



Universidad de La Laguna

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

TRABAJO FIN DE GRADO

LUBRICACIÓN EN FAST FERRIES, MANTENIMIENTO PROACTIVO Y ANÁLISIS PREDICTIVOS.

ALFREDO RICARDO LEÓN DEL CASTILLO

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

JUNIO 2017

DIRECTOR: JOSÉ AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA

D. José Agustín González Almeida, Profesor Asociado del Área de Conocimiento de Construcciones Navales, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. Alfredo Ricardo León Del Castillo, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: "LUBRICACIÓN EN FAST FERRIES, MANTENIMIENTO PROACTIVO Y ANÁLISIS PREDICTIVOS".

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

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

En Santa Cruz de Tenerife a 15 de marzo de 2017.



Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.

Agradecimientos:

A mis jefes de máquinas; Miguel Cereijo, Ángel Lugo y Narciso García.

*A mis compañeros; Josué López, Javier Báez, Manuel Santamaría y
Francisco Muñoz .*

*A la empresa Fred Olsen Express; por brindarme todos los medios para
aprender y desarrollarme en un entorno y ambiente inmejorable.*

*A mis padres; por su infinito apoyo, comprensión y paciencia. Y por pelear
por mi continuamente; contra viento y marea.*

A Rebe; por guiarme hacía el camino y empujarme constantemente por él.

ÍNDICE

CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	9
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS	12
ÍNDICE DE ANÁLISIS	13
I. INTRODUCCIÓN	16
II. ABSTRACT	20
III. OBJETIVOS	20
IV. REVISIÓN Y ANTECEDENTES	
4.1 HISTORIA DE FRED OLSEN EN CANARIAS	22
4.2 FLOTA DE FRED OLSEN EN CANARIAS	24
4.2.1 BONANZA EXPRESS	24
4.2.2 BENCOMO EXPRESS.....	25
4.2.3 BENTAGO EXPRESS	26
4.2.4 BOCAYNA EXPRESS	27
4.2.5 BENCHIJIGUA EXPRESS	28
4.3 DESCRIPCIÓN DEL BUQUE BENCOMO EXPRESS	29
4.4 CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURA DEL BUQUE BENCOMO EXPRESS.....	32
4.5 PROPULSIÓN DEL BUQUE BENCOMO EXPRESS.....	35
4.5.1 MÁQUINA PROPULSORA DEL BUQUE BENCOMO EXPRESS	36
4.5.2 CARÁCTERÍSTICAS PRINCIPALES MM.PP (CATERPILLAR 3618)	37
V. METODOLOGÍA	
5.1 DOCUMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA	39
5.2 DOCUMENTACIÓN FORMATIVA.	39
5.3 METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE CAMPO.	40
5.4 MARCO REFERENCIAL.	40
VI. DESARROLLO	
6.1 LUBRICACIÓN	42
6.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS (LUBRICACIÓN).....	43
6.3 PRINCIPIOS DE LA LUBRICACIÓN	45
6.4 TIPOS DE FRICCIÓN.....	46
6.4.1 FRICCIÓN ESTÁTICA	46
6.4.2 FRICCIÓN DINÁMICA.....	47

6.4.3 FRICCIÓN POR RODADURA.....	47
6.5 TIPOS DE DESGASTE.....	49
6.5.1 DESGASTE ABRASIVO	50
6.5.2 DESGASTE ADHESIVO.....	51
6.5.3 DESGASTE CORROSIVO.....	52
6.5.4 PITTING	53
6.5.5 CAVITACIÓN	54
6.6 TIPOS DE ENGRASE.....	55
6.6.1 ENGRASE PERFECTO	55
6.6.2 ENGRASE IMPERFECTO	55
6.6.3 ENGRASE SECO	56
6.7 TIPOS DE LUBRICACIÓN	56
6.7.1 LUBRICACIÓN HIDROSTÁTICA	57
6.7.2 LUBRICACIÓN HIDRODINÁMICA	58
6.7.3 LUBRICACIÓN EN PELÍCULA LÍMITE	59
6.7.4 LUBRICACIÓN ELASTO-HIDRODINÁMICA.....	60
6.8 FACTORES INFLUYENTES EN LA LUBRICACIÓN	61
6.8.1 VISCOSIDAD DEL LUBRICANTE	61
6.8.2 CARGA (PRESIÓN)	61
6.8.3 VELOCIDAD RELATIVA DE LAS SUPERFICIES DESLIZANTES	61
6.8.4 TEMPERATURA	61
6.8.5 DISEÑO DEL COJINETE.....	61
6.8.6 ALIMENTACIÓN DEL LUBRICANTE	61
6.9 LUBRICANTES	62
6.10 TIPOS DE LUBRICANTES	62
6.10.1 LUBRICANTES MINERALES.....	63
6.10.2 LUBRICANTES SINTÉTICOS	64
6.11 FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES.....	65
6.12 ADITIVOS DE LOS LUBRICANTES	65
6.13 CARÁCTERÍSTICAS DE LOS LUBRICANTES	68
6.13.1 VISCOSIDAD	68
6.13.1.1 VISCOSIDAD DINÁMICA O ABSOLUTA.....	68
6.13.1.2 VISCOSIDAD CINEMÁTICA	69
6.13.1.3 VISCOSIDAD RELATIVA	69

6.13.1.4 NUMERACIÓN SAE.....	69
6.13.1.4.1 LUBRICANTES MULTIGRADO.....	70
6.13.2 ÍNDICE DE VISCOSIDAD	71
6.13.3 DENSIDAD.....	72
6.13.4 PUNTO DE INFLAMACIÓN	73
6.13.5 PUNTO DE FLUIDEZ CRÍTICO.....	74
6.13.6 NÚMERO BASE (BN O TBN).....	74
6.13.6.1 RETENCIÓN DE LA ALCALINIDAD.....	75
6.13.7 NÚMERO DE NEUTRALIZACIÓN.....	75
VII. RESULTADOS	
7.1 INTRODUCCIÓN.....	77
7.2 MANTENIMIENTO PROACTIVO.....	78
7.2.1 MEDIOS PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO.....	78
7.2.2 EQUIPO DE MANTENIMIENTO NOCTURNO	79
7.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LOS MM.PP. (CATERPILLAR 3618).....	80
7.4 CARTA DE LUBRICACIÓN DEL BUQUE BENCOMO EXPRESS.....	86
7.5 LUBRICANTE EN MM.PP (CATERPILLAR 3618).....	87
7.5.1 CASTROL MHP 154	87
7.5.1.1 CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS CASTROL MHP 154	87
7.5.1.2 VENTAJAS Y BENEFICIOS CASTROL MPH 154	88
7.5.2 MANTENIMIENTO DE CASTROL MHP 154 EN CATERPILLAR 3618.....	88
7.5.3 OPERACIÓN DE CAMBIO DE ACEITE EN MM.PP CATERPILLAR 3618.....	89
7.6 GESTIÓN DE RESIDUOS OLEOSOS “BENCOMO EXPRESS”	92
7.7 SISTEMA DE LUBRICACIÓN EN MM.AA (CATERPILLAR 3406).....	93
7.8 LUBRICANTE EN MM.AA (CATERPILLAR 3406)	95
7.8.1 CASTROL SEAMAX SUPER PLUS.....	95
7.8.1.1 CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS CASTROL SEAMAX SUPER PLUS.....	95
7.8.1.2 VENTAJAS Y BENEFICIOS CASTROL SEAMAX SUPER PLUS	96
7.8.2 MANTENIMIENTO DE CASTROL SEAMX SUPER PLUS EN CATERPILLAR 3406	96
7.9 SISTEMA DE LUBRICACIÓN EN REDUCTORAS (REINTJES VLJ 6831)	97
7.10 LUBRICANTE EN REDUCTORAS (REINTJES VLJ 6831)	99
7.10.1 CASTROL MHP 154	99
7.10.2 MANTENIMIENTO CASTROL MHP 154 EN REDUCTORAS (REINTJES VLJ 6831).....	100
7.11 SISTEMA DE LUBRICACIÓN EN UNIDADES HIDRÁULICAS	102

7.12 LUBRICANTE EN UNIDADES HIDRÁULICAS	103
7.12.1 CASTROL HYSPIN AWH-M 46 SISTEMA DE LUBRICACIÓN EN UNIDADES HIDRÁULICAS.....	103
7.12.1.1 CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS CASTROL HYSPIN AWH-M 46	104
7.12.1.2 VENTAJAS Y BENEFICIOS CASTROL HYSPIN AWH-M 46	105
7.12.2 ALMACENAMIENTO DEL ACEITE EN UNIDADES HIDRÁULICAS	105
7.12.3 MANTENIMIENTO CASTROL HYSPIN AWH-M 46 EN UNIDADES HIDRÁULICAS	107
7.13 ANÁLISIS PREDICTIVOS	109
7.13.1 INTRODUCCIÓN.....	109
7.13.2 TOMA DE MUESTRAS.....	112
7.13.2.1 PUNTOS ADECUADOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS.....	115
7.14 CONTAMINANTES DEL LUBRICANTE	120
7.14.1 CONTAMINACIÓN POR AGUA DEL LUBRICANTE.....	122
VIII. INTERPRETACIÓN	
8.1 CATROL CAREMAX OIL MONITOR	126
8.2 CASOS PRÁCTICOS DE ANÁLISIS PREDICTIVOS (BENCOMO EXPRESS)	129
8.2.1 ANÁLISIS EN PARÁMETROS CORRECTOS	129
8.2.2 ANÁLISIS EN PARÁMETROS MARGINALES	136
8.2.3 ANÁLISIS EN PARÁMETROS CRÍTICOS	142
8.3 INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS PREDICTIVOS	152
8.3.1 VISCOSIDAD	152
8.3.2 INSOLUBLES	153
8.3.3 BASE NUMBER (TBN).....	153
8.3.4 FLASH POINT	154
8.3.5 AGUA.....	154
8.3.6 DESGASTE DE METALES	154
8.3.7 NIVELES EXCESIVOS DE INSOLUBILIDAD.	154
IV. CONCLUSIONES	156
BIBLIOGRAFÍA	
REFERENCIAS BLIBIOGRÁFICAS	160
ANEXOS	
ANEXO I	162
ANEXO II	163
ANEXO III	165
ANEXO IV.....	166

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. , Bonanza Express.	24
ILUSTRACIÓN 2. , Bencomo Express.	25
ILUSTRACIÓN 3. , Bentago Express.	26
ILUSTRACIÓN 4. , Bocayna Express.	27
ILUSTRACIÓN 5. , Benchijigua Express.	28
ILUSTRACIÓN 6. , Vistas lateral, frontal y trasera del Bencomo Express.	33
ILUSTRACIÓN 7. , Distribución y nomenclatura de los MM.PP.	35
ILUSTRACIÓN 8. , Esquema de rozamiento fluido.	45
ILUSTRACIÓN 9. , Fricción Estática.	46
ILUSTRACIÓN 10. , Fricción Dinámica.	47
ILUSTRACIÓN 11. , Fricción de Rodadura en cuerpos deformables.	48
ILUSTRACIÓN 12. , Tipos de desgaste.	49
ILUSTRACIÓN 13. , Desgaste Abrasivo.	50
ILUSTRACIÓN 14. , Estadios de un Desgaste Adhesivo.	51
ILUSTRACIÓN 15. , Desgaste Corrosivo en camisa.	52
ILUSTRACIÓN 16. , Esquema Desgaste Corrosivo.	52
ILUSTRACIÓN 17. , Pitting en camisa.	53
ILUSTRACIÓN 18. , Cavitación en el Bloque Motor de Caterpillar 3618.	54
ILUSTRACIÓN 19. , Engrase perfecto.	55
ILUSTRACIÓN 20. , Engrase imperfecto.	55
ILUSTRACIÓN 21. , Engrase Seco o Rozamiento Sólido.	56
ILUSTRACIÓN 22. , Tipos de cojinetes hidrostáticos.	57
ILUSTRACIÓN 23. , Esquema Lubricación hidrodinámica.	59
ILUSTRACIÓN 24. , Esquema Película Límite.	59
ILUSTRACIÓN 25. , Esquema Lubricación Elasto-hidrodinámica.	60
ILUSTRACIÓN 26. , Funciones del Lubricante.	66
ILUSTRACIÓN 27. , Medida de la Viscosidad.	69
ILUSTRACIÓN 28. , Medición punto de inflamación.	73
ILUSTRACIÓN 29. , Circuito del Sistema de lubricación de los MM.PP.	80
ILUSTRACIÓN 30. , Bomba eléctrica de Pre-lubricación.	81
ILUSTRACIÓN 31. , Válvula termostática y Enfriador de Placas (Alfa Laval).	82
ILUSTRACIÓN 32. , Filtros Centrífugos (Glacier).	83
ILUSTRACIÓN 33. , Columnas Filtros (Vokes Simplex).	84
ILUSTRACIÓN 34. , Venteos de aceite.	85

ILUSTRACIÓN 35. , Sustitución filtros de aceite Vokes Simplex.	90
ILUSTRACIÓN 36. , Comprobación de la Rejilla del Cáster.	90
ILUSTRACIÓN 37. , Operación del llenado de aceite MM.PP.	91
ILUSTRACIÓN 38. , Bomba de Lubricación MM.AA.	93
ILUSTRACIÓN 39. Enfriador de aceite y Filtro de aceite MM.AA.	94
ILUSTRACIÓN 40. Venteo de aceite MM.AA.	94
ILUSTRACIÓN 41. Esquema Circuito Lubricación Reductora Reintjes VLJ 6831.	97
ILUSTRACIÓN 42. Bomba de Lubricación y Filtros Reductora Reintjes VLJ 6831. ...	98
ILUSTRACIÓN 43. Presostatos Reintjes VLJ 6831.	98
ILUSTRACIÓN 44. Reposición de aceite a Reductora Reintjes 6831.	101
ILUSTRACIÓN 45. Esquema del sistema hidráulico de popa.	102
ILUSTRACIÓN 46. Esquema de los Tanques Hidráulicos.	105
ILUSTRACIÓN 47. Tanque de reserva de la Unidad Hidráulica.	106
ILUSTRACIÓN 48. Bidones Castrol Hyspin AWH-M46.	108
ILUSTRACIÓN 49. Recogida de muestra de aceite desde el filtro de MM.AA.	113
ILUSTRACIÓN 50. Instrumental Castrol para la recogida y envío de muestras de aceite.	114
ILUSTRACIÓN 51. Viscosímetro a bordo suministrado por Castrol.	114
ILUSTRACIÓN 52. Recomendaciones en tomas de muestras en motores diesel. ..	115
ILUSTRACIÓN 53. Procedimiento de toma de muestras en líneas presurizadas.	116
ILUSTRACIÓN 54. Procedimiento toma de muestras en sistemas no circulantes. ..	117
ILUSTRACIÓN 55. Procedimiento de toma de muestras por tubo de vacío.	118
ILUSTRACIÓN 56. Recomendaciones para la toma de muestras en diferentes maquinarias.	119
ILUSTRACIÓN 57. Fuentes de contaminación.	120
ILUSTRACIÓN 58. Filtros centrífugos (Glaciers) Caterpillar 3618.	121
ILUSTRACIÓN 59. Logo del programa de monitorización de análisis de aceite Castrol.	126

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. , Datos del Buque Bencomo Express.	30
TABLA 2. , Datos del Buque Bencomo Express.	31
TABLA 3. , Equipamiento en compartimentos estancos del F/F Bencomo Express. ...	32
TABLA 4. , Datos de la Máquina Propulsora; Buque Bencomo Express.	36
TABLA 5. , Características principales de los MM.PP. (Caterpillar 3618).	37
TABLA 6. , Relación API – Gravedad específica – Peso / Volumen.	72
TABLA 7. , Organigrama del Departamento Técnico.	78
TABLA 8. , Organigrama General a bordo.	79
TABLA 9. , Carta de Lubricación Bencomo Express.	86
TABLA 10. , Características técnicas Lubricantes Castrol MHP.	87
TABLA 11. , Gestión de Residuos Oleosos en el Buque “Bencomo Express”.	92
TABLA 12. , Características técnicas Lubricante Castrol Seamax Super Plus.	95
TABLA 13. , Características técnicas Lubricantes Castrol Hyspin AWH.	104

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. , Relación Presión-Velocidad para Lubricación hidrodinámica en partes del motor.	58
GRÁFICO 2. , Composición de los Lubricantes (% Aditivos en Lubricante).	67
GRÁFICO 3. , Relación Viscosidad Dinámica.	68
GRÁFICO 4. , Relación Viscosidad Cinemática.	69
GRÁFICO 5. , Clasificación comparativa de viscosidades (SAE) e (ISO).	70
GRÁFICO 6. , Viscosidad en Lubricantes Multigrado.....	70
GRÁFICO 7. , Índice de Viscosidad (IV).	71
GRÁFICO 8. , Retención de la Alcalinidad (TBN).	75
GRÁFICO 9. , Técnica de seguimiento por condición.	109
GRÁFICO 10. , Frecuencia de toma de muestras.	112
GRÁFICO 11. , Efecto catalítico del agua y los metales.	124
GRÁFICO 12. , Interpretación variaciones de Viscosidad en Análisis Predictivos.....	152
GRÁFICO 13. , Interpretación variaciones de Insolubles en Análisis Predictivos.	153
GRÁFICO 14. , Interpretación variaciones de Base Number (TBN) en Análisis Predictivos.	153

ÍNDICE DE ANÁLISIS

ANÁLISIS 1., NOMENCLATURAS MOTORES CON ANÁLISIS EN PARÁMETROS CORRECTOS.	129
ANÁLISIS 2., ANÁLISIS CASTROL MHP154 PIME EN PARÁMETROS CORRECTOS.	130
ANÁLISIS 3., ANÁLISIS CASTROL SEAMAX SUPERPLUS MM.AA N°2 EN PARÁMETROS CORRECTOS.	131
ANÁLISIS 4., ANÁLISIS CASTROL MHP154 REDUCTORA REINTJES VLJ PIME EN PARÁMETROS CORRECTOS.	132
ANÁLISIS 5., ANÁLISIS CASTROL HYPIN AWH- M46 SISTEMA HIDRÁULICO EN PARÁMETROS CORRECTOS.	133
ANÁLISIS 6., ANÁLISIS CASTROL HYPIN AWH- M46 WATER JET ESTRIBOR EN PARÁMETROS CORRECTOS.	134
ANÁLISIS 7., NOMENCLATURAS MOTORES CON ANÁLISIS EN PARÁMETROS MARGINALES.	136
ANÁLISIS 8., ANÁLISIS CASTROL MHP154 SOME EN PARÁMETROS MARGINALES.	137
ANÁLISIS 9., ANÁLISIS CASTROL SEAMAX SUPER PLUS MM.AA N°4 EN PARÁMETROS MARGINALES.	138
ANÁLISIS 10., ANÁLISIS CASTROL MPH154 REDUCTORA REINTJES VLJ POME EN PARÁMETROS MARGINALES.	139
ANÁLISIS 11., ANÁLISIS CASTROL HYPIN AWH- M46 WATER JET BABOR EN PARÁMETROS MARGINALES.	140
ANÁLISIS 12., NOMENCLATURAS MOTORES CON ANÁLISIS EN PARÁMETROS CRÍTICOS.	142
ANÁLISIS 13., NOMENCLATURAS MOTORES CON ANÁLISIS EN PARÁMETROS CRÍTICOS.	143
ANÁLISIS 14., ANÁLISIS CASTROL MHP154 SIME EN PARÁMETROS CRÍTICOS.	144
ANÁLISIS 15., ANÁLISIS CASTROL SEAMAX SUPER PLUS MM.AA N°4 EN PARÁMETROS CRÍTICOS.	145
ANÁLISIS 16., ANÁLISIS CASTROL HYPIN AWH- M46 WATER JET BABOR EN PARÁMETROS CRÍTICOS.	146
ANÁLISIS 17., ANÁLISIS CASTROL MPH154 MM.PP EN PARÁMETROS CRÍTICOS.	149
ANÁLISIS 18., ANÁLISIS CASTROL SEAMAX SUPER PLUS MM.AA EN PARÁMETROS CRÍTICOS.	150
ANÁLISIS 19., INTERPRETACIÓN Y VALORACIÓN DE ANÁLISIS EN PARÁMETROS CRÍTICOS EN MM.PP Y MM.AA	151

I. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La realización de este trabajo de fin de grado nace de la vivencia de mi periodo de prácticas como alumno de máquinas a bordo del Bencomo Express, pero sobre todo de las experiencias obtenidas durante el desarrollo de mi puesto de trabajo como mecánico de máquinas en el equipo de mantenimiento nocturno del F/F Bencomo Express.

En el capítulo, “**Objetivos**” planteo los propósitos que deseo lograr a lo largo del desarrollo de este TFG (trabajo de fin de grado).

En el capítulo, “**Revisión y Antecedentes**” he hablado sobre los inicios en Canarias de la naviera Fred. Osen, S.A. He presentado la flota de 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 cuatro apartados: documentación bibliográfica, documentación formativa, metodología del trabajo de campo y marco referencial.

En el capítulo, “**Desarrollo**” he explicado los principios básicos de la lubricación, así como tipos de esta, y la importancia de ella en la conservación y funcionamiento de la maquinaria.

En el capítulo de “**Resultados**” he desarrollado el plan de mantenimiento que tenemos implantado en el Bencomo Express, y he explicado que tipo de lubricación llevamos a cabo en los motores y sistemas del buque, (aceites a utilizar, procedimientos, operativas, maniobras, etc.)

En el capítulo, “**Interpretación**” se aportan numerosos análisis predictivos, realizados a los aceites de los diversos sistemas del buque Bencomo Express en coordinación con el proveedor de lubricantes Castrol Marine, y las valoraciones e interpretaciones de estos.

En el capítulo de “**Conclusiones**” manifiesto las enseñanzas que me deja la investigación y estudio para este TFG (trabajo de fin de grado). Destacó la importancia capital de la lubricación en el entorno naval, así como de la necesidad de implantar un mantenimiento estructurado, organizado y pautado.

II. ABSTRACT

2. ABSTRACT

The completion of this end-of-course work from the experience of my internship as a student of the machines a shipment of Bencomo Express, but above all from the experiences gained during the development of my job as a mechanic in the machine Nightly maintenance of the F / F Bencomo Express.

In the chapter, "**Objectives**" set out the purposes that wish to achieve a long development of this GFR (end-degree work).

In the chapter, "**Review and Background**" talked about the beginnings in the Canary Islands of the shipping company Fred. Osen, S.A. He presented the fleet of fast ships with which he currently has and a generic description of the ship where the results of this end-of-grade work were obtained.

In the chapter of "**Methodology**" which includes four sections: bibliographic documentation, training documentation, fieldwork methodology and referential framework.

In the chapter, "**Development**" explained the basic principles of lubrication, as well as the types of lubrication, and the importance of lubrication in the maintenance and operation of machinery.

In the "**Results**" chapter he developed the maintenance plan that he has implemented in the Bencomo Express and explained what type of lubrication a cable carried in the engines and systems of the ship (oils to be used, procedures, operations, maneuvers, etc.)

In the chapter "**Interpretation**", we perform predictive analyzes performed on the oils of the various Bencomo Express dive systems in coordination with the Castrol Marine lubricant supplier, and the valuations and interpretations thereof.

In the chapter of "**Conclusions**" I show the lessons that I leave the research and study for this GFR (end-of-degree work). He emphasized the key importance of lubrication in the naval environment, as well as the need to implement a structured, organized and planned maintenance.

III. OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

1. Incidir sobre la enorme importancia que ostenta la lubricación en los diferentes sistemas mecánicos utilizados en el ámbito naval. Estudiar los principios de la lubricación así como las funciones principales de los lubricantes.
2. Manifestar y explicar de forma ajustada la utilización y aplicación de los principios de la lubricación en barcos rápidos “Fast Ferries” y en sus diversos sistemas mecánicos e hidráulicos, que difieren razonablemente con la aplicación en buques convencionales.
3. Desarrollo del mantenimiento proactivo llevado a cabo en el “Fast Ferry Bencomo Express”, buque perteneciente a la empresa Fred Olsen Express S.A., donde actualmente desarrollo mi trabajo como mecánico de mantenimiento nocturno, y donde realicé las prácticas de alumno oficial de máquinas. Resaltar la importancia de los análisis predictivos, esenciales para evitar posibles averías futuras y alargar la vida útil de los sistemas mecánicos del buque.
4. Estudio de casos prácticos que han tenido lugar durante los diferentes análisis realizados a los lubricantes de los diferentes sistemas mecánicos del “Fast Ferry Bencomo Express”. Acciones realizadas en función de los datos recopilados con el fin de evitar y/o solucionar averías, así como de ajustar dentro de los parámetros correctos de lubricación a los diversos sistemas mecánicos.

IV. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

4. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

4.1 HISTORIA DE FRED OLSEN EN CANARIAS

La actividad empresarial de la familia Olsen en Canarias se remonta a 1904. Fue Thomas Olsen quien estableció un pequeño núcleo agrícola en Playa Santiago, al sur de La Gomera. [1]

De esta manera, la familia estableció una ruta de transporte basada en la exportación de tomate y plátano hacia Europa, recolectados en sus propios cultivos situados en la Lomada de Tecina en Playa de Santiago. [1]

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.

Fue el 8 de julio de 1974 con la inauguración de la línea entre San Sebastián de La Gomera y Los Cristianos en Tenerife, que operaba el buque Ferry Gomera, cuando la apuesta de unir a las islas entre sus puntos más cercanos, en la mayor brevedad posible, y ofreciendo el máximo confort echó a navegar. Comenzó de esta forma el firme compromiso de Fred. Olsen, S.A. 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, 600.000 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 ha logrado que Fred Olsen, S.A. haya sido capaz de unir, en su firme compromiso, a las Islas Canarias. [1]

4.2 FLOTA DE FRED OLSEN EN CANARIAS

4.2.1 BONANZA EXPRESS

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

El buque 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 vehículos de carga. El ferry Bonanza Express puede desplazarse a una velocidad máxima de 48 nudos en rosca, o de 38 nudos (más de 70 km hora) en servicio, con un peso muerto de 500 toneladas. En concreto se trata de un buque "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].*

4.2.2 BENCOMO EXPRESS

El ferry Bencomo Express es uno de los 5 catamaranes rápidos que Fred. Olsen Express tiene en su flota de las Islas Canarias. La puesta en servicio, el 25 de octubre de 1999 desde Agaete en Las Palmas de Gran Canaria a Santa Cruz de Tenerife. Una travesía de apenas 80 minutos a bordo del Bencomo Express para unir a las islas capitalinas, ha supuesto una auténtica revolución en el transporte marítimo de Canarias.

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 buque 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].*

4.2.3 BENTAGO EXPRESS

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.

El ferry Bencomo Express y Bentago Express son gemelos, con las mismas prestaciones, aunque con alguna diferencia estructural en zonas de pasaje, sala de electrónica y anterooms.

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 nº 3: Bentago Express.
Fuente: [1].*

4.2.4 BOCAYNA EXPRESS

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) dura tan 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 fast ferry 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 nº 4: Bocayna Express.
Fuente: [1].*

4.2.5 BENCHIJIGUA EXPRESS

El ferry Benchijigua Express es el Trimarán multicasco más grande y moderno del mundo. Desde 2005 este fast ferry se encuentra en Canarias cubriendo la ruta entre Tenerife (Los Cristianos) y La Gomera (San Sebastián) en poco más de 50 minutos. Así mismo el Benchijigua Express une, en 2 horas y 55 minutos, Tenerife (Los Cristianos) con La Palma (S.C. de La Palma), previa escala en La Gomera (San Sebastián). [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 ferries más espectaculares del mundo. [1]



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

4.3 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]

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 N°. de construcción	Astilleros Incat, Hobart, Tasmania, Australia, N° 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

Tabla nº 1: Datos del Buque Bencomo Express.
Fuente: [2]

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 2: Datos del Buque Bencomo Express.
Fuente: [2]

4.4 CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURA DEL BUQUE BENCOMO EXPRESS

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 contra incendios. [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:

Tabla: Compartimentos Estancos.	
N° DE VOID	INCLUYEN
Pique de Popa	Equipos hidráulicos de proa
Void n° 1	Ride Control de proa (sistemas T-Foil)
Void n°2	Bombas de Sprinklers y contra incendios
Void n°3	Tanques de Largo Recorrido
Void n°4	Tk Séptico (Er), Tk de agua dulce (Br)
Void n° 5	Tanques de aceite
Sala de Máquinas	Motores Principales y Generadores
Sala de Jets	Equipos Hidráulicos y Ride Control

Tabla n° 3: Equipamiento en compartimentos estancos del F/F Bencomo Express.
Fuente: [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”.



*Ilustración n° 6: Vistas lateral, frontal y trasera del catamarán.
Fuente: Manuales del Buque.*

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]

4.5 PROPULSIÓN DEL BUQUE BENCOMO EXPRESS

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 18m³ de agua por segundo. [2]

Para todos los buque de construcción INCAT se ha adoptado el convenio para nombrar los motores principales del buque según banda y posición en el mismo.

PIME Port Inner Main Engine – Motor Principal Babor Interior

POME Port Outer Main Engine – Motor Principal Babor Exterior

SIME Starboard Inner Main Engine – Motor Principal Estribor Interior

SOME Starboard Outer Main Engine – Motor Principal Estribor Exterior

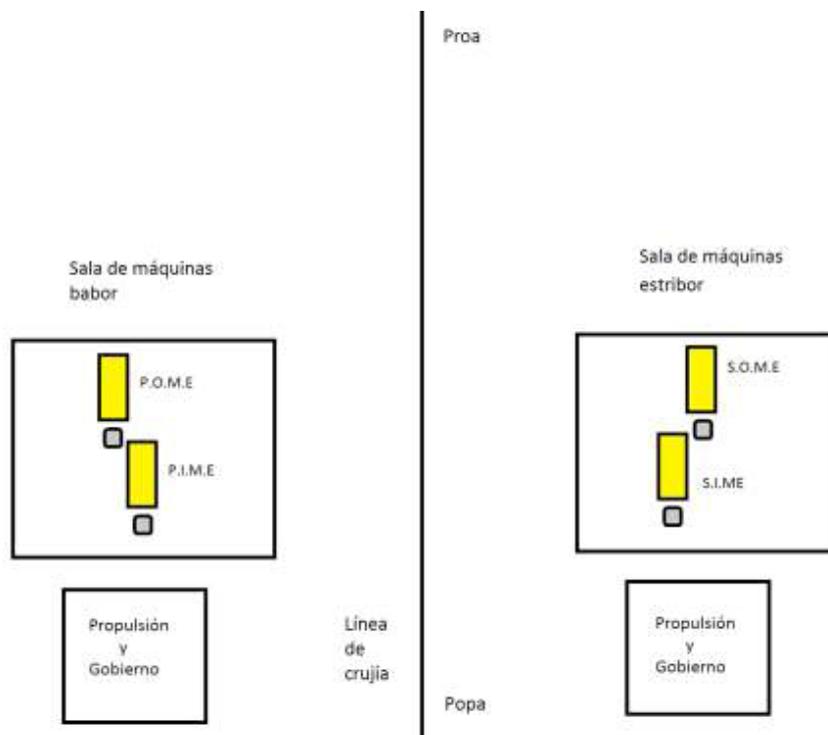


Ilustración nº 7: Distribución y nomenclatura de los MM.PP.
Fuente: Esquema personal.

4.5.1 MÁQUINA PROPULSORA DEL BUQUE BENCOMO EXPRESS

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 nº 4: Datos de la Máquina Propulsora; Buque Bencomo Express.

Fuente: [2]

4.5.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES MM.PP. (CATERPILLAR 3618)

Numero de Cilindros y configuración	V - 18 a 50"
Válvulas por cilindro	4
Cilindrada	3331
Diámetro del cilindro	280 mm
Carrera	300 mm
Relación de compresión	12.5 / 1
Combustión	Inyección Directa
Régimen de operación	1050 r.p.m.
Régimen a ralentí	350 r.p.m.
Orden de encendido	1 -2-9-10-17-18-5-6-II-12-15-16-3-4- 7-8-13-14
Sentido de giro (desde el volante)	Izquierdas
Sistema de inyección	Inyector bomba
Presión de inyección	140 bar
Avance inyección	16°
Calaje válvula escape	1 mm
Calaje válvula admisión	0.6 mm
Cremallera	Neumático
Sistema de arranque	Con refrigeración aire de carga
Presión máxima	185 kg/cm ²
Sobrealimentación	Sobrealimentado con refrigeración del aire de carga
Máxima contrapresión admisible de gases de escape	254 mm
Máxima restricción permitida de la depresión de la admisión de aire	3.7 KPa
Perfil de carga	85 % del tiempo de funcionamiento al 100% de la potencia nominal
Condiciones ambientales máximas	45° C Aire 1 32° C Agua Salada

Tabla nº 5: Características principales de los MM.PP. (Caterpillar 3618). Fuente: [2]

V. METODOLOGÍA

5. METODOLOGÍA

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

5.1 DOCUMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA.

En este TFG la documentación bibliográfica aportada viene determinada por una exhaustiva búsqueda en páginas web, informes, manuales, planos y libros. Que se suman, evidentemente, a los conocimientos adquiridos durante mi periodo de prácticas, y sobre todo a la experiencia recogida durante el desarrollo de mi puesto de trabajo como mecánico de mantenimiento nocturno en el F/F Bencomo Express, perteneciente a Fred. Olsen, S.A.

5.2 DOCUMENTACIÓN FORMATIVA.

La clave para la elección del tema de realización de este TFG sobre los principios de la lubricación parte de la recepción de un curso formativo por parte de Castrol Marine S.A. dotado por Fred Olsen Express a disposición de los maquinistas de su flota.

Resulta de importancia mencionar que los conceptos adquiridos en la realización de dicho curso fueron fundamentales para el dominio y la capacitación en los principios básicos de la lubricación, el conocimiento de los fundamentos del mantenimiento proactivo, y la enorme relevancia que ostenta la detección y prevención de averías en los análisis predictivos llevados a cabo por Fred Olsen S.A.

5.3 METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE CAMPO.

La consecución de este TFG viene determinado por la experiencia que he adquirido a lo largo de mi periodo de prácticas, así como la capacitación que el desarrollo de mi puesto de trabajo, como mecánico de mantenimiento nocturno, me ha dotado sobre la documentación y conocimiento de los principios básicos de la lubricación, de sus aplicaciones en el buque F/F Bencomo Express, y de la importancia que requiere un mantenimiento proactivo para el correcto funcionamiento de la maquinaria de este.

Como resultado de dichas experiencias se aporta una gran colección de instantáneas tomadas en la realización de los trabajos de mantenimiento, así como de las propias tareas de lubricación relacionadas con las aplicaciones en el F/F Bencomo Express.

5.4 MARCO REFERENCIAL.

Nuestro marco referencial viene relacionado, de forma evidente, con el buque F/F Bencomo Express de la empresa Fred. Olsen, S.A., destinado al transporte marítimo de pasajeros y carga rodada entre las Islas Canarias.

VI. DESARROLLO

6. DESARROLLO

6.1 LUBRICACIÓN

El rozamiento es un fenómeno pasivo debido a la estructura de la materia, presente en todas las circunstancias en que se produce un movimiento; por consiguiente, constituye un problema que el hombre ha debido superar desde los comienzos de la civilización.

La lubricación es un fenómeno muy complejo y objeto de estudio continuo por la gran cantidad de elementos que convergen en el problema; el concepto fundamental es la eliminación del contacto directo entre dos cuerpos sólidos (rozamiento seco) que interfieren entre sí dispersando gran cantidad de energía en calor y en desgaste.[3]

El rozamiento entre dos cuerpos es función de su dureza y sobre todo de su estado superficial. Durante la fricción, el contacto no se produce en toda el área, sino sólo entre las irregularidades de las superficies que interfieren entre sí; en dichos puntos se crean presiones específicas muy elevadas que, al mismo tiempo que aumentan la temperatura, provocan la fusión de los puntos de contacto y determinan la adhesión parcial de las piezas.

Para minimizar el rozamiento debido al estado superficial, se deben controlar los procesos de acabado durante la fabricación de las piezas en contacto, mientras que para evitar las atracciones moleculares, es necesario interponer entre ambas algún cuerpo cuyo rozamiento interno sustituya al directo entre los dos cuerpo. [3]

6.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS (LUBRICACIÓN)

La importancia del roce y la resistencia del movimiento ha sido muy reconocida a través de nuestra civilización.

Las grasas se utilizan como lubricante desde hace muchos siglos. Los usos más antiguos remontan a 4.000 años antes de nuestra era. En aquella época los egipcios recurrían a la grasa para resolver los problemas de fricción en sus carruajes.

Las primeras grasas estaban elaboradas con materiales que contenían cal mezclada con grasas animales y algunas veces con aceites vegetales. Este tipo de sustancia fue utilizada hasta el siglo XIX, cuando las primeras grasas a base de aceites minerales fueron desarrolladas y utilizadas como eficaces lubricantes en las vagonetas de las minas y en las máquinas industriales que en aquel entonces funcionaban con bastante lentitud. [4]

Esa grasa sólida, llamada 'briqueta', fue utilizada de forma intensa hasta mediados del siglo XX. En la actualidad aún continúa siendo empleada para varias cosas en algunas partes del mundo.

Durante todo el siglo XX, con el desarrollo de los motores de vapor, de los vehículos motorizados y de las máquinas industriales y agrícolas, hubo una creciente necesidad de grasas más eficientes. De esta manera surgieron las producidas a base de jabones metálicos de sodio, de aluminio y de bario, entre otros elementos.

Había una gama muy variada de grasas ya que cada producto era creado en función de un uso específico: para chasis, para cojinetes, para mandos de dirección, para piñones, para vagonetas, convoyes, carros, etc. Hacia 1950 se introdujo una grasa de 'multiuso', hecha a base de litio. [4]

La aparición de este producto produjo cierto escepticismo pero algunos años más tarde se transformó en la grasa más utilizada para los vehículos a motor y las máquinas industriales. Todavía hoy la grasa de litio es la más utilizada en el mundo industrial.

Los lubricantes empleados en la actualidad son en su mayoría de origen mineral y se extraen del petróleo crudo. Antes del descubrimiento del petróleo se utilizaban aceites de origen animal (de ballena, cerdo, vacuno, ovino, etc.) Y de origen vegetal (de oliva, maravilla, colza, ricino, etc.)

El poder de lubricación de los aceites animales y vegetales es mayor que el de los aceites minerales, pero presentan el grave inconveniente de su poca estabilidad, se oxidan y se descomponen con facilidad produciendo sustancias ácidas que atacan las superficies metálicas. Es por ello que en la lubricación se emplean, de forma preferente, los aceites minerales. [4]

Durante los procesos de refinación del petróleo crudo se obtienen los siguientes compuestos a diferentes temperaturas: gasolina, diésel, queroseno, residuos, aceites, etc. Para la destilación fraccionada se usa un alambique, el aceite que se obtiene es más o menos liviano en concordancia con la temperatura que se alcance en el alambique.

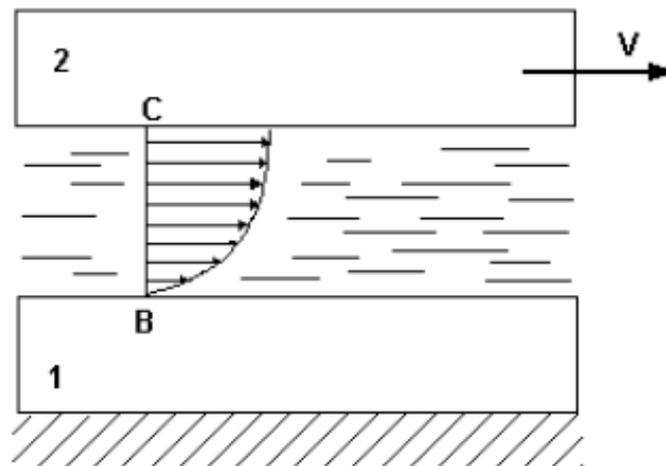
De forma posterior, el aceite se somete a un tratamiento ácido para eliminar las impurezas, enseguida se filtra y se agrega cal para eliminar los restos de acidez. Finalmente, se agregan diversos compuestos químicos, de acuerdo con las características y el uso que se desea dar al lubricante.

La lubricación es fundamental y completamente necesaria para la operación de casi todas las maquinarias que se utilizan en el mundo. Sin lubricación, casi todas las maquinarias no funcionan, y si lo hacen es con un alto riesgo de fatiga o rotura en poco.

La industria de lubricantes constantemente mejora y cambia sus productos a medida que los requerimientos de las maquinarias nuevas cambian y nuevos procesos químicos y de destilación son descubiertos. Un conocimiento básico de la tecnología de lubricación ayudará a elegir los mejores lubricantes para cada necesidad. [4]

6.3 PRINCIPIOS DE LA LUBRICACIÓN

Lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca daño en ellas. Además de evitar el contacto directo entre dos cuerpos sólidos y reducir el coeficiente de rozamiento, la lubricación realiza otras funciones: enfriar las superficies lubricadas, evitar la corrosión, contrarrestar la acción de las sustancias que pueden formarse durante el funcionamiento, como por ejemplo los productos y residuos de la combustión en un motor, y favorecer la estanquidad entre las piezas en movimiento relativo.



*Ilustración nº 8: Esquema de rozamiento fluido.
Fuente: Seminario Castrol.[5]*

Interponiendo entre las superficies en movimiento relativo una sustancia fluida, denominada lubricante, ésta desarrolla durante determinado tiempo la función de cojinete y evita el contacto directo.

En estas condiciones, la fuerza necesaria para causar el movimiento es la correspondiente al esfuerzo de deslizamiento entre las capas fluidas. El fenómeno toma el nombre de rozamiento fluido, y el espacio entre las partes sólidas ocupado por el lubricante se denomina película.

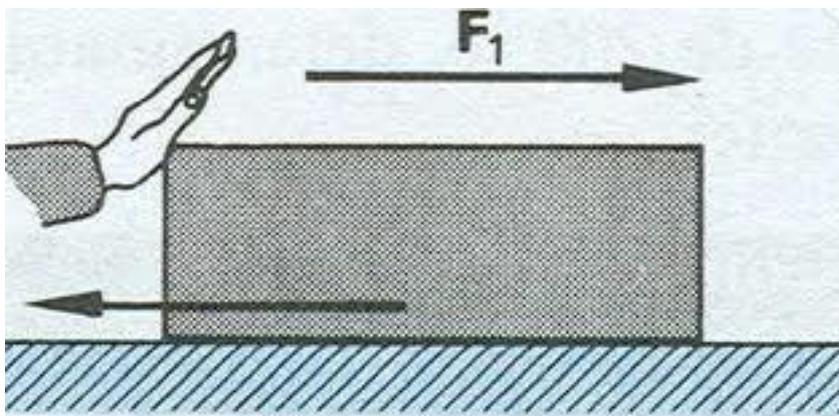
Por lo tanto podemos afirmar que la lubricación se trata de cualquier procedimiento que produzca el efecto de reducir la fricción y el desgaste. Siendo la fricción la resistencia al movimiento encontrada en el deslizamiento entre dos superficies; y el desgaste la pérdida o destrucción de las superficies deslizantes.

6.4 TIPOS DE FRICCIÓN

Existen tres tipos de fricción o rozamiento, la fricción estática, la fricción dinámica y la fricción por rodadura. La primera la podemos definir como la resistencia que se debe superar para poner en movimiento un cuerpo con respecto a otro que se encuentra en contacto. La segunda, es la resistencia, de una magnitud de consideración constante, que se opone al movimiento pero una vez que éste ya comenzó. Con lo cual, lo que diferencia a un roce con el otro, es que el estático actúa cuando los cuerpos están en reposo relativo y el dinámico lo hace cuando ya se encuentran en movimiento. [6]

6.4.1 FRICCIÓN ESTÁTICA

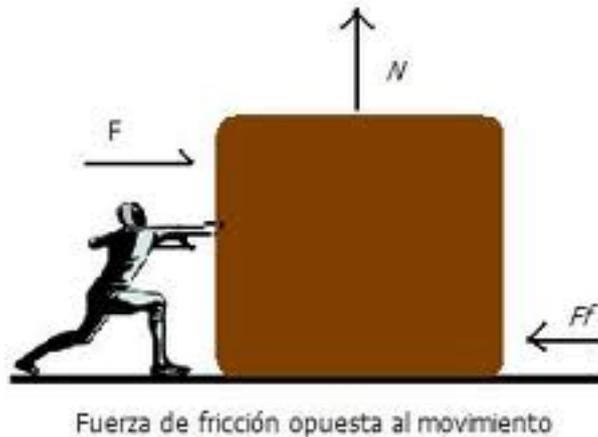
Es aquella que impide que un objeto inicie un movimiento y es igual a la fuerza total aplicada sobre el cuerpo, solo que con sentido opuesto (ya que impide el movimiento). El rozamiento estático es siempre menor o igual al coeficiente de roce entre los dos objetos (número que se mide experimentalmente y está tabulado) multiplicado por la fuerza normal. Se impide el movimiento.



*Ilustración nº 9: Fricción Estática.
Fuente: Recurso Web. [7]*

6.4.2 FRICCIÓN DINÁMICA

Es aquella que aparece cuando un objeto se desliza sobre otro; la superficie de contacto presenta una fricción opuesta hacia donde se realice el movimiento, dependiendo del material de las superficies varía la fricción; un objeto liso casi no presenta fricción.



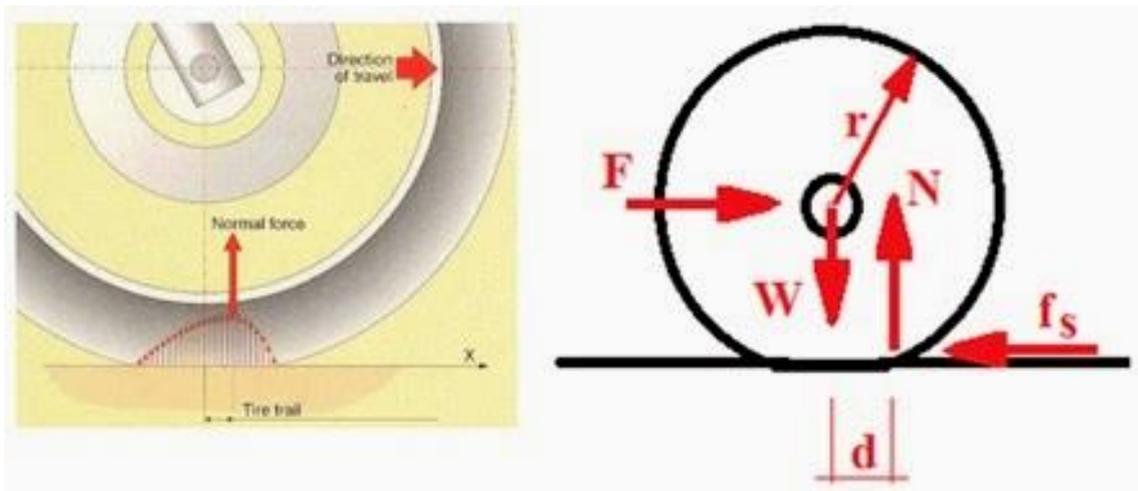
*Ilustración nº 10: Fricción Dinámica.
Fuente: Recurso Web. [7]*

6.4.3 FRICCIÓN POR RODADURA

Se presenta cuando un cuerpo rueda sobre una superficie, deformándose uno de ellos o ambos de manera inelástica. Esta fricción o resistencia está ausente en el caso anteriormente tratado en el curso de un sólido rígido ideal (indeformable) que rueda sobre una superficie rígida también ideal (indeformable).

El concepto de fricción o resistencia por rodadura es muy similar al de resistencia por rozamiento, diferenciándose en que este último hace alusión a dos superficies que deslizan o resbalan una sobre otra, mientras que en el coeficiente de rodadura no existe tal resbalamiento entre el cuerpo y la superficie sobre la que rueda, disminuyendo por regla general la resistencia al movimiento. [6]

En el caso de fricción, el cuerpo debe ser actuado por una fuerza externa que iguale o supere la fuerza de rozamiento desarrollada entre las superficies en contacto y que actúa sobre el cuerpo oponiéndose a su movimiento. En el caso de rodadura, el cuerpo debe ser actuado por un torque externo que iguale o supere el torque resistente producido por la reacción del piso sobre el cuerpo rodante.



*Ilustración nº 11: Fricción de Rodadura en cuerpos deformables.
Fuente: Recurso Web. [7]*

6.5 TIPOS DE DESGASTE

El desgaste es la erosión de material sufrida por una superficie sólida por acción de otra superficie. Está relacionado con las interacciones entre superficies y más específicamente con la eliminación de material de una superficie como resultado de una acción mecánica.

Diferenciamos diferentes tipos de desgaste a tener en cuenta en cuanto a las aplicaciones de lubricación; Abrasivo, Adhesivo, Corrosivo, Pitting, Cavitación.

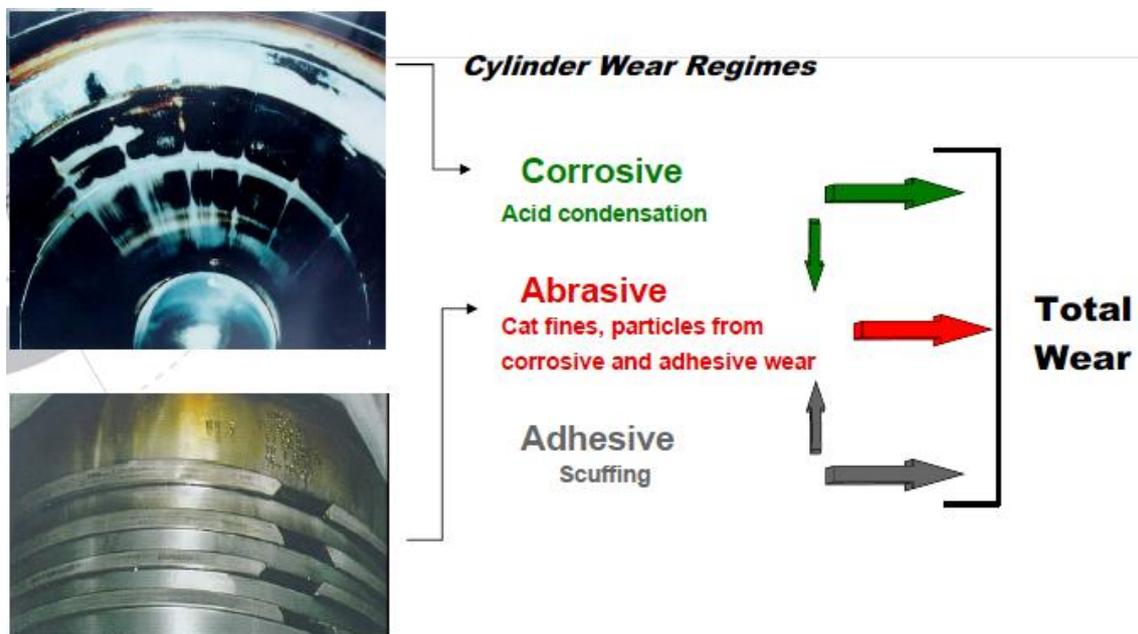
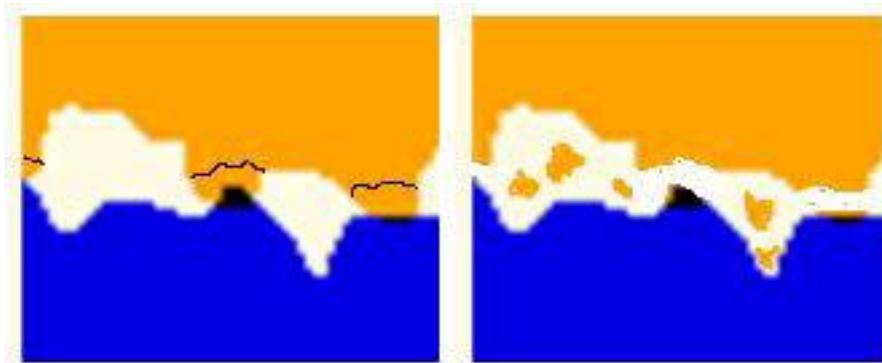


Ilustración nº 12: Tipos de desgaste.
Fuente: Seminario Castrol. [5]

6.5.1 DESGASTE ABRASIVO

Tipo de desgaste provocado por la acción de duras partículas o protuberancias forzadas contra una superficie sólida y simultáneamente puestas en movimiento relativo respecto a ella. Es decir las partículas duras, suspendidas en un fluido, o incrustadas en otra superficie ruedan o deslizan bajo presión contra otra superficie. [5]

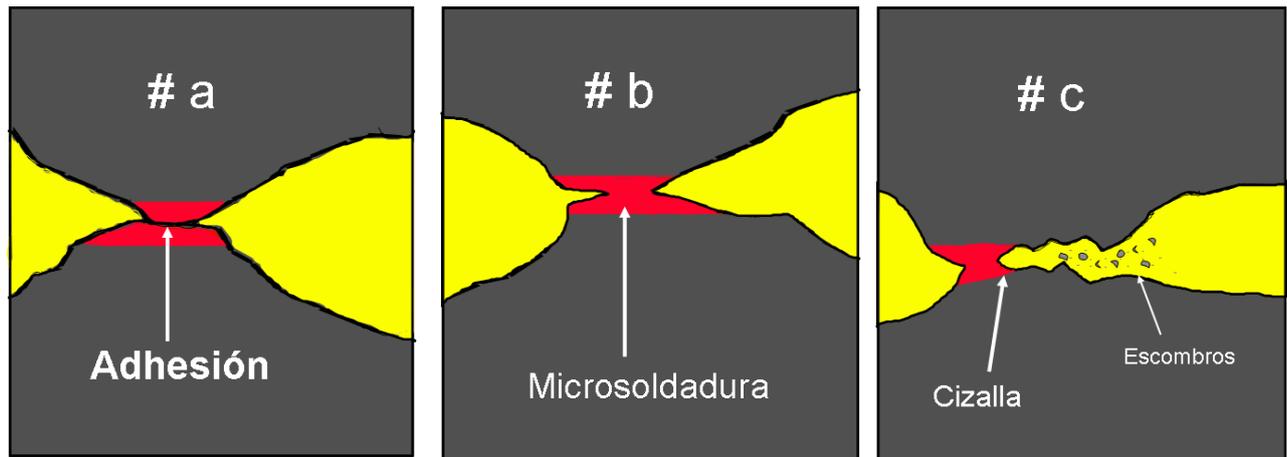
El material más duro, al clavarse en el otro, arranca trozos del material (indentación, ranurado o esclopeado), o rompe las crestas del material más blando (pulido).



*Ilustración n° 13: Desgaste Abrasivo.
Fuente: Recurso Web. [7]*

6.5.2 DESGASTE ADHESIVO

Este tipo de desgaste se da entre materiales iguales o parecidos, ya que al tener mayor afinidad, se transfieren moléculas entre ellos, que se pegan, y al continuar el movimiento relativo entre las dos superficies, se arrancan y desprenden. [5]



*Ilustración nº 14: Estadios de un Desgaste Adhesivo.
Fuente: Seminario Castrol. [5]*

El fenómeno de adhesión ha sido identificado como el principal contribuyente a la resistencia al deslizamiento en los sistemas con movimiento relativo de superficies en contacto (fricción). No obstante se puede decir que la adhesión es una consecuencia del contacto y no es la causa del desgaste. En realidad el daño se produce cuando las dos superficies adheridas localmente son obligadas a deslizarse y por lo tanto a deslizarse. [5]

6.5.3 DESGASTE CORROSIVO

El desgaste corrosivo se produce como resultado de la interacción mecánica de las superficies en contacto por la influencia de las condiciones del medio en que se produce. Cuando se habla de desgaste corrosivo solamente se considera como un proceso en que la destrucción ocurre debido a la acción química o electroquímica del medio.



Ilustración n° 15: Desgaste Corrosivo en camisa.
Fuente: Recurso Web. [7]

En el caso de la corrosión de los elementos internos del motor, que se encuentran sujetos a la lubricación de éste, determinamos que además de existir la influencia del medio sobre el deterioro se presenta la acción de otro cuerpo, con lo cual lo denominamos desgaste corrosivo-mecánico. En este tipo de desgaste interactúan tres elementos fundamentales: Los dos cuerpos, y el medio.

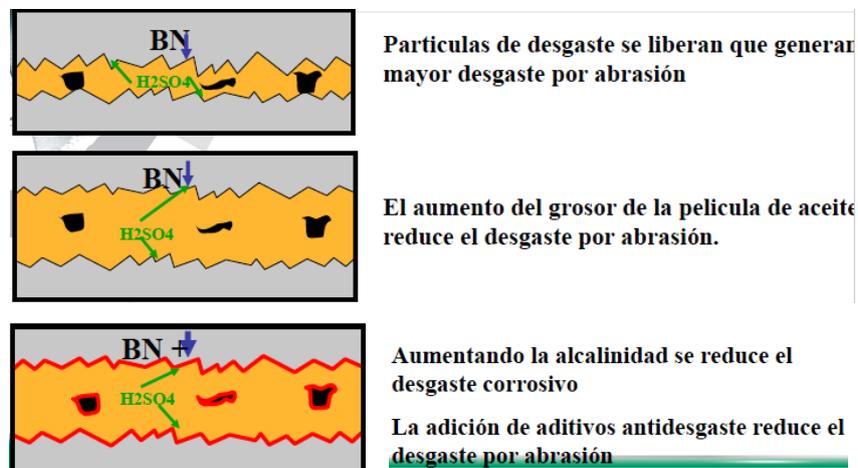


Ilustración n° 16: Esquema Desgaste Corrosivo.
Fuente: Seminario Castrol. [5]

6.5.4 PITTING

Es el ataque localizado (picaduras) que produce penetración en el acero inoxidable. El pitting se asocia con la discontinuidad local de la superficie pasiva, puede ser debido a condiciones extremas de agentes corrosivos o a imperfecciones mecánicas, tales como partículas extrañas, daño en la superficie del material, o por fallas en la película de óxido de cromo.



*Ilustración nº 17: Pitting en camisa.
Fuente: Recurso Web. [7]*

El fenómeno ocurre cuando se rompe la superficie pasiva y hay un ataque muy localizado. Es posible prevenir o retardar este efecto utilizando aceros inoxidables con contenido de molibdeno.

6.5.5 CAVITACIÓN

La cavitación es un efecto hidrodinámico producido cuando el agua o cualquier otro fluido pasa a una gran velocidad por una arista afilada, produciéndose una descompresión del fluido. Es posible que se alcance la presión de vapor del líquido de tal forma que las moléculas que lo componen cambian inmediatamente a estado de vapor, formándose burbujas o, expresado de forma técnica, cavidades. [8]

Las burbujas que se forman pasan hacia zonas de mayor presión e implosionan (el vapor regresa al estado líquido de manera súbita, “aplastándose” bruscamente las burbujas) produciendo una estela de gas y un abrasión del metal de la superficie en la que se origina este fenómeno.

Un fallo en el diseño de los motores Caterpillar 3618, que monta el F/F Bencomo Express, provoca que se registre cavitación entre el bloque motor y el exterior de las camisas. El paso de agua por la zona exterior de las camisas es demasiado estrecho, lo que produce la descompresión del agua, con lo cual las moléculas alcanzan la presión de vapor y se produce cavitación.



*Ilustración nº 18: Cavitación en el Bloque Motor de Caterpillar 3618.
Fuente: Trabajo de Campo. [9]*

6.6 TIPOS DE ENGRASE

Dependiendo del grosor de la película de lubricación (aceite), podemos encontrar diferentes tipos de engrase: engrase perfecto, engrase imperfecto, engrase seco.

6.6.1 ENGRASE PERFECTO

Es aquel en el que las dos superficies en contacto se separan por la interposición permanente de una película de lubricante, de forma que no se toquen los dos cuerpos con movimiento relativo en ningún punto.

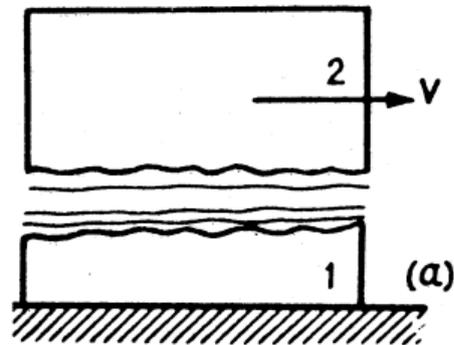


Ilustración nº 19: Engrase Perfecto.
Fuente: [10]

6.6.2 ENGRASE IMPERFECTO

Si en las superficies existen zonas en las que se efectúa el contacto sólido y en otras zonas un contacto fluido, diremos que se trata de un engrase de tipo imperfecto.

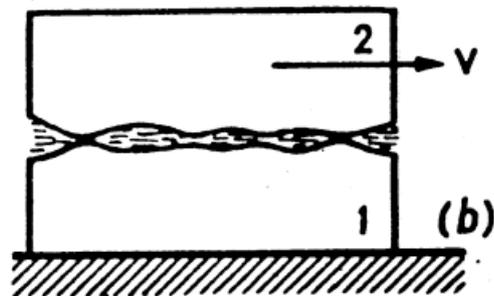
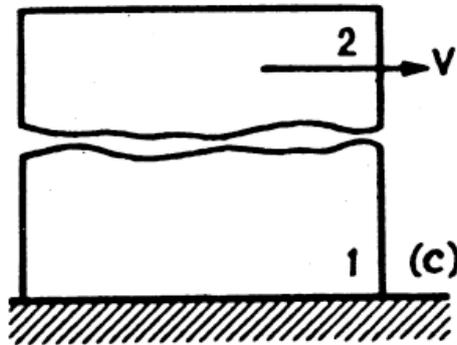


Ilustración nº 20: Engrase Imperfecto.
Fuente: [10]

6.6.3 ENGRASE SECO

Cuando la película lubricante desaparece por completo, hablamos de engrase seco o rozamiento sólido.



*Ilustración nº 21: Engrase Seco o Rozamiento Sólido.
Fuente: [10]*

6.7 TIPOS DE LUBRICACIÓN

Aquellos procedimientos que logren reducir la fricción entre dos superficies móviles puede ser denominado lubricación; y cualquier material que sea utilizado para este propósito puede ser conocido como lubricante.

La lubricación mejora la uniformidad y suavidad del movimiento de una superficie sobre otra. Para lograrlo es posible realizarlo de distintas maneras. Los diferentes tipos de lubricación son denominados normalmente, regímenes de Lubricación.

Las mejores condiciones de lubricación existen cuando las dos superficies móviles están completamente separadas por una película de lubricante suficiente, este método de lubricación es conocido como Hidrodinámica. [10]

La lubricación es menos eficiente cuando la película es tan delgada que el contacto entre las superficies tiene lugar sobre una área similar a cuando la lubricación no existe. Estas condiciones definen la lubricación de película límite.

Lubricación mixta, de película delgada o hidrostática, existe cuando las superficies móviles están separadas por una película de lubricante a presión continua con un espesor comparable a la rugosidad de las superficies.

La lubricación elasto-hidrodinámica, es un tipo especial de lubricación hidrodinámica que se puede desarrollar en ciertos contactos con altas cargas, tales como cojinetes y algunos tipos de engranajes. [10]

6.7.1 LUBRICACIÓN HIDROSTÁTICA

En la lubricación hidrostática la capa de lubricante se garantiza gracias al suministro de un fluido a presión en la zona de contacto. Será esa presión exterior la encargada de mantener la separación de los dos cuerpos.

Es muy apropiada para velocidades relativas de deslizamiento bajas o, incluso, para los momentos de arranque en las diferentes máquinas o mecanismos. El nivel de rozamiento es muy bajo en este régimen de lubricación. [10]

Existen dos tipos de cojinetes hidrostáticos: de caudal constante, de presión constante.

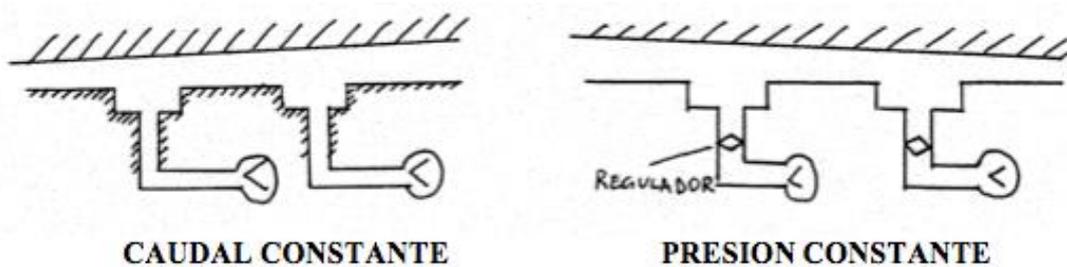


Ilustración nº 22: Tipos de cojinetes hidrostáticos.
Fuente: [10]

En general, el tipo más utilizado es el de presión constante, ya que son más pequeños y baratos (se necesita sólo una bomba). Es importante tener en cuenta que el elemento regulador puede consistir, simplemente, en un capilar.

Una aplicación muy importante de este régimen de lubricación, es en el arranque de varias máquinas. Para que se forme la capa de aceite en régimen hidrodinámico, el eje tiene que tener una velocidad mínima. Si se arranca desde parado, se utiliza la lubricación hidrostática al principio hasta que se alcanza la velocidad suficiente. Una vez alcanzada la velocidad necesaria, se genera la cuña hidrodinámica que es capaz por sí misma de mantener la película de aceite. [10]

6.7.2 LUBRICACIÓN HIDRODINÁMICA

La hidrodinámica es el tipo de lubricación más eficiente, se trata de la separación de los componentes por una cuña de aceite que se forma hidrodinámicamente. En un motor, la mayoría de la lubricación de los cojinetes es proporcionada por esta cuña hidrodinámica. Cuando la quema de combustible empuja el pistón hacia abajo contra su biela y el cojinete para forzar el giro del cigüeñal, necesitamos una película de aceite para reducir la fricción y el desgaste.

La formación de la cuña hidrodinámica depende de la geometría, velocidad de la máquina, la carga que lleva y la viscosidad del aceite. En un motor, también depende de la presión del aceite y la condición del filtro de aceite. Para obtener esta película, se bombea el aceite por el cigüeñal forzándolo a salir por el orificio, entrando a presión en el cojinete para separarlo del cigüeñal.

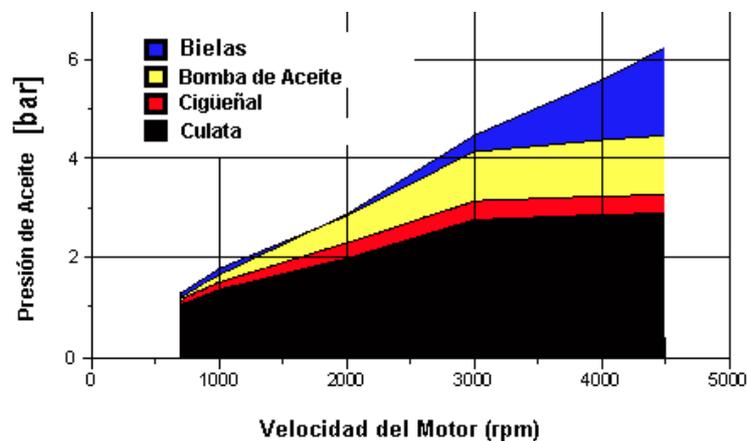


Gráfico nº 1: Relación Presión-velocidad para Lubricación hidrodinámica en partes del motor.
Fuente: Recurso Web. [7]

El punto más crítico para la lubricación es el momento del arranque. En el arranque y apagado del equipo no hay lubricación hidrodinámica; una vez que el motor se encuentra a régimen se forma una cuña hidrodinámica bastante fuerte.

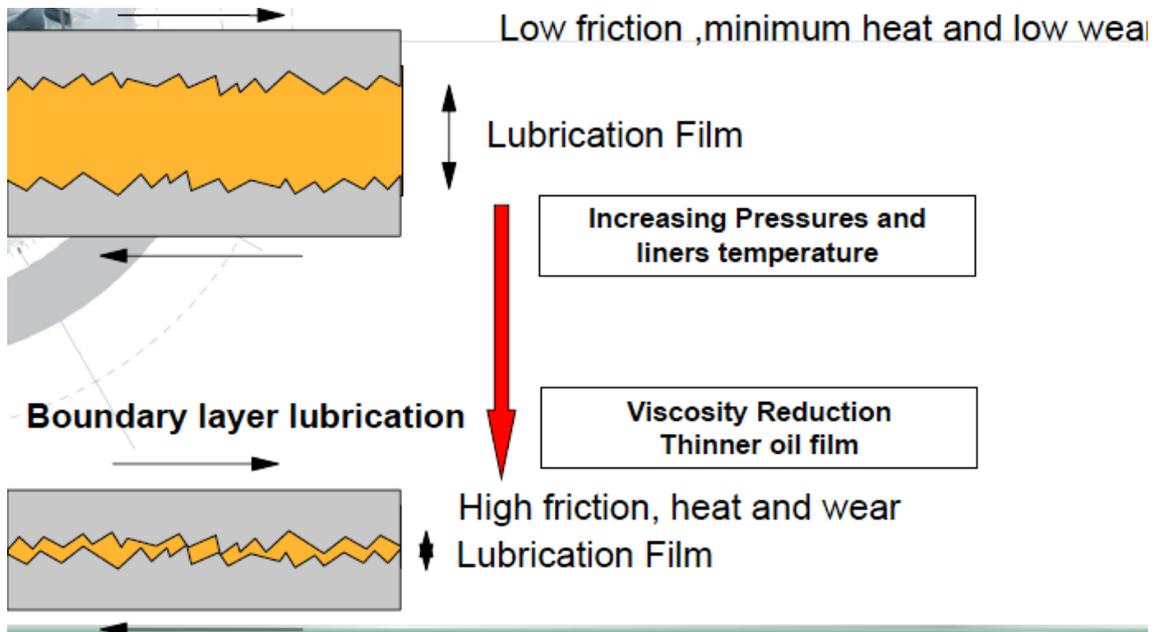


Ilustración nº 23: Esquema Lubricación hidrodinámica.
Fuente: Seminario Castrol. [5]

6.7.3 LUBRICACIÓN EN PELÍCULA LÍMITE

Tiene lugar siempre que un mecanismo se pone en movimiento, debido a que las condiciones de velocidad, carga, temperatura (viscosidad) o métodos de aplicación del lubricante no son favorables para la formación de una película fluida.



Ilustración nº 24: Esquema Película Límite.
Fuente: Seminario Castrol. [5]

En este momento hay sólo una mínima cantidad de lubricante sobre las superficies metálicas, la cual permite que se presente la máxima interacción entre las rugosidades de ambas superficies. Bajo condiciones normales de operación, el régimen de lubricación de película límite debe desaparecer totalmente.

En condiciones de lubricación de capa límite, el desgaste puede ser producido por corrosión, adhesión, fatiga, y arado (o abrasión), actuando solos o en combinación.

6.7.4 LUBRICACIÓN ELASTO-HIDRODINÁMICA

Es un tipo especial de lubricación hidrodinámica que se puede desarrollar en diversos contactos con altas cargas, como cojinetes y algunos tipos de engranajes. En estos mecanismos el lubricante es arrastrado hacia el área de contacto y luego sujeto a muy altas presiones a medida que es comprimido bajo carga pesada. El incremento de la presión tiene dos efectos. En primer lugar causa un incremento en la viscosidad del lubricante y con lo cual un aumento en su capacidad de soportar cargas. En segundo lugar, la presión deforma las superficies cargadas y distribuye la carga sobre un área mayor.[10]

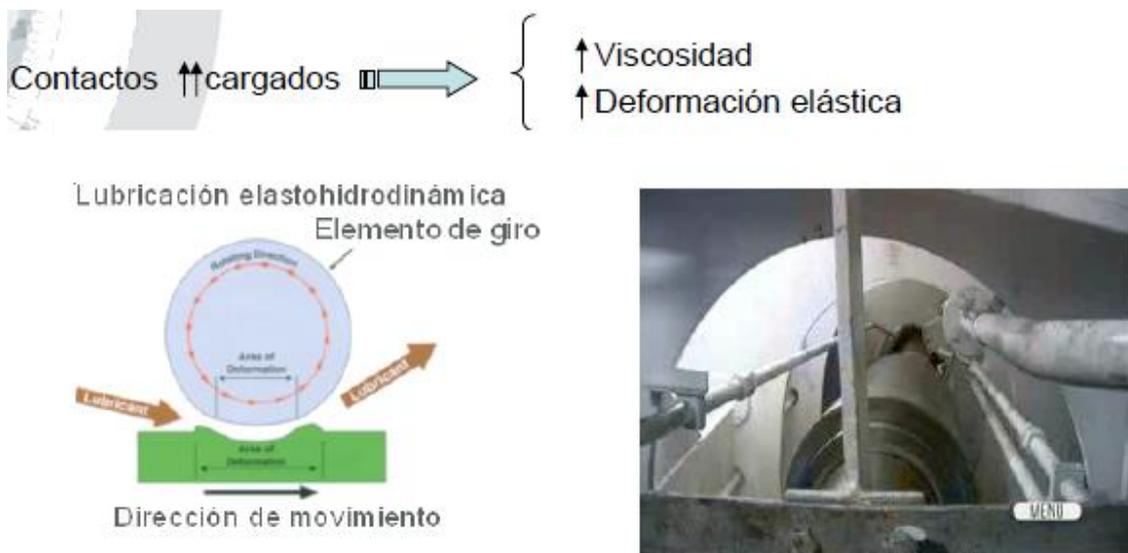


Ilustración nº 25: Esquema Lubricación Elasto-hidrodinámica.
Fuente: Seminario Castrol.[5]

6.8 FACTORES INFLUYENTES EN LA LUBRICACIÓN

6.8.1 VISCOSIDAD DEL LUBRICANTE

Este es el factor más importante. Si la viscosidad del lubricante es demasiado baja, esto significa que la capa lubricante es demasiado delgada, y por tanto no será capaz de formar una cuña de aceite adecuada. Si, por otro lado, la viscosidad es demasiado alta, el espesor del lubricante puede restringir el movimiento relativo entre dos superficies. [10]

6.8.2 CARGA (PRESIÓN)

A cualquier temperatura dada, un incremento de la carga o presión tenderá a disminuir la película de aceite. Una carga o presión excesiva tenderá a incrementar la fricción y el desgaste. [10]

6.8.3 VELOCIDAD RELATIVA DE LAS SUPERFICIES DESLIZANTES

Cuanto mayor sea la velocidad de deslizamiento mayor será el grosor de la película de aceite, asumiendo que la temperatura permanezca constante. Una consecuencia importante de esto es que las superficies en movimiento, tenderán a entrar en contacto cuando el equipo arranque o pare. [10]

6.8.4 TEMPERATURA

La viscosidad de un líquido disminuye al incrementarse la temperatura, por lo tanto un cojinete que esté lubricado eficientemente en frío puede que no trabaje bien a altas temperaturas. [10]

6.8.5 DISEÑO DEL COJINETE

La forma de las superficies lubricadas debe favorecer la formación de una cuña de aceite. Por lo tanto debe haber un espacio adecuado entre las superficies móviles. [10]

6.8.6 ALIMENTACIÓN DEL LUBRICANTE

Evidentemente la lubricación hidrodinámica no se puede desarrollar si no hay suficiente lubricante para cubrir todas las superficies en contacto. [10]

6.9 LUBRICANTES

El lubricante es una sustancia que introducida entre dos superficies móviles reduce la fricción entre ellas, facilitando el movimiento y reduciendo el desgaste.

El lubricante cumple variadas funciones dentro de una máquina o motor, entre ellas disuelve y transporta al filtro las partículas fruto de la combustión y el desgaste, distribuye la temperatura desde la parte inferior a la superior actuando como un refrigerante, evita la corrosión por óxido en las partes del motor o máquina, evita la condensación de vapor de agua y sella actuando como una junta determinados componentes. [11]

La propiedad del lubricante de reducir la fricción entre partes se conoce como Lubricación y la ciencia que la estudia es la tribología.

Un lubricante se compone de una base, que puede ser mineral o sintética y un conjunto de aditivos que le confieren sus propiedades y determinan sus características.

Cuanto mejor sea la base menos aditivos necesitará, sin embargo se necesita una perfecta comunión entre estos aditivos y la base, pues sin ellos la base tendría unas condiciones de lubricación mínimas.

6.10 TIPOS DE LUBRICANTES

Existen distintas sustancias lubricantes dependiendo de su composición y presentación:

Líquidos: De base (origen) mineral o vegetal. Son necesarios para la lubricación hidrodinámica y son usados comúnmente en la industria, motores y como lubricantes de perforación.

Semisólidos: Son las denominadas "Grasas". Su composición puede ser mineral, vegetal y frecuentemente son combinadas con muchos tipos de lubricantes sólidos como el Grafito, Molibdeno o Litio.

Sólidos: Es un tipo de material que ofrece mínima resistencia molecular interna por lo que por su composición ofrece óptimas condiciones de lubricación sin necesidad de un aporte lubricante líquido o semi-sólido. El más común es el Grafito aunque la industria está avanzando en investigación en materiales de origen metálico. [11]

Según su naturaleza podemos diferenciar y clasificar los lubricantes en dos tipos: Minerales y Sintéticos.

Mineral: Son los aceites provenientes del refinado del petróleo.

Sintéticos: Son creados de forma sintética y no tienen origen natural. Tienen mayor resistencia térmica y mejores propiedades anti-desgaste. [11]

6.10.1 LUBRICANTES MINERALES

Son los más usados y baratos de las bases parafínicas o nafténicas. Se obtiene tras la destilación del barril de crudo después del gasoleo y antes que el alquitrán, comprendiendo un 50% del total del barril, este hecho así como su precio hacen que sea el más utilizado.

Existen dos tipos de lubricantes minerales clasificados por la industria, grupo 1 y grupo 2 atendiendo a razones de calidad y pureza predominando el grupo 1. Es una base de bajo índice de viscosidad natural (SAE 15) por lo que necesita de gran cantidad de aditivos para ofrecer unas buenas condiciones de lubricación. El origen del lubricante mineral por lo tanto es orgánico, puesto que proviene del petróleo. [11]

Los lubricantes minerales obtenidos por destilación del petróleo son fuertemente aditivados para poder soportar diversas condiciones de trabajo, lubricar a altas temperaturas, permanecer estable en un amplio rango de temperatura, tener la capacidad de mezclarse adecuadamente con el refrigerante (visibilidad), tener un índice de viscosidad alto, y tener higroscopicidad definida, (capacidad de retener humedad).

6.10.2 LUBRICANTES SINTÉTICOS

Es una base artificial y por lo tanto del orden de 3 a 5 veces más costosa de producir que la base mineral. Se crea en laboratorio y puede o no provenir del petróleo. Poseen unas excelentes propiedades de estabilidad térmica y resistencia a la oxidación, así como un elevado índice de viscosidad natural (SAE 30). Poseen un coeficiente de tracción muy bajo, con lo cual se obtiene una buena reducción en el consumo de energía. [11]

Existen varios tipos de lubricantes sintéticos:

1.- Hidrocrack. Es una base sintética de procedencia orgánica que se obtiene de la hidrogenización de la base mineral mediante el proceso de hidrocracking. Es el lubricante sintético más utilizado por las compañías petroleras debido a su bajo costo en referencia a otras bases sintéticas y a su excedente de base mineral procedente de la destilación del crudo para la obtención de combustibles fósiles. [11]

2.- PAO. Es una base sintética de procedencia orgánica pero más elaborada que el hidrocrack, que añade un compuesto químico a nivel molecular denominado Poli-Alfaolefinas que le confieren una elevada resistencia a la temperatura y muy poca volatilidad (evaporación). [11]

3.- PIB. Es una base sintética creada para la eliminación de humo en el lubricante por mezcla en motores de 2 tiempos. Se denomina Poli-isobutileno. [11]

4.- ESTER. Es una base sintética que no deriva del petróleo sino de la reacción de un ácido graso con un alcohol. Es la base sintética más costosa de elaborar porque en su fabricación por "corte" natural se rechazan 2 de cada 5 producciones. Se usa principalmente en aeronáutica donde sus propiedades de resistencia a la temperatura extrema que comprenden desde -68 °C a +325 °C y la polaridad que permite al lubricante adherirse a las partes metálicas debido a que en su generación adquiere carga electromagnética, hacen de esta base la reina de las bases en cuanto a lubricantes líquidos. El ester es comúnmente empleado en lubricantes de automoción en competición. [11]

6.11 FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES

- Separar las superficies móviles.
 - necesita gran resistencia a la rotura de la película para minimizar la fricción y el desgaste.
- Disipar el calor generado por la fricción.
 - buena conductividad térmica y resistencia a la oxidación.
- Control del desgaste corrosivo.
 - evitar la corrosión en ambientes agresivos.
- Mantener el motor limpio internamente.
 - detergencia, dispersancia, etc...
- Mantener un buen cierre en la zona de aros del pistón.
 - viscosidad adecuada en zonas calientes.

6.12 ADITIVOS DE LOS LUBRICANTES

La base de un lubricante por sí sola no ofrece toda la protección que necesita un motor o componente industrial, por lo que en la fabricación del lubricante se añade un compuesto determinado de aditivos atendiendo a las necesidades del fabricante del motor (Homologación o Nivel autorizado) o al uso al que va a ser destinado el lubricante en cuestión.

Los aditivos usados en el lubricante se agrupan en tres tipos principales:

- Modificadores.
 - Modifican las características de los aceites base para hacerlos adecuados para su uso en motores.
- Protectores del aceite.
 - Protegen el aceite para mejorar su vida útil.
- Protectores de las superficies.
 - Protegen las superficies metálicas para reducir la corrosión, la fricción y el desgaste.

Dentro de los Modificadores destacan los aditivos mejoradores del índice de viscosidad (IV), los depresores del punto de congelación (PPD), y los controladores de la degradación de juntas.

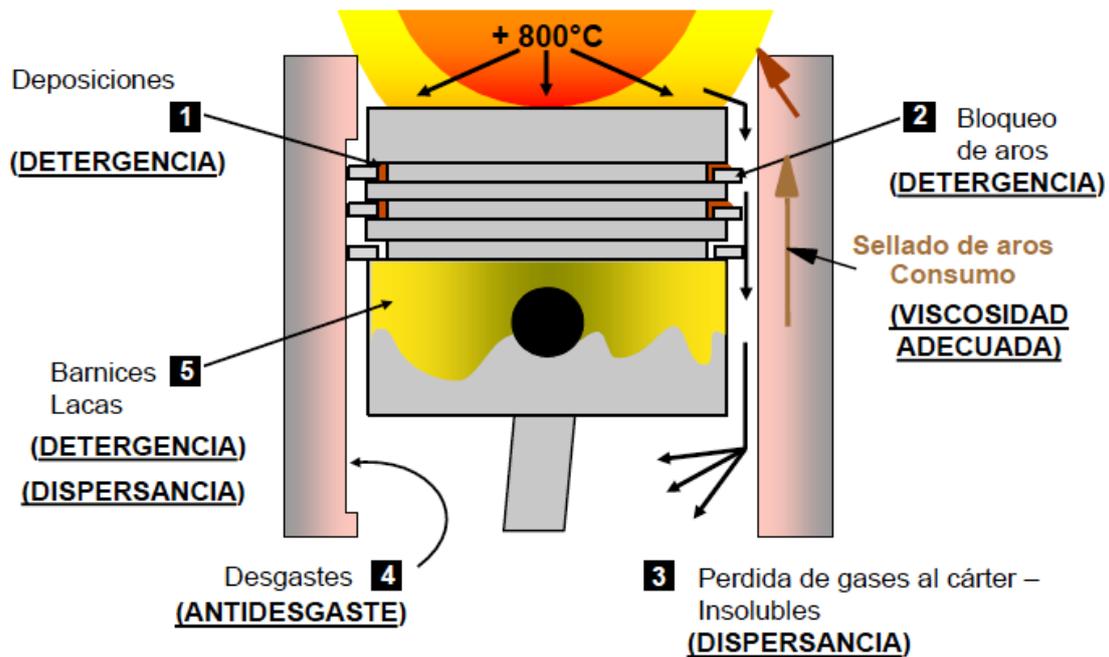


Ilustración nº 26: Funciones del Lubricante.
Fuente: Seminario Castrol. [5]

Entre los protectores del aceite destacamos:

Antioxidantes: Retrasan el envejecimiento prematuro del lubricante.

Antiespumantes: Evitan la oxigenación del lubricante por cavitación reduciendo la tensión superficial y así impiden la formación de burbujas que llevarían aire al circuito de lubricación.

Antiherrumbre: Evita la formación de óxido en las paredes metálicas internas del motor y la condensación de vapor de agua.

Entre los protectores de las superficies destacamos:

Antidesgaste Extrema Presión (EP): Forman una fina película en las paredes a lubricar. Se emplean mucho en lubricación por barboteo (Cajas de cambio y diferenciales)

Inhibidores de la corrosión: Cubre la superficie metálica con una película protectora. Previene contra la corrosión interna del motor. Es efectivo a altas temperaturas.

Detergentes: Son los encargados de arrancar los depósitos de suciedad fruto de la combustión.

Dispersantes: Son los encargados de transportar la suciedad arrancada por los aditivos detergentes hasta el filtro o cárter del motor.

Espesantes: Es un compuesto de polímeros que por acción de la temperatura aumentan de tamaño aumentando la viscosidad del lubricante para que siga proporcionando una presión constante de lubricación.

Diluyentes: Es un aditivo que reduce los micro-cristales de cera para que fluya el lubricante a bajas temperaturas.

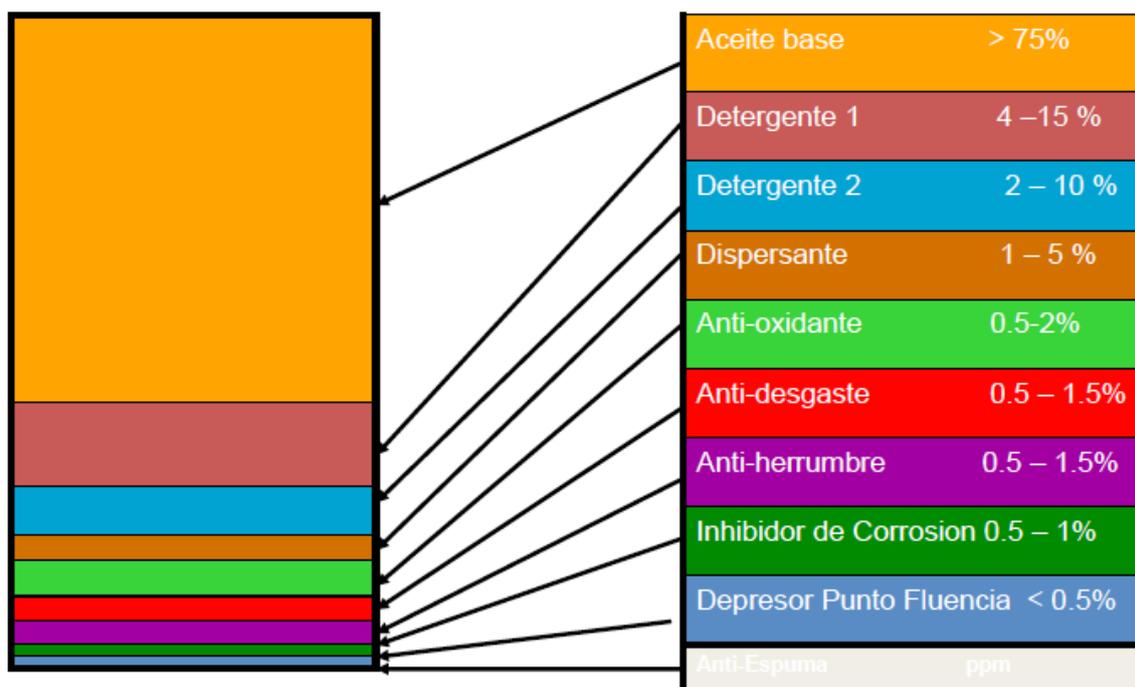


Gráfico n° 2: Composición de los Lubricantes (% Aditivos en Lubricante).
Fuente: Seminario Castrol. [5]

6.13 CARÁCTERÍSTICAS DE LOS LUBRICANTES

6.13.1 VISCOSIDAD

Es la propiedad más importante que tienen los lubricantes y se define como la resistencia de un fluido a fluir. Es un factor determinante en la formación de la película lubricante.

Como medida de la fricción interna actúa como resistencia contra la modificación de la posición de las moléculas al actuar sobre ellas una tensión de cizallamiento. La viscosidad es una propiedad que depende de la presión y temperatura y se define como el cociente resultante de la división de la tensión de cizallamiento (τ) por el gradiente de velocidad (D). $\eta = \tau / D$

La viscosidad cambia con:

- Temperatura.
 - A mayor temperatura, menor viscosidad.
- Presión.
 - A mayor presión, mayor viscosidad.
- Relación de corte/cizallamiento.
 - A mayor relación de corte, más baja viscosidad.

❖ 6.13.1.1 VISCOSIDAD DINÁMICA O ABSOLUTA

La unidad de viscosidad absoluta es el poise, que se define como la viscosidad de un fluido que opone determinada fuerza al deslizamiento de una superficie sobre otra a velocidad y distancia determinadas. Corrientemente se emplea el centipoise (cP), que es la centésima parte del poise y equivale a la viscosidad absoluta del agua.

$$\text{Viscosidad Dinámica (Absoluta)} = \frac{\text{Fuerza aplicada / Unidad de área}}{\text{Velocidad del líquido/espacio}} \quad \text{CentiPoise (cP)}$$

*Gráfico nº 3 Relación Viscosidad Dinámica.
Fuente: Seminario Castrol.[5]*

❖ 6.13.1.2 VISCOSIDAD CINEMÁTICA

Es la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del líquido. La unidad es el stoke (St), aunque prácticamente se emplea el centistoke (cSt), que equivale a la centésima parte de aquel y es aproximadamente la viscosidad cinemática del agua a 20 °C.

$$\text{Viscosidad Cinemática} = \frac{\text{Viscosidad Dinámica}}{\text{Peso específico}} \quad \text{CentiStokes (cSt)}$$

Gráfico nº 4 Relación Viscosidad Cinemática.
Fuente: Seminario Castrol. [5]

❖ 6.13.1.3 VISCOSIDAD RELATIVA

En la práctica, la medición de la viscosidad se hace en aparatos denominados viscosímetros, en los cuales se determina el tiempo que tarda en vaciarse un volumen fijo de aceite a determinada temperatura y por un tubo de diámetro conocido. Los más empleados son los Engler, Redwood y Saybolt.

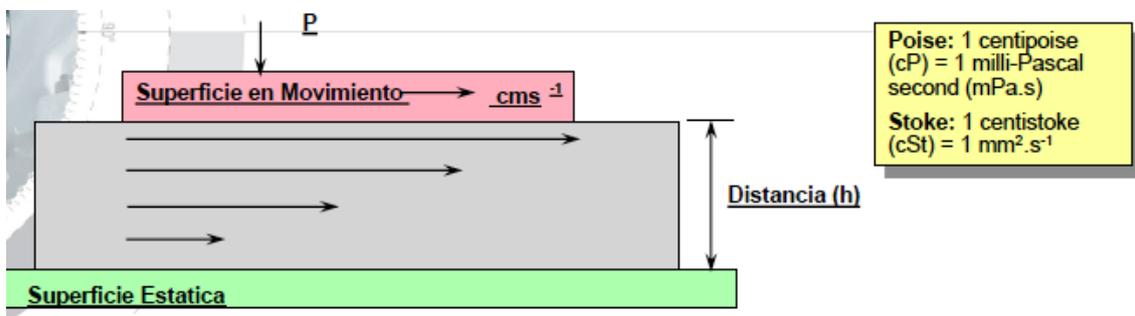


Ilustración nº 27: Medida de la Viscosidad.
Fuente: Seminario Castrol.[5]

❖ 6.13.1.4 NUMERACIÓN SAE

Establecidos por la “Society of Automotive Engineers” SAE, para especificar gamas de viscosidades de lubricantes. La clasificación en grados SAE (5w, 10w, 20w, 30w, 40w, etc...) no indica un valor determinado de la viscosidad, son cifras arbitrarias en orden de crecimiento de la viscosidad.

Los grados SAE seguidos de “W” (Winter) se refieren especialmente a aceites para uso en climas fríos.

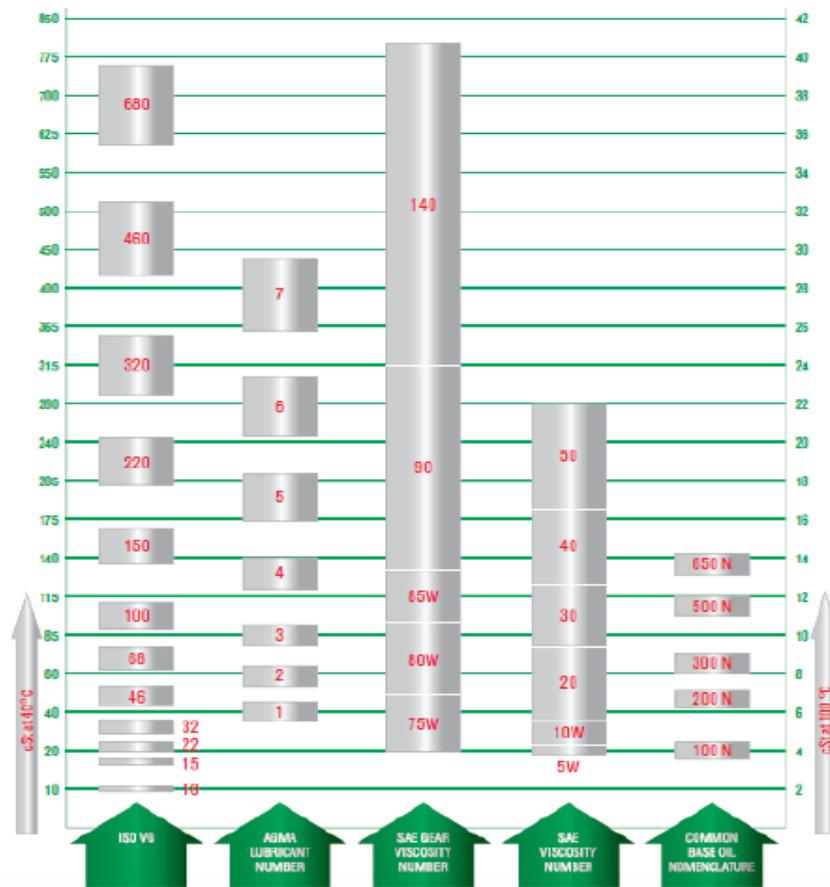


Gráfico n° 5 Clasificación comparativa de viscosidades (SAE) e (ISO).
Fuente: Seminario Castrol. [5]

○ 6.13.1.4.1 LUBRICANTES MULTIGRADO

Se denominan por dos números SAE (10w40), el primero seguido por la letra “W”, y responden simultáneamente a las exigencias, en viscosidad, del empleo a bajas y altas temperaturas.

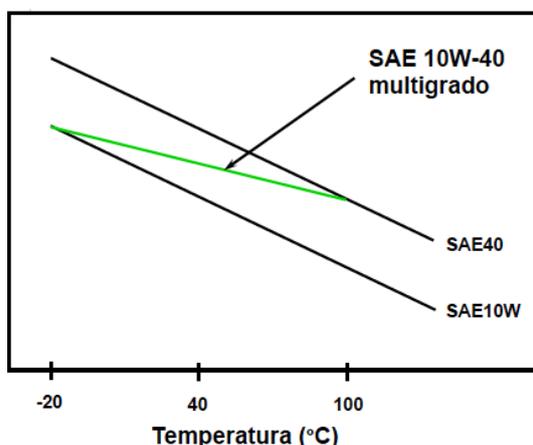


Gráfico n° 6 Viscosidad en Lubricantes Multigrado.
Fuente: Seminario Castrol.[5]

6.13.2 ÍNDICE DE VISCOSIDAD

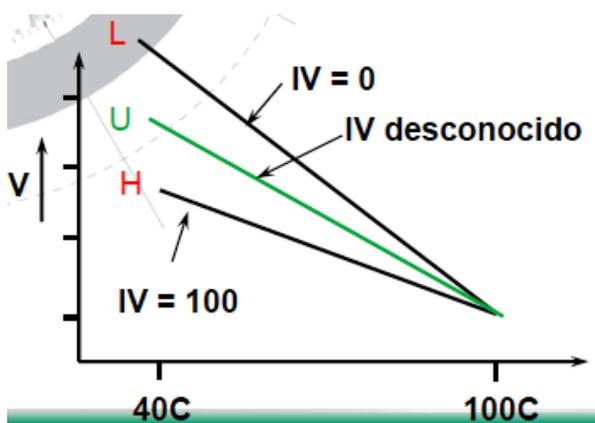
La viscosidad de los lubricantes disminuye al elevarse la temperatura. Y es necesario conocer los grados de variación, principalmente cuando los lubricantes se van a emplear en maquinas o motores que trabajan a altas temperaturas.

Se define como el cambio de viscosidad cuando la temperatura del lubricante se mueve entre dos valores determinados.

- Alto IV.
 - Menor cambio de viscosidad.
- Bajo IV.
 - Mayor cambio de viscosidad.

Este factor es crítico para la aplicación en motores, sobre todo en automoción, ya que se debe mantener una viscosidad de operación adecuada cuando el motor funciona en caliente, pero también necesita que el aceite no sea muy viscoso al arrancar en frío, condiciones de invierno muy frío (muy bajas temperaturas).

Por lo tanto, el índice de viscosidad (IV) es la característica que define el comportamiento de la viscosidad con respecto a la temperatura. Se calcula partiendo de las viscosidades medidas a 40°C y 100°C.



$$\text{Índice de Viscosidad} = \frac{L - U}{L - H} \times 100$$

Gráfico nº 7 Índice de Viscosidad (IV).
Fuente: Seminario Castrol.[5]

6.13.3 DENSIDAD

La densidad juega un rol crítico en la forma en que funcionan los lubricantes, así como en el desempeño de las máquinas. La mayoría de los sistemas están diseñados para bombear un fluido con una densidad específica, por lo que conforme la densidad comienza a cambiar, la eficiencia de la bomba también se modifica.

El método estándar de ensayo ASTM D1298-12b para medir la densidad, densidad relativa o gravedad API (Instituto Americano del Petróleo) del petróleo crudo y productos líquidos provenientes del petróleo establece que la determinación exacta de la gravedad API, densidad o densidad relativa (gravedad específica) se hace a una temperatura estándar de 60°F (15°C).

En términos simples, la densidad es la masa de un objeto con relación al volumen que este ocupa. ($\rho=m/V$. donde; ρ =densidad, m =masa y V =volumen).

La densidad de la mayoría de los aceites fluctúa entre 700 y 950 kilogramos por metro cúbico (kg/m³). Por definición, el agua tiene una densidad de 1,000 kg/m³. Esto significa que la mayoría de los aceites flotarán en el agua, ya que son más ligeros.

API	Gravedad específica	Peso	
		(lb./US gal.)	(kg/m ³)
8	1.014	8.448	1012
10	1.000	8.328	998
20	0.934	7.778	932
30	0.876	7.296	874
40	0.825	6.870	823
50	0.780	6.490	778

Tabla n° 6: Relación API – Gravedad específica – Peso / Volumen.
Fuente: lublearn [12]

La medición API de la densidad se reporta de forma un poco distinta. Esta medición hace una comparación con el agua en una escala inversa. El agua se representa por un 10 en la escala. Lo que sea mayor a 10 tiene una densidad menor que el agua y flotará sobre ella. Cualquier cosa que esté por debajo de 10 será más pesada que el agua y se irá al fondo.

Conforme aumenta la densidad, también incrementa el potencial erosivo del fluido. En regiones de alta velocidad o alta turbulencia de un sistema, el fluido comienza a erosionar tuberías, válvulas o cualquier otra superficie que se encuentre a su paso.

No solo las partículas sólidas afectan a la densidad del fluido, también lo hacen otros contaminantes, como el aire y el agua. Ambos tienen un marcado impacto en la densidad. La oxidación influye también en la densidad del fluido. Conforme esta avanza, se incrementa la densidad del aceite.

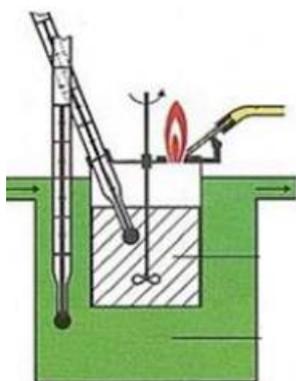
6.13.4 PUNTO DE INFLAMACIÓN

El punto de inflamación es la temperatura mínima a la cual el aceite desprende suficientes vapores que se inflaman cuando una llama abierta es aplicable.

Cuando la concentración de vapores en la superficie es lo suficientemente grande a la exposición de una llama, generará fuego tan pronto como los vapores se enciendan. La temperatura a la cual esto sucede se denomina punto de inflamación.

La producción de vapores a esta temperatura no son lo suficiente para causar una combustión sostenida y por ende, la llama desaparece. Sin embargo, si el calentamiento continúa se obtendrá una temperatura a la cual los vapores serán liberados lo suficientemente rápido para soportar la combustión. Esta temperatura se denomina punto de fuego o combustión.

El punto de inflamación es válido para determinar posibles contaminantes, diluciones y riesgos de incendio o explosión durante su utilización o almacenamiento.



Se determina por medio de cualquier de los metodos:

- **Copa abierta Cleveland (ASTM D92)**
- **Copa Cerrada Pensky Martin (ASTM D93)**

*Ilustración nº 28: Medición punto de inflamación.
Fuente: Seminario Castrol.[5]*

6.13.5 PUNTO DE FLUIDEZ CRÍTICO

Temperatura mínima a la cual un lubricante fluye sin ser perturbado bajo determinadas condiciones. Este debe ser inferior a la temperatura ambiente mínima para evitar problemas de arranque en frío.

La importancia del punto de fluidez de un aceite depende enteramente del uso que va a dársele al aceite. Por ejemplo, el punto de fluidez de un aceite de motor a utilizarse en invierno debe ser lo suficientemente bajo para que el aceite pueda fluir fácilmente a las menores temperaturas ambientes previstas. Por otro lado, no existe necesidad de utilizar aceites con bajos puntos de fluidez cuando estos van a ser utilizados en las plantas con altas temperaturas ambiente o en servicio continuo tal como turbinas de vapor u otras aplicaciones.

6.13.6 NÚMERO BASE (BN o TBN)

El número de basicidad TBN (Total Base Number) determina el carácter básico del aceite e indica la capacidad del lubricante para neutralizar los residuos ácidos de combustión. Se mide en cantidad (mg) de hidróxido potásico (KOH) necesario por gramo de aceite para neutralizar todos los componentes ácidos presentes, fuertes y débiles.

Es indicativo del grado de detergencia y dispersancia del lubricante, y por tanto del paquete de aditivos.

Por qué el (TBN) es tan importante:

- Si el TBN es insuficiente, el resultado es un desgaste corrosivo.
- Todos los fabricantes de motores establecen un límite mínimo de TBN del aceite.
- Si el aceite está por debajo de este mínimo entonces ya no es apto para su uso.

❖ 6.13.6.1 RETENCIÓN DE LA ALCALINIDAD – TBN

Las causas más comunes de la reducción del TBN (Total Base Number) son:

- Combustible con alto contenido de Azufre.
- Muy bajo consumo de aceite lubricante.
- Muy baja temperatura de la superficie del cilindro.
- Entrada de agua condensada en el enfriador de aire.
- Contaminaciones con agua (depuradoras, enfriadores, etc...).
- Funcionamiento a baja carga (funcionamiento en frío).
- Mala combustión (las cenizas normalmente contienen ácido sulfúrico).
- Rellenos con aceite de bajo TBN.
- Excesiva entrada de gases de la combustión al cárter.
- Contaminaciones con combustible (dilución del lubricante).

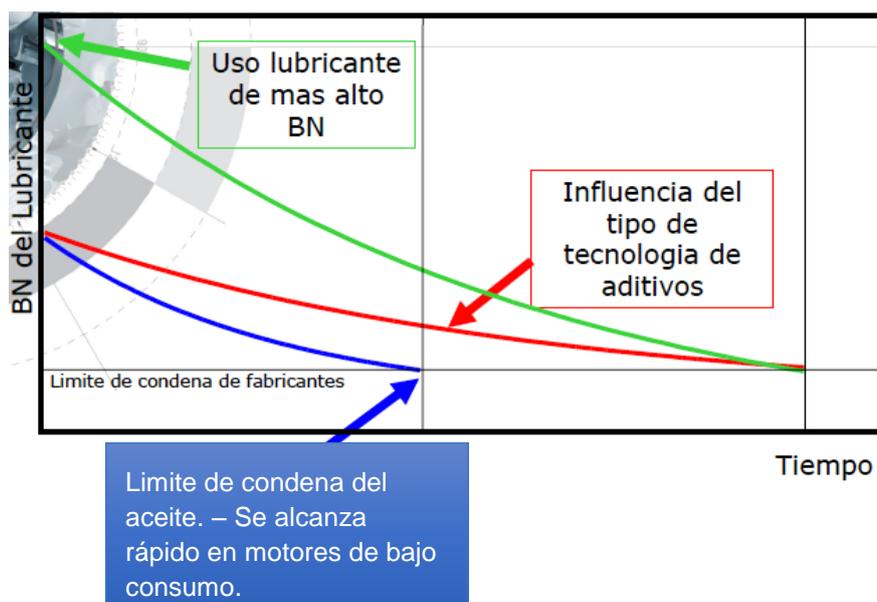


Gráfico nº 8 Retención de la Alcalinidad (TBN).
Fuente: Seminario Castrol.[5]

6.13.7 NÚMERO DE NEUTRALIZACIÓN

Medida de la acidez o alcalinidad de un aceite. Su número es la cantidad en mg de ácido (CIH) o base (KOH) necesario para neutralizar un gramo de aceite.

VII. RESULTADOS

7. RESULTADOS

7.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado expondré las valoraciones que he experimentado durante mi periodo de prácticas a bordo del Bonanza Express y Bencomo Express, pertenecientes a la flota de Fred Olsen S.A, y que continuo experimentando en la realización de mi trabajo diario como mecánico del equipo de mantenimiento nocturno a bordo del Bencomo Express.

Mi propósito es explicar que tipo de aceites utilizamos en los diferentes sistemas de lubricación (MM.PP., MM.AA., y Reductoras), así como que tipo de aceite empleamos en los diferentes sistemas y unidades hidráulicas que tenemos a bordo.

Intentaré exponer el porque de la preferencia de estos aceites, que parámetros son los adecuados para cada sistema, y de que forma realizamos el mantenimiento proactivo y cuidado del lubricante.

A menudo somos conscientes y aceptamos que las piezas se degradan o se rompen, las reparamos y continuamos con el funcionamiento de la maquinaria sin valorar que las piezas se rompen por algún motivo. En Fred Olsen S.A indagamos en el porque; es ese el secreto de un mantenimiento proactivo eficiente.

Las averías ocurren por descuido, sobrecarga, contaminación, temperatura, exceso de vibraciones, falta de lubricación u otras diversas causas. Si logramos localizar cual es esa causa y la eliminamos, postergaremos la aparición de la avería y alargaremos la vida útil de la maquinaria.

Por otra parte, un aspecto fundamental en la predicción de futuras averías son los análisis que realizamos a los aceites de los diferentes sistemas. Es realmente primordial llevar a cabo análisis periódicos que nos revelen en que condiciones se encuentran los diferentes parámetros del lubricante en cuestión. Esto nos permite valorar que tipo de problemática puede estar surgiendo en el interior del motor, y abordar las posibles soluciones para evitar que se produzca una avería de mayor importancia en el futuro.

7.2 MANTENIMIENTO PROACTIVO

El objetivo de la Compañía Fred Olsen S.A. es establecer unos procedimientos para el mantenimiento del buque y equipos, que garanticen el correcto funcionamiento de conformidad con los reglamentos y normas legales, y con la política de la compañía cuyos objetivos son ofrecer seguridad, fiabilidad, puntualidad y el mejor servicio a nuestros pasajeros y clientes.

Para que estos procedimientos de mantenimiento sean efectivos, la Compañía establece para cada buque, de acuerdo con sus características y condición, medidas que van más allá del mantenimiento correctivo, sino que establece métodos de mantenimiento preventivo y proactivo que no solo pretenden subsanar los errores acaecidos, sino que busca los posibles defectos latentes en la maquinaria e intenta corregir las causas para alargar la vida útil de los sistemas.

7.2.1 MEDIOS PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO

Para lograr estos objetivos la Dirección de la Compañía, asigna en tierra, como personas cualificadas para el control y soporte técnico del buque a las siguientes personas:

- Jefe de Inspección Técnica.
- Inspectores técnicos de los barcos.
- Inspector Electrónico.

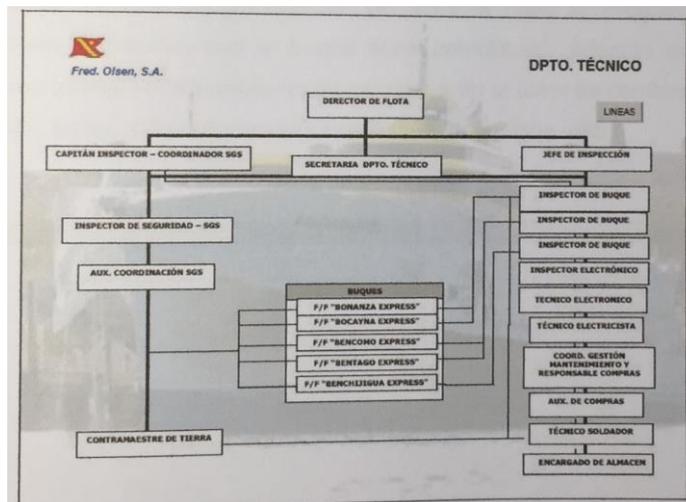


Tabla nº 7: Organigrama del Departamento Técnico.
Fuente: Manual del SGS Fred Olsen, S.A.[13]

Estas personas aportarán al personal del buque apoyo técnico, información sobre disposiciones y normas legales, suministros de repuestos y pertrechos, así como cuestiones de seguridad y protección personal.

7.2.2 EQUIPO DE MANTENIMIENTO NOCTURNO

Además del personal de dirección del mantenimiento, dada las especiales características de los buques rápidos, Fred Olsen S.A. ha establecido un equipo de mantenimiento nocturno, que esta compuesto por:

- 1 Jefe de Máquinas.
- 1 Mecánico.
- 1 Engrasador.

Este equipo depende jerárquicamente del Departamento Técnico de la Compañía, pero funcionalmente está a las ordenes de los Jefes de Máquinas del Buque, de quienes recibirán instrucciones sobre las operaciones de mantenimiento a realizar cada noche, durante la estancia del buque en puerto.

Las funciones de este equipo son las de llevar a cabo el Programa de Mantenimiento Preventivo que el buque tiene establecido. Además realizan otros trabajos adicionales, como asistencia en la toma de combustibles y lubricantes, trabajos de ordenación y sustitución de equipos, así como reparaciones mayores que durante las travesías diarias resultan imposibles de realizar.

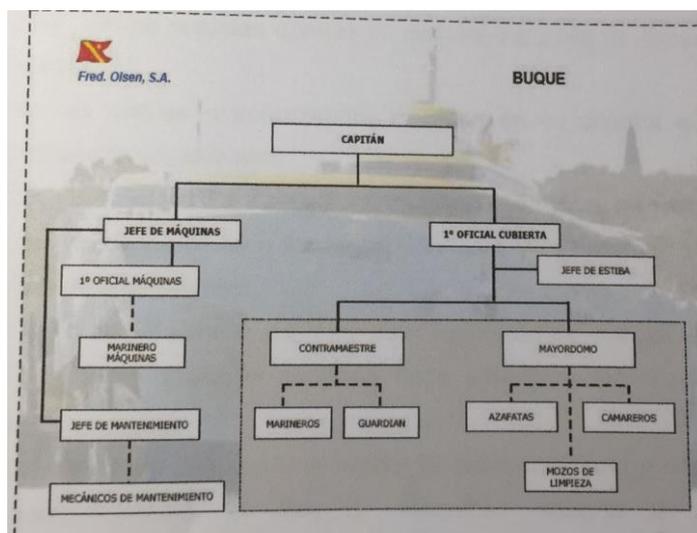


Tabla nº 8: Organigrama General a bordo.
Fuente: Manual del SGS. [13]

7.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LOS MM.PP. (CATERPILLAR 3618)

El circuito de lubricación de estos motores es de tipo cárter húmedo. Los componentes más importante son:

- Filtros diferencial (VOKES SIMPLEX) y centrífugos (Glacier)
- Bomba acoplada de aceite
- Enfriador de aceite de placas (Alfa Laval)
- Valvula termostática de Aceite (construida por fundición y elementos de bronces para su durabilidad)

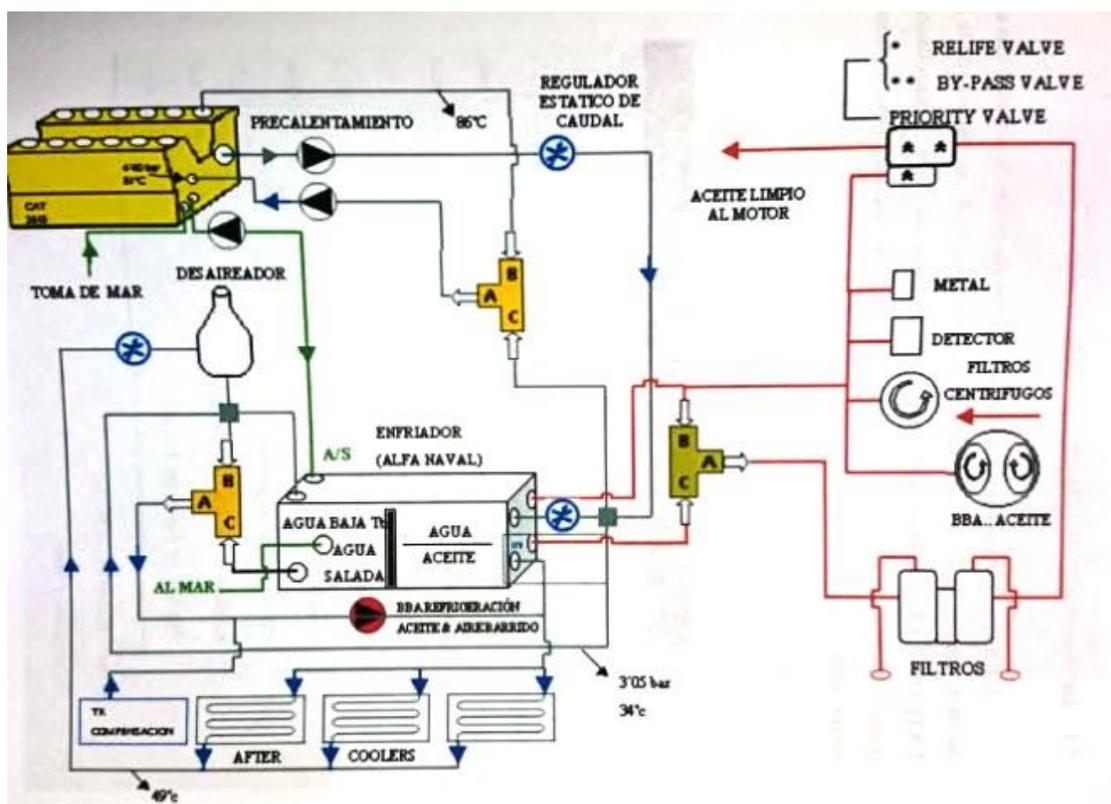
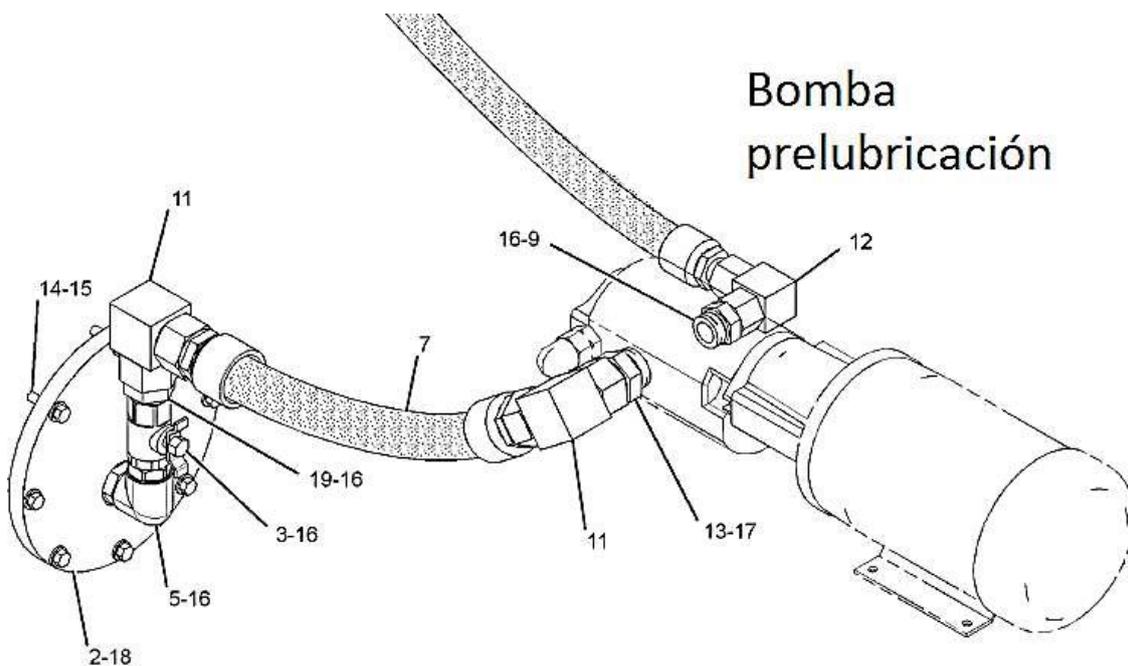


Ilustración nº 29: Circuito del Sistema de lubricación de los MM.PP.
Fuente: Manuales del Buque. [2]

El circuito de lubricación empieza en la bomba eléctrica de prelubricación, suministrando aceite para lubricar los cojinetes del motor antes de ser arrancado.



*Ilustración nº 30: Bomba eléctrica de Pre-lubricación.
Fuente: Manual de despiece. CAT 3618. [14]*

La bomba de prelubricación está dotada de una válvula de retención cuya finalidad es impedir que el aceite a presión atraviese la bomba cuando el motor principal esté arrancado.

El motor dispone de un cárter, bajo éste y comunicado con el cigüeñal. El aceite es extraído por la bomba de aceite a través de la campana de succión para ser dirigido hacia una rejilla con la finalidad de retener objetos extraños caídos al cárter o incluso pequeños trozos de piezas móviles que puedan desprenderse por el desgaste.

La bomba impulsa aceite a la válvula termostática calibrada de tal manera que cuando la temperatura del aceite es mayor que la temperatura nominal de los termostatos de la válvula, el flujo de aceite es enviado al enfriador de placas (Alfa Laval), realizando el intercambio de calor con el agua dulce del motor para disminuir la temperatura del aceite.



*Ilustración nº 31: Válvula termostática de aceite y Enfriador de Placas (Alfa Laval).
Fuente: Trabajo de Campo.[9]*

Después de regular la temperatura, el flujo de aceite es dirigido a los filtros de aceite del motor para pasar después por la válvula de prioridad de diferentes conductos del bloque motor.

El sistema de lubricación de aceite del motor comienza a funcionar filtrando el aceite por los filtros centrífugos cuando la presión del sistema está por encima de 1 bar.

El aceite a presión sin filtrar entra por la base de cada filtro centrífugo circulando después por la punta del eje central hacia la parte superior del filtro centrífugo. El aceite es desviado hacia la parte inferior depositándose los sedimentos y lodos en la periferia debido a la fuerza centrífuga de la camisa ubicada contra la tapa.



*Ilustración n° 32: Filtros Centrífugos (Glacier).
Fuente: Trabajo de Campo.[9]*

El sistema de lubricación además contiene dos columnas horizontales con cuatro filtros cada una. Los filtros son Vokes Simplex, reemplazables en cada cambio de aceite o por deterioro de los mismos. Una vez filtrado el aceite del motor, éste se envía por la válvula de prioridad a los conductos del motor.



*Ilustración nº 33: Columnas Filtros (Vokes Simplex).
Fuente: Trabajo de Campo.[9]*

Los gases generados de aceite en las tapas de las culatas es comunicado a un sistema de venteo, parte de esos gases se condensarán y otra parte será conducido por un escape de venteo hasta exterior del buque.



*Ilustración nº 34: Venteos de aceite.
Fuente: Trabajo de Campo.[9]*

7.4 CARTA DE LUBRICACIÓN DEL BUQUE BENCOMO EXPRESS

Castrol Marine



Main Engine	Crankcase & Cylinders	MHP 154 * (Diesel Oil hasta 1% azufre)
M.E. Turbocharger	Bearings	MHP 154
Starting Engines (air)	Hydraulic System	Hyspin AWH-M 46
Propulsion shaft (bearings)	Grease	Spheerol SX2
M.E. Reduction Gears	Crankcase System	MHP 154
Water jets	Hydraulic System	Hyspin AWH-M 46
Jets Shafts Bearings	Grease lubrication	LMX Grease [M]
Dinamic Compensation Fins	Solid Grease	Competitor Product [N] * (Rocol Tufgear)
Telemotor Shaft	Solid Grease	Spheerol SX2
A.E. Diesel	Crankcase & Cylinders	Tection Global 15W/40 * (or Seamax Super Plus)
Starting Engines (air)	Hydraulic System	Hyspin AWH-M 46
Windlass and chain reduction gears	Crankcase & Enclosed Gears	Alpha SP 150
Starting Air Compressor	Crankcase & Cylinders	Airecol SR 46 [M]
Air Conditioning Compressor	Crankcase & System	Icematic 2294 [F]
Forward Hydraulic Machinery-Windlass	Hydraulic System	Hyspin AWH-M 46
Aft Hydraulic Machinery-Winch	Hydraulic System	Hyspin AWH-M 46
	Grease Lubrication	LMX Grease [M]
Bearings, enclosed gears, open ears etc.	Grease Points	Spheerol SX2
Bearings, enclosed gears etc.	Oil Lubrication	MHP 154 * (or MLC 40)

Tabla nº 9 Carta de Lubricación Bencomo Express.
Fuente: Carta de Lubricación del Buque.[15]

7.5 LUBRICANTE EN MM.PP (CATERPILLAR 3618)

7.5.1 CASTROL MHP 154

La gama Castrol MHP es un lubricante de alto rendimiento formulado con aceites de base de alta calidad y aditivos. Disponible en ambos grados de viscosidad SAE 30 y 40 (MHP 154 es un SAE 40), está específicamente desarrollado para su uso en modernos motores de cuatro tiempos de alta potencia y generación de energía que funcionan con combustibles destilados.

Los aceites Castrol MHP cumplen con la especificación API CF y está aprobado por los principales fabricantes de motores marinos en todo el mundo, habiéndose desempeñado bien en una amplia gama de exigentes pruebas de motores y ensayos de campo.

Estos aceites mantienen los motores excepcionalmente limpios y demuestran un excelente rendimiento a altas temperaturas con zonas de anillo de pistón limpias y libres de depósitos. Los aceites MHP también tienen excelentes capacidades de carga y un rendimiento superior del engranaje para que puedan ser utilizados tanto para motores como para sistemas de transmisión. Esto permite racionalizar el número de aceites que un buque tiene que llevar.

Formulados para tener un Número Base (TBN) de 15, estos aceites combaten el agotamiento del TBN que ocurre con pequeñas capacidades del cárter en motores modernos.

❖ 7.5.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CASTROL MHP

TYPICAL CHARACTERISTICS	UNIT	TEST METHOD	VALUE	VALUE
MHP			153	154
SAE Grade			30	40
Density @ 15°C	g/ml	ASTM D4052	0.890	0.895
Viscosity @ 100°C	cSt	ASTM D445	11.5	13.5
Base Number	mgKOH/g	ASTM D2896	15	15
Closed Flash Point	°C	ASTM D93	>200	>200
Pour Point	°C	ASTM D97	<-12	<-12
FZG Gear Test, A8, 3/90	Fail Load Stage	DIN 51 354	12	12

The above figures are typical of those obtained with normal production tolerance and do not constitute a specification.

Tabla nº 10: Características técnicas Lubricantes Castrol MHP
Fuente: Castrol Marine. [16]

❖ 7.5.1.2 VENTAJAS Y BENEFICIOS CASTROL MHP 154

MHP 154 está diseñado para ofrecer una detergencia mejorada, excelente estabilidad térmica y oxidativa, y un rendimiento mejorado a altas temperaturas.

El rendimiento superior de MHP conduce a un menor costo de uso y a mayores y mejores ventajas:

- Anillos de los aros del pistón más limpios.
- Formulado para una limpieza del motor excelente
- Mayor detergencia, excelente estabilidad térmica y oxidativa.
- Mayor resistencia al lacado del revestimiento.
- Potencial para extender el tiempo entre las revisiones.
- Protección duradera en las condiciones de funcionamiento más duras.
- Rendimiento mejorado a altas temperaturas.
- Ofrece el potencial de simplificar y reducir el uso general de lubricantes.
- Reducción de mantenimiento y desgaste.
- Alta capacidad de carga y alto rendimiento de engranajes que les permite ser utilizados como aceite común tanto para motores como para sistemas de transmisión.

7.5.2 MANTENIMIENTO DE CASTROL MHP 154 EN CATERPILLAR 3618

El sistema de mantenimiento programado y coordinado con Castrol Marine ha establecido que el lubricante Castrol MHP 154 puede ser utilizado, manteniendo todas sus propiedades y características dentro de los valores de referencia adecuados, durante un total de 1600 horas, a partir de ahí el suministrador nos dice que el aceite comienza a deteriorarse, y a sufrir la disminución de sus propiedades (variación de su viscosidad, reducción del TBN, etc...) Por lo tanto cada 1600 horas el lubricante debe ser reemplazado de los MM.PP Caterpillar 3618.

Es evidente, que como todos los motores, durante el funcionamiento de esté se produzca un quemado del aceite, además en motores de este calibre a veces se produce alguna pequeña pérdida de lubricante, o incluso es posible que surja la aparición de una pérdida mayor y que esta no sea divisada durante las travesías diarias hasta que la alarma de bajo nivel lo indique.

Es por esto que los niveles deben ser revisados cada noche por el personal de mantenimiento nocturno para cerciorarse de que los niveles de aceite están dentro de las capacidades adecuadas. Debido a esos quemados y pérdidas antes mencionadas, a los MM.PP se les hacen reposiciones de aceite semanales, dependiendo de las exigencias que se les haya demandado a los motores, estas necesidades suelen oscilar dentro de unos valores comprendidos entre los 80 o 120 litros por motor semanales.

7.5.3 OPERACIÓN DE CAMBIO DE ACEITE EN LOS MM.PP CATERPILLAR 3618

Es recomendable realizar la extracción del aceite del motor con el lubricante caliente, debido a que las posibles partículas de hollín y sedimentos que permanecen en circuito están disueltas en el aceite cuando este ha estado en utilización. Si el aceite se enfría y permanece estático en las líneas y cárter los sedimentos se depositan y se quedan en el interior, posteriormente estos sedimentos contaminan y ensucian al nuevo lubricante cuando realicemos la introducción de este. Por lo tanto es importante realizar la succión del aceite inmediatamente después de que el motor se haya parado.

La succión se realiza con una bomba de pulmón alojada en la sala de máquinas por una toma predeterminada que tiene el motor en el punto más bajo del cárter. Una vez retirado la totalidad del aceite del cárter es importante succionar el aceite alojado en el enfriador (Alfa Laval), para esto el las líneas del propio Alfa Laval disponen de tres puntos de achique para facilitar la operación.

El lubricante retirado se almacena en pipotas de desechos de lodos para su posterior tratamiento, del que se encarga una empresa externa que tiene contratada la Compañía.

Una vez succionado la totalidad del aceite, procedemos a retirar los ocho filtros de aceite del motor (Vokes Simplex) y a colocar los nuevos.



*Ilustración nº 35: Sustitución filtros de aceite Vokes Simplex.
Fuente: Trabajo de Campo.[9]*

Es de vital importancia comprobar que no existan elementos metálicos en la rejilla del cárter, la ausencia de piezas metálicas delata un buen funcionamiento del motor.



*Ilustración nº 36: Comprobación de la Rejilla del Cárter.
Fuente: Trabajo de Campo. [9]*

Una vez que hemos retirado la totalidad del aceite del motor, reemplazado los filtros de aceite y comprobado que en la rejilla no existe ningún tipo de partícula metálica podemos proceder a la introducción del nuevo aceite.

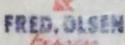
Los motores Caterpillar 3618 albergan aproximadamente alrededor de 1600 litros de aceite. El suministrador Castrol Marine nos envía el lubricante Castrol MHP 154 en pipotas de 1000 litros, con lo cual es necesario la utilización de dos pipotas para realizar el completo llenado del motor.



*Ilustración nº 37: Operación del llenado de aceite MM.PP.
Fuente: Trabajo de Campo.[9]*

Para enviar el aceite desde la cubierta del garaje hasta el motor utilizamos una bomba eléctrica, ya que debido al espesor del aceite si realizamos la operación por gravedad perderíamos bastante tiempo para introducir los 1600 litros de aceite necesarios.

7.6 GESTIÓN DE RESIDUOS OLEOSOS “BENCOMO EXPRESS”

 FRED. OLSEN <i>Exp-1000</i> COORDINACIÓN DEL SGS	MANUAL S.G.S. DE PROCEDIMIENTOS DEL BUQUE	P053-OE-03 Rev.: 5
OPERACIONES ESPECIALES GESTIÓN DE LOS RESIDUOS OLEOSOS Y AGUAS DE SENTINA OLEOSAS		Octubre 2014 Pág. 10 de 11
“BENCOMO EXPRESS”		

Anexo 8.1.- Instrucción operativa para el Traslase de residuos oleosos y aguas de sentina oleosas

**TRASVASE DE RESIDUOS OLEOSOS Y
AGUAS DE SENTINAS OLEOSAS**

Nº ANTES DEL INICIO DE LAS OPERACIONES

- 1.- Depósitos a bordo y preparados para la descarga.
- 2.- Comprobación visual del buen estado del depósito y manguera
- 3.- Materiales absorbentes y de limpieza preparados al pie de los depósitos.
- 4.- Tripulante en el garaje avisado y conforme para el inicio de la descarga.
- 5.- Bomba de descarga de la Sala de Máquinas en marcha. Descarga comenzada.

Nº DURANTE LAS OPERACIONES

- 1.- Todo el personal presente en sus puestos. Comprobado que no se producen fugas ni derrames.
- 2.- Comprobada la entrada de los residuos en los depósitos y la buena marcha de las operaciones.
- 3.- Finalizada la descarga de los residuos o depósito completado.

Nº DESPUÉS DE LA FINALIZACIÓN DE LAS OPERACIONES

- 1.- Manguera desconectada. Especial atención a los derrames.
- 2.- Tapas de los depósitos cerrados. Parada bomba en la Sala de Máquinas.
- 3.- Cantidad descargada calculada.
- 4.- Depósitos puestos en tierra.
- 5.- Material absorbente y anticontaminación retirado.
- 5.- Material contra incendios retirado.
- 6.- Zona de la descarga limpia y arranchada

Anotaciones:

Toda operación de trasvase de residuos oleosos o aguas de sentina oleosas deberá quedar obligatoriamente reflejada en el "Cuaderno de Máquinas", así como en el correspondiente "Libro de Registro de Hidrocarburos". (Ver apdo. 6.4. Anotaciones en el Libros Oficiales). Indicando hora de desembarque del depósito y cantidad.



MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTES
APROBADO
APPROVED
DIRECCIÓN GENERAL DE LA
MARINA MERCANTE
CAPITANÍA MARÍTIMA

FRED. OLSEN S.A.



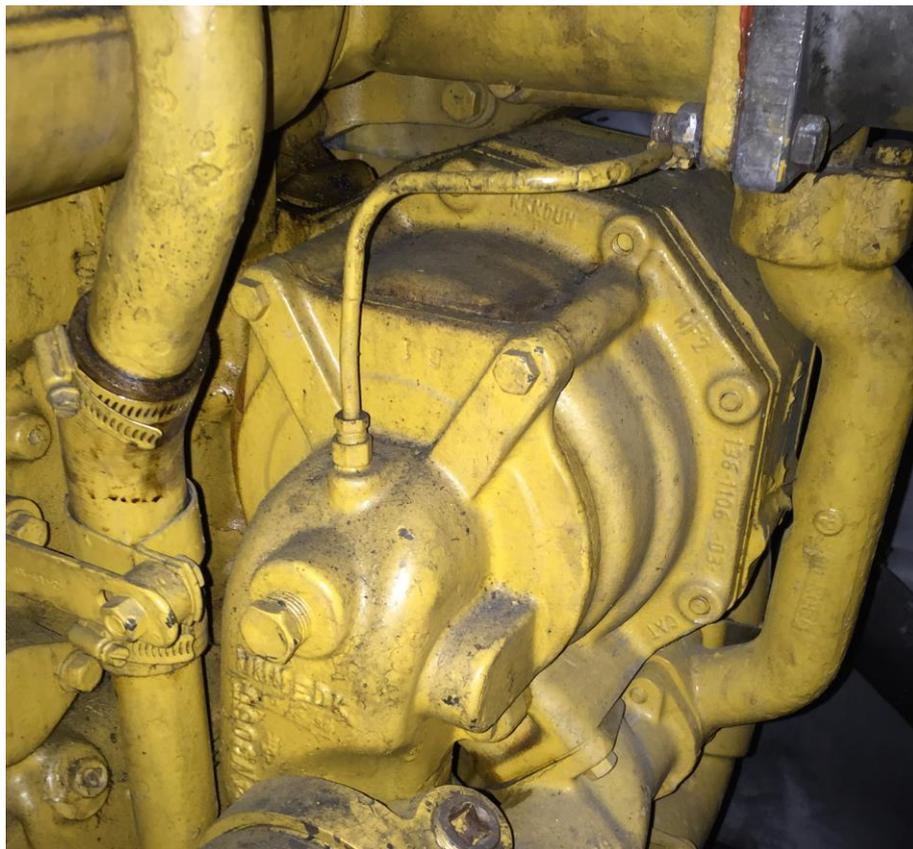
MANUAL SGS DE PROCEDIMIENTOS DEL BUQUE

Tabla nº 11: Gestión de Residuos Oleosos en el Buque “Bencomo Express”

Fuente: Manual SGS. [13]

7.7 SISTEMA DE LUBRICACIÓN EN MM.AA (CATERPILLAR 3406)

El sistema de lubricación del los MM.AA Caterpillar 3406 es sencillo. Una bomba acoplada a la distribución del motor recoge el aceite del cárter húmedo, lo envía a un filtro para su purificación y su posterior utilización en la lubricación de los elementos del tren alternativo y demás sistemas del Caterpillar 3604.



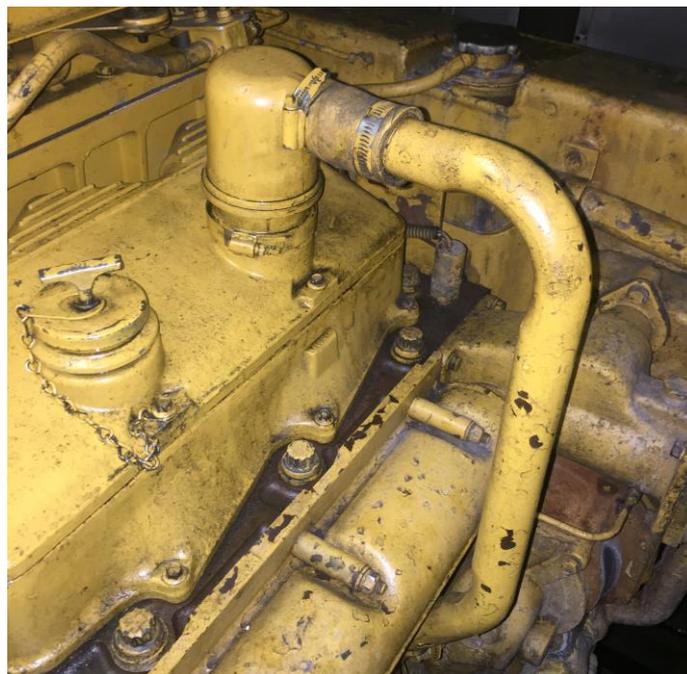
*Ilustración nº 38: Bomba de Lubricación MM.AA.
Fuente: Trabajo de Campo.[9]*

El aceite puede alcanzar altas temperaturas nocivas para el funcionamiento del motor, por lo tanto el Caterpillar 3406 dispone de un propio enfriador de aceite, cuando la temperatura del aceite es demasiado elevada, se produce la apertura de una válvula de bypass del enfriador, siendo este enfriado por el agua del propio motor, para ser enviado de vuelta para la lubricación del motor.



*Ilustración nº 39: Enfriador de aceite y Filtro de aceite MM.AA.
Fuente: Trabajo de Campo.[9]*

Los gases de aceite generados en la tapa de la culata son conducidos por un escape de venteo hacia el exterior del motor.



*Ilustración nº 40: Venteo de aceite MM.AA.
Fuente: Trabajo de Campo.[9]*

7.8 LUBRICANTE EN MM.AA (CATERPILLAR 3406)

7.8.1 CASTROL SEAMAX SUPER PLUS

Seamax Super Plus 15W-40 es un aceite multigrado basado en mineral de alto rendimiento diesel (SHPD) adecuado para su uso en motores turboalimentados y de aspiración natural que funcionan con gasolina o gasóleo para uso marítimo. Facilita el arranque en frío y la lubricación eficaz del motor a bajas temperaturas, así como una protección óptima a altas temperaturas, sin aumentar el consumo de aceite.

El poderoso dispersante utilizado en Seamax Super Plus reduce el lodo a baja temperatura y asegura que los materiales insolubles en aceite se dispersen finamente e inofensivamente por todo el aceite.

La viscosidad de Seamax Super Plus facilita el arranque y la lubricación eficiente a bajas temperaturas y proporciona una protección óptima a altas temperaturas sin aumentar el consumo de aceite. Las extensas pruebas de motores han demostrado que Seamax Super Plus produce una mínima formación de depósitos y desgaste, manteniendo así la eficiencia del motor.

❖ 7.8.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CASTROL SEAMAX SUPER PLUS

Typical Characteristics	Seamax Super Plus - CH4
Density at 15°C	0.890
Viscosity at 40°C, cSt	110
Viscosity at 100°C, cSt	14.5
Viscosity Index	135
Cold Cranking Viscosity at -15°C, cP	3300
SAE Number	15W-40
Base Number	10.3
Closed Flash Point, °C	195
Pour Point, °C	-30
Sulphated Ash, %wt	1.3

Tabla nº 12: Características técnicas Lubricante Castrol Seamax Super Plus
Fuente: Castrol Marine. [16]

❖ 7.8.1.2 VENTAJAS Y BENEFICIOS CASTROL SEAMAX SUPER PLUS

Los beneficios que brinda la utilización del aceite Castrol Seamax Super Plus son varias:

- Dispersancia superior del hollín.
- Operación más limpia y más eficiente.
- Reducción del mantenimiento y desgaste.
- Excelente control de consumo de aceite.
- Prevención contra la formación de depósitos nocivos del motor.
- Excelente protección en condiciones de drenaje prolongado.
- Buen control de la viscosidad.
- Gran comportamiento a bajas y altas temperaturas.
- Disminución en el consumo del lubricante.
- Menor desgaste en el motor, debido a la facilidad y rapidez de arranque en frío.
- Ahorro de combustible, gracias a su mayor fluidez a temperaturas bajas reduce las pérdidas de energía en el arranque.
- Capacidad para reducir la fricción en las zonas críticas del motor (anillos del pistón, camisas, balancines, etc...)

7.8.2 MANTENIMIENTO CASTROL SEAMAX SUPER PLUS EN CATERPILLAR 3406

El sistema de mantenimiento programado con el suministrador Castrol Marine establecía en un inicio que el tiempo estimado de utilización del lubricante Seamax Super Plus con totales garantías manteniendo todos sus parámetros, características y propiedades era de 200 horas.

Debido a la lectura y valoración de posteriores análisis predictivos, y de la política de mantenimiento proactivo de la Compañía Fred Olsen, S.A. se observó que las propiedades del lubricante con 200 horas era adecuado, con lo cual se tomó la decisión coordinada con el suministrador Castrol Marine de alargar el mantenimiento del aceite de los MM.AA (Seamax Super Plus) hasta las 250 horas.

7.9 SISTEMA DE LUBRICACIÓN REDUCTORAS (REINTJES VLJ 6831)

El sistema de lubricación de las reductoras Reintjes VLJ 6831 esta compuesto por:

- Bomba de engranajes acoplada a el eje del motor Caterpillar 3618.
- 2 Filtros de aceite (Mahle).
- Enfriador de aceite.
- Válvula limitadora de presión.
- Válvula de control.

El sistema de lubricación a presión cuenta con un sistema de aceite de engrase con un sistema de pulverización para las ruedas dentadas y un sistema hidráulico para el engranaje y acople de la reductora al motor Caterpillar 3618.

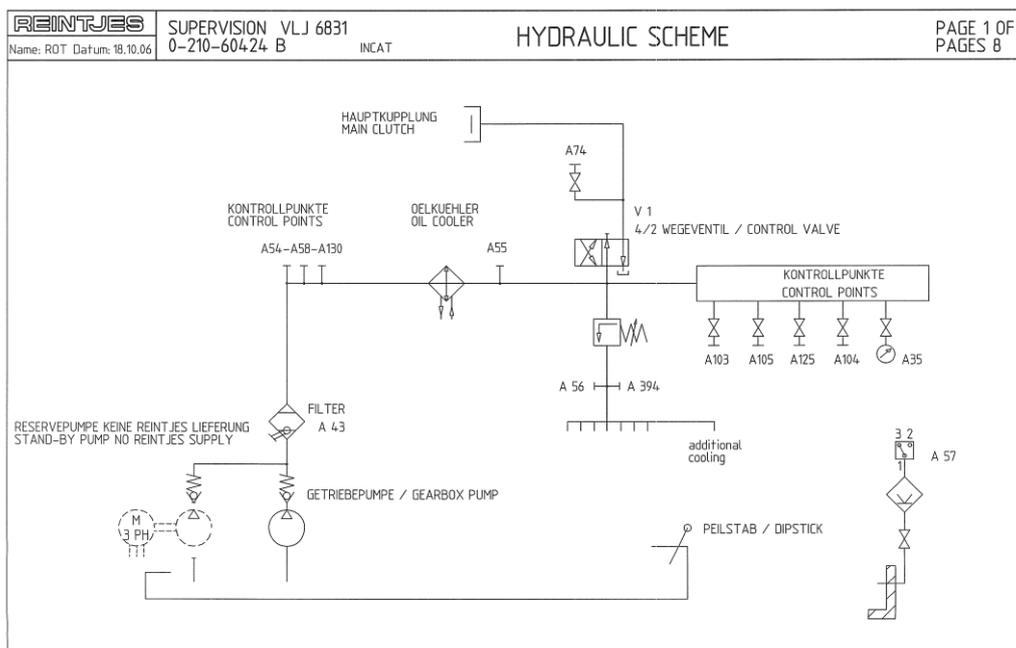


Ilustración nº 41: Esquema Circuito Lubricación Reductora Reintjes VLJ 6831
Fuente: Manual Reintjes. [17]

El aceite suministrado por la bomba se recoge del cárter de la propia reductora que tiene una capacidad de 200 litros, este se filtra y se enfría, por lo que la temperatura del aceite no sube por encima de la temperatura normal de funcionamiento.



Ilustración nº 42: Bomba de Lubricación y Filtros Reductora Reintjes VLJ 6831.

Fuente: Trabajo de Campo.[9]

La presión del aceite se regula a la presión de funcionamiento en la válvula limitadora de presión. El manómetro de la caja de cambios indica la presión de trabajo. Cuando el motor está funcionando a toda velocidad, el embrague enganchado y la caja de engranajes en la temperatura de funcionamiento normal, la presión debe estar dentro del área verde en el calibrador.

La presión de funcionamiento normal es aprox. 21 - 25 bar (2100 - 2500 kPa o 305 - 363 psi).

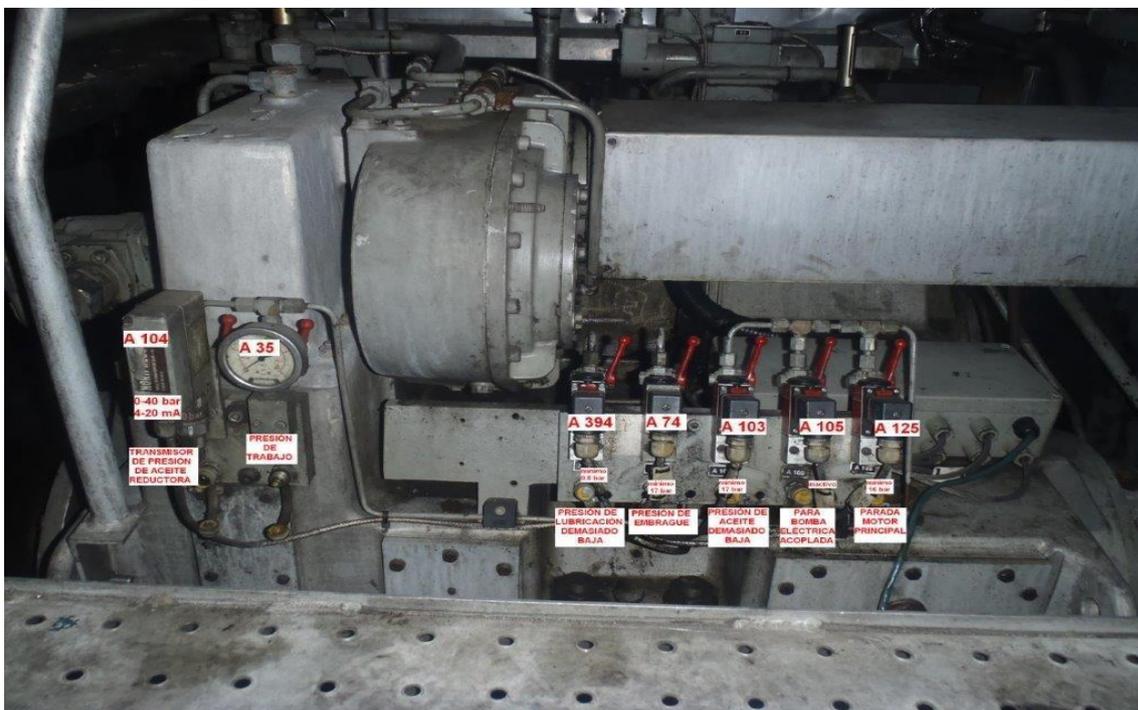


Ilustración nº 43: Presostatos Reintjes VLJ 6831

Fuente: Trabajo de Campo.[9]

Con el control en posición de parada (posición neutra), el aceite de pasa por la válvula limitadora de presión, este es utilizado para el enfriamiento de los discos de embrague y la lubricación de todos los puntos de apoyo y ruedas dentadas.

Si la válvula de control es accionada con el embrague de posición enganchado, el aceite a presión fluye desde la válvula de control hacía embrague y la válvula de presurización. El exceso de aceite se utiliza para la lubricación. Si la presión del aceite excede de la presión establecida por el fabricante, la válvula de presurización se abre y el aceite fluye hacia el cárter.

Por lo tanto, el aceite no solo es utilizado en las reductoras para lubricar los sistemas de transmisión (ruedas dentadas), también tiene una función hidráulica para llevar a cabo el engranaje de los platos del embrague de la reductora y acoplar el impeler de la turbina del Water Jet con el eje motor del Caterpillar 3618.

7.10 LUBRICANTE EN REDUCTORAS (REINTJES VLJ 6831)

7.10.1 CASTROL MHP 154

En las reductoras (Reintjes VLJ) también utilizamos Castrol MHP 154 por su alta capacidad de carga y su alto rendimiento de engranajes, que le permiten ser utilizado como lubricante para sistemas de transmisión.

Anteriormente se utilizaba una valvulina (Shell Gadinia 40) como aceite para el sistema de lubricación de las reductoras Reintjes que se acoplan a los motores Caterpillar 3618 del Bencomo Express y Bentago Express. Las grandes prestaciones que entrega la gama MHP han permitido a Fred Olsen S.A. utilizar este aceite para lubricar también las reductoras.

Esto ha posibilitado la racionalización del número de aceites que los buques Bencomo Express y Bentago Express tienen que utilizar, y con los que tiene que proveerse. Una acción que no solo facilita las operaciones, y resta las complicaciones de utilizar numerosos aceites diferentes, sino que ahorra costos; objetivo importante dentro de todo mantenimiento proactivo.

7.10.2 MANTENIMIENTO CASTROL MHP 154 REDUCTORAS REINTJES VLJ 6831

Como mencionamos con anterioridad, en un inicio el aceite utilizado en las reductoras era una valvulina que suministraba Shell, concretamente Shell Gadinia 40.

En la búsqueda incesante de la empresa por buscar los mejores recursos en el logro de un eficiente mantenimiento proactivo, dentro del que se encuentra el objetivo de ahorrar costos y operativas, evidentemente siempre dentro de la máxima eficacia en los procesos de mantenimiento, la empresa decidió, contrastando previamente con el suministrador Castrol Marine, utilizar el mismo aceite lubricante utilizado en los motores Caterpillar 3618 para las reductores Reintjes VLJ 6831, debido al cumplimiento de las características y parámetros marcados por el fabricante (Reintjes) del lubricante Castrol MHP 154.

Con este cambio la Compañía Fred Olsen, S.A. ha reducido los procedimientos en el suministro de lubricantes, y ha reducido costes y operativas de procesamiento durante el mantenimiento.

Tras el cambio de aceite se ha observado como el rendimiento del nuevo lubricante Castrol MHP 154 ha sido realmente óptimo, actuando de forma realmente eficaz en los objetivos de lubricación e hidráulica de las reductoras Reintjes VLJ 6831.

El sistema de mantenimiento programado con el suministrador Castrol Marine ha establecido que el tiempo estimado de utilización del lubricante Castrol MHP 154 en las reductoras con totales garantías manteniendo todos sus parámetros, características y propiedades es de 2000 horas.

En las operaciones del cambio de aceite se observa como el aceite retirado mantiene aun sus propiedades y características en bastante buen estado, y es posible el alargue de las horas, aunque en este aspecto debemos ser muy pulcros y cumplir con los plazos de mantenimiento estipulados ya que las reductoras representan una importancia vital en el funcionamiento de la propulsión del buque.

Como ocurre en los MM.PP durante el funcionamiento de las reductoras se producen pequeñas pérdidas y consumos de aceite, incluso es posible que surja la aparición de una pérdida mayor y que esta no sea divisada durante las travesías diarias hasta que la alarma de bajo nivel lo indique.

Por lo tanto los niveles deben ser revisados cada noche por el personal de mantenimiento nocturno para cerciorarse de que están dentro de las límites adecuados. Debido a esas pequeñas pérdidas y consumo, a las reductoras Reintjes se les hacen reposiciones de aceite semanales. En realidad no suele ser necesario hacer reposiciones semanales, los consumos se mueven entre 5 y 10 litros cada dos semanas.



Ilustración nº 44: Reposición de aceite a Reductora Reintjes 6831.

Fuente: Trabajo de Campo.[9]

7.11 SISTEMA DE LUBRICACIÓN EN UNIDADES HIDRÁULICAS.

El fast ferry Bencomo Express cuenta con dos unidades hidráulicas de popa situadas en los jet-room de cada casco (estribor y babor), y una unidad hidráulica de proa.

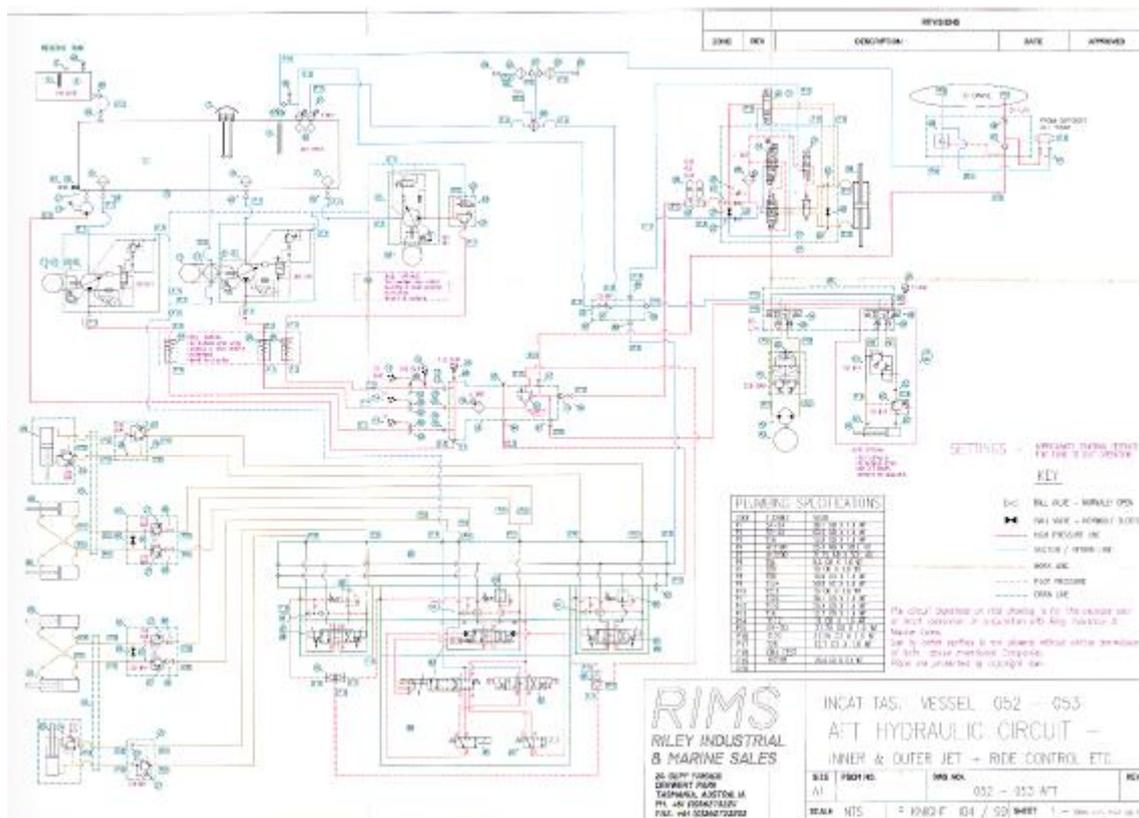


Ilustración nº 45: Esquema del sistema hidráulico de popa.

Fuente: Planos del Buque.[18]

Las unidades hidráulicas de popa se encargan de:

- Sistemas de gobierno (Steering y Buckets)
- Trim Tabs (Sistema de estabilización del buque)
- Cabestrante de maquinillas de maniobra.
- Pescante de los botes de rescate.
- Excelente control de consumo de aceite.

La unidad de proa se encargan de:

- Sistemas de las mezaninas (rampas para doble cubierta de garaje)
- T-Foils (Sistema de estabilización del buque)
- Cabestrante de maquinillas de maniobra (2 en estribor y 2 en babor)

7.12 LUBRICANTE EN UNIDADES HIDRÁULICAS

7.12.1 CASTROL HYSPIN AWH-M 46

Castrol Hyspin™ AWH-M es una gama de lubricantes hidráulicos de alta calidad, estables de alto índice de viscosidad que están basados en la última tecnología estabilizada de aditivos de zinc.

Hyspin AWH-M contiene un sistema de aditivos estables a la cizalla que ayuda a mantener las características de viscosidad del producto en un amplio rango de temperaturas incluso durante un uso prolongado manteniendo un punto de fluidez muy bajo que permite utilizar el producto en ambientes muy fríos.

Presenta excelente protección contra el desgaste y la corrosión, así como excelente estabilidad térmica y oxidativa. Además, Hyspin AWH-M tiene una estabilidad hidrolítica extraordinaria y se separa rápidamente de la contaminación del agua.

Las aplicaciones de Castrol Hyspin AWH incluyen:

- Equipos al aire libre que puedan operar en amplios rangos de temperatura, tales como maquinaria sometida a condiciones de arranque en frío y funcionamiento continuo a alta temperatura. Los ejemplos incluyen aplicaciones marinas.
- Equipo de fabricación en interiores que incorpora sistemas de control que requieren un mínimo cambio de viscosidad con la temperatura. Algunos ejemplos son las máquinas herramienta de precisión.
- La gama Hyspin AWH-M es totalmente compatible con materiales elastómeros comúnmente utilizados para sellos estáticos y dinámicos, tales como polímeros nitrilo, silicona y fluorados (por ejemplo Viton).

❖ 7.12.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CASTROL HYSPIN AWH-M

Name	Units	AWH-M 15	AWH-M 32	AWH-M 46	AWH-M 68	AWH-M 100
ISO Viscosity Grade	-	15	32	46	68	100
Density @ 20°C	kg/m ³	0.876	0.867	0.875	0.878	0.881
Kinematic Viscosity @ 40°C	mm ² /s	15	32	46	68	100
Kinematic Viscosity @ 100°C	mm ² /s	3.8	6.3	8.10	10.80	13.20
Viscosity Index	-	150	150	150	140	130
Pour Point	°C	-48	-39	-36	-36	-33
Flash Point (COC)	°C	160	200	220	220	220

Subject to usual manufacturing tolerances.

*Tabla nº 13: Características técnicas Lubricantes Castrol Hyspin AWH
Fuente: Castrol Marine.[16]*

Hyspin AWH-M se clasifica de la siguiente manera:

- Clasificación DIN 51502 - HVLP
- ISO 6743/4 - Aceites Hidráulicos Tipo HV

Las calidades Hyspin AWH-M cumplen con los requisitos (para el grado de viscosidad apropiado) de:

- DIN 51524 Parte 3
- Cincinnati Lamb (Milacron) P 68-69-70
- Denison (Parker Hannafin) HF-0
- US Steel 126 y 127
- Eaton (anteriormente Vickers) I-286-S & M-2950-S Bosch Rexroth RE07075 / RE90220

❖ 7.12.1.2 VENTAJAS Y BENEFICIOS CASTROL HYSPIN AWH-M 46

Las prestaciones del lubricante hidráulico Castrol Hyspin AWH-M 46 otorga una serie de importantes ventajas:

- El alto índice de viscosidad y el punto de vaciado bajo permiten que el producto se utilice en un amplio rango de temperatura, con una buena estabilidad al cizallamiento, lo que significa que no hay pérdida excesiva de viscosidad debido al corte mecánico.
- Excelente rendimiento anti-desgaste que proporciona protección prolongada contra el desgaste de las bombas hidráulicas. Reducción del tiempo de inactividad debido al mantenimiento no programado y los ahorros de los costes de piezas de repuesto.
- La excelente separación de agua y la estabilidad hidrolítica reducen el tiempo de inactividad gracias a una vida útil prolongada del lubricante y a una mayor fiabilidad del equipo.
- La buena filtrabilidad proporciona un sistema más limpio con cambios de filtros menos frecuentes.

7.12.2 ALMACENAMIENTO DEL ACEITE EN UNIDADES HIDRÁULICAS

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

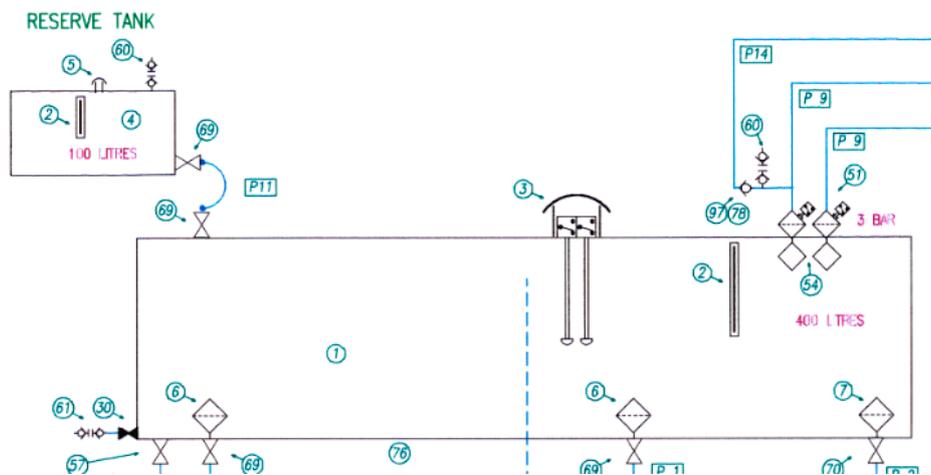


Ilustración nº 46: Esquema de los Tanques Hidráulicos.

Fuente: Planos del Buque.[18]

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 que alberga el tanque.

Los valores de las alarmas de estos sensores son:

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

El sistema de lubricación hidráulica de las unidades de popa tienen, además del tanque principal, un tanque de reserva que ostenta una capacidad de 100 litros, cuenta con un visor externo para comprobar su nivel y un filtro en la entrada de aceite.



Ilustración nº 47: Tanque de reserva de la Unidad Hidráulica.

Fuente: Trabajo de Campo.[9]

La función de este tanque de reserva es la de contar con una reserva de aceite que resulta de importancia en este sistema, además lo utilizamos para realizar el llenado del tanque principal si este ha perdido aceite.

Además en cada jet-room se cuenta con 100 litros más de aceite en 4 garrafas de 25 litros, y en el jacuzzi de la cubierta del garaje debe haber un bidón de respeto de 208 litros, por los posibles problemas que pudieran surgir a bordo durante las travesías.

Es realmente importante contar con reservas de aceite hidráulico ya que la pérdida de este por fugas, o rotura de cualquier elemento del sistema hidráulico implicaría la pérdida del gobierno del buque, con el consiguiente riesgo de colisión, además de poder causar serios daños en las bombas hidráulicas o PTO.

7.12.3 MANTENIMIENTO CASTROL HYSPIN AWH-M 46 EN UNIDAD HIDRÁULICA

El plan de mantenimiento del Buque dicta esta tarea anualmente, es decir, el cambio de aceite de las unidades hidráulicas deben hacerse de forma anual, aunque muchos son los factores que debemos tener en cuenta para que durante ese periodo de tiempo, el aceite Hyspin AWH-46 mantenga sus características y propiedades adecuadas para realizar con éxito su objetivo.

Como explicamos anteriormente, por las posibles problemáticas que pudieran ocurrir, las reservas de aceite son numerosas en el barco, 100 litros en el tanque de reserva, 100 en garrafas, y un bidón de respeto a bordo. Esto en cada banda del buque.

A las unidades hidráulicas se les hacen reposiciones constantes, debido a la vital importancia de estas para mantener la gobernabilidad del buque. Es por esto que tenemos tantas reservas a bordo.

El tanque de almacenamiento de las unidades hidráulicas alberga 400 litros, más aproximadamente unos 200 litros que se quedan a lo largo de las líneas y circuito.

Acometer una operación de cambio de aceite es costosa, no solo en conceptos económicos, sino en materia de trabajo. Debemos succionar hacia una pipota de lodos la totalidad del aceite que alberga el tanque de almacenamiento. El tanque se debe abrir para la sustitución de todos los filtros que presenta en las salidas y retornos de este, además de trapear y limpiar el tanque.

Una vez limpio el tanque y sustituidos todos los filtros de este, y los filtros del circuito (filtro de alta presión, y filtro piloto del Trim-Tab), procedemos a introducir los 400 litros del nuevo aceite Castrol Hyspin AWH-46.

Debemos tener en cuenta que aun quedan aproximadamente 200 litros de aceite utilizado a lo largo de las líneas y circuitos de la unidad hidráulica, es por ello que realizamos una operación para arrastrar ese aceite y desecharlo hacia la pipota de residuos oleosos, esta operación es denominada “Flushing”.

Esta operativa consiste en acoplar en los dos retornos al tanque una especie de “cuernos” que desvían el aceite hacia la bomba de pulmón que succiona este hacia el tanque de lodos. Recordemos que ya estamos utilizando aceite nuevo en el tanque de almacenamiento, será este el que limpie y empuje el aceite viejo alojado en el circuito hacia los retornos, y por lo tanto serán succionados hasta la pipota de residuos oleosos.

En este proceso debemos poner en marcha las bombas hidráulicas del sistema y mover todos los circuitos a los que la unidad hidráulica opera, (steering, buckets, Trim-Tabs, maquinillas de maniobra). A lo largo de la operativa perderemos en torno a los 250 litros de aceite, este lubricante debe ser reincorporado al tanque de almacenamiento.

Por lo tanto en una operación de cambio de aceite de una unidad hidráulica debemos disponer aproximadamente de unos 700 litros de lubricante Castrol Hyspin AWH-46, (4 bidones de 208L).



Ilustración nº 48: Bidones Castrol Hyspin AWH-46.

Fuente: Trabajo de Campo.[9]

7.13 ANÁLISIS PREDICTIVOS

7.13.1 INTRODUCCIÓN

La utilización de los análisis predictivos están de moda en la mayoría de los sectores económicos. El análisis predictivo pretende extraer un conocimiento que permita predecir tendencias y patrones de comportamiento. A menudo una circunstancia desconocida de interés se va a producir en el futuro pero el análisis predictivo se puede aplicar igualmente a lo desconocido tanto en el pasado, el presente o el futuro.

Lo fundamental del análisis predictivo está en identificar relaciones entre las variables explicativas y las variables predictivas del pasado de forma que se pueda escalar a lo que está por ocurrir. Es importante advertir, en cualquier caso, que la fiabilidad y usabilidad de los resultados dependerán mucho del nivel de análisis del dato.

Las técnicas para la utilización eficaz de los análisis predictivos pretenden incrementar la ventana de mantenimiento (P-F)

- Menos inspecciones.
- Más tiempo para planear mantenimiento.
- Acciones correctivas más precisas.
- Menores daños.

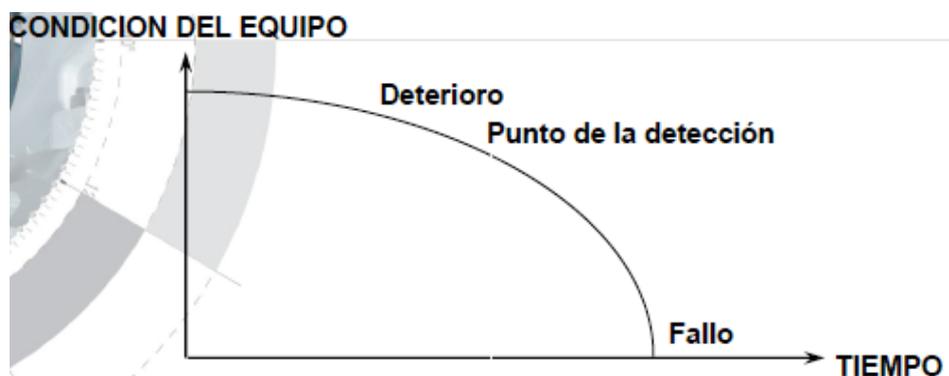


Gráfico n° 9: Técnica de seguimiento por condición.

Fuente: Seminario Castrol.[5]

Las técnicas de motorización del seguimiento por condición suelen ser no intrusivas, y nos permiten descubrir el fracaso en el tiempo. Existen numerosas técnicas diferentes:

- Control de vibraciones, termografía, ...
- Análisis de aceite usado
- Análisis de desechos de desgaste (ferrografía analítica)

Para toda motorización por condición es importante:

- Medición a intervalos de tiempo regulares
- Tomar muestras representativas
- Pruebas adecuadas y repetibles
- Interpretación de los resultados de las pruebas
- Reacciones de información

Dentro del sector marítimo el mayor ejemplo de análisis predictivos es la detección precoz de síntomas de desgaste y fatiga mediante los análisis de aceite. Los análisis del lubricante son una técnica simple, por la cual realizando diferentes valoraciones sobre las características y propiedades físicas y químicas del lubricante nos proporcionan información al respecto del aceite y de lo que puede estar sucediendo en la maquinaria, (salud del lubricante, contaminación de este, desgaste de la maquinaria).

Además, el uso de este tipo de técnicas nos otorga numerosas ventajas:

- Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo.
- Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones.
- Mejora el conocimiento y el control del estado de los equipos.

El análisis de aceite no sólo va a permitir el seguimiento del estado de desgaste de los equipos, detectar fallos inminentes, o desarrollar planes preventivos en las maquinarias, sino también establecer patrones dentro del programa de lubricación, es decir, el suministrador en coordinación con la compañía podrá valorar el aumento de las horas útiles del aceite, o la reducción de estas, dependiendo de las valoraciones y el estado del lubricante en los análisis. También es posible a través de estos deducir y señalar problemáticas que estén provocando fallas, desgaste o fatiga en la maquinaria.

Por lo tanto los análisis predictivos son una herramienta fundamental dentro del mantenimiento proactivo, y permiten la construcción de estrategias proactivas estableciendo dos tipos de alarmas:

- Alarmas absolutas.
- Alarmas estadísticas.

Las alarmas absolutas son límites condenatorios que se aplican al estado de contaminación del lubricante, y desde donde se pueden tomar las recomendaciones del fabricante del equipo, en el caso que las hubiera o en su defecto las recomendaciones del Laboratorio de Análisis de Lubricantes.

Mientras que las alarmas estadísticas están basadas en los propios valores registrados en el equipo. El análisis de la tendencia estadística permite identificar fallas incipientes. No se debe olvidar la variabilidad inherente a la propia exactitud de las pruebas que se realizan.

Así mismo, es fundamental conocer la metalurgia de las partes móviles que tienen contacto con el lubricante, para eventualmente identificar el origen de los metales de desgaste.

Para seleccionar los puntos de lubricación a monitorear mediante análisis de aceite, debe tenerse en cuenta la criticidad del componente y en cómo afecta éste a la confiabilidad y disponibilidad de la máquina.

7.13.2 TOMA DE MUESTRAS

En primer lugar debemos obtener una muestra representativa para obtener unos resultados precisos en los análisis predictivos. Para conseguir dicha muestra representativa es fundamental implantar un calendario coordinado para la toma de estas:

- Configurar un calendario de toma de muestras.
- Tomar las muestras en un lugar e intervalo constantes.
- Tomar las muestras a una temperatura próxima a la de trabajo de la maquinaria, y con la mayor seguridad posible.

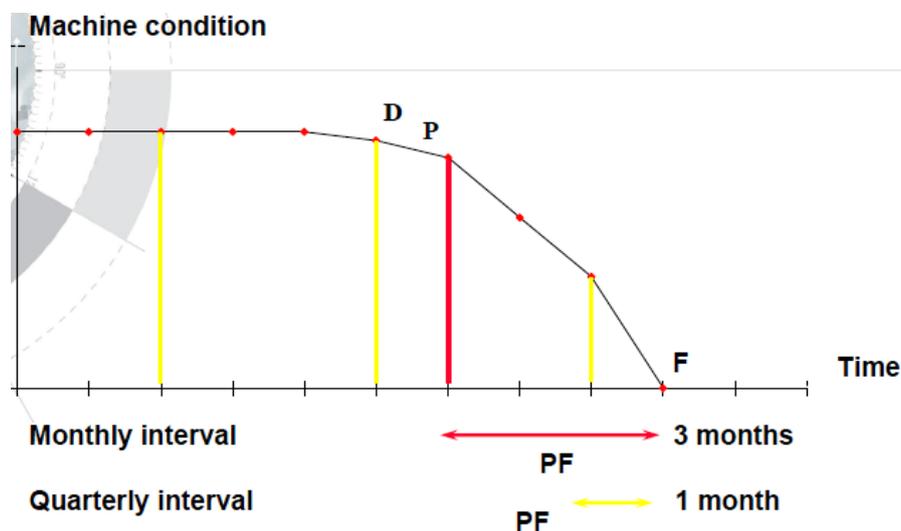


Gráfico n° 10: Frecuencia de toma de muestras.

Fuente: Seminario Castrol.[5]

Resulta de vital importancia el orden y la limpieza en la toma de las muestras para evitar la contaminación y la consiguiente aparición de factores que alteren nuestros análisis. Por lo tanto debemos:

- Comprobar que las condiciones de trabajo del entorno sean seguras.
- Limpiar la zona del punto de toma de muestras.
- Utilizar únicamente recipientes de muestras aprobados.



Ilustración nº 49: Recogida de muestra de aceite desde el filtro de MM.AA.

Fuente: Trabajo de Campo.[9]

Otro aspecto fundamental es la anotación de los detalles de la muestra, así como de la fecha en la que se ha recogido.

- Imprimir etiquetas de muestras online.
- Anotar los detalles del equipo y las muestras.
- Incluir la fecha de la muestra, horas o km del aceite y el equipo, etc.

Resulta interesante actualizar o añadir los datos de registro de los puntos de la toma de muestras de forma online, que puede realizarse en la plataforma que Castrol Marine nos pone en servicio. La plataforma nos permite:

- Imprimir las etiquetas de las muestras, añadiendo los detalles de la toma de muestras online, para disminuir el tiempo de administración, aumentar la precisión de los datos y acelerar el procesamiento de la muestra en el laboratorio.

Una vez que hemos tomado la muestra, atendiendo a la indicaciones de seguridad, orden y limpieza que nos ordena el suministrador, procedemos a introducirla, etiquetarla y enviarla por correo a los laboratorios de los que dispone Castrol para su análisis.

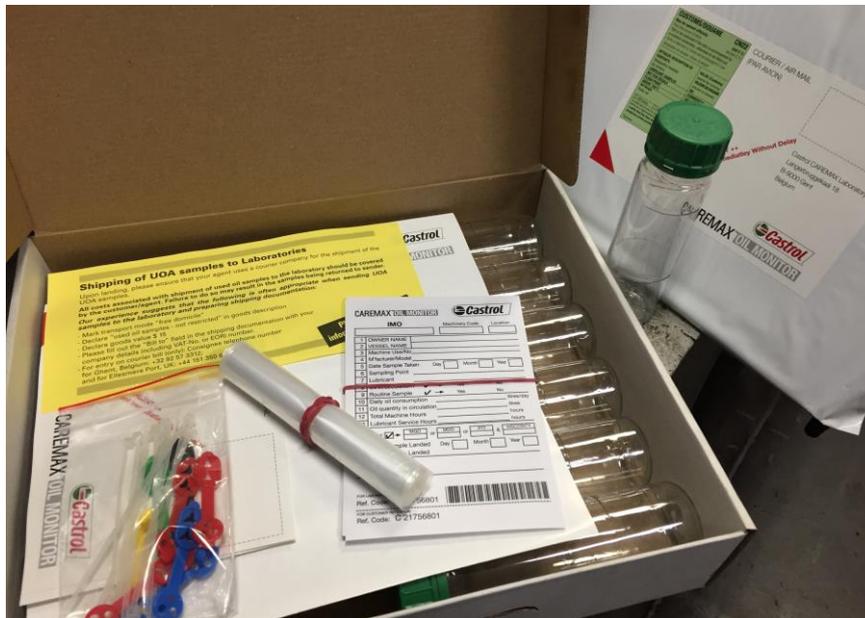


Ilustración nº 50: Instrumental Castrol para la recogida y envío de muestras de aceite.

Fuente: Trabajo de Campo.[9]

Si nos sucede alguna problemática a bordo y no es posible la demora para acometer una actuación sobre la falla, Castrol nos posibilita viscosímetros a bordo. Con estos podemos contrastar el estado del lubricante y valorar cuales son algunas de las posibles causas del problema para actuar en consecuencia, aunque con tan pocas variables es muy complicado sacar conclusiones.



Ilustración nº 51: Viscosímetro a bordo suministrado por Castrol.

Fuente: Trabajo de Campo.[9]

❖ 7.13.2.1 PUNTOS ADECUADOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS

Como describimos anteriormente para la recogida de una muestra es importante tener en cuenta:

- Material de muestreo limpio (nuevo).
- Máquina en modo de funcionamiento normal
- Suficiente descarga de volumen muerto.
- Ubicación de muestreo

La ubicación de la toma en donde procederemos a la recogida de la muestra es fundamental, existen diferentes ubicaciones adecuadas y aceptables, dependiendo de diversas variables.

Cuando se toma una muestra de una línea en un sistema circulante se denomina una muestra de zona viva. En una zona donde el fluido esté en movimiento y el aceite este en funcionamiento y bien mezclado se denomina muestreo de zonas turbulentas.

Otros puntos de toma de muestras es justo antes de que el aceite entre en el equipo y una vez haya salido de él, después de que haya completado sus funciones primarias, como por ejemplo lubricar un cojinete o un engranaje o que el aceite haya pasado a través de una bomba o un actuador hidráulico.

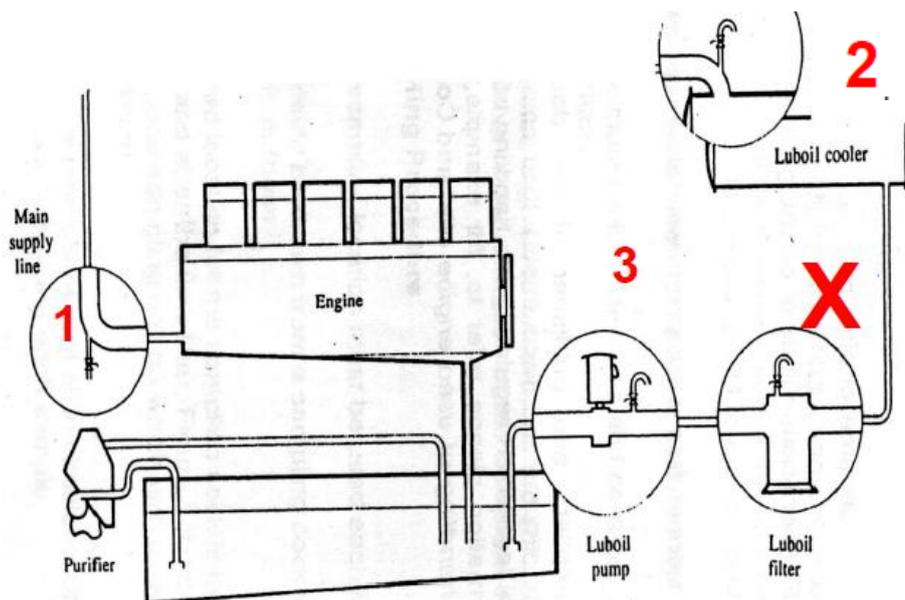


Ilustración nº 52: Recomendaciones en las tomas de muestras en motores diesel.

Fuente: Seminario Castrol.[5]

Como recalcamos de forma anterior es realmente importante que la recogida de las muestras se realice siempre desde el mismo punto, en cada motor o maquinaria, y que las condiciones de este en el momento de la toma sean en condiciones normales de trabajo, durante la marcha y en aplicaciones normales de la máquina.

No debemos nunca tomar las muestras de las patas muertas de la tubería, los extremos de las mangueras y las tuberías de pie donde el fluido no está moviéndose o circulando. Tampoco debemos tomar las muestras cuando la máquina está fría y no ha estado en funcionamiento.

- Muestreo de líneas presurizadas.

Cuando las muestras deben tomarse de líneas de alimentación presurizadas que conducen a cojinetes, engranajes, compresores, pistones, etc. El método de muestreo es simple.



Ilustración nº 53: Procedimiento de toma de muestras en líneas presurizadas.

Fuente: Seminario Castrol.[5]

- Toma de muestra en sistemas no circulantes.

Los cojinetes y los engranajes lubricados por salpicaduras son ejemplos comunes de estos sistemas.

El método más básico para muestrear tales sistemas es retirar el tapón de drenaje de la parte inferior del tanque permitiendo que el fluido fluya hacia la botella de muestra. Sin embargo este no es un método de muestreo adecuado ni una ubicación ideal.

Lo más importante es el hecho de que el sedimento del fondo, los desechos y las partículas (incluyendo el agua) entren en la botella de muestra en concentraciones altas (no representativas). El método de la toma de muestras desde tapón de drenaje debe evitarse si es posible.

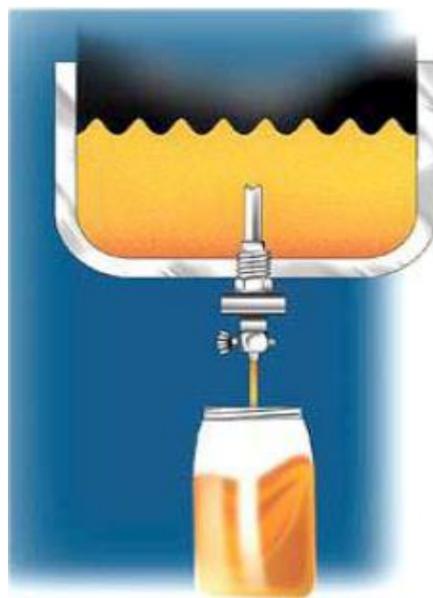


Ilustración nº 54: Procedimiento de toma de muestras en sistemas no circulantes.

Fuente: Seminario Castrol.[5]

El muestreo desde el tapón de drenaje se puede realizar correctamente si utilizamos un trozo de tubería o manguera, que extendiéndose hacia el interior recoja la muestra en la zona activa que se encuentre en movimiento.

Idealmente, la punta del tubo, donde se toma la muestra de aceite, debe estar a la mitad del nivel de aceite, a dos pulgadas de las paredes y al menos dos pulgadas de los elementos giratorios.

- Tomas de muestras en tubo de vacío

Uno de los métodos más comunes para recoger una muestra de un sistema que este lubricado por salpicadura y con un tanque húmedo es el método de recogida de muestra en tubo de vacío.

Insertamos un tubo a través del orificio de llenado y se baja hasta la cavidad del tanque en movimiento, generalmente aproximadamente a la mitad del nivel de aceite.

Este método de recepción de muestras tiene una serie de inconvenientes y debe evitarse si es posible tomar la muestra por los métodos anteriormente descritos.



Ilustración nº 55: Procedimiento de toma de muestras por tubo de vacío.

Fuente: Seminario Castrol.[5]

Los principales problemas asociados a la recepción de muestras por tubo de vacío son:

- Ubicación del tubo. La recogida de la muestra no siempre es en el mismo punto exacto, y es posible que recojamos parte de la muestra desde el fondo del tanque, donde se recogen residuos y sedimentos.
- Volumen de descarga grande para obtener una muestra representativa. Para algunos sistemas en donde el tanque es pequeño, la recogida de muestra se convierte en un cambio de aceite.
- Intrusión de la máquina.

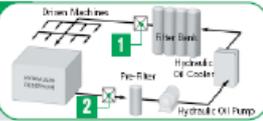
SAFETY PRECAUTIONS

- Take care when sampling from any point where oil may be under pressure.
- Check system of temperature before sampling and avoid hot oil splashing on body or clothing.

HYDRAULIC SYSTEMS

IDEALLY SAMPLE FROM:

- An OBM's installed or designated sampling point after filters for routine oil monitoring (1).
- For machinery condition monitoring sampling from system return line, before any filters is preferable (2).



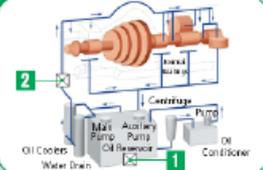
THERMAL SYSTEMS

- Thermal oil systems operate at extremely high temperatures. The nature of the risks from sampling these systems necessitates the permanent installation of special sampling devices and special sampling procedures.

GAS OR STEAM TURBINES

SAMPLE FROM EITHER:

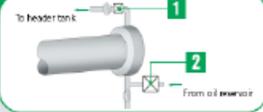
- Central sampling pump in oil reservoir (1).
- Drain tap in outlet line (2).



STERN TUBES

IDEALLY SAMPLE FROM:

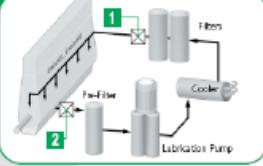
- The stern tube bearing oil outlet (1) or outlet line from reservoir (2).



DIESEL ENGINES

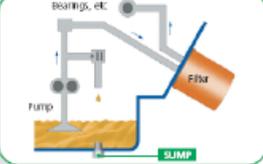
FOR DRY-SUMP ENGINES:

- For routine oil reservoir - sample from the oil inlet manifold to the sump (1).
- For assessing in-cylinder condition - sample from a point close to the oil return line and always before any filter (2).



FOR WET-SUMP ENGINES, sample from either:

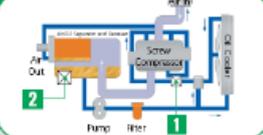
- Drain point.
- Central vacuum sampling pump.
- Drain point tap.
- Pressure line sampling point.



SCREW COMPRESSORS

IDEALLY SAMPLE FROM:

The pressurized feed line sampling point (1) and if this is not possible, a drain point in the swirl separator or oil reservoir (2).



GEARBOXES

As samples may be used for machine condition monitoring purposes, samples should always be drawn after the oil has passed through the gears and bearings.

- For gearboxes fitted with oil circulation pumps, the sample should be taken at a point in the line and before any filter (1).
- For splash lubricated gearboxes, the sample should be drawn from the bottom of the sump using the Central vacuum pump or from a convenient drain plug as low down in the sump as possible (2).

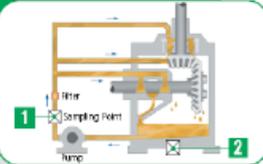


Ilustración nº 56: Recomendaciones para la toma de muestras en diferentes maquinarias.

Fuente: Seminario Castrol.[5]

7.14 CONTAMINANTES DEL LUBRICANTE

Las fuentes de contaminación del lubricante son:

- Tipo de motor.
- Condición del motor.
- Características de carga y salida.
- Tipo de combustible y tratamiento.
- Tipo de lubricante.
- Contenido y consumo de aceite del sistema.
- Capacidad y eficiencia del sistema de tratamiento de aceite.
- Condiciones de servicio.
- La cantidad y tipo de contaminante que se encuentra en el sistema.

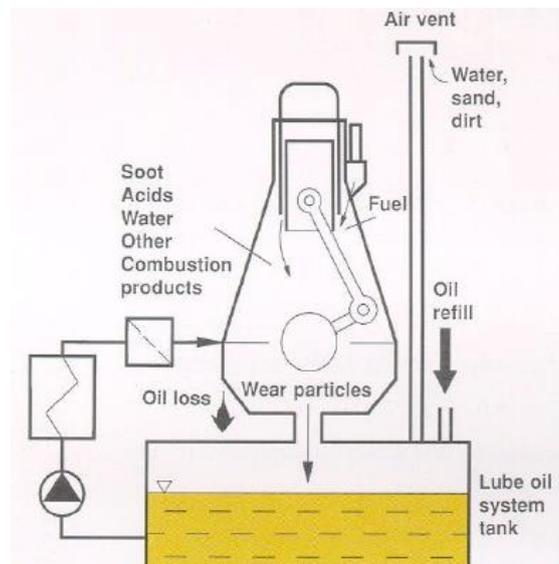


Ilustración nº 57: Fuentes de contaminación.

Fuente: Seminario Castrol.[5]

Los tipos de contaminación del lubricante son:

- Productos de la combustión.
- Combustible.
- Hollín.
- Contaminantes atmosféricos.
- Agua.
- Partículas de desgaste.

Es usual que durante los análisis apropiados en los aceites de los motores diesel encontremos lo que denominamos insolubles. Son contaminantes encontrados en el lubricante usado debido a suciedad, partículas metálicas y/o productos provenientes de procesos de oxidación, del combustible o lubricante, medidos como insolubles en “Pentano o Benzeno”.

Por razones prioritarias de seguridad y funcionamiento satisfactorio resulta realmente fundamental la limpieza y el tratamiento del lubricante. Para ello son realmente efectivos los filtros centrífugos que realizan un papel primordial en la limpieza del lubricante. Sus funciones:

- Principalmente para mantener limpio el aceite.
- Capaces de manipular los lodos y el agua.
- Pueden eliminar partículas más pequeñas que los filtros.
- Principio de auto-limpieza.



Ilustración n° 58: Filtros centrífugos (Glaciers) Caterpillar 3618.

Fuente: Trabajo de campo.[9]

7.14.1 CONTAMINACIÓN POR AGUA DEL LUBRICANTE

Posibles causas:

- Fugas. (A través de enfriadores, calentadores, etc.)
- Daños. (Grietas, tuberías rotas, etc.)
- Accidentes. (Derrames, etc.)
- Funcionamiento incorrecto o mal funcionamiento.

Prevenciones:

- Buen mantenimiento.
- Tratamiento apropiado.
- Eficiencia del purificador.
- Depósito de almacenamiento limpio.

El agua puede estar presente en el lubricante de tres maneras.

Saturado: El aceite puede absorber cierta cantidad de humedad - agua "disuelta" en el aceite.

Emulsionado: La presencia de gotas muy pequeñas de agua que se mantienen altamente estables y se encuentran en suspensión en el aceite.

Libre: Los volúmenes más grandes de agua inestable se encuentran mezclados con el aceite en fases independientes.

Punto de Saturación:

- Para aceite hidráulico: 200 - 300 ppm
- Para aceite lubricante: 500 - 600 ppm
- Para aceite de transformador: 50 ppm

Los altos niveles de contaminación del agua dentro de los motores grandes pueden causar daños y costos significativos en unos días si no se toman medidas correctivas.

La contaminación significativa del agua puede causar:

- Corrosión.
- Cambio de viscosidad.
- Cavitación.
- Lacados formados por la contaminación del agua dura.
- Posibilidad de introducir contaminación microbiológica.
- Disminución de los aditivos (TBN) del aceite lubricante debido al lavado con agua.
- Desglose de la película de aceite. Restringir la formación de una película de aceite viable que es esencial para lubricar eficazmente los cojinetes. El resultado puede ser un desgaste excesivo que lleve a desembolsar costes adicionales de reparación o reemplazo verdaderamente significativos que no son deseables.

Para acometer la eliminación del agua es posible realizar diversas operaciones:

Asentamiento:

- Calentamiento a aproximadamente 60-65°C
- Drenaje.

Centrifugación:

- Purificación continua o en serie.
- Calentamiento a aproximadamente 85-95°C
- Tasa de flujo a un tercio de la capacidad nominal.

Filtrado:

- Operación automática.
- O tipo "Flushing".

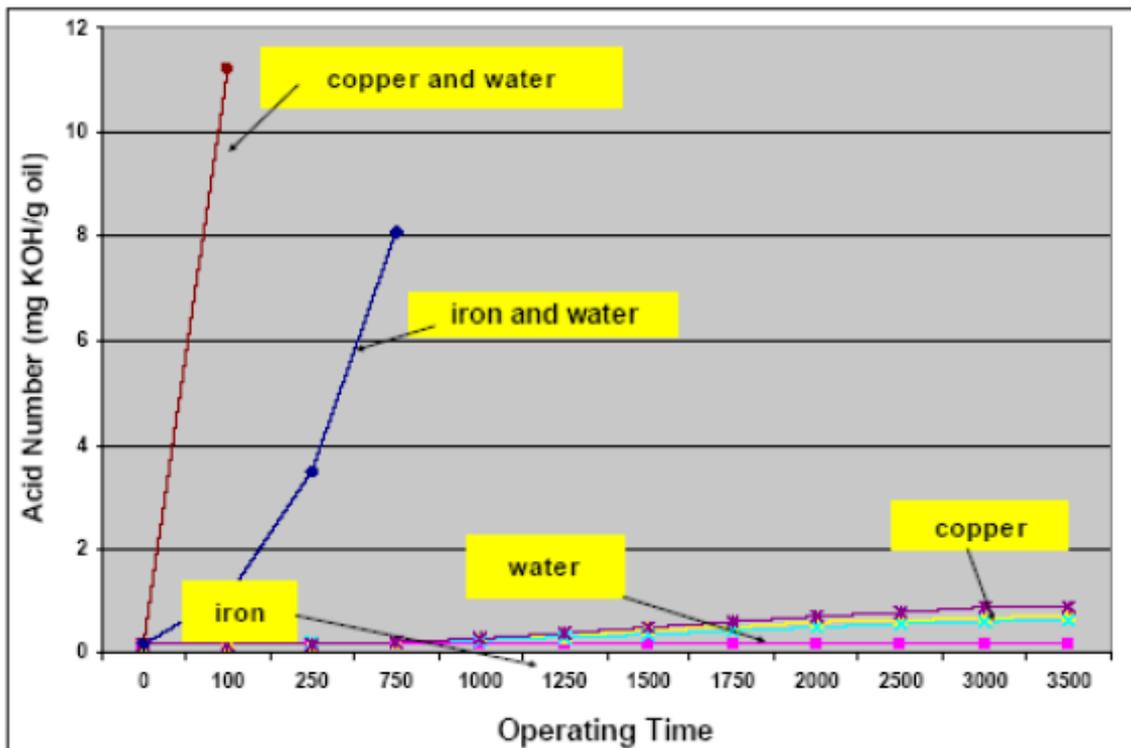


Gráfico n° 11: Efecto catalítico del agua y los metales.

Fuente: Seminario Castrol.[5]

En resumen, para mantener en buenas condiciones el aceite lubricante es necesario:

- Control del contenido insoluble.
- Evitar el ingreso de agua .
- Asegurar una reserva alcalina correcta (BN).
- Prevenir la contaminación del combustible.
- Muestreo y análisis regulares.
- Usar el grado correcto para el motor.
- Adecuado almacenamiento.
- Mantenimiento regular.

VIII. INTERPRETACIÓN

8. INTERPRETACIÓN

8.1 CASTROL CAREMAX OIL MONITOR



CAREMAX™ OIL MONITOR

Ilustración nº 59: Logo del programa de monitorización de análisis de aceite Castrol.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]

El servicio Castrol Marine CAREMAX utiliza las últimas técnicas analíticas y programación de computadoras para ofrecer un paquete avanzado de análisis de lubricantes que proporciona una valiosa herramienta de monitoreo de lubricantes para el operador del buque.

Las propiedades del lubricante reportadas en los informes de análisis de lubricantes CAREMAX, (las pruebas realizadas dependen del tipo de maquinaria y grado de aceite), son:

- Viscosidad

Medida de la resistencia de un líquido a fluir. Comúnmente conocido como el «Espesor de un aceite».

- Punto de inflamación cerrado

Principalmente una prueba para la dilución del combustible en los aceites de motor. Una disminución en el punto de inflamación es generalmente una indicación de entrada de combustible que ha contaminado el lubricante.

- Insolubles

Una prueba para la contaminación total de sólidos en un lubricante tal como hollín de combustión, suciedad, productos de oxidación y restos de desgaste de metal.

- Número base

Anteriormente conocido como Total Base Number (TBN) es una medida de la alcalinidad de reserva de un aceite de motor y su capacidad para neutralizar ácidos nocivos.

- Número de ácido

Prueba la acidez del aceite. Ciertos aceites tienen un nivel de acidez inherente relacionado con su química aditiva. La acidez creciente puede ser indicativa de la presencia de ácidos orgánicos derivados de la oxidación del aceite.

- Índice de agua PQ

El porcentaje (en volumen) de la cantidad total de contaminación del agua. No es una propiedad de petróleo sino un índice que proporciona una evaluación cuantitativa, para propósitos de tendencia, de la cantidad de escombros de desgaste ferroso en la muestra.

- Asfaltenos

Proporcione una indicación de los componentes derivados del combustible pesado de la entrada de combustible crudo y / o productos de combustión de soplado.

- Oxidación por infrarrojos

Un método infrarrojo para evaluar la oxidación por el cambio en la estructura molecular que se produce durante el proceso de envejecimiento de los aceites.

- Cuenta de partículas

Cuantifica el nivel de contaminación de partículas por mililitro de líquido en tres tamaños: 4 µm, 6 µm y 14 µm. El código ISO 4406 se expresa en 3 números. Cada número representa un código de nivel de contaminante para el tamaño de partícula correlacionado. El código incluye todas las partículas del tamaño especificado y mayores.

Se usa principalmente donde es importante una mayor atención a la limpieza (es decir, sistemas hidráulicos de alta presión). Como el método utiliza dispositivos de medición ópticos, los resultados pueden verse afectados por la presencia de hollín suspendido, en términos de aceites de motor, su aplicabilidad se limita por lo tanto a los sistemas servo-hidráulicos del motor de leva sin cruce.

Así mismo, Castrol Marine Caremax nos proporciona análisis elementales de algunos elementos típicos que encontramos los motores (los elementos reportados dependen del tipo de maquinaria y grado de aceite y se informan en PPM - partes por millón)

- Aluminio. - Pistones, cojinetes, carcasas, derivados de combustible.
- Antimonio. - Cojinetes.
- Calcio. - Derivado de lubricante.
- Cloruro. - Nivel de sal en fase acuosa por contaminación de agua marina
- Cromo. - Anillos de pistón.
- Cobre. - Cojinetes, engranajes, refrigeradores de aceite, tuberías, prensaestopas.
- Hierro. - Cilindros, cigüeñales, anillos de pistón, engranajes.
- Dirigir. - Cojinetes.
- Magnesio. - Carcasas, carcasas, derivados de lubricantes.
- Manganeso. - Revestimientos de cilindros.
- Molibdeno. - Anillos de pistón.
- Níquel. - Cojinetes, válvulas, engranajes, derivados de combustible.
- Potasio. - Agua salada.
- Fósforo. - Derivado de lubricante.
- Silicio. - Polvo, suciedad, derivado del combustible, derivado del lubricante.
- Plata. - Cojinetes.
- Sodio. - Agua salada, derivado de refrigerante, derivado de combustible.
- Estaño. - Cojinetes.
- Vanadio. - Derivado de combustible.
- Zinc. - Derivado de lubricante.

8.2 CASOS PRÁCTICOS ANÁLISIS PREDICTIVOS (BENCOMO EXPRESS)

8.2.1 ANÁLISIS EN PARÁMETROS CORRECTOS



TECHNICAL DEPARTMENT
FRED OLSEN
POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

**RATING SUMMARY TABLE FOR
BENCOMO EXPRESS (9206712)**

MACHINE	LOCATION	SAMPLE	SAMPLED	RATING
MEZZT (MAIN ENGINE)	PI	ST009989	10-abr-2017	✓
MEZZT (MAIN ENGINE)	PO	ST009990	10-abr-2017	✓
MEZZT (MAIN ENGINE)	SO	ST009991	10-abr-2017	✓
MEZZT (MAIN ENGINE)	SI	ST009992	10-abr-2017	✓
AEZZT (AUXY ENGINE)	2	ST009986	11-abr-2017	✓
AEZZT (AUXY ENGINE)	3	ST009987	18-mar-2017	✓
AEZZT (AUXY ENGINE)	4	ST009988	10-abr-2017	✓



TECHNICAL DEPARTMENT
FRED OLSEN
POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

**RATING SUMMARY TABLE FOR
BENCOMO EXPRESS (9206712)**

MACHINE	LOCATION	SAMPLE	SAMPLED	RATING
MEZZT (MAIN ENGINE)	PI	GS054160	03-may-2016	✓
MEZZT (MAIN ENGINE)	PO	GS054161	03-may-2016	✓
MEZZT (MAIN ENGINE)	SI	GS054162	03-may-2016	✓
MEZZT (MAIN ENGINE)	SO	GS054163	03-may-2016	!
AEZZT (AUXY ENGINE)	3	GS054164	23-abr-2016	✓
GEMEZ (GEARING, MAIN ENGINE)	PI	GS054165	01-abr-2016	✓
GEMEZ (GEARING, MAIN ENGINE)	PO	GS054166	03-may-2016	!
GEMEZ (GEARING, MAIN ENGINE)	SI	GS054167	03-may-2016	✓
GEMEZ (GEARING, MAIN ENGINE)	SO	GS054168	03-may-2016	!
HYMIZ (HYDRAULIC SYS, VARIOUS)	F	GS054169	03-may-2016	✓
HYWTJ (WATERJET - HYDRAULIC)	PA	GS054170	03-may-2016	✓
HYWTJ (WATERJET - HYDRAULIC)	SA	GS054171	03-may-2016	✓

Análisis nº 1: Nomenclaturas Motores con Análisis en parámetros correctos.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]



TECHNICAL DEPARTMENT
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

MACHINE UNIT/LOCATION

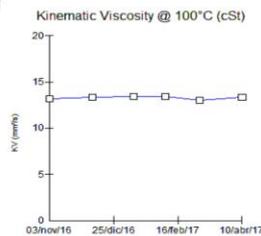
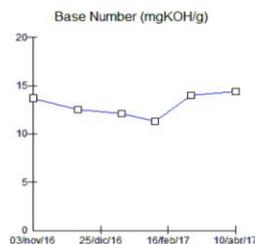
MAIN ENGINE/PI

mv/ss BENCOMO EXPRESS

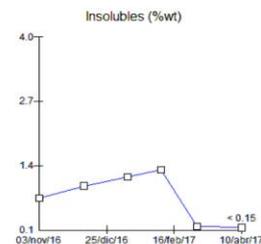
IMO	9206712	Customer Code	005250Z
Make	CATERPILLAR	Sample Code	ST009989
Model	3618	Sample Taken	10-abr-2017
Lubricant Schedule	MHP 154	Received	02-may-2017
Lubricant In Use	MHP 154	Report Date	09-may-2017
Port Landed		Total Machine Hrs	60369
Sample Point		Lubricant Hours	62
Machine Usage	MEZZT	Label Ref.	C10935149

DIAGNOSIS:

The analysis results, based on the tests performed, indicate that the lubricant is suitable for continued use. - . Main parameters are in normal values, there are not evidences of active contaminants, and residual alkalinity level is enough to provide a correct anticorrosive protection and detergency. Wear metal contents are acceptable. - . Elemental analysis is provided for trending purposes - take note of any large change in values.



	10-abr-17 ST009989	06-mar-17 ST006928	06-feb-17 ST004748	11-ene-17 ST002424	08-dic-16 ST000134	03-nov-16 SS033616
Lubricant Hours	62		1728	1500	1246	898
Rating	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BN (mgKOH/g)	14,4	14	11,3	12,1	12,5	13,7
Insolubles (%wt)	< 0,15	0,18	1,32	1,17	0,99	0,74
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)	13,3	13	13,4	13,4	13,3	13,2
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	1	2	3	2	2	0
Chromium (Cr)	0	0	1	0	0	0
Copper (Cu)	0	0	4	3	4	5
Iron (Fe)	3	3	9	8	7	8
Lead (Pb)	0	0	0	0	0	0
Nickel (Ni)	0	0	0	0	0	0
Silicon (Si)	7	6	14	11	10	10
Sodium (Na)	3	11	118	106	66	56
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	0
Vanadium (V)	0	0	0	0	0	0
Antimony (Sb)	0	0	0	0	0	0



From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

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.

Análisis nº 2: Análisis Castrol MHP154 PIME en parámetros correctos.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]



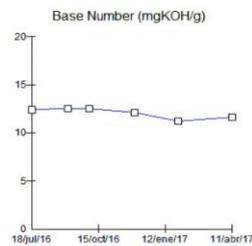
TECHNICAL DEPARTMENT
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR
 MACHINE UNIT/LOCATION
AUXY ENGINE/2

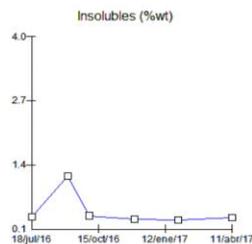
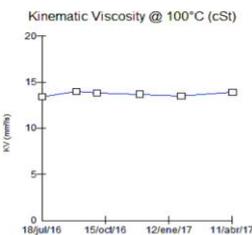
mv/ss BENCOMO EXPRESS

IMO	9206712	Customer Code	005250Z
Make	CATERPILLAR	Sample Code	ST009986
Model	3406	Sample Taken	11-abr-2017
Lubricant Schedule	SEAMAX SUPER PLUS	Received	02-may-2017
Lubricant In Use	MISC ENG OIL	Report Date	09-may-2017
Port Landed		Total Machine Hrs	66029
Sample Point		Lubricant Hours	250
Machine Usage	AEZZT	Label Ref.	C10948240

DIAGNOSIS:
 The analysis results, based on the tests performed, indicate that the lubricant is suitable for continued use. . . Main parameters are in normal values, there are not evidences of active contaminants, and residual alkalinity level is enough to provide a correct anticorrosive protection and detergency. Wear metal contents are acceptable. . . Elemental analysis is provided for trending purposes - take note of any large change in values.



	11-abr-17 ST009986	29-ene-17 ST004746	02-dic-16 ST000132	03-oct-16 SS029219	04-sep-16 SS026402	18-jul-16 SS024298
Lubricant Hours	250	261	240	251	261	2635
Rating	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BN (mgKOH/g)	11,6	11,2	12,1	12,5	12,5	12,4
Insolubles (%wt)	0,33	0,28	0,3	0,37	1,17	0,35
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)	13,9	13,5	13,7	13,8	14	13,4
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	0	1	0	0	2	0
Chromium (Cr)	0	0	0	2	0	0
Copper (Cu)	1	1	1	3	3	4
Iron (Fe)	9	9	11	24	34	13
Lead (Pb)	0	0	0	0	0	0
Nickel (Ni)	0	0	0	0	0	0
Silicon (Si)	2	3	3	9	14	4
Sodium (Na)	0	2	1	0	2	7
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	0
Vanadium (V)	0	0	0	0	0	0
Antimony (Sb)	0	0	0	0	0	0



From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

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.

Análisis nº 3: Análisis Castrol Seamax SuperPlus MM.AA Nº2 en parámetros correctos.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]



TECHNICAL DEPARTMENT
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

MACHINE UNIT/LOCATION
 GEARING, MAIN ENGINE/PI

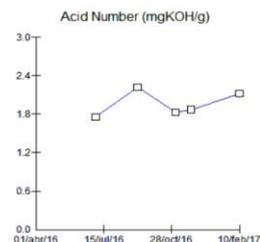
mv/ss BENCOMO EXPRESS

IMO 9206712
 Make REINTJES
 Model VLI 6831
 Lubricant Schedule MHP 154
 Lubricant In Use MHP 154
 Port Landed
 Sample Point
 Machine Usage GEMEZ

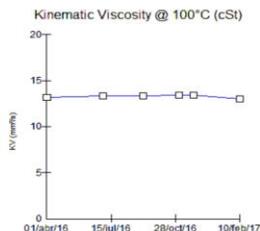
Customer Code 005250Z
 Sample Code ST004743
 Sample Taken 10-feb-2017
 Received 24-feb-2017
 Report Date 06-mar-2017
 Total Machine Hrs 59817
 Lubricant Hours 658
 Label Ref. C10947267

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. Wear metal contents are acceptable. . . Elemental analysis is provided for trending purposes - take note of any large change in values.



Sample Ref.	10-feb-17 ST004743	27-nov-16 ST000137	03-nov-16 SS033624	05-sep-16 SS026399	02-jul-16 SS020665	01-abr-16 GS054165
Lubricant Hours	658	2185	1866	1344	722	2005
Rating	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Colour	Yellow	Amber	Amber	Yellow	Yellow	
Condition	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	
AN (mgKOH/g)	2,12	1,87	1,83	2,22	1,76	
Water (%mass)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,10
KV@100°C (cSt)	13	13,4	13,4	13,3	13,3	13,18
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	3	1	0	0	0	2
Chromium (Cr)	0	0	0	0	0	0
Copper (Cu)	1	3	5	4	3	4
Iron (Fe)	6	6	8	11	6	8
Lead (Pb)	0	0	0	2	0	1
Nickel (Ni)	0	0	0	0	0	0
Silicon (Si)	15	10	14	8	14	14
Sodium (Na)	1	4	0	9	3	7
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	0



From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

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.

Análisis nº 4: Análisis Castrol MHP154 Reductora Reintjes VLJ PIME en parámetros correctos.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]



TECHNICAL DEPARTMENT
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

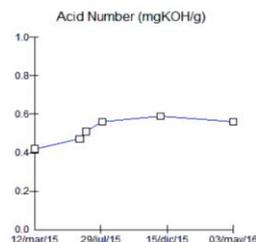
MACHINE UNIT/LOCATION
 HYDRAULIC SYS, VARIOUS/F

mv/ss BENCOMO EXPRESS

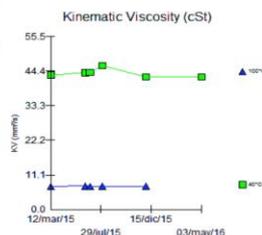
IMO	9206712	Customer Code	005250Z
Make	LIPS	Sample Code	GS054169
Model	BV 125 DLX	Sample Taken	03-may-2016
Lubricant Schedule	HYSPIN AWH-M 46	Received	27-may-2016
Lubricant In Use	HYSPIN AWH-M 46	Report Date	03-jun-2016
Port Landed		Total Machine Hrs	
Sample Point		Lubricant Hours	
Machine Usage	HYMIZ	Label Ref.	C 10933027

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 GS054169	02-dic-15 MR006099	02-ago-15 MR005145	29-jun-15 MR004822	15-jun-15 MR004646	12-mar-15 MR003780
Lubricant Hours						
Rating	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Colour	Yellow	YELLOW	YELLOW	YELLOW	YELLOW	YELLOW
Condition	Clear	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR
AN (mgKOH/g)	0,56	0,59	0,56	0,51	0,47	0,42
Insolubles (%wt)		0				
Suspended Water	< 0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
Flash Point (°C)		> 200				
KV@40°C (cSt)	42,5	42,57	46,27	44,03	43,89	43,17
KV@100°C (cSt)		7,47	7,5	7,37	7,51	7,36
Viscosity Index		142	131	132	138	135
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	0	1	1	1	1	1
Calcium (Ca)	40					
Chromium (Cr)	0	1	1	1	1	1
Copper (Cu)	2	6	5	4	6	5
Iron (Fe)	3	8	2	2	2	2
Lead (Pb)	0	1	1	1	1	1
Nickel (Ni)	0	1	1	1	1	1
Silicon (Si)	0	2	2	2	2	2
Sodium (Na)	2	5	4	4	19	19
Tin (Sn)	0					



From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

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.

Análisis nº 5: Análisis Castrol Hypsin AWH- M46 Sistema Hidráulico en parámetros correctos.
 Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]



TECHNICAL DEPARTMENT
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

MACHINE UNIT/LOCATION
 WATERJET - HYDRAULIC/SA

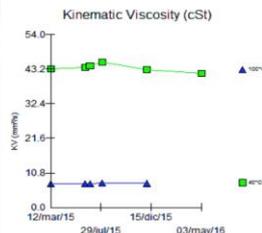
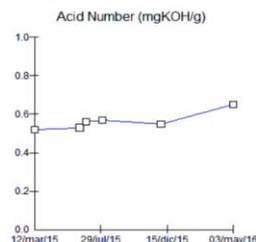
mv/ss BENCOMO EXPRESS

IMO 9206712
 Make LIPS
 Model BV 125 DLX
 Lubricant Schedule HYSPIN AWH-M 46
 Lubricant In Use HYSPIN AWH-M 46
 Port Landed
 Sample Point
 Machine Usage HYWTJ

Customer Code 005250Z
 Sample Code GS054171
 Sample Taken 03-may-2016
 Received 27-may-2016
 Report Date 03-jun-2016
 Total Machine Hrs
 Lubricant Hours
 Label Ref. C 10933043

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 nor mineral acidity. Wear metal contents are in acceptable levels. - Just note Hazy condition and small sodium presence, which could be to small humidity traces and or old small water presence from cooling system. Elemental analysis is provided for trending purposes - note that one or more values are outside the suggested limit. Additionally take note of any large change in values.



Sample Ref.	03-may-16 GS054171	03-dic-15 MR006101	02-ago-15 MR005147	29-jun-15 MR004824	15-jun-15 MR004648	12-mar-15 MR003782
Lubricant Hours						1909
Rating	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Colour	Dark Yellow	YELLOW	YELLOW	YELLOW	YELLOW	YELLOW
Condition	Hazy	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR
AN (mgKOH/g)	0,65	0,55	0,57	0,56	0,53	0,52
Suspended Water	< 0,05	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04
KV@40°C (cSt)	41,8	43,09	45,36	44,25	43,75	43,25
KV@100°C (cSt)		7,56	7,59	7,43	7,48	7,4
Viscosity Index		144	134	133	137	136
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	0	1	1	1	1	2
Calcium (Ca)	43					
Chromium (Cr)	1	1	1	1	1	1
Copper (Cu)	20	39	47	45	20	16
Iron (Fe)	6	2	5	5	9	7
Lead (Pb)	0	1	1	1	1	1
Nickel (Ni)	0	1	1	1	1	1
Silicon (Si)	1	3	2	2	2	7
Sodium (Na)	89	30	72	71	64	58
Tin (Sn)	0					

From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

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.

Análisis nº 6: Análisis Castrol Hyspin AWH- M 46 Water Jet Estribor en parámetros correctos.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]

El informe de valoración de Castrol Caremax para los análisis que están dentro de los parámetros correctos nos indican que los resultados del análisis, basados en las pruebas realizadas, indican que el lubricante es adecuado para el uso continuado.

Para el aceite lubricante del PIME, Castrol MHP 154 nos indica que:

- El lubricante es adecuado para el uso continuado.
- Los parámetros principales están en valores normales, no hay evidencias de contaminantes activos, y el nivel de alcalinidad residual es suficiente para proporcionar una protección anticorrosiva y una detergencia correctas.
- Los contenidos metálicos de desgaste son aceptables.

Para el lubricante Castrol Seamax Super Plus del AUX N°2 nos indica que:

- El lubricante es adecuado para el uso continuado.
- Los parámetros principales están en valores normales, no hay evidencias de contaminantes activos, y el nivel de alcalinidad residual es suficiente para proporcionar una protección anticorrosiva y una detergencia correctas.
- Los contenidos metálicos de desgaste son aceptables.

En cuanto al análisis del lubricante hidráulico Hyspin AWH-46 del Water Jet de Estribor, Castrol Caremax presentan que los resultados del análisis, basados en las pruebas realizadas, indican que:

- El lubricante es adecuado para el uso continuado.
- Los parámetros principales están en valores normales y no hay evidencias de contaminantes activos ni agua ni acidez mineral.
- Los contenidos metálicos de desgaste se encuentran en niveles aceptables.
- Tenga en cuenta condiciones de color oscuro y presencia de sodio pequeña, lo que podría ser a huellas de humedad pequeña o presencia de agua pequeña o vieja del sistema de refrigeración.
- Tenga en cuenta que uno o más valores están fuera del límite sugerido.

8.2.2 ANÁLISIS EN PARÁMETROS MARGINALES



TECHNICAL DEPARTMENT
FRED OLSEN
POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

RATING SUMMARY TABLE FOR BENCOMO EXPRESS (9206712)

MACHINE	LOCATION	SAMPLE	SAMPLED	RATING
MEZZT (MAIN ENGINE)	PI	GS054160	03-may-2016	✓✓
MEZZT (MAIN ENGINE)	PO	GS054161	03-may-2016	✓✓
MEZZT (MAIN ENGINE)	SI	GS054162	03-may-2016	✓✓
MEZZT (MAIN ENGINE)	SO	GS054163	03-may-2016	!
AEZZT (AUXY ENGINE)	3	GS054164	23-abr-2016	✓✓
GEMEZ (GEARING, MAIN ENGINE)	PI	GS054165	01-abr-2016	✓✓
GEMEZ (GEARING, MAIN ENGINE)	PO	GS054166	03-may-2016	!
GEMEZ (GEARING, MAIN ENGINE)	SI	GS054167	03-may-2016	✓✓
GEMEZ (GEARING, MAIN ENGINE)	SO	GS054168	03-may-2016	!
HYMIZ (HYDRAULIC SYS, VARIOUS)	F	GS054169	03-may-2016	✓✓
HYWTJ (WATERJET - HYDRAULIC)	PA	GS054170	03-may-2016	✓✓
HYWTJ (WATERJET - HYDRAULIC)	SA	GS054171	03-may-2016	✓✓



TECHNICAL DEPARTMENT
FRED OLSEN
POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

RATING SUMMARY TABLE FOR BENCOMO EXPRESS (9206712)

MACHINE	LOCATION	SAMPLE	SAMPLED	RATING
MEZZT (MAIN ENGINE)	SI	SS029222	11-oct-2016	✓✓
MEZZT (MAIN ENGINE)	PI	SS029223	11-oct-2016	✓✓
MEZZT (MAIN ENGINE)	SO	SS029224	11-oct-2016	!
MEZZT (MAIN ENGINE)	PO	SS029225	11-oct-2016	✓✓
AEZZT (AUXY ENGINE)	1	SS029218	19-sep-2016	✓✓
AEZZT (AUXY ENGINE)	2	SS029219	03-oct-2016	✓✓
AEZZT (AUXY ENGINE)	4	SS029220	30-sep-2016	!
GEMEZ (GEARING, MAIN ENGINE)	PO	SS029221	11-oct-2016	✓✓

Análisis nº 7: Nomenclaturas Motores con Análisis en parámetros marginales.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]



TECHNICAL DEPARTMENT
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

MACHINE UNIT/LOCATION
 MAIN ENGINE/SO

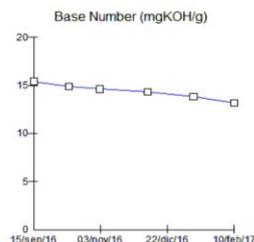
mv/ss BENCOMO EXPRESS

IMO 9206712
 Make CATERPILLAR
 Model 3618
 Lubricant Schedule MHP 154
 Lubricant In Use MHP 154
 Port Landed
 Sample Point
 Machine Usage MEZZT

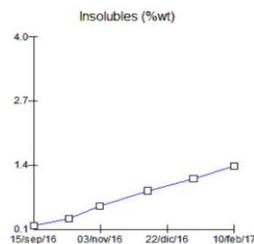
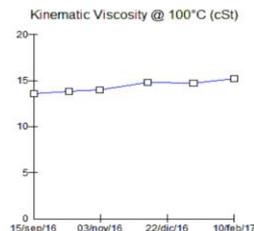
Customer Code 005250Z
 Sample Code ST004751
 Sample Taken 10-feb-2017
 Received 24-feb-2017
 Report Date 06-mar-2017
 Total Machine Hrs 60118
 Lubricant Hours 1433
 Label Ref. C10947291

DIAGNOSIS:

The analysis results, based on the tests performed, indicate small Sodium accumulation, on maintained increasing trend, as possible residue (Salt) from small amount of cooling water already evaporated. Main parameters are in normal values, there are not evidences of active contaminants, and residual alkalinity level is enough to provide a correct anticorrosive protection and detergency. Wear metal contents are acceptable. - Elemental analysis is provided for trending purposes - note that one or more values are outside the suggested limit. Additionally take note of any large change in values.



Sample Ref.	10-feb-17 ST004751	11-ene-17 ST002429	08-dic-16 ST000135	03-nov-16 SS033617	11-oct-16 SS029224	15-sep-16 SS026401
Lubricant Hours	1433	1130	859	462	273	36
Rating	!	!	!	!	!	✓
BN (mgKOH/g)	13,2	13,8	14,3	14,6	14,9	15,4
Insolubles (%wt)	1,38	1,13	0,88	0,57	0,32	0,17
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)	15,2	14,7	14,8	14	13,8	13,6
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	2	2	2	0	0	2
Chromium (Cr)	1	0	0	0	1	0
Copper (Cu)	7	6	7	8	6	3
Iron (Fe)	14	13	12	18	11	6
Lead (Pb)	0	0	0	0	1	0
Nickel (Ni)	1	2	2	2	0	0
Silicon (Si)	45	35	23	16	14	12
Sodium (Na)	662	545	326	271	190	67
Tin (Sn)	0	0	0	0	0	0
Vanadium (V)	0	0	0	0	0	0
Antimony (Sb)	0	0	0	0	0	0



From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

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.

Análisis nº 8: Análisis Castrol MHP154 SOME en parámetros marginales.

Fuente: Informe Análisis Castrol. [19]



TECHNICAL DEPARTMENT
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

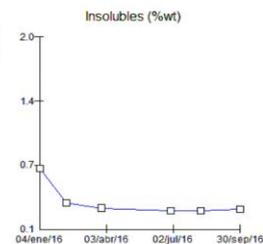
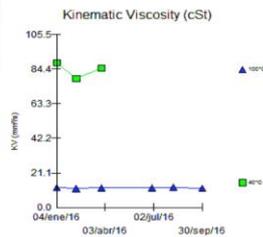
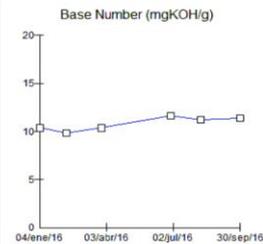
MACHINE UNIT/LOCATION
AUXY ENGINE/4

mv/ss BENCOMO EXPRESS

IMO	9206712	Customer Code	005250Z
Make	CATERPILLAR	Sample Code	SS029220
Model	3406	Sample Taken	30-sep-2016
Lubricant Schedule	SEAMAX SUPER PLUS	Received	20-oct-2016
Lubricant In Use	SEAMAX SUPER	Report Date	30-oct-2016
Port Landed		Total Machine Hrs	64634
Sample Point		Lubricant Hours	249
Machine Usage	AZZT	Label Ref.	C10937554

DIAGNOSIS:

The analysis results, based on the tests performed, indicate very small viscosity decrease, but rest of main parameters are in normal values, included flash point and residual alkalinity level (BN) is enough to provide a correct anticorrosive protection and detergency. Wear metal contents are acceptable. - Elemental analysis is provided for trending purposes - take note of any large change in values.



	30-sep-16	08-ago-16	29-jun-16	27-mar-16	09-feb-16	04-ene-16
Sample Ref.	SS029220	SS024301	SS024300	MS003754	MS003442	MS003070
Lubricant Hours	249	247	259	244	246	299
Rating	!	✓	✓	!	!	✓
BN (mgKOH/g)	11,4	11,2	11,6	10,36	9,84	10,36
Insolubles (%wt)	0,3	0,28	0,28	0,31	0,36	0,7
Suspended Water	< 0,05	< 0,05	0,10	< 0,14	< 0,14	< 0,14
Flash Point (°C)	> 190	> 190	> 190	187	181	190
KV@40°C (cSt)				84,94	78,55	88,07
KV@100°C (cSt)	11,8	12,4	12	11,98	11,5	12,16
Viscosity Index				134	138	132
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	0	0	0	1	2	2
Chromium (Cr)	1	0	0	1	1	1
Copper (Cu)	3	2	3	2	2	2
Iron (Fe)	13	11	13	3	6	3
Lead (Pb)	0	1	0	3	2	5
Nickel (Ni)	0	0	0	1	1	1
Silicon (Si)	3	4	3	6	4	3
Sodium (Na)	0	7	7	4	10	15
Tin (Sn)	2	0	0			
Vanadium (V)	0	0	0	1	1	1
Antimony (Sb)	2	0	0			

From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

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.

Análisis nº 9: Análisis Castrol Seamax Super Plus MM.AA N°4 en parámetros marginales.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]



TECHNICAL DEPARTMENT
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

MACHINE UNIT/LOCATION
 GEARING, MAIN ENGINE/PO

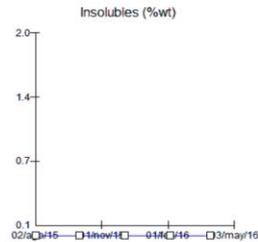
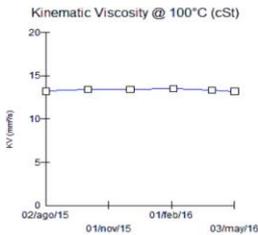
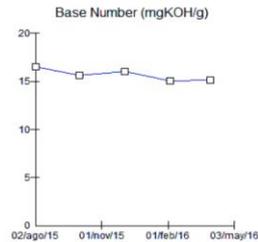
mv/ss BENCOMO EXPRESS

IMO 9206712
 Make REINTJES
 Model VLI 6831
 Lubricant Schedule MHP 154
 Lubricant In Use MHP 154
 Port Landed
 Sample Point
 Machine Usage GEMEZ

Customer Code 005250Z
 Sample Code GS054166
 Sample Taken 03-may-2016
 Received 27-may-2016
 Report Date 03-jun-2016
 Total Machine Hrs 56390
 Lubricant Hours 280
 Label Ref. C 10932987

DIAGNOSIS:

The analysis results, based on the tests performed, indicate that main parameters are in normal values, but note the very small/traces of water-humidity, suggesting to carry out drainage program, short and frequent with settled oil. - Elemental analysis is provided for trending purposes - take note of any large change in values.



Sample Ref.	03-may-16 GS054166	31-mar-16 MS003755	04-feb-16 MS003444	03-dic-15 MR006096	02-oct-15 MR005717	02-ago-15 MR005142
Lubricant Hours	280	1998	1418	901	380	1828
Rating	!	!	✓	✓	✓	✓
Colour		AMBER	AMBER	AMBER	AMBER	AMBER
Condition		TURBID	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR
BN (mgKOH/g)		15,13	15,02	16,01	15,6	16,5
Insolubles (%wt)		0	0	0	0	0
Suspended Water	0,12	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Flash Point (°C)		> 200	> 200	> 200	> 200	> 200
KV@100°C (cSt)	13,2	13,37	13,51	13,44	13,39	13,21
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	2	3	2	2	2	1
Boron (B)	13					
Chromium (Cr)	0	1	1	1	1	1
Copper (Cu)	4	23	9	32	15	10
Iron (Fe)	23	71	4	67	21	6
Lead (Pb)	0	3	2	3	1	2
Manganese (Mn)	1					
Molybdenum (Mo)	2					
Nickel (Ni)	0	1	1	1	1	1
Silicon (Si)	13	7	6	21	2	5
Silver (Ag)	0					
Sodium (Na)	4	9	7	9	14	10
Tin (Sn)	1					
Titanium (Ti)	0					

From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

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.

Análisis nº 10: Análisis Castrol MPH154 Reductora Reintjes POME en parámetros marginales.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]



JESUS PADILLA
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

MACHINE UNIT/LOCATION
 WATERJET - HYDRAULIC/PA

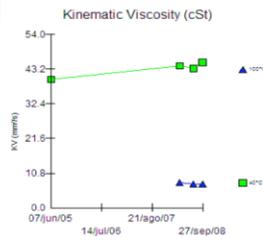
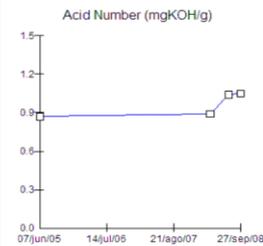
mv/ss BENCOMO EXPRESS

IMO 9206712
Make LIPS
Model BV 125 DLX
Lubricant Schedule HYSPIN AWH-M 46
Lubricant In Use HYSPIN AWH-M 46
Port Landed
Sample Point HYDR. PORT AFT
Machine Usage HYWTJ

Customer Code 005250Z
Sample Code MJ008343
Sample Taken 27-sep-2008
Received 27-oct-2008
Report Date 09-nov-2008
Total Machine Hrs 34434
Lubricant Hours 1081
Label Ref. 2466M08

DIAGNOSIS:

The analysis results, based on the tests performed, indicate that main parameters are in normal values and there are not evidences of active contaminants neither water nor mineral acidity. Regarding wear metal contents, be noticed VERY SLIGHT COPPER increased level. Elemental analysis is provided for trending purposes - note that one or more values are outside the suggested limit. Additionally take note of any large change in values.



	27-sep-08	15-jul-08	28-mar-08	07-jun-05
Sample Ref.	MJ008343	MJ007682	MJ007041	SF073715
Lubricant Hours	1081	137	1121	1500
Rating	!	✓	✓	✓
Colour	YELLOW	AMARILLO	YELLOW	Amber
Condition	CLEAR	CLARO	CLEAR	Clear
AN (mgKOH/g)	1,05	1,04	0,89	0,87
Water (%vol)	0,031	< 0,19	< 0,2	< 0,05
KV@40°C (cSt)	45,25	43,38	44,2	39,9
KV@100°C (cSt)	7,48	7,5	7,98	
Viscosity Index	134	136	154	
Elements(ppm)				
Aluminium (Al)	2	1	2	0
Chromium (Cr)	2	1	2	1
Copper (Cu)	47	5	6	8
Iron (Fe)	2	1	4	6
Lead (Pb)	3	1	3	4
Silicon (Si)	5	2	4	0

From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

KEY: > Greater Than < Less Than
 ✓ Normal ! Marginal ✗ Critical
The latest sample, as supplied, has been taken as representative of the lubricant from the stated source.

Análisis nº 11: Análisis Castrol Hypsin AWH- M46 Water Jet Babor en parámetros marginales.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]

El informe de valoración de Castrol Caremax para los análisis que están entre parámetros marginales nos indican que los resultados del análisis, basados en las pruebas realizadas, indican que el lubricante se encuentra en un estado aceptable para su uso, pero manifiesta que existen diversos factores que pueden poner en peligro la eficacia y el rendimiento del lubricante.

Para el aceite lubricante del SOME, Castrol MHP 154 nos indica que:

- Existe una pequeña acumulación de sodio, mantenida tendencia creciente, como posible residuo (sal) a partir de una pequeña cantidad de agua refrigerante ya evaporada.
- Los parámetros principales están en valores normales, no hay evidencias de contaminantes activos, y el nivel de alcalinidad residual es suficiente para proporcionar una protección y detergencia anticorrosivas correctas.
- Los contenidos metálicos de desgaste son aceptables.
- Tenga en cuenta que uno o más valores, de los análisis de los elementos, están fuera del límite sugerido.

Para el lubricante multigrado Castrol Seamax Super Plus del MM.AA N°4 nos indica que:

- Existe una disminución muy pequeña de la viscosidad.
- El resto de parámetros principales están en valores normales, incluido el punto de inflamación y el nivel de alcalinidad residual (BN), que es suficiente para proporcionar una protección anticorrosiva y una detergencia correctas.
- Los contenidos metálicos de desgaste son aceptables.

En referencia al análisis del aceite lubricante Castrol MHP154 de la Reductora Reintjes VLJ 6831 del POME nos indica que:

- Los parámetros principales se encuentran en valores normales, pero se observan muy pequeñas trazas de humedad, producido por agua, lo que sugiere llevar a cabo un programa de drenaje, corto y frecuente con aceite sedimentado.

En cuanto al análisis del lubricante hidráulico Hyspin AWH-46 del Water Jet de Babor, Castrol Caremax presentan que los resultados del análisis, basados en las pruebas realizadas, indican que:

- Los parámetros principales están en valores normales y no hay evidencias de contaminantes activos ni agua ni acidez mineral.
- Respecto al desgaste de los contenidos metálicos, se debe recalcar que el cobre aumentó de forma leve.
- Los parámetros principales están en valores normales y no hay evidencias de contaminantes activos ni agua ni acidez mineral.
- Los contenidos metálicos de desgaste se encuentran en niveles aceptables.
- Tenga en cuenta que uno o más valores están fuera del límite sugerido.

8.2.3 ANÁLISIS EN PARÁMETROS CRÍTICOS



JESUS PADILLA
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

**RATING SUMMARY TABLE FOR
 BENCOMO EXPRESS (9206712)**

MACHINE	LOCATION	SAMPLE	SAMPLED	RATING
MEZT	PI	ML003039	08-ene-2010	✘
MEZT	SI	ML003040	08-ene-2010	✘

Análisis nº 12: Nomenclaturas Motores con Análisis en parámetros críticos.

Fuente: Informe Análisis Castrol. [19]



TECHNICAL DEPARTMENT
FRED OLSEN
POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

RATING SUMMARY TABLE FOR BENCOMO EXPRESS (9206712)

MACHINE	LOCATION	SAMPLE	SAMPLED	RATING
MEZZT	PI	MQ003513	24-ene-2014	✓
MEZZT	PO	MQ003514	24-ene-2014	✓
MEZZT	SI	MQ003515	24-ene-2014	✓
MEZZT	SO	MQ003516	24-ene-2014	✓
AEZZT	1	MQ003517	03-feb-2014	✓
AEZZT	4	MQ003518	05-feb-2014	✗
GEMEZ	PI	MQ003519	20-ene-2014	✓
GEMEZ	PO	MQ003520	24-ene-2014	✓
GEMEZ	SI	MQ003521	20-ene-2014	✓
GEMEZ	SO	MQ003522	20-ene-2014	✓



TECHNICAL DEPARTMENT
FRED OLSEN
POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

RATING SUMMARY TABLE FOR BONANZA EXPRESS (9200225)

MACHINE	LOCATION	SAMPLE	SAMPLED	RATING
MEZZT	PI	MP005064	09-ago-2013	✓
MEZZT	PO	MP005065	09-ago-2013	✓
MEZZT	SI	MP005066	09-ago-2013	✓
MEZZT	SO	MP005067	09-ago-2013	✓
AEZZT	2	MP005068	22-jul-2013	✓
AEZZT	3	MP005069	23-jul-2013	✓
GEMEZ	PI	MP005070	09-ago-2013	✓
GEMEZ	PO	MP005071	09-ago-2013	✓
GEMEZ	SI	MP005072	09-ago-2013	✓
GEMEZ	SO	MP005073	09-ago-2013	✓
HYWIN	F	MP005074	09-ago-2013	✓
HYWTJ	PA	MP005075	09-ago-2013	✗
HYWTJ	SA	MP005076	09-ago-2013	✓

Análisis nº 13: Nomenclaturas Motores con Análisis en parámetros críticos.

Fuente: Informe Análisis Castrol. [19]



JESUS PADILLA
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

MACHINE UNIT/LOCATION
MAIN ENGINE/SI

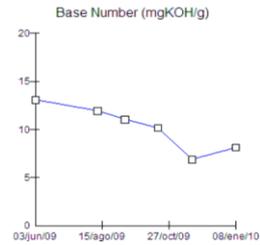
mv/ss BENCOMO EXPRESS

IMO 9206712
Make CATERPILLAR
Model 3618
Lubricant Schedule MHP 154
Lubricant In Use MHP 154
Port Landed
Sample Point MAIN ENGINE, SIME
Machine Usage MEZZT

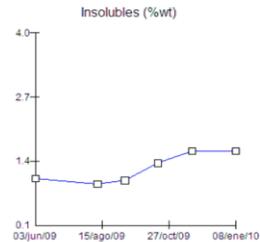
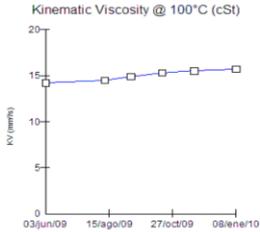
Customer Code 005250Z
Sample Code ML003040
Sample Taken 08-ene-2010
Received 18-ene-2010
Report Date 21-ene-2010
Total Machine Hrs 37141
Lubricant Hours 1512
Label Ref.

DIAGNOSIS:

The analysis results, based on the tests performed, indicate, as we informed by telephone in advance, low residual alkalinity level (BN), which is not enough to provide a safety margin on corrosive protection. Therefore oil charge should be renewed and it has been already done. Suggest to send new sample after aprox 200 new oil charge running hours. Elemental analysis is provided for trending purposes - note that one or more values are outside the suggested limit. Additionally take note of any large change in values.



Sample Ref.	08-ene-10 ML003040	21-nov-09 MK010439	15-oct-09 MK010026	09-sep-09 MK009843	10-ago-09 MK009611	03-jun-09 MK009410
Lubricant Hours	1512	1201	956	727	474	2701
Rating	✘	✘	!	!	✓	✓
BN (mgKOH/g)	8,13	6,87	10,14	11,02	11,93	13,05
Insolubles (%wt)	1,61	1,61	1,36	1,01	0,94	1,05
Water (%vol)	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14
Flash Point (°C)	> 200	> 200	> 200	> 200	> 200	> 200
KV@100°C (cSt)	15,68	15,49	15,26	14,9	14,47	14,19
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	4	6	5	4	3	2
Chromium (Cr)	3	4	3	2	1	1
Copper (Cu)	36	64	62	55	3	9
Iron (Fe)	22	31	22	18	2	3
Lead (Pb)	4	4	3	4	1	2
Nickel (Ni)	11					
Silicon (Si)	10	10	11	10	8	7
Sodium (Na)	96					
Vanadium (V)	4					



From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

KEY: > Greater Than < Less Than
 ✓ Normal ! Marginal ✘ Critical
 The latest sample, as supplied, has been taken as representative of the lubricant from the stated source.

Análisis nº 14: Análisis Castrol MHP154 SIME en parámetros críticos.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]



TECHNICAL DEPARTMENT
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR

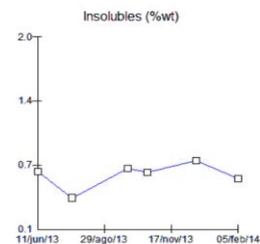
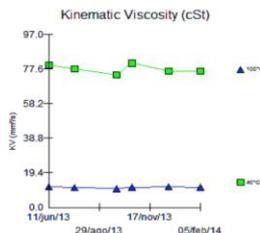
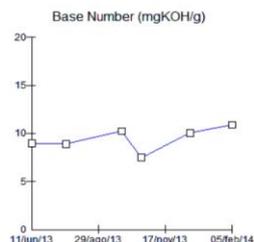
MACHINE UNIT/LOCATION
AUXY ENGINE/4

mv/ss BENCAMO EXPRESS

IMO	9206712	Customer Code	005250Z
Make	CATERPILLAR	Sample Code	MQ003518
Model	3406	Sample Taken	05-feb-2014
Lubricant Schedule	SEAMAX SUPER PLUS	Received	19-feb-2014
Lubricant In Use	SEAMAX SUPER PLUS	Report Date	24-feb-2014
Port Landed		Total Machine Hrs	54218
Sample Point	AUX ENGINE 4	Lubricant Hours	280
Machine Usage	AZZT	Label Ref.	9431843

DIAGNOSIS:

The analysis results, based on the tests performed, indicate that it is unsuitable for continued use, due to the low flash point and low viscosities, which is indicative of fuel dilution-contamination. Injection system should be checked and oil charge renewed. Wear metal levels are acceptable. Elemental analysis is provided for trending purposes - take note of any large change in values.



Sample Ref.	05-feb-14	17-dic-13	20-oct-13	26-sep-13	22-jul-13	11-jun-13
Lubricant Hours	280	300	287	310	281	244
Rating	✗	!	✗	✗	!	!
BN (mgKOH/g)	10,89	10,04	7,5	10,23	8,9	8,97
Insolubles (%wt)	0,6	0,78	0,66	0,7	0,41	0,67
Water (%vol)	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14
Flash Point (°C)	180	180	177	175	182	181
KV@40°C (cSt)	76,32	76,38	80,9	74,34	77,65	79,72
KV@100°C (cSt)	11,36	11,5	11,38	10,59	11,26	11,62
Viscosity Index	140	143	132	130	135	138
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)	2	2	2	2		2
Chromium (Cr)	1	1	1	1		1
Copper (Cu)	4	4	4	4		2
Iron (Fe)	5	8	5	7		8
Lead (Pb)	1	2	3	2		1
Nickel (Ni)	1	1	1	1		1
Silicon (Si)	2	5	3	2		2
Sodium (Na)	4	5	26	8		4
Vanadium (V)	1	1	1	1		1

From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

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

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.

Análisis nº 15: Análisis Castrol Seamax Super Plus MM.AA N°4 en parámetros críticos.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]



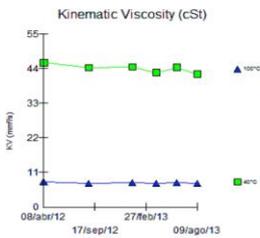
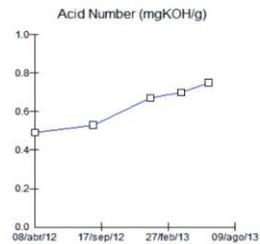
TECHNICAL DEPARTMENT
 FRED OLSEN
 POLIGONO INDUSTRIAL DE AZAÑA S/N
 38109 SANTA CRUZ DE TENERIFE
 SPAIN

CAREMAX™ OIL MONITOR
 MACHINE UNIT/LOCATION
 WATERJET - HYDRAULIC/PA

mv/ss BONANZA EXPRESS

IMO	9200225	Customer Code	005250Z
Make	LIPS	Sample Code	MP005075
Model	BV 125 DLX	Sample Taken	09-ago-2013
Lubricant Schedule	HYSPIN AWH-M 46	Received	22-ago-2013
Lubricant In Use	HYSPIN AWH-M 46	Report Date	02-sep-2013
Port Landed		Total Machine Hrs	
Sample Point	HYDR. WATERJET, PORT AFT	Lubricant Hours	
Machine Usage	HYWTJ	Label Ref.	cm9731050

DIAGNOSIS:
 The analysis results, based on the tests performed, indicate that it is suitable for limited further use, due to the salt water presence. Suggest draining off any free water from the system and short and frequent drainages with settled oil until current turbid condition disappears. . Elemental analysis is provided for trending purposes - take note of any large change in values.



	09-ago-13	05-jun-13	31-mar-13	15-ene-13	28-ago-12	08-abr-12
Sample Ref.	MP005075	MP004594	MP003993	MP003290	MN004962	MN003888
Lubricant Hours						
Rating	✗	✓	✓	!	!	✓
Colour	YELLOW	YELLOW	YELLOW	YELLOW	YELLOW	YELLOW
Condition	TURBID	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR
AN (mgKOH/g)		0,75	0,7	0,67	0,53	0,49
Water (%vol)	1,00	0,03	0,05	0,07	0,07	0,05
Salt	POSITIVE					
KV@40°C (cSt)	42,24	44,4	42,73	44,5	44,26	45,88
KV@100°C (cSt)	7,59	7,76	7,47	7,84	7,57	8
Viscosity Index	149	145	142	147	138	147
Elements (ppm)						
Aluminium (Al)		1	1	1	1	1
Chromium (Cr)		1	1	1	1	1
Copper (Cu)		26	27	38	25	7
Iron (Fe)		1	1	7	3	3
Lead (Pb)		1	1	1	1	1
Nickel (Ni)		1	1	1	1	1
Silicon (Si)		1	3	2	2	3
Sodium (Na)		36	14	146	50	34
Vanadium (V)		1	1	1	1	1

From: Jose Benitez
 Spain
 Tel: 0034 914147095
 eMail: Jose.Benitez@castrol.com

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

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.

Análisis nº 16: Análisis Castrol Hyspin AWH- M46 Water Jet Babor en parámetros críticos.

Fuente: Informe Análisis Castrol. [19]

El informe de valoración de Castrol Caremax para los análisis que están dentro de parámetros críticos nos alertan de forma inmediata, incluso de forma inminente de manera telefónica, de que la carga de aceite debe ser renovada con celeridad ya que los resultados del análisis, basados en las pruebas realizadas, indican que el lubricante no presenta las características y parámetros adecuados para proporcionar un margen de seguridad y eficacia en el rendimiento del motor.

Para el aceite lubricante del SIME, Castrol MHP 154 nos indica que:

- Existe un bajo nivel de alcalinidad residual (TBN), que no es suficiente para proporcionar un margen de seguridad en la protección contra la corrosión. Por lo tanto el aceite debe renovarse de forma inmediata.
- Sugerir el envío de una nueva muestra después de aproximadamente 200 nuevas horas de funcionamiento de la carga del aceite.
- Tenga en cuenta que uno o más valores, de los análisis de los elementos, están fuera del límite sugerido.

Para el lubricante multigrado Castrol Seamax Super Plus del MM.AA N°4 nos indica que:

- El lubricante no es adecuado para el uso continuo, debido al bajo punto de inflamación y a las bajas viscosidades, lo que es indicativo de la contaminación-dilución del combustible.
- El sistema de la inyección se debe comprobar y renovar la carga del aceite de forma inmediata.
- Los niveles de desgaste del metal son aceptables.

En cuanto al análisis del lubricante hidráulico Hyspin AWH-46 del Water Jet de Babor, Castrol Caremax presentan que los resultados del análisis, basados en las pruebas realizadas, indican que:

- El lubricante es adecuado para un uso adicional limitado, debido a la presencia de agua salada.
- Sugiere drenar cualquier agua libre del sistema, mediante drenajes cortos y frecuentes con aceite sedimentado hasta que desaparezca el estado turbio actual.

CASTROL MARINE

Avda. de Bruselas, 36 Tfnno. 91 414 70 95
 Parque Empresarial Arroyo de la Vega Fax : 91 414 70 96
 28108 ALCOBENDAS (Madrid)



Laboratorio: **BILBAO**

Puerto de entrega:

Fecha de Recepción: **30/05/07**

RESULTADOS DE ANALISIS

BARCO / CLIENTE		BENCOMO EXPRESS		ARMADOR	
Origen de la muestra:		✗ PIME	✗ POME	✓ SIME	⚠ SOME
Tipo de aceite:		MHP 154	MHP 154	MHP 154	MHP 154
Fecha de la toma:		17/05/07	17/05/07	17/05/07	17/05/07
Horas de servicio:		1263	1351	697	1219
Referencia de Laboratorio:		1620M07	1621M07	1622M07	1623M07
Pruebas en aceite seco, si el secado fuera necesario:	METODO DE ENSAYO				
Densidad a 15° C Kg/l	ASTM D 1298				
Viscosidad Cinemática a 40°C cSt	ASTM D 445				
Viscosidad Cinemática a 100°C cSt	ASTM D 445	14.98	15,11	14.69	14.98
Índice de Viscosidad	ASTMD D2270				
P. Infl. Copa Abierta, °C	ASTM D92				
P. Infl. Cerrado (Pensky Mart.), °C	ASTM D93	>200	>200	>200	>200
Total Insolubles, %	IP 316	1.04	1.12	1.00	1.11
B.N. mg/KOH/g	ASTM D2896	8.80	8.77	11.12	9.63
Nº Neutralization, mg/KOH/g	IP 1/B				
T.A.N., mg KOH/g	ASTM D974				
PH inicial	ASTM D664	7.00	7.00	7.10	7.05
Pruebas en aceite intacto:					
Contenido en Agua, %	ASTM D95	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
pH del Agua					
Cloruros en el Agua					
Pruebas adicionales:					
Color					
Condición					
Cu p.p.m.	Abs. Atómica	3	2	16	6
Fe p.p.m.	Abs. Atómica	7	7	5	7
Pb p.p.m.	Abs. Atómica	2	2	1	2
Cr p.p.m.	Abs. Atómica	1	1	1	1
Al p.p.m.	Abs. Atómica	4	4	3	3
Si p.p.m.	Abs. Atómica	12	9	9	12
Observaciones:					

Las muestras, como han sido suministradas, se consideran representativas de los productos de las fuentes mencionadas.

Análisis nº 17: Análisis Castrol MPH154 MM.PP en parámetros críticos.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]

CASTROL MARINE

Avda. de Bruselas, 36 Tfn. 91 414 70 95
 Parque Empresarial Arroyo de la Vega Fax : 91 414 70 96
 28108 ALCOBENDAS (Madrid)



Laboratorio: BILBAO
Puerto de entrega:
Fecha de Recepción: 30/05/07

RESULTADOS DE ANALISIS

BARCO / CLIENTE	BENCOMO EXPRESS	ARMADOR			
Origen de la muestra:		✗ AUX 1	✗ AUX 3	✗ AUX 4	✓ RED PIME
Tipo de aceite:		SSP	SSP	SSP	GADINIA 40
Fecha de la toma:		14/05/07	06/05/07	15/05/07	03/05/07
Horas de servicio:		290	268	277	1169
Referencia de Laboratorio:		1624M07	1625M07	1626M07	1627M07
Pruebas en aceite seco, si el secado fuera necesario:	METODO DE ENSAYO				
Densidad a 15° C Kg/l	ASTM D 1298				
Viscosidad Cinemática a 40°C cSt	ASTM D 445	90.9	88.51	88.48	
Viscosidad Cinemática a 100°C cSt	ASTM D 445	12.7	12.51	12.5	15.09
Índice de Viscosidad	ASTMD D2270	137	137	137	
P. Infl. Copa Abierta, °C	ASTM D92				
P. Infl. Cerrado (Pensky Mart.), °C	ASTM D93	198	197	197	>200
Total Insolubles, %	IP 316	0.45	0.56	0.53	TRAZAS
B.N. mg/KOH/g	ASTM D2896	9.34	8.76	9.3	10.78
Nº Neutralization, mg/KOH/g	IP 1/B				
T.A.N., mg KOH/g	ASTM D974				
PH inicial	ASTM D664	7.00	7.00	7.00	7.30
Pruebas en aceite intacto:					
Contenido en Agua, %	ASTM D95	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
pH del Agua					
Cloruros en el Agua					
Pruebas adicionales:					
Color					AMBAR
Condición					CLARO
Cu p.p.m.	Abs. Atómica	63	7	7	2
Fe p.p.m.	Abs. Atómica	13	18	23	6
Pb p.p.m.	Abs. Atómica	2	1	1	1
Cr p.p.m.	Abs. Atómica	1	1	1	1
Al p.p.m.	Abs. Atómica	2	2	2	3
Si p.p.m.	Abs. Atómica	2	5	5	6
Observaciones:					

Las muestras, como han sido suministradas, se consideran representativas de los productos de las fuentes mencionadas.

Análisis nº 18: Análisis Castrol Seamax Super Plus MM.AA en parámetros críticos.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]

CASTROL MARINE
Avda. de Bruselas, 36 Tfn. 91 414 70 95
Parque Empresarial Arroyo de la Vega Fax : 91 414 70 96
28108 ALCOBENDAS (Madrid)



Destinatario / To : **Dpto. Técnico**

Empresa / Company: **Líneas Marítimas Fred Olsen**

Fecha / Date : **01/06/2007**

C/Copia / Copied to : **F/F BENCOMO EXPRESS**

De / From : **José Benítez**

Message / Asunto : **Análisis F/F “ BENCOMO EXPRESS “**

Nº Ref Análisis : 1620, 1621, 1622, 1623, 1624, 1625, 1626, 1627, 1628, 1629, 1630M07

Les adjuntamos Certificados de Análisis de los lubricantes en servicio en los equipos que se indican.

Motores Principales.- ❌✅⚠️

Los resultados obtenidos, basados en las pruebas realizadas muestran cuatro lubricantes con unos parámetros esenciales en buen orden, libres de todo tipo de contaminantes y con contenidos de metales de desgaste en valores aceptables.

Con respecto a los niveles de alcalinidad residual, en los equipos PIME, POME y SOME, los paquetes de aditivos aparecen desgastados, presentando bajos niveles de alcalinidad residual, insuficientes para asegurar una buena protección anticorrosiva y detergencia, sobre todo en los PIME y POME. Por tanto, en estos dos motores se deben renovar las cargas en primer lugar, y posteriormente, después de algunas horas más de trabajo, en el SOME.

Motores Auxiliares: 1, 3 y 4.- ❌

En los tres casos, los resultados obtenidos muestran unos lubricantes en condiciones generales aceptables, con parámetros esenciales en buen orden, exentos de contaminantes activos y agua, y con contenidos de metales de desgaste correctos. Sin embargo, los niveles de alcalinidad se sitúan en niveles bajos, evidenciando desgastes de los paquetes de aditivos. Consecuentemente, las tres cargas de aceite han alcanzado el final de su ciclo de trabajo y deben ser renovadas..

Análisis nº 19: Interpretación y Valoración de Análisis en parámetros críticos MM.PP y MM.AA.

Fuente: Informe Análisis Castrol.[19]

8.3 INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS PREDICTIVOS

8.3.1 VISCOSIDAD

Límites +/- 25% nueva viscosidad del aceite

Valores típicos:

SAE 40 = 14,5 cSt (100°C)

SAE 30 = 11,5 cSt (100°C)

- Aumento = Oxidación, Aumento Insolubles, Contaminación por HFO.
- Disminución = Destilar Contaminación del combustible (MDO/MGO)

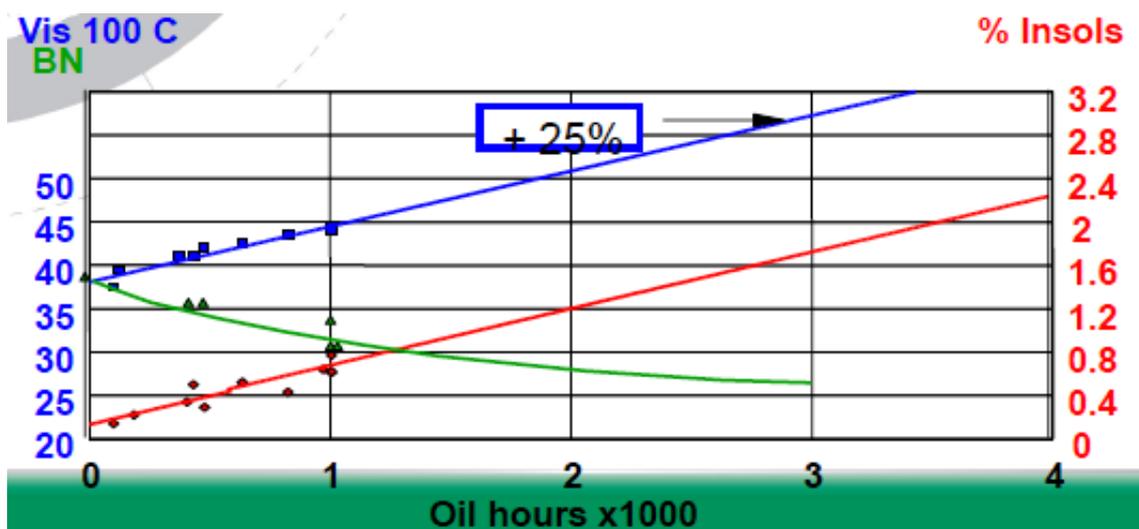


Gráfico nº 12: Interpretación variaciones de Viscosidad en Análisis Predictivos.
Fuente: Seminario Castrol. [5]

8.3.2 INSOLUBLES

Los límites tolerados varían con el tipo de aceite y el tipo de motor.

- Aumento = Oxidación, Desgaste, Abrasión.

Max. Límite Condemit: 2 / 2,5%. Algunos fabricantes de equipos originales: 1,5%

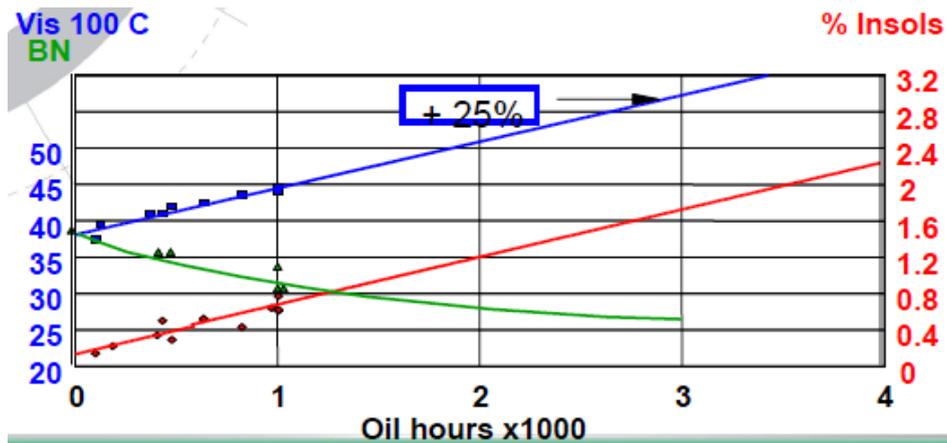


Gráfico n° 13: Interpretación variaciones de Insolubles en Análisis Predictivos.
Fuente: Seminario Castrol.[5]

8.3.3 BASE NUMBER (TBN)

Límite: 50% de nuevo aceite original BN, pero dependiendo del tipo de motor.

- Disminución = Indica que se está efectuando la neutralización de ácidos.

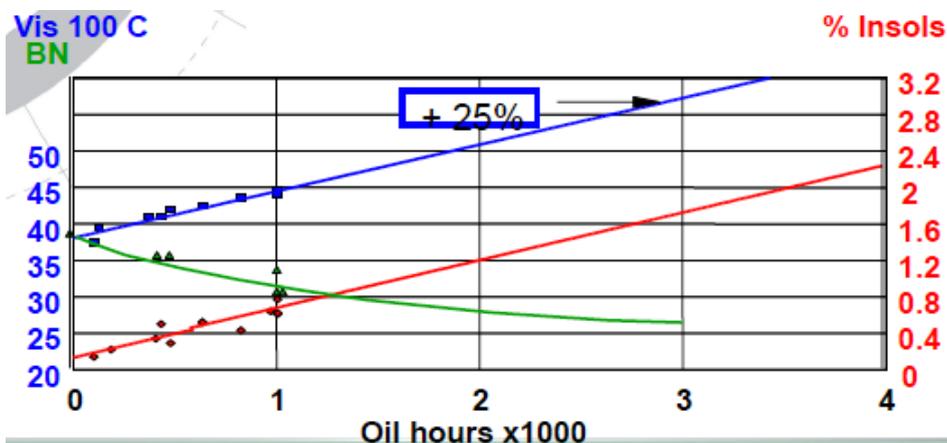


Gráfico n° 14: Interpretación variaciones de Base Number (TBN) en Análisis Predictivos.
Fuente: Seminario Castrol.[5]

8.3.4 FLASH POINT

Límite: 180°C

- <200 = Contaminación del combustible "destilado"

8.3.5 AGUA

Límite: >0,2

8.3.6 DESGASTE DE METALES

Más importante que los valores absolutos es la tendencia y la combinación de diferentes elementos. Depende de la composición de las piezas internas.

8.3.7 NIVELES EXCESIVOS DE INSOLUBILIDAD

El aceite se debe renovar, por lo menos parcialmente renovar con aceite semi sedimentado (gusano inmóvil) en el drenaje de insolubles como sea posible.

El proceso de purificación debe ser reforzado con una alta temperatura del aceite (95°C) e intervalos más cortos de limpieza del equipo para mantener el nivel insolubles en valores aceptables.

IX. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del proyecto ha quedado patente la absoluta importancia que ostenta la lubricación para el funcionamiento, mantenimiento, prevención, rendimiento, eficacia, y eficiencia de las maquinarias.

De igual forma he manifestado que la lubricación es un fenómeno verdaderamente complejo, que supone un objeto de estudio continuo por la gran cantidad de elementos y variables que actúan en ella. Este estudio continuo genera de forma constante la implantación de nuevos procedimientos, avances y tecnologías que sustenten una mejora en el funcionamiento de las maquinarias, y logren otorgar a los consumidores más altas y mayores ventajas.

Si algo he asimilado en mi experiencia como mecánico del equipo de mantenimiento nocturno del Bencomo Express ha sido que la lubricación puede ser la tarea más importante dentro de la conservación de la maquinaria. Y durante el estudio, búsqueda y lectura de información para la realización de este proyecto, he observado que la lubricación está presente en absolutamente todos los programas de mantenimiento preventivo, y proactivo de cualquier industria o empresa que albergue maquinarias, o motores para desarrollar sus tareas o servicios.

Uno de los datos que verdaderamente más me han impactado en la investigación de este proyecto ha sido que según estudios desarrollados y avalados por la STLE (Asociación de Tribología e Ingenieros en Lubricación), establecen que más del 50% del desgaste de las maquinarias son causados por una lubricación deficiente, el 80% del desgaste es causado por la contaminación del lubricante, y el 30% de los lubricantes son cambiados cuando aún presentan unos parámetros adecuados de trabajo, con los consiguiente gastos económicos que acarrearán estas operaciones.

La importancia de una adecuada lubricación, requiere de habilidades, iniciativa y por encima de todo de responsabilidad en el proceso. Esto es aplicable en todas las áreas de la empresa, al departamento de diseño de equipo, compras, administración y personal de mantenimiento.

Durante mi etapa como alumno de máquinas y sobre todo una vez comencé a formar parte del grupo de trabajo nocturno como mecánico de mantenimiento he observado y corroborado que todos estos datos y afirmaciones son totalmente ciertas.

Pero no solo en los principios y aplicaciones de la lubricación, sino fundamentalmente en las operaciones de mantenimiento de ésta, y de las funciones tan importantes que cumple un mantenimiento correctamente estructurado, organizado y pautado.

En Fred Olsen, S.A. nos inculcan una filosofía preventiva y proactiva en el mantenimiento de la todo sistema y maquinaria de la que disponemos a bordo y en tierra. La Compañía no escatima en sus esfuerzos por regular un programa de mantenimiento exhaustivo, completo y eficiente que no solo logre mantener el correcto funcionamiento de las maquinarias, sino que intente evitar problemas futuros, y acometer maniobras que eliminen las posibles causas de estos problemas.

De esta forma no solo alargamos la vida útil de nuestra maquinaria, sino que también logramos reducir costes de forma significativa a medio y largo plazo. Nuestra maquinaria presenta muchos menos problemas a lo largo del tiempo, y los que ocurren son subsanados de forma sencilla ya que no representan una alta gravedad, lo que se traduce en unos gastos económicos mucho menores.

La utilización de los análisis predictivos para lograr este cometido son de una importancia capital. La interacción de Fred Olsen Express junto a Castrol Caremax en estos procesos permite a la Compañía disponer de una cantidad enorme de información referente a su maquinaria, y actuar en consecuencia para cualquier problemática surgida, o en cualquier valoración o interpretación que podamos hacer de los sistemas analizados.

Los análisis predictivos nos permiten llevar un control exhaustivo de la maquinaria, lo que nos posibilita la realización de un perfecto y organizado mantenimiento proactivo que limite los errores, abarate costes y reduzca averías en las maquinarias.

Por esto, los sistemas a bordo de los buques de nuestra Compañía cumplen pulcramente con las normativas marítimas establecidas y con los patrones de calidad implantados. De esta forma la empresa logra cumplir con los objetivos primordiales que ofrecemos a nuestros pasajeros y clientes: seguridad, fiabilidad, puntualidad y eficacia en el mejor servicio.

Puedo concluir postulándome, con una tremenda sobriedad, en que la lubricación seguirá ostentando un lugar primordial en la conservación de motores y maquinaria. Pero el estudio e investigación de este proyecto han afianzado en mi la idea de que un exhaustivo y organizado plan de mantenimiento es verdaderamente clave para mantener unas condiciones óptimas que nos permitan sacar el mayor rendimiento a nuestros sistemas, ahorrando costes, generando seguridad, y una alta fiabilidad en el servicio o tarea que nos encarguemos de realizar u ofrecer.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. <http://www.fredolsen.es>
2. Manuales del Buque Bencomo Express.
3. Cano Grjales, Gerardo. (2001) Manual de lubricación.
<https://es.scribd.com/document/56037301/Manual-Del-Mantenimiento-CANO-GRJALES-GERARDO>
4. Lazcano, Diego Manuel. (2004) La historia de la Tribología.
5. Lubricantes y Lubricación de Fast Ferries. Curso Seminario Castrol Marine.
6. Ramírez, John. (2013) Fuerzas de Fricción.
<https://johnramirez2013.wordpress.com/fuerzas-de-friccion/>
7. Recurso Web. Imágenes obtenidas | www.google.com
8. Hera Zurita, Rubén. (2013) El fenómeno de la cavitación.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/20293/TFC.pdf>
9. Trabajo de Campo. Imágenes obtenidas en el buque FF Bencomo Express.
10. Pérez Rodríguez, Alonso (2007). Lubricación.
<http://www.nebrija.es/~alopezro/Lubricacion.pdf>
11. Cometto, Ezequiel. (2002). Lubricantes (Generalidades).
12. www.lublearn.com
13. Manual del Sistema General de Seguridad. (Fred Olsen, S.A)
14. Manual de despiece. (1998) Motor Diesel Caterpillar 3618.
15. Carta de Lubricación del Buque Bencomo Express.
16. Marine. <http://www.castrol.com/en/b2b/home/industry-expertise/marine.html>
17. Manual Reintjes VLJ 6831.
18. Planos del Buque Bencomo Express.
19. Informes Análisis Castrol Caremax Oil Monitor.

ANEXOS

