

INFORME TÉCNICO A-05/2009

Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN PERMANENTE DE
INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES
E INCIDENTES MARÍTIMOS

Informe técnico

A-05/2009

Accidente ocurrido a bordo del buque
MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009,
debido a una avería en el cilindro
n.º 1 del motor principal con pérdida total
del sistema propulsor



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN PERMANENTE DE
INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES
E INCIDENTES MARÍTIMOS

Edita: Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Fomento ©

NIPO: 161-09-150-8
Depósito legal: M. -53.685-2009

La versión electrónica de este informe puede consultarse en la página web www.ciaim.es

COMISIÓN PERMANENTE DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES MARÍTIMOS

Tel.: +34 91 597 89 06
Fax: +34 91 597 89 97

E-mail: ciaim@fomento.es
<http://www.ciaim.es>

C/ Fruela, 6
28011 Madrid (España)



ADVERTENCIA

Este informe ha sido elaborado por la Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos, CIAIM, regulada por el Real Decreto 862/2008, de 23 de mayo, cuyas funciones son:

1. Realizar las investigaciones e informes técnicos de todos los accidentes marítimos graves y muy graves para determinar las causas técnicas que los produjeron y formular recomendaciones al objeto de tomar las medidas necesarias para evitarlos en el futuro.
2. Realizar la investigación técnica de los incidentes marítimos cuando se puedan obtener enseñanzas para la seguridad marítima y prevención de la contaminación marina procedente de buques, y elaborar informes técnicos y recomendaciones sobre los mismos.

En ningún caso la investigación tendrá como objetivo la determinación de culpa o responsabilidad alguna y la elaboración de los informes técnicos no prejuzgará en ningún caso la decisión que pueda recaer en vía judicial, no perseguirá la evaluación de responsabilidades, ni la determinación de culpabilidades.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, la conducción de la investigación recogida en este informe ha sido efectuada sin recurrir necesariamente a procedimientos de prueba y sin otro objeto fundamental que determinar las causas técnicas que pudieran haber producido los accidentes e incidentes marítimos y la prevención de estos en el futuro.

Por tanto, el uso de los resultados de la investigación con una finalidad distinta que la descrita queda condicionada, en todo caso, a las premisas anteriormente expresadas, por lo que no debe prejuzgar los resultados obtenidos de cualquier otro expediente que, en relación con el accidente o incidente, pueda ser incoado con arreglo a lo previsto en la legislación vigente.

El uso que se haga de este informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.



ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABLAS.....	6
GLOSARIO DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS, SÍMBOLOS Y TÉRMINOS.....	7
SINOPSIS	9
Capítulo 1. LA COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. Introducción	13
1.2. La investigación	13
1.3. Recopilación de información	13
Capítulo 2. INFORMACIÓN FACTUAL	14
2.1. El buque	14
2.1.1. Características del buque en el momento del accidente	14
2.1.2. Dimensiones principales del buque	15
2.1.3. Características del motor principal	15
2.2. La compañía	15
2.2.1. Dotación del buque	15
Capítulo 3. EL ACCIDENTE	17
3.1. Cronología del accidente	17
3.1.1. Día 30 de abril de 2009	17
3.1.2. Día 2 de mayo de 2009	17
3.1.3. Día 4 de mayo de 2009	19
3.1.4. Día 5 de mayo de 2009	19
3.1.5. Día 6 de mayo de 2009	19
3.1.6. Día 7 de mayo de 2009	21
3.1.7. Día 8 de mayo de 2009	21
3.1.8. Día 9 de mayo de 2009	22
3.1.9. Día 14 de mayo de 2009	22
3.1.10. Día 21 de mayo de 2009	22
3.1.11. Día 22 de mayo de 2009	22
3.1.12. Día 25 de mayo de 2009	22
3.1.13. Día 28 de mayo de 2009	23
3.1.14. Día 1 de junio de 2009	23
3.1.15. Día 15 de junio de 2009	23
3.1.16. Día 22 de junio de 2009	23
3.1.17. Día 26 de junio de 2009	24
3.1.18. Día 27 de junio de 2009	24
3.1.19. Día 3 de julio de 2009	24
3.1.20. Día 6 de julio de 2009	24
3.1.21. Día 13 de julio de 2009	24
3.1.22. Día 17 de julio de 2009	25
3.1.23. Día 18 de julio de 2009	25
3.1.24. Día 19 de julio de 2009	25



Capítulo 4. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	26
Capítulo 5. RECOMENDACIONES	28
Anexo 1. Composición de la Comisión	29
Anexo 2. Informe técnico de Wärtsilä	30
Anexo 3. Analítica de aceite del motor principal	34
Anexo 4. Certificado interino del Lloyd's Register	35
Anexo 5. Datos recomendados de funcionamiento del motor	36
Anexo 6. Mantenimiento preventivo	37
Anexo 7. Análisis pernos de anclaje contrapesos	45
Anexo 8. Tabla de comprobación de alarmas del U.M.S.	58



LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Vista lateral de la puerta del cárter del cilindro n.º 1	11
Figura 2.	Extremo de la biela descabezada del émbolo	12
Figura 3.	Empujadores de válvulas doblados	12
Figura 4.	Buque MAR VIRGINIA	14
Figura 5.	Vista en sección de un motor diesel de 4 tiempos	15
Figura 6.	Extremo de la biela desprendida del émbolo	17
Figura 7.	Brazos de cigüeñal sin contrapesos	18
Figura 8.	Aspecto interior del cilindro dañado	18
Figura 9.	Aspecto de los cojinetes de cabeza de biela	19
Figura 10.	Aspecto de la culata golpeada	19
Figura 11.	Técnicos de WÄRTSILÄ trabajando	20
Figura 12.	Vista interior de la biela en el cilindro	20
Figura 13.	Rotura de cilindro	20
Figura 14.	Cigüeñal	21
Figura 15.	Carcasa del turbocompresor	21
Figura 16.	Muelle de la Cabezuela	22
Figura 17.	Astillero de Cernaval	22
Figura 18.	Ubicación del muelle Campamento	23
Figura 19.	Desmontaje del cigüeñal	23
Figura 20.	Ubicación MAR VIRGINIA en el muelle de armamento	23
Figura 21.	MAR VIRGINIA en dique seco	24
Figura 22.	Cesárea practicada en el costado de estribor	24
Figura 23.	Buque MAR VIRGINIA en el Puerto de Gibraltar	24
Figura 24.	Pruebas de mar del buque Mar Virginia	25



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Dotación del buque	16
Tabla 2. Datos de funcionamiento del MP	17



GLOSARIO DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS, SÍMBOLOS Y TÉRMINOS

AEMET	: Agencia Estatal de Meteorología.
AETINAPE	: Asociación Española de Titulados Náutico-Pesqueros.
Aros	: Segmentos cilíndricos de sección rectangular que van alojados en unas ranuras practicadas al émbolo a los efectos de crear una estanqueidad entre la cámara del cilindro y el cárter del motor.
Arqueo	: Volumen o capacidad interior de los espacios cerrados de un buque.
AT	: Alta Temperatura.
Bancada	: Estructura rígida del motor donde se asienta el cigüeñal.
bar	: Medida de la presión en el sistema internacional.
Biela	: Elemento del motor que conecta el émbolo con el cigüeñal.
<i>Black-out</i>	: Fallo de la energía eléctrica por caída de tensión en grupo generador o caída de planta eléctrica.
Babor (Br)	: Costado izquierdo de un buque cuando, a bordo de él, miramos hacia su proa.
Bulón	: Pieza cilíndrica de acero endurecido donde se articula el pie de biela.
<i>Bunkering</i>	: Labores de aprovisionamiento de combustible realizados entre dos buques o entre buque e instalaciones de tierra.
BT	: Baja Temperatura.
Cárter	: Espacio que protege el tren alternativo del motor y el cigüeñal y sirve de recolector del lubricante.
<i>100 A1 Chemical Tanker Type 2, ESP, SG 1.1 CR, LMC UMS NAV1</i>	: Cota de clasificación del Lloyd's Register of Shipping. Su significado es: 100 A1: buque construido de acuerdo con los requerimientos de las Reglas del Lloyd's Register of Shipping y mantenido en condiciones consideradas satisfactorias por esta Sociedad. ESP: <i>Enhanced Survey Programme</i> . Programa de supervisión mejorado asignado a buques quimiqueros. SG 1.1: <i>Specific Gravity 1.1</i> (densidad relativa 1.1). CR: <i>Corrosion Resistant</i> . Resistencia a la Corrosión. Esta cota indica que los tanques han sido construidos en acero inoxidable. LMC: hélice y maquinaria esencial auxiliar construida e instalada de acuerdo con procedimientos de clasificación distintos de los del Lloyd's Register, pero igualmente aceptados como válidos por la Sociedad de Clasificación. UMS: <i>Unattended Machinery System</i> . Cámara de Máquinas Desatendida. NAV1: la disposición del Puente y el nivel de equipamientos es tal que el buque es considerado apropiado para operaciones periódicas seguras bajo la supervisión de un sólo marinero de guardia en el Puente. Los equipos de navegación han sido dispuestos, instalados y comprobados de acuerdo con las reglas del Lloyd's Register of Shipping o su equivalente a esto.
CEDEX	: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
CEHIPAR	: Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo.
CIAIM	: Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos.
Cigüeñal	: Elemento del motor que soporta los esfuerzos alternativos de los émbolos y transforma el movimiento alternativo de éstos en otro circular continuo transmitiendo la potencia.
Colector de barrido	: Conducto a través del cual se introduce el aire de la combustión en el interior de los cilindros.
COIN	: Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.
COMME	: Colegio de Oficiales de la Marina Mercante Española.
Corona	: Parte superior del émbolo que recibe el empuje de los gases de la combustión.
cSt	: <i>Centistokes</i> . Medida patrón en el sistema internacional para medir la viscosidad.
Culata	: Parte del motor que cierra el cilindro por la parte superior.
Detector de niebla	: Aparato que sirve para detectar atmósferas explosivas en el cárter del MP.
Distintivo de llamada	: Conjunto de letras y números por la que se identifica a un buque.



DPA	: <i>Designated Person Ashore</i> . Persona Designada en Tierra de la Compañía.
Émbolo	: Elemento del motor de forma cilíndrica, que se encuentra alojado en el interior de la camisa del cilindro y estando ajustado a esta mediante aros flexibles o segmentos, transmite a través de la biela la fuerza de la expansión de los gases de la combustión. También se conoce comúnmente como pistón.
Empujadores	: Varillas de acero que actuando sobre los balancines originan la apertura y cierre de las válvulas.
Encasquillar	: Acción de insertar una pieza cilíndrica, normalmente metálica, dentro de un orificio del mismo diámetro, de forma que ambas partes queden sólidamente unidas como si fueran una sola pieza.
Estribor (Er)	: Costado derecho de un buque cuando, a bordo de él, miramos hacia su proa.
Estellite	: Recubrimiento que se da a los asientos de las válvulas para aumentar su resistencia al desgaste.
Faldilla	: Parte inferior de un émbolo.
Flexiones	: Ensayo de mediciones que se realiza entre los contrapesos del cigüeñal para comprobar la alineación de éste.
F.O.	: Fuel Oil.
G.O.	: Gas Oil.
Gripado	: Agarrotamiento entre émbolo y camisa por falta de lubricación o refrigeración.
GT	: Siglas de <i>Gross Tonnage</i> . Medida de la cubicación o arqueado de un buque. También llamado Arqueo Bruto.
IFO	: Intermediate Fuel Oil.
Inyector	: Elemento del motor que se aloja en la culata y se emplea para pulverizar el combustible.
kW	: Kilovatios.
Leva	: Rodillo de eje excéntrico que actúa sobre los empujadores.
m	: Metros.
mm	: Milímetros.
MP	: Motor Principal.
Muñequilla	: Extremo cilíndrico con acabado de precisión donde se articula un mecanismo.
Muñón	: Parte cilíndrica del cigüeñal donde se articula la cabeza de biela.
nudo	: Medida de velocidad. Equivale a una milla náutica por hora, o lo que es lo mismo, 0,5144 m por segundo.
OMI	: Organización Marítima Internacional. En inglés el acrónimo es IMO.
Orden de inyección	: Secuencia con la que se introduce el combustible en los cilindros.
Perno	: Tornillo con sólo una determinada zona roscada.
Popa (Pp)	: Parte trasera del buque, según el sentido de la marcha avante.
Proa (Pr)	: Parte delantera del buque, según el sentido de la marcha avante.
Presostato	: Dispositivo que permite controlar la presión en un circuito hidráulico o neumático.
Punto de Inflamación	: Temperatura a la cual se inflaman los vapores de un combustible.
RDT	: Registrador de Datos de la Travesía.
rpm	: Revoluciones por minuto.
SLOP	: Tanques de decantación destinados a retener los residuos de las mezclas generadas por el lavado de los tanques de carga con crudo.
t	: Toneladas.
TBN	: Medida del índice de acidez de un aceite.
Tiempo	: Distintas fases en que se realiza un ciclo en un motor.
UMS	: <i>Unattended Machinery Space</i> . Cámara de Máquinas Desatendida.
<i>Unrestricted navigation</i>	: Capacidad del buque para operar en cualquier zona y época del año.



SINOPSIS

El día 2 de mayo de 2009, el buque quimiquero MAR VIRGINIA se encontraba navegando, cubriendo la ruta entre los puertos de Sta. Cruz de Tenerife y Huelva. Transportaba en sus tanques una carga de 6.537 t de concentrado de benceno. Las condiciones meteorológicas eran buenas, con gran visibilidad y viento del Noreste con fuerza 4.

El buque navegaba a una velocidad promedio de 8,9 nudos, con el control de gobierno en automático. El MAR VIRGINIA está clasificado por el Lloyd's Register como buque con cámara de máquina desatendida, por lo que a las 17:00 se pasó al puente el sistema de control de máquina desatendida UMS.

En el puente de mando se encontraban de guardia el primer oficial y un marinero. El resto de la

tripulación, a excepción del personal de fonda, se hallaba cenando.

Alrededor de las 18:21 la tripulación percibió unas fuertes vibraciones procedentes de la cámara de máquinas. Fue entonces cuando el jefe de máquinas, al intuir que algo no iba bien, bajó inmediatamente a la cámara de máquinas y activó la parada de emergencia del motor principal (MP).

Hasta que se accionó la citada parada de emergencia, el motor todavía se encontraba en funcionamiento aunque la biela del cilindro n.º 1 se había desprendido de su émbolo y al compás del movimiento circular que le transfiere el cigüeñal a la biela, ésta golpeaba lateralmente contra las puertas laterales del cárter, ocasionando la rotura de las mismas y provocando la salida de aceite del MP.

Como consecuencia de la parada del MP y del generador acoplado a su eje se produjo un *Black-out*, arrancando inmediatamente los motores auxiliares n.ºs 1 y 2, quedando restablecido el suministro de energía eléctrica a bordo.

En una primera inspección, se observó que los contrapesos de las guitarras del cigüeñal en el cilindro numero uno se habían desprendido de su alojamiento como consecuencia de la rotura de los pernos de anclaje de los mismos.

Igualmente se encontraron en el fondo del cárter trozos de la faldilla del émbolo del cilindro n.º 1 y de su camisa.

La biela, en su recorrido descendente, tiró hacia abajo de la faldilla del émbolo, arrancando los pernos que unen a ésta con la cabeza del émbolo. Posteriormente, la biela se desprendió del alojamiento del bulón en el émbolo, actuando como si se tratase de un martillo y llegando a machacar émbolo y camisa.

Los casquillos del cojinete de cabeza de biela no presentaban daños salvo unas pequeñas ralladuras en el muñón del cigüeñal.



Figura 1. Vista lateral de la puerta del cárter del cilindro n.º 1



Figura 2. Extremo de la biela descabezada del émbolo

La culata y válvulas de admisión y escape del cilindro afectado se encontraban con signos de haber sido golpeadas y la cabeza del inyector estaba destrozada.

Los empujadores de las válvulas de admisión y escape del mencionado cilindro, se habían doblado como consecuencia de un funcionamiento asíncrono con respecto a una correcta distribución de movimientos de las sucesivas fases del sistema.



Figura 3. Empujadores de válvulas doblados

Conclusiones principales

Del análisis de los hechos relatados así como del estudio pormenorizado de toda la documentación e informes técnicos que se tienen del accidente, esta Comisión ha concluido que la avería del MP se debió al gripado del émbolo del cilindro n.º 1, como consecuencia de un posible fallo en el funcionamiento del inyector, que originó una combustión inadecuada eliminando en el cilindro la película de aceite lubricante y provocando una fricción metálica entre camisa y émbolo que culminó con el gripado de este último.



Capítulo 1. LA COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

La investigación del accidente ocurrido en el buque MAR VIRGINIA ha sido llevada a cabo por la Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos (CIAIM), Órgano Colegiado adscrito a la Subsecretaría de Fomento, encargado de realizar la investigación técnica de:

- Los accidentes y los incidentes marítimos producidos en o por buques civiles españoles.
- Los accidentes y los incidentes marítimos producidos en o por buques civiles extranjeros cuando se produzcan dentro de las aguas interiores o en el mar territorial español y de los que ocurran fuera del mar territorial español cuando España tenga intereses de consideración.

La CIAIM y la investigación de los accidentes e incidentes marítimos, se regulan por el Real Decreto 862/2008, de 23 de mayo.

La investigación realizada por la CIAIM se ha limitado a establecer las causas técnicas que produjeron el accidente, así como a formular recomendaciones que permitan la prevención de accidentes en el futuro.

1.2. La investigación

Las labores de investigación han sido realizadas por personal de la secretaría de la CIAIM.

Con fecha 10 de noviembre de 2009, el Pleno de la CIAIM, constituido por los miembros que se detallan en el Anexo I de este informe, aprobó por unanimidad el contenido del mismo, así como

las conclusiones y recomendaciones en él obtenidas.

1.3. Recopilación de información

Para la investigación y posterior realización de este informe la CIAIM ha contado, a la hora de recopilar información, con la colaboración de la compañía W.W. MARPETROL, S.A., de las Capitanías Marítimas de Algeciras y Cádiz, de la Dirección General de la Marina Mercante (DGMM) y de la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR).

La documentación utilizada para la realización de este informe ha sido, fundamentalmente:

- Informe sobre los hechos, realizado por la Capitanía Marítima de Cádiz.
- Informe emitido por la compañía W.W. MARPETROL, S.A.
- Declaraciones de la tripulación.
- Documentación del buque:
 - Condición del buque en el momento del accidente.
 - Diario de navegación.
 - Certificado de navegabilidad para buques de 24 m de eslora o mayores.
 - Certificado Internacional de francobordo.
 - Certificado Internacional de arqueo.
 - Certificado de instalación de máquinas sin dotación permanente.
 - Certificado de clase del Lloyd's Register.
 - Manual de mantenimiento del MP.
 - Listado de tripulantes.
 - Fotografías suministradas por la compañía W.W. MARPETROL, S.A.



Capítulo 2. INFORMACIÓN FACTUAL

2.1. El buque



Figura 4. Buque MAR VIRGINIA

El buque MAR VIRGINIA es un quimiquero, construido en 1996 por el astillero Unión Naval de Levante.

2.1.1. Características del buque en el momento del accidente

Nombre del buque	MAR VIRGINIA
N.º IMO	9120243
Bandera	Española

Distintivo de llamada	EAIN
Puerto de registro	Sta. Cruz de Tenerife
Año de construcción	01/01/1996
Astillero	Unión Naval de Levante
N.º de construcción	230
Tipo de buque	Quimiquero
Armador	SCF MARPETROL
Propietario registral	W.W.MARPETROL, S.A.
Naviera	CEPSA, S.A.
Sociedad de clasificación	Lloyd's Register of Shipping
N.º de registro Lloyd's	9120243



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

Anotaciones de clase	100 A1 CHEMICAL TANKER TYPE 2, ESP, SG 1.1 CR, LMC UMS NAV1
P&I Club	UK P&I Club

Tipo de lubricante	MOBILGARD M 430
Horas de funcionamiento del MP	46.500

2.1.2. Dimensiones principales del buque

Eslora total	113,17 m
Manga	18,5 m
Puntal	10,08 m
GT	6.085 t

2.1.3. Características del motor principal

Se trata de un motor diésel de 4 tiempos, sobrealimentado, refrigerado con doble circuito de agua y de inyección directa.

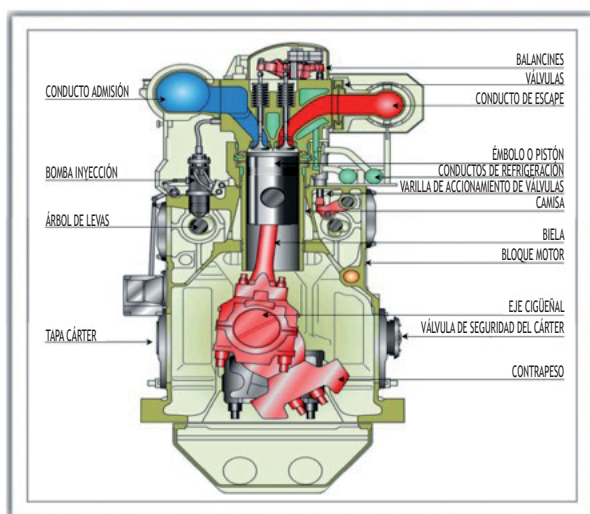


Figura 5. Vista en sección de un motor diésel de 4 tiempos

Tipo de MP	8R32LN
Tipo propulsión	Motor diésel y hélice de paso variable
Marca	WÄRTSILÄ
N.º de motor	6908
N.º de serie del motor	MVI09B0262
Fabricante del motor	WÄRTSILÄ
Potencia/velocidad	3.280 kW/750 rpm
Tipo de combustible y características	Diésel oil/fuel IFO 180 380 cSt/50º C

2.2. La compañía

W.W. MARPETROL, S.A. es una naviera perteneciente al grupo multinacional SCF y propietaria de una flota de buques-tanque dedicados al transporte de productos derivados del petróleo.

En 2006, W.W. MARPETROL, S.A. fue comprada por las dos mayores navieras de Rusia, JSC NOVOROSSIYSK SHIPPING COMPANY y JSC SOVCOMFLOT.

En la actualidad, W.W. MARPETROL, S.A. posee una flota de siete buques quimiqueros y dos buques asfalteros, todos ellos de bandera española, y tres buques de bandera maltesa, un quimiquero, un asfaltero y un último dedicado al transporte de productos derivados del petróleo. En total, doce buques con estructura de doble casco y con un peso muerto total de 127.800 t.

Los nueve buques de bandera española están registrados en el Registro Especial de Buques y Empresas Navieras de Canarias (REBECA - segundo registro español). La sede central de la Compañía se halla en Madrid y tiene una plantilla de 30 personas.

El buque MAR VIRGINIA suele efectuar la travesía entre las Islas Canarias y el Mediterráneo, haciendo escala en los puertos de Huelva, Valencia, Tarragona y Barcelona, enlazando igualmente con algunos puertos de Italia.

2.2.1. Dotación del buque

Según el documento emitido por la DGMM el 28 de diciembre de 2001, el buque MAR VIRGINIA, dotado de espacio de máquinas sin dotación permanente, tiene asignada una tripulación mínima de seguridad compuesta de 13 personas con las categorías que se indican en la tabla 1.

**Tabla I.** Dotación del buque

Capitán	1
Primer Oficial	1
Oficial de puente	1
Jefe de máquinas	1
Primer Oficial de máquinas	1
Contraaestrate	1
Bomberos	2
Marineros de puente	2
Engrasador	1
Cocinero	1
Camarero	1
Total	13

El buque MAR VIRGINIA dejó el puerto de Sta. Cruz de Tenerife, el día 30 de abril de 2009, con una tripulación de 16 personas, figurando en la lista de tripulantes un marinero de puente y dos engrasadores más de los requeridos como tripulación mínima de seguridad.

En concreto, la tripulación de máquinas en el momento del accidente la componían: el jefe de máquinas, el primer oficial de máquinas y tres engrasadores.

El jefe de máquinas lleva prestando sus servicios a bordo del MAR VIRGINIA durante más de 13 años. El resto de la tripulación de máquinas también han navegado varios años en el buque, estando familiarizados con los equipos y las instalaciones a bordo.

Entre las competencias que corresponden a la tripulación de máquinas figura el mantenimiento de todos los equipos y máquinas ubicadas tanto en la cámara de máquinas como en la cubierta.

En la travesía en la que se produjo el accidente, el primer oficial de máquinas es el que se responsabilizaba de la supervisión y distribución de los trabajos de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, que se efectuaban diariamente. Los citados trabajos eran llevados a cabo por dos engrasadores. El tercer engrasador se dedicaba exclusivamente a cubrir la guardia de máquinas junto al oficial correspondiente, para efectuar todas aquellas tareas propias de operación y mantenimiento durante la navegación.

La guardia se repartía a turnos de 12 horas entre el jefe y el primer oficial de máquinas.

La jornada de trabajo de la tripulación de máquinas durante la navegación era de 8:00 a 12:00 y de 13:00 a 17:00. A partir de esa hora la máquina queda en situación de UMS, pasando al puente el sistema de control de máquinas. El sistema de alarmas se pasa al camarote del oficial de guardia correspondiente.

En torno a las 19:00, el oficial de guardia efectúa una ronda para inspeccionar la cámara de máquinas y comprobar que todo funciona bien, y a las 21:00 el engrasador efectúa una nueva ronda.

El MAR VIRGINIA tiene establecido un programa de mantenimiento preventivo, tanto para la máquina como para el resto de instalaciones del buque, en el que se determinan pautas para efectuar las revisiones periódicas que establece el fabricante de los equipos, con objeto de garantizar la óptima fiabilidad de las instalaciones de a bordo.

Dicho programa informático lo opera el jefe de máquinas, y en él se van efectuando las anotaciones correspondientes, de acuerdo a los órganos o equipos que son inspeccionados o sustituidos.



Capítulo 3. EL ACCIDENTE

3.1. Cronología del accidente

3.1.1. Día 30 de abril de 2009

El MAR VIRGINIA zarpó del puerto de Sta. Cruz de Tenerife con 6.537 t de concentrado de benceno en sus tanques, con destino Huelva.

3.1.2. Día 2 de mayo de 2009

El MAR VIRGINIA navegaba con normalidad, con el control de navegación en automático y a una velocidad de 8,9 nudos. Las condiciones meteorológicas eran buenas, con gran visibilidad y un viento del Noreste de fuerza 4.

El MAR VIRGINIA está clasificado por el Lloyd's Register con la cota 100 A1 CHEMICAL TANKER TYPE 2, ESP, SG 1.1 CR, LMC UMS NAV1, por lo que dispone de cámara de máquinas desatendida.

A las 12:00, según se desprende del registrador de datos de la máquina, los valores más representativos de funcionamiento del MP eran los que se indican en la tabla 2.

A las 17:00 se notificó al puente el paso al sistema de control UMS.

A las 18:21, cuando el buque se encontraba en posición 33º 40,4'N y 10º 34,3'W, la tripulación percibió una fuerte vibración procedente de la cámara de máquinas, según se desprende del diario de navegación y de las declaraciones tomadas por los investigadores de la CIAIM.

En el puente de gobierno se encontraban de guardia el primer oficial y un marinero. El resto de la tripulación, a excepción del personal de fonda, se hallaba cenando.

El jefe de máquinas, al intuir que algo no iba bien, bajó inmediatamente a la cámara de máquinas y activó la parada de emergencia del MP. Hasta que se accionó la citada parada, el motor todavía se encontraba en funcionamiento aunque

Tabla 2. Datos de funcionamiento del MP

Índice de carga del motor	79%
Índice de paso de pala	72%
rpm del MP	750
Temperatura sala de máquinas	33 °C
Temperatura del agua de mar	17 °C
Presión de aceite de lubricación	5,1 bar
Presión agua refrigeración BT	2,5 bar
Presión agua refrigeración AT	3,2 bar
Temperatura entrada aceite motor	65,2 °C
Temperatura salida agua motor	76,4 °C
Temperatura combustible	155,7 °C
Temperatura aire de carga	50,7 °C
Temperatura gases escape cilindro n.º 1	439,1 °C
Temperatura gases escape cilindro n.º 2	451,5 °C
Temperatura gases escape cilindro n.º 3	434,4 °C
Temperatura gases escape cilindro n.º 4	431,7 °C
Temperatura gases escape cilindro n.º 5	426,4 °C
Temperatura gases escape cilindro n.º 6	443,6 °C
Temperatura gases escape cilindro n.º 7	432,4 °C
Temperatura gases escape cilindro n.º 8	454,5 °C
Temperatura promedio gases escape	435,5 °C
Temperatura cojinete de empuje	61,5 °C
Temperatura cojinete popa eje motor	59,8 °C
Temperatura cojinete proa eje motor	62,2 °C

la biela del cilindro n.º 1 se había desprendido de su émbolo y al compás del movimiento circular



Figura 6. Extremo de la biela desprendida del émbolo



que le iba transfiriendo el cigüeñal a la biela, ésta golpeaba lateralmente contra las puertas laterales del cárter, ocasionando la rotura de las mismas y originando la salida de aceite del MP.

La rotura del bloque del motor en la zona de asiento de la camisa del cilindro n.º 1, ocasionada por los repetitivos golpes que produjo el correspondiente pie de biela una vez que se había desprendido de su émbolo, activó las alarmas de niebla en el cárter, así como las alarmas de los circuitos de refrigeración de agua dulce de alta y baja temperatura del motor, originando el arranque de las bombas de reserva correspondientes.

Como consecuencia de la parada del MP y del generador acoplado a su eje, se produjo un *Black-out*. De forma inmediata, se arrancaron automáticamente los motores auxiliares n.ºs 1 y 2, quedando así restablecido el suministro de energía eléctrica.

El jefe de máquinas, con la ayuda del primer oficial, inició los trabajos de reconocimiento para determinar el alcance de la avería, al tiempo que los engrasadores, que también se habían personado en la cámara de máquinas, procedían a limpiar el aceite que había salpicado fuera del motor.

La avería fue comunicada al capitán, quién lo puso en conocimiento de la Persona Designada en Tierra (DPA) de la compañía, que quedó a la espera de un informe más pormenorizado de lo ocurrido.

En una primera inspección, se observó que los contrapesos de la guitarras del cigüeñal, en el cilindro numero uno, se habían desprendido de su alojamiento como consecuencia de la rotura de los pernos de anclaje de los mismos.

Igualmente, en el fondo del cárter se encontraron trozos de la faldilla del émbolo del cilindro n.º 1 y de su camisa.

Aparentemente, la cabeza del émbolo se había gripado, y la biela, en su recorrido descendente, en un enorme esfuerzo de tracción, arrancó los pernos que unen la cabeza con la faldilla del émbolo. Posteriormente, la biela, rompiendo su alojamiento en el émbolo, se desprendió de este actuando como si se tratase de un martillo, llegando a triturar émbolo y camisa. El bloque del motor, así como las tapas del cárter se encontraban rotas y los empujadores y válvulas de admisión y escape del cilindro n.º 1 estaban dañados.

El cigüeñal se hallaba pendiente de inspeccionar con posibilidad de encontrarse también dañado.

Todo el personal de máquinas efectuó tareas de limpieza y de recuperación de trozos de metal, correspondientes básicamente al émbolo y tapas laterales del cárter, que habían caído en el fondo del mismo.

Tan pronto como el jefe de máquinas pudo hacer un balance de los daños producidos, se comunicó a la compañía la imposibilidad de continuar viaje, debido a la rotura del bloque en la zona de



Figura 7. Brazos de cigüeñal sin contrapesos



Figura 8. Aspecto interior del cilindro dañado



asiento de la camisa, por lo que aún cambiando esta por una nueva, se hacía imposible el aislamiento del cilindro averiado. La cámara de agua de refrigeración en el bloque había perdido su estanqueidad quedando en comunicación directa con el cárter del motor.

Descartada la posibilidad de reanudar viaje y ante la gravedad de la avería, la compañía contactó con la empresa SERVICIOS AUXILIARES DE PUERTO, S.A. (SERTOSA), en Ceuta, para que un remolcador partiera inmediatamente hacia la posición donde se encontraba el MAR VIRGINIA, a 33º 40,4'N y 10º 34,3'W.

El MAR VIRGINIA estuvo a la deriva durante 36 horas hasta que acudió en su rescate el remolcador VB ARTICO.

Ante la irreversible situación, el capitán del MAR VIRGINIA formalizó la pertinente protesta de avería.

3.1.3. Día 4 de mayo de 2009

Alrededor de la 1:05 del día 4 de mayo, el remolcador VB ARTICO inició el remolque del buque MAR VIRGINIA con destino al puerto de Huelva.

A lo largo del día la tripulación prosiguió con las tareas de desmontaje. Los casquillos del cojinete de cabeza de biela presentaban daños por aplastamiento, así como unas pequeñas ralladuras en el muñón del cigüeñal.



Figura 9. Aspecto de los cojinetes de cabeza de biela

Los empujadores de las válvulas de admisión y escape del cilindro n.º 1 se habían doblado, como consecuencia de la pérdida de sincronismo con respecto a una correcta distribución de movimientos de las sucesivas fases del sistema.

La culata y las válvulas del cilindro afectado presentaban signos de haber sido golpeadas, así como la cabeza del inyector, que salió totalmente destrozada debido a los múltiples golpes que recibió de la cabeza del émbolo y de otros restos y fragmentos de las partes dañadas.

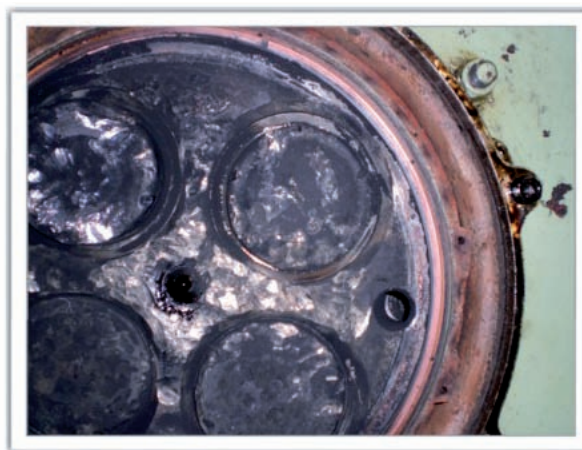


Figura 10. Aspecto de la culata golpeada

3.1.4. Día 5 de mayo de 2009

El MAR VIRGINIA llegó a Huelva y tomó contacto con prácticos a las 11:53. La Capitanía Marítima de Huelva autorizó el atraque y descarga del buque en el muelle de petroleros de Torre Arenillas, utilizado por la compañía CEPSA para las descargas, con la asistencia de los remolcadores VB ARTICO y VB HUELVA.

El buque, que llevaba a bordo 99,7 t de F.O. y 36,3 t de G.O., descargó la carga de concentrado de benceno de clase IMO:3.

3.1.5. Día 6 de mayo de 2009

El día 6 de mayo, a las 7:00, se personaron a bordo representantes de la compañía armadora W.W. MARPETROL, S.A., del Lloyd's Register of



Shipping, de G & J MacPherson en representación de la compañía de seguros Allianz Global Corporate & Speciality, dos técnicos de WÄRTSILÄ, así como un inspector de la Capitanía Marítima de Huelva.

Todos ellos, junto con el jefe de máquinas del buque, procedieron a la inspección de las piezas dañadas que previamente habían sido desmontadas por la tripulación.

Igualmente, se efectuó la verificación del diario de máquinas así como de los documentos acreditativos del programa de mantenimiento preventivo del MP. Como resultado de dicha verificación, se constató que los parámetros de funcionamiento del MP estaban de acuerdo con las especificaciones del fabricante, sin que se hubiesen detectado ruidos ni vibraciones anormales con anterioridad al accidente y que las revisiones se habían efectuado de acuerdo con las pautas de mantenimiento preventivo establecidas por el fabricante del motor.

Informe de WÄRTSILÄ

Una vez desmontadas todas las partes del cilindro n.º 1 (n.º 8 según la numeración que establece el fabricante del motor), éstas fueron sometidas a un exhaustivo análisis por los técnicos de WÄRTSILÄ.

Durante el reconocimiento, los técnicos observaron los siguientes aspectos:

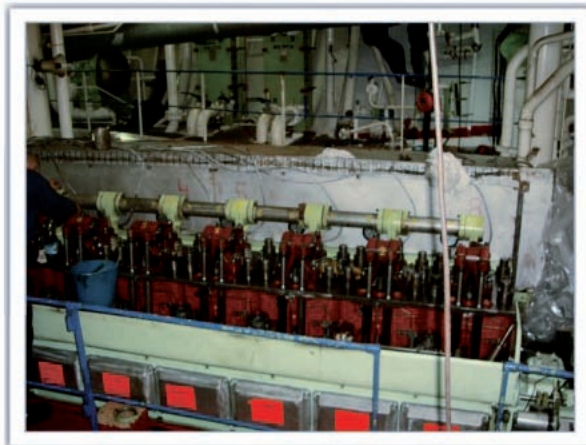


Figura 11. Técnicos de WÄRTSILÄ trabajando

Cilindro

La camisa del cilindro averiado había quedado reducida a pedazos y presentaba marcas por sobrecalentamiento.

Igualmente le pasaba a la faldilla del pistón, que había quedado separada de su corona, totalmente destruida y con signos de sobrecalentamiento.

La culata se encontraba fuertemente golpeada por trozos del pistón y la biela estaba también golpeada y sin posibilidades de recuperación.



Figura 12. Vista interior de la biela en el cilindro

Bloque de cilindros

El bloque del cilindro en cuestión, se encontraba destruido, faltando la pared de separación entre el cilindro y la cámara de aire de carga.



Figura 13. Rotura de cilindro



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

El bulón del pistón y el cojinete de pie de biela se hallaban soldados a la biela.

Los cojinetes de cabeza de biela se encontraron aplastados y destruidos.

Cigüeñal

La muñequilla correspondiente presentaba ralladuras y pequeños golpes, no obstante, se realizaron pruebas que certificaron que el cigüeñal conservaba su dureza y salto habitual.

El contrapeso del cigüeñal, había golpeado el asiento de éste en una zona adyacente, por lo que recomendaban verificar dicha zona con líquidos penetrantes, para descartar la presencia de grietas.



Figura 14. Cigüeñal

Turbocompresor

Igualmente, WÄRTSILA recomendaba revisar el turbocompresor, ante la sospecha de que pudieran haber penetrado en su interior objetos procedentes de la destrucción del cilindro.

Posteriormente se comprobaría que la turbina de gases de escape se vio afectada debido a que a través de las válvulas y tubo de escape, pasaron restos de pistón del cilindro n.º 1.

Por dicho motivo se decidió cambiar el turbocompresor por uno nuevo.



Figura 15. Carcasa del turbocompresor

Conclusiones del informe de Wärtsilä

Dadas las evidencias de sobrecalentamiento observadas, los técnicos de WÄRTSILÄ dictaminaron que se había producido el gripado del pistón n.º 1 debido a una sobrecarga térmica, siendo la causa más probable un defecto en la combustión de dicho cilindro, con ocasión de un posible fallo de funcionamiento en la tobera del inyector.

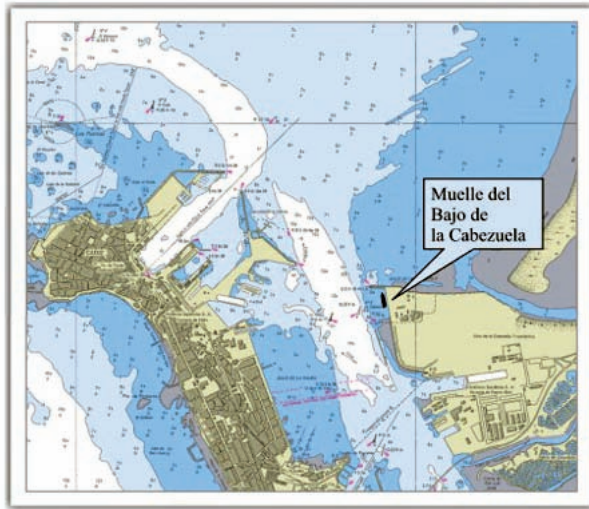
El mencionado informe concluye que la avería se debió al gripado del pistón, ocasionando el descabezamiento de la faldilla del pistón al romper por estiramiento los pernos de amarre entre corona y faldilla. Posteriormente y conforme se iba destruyendo el cilindro, la biela también quedó suelta, golpeando todo aquello que entraba dentro de su radio de acción (*ver anexo 2*).

3.1.6. Día 7 de mayo de 2009

El día 7 de mayo de 2009, el MAR VIRGINIA, que se encontraba fondeado, volvió a atracar en el puerto de Huelva para descargar las lavazas de benceno de sus tanques SLOP, antes de iniciar viaje hacia el puerto de Cádiz.

3.1.7. Día 8 de mayo de 2009

El MAR VIRGINIA llegó a Cádiz remolcado por el buque JOAQUIN TORRES. Durante la travesía se procedió a inertizar los tanques que habían con-

**Figura 16.** Muelle de la Cabezuela

tenido concentrado de benceno. El buque atracó en la Terminal de Cabezuelas con la asistencia de los remolcadores VB CÁDIZ y VB JEREZ.

3.1.8. Día 9 de mayo de 2009

Los técnicos de WÄRTSILÄ, ayudados por el personal de máquinas del buque, continuaron con el desmontaje del motor con objeto de dejar el bloque totalmente desnudo, para proceder a su envío, junto con el resto de los componentes del mismo, a las instalaciones de WÄRTSILÄ en Bermeo.

3.1.9. Día 14 de mayo de 2009

La empresa CEPESA LUBRICANTES, S.A. emitió el informe sobre los análisis de una muestra de aceite tomada momentos después del accidente.

El informe mostraba unos parámetros normales en cuanto a las características físico-químicas y contaminantes, determinando que el aceite del motor estaba en condiciones normales para continuar el servicio (*ver anexo 3*).

3.1.10. Día 21 de mayo de 2009

Al no haberse conseguido confirmación por parte de astilleros NAVANTIA de fecha de entrada y

programa para efectuar los trabajos de reparación del buque ni autorización por parte del propio puerto de Cádiz, y ante la disponibilidad manifestada por los astilleros CERNAVAL ubicados en Algeciras, el representante de la compañía W.W. MARPETROL, S.A. tomó la decisión de trasladar el buque a la bahía de Algeciras.

**Figura 17.** Astillero de CernaVal

El MAR VIRGINIA dejó el puerto de Cádiz remolcado por el VB SARGAZOS con destino al citado astillero.

El buque fue remolcado a una velocidad de 6 nudos, con 19 tripulantes a bordo y con la clasificación del Lloyd's Register suspendida (*ver anexo 4*).

3.1.11. Día 22 de mayo de 2009

El MAR VIRGINIA llegó a Algeciras a las 14:00, quedando atracado en el muelle Campamento ubicado en la zona Norte de la bahía de Algeciras.

3.1.12. Día 25 de mayo de 2009

Tras haber finalizado el desmontaje del MP, sus componentes (pistones, camisas, culatas, bielas, etc.) fueron enviados, por camión, a los talleres de WÄRTSILÄ en Bermeo.

Por su parte, el turbocompresor junto con sus partes fueron enviadas a las instalaciones de ABB en Algeciras.



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

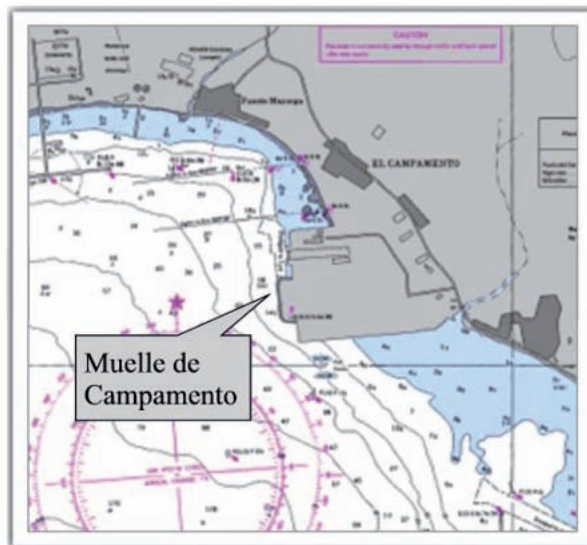


Figura 18. Ubicación del muelle Campamento

3.1.13. Día 28 de mayo de 2009

El día 28 de mayo se personaron a bordo un inspector del Lloyd's Register y un representante del armador para asistir a los ensayos no destructivos efectuados en el cigüeñal por la empresa CUALICONTROL-ACI.

Del resultado de las pruebas efectuadas se concluyó que el cigüeñal no presentaba daños que impidieran su posterior reutilización.

3.1.14. Día 1 de junio de 2009

Tras el desmontaje del cigüeñal, éste fue enviado a los talleres de WÄRTSILÄ en Bermeo.

3.1.15. Día 15 de junio de 2009

El MAR VIRGINIA es trasladado desde Algeciras a Gibraltar por decisión del armador, debido al menor coste de la reparación presentado por el astillero CAMELL LAIRD.

El buque quedó amarrado a las 16:30 en el muelle de Armamento, a la espera de entrar en dique seco.



Figura 19. Desmontaje del cigüeñal

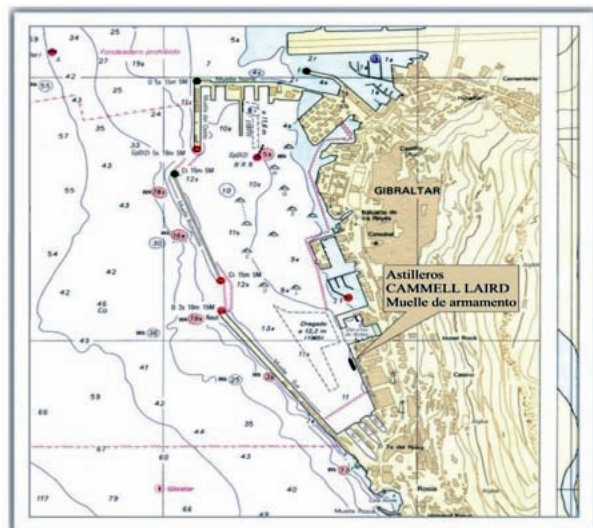


Figura 20. Ubicación MAR VIRGINIA en el muelle de armamento

3.1.16. Día 22 de junio de 2009

El MAR VIRGINIA entró en dique seco para proceder a la sustitución del MP y realizar otros trabajos, quedando listos de maniobra a las 21:30.

Para proceder a la reparación del motor, fue necesario practicar una cesárea en las tracas del costado de popa de estribor, a nivel del tecele inferior de la sala de máquinas. Los trabajos de apertura de la citada cesárea se iniciaron con el buque a flote, antes de su entrada en dique seco, quedando concluidos el día 23 de junio.



Figura 21. MAR VIRGINIA en dique seco



Figura 23. Buque MAR VIRGINIA en el Puerto de Gibraltar



Figura 22. Cesárea practicada en el costado de estribor

3.1.17. Día 26 de junio de 2009

El bloque de cilindros dañado fue desembarcado para su traslado a los talleres de WÄRTSILÄ en Bermeo.

3.1.18. Día 27 de junio de 2009

El nuevo bloque de cilindros, que llegó al astillero el día 26 de junio a las 17:30, fue posicionado en la cámara de máquinas.

El cigüeñal del motor averiado, una vez comprobado que no había sufrido daños, fue instalado en el nuevo bloque de cilindros.

3.1.19. Día 3 de julio de 2009

Tras haber concluido el día 1 de julio los trabajos de cierre de la cesárea ubicada en el costado de estribor, el buque MAR VIRGINIA salió de dique seco, quedando amarrado el día 3 de julio a las 15:30 en el muelle de Armamento.

3.1.20. Día 6 de julio de 2009

Una vez introducido el nuevo motor a bordo y completado el montaje de tuberías y accesorios, así como nivelada correctamente la bancada, se tomaron flexiones del motor. El resultado de las mediciones fue satisfactorio, quedando el mismo listo para realizar las pruebas de mar.

3.1.21. Día 13 de julio de 2009

Una vez concluido el montaje del MP, se procedió a su arranque por primera vez durante cinco minutos. En este tiempo se comprobaron los diferentes mecanismos de seguridad mecánicos y eléctricos, así como se ajustaron todos los parámetros básicos de funcionamiento, tales como sistemas de lubricación, refrigeración e inyección de combustible, de acuerdo con los datos recomendados por el fabricante (*ver anexo 5*).

En días posteriores se efectuaron nuevos arranques y paradas del MP para asegurar su correcto



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

funcionamiento de cara a las pruebas de mar que se realizarían el día 17 de julio.

3.1.22. Día 17 de julio de 2009

El buque MAR VIRGINIA salió del muelle de Arma-mento y fondeó en la Bahía de Algeciras a las 09:50, a la espera de efectuar *bunkering*.

Ese mismo día, a las 17:28, el buque salió para realizar pruebas de mar con objeto de observar el comportamiento del motor recién instalado y determinar los parámetros de funcionamiento básicos del motor. A las pruebas asistieron representantes del armador, de WÄRTSILÄ y ABB, así como inspectores del Lloyd's Register.

Las pruebas de mar concluyeron satisfactoria-mente, comprobándose un correcto funciona-

miento del MP por lo que el buque quedó nueva-mente fondeado a las 23:25, a la espera de una nueva carga.

En la figura 24 se recoge la trayectoria seguida por el buque MAR VIGINIA durante las pruebas de mar efectuadas.

3.1.23. Día 18 de julio de 2009

El MAR VIRGINIA atracó en el pantalán de Algeci-ras para cargar 6500 t de nafta y aquilato.

3.1.24. Día 19 de julio de 2009

El MAR VIRGINIA dejó el puerto Algeciras con des-tino St. Cruz de Tenerife.

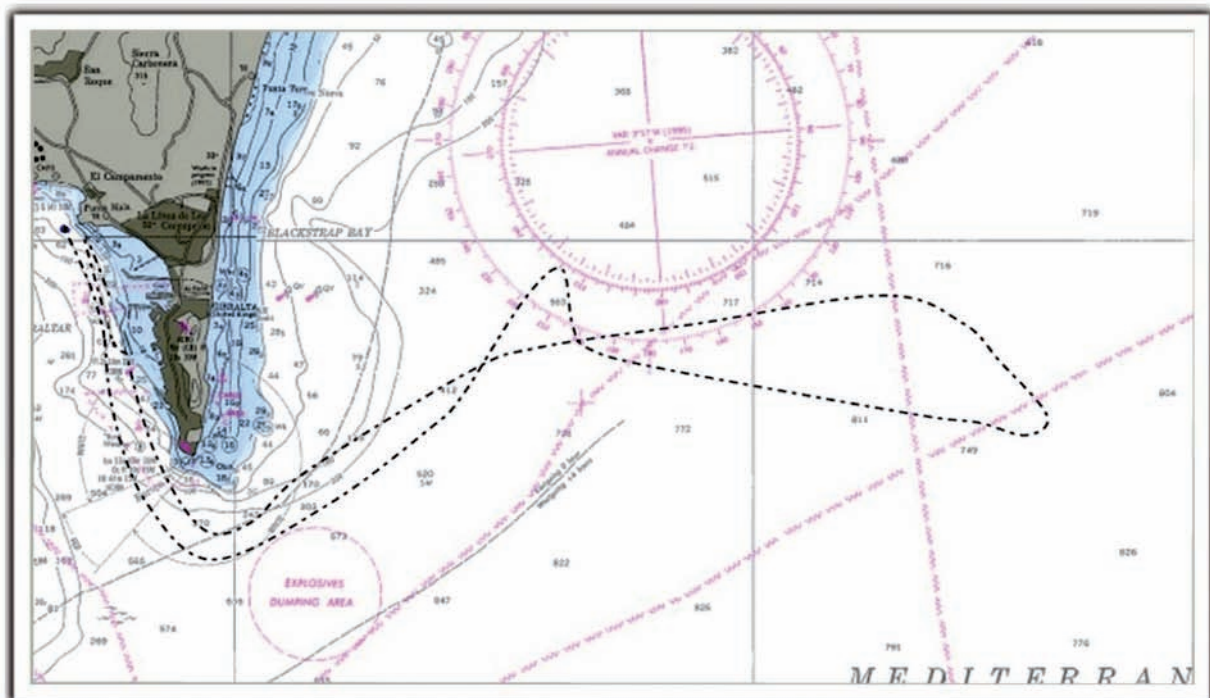


Figura 24. Pruebas de mar del buque MAR VIRGINIA



Capítulo 4. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Previamente a determinar las causas de la avería ocurrida en el MAR VIRGINIA, conviene hacer las siguientes puntualizaciones:

1. El jefe de máquinas del MAR VIRGINIA, es la persona que figuraba como responsable al frente del departamento desde el día de la botadura del buque.
2. El buque MAR VIRGINIA dispone de un plan de mantenimiento preventivo, programado de acuerdo a las pautas que establece el fabricante del motor para la revisión y/o sustitución de los elementos previstos (*ver anexo 6*).
3. La cámara de máquinas, está provista de un sistema denominado LINGSO que canaliza todas las alarmas del MP y las visualiza en un monitor ubicado en la consola de control de la cámara de máquinas, pudiendo también ofrecer dicha información por medio de impresión.
4. El sistema de vigilancia de máquina desatendida UMS, es un equipo que actúa como supervisor del sistema de alarmas de la máquina, y genera una señal cada vez que se sobrepasa un determinado umbral establecido para cualquiera de los valores que envían los transductores que controlan los principales parámetros de funcionamiento del motor, avisando con ello al oficial que está de guardia y al puente de mando.
5. Del análisis de los mencionados sistemas de seguridad del MP, no se desprende que momentos antes del accidente, se activase ninguna alarma que tuviese una relación directa con la avería originada, salvo como puede comprobarse, la activación de las bombas de reserva de agua dulce de refrigeración de BT y AT. Estas bombas arrancaron como consecuencia de la caída de presión originada por la pérdida de agua de refrigeración debido a la rotura del bloque y camisa del cilindro n.º 1.

En el informe que emite la empresa AZTERLAN sobre el análisis practicado a los pernos de anclaje de los contrapesos del cigüeñal, se com-

prueba que los citados pernos están marcados por una mella en la zona del cuello donde va alojada la tuerca de fijación, lo cual demuestra que su rotura se debió a un mecanismo de cizalla, seguramente provocado por el impacto de algún trozo de metal desprendido del pistón o del cilindro (*ver anexo 7*).

De la comparación de los datos recomendados por el fabricante para el funcionamiento del MP, con los que figuran en la tabla 2 recogidos en la guardia de mar efectuada entre las 08:00 y las 12:00 del día del accidente, se observan temperaturas y presiones de los circuitos de refrigeración y lubricación, concordantes con las recomendadas, a excepción de las de entrada y salida de AT de refrigeración del motor que se muestran sensiblemente por debajo de las especificadas. Igualmente, se observa que la temperatura del combustible en la entrada de las bombas de inyección excede el valor límite recomendado por WÄRTSILÄ.

Por su parte, las temperaturas de los gases de escape permanecen en valores promedios aceptables.

Los gases producidos al quemarse el combustible, empujan el émbolo hacia abajo produciendo la fuerza útil que se transmite al cigüeñal. Para un mejor aprovechamiento de esa energía, debe existir un perfecto sellado entre camisa y pistón, siendo los aros o segmentos los que realizan el sellado y los que, alojados en las ranuras del pistón, actúan como elementos elásticos, compensando las dilataciones y las diferencias de diámetro que se producen por el efecto de las altas temperaturas que se originan en el interior de la cámara de combustión.

Entre camisa y aros media una película de aceite lubricante que hace posible un deslizamiento suave del émbolo y evita el roce directo de metal con metal entre émbolo y camisa.

Los émbolos reciben mucho calor procedente de la combustión que es necesario eliminar. En el



caso que nos ocupa, el calor es transferido al exterior mediante el agua de refrigeración que rodea la camisa y culata del cilindro, y también mediante el aceite que llena la cámara interior de la cabeza del émbolo.

El problema proviene a menudo, cuando se rompe la película lubricante en determinadas zonas de la camisa, bien sea como consecuencia de una elevada temperatura o por dilución de la película de aceite por efecto del combustible.

Si el inyector pulveriza de forma incorrecta puede dar lugar a dos efectos anómalos:

1. Un retardo en la combustión, lo que originaría un aumento de la carga térmica en el cilindro. Cuando esto ocurre, la película de combustible puede destruirse como consecuencia de las altas temperaturas alcanzadas, generando residuos carbonosos y gomosos, procedentes de una combustión incompleta que se adhieren a los aros y a sus alojamientos.
2. Dilución de la película de aceite por efecto de la incidencia sobre las paredes del cilindro del chorro de combustible. La dilución del combustible causa la eliminación de la película de aceite, e incide directamente sobre su viscosidad, reduciendo sus propiedades lubricantes y de adherencia y acelerando el desgaste de la camisa, pistón y aros.

La avería originada en el buque MAR VIRGINIA, fue debida al gripado del pistón del cilindro nº 1 del MP.

La causa del gripado puede deberse a varias razones, entre ellas:

1. Un defecto de la refrigeración del motor debido a:
 - a) Un fallo en el control de la temperatura en el circuito.
 - b) Una disminución de la transmisión de calor al refrigerante.
 - c) Una reducción de caudal de fluido refrigerante.
2. Un defecto de la lubricación de los componentes del motor como consecuencia de:

- a) Falta de lubricación por caída de presión en el sistema.
- b) Pérdida de las propiedades lubricantes y de la viscosidad.
- c) Rotura de la película lubricante entre los órganos móviles.

En el caso del buque MAR VIRGINIA, las causas expuestas en el apartado 1 deben descartarse por razones de homogeneidad con el resto de los cilindros del MP, ya que si cualquiera de ellas hubiera sido la causa, hubiera afectado por igual a todos los demás cilindros.

Tampoco quedó constancia de la activación de alarmas relacionadas con la alta temperatura del agua de refrigeración, salvo las que se activaron con ocasión de la rotura del bloque del motor y que originaron una lógica caída de la presión del agua de circulación motivando con ello el arranque de las bombas de BT y AT de refrigeración.

Igualmente, tampoco parece probable que la causa haya sido una falta de lubricación por caída de la presión en el sistema, como se indica en el apartado 2.a.

Por otro lado, los análisis efectuados del aceite lubricante del MP demuestran que el mismo conservaba sus propiedades lubricantes y de viscosidad, por lo cual la causa tampoco tendría su origen en lo indicado en el apartado 2.b.

Finalmente, la aparente normalidad que existía momentos antes del accidente a bordo del buque MAR VIRGINIA, así como de los razonamientos que se mencionan en los anteriores apartados del 1 al 5, hicieron que el accidente fuera imprevisible y cuanto menos, difícil de detectar por la tripulación de máquinas.

Del análisis de los hechos relatados así como del estudio pormenorizado de toda la documentación e informes técnicos que se tienen del accidente, esta Comisión ha concluido que la avería del MP se debió al gripado del émbolo del cilindro nº1, como consecuencia de un posible fallo en el funcionamiento del inyector, que originó una combustión inadecuada eliminando en el cilindro la película de aceite lubricante y provocando una fricción metálica entre camisa y émbolo que culminó con el gripado de este último.



Capítulo 5. RECOMENDACIONES

Dado que el accidente puede considerarse como un hecho totalmente fortuito, que no podía ser previsto por los tripulantes responsables de máquinas, esta Comisión considera conveniente efectuar las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda tener un sistema de mantenimiento efectivo y permanente que permita que el MP funcione en condiciones óptimas, todo ello teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante.
- En las cámaras de máquinas desatendidas, es imprescindible mantener operativo todo el sistema de alarmas de los servicios esenciales.



Anexo 1. COMPOSICIÓN DE LA COMISIÓN

Los órganos que componen la CIAIM son el Pleno y la Secretaría.

El Pleno

Al Pleno de la Comisión le corresponde validar la calificación de los accidentes o incidentes y aprobar los informes y recomendaciones elaborados al finalizar una investigación técnica.

Tiene la siguiente composición:

- El Presidente, nombrado por el Ministro de Fomento.
- El Vicepresidente, funcionario de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento.
- Un vocal, a propuesta del Colegio de Oficiales de la Marina Mercante Española (COMME).
- Un vocal, a propuesta del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos (COIN).
- Un vocal, a propuesta de la Asociación Española de Titulados Náutico-Pesqueros (AETINAPE).
- Un vocal, a propuesta del Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR).
- Un vocal, a propuesta del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Un vocal, a propuesta de la Secretaría General del Mar del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Un vocal, a propuesta de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- El Secretario, nombrado por el Ministro de Fomento. Participará en las deliberaciones del Pleno con voz pero sin voto.

La Secretaría

La Secretaría depende del Secretario de la Comisión y lleva a cabo los trabajos de investigación así como la elaboración de los informes que serán estudiados y aprobados posteriormente por el Pleno.

La Secretaría está compuesta por:

- El Secretario de la Comisión.
- El equipo de investigación, formado por funcionarios de carrera de la Administración General del Estado.
- El personal administrativo y técnico adscrito a la Secretaría.

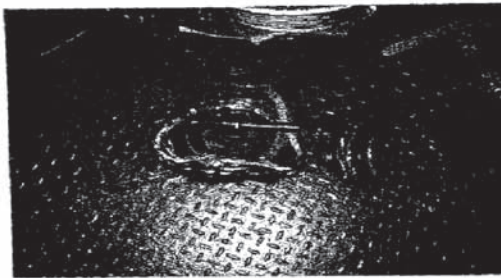


Anexo 2. INFORME TÉCNICO DE WÄRTSILÄ



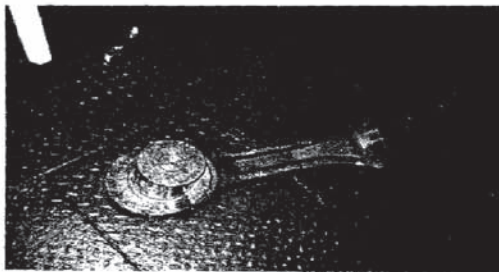
INFORME DE SERVICIO

Pagina 5



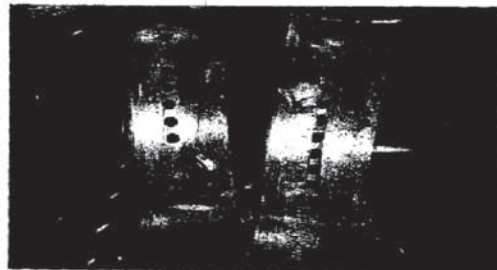
Revisar la culata, encontrándola también fuertemente golpeada por los trozos del pistón una vez destruido y separado este durante su movimiento ascendente, siendo necesario revisarla detenidamente para poder dictaminar su validez.

Revisar la biela, encontrándola fuertemente golpeado y sin posibilidad de recuperación. Así mismo, se revisan también los pernos de biela, encontrándolos aparentemente en buenas condiciones de operación.



Revisar el bulón de pistón y el cojinete de pie de biela, encontrándolos soldados a la biela y sin posibilidad de recuperación.

Revisar los cojinetes de cabeza biela, encontrándolos aplastados y destruidos.





INFORME DE SERVICIO

Pagina 6

Bloque de cilindros

Revisar el bloque de cilindros, encontrándolo completamente destruido. Falta la pared de separación entre el cilindro y la cámara de aire de carga, la zona del eje de levas y parte de la zona de agua de refrigeración.

Cigüeñal

Revisar la muñequilla correspondiente al cilindro n.º 8, encontrándola rayada y con pequeños golpes por los repetidos giros descontrolados de la biela y uno de sus contrapesos adjuntos, durante la destrucción de estos. Una vez tomadas durezas a la muñequilla y lecturas del salto de los muñones adyacente al cilindro dañado n.º 8, estas se encontraban dentro de tolerancias y con posibilidad de reparación. No obstante y debido a que durante el proceso de la avería se había desprendido uno de los contrapesos del cigüeñal, golpeado este fuertemente a la superficie de apoyo del contrapeso desprendido y como consecuencia desprendiendo material del cigüeñal, se recomienda verificar la zona con líquidos penetrantes ya que al estar muy próximo uno de los alojamientos roscados de los pernos de amarre del contrapeso desprendido hay una alta posibilidad de la existencia de grietas en la zona.

Así mismo, se encuentra en el cárter uno de los contrapesos del cilindro n.º 8 con sus pernos de amarre rotos por estiramiento.

Turbocompresor

No se revisa el turbocompresor, recomendando revisarlo ante la sospecha de entrada de objetos extraños a la zona de escape por los materiales desprendidos durante la destrucción del cilindro n.º 8.

Conclusiones.

Debido al estado de destrucción en que se encontraban los componentes dañados del cilindro n.º 8, no se puede dictaminar con seguridad las razones de la avería, aunque todo parece indicar por las muestras de sobrecalentamiento encontradas en algunos de los trozos de la camisa, que durante el normal transcurso del funcionamiento del motor, se produjo el gripado del pistón n.º 8, debido a una sobrecarga térmica, siendo su probable causa un defecto en la combustión por ejemplo por el deterioro y/o rotura de su tobera que provocó un rápido deterioro de las condiciones de combustión y provocando como consecuencia un retardo de la combustión con su consiguiente incremento de la carga térmica del cilindro.

Como consecuencia del gripado del pistón y durante los siguientes giros ascendentes y descendentes del mismo, este se descabezó, debido al estiramiento de los pernos de amarre entre la corona y la faldilla de pistón. Al quedar separada la corona de la faldilla de pistón, provocó en los posteriores giros del motor, que el conjunto faldilla de pistón/biela golpeará al cilindro y fuera destruyéndolo completamente. Posteriormente y conforme se iba destruyendo el cilindro, la biela quedó también suelta, golpeando fuertemente a su contrapeso adyacente, bloque de cilindros etc...



REGISTRO DE MEDIDAS

WV11V052 2

Installation (Ship): MAR VIRGINIA Engine Type 8R32LN Engine No. 6908

Reason for measuring: CYLINDER BLOCK DAMAGE

Crankshaft runout

Whenever a damage occurs to the crankshaft bearings or a connecting rod fails, the straightness of the crankshaft has to be measured.

The main bearing shells adjacent to the damaged pin or journal should be removed.

The measurement should be taken in both clockwise and counter-clockwise rotation in order to eliminate measurement faults which might occur due to lifting of the crankshaft by the turning gear.

Place dial gauges on magnetic stands either below (VASA 24TS above) or in horizontal position touching the crankshaft journals. Please indicate the position of the dial gauges in the table below.

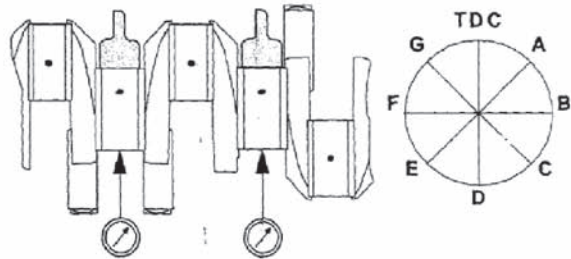


Table. Maximum allowable deviation (Ref. Temp 20°C)

Wärtsilä 20	0.06 mm
Vasa 22	0.06 mm
Vasa 24 TS	0.06 mm
Vasa 32	0.07 mm
Wärtsilä 32	0.07 mm
Vasa 46	0.10 mm

- Dial indicators placed:
- Horizontal
 - Below
 - Above (24TS)

Crank no:	Clockwise		Counter-Clockwise		NOTE!
	Main bearing journal No: 8	Main bearing journal No:	Main bearing journal No: 9	Main bearing journal No:	
TDC	0		0		
Pos A.	0.01		0.01		
Pos B.	0.02		0.01		
Pos C.	0.02		0.02		
Pos D.	0.03		0.02		
Pos E.	0.02		0.01		
Pos F.	0.01		0.01		
Pos G.	0.01		0.01		
TDC	0		0.01		
Deviation					



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor



MEASUREMENT RECORD

Services, Wärtsilä Finland Oy

Engine section	Engine type	Ref.	Date	Issue	Document No.	Page
11 Crankshaft	32	WFI-S	9.06.2006	02	3211V028	1(1)

Installation name:	MAR VIRGINIA	Engine type	BR32LN	Engine No.:	6908
Fuel viscosity (cSt):	CST 180	Ambient temp. (°C):	20° C	Engine running hours:	46500

Crankshaft hardness / cracks

Drawing number: _____
 Crank pin #: CYL N° 8 Main journal #: _____ Actual diameter: _____

Equipment used for crack test: _____

Hardness values in: Brinell:HB Equipment used: _____
 Vickers:HV

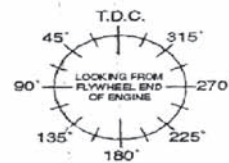
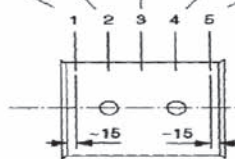
45° →	267	270	272	268	274	← 45°
90° →	281	280	285	271	282	← 90°
135° →	294	291	285	284	290	← 135°
180° →	286	281	279	264	281	← 180°
225° →	254	260	262	266	265	← 225°
270° →	261	255	264	254	252	← 270°
315° →	274	275	269	282	261	← 315°
360° →						← 360°

Forward (=free) End of engine

At (=flw) end of engine

Top side of crankpin, when crank in question is in B.D.C

Top of main journal when crankpin no. 1 is in top position (=T.D.C.)



Date: 06/05/2009 Place: HUELVA Test carried out by: JUAN FELIPE MINTEGUI Approved by: _____

Wärtsilä Finland Oy Services, Vaasa	P.O. Box 252 (Tarhaajantie 2) FIN-65101 Vaasa, Finland	Telecop. +358 10 709 1847 Telecop. +358 10 709 1380	Tel. +358 10 709 0000	Business ID 0773744-3 Registered Office: Vaasa
Wärtsilä Finland Oy Services, Turku	P.O. Box 50 (Stålaminkatu 45) FIN-20811 Turku, Finland	Telecop. +358 10 709 3279 Telecop. +358 10 709 3410	Tel. +358 10 709 0000	



Anexo 3. ANALÍTICA DE ACEITE DEL MOTOR PRINCIPAL

Programa de análisis predictivo
SIGPAT

Asistencia Técnica

Referencia

Código CEPSA Equipo: 16 022389
 Denominación: MOTOR PRINCIPAL "WARTSILA"
 Producto: MOBILGARD M 430
 Buque: MAR VIRGINIA

W.W. MARPETROL S.A.

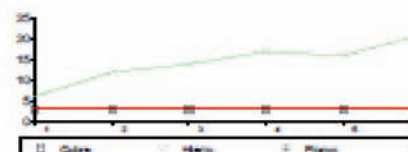
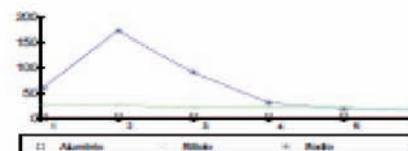
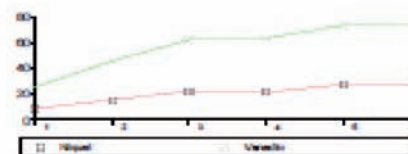
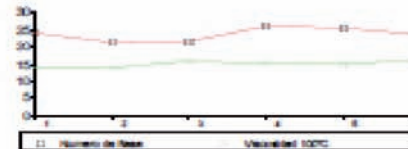
Dpto de Inspección
 GUZMAN EL BUENO 133 1º
 EDIF. GERMANIA
 MADRID
 28005 - MADRID

Muestras

	Actual	Anteriores		
Equipo	3082480	3108517	3082519	3082454
Fecha de toma	27/ 4/2009	11/10/2008	16/ 10/2008	19/ 10/2008
Fecha de recepción	12/ 5/2009	16/10/2008	21 10/2008	19/ 10/2008
Horas/Km equipo	48896 Hr.	45509 Hr.	43560 Hr.	42498 Hr.
Horas/Km aceite	No indice	9995 Hr.	No indice	No indice
Cambio	NO	NO	NO	NO
Refieno	800 Lbs	2400 Lbs	2800 Lbs	Comp.
Ref. aceite	87344	87344	87344	87344
Tomada de	Circ. Carter	Circ. Carter	Circ. Carter	Circ. Carter

Resultados

1.- Características Físico-Químicas				
Contenido en Agua - %(v/v)	AQUATEST	<0.01	<0.01	<0.01
Viscosidad 100C - mm ² /s	ASTM D 445	18.48	15.19	15.37
Numero de Base - mg KOH/g	ASTM D 2896	23.7	25.7	26.2
Sólidos Totales - %(w/w)	IP 316	0.84	0.43	0.35
2.- Metales de desgaste y contaminación				
Aluminio - ppm WT	ICP	4	3	3
Cobre - ppm WT	ICP	3	3	3
Cromo - ppm WT	ICP	3	3	3
Níquel - ppm WT	ICP	21	18	17
Plomo - ppm WT	ICP	28	28	22
Fierro - ppm WT	ICP	3	3	3
Silicio - ppm WT	ICP	18	21	23
Sodio - ppm WT	ICP	18	19	32
Vanadio - ppm WT	ICP	75	74	84
Zinc - ppm WT	ICP	3	3	3



- Nivel Precaución (*) Nivel Alerta (**)

Diagnóstico

ACEITE: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL ACEITE ANALIZADAS EN VALORES NORMALES.
 NIVEL DE RESERVA ALCALINA (B.N.) ADECUADO.
 MOTOR: METALES DE DESGASTE Y CONTAMINACION DENTRO DE LIMITES ACEPTABLES.

Acciones Preventivas

NINGUNA.
 ACEITE EN CONDICIONES NORMALES PARA CONTINUAR EN SERVICIO.
 REALIZAR NUEVA TOMA DE MUESTRA SEGUN PROGRAMA DE SEGUIMIENTO ESTABLECIDO.

Fdo.:
 Fecha emisión: 14/05/2009



CEPSA LUBRICANTES, S.A. (C.L.S.A.) - Departamento de Asistencia Técnica

- Los resultados y comentarios tienen carácter informativo. La validez de los datos está en función de la representatividad de la muestra.



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

Anexo 4. CERTIFICADO INTERINO DEL LLOYD'S REGISTER



INTERIM CERTIFICATE

Page 1 of 1

Ship's Name: MAR VIRGINIA
LR/IMO Number: 9120243

Port of Survey: CADIZ

Date of Build: 06/1996
Port of Registry: Santa Cruz de Tenerife
Gross Tonn: 6085

Certificate Number: CDZ 901035
First Visit: 13/05/09
Last Visit: 20/05/09

The ship/installation has been surveyed in accordance with the relevant Rules and Statutory Regulations and the items examined as shown were found good unless indicated otherwise on any attached sheets. It is recommended that the class be suspended during the intended Towing voyage from Cadiz to Algiers with new records of survey as shown subject to any conditions imposed now or previously being dealt with as recommended.

	SURVEYS HELD	STATUS	NEW RECORD	
	HULL			
HULL	Towing Survey	COMPLETE	20/05/09	
	MEMORANDA IMPOSED			DUE
H01	First strake below stringer plate in way of No.2 Stbd SW ballast tank between frames 117 and 120 slightly indented.			
	MEMORANDA DELETED			DUE
M1	First strake below stringer plate in way of No.3 Stbd SW ballast tank between frames 111 and 107 slightly indented.			
	*** END ***			

The above recommendation is made subject to any outstanding conditions of class being dealt with as previously recommended.

Signed:

Juan González Alday

Surveyor(s) to Lloyd's Register EMEA
A member of the Lloyd's Register Group.

Date: 20/05/2009

Lloyd's Register, its affiliates and subsidiaries and their respective officers, employees or agents are, individually and collectively, referred to in this clause as the 'Lloyd's Register Group'. The Lloyd's Register Group assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or howsoever provided, unless that person has signed a contract with the relevant Lloyd's Register Group entity for the provision of this information or advice and in that case any responsibility or liability is exclusively on the terms and conditions set out in that contract.



Anexo 5. DATOS RECOMENDADOS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

01.2 Datos recomendados para funcionamiento.

Aplicable a funcionamiento y revoluciones normales.

Carga	Valores normales ^(xxx)		Límites alarma y parada ^(xxx)	
	100 %	-30 %	-30...100 %	-30 %
Temperaturas, (°C)				
Aceite lubricante antes motor	62...70	73...80	80	90
Aceite lubricante después motor	10...13 mayor	5...8 mayor		
Agua HT después motor	91...100		105 (110)	
Agua HT antes motor	5...8 menor			
Agua HT incremento turbo soplante	8...12 (15)	6...10		
Agua LT antes motor	28...38	65...70		
Aire carga en caja aire	40...60	60...70	75	
Gases escape después cilindro	Ver hojas de pruebas		60 más alto	
Pre calentamiento agua HT y LT	70			
Presiones (bar)				
Aceite lubricante antes motor a600 rpm (10.0 r/s)	3.5	3...3.5	3.0 (2.0)	
720 RPM (12.0 r/s)...800 (13.3 r/s)	3.8...4.5			
Agua antes bomba HT/LT (=estática)	0.7...1.5			
Agua HT antes motor	2.2...4.8 ^(xx)		∞	
Agua LT antes refrigerador aire carga	2.2...4.4 ^(xx)		∞	
Combustible antes del motor	7...9		5	
Aire de arranque	max. 30			
Aire de carga	Ver hojas de pruebas			
Otras presiones (bar)				
Presión de encendido	Ver hojas de pruebas			
Presión apertura válvula seguridad bomba de aceite	6...8			
Indicador visual y convertidor electrónico alta presión diferencial en filtros aceite y combustible	1.2...1.8			

(x) Dependiendo de la velocidad y de la instalación

(xx) Límite alarma motor principal = presión en ralentí - 0.3 bar

(xxx) Para motores sin sistema de circulación dependiendo de la carga los valores de 0...30% no son aplicables.

Por debajo del 30% de carga las temperaturas del aceite y agua bajarán un poco.



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

Anexo 6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO



MAIN ENGINE PREVENTIVE MAINTENANCE

SHIP NAME MAR VIRGINIA
 MAIN ENGINE YASA 8R32E
 FABRICATION YEAR _____
 SERIAL NUMBER _____
 TOTAL RUNNING HOURS 46945 RUNNING HOURS PER MONTH _____

% OVERDUE TASKS	3%
------------------------	-----------

DATE 15/06/2009

WORKING CARDS	SERIAL NUMBER	JOB DESCRIPTION	MAINTENANCE - HOURS -			RUNNING HOURS AND DATE WHEN MAINTENANCE WAS DONE		
			SCHEDULE D	NEXT	TO NEXT	HOURS	DATE	
<u>FUEL OIL SYSTEM</u>	22.7	Check starting fuel limiter	4000	50893	3948	46893	abr-2009	COMMENT
	17.1-17.2	Clean filter box and change filters	3 MONTHS	sep-2009	88	46945	jun-2009	COMMENT
<u>LUBE OIL SYSTEM</u>	18	Take oil sample to be analysed	3 MONTHS	jul-2009	41	46893	abr-2009	COMMENT
	18.5	Clean lube oil cooler. Interval can be prolonged if lube oil temperature before engine is within normal operating values (section 01.1). Clean lube oil cooler before the alarm limit is reached. Examine carefully for corrosion	12000	47515	570	35515	jun-2006	COMMENT
	18.9	To grease prelubrication electrical pump	1000	47896	951	46896	abr-2009	COMMENT
	18.3	Overhaul the lube oil pump (rodamientos y opturador, cierre mecánico), thermostatic valve and gear	8000	43515	-3430	35515	jun-2006	COMMENT
	18.2	Lubricating Oil filter. Drain the filter housings. Clean the wire gauze and filter housing. Replace filter cartridges when pressure difference indicator shows too high pressure drop.	1000	47480	535	46480	mar-2009	COMMENT
<u>WATER PUMPS</u>	19.1-19.3	Water pump HT. Dismount and check, verify bearing parts. Clean and check thermostatic valve and check gears	8000	49399	2454	41399	dic-2007	COMMENT
	19.3-19.4	Water pump LT. Dismount and check, verify bearing parts. Clean and check thermostatic valve and check gears	8000	51627	4682	43627	jun-2008	COMMENT



<u>CHARGE AIR SYSTEM</u>	15.5	Turbocharger Air cooler. Visual inspection tubular plate every year. Checking water inlet / outlet	1YEAR	may-2010	333	43239	may-2009	COMMENT
	21.2	Check main starting valve. Replace worn parts	24000	70945	24000	46945	jun-2009	COMMENT
<u>STARTING AIR SYSTEM</u>	21.4	Check starting valves in cylinder heads. Replace parts if necessary	12000					COMMENT
		CYLINDER Nº1		53352	6407	41352	dic-2007	
		CYLINDER Nº2		57017	10072	45017	oct-2008	
		CYLINDER Nº3		50668	3723	38668	abr-2007	
		CYLINDER Nº4		57175	10230	45175	nov-2008	
		CYLINDER Nº5		56802	9857	44802	oct-2008	
		CYLINDER Nº6		54088	7143	42088	feb-2008	
		CYLINDER Nº7		52362	5417	40362	sep-2007	
		CYLINDER Nº8		55217	8272	43217	may-2008	
	21.3	General overhaul starting air distributor. Check wearing parts and renew if necessary.	24000	59515	12570	35515	jun-2006	COMMENT
	<u>EXHAUST GAS SYSTEM</u>	20.2	Check expansions, renew if necessary	16000	49274	2329	33274	nov-2005
<u>MEASUREMENT AND CONTROL SYSTEMS</u>	23.1	Monitor and control equipment: Check switch points and proper function check alarms and automatic shut-down mechanism	1000	47896	951	46896	abr-2009	COMMENT
		Check/overhaul oil mist detector. Check filters in measuring unit (500 hours). Replace sintered bronze filters in the pressure regulator (4000 hours)	500	46980	35	46480	mar-2009	COMMENT
<u>ENGINE FOUNDATION/PIPE CONNECTIONS</u>	07.3	Foundation: check tension of bolts. Check stoppers, brackets and resilient elements for tight fit	24000	59515	12570	35515	jun-2006	COMMENT
		Check flexible elements of engine foundation	48000	48000	1055	0	ene-2002	COMMENT
<u>TURNING GEAR</u>	02.2-03.9	Check/overhaul turning gear	16000	55125	8180	39125	may-2007	COMMENT
<u>RUNNING GEAR / CRANKSHAFT</u>	06.2	inspect crankshaft	48000	94480	47535	46480	mar-2009	COMMENT
	11.2.2	Crankshaft: Measure Crankweb deflection and check trust bearing clearance	4000	50480	3535	46480	mar-2009	COMMENT



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

MAIN BEARING	11.2.3	Thrust bearing: Check axial clearance	4000	39515	-7430	35515	jun-2006	COMMENT
	10	Check main bearings and thrust bearing. Replace if necessary	16000					COMMENT
		CYLINDER Nº1		51515	4570	35515	jun-2006	
		CYLINDER Nº2		51515	4570	35515	jun-2006	
		CYLINDER Nº3		51515	4570	35515	jun-2006	
		CYLINDER Nº4		51515	4570	35515	jun-2006	
		CYLINDER Nº5		51515	4570	35515	jun-2006	
		CYLINDER Nº6		51515	4570	35515	jun-2006	
		CYLINDER Nº7		51515	4570	35515	jun-2006	
		CYLINDER Nº8		51515	4570	35515	jun-2006	
		THRUST BEARING		51515	4570	35515	jun-2006	
TORSIONAL VIBRATION DAMPER, GEISLINGER	11.2.1	Check vibration damper, dismantle, clean all parts and replace rubber seal rings	48000	83515	36570	35515	jun-2006	COMMENT
BIG-END BEARINGS	11.3	Check big-end bearings, replace if necessary	24000					COMMENT
		CYLINDER Nº1		59515	12570	35515	jun-2006	COMMENT
		CYLINDER Nº2		59515	12570	35515	jun-2006	COMMENT
		CYLINDER Nº3		59515	12570	35515	jun-2006	COMMENT
		CYLINDER Nº4		59515	12570	35515	jun-2006	COMMENT
		CYLINDER Nº5		59515	12570	35515	jun-2006	COMMENT
		CYLINDER Nº6		59515	12570	35515	jun-2006	COMMENT
		CYLINDER Nº7		59515	12570	35515	jun-2006	COMMENT
		CYLINDER Nº8		59515	12570	35515	jun-2006	COMMENT
PISTON/PISTON PIN	11.3	Remove, clean and check pistons. ring grooves, piston pin, pin bush (measure clearance) Check cooling spaces and cooling passages for coke deposits. Replace piston rings. Check connecting-rod head bearing	12000					COMMENT
		PISTON Nº 1		53541	6596	41541	dic-2007	COMMENT
		PISTON Nº 2		47515	570	35515	jun-2006	COMMENT
		PISTON Nº 3		51660	4715	39660	jul-2007	COMMENT
		PISTON Nº 4		50207	3262	38207	feb-2007	COMMENT



	PISTON Nº 5		56802	9857	44802	oct-2008	COMMENT	
	PISTON Nº 6		57186	10241	45186	nov-2008	COMMENT	
	PISTON Nº 7		47515	570	35515	jun-2006	COMMENT	
	PISTON Nº 8		50207	3262	38207	feb-2007	COMMENT	
CYLINDER LINERS	10.5	Inspect cylinder liner. One per cylinder bank. If deposits are thicker than 1 mm, clean all liners and the engine block water space. Replace the O-ring in the bottom part by new ones every overhaul. Replace liner if wear limits are exceeded. Hone the liners.	12000				COMMENT	
		CYLINDER LINER Nº1		53541	6596	41541	dic-2007	COMMENT
		CYLINDER LINER Nº2		47515	570	35515	jun-2006	COMMENT
		CYLINDER LINER Nº3		47515	570	35515	jun-2006	COMMENT
		CYLINDER LINER Nº4		50204	3259	38204	feb-2007	COMMENT
		CYLINDER LINER Nº5		56408	9463	44408	oct-2008	COMMENT
		CYLINDER LINER Nº6		45945	-1000	33945	ene-2006	COMMENT
		CYLINDER LINER Nº7		47515	570	35515	jun-2006	COMMENT
		CYLINDER LINER Nº8		50207	3262	38207	feb-2007	COMMENT
CYLINDER HEADS	12.2-12.3	Overhaul and check all cylinder heads. Overhaul starting valves. Check starting valves	12000				COMMENT	
		CYLINDER HEAD Nº1		53352	6407	41352	dic-2007	
		CYLINDER HEAD Nº2		57017	10072	45017	oct-2008	
		CYLINDER HEAD Nº3		57017	10072	38688	abr-2007	
		CYLINDER HEAD Nº4		57175	10230	45175	nov-2008	
		CYLINDER HEAD Nº5		56802	9857	44802	oct-2008	
		CYLINDER HEAD Nº6		57929	10984	45929	ene-2009	
		CYLINDER HEAD Nº7		52362	5417	40362	sep-2007	
		CYLINDER HEAD Nº8		55217	8272	43217	may-2008	



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

CAMSHAFT DRIVE	13.1	Check gearwheel, check rotation is correct and cam face contact.	12000	47515	570	35515	jun-2006	COMMENT
CAMSHAFT/CAMSHAFT BEARING/CAMSHAFT FOLLOWER	14.1.3	Camshaft. Check the contact faces of the cams and trappet rollers. Check that the rollers rotate. Rotate the engine with the turning gear	4000	50189	3244	46189	feb-2009	COMMENT
	10.4	Camshaft bearings and thrust bearing. Remove if necessary.	16000					COMMENT
		CYLINDER N°1		16000	-30945	0	ene-2002	
		CYLINDER N°2		16000	-30945	0	ene-2002	
		CYLINDER N°3		16000	-30945	0	ene-2002	
		CYLINDER N°4		16000	-30945	0	ene-2002	
		CYLINDER N°5		16000	-30945	0	ene-2002	
		CYLINDER N°6		16000	-30945	0	ene-2002	
		CYLINDER N°7		16000	-30945	0	ene-2002	
		CYLINDER N°8		16000	-30945	0	ene-2002	
ROCKER ARM	14.1	Check rocker arm bushes and clearances	16000					COMMENT
		CYLINDER N°1		51515	4570	35515	jun-2006	
		CYLINDER N°2		51515	4570	35515	jun-2006	
		CYLINDER N°3		51515	4570	35515	jun-2006	
		CYLINDER N°4		54204	7259	38204	feb-2007	
		CYLINDER N°5		48323	1378	32323	ago-2005	
		CYLINDER N°6		55553	8608	39553	jun-2007	
		CYLINDER N°7		51515	4570	35515	jun-2006	
		CYLINDER N°8		55553	8608	39553	jul-2007	
	12.2	Dismantle and clean inlet valves, if necessary grind the valves, inspect vale rotators. Replace O-rings in the valve guides	12000					COMMENT
		INLET VALVE CYLINDER N°1		53352	6407	41352	dic-2007	COMMENT
		INLET VALVE CYLINDER N°2		57017	10072	45017	oct-2008	COMMENT
		INLET VALVE CYLINDER N°3		50668	3723	38668	abr-2007	COMMENT
		INLET VALVE CYLINDER N°4		53867	6922	41867	ene-2008	COMMENT
		INLET VALVE CYLINDER N°5		56802	9857	44802	oct-2008	COMMENT



<u>INLET AND EXHAUST VALVES</u>		INLET VALVE CYLINDER Nº6		57929	10984	45929	ene-2009	COMMENT
		INLET VALVE CYLINDER Nº7		52362	5417	40362	sep-2007	COMMENT
		INLET VALVE CYLINDER Nº8		55217	8272	43217	may-2008	COMMENT
	12,2	Dismantle and clean exhaust valves, if necessary grind the valves, inspect vale rotators. Replace O-rings in the valve guides	12000					COMMENT
		EXHAUST VALVE CYLINDER Nº1		53352	6407	41352	dic-2007	COMMENT
		EXHAUST VALVE CYLINDER Nº2		57017	10072	45017	oct-2008	COMMENT
		EXHAUST VALVE CYLINDER Nº3		50668	3723	38668	abr-2007	COMMENT
		EXHAUST VALVE CYLINDER Nº4		53867	6922	41867	ene-2008	COMMENT
		EXHAUST VALVE CYLINDER Nº5		56802	9857	44802	oct-2008	COMMENT
		EXHAUST VALVE CYLINDER Nº6		57929	10984	45929	ene-2009	COMMENT
		EXHAUST VALVE CYLINDER Nº7		52362	5417	40362	sep-2007	COMMENT
		EXHAUST VALVE CYLINDER Nº8		55217	8272	43217	may-2008	COMMENT
<u>SPEED GOVERNOR</u>	22,4	Change speed governor lube oil	1000	47986	1041	46986	abr-2009	COMMENT
	22,4	Check action mechanism of speed governor	4000	50986	4041	46986	abr-2009	COMMENT
	22,5	Check governor driving shaft	16000	51515	4570	35515	jun-2006	COMMENT
<u>FUEL INJECTION PUMP</u>	16,2	Detach, disassemble and check injection pumps replace wearing parts if necessary	16000					COMMENT
		INJECTION PUMP CYLINDER Nº1		51515	4570	35515	jun-2006	
		INJECTION PUMP CYLINDER Nº2		51515	4570	35515	jun-2006	
		INJECTION PUMP CYLINDER Nº3		62826	15881	46826	abr-2009	
		INJECTION PUMP CYLINDER Nº4		60151	13206	44151	jul-2008	
		INJECTION PUMP CYLINDER Nº5		62480	15535	46480	mar-2009	
		INJECTION PUMP CYLINDER Nº6		59738	12793	43738	jun-2008	
		INJECTION PUMP CYLINDER Nº7		51515	4570	35515	jun-2006	
		INJECTION PUMP CYLINDER Nº8		58393	11448	42393	mar-2008	



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

<u>FUEL INJECTION VALVE</u>	16,4	Check injection valves. Test the opening pressure. Dismantle and clean nozzles. Check the effective needle lift. Check the springs. Replace the O-rings. Check nozzle condition in a test pump. Replace the nozzle at 6000 h by new one as a recommendation	4000					COMMENT
		INJECTION VALVE CYLINDER Nº1		49782	2837	45782	ene-2009	COMMENT
		INJECTION VALVE CYLINDER Nº2		49012	2067	45012	oct-2008	COMMENT
		INJECTION VALVE CYLINDER Nº3		48352	1407	44352	ago-2008	COMMENT
		INJECTION VALVE CYLINDER Nº4		48151	1206	44151	jul-2008	COMMENT
		INJECTION VALVE CYLINDER Nº5		50480	3535	46480	mar-2009	COMMENT
		INJECTION VALVE CYLINDER Nº6		49929	2984	45929	ene-2009	COMMENT
		INJECTION VALVE CYLINDER Nº7		47604	659	43604	jun-2008	COMMENT
		INJECTION VALVE CYLINDER Nº8		47217	272	43217	may-2008	COMMENT
<u>TURBO-CHARGER</u>	15,2	Clean turbocharger air filter. Remove the filter(s) and clean according with manufacturer instructions	1000	47189	244	46189	feb-2009	COMMENT
		Replace lub oil	600	47416	471	46816	abr-2009	COMMENT
	15.2-19.2 - 15.5	Clean mechanically compressor and turbine if necessary. Inspect water side spaces and clean.	4000	48181	1236	44181	jul-2008	COMMENT
	15,2	Check replace turbochareger bearings	8000	52181	5236	44181	jul-2008	COMMENT
	15,2	Replace Rotor	48000	83515	36570	35515	jun-2006	COMMENT
<u>COUPLING</u>		VULKAN COUPLING. Check for cracks visually	1000	47896	951	46896	abr-2009	COMMENT
GEAR		Take oil sample to be analysed	1200	47614	669	46414	mar-2009	COMMENT
		Check Gears	2000	48607	1662	46607	mar-2009	
		Clean oil filters	1000	47983	1038	46983	abr-2009	COMMENT
		Check tight of bolts and control system	8000	54189	7244	46189	feb-2009	



MAR VIRGINIA INYECTORES MOTOR PRAL											
Nº DE VIAJE	FECHA DE INICIO	HORAS DE VIAJE	HORAS TOTALES	1	2	3	4	5	6	7	8
00209	16.01.09	81	45929	147	917	1497	686	1037	2191	2325	2712
003.09	30.01.09	132	46061	279	1049	1629	818	1169	2323	2457	2844
004,09	12/02/09	128	46189	407	1177	1757	946	1297	2451	2585	2972
005,09	23/02/09	141	46330	548	1318	1898	1087	1438	2592	2726	3113
006,09	04/03/09	84	46414	632	1402	1982	1171	1522	2676	2810	3197
007,09	10/03/09	66	46480	698	1468	2048	1237	1588	2742	2876	3263
008,09	18/03/09	127	46607	825	1595	2175	1364	1715	2869	3003	3390
009.09	27.03.09	78	46685	903	1673	2253	1442	78	2947	3081	3468
010.09	05.04.09	62	46747	965	1735	62	1504	140	3009	3143	3530
011.09	12.04.09	69	46816	1034	1804	131	1573	209	3078	3212	3599
012.09	17.04.09	80	46896	1114	1884	211	1653	289	3158	3292	3679
013.09	27.04.09	32	46928	1146	1916	243	1685	321	3190	3324	3711



Anexo 7. ANÁLISIS PERNOS DE ANCLAJE CONTRAPESOS



METALURGIA IKERKETA ZENTROA

CENTRO DE INVESTIGACION METALURGICA

METALLURGY RESEARCH CENTRE

ALIENDALDE AZUÑEA Nº 6 E-48200 DURANGO (BIZKAIA)
CIF - R480502 I www.azterlan.es

Tel. +34 94 6215470 Fax +34 94 6215471
servicios.tecnologicos@azterlan.es

INFORME 205.197

1. ANTECEDENTES

El 20/05/09 la firma MARPETROL, S.A. (Naviera Marot), entrega en AZTERLAN dos piezas rotas cuyos datos de identificación son los siguientes:



- Designación **PERNO**
- Identificación **nº 1 y nº 2**

En la información aportada por MARPETROL, S.A. se indica que estas piezas han estado en servicio entre 10-15 años. Pertenecen al Motor Principal WARTSILA VASA 8R32E con nº de serie 6908 y son los elementos que sujetan los contrapesos del CIGÜEÑAL. Su rotura ha producido la caída de los contrapesos originando considerables destrozos en el motor del barco.



Sobre estas piezas deben efectuarse los análisis y ensayos capaces de dar respuestas a los interrogantes siguientes:

- Caracterización metalúrgica de ambas.
- Definir la naturaleza de las roturas.
- Determinar si existen irregularidades metalúrgicas en los PERNOS que permitan justificar su fallo en servicio.



METALURGIA IKERKETA ZENTROA

CENTRO DE INVESTIGACION METALURGICA

METALLURGY RESEARCH CENTRE

ALIENDALDE AZUENZA Nº 5 E-48200 DURANGO (BIZKAIA)
CIF - R48005021

WWW.azterlan.es

TEL: +34 94 6215470

FAX: +34 94 6215471

servicios.tecnicos@azterlan.es

INFORME 205.197

2. INSPECCIÓN MACROSCÓPICA

Sobre las propias piezas se realizan las correspondientes inspecciones macroscópicas sin ningún tipo de acondicionado. Estas determinaciones se efectúan visualmente y mediante lupa estereoscópica.



2.1. Resultados

En ambos PERNOS las roturas se localizan en la misma zona, en la parte achafanada próxima a uno de los extremos roscados.

En el PERNO nº 1 la rotura se desarrolla en dos etapas, la primera de morfología lisa presenta unos caracteres similares a los que se observan en la superficie de fractura del PERNO nº 2. En los dos PERNOS se aprecian unas marcas o melladuras intensas que coinciden con el inicio de la rotura; en las figuras adjuntas se señalan la localización de estas marcas. La superficie de fractura es muy lisa y presenta los caracteres propios de una rotura por cizalla.

La segunda etapa de la rotura del PERNO nº 1 corresponde a una rotura generada por un sobreesfuerzo producido a 90º de la componente de rotura por cizalla, en esta etapa de la rotura se ha producido el curvado del PERNO.

2.2. Observaciones

- La rotura de estos PERNOS se ha producido por cizalladura.
- Análisis realizados el 25/05/09 según P-155.



METALURGIA IKERKETA ZENTROA

CENTRO DE INVESTIGACION METALURGICA

METALLURGY RESEARCH CENTRE

ALIENDALOE AZUNEA Nº 6 C-48200 DURANGO (BIZKAIA)
CIF - R4800502 I WWW.azterlan.esTEL. +34 94 6215470 FAX +34 94 6215471
servicios.tecnologicos@azterlan.es

INFORME 205.197

3. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA



Con el objeto de determinar los caracteres micromorfológicos asociados a las superficies de fractura se realiza una inspección mediante microscopía electrónica de barrido con microanálisis por energías dispersivas de rayos X. Estas determinaciones se efectúan sobre las superficies de fractura de ambos PERNOS.

3.1. Resultados

Las inspecciones mediante microscopía electrónica efectuadas sobre las superficies de rotura de ambas piezas presentan resultados similares. En la etapa inicial de la rotura del PERNO nº 1 y en la superficie de fractura del PERNO nº 2, se observa una topografía muy lisa como resultado de una intensa fricción generada por una rotura por cizalla.

Asociado al inicio de las roturas no se observa ninguna irregularidad salvo las melladuras a partir de las cuales se desarrollan las fracturas por cizalla.

La etapa final de la rotura del PERNO nº 1 presenta la topografía habitual de una rotura resistiva producida por sobreesfuerzo.

3.2. Observaciones

- La rotura de ambos PERNOS se ha generado por un mecanismo de cizalla.
- Análisis realizados el 29/05/09 según P-159 y P-160.



METALURGIA IKERKETA ZENTROA

CENTRO DE INVESTIGACION METALURGICA

METALLURGY RESEARCH CENTRE

ALIENDALDE AZUNEA Nº 6 E-48200 DURANGO (BIZKAIA)
CIF - R48005021 WWW.azterlan.esTlf. +34 94 6215470 Fax +34 94 6215471
servicios.tecnicos@azterlan.es

INFORME 205.197

4. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Se realizan análisis de composición química sobre cada uno de los PERNOS.

4.1. Resultados

PERNO	Contenido (%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
nº 1	0,35	0,15	0,62	0,007	0,015	1,43	0,23	1,58	0,009
nº 2	0,35	0,16	0,62	0,008	0,015	1,42	0,23	1,58	0,010
I (k=2)	0,01	<0,01	0,01	0,001	0,001	0,06	0,01	0,03	0,001

El cálculo de la incertidumbre del método se ha realizado siguiendo las recomendaciones del documento CEA-ENAC-LC/02 (Rev. 1 Enero 98), y según lo indicado en el procedimiento interno P-101
Análisis realizado el 01/06/09 según P-101

4.2. Observaciones

- Los resultados de composición química satisfacen los requisitos establecidos en la norma UNE-EN 10083-3:2008 para los aceros de calidad 34CrNiMo6.



METALURGIA IKERKETA ZENTROA CENTRO DE INVESTIGACION METALURGICA METALLURGY RESEARCH CENTRE
 ALIENDALDE AUZUNCA Nº 8 E-48200 DURANGO (BIZKAIA) TEL: +34 94 6215470 FAX: +34 94 6215471
 CIF: R4803502 I WWW.azterlan.es servicios.tecnicos@azterlan.es

INFORME **205.197**

5. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Sobre ambos PERNOS se realizan determinaciones de dureza Brinell en el núcleo y medio radio. Asimismo, se efectúan medidas de dureza Vickers en la rosca con el objeto de determinar fenómenos e decarburación/recarburación.

5.1. Resultados

PERNO	Ensayo de dureza Brinell
	HBW (10/3000)
nº 1	320
nº 2	331

Ensayo realizado el 27/05/09 según UNE-EN ISO 6506-1:2006 y P-54

Decarburación / Recarburación					Dureza Superficial	
PERNO	Zona de ensayo	HV0,3			Distancia al borde (mm)	HV 0,3
		Punto 1	Punto 2	Punto 3		
nº 1	Rosca	330	353	354	0,1	338
nº 2	Rosca	335	355	364	0,1	349

Las medidas de dureza superficial se efectúan sobre una superficie longitudinal obtenida de la punta del tornillo
 Ensayos realizados el 10/06/09 según UNE-EN ISO 898-1:2000, UNE-EN ISO 6507-1:2006 y P-56

5.2. Observaciones

- En base a los resultados de dureza puede indicarse que se trata de PERNOS de calidad 10.9, no habiéndose detectado fenómenos de decarburación o recarburación.



METALURGIA IKERKETA ZENTROA

CENTRO DE INVESTIGACION METALURGICA

METALLURGY RESEARCH CENTRE

ALIENDALDE AUZUNEA Nº 6 E-48200 DURANGO (BIZKAIA)
CIF - R40005021 www.azterlan.esTEL +34 94 6215470 FAX +34 94 6215471
servicios.tecnicos@azterlan.es

INFORME 205.197

**6. ANÁLISIS
METALGRÁFICO**

Se ha procedido al corte y preparación de las siguientes probetas metalográficas de cada uno de los PERNOS:

- Longitudinal de la zona de la caña.
- Transversal de la zona de la caña.
- Longitudinal del extremo de la zona roscada.
- Longitudinal y secante a un de las superficies de fractura.

6.1. Microinclusiones

PERNO	Inclusiones				
	Sulfuros	Alúminas	Silicatos	Óxidos	Globular único
nº 1	Fina nº 1,5 < Gruesa nº 0,5	< Fina nº 0,5 < Gruesa nº 0,5	< Fina nº 0,5 < Gruesa nº 0,5	Fina nº 1,5 Gruesa nº 1	< nº 1,5
nº 2	Fina nº 1,5 < Gruesa nº 0,5	< Fina nº 0,5 < Gruesa nº 0,5	< Fina nº 0,5 < Gruesa nº 0,5	Fina nº 1,5 Gruesa nº 1	< nº 1,5
PERNO nº 1			PERNO nº 2		
A1,5, D1,5, D1e			A1,5, D1,5, D1e		

Análisis realizado el 02/06/09 según UNE 36.431:2001 y P-151



METALURGIA IKERKETA ZENTROA CENTRO DE INVESTIGACION METALURGICA METALLURGY RESEARCH CENTRE
 ALIENDALDE AZUENEA Nº 6 C-48200 DURANGO (BIZKAIA) TEL. +34 94 6215470 FAX +34 94 6215471
 CIF: R48005021 WWW.azterlan.es servicios.tecnicos@azterlan.es

INFORME 205.197

6.2. Estructura

PERNO	Estructura
nº 1	Las características microestructurales de ambas piezas son similares. Se encuentran en estado de temple y revenido (bonificado). La microestructura está formada por martensita revenida.
nº 2	El tamaño de grano es nº 8.

Análisis realizado el 02/06/09 según UNE-EN ISO 643:2004, P-150 y P-152

6.3. Rotura

PERNO	Estructura
nº 1	Asociado al inicio de la fractura no se observa ninguna irregularidad metalúrgica, relativa al material y/o al estado de tratamiento térmico. Sobre la superficie de fractura se observa una deformación microestructural muy acusada.
nº 2	Las características estructurales que se observan en la superficie de fractura son similares a las que presenta el PERNO nº 1, no habiéndose detectado irregularidades relativas al material y/o al estado de tratamiento térmico, asociadas al inicio de la rotura. La deformación microestructural en la superficie de fractura es intensa.

Análisis realizado el 02/06/09 según UNE-EN ISO 643:2004, P-150 y P-152



METALURGIA IKERKETA ZENTROA

CENTRO DE INVESTIGACION METALURGICA

METALLURGY RESEARCH CENTRE

ALIENDA DE AUZUNEA Nº 6 E-48200 DURANGO (BIZKAIA)
CIF - R4800502 | www.azterlan.esTL. +34 94 621 5470 Fax +34 94 621 5471
servicios.tecnicos@azterlan.es

INFORME 205.197

6.4. Observaciones

- El grado de limpieza y las características microestructurales que presentan ambos PERNOS son adecuadas, no habiéndose detectado irregularidades.
- Los desarrollos microestructurales asociados a la superficie de fractura son propios de las roturas producidas por mecanismos de cizalla.

7. CONCLUSIONES

Los análisis y ensayos realizados en AZTERLAN permiten presentar las siguientes conclusiones:

- ✓ Los PERNOS motivo de estudio se han fabricado en acero de calidad 34CrNiMo6, se encuentran en estado de temple y revenido y se corresponden con la calidad 10.9.
- ✓ No se han detectado irregularidades metalúrgicas relativas al acero y estado de tratamiento térmico que hayan podido condicionar el fallo.
- ✓ En la rotura de estos PERNOS hay dos aspectos esenciales a tener en cuenta en la interpretación del fallo:
 - Asociado al inicio de las fracturas se observan unas melladuras intensas a partir de las cuales se desarrolla la rotura.
 - Las roturas se han producido por un mecanismo de cizalla que ha generado unas deformaciones estructurales sobre la superficie de fractura muy acusadas que denotan una fricción muy intensa.
- ✓ Desde Azterlan se considera que el fallo de estos PERNOS ha sido un fallo mecánico y que metalúrgicamente son correctos. Sería necesario disponer de todos los componentes que han intervenido en el fallo con el objeto de determinar el elemento que ha fallado en primer lugar desencadenando el resto de las roturas.



Figura 1. PERNO nº 1 motivo de estudio.



Figura 2. PERNO nº 1. Se señalan las zonas con marcas o indentaciones a partir de las cuales se genera la rotura. La rotura total de la pieza es el resultado de dos mecanismos de fallo, rotura primaria por mecanismos de cizalla y rotura final por sobreesfuerzo.

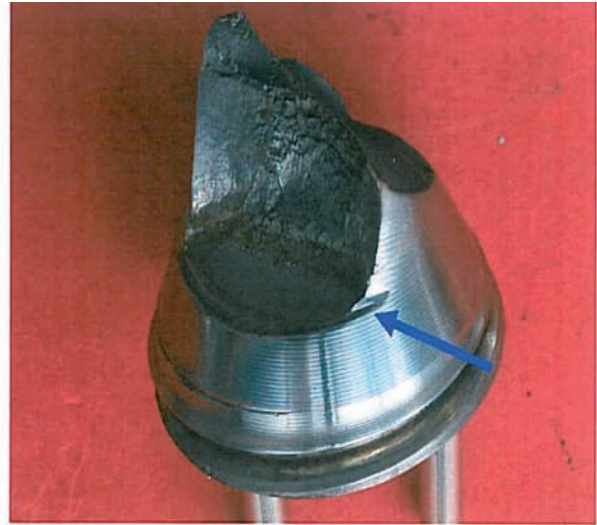


Figura 3. PERNO nº 1. Puede apreciarse la marca en la zona opuesta; a partir de las marcas se genera una rotura con una fuerte componente a cizalla.



Figura 4. PERNO nº 2. Puede apreciarse la localización de la rotura.

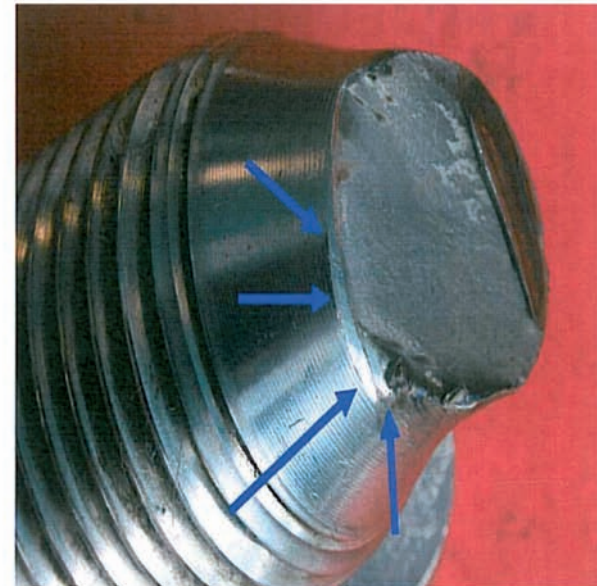
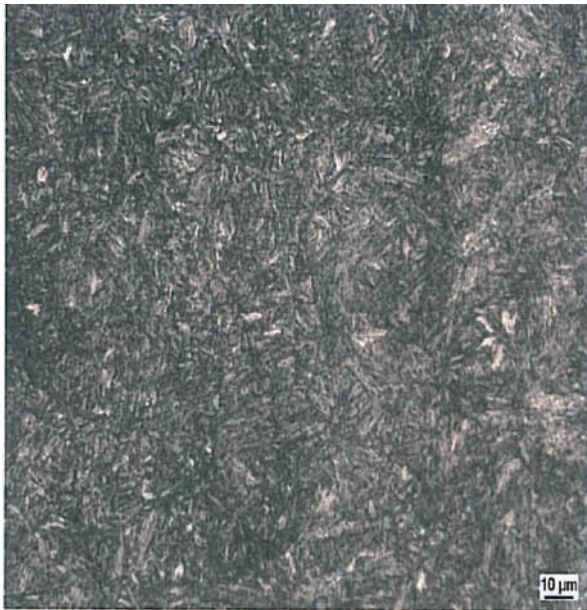


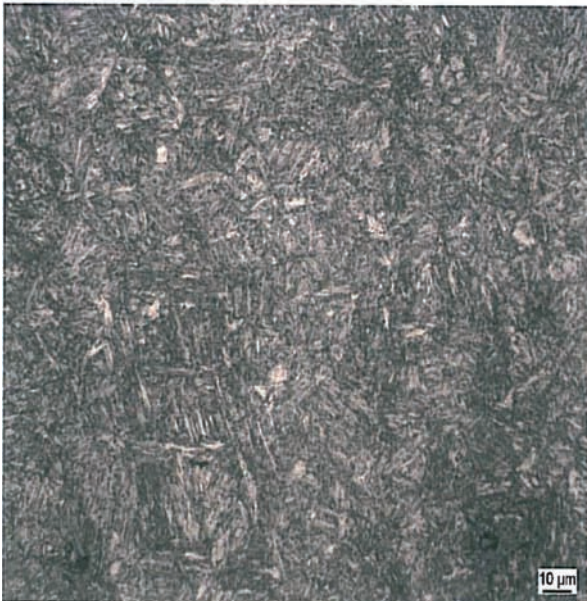
Figura 5. PERNO nº 2. Se señala la localización de las marcas a partir de las cuales se produce la rotura a cizalla.



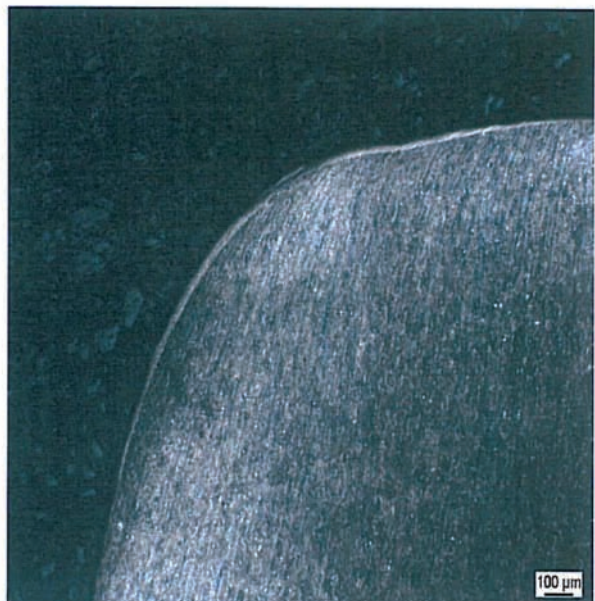
Micrografía 5. PERNO nº 2. La microestructura está formada por martensita revenida.



Micrografía 6. PERNO nº 2. Corresponde al inicio de la rotura, puede apreciarse la deformación debida al esfuerzo a cizalla.



Micrografía 1. PERNO nº 1. La microestructura está compuesta por martensita revenida.



Micrografía 2. PERNO nº 1. Puede apreciarse la microestructura intensamente deformada debido a un esfuerzo a cizalla.



Micrografía 3. PERNO nº 1. Detalle de la intensa deformación estructural que se genera en la rotura, se llega a producir una capa blanca.



Micrografía 4. PERNO nº 1. La microscopía electrónica efectuada sobre la propia superficie de fractura permite apreciar unos caracteres muy lisos debido a la intensa deformación microestructural que se ha generado en la fractura por cizalla.



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

Los resultados de este informe sólo afectan a las muestras sometidas a ensayo. Está prohibida la reproducción parcial de este informe, salvo autorización por escrito de AZTERU. La incertidumbre asociada a la medida de los resultados obtenidos en este informe se encuentra a disposición.



Micrografía 7. PERNO nº 2. Detalle de la deformación microestructural generada en la superficie de fractura debida a esfuerzo a cizalla.



Micrografía 8. PERNO nº 2. La superficie de fractura presenta una textura lisa debida a una deformación microestructural muy intensa como consecuencia de una rotura por cizalla.



Anexo 8. TABLA DE COMPROBACIÓN DE LAS ALARMAS DEL U.M.S.

U.M.SSHIP NAME MAR VIRGINIAFABRICATION 1999DATE 30/04/2009 01/05/2009

MDO	GRUPO	CANAL	CANAL DESIGNATION	DAYS FROM LAST RECORD (every 6 months must be TESTED)	TEST TYPE	ALARM LEVEL	DATE	COMMENTS	TEST TYPE	ALARM LEVEL	DATE
1		M0101	SOBREVELOCIDAD	71	REAL	820 RPM	19/04/2008	SUBIENDO REVOLUCIONES	REAL	820 RPM	19/02/2009
1		M0102	MUY BAJA PRESION ACEITE M.P.	71	REAL	2 BAR	19/04/2008	AL PARAR MP Y PARANDO BBA PRELUBRICACION	REAL	2 BAR	19/02/2009
1		M0103	MUY ALTA TEMP A.D. SALIDA MOTOR	71	SIMULADA	115 ºc	19/04/2008	TARANDO TERMOSTATO	SIMULADA	115 ºc	19/02/2009
1		M0104	MUY BAJA PRESION ACEITE ENTRADA REDUCTOR	71	REAL	0,5 BAR	19/04/2008	AL PARAR BBA PRELUBRICACION REDUCTOR	REAL	0,5 BAR	19/02/2009
1		M0201	BAJA PRESION PRELUBRICACION MOTOR	71	REAL	0,5 BAR	19/04/2008	FALLO BBA PRELUBRICACION	REAL	0,5 BAR	19/02/2009
1		M0202	BAJA PRESION ACEITE REDUCTOR	71	REAL	0,5 BAR	19/04/2008	PARAR BBA LUBRIC. REDUCTOR	REAL	0,5 BAR	19/02/2009
1		M0203	PASO DE HELICE DISTINTO DE CERO	71	REAL		19/04/2008	MOTOR PARADO MANDO KAMEWA DISTINTO DE CERO	REAL		19/02/2009
1		M0204	VIRADOR CONECTADO	71	REAL		19/04/2008	AL CONECTAR VIRADOR MP	REAL		19/02/2009
1		M0302	REDUCCION DE CARGA	0	REAL	500 ºC	30/04/2009	FOR FALLO BBA CIL Nº 7	REAL	500 ºC	19/02/2009
1		M0303	BAJA PRESION ENTRADA ACEITE MOTOR SLD	371	REAL	2,3 BAR	19/04/2008	PARAR / ARRANCA M.P.	REAL	2,3 BAR	22/09/2002



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

1	M0304	ALTA TEMP. ACEITE ENTRADA MOTOR SLD	371	SIMULADA	80°C	19/04/2008	TARANDO TERMOSTATO	SIMULADA	80°C	22/09/2002
1	M0305	BAJA PRESION A.D. ENTRADA MOTOR SLD	371	REAL	1,8 BAR	19/04/2008	AL PARAR MOTOR P PAL	REAL	1,8 BAR	22/09/2002
1	M0306	ALTA TEMP A.D. ENTRAD MOTOR ALTA TEMP SL	371	SIMULADA	108°C	19/04/2008	TARANDO TERMOSTATO	SIMULADA	108°C	22/09/2002
1	M0308	ALTA DENSIDAD NIEBLA CARTER	371	REAL		19/04/2008	CERRANDO AIRE DETECTOR DE NIEBLA	REAL		22/09/2002
1	M0309	SOBRECARGA MP ALTA TEMP GASES ESCAPE	2378		102%				102%	22/09/2002
1	M0318	COLECTOR TURBO Nº1 ALTA TEMP GASES ESCAPE	2378	SIMULADA	550°C		F/SERVICIO	SIMULADA	550°C	22/09/2002
1	M0319	COLECTOR TURBO Nº2 ALTA TEMP GASES ESCAPE	2378	SIMULADA	550°C		F/SERVICIO	SIMULADA	550°C	22/09/2002
1	M0320	ALTA TEMP SALIDA GASES ESCAPE TURBO	68	SIMULADA	450°C		F/SERVICIO	SIMULADA	450°C	22/02/2009
1	M0401	BAJA PRESION AIRE DE ARRANQUE	8	REAL	25 BAR	22/04/2009	CERRANDO VALV AIRE MP	REAL	08/11/2008	22/02/2009
1	M0402	BAJA PRESION AIRE DE CONTROL	8	REAL	15 BAR	22/04/2009	CERRANDO AIRE BOTTELLAS	REAL	15 BAR	22/02/2009
1	M0403	BAJA PRESION COMBUSTIBLE	8	REAL	5 BAR	22/04/2009	PARAR BBAS MODULO COMB	REAL	5 BAR	22/02/2009
1	M0404	ALTA /BAJA TEMP COMBUSTIBLE	8	REAL	85 /130° C	22/04/2009	FUERA SERVICIO TERMOSTATO AVERIADO	REAL	85 /130° C	22/02/2009
1	M0405	BAJA TEMP. AD SALIDA MOTOR ALTA TEMP	8	REAL	75°C	22/04/2009	CERRAR CALEFACCION	REAL	75°C	22/02/2009
1	M0406	BAJA PRESION AD ENTRADA MOTOR CIRCUITO A.T	8	REAL	1,8 BAR	22/04/2009	AL PARAR MP	REAL	1,8 BAR	26/02/2009
1	M0407	BAJA PRESION AD ENTRADA MOTOR ALTA TEMP	8	REAL	1,7 BAR	22/04/2009	AL PARAR MP	REAL	1,7 BAR	26/02/2009
1	M0408	ALTA TEMP AD SALIDA MOTOR BAJA TEMP	7	SIMULADA	75°C	23/04/2009	TARANDO SENSOR	SIMULADA	75°C	26/02/2009
1	M0410	ALTA /BAJA TEMP AIRE DE CARGA	7	REAL	70/35 °c	23/04/2009	PARAR CALEFACCION AL MP	REAL	70/35 °c	26/02/2009
1	M0411	ALTO NIVEL FUGAS COMBUSTIBLE SUCIO	7	REAL		23/04/2009	LLENANDO TANQUE	REAL		26/02/2009
1	M0412	ALTO NIVEL FUGAS COMBUSTIBLE LIMPIO	7	REAL		23/04/2009	LLENANDO TANQUE	REAL		26/02/2009



1	M0413	BAJO NIVEL TANQUE ACEITE	0	REAL	55 cms	30/04/2009	BAJAR SONDA HASTA DAR ALARMA	REAL	55 cms	26/02/2009
1	M0414	ALTA PRESION DIFERENCIAL FILTRO ACEITE	11	REAL	1,5bar	19/04/2009	AL HACER CAMBIO FILTROS ACEITE	REAL	1,5bar	26/02/2009
1	M0415	ALTA PRESION DIFERENCIAL FILTRO COMBUSTIBLE	1	SIMULADA	1,5 bar	29/04/2009	CERRAR PREOSTATO DIFERENCIA	SIMULADA	1,5 bar	26/02/2009
1	M0416	ARRANQUE STAND BY BBA RESERVA AD AT MP	13	REAL	1,5bar		AL PARAR MP	REAL	1,5bar	26/02/2009
1	M0417	ARRANQUE STAND BY BBA RESERVA AD BT MP	#REF!	REAL	1,5 / 2 bar	17/04/2009	AL PARAR MP	REAL	1,5 / 2 bar	26/02/2009
1	M0418	ARRANQUE STAND BY BBA RESERVA ACEITE MP	13	REAL	2,33 bar	17/04/2009	AL PARAR MP	REAL	2,33 bar	26/02/2009
1	M0419	FALLO ARRANQUE MP	4	REAL		26/04/2009	CERRANDO VALVULA AIRE	REAL		02/02/2009
1	M0420	FALLO EQUIPO TACOMETRICO	4	REAL		26/04/2009	POR FALLO DE ARRANQUE	REAL		02/02/2009
1	M0421	FALLO SENSOR PARADA BAJA PRESION ACEITE MP	88							02/02/2009
1	M0422	FALLO SENSOR PARADA AT AD	88							02/02/2009
1	M0423	FALLO SENSOR PARADA BAJA PRESION ACEITE REDUCTOR	88							02/02/2009
1	M0424	PARADA DE EMERGENCIA	64							26/02/2009
1	M0425	FALLO DETECTOR NIEBLA DEL CARTER	4	REAL		26/04/2009	CERRANDO AIRE DEL DETECTOR	REAL		27/02/2009
1	M0429	FALLO CONTROLADOR DE SEGURIDAD PLC MP	88	REAL			AL DESCONECTAR CUADRO SEGURIDADES	REAL		02/02/2009
1	M0430	INHIBICION ALARMA TEMP AIRE DE CARGA	12	REAL		18/04/2009	FUNCIONAMIENTO OK	REAL		02/02/2009
1	M0431	INHIBICION ALARMA TEMP ACEITE	12	REAL		18/04/2009	FUNCIONAMIENTO OK	REAL		02/02/2009
1	M0501	ALTA TEMP ACEITE	7	SIMULADA	60°C	23/04/2009	TARANDO TERMOSTATO	SIMULADA	60°C	02/02/2009
1	M0502	BAJO NIVEL ACEITE CARTER REDUCTOR	88				FLOTADOR AVERIADO			02/02/2009
1	M0503	ALTA TEMP ACEITE COJINETE EMPUJE	7	SIMULADA	70°C	23/04/2009	TARANDO TERMOSTATO	SIMULADA	70°C	02/02/2009



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

1	M0504	ARRANQUE STAND BY BBA ACEITE RESERVA REDUCTOR	1	REAL	0,7 BAR	29/04/2009	AL PARAR MP	REAL	0,7 BAR	02/02/2009
1	M0505	PARO STAND BY BBA ACEITE RESERVA REDUCTOR	1	REAL	3 BAR	29/04/2009	SUBIENDO REVOLUCIONES AL MP	REAL	3 BAR	02/02/2009
1	M0506	ALTA TEMP COJINETE POPA EJE MOTOR	∞	SIMULADA	85°C	22/06/2008	TARANDO TERMOSTATO	SIMULADA	85°C	02/02/2009
1	M0507	ALTA TEMP COJINETE POPA EJE PROPULSOR	∞	SIMULADA	85°C	22/06/2008	TARANDO TERMOSTATO	SIMULADA	85°C	02/02/2009
1	M0508	ALTA TEMP COJINETE PROA EJE MOTOR	∞	SIMULADA	85°C	23/06/2008	TARANDO TERMOSTATO	SIMULADA	85°C	02/02/2009
1	M0509	ALTA TEMP COJINETE PROA EJE PROPULSOR	∞	SIMULADA	85°C	23/06/2008	TARANDO TERMOSTATO	SIMULADA	85°C	02/02/2009
1	M0510	ALTA PRESION DIFERENCIAL FILTRO ACEITE REDUCTOR	1	REAL	0,8 BAR	29/04/2009	CERRANDO PREOSTATO DIFERENCIA	REAL	0,8 BAR	02/02/2009
1	M0511	BAJA PRESION REDUCTOR	1	REAL	0,8 BAR	29/04/2009	AL PARAR MP	REAL	0,8 BAR	02/02/2009
1	M0601	BAJA PRESION ACEITE SERVO KAMEVA	9	REAL	0,6 BAR	21/04/2009	AL CAMBIAR BBAS EN SERVICIO	REAL	0,6 BAR	02/02/2009
1	M0602	ALTA PRESION ACEITE SERVO KAMEVA	8	SIMULADA	6,5 BAR	22/04/2009	ACUTANDO PREOSTATO	SIMULADA	6,5 BAR	02/02/2009
1	M0603	BAJO NIVEL TANQUE ACEITE KAMEVA	∞	SIMULADA		23/01/2009	ACTUANDO FLOTADOR	SIMULADA		02/02/2009
1	M0604	ALTE TEMP ACEITE KAMEVA	∞	SIMULADA	65°C	23/01/2009	ACTUANDO TARADO TERMOSTATO	SIMULADA	65°C	02/02/2009
1	M0605	ARRANQUE STAND BY BBA ACEITE KAMEVA	∞	REAL		23/01/2009	PARA BBA SERVICIO Y ARRANCAR STAND BY	REAL		02/02/2009
1	M0606	BAJO NIVEL TANQUE GRAVEDAD ACIETE KAMEVA	∞	SIMULADA		23/01/2009	ACTUANDO FLOTADOR	SIMULADA		02/02/2009
1	M0607	ALTA TEMP COJINETE BOCINA PROA	∞	SIMULADA	85°C	23/01/2009	DESCONEXION TARJETA	SIMULADA	85°C	02/02/2009
1	M0608	ALTA TEMP COJINETE BOCINA POPA	∞	SIMULADA	85°C	23/01/2009	DESCONEXION TARJETA	SIMULADA	85°C	02/02/2009
1	M0609	BAJO NIVEL TK COMPESANCION ACTE BOCINA	∞	SIMULADA		23/01/2009	DESCONEXION TARJETA	SIMULADA		02/02/2009
1	M0611	FALLO SISTEMA CONTROL KAMEVA	∞	REAL		23/01/2009	AL PARAR BBAS DE KAMEVA	REAL		02/02/2009
1	M0612	FALLO TRANSMISOR KAMEVA	∞	REAL		23/01/2009	OK	REAL		02/02/2009



4		COLA FALLO CON OTROS GENER	31	SIMULAD A	05(11(2008	DESCONEXIÓN TARJETA UMS
4	M21	12A FREC GENERADOR COLA FALLO	30	REAL	45HZ 05(11(2008	POR FALLO ESTACION AIRE REDUCTORA REGULADOR
4	M2112 B	FRECGENERADORCOLAFALLO	30	REAL	05/1112008	POR FALLO ESTACION AIRE REDUCTORA REGULADOR
4	M21 13A	FRECUENCIA BARRAS COLA FALLO	30	REAL	45HZ 05(11(2008	POR FALLO ESTACION AIRE REDUCTORA REGULADOR
4	M21138	FRECUENCIA BARRAS COLA FALLO	30	REAL	05(11(2008	POR FALLO ESTACION AIRE REDUCTORA REGULADOR
4	M21 14	DISPARO INT AUTOMÁTICO COLA	30	REAL	05/11/2008	ACTIVANDO ALARMA DETECTOR DE NIEBLA
4		HOMBRE MUERTO EN EL PUENTE	30	REAL	05(11(2008	AL DESCONECTAR CUALQUIER APARATO DE MEDIDA
4	M2302	FALLO ALIM CORO DIST PUENTE	30	REAL	05(11/2008	QUITANDO ALIMENTACION AL CUADRO
4	M2303	ANOMALIASONDA	30	REAL	05(11(2008	QUITANDO ALIMENTACION AL EQUIPO
4	M2304	ANOMALIA CORREDERA	30	REAL	0511/2008	QUITANDO ALIMENTACION AL EQUIPO
4	M2305	ANOMALIA GIROSCOPICA	93S			
4	M2306	ANOMALIA AUTOMÁTICO PILOT	936 1			



Accidente ocurrido a bordo del buque MAR VIRGINIA, el día 2 de mayo de 2009, debido a una avería en el cilindro n.º 1 del motor principal con pérdida total del sistema propulsor

4	M2307	FALLO TEN PILOTO AUTOMATIGO	36C				
4	M2308	ANOMALIARADARARPA	30	REAL		06/11/2008	QUITANDO ALIM EQUIPO POR FALLO
4	M2309	FALLO TENSION GPS N°1	30	REAL		06/11/2008	QUITANDO ALIMENTACION AL EQUIPO
4	M2310	FALLO TENSIÓN GPS N°2	30	REAL		06/11/2008	QUITANDO ALIMENTACIÓN AL EQUIPO TARANDO SENSOR
4		EXHAV EXHAUST GAS AVERAGE TEMP	10	SIMULADA	450° C	20/04/2009	
4	M0310	AT GASES ESCAPE CIL N°1	8	SIMULADA	500° C	20/04/2009	SE RENUOVA SENSOR
4	M049A	DESVIO GASES ESCAPE CIL N°1	10	REAL	50° C	20/04/2009	TARANDO SENSOR
4	M0311	AT GASES ESCAPE CIL N°2	10	SIMULADA	500° C	20/04/2009	TARANDO SENSOR
4	M049B	DESVIO GASES ESCAPE CIL N°2	10	REAL	50° C	20/04/2009	AL PARAR EL MOTOR
4	M0312	AT GASES ESCAPE CIL N°3	10	SIMULADA	500° C	20/04/2009	TARANDO SENSOR
4	M049C	DESVIO GASES ESCAPE CIL N°3	10	SIMULADA	50° C	20/04/2009	AL PARAR EL MOTOR
4	M0313	AT GASES ESCAPE CIL N°4	10	REAL	500° C	20/04/2009	POR ALTA TEMP DE GASES
4	M049D	DESVIO GASES ESCAPE CIL N°4	10	SIMULADA	50° C	20/04/2009	POR ALTA TEMP DE GASES
4	M0314	AT GASES ESCAPE CIL N°5	10	SIMULADA	500° C	20/04/2009	TARANDO SENSOR
4	M049E	DESVIO GASES ESCAPE CIL N°5	10	SIMULADA	50° C	20/04/2009	TARANDO SENSOR
4	M0315	AT GASES ESCAPE CIL N°6	10	SIMULADA	500° C	20/04/2009	TARANDO SENSOR
4	M049F	DESVIO GASES ESCAPE CIL N°6	10	REAL	50° C	20/04/2009	AL PARAR EL MOTOR
4	EXHAV C	EXHAUST GAS AVERAGE TEMP	10	SIMULADA	0° C	20/04/2009	TARANDO SENSOR
4	M0316	AT GASES ESCAPE CIL N°7	10	SIMULADA	0° C	20/04/2009	PARANDO MOTOR PPAL
4	M0450	DESVIO GASES ESCAPE CIL N°7	10	REAL	0° C	20/04/2009	PARANDO MOTOR PPAL
4		AT GASES ESCAPE CIL N°8	10	REAL	0° C	20/04/2009	POR ALTA TEMP GASES

