesario. Realizar también los mantenimientos de las 100hrs, 675hrs, 2250 hrs y 4500 hrs.

- 18000 hrs de funcionamiento. Se trata de una revisión completa del motor y de sus equipos auxiliares donde se incluyen los mantenimientos de las 100hrs, 675hrs, 2250 hrs, 4500 hrs y 9000 hrs.
- Comprobación de patas de motor. Comprobar patas de acuerdo a los requerimientos del fabricante. Para llevar a cabo la medición de las patas se llevan a cabo 3 medidas, se mide con un calibre la altura que hay desde la bancada hasta la parte superior de la pata tal como se puede ver en la ilustración (H2); se comprueba la altura existente en la parte de goma de la pata (H4), para llevar a cabo esta medida la pata cuenta con un resalto en la parte inferior de la pata, desde el cual de apoyarse el calibre y el otro extremo del calibre apoyará donde termina la goma; además se introduce una galga por las cajeras que tiene que tiene en su parte inferior, debe dar 4mm, si da menos se corre el riesgos de la pata no esté realizando su función. En la tabla se aprecian las medidas que ha de tener tanto para la condición en la que está la pata cargada como en la condición de tener la pata descargada.

Actualmente uno de los motores cuenta con un problema de vibraciones y durante una medición se detectó que una de las patas estaba hundida, al realizar la medición con la galga dio 2,4 mm. Por este problema de vibraciones y viendo lo ocurrido en dicha pata se están llevando a cabo medidas cada dos días de todas las patas de este motor, para poder así llevar un control de lo ocurrido. {4} Se expone una imagen en la cual se exponen los valores admisibles en la medición de las patas:

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Ilustración 11: “Valores admisibles de las patas”



Fuente: “Manual Paxman VP185 Diesel Engine”

Se muestra una imagen de una pata desde su parte inferior, desde la cual se puede observar las cajas que se miden con las galgas para comprobar que la pata no apoya directamente sobre la bancada, y de esta forma la pata es capaz de absorber las vibraciones:

Ilustración 12: “Vista inferior de una pata de los MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

V. RESULTADOS

- "Survey" de patas de motor. Se le mostrará al inspector el registro de las mediciones efectuadas en las patas. Para llevar a cabo el registro de las mediciones las patas actualmente se lleva a cabo mediante una tabla de excel, en la cual se apunta el tipo de pata porque existen dos tipos de patas las 314SH50 y las 314SH55 este modelo se monta la popa de los motores; se coge la altura de H2, H4 y la medición con galga en la cajera; además se saca una foto de cada pata y se adjunta en la columna de estado para así poder llevar un seguimiento del estado en el que se encuentra.

Se expone una tabla a modo de ejemplo de lo anteriormente descrito, en este caso del SOME:

Tabla 4: "Registro de medición de las patas de los MMPP"

19/04/2019	TIPO	H2	H4	GALGA	ESTADO
SOME PR-ER	314SH50	126,2	22,2	4	
SOME PP-ER	314SH55	124,8	22,7	3,5	
SOME PP-BR	314SH55	125	24,3	3,8	
SOME PR-BR	314SH50	125	24	4	

Fuente 13: "Elaboración propia"

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Se muestra una imagen de una de las patas que se tienen de respeto a bordo:

Ilustración 13: “Pata de motor”



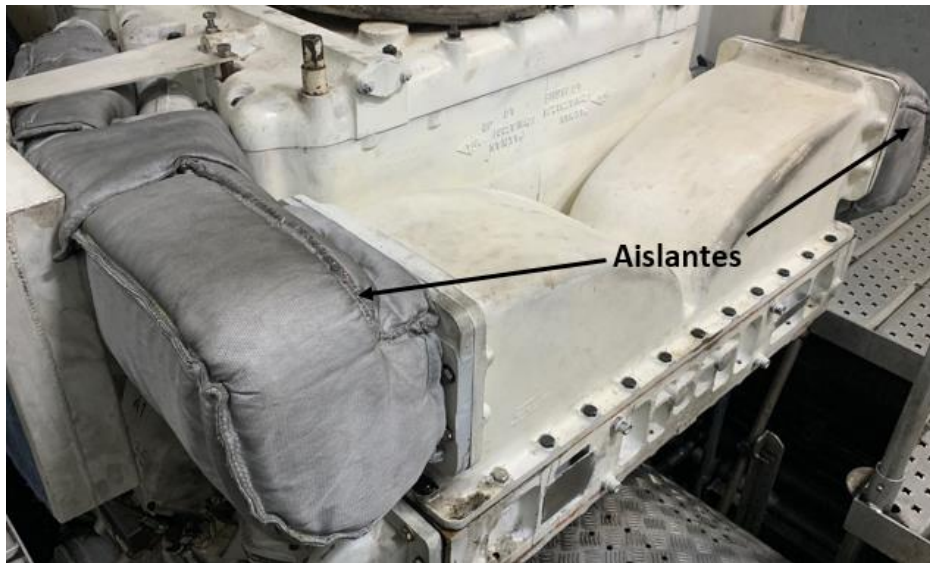
Fuente: “Elaboración propia”

- Medición de la desviación del cigüeñal. Las desviaciones del cigüeñal se tomarán según sea necesario después de cada varada.
- "Survey" alineación del cigüeñal. Se le mostrará al inspector el registro de los valores de aleaciones de cigüeñal.
- Inspección del aislante de los motores y el recubrimiento de los escapes. Se inspeccionarán los aislantes de motor y escape, en busca de huecos, daños o piezas perdidas. {4}

Se muestra una imagen en la cual se observar los aislantes de unos de los motores:

V. RESULTADOS

Ilustración 14: “Aislante de los motores”



Fuente: “Elaboración propia”

- "Survey" del recubrimiento de los escapes. Los aislantes del escape serán revisados por el inspector. {4}

Se muestra una imagen en la cual se pueden ver los aislantes de los escapes de los MMPP:

Ilustración 15: “Aislantes de los escapes de los MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

- "Overhaul" de amortiguador de vibraciones. En primer lugar se ha desmontar el amortiguador, luego se extrae la parte interna de la externa sin desarmar la parte externa del amortiguador, se limpian todas las piezas especialmente los orificios, se deben reemplazar todos los anillos de sello de goma accesibles y reemplazar todas las arandelas de seguridad de los pernos desmontados.
- Inspección del amortiguador de vibraciones a las 40000 hrs. Esta inspección se llevará a cabo Geislinger.
- "Survey" de amortiguador de vibraciones. Se deberán presentar para que el inspector pueda examinarlos.
- Test del motor. Las paradas del motor y alarmas del motor han de ser probadas en presencia del inspector. {4}

Se muestra una imagen de los presostatos y transmiter de los motores:

Ilustración 16: "Presostatos y transmiter MMPP"



Fuente: "Elaboración propia"

V. RESULTADOS

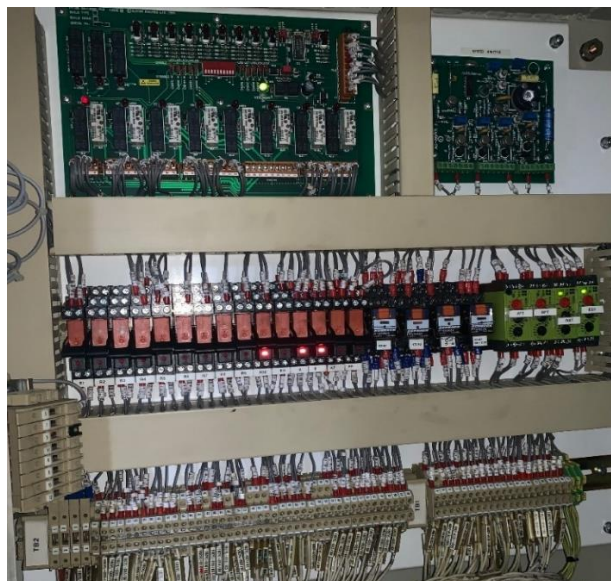
1. Presión diferencial antes de filtro de aceite
2. Presión agua dulce
3. Presión agua salada
4. Presión combustible
5. Presión aire de barrido
6. Presión diferencial después filtro de aceite
7. Presión de aceite
8. Presión aire de arranque

La diferencia que existe entre un transmiter y un presostato, es que el presotato da una señal en mV, mientras que un transmiter da una señal en mA.

Para llevar a cabo la prueba de una parada por sobrevelocidad se puentea en el cuadro eléctrico del control de propio motor. Cuando se lleva a cabo la parada esta se ha producido debido a que se corta el combustible y se cierran las clapetas de los colectores de aire de barrido.

Se expone una imagen del cuadro eléctrico:

Ilustración 17: “Cuadro eléctrico MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Se muestra una imagen en la cual se puede ver la ubicación de las clapetas que cierran los colectores del aire de barrido, para llevar a cabo el cierre se energiza un imán el cual permite que la clapeta cierre:

Ilustración 18: “Clapeta de cierre de los colectores del aire de barrido de los MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

- Cambio de aceite del regulador. El aceite empleado en los reguladores es el Castrol HLX 40. Tiene una capacidad e 1 litro de aceite. {4}

Se muestra a continuación uno de los reguladores de velocidad que se encuentran a bordo:

V. RESULTADOS

Ilustración 19: “Regulador de velocidad MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

El regulador de velocidad es el encargado de tal como su nombre indica de regular la cantidad de combustible en cada momento, se lleva a cabo por un accionamiento electrónico en este caso. Además de reguladores de velocidad electrónicos existen reguladores de velocidad neumáticos, hidráulicos, hidráulicos isócronos, hidráulicos isócronos con caída de la velocidad ajustable, hidráulico con caída de la velocidad permanente y mecánicos.

Gracias a este elemento se puede contar con unas revoluciones constantes en el motor, además cuenta con una función de seguridad ya que regula la velocidad máxima que puede alcanzar dicho motor. Para mantener unas revoluciones constantes actúa directamente sobre las cremalleras.

Los reguladores electrónicos llevan un controlador PID, el cual cuenta con un sensor

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

de velocidad el cual compara la velocidad de consigna con la velocidad real del motor, corriéndola si fuera necesario. [10]

- Pre-filtro suspiro del cárter. Limpiar y/o cambiar el prefiltro del suspiro del cárter, una vez enfriado el aceite que llega hasta el filtro este vuelve al carter. [4]

Se muestran dos imágenes en la cual se puede ser el emplazamiento de los portafiltros y los propios filtros, este ejemplo es de uno de los motores de 18 cilindros, en los motores de 12 cilindros el porta filtro está situado sobre el propio motor, uno por cada banda. {4}

Ilustración 20: “Portafiltro suspiro cárter MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

V. RESULTADOS

Ilustración 21: “Filtro suspiro cárter MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

- Comprobación de ánodos circuito A/S. Retirar los ánodos para revisarlos y sustituirlos si fuera necesario.
- Revisión general de pistones. Se deben limpiar completamente todos los componentes; examinar los pistones y anillos en busca de daños por fricción, calor o corrosión; medir los espacios entre los anillos del pistón.
- "Survey" de culatas. Se deben retirar las tapas de las culatas para que así puedan ser revisadas las culatas por el inspector, durante una inspección de culatas lo que se busca es que esta no este fogueteada, que las válvulas estén en buen estado, que el asiento de las misma este en óptimas condiciones, el estado de los muelles y una inspección visual general de galerías y cuerpo de la propia culata. {4}

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Se exponen dos imágenes de una inspección de culatas llevada a cabo a bordo, en una se puede ver la parte inferior donde asientan las válvulas y en la otra se observan las válvulas y muelles, teniendo carbonilla las válvulas, para llevar a cabo la limpieza de los asientos y asegurarse de un buen asiento, se esmerila con pasta de esmeril:

Ilustración 22: “Parte inferior de una culata de un MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

V. RESULTADOS

Ilustración 23: “Válvulas y muelles de una culata de un MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

- "Survey" camisa de los cilindros. Destapar los cilindros para que puedan ser inspeccionados por el inspector presente. Lo se busca durante la inspección de una camisa es que esta no esté arañada y que conserve el bruñido. {4}

Ahora se muestra una imagen de una inspección de camisas llevada a cabo bordo, en la cual se puede ver que la camisa cuenta con unos arañazos y que conserva bruñido

Ilustración 24: “Camisa MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

- "Survey" pistón y biela. Mostrar pistón y biela para que puedan ser examinados por el inspector asistente. Durante la inspección de un pistón y biela se mira que el huelgo de los aros sea el adecuado, que estos estén en buen estado, se comprueba que la cabeza del pistón no este fogueteada, que el estado del bulón sea óptimo y los circlip se encuentren en su posición y en buen estado. {4}
Se muestra una imagen de un pistón y biela reacondicionado:

V. RESULTADOS

Ilustración 25: "Pistón y biela"



Fuente: "Elaboración propia"

- "Survey" muñequilla. Abrirlo para que pueda ser inspeccionado por el inspector asistente. Durante este tipo de inspección se observa que la muñequilla no presente desgaste anormales y que la lubricación se óptima para ello se pone en funcionamiento la bomba de prelubricación.
- "Overhaul" semicojinetes de bancada. Se deben limpiar completamente todos los componentes; medir muñones y los pasadores de manivela en el cigüeñal.
- "Survey" semicojinetes de bancada. Presentarlos para que puedan ser revisados por el inspector asistente. {4}
- Reglaje de válvulas. Se debe retirar la tapa de balancines; se ha de quitar el tapón

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

que está a proa del motor por su lado de estribor en los motores de 18 cilindros y por babor en los motores de 12 cilindros; se gira el motor hasta que aparezca el número y letra del cilindro donde se ha retirado dicho tapón; se debe aflojar la tuerca plana que bloquea al ajustador del balancín, se introduce una galga de 0,20mm para la admisión y 0,51mm para el escape, entre el espacio que queda entre el balancín y la parte superior de la pieza puente, ahora que está desbloqueado el ajustador del balancín se puede corregir el huelgo apretando o aflojando el tornillo del ajustador con un destornillador; una vez ajustado se vuelve a bloquear el ajustador apretando la tuerca plana. {4}

Se muestra la imagen de un reglaje de válvulas llevado a cabo a bordo:

Ilustración 26: “Reglaje de válvulas MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

V. RESULTADOS

- "Overhaul" inyectores de combustible. Se debe retirar la tapa de balancines en primer lugar; se aflojan las tuercas planas que bloquean los ajustadores de los balancines; se aflojan los balancines y se levanta el conjunto; se desconecta el enlace articulado de la cremallera del inyector; se afloja el inyector con el tornillo que tiene en su parte inferior. Para su instalación en primer lugar se debe limpiar bien la camisa del inyector; se coloca en el inyector y su sitio y se aprieta el tornillo que lo asegura en su lugar a 149 Nm tal como indica el manual, a continuación se ajusta al cremallera del inyector; se vuelven a colocar los balancines; se realiza el reglaje del inyector; por último se vuelve a colocar la tapa de balancines.

Se muestra la imagen de un inyector sustituido abordo:

Ilustración 27: "Inyector MMPP"



Fuente: "Elaboración propia"

- "Overhaul" seguidor de leva y árbol de levas. Se deben limpiar todos los componentes, cerciorándose de que los orificios por los cuales circula el aceite están limpios; se han de examinar todos los diámetros tanto interiores de todos los componentes en busca de marcas, todas las piezas dañadas han de ser reemplazadas; si existe demasiado desgaste en los seguidores de leva se debe sustituir por unos nuevos; se deben examinar el plato adaptador para comprobar que los dientes tengan ángulos afilados, en caso de tener lados redondeados deberán ser sustituidos. {4}

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

- "Survey" árbol de levas. El árbol de levas se abrirá para que pueda ser inspeccionado por el inspector asistente. Se comprueba que no existe desgastes anormales, su funcionamiento y una inspección completa.
- "Overhaul" bomba de combustible. Retirar la bomba de combustible para su reacondicionamiento. Esta bomba va acoplada al motor y recibe el movimiento del propio motor. {4}

Se muestran unas imágenes de una bomba de combustible acoplada retirada del SOME:

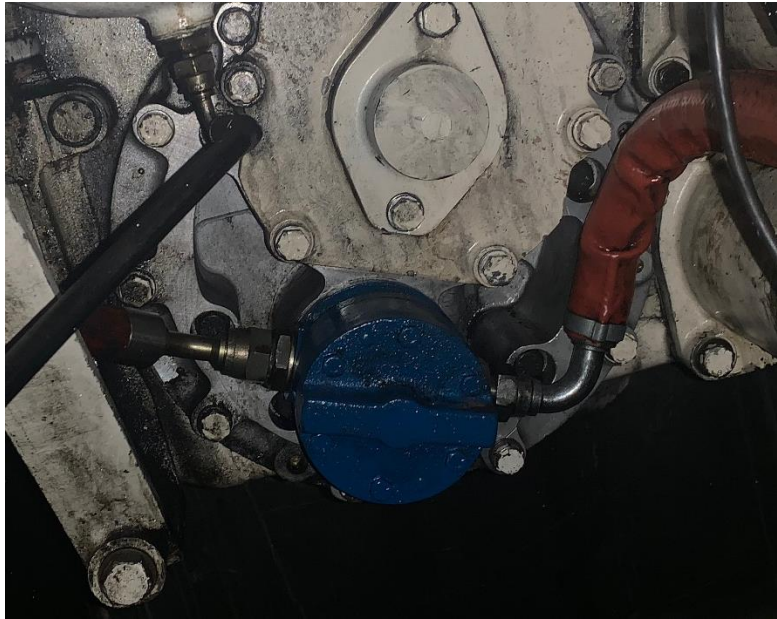
Ilustración 28: “Bomba de combustible acoplada retirada de MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

V. RESULTADOS

Ilustración 29: “Bomba de combustible acoplada MMPP”

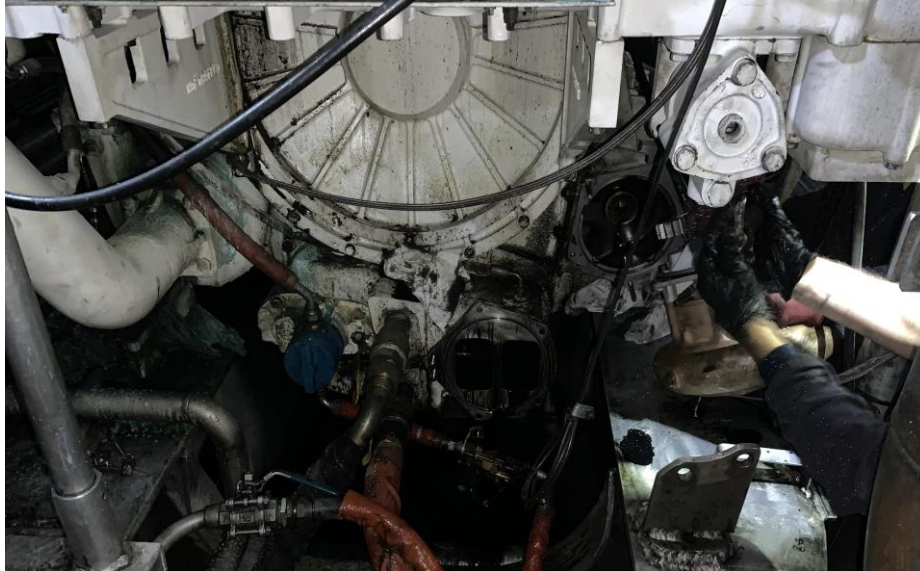


Fuente: “Elaboración propia”

- "Survey" bomba de combustible. Se debe abrir y probar la bomba según las exigencias del inspector asistente. Se busca que la bomba no tenga pérdidas, que esté en buen estado, que no tenga piezas dañadas ni desgastes exceso.
- "Overhaul" bomba de agua de refrigeración. Retirar la bomba y reacondicionarla.
- "Survey" bomba de agua de refrigeración. Explorar y probar según las exigencias del inspector.
- "Overhaul" bomba de agua salada. Se debe retirar la bomba para reacondicionarla, este mantenimiento se lleva a cabo aproximadamente a las 9000hrs de funcionamiento. {4}

Se muestran dos imágenes de un ejemplo práctico que se ha tenido abordo referente al "Overhaul" bomba de agua salada:

Ilustración 30: “Operación de retirada de bomba A/S”



Fuente: “Elaboración propia”

Ilustración 31: “Bomba retirada del MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

V. RESULTADOS

- "Survey" bomba de agua salada. Abrir y probar la bomba según los requerimientos del inspector. Se comprueba el estado del impulsor, el estado del sello, que no exista corrosión y una inspección visual del resto de la bomba.
- "Suervey" bomba de aceite acoplada. Se debe probar la bomba en presencia del inspector. Se comprueba que el impulsor no esté dañado, que no existan pérdidas y que retén esté en buen estado.
- "Overhaul" turbocompresor. Se retira, montando uno nuevo o reacondicionado y el extraído se reacondiciona para futuros mantenimientos.
- "Survey" turbocompresor. Se debe explorar y probar el turbo compresor según los requerimientos del inspector, lo que se busca durante la inspección de un turbocompresor es que los alavés no estén dañados, tenga un huelgo dentro de tolerancias, que no exista perdidas de aceite y que los alabes no rosen con la carcasa. {4}

Se expone una imagen de un turbo compresor de uno de los motores:

Ilustración 32: "Turbo compresor MMPP"



Fuente: "Elaboración propia"

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

1.1.1. Overhaul PIME

Durante mi período de embarque tuvo lugar el overhaul del PIME, un “overhaul” significa llevar a cabo un repaso general de un motor, en el tiempo que pasó desde que se realizó el mantenimiento hasta la presentación del presente trabajo no llegó el informe realizado por MAN, en el cual se exponen los trabajos realizados, así como los repuestos utilizados, por lo que en este trabajo no se pueden incluir tampoco los materiales utilizados.

A continuación se exponen unas imágenes de la operación de la colación del motor en el barco tras la realización del “overhaul” pertinente:

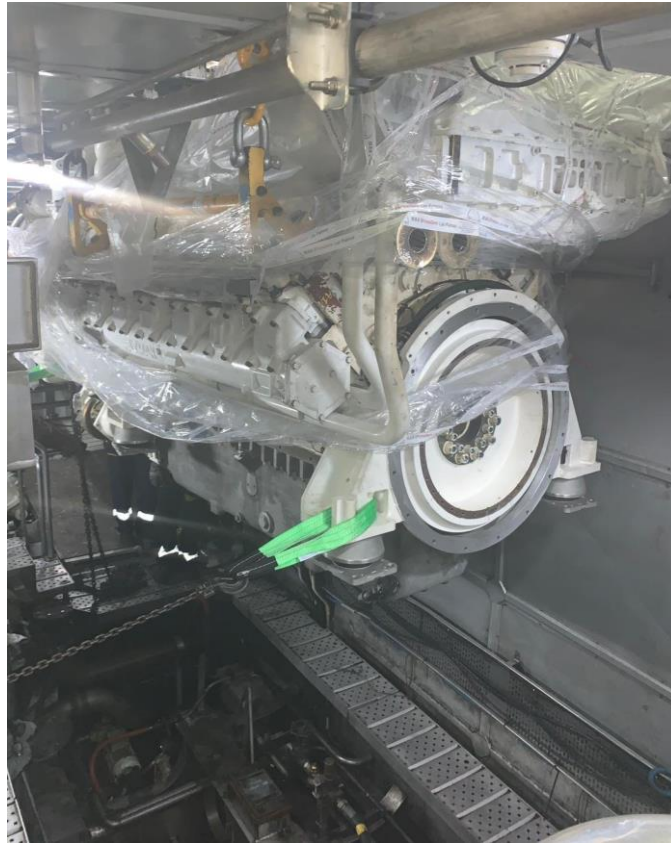
Ilustración 33: “Operación de arriado PIME (1)”



Fuente: “Elaboración propia”

V. RESULTADOS

Ilustración 34: “Operación de arriado PIME (2)”



Fuente: “Elaboración propia”

1.2. Mantenimiento preventivo reductoras

Se muestra una tabla de todos los mantenimientos que se llevan a cabo dentro de las reductoras:

Tabla 5: “Mantenimientos reductoras”

Tipo de mantenimiento	Intervalo de tiempo
Mantenimiento de 1000 hrs	1000 hrs/6 meses

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Tipo de mantenimiento	Intervalo de tiempo
Mantenimiento de 4000 hrs	4000 hrs/24 meses
Mantenimiento de 20000 hrs	20000 hrs
Comprobación de ánodos	2 semanas
“Survey” mensual	1 mes
“Survey” de enfriador de aceite	5 años
“Survey” de bomba de aceite	5 años
“Survey” de carcasa, bancada y pernos	5 años
“Survey” de acoplamiento/embrague	5 años
“Survey” del volante principal, eje y cojinetes	5 años
“Survey” del piñón, del eje y rodamientos	5 años
“Survey” de los dientes del volante	5 años

Fuente: “Elaboración propia”

A continuación se desarrollan cada uno de los puntos expuestos en la tabla anterior, para así poder comprender mejor la forma de llevar a cabo el mantenimiento:

- Mantenimiento de 1000 hrs. Cambiar el aceite; los filtros de aceite; inspeccionar los lodos de aceite en busca de residuos metálicos. El aceite utilizado es el HLX40. La capacidad de aceite de las reductoras VLJ2230 es de 150 litros, mientras que las VLJ1130 tienen una capacidad de aceite de 100 litros.

La reductora cuenta con dos filtros de aceite uno en funcionamiento y otro en “standby” cuando se cambia un filtro, se pone en funcionamiento el que estaba antes en “standby”. {8}

V. RESULTADOS

Se muestra una imagen del porta filtro, este caso el filtro que se encuentra en servicio es el de la izquierda, por lo tanto el de la derecha está en “standby”:

Ilustración 35: “Porta filtros de aceite de la reductora”



Fuente: “Elaboración propia”

- Mantenimiento de 4000 hrs. Revisar la bancada; comprobar la conexión hacia el motor y hacia el water jet y los pernos de la carcasa intermedia; inspeccionar intercambiador de calor en busca de fugas y cambiar juntas si es necesario; comprobar el funcionamiento de la válvula de control actuadora; renovar el filtro de la válvula acumuladora de presión. Además realizar lo expuesto en el mantenimiento de las 1000 hrs.
- Mantenimiento de 20000 hrs. Revisar ejes y cojinetes en busca de daños; comprobar soportes; volante y dientes del piñón del eje; comprobar el distribuidor de aceite; revisar manómetros; limpiar completamente la reductora; También llevar a cabo el mantenimiento de las 1000 hrs y 4000 hrs. {8}

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Las siguientes piezas serán reemplazadas:

- Discos de embrague.
 - Anillos rectangulares, los tornillos y los resortes de retroceso para el pistón anual. {8}
 - Juntas tóricas.
 - Anillos de presión. .
 - Todos los tornillos de la caja del embrague.
 - Rodamientos antifricción.
 - Tornillos de empuje y muelles.
 - Sellos del eje.
 - Elementos de filtro de aceite y juntas.
 - Bomba de aceite.
 - Junta de inspección de juntas.
 - Juntas tóricas para la válvula de control y la válvula de acumulación de presión
 - Mangueras flexibles.
-
- Comprobación de ánodos. Comprobar el estado de los ánodos de sacrificio del enfriador de la reductora. Cuando se comprueban los ánodos aunque le quede material no quiere decir que esté trabajando correctamente, porque puede que el agua no llegue a estar en contacto con el ánodo por la forma del emplazamiento en el cual se coloca el ánodo. {8}

V. RESULTADOS

Ilustración 36: “Ubicación de los ánodos de la reductora”



Fuente: “Elaboración propia”

Ilustración 37: “Ánodos de la reductora”



Fuente: “Elaboración propia”

- “Survey” mensual. Revisar bancada; pernos de anclaje y amarre; conexionado de tubería; amarre de platos de entrada y salida; PTO; búsqueda de grietas y/o signos de fatiga en el material. {8}

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Se muestra una imagen de la bancada de la reductora por una de las bandas, esta apoya sobre una resina que le ayuda a absorber las vibraciones:

Ilustración 38: “Bancada de la reductora”



Fuente: “Elaboración propia”

- “Survey” de enfriador de aceite. Abrir el enfriador de aceite atendiendo a las demandas del inspector. {8}

Se expone una imagen del enfriador de aceite, se trata de un haz tubular por donde el agua salada circula por el interior de los tubos y el aceite se encuentra por fuera llevándose a cabo un intercambio de temperatura:

V. RESULTADOS

Ilustración 39: “Enfriador de aceite de la reductora”



Fuente: “Elaboración propia”

Durante la inspección de un intercambiador de calor lo que se inspecciona, es que los tubos no estén picados ni obstruidos, además se revisa el estado de las juntas tóricas.

- “Survey” de bomba de aceite. La bomba será revisada por el inspector.
- “Survey” de carcasa, bancada y pernos. La reductora se abrirá para que sea revisada por parte del inspector.
- “Survey” de acoplamiento/embrague. La reductora se abrirá para que sea revisada por parte del inspector.
- “Survey” del volante principal, eje y cojinetes. La reductora se abrirá para que sea revisada por parte del inspector.
- “Survey” del piñón del eje y rodamientos. La reductora se abrirá para que sea revisada por parte del inspector.
- “Survey” de los dientes del volante. La reductora se abrirá para que sea revisada por parte del inspector. Se comprueba el estado del mismo, que no existan dientes partidos y/o desgastes anormales. {8}

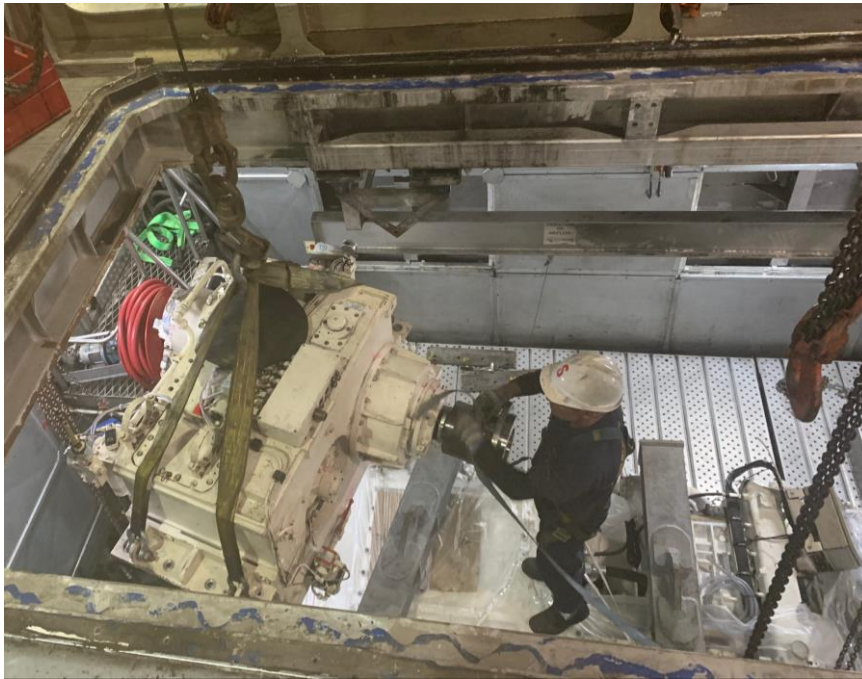
1.2.1. Revisión reductora PIME

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

La reductora del PIME se retiró del buque, para llevar a cabo un revisión completa, como sucede con el PIME durante la elaboración del presente trabajo no se recibió la pertinente información en la cual se indica el trabajo realizado. Durante la operación de extracción de la reductora se rompió la resina de la bancada, por lo antes de la alineación se procedió a realizar una nueva base con resina.

A continuación se expone una imagen de la operación de arriado de la reductora:

Ilustración 40: “Operación de arriado de la reductora del PIME”

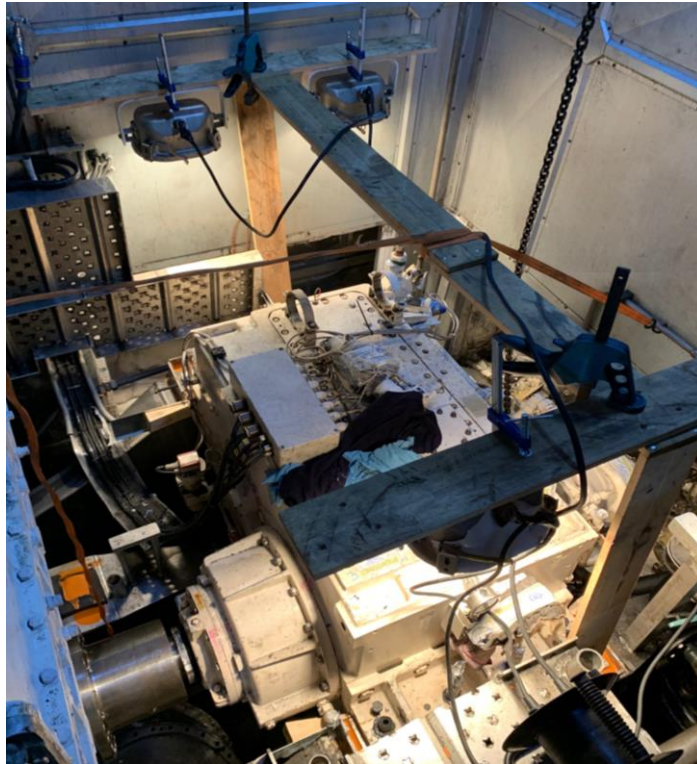


Fuente: “Elaboración propia”

Se expone una imagen en la cual se puede ver cómo se llevó a cabo el secado de la resina de la bancada de la reductora:

V. RESULTADOS

Ilustración 41: “Secado de resina de la bancada de la reductora”



Fuente: “Elaboración propia”

2. Mantenimiento predictivo

Dentro del mantenimiento predictivo que se lleva a cabo a bordo se encuentra el análisis de aceite tanto de los motores principales como de las reductoras, también se encuentran los análisis de agua de los motores tanto el que se envía a tierra para ser analizado como el que se analiza semanalmente a bordo. A continuación se desglosan estos mantenimientos predictivos para así comprender mejor como se realiza y algunos ejemplos prácticos de estos análisis.

2.1. Análisis de aceite de los MMPP

En este apartado se expone un ejemplo de análisis de aceite de los motores principales llevado a cabo por CAREMAX OILMONITOR el pasado el 12 de enero de 2019, en este tipo de análisis se reportan los siguientes aspectos:

- Viscosidad. Mide la resistencia de un líquido a fluir.

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

- Punto de inflamación cerrado. Comprobar la dilución de combustible en el aceite. Una disminución del punto de inflamación es generalmente una indicación de la entrada de combustible que ha contaminado el lubricante.
- Insolubles. Se trata de una prueba que mide la contaminación de sólidos totales en un lubricante como el hollín de combustión, la suciedad, los productos de oxidación y los residuos metálicos.
- Número base. Es una medida de la alcalinidad de reserva de un aceite de motor y su capacidad para neutralizar ácidos dañinos.
- Número de ácido. Analiza el acidez del aceite. Ciertos aceites tienen un nivel de acidez inherente relacionado con su química aditiva. El aumento de la acidez puede ser indicativo de la presencia de ácidos orgánicos derivados de la oxidación del aceite.
- Número de ácido fuerte. Indica la presencia de acidez inorgánica de los productos de combustión que encuentran en el cárter. El índice de ácido fuerte debe ser $<0.02 \text{ mgKOH / g}$.
- Agua. El porcentaje (en masa) de la contaminación del agua suspendida / emulsionada.
- Índice PQ. Muestra la cantidad de residuos de desgaste ferroso en la muestra.
- Asfaltenos. Se trata una indicación de los componentes derivados del combustible pesado, de la entrada de combustible crudo y / o los productos de la combustión.
- Oxidación IR. Determina la oxidación por el cambio en la estructura molecular que ocurre durante el proceso de envejecimiento de los aceites.
- Conteo de partículas cuantifica. El nivel de contaminación de partículas por mililitro de fluido en tres tamaños: $4\mu\text{m}$, $6\mu\text{m}$ y $14\mu\text{m}$. El código ISO 4406 se expresa en 3 números. {11}

Además también se informa del contenido en PPM de los metales que se encuentran dentro del aceite, los metales de los que se informa son metales de gran interés como aluminio que puede ser indicativo de un mal funcionamiento o una pieza defectuosa. {11}

El aceite empleado por estos motores es el HLX 40 de Castrol. En los análisis reportados también se expone un histórico para ver la evolución del mismo. Se expone

V. RESULTADOS

una tabla para poder ver las características principales con las que cuenta el aceite Castrol HLX 40:

Tabla 6: “Datos técnicos del aceite HLX 40”

HLX 40	
Densidad relativa a 15°C	0,9 g/ml
Viscosidad cinemática a 100°C	14.0 mm ² /s
Número SAE	40
TBN	13,5 mg KOH/g
Punto de inflamación	244
Punto de fluidez	-18

Fuente: krakenmarine.es

A continuación se exponen unas tablas con los resultados de los análisis de cada uno de los motores. Los resultados del análisis de los motores POME, SOME y SIME indican que el aceite puede continuar utilizándose. Los parámetros principales están en valores normales, no existe evidencia de contaminantes presentes. El nivel de alcalinidad residual (BN) es suficiente para proporcionar una correcta protección anticorrosiva y detergente. El contenido de residuos metálicos está dentro de valores aceptables. Por otro lado los resultados de los análisis del PIME indican que su uso es adecuado para un tiempo limitado, se muestra un “Flashpoint” reducido lo que indica la entrada de combustible en el aceite. Los contenidos de desgaste metálicos son aceptables. Se observa una acumulación de sodio la cual puede ser debida a una fuga en el sistema de refrigeración del motor. {11}

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

2.1.1. Análisis de aceite MMPP POME

Tabla 7: “Análisis de aceite MMPP POME”

Sample Ref.	12-Jan-19 SV002115	16-Dec-18 SV000268	14-Nov-18 SU019932	13-Oct-18 SU018591	15-Sep-18 SU016459	17-Aug-18 SU014713
Lubricant Hours	613	397	817	479	213	290
Rating	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BN (mgKOH/g)	10.1	10.8	11.7	9	10.2	11.1
Insolubles (%wt)	0.68	0.57	0.32	0.81	0.51	0.56
Water (%mass)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Flash Point (°C)	> 190	> 190	> 190	> 190	> 190	> 190
KV@100°C (cSt)	12.2	12.1	12.9	12.4	12.7	12.7
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	5	3	2	2	2	3
Chromium (Cr)	0	1	0	0	0	0
Copper (Cu)	17	18	6	21	12	20
Iron (Fe)	10	10	4	12	8	14
Lead (Pb)	0	0	0	2	1	4
Nickel (Ni)	0	0	0	0	0	0
Silicon (Si)	4	5	4	5	4	8
Sodium (Na)	60	64	24	4	3	5
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	0
Vanadium (V)	0	0	0	0	0	0
Antimony (Sb)	0	0	0	0	0	0

Fuente: “CAREMAX OILMONITOR”

2.1.2. Análisis de aceite MMPP PIME

Tabla 8: “Análisis de aceite MMPP PIME”

Sample Ref.	12-Jan-19 SV002116	16-Dec-18 SV000265	14-Nov-18 SU019929	13-Oct-18 SU018592	15-Sep-18 SU016458	17-Aug-18 SU014714
Lubricant Hours	250	617	312	675	437	175
Rating	⚠	✓	⚠	⚠	⚠	⚠
BN (mgKOH/g)	11.2	10.1	10.5	8.9	10.1	11.5
Insolubles (%wt)	0.37	0.78	0.64	0.87	0.64	0.36
Water (%mass)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.11	0.06	< 0.05
Flash Point (°C)	185	190	185	> 190	185	> 190
KV@100°C (cSt)	13.6	11.9	11.7	11.7	11.6	12.4
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	3	2	2	2	2	3
Chromium (Cr)	0	1	0	2	1	0
Copper (Cu)	15	53	37	50	39	26
Iron (Fe)	8	16	9	16	13	10
Lead (Pb)	0	2	1	4	2	6
Nickel (Ni)	0	0	0	0	0	0
Silicon (Si)	7	10	7	8	6	5
Sodium (Na)	270	309	157	217	177	208
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	0
Vanadium (V)	0	0	0	0	0	0
Antimony (Sb)	0	0	0	0	0	0

Fuente: “CAREMAX OILMONITOR”

V. RESULTADOS

2.1.3. Análisis de aceite MMPP SOME

Tabla 9: “Análisis de aceite MMPP SOME”

Sample Ref.	12-Jan-19 SV002114	16-Dec-18 SV000267	14-Nov-18 SU019930	15-Sep-18 SU016460	17-Aug-18 SU014711	14-Jul-18 SU012984
Lubricant Hours	252	612	304	464	283	725
Rating	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BN (mgKOH/g)	11.1	10.3	11	10.5	12.5	11.6
Insolubles (%wt)	0.36	0.68	0.47	0.57	0.34	0.72
Water (%mass)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Flash Point (°C)	> 190	> 190	> 190	> 190	> 190	> 190
KV@100°C (cSt)	11.9	12.1	12	12.1	12.7	12.3
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	3	2	2	2	2	3
Chromium (Cr)	0	1	0	0	0	1
Copper (Cu)	1	4	2	3	3	5
Iron (Fe)	4	7	4	6	6	7
Lead (Pb)	1	5	0	7	13	8
Nickel (Ni)	0	0	0	0	0	0
Silicon (Si)	5	5	4	5	4	5
Sodium (Na)	9	7	3	6	5	8
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	0
Vanadium (V)	0	0	0	0	0	0
Antimony (Sb)	0	0	0	0	0	0

Fuente: “CAREMAX OILMONITOR”

2.1.4. Análisis de aceite MMPP SIME

Tabla 10: “Análisis de aceite MMPP SIME”

Sample Ref.	12-Jan-19 SV002113	16-Dec-18 SV000266	14-Nov-18 SU019931	15-Sep-18 SU016457	17-Aug-18 SU014712	14-Jul-18 SU012983
Lubricant Hours	574	357	49	102	532	217
Rating	✓	✓	✓	✓	!	✓
BN (mgKOH/g)	11.1	11.3	12.9	11.4	10.2	8.8
Insolubles (%wt)	0.56	0.41	0.16	0.36	0.95	0.65
Water (%mass)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Flash Point (°C)	> 190	> 190	> 190	> 190	> 190	> 190
KV@100°C (cSt)	12.6	13	13.4	13.1	12.6	12.6
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	4	2	3	2	8	6
Chromium (Cr)	0	0	0	0	2	0
Copper (Cu)	12	9	5	25	88	35
Iron (Fe)	9	7	6	6	20	10
Lead (Pb)	0	0	0	0	2	0
Nickel (Ni)	0	0	0	0	0	0
Silicon (Si)	17	17	30	5	10	7
Sodium (Na)	8	3	2	24	50	17
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	0
Vanadium (V)	0	0	0	0	0	0
Antimony (Sb)	0	0	0	0	0	0

Fuente: “CAREMAX OILMONITOR”

2.2. Análisis de agua de los MMPP realizado por MAN

Se muestra una tabla en la cual se aprecian los requisitos de calidad del agua exigidos por MAN:

Tabla 11: “Requisitos calidad del agua MMPP”

Requisitos de calidad del agua de refrigeración para los motores MAN		
Propiedades	Características	Unidad de medida
Tipo de agua	Utilizar preferiblemente agua destilada o agua dulce sin cuerpos extraños. Nunca utilizar agua de río, salobre o de lluvia.	-
Dureza total	max. 10	°dH
PH	6,5 -8	-
Contenido en cloro	max. 50	mg/l

Fuente: “MAN PrimeServLab”

A continuación se muestra un ejemplo de análisis de agua de los MMPP, realizado por MAN PrimeServLab, el 16 de abril de 2018. El POME muestra un nivel bajo de Paxcool, el cual debe ser aumentado, por ello su nivel de PH es bajo. El PIME muestra un nivel de Paxcool óptimo, pero el valor de PH es bajo, por lo que ha de hacerse un cambio de refrigerante. El SOME y SIME muestran unos valores óptimos de Paxcool y PH. En contenido en cloro del SOME es alto, 51 ppm y el límite es de 50 ppm. La dureza del agua de todos los motores se encuentra dentro de los límites.

El refrigerante empleado por estos motores se trata de Paxcool, un anticongelante

V. RESULTADOS

con propiedades anticorrosivas, cuya base es el Etileno. Su concentración según manual ha de ser del 33,33%, mezclado con agua de alta calidad menos de 100 ppm de concentración de cloro. {12}

2.2.1. Análisis de agua de refrigeración MMPP POME

Tabla 12: “Análisis de agua de refrigeración MMPP POME”

Analysis		Unit	Procedure
pH value	20°C	7,1	DIN EN ISO 10523
Total hardness		3,4	°dGH DIN 38406-3
Conductivity	25°C	4,2	ms/cm EN 27888
Carbonate hardness			°dKH EN ISO 9963-1
Glycol content		30	% (V/V) density
Refractive index		22,7	% Brix refraction
Reserve Alkalinity (pH 5.5)		2,65	mL of 0.100 N HCL ASTM D1121-11
Reserve Alkalinity (pH 7.0)		< 0,1	mL of 0.100 N HCL ASTM D1121-11

ICP-OES in mg/l			HPLC in mass-%		IC in mg/l	
Ca	B	Mn	OAT-Additive (1)		Acetate	< 5
Mg	Fe	Zn	OAT-Additive (2)		Formiate	26
Si	Cr	Mo	OAT-Additive (3)		Glycolate	137
Na	Cu	K	OAT-Additive (4)		Sulphate	11
EN ISO 11885-E22			OAT-Additive (5)		Chloride	18
			factory standard		Nitrate	2
Appearance					Nitrite	1
blue, clear					Phosphate	< 10
Sediment					EN ISO 10304	
none						

Fuente: “MAN PrimeServLab”

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

2.2.2. Análisis de agua de refrigeración MMPP PIME

Tabla 13: “Análisis de agua de refrigeración MMPP PIME”

Analysis		Unit	Procedure
pH value	20°C	7,1	DIN EN ISO 10523
Total hardness		2,2	°dGH DIN 38406-3
Conductivity	25°C	4,3	ms/cm EN 27888
Carbonate hardness			°dKH EN ISO 9963-1
Glycol content		34	% (V/V) density
Refractive index		25,0	% Brix refraction
Reserve Alkalinity (pH 5.5)		3,30	mL of 0.100 N HCL ASTM D1121-11
Reserve Alkalinity (pH 7.0)		0,26	mL of 0.100 N HCL ASTM D1121-11

ICP-OES in mg/l		
Ca	B	Mn
Mg	Fe	Zn
Si	Cr	Mo
Na	Cu	K

EN ISO 11885-E22

Appearance

blue, clear

Sediment

none

HPLC in mass-%	
OAT-Additive (1)	
OAT-Additive (2)	
OAT-Additive (3)	
OAT-Additive (4)	
OAT-Additive (5)	

factory standard

IC in mg/l	
Acetate	< 5
Formiate	19
Glycolate	126
Sulphate	12
Chloride	15
Nitrate	1
Nitrite	< 5
Phosphate	< 10

EN ISO 10304

Fuente: “MAN PrimeServLab”

V. RESULTADOS

2.2.3. Análisis de agua de refrigeración MMPP SOME

Tabla 14: “Análisis de agua de refrigeración MMPP SOME”

Analysis		Unit	Procedure
pH value	20°C	7,7	DIN EN ISO 10523
Total hardness		3,4 °dGH	DIN 38406-3
Conductivity	25°C	4,3 ms/cm	EN 27888
Carbonate hardness		°dKH	EN ISO 9963-1
Glycol content		31 % (V/V)	density
Refractive index		23,5 % Brix	refraction
Reserve Alkalinity (pH 5.5)		3,11 mL of 0.100 N HCL	ASTM D1121-11
Reserve Alkalinity (pH 7.0)		0,41 mL of 0.100 N HCL	ASTM D1121-11

ICP-OES in mg/l		
Ca	B	Mn
Mg	Fe	Zn
Si	Cr	Mo
Na	Cu	K

EN ISO 11885-E22

Appearance

blue, clear

Sediment

none

HPLC in mass-%	
OAT-Additive (1)	
OAT-Additive (2)	
OAT-Additive (3)	
OAT-Additive (4)	
OAT-Additive (5)	

factory standard

IC in mg/l	
Acetate	< 5
Formiate	7
Glycolate	62
Sulphate	11
Chloride	51
Nitrate	4
Nitrite	< 5
Phosphate	< 10

EN ISO 10304

Fuente: “MAN PrimeServLab”

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

2.2.4. Análisis de agua de refrigeración MMPP SIME

Tabla 15: “Análisis de agua de refrigeración MMPP SIME”

Analysis		Unit	Procedure
pH value	20°C	7,4	DIN EN ISO 10523
Total hardness		2,3	°dGH DIN 38406-3
Conductivity	25°C	4,1	ms/cm EN 27888
Carbonate hardness			°dKH EN ISO 9963-1
Glycol content		27	% (V/V) density
Refractive index		20,7	% Brix refraction
Reserve Alkalinity (pH 5.5)		2,66	mL of 0.100 N HCL ASTM D1121-11
Reserve Alkalinity (pH 7.0)		0,31	mL of 0.100 N HCL ASTM D1121-11

ICP-OES in mg/l		
Ca	B	Mn
Mg	Fe	Zn
Si	Cr	Mo
Na	Cu	K

EN ISO 11885-E22

Appearance

blue, clear

Sediment

none

HPLC in mass-%	
OAT-Additive (1)	
OAT-Additive (2)	
OAT-Additive (3)	
OAT-Additive (4)	
OAT-Additive (5)	

factory standard

IC in mg/l	
Acetate	< 5
Formiate	5
Glycolate	86
Sulphate	10
Chloride	11
Nitrate	1
Nitrite	< 5
Phosphate	< 10

EN ISO 10304

Fuente: “MAN PrimeServLab”

2.3. Análisis de agua realizado a bordo

Además de los análisis de agua de refrigeración que se envían para ser analizados por MAN PrimeServLab, se realiza un análisis todas las semanas a bordo de pH y contenido en Paxcool. El encargado de llevar a cabo el análisis de agua si se tratara de barco convencional sería el segundo oficial de máquinas, en este buque en concreto al carecer de dicho puesto el responsable de llevar a cabo este análisis es el jefe de mantenimiento nocturno.

Aquí se muestra un ejemplo de un análisis realizado el 30 de mayo de 2019:

V. RESULTADOS

Tabla 16: “Resultados de análisis de agua a bordo”

Motor	Paxcool (%)	pH
POME	34	7
PIME	45	7
SOME	34.5	7
SIME	39.5	7

Fuente: “Elaboración propia”

El resultado de este análisis es óptimo dado que el valor de Paxcool está por encima del 33% y el pH está dentro del límite admisible, por lo que el agua de los motores puede continuar utilizándose sin ninguna restricción.

Para el análisis del pH se utilizan unas bandas, las cuales al introducirse en el agua muestran un color dependiendo del contenido en pH, las cuales han de ser comparadas visualmente, con la leyenda que aparece en la caja y así se sabe el contenido en pH del agua.

Se muestra una imagen de las bandas utilizadas para analizar el PH:

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Ilustración 42: “Cintas de pH para agua de MMPP”



Fuente: “Elaboración propia”

Para el Paxcool se utiliza un refractómetro el cual da un valor de etileno el cual ha de ser introducido en una gráfica etileno-porcentaje de Paxcool da el porcentaje de Paxcool que contiene el agua.

Se muestra una imagen del refractómetro:

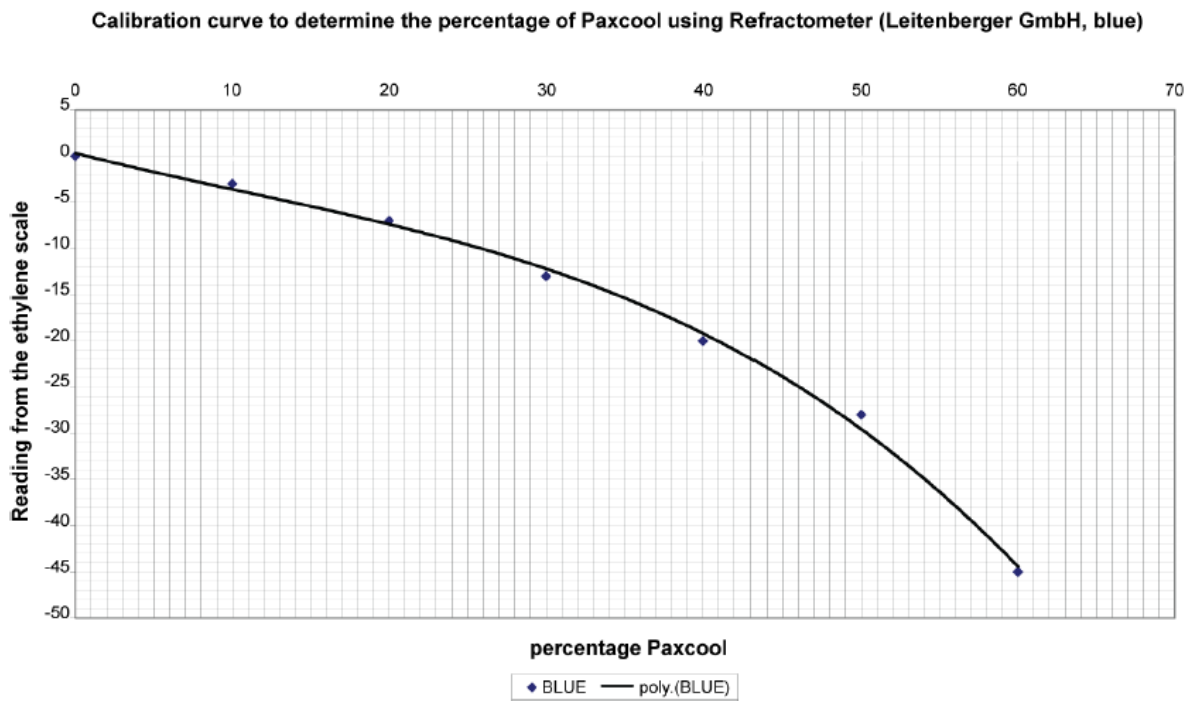
V. RESULTADOS

Ilustración 43: “Refractómetro”



Fuente: “Elaboración propia”

Ilustración 44: “Etileno-porcentaje de Paxcool”



Fuente: “MAN PrimeServLab”

2.4. Análisis de aceite de las reductoras

Los parámetros analizados son los mismos que se analizan en el aceite de los MMPP y además el aceite que usan ambos es el mismo, el HLX40 de Castrol. A continuación se muestran los resultados de los análisis de aceite realizado por CAREMAX OILMONITOR, de las muestras recogidas el 12 de enero de 2019.

Los resultados del análisis de todas las reductoras indican que el aceite puede continuar utilizándose. Los parámetros principales están en valores normales, no existe evidencia de contaminantes presentes. El nivel de alcalinidad residual es suficiente para proporcionar una correcta protección anticorrosiva y detergente. El contenido de residuos metálicos está dentro de valores aceptables. {11}

Para llevar a cabo estos análisis las muestras han de ser recogidas siempre en el mismo punto con el aceite del motor en movimiento, el encargado de llevar a cabo esta tarea es el 2º oficial de máquinas. Para ello la marca que suministra el aceite, en este caso Castrol, entrega unos recipientes para introducir las muestras ahí y poder así enviar las muestras a analizar con plenas garantías.

Ahora se exponen unas tablas para así poder ver los resultados de los análisis de una manera más intuitiva de cada motor:

V. RESULTADOS

2.4.1. Análisis de aceite reductora PIME

Tabla 17: “Análisis de aceite reductora PIME”

Sample Ref.	12-Jan-19 SV002107	14-Nov-18 SU019922	15-Sep-18 SU016465	14-Jul-18 SU012982	13-May-18 SU009374	16-Mar-18 SU006585
Lubricant Hours	352	993	437	1101	543	21
Rating						
Colour	Dark Yellow	Dark Yellow	Dark Yellow	Amber	Dark Yellow	Light Amber
Condition	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear
AN (mgKOH/g)	2.91	2.96	2.78	2.77	3.09	2.2
Water (%mass)	< 0.05	< 0.05	0.10	< 0.05	< 0.05	< 0.05
KV@40°C (cSt)				115.8		
KV@100°C (cSt)	13.6	13.2	13.3		13.6	13.4
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	0	0	2	0	2	1
Chromium (Cr)	0	0	0	0	0	0
Copper (Cu)	0	0	0	1	0	0
Iron (Fe)	2	2	2	2	2	4
Lead (Pb)	0	0	0	0	0	0
Nickel (Ni)	0	0	0	0	0	1
Silicon (Si)	7	5	5	5	6	13
Sodium (Na)	0	0	2	2	2	4
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	0

Fuente: “CAREMAX OILMONITOR”

2.4.2. Análisis de aceite reductora SIME

Tabla 18: “Análisis de aceite reductora SIME”

Sample Ref.	12-Jan-19 SV002110	14-Nov-18 SU019924	15-Sep-18 SU016467	14-Jul-18 SU012980	13-May-18 SU009373	16-Mar-18 SU006584
Lubricant Hours	1120		450	951	489	1975
Rating						
Colour	Dark Yellow	Yellow	Dark Yellow	Amber	Dark Yellow	Amber
Condition	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear
AN (mgKOH/g)	3	2.91	2.59	2.72	2.84	2.13
Water (%mass)	< 0.05	< 0.05	0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
KV@40°C (cSt)				116.5		
KV@100°C (cSt)	13.6	13.5	13.6		13.5	13.3
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	0	0	2	0	2	0
Chromium (Cr)	0	0	0	0	0	0
Copper (Cu)	3	2	1	4	2	6
Iron (Fe)	4	3	3	4	3	7
Lead (Pb)	0	0	0	0	0	0
Nickel (Ni)	0	0	0	0	0	0
Silicon (Si)	5	4	4	4	5	7
Sodium (Na)	0	0	2	2	3	19
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	2

Fuente: “CAREMAX OILMONITOR”

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

2.4.3. Análisis de aceite reductora SOME

Tabla 19: “Análisis de aceite reductora SOME”

Sample Ref.	12-Jan-19 SV002109	14-Nov-18 SU019923	15-Sep-18 SU016468	14-Jul-18 SU012981	13-May-18 SU009375	16-Mar-18 SU006582
Lubricant Hours	385	1011	446	1062	489	1086
Rating						
Colour	Dark Yellow	Dark Yellow	Dark Yellow	Amber	Dark Yellow	Amber
Condition	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear
AN (mgKOH/g)	2.95	2.93	2.68	2.76	2.5	2.3
Water (%mass)	< 0.05	< 0.05	0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
KV@40°C (cSt)				116		
KV@100°C (cSt)	13.7	13.4	13.6		13.5	13.4
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	0	0	2	0	2	0
Chromium (Cr)	0	0	0	0	0	0
Copper (Cu)	0	2	1	3	1	5
Iron (Fe)	3	3	2	3	2	6
Lead (Pb)	0	0	0	0	0	0
Nickel (Ni)	0	0	0	0	0	0
Silicon (Si)	7	4	5	4	6	7
Sodium (Na)	0	0	1	2	2	18
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	1

Fuente: “CAREMAX OILMONITOR”

2.4.4. Análisis de aceite reductora POME

Tabla 20: “Análisis de aceite reductora POME”

Sample Ref.	12-Jan-19 SV002108	14-Nov-18 SU019921	15-Sep-18 SU016466	13-May-18 SU009376	16-Mar-18 SU006583	14-Jan-18 SU002896
Lubricant Hours	811	318	884	788	266	896
Rating						
Colour	Dark Yellow	Dark Yellow	Dark Yellow	Dark Yellow	Amber	Amber
Condition	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear
AN (mgKOH/g)	3.01	2.89	2.91	3.77	2.18	2.68
Water (%mass)	< 0.05	< 0.05	0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
KV@100°C (cSt)	13.2	13.4	13.4	13.6	13.5	13.6
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	0	0	2	2	0	1
Chromium (Cr)	0	0	0	0	0	0
Copper (Cu)	0	0	0	0	1	1
Iron (Fe)	3	2	2	2	4	2
Lead (Pb)	0	0	0	0	0	0
Nickel (Ni)	0	0	0	0	1	0
Silicon (Si)	6	5	5	6	10	9
Sodium (Na)	0	0	2	2	19	2
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	0

Fuente: “CAREMAX OILMONITOR”

3. Mantenimiento correctivo

En este punto se tratan ejemplos de mantenimiento correctivo partiendo de averías que han tenido lugar durante mi período de embarque.

3.1. Mantenimiento correctivo MMPP

Rotura del enfriador de aire de baja presión del POME

La rotura del enfriador de baja presión, supuso la sustitución del mismo, del enfriador de aire de alta y de un turbocompresor de alta, debido a que se habían contaminado con sal. Para poder comprender cómo se produjo la contaminación con agua salada dentro del motor, es necesario comprender antes su funcionamiento. Este motor el 18VP185 cuenta con 18 cilindros en V, dispone de 9 turbos, 6 son de la parte de baja presión y 3 son de la parte de alta presión. Así mismo también dispone de 3 enfriadores de baja presión los cuáles se encuentran dispuestos bajo las cajas de humo y 2 enfriadores de alta presión a proa y popa del motor. Las cajas de humo son en recinto al cual llegan los gases de escape de los cilindros, donde se encuentran las turbinas de los turbocompresores, los turbocompresores de alta presión gira a más r.p.m. Ahora que se han detallado los equipos objeto de este mantenimiento correctivo, es el momento de explicar cómo se produjo la contaminación con sal dentro del motor, partiendo del funcionamiento del motor.

Los turbocompresores de baja presión obtiene el aire a presión atmosférica, este aire es comprimido para luego llegar al enfriador de baja presión donde son enfriados desde este punto el aire llega al turbocompresor de alta, donde se vuelven a comprimir, pasando de este punto al enfriador de alta y de aquí al colector de aire de barrido.

Al encontrarse el principal problema dentro del enfriador de baja presión, el emplazamiento de este también se vio contaminado con agua salada.

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Ilustración 45: “Enfriador de baja presión”



Fuente: “Elaboración propia”

Ilustración 46: “Emplazamiento del enfriador de baja presión de proa”



Fuente: “Elaboración propia”

V. RESULTADOS

En su recorrido, el aire con sal contaminó la parte del compresor del turbocompresor de alta.

Ilustración 47: “Turbocompresor de alta contaminado”



Fuente: “Elaboración propia”

Ilustración 48: “Turbocompresores de alta y baja presión”



Fuente: “Elaboración propia”

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Los colectores que unen los enfriadores con los turbocompresores se vieron también afectado por dicho problema, así como también los colectores del aire de barrido.

Ilustración 49: “Colector contaminado”

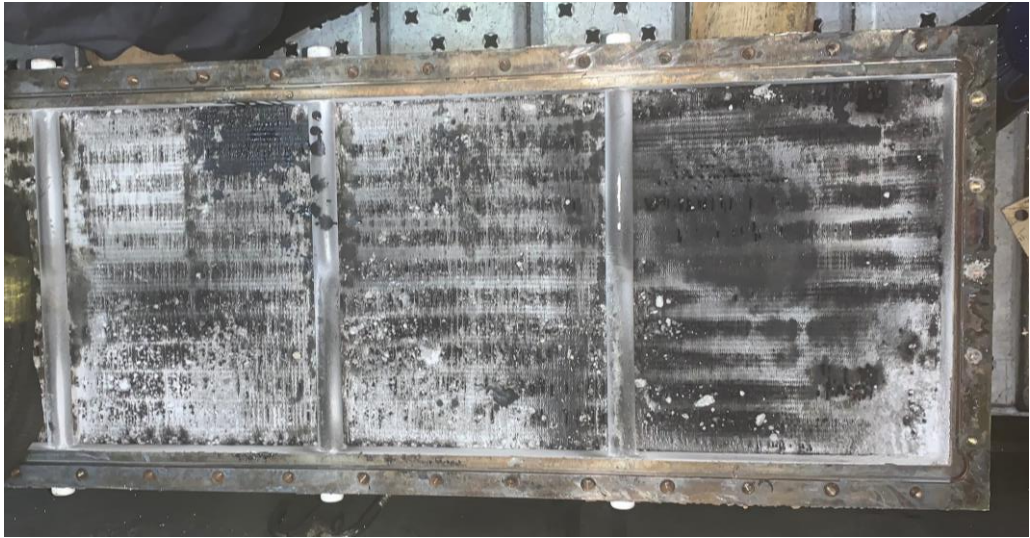


Fuente: “Elaboración propia”

El enfriador de alta de popa también se vio afectado por ello se sustituyó igualmente.

V. RESULTADOS

Ilustración 50: “Enfriador de alta presión”



Fuente: “Elaboración propia”

Ilustración 51: “Ubicación de enfriador de alta presión”



Fuente: “Elaboración propia”

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Además las propias culatas se vieron afectadas al introducirse la sal dentro de las mismas.

El problema se detectó al percatarse del sonido que estaba haciendo el turbocompresor de alta contaminado. Este motor introduce el agua salada dentro del motor, dado que los enfriadores se encuentran dentro del propio motor, además no cuenta con un fluido intermedio que puede evitar en gran medida este tipo de contaminación.

Los repuestos utilizados durante este mantenimiento son los siguientes:

- Turbocompresor de alta presión.
- Enfriador de baja presión.
- Enfriador de alta presión

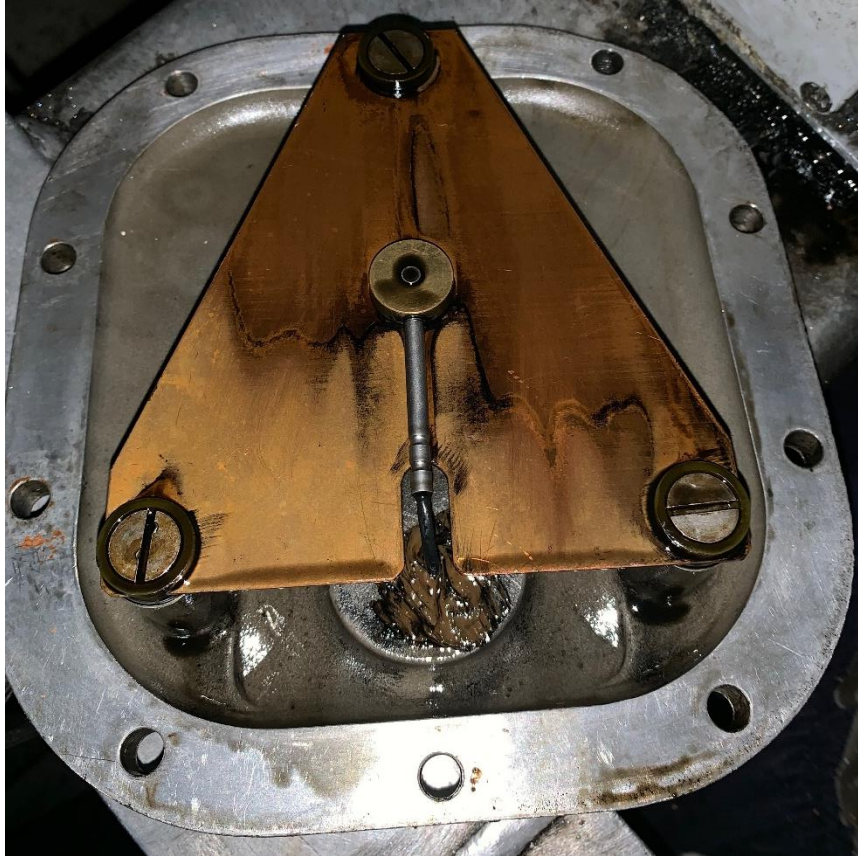
Tren alternativo culata A2 SOME

Durante un funcionamiento normal se detectó una temperatura por encima de la de las demás muñequillas, aproximadamente se encontrada 4°C por encima de la temperatura del resto de las muñequillas. En primer lugar lo que se hizo fue cambiar el sensor de temperatura que está en la tapa del registro del cigüeñal para así poder descartar que se tratara de un problema con el funcionamiento del propio sensor, este sensor no mide la temperatura de la muñequilla en sino más bien la temperatura del chapoteo de aceite en ese punto.

Se expone una imagen del interior de la tapa de registro del cigüeñal en la cual se puede ser el sensor de temperatura reemplazado:

V. RESULTADOS

Ilustración 52: “Sensor de temperatura localizado en la tapa de registro el cigüeñal del SOME”



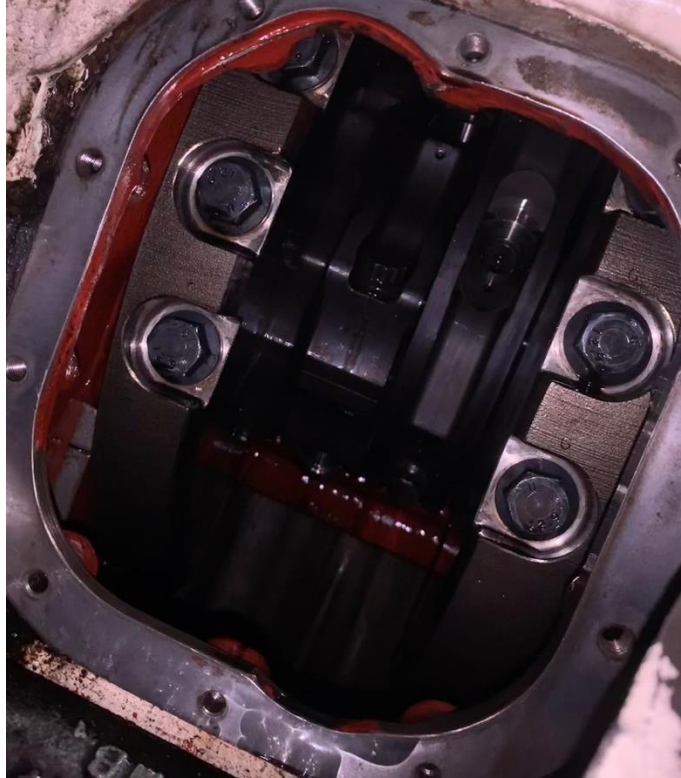
Fuente: “Elaboración propia”

El problema persistió por lo que empezó a tomar las temperaturas con una cámara termográfica y se detectó seguía dando una temperatura superior a la del resto.

Después de todos estos hechos acontecidos se procedió a realizar una inspección de los semicojines de cabeza de biela y cigüeñal. Para ello en primer lugar se procedió a retirar las tapas de registro tanto de la culata A2 como la de la culata B2 para así poder soltar el sombrerete de biela el cual lleva dos pernos uno ligeramente más corto con el otro.

Se expone una imagen en la cual se puede observar que se encuentra la tapa de registro retirada y se puede ver la cabeza de biela:

Ilustración 53: “Vista del cigüeñal del SOME desde la tapa de registro”

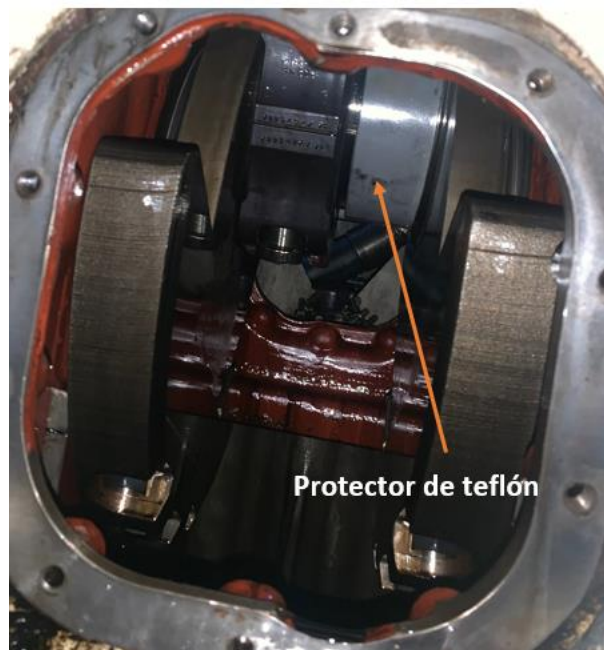


Fuente: “Elaboración propia”

Antes de proceder a retirar la biela se le colocó un protector de teflón alrededor de la muñequilla para evitar que esta se arañara en la maniobra de salida del pistón y la biela, para ello se llevó ese este cilindro hasta el PMS para así poder retirar el conjunto, con la culata previamente retirada.

V. RESULTADOS

Ilustración 54: “Protector de teflón en la muñequilla del cigüeñal del SOME”



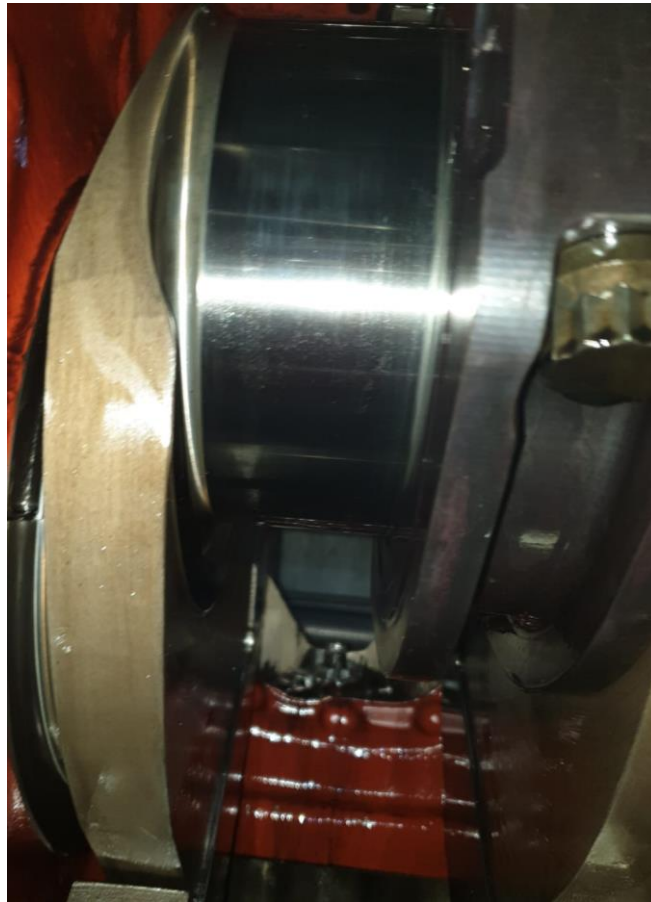
Fuente: “Elaboración propia”

Una vez retirado se inspeccionó la muñequilla en busca de arañazos o desgastes anormales, pero no se detectó ningún incidente, se puso la bomba de prelubricación para comprobar que el aceite fluyera por los taladros del cigüeñal sin ningún funcionamiento anormal.

Se expone una imagen de la muñequilla del cigüeñal:

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Ilustración 55: “Inspección de la muñequilla del cigüeñal del SOME”



Fuente: “Elaboración propia”

Se inspeccionó el estriado de la unión de la semicabeza de biela con el sombrerete, detectándose un pequeño desgaste pero nada fuera de lo normal, aunque tanto el pistón como la biela fueron enviados a reacondicionar.

Se muestra una imagen en la cual se puede ver el estriado que une la semicabeza de biela con el sombrerete.

V. RESULTADOS

Ilustración 56: “Pistón y biela retirados del SOME”



Fuente: “Elaboración propia”

Al inspeccionar los semicojinetes de biela que es donde se creyó que estaba el problema desde el primer momento se detectó un pequeño desgaste y algún arañazo, el desgaste es propio del movimiento axial de la propia biela.

Se muestra una ilustración en la cual se observa el desgaste que presentan los semicojinetes:

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Ilustración 57: “Semicojinetes de biela retirados del SOME, lado de la muñequilla”



Fuente: “Elaboración propia”

En esta imagen se observan los semicojinetes desde su otra cara, pudiendo observarse algún arañazo muy superficial:

V. RESULTADOS

Ilustración 58: “Semicojinetes de biela retirados del SOME, lado de la biela”



Fuente: “Elaboración propia”

A la hora de realizar el montaje se lubricó con aceite todos los componentes, para llevar a cabo un apriete correcto de los pernos de la cabeza de biela hay que hacerlo de una manera progresiva, en primer lugar se aprieta el perno más corto hasta los 68Nm, se afloja 90° y se aprieta el otro perno el más largo hasta los 68Nm, se vuelve a apretar el perno que se había aflojado 90°, se vuelve al otro perno y se aprieta hasta los 163 NM, ahora el perno corto se aprieta hasta los 163Nm, se vuelve al perno largo y se le da su apriete final final de 529Nm y ahora se vuelve al perno corto y se le da también su apriete final de 529Nm. Entre apriete y apriete se comprueba que el movimiento de la biela sea el correcto, para así estar seguros de que los semicojinetes se han puesto en su lugar correcto.

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

En la fotografía que se muestra a continuación se puede ver el pistón y la biela con el útil que ayuda a introducir los mismos en el motor:

Ilustración 59: “Nuevo pistón y biela introducidos en el SOME”



Fuente: “Elaboración propia”

Una vez que se montó todo se llevaron a cabo una serie de pruebas para comprobar el funcionamiento correcto, se hizo una primer arranque de 2 minutos se abrió la tapa de registro del cigüeñal del cilindro A2, se compararon temperaturas y esta estaba un poco más fría dando que se acaba de introducir en el motor, se hizo otro arranque de 5 minutos realizando la misma comprobación dando resultados satisfactorios, se hizo otra prueba embragando en motor durante dos minutos con resultados satisfactorios y por último se

V. RESULTADOS

subió a 1000 r.p.m. (estos motores tienen el ralentín a 600 r.p.m.) dando también resultados, que dieron por concluido este trabajo.

Se muestran unas tablas de las temperaturas de cojinetes antes y después de haber realizado el cambio de biela, pistón y cojinete.

Tabla 21: “Temperatura antes del cambio del tren alternativo del SOME”

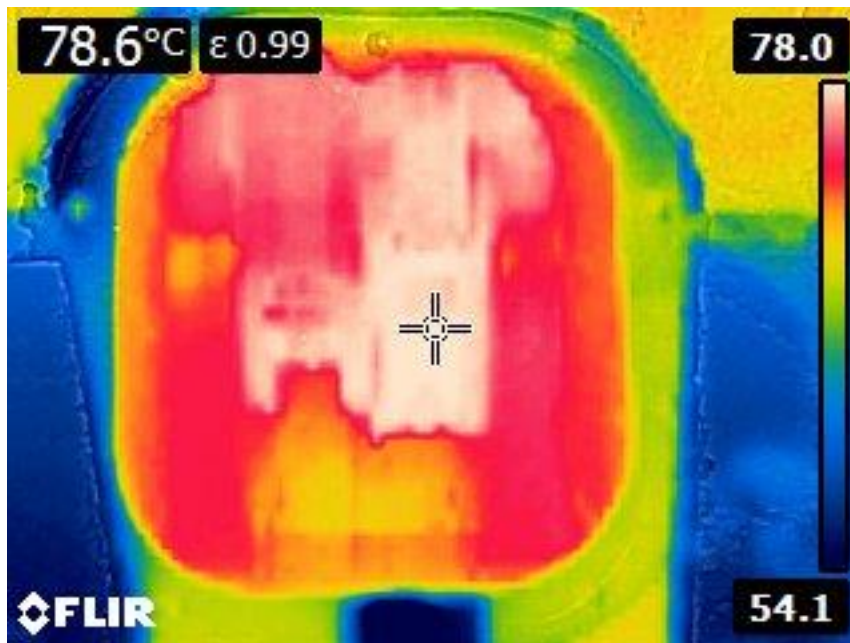
Día 04/07/2019	Temperatura cojinetes bancada SOME									RPM	T° aceite
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Viaje n°	Local	Local	Local	Local	Local	Local	Local	Local	Local		
1	78	82	78	79	77	78	79	77	78	1610	67
2	78	82	79	79	77	78	78	77	78	1615	67
3	78	82	78	78	77	78	79	77	78	1609	67
4	78	82	78	78	78	79	79	78	78	1625	68
5	78	82	79	78	77	78	78	77	78	1613	67
6	78	82	78	78	78	78	77	77	78	1611	67
7	78	82	78	77	79	79	77	79	77	1635	67
8	79	83	79	78	79	78	78	77	78	1615	69
9	79	83	78	78	79	78	77	77	78	1618	69
10	79	82	79	78	79	78	77	77	78	1613	69
11	81	84	81	80	81	81	79	80	80	1615	69
12	79	83	79	78	79	79	77	78	78	1613	69
13	79	82	79	78	79	79	77	77	77	1612	69
14	79	83	79	78	79	78	77	77	77	1613	69

Fuente: “Elaboración propia”

Se expone una imagen de termografía capta en la biela del cilindro A2 antes de haber llevado a cabo el mantenimiento:

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

Ilustración 60: “Termografía cilindro A2 antes de realizar el mantenimiento”



Fuente: “Elaboración propia”

En la tabla que se muestra a continuación, además de las medidas que se efectúan cada viaje, se han efectuado dos mediciones más durante la navegación 12 minutos después de salir de puerto y 16 minutos después. Se puede observar que la temperatura de los cojines en estas dos mediciones va disminuyendo esto se debe a que el aceite se encuentra más caliente en los primeros minutos después de arrancar, dado que el sistema necesita un tiempo para poder estabilizar la temperatura con las válvulas termostáticas.

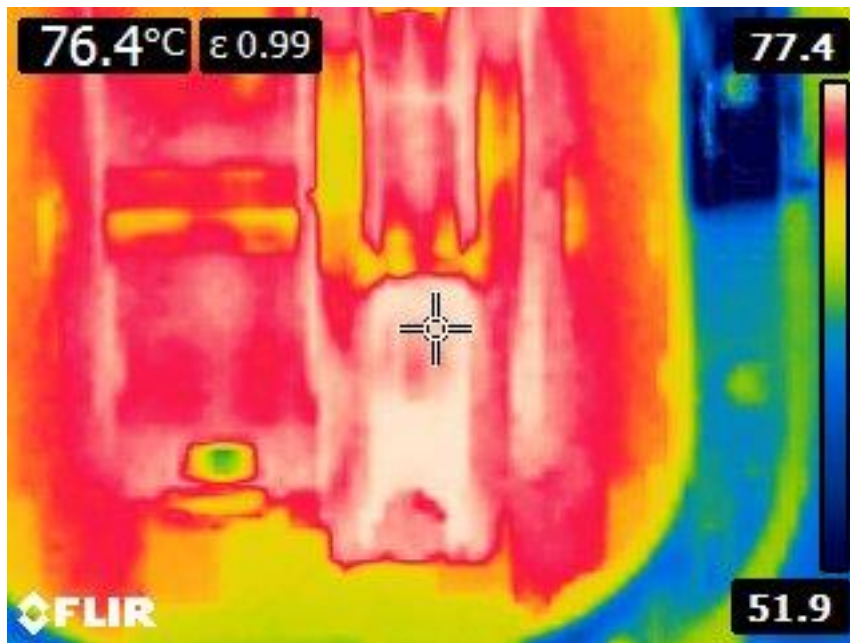
V. RESULTADOS

Tabla 22: “Temperatura después del cambio del tren alternativo del SOME”

Día 06/07	Temperatura cojinetes bancada SOME									RPM	Tª aceite
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Viaje n°	Local	Local	Local	Local	Local	Local	Local	Local	Local		
1	76	77	76	75	76	75	75	75	75	1335	67
2	78	78	78	78	78	78	77	78	77	1624	67
3	78	79	79	77	78	79	77	78	78	1623	67
4	78	79	79	78	78	79	77	78	78	1610	67
5	78	78	79	78	78	78	77	78	77	1625	67
6	78	79	79	78	78	78	77	78	78	1626	68
7	78	78	79	77	78	78	77	78	78	1600	67
8	78	78	78	77	78	78	77	78	77	1605	68
9	78	79	78	78	78	79	77	78	77	1603	68
10	79	78	79	78	79	79	77	78	78	1602	68
11	78	78	79	78	78	78	77	78	78	1604	68
12	78	79	79	78	79	78	77	78	78	1605	68
13	78	78	78	77	78	78	77	78	77	1602	67
14	80	81	82	81	82	82	81	82	82	1602	69
Tras salida 20:12	79	83	80	78	79	79	78	79	79		69
Tras salida 20:16	78	82	79	78	78	78	77	78	77		68

Fuente: “Elaboración propia”

Ilustración 61: “Termografía cilindro A2 después de realizar el mantenimiento”



Fuente: “Elaboración propia”

3.2. Mantenimiento correctivo reductoras

Durante mi período de embarque no se produjo ningún mantenimiento correctivo de las reductoras, por ello en este apartado del trabajo no aparece ningún correctivo.

V. RESULTADOS

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

A continuación se exponen las conclusiones a las cuales se ha llegado tras la realización del presente trabajo:

- Llevar un mantenimiento preventivo adecuado es de vital importancia si se quiere reducir al mínimo el número de intervenciones por mantenimiento correctivo, con el consiguiente gasto que conllevaba llevar a cabo una parada por un mantenimiento no programado.
- Hay que destacar que además de llevar un mantenimiento preventivo al día, se debe prestar atención a las pérdidas de aceite; combustible; agua, sonidos anormales, diferencias de temperatura, etc. De este modo es posible evitar que vayan a más y puedan causar una avería en cualquier momento. Cuando se presentó la avería en el POME debido a que el enfriador de aire se había picado, el personal del barco se percató de dicho problema dado que en las purgas de los colectores del aire de barrido presentaban sal, además también se escuchaba un sonido anormal en unos de los turbo compresores de alta.

Bajo mi punto de vista esta avería se pudo haber evitado en gran medida si el enfriamiento del aire de barrido se llevara a cabo con un fluido intermedio, es decir que hubiera un enfriador externo al motor en cual se llegara a cabo el intercambio de temperatura entre el fluido intermedio con el agua de mar y este fluido intermedio sería el encargado de intercambiar su temperatura con el aire de barrido mediante el enfriador del propio motor. Con esto la posibilidad de contaminar los enfriadores del propio motor disminuye. Aunque el inconveniente que tiene es el aumento del costo de la instalación al aumentar el número de enfriadores.

- La posibilidad que me ha brindado el poder llevar a cabo este trabajo basado en el mantenimiento de los motores con los que estaba en contacto a diario es inigualable. Me ha permitido poder complementar el trabajo con imágenes de elaboración propia y poder redactar los mantenimientos basándome en las experiencias adquiridas durante la realización de los mismos aunque siempre consultando el manual para evitar errores.

VI. CONCLUSIONES

- Cuando se es alumno siempre se espera con emoción que exista alguna avería, para así poder llevar un mantenimiento correctivo y este modo poder ver algún tipo de mantenimiento anormal. Además de la sustitución de los enfriadores de aire y turbo compresor de alta presión del POME y la sustitución del tren alternativo del SOME, he contado con el privilegio de poder ver como se partió una válvula de admisión de una culata del POME, su ruptura fue motivada por la sal que se introdujo en las mismas durante la avería anteriormente descrita, también pude ver como se reemplazaban las patas de uno de los motores, entre otros trabajos.

Puedo decir sin miedo a equivocarme que en el Fast Ferry Bocayna Express se lleva un manteamiento preventivo muy exhaustivo el cual difícilmente sería posible mejorar, esto queda reflejado en el poco número de intervenciones por mantenimiento correctivo que se llevan a cabo.

Una de las pocas cosas que mejoraría sería que para el análisis de agua de los motores se utilizan unas cintas para medir el PH, el problema que presentan bajo mi punto de vista es que este valor hay que compararlo de forma visual con la escala y la propia luz que se encuentre en el lugar que se realiza el análisis puede hacer que el valor que se observa pueda ser diferente, además si el agua presenta aceite como ocurría en el PIME antes de llevar a cabo el “Overhaul”, hace prácticamente imposible poder obtener un valor exacto.

Ha sido para mí un gran privilegio haber podido forma parte de la excelente tripulación del Bocayna Express, donde he adquirido conocimientos de elevada importancia tanto a nivel profesional como personal, de la cual puedo decir que ha sido una experiencia muy enriquecedora la cual estoy seguro que me será de gran ayuda para mi futuro.

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

VII. BIBLIOGRAFÍA

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*

VI. CONCLUSIONES

- [1] <http://www.paxmanhistory.org.uk/paxeng34.htm#vp185>
- [2] <http://www.lincolndiesels.com/engines/paxman-y3j-valenta>
- [3] <https://www.revolvy.com/page/Paxman-Ventura>
- [4] manual motores VP185
- [5] rolls-royce.com
- [6] manual motor D 2866 LXE
- [7] plano de lastre
- [8] manual Reductoras Reintjets VLJ
- [9] <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tiposdemantenimiento.html>
- [10] ingenieromarino.com
- [11] ceramax oil monitor
- [12] MAN Requirements Fresh Water

*Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro del Fast-Ferry
Bocayna Express*