



Ministerio de Fomento

DIRECCIÓN GENERAL DE LA MARINA MERCANTE

**Comisión Permanente de Investigación
de Siniestros Marítimos**

INFORME DE ACCIDENTE MARÍTIMO

**INFORME SOBRE EL HUNDIMIENTO, CON PERDIDA DE
VIDAS, DEL BUQUE PESQUERO**

“O BAHÍA”

**en el litoral de Galicia, cerca de las Islas Sisargas,
el día 2 de junio de 2004**



ADVERTENCIA

El presente informe ha sido elaborado por la Comisión Permanente de Investigación de Siniestros Marítimos, regulada por la Orden Ministerial de 17 de mayo de 2001.

De conformidad con lo señalado en el artículo 3 de la citada Orden Ministerial y en la Resolución núm.849 (20) de la Asamblea de la Organización Marítima Internacional, el presente informe es un documento de carácter técnico que refleja las conclusiones de la Comisión Permanente de Investigación de Siniestros Marítimos en relación con las circunstancias en que se produjo el accidente objeto de la investigación, sus causas y sus consecuencias, sin que se haya dirigido a la declaración de responsabilidades personales o pecuniarias, o limitación de derechos.

Esta investigación al tener un carácter exclusivamente técnico, su conducción ha sido efectuada sin recurrir necesariamente a procedimientos de prueba y sin otro objeto fundamental que la prevención de futuros accidentes.

Por tanto, la utilización de los resultados de la investigación, con una finalidad distinta a la descrita, quedan condicionada en todo caso a las premisas anteriormente expresadas, por lo que no deben prejuzgar los resultados obtenidos de cualquier otro expediente que, en relación con el accidente, pudiera ser incoado con arreglo a lo previsto en la legislación en vigor.

SINOPSIS

El día 2 de junio de 2004, mientras navegaba desde Burela (Lugo) hacia la ría de Vigo, el buque pesquero “*O Bahía*” naufragó en aguas próximas a las Islas Sisargas. Como consecuencia del naufragio perecieron seis tripulantes y otros cuatro se dieron como desaparecidos. Los cadáveres de cinco tripulantes se recuperaron del mar y el otro cadáver se recuperó del interior del buque después de su hundimiento.

La Comisión Permanente de Investigación de Siniestros Marítimos, después de analizar las pruebas disponibles, ha determinado que la causa del siniestro fue la pérdida de estabilidad transversal del buque que originó su vuelco y posterior hundimiento.



INDICE

1.- INTRODUCCIÓN	5
1.1. Características del buque y documentación	5
1.1.1. Características.....	5
1.1.2. Certificados del buque.	6
1.1.3. Despacho del buque.....	6
1.2. Descripción del accidente	7
1.2.1. Antecedentes.....	7
1.2.2. Fecha del siniestro	8
1.2.3. Evidencias del vuelco a babor	16
1.2.4. Evidencias y efecto de la red en el hundimiento	21
1.3. Acaecimientos posteriores al accidente.	27
1.4. Daños sufridos.	30
1.5. Tripulación y titulaciones.	30
1.6. Meteorología.....	31
2.- ANÁLISIS	36
2.1. Criterios de estabilidad.	37
2.2. Navegación del buque en las condiciones meteorológicas y de oleaje existentes	39
2.3. Análisis de los ensayos realizados en el CEHIPAR	44
2.4. La balsa salvavidas	47
2.5. Los aros salvavidas.	56
2.6. La Radiobaliza.	56



3.- CONCLUSIONES	60
3.1. Hechos.	60
3.2. Causas.	60
4.- RECOMENDACIONES.....	61
5.- GLOSARIO DE TERMINOS NÁUTICOS.....	63
6.- ACRONIMOS	67

ANEXOS:

1. Acta de las pruebas de estabilidad.
2. Informe del Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR)
3. Ensayos y conclusiones sobre la balsa salvavidas rescatada del pecio.
4. Ensayos de las zafas hidrostáticas *Hammar* H-20.
5. Informe técnico de la detección y localización de la alerta COSPAS-SARSAT correspondiente a la radiobaliza, emitido por la Estación Espacial de Maspalomas.



1.- INTRODUCCIÓN

El presente informe es el resultado de la investigación realizada por la Comisión Permanente de Investigación de Siniestros Marítimos (en lo sucesivo, “la Comisión”), en virtud de lo establecido en la Orden de 17 de mayo de 2001, sobre el siniestro del buque pesquero “*O Bahía*” ocurrido el día 2 junio de 2004”, que tuvo como consecuencia el hundimiento del buque, la muerte de seis tripulantes y la desaparición de otros cuatro.

El buque, que tenía su puerto base en Vigo, estaba dedicado a la modalidad de pesca de cerco, si bien navegaba en marcha libre cuando ocurrió el accidente.

1.1. Características del buque y documentación

1.1.1. Características:

“O Bahía”

Indicativo de matrícula.....	3ª-VILL5-5-99.
Distintivo de Llamada.....	EB-4024.
Pabellón.....	Español.
Tipo de Buque.....	Pesquero de cerco.
Año de Construcción.....	1999.
Material de construcción.....	Acero.
Eslora Total.....	18’00 mts.
Eslora entre perpendiculares.....	13’50 mts.
Eslora L.....	14’40 mts
Manga.....	5’20 mts.
Puntal Cubierta Principal.....	2’35 mts.
Francobordo verano.....	0’666 mts.
TRB.....	23’69.
GT.....	44.
Motor Propulsor.....	MAN tipo D-2540 MLS.
Potencia.....	290 CVE a 1500 rpm.
Tripulación a bordo en el siniestro.....	10 personas.



1.1.2. Certificados del buque:

- Certificado de Navegabilidad para embarcaciones menores de 24 m. de eslora: Última inspección: el 2 de marzo de 2004. Caducidad el 27 de febrero de 2005.
- Certificado Nacional de seguridad para embarcaciones menores de 16 m. de eslora. Última inspección con resultado satisfactorio: 12 de noviembre de 2003. Caducidad el 12 de noviembre de 2005. Número máximo de personas 8.
- Certificado de seguridad radioeléctrica. Última inspección con resultado satisfactorio: 5 de marzo de 2004. Caducidad: 5 de marzo de 2005.
- Certificado de reinspección de la balsa salvavidas. Fecha de la inspección 10 de septiembre de 2003. Validez 12 meses. Capacidad 8 personas.

1.1.3. Despacho del buque:

El 16 de abril de 2004, se presentó en la Capitanía Marítima de Vigo el Patrón del buque “*O Bahía*” para despachar el buque por cambio de la zona de pesca y para enrolar un nuevo tripulante.



Tras comprobarse por la Capitanía Marítima los requisitos exigidos en el artículo 21.3 del Reglamento sobre Despacho de Buques (Orden del Ministerio de Fomento, de 18 de enero de 2000), y en concreto que el buque estaba autorizado por la Secretaria General de Pesca para el nuevo caladero, que tenía todos sus Certificados en vigor y que el tripulante a embarcar estaba en posesión de los cursos y de la aptitud necesaria, se autorizó el despacho hasta el 30 de junio de 2004.

1.2. Descripción del accidente

1.2.1. Antecedentes:

El día 16 de abril de 2004, el buque “*O Bahia*” zarpó del puerto de Vigo despachado con 10 tripulantes, con destino al Puerto de Pasajes para realizar la costera de la anchoa. El día 5 de mayo, como consecuencia de la contaminación por agua de los 2.500 litros de Gasoil tomados el día anterior en el puerto de Pasajes, sufrió graves problemas en el motor. Como resultado de estos graves daños, y dado el coste económico y el tiempo requerido para su reparación, su armador decidió sustituir el motor averiado por uno nuevo, del mismo modelo y características, tal y como figura en la tabla adjunta, realizando su montaje y pruebas los días 20 y 21 respectivamente. El motor sustituido quedó en la nave de la empresa que había realizado los trabajos de cambio de motor.

	Marca	Modelo	Nº de Serie
Motor averiado	Man	D-2540 MLS	4639130165A301
Motor nuevo	Man	D-2540 MLS	4630338163A301

El día 27 de mayo a las 12 horas zarpó del puerto de Pasajes en lastre, dando por concluida la costera de la anchoa. El día 28 por la mañana, mientras navegaba en demanda del puerto de Vigo, su Patrón recibió noticias sobre la aparición de bancos de sardina en la costa de Lugo. Junto con otro buque el “*Novo Ameixa*”, decidieron establecer la base temporal en el puerto de Burela y dedicarse a la pesquería de sardina durante unos días, atracando en dicho puerto el día 28 de mayo a las 14^h00^m ⁽¹⁾. El día 31 de mayo, en torno a las 11 de la mañana, subió al varadero de Burela, para limpiar la hélice de restos de cabos y aparejos, bajando del varadero en la misma marea. Durante los días 31 de mayo y 1 de junio, se dedicó a la pesquería de la sardina en aguas del litoral lucense, como tenía previsto.

El día 1 de junio el “*O Bahia*”, tras tomar 2.500 litros de Gasoil, suministrado por Repsol-Burela y llenar los tanques de agua dulce en la lonja de Burela zarpó en compañía de otros buques cerqueros de la zona, para continuar la pesca de la sardina.

¹ Salvo que se diga otra cosa, todas las horas indicadas están referidas a la Hora Oficial de España.

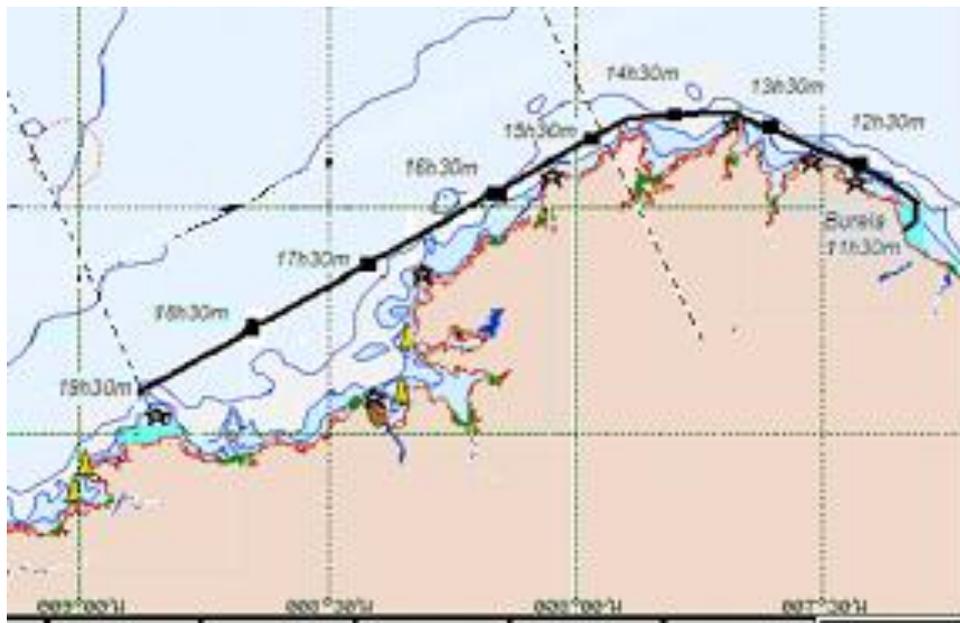


1.2.2. Sucesos en la fecha del siniestro:

El día 2 de junio, en torno a las 6 de la mañana, descargó los 5200 kg. de sardina y caballa que llevaba a bordo, saliendo a la mar en lastre y con destino a Vigo sobre las 11^h30^m de la mañana, después de estibar una segunda red en el compartimento central sobre la cubierta.

Cerca de las 14^h00^m dobló el cabo de la Estaca de Bares, y el cabo Ortegal a las 15^h00^m, tras lo cual puso rumbo en demanda de las Islas Sisargas, en cuyas inmediaciones estaba sobre las 19^h15^m.

Realizó su travesía navegando con mar de proa y viento del NW hasta la Estaca de Bares. Después de doblar el cabo Ortegal, el viento roló al NE y navegó con viento y mar de popa cerrada hasta el momento del accidente.



Derrota estimada del buque

Durante la navegación se mantuvieron varias conversaciones telefónicas de los tripulantes con amigos, compañeros y familiares, todo transcurría con normalidad y nada hacía presagiar el fatal desenlace. Una de esas comunicaciones telefónicas fue la mantenida entre el Patrón y el armador, a las 19^h13^m. En el transcurso de esa comunicación el armador oyó que el Patrón decía al timonel que fuera director, que aguantara más el barco y que no diera tantas guiñadas.

Por su parte, la esposa del Motorista declaró que estaba hablando por teléfono con él y que le oyó exclamar que qué pasaba, que el barco botaba como una pelota, tras lo cual se cortó la comunicación. La empresa operadora de telefonía no ha accedido a facilitar a la Comisión información sobre esta comunicación.



En los momentos previos al naufragio, en base al tiempo transcurrido desde la salida de Burela, la hora del naufragio (19^h34^m, hora de activación de la radiobaliza) y las millas recorridas, se estima que el buque navegaba a 10'5 nudos, y había dejado por el través de babor, a cuatro cables, el bajo denominado "Cabeza do Corvo", que tiene una sonda de 8'2 metros.

Las condiciones meteorológicas durante el naufragio, según el Instituto Nacional de Meteorología, eran, en el área Sisargas-Toriñana, viento del NE fuerza 5 a 6 de Beaufort y mar adentro, al Oeste de Finisterre, arreciando por la tarde a fuerza 7 con intervalos de 8. El estado de la mar era de marejada aumentando a fuerte marejada, con áreas de mar gruesa adentro entre Finisterre-Sisargas. Mar de fondo del Oeste-Noroeste de 1'5 metros.

En el momento de producirse el naufragio la altura significativa del oleaje era de 2'7 metros, con olas máximas de 4'8 metros. El periodo de pico del oleaje era de 6'25 segundos, la longitud de la ola de 61 metros², la velocidad de fase era de 9'8 m/s, la de propagación de la energía del grupo de olas de 4'9 m/s, y la velocidad del viento era de 26 nudos componente NE (45°).

El buque navegaba, debido a su rumbo, con olas por la popa y por la aleta, y a una velocidad muy parecida a la de propagación de la energía del grupo de olas. En estas condiciones de navegación, el valor de la relación:

$$\frac{\text{Velocidad del buque}}{\sqrt{\text{Eslora}}} = 2'91$$

indica que el buque estuvo navegando durante largos periodos de tiempo sobre las crestas de las olas, con efectos perjudiciales en la estabilidad sin avería³.

El valor de la relación:

$$\frac{\text{Velocidad del buque}}{\text{periodo de ola}} = 1'67$$

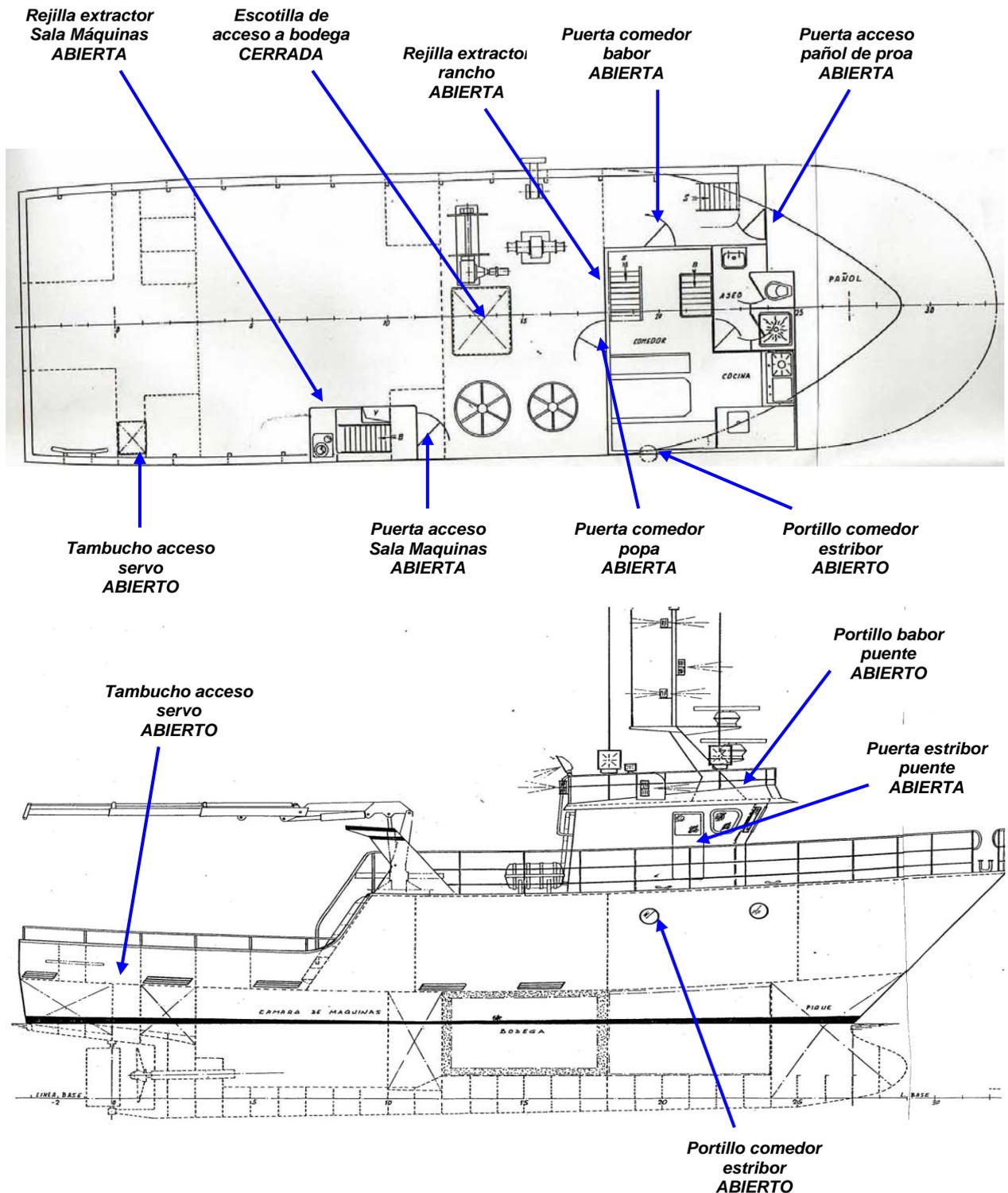
indica que el buque se vio afectado por golpes de mar, con ataques sucesivos de grandes olas, de tamaño doble que las observadas en las boyas de medición de oleaje, aumentando la escora y reduciendo más aún la estabilidad por la existencia en cubierta de pesos suplementarios (redes, etc.) más el peso del agua embarcada, que no pudo ser desalojada con la rapidez requerida por disponer de tejas en las falucheras. La inundación se vio favorecida por estar abiertos los siguientes medios de cierre, según puede apreciarse en las fotografías obtenidas del pecio: portillo de estribor del comedor, rejilla del extractor del "rancho", portillo de babor del puente, rejilla del extractor de la cámara de máquinas y tambucho de acceso al servo, quedando los

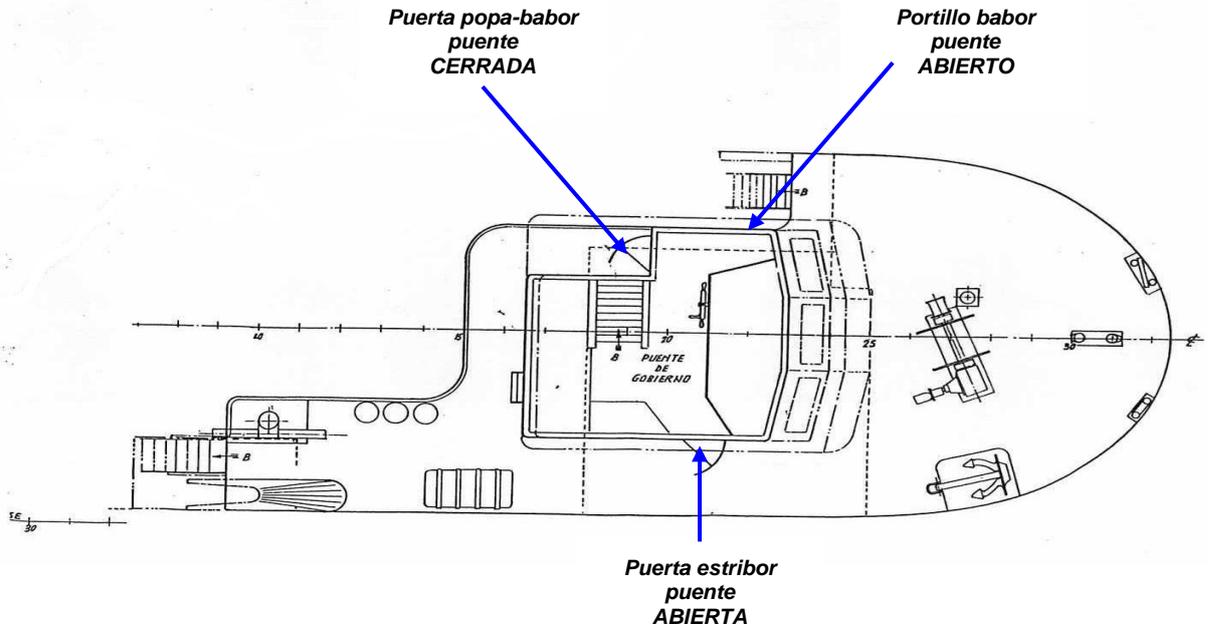
² De acuerdo con el modelo matemático aceptado por la OMI. Se ha considerado adecuado emplear este método en lugar del método de Stokes por tratarse de aguas profundas (el buque se hundió con 75 m de profundidad) y no afectar al oleaje en el lugar del siniestro los bajos de Cabezo del Noroeste del Cuervo.

³ Circular MSC 707 OMI, pág 9 figura 2



espacios correspondientes en comunicación con el exterior. Asimismo estaban abiertas las siguientes puertas estancas: acceso a la cámara de máquinas, accesos de babor y de popa al comedor y acceso de estribor del puente, acceso al pañol de proa.





Puerta de popa del comedor ABIERTA



*Portillo de Estribor del comedor **ABIERTO***



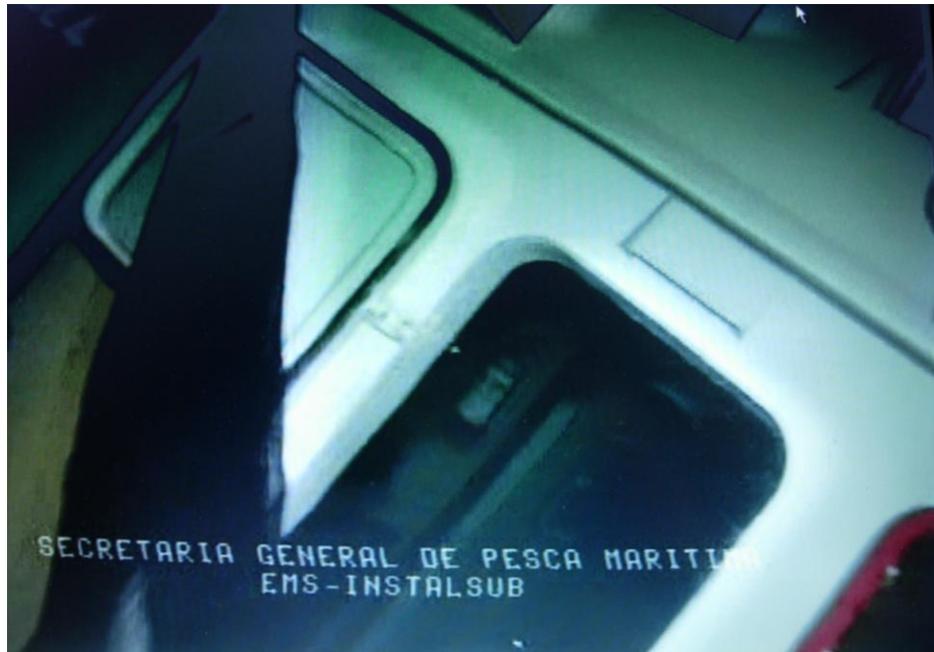
*Puerta del comedor de Estribor **ABIERTA**, perspectiva de la puerta desde el interior del comedor*



*Puerta de acceso a la Sala de Máquinas **ABIERTA***



*Puerta de Babor del puente de gobierno **CERRADA***



*Puerta de Estribor del puente de gobierno **ABIERTA***



*Puerta de Estribor del puente de gobierno **ABIERTA**, detalle del trincaje*



*Portillo de Babor del puente de gobierno **ABIERTO***



*Puerta de acceso al pañol de proa (Banda de Babor) **ABIERTA***



Tapa de escotilla de la bodega CERRADA

Ambos fenómenos unidos (por un lado la pérdida de estabilidad por navegación sobre la cresta de la ola y por los golpes de mar, y por otro el embarque de agua sin facilidad de desalojo, tanto en la cubierta como en la habitación a través de la puerta y del portillo de la cocina), provocaron el vuelco y posterior hundimiento.

La radiobaliza se liberó de su posición de estiba, encima del puente, cuando el buque volcó y en contacto con el agua, se activó, emitiendo la señal de alerta en la frecuencia de 406 MHz. Este hecho ocurrió a las 19^h34^m.

Llegado a este punto se van a considerar diferentes análisis que esclarecen y describen el hundimiento hasta llegar al fondo.

1.2.3. Evidencias del vuelco a babor:

A continuación se realiza un análisis del comportamiento de las mercancías estibadas en las distintas estanterías durante el vuelco.



En la Figura 1, que muestra el buque desde la perspectiva de popa hacia proa, observamos estanterías a Babor y Estribor que podrían corresponder a diversos compartimentos, llenas de diferentes materiales tales como: alimentos, repuestos, utensilios, tornillería etc. Dichas estanterías están provistas de rebordes en las baldas para evitar la caída de los objetos, con el movimiento habitual de los balances.

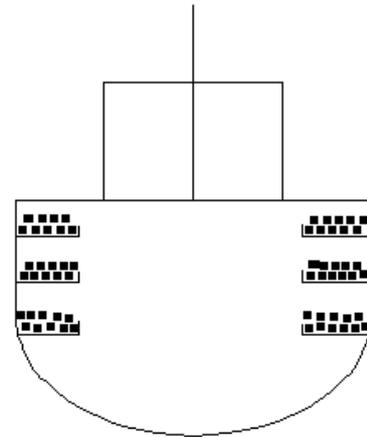


Figura 1

En la Figura 2 se muestra la situación de los objetos durante los momentos iniciales del vuelco. Cuando la escora del buque sobrepasa la escora de los balances habituales, (45° a Babor), se rompe la estiba de los objetos de las estanterías y sucede lo siguiente:

A.- En las estanterías limitadas por Babor, se comienzan a acumular los objetos, repuestos etc. sobre el mamparo o costado de Babor.

B.- En las estanterías limitadas por Estribor, los rebordes de cuyas baldas están por babor, comienzan a caer a las distintas cubiertas y planes, los objetos y mercancías.

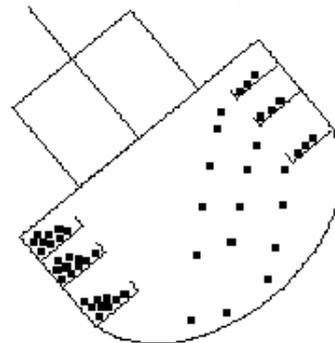


Figura 2



La Figura 3 muestra la situación de los objetos cuando el buque en su zozobra la escora alcanza los 90° a Babor:

A.- En las estanterías limitadas por Babor, se han acumulado todos los objetos, de la estantería sobre el mamparo o costado de Babor.

B.- En las estanterías limitadas por Estribor, los rebordes de cuyas baldas están por babor, han caído a las distintas cubiertas y planes los objetos y mercancías. Sólo permanecen pequeños objetos limitados por el ancho de los rebordes.

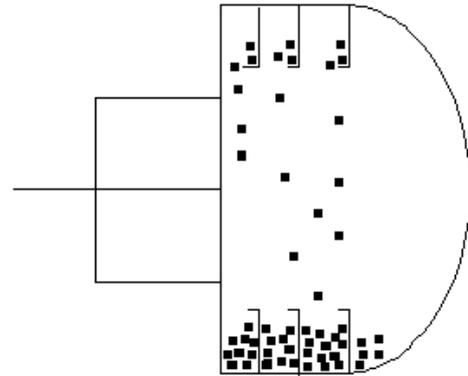


Figura 3

La Figura 4 muestra la situación de los objetos Cuando la escora alcanza los 180° (Buque Quilla al sol):

A.- En las estanterías limitadas por Babor, donde anteriormente se habían acumulado todos los objetos sobre el mamparo de Babor, ahora se acumulan en la parte inferior de la estantería superior y que ahora está por debajo.

B.- En las estanterías limitadas por Estribor cuyas baldas están por babor, y que se encuentran prácticamente semivacías por haberse caído todos los objetos salvo algunos pequeños que quedaron retenidos por el ancho de los rebordes de las baldas, ahora esos pequeños objetos caen sobre parte inferior de la estantería superior y que ahora está por debajo.

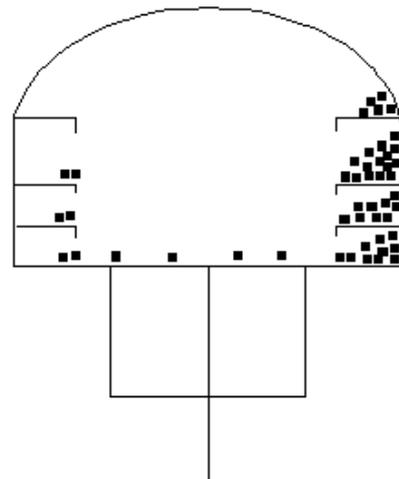


Figura 4



La Figura 5 muestra la situación de los objetos cuando después de haber alcanzado los 180° y haber estado “Quilla al sol”, por efecto del “par de giro impreso al buque” durante su hundimiento el buque comienza su proceso de adrizamiento (Escora de 135° a Babor):

A.- En las estanterías limitadas por Babor, los objetos tienden acumularse sobre el mamparo de Babor

B.- En las estanterías limitadas por Estribor los pequeños objetos que quedaron sobre la parte inferior de la estantería superior, caen por gravedad.

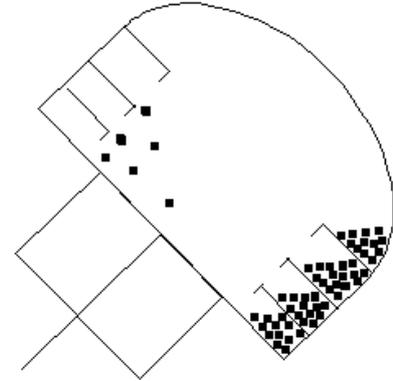


Figura 5

La Figura 6 muestra la situación de los objetos cuando después de haber alcanzado los 180° y haber estado “Quilla al sol”, por efecto del “par de giro impreso al buque” durante su hundimiento, el buque en su proceso de adrizamiento tiene una Escora de 90° a Babor:

A.- En las estanterías limitadas por Babor, todos los objetos se han acumulado sobre el mamparo de Babor

B.- En las estanterías limitadas por Estribor, todos los objetos se han caído por gravedad, las estanterías se encuentran totalmente vacías.

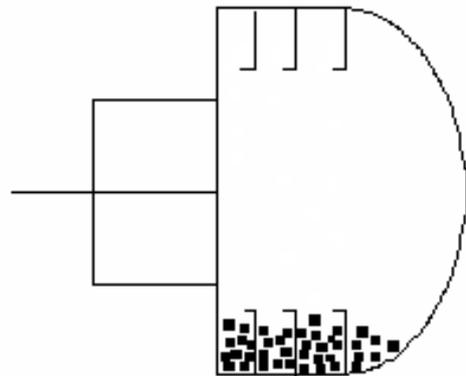


Figura 6



La Figura 7 muestra la situación cuando el buque ha tocado fondo y yace sobre el lecho marino permaneciendo con una Escora de 20° a Babor :

A.- En las estanterías limitadas por Babor, todos los objetos se han acumulado sobre el plan de la propia estantería y el mamparo de Babor

B.- En las estanterías limitadas por Estribor, todos los objetos se han caído por gravedad, tal como se muestra en las secuencias anteriores, y las estanterías se encuentran totalmente vacías.

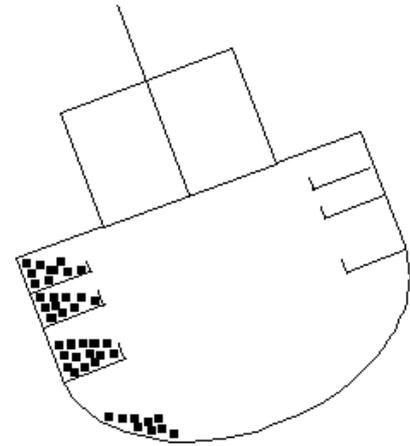


Figura 7

Así pues la distribución, acumulación y posición de diversos materiales, utensilios y objetos diseminados por el pecio, evidencian que el vuelco se produjo sobre el costado de babor, como puede observarse en la siguiente información gráfica:

1. Las estanterías situadas en la banda de Estribor se encuentran completamente vacías, no quedando depositadas sobre ninguna de ellas ni un solo repuesto, tornillo, utensilio, etc





2. En las estanterías del costado de Babor, se acumula toda clase de objetos, mezclados entre si, tanto los habituales en dichas estanterías, como los que como consecuencia del vuelco cayeron por gravedad sobre las mismas.



1.2.4. Evidencias y efecto de la red en el hundimiento:

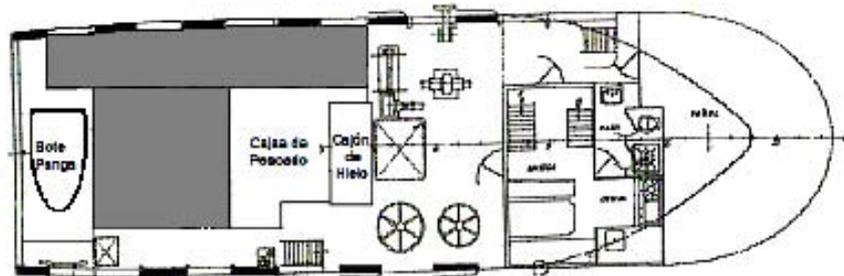


Figura 1A

En la figuras 1A y 1B se observan, las dos redes estibadas en sus compartimentos de popa-Babor y popa-centro, limitados por las encajonadas y el costado de babor.

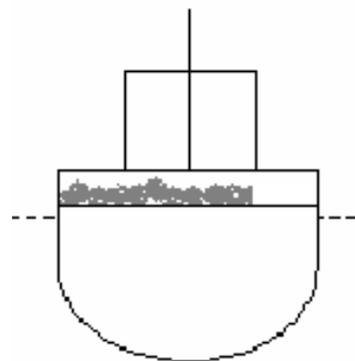


Figura 1B



En la figura 2, una vez zozobrado el buque y consumado el vuelco sobre su costado de babor, parte del aparejo, (la parte de la plomada) tiende a caer por gravedad y parte del aparejo (la de la corchera) tiende a flotar (si bien se encuentra limitada por la cubierta).

El aparejo se encontraba trincado, por lo que es difícil pronosticar qué parte de trincas se zafaron y cómo evolucionó el maremagnum del aparejo.

En la figura 3, durante el tiempo que el buque permanece “quilla al sol”, mientras evoluciona la inundación de los distintos compartimentos, la parte del aparejo que se ha ido zafando de las trincas tiende a flotar (Si bien esta emersión queda limitada por la propia cubierta que ahora está en su parte superior) o ir hacia el fondo según se trate de la Corchera o de la Plomada, enredándose debido a la inestabilidad y movimientos del casco en diversos puntos salientes, (antenas, barandillado etc.)

En la figura 4 continúa el proceso de inundación y el aparejo sigue la tendencia explicada en el párrafo anterior así como enredándose en diversas partes del casco.

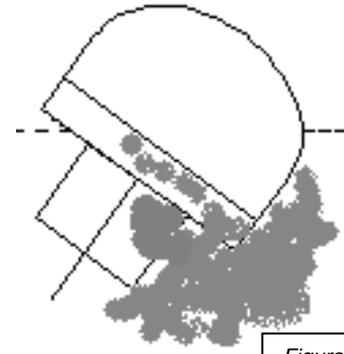


Figura 2

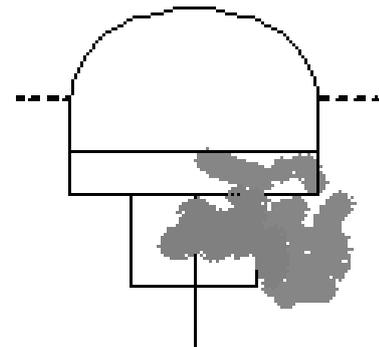


Figura 3

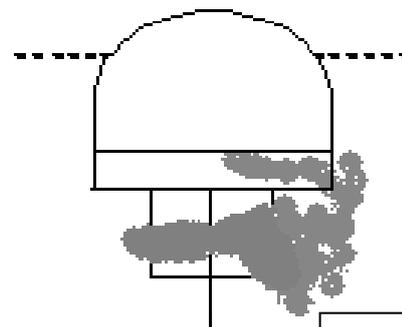


Figura 4



En la figura 5, cuando el buque pierde su flotabilidad y comienza su hundimiento, la red continúa la tendencia explicada anteriormente.

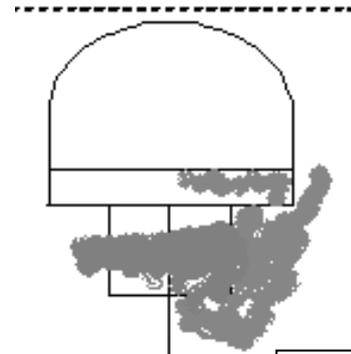


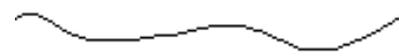
Figura 5

En la figura 6, cuando alcanza determinada profundidad, (en torno a los 40 metros), por efecto de la presión se produce la implosión de la bodega, y la inundación de la misma.

El casco, en su hundimiento, presenta una posición inestable, que se ve alterada por la implosión de la tapa de escotilla de la bodega (precipitación de un gran volumen de agua en la bodega) y el “efecto paracaídas” de la parte de las corcheras de la red, imprimiendo al casco un “par de giro”.



Figura 6





En la figura 7 como consecuencia del par de giro, el buque comienza su tendencia al adrizamiento, mientras la parte de la corchera de las redes en su inmersión, se enreda en antenas y barandillado.

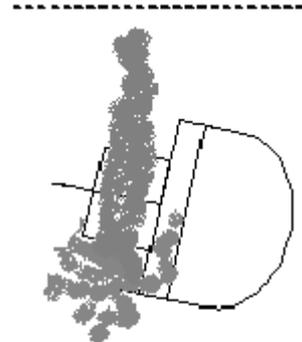


Figura 7

En la figura 8 se muestra la posición en que ha quedado el pecio en el fondo.

El aparejo, se encuentra:

- La parte correspondiente a la plomada, tendida por el fondo por la parte de babor y en las inmediaciones del pecio.
- Parte, sobre la cubierta (la parte que no pudo zafarse de las trincas)
- Parte enredado sobre el costado de Babor, sobre antenas, focos, barandillado etc.
- Parte del aparejo, la correspondiente a la corchera, llegó y se encontró flotando en la superficie.
- La parte de la quilla y su costado de Estribor, se encuentran libres de toda clase de aparejos.

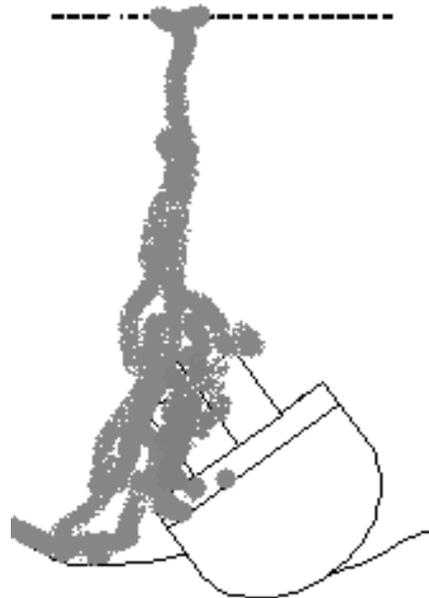


Figura 8



De acuerdo con los estudios anteriores, y con el análisis de la posición del contenedor de la balsa salvavidas en el pecio y de la no activación de la zafa hidrostática (epígrafe 2.3.), y teniendo en cuenta las pruebas y ensayos efectuados con balsas salvavidas similares a requerimiento de la Comisión, puede afirmarse que el buque escoró hacia su costado de babor y continuó su vuelco hasta que los centros de carena y de gravedad estuvieron en la misma vertical, alcanzándose una nueva flotación de equilibrio quedando en la posición de quilla al sol. La burbuja de aire que aprisionaba el casco retrasó algunos minutos su hundimiento. En esta posición la columna de agua por encima del contenedor cilíndrico que contenía la balsa salvavidas era menor de 3'47 metros⁴, lo que impidió que se activara la zafa hidrostática hasta alcanzar dicha profundidad y se pudiera liberar el contenedor de su cama, emerger, activarse la botella de gas, abrirse sus dos mitades e inflarse la balsa. Asimismo, el contenedor, con la balsa dentro, se inundó por las aberturas del sistema de drenaje y de la salida de la boza.

El buque permaneció con la quilla al sol, al menos, durante 15 minutos⁵, coincidente con el que necesita el contenedor de la balsa para llenarse de agua y perder la flotabilidad. Cuando la zafa hidrostática del contenedor de la balsa se activó, a 3'47 metros de profundidad, el buque estaba sumergiéndose, no pudiendo emerger el contenedor con la balsa dentro al haberse inundado y no superar el empuje a su peso.

Los dos aros salvavidas, dotados de flotabilidad propia, y provistos de luces Holmes, rabiza y devanadera en la que se adujaba la rabiza, no salieron a la superficie por encontrarse la rabiza sujeta a la devanadera, según se muestra en las fotografías siguientes:

⁴ Dato obtenido de los ensayos realizados con 57 zafas hidrostáticas Hammar H -20..

⁵ Acta de recuperación de la balsa. Ensayos Jovellanos



Tal como se aprecia en las fotografías anteriores, los aros, permanecen con flotabilidad positiva, impidiendo su emersión, la rabiza que los sujeta.



El naufragio del buque “*O Bahia*” se produjo a las 19^h34^m, cerca de las Islas Sisargas, en situación: lat. = 43° 22’6N y Long. = 008°52’4W. Como consecuencia del naufragio murieron seis personas y otras cuatro se dieron como desaparecidas. Los cuerpos de cinco de los tripulantes se encontraron flotando en el mar al día siguiente del naufragio, y el del sexto tripulante se encontró dentro del pecio el día 8 de junio. Los cuerpos de los demás tripulantes no aparecieron, después de varios días de búsqueda en superficie y en la costa.

1.3. Acaecimientos posteriores al accidente.

A las 19^h34^m la señal de alarma de la radiobaliza fue recibida por el satélite Geoestacionario 12, y transmitida inmediatamente al Centro de Seguimiento Espacial de Maspalomas. Esta señal no precisó la posición del buque, sólo identificó el código del buque, que una vez descifrado en la base de datos de la Dirección General de la Marina Mercante, resultó ser el del “*O Bahia*”.

Sólo cuando se recibió en el CNCS una comunicación del Centro de Seguimiento Aeroespacial de Maspalomas de una nueva alerta de la radiobaliza, captada por el satélite de órbita polar SARSAT 6, a las 20^h12^m, fue posible identificar su situación con una probabilidad del 92% (situación lat. = 43°22’5N y Long. = 008°52’6W). La siguiente pasada de un satélite polar, a las 20^h35^m, el SARSAT 7 confirmó la situación que había dado el primer satélite de órbita polar SARSAT 6.

En el epígrafe **2.5.** se explica la diferencia de tiempo entre la hora de activación de la radiobaliza y la determinación de su posición, tal y como figura en el informe emitido por dicho Centro de Seguimiento Aeroespacial.

Paralelamente, e independientemente de los datos que se pudieran recibir de la estación de Maspalomas, una vez conocido el nombre del buque cuya radiobaliza transmitió la señal de alarma, tras las oportunas investigaciones del personal de la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR), a las 20^h00^m se supo que el “*O Bahia*” se dirigía desde el puerto de Burela al de Vigo por las llamadas realizadas una hora antes a través del equipo de VHF entre este pesquero y otras embarcaciones con las que iba navegando en compañía. A las 20^h10^m se movilizó la embarcación de salvamento “*Salvamar Altair*”, con el fin de tratar de localizar la radiobaliza por medio del radiogoniómetro. A las 20^h18^m, una vez conocida la situación de la radiobaliza, se movilizó el helicóptero “*Helimer Galicia*”, con base en La Coruña, que localizó los restos del naufragio a las 21^h15^m, es decir, 1^h40^m después de la señal de alarma de la radiobaliza.

Inmediatamente al avistamiento de restos del naufragio, el CZCS de Finisterre movilizó sucesivamente los siguientes medios de salvamento:

- El buque de salvamento “*Ibaizábal II*”
- La embarcación de salvamento “*Salvamar Dubhe*”,



- Embarcación “*Paio Gómez Chariño*”, de la Xunta de Galicia, relevada posteriormente por la embarcación “*Punta Festiñanzo*”
- Helicóptero de Salvamento “*Pesca II*”, de la Xunta de Galicia
- Embarcación “*GCM-10*”, del Servicio Marítimo de la Guardia Civil.

A las 22^h04^m la embarcación de Salvamento “*Salvamar Altair*” comunicó el hallazgo de un chaleco salvavidas perteneciente al buque “*O Bahia*” en la posición lat. = 43°20’4N y Long. = 008°56’8W)

A lo largo de la noche, las unidades rastrearon la zona de activación de las radiobalizas sin resultado útil.

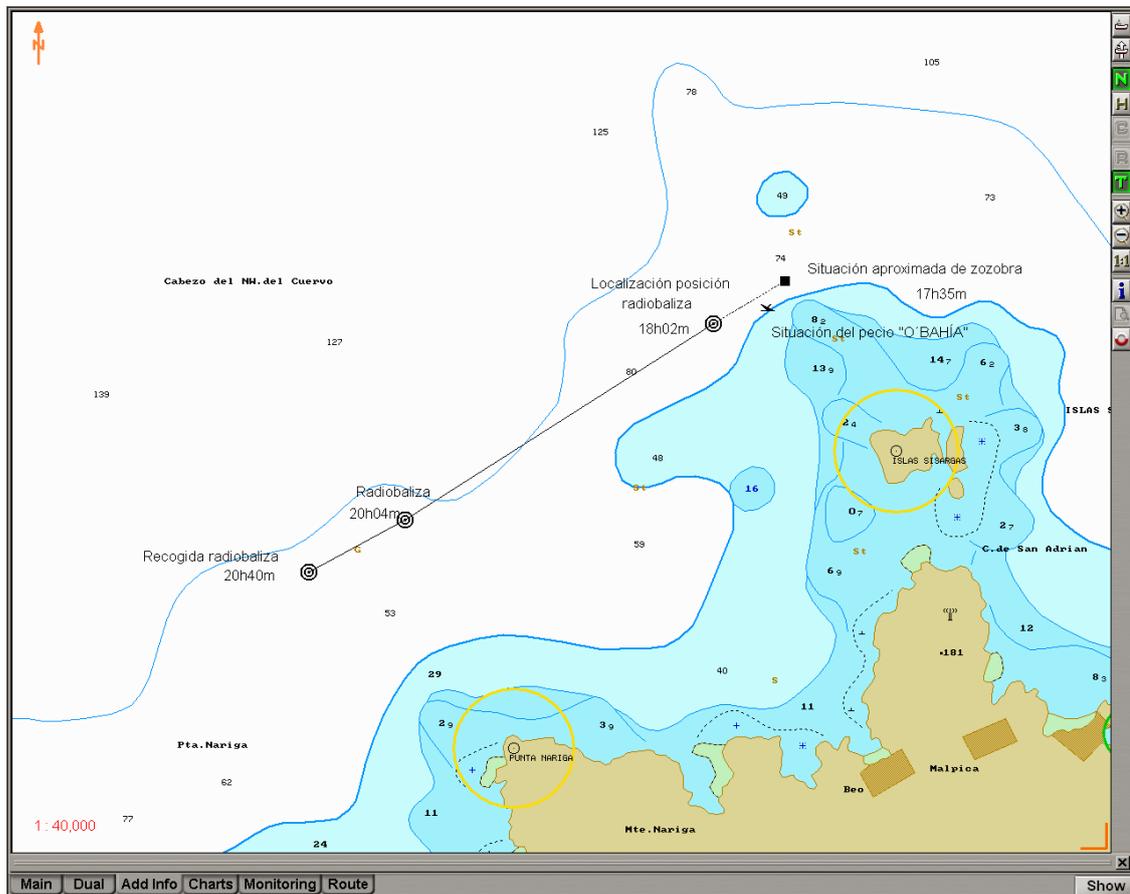
A primeras horas de la mañana del día 3 de junio el helicóptero “*Pesca I*” de la Xunta de Galicia avistó un cadáver y restos de cajas y enseres. Poco después se fueron localizando y, posteriormente, recuperando tres cuerpos más sin vida de los tripulantes del pesquero siniestrado, mientras se continuaba con las operaciones de rastreo para la recuperación del resto de los tripulantes.

La localización de los cadáveres se produjo en las aguas costeras entre el Faro de El Roncudo y la Playa de Abarda, municipio de Ponteceso.

El Capitán Marítimo de La Coruña dictó orden de prohibición de la navegación y de actividades subacuáticas en el área de una milla de radio alrededor de la posición de activación de la radiobaliza. Durante toda la jornada continuaron las operaciones de búsqueda de los desaparecidos sin resultado.

El mismo día 3, cuando se presumió como cierto el hundimiento del buque “*O Bahia*”, y para la localización del buque pesquero hundido, SASEMAR movilizó al equipo de buceadores de la empresa “Mediterráneo de Servicios Marinos”, previamente contratada para trabajos submarinos y de lucha contra la contaminación.

A última hora del día 4 de junio se produjo la localización del pecio mediante sonar, en la posición de lat. = 43°22’5 N y Long. = 008°52’2 W, a una profundidad de 75 a 76 metros, manteniéndose la prohibición de la navegación en una milla alrededor del pecio, tras lo que se decidió la iniciación de labores de búsqueda submarina en su interior para proceder, en su caso, a la localización y posterior recuperación de los cuerpos del resto de los tripulantes. Las operaciones de búsqueda submarina se iniciaron desde la embarcación de apoyo “*Latero*”, en primer lugar mediante la utilización de un ROV (*Remote Operated Vehicle*) o robot submarino proporcionado por la Secretaría General de Pesca Marítima, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, para la obtención de las imágenes iniciales del pecio; y después, mediante las sucesivas inmersiones de los buzos de la citada empresa.



Localización del pecio y de la radiobaliza

A esa profundidad, el equipo de buzos movilizado tenía limitada la duración de sus inmersiones a 15 minutos, suficientes para un reconocimiento inicial del pecio y de las zonas próximas, pero no para una inspección de su interior más detallada, que aún se hacía más dificultosa por el despliegue de las redes de pesca y del cordón umbilical por el que se suministraba al buzo aire y energía eléctrica desde la superficie. No obstante, lograron localizar y recuperar el cuerpo sin vida de otro de los tripulantes.

Para aumentar el tiempo de las inmersiones y poder trabajar en el pecio de manera continuada se contrataron los servicios de la empresa "Saipem UK Ltd". Un equipo de esta empresa llegó el 11 de junio a La Coruña, a bordo del buque "Bar Protector", que disponía de cámara hiperbárica y de cápsula o campana submarina. Tras varios días de trabajos submarinos los buzos confirmaron que los tripulantes restantes no se encontraban en el pecio por lo que el día 18 de junio se suspendieron las operaciones de búsqueda submarina, continuando la búsqueda en superficie sin resultado satisfactorio final.



1.4. Daños sufridos.

Como consecuencia del accidente se produjo la muerte de 6 personas, la desaparición de otras 4 y la pérdida del buque.

RESUMEN DE DAÑOS SUFRIDOS	
Fallecidos	6
Desaparecidos	4
Daños materiales	Pérdida del buque

1.5. Tripulación y titulaciones.

La tripulación enrolada por el Patrón en el momento del despacho coincidía con la que navegaba en el momento del naufragio, es decir 10 personas.

De acuerdo con la Lista de Tripulantes, la composición de la tripulación era la siguiente: Un Patrón, un Mecánico y 8 marineros.

El Patrón al mando del citado buque, tenía las siguientes titulaciones: Patrón de Segunda clase de Pesca Litoral y Mecánico de Litoral.

El Mecánico del citado buque tenía las siguientes titulaciones: Patrón de Segunda clase de Pesca Litoral y Mecánico de Litoral.

Las citadas titulaciones satisfacían los requisitos exigidos para el tipo de buque y actividad.

En cuanto a los certificados de Supervivencia y Contraincendios, la Orden de 31 de julio de 1992 por la que se establecen los certificados de especialidad en seguridad marítima (Tercer Nivel) y se modifican determinados aspectos de los certificados de Lucha Contraincendios y Supervivencia en la mar (Primer y Segundo Nivel), establecidos por la Orden de 29 de marzo de 1990, en su artículo 6, especifica que en los buques mayores de 20 TRB, el Patrón y el Mecánico deberán encontrarse en posesión del curso de Supervivencia en la Mar Primer Nivel (obligatorio desde el 1 de enero de 1995), condiciones que cumplían ambos.

Asimismo, aunque no era exigible reglamentariamente, 5 de los marineros estaban en posesión de los certificados básicos de supervivencia y 3 de ellos el de Lucha Contraincendios.



1.6. Meteorología

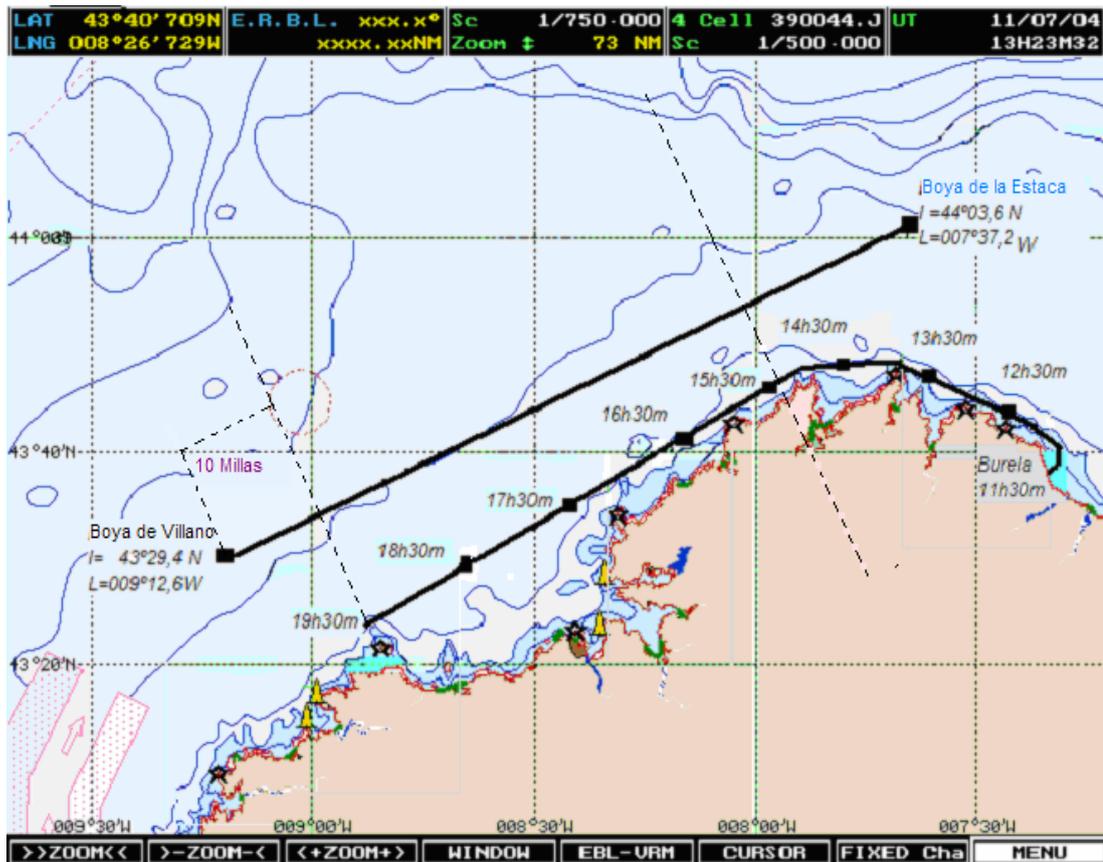
En la derrota desde Burela hasta la Estaca de Bares, con viento del NW, el buque navegó con viento de proa. Desde que dobló el Cabo Ortegal hasta su hundimiento el buque navegó con viento y mar de popa, pues el viento roló al NE, en la forma en que se describe más adelante.

La predicción meteorológica, confirmada después, era de viento del NE fuerza 7 Beaufort con intervalos de 8, en la zona de Finisterre-Sisargas y mar adentro en toda la zona costera de La Coruña.

Las condiciones meteorológicas y de oleaje han sido obtenidas respectivamente del Instituto Nacional de Meteorología y de la Red de Boyas Exterior del Ente Público Puertos del Estado para medición de oleaje, tomándose los datos de las 2 boyas más próximas al lugar del accidente, con las siguientes posiciones:

Cabo Villano – Is. Sisargas: 43° 29' 4 N - 009° 12' 6 W, profundidad 386 m

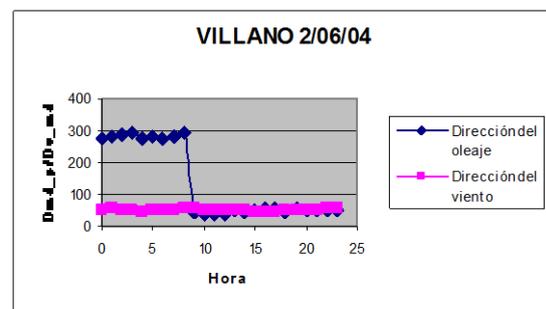
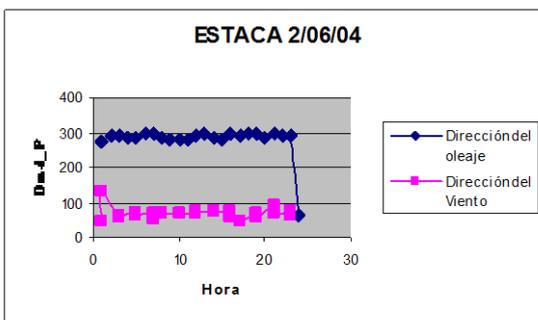
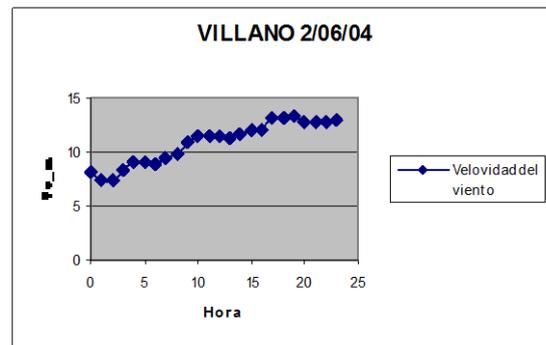
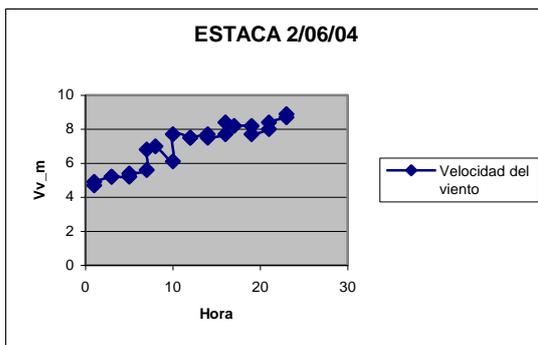
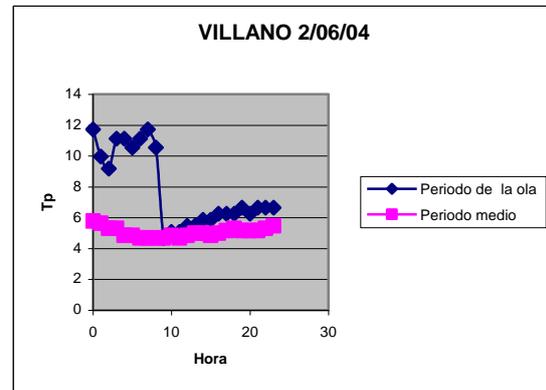
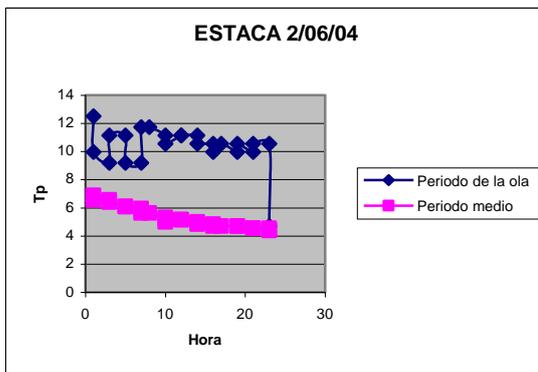
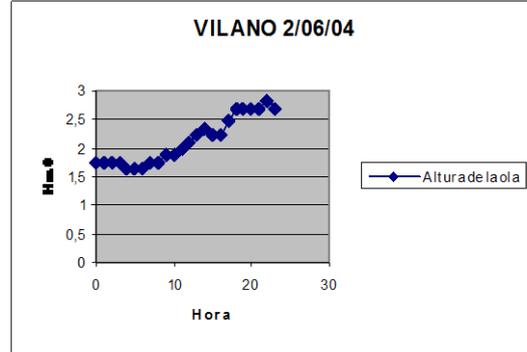
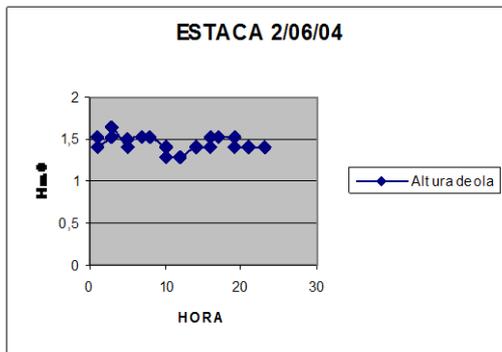
Cabo Estaca de Bares: 44° 03' 6 N - 007° 37' 2 W, profundidad 382 m

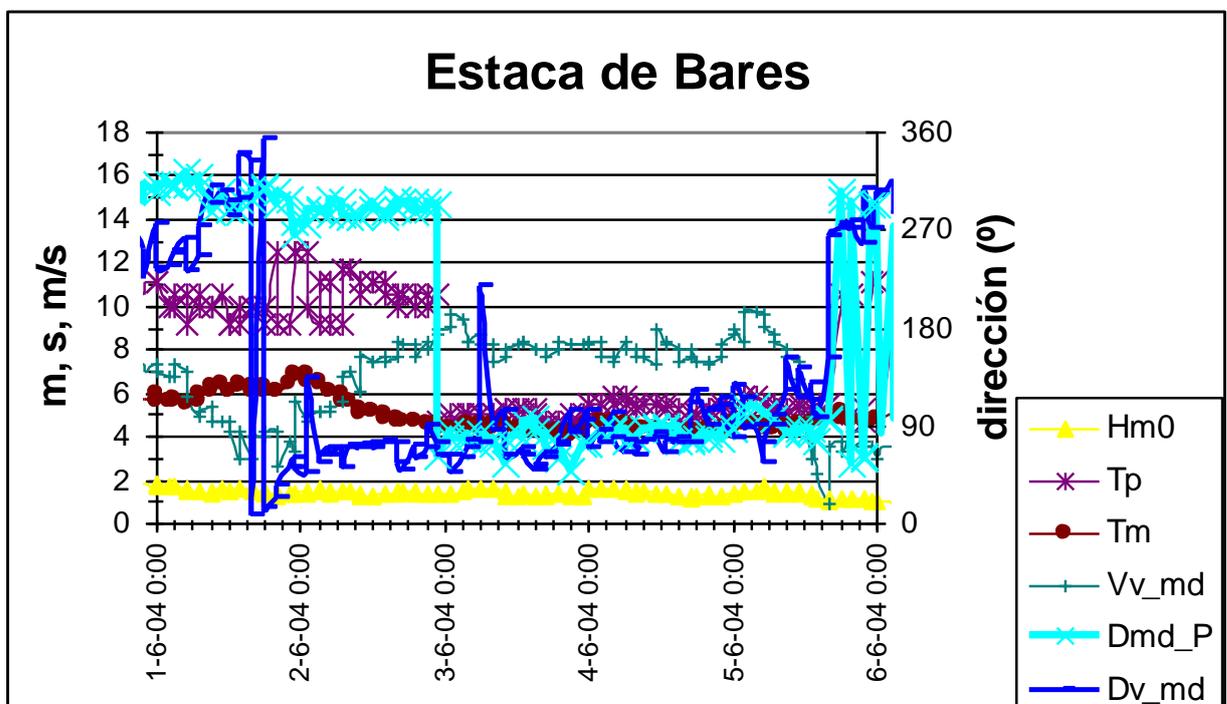
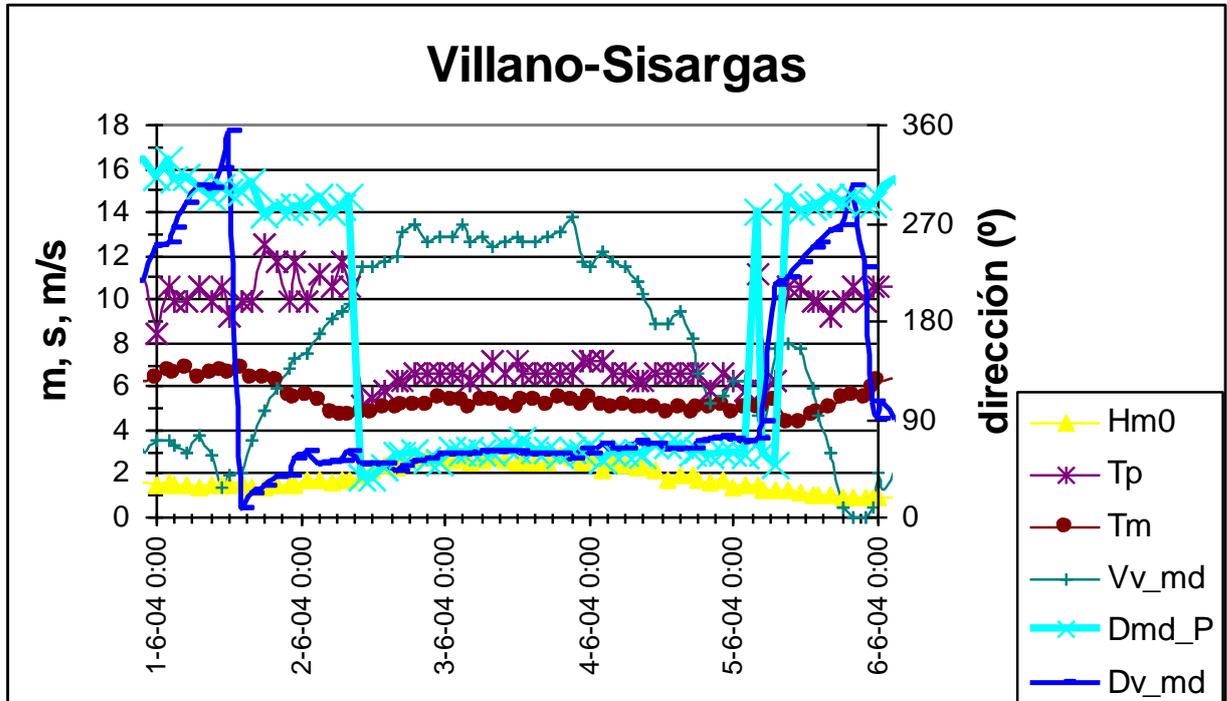


En el gráfico se representan las dos boyas de Villano y de la Estaca, de medida del oleaje de las Red Exterior del Ente Público Puertos del Estado, y la derrota seguida por el barco, desde su salida de Burela, en la mañana del día 2-6-2004, hasta su hundimiento cerca de las islas Sisargas en la tarde del mismo día.



A continuación se reproducen los gráficos de las condiciones de mar y viento captadas por las Boyas de medida de la estaca y Villano el día 02 de junio de 2004.







En el eje vertical de la derecha se representan direcciones de procedencia de viento y oleaje, siendo el norte 0° o bien 360° , el sur 180° , y el este 90° .

Las series meteo-marinas representadas son:

- 1 Hm0, altura significativa del oleaje (m), se corresponde con lo que en el presente estudio se denomina Hs o bien H1/3.
- 2 Tp, periodo de pico del oleaje (s)
- 3 Tm, periodo medio del oleaje (s)
- 4 Vv_md, velocidad media del viento (m/s)
- 5 Dmd_p, dirección media de procedencia del oleaje ($^\circ$)
- 6 Dv_md, dirección media de procedencia del viento ($^\circ$)

Las series de dirección de ola y viento deben ser leídas en el eje vertical de la derecha, y el resto en el de la izquierda.

En todas ellas, en el eje horizontal inferior se mide el instante al que se refiere la medida.

En la boya de Villano, hacia las $12^{\text{h}}00^{\text{m}}$ GMT del 1 de junio de 2004, el viento, que hasta entonces estaba soplando del W a WNW (unos 290° - 270°), rola al NE (45°), a la vez que su velocidad empieza a incrementarse de modo continuo desde 2 m/s hasta su valor máximo (13 m/s \approx 26 nudos) a las $18^{\text{h}}00^{\text{m}}$ GMT del 2 de junio. Durante ese periodo, la mar, que había sido del W (270°) y con ola larga (Tp=10-12 m/s) hasta las $09^{\text{h}}00^{\text{m}}$ del mismo día 2 de junio, pasa a formarse del NE, con un periodo mas corto, y ola también más corta. Al mismo tiempo, la altura significativa ha ido creciendo desde apenas 1'4 m, hasta alcanzar 2'7 m a las $18^{\text{h}}00^{\text{m}}$ GMT del mismo día. En esas olas se produce el accidente.

A la vista del gráfico podemos concretar los valores de estas variables:

H: $17^{\text{h}}30^{\text{m}}$ GMT del 2 de junio de 2004

Tp: 6'25 s

Cp: 9'8 m/s

Cpg: 4'9 m/s, Velocidad grupo

Distancia eje (Hundimiento-Boya): 10 millas.



Con los anteriores valores, resulta, sustituyendo en la fórmula:

$$\begin{aligned}dT &= \text{distancia eje (Hundimiento-Boya)} / \text{Velocidad grupo} = \\ &= 10 \text{ millas} / [(4,9 \text{ m/s}) / (0,5144 \text{ m/s/ nudo})] = 1 \text{ hora}\end{aligned}$$

Es decir, la ola de altura $H_s = 2,7$ registrada en la boya a las $18^{\text{h}}30^{\text{m}}$ GMT es la que estaba pasando por la zona de hundimiento a la hora $(18^{\text{h}}30^{\text{m}} - dT)$ GMT. Y a la inversa, siendo las $17^{\text{h}}30^{\text{m}}$ GMT en el lugar del accidente, las olas correspondiente alcanzaron la boya a las $18^{\text{h}}30^{\text{m}}$ GMT. El periodo T_p era de $6,25$ segundos.

En conclusión, se puede deducir que las condiciones meteorológicas reinantes en el momento y lugar del accidente previsiblemente eran las siguientes:

- 1 Viento del NE fuerza 7 con intervalos de 8.
- 2 Mar con olas de $2,7$ metros, y olas máximas de $4,8$ metros, y periodo de pico del oleaje de $6,25$ segundos.



2.- ANÁLISIS

Para la elaboración del presente informe, la Comisión ha estudiado la siguiente documentación:

- 1 Certificados del buque (navegabilidad, francobordo, seguridad, material náutico y radio)
- 2 Plano de Disposición General del buque.
- 3 Acta de la prueba de estabilidad y Libro de estabilidad del buque.
- 4 Lista de Tripulantes.
- 5 Informe del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX): Notas sobre las condiciones climáticas acaecidas en el transcurso del siniestro del buque “*O Bahia*”.
- 6 Circular MSC707 de la OMI: Orientación que sirva de guía al Capitán para evitar situaciones peligrosas con mar de popa o aleta.
- 7 Informe del Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR).
- 8 Cartografía de la zona.
- 9 Informe del Instituto Nacional de Meteorología.
- 10 Informe de la Red Exterior de Boyas del Ente Público Puertos del Estado de medición de oleaje.
- 11 Videos y fotografías tomadas por los buzos y robot submarino de SEGEPESCA.
- 12 Ensayos y conclusiones sobre la balsa salvavidas rescatada del pecio realizados en el Centro de Seguridad Marítima Integral (CESEMI) “Jovellanos”.
- 13 Informe Técnico de la detección y localización de la alerta COSPAS–SARSAT correspondiente a la radiobaliza con código hexadecimal 9C09D34165534D1 perteneciente al buque “*O Bahia*” emitido por la Estación espacial de Maspalomas.
- 14 Declaraciones del Armador y familiares de los tripulantes.
- 15 Informe de la Capitanía Marítima de Vigo.



2.1. Criterios de estabilidad.

Los criterios de estabilidad que debería satisfacer el buque, de acuerdo con la Orden Ministerial de 27 de julio de 1970 eran los siguientes:

- a) El área que quede debajo de la curva de brazos adrizantes no será inferior a $0'055 \text{ m} \times \text{rad}$ hasta el ángulo de escora de 30° , ni inferior a $0'09 \text{ m} \times \text{rad}$ hasta 40° ó hasta el ángulo de inundación θ_f , si este ángulo es menor de 40° .

Además el área que quede debajo de la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de escora de 30° y 40° , o entre 30° y θ_f , si este ángulo es menor de 40° , no será inferior a $0'03 \text{ m} \times \text{rad}$

- b) El brazo adrizante será de 200 mm, como mínimo, para un ángulo de escora igual o superior a 30° .
- c) El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora no inferior a 25° .
- d) La altura metacéntrica inicial corregida no será inferior a 350 mm.

La condición de carga más probable en el momento del accidente, era la siguiente:

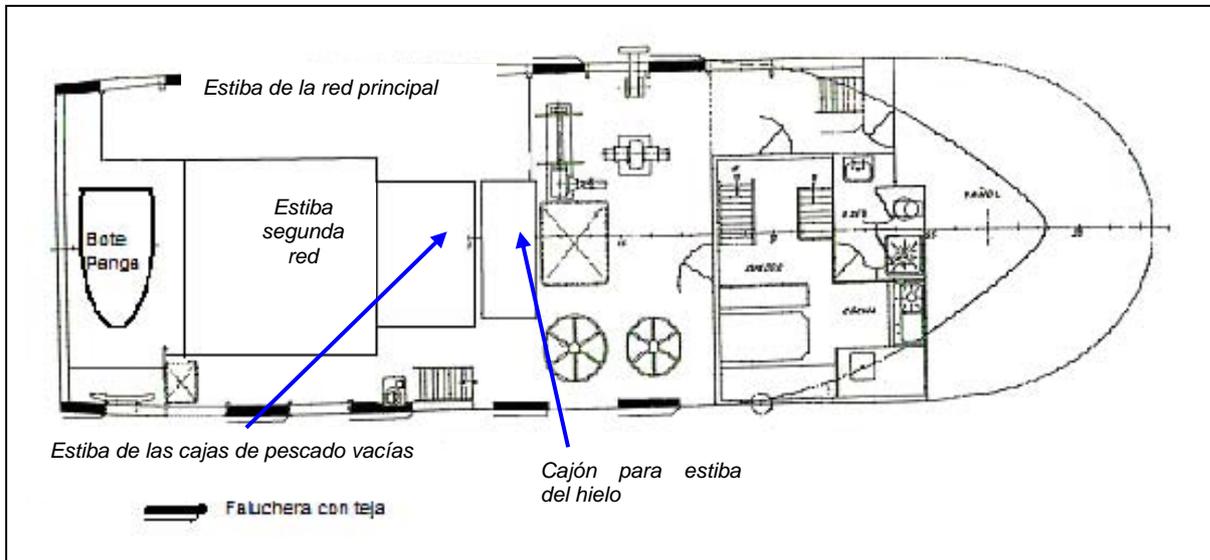
CONCEPTO	PESO (Tm)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
Tripulación y efectos (10p x 120kg)	1'200	10'00	0	3'40
Redes y efectos de pesca, aparejo 1	4'000	3'00	0	2'60
Redes y efectos de pesca, aparejo 2	4'000	3'00	0	2'80
Jaretas, calones y efectos adicionales	1'300	7'00	0	3'00
Víveres	1'000	10'00	0	3'00
Bote insumergible + motor central	0'350	-1'00	0	3'00
Halador yoyo de respeto	0'200	14'50	0	5'30
Panas divisiones de cubierta	0'500	2'50	0	3'00
Cajón de hielo vacío	0'400	6'00	0	2'80
Bandejas de descarga	0'075	6'00	0	5'00



CONCEPTO	PESO (Tm)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
Gasoil t.1br	0'43	5'50	4'3	0'80
Gasoil t.1er	1'74	5'50	-4'3	1'00
Gasoil t.5centro (servicio diario)	0'67	1	0	1'93
Agua dulce	1'15	1	0	2'00
Aceite t.3br	0'31	1	0	1'96
Aceite t.4er	0'283	1	0	2'05
Suma parcial	17'60	4'32	-0'32	2'53
BUQUE EN ROSCA	56'68	6'82	0	2'12

AL	74'28	6'23	0	2'22
-----------	--------------	-------------	----------	-------------

En relación con la condición de carga reflejada en la tabla anterior se hace notar que el buque llevaba dos redes en cubierta y se ha comprobado, mediante pesaje, que mojadadas pesaban 4 toneladas cada una, no estando prevista esta circunstancia en ninguna situación de carga de las estudiadas en el libro de estabilidad, pues sólo estaba previsto un peso de redes de 4 toneladas. La altura del centro de gravedad de la red no prevista era de 2'8 metros. De igual manera tampoco estaban previstos la disposición de "otros pesos": jaretas, calones y efectos, ni de encajonadas en cubierta, ni la acumulación de agua en las mismas, ni el bote panga, ni el cajón de hielo vacío sobre cubierta, ni las bandejas de descarga, ni el halador yoyo de respeto, cuyos pesos y centros de gravedad respectivos se indican en la tabla de arriba. No conociéndose si los tanques de lastre 6 de Babor y Estribor (Br. y Er.) estaban llenos o no.



Considerando esta condición de carga y los tanques 6 de Br. y Er. vacíos, el buque no cumplía con los criterios de estabilidad (**Anexo 1**), ya que la estabilidad dinámica a 40°, la diferencia de la estabilidad dinámica entre el 30° y 40°, y el brazo adrizante a 30°, eran respectivamente el 5%, 52% y 14% menores que los valores exigidos. Tampoco satisfacía el criterio de ángulo mínimo para el brazo adrizante máximo, ya que éste se producía con un ángulo de inclinación de 23°, inferior al ángulo mínimo de 25°, tal como exigen los criterios de estabilidad. Cumplía con los criterios de altura metacéntrica, superaba en el 68% el valor mínimo exigido, y la estabilidad dinámica a 30° la superaba en el 19%.

En el caso que esos tanques 6 de Br. y Er. hubieran estado llenos el buque tampoco cumplía con los criterios de estabilidad, ya que la estabilidad dinámica a 40°, la diferencia de estabilidad dinámica entre 30 y 40° y el brazo adrizante a 30°, eran respectivamente el 21%, 130% y 60% menores que los valores exigidos. Tampoco satisfacía el criterio de ángulo mínimo para el brazo adrizante máximo, ya que éste se producía con un ángulo de inclinación de 20,5°, inferior al ángulo mínimo de 25°, tal como exigen los criterios de estabilidad. Cumplía con los criterios de altura metacéntrica, la superaba en el 68% el valor mínimo exigido; la estabilidad dinámica a 30°, la superaba en el 11%.

Por tanto, en cualquiera de las dos posibles situaciones de carga previsibles en el momento del accidente, el buque incumplía los criterios de estabilidad exigidos.

2.2. Navegación del buque en las condiciones meteorológicas y de oleaje existentes

El buque, de 13'5 metros de eslora entre perpendiculares, navegaba a una velocidad de 10'5 nudos con mar de popa, olas de 2'7 metros de altura significativa y periodo de pico de oleaje de 6'25 segundos. La longitud de ola correspondiente era de $g \cdot T^2 / 2 \cdot \pi = 61$ metros, valor coincidente con el obtenido siguiendo el método de cálculo seguido por la OMI (Organización Marítima Internacional).



Respecto a ataques sucesivos por grandes olas, la Circular nº 707 del Comité de Seguridad Marítima (MSC) de la OMI considera que un buque con mar de popa o de aleta entra en zona peligrosa cuando la longitud media de la ola es mayor que el 80% de la eslora del buque y la altura significativa de la ola es mayor que el 4% de la eslora. Cuando el buque se encuentra en esa condición de mar se debe reducir la velocidad para evitar sucesivos ataques por grandes olas.

El diagrama polar que incluye dicha Circular sugiere que en las condiciones que estaban navegando suponían largos periodos de navegación sobre la cresta de la ola, y por lo tanto se estaba exponiendo al buque a riesgos de caída al través, que supone peligro de zozobra como resultado de un cambio del rumbo del buque y el alcance de una escora mayor de lo previsto.

Dados los parámetros de velocidad del buque y periodo de pico de las olas, al entrar en el diagrama polar que define la zona peligrosa de navegación en función de esos parámetros con el ángulo de confluencia, se comprueba que el buque estaba dentro de la zona de peligro de confluencia con olas altas. Este fenómeno se da cuando la velocidad del buque es casi igual a la velocidad del grupo de olas, parámetro medible ya que la velocidad de grupo es la mitad que la velocidad de fase de la ola. La ordenada así calculada en este caso era de 1'68.

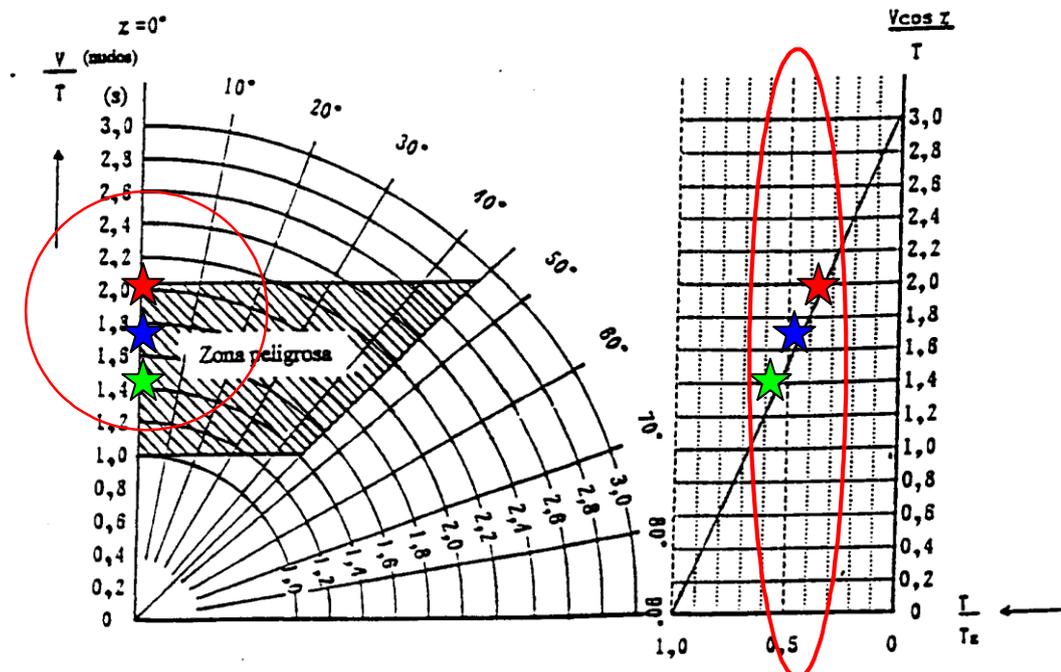


Diagrama que indica la zona de peligro al confluir con un grupo de olas altas, y la relación entre el periodo medio de las olas y el periodo de confluencia con la ola al navegar con mar de popa o de aleta



Respecto a la navegación sobre la cresta de las olas y la caída al través, según el siguiente diagrama, la ordenada correspondiente en la navegación del buque era de 2'85, moviéndose en el diagrama polar para ángulos de confluencia del buque con la ola de 0 a 20°, situándose en todos los casos en la zona de peligro. Es decir, cuando un buque navega sobre la cresta de la ola, puede presentarse el fenómeno denominado de caída al través, que pone al buque en peligro de zozobra como resultado de un repentino cambio del rumbo del buque y de una escora mayor de lo previsto.

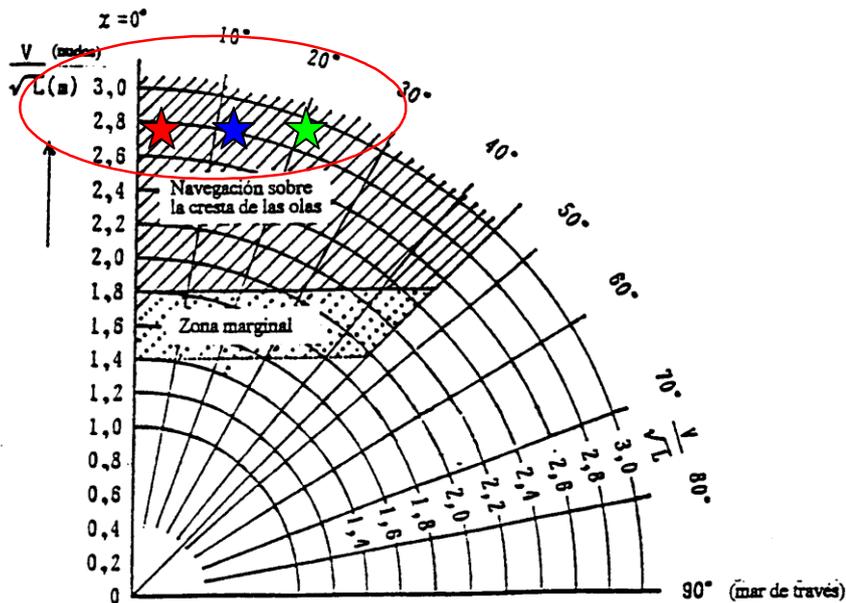


Diagrama que indica la zona de peligro debido a la navegación sobre la cresta de las olas

Como resumen de esta primera parte del Análisis sobre los criterios de estabilidad y de navegación del buque en las condiciones meteorológicas y de oleaje existentes (puntos 2.1 y 2.2), se considera que la condición de carga del buque no satisfacía los criterios de estabilidad exigidos lo cual daba lugar a una pérdida de capacidad de adrizamiento, lo que unido a las condiciones de navegación, que tienen en cuenta la naturaleza de las olas, su longitud, periodo, altura y dirección, y la velocidad, rumbo, así como la eslora entre perpendiculares del buque, hacían que este estuviese en zona de navegación peligrosa, asumiendo con riesgos considerables de caída al través y aumento inesperado de la escora por su navegación sobre la cresta de la ola y por ataques sucesivos de grandes olas.

Las declaraciones prestadas por el Armador y la esposa del Mecánico corroboran respectivamente las consideraciones del párrafo anterior, es decir, la caída al través con el consiguiente aumento imprevisto de la escora y la del ataque por grandes olas.

A continuación figura diversa información gráfica sobre el comportamiento de los buques pesqueros cuando navegan con mar de popa o de aleta:



Mar de popa y de aleta. La siguiente fotografía muestra la caída de través al bajar de la ola:



Las siguientes fotografías muestran los efectos de ataques sucesivos de grandes olas en navegación de popa:





**MINISTERIO
DE FOMENTO**

**SECRETARÍA GENERAL
DE TRANSPORTES**

**DIRECCIÓN GENERAL
DE LA MARINA MERCANTE**

**Comisión Permanente de
Investigación de Siniestros Marítimos**





2.3. Ensayos realizados en el CEHIPAR

Con motivo del estudio y análisis del comportamiento del buque “*O Bahia*” en las condiciones de oleaje existentes en el momento del siniestro, la Comisión encargó al CEHIPAR la realización de una serie de ensayos (**Anexo 2**).

Los ensayos se realizaron con un modelo en fibra de vidrio a escala 1:7'732 y consistieron en medir y observar los movimientos con el modelo navegando en olas a una velocidad de 10'5 nudos y mar de popa o ligeramente por la aleta. El modelo iba provisto de un motor con hélice de “*stock*”, timón y servo motor. La trayectoria se mantuvo mediante control remoto y los datos se enviaban a tierra por telemetría.



Los oleajes seleccionados para los ensayos corresponden al estado de mar medido por Puertos del Estado en la Boya Villano-Sisargas.

Se simularon las siguientes 4 condiciones de carga:

- Condición 1: condición estimada para el momento del accidente, y que se muestra en la tabla del apartado 2.1.
- Condición 2: misma condición que la anterior con los tanques de lastre de popa 6 Br y Er llenos.



- Condición 3: misma condición que la condición 2 con 3 Tm en el pique de proa.
- Condición 4: misma condición que la condición 3 cambiando la distribución de pesos de tal forma que el GM disminuye 10 cm.

Según las conclusiones del informe del CEHIPAR, el buque no cumplía los criterios de estabilidad en ninguna de las condiciones anteriores, lo que corrobora los resultados señalados por la Comisión en el último párrafo del apartado 2.1.

Los primeros ensayos realizados con olas irregulares condujeron a la conclusión que era necesario someter el modelo a otro tipo de oleaje, dado que con este tipo de oleaje el modelo no llegaba a situaciones que pudieran considerarse de riesgo (como escoras elevadas o embarques de agua), salvo dificultad para mantener el rumbo navegando el modelo con fuertes guiñadas. Por ello se generaron una serie de olas regulares de gran pendiente, que tuvieran una cierta probabilidad (entre un 1 y un 5%) de ocurrir en tres horas de navegación en las condiciones de mar de popa que se dieron en la fecha del siniestro.

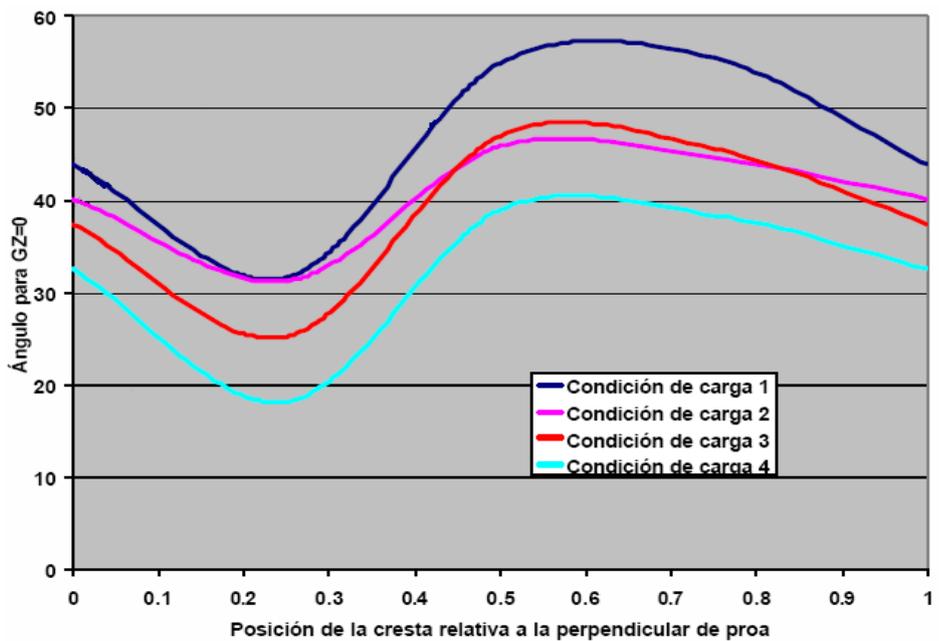
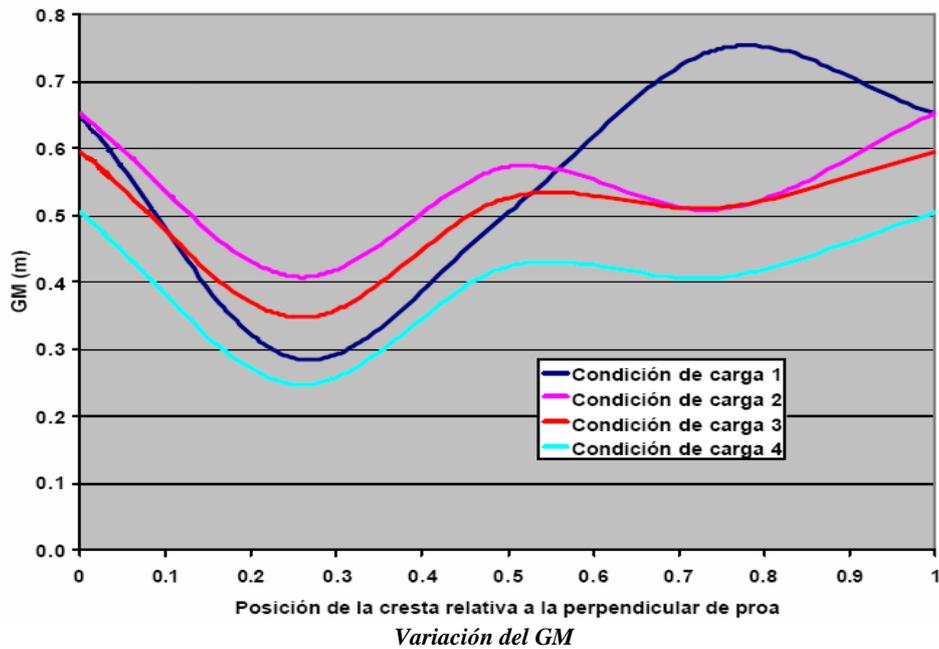
En estas olas regulares se realizó una carrera para cada ensayo. Para cada ola se hizo una trayectoria tipo zig-zag, de forma que el modelo recibía la ola por popa o por la aleta de babor o estribor. De esta forma se ensayaban distintas posibilidades en una sola carrera. Al finalizar el ensayo, el modelo se atravesaba a la mar de forma que la situación de mar de través también queda cubierta en estos ensayos con olas regulares.

En la serie de ensayos de la condición 3, se produjo el vuelco de la embarcación por pérdida de estabilidad en o cerca de la cresta de la ola, hecho que no ocurrió en la condición 1. La ola que produjo el vuelco fue de 5'78 m de altura y 5 segundos de periodo estando al borde de la rotura. La probabilidad de ocurrencia de esta ola o una similar es del 2% en las tres horas de navegación consideradas anteriormente. Esta serie de ensayos no incluyó la condición 2 por considerar el CEHIPAR que es una condición más desfavorable que la condición 3 (tanto en olas como en calma), pues si bien es similar la estabilidad, el francobordo en popa es 15 cm menor, por ello parece muy probable que el modelo hubiera volcado en esta condición con mayor facilidad.

Debe señalarse que la condición 4 fue una condición forzada, en la que se puso al buque en una situación crítica de estabilidad tras reducir su GM 10 cm. En dicha situación, se forzó asimismo el ensayo al aumentar al máximo la altura de la ola, rebasando al límite del 1/10 en la pendiente. De acuerdo con el informe del CEHIPAR, el buque volcó antes de comenzar la carrera real. Dicho vuelco se produjo, según dicho informe, por la acumulación de agua en la zona de popa babor por no evacuar las falucheras el agua de manera eficiente. Después de una serie de maniobras, y tras conseguir poner el modelo a su velocidad y rumbo respecto de las olas y apopado a las mismas, comenzó el ensayo observándose una muy baja estabilidad que condujo al vuelco poco después del comienzo de la empopada, lo que no es coherente con la realidad de que el buque estuvo navegando un largo periodo de tiempo en esas condiciones de mar de popa. A la vista de lo anterior la Comisión ha optado por descartar esta condición de carga.



Por último, los estudios realizados en el CEHIPAR sobre la estabilidad del buque en navegación con olas de este tipo confirman lo expuesto en los apartados 2.1 y 2.2, ya que dichos estudios constatan que se produce una disminución de la altura metacéntrica (GM) y anulación del brazo adrizante (GZ), es decir la pérdida de estabilidad, con determinados ángulos de escora en función de la posición de la cresta de la ola a lo largo de la eslora del buque. Los resultados obtenidos se muestran en las gráficas siguientes:



Ángulo de estabilidad cero (GZ = 0)



2.4. La balsa salvavidas

Existe un elemento significativo que en el análisis cobra especial importancia, y puede indicar la secuencia del naufragio, y es la balsa salvavidas.

En efecto: A raíz de haberse detectado una serie de deficiencias que impidieron la emersión de los contenedores de las balsas salvavidas, en hundimientos por zozobra (similares al hundimiento del “*O Bahía*”) de varios buques pesqueros ocurridos en el Reino Unido, entre los que podemos citar, el “*Pescado*” (PH409) en Febrero de 1991, donde perdieron la vida la totalidad de sus 6 tripulantes, y el “*Westhaven*” (AH190) el 10 de Marzo de 1997, donde perdieron la vida 4 tripulantes, la *Maritime & Coastguard Agency* del Reino Unido, a instancias del MAIB (*Maritime Accident Investigación Branch*) encargó una serie de estudios de investigación al departamento de Tecnología Marítima e Industria Aerodinámica de la Universidad de Southampton, que fueron realizados entre Octubre de 1998 y Enero de 1999.

Para ello se modelizaron dos buques-tipo pesqueros de los más habituales en el Reino Unido: un arrastrero por popa de 24 metros de eslora y un arrastrero por costado de 20 metros de eslora.

En el 31% de las pruebas de zozobra realizadas se constató la imposibilidad de emersión de la balsa (30 fallos de las 96 pruebas desarrolladas): en el caso del arrastrero por popa el índice de fallos fue de un 18%; y en el caso del arrastrero por el costado el índice de fallos fue de un 48%.

Pues bien, la balsa salvavidas de que disponía el buque “*O Bahía*”, era una balsa marca DSB (*Deutsche SchlauchBoot*) Tipo LR97, Numero de Serie 53188, de 8 plazas, paquete B (para navegación costera y litoral), construida en Agosto de 1999, y revisada por CONFERMARIN el 11 de septiembre de 2003, emitiendo con dicha fecha el preceptivo certificado de inspección N°: D-180414. Dicho Certificado se expidió de conformidad con la legislación aplicable a las condiciones que debe reunir la Balsa salvavidas, que viene dada por el **Código Internacional de dispositivos de salvamento (Código IDS)** de la OMI, adoptado por el Comité de Seguridad Marítima mediante resolución MSC.48 (66) el 4 de Junio de 1996 y publicada en el BOE 17 de Noviembre de 1998.

El artículo 4.2 establece las prescripciones para las balsas salvavidas inflables, y su apartado 4.2.6 determina las envolturas para dichas balsas, indicando textualmente:

4.2.6.1 La balsa salvavidas irá en una envoltura que:

4.2.6.1.1 Por su fabricación pueda resistir las condiciones de intenso desgaste que impone la mar.

4.2.6.1.2 Tenga flotabilidad intrínseca suficiente, cuando contenga la balsa y su equipo, para sacar la boza de su interior y accionar el mecanismo de inflado en caso de que el buque se hunda y



4.2.6.1.3 *Sea estanca en la medida de lo posible, aunque tendrá orificios de desagüe en el fondo.*

4.2.6.2 *La Balsa salvavidas irá empaquetada en su envoltura de modo que, dentro de lo posible, se infle en el agua flotando adrizada al separarse de la envoltura.*

La balsa no apareció en superficie a pesar de las arduas labores de rastreo que se llevaron a cabo para localizarla. Al realizar los buceadores las inmersiones en busca de los tripulantes desaparecidos, pudo grabarse y constatarse que la balsa yacía inerte sobre la cubierta del pecio, unida a él únicamente por el enlace débil, al haber activado la zafa hidrostática. Asimismo estaba libre de cualquier otro trincaje.

Dos son los principios básicos en el funcionamiento de las balsas salvavidas de este tipo: el primero la activación de la zafa hidrostática y el segundo la emersión de la balsa. La zafa hidrostática se presume que se activó correctamente dentro del rango de profundidad establecido reglamentariamente (2 a 4 metros) dado que las pruebas de funcionamiento, que se encargaron por la Comisión posteriormente al rescate de la balsa salvavidas del pecio (**Anexo 3**) y (**Anexo 4**), y que se hicieron con otras zafas similares, dieron como resultado una media de activación sobre 3'47 metros.

La Comisión considera que la secuencia del hundimiento pudo producirse de la siguiente manera y que asimismo podría explicar la no emersión de la balsa:

1.- En la figura se representa el buque en sus condiciones habituales de navegación, con el contenedor de la balsa situada en la cubierta del puente a estribor y la radiobaliza situada encima del puente también hacia la banda de Estribor.

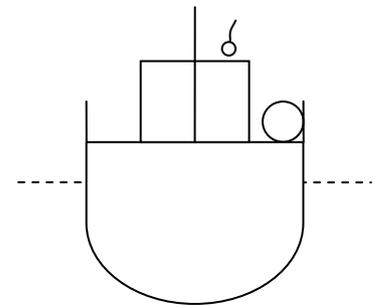


Figura 1

2.- El buque da la vuelta, sobre su costado de babor. Al alcanzar la parte superior del puente la profundidad de accionamiento del dispositivo hidrostático de la radiobaliza, esta se zafó y activó. (Figura 2).

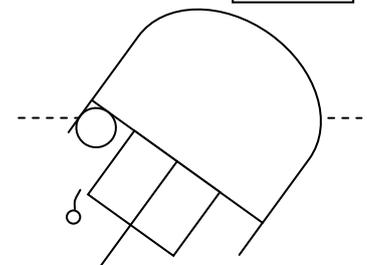


Figura2

La distribución, acumulación y posición de diversos materiales, utensilios y objetos en el pecio, evidencian que el vuelco se produjo por el costado de Babor. En esta posición comienza la inundación progresiva de los compartimentos que se encontraban abiertos.



3.- El buque continúa su vuelco debido al par escorante, quedando en equilibrio con la quilla al sol (ángulo de 180°). El calado de la zafa hidrostática de la balsa (Hammar H-20) es inferior a los 3'47 metros y el contenedor de la balsa continúa trincado a su base, permaneciendo con los orificios de drenaje hacia arriba, comenzando su inundación con un caudal de aproximadamente 7 litros/minuto, como se comprobó en los ensayos encargados por la Comisión sobre la propia balsa. Dicha inundación se produce tanto por los orificios de drenaje, como por la entrada del cabo de boza y por la junta. (Figura 3).

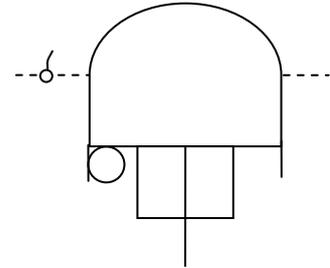


Figura 3

4º.- El buque con la quilla al sol continuo la secuencia de inundación de los diversos compartimentos inundables del mismo y comenzó a hundirse. En ese momento el contenedor de la balsa ya había perdido una parte importante de su flotabilidad. Cuando la zafa hidrostática, alcanza un calado de aproximadamente 3'47 metros, actuó y liberó el contenedor de su trincaje al polín, pero no pudo emerger al ser su peso superior al empuje, permaneciendo unido al buque por el enlace débil (Figura 4).

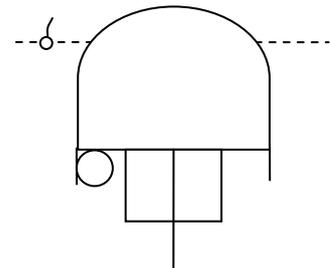


Figura 4

5º.- Como consecuencia de la progresiva inundación de los distintos compartimentos del buque y salida de aire retenido, el peso del buque es mayor que el empuje, y comienza su fase de hundimiento, encontrándose todavía con la quilla al sol. El contenedor de la balsa salvavidas, libre de su zafa hidrostática, está unido al buque por el enlace débil, pero imposibilitado de emerger, tanto por la pérdida de flotabilidad por encontrarse inundado como por encontrarse confinado en su parte superior por la cubierta del buque (Figura 5). Asimismo su empuje ascensional disminuye de forma considerable a medida que se hunde el buque, debido a la compresión de las burbujas de aire por efecto de la presión. Dicha pérdida de empuje ascensional es de aproximadamente el 10% por cada metro de inmersión.

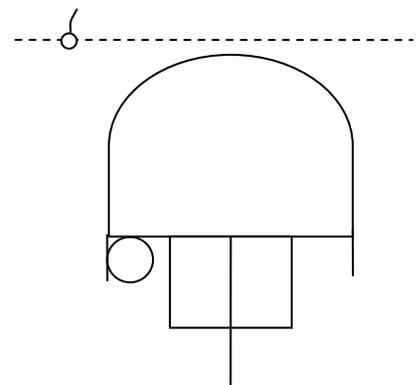


Figura 5



6º.- El interior del contenedor o carcasa donde se aloja la balsa, experimenta una inundación progresiva a medida que aumenta la profundidad, tanto por la salida de aire a través de los agujeros de desagüe, como por la entrada masiva de agua tanto por el orificio de entrada del cabo de boza, como por la falta de estanqueidad de la propia frisa entre las dos partes del contenedor y a la probable deformación del mismo (previa a la compensación de presiones) a consecuencia de la presión perimetral.

Asimismo al encontrarse el contenedor de la balsa durante tanto tiempo en posición invertida y por lo tanto haber quedado los agujeros de desagüe, hacia arriba, facilita que salga la totalidad del aire y que la inundación del contenedor sea casi total, aumentado su efecto también por la disminución del volumen de las burbujas de aire que pudieran quedar retenidas entre los pliegues de tejido de la balsa y que como consecuencia del aumento de la presión ha disminuido de forma considerable, perdiendo por lo tanto el conjunto balsa/contenedor su flotabilidad (Figura 6).

7º.- El buque continua su descenso hacia el fondo, no obstante en ese trayecto, tanto debido al efecto paracaídas ejercido por la red y sus flotadores, como por las propias formas del casco, y la distribución de pesos, genera un par de fuerzas de torsión que hace que el buque vaya girando sobre su eje longitudinal, cayendo sobre su costado/amura de babor. (Figuras 6 y 7)

8º.- En ese movimiento de caída hacia el fondo, el contenedor de la balsa casi ha finalizado su proceso de inundación y por los efectos enunciados anteriormente ha perdido toda su flotabilidad, siendo en todo caso inferior a 6 kgs, lo que impide que salga la boza (Figura 7).

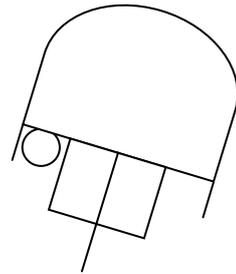


Figura 6

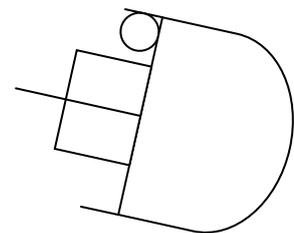


Figura 7



9.- La diferente distribución de peso/volumen de los elementos alojados en el interior del contenedor de la balsa, junto con el movimiento de descenso y llegada al fondo del buque, hace que aquél se desplace ligeramente hacia proa de su estiba (Figura 8).

10.- La totalidad de los espacios libres del contenedor donde se aloja la balsa, se encuentran inundados, se igualan las presiones externa/interna y la carcasa del contenedor deja de deformarse y recupera su forma original.

La presión de 7 kg/cm^2 , ejercida sobre el tejido de la propia balsa, comprime las microcélulas del tejido, produciendo el aplastamiento del mismo, disminuyendo su volumen y por lo tanto su flotabilidad, siendo ocupado dicha pérdida de volumen de tejido por volumen de agua.

El peso total del contenedor es superior al empuje y yace inerte con la balsa en su interior sobre la cubierta del pecio, incapaz de emerger por si mismo (Figura 8).

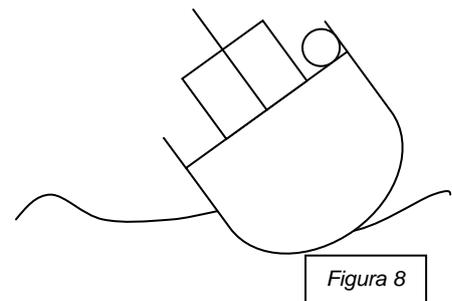
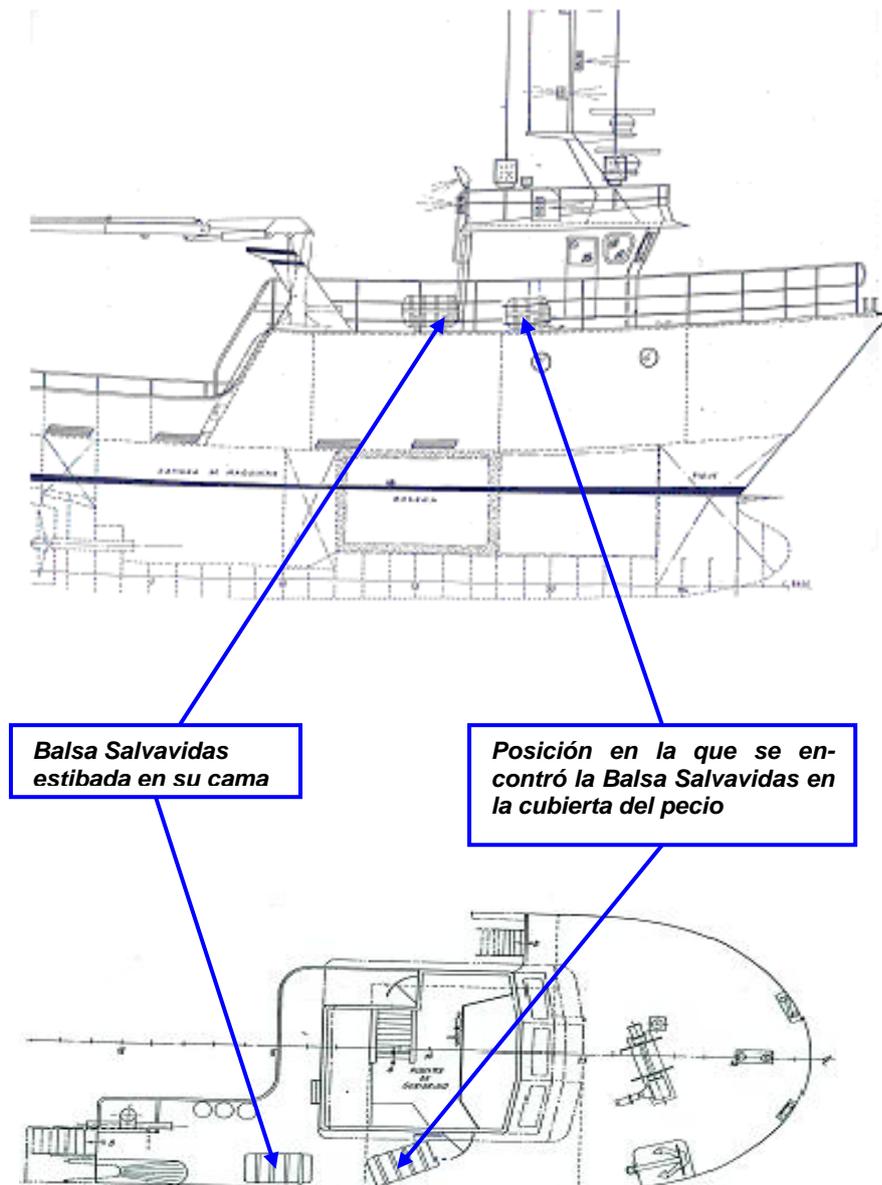


Figura 8



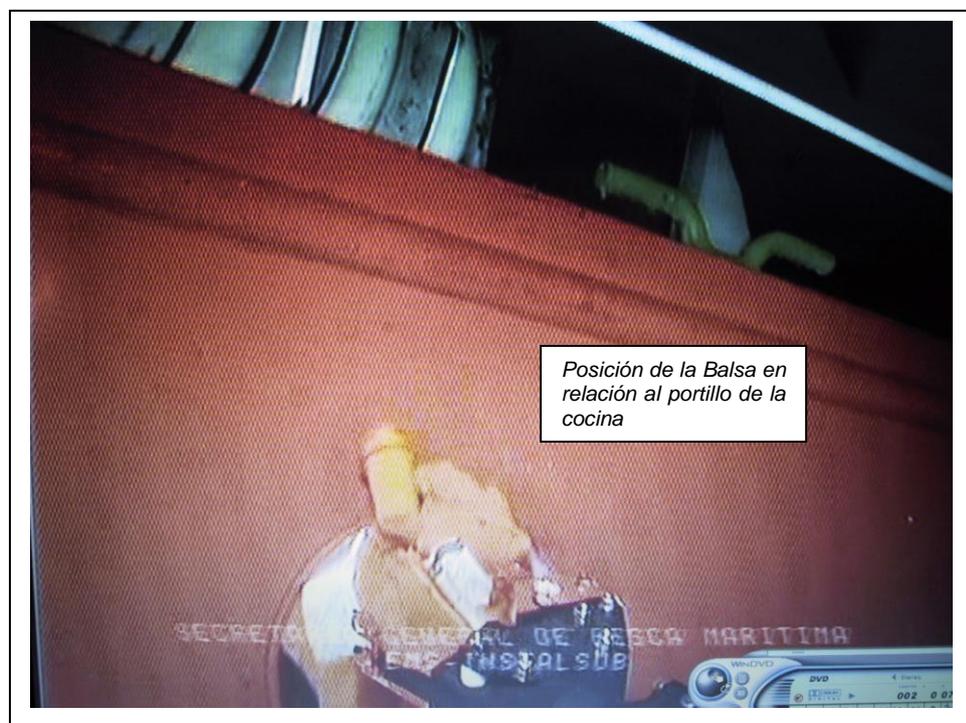
En conclusión, el contenedor de la balsa no pudo emerger ya que se llenó de agua cuando el buque estaba quilla al sol y perdió la flotabilidad. Solamente 24 kilos de flotabilidad adicional hubieran bastado para disparar la botella de gas de inflado de la balsa, si no hubiese encontrado los obstáculos que encontró: la cama sobre la que se encontraba estibada en su posición habitual y posiblemente las redes estibadas en cubierta, que al desplegarse durante el hundimiento pudieran haber actuado como cortina e impedir la emersión del contenedor.

Aunque el buque permaneció quilla al sol, como mínimo unos 15 minutos, es imposible determinar, no obstante, el momento en que el buque alcanzó una profundidad de 3'47 metros, necesarios para la activación de la zafa hidrostática.





A continuación figuran imágenes submarinas de la balsa en el pecio:



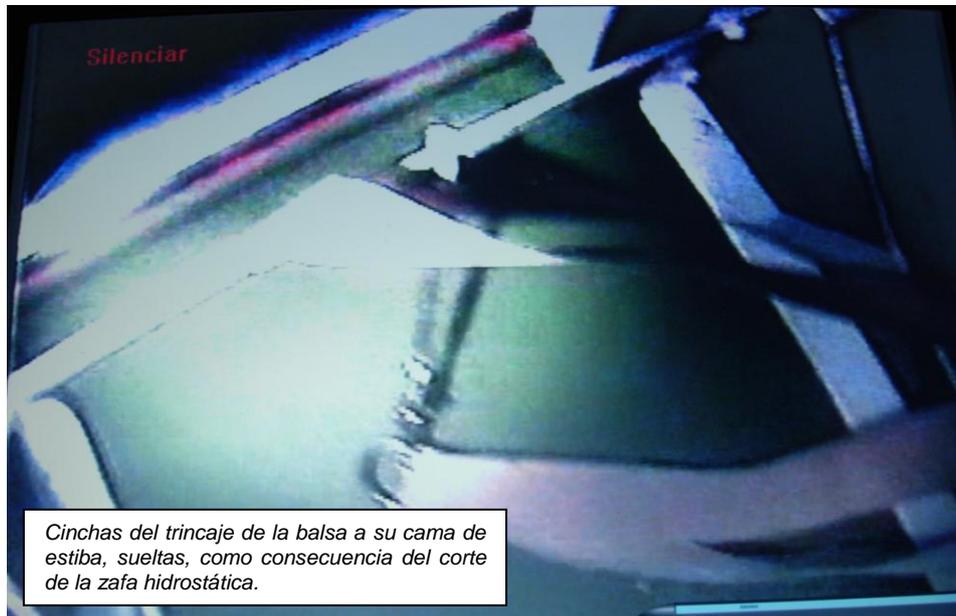


Posición de la balsa y su cama de estiba.



La balsa yace atravesada sobre cubierta formando un ángulo de 20° respecto al eje longitudinal de la amura





2.5. Los aros salvavidas.

Como se indicó anteriormente, el extremo opuesto de las rabizas de los dos aros estaban hechos firmes a sus respectivas devanaderas. Sólo se hubieran podido liberar en caso que uno de los tripulantes los hubieran soltado.

2.6. La Radiobaliza.

El sistema COSPAS-SARSAT es un programa internacional para la detección y localización de emergencias, tanto marinas como aéreas o terrestres, mediante satélites y de esta forma ayudar en las operaciones de búsqueda y salvamento (SAR, del inglés *Search and Rescue*).

El sistema se basa en la detección y localización de señales de emergencia procedentes de radiobalizas que emiten en frecuencias de 121'5 MHz, 243 MHz (de uso militar) o 406 MHz (que era la frecuencia en la que emitía la que llevaba el "O Bahía"). La posición del siniestro así como cualquier otra información adicional conocida, se retransmite a las autoridades nacionales de los Servicios de Búsqueda y Salvamento (RCC: *Rescue Coordination Center*) desde el Centro de Control de la Misión COSPAS-SARSAT (MCC: *Mission Control Center*).

El mecanismo de localización de las radiobalizas es el siguiente:

Cuando se produce una emergencia, se activa la radiobaliza, bien de forma manual o automática, y ésta transmite una señal de emergencia que es recibida por los satélites COSPAS-SARSAT, y retransmitida a una estación terrena, donde la señal es recibida y procesada por



los terminales de recepción llamados LUT (*Local User Terminal*), para obtener la localización. Todos estos mensajes se transmiten al Centro de Control de la Misión, para su posterior distribución a los servicios de búsqueda y salvamento correspondientes –RCCs nacionales, (SPOC: *SAR Point of Contact*) de su área de servicio– o a otros MCCs.

Existen dos constelaciones de satélites: una constelación de satélites de órbita polar de baja altura LEOSAR (*Low Earth Orbit Search and Rescue*) que pueden recibir señales de radiobalizas de 121'5 MHz, 243 MHz y 406 MHz, y otra constelación de satélites de órbita geostacionaria GEOSAR (*Geostationary Earth Orbit Search and Rescue*) que sólo pueden recibir señales de radiobalizas de 406 MHz.

En el sistema LEOSAR, los satélites (6 en la actualidad) se encuentran en órbitas polares de baja altura (órbitas circulares alrededor de los polos terrestres) a una altitud entre 850 y 1000 Km, y dan una vuelta completa a la Tierra cada 90 minutos aproximadamente. Estos satélites sólo pueden ver una porción de la Tierra en cada momento, con lo cual no pueden detectar alertas hasta que el satélite sobrevuela la radiobaliza emisora. Sin embargo, gracias al movimiento de rotación del planeta, la cobertura de este tipo de satélites es total.

El sistema LEOSAR se basa en la detección y localización de las radiobalizas por efecto Doppler. Debido al movimiento relativo entre el satélite y la baliza, la frecuencia que se recibe se desplaza describiendo una curva Doppler. Las variaciones de la frecuencia dependerán del movimiento del satélite, apareciendo curvas más o menos abruptas según el satélite pase más o menos cerca de la baliza. La localización Doppler proporciona dos posibles posiciones de la baliza, una correcta y otra incorrecta, simétricas de la trayectoria del satélite, creándose una situación de ambigüedad. Es necesario un segundo pase para determinar la posición correcta y resolver así la ambigüedad.

En el sistema GEOSAR los satélites (4 en la actualidad) orbitan a una altitud de 36.000 km, en una órbita geosíncrona, es decir, observando siempre la misma porción de Tierra en todo momento. Estos satélites no pueden tener visibilidad sobre los casquetes polares.

El sistema GEOSAR es capaz de detectar la radiobaliza sin ningún retraso. La detección inmediata se debe a que tanto la baliza como la estación terrena se encuentran permanentemente bajo la visibilidad de un satélite geostacionario. La falta de movimiento relativo entre baliza y satélite no permite su localización por efecto Doppler, por lo que la localización de la baliza es posible sólo si ésta lleva incorporada un receptor GPS (*Global Positioning System*) / GLONASS que le permita enviar al satélite su posición exacta sobre la superficie de la tierra dentro de su mensaje codificado. En cualquier caso, las radiobalizas de 406 MHz llevan una identificación que permite que se inicien las tareas de búsqueda y salvamento aunque no se conozca aún su posición.

Ambos sistemas (LEOSAR y GEOSAR) son complementarios, y permiten disminuir el tiempo de detección de la alerta y aumentar la rapidez de actuación de los servicios SAR.

Tras la detección de una alerta por un sistema LEOSAR o GEOSAR, el satélite retransmite la alerta a la estación terrena, que es la encargada en tierra de procesar la señal reci-



bida en los LUTs y enviar la información procesada al MCC, que valida la alerta y la transmite automáticamente a los servicios de salvamento. El MCC, además, intercambia información tanto con otros MCCs como con los propios servicios SAR.

Los mensajes que intercambia el MCC se denominan SITs (*Subject Indicator Types*) y se identifican con un número proporcionando información de la alerta según cada situación.

España cuenta con un equipamiento, ubicado en las instalaciones de la Estación Espacial de Maspalomas que el INTA posee en Gran Canaria, formado por un LEOLUT que lleva a cabo el seguimiento de 6 satélites de órbita polar baja y dos GEOLUTs, uno orientado hacia el satélite geoestacionario GOES-12 (GOES-East) y otro orientado hacia el satélite geoestacionario MSG-1 (*Meteosat Second Generation*). Además cuenta con un Centro de Control de la Misión denominado SPMCC (*Spanish MCC*) encargado de la distribución nacional e internacional de los mensajes de emergencia.

Pues bien, el día 2 de Junio de 2004 a las 17^h34^m25^s horas UTC se detectó en el SPMCC (**Anexo 5**) la activación de la radiobaliza COSPAS-SARSAT de 406 MHz con código hexadecimal (30 dígitos) **4E04E9A0B2A9A688310E1000000000** [Country code: 224 – Spain; Maritime MMSI (6 digits): 105260; Beacon type: Maritime User; 15 dígitos: **9C09D34165534D1**; Homing: 121'5 MHz], que según información proporcionada por el Centro Nacional de Coordinación de Salvamento (CNCS), corresponde al pesquero “*O Bahía*”, según consta en la Base de Datos de la Dirección General de la Marina Mercante.

Dicha detección se realizó a través de los satélites geoestacionarios GOES-12 y MSG-1, en los GEOLUTs de Maspalomas, enviándose inmediatamente un mensaje tipo SIT 173 (sin posición) a CNCS. Esta detección es confirmada por los MCCs de Francia (FMCC) y Reino Unido (UKMCC), detectada por sus respectivos GEOLUTs del MSG-1. Este primer mensaje es sin posición ya que es detectado por un satélite geoestacionario y esta radiobaliza (9C09D34165534D1) no tiene GPS/GLONASS.

Tras esta detección inicial sin posición, a las 18^h01^m59^s UTC el satélite de órbita polar SARSAT-6, en una trayectoria Sur-Norte de una órbita que no pasa sobre nuestra zona de cobertura, detecta nuevamente la radiobaliza, permitiendo de esta forma calcular la posición y obteniéndose dos posibles posiciones, una de las cuales situaba la emisión en 43°22'50N y 008° 52'62W con un 92% de probabilidad. Dicha detección es recibida por el MCC de Francia (FMCC) que tras procesar la información envía los datos al SPMCC a las 18^h08^m18^s UTC, y es transmitida inmediatamente en formato SIT 171 a CNCS. Estos datos fueron también recibidos y confirmados por los MCCs de Reino Unido (UKMCC) y Noruega (NMCC).

Posteriormente, a las 18^h35^m42^s UTC, un segundo satélite de órbita polar, el SARSAT-7, detecta nuevamente la citada radiobaliza, confirmando la posición antes mencionada. En este caso esta trayectoria, también Sur-Norte, sí pasa por nuestra zona de cobertura y la baliza es detectada por el LEOLUT español, que tras finalizar el tiempo de procesado, el mensaje de alerta es recibido en el SPMCC y éste envía a CNCS un mensaje de ambigüedad resuelta en el formato SIT 176 a las 18^h46^m UTC. Estos datos fueron también recibidos y confirmados por los MCCs de Francia (FMCC), Argelia (ALMCC), Italia (ITMCC) y Reino Unido (UKMCC).



A partir de este momento en el que ya la posición del siniestro está confirmada por más de un satélite, cada vez que el SPMCC recibe una nueva información, ya sea por detección propia (de los equipos de Maspalomas) o retransmitida desde otro MCC, se vuelve a enviar un SIT 176 a CNCS con los nuevos datos.

A continuación se describen cada una de las detecciones, detallando satélite, hora de detección y de transmisión a CNCS, así como el tipo y el número de mensaje enviado.

Satélite	Hora GMT de detección	Modo*	Hora GMT de envío de mensaje	Tipo SIT	Nº mensaje
GOES-East / MSG-1	17:34:25	Local	17:35	173	11524
SARSAT - 6	18:01:59	Local	18:08	171	11525
SARSAT - 7	18:35:42	Local	18:46	176	11527
SARSAT - 6	19:41:37	Local	19:50	176	11529
SARSAT - 7	20:16:21	Local	20:24	176	11533
SARSAT - 9	20:04:25	Global	21:48	176	11538

* Modo:

Local: Emisión detectada en tiempo real, es decir, tanto la radiobaliza como la estación terrena se encuentran al mismo tiempo bajo la visibilidad del satélite.

Global: Emisión almacenada en la memoria del satélite, cuando sólo la radiobaliza está bajo visibilidad del satélite, y volcada a la estación terrena cuando el satélite la sobrevuela.

La movilización de los medios aéreos y marítimos de búsqueda y salvamento que trajo consigo la activación de la radiobaliza permitió su localización física y posteriormente encontrar el pecio y recuperar los cadáveres de seis miembros de la tripulación. Asimismo la activación de la radiobaliza habría permitido la localización de los medios de salvamento con los que iba dotado el buque, especialmente la balsa salvavidas, si ésta hubiera emergido.

El periodo para la localización del naufragio, a lo que se añade el tiempo de respuesta para el acceso de los medios de búsqueda y salvamento a la situación del naufragio, que en este caso ha sido de una hora y treinta y ocho minutos se considera normalmente un tiempo excesivo para rescatar con vida a los naufragos si no han podido hacer uso de los medios de salvamento de a bordo, especialmente la balsa salvavidas, habida cuenta de la temperatura y el estado de la mar.



3.- CONCLUSIONES

3.1. Hechos.

De los antecedentes que obran en este informe, se deducen los siguientes hechos:

1. El buque navegaba con mal tiempo, con mar de popa cerrada y los tanques de lastre llenos.
2. La velocidad del buque ocasionaba que estuviera navegando largos periodos sobre las crestas de las olas, dándose el fenómeno denominado de caída a la banda o al través, que pone al buque en peligro continuo de zozobra como resultado de un repentino cambio de rumbo y de una escora mayor de lo previsto.
3. La navegación continuada sobre la cresta de la ola aumentó el tiempo en que el buque tuvo menor estabilidad. En esta situación el brazo adrizante (GZ) llegó incluso a anularse al alcanzar el buque un ángulo de escora determinado que en condiciones de navegación normal hacen que el GZ sea máximo.
4. Dado que la velocidad del grupo de olas \square que es la mitad de su velocidad de fase— era próxima a la velocidad del buque, se originaron acometidas sucesivas por grandes olas, que produjeron embarques de agua en cubierta e interior.

3.2. Causas.

La Comisión, analizados los hechos, la documentación contenida en el expediente, los informes de las pruebas y ensayos realizados, y demás consideraciones a las que hace referencia este informe, ha determinado que el buque pesquero “*O Bahía*” naufragó por vuelco debido a pérdida de estabilidad, ocasionada por los siguientes tres factores que sumaron sus efectos perjudiciales:

- a) La velocidad inadecuada de navegación del buque, dada su eslora, la derrota y las condiciones de mar y viento existentes en la zona en el momento del naufragio, en especial la dirección, longitud, periodo y altura de las olas.
- b) El embarque sucesivo de agua, por acometidas de grandes olas, tanto en cubierta, cuya rápida evacuación al mar impedían las tejas colocadas en las falucheras, como en el interior del buque, al no estar cerradas determinadas puertas y portillos en la superestructura y en el casco.
- c) La existencia y disposición a bordo de pesos que, no habiendo sido considerados en el libro de estabilidad, se ha constatado que perjudicaron gravemente a la estabilidad del buque.



4.- RECOMENDACIONES

Primera: Realización de una campaña de concienciación dirigida a los patronos de buques de pesca sobre los riesgos de navegar con mar de popa o de aleta, incidiendo especialmente en los factores externos que originan disminución de la estabilidad, de aumento de la escora y de acometidas de grandes olas.

La campaña debería tratar también sobre las decisiones a adoptar para reducir el riesgo en dichas condiciones de mar, siendo deseable la confección de diagramas polares particularizados para cada buque, que contemplen las zonas críticas de su navegación, en función de las características de las olas y de su dirección, y el rumbo, velocidad y eslora del buque.

Segunda: Realización de una campaña recordatoria dirigida a los patronos sobre la prohibición de que a bordo vayan más personas de las que permitan los medios de salvamento, para lo que se debería modificar la aplicación informática de Despacho de Buques para que ello se pueda comprobar en el trámite del despacho.

Tercera: Realización de una campaña de concienciación dirigida tanto a los patronos como a los tripulantes de buques de pesca sobre los riesgos de mantener abiertos, durante la navegación, los accesos al interior del buque y portillos del casco.

Cuarta: Realización de inspecciones a bordo, fuera de programa, sobre la disposición y el estado de los imbornales, groeras o falucheras para desalojo del agua embarcada en cubierta y que las condiciones de carga y de su estiba a bordo, satisfacen los criterios de estabilidad establecidos.

Quinta: Equipar a las radiobalizas de los medios que sean necesarios que permitan su localización en tiempo real, una vez haya sido activada, o sustituir las existentes por otras que si lo permita.

Sexta: Respecto de la balsa salvavidas y su contenedor, debe tenerse en cuenta que posiblemente, si la zafa hidrostática hubiese sido calculada para ser activada a una menor columna de agua, equivalente a la distancia desde la posición de estiba del contenedor de la balsa al punto más alto del buque, la zafa se hubiera activado muy poco después de que el buque hubiera adoptado la posición de quilla al sol, es decir muy pocos segundos después del vuelco de 180 grados. En estas circunstancias el contenedor no hubiese perdido flotabilidad y hubiese encontrado menos obstáculos para su emersión. Posiblemente si la cama en que queda estibado el contenedor de la balsa fuese un plano inclinado con la parte alta hacia crujía y la baja hacia el costado, la cama no habría sido un obstáculo para su emersión.

Sería de desear que la boza tuviese una longitud menor para evitar que el contenedor flotase cerrado con la balsa dentro, sin abrirse por falta de tensión de tiro de la boza necesaria para activar la botella del gas de llenado de la balsa y vencer la re-



sistencia de los flejes de apertura del contenedor.

Sería deseable que los orificios de drenaje de la balsa fueran dotados con pequeñas válvulas de retención que impidan la entrada de agua desde el exterior.

Por tanto, respecto de la balsa salvavidas, y su contenedor, para este tipo de buques, se recomienda:

1. Incrementar la flotabilidad del contenedor en, al menos, 30 kg.
2. Equipar al sistema de drenaje del contenedor con válvulas de desagüe que no permitan su inundación, ni por la abertura de salida de la boza.
3. Acortar la longitud de la boza hasta 10 metros, con el fin de evitar que el contenedor flote cerrado con la balsa dentro, sin abrirse por falta de tensión de tiro de la boza.
4. Adaptar el mecanismo de la zafa hidrostática para que se active con una columna de agua de 2 metros, en lugar de los 3'47 metros obtenidos de media mediante ensayos.
5. Disponer el contenedor sobre una cama con inclinación transversal, correspondiendo la parte más alta al lado de crujía y la más baja al lado del costado, con el fin de que la propia cama no sea un obstáculo para la emersión con el buque quilla al sol.

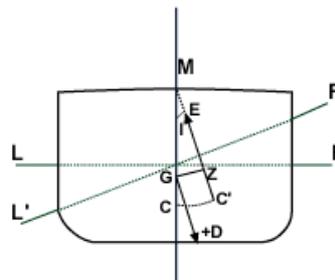
Finalizado por la Comisión:

31 de mayo de 2005



5.- GLOSARIO DE TERMINOS NÁUTICOS

- Adrizar:** Poner derecho o vertical un buque que está escorado o inclinado.
- Adujar:** Recoger en adujas, es decir, en vueltas o roscas circulares u oblongas, un cabo o cadena.
- Aleta:** Parte del buque comprendida entre la popa y uno de sus costados. Por extensión, la parte de la superficie de la mar que se encuentra más allá de ella.
- Altura de ola:** Distancia vertical entre una cresta y el seno que la precede inmediatamente.
- Altura de ola significativa:** Valor medio del tercio superior de las alturas de olas obtenidas por registro gráfico.
- Altura metacéntrica:** Distancia vertical entre la posición del centro de gravedad del buque (G) y el metacentro (M).
- Amura:** Parte del buque comprendida entre la proa y uno de sus costados. Por extensión, la parte de la superficie de la mar que se encuentra más allá de ella.
- Armador:** Persona física o jurídica propietaria o explotadora de un buque.
- Babor:** Costado izquierdo de un buque cuando, a bordo de él, miramos hacia su proa. "A babor": por extensión, todo aquello que se encuentra hacia dicho costado o más allá del mismo.
- Bao:** Cada uno de los refuerzos transversales sobre las que se apoyan las diferentes cubiertas del buque.
- Beaufort:** Escala de intensidades de la fuerza del viento, siendo la mínima fuerza 0 (viento en calma) y la máxima, fuerza 12 (temporal huracanado).
- Boza:** Cabo hecho firme por un extremo en un punto fijo del buque y el otro, dando vueltas a una estacha, calabrote o cadena, que trabajan, impide que se escurran.
- Brazo adrizante (GZ):** En la figura el Desplazamiento (D) está actuando hacia abajo sobre G, y el empuje (E) sobre C' y hacia arriba, creando de este modo un par de fuerzas, cuyo brazo es el GZ. Este brazo será perpendicular a la vertical del empuje (E), y al actuar sobre el buque lo hace girar en el sentido de la flecha, adrizándolo.





Cable:	Medida de longitud, equivalente a la décima parte de una milla (1 cable = 185,2 metros).
Carena:	Parte sumergida de un buque en flotación. También llamada “obra viva”.
Cerco:	Arte de pesca consistente en cercar el cardumen con la red de forma que las capturas no puedan escapar. El pesquero “ <i>O Bahía</i> ” era un buque cerquero.
Certificados:	Documentos expedidos por la Administración Marítima del Estado del pabellón de un buque, que acreditan el estado y características técnicas de cada una de sus partes, equipamiento y elementos.
Cubierta:	Elemento estructural longitudinal del buque que forma los diferentes “pisos” del mismo.
Cubierta de Francobordo:	Cubierta mas alta dotada con medios permanentes de cierre. En el presente caso coincide con la cubierta principal
Despacho:	Acto administrativo por el que la Capitanía Marítima comprueba que el buque cumple los requisitos exigidos por el ordenamiento jurídico y que cuenta con las oportunas autorizaciones para realizar las navegaciones y actividades a las que se dedica o pretende dedicarse.
Derrota:	Rumbo, trayectoria o dirección que lleva un buque en su navegación.
Devanera:	Armazón cilíndrico que gira alrededor de su eje y en el que se va enrollando el cabo que se pretende recoger y que, merced a su giro, se desenrolla después fácilmente.
Enrolar:	Formalizar por la Capitanía Marítima el embarque en un buque de un miembro de su tripulación para su adscripción al servicio del buque en una plaza determinada. La formalización del desembarque se denomina desenrole.
Escora:	Inclinación que toma un buque hacia cualquiera de sus bandas debida a la acción del oleaje o del viento, o a la disposición o estiba de los diversos pesos a bordo.
Escotilla:	Cada una de las aberturas que hay en las diversas cubiertas del buque, para el acceso a su interior o a otra cubierta.
Eslora:	Medida de la longitud de un buque.
Eslora total	Eslora total del casco del buque o embarcación.
Eslora entre perpendiculares:	Eslora comprendida, entre la perpendicular de popa que pasa por el eje del timón y la perpendicular de proa que pasa por la intersección de la roda con la línea flotación.
Eslora L:	Se considerará como igual al 96 por ciento de la eslora total en una flotación correspondiente al 85 por ciento del puntal mínimo medido desde la línea de quilla, o a la eslora que haya de la cara proel de la roda al eje del timón en esa flotación, si esta magnitud es mayor. En los buques proyectados con quilla inclinada, la flotación de referencia para medir la eslora será paralela a la flotación de proyecto.
Estacha:	Cada uno de los cabos gruesos con los que el buque se amarra al muelle.



Estibar:	Colocar convenientemente las mercancías y, en general, los pesos, a bordo de un buque.
Estribor:	Costado derecho de un buque cuando, a bordo de él, miramos hacia su proa. “A estribor”: por extensión, todo aquello que se encuentra hacia dicho costado o más allá del mismo.
Falucheras	Aberturas o agujeros practicados en la parte superior de los costados del buque, por donde se desagua o desaloja el agua embarcada en la cubierta, fundamentalmente debido a los golpes de mar.
Francobordo:	Distancia medida en el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta (cubierta de francobordo) hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente.
Guiñada:	Desvío de la proa de un buque a un lado u otro del rumbo a que se navega, producido por golpes de mar, defectos en el gobierno, descuido del timonel u otra causa.
Indicativo:	Conjunto de letras o de números y letras con que se identifica un buque con independencia de su nombre. También llamado “Señal Distintiva” o “Distintivo de Llamada”.
Luz Holmes:	Artefacto luminoso estanco, incorporado a los aros salvavidas, de encendido automático.
Manga:	Medida de la anchura de un buque entre ambos costados.
Metacentro:	En un buque a flote, punto en que la línea vertical que pasa por el centro de empuje corta, cuando el buque escora, a la línea que pasaba por el centro de gravedad y de empuje, que era vertical cuando el buque estaba adrizado.
Milla:	Distancia medida sobre la mar equivalente a 1 minuto de arco de meridiano (equivalente a 1.852 metros).
Nudo:	Unidad de velocidad, correspondiente a una milla por hora (1´85 km/h)
Pañol:	Cualquiera de los compartimentos de un buque, destinado a almacenar víveres, pertrechos, repuestos, herramientas, etc.
Pecio:	Buque hundido, fragmento de él o sus restos.
Periodo de pico:	Respecto de las olas, periodo medio de la sucesión de picos del registro, calculado como cociente entre el tiempo total del registro y el número de picos.
Polín:	Estructura fijada a la cubierta sobre la cual se posicionan los equipos y la maquinaria.
Popa:	Parte posterior del buque, según el sentido de la marcha avante.
Portillo:	Ventana circular de pequeño tamaño practicada en el casco y superestructuras del buque. En tierra se le suele dar la denominación de “ojo de buey”.
Proa:	Parte delantera del buque, según el sentido de la marcha avante.



Puente:	Departamento ubicado en una de las cubiertas más elevadas, diáfano de banda a banda, desde donde se gobierna el buque, y en donde se encuentran los equipos de control y de navegación (rueda del timón, telégrafo de máquinas, pantallas de radar, radiocomunicaciones, etc).
Puntal:	Distancia vertical medida en el centro del buque, desde la línea de quilla hasta la cara alta del bao de la cubierta de trabajo, en su intersección con el costado.
Quilla:	Pieza de acero que va de popa a proa por la parte inferior y central del buque y en la que se asienta toda su armazón.
Rabiza:	Cabo corto y delgado unido por un extremo a un objeto cualquiera para facilitar su manejo o sujeción al sitio que convenga.
Rancho:	Comedor o compartimento del buque destinado al descanso de la tripulación.
Roda:	Pieza gruesa y curva que forma la proa del buque.
Rolar:	Variar la dirección desde la que sopla el viento.
Servo:	Servomotor. Sistema electromecánico que amplifica la potencia reguladora de la acción de la rueda del timón sobre su pala.
Sonda:	Medida de la profundidad del mar.
Tambucho:	Escotilla ubicada en una cubierta y protegida por cajera y tapa de cierre, para impedir la entrada de agua, y que permite el acceso de personas o cosas de una cubierta a otra.
Tonelaje bruto	Medida de la cubicación o arqueado del buque .
Través:	Dirección perpendicular a la quilla, o a la línea que une la proa y la popa.
Trincar:	Asegurar o sujetar fuertemente con cabos o cadenas los objetos o equipos de a bordo.
Zafa hidrostática:	Mecanismo homologado que permite sujetar los aparatos de emergencia (balsas, balizas, etc.) al buque de una forma segura, y permite su disparo a flote automáticamente en caso de hundimiento.



6.- ACRÓNIMOS

CEDEX:	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Organismo ubicado en Madrid dependiente del Ministerio de Fomento.
CEHIPAR:	Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo. Organismo ubicado en la localidad de El Pardo (Madrid), dependiente del Ministerio de Defensa.
CESEMI:	Centro de Seguridad Marítima Integral “Jovellanos”. Organismo ubicado en la localidad de Veranes (Gijón) dependiente de SASEMAR.
COSPAS-SARSAT:	Programa internacional (puesto en marcha en 1998 inicialmente por Canadá, Francia, Estados Unidos y Rusia) que proporciona gratuitamente alertas de socorro, localización e información a las autoridades de salvamento marítimo, aéreo y terrestre de todo el mundo, mediante el uso de satélites espaciales. Las siglas son: COSPAS (del ruso “ <i>Cosmicheskaya Sistyema Poiska Aariynyich Sudov</i> ” o Sistema Espacial para la Búsqueda de Buques en situación de Emergencia); y SARSAT (del inglés “ <i>Search and Rescue Satellite Aided Tracking</i> ” o Búsqueda y Salvamento a través de trayectorias mediante satélites.
CNCS	Centro Nacional de Coordinación de Salvamento Marítimo y Lucha contra la Contaminación. Organismo ubicado en Madrid, dependiente de SASEMAR.
CZCS:	Centro Zonal de Coordinación de Salvamento Marítimo y Lucha contra la Contaminación. Existen dos CZCS: uno en el monte Enxa (Galicia) y otro en Tarifa (Andalucía). También los CLCS y los CRCS (centros locales y centros regionales, respectivamente) ubicados en diversos puertos. Tanto unos como otros dependen de SASEMAR.
H/S:	Siglas de “Helicóptero de Salvamento”.
E/S:	Siglas de “Embarcación de Salvamento de Intervención Rápida”.
GT:	Del inglés “ <i>Gross Tonnage</i> ”.- Medida de la cubicación o arqueo de un buque.
INTA:	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. Organismo ubicado en Madrid, dependiente del Ministerio de Defensa
GM	Ver Altura Metacéntrica
GMT:	Del inglés “ <i>Greenwich Mean Time</i> ”. Hora del meridiano de Greenwich, también llamada Hora de Tiempo Universal o UTC.
MHz	Mega Herzio, unidad de frecuencia radioeléctrica.
MSC:	Del inglés “ <i>Maritime Safety Comité</i> ”, Comité de Seguridad Marítima de la OMI.
OMI:	Organización Marítima Internacional. Organismo de las Naciones Unidas competente para todos los asuntos relacionados con la mar, ubicado en Londres.
SASEMAR:	Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima. Organismo adscrito al Ministerio de Fomento a través de la Dirección General de la Marina Mercante. Su cometido fundamental es la activación y coordinación de los medios marítimos y aéreos, públicos o privados, en situaciones de emergencia y en las operaciones de salvamento de buques y de vidas humanas en la mar, y de lucha



contra la contaminación del medio marino.

- SEGEPECA:** Secretaría General de Pesca Marítima. Organismo dependiente del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- TRB:** Siglas de “Tonelaje de Registro Bruto”, o, simplemente, Registro Bruto. Medida de la cubicación o arqueo de un buque.
- UTC:** Del inglés “*Universal Time Coordinated*”, que es la hora de Tiempo Universal o GMT.



**MINISTERIO
DE FOMENTO**

**SECRETARÍA GENERAL
DE TRANSPORTES**

*DIRECCIÓN GENERAL
DE LA MARINA MERCANTE*

**Comisión Permanente de
Investigación de Siniestros Marítimos**

ACCIDENTE “O BAHIA”

ANEXO 1

ACTA DE LAS PRUEBAS DE ESTABILIDAD



MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS Y TRANSPORTES
 Dirección General de la Marina Mercante
 Subdirección General de Inspección Marítima

INSPECCION MARITIMA DE PONTEVEDRA

ACTA DE PRUEBAS DE ESTABILIDAD

En MARIN, el día 11-10-1999 y en presencia del Ingeniero Inspector de Buques, se procedió a efectuar las pruebas de estabilidad del buque O BAHIA, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Reconocimiento de Buques y Embarcaciones Mercantes y en las Ordenes Ministeriales de 29 de Julio de 1970.

Tipo del buque PESQUEROS OMI/NIB: /206373
 Clase R Material del casco ACERO
 Matrícula CAMBADOS Lista 3 Folio 5 /1999
 Eslora entre perpendiculares 13,500 m.
 Manga (CMD) 5,212 m.
 Puntal de Construcción / Cbta. superior 2,350 m. / m.
 Espesor de cubierta, incluido el espesor real del forro en la vertical del Franco Bordo:
7 mm.
 Calado de máxima carga 2,014 m. para un Franco Bordo de Verano 666 mm.
 Arqueo Total 23,70 TRB.

PRUEBA DE ESTABILIDAD

Entidad que realizó la experiencia J. REBOLO FONSECA
 Lugar de la experiencia MARIN
 Condiciones de carga del buque en la experiencia:
EN LASTRE CON EL PERSONAL Y PESOS NECESARIOS PARA LA EXPERIENCIA S/D
S/ HOJA Nº 3 DEL CUADERNO DE ESTABILIDAD.-

Calado a proa 1,370 m. Calado a popa: 2,180 m. Calado medio 1,775 m.
 Diferencia de calados +0,810 m. Desplazamiento 61,89 Tm.

Pesos utilizados y su situación 2 PESOS DE 0.62 TM C/U SITUADOS SOBRE LA CUBIERTA
A 2.66M SOBRE LA LINEA DE BASE Y A 3.00M DESDE LA PERPENDICULAR DE POPA.

Distancia media de traslación de los pesos 4,420 m.

Momento escorante = 0,62 x 4,420 = 2,74 toneladas x metros

Longitud de cada péndulo: 1º 4,930 m.; 2º m.; 3º m.

Desviaciones medidas: 1º 288 mm.; 2º mm.; 3º mm.

Altura metacéntrica (GM): 0,758 m.

Altura del metacentro sobre la base para la flotación de la experiencia: 2,905 m.

Ordenada del centro de gravedad sobre la base en la experiencia: 2,146 m.

Ordenada del centro de gravedad sobre la base en rosca (KG): 2,122 m.

Abcisa del Centro de Gravedad en Rosca, desde la p.p. (XG): 6,816 m.

Desplazamiento en rosca: 56,68 toneladas métricas

NOTA.—Los calados que se citan en el acta de estabilidad son calados reales en las marcas, los cuales están referidos al canto bajo de la quilla, siendo necesario restar 323 mm. para obtener los de trazado.

SALIDA DE PUERTO CON 100 % COMBUSTIBLE, PROVISIONES, HIELO, ETC..

Desplazamiento 75,17 Tm. Calados: proa 1,644 m.; popa 2,306 m.
 Ordenada del centro de gravedad 2,073 m.
 Altura metacéntrica corregida 0,719 m.
 Brazo máximo de estabilidad estática 0,240 m., para 25,00 ° de inclinación.
 Ángulo de anulación del brazo del par de estabilidad estática 53 °.
 Ángulo de inundación de las aberturas 55,00 °.
 Brazos de estabilidad dinámica: a 30° 0,083 m. rad.; a 40,0° 0,116 m. rad.

LLEGADA A PUERTO 10% PROVISIONES, COMBUSTIBLE, ETC.. Y 100 % PESCA

Desplazamiento 73,83 Tm. Calados: proa 1,855 m.; popa 2,133 m.
 Ordenada del centro de gravedad 2,058 m.
 Altura metacéntrica corregida 0,639 m.
 Brazo máximo de estabilidad estática 0,243 m., para 26,00 ° de inclinación.
 Ángulo de anulación del brazo del par de estabilidad estática 57 °.
 Ángulo de inundación de las aberturas 58,00 °.
 Brazos de estabilidad dinámica: a 30° 0,080 m. rad.; a 40,0° 0,115 m. rad.

LLEGADA A PUERTO 10 % PROVISIONES, COMBUSTIBLE, ETC. Y 20 % DE LA PESCA

Desplazamiento 64,64 Tm. Calados: proa 1,555 m.; popa 2,113 m.
 Ordenada del centro de gravedad 2,116 m.
 Altura metacéntrica corregida 0,678 m.
 Brazo máximo de estabilidad estática 0,273 m., para 28,00 ° de inclinación.
 Ángulo de anulación del brazo del par de estabilidad estática 54 °.
 Ángulo de inundación de las aberturas 62,00 °.
 Brazos de estabilidad dinámica: a 30° 0,086 m. rad.; a 40,0° 0,127 m. rad.

BUQUE EN LASTRE

Desplazamiento 65,16 Tm. Calados: proa 1,364 m.; popa 2,247 m.
 Ordenada del centro de gravedad 2,166 m.
 Altura metacéntrica corregida 0,738 m.
 Brazo máximo de estabilidad estática 0,261 m., para 26,00 ° de inclinación.
 Ángulo de anulación del brazo del par de estabilidad estática 51 °.
 Ángulo de inundación de las aberturas 63,00 °.
 Brazos de estabilidad dinámica: a 30° 0,087 m. rad.; a 40,0° 0,123 m. rad.

SALIDA DE CALADERO

Desplazamiento 75,98 Tm. Calados: proa 1,858 m.; popa 2,184 m.
 Ordenada del centro de gravedad 2,039 m.
 Altura metacéntrica corregida 0,672 m.
 Brazo máximo de estabilidad estática 0,243 m., para 25,00 ° de inclinación.
 Ángulo de anulación del brazo del par de estabilidad estática 58 °.
 Ángulo de inundación de las aberturas 57,00 °.
 Brazos de estabilidad dinámica: a 30° 0,082 m. rad.; a 40,0° 0,116 m. rad.

OBSERVACIONES ESTE BUQUE NO PODRA NAVEGAR EN ZONAS DE FORMACION DE HIELOS NI TRANSPORTAR CARGA EN CUBIERTA. ESTE BUQUE DISPONE DE 4.12 TM DE LASTRE EN EL INTERIOR DE QUILLA Y 3.3 TM E/C 1 A 4 EN LA ZONA DE Y CODASTE Y BOCINA. ESTE LASATRE NO PODRÁ SER SACADO SIN LA AUTORIZACION DE LA INSPECCION MARITIMA.

Y para que conste, se expide la presente Acta por cuadruplicado en VIGO
 a 04 de Noviembre de 19 99

El Ingeniero Naval Inspector,

APROBADA EL ACTA

MADRID, 10 de noviembre de 19 99
 El Subdirector Gral. de Inspección Marítima





**MINISTERIO
DE FOMENTO**

**SECRETARÍA GENERAL
DE TRANSPORTES**

*DIRECCIÓN GENERAL
DE LA MARINA MERCANTE*

**Comisión Permanente de
Investigación de Siniestros Marítimos**

ACCIDENTE “O BAHIA”

ANEXO 2

**INFORME DEL CANAL DE EXPERIENCIAS HIDRODINÁMICAS DE EL
PARDO (CEHIPAR)**



CANAL DE EXPERIENCIAS HIDRODINÁMICAS



**INFORME OTI-2236-CM-1 SOBRE LOS
ENSAYOS PARA LA INVESTIGACIÓN DEL
HUNDIMIENTO DEL PESQUERO “O BAHÍA”**

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. PREPARACIÓN DEL MODELO	8
2.1 Autopiloto	10
2.2 Curvas de estabilidad y criterios para estabilidad de buque intacto	10
2.3 Fotos del modelo	13
3. PREPARACIÓN DE LOS ENSAYOS.....	20
3.1 Laboratorio de Dinámica del Buque	20
3.2 Oleaje utilizado en los ensayos.....	20
3.3 Velocidad, rumbo y duración de los ensayos	22
4. MAGNITUDES MEDIDAS.....	24
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	25
5.1 Registro de datos	25
5.2 Análisis estadístico.....	25
6. RESULTADOS	26
6.1 Olas irregulares	26
6.2 Olas regulares.....	27
7. CONCLUSIONES.....	34

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Dimensiones principales para cada condición de carga.....	8
Tabla II. Distribución de pesos del O Bahía	9
Tabla III. Periodos de balance y cabeceo para el Gallego José.....	10
Tabla IV. Criterios de estabilidad para la condición 1.....	11
Tabla V. Criterios de estabilidad para la condición 2.....	11
Tabla VI. Criterios de estabilidad para la condición 3.....	12
Tabla VII. Criterios de estabilidad para la condición 4.....	12
Tabla VIII. Ángulos de inundación o inmersión para cada condición.....	13
Tabla IX. Estados del mar ensayados	21
Tabla X. Olas regulares.....	22
Tabla XI. Factores de escala.....	24
Tabla XII. Probabilidad cruzada de alturas y periodos de cruce por cero (en tanto por mil)	29
Tabla XIII. Probabilidades de ocurrencia en 3 horas (en tanto por cien).....	29
Tabla XIV. Estadísticas en olas de cresta corta	45
Tabla XV. Estadísticas en olas de cresta larga	45
Tabla XVI. Estadísticas en olas regulares (Condición 1).....	46
Tabla XVII. Estadísticas en olas regulares (Condición 2).....	46
Tabla XVIII. Estadísticas en olas regulares (Condición 3).....	46
Tabla XIX. Estadísticas en olas regulares (Condición 4).....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de estabilidad para la condición 1.....	11
Figura 2. Curva de estabilidad para la condición 2.....	11
Figura 3. Curva de estabilidad para la condición 3.....	12
Figura 4. Curva de estabilidad para la condición 4.....	12
Figura 5. Compartimentación interna	13
Figura 6. Escotillas estancas de acceso.....	14
Figura 7. Falucheras, tejas y quillote.....	14
Figura 8. Quillas de balance.....	15
Figura 9. Acabado del casco.....	15
Figura 10. Modelo completo. Vista por proa.....	16
Figura 11. Parque de pesca.....	16
Figura 12. Limera, hélice, timón y ejes.....	17
Figura 13. Bocina y talón de codaste.....	17
Figura 14. Hélice y timón.....	18
Figura 15. Servomotor.....	18
Figura 16. Motor de propulsión y regulador.....	19
Figura 17. Serie temporal de alturas y periodos medidos por la boya de Vilano-Sisargas	20
Figura 18. Ajuste de Weibull a la distribución de ángulos de balance.....	26
Figura 19. Probabilidades de excedencia de balance en tres horas con mares de cresta corta.....	27
Figura 20. Distribución de las olas regulares ensayadas.....	30
Figura 21. GM en olas en la ola 46	31
Figura 22. Ángulo de estabilidad cero en la ola 46.....	32
Figura 23. GZ máximo en la ola 46	32
Figura 24. Espectro escalar del oleaje de cresta corta.....	41
Figura 25. Distribución direccional media del oleaje de cresta corta.....	41
Figura 26. Espectro escalar del oleaje de cresta larga.....	42
Figura 27. Espectros direccionales. A la izquierda el medido por la boya y a la derecha el medido en el canal.....	43
Figura 28. Estabilidad en la ola 46. Condición 1. Posición Ppr / $\lambda = 0.00$	50
Figura 29. Estabilidad en la ola 46. Condición 1. Posición Ppr / $\lambda = 0.25$	50
Figura 30. Estabilidad en la ola 46. Condición 1. Posición Ppr / $\lambda = 0.50$	51
Figura 31. Estabilidad en la ola 46. Condición 1. Posición Ppr / $\lambda = 0.75$	51
Figura 32. Estabilidad en la ola 46. Condición 2. Posición Ppr / $\lambda = 0.00$	52
Figura 33. Estabilidad en la ola 46. Condición 2. Posición Ppr / $\lambda = 0.25$	52
Figura 34. Estabilidad en la ola 46. Condición 2. Posición Ppr / $\lambda = 0.50$	53
Figura 35. Estabilidad en la ola 46. Condición 2. Posición Ppr / $\lambda = 0.75$	53
Figura 36. Estabilidad en la ola 46. Condición 3. Posición Ppr / $\lambda = 0.00$	54
Figura 37. Estabilidad en la ola 46. Condición 3. Posición Ppr / $\lambda = 0.25$	54
Figura 38. Estabilidad en la ola 46. Condición 3. Posición Ppr / $\lambda = 0.50$	55
Figura 39. Estabilidad en la ola 46. Condición 3. Posición Ppr / $\lambda = 0.75$	55
Figura 40. Estabilidad en la ola 46. Condición 4. Posición Ppr / $\lambda = 0.00$	56
Figura 41. Estabilidad en la ola 46. Condición 4. Posición Ppr / $\lambda = 0.25$	56
Figura 42. Estabilidad en la ola 46. Condición 4. Posición Ppr / $\lambda = 0.50$	57
Figura 43. Estabilidad en la ola 46. Condición 4. Posición Ppr / $\lambda = 0.75$	57

1. INTRODUCCIÓN

El pesquero “O Bahía” de 13.5 m de eslora se hundió el 2 de Junio de 2004 en las cercanías de las Islas Sisargas. Toda su tripulación pereció sin que pudieran enviar ningún mensaje de socorro. El buque navegaba a una velocidad estimada de 10.5 nudos en un oleaje de popa con altura significativa de unos 2.7 m.

El objeto de los ensayos que aquí se describen fue estudiar el comportamiento del buque en unas condiciones similares a las del momento del accidente para comprobar si el oleaje pudo ser el factor desencadenante del mismo.

Los ensayos se realizaron con un modelo en fibra de vidrio a escala 1:7.732 y consistieron en medir y observar los movimientos con el modelo navegando en olas a una velocidad de 10.5 nudos y mar de popa o ligeramente por la aleta. El modelo iba provisto de un motor con hélice de “stock”, timón y servo motor. La trayectoria se mantuvo mediante control remoto y los datos se enviaban a tierra por telemetría.

Además del informe se acompaña un vídeo de los ensayos.

Las conclusiones del estudio se detallan en el capítulo 7.

2. PREPARACIÓN DEL MODELO

El modelo (nº 2736 del CEHIPAR) se construyó en fibra de vidrio a una escala 1:7.732 reproduciéndose todas sus formas incluida la obra muerta y la superestructura. Se incluyeron los apéndices: quillas de balance, quillote, talón de codaste y timón. El timón era móvil y accionado por un servomotor a través de control remoto. La velocidad de actuación se limitó a 3.5°/s para simular características del actuador real. Además se reprodujeron las panas de cubierta y las falucheras (algunas con teja).

El modelo se hizo completamente estanco de forma que pudiera mantenerse a flote incluso en caso de vuelco.

Se instaló un motor accionando una hélice. Se eligió un hélice de “stock” lo más parecida posible a la del buque real.

Toda la construcción del modelo se basa en la información facilitada por la DGMM, consistente principalmente en: plano de disposición general, cartilla de trazado, fotografías y esquemas.

La construcción del modelo y posición de los distintos elementos se puede observar en las fotografías adjuntas.

Por razones que se explicarán más adelante, se han estudiado cuatro condiciones de carga cuyas características principales son las siguientes:

Tabla I. Dimensiones principales para cada condición de carga.

	Cond. 1	Cond. 2	Cond. 3	Cond. 4
Eslora entre perpendiculares (m)	13.5	13.5	13.5	13.5
Manga de trazado (m)	5.2	5.2	5.2	5.2
Calado medio (m)	1.622	1.76	2.068	2.068
Diferencia de calados (m)	0.46	0.905	0	0
Desplazamiento con apéndices (t)	74.28	79.93	83.93	83.93
Abscisa del c.d.g. respecto a maestra (m)	-0.524	-1.021	-0.812	-0.812
GM (m)	0.589	0.613	0.559	0.459
Altura del c.d.g. sobre línea base (m)	2.22	2.21	2.21	2.31
Radio de giro longitudinal (% L_{pp})	32.7	34.1	34.3	34.4
Radio de giro transversal (% B)	43.2	42.5	41.5	41.8

Estas condiciones de carga corresponden a:

- Condición 1: condición estimada para el momento del accidente, que corresponde a la distribución de pesos facilitada por Marina Mercante (ver Tabla II).

Tabla II. Distribución de pesos del O Bahía

CONCEPTO	PESO	XG	YG	ZG
Tripulacion y efectos (10p x 120kg)	1.20	10	0	3.40
redes y efectos de pesca, aparejo1	4.00	3	0	2.60
redes y efectos de pesca, aparejo2	4.00	3	0	2.80
jaretas, calones y efectos adicionales	1.30	7	0	3.00
VIVERES	1.00	10	0	3.00
bote insumergible + motor central	0.35	-1	0	3.00
HALADOR yoyo de respeto	0.20	14.5	0	5.30
panas divisiones de cubierta	0.50	2.5	0	3.00
CAJON DE HIELO vacio	0.40	6	0	2.80
bandejas de descarga	0.08	6	0	5.00
GASOIL T.1BR	0.43	5.5	4.3	0.80
GASOIL T.1ER	1.74	5.5	-4.3	1.00
GASOIL T.5CENTRO(S.D.)	0.67	1.0	0	1.93
AGUA DULCE	1.15	1.0	0	2.00
ACEITE T.3BR	0.31	1.0	0	1.96
ACEITE T.4ER	0.28	1.0	0	2.05
suma parcial	17.60	4.32	-0.32	2.53
BUQUE EN ROSCA	56.68	6.82	0.00	2.12
TOTAL	74.28	6.23	0	2.22

- Condición 2: misma condición que la anterior con los tanques de lastre de popa Br y Er llenos.
- Condición 3: misma condición que la anterior con 3 t en el pique de proa.
- Condición 4: misma condición que la anterior cambiando la distribución de pesos de tal forma que el GM disminuye 10 cm.

El modelo se lastró con una distribución de pesos adecuada para reproducir el desplazamiento, calado medio, trimado y radios de inercia longitudinal y transversal de las distintas condiciones de carga realizándose las siguientes comprobaciones:

- Desplazamiento, calado y trimado: Comprobación de calados en el canalillo de trimado.
- Radio de inercia longitudinal. Se ajustó próximo al valor deseado de $0.32 L_{pp}$ mediante medición del período natural en la mesa de inercias del CEHIPAR.
- Radio de inercia transversal. Se ajustó próximo al valor deseado de $0.43 B$ mediante medición del período natural en la mesa de inercias del CEHIPAR.
- Altura del centro de gravedad. Se comprobó mediante prueba de estabilidad.

Para el cálculo de la inercia en el momento del hundimiento del buque, se partió de los periodos de balance y cabeceo de un buque semejante en carena (Gallego José). Dadas las similitudes en dimensiones se puede estimar que en la condición equivalente los periodos del O Bahía serían iguales.

Los periodos medidos en el Gallego José son los siguientes:

Tabla III. Periodos de balance y cabeceo para el Gallego José

Periodo de cabeceo	3.2 +/- 0.3 s
Periodo de balance	5.7 +/- 0.2 s

A partir de estos periodos se calcula la inercia del Gallego José y añadiendo la inercia de los elementos de la distribución de pesos del O Bahía que no estaban en el Gallego José obtenemos la inercia total del O Bahía, que resulta en un periodo de cabeceo de 3.15 s y un periodo de balance de 6.8 s

El modelo se compartimentó internamente tanto por darle una mayor seguridad frente a posibles inundaciones como con vistas a un futuro ensayo de hundimiento.

2.1 Autopiloto

Inicialmente los ensayos se iban a realizar con el modelo autopilotado, aun conociendo que en la realidad lo más probable es que el buque fuera pilotado manualmente, pensamos que los resultados obtenidos serían más objetivos. En los primeros ensayos se vio que era muy difícil controlar el rumbo con el autopiloto incluso con ganancias muy altas por lo que se decidió controlarlo manualmente.

2.2 Curvas de estabilidad y criterios para estabilidad de buque intacto

A continuación se incluyen las curvas de estabilidad de cada condición así como tablas en las que se compara la estabilidad con los requisitos establecidos por la O.M. de 27 de Julio de 1976 para este tipo de buques. Se observa que en ningún caso se cumplen todos los requisitos. En la Tabla VIII se dan los distintos ángulos de inundación. Se observa que, éstos se reducen apreciablemente en las condiciones con lastre.

Condición 1

Figura 1. Curva de estabilidad para la condición 1

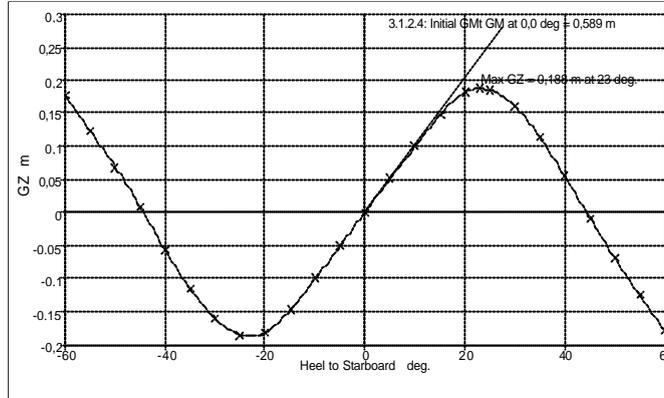


Tabla IV. Criterios de estabilidad para la condición 1

GM inicial	=> 0,35 m	0,589 m	Cumple
Área de GZ entre 0 y 30°	=>3,151 m.deg	3.766 m.deg	Cumple
Área de GZ entre 0 y 40°	=>5,157 m.deg	4.893 m.deg	No cumple
Área de GZ entre 30 y 40°	=>1.719 m.deg	1.127 m.deg	No cumple
Ángulo de escora para GZ máximo	=>25 °	23 °	No cumple

Condición 2

Figura 2. Curva de estabilidad para la condición 2

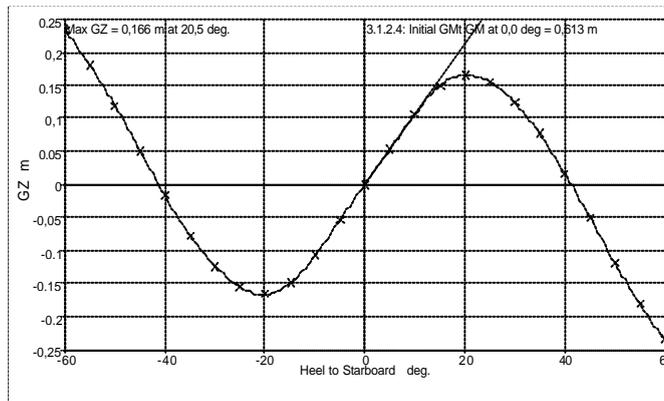


Tabla V. Criterios de estabilidad para la condición 2

GM inicial	=> 0,35 m	0.613 m	Cumple
Área de GZ entre 0 y 30°	=>3,151 m.deg	3.504 m.deg	Cumple
Área de GZ entre 0 y 40°	=>5,157 m.deg	4.249 m.deg	No cumple
Área de GZ entre 30 y 40°	=>1.719 m.deg	0.745 m.deg	No cumple
Ángulo de escora para GZ máximo	=>25 °	20.5 °	No cumple

Condición 3

Figura 3. Curva de estabilidad para la condición 3

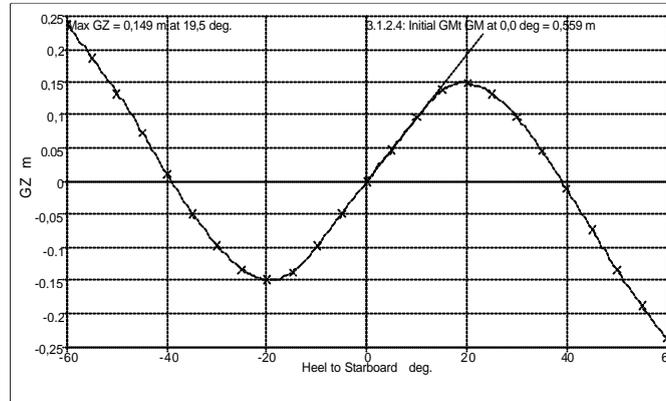


Tabla VI. Criterios de estabilidad para la condición 3

GM inicial	=> 0,35 m	0.559 m	Cumple
Área de GZ entre 0 y 30°	=>3,151 m.deg	3.109 m.deg	No cumple
Área de GZ entre 0 y 40°	=>5,157 m.deg	3.575 m.deg	No cumple
Área de GZ entre 30 y 40°	=>1.719 m.deg	0.465 m.deg	No cumple
Ángulo de escora para GZ máximo	=>25 °	19.5 °	No cumple

Condición 4

Figura 4. Curva de estabilidad para la condición 4

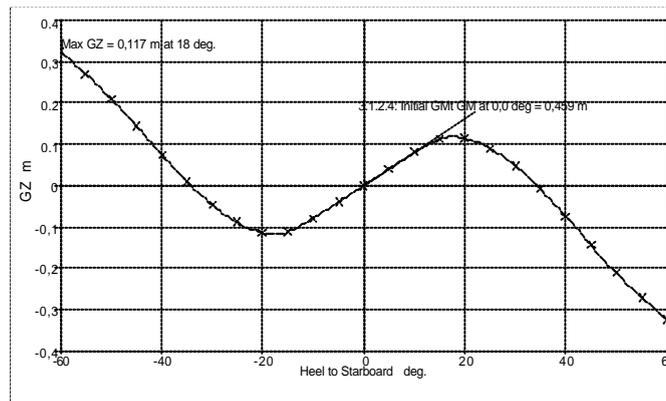


Tabla VII. Criterios de estabilidad para la condición 4

GM inicial	=> 0,35 m	0.459 m	Cumple
Área de GZ entre 0 y 30°	=>3,151 m.deg	2.341 m.deg	No cumple
Área de GZ entre 0 y 40°	=>5,157 m.deg	2.443 m.deg	No cumple
Área de GZ entre 30 y 40°	=>1.719 m.deg	0.101 m.deg	No cumple
Ángulo de escora para GZ máximo	=>25 °	18 °	No cumple

Tabla VIII. Ángulos de inundación o inmersión para cada condición

	Condición de carga			
	1	2	3	4
Acceso habilitacion	>60°	>60°	>60°	>60°
Acceso habilitacion babor	48.14	50,36	45,08	45,14
Acceso pañol	37.92	44,02	38,48	38,56
Tambucho	25.87	23,29	22	22
Inmersión trancañil	15.8	10.22	11.07	12.37
Inmersión amurada	35.56	25.53	27.23	27.16

2.3 Fotos del modelo

Figura 5. Compartimentación interna



Figura 6. Escotillas estancas de acceso



Figura 7. Falucheras, tejas y quillote



Figura 8. Quillas de balance

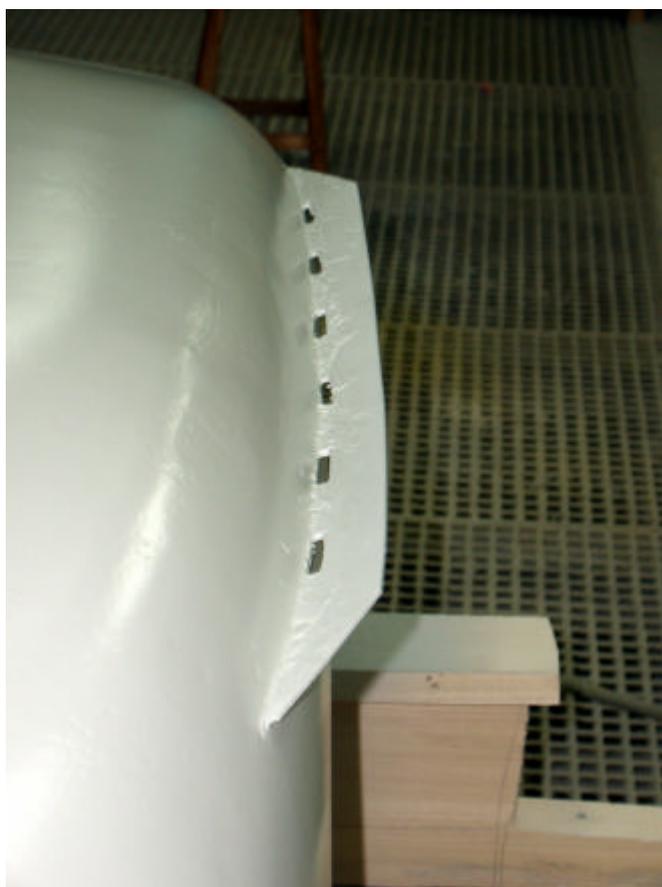


Figura 9. Acabado del casco



Figura 10. Modelo completo. Vista por proa.



Figura 11. Parque de pesca



Figura 12. Limera, hélice, timón y ejes

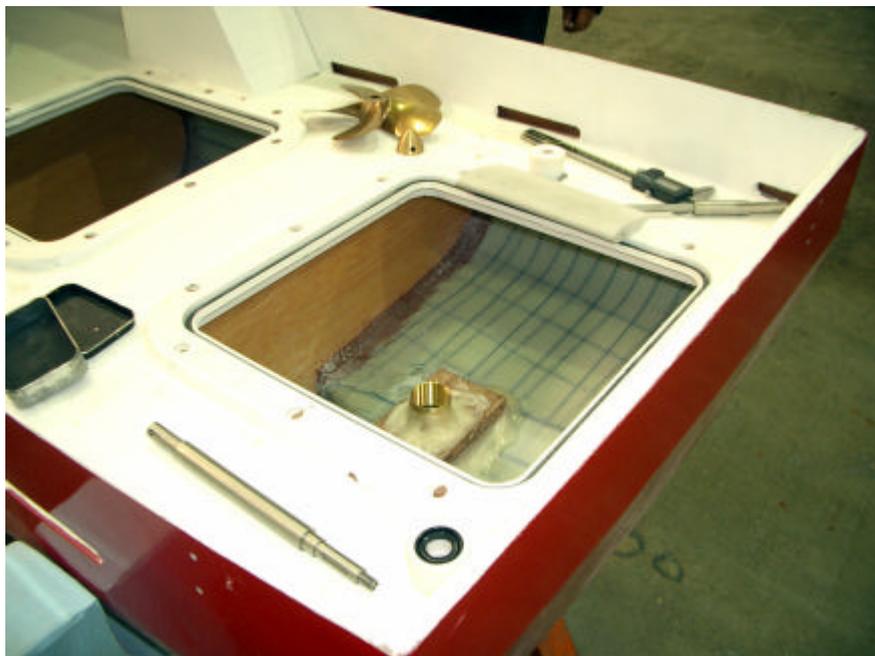


Figura 13. Bocina y talón de codaste



Figura 14. Hélice y timón



Figura 15. Servomotor

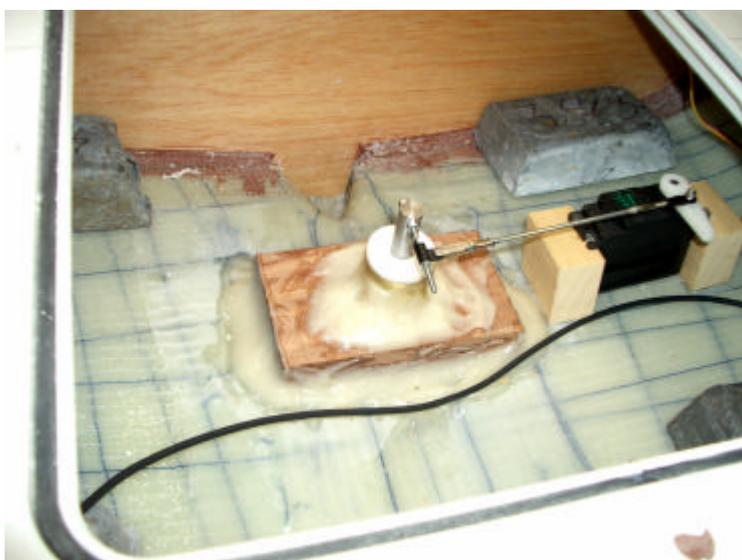


Figura 16. Motor de propulsión y regulador



3. PREPARACIÓN DE LOS ENSAYOS

3.1 Laboratorio de Dinámica del Buque

Los ensayos en olas fueron realizados en el Canal de Dinámica del Buque del CEHIPAR. La vasija es de 150 x 30 x 5 m. Dispone de un generador de oleaje de 60 paletas con movimiento independiente, que permite generar oleajes regulares o irregulares de cresta larga y corta. Las instalaciones se describen en el Apéndice A.

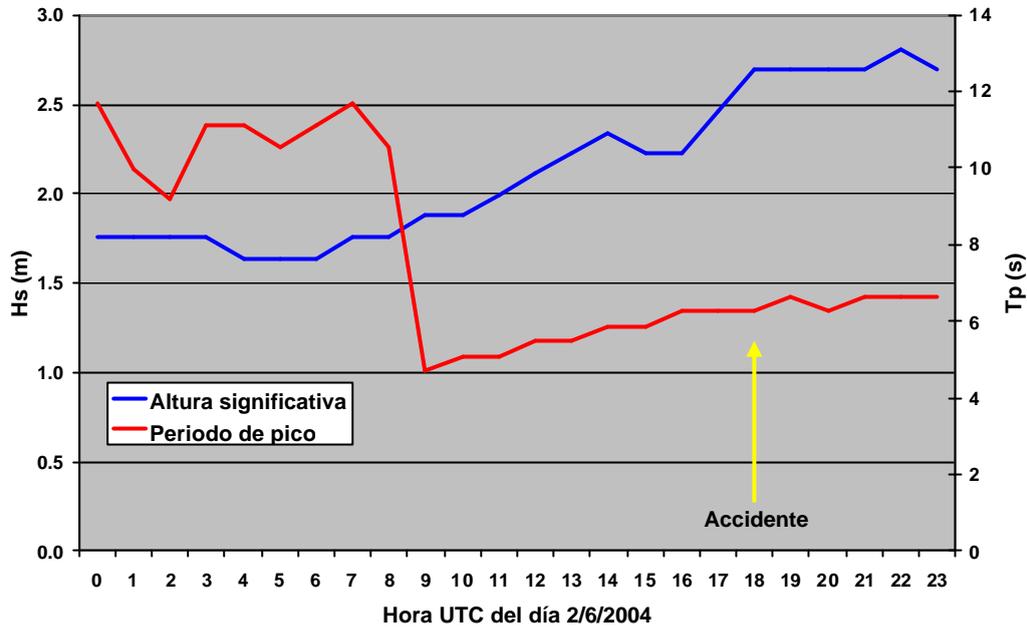
3.2 Oleaje utilizado en los ensayos

Los oleajes seleccionados para los ensayos corresponden al estado de mar medido por Puertos del Estado en la Boya Vilano-Sisargas que se encuentra próxima al lugar del accidente. A partir de esta información se han generado dos estados del mar con un espectro escalar igual al medido por la boya, uno con dispersión coseno cuadrado con exponente $s=2.2$ (cresta corta similar a la indicada por la boya) y otro con $s=0$ (cresta larga). La razón de usar estas dos dispersiones es que la resolución direccional de este tipo de boyas no es muy alta por lo que existe un margen de incertidumbre sobre la dispersión real del oleaje.

Al estar la boya en aguas más abiertas que la zona del accidente, se consideró la posibilidad de que el oleaje estuviera afectado por la batimetría y las corrientes locales. Para ello se utilizó el programa STWAVE que a partir de un mallado de la batimetría de la zona, el oleaje de entrada “aguas arriba” y la corriente calcula la transformación del oleaje. Como espectro de entrada se utilizó el medido por la boya. La corriente se estimó a partir de la velocidad de deriva de la radiobaliza en 1.4 nudos viniendo aproximadamente de 80° .

Las series temporales de alturas y periodos medidos por la boya se dan en la Figura 17.

Figura 17. Serie temporal de alturas y periodos medidos por la boya de Vilano-Sisargas



De la figura se obtienen los siguientes valores de altura significativa (Hs) y de período de pico (Tp).

Tabla IX. Estados del mar ensayados

Fichero	Descripción	Espectro	Hs (m)	Tp (s)	s
1CC	Boya Vilano	Medido	2.7	6.25	2.2
1CL					0

El espectro generado se compara con el medido en el Apéndice B.

Los resultados de los ensayos en estas olas irregulares condujeron a la conclusión que era necesario someter el modelo a situaciones más comprometidas (aunque factibles). Por ello se generaron una serie de olas regulares de gran pendiente. Todo ello se explica con más detalle en lo sucesivo.

Las características de estas olas regulares se muestran en la siguiente tabla.

Tabla X. Olas regulares

	H (m)	T (s)	Te(s)	l (m)	l / Lpp
Ola 40	0.77	2.5	-6.5	9.8	0.72
Ola 30	1.37	3	-19.6	14.1	1.04
Ola 1	2.85	3.5	304.3	19.1	1.42
Ola 31	2.94	4.2	23.8	27.5	2.04
Ola 11	3.38	4.5	19.5	31.6	2.34
Ola 32	2.88	4.5	19.5	31.6	2.34
Ola 33	4.16	4.7	17.8	34.5	2.55
Ola 25	4.38	5	16.2	39.0	2.89
Ola 39	4.82	5	16.2	39.0	2.89
Ola 46	5.78	5	16.2	39.0	2.89
Ola 35	4.95	5.2	15.5	42.2	3.13
Ola 24	5.13	5.5	14.8	47.2	3.50
Ola 36	4.76	5.5	14.8	47.2	3.50
Ola 37	4.39	5.8	14.4	52.5	3.89
Ola 26	4.58	6	14.2	56.2	4.16
Ola 38	5.06	6	14.2	56.2	4.16
Ola 14	4.53	6.5	13.9	66.0	4.89
Ola 15	4.37	7.5	13.9	87.8	6.51
Ola 18	3.63	8.5	14.3	112.8	8.36

H es la altura de la ola, T el período, Te el período de encuentro, l la longitud de ola y Lpp la eslora entre perpendiculares.

3.3 Velocidad, rumbo y duración de los ensayos

Para obtener resultados estadísticamente significativos en los estados de la mar mencionados en el apartado anterior, se realizaron varias carreras. Para cada carrera correspondiente a un mismo mar se generó un oleaje con el mismo espectro teórico pero diferentes fases aleatorias obteniéndose muestras diferentes de un mismo proceso aleatorio hasta totalizar el equivalente a una hora a escala real.

SSN	Rumbo (°)	Velocidad (nudos)	Nº de carreras
1CC	0	10.5	20
1CL	0	10.5	4

Estas olas irregulares fueron ensayadas en la condición de carga 1. Inicialmente estaba previsto que se hicieran ensayos adicionales en mar de aleta a 30° para una duración equivalente, también, a una hora a escala real. Sin embargo se observó que, por la dificultad de mantener el rumbo del barco, en la realidad el modelo recibe las olas tanto por popa como por las aletas sucesivamente por lo que se prescindió de esta opción.

En su lugar se probó el modelo en mares de cresta larga pero después de cuatro carreras (correspondientes a unos 12 minutos a escala real) se optó por

someter el modelo a mares deterministas regulares según se explica más adelante.

En olas regulares se realizó una carrera para cada ensayo. Para cada ola se hizo una trayectoria tipo zig-zag, de forma que el modelo recibía la ola por popa o por la aleta de babor o estribor. De esta forma se ensayaban distintas posibilidades en una sola carrera. Al finalizar el ensayo, el modelo se atravesaba a la mar de forma que la situación de mar de través también queda cubierta en estos ensayos con olas regulares.

A continuación se muestra una tabla con los ensayos realizados en olas regulares mostrando la condición de carga que se ensayó en cada caso.

Nombre	H (m)	T(s)	Condición de carga
Ola 40	0.77	2.5	3
Ola 30	1.37	3.0	1
Ola 1	2.85	3.5	1 y 2
Ola 31	2.94	4.2	1, 2 y 3
Ola 11	3.38	4.5	1 y 2
Ola 32	2.88	4.5	1
Ola 47	4.33	4.7	1
Ola 33	4.16	4.7	1
Ola 25	4.38	5.0	1, 2 y 3
Ola 39	4.82	5.0	1, 2 y 3
Ola 46	5.78	5.0	1, 3 y 4
Ola 35	4.95	5.2	1
Ola 48	5.02	5.3	1
Ola 24	5.13	5.5	1 y 2
Ola 36	4.76	5.5	1
Ola 37	4.39	5.8	1
Ola 26	4.58	6.0	1 y 2
Ola 38	5.06	6.0	1
Ola 14	4.53	6.5	1 y 2
Ola 15	4.37	7.5	1
Ola 18	3.63	8.5	1

4. MAGNITUDES MEDIDAS

Las medidas de todos los canales se registraron “en tierra” mediante un sistema de navegación inercial y telemetría en tiempo real con una frecuencia de muestreo de 20 Hz correspondientes a 7.2 Hz a escala del buque.

Durante los ensayos se registraron las siguientes magnitudes:

- Movimientos: Mediante el sistema de navegación inercial. Se midieron el balance y cabeceo y guiñada (el rumbo). El balance es positivo hacia estribor, el cabeceo cuando se hunde la proa y la guiñada cuando el barco cae a babor.
- Movimiento del timón: Mediante el envío de señales al servo utilizando un sistema de telemetría

Todos los resultados se han convertido a escala real y en lo sucesivo todos los valores se darán a escala del buque. Los factores de escala aplicados han sido los siguientes:

Tabla XI. Factores de escala

Magnitud	Factor de escala
Movimiento Lineal	λ
Movimiento Angular	1

donde λ es la escala del modelo (7.732).

Todos los ensayos se grabaron en vídeo mediante dos o tres cámaras:

- General lateral
- General cenital
- Parque de pesca a bordo

La última cámara presenta baja calidad debido a interferencias de su frecuencia de transmisión con la red inalámbrica del centro.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Registro de datos

Los canales analógicos de medición fueron muestreados a una frecuencia de 20 Hz (7.2 Hz a escala real) y almacenados en tiempo real en el disco duro del ordenador. Los valores almacenados corresponden a las series temporales de todos los canales de medida ya transformados a valores a escala real.

5.2 Análisis estadístico

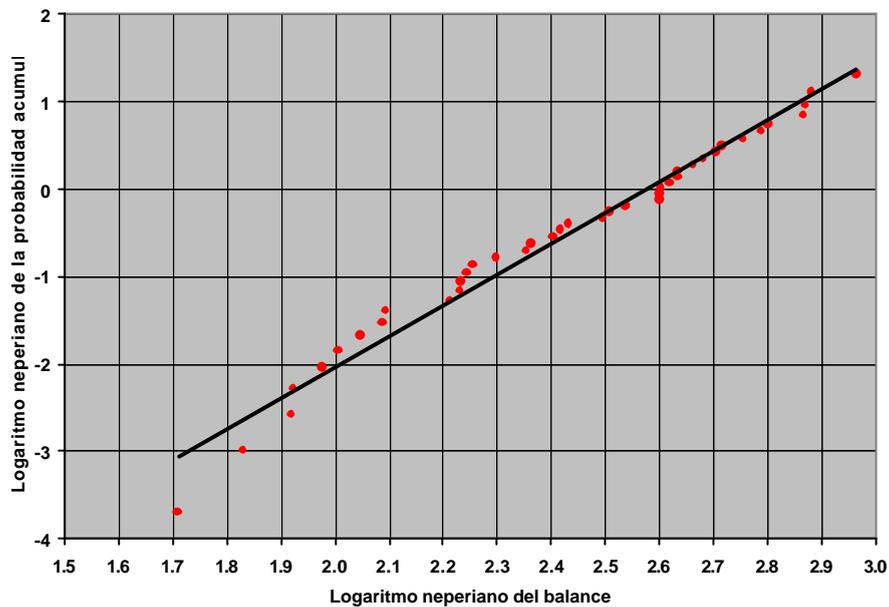
En el Apéndice C se muestran los resultados del análisis estadístico del movimiento de balance durante los ensayos.

6. RESULTADOS

6.1 Olas irregulares

La distribución de probabilidad del balance se ajusta bastante bien a una distribución de Weibull (ver Figura 18) para las olas de cresta corta.

Figura 18. Ajuste de Weibull a la distribución de ángulos de balance

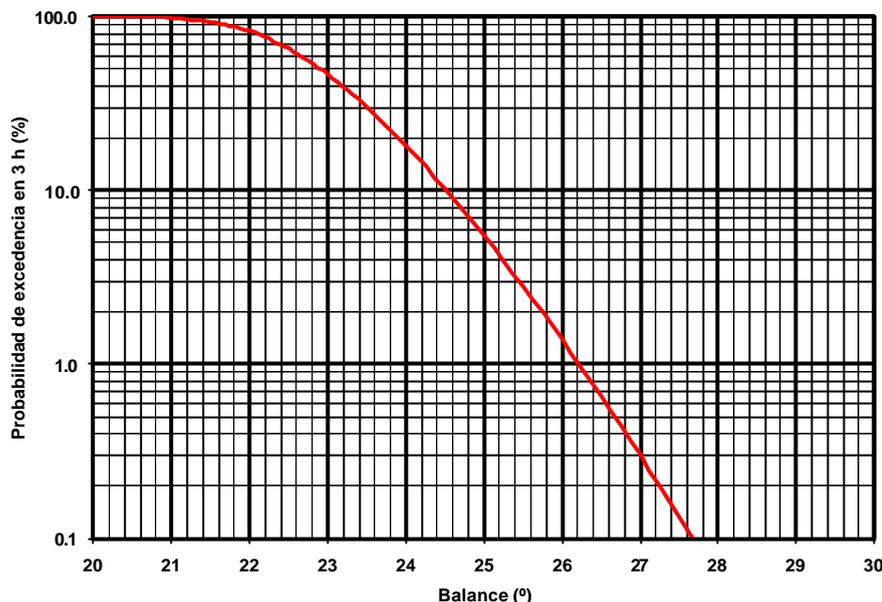


A partir de este ajuste se pueden calcular las probabilidades de excedencia en un temporal de 3 horas (ver Figura 19).

Para evaluar la importancia de estos ángulos se pueden comparar con los de inmersión dados en la Tabla VIII para la condición 1. Así, la probabilidad de sumergir los accesos al pañol y habilitación son despreciables, mientras que la sumergir el tambucho de acceso a maquinas es de un 1%. La probabilidad de sumergir el trancañil es del 100% mientras que la probabilidad de sumergir la amurada (produciendo embarque masivo de agua) es despreciable. Estos datos son meramente cualitativos pues los ángulos dados en dicha tabla se refieren a aguas tranquilas y no al buque moviéndose en la superficie deformada del mar.

Este tipo de análisis no se hizo para mares de cresta corta por ser la muestra demasiado pequeña.

Figura 19. Probabilidades de excedencia de balance en tres horas con mares de cresta corta



6.2 Olas regulares

En vista de los resultados anteriores se decidió ensayar el modelo en olas regulares que, aunque poco frecuentes, tuvieran una cierta probabilidad (entre un 1 y un 5%) de ocurrir en una tormenta de tres horas de duración.

Para ello se determinó la distribución conjunta de alturas y períodos correspondientes al espectro medido por la boya. Ello se hizo mediante simulación numérica de series temporales hasta un total de 20000 olas. Los resultados se dan en la Tabla XII y en la Figura 20. En la tabla, la línea roja marca el límite para olas de 1/7 de pendiente y la verde el límite para olas de 1/10 de pendiente. Las casillas sombreadas en amarillo son las correspondientes a las olas ensayadas. Para los periodos más largos hubo que limitar la altura de la ola generada a la máxima aceptable para el generador de olas.

La fila y columna marcadas con “P” son las probabilidades para alturas y periodos independientemente y las marcadas con “F” son sus correspondientes probabilidades acumuladas.

De estos resultados se deduce que el periodo medio es de 5.51 s al que corresponde un periodo de encuentro medio de 14.8 segundos. Por lo tanto para una duración típica del temporal de 3 horas se producen 730 encuentros de ola.

Considerando este número de olas se obtienen las probabilidades de ocurrencia de la Tabla XIII para cada combinación de altura y periodo. Por

supuesto que las probabilidades dependen del tamaño de la celda. Aquí se han elegido celdas de 0.5 m por 0.5 s como valores razonables.

A partir de esta tabla se seleccionaron olas de distintos periodos con alturas que tuvieran una probabilidad del orden del 1%. En principio se limitó la pendiente a 1/10 como límite práctico de rotura. Sin embargo, posteriormente se aumentó el límite hasta 1/7, correspondiente al límite teórico, pues se observó que eran olas bastante estables aunque con una cierta tendencia a la rotura (olas 11, 39, 46, 24 y 38). Estos límites se muestran en la Figura 20. La rotura es de tipo “spilling”, es decir que consiste en la formación de turbulencia en la cresta. Esta turbulencia reduce ligeramente la altura de la ola pero no produce su colapso.

Durante estos ensayos se siguió una trayectoria en la que el modelo recibía sucesivamente las olas por popa y por las dos aletas. Al final del recorrido el modelo se atravesaba a la mar para observar el comportamiento en mar de través por si una pérdida de control hubiera cruzado el barco a la mar.

Los resultados de estos ensayos se resumen en el Apéndice C.

Inicialmente los ensayos se hicieron en la condición de carga 1 y con las olas limitadas a un máximo de 1/10 de pendiente. En estas condiciones el modelo sobrevivió sin problemas por lo que se repitieron los ensayos con las condiciones de carga 2 y 3, consistentes en llenar los tanques de lastre de popa, en el primer caso y añadir 3 t adicionales de agua en el pique de proa. De esta forma se reduce el francobordo en unos 0.4 m.

Estos ensayos adicionales se hicieron para un subconjunto de las olas regulares para el que se había observado un peor comportamiento en la condición 1. En estos ensayos solamente se produjo el vuelco del modelo para la condición 3 y la ola 25. Sin embargo, el vuelco se produjo en una zona próxima a la playa en la que la ola se veía perturbada por el reflejo parcial. Por ello, se considera que este suceso no es significativo.

Tabla XII. Probabilidad cruzada de alturas y periodos de cruce por cero (en tanto por mil)

		Periodo de cruce por cero (s)																												Prob	F					
		0.25	0.75	1.25	1.75	2.25	2.75	3.25	3.75	4.25	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75	7.25	7.75	8.25	8.75	9.25	9.75	10.25	10.75	11.25	11.75	12.25	12.75	13.25	13.75			14.25	14.75	15.25	15.75	16.25
Altura de cruce por cero (m)	0.25	0	0.2	4	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	4
	0.75			7	20	15	8	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.3	66
	1.25				25	32	25	17	15	15	12	7.4	4.9	3.7	2.7	1.7	1.0	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	163.5	229
	1.75					14	24	24	24	27	29	25	18	13	10.2	6.9	4.0	2.1	1.2	0.7	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	225.2	454
	2.25						2.1	8.2	15	21	29	36	36	29	20	13	7.9	4.2	2.0	0.9	0.5	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	225.2	679
	2.75							1.6	5.5	12	21	31	34	26	16	8.7	4.1	1.8	0.7	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	163.5	843
	3.25								1.3	4.9	12	20	23	17	8.5	3.4	1.2	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.0	935
	3.75									0.3	1.5	5.2	11	12	7.9	3.1	0.9	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.2	977
	4.25										0.4	1.8	4.5	5.3	2.9	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9	993
	4.75											0.1	0.5	1.5	1.9	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	998
5.25												0.1	0.4	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1000	
5.75													0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1000	
6.25														0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1000	
6.75															0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000
7.25																0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000
7.75																	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000
Prob	0.0	0.2	3.6	7.4	20.1	39.6	56.1	62.5	66.9	81.7	112.8	146.2	145.4	106.7	66.2	39.3	22.2	11.4	5.5	2.8	1.6	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F	0	0	4	11	31	71	127	190	256	338	451	597	742	849	915	955	977	988	994	997	998	999	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	

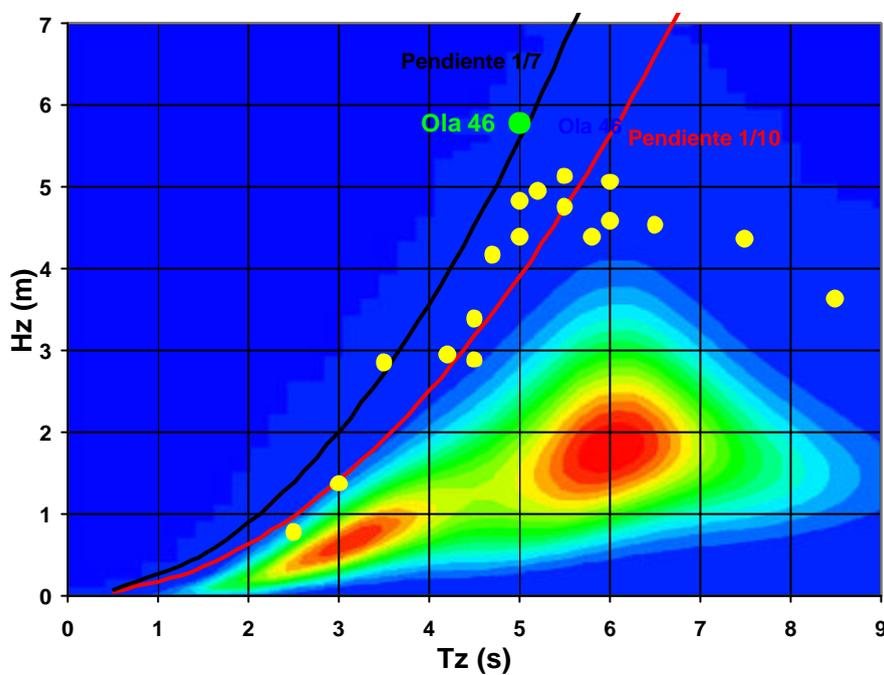
Tabla XIII. Probabilidades de ocurrencia en 3 horas (en tanto por cien)

		Periodo de cruce por cero (s)																												P	F								
		0.25	0.75	1.25	1.75	2.25	2.75	3.25	3.75	4.25	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75	7.25	7.75	8.25	8.75	9.25	9.75	10.25	10.75	11.25	11.75	12.25	12.75	13.25	13.75			14.25	14.75	15.25	15.75	16.25	16.75		
Altura de cruce por cero (m)	0.25			93	8	6	8	8	3	0.7	0.3	0.1																								126.854	126.854		
	0.75				100	100	100	100	94	87	81	65	40	23	15	10	6	3	1	0.7	0.4	0.2	0.1													825.097	951.951		
	1.25					100	100	100	100	100	100	100	100	99.6	97.2	93.1	86.4	72.0	50.7	32.9	22.1	14.9	9.2	5.0	2.7	1.6	0.9	0.5	0.2	0.1						1288.85	2240.8		
	1.75						100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99.9	99.4	94.6	78.9	58.3	40.9	26.8	15.3	7.8	4.0	2.0	1.0	0.4	0.1							1429.47	3670.27	
	2.25							78.7	99.8	100	100	100	100	100	100	100	100	99.7	95.2	76.3	49.6	29.7	17.1	8.8	4.1	1.7	0.7	0.3	0.1								1361.83	5032.1	
	2.75								69.1	98.3	100	100	100	100	100	100	100	99.8	95.1	72.4	40.5	19.1	8.8	4.2	2.0	0.9	0.3	0.1									1110.63	6142.73	
	3.25									62.5	97.3	100	100	100	100	100	99.8	91.6	58.5	25.3	9.7	3.5	1.4	0.6	0.3	0.1											850.564	6993.29	
	3.75										17.4	66.5	97.8	100	100	99.7	89.6	47.4	15.2	4.2	1.2	0.4	0.2	0.1													639.717	7633.01	
	4.25											22.7	73.3	96.3	97.9	88.4	46.0	11.2	2.2	0.5	0.1																	438.587	8071.6
	4.75												5.4	31.1	67.7	74.3	47.5	12.2	1.6	0.2																		240.041	8311.64
5.25													8.3	27.4	32.1	14.6	2.1	0.2																			84.7818	8396.42	
5.75														2.0	7.3	8.8	3.2	0.3																			21.601	8418.02	
6.25															1.5	1.8	0.5																				3.80467	8421.83	
6.75																0.3	0.3	0.1																			0.60344	8422.43	
7.25																																					0	8422.43	
7.75																																					0	8422.43	
P	0	0	92.7	107	106	208	387	466	566	673	777	841	838	766	653	544	445	344	240	153	96.1	58.1	31.4	15.6	7.66	3.8	1.76	0.69	0.21	0	0	0	0	0	0				
F	0	0	92.7	200	306	514	900	1366	1932	2605	3382	4223	5061	5827	6481	7024	7469	7813	8054	8207	8303	8361	8393	8408	8416	8420	8422	8422	8422	8422	8422	8422	8422	8422	8422	8422			

Ola 46

Figura 20. Distribución de las olas regulares ensayadas.

Los colores del fondo representan la función de probabilidad. Los puntos amarillos son las olas ensayadas en los distintos casos. Se indica en verde la ola que produjo el vuelco del modelo. Las curvas indican los límites de pendiente para la rotura de las olas.



A continuación se decidió bajar el GM en 10 cm (condición de carga 4) y aumentar al máximo la altura de la ola, rebasando el límite de 1/10 en la pendiente. Se concentró el estudio en los periodos próximos a 5 s que habían demostrado ser los más peligrosos en los ensayos anteriores y concretamente en la ola 46 de 5.78 m de altura y pendiente de 1/7. Esta ola tiene una probabilidad del 2% de ser igualada o excedida en 3 horas (ver celda resaltada en la Tabla XIII, esta celda corresponde a olas de más de 5.5 m de altura y periodos comprendidos entre 5 y 5.5 s).

En esta condición el modelo volcó con la ola 46 antes de comenzar la carrera real, es decir mientras se mantenía el barco parado y aporado a la mar mientras se producía el campo de olas). El vuelco se produce por acumulación de agua en la zona de popa babor. Las falucheras no son lo suficientemente eficaces para evacuar el agua.

Por ello se decidió cambiar el modo de realización del ensayo haciendo que el modelo se mantenía aporado a la mar hasta la formación del campo de olas. Entonces se ponía el modelo en marcha y se hacía un giro de 180°. El modelo pasaba así por una situación comprometida con la mar de través pero que no produjo el vuelco.

Con esta estrategia se consiguió poner el modelo a su velocidad y apopado a las olas. En el primer ensayo y con la ola 46 se observó una muy baja estabilidad que condujo al vuelco poco después del comienzo de la empopada.

Dada la incertidumbre de si el vuelco era debido a la reducción de GM o a la elevación de la altura de la ola, se decidió, repetir el ensayos volviendo al GM original (y más probable) con la condición de carga 3 (lastre en proa y popa).

En esta situación y con la misma ola 46 también se produjo el vuelco si bien se observó una mayor estabilidad que permitió al modelo sobrevivir algo más de tiempo que en el caso anterior.

Por último, se volvió a la condición inicial 1 repitiéndose los ensayos con las olas 46, 47 y 48. En este caso no se observó ningún vuelco.

En resumen se puede decir que se produce el vuelco del buque cuando los tanques de lastre de popa van llenos y el pique parcialmente lleno y ello independientemente del valor del GM, aunque el vuelco es más rápido con el GM reducido. Sin embargo, no se produce el vuelco cuando los tanques de lastre van vacíos y el GM es el estimado inicialmente. En todos los casos el vuelco se produce, aparentemente, por pérdida de estabilidad en o cerca de la cresta de la ola. La ola que produce el vuelco es de 5.78 m de altura y 5 segundos de pendiente estando al borde de la rotura. La probabilidad de ocurrencia de esta ola o una similar es del 2% en tres horas de temporal.

La estabilidad en olas para las olas 46, 47 y 48 se resume en el Apéndice D. Los datos correspondientes a la ola 46 (las otras dos dan resultados similares) se muestran en las dos figuras siguientes.

Figura 21. GM en olas en la ola 46

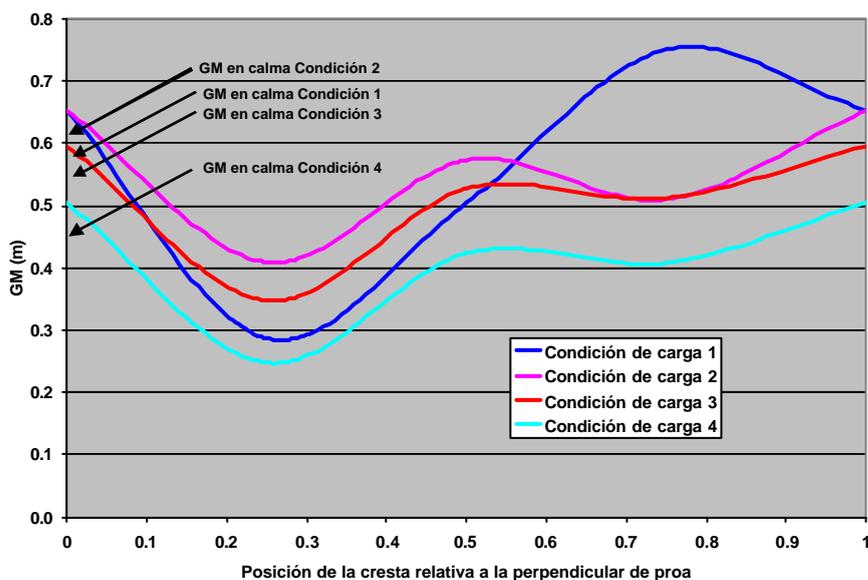


Figura 22. Ángulo de estabilidad cero en la ola 46

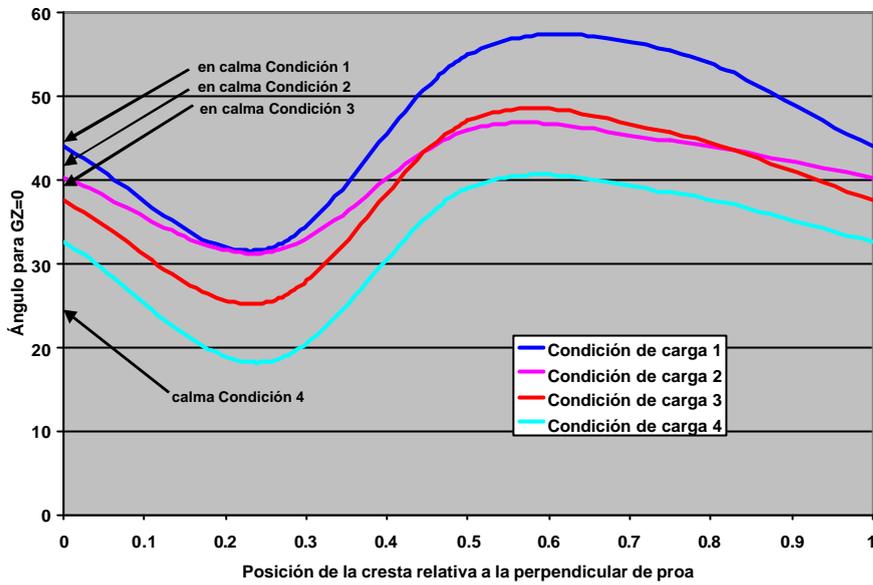
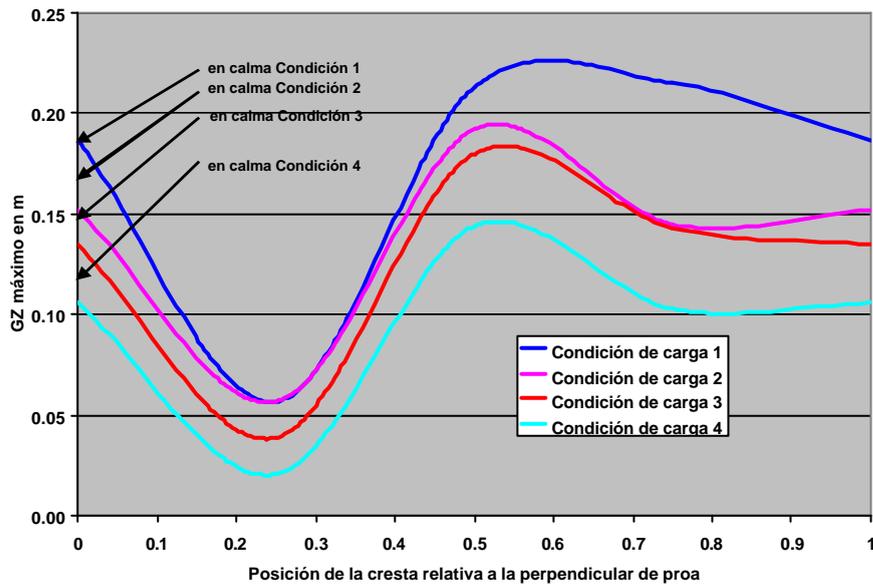


Figura 23. GZ máximo en la ola 46



Estas figuras indican que la estabilidad se reduce considerablemente en la cresta de la ola tanto en GM, cómo en ángulo de estabilidad nula, cómo en brazo adrizante máximo.

Especialmente bajo parece el brazo adrizante máximo. Bastaría con unos 18 cm de agua en el la zona de estiba de redes de babor para obtener un brazo escorante superior en las condiciones 1 y 2. Para la condición 3 serían suficientes 14 cm de agua y para la 4 solamente 9 cm. Los cálculos anteriores no incluyen ningún efecto dinámico.

7. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se pueden establecer a partir de este estudio se resumen a continuación:

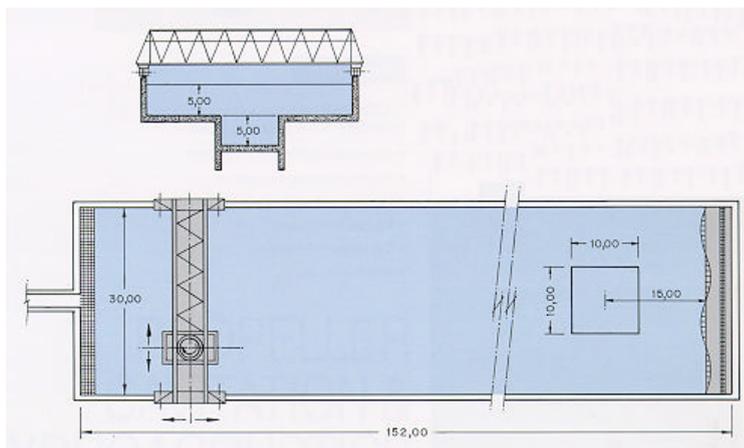
- El buque no cumple los requisitos de estabilidad establecidos por la O.M. de 27 de Julio de 1970 en ninguna de las condiciones ensayadas.
- A pesar de ello, el modelo no sufre movimientos excesivos navegando en olas de cresta corta de características similares a las existentes en la zona en el momento del naufragio: tampoco se observa, en estas condiciones, situaciones que puedan considerarse de riesgo (como escoras elevadas o embarques de agua).
- Sí se observa cierta dificultad para mantener el rumbo. Hasta el punto de obligarnos a usar un piloto manual en lugar del automático inicialmente previsto. Sin embargo, esta inestabilidad, que conduce a fuertes guiñadas, tampoco parece afectar negativamente al comportamiento.
- Si se reduce la dispersión del oleaje, usando olas de cresta larga, el comportamiento es incluso mejor reduciéndose el balance.
- Como consecuencia de todo lo anterior se puede concluir que si el buque zozobró debido al oleaje, tuvo que ser como consecuencia de un suceso poco probable. Es decir una combinación de altura y periodo de ola que, no siendo imposible, tenga una probabilidad reducida de producirse. Por ello se decidió ensayar el modelo en olas regulares de distintas combinaciones de alturas y periodos.
- Para la condición de tanques de lastre vacíos (condición 1) ninguna de las olas seleccionadas fue suficiente para producir el vuelco aunque se produjeron casos de escoras elevadas.
- Con los tanques de lastre de popa llenos y el pique parcialmente lleno (condición 3), se produce el vuelco para una ola de 5.78 m de altura y 5 s de periodo. Navegando a 10.5 nudos con mar de popa hay una probabilidad de un 2 % de que el buque se encuentre al menos una ola similar a ésta (de entre 5.5 y 6 m de altura y entre 5 y 5.5 s de periodo) en tres horas de navegación. Esta probabilidad no parece desdeñable.
- El vuelco se produce por pérdida de estabilidad en o cerca de la cresta de ola combinada con embarque de agua sobre la amura de popa babor. Las falucheras no son lo suficientemente eficaces para evacuar el agua.

-
- El problema se agrava al navegar con mar de popa pues la pérdida de estabilidad se mantiene durante más de 5 s debido a la baja frecuencia de encuentro y la tendencia del modelo a hacer “surf” sobre la cresta. Además las olas altas suelen aparecer en grupos de olas similares por lo que es fácil que el buque se enfrente a un tren de tres o más olas similares.
 - No se ensayó con esta ola la condición intermedia de tanques de popa llenos y pique vacío (condición 2). Sin embargo parece que esta condición es incluso peor que la 3 pues la estabilidad (tanto en olas como en calma) es similar pero el francobordo en popa es 15 cm menor. Por ello parece muy probable que el modelo también hubiera volcado en esta condición e incluso con mayor facilidad.
 - Una reducción del GM hace mucho más fácil el vuelco y por lo tanto su probabilidad.

En resumen, existe un 2% de posibilidades de encontrarse en tres horas en una situación que produzca el vuelco si los tanques de lastre de popa van llenos. Sin embargo, el vuelco no se observa si dichos tanques van vacíos por lo que la probabilidad de vuelco debe ser muy inferior.

Apéndice A. Descripción de las instalaciones del Laboratorio de Dinámica del Buque del CEHIPAR

El Laboratorio de Dinámica del Buque del **CEHIPAR** inaugurado en 1992 dispone de la más moderna tecnología para la realización de ensayos de buques y artefactos flotantes tanto en comportamiento en la mar como en maniobrabilidad. Su instalación principal es un canal con generador de olas y C.P.M.C. (Computerized Planar Motion Carriage) dotados con la más moderna instrumentación.



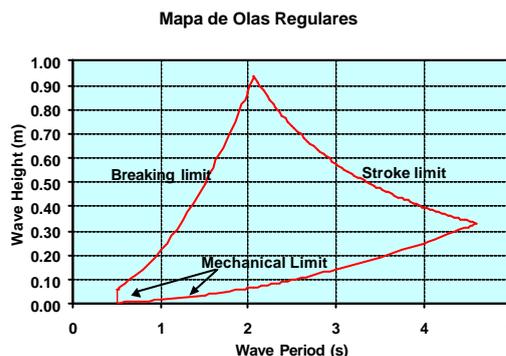
El Canal

El canal tiene unas dimensiones de 150 por 30 m con una profundidad de 5 metros. Cerca del generador hay un pozo de 10 por 10 m con una profundidad total de 10 m para ensayos de plataformas fijas en gran profundidad.

El generador de oleaje

Está situado en uno de los lados de 30 m del canal. Sus 60 paletas de accionamiento independiente junto al aprovechamiento de la reflexión de las paredes permiten la generación de todo tipo de oleaje con gran calidad y dentro de una gran área útil:

- Olas Regulares Longitudinales y oblicuas con longitudes de entre 1 y 15 m y alturas de hasta 0,9 m. Ángulos hasta 45°.
- Olas Irregulares de Cresta Larga y Corta con alturas significativas de hasta 0,4 m.
- Espectros estándar o arbitrarios.
- Capacidad de reproducir el espectro de grupos.
- Olas Episódicas.



El generador está accionado por seis bombas hidráulicas con una potencia total de 551 kW. En el extremo opuesto del canal existe una playa con una muy buena capacidad de absorción.

El CPMC (Computerized Planar Motion Carriage)

La misión fundamental del conjunto CPMC es reproducir, con la máxima precisión y a escala del modelo, todo movimiento que un buque de cualquier tipo es capaz de ejecutar en la mar.

El mecanismo consta de un carro principal X que abarca todo el ancho del canal y lo recorre en toda su longitud. Bajo este carro cuelga el subcarro Y que puede moverse a todo lo ancho del canal. Bajo éste se mueve el carro incremental ΔX que, con su pequeño recorrido longitudinal, permite absorber los movimientos más rápidos del modelo. Por último, la torreta Ψ puede girar sin límite en ambos sentidos. La superposición del movimiento independiente de todos estos elementos permite reproducir cualquier movimiento en el plano de tres modos distintos: manual, seguimiento automático de una trayectoria predeterminada o seguimiento de un modelo libre.

La torreta se puede ajustar en altura para adaptarse a las necesidades del ensayo.

	Velocidad m/s	Aceleración m/s ²
CARRO (X)	5.0	0.7
SUBCARRO (Y)	3.5	1.5
INCREMENTAL (ΔX)	1.0	1.0
TORRETA (Ψ)	30 %/s	30 %/s ²

Instrumentación, adquisición y análisis de datos

El Laboratorio de Dinámica del Buque dispone de la más moderna y precisa instrumentación para la realización de ensayos de maniobrabilidad y comportamiento en la mar con modelos remolcados, libres, fondeados o fijos:

- Sistema óptico de seguimiento que permite medir sin contacto los seis movimientos de uno o dos modelos.
- Dinamómetros: de hasta 6 componentes, de timones y de par y empuje en hélices.
- Células de carga para líneas de fondeo.
- Sensores de ola y movimiento relativo.
- Acelerómetros.
- Instrumentación para modelos segmentados.
- Vídeo submarino.
- Captadores de presión, etc.

Las señales son tratadas mediante acondicionadores de alta tecnología. El sistema de adquisición de datos permite muestrear simultáneamente un número prácticamente ilimitado de canales con frecuencias de hasta 10 kHz. Todos los canales de medida pueden observarse en pantalla en tiempo real.

El software modular de análisis desarrollado por el CEHIPAR permite realizar cualquier tipo de análisis estándar o específico.

Programa de predicción del comportamiento en la mar.

Como complemento idóneo a estas instalaciones, se dispone del programa de predicción de comportamiento en la mar PRECAL. Herramienta fundamental en la comparación de diseños alternativos y en la evaluación de la operatividad de buques.

Apéndice B. Espectro de oleaje

Figura 24. Espectro escalar del oleaje de cresta corta

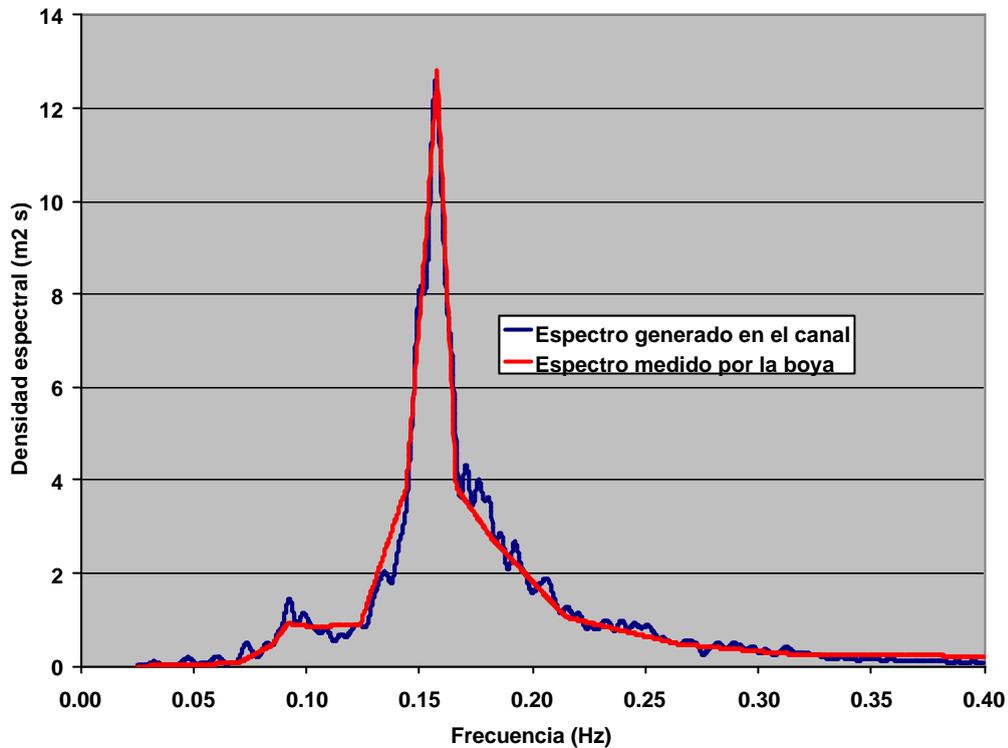


Figura 25. Distribución direccional media del oleaje de cresta corta

(se ha truncado a $\pm 45^\circ$ correspondientes al límite del generador)

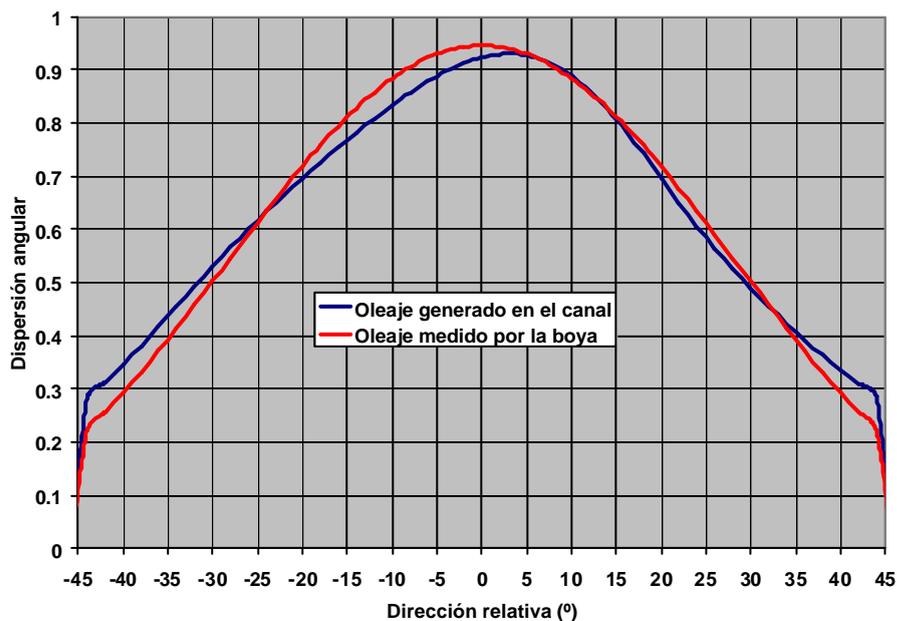
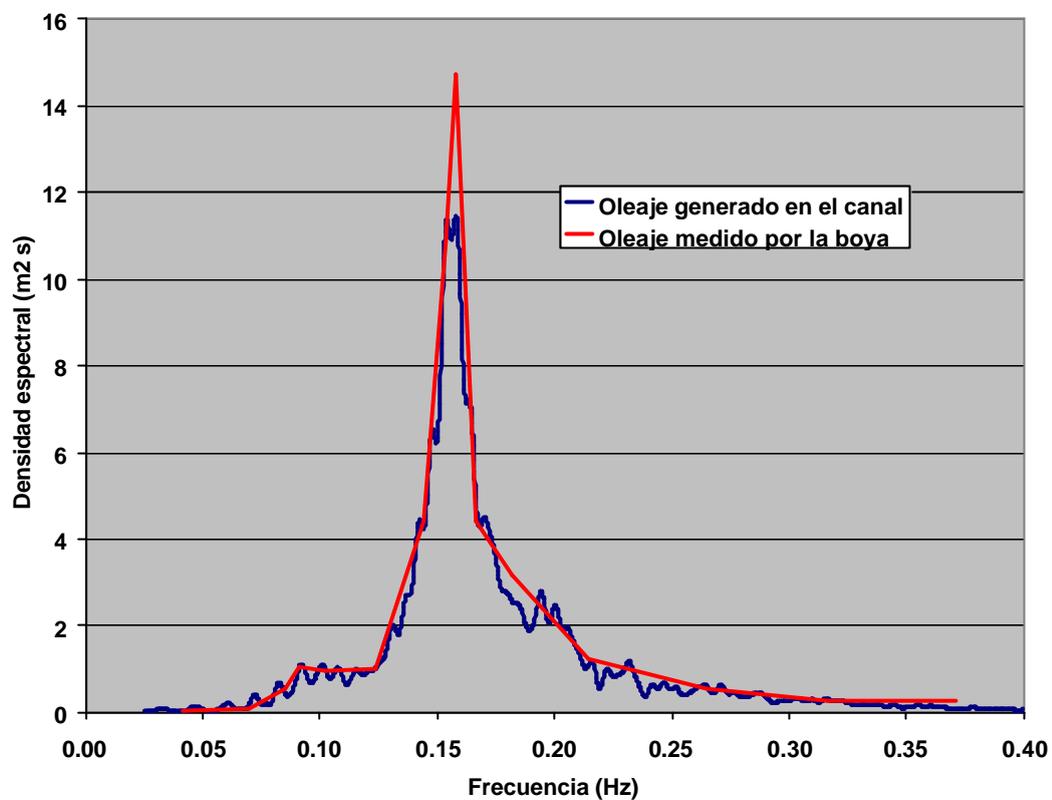


Figura 26. Espectro escalar del oleaje de cresta larga



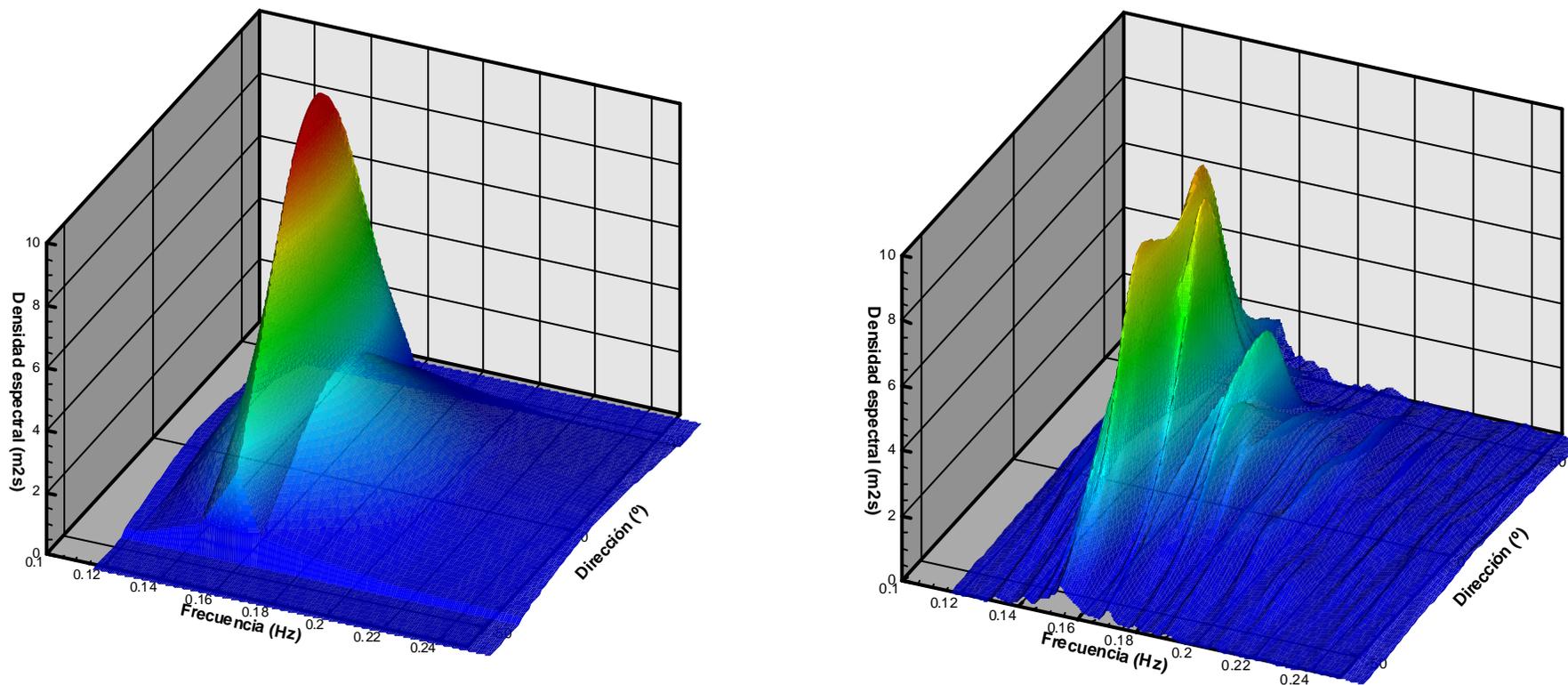


Figura 27. Espectros direccionales. A la izquierda el medido por la boya y a la derecha el medido en el canal

Apéndice C. Análisis estadístico

Tabla XIV. Estadísticas en olas de cresta corta

O BAHIA. V=10.50 kn, Heading=0°, H=2.70 m, T=6.25 s.																			
CURVA	Unidad	Media	Máx.	Mín.	Desv. Típica	Media Pico Pico	Maximo Pico Pico	1/3 Pico Pico	1/10 Pico Pico	Media Máximos	1/3 Máximos	1/10 Máximos	Media Mínimos	1/3 Mínimos	1/10 Mínimos	Período Medio	Período Máximo	Período 1/3	Período 1/10
Roll	°	-2.167	15.99	-19.40	4.601	11.16	32.25	16.93	21.25	3.396	6.914	9.503	-7.762	-11.85	-14.81	9.191	26.55	13.56	17.20
Pitch	°	0.968	8.843	-10.24	2.392	5.989	17.82	9.172	12.06	3.954	5.646	6.694	-2.035	-4.192	-6.105	9.590	18.42	12.44	14.17
Yaw	°	2.706	180.0	-180.0	101.6	255.4	359.9	359.8	359.8	126.0	180.0	180.0	-129.4	-179.9	-180.0	142.4	759.8	402.8	605.9

Tabla XV. Estadísticas en olas de cresta larga

V = 10.50 kn. Rumbo = 0.0°. Ola = REGULAR. H = 2.70 m. T = 6.25 s.																			
CURVA	Unidad	Media	Máx.	Mín.	Desv. Típica	Media Pico Pico	Maximo Pico Pico	1/3 Pico Pico	1/10 Pico Pico	Media Máximos	1/3 Máximos	1/10 Máximos	Media Mínimos	1/3 Mínimos	1/10 Mínimos	Período Medio	Período Máximo	Período 1/3	Período 1/10
Roll	°	0.127	24.73	-22.03	6.155	13.63	43.88	20.56	23.97	6.666	11.560	14.970	-6.963	-11.02	-13.47	9.140	18.46	13.20	15.05
Pitch	°	1.402	14.090	-10.69	3.339	7.092	21.56	10.281	11.99	5.166	7.069	8.494	-1.926	-3.689	-4.897	8.085	21.61	11.32	14.04
Yaw	°	32.475	180.0	-180.0	89.4	187.1	359.9	194.5	194.5	116.4	121.2	121.2	-70.7	-73.3	-73.3	20.5	97.7	37.7	40.3

Tabla XVI. Estadísticas en olas regulares (Condición 1)

Nombre	H (m)	T(s)	Desv Tip Roll	Roll Max	Roll Min
Ola 30	1.37	3.0	6.1	16.8	-12.2
Ola 1	2.85	3.5	5.0	12.1	-15.6
Ola 31	2.94	4.2	10.2	29.2	-21.2
Ola 11	3.38	4.5	9.7	14.4	-40.8
Ola 32	2.88	4.5	6.5	24.6	-18.8
Ola 33	4.16	4.7	8.8	34.3	-20.0
Ola 25	4.38	5.0	5.4	12.5	-31.6
Ola 39	4.82	5.0	9.7	23.1	-21.0
Ola 35	4.95	5.2	10.8	24.7	-29.7
Ola 24	5.13	5.5	5.6	9.8	-24.4
Ola 36	4.76	5.5	8.6	17.8	-24.7
Ola 37	4.39	5.8	8.8	20.8	-29.5
Ola 26	4.58	6.0	6.3	12.2	-20.6
Ola 38	5.06	6.0	12.3	42.6	-27.1
Ola 14	4.53	6.5	8.0	22.9	-18.5
Ola 15	4.37	7.5	4.2	9.5	-10.0
Ola 18	3.63	8.5	3.6	10.3	-8.5
Ola 46	5.78	5.0	12.4	30.8	-32.1
Ola 47	4.33	4.7	10.4	37.2	-21.4
Ola 48	5.02	5.3	10.9	29.5	-29.8

Tabla XVII. Estadísticas en olas regulares (Condición 2)

Nombre	H (m)	T(s)	Desv Tip Roll	Roll Max	Roll Min
Ola 1	2.85	3.5	9.9	27.3	-14.8
Ola 31	2.94	4.2	10.0	21.8	-17.1
Ola 11	3.38	4.5	11.5	29.8	-13.6
Ola 25	4.38	5.0	10.7	27.2	-29.1
Ola 39	4.82	5.0	12.2	33.5	-19.4
Ola 24	5.13	5.5	8.4	24.1	-21.0
Ola 26	4.58	6.0	8.2	23.9	-24.1
Ola 14	4.53	6.5	7.1	24.5	-24.7

Tabla XVIII. Estadísticas en olas regulares (Condición 3)

Nombre	H (m)	T(s)	Desv Tip Roll	Roll Max	Roll Min
Ola 40	0.77	2.5	3.9	10.9	-9.7
Ola 31	2.94	4.2	7.3	23.0	-20.4
Ola 25	4.38	5.0	8.5	19.0	-27.0
Ola 39	4.82	5.0	Vuelca		
Ola 46	5.78	5.0	Vuelca		

Tabla XIX. Estadísticas en olas regulares (Condición 4)

Nombre	H (m)	T(s)	Desv Tip Roll	Roll Max	Roll Min
Ola 46	5.78	5.0	Vuelca		

Apéndice D. Estabilidad en olas

OTI-2236-CM-1. Pesquero "O Bahía"

	Condición 1	Condición 2	Condición 3	Condición 4
Desplazamiento (t)	74.28	79.93	83.93	83.93
KG (m)	2.22	2.21	2.21	2.31
XG (m)	6.226	5.729	5.938	5.938
GM (m)	0.589	0.613	0.559	0.459

Nombre	Tipo	Espectro	H(m)	T(s)	w (rad/s)	k (1/m)	landa (m)
ola46	CrestaLarga	Regular	5.78	5.00	1.257	0.161	39.03
ola47	CrestaLarga	Regular	4.33	4.7	1.337	0.182	34.49
ola48	CrestaLarga	Regular	5.02	5.3	1.186	0.143	43.86

GM (m)

ANGULO PERDIDA ESTABILIDAD (°)

CONDICION 1

Distancia de cresta a Perpendicular proa / Longitud ola

	0	0.25	0.5	0.75
ola46	0.642	0.242	0.584	0.686
ola47	0.653	0.287	0.504	0.750
ola48	0.607	0.291	0.619	0.731

CONDICION 1

Distancia de cresta a Perpendicular proa / Longitud ola

	0	0.25	0.5	0.75
ola46	43.400	30.800	58.100	53.600
ola47	43.900	31.700	54.900	55.400
ola48	43.000	36.200	55.100	49.800

CONDICION 2

Distancia de cresta a Perpendicular proa / Longitud ola

	0	0.25	0.5	0.75
ola46	0.653	0.370	0.619	0.447
ola47	0.653	0.409	0.573	0.510
ola48	0.630	0.422	0.630	0.516

CONDICION 2

Distancia de cresta a Perpendicular proa / Longitud ola

	0	0.25	0.5	0.75
ola46	39.400	30.000	49.900	43.000
ola47	40.200	31.300	45.900	44.600
ola48	39.600	35.900	46.300	42.200

CONDICION 3

Distancia de cresta a Perpendicular proa / Longitud ola

	0	0.25	0.5	0.75
ola46	0.596	0.309	0.573	0.450
ola47	0.596	0.348	0.527	0.512
ola48	0.573	0.356	0.584	0.517

CONDICION 3

Distancia de cresta a Perpendicular proa / Longitud ola

	0	0.25	0.5	0.75
ola46	36.800	24.100	50.700	43.400
ola47	37.500	25.300	47.000	45.600
ola48	36.900	31.600	47.200	41.500

CONDICION 4

Distancia de cresta a Perpendicular proa / Longitud ola

	0	0.25	0.5	0.75
ola46	0.504	0.206	0.469	0.342
ola47	0.504	0.248	0.424	0.408
ola48	0.481	0.253	0.493	0.409

CONDICION 4

Distancia de cresta a Perpendicular proa / Longitud ola

	0	0.25	0.5	0.75
ola46	31.600	17.100	43.500	36.900
ola47	32.600	18.200	39.000	38.400
ola48	31.800	25.100	39.700	36.000

Figura 28. Estabilidad en la ola 46. Condición 1. Posición Ppr / l = 0.00

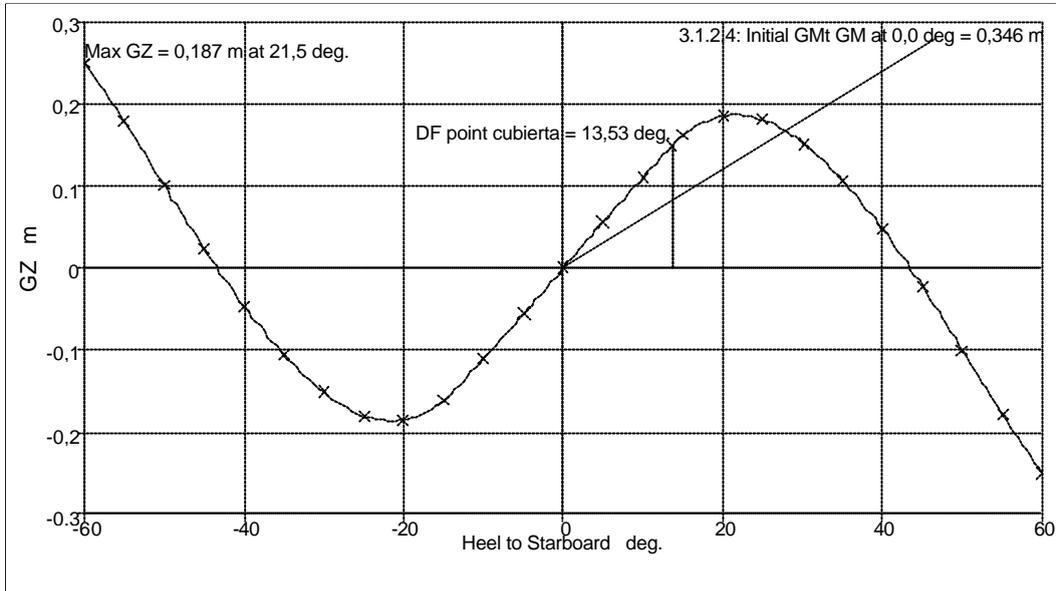


Figura 29. Estabilidad en la ola 46. Condición 1. Posición Ppr / l = 0.25

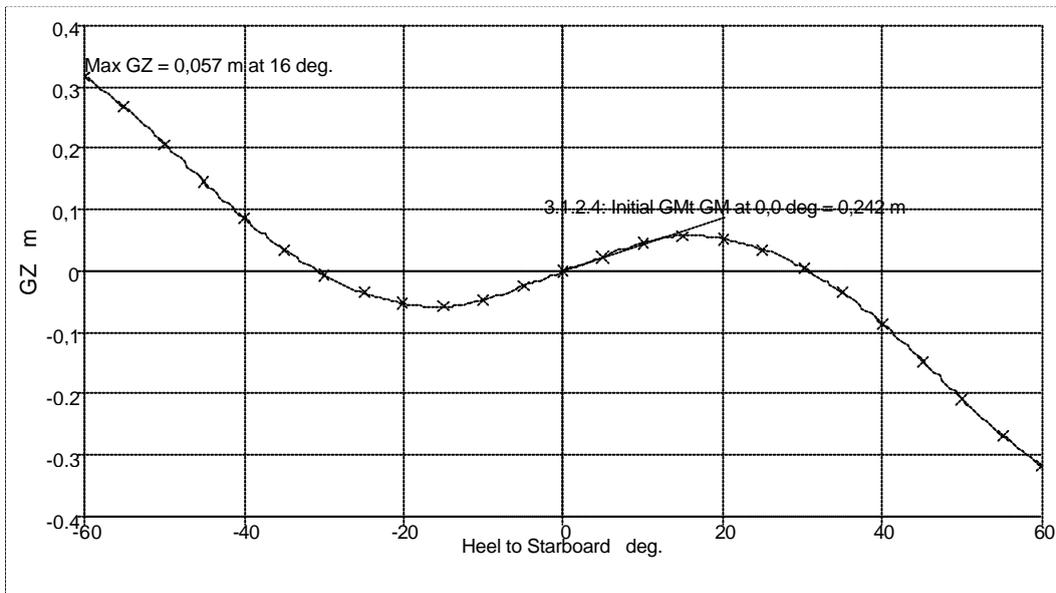


Figura 30. Estabilidad en la ola 46. Condición 1. Posición Ppr / l = 0.50

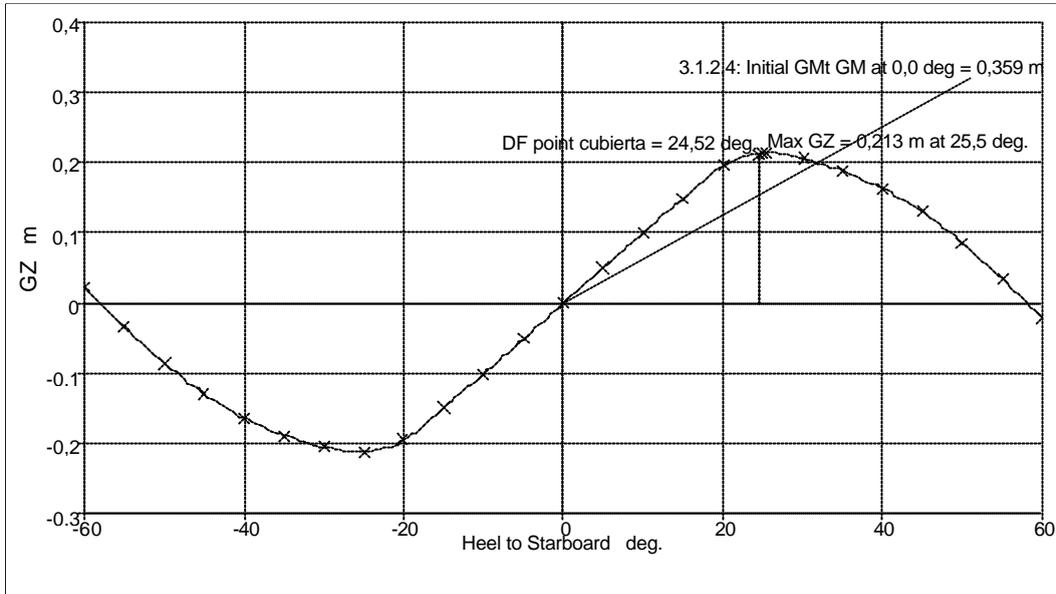


Figura 31. Estabilidad en la ola 46. Condición 1. Posición Ppr / l = 0.75

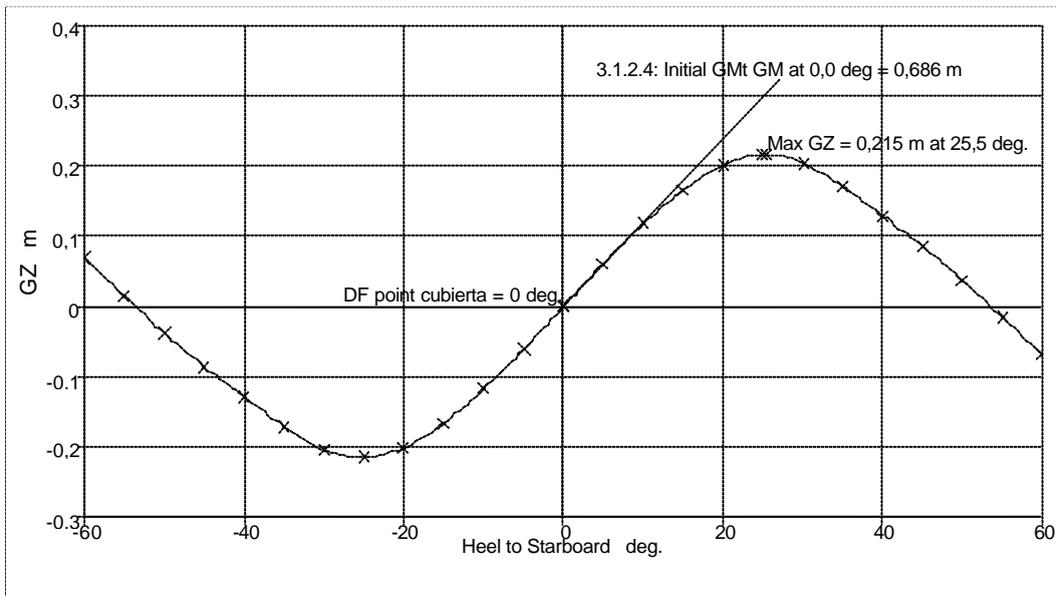


Figura 32. Estabilidad en la ola 46. Condición 2. Posición Ppr / l = 0.00

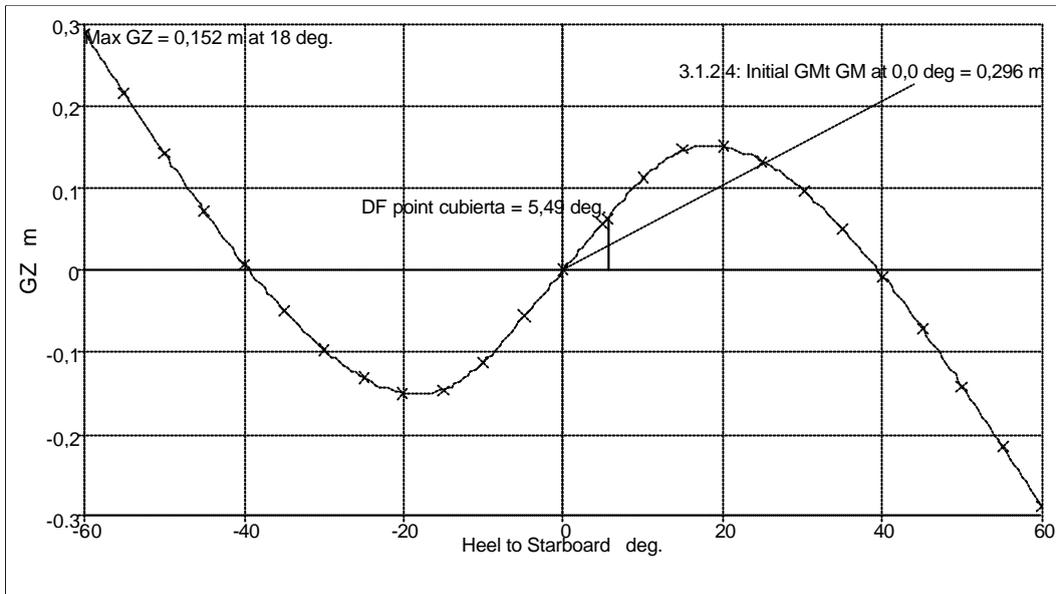


Figura 33. Estabilidad en la ola 46. Condición 2. Posición Ppr / l = 0.25

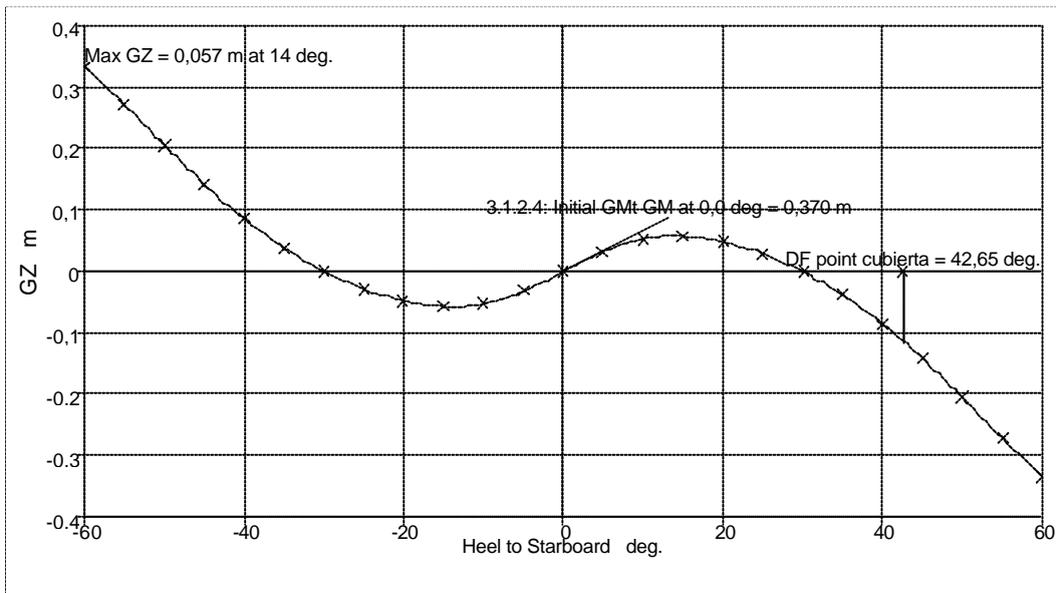


Figura 34. Estabilidad en la ola 46. Condición 2. Posición Ppr / l = 0.50

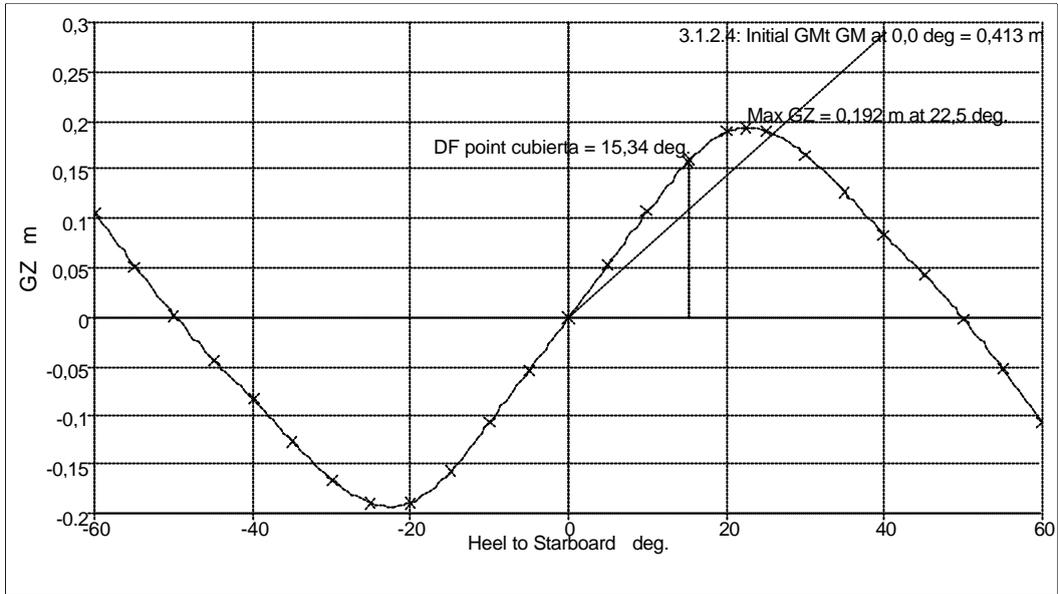


Figura 35. Estabilidad en la ola 46. Condición 2. Posición Ppr / l = 0.75

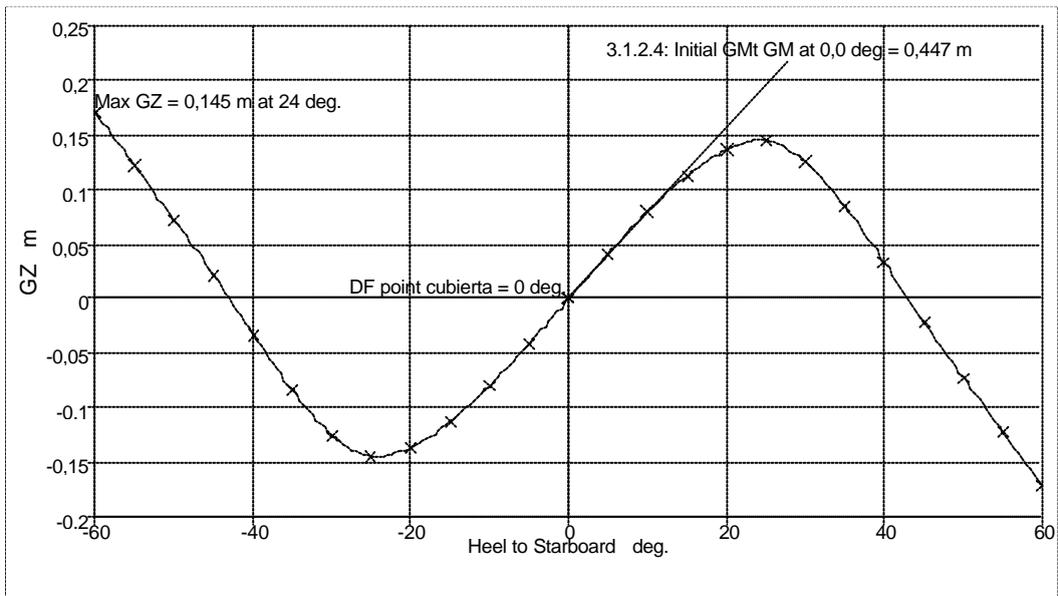


Figura 36. Estabilidad en la ola 46. Condición 3. Posición Ppr / l = 0.00

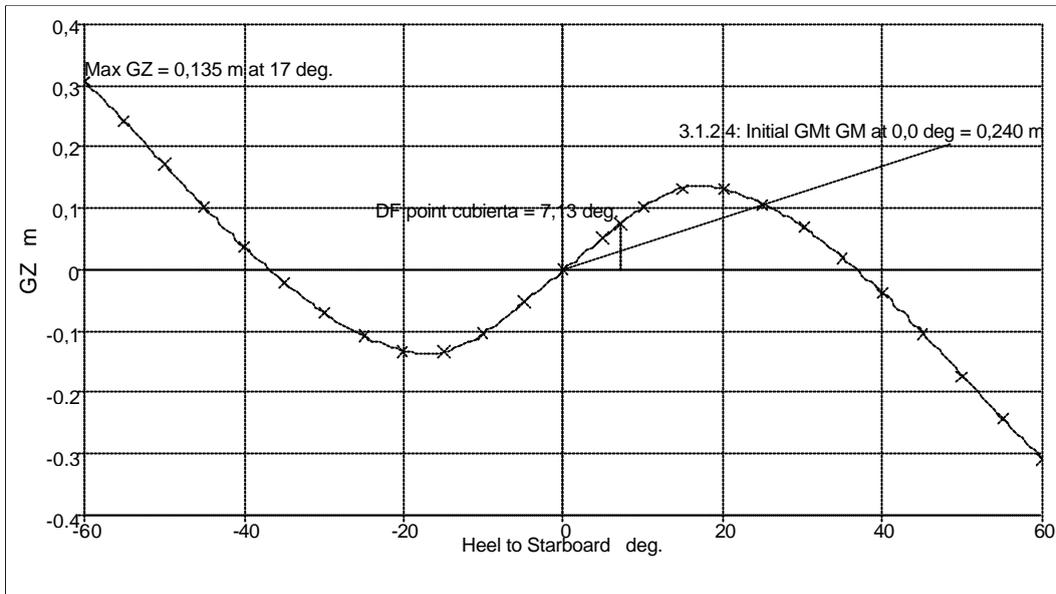


Figura 37. Estabilidad en la ola 46. Condición 3. Posición Ppr / l = 0.25

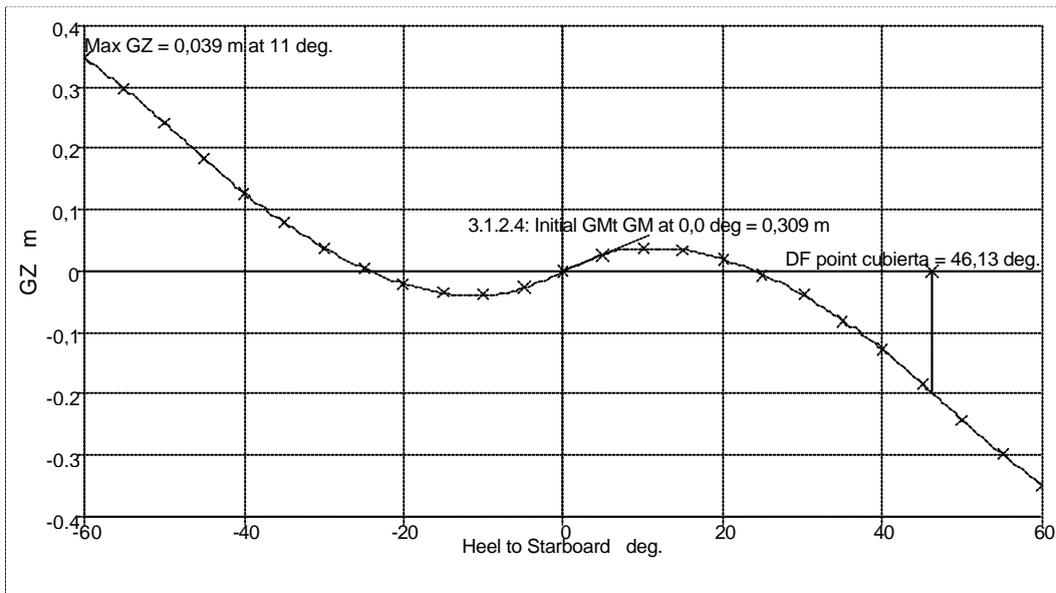


Figura 38. Estabilidad en la ola 46. Condición 3. Posición Ppr / l = 0.50

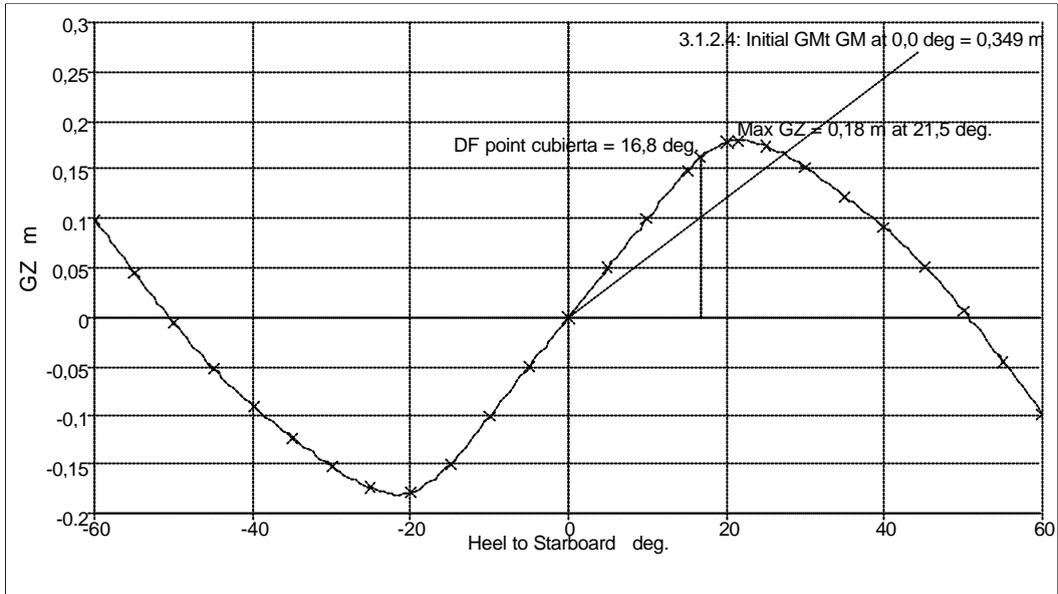


Figura 39. Estabilidad en la ola 46. Condición 3. Posición Ppr / l = 0.75

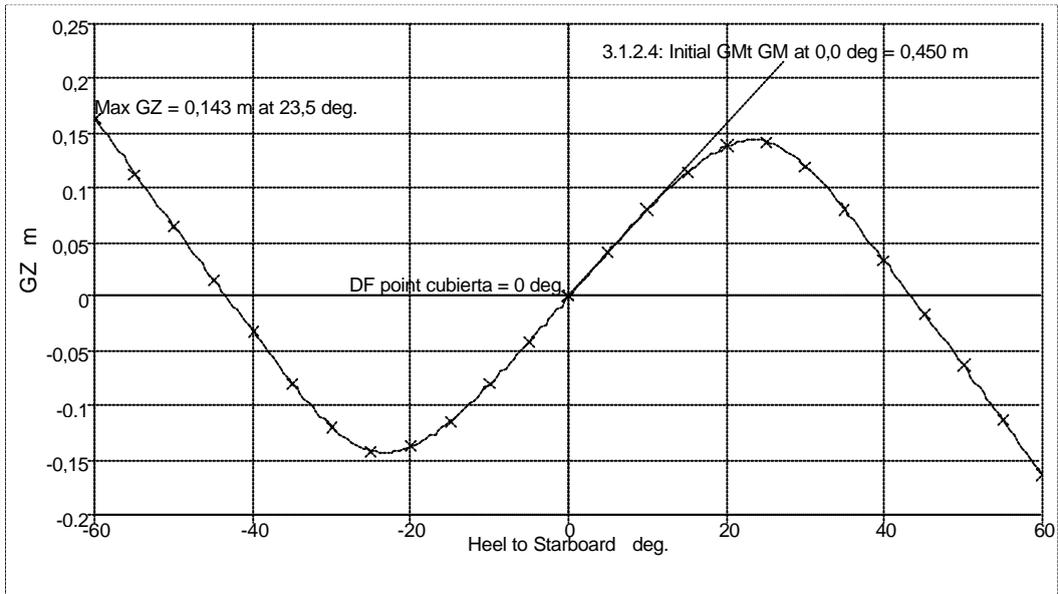


Figura 40. Estabilidad en la ola 46. Condición 4. Posición Ppr / l = 0.00

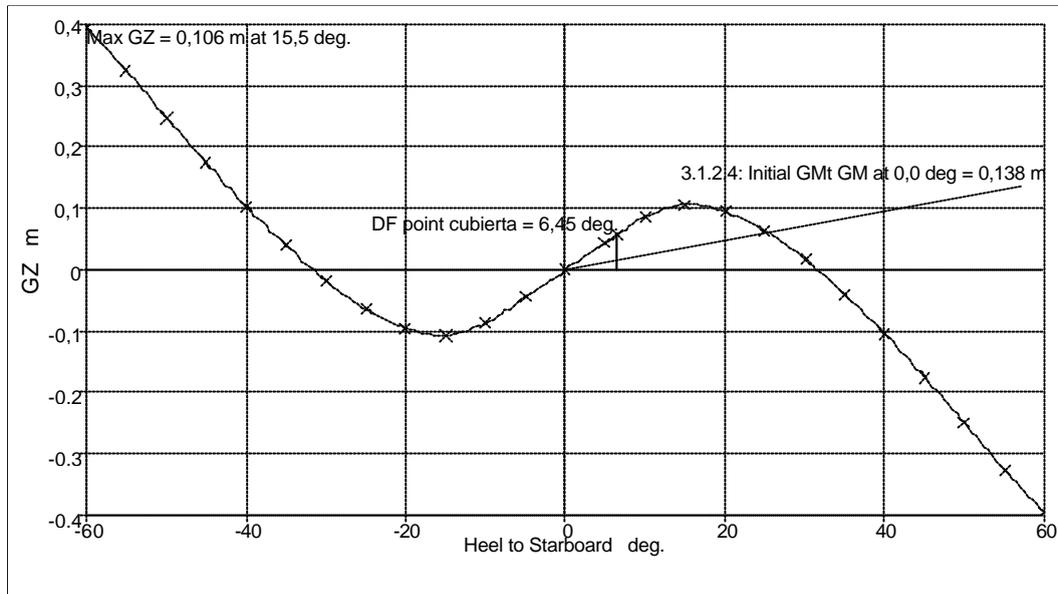


Figura 41. Estabilidad en la ola 46. Condición 4. Posición Ppr / l = 0.25

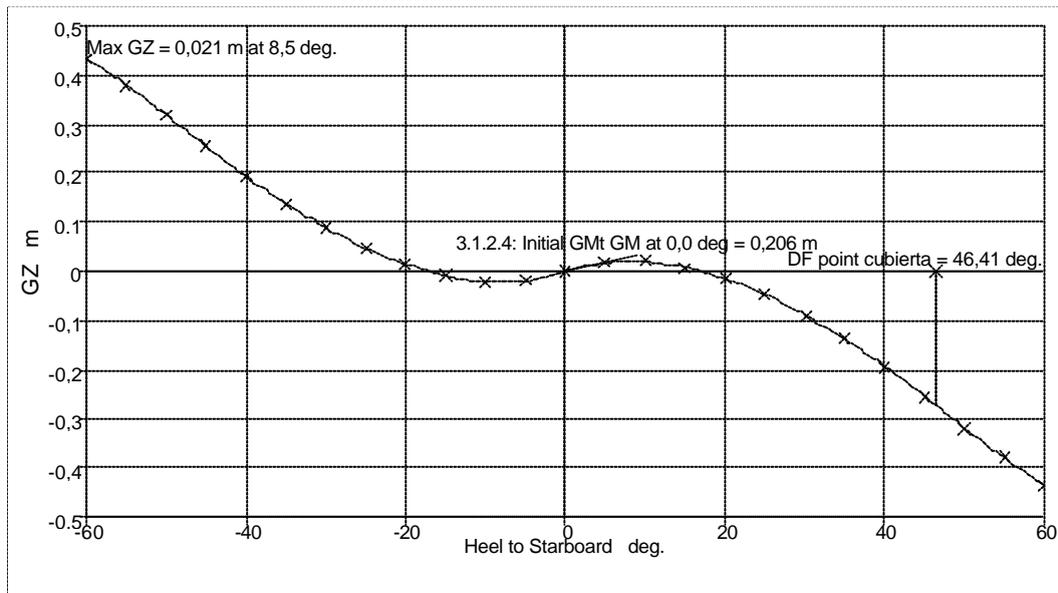


Figura 42. Estabilidad en la ola 46. Condición 4. Posición Ppr / l = 0.50

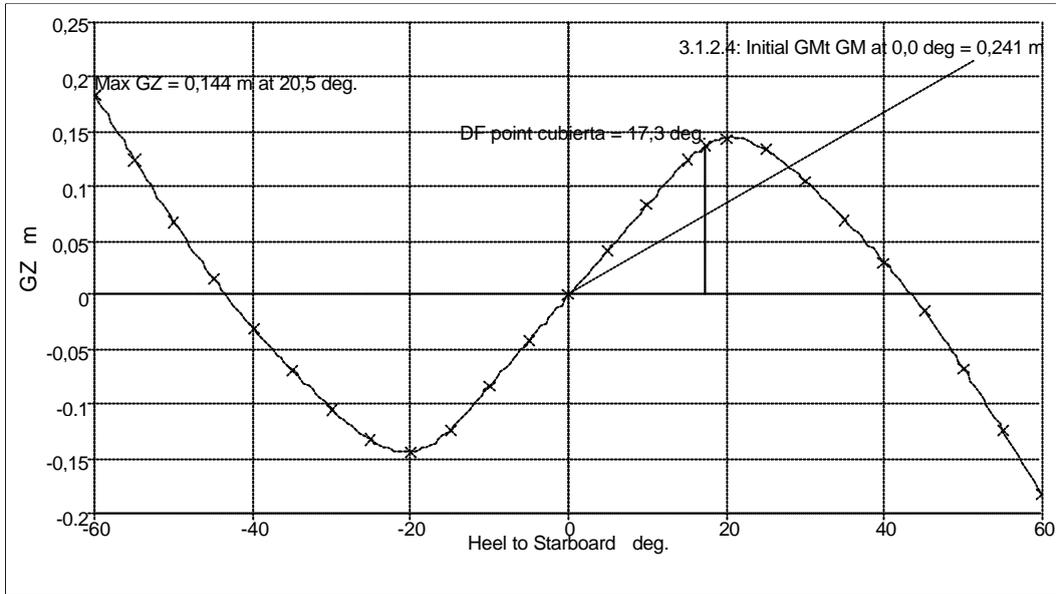
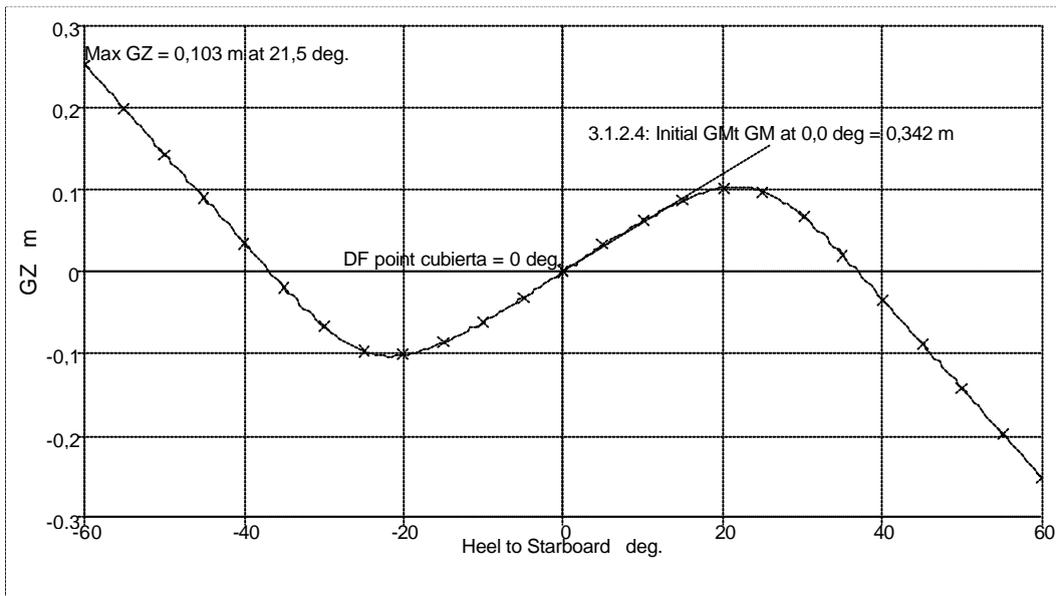


Figura 43. Estabilidad en la ola 46. Condición 4. Posición Ppr / l = 0.75





**MINISTERIO
DE FOMENTO**

**SECRETARÍA GENERAL
DE TRANSPORTES**

*DIRECCIÓN GENERAL
DE LA MARINA MERCANTE*

**Comisión Permanente de
Investigación de Siniestros Marítimos**

ACCIDENTE “O BAHIA”

ANEXO 3

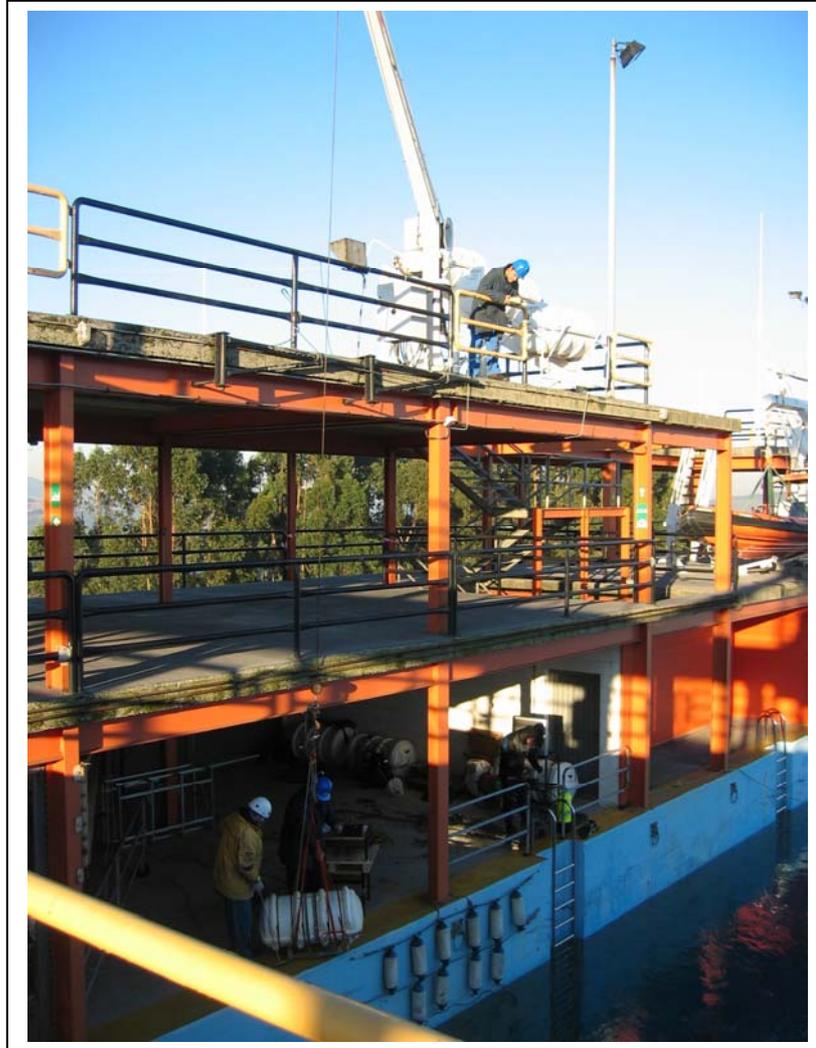
**ENSAYOS Y CONCLUSIONES SOBRE LA Balsa SALVAVIDAS
RESCATADA DEL PECIO**



Ministerio de Fomento

Secretaría General de Transportes
Dirección General de la Marina Mercante

El día 24 de Noviembre de 2004 se inició el proceso de ensayos de la balsa del O BAHIA ,en el tanque de pruebas del Centro Jovellanos de Gijón.



Partiendo de la balsa original recuperada del pecio del "O BAHIA", y restituyendo los elementos, equipos y materiales que tenía dicha balsa, los ensayos consisten en:

- 1º.- *Sumergir totalmente la balsa en una cota de 3 mts. de profundidad en una situación similar a la que se habría producido con el vuelco, (Parte inferior de balsa, hacia arriba) y evaluar el flujo de inundación.*
- 2º.- *Una vez finalizado el proceso de inundación en aguas tranquilas, observar el comportamiento al ser sometida a la agitación de las olas, y medir la pérdida de flotabilidad que ello conlleva.*
- 3º.- *Comprobar el efecto de la profundidad sobre el aire que pudiera quedar atrapado en el interior del contenedor y en los pliegues de la Balsa y evaluar su efecto final sobre la flotabilidad.*

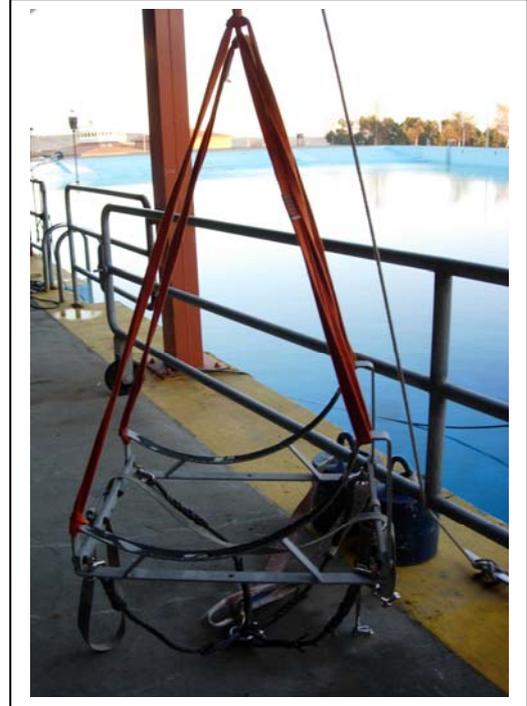


Ministerio de Fomento

Secretaría General de Transportes
Dirección General de la Marina Mercante

Para la realización de las pruebas, se dispone de:

- 1º.- Una "Cama de estiba" donde se alojará la balsa.
- 2º.- Pesos con un sumatorio total de 150,60 Kgs. Utilizados para provocar la inmersión y hundimiento de la balsa.
- 3º.- Dinamómetro con capacidad de hasta 5.000 kgs. Y precisión de +/- 2 Kgs.
- 4º.- Sistemas de grabación submarina y de superficie de todas





La balsa y carcasa utilizada para las pruebas es la “real” recuperada del pecio del “O BAHIA”.



El equipamiento de la balsa era “tipo B” de idénticas características que poseía en buque “O BAHIA”



La balsa fue plegada por el representante autorizado de DSB en el puerto de Marín con los mismos componentes y en las mismas condiciones en que había pasado la revisión anual la balsa del buque "O BAHIA".



La balsa original del buque "O BAHIA" lista para ser sometida a las pruebas de inmersión.



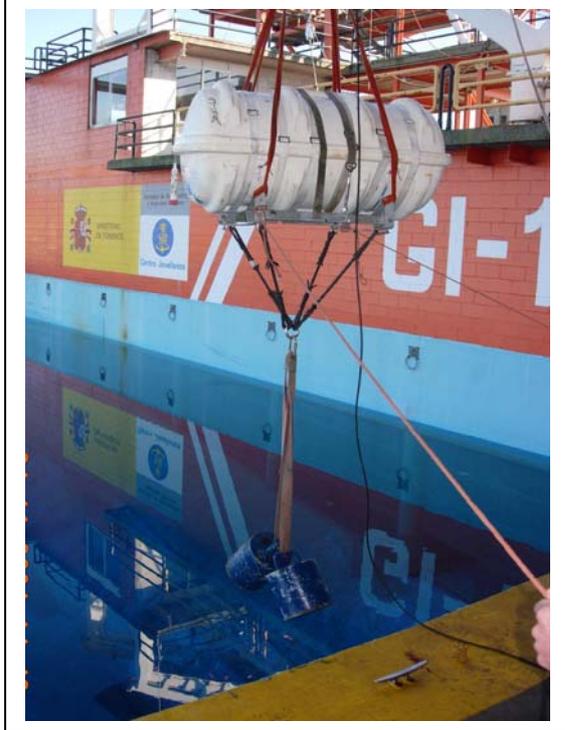
Agujero de desagüe y aireación de 5 mm en la carcasa de la balsa.



Vista detallada de 2 de los 4 agujeros de desagüe y aireación de la balsa.



El conjunto de la balsa lista para ser sometida a las pruebas de inmersión en la piscina del centro "Jovellanos" de Gijón.



El conjunto izado en una de las sesiones de pruebas

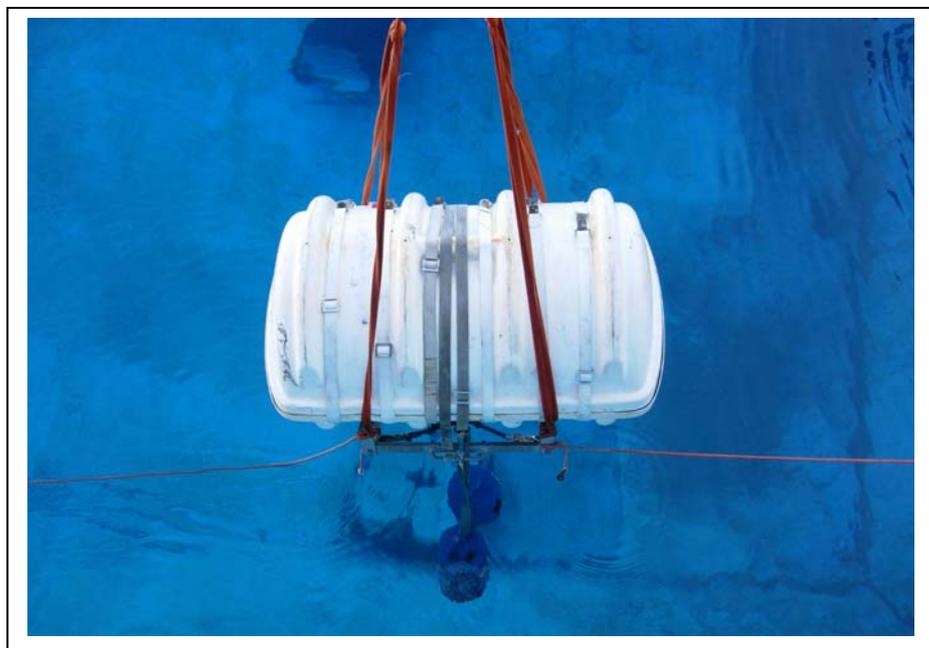
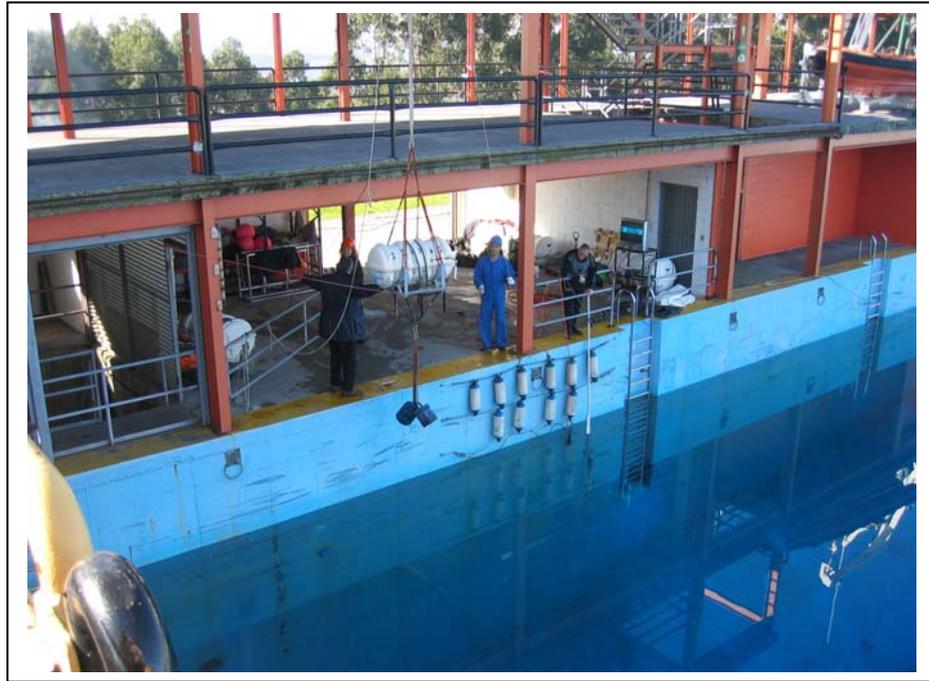


El peso total es de 248 Kgs, desglosados de la siguiente manera:

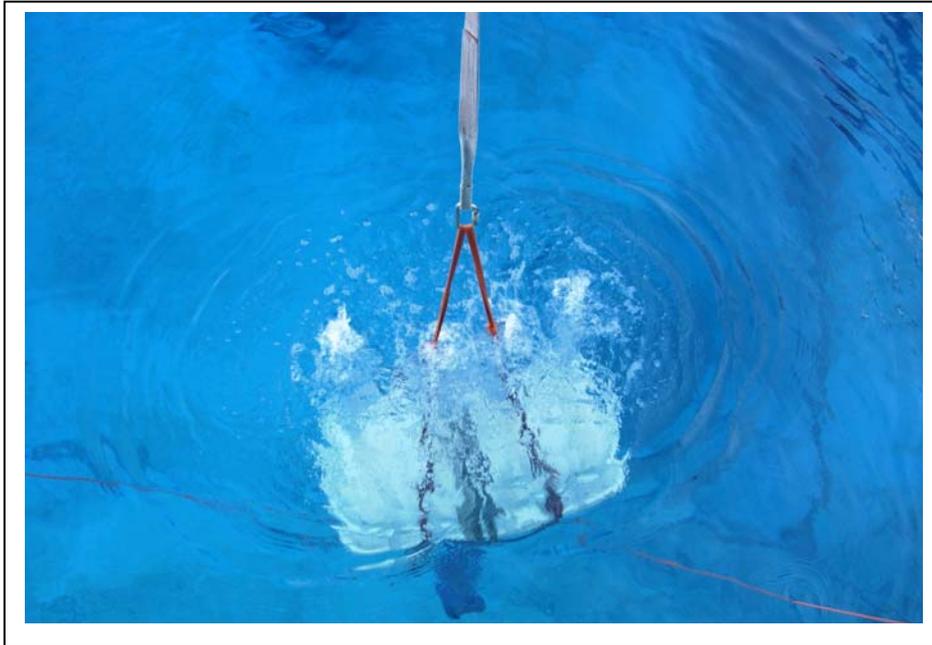
Balsa	82,0 Kgs.
Cuna	12,0 Kgs.
Estrobo	3,2 Kgs.
Pesos	150,8 Kgs.

TOTAL	248,0 Kgs.

Nota.- El peso de la balsa es sin el contenido de la botella
Por ello en la presente medición en lugar de los 86 kgs.
Iniciales, pesa 82 kgs.



La balsa “a flor de agua” a punto de comenzar la inmersión de una de las pruebas.



La balsa comienza su inmersión.



Bajada a la cota de 3,5 mts, de profundidad, comienza la pérdida de flotabilidad por la inundación del interior del contenedor.



La pérdida de flotabilidad de acelera en virtud del tiempo de inmersión.



Continúa la pérdida de flotabilidad.

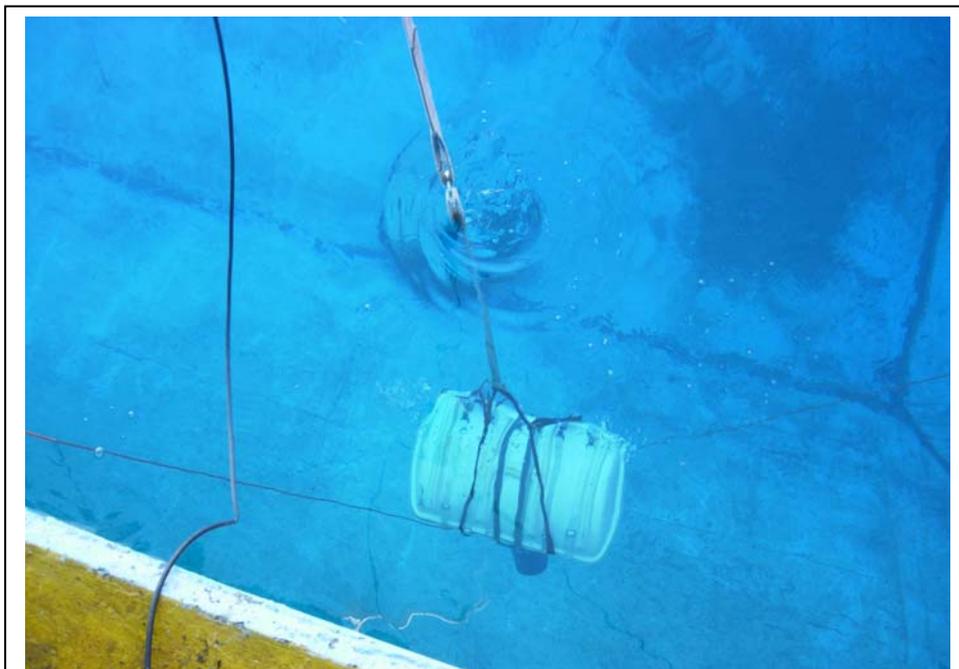


En la balsa sumergida, se aprecia la salida del aire en forma de burbujas.





Continúa el proceso de inundación del contenedor de la balsa y su consiguiente pérdida de flotabilidad, calculándose una inundación de 7 litros por minuto.

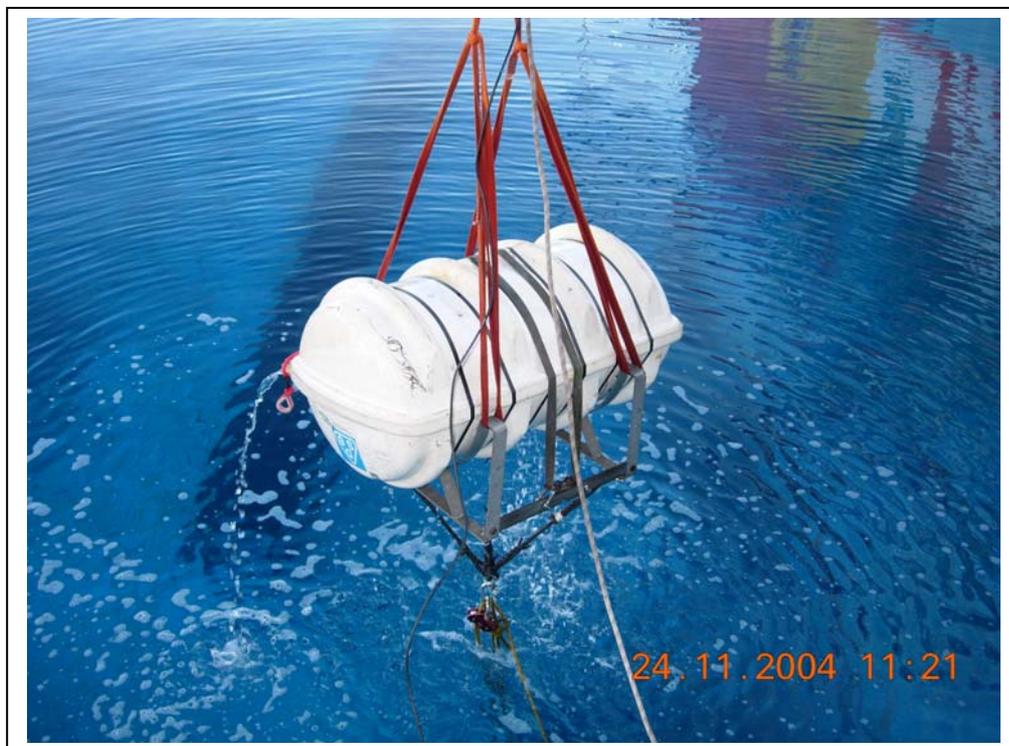


Cuando finalizan de salir burbujas, se traspasa la balsa a un bote de rescate para simular el movimiento del mar.



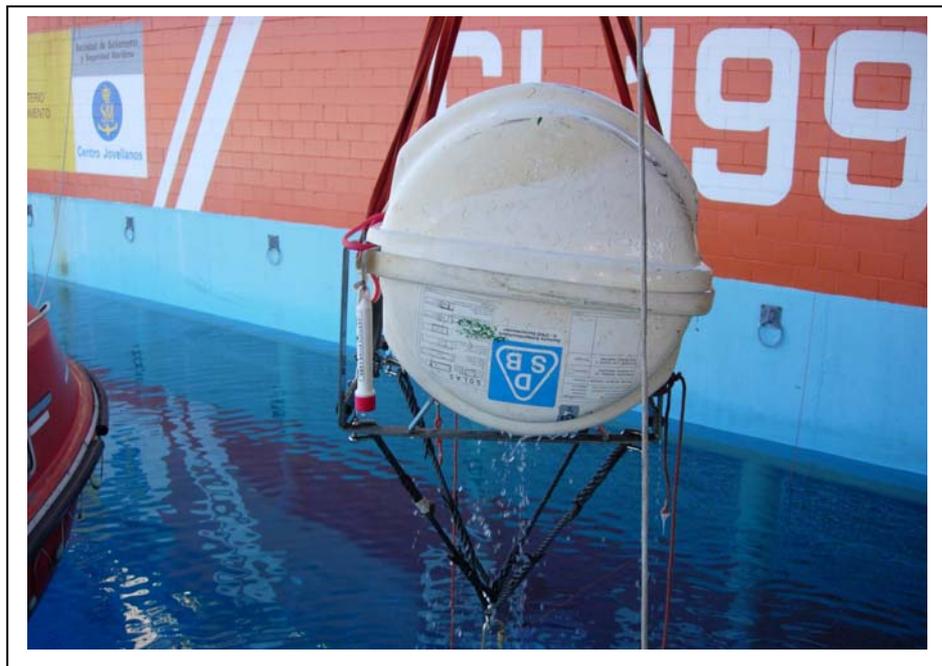
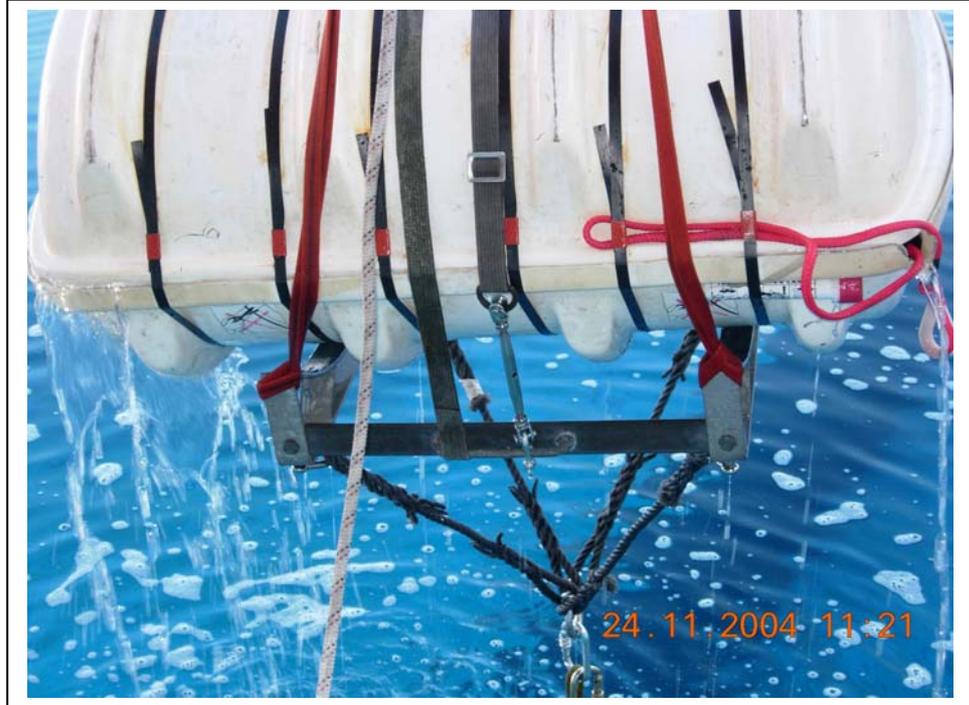
con la balsa colgada en el costado de estribor del bote, se arranca el generador de olas y se simulan condiciones mar con olas de 1 mts. de altura, con el fin de imprimir un movimiento de agitación y comprobar la pérdida de flotabilidad.





Al finalizar las pruebas y sacar la balsa del agua, se aprecia de forma significativa los puntos por donde el contenedor desaloja el agua acumulada (entrada de la Boza de disparo y frisa entre los semicilindros del contenedor).









Una vez finalizada la prueba, se abre el contenedor y la balsa para proceder a su secado.

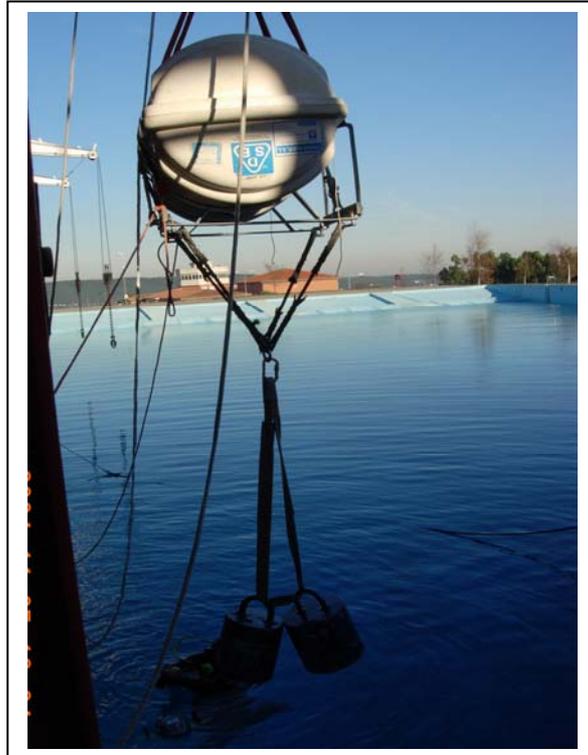




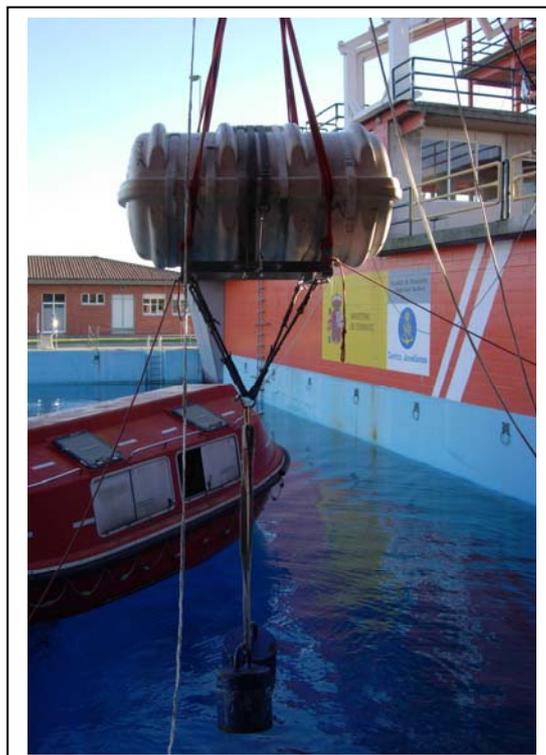


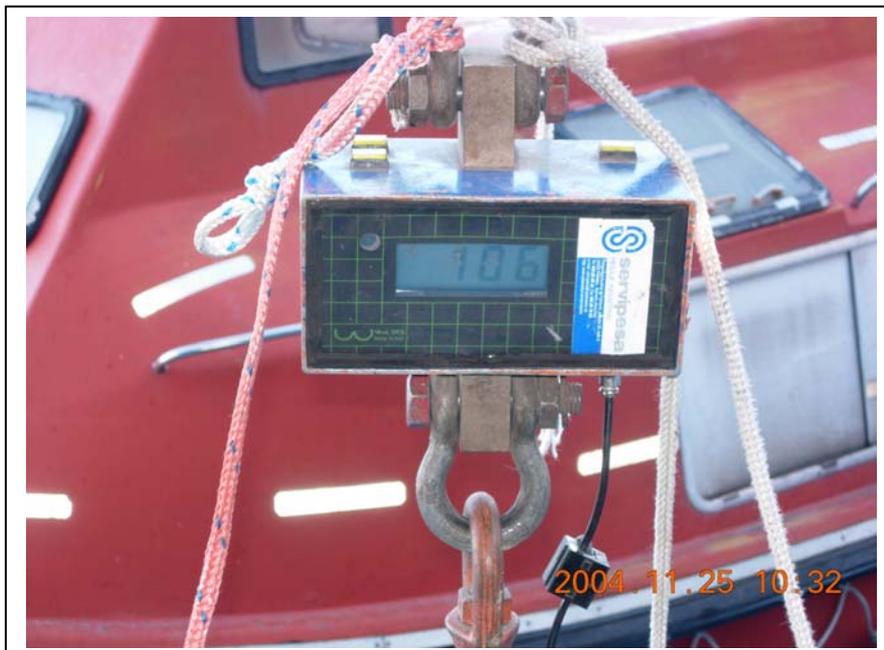
Finalizado el secado, se pliega la balsa y se introduce con todo su equipo en el contenedor, en las mismas condiciones que la situación original.



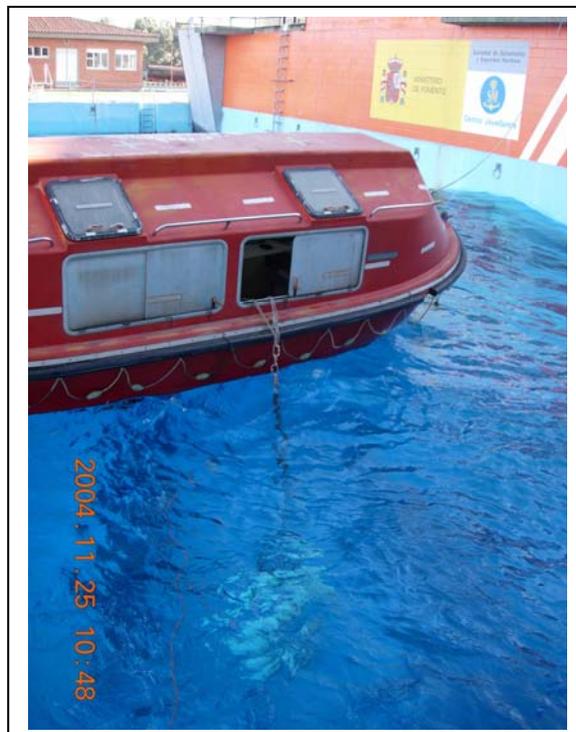


Las secuencias de las pruebas se repiten varias veces.





En situación estática, la flotabilidad en la cota de 3,5 mts. de profundidad es de 42 Kgs. (perdida de flotabilidad con respecto a la flotabilidad inicial de Kgs.)

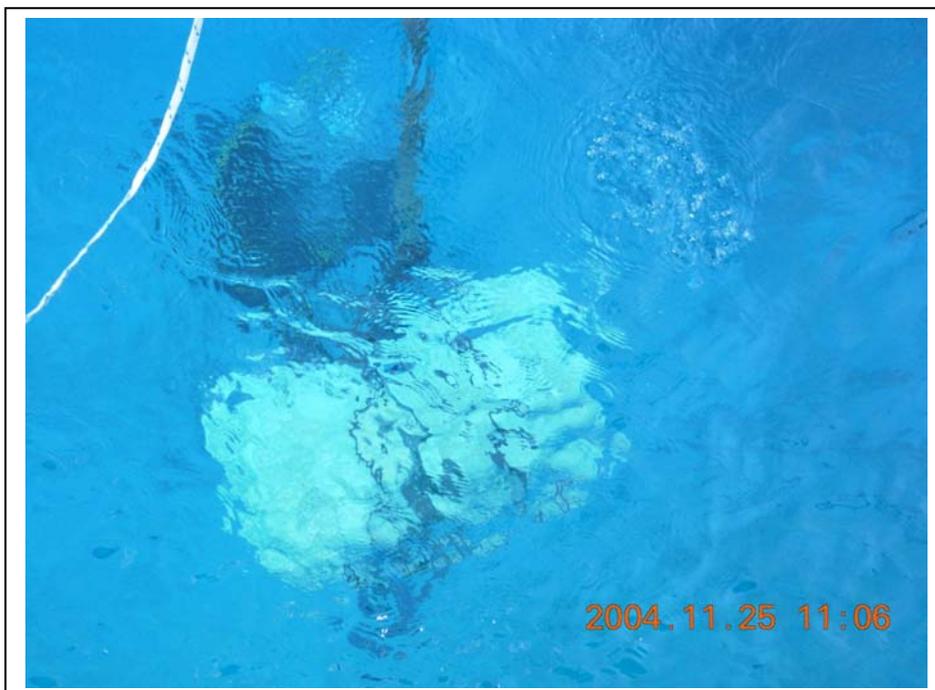


Sometiendo la balsa al movimiento de las olas.



Después de someter la balsa a un ligero movimiento de olas la pérdida de flotabilidad por salida de aire acumulado entre los pliegues del tejido de la balsa es de 4 Kgs.





Liberada la balsa de su estiba la flotabilidad es de 38 Kgs. y la balsa emerge a la superficie.





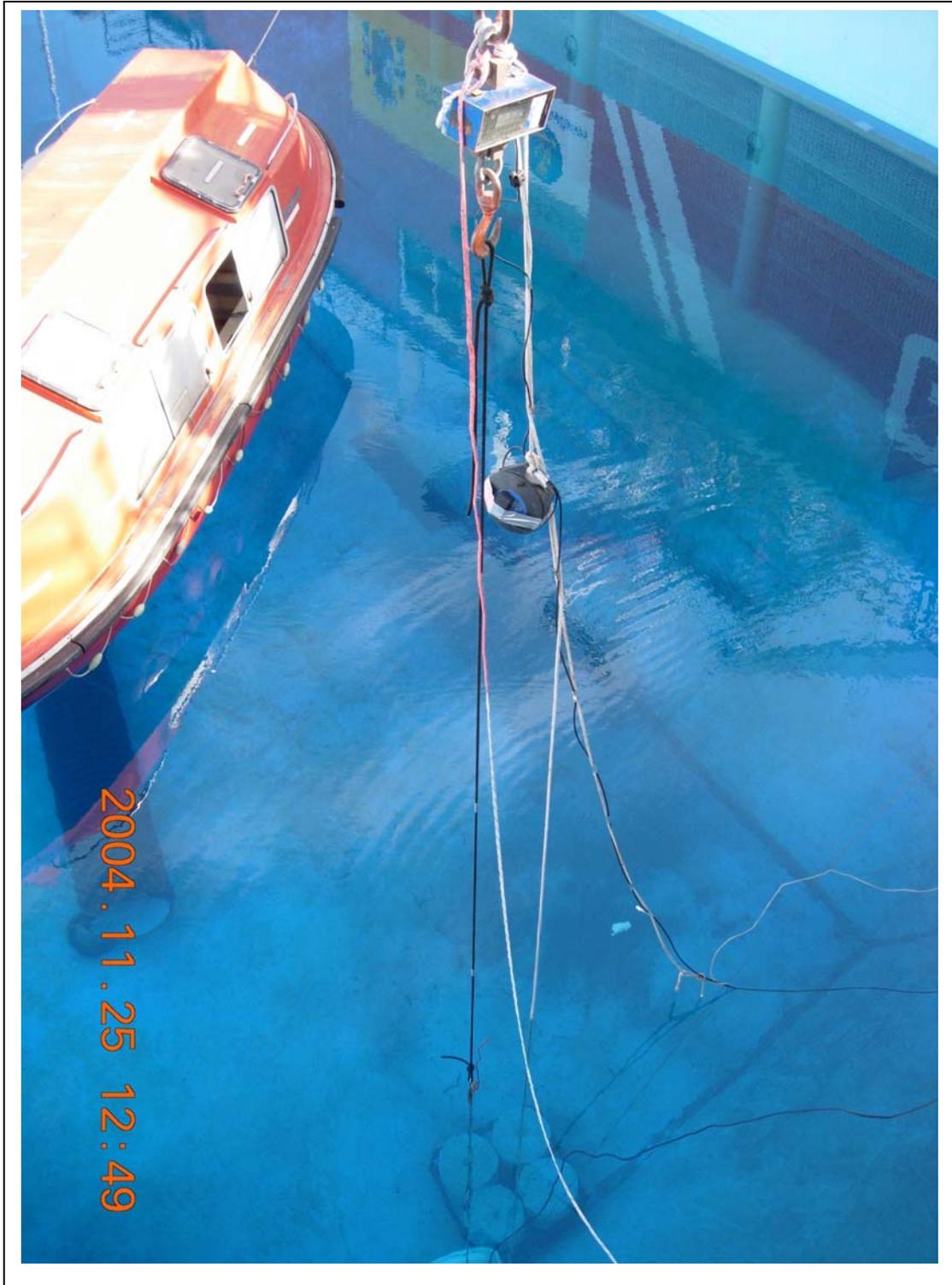
La diferencia de pesos nos indica la flotabilidad de la balsa, 38 Kgs.





Se sumerge la balsa y se reanudan las pruebas, para conocer como influye la presión en las burbujas de aire acumulada entre los pliegues del tejido y que produce una flotabilidad de 38 Kgs.





Para la realización de la siguiente prueba, (influencia de la presión en relación con la profundidad de inmersión, se dispone una inmersión entre 0,5 y 6,5 metros), con paradas y calculo de perdida de flotabilidad cada metro.



Ministerio de Fomento

Secretaría General de Transportes
Dirección General de la Marina Mercante



En la cota de 0,5 metros, el empuje de emersión, es decir la flotabilidad es de 42 Kgs.



A medida que la inmersión avanza, disminuye la flotabilidad, debido al efecto de la presión que comprime las diferentes burbujas de aire retenido entre los pliegues de la balsa.

(En la imagen dinamómetro cuando la balsa se sitúa a 1,5 mts. de profundidad, con una flotabilidad de 38 Kg.).



En la imagen dinamómetro cuando la balsa se encontraba a 2,5 metros de profundidad, teniendo la balsa una flotabilidad de 34 Kgs.



En la imagen indicación del dinamómetro cuando la balsa se encontraba a 3,5 metros de profundidad, la flotabilidad es de 30 Kgs.



Ministerio de Fomento

Secretaría General de Transportes
Dirección General de la Marina Mercante



En la imagen indicación del dinamómetro cuando la balsa se encontraba a 4,5 metros de profundidad, la flotabilidad es de 28 Kgs.



En la imagen indicación del dinamómetro cuando la balsa se encontraba a 5,5 metros de profundidad, la flotabilidad es de 26 Kgs.



En la imagen indicación del dinamómetro cuando la balsa se encontraba a 6,5 metros de profundidad, la flotabilidad es de 22 Kgs.



Finalizadas las pruebas, se procede al izado de la balsa.





Al izar la balsa, se aprecia la salida del agua que había inundado el contenedor.





Ministerio de Fomento

Secretaría General de Transportes
Dirección General de la Marina Mercante

CONCLUSIONES DE LA PRUEBA

.- La velocidad e inundación del interior de la balsa y por lo tanto la pérdida de flotabilidad es aproximadamente de 7 litros /minuto.

.- Si la balsa se sumerge en su posición habitual, (con los agujeros de desagüe y aireación hacia abajo), queda una bolsa de aire en la parte superior del semicilindro del contenedor, suficiente para lograr la emersión de la balsa.

.- Si la balsa se sumerge invertida, (con los agujeros de desagüe y aireación hacia arriba), se facilita de forma considerable la expulsión del aire, impidiendo la formación de una cámara de aire en la parte superior del contenedor.

.- La inundación total (excepto las pequeñas cámaras de aire que pueden quedar en los pliegues del tejido) es de aproximadamente 15 minutos.

.- Si con la balsa invertida, se somete a un movimiento de agitación similar al que generan las olas en la mar, se facilita la expulsión del aire retenido entre los pliegues del tejido y pequeños recovecos, disminuyendo por lo tanto su flotabilidad, (siendo esa expulsión de aire y pérdida flotabilidad, proporcional a la brusquedad y tipo de movimientos, así como a la duración (tiempo) en que la balsa se encuentra sometida a dichos movimientos).

.- Si sumergimos la balsa, (con una determinada cantidad de aire retenida en los pliegues del tejido y pequeños recovecos), a medida que aumentamos la inmersión del conjunto, se constata una pérdida de flotabilidad proporcional a la profundidad, debido al efecto de la presión que comprime las pequeñas burbujas de aire, disminuyendo el volumen de las mismas siendo reemplazado esa pérdida de volumen por la entrada de agua.

De forma aproximada en las pruebas realizadas se constata que la pérdida de flotabilidad es aproximadamente del 10% por cada metro de profundidad.



**MINISTERIO
DE FOMENTO**

**SECRETARÍA GENERAL
DE TRANSPORTES**

*DIRECCIÓN GENERAL
DE LA MARINA MERCANTE*

**Comisión Permanente de
Investigación de Siniestros Marítimos**

ACCIDENTE “O BAHIA”

ANEXO 4

ENSAYOS DE LAS ZAFAS HIDROSTÁTICAS *HAMMAR H-20*



Ministerio de Fomento

Secretaría General de Transportes
Dirección General de la Marina Mercante

Dado que la activación hidrostática de las zafas HAMMAR H-20, se encuentra en un rango entre 1,5 mts. Y 4,0 mts, se han realizado una serie de pruebas tendente a comprobar estadísticamente la presión media de activación, y su índice de efectividad.

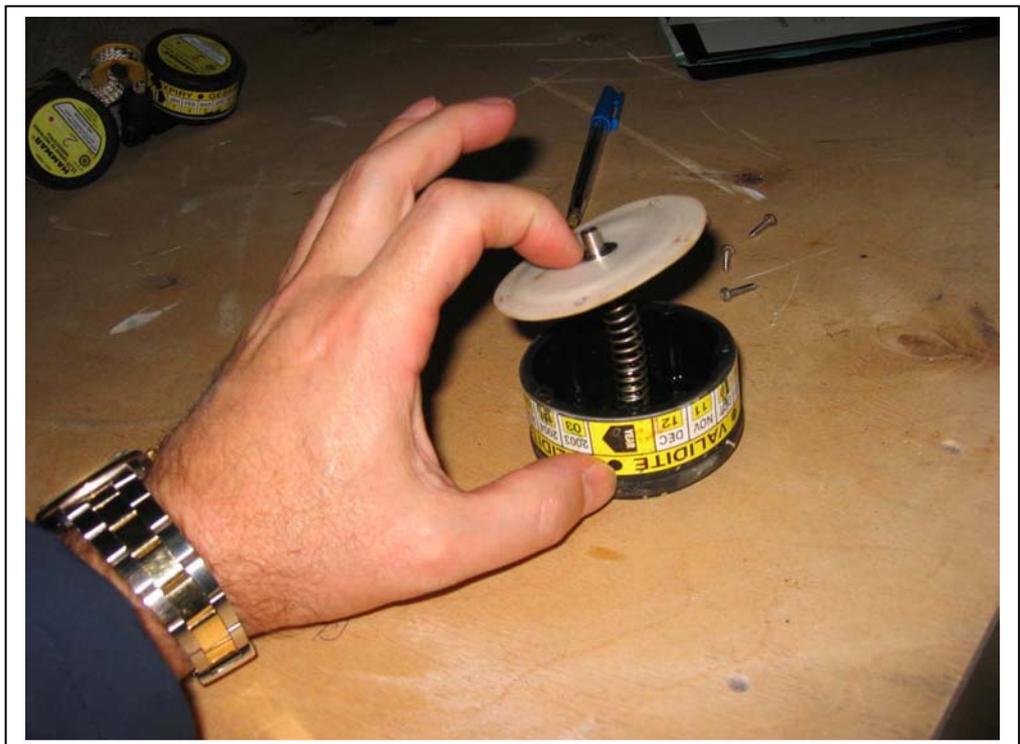
Para ello se han realizado pruebas con 33 dispositivos HAMMAR H-20 , en diversas estaciones de revisión de balsas, que disponen de la tecnología necesaria para la realización de las mismas , siendo el resultado el que se muestra tanto grafica como estadísticamente a continuación :

















Ministerio de Fomento

Secretaría General de Transportes
Dirección General de la Marina Mercante

PRUEBAS DE ZAFAS HIDROSTÁTICAS HAMMAR H-20

Nº	Nº zafa	cad.	p-c	Presión	Observaciones
1	I 30419	May 04	6	0.42	Cortó cabo parcialmente
2	I 03210	Sep 03	14	----	No funcionó. Probada hasta 1 bar.
3	J 29663	Oct 04	1	0,38	Satisfactorio.
4	J 22519	Oct 04	1	0.34	Cortó cabo parcialmente
5	J 15495	Jul 04	4	0.32	Satisfactorio.
6	J 12355	Ago 04	3	0.30	Cortó cabo parcialmente
7	I 53236	Jun 04	4	0.41	Fuera rango presión 0.15-0.40
8	I 93918	Jun 04	4	0.30	Cortó cabo parcialmente
9	J 12375	Ago 04	3	0.30	Satisfactorio
10	J 12903	Ago 04	3	0.26	Satisfactorio.
11	I 30422	May 04	6	0.30	Satisfactorio.
12	J 27035	Sep 04	2	0.30	Satisfactorio.
13	Ilegible	Xxx 00	----	0.42	Fuera rango presión 0.15-0.40
14	I 68489	Ago 04	3	0.33	Satisfactorio.
15	I 39337	Oct 04	1	0.40	Satisfactorio.
16	I 39333	Oct 04	1	0.38	Satisfactorio.

NOTAS:

FECHA REALIZACIÓN: 03.11.04
LUGAR: Full safety S.L. Estación VIKING. Vigo.
HORA: 12:45 A 13:45.
TEMPERATURA: 18 ° C.
PRESIÓN ATM.: 1006 mb.



Ministerio de Fomento

Secretaría General de Transportes
Dirección General de la Marina Mercante

PRUEBAS DE ZAFAS HIDROSTÁTICAS HAMMAR H-20

Nº	Nº zafa	cad.	p-c	Presión	Observaciones
17	J43123	Nov 04	0	0.30	Cortó cabo parcialmente
18	I56229	Oct 04	1	0.39	Satisfactorio
19	I96117	Feb 04	9	0.42	Satisfactorio. Fuera rango presión
20	J32518	Sep 04	2	0.30	Satisfactorio
21	J43177	nov 04	0	0.30	Satisfactorio.
22	J43199	Nov 04	0	0.38	Satisfactorio
23	I18189	Oct 04	1	0.34	Satisfactorio
24	I53213	-----	-	0.38	Satisfactorio
25	J43157	Nov 04	0	0.36	Satisfactorio.
26	Ilegible	Oct 04	1	0.34	Satisfactorio.
27	J43192	Oct 04	1	0.36	Satisfactorio.
28	I18178	Oct 04	1	0.36	Satisfactorio.
29	J43173	Nov 04	0	0.31	Satisfactorio.
30	I18182	Oct 04	1	0.34	Satisfactorio.
31	I37021	Ene 04	10	0.40	Satisfactorio.
32	J32558	Sep 04	2	0.33	Satisfactorio
33	J32517	Oct 04	1	0.35	Satisfactorio.
34	I53250	Mar 04	8	0.32	Satisfactorio.

NOTAS:

FECHA REALIZACIÓN: 11.11.04
LUGAR: AUSMAR. DUARRY. Vigo.
HORA: 12:00 A 12:45.
TEMPERATURA: 15 ° C.
PRESIÓN ATM.: 1002 mb.



Ministerio de Fomento

Secretaría General de Transportes
Dirección General de la Marina Mercante

PRUEBAS DE ZAFAS HIDROSTÁTICAS HAMMAR H-20

Nº	Nº zafa	cad.	p-c	Presión	Observaciones
35	J63584	02/05	1	0.35	Satisfactorio
36	I82199	-----	-	0.38	Satisfactorio
37	J31115	09-04	6	0.35	Satisfactorio
38	I82197	05/05	-	0.35	Satisfactorio
39	I192879	12/03	15	0.30	Satisfactorio.
40	J32529	10/04	5	0.34	Satisfactorio
41	J31184	01/05	2	0.33	Satisfactorio
42	J83908	05/05	-	0.40	Satisfactorio
43	J31170	10/04	17	0.35	Satisfactorio.
44	I91501	01/05	2	0.34	Satisfactorio.
45	J10283	12/03	15	0.38	Satisfactorio.
46	J43178	12/04	3	0.30	Satisfactorio.
47	J43180	12/04	3	0.28	Satisfactorio.
48	I LEG	01/05	2	0.33	Satisfactorio.
49	I129588	12/04	3	0.30	Satisfactorio.
50	J32514	09/04	6	0.29	Satisfactorio
51	J45148	10/04	5	0.33	Satisfactorio.
52	I13203	12/04	3	0.30	Satisfactorio.
53	J79360	02/05	1	0.27	Satisfactorio
54	J31185	01/05	2	0.35	Satisfactorio
55	J60324	12/04	3	0.27	Satisfactorio
56	J46977	12/04	3	0.30	Satisfactorio
57	J32528	09/04	6	0.33	Satisfactorio

NOTAS:

FECHA REALIZACIÓN: 04.03.05
LUGAR: FULL SAFETY, S.L. VIGO
HORA: 11:00 A 11:45
TEMPERATURA: 9°C
PRESIÓN ATM.: 1018 mb.



PRUEBAS DE ZAFAS HIDROSTÁTICAS HAMMAR H-20

CONCLUSIONES

<i>Número de unidades probadas</i>	57
<i>Nº unidades defectuosas (no funcionó)</i>	1
<i>Cabo parcialmente cortado</i>	5
<i>Fuera rango de presión (> 0,4 atm.)</i>	3
<i>Presión media de disparo</i>	0,347 atm.



**MINISTERIO
DE FOMENTO**

**SECRETARÍA GENERAL
DE TRANSPORTES**

*DIRECCIÓN GENERAL
DE LA MARINA MERCANTE*

**Comisión Permanente de
Investigación de Siniestros Marítimos**

ACCIDENTE “O BAHIA”

ANEXO 5

**INFORME TÉCNICO DE LA DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA
ALERTA COSPAS-SARSAT CORRESPONDIENTE A LA RADIOBALIZA,
EMITIDO POR LA ESTACIÓN ESPACIAL DE MASPALOMAS**



Informe Técnico de la detección y localización de la alerta Cospas-Sarsat correspondiente a la radiobaliza con código hexadecimal 9C09D34165534D1 perteneciente al buque “O BAHÍA”(con notas aclaratorias)

En respuesta a la solicitud realizada por la Comisión de Investigación del Siniestro del Buque “O BAHÍA” de un informe técnico que sirva de contestación a las cuestiones planteadas en dicha comisión, respecto a las detecciones de la alerta transmitidas por dicho buque, envío de los mensajes de dichas alertas así como el tiempo transcurrido entre estos mensajes, el Centro de Control de la Misión del Programa Cospas-Sarsat en España desarrolló el siguiente informe, que ahora se reenvía a la DGMM detallando el significado de los campos que constituyen los mensajes de alerta retransmitidos al Centra Nacional Coordinador de Salvamento, para que sirva de ayuda a la comprensión de dicho informe:

El sistema COSPAS-SARSAT es un programa internacional para la detección y localización de emergencias, tanto marinas como aéreas o terrestres, mediante satélites y de esta forma ayudar en las operaciones de búsqueda y rescate (SAR-Search and Rescue).

El sistema se basa en la detección y localización de señales de emergencia procedentes de radiobalizas que emiten en frecuencias de 121.5 MHz, 243 MHz (de uso militar) o 406 MHz. La posición del siniestro así como cualquier otra información adicional conocida, se retransmite a las autoridades nacionales de los Servicios de Búsqueda y Rescate desde el Centro de Control de la Misión Cospas-Sarsat (MCC- Mission Control Center).

La OMI (Organización Marítima Internacional) y la OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional) son los depositarios del Acuerdo, y recomiendan el uso de radiobalizas de emergencia homologadas por el Secretariado del Cospas-Sarsat. Las radiobalizas marítimas se llaman EPIRB (Emergency Position Indicating Radio Beacon) y las aeronáuticas ELT (Emergency Locator Transmitters).

El mecanismo de localización de las radiobalizas es el siguiente:

Cuando se produce una emergencia, se activa la radiobaliza, bien de forma manual o automática, y ésta transmite una señal de emergencia que es recibida por los satélites Cospas-Sarsat, y retransmitida a una estación terrena, donde la señal es recibida y procesada por los terminales de recepción llamados LUT (Local User Terminal), para obtener la localización. Todos estos mensajes se transmiten al Centro de Control de la Misión, para su posterior distribución a los servicios de búsqueda y rescate correspondientes (RCCs nacionales , SPOC - SAR Point of Contact de su área de servicio) o a otros MCCs.



Existen dos constelaciones de satélites: una constelación de satélites de órbita polar de baja altura LEOSAR (Low Earth Orbit Search And Rescue) que pueden recibir señales de radiobalizas de 121.5 MHz, 243 MHz y 406 MHz, y otra constelación de satélites de órbita geostacionaria GEOSAR (Geostationary Earth Orbit Search And Rescue) que sólo pueden recibir señales de radiobalizas de 406 MHz.

En el sistema LEOSAR, los satélites (6 en la actualidad) se encuentran en órbitas polares de baja altura (órbitas circulares alrededor de los polos terrestres) a una altitud entre 850 y 1000 Km, y dan una vuelta completa a la Tierra cada 90 minutos aproximadamente. Estos satélites sólo pueden ver una porción de la Tierra en cada momento, con lo cual no pueden detectar alertas hasta que el satélite sobrevuela la radiobaliza emisora. Sin embargo, gracias al movimiento de rotación del planeta, la cobertura de este tipo de satélites es total.

El sistema LEOSAR se basa en la detección y localización de las radiobalizas por efecto Doppler. Debido al movimiento relativo entre el satélite y la baliza, la frecuencia que se recibe se desplaza describiendo una curva Doppler. Las variaciones de la frecuencia dependerán del movimiento del satélite, apareciendo curvas más o menos abruptas según el satélite pase más o menos cerca de la baliza. La localización Doppler proporciona dos posibles posiciones de la baliza, una correcta y otra incorrecta, simétricas del track del satélite, creándose una situación de ambigüedad. Es necesario un segundo pase para determinar la posición correcta y resolver así la ambigüedad.

En el sistema GEOSAR los satélites (4 en la actualidad) orbitan a una altitud de 36.000 Km, en una órbita geosíncrona, es decir, observando siempre la misma porción de Tierra en todo momento. Estos satélites no pueden tener visibilidad sobre los casquetes polares.

El sistema GEOSAR es capaz de detectar la radiobaliza sin ningún retraso. La detección inmediata se debe a que tanto la baliza como la estación terrena se encuentran permanentemente bajo la visibilidad de un satélite geostacionario. La falta de movimiento relativo entre baliza y satélite no permite su localización por efecto Doppler, por lo que la localización de la baliza es posible sólo si ésta lleva incorporada un receptor GPS (Global Positioning System) / GLONASS que le permita enviar al satélite su posición exacta sobre la superficie de la tierra dentro de su mensaje codificado. En cualquier caso, las radiobalizas de 406 MHz llevan una identificación que permite que se inicien las tareas de búsqueda y rescate aun que no se conozca aún su posición.

Ambos sistemas (LEOSAR y GEOSAR) son complementarios, y permiten disminuir el tiempo de detección de la alerta y aumentar la rapidez de actuación de los servicios SAR.

Tras la detección de una alerta por un sistema LEOSAR o GEOSAR, el satélite retransmite la alerta a la estación terrena, que es la encargada en tierra de procesar la señal recibida en los LUTs y enviar la información procesada al MCC, que valida la alerta y la transmite automáticamente a los servicios de rescate. El MCC, además, intercambia información tanto con otros MCCs como con los propios servicios SAR.

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROSPAECIAL



Los mensajes que intercambia el MCC se denominan SITs (Subject Indicator Types) y se identifican con un número proporcionando información de la alerta según cada situación.

España cuenta con un equipamiento, ubicado en las instalaciones de la Estación Espacial de Maspalomas que el INTA posee en Gran Canaria, formado por un LEOLUT que lleva a cabo el seguimiento de 6 satélites de órbita polar baja y dos GEOLUTs, uno orientado hacia el satélite geostacionario GOES-12 (GOES-East) y otro orientado hacia el satélite geostacionario MSG-1 (Meteosat Second Generation). Además cuenta con un Centro de Control de la Misión denominado SPMCC (Spanish MCC) encargado de la distribución nacional e internacional de los mensajes de emergencia.

El día 2 de Junio de 2004 a las 17:34:25 horas UTC se detectó en el SPMCC la activación de la radiobaliza Cospas-Sarsat de 406 MHz con código hexadecimal (30 dígitos) **4E04E9A0B2A9A688310E1000000000** [Country code: 224 – Spain; Maritime MMSI (6 digits): 105260; Beacon type: Maritime User; 15 dígitos: **9C09D34165534D1**; Homing: 121.5 MHz], que según información proporcionada por el Centro Nacional de Coordinación de Salvamento (CNCS), corresponde al pesquero “O BAHÍA”, según consta en la Base de Datos de la Marina Mercante.

Dicha detección se realizó a través de los satélites geostacionarios GOES-12 y MSG-1, en los GEOLUTs de Maspalomas, enviándose inmediatamente un mensaje tipo SIT 173 (sin posición) a CNCS (*véase anexo 1*). Esta detección es confirmada por los MCCs de Francia (FMCC) y Reino Unido (UKMCC), detectada por sus respectivos GEOLUTs del MSG-1. Este primer mensaje es sin posición ya que es detectado por un satélite geostacionario y esta radiobaliza (9C09D34165534D1) no tiene GPS/GLONASS.

Tras esta detección inicial sin posición, a las 18:01:59 UTC el satélite de órbita polar SARSAT-6, en una trayectoria Sur-Norte de una órbita que no pasa sobre nuestra zona de cobertura, detecta nuevamente la radiobaliza, permitiendo de esta forma calcular la posición y obteniéndose dos posibles posiciones, una de las cuales situaba la emisión en 43° 22.50'N, 008° 52.62'W con un 92% de probabilidad, dicha detección es recibida por el MCC de Francia (FMCC) que tras procesar la información envía los datos al SPMCC a las 18:08:18 UTC, y es transmitida inmediatamente en formato SIT 171 a CNCS (*véase anexo 1*). Estos datos fueron también recibidos y confirmados por los MCCs de Reino Unido (UKMCC) y Noruega (NMCC).

Posteriormente, a las 18:35:42 UTC, un segundo satélite de órbita polar, el SARSAT-7, detecta nuevamente la citada radiobaliza, confirmando la posición antes mencionada. En este caso esta trayectoria, también Sur-Norte, si pasa por nuestra zona de cobertura y la baliza es detectada por el LEOLUT español, que tras finalizar el tiempo de procesado el mensaje de alerta es recibido en el SPMCC y éste envía a CNCS un mensaje de ambigüedad resuelta en el formato SIT 176 a las 18:46 UTC (*véase anexo 1*). Estos datos fueron también recibidos y confirmados por los MCCs de Francia (FMCC), Argelia (ALMCC), Italia (ITMCC) y Reino Unido (UKMCC).

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROESPACIAL



A partir de este momento en el que ya la posición del siniestro está confirmada por más de un satélite, cada vez que el SPMCC recibe una nueva información, ya sea por detección propia (de los equipos de Maspalomas) o retransmitida desde otro MCC, se vuelve a enviar un SIT 176 a CNCS con los nuevos datos.

A continuación se describen cada una de las detecciones, detallando satélite, hora de detección y de transmisión a CNCS, así como el tipo y el número de mensaje enviado.

Satélite	Hora de detección	Modo*	Hora de envío de mensaje	Tipo SIT	Nº mensaje
GOES-East / MSG-1	17:34:25	Local	17:35	173	11524
SARSAT - 6	18:01:59	Local	18:08	171	11525
SARSAT - 7	18:35:42	Local	18:46	176	11527
SARSAT - 6	19:41:37	Local	19:50	176	11529
SARSAT - 7	20:16:21	Local	20:24	176	11533
SARSAT - 9	20:04:25	Global	21:48	176	11538

* Modo:

- Local: Emisión detectada en tiempo real, es decir, tanto la radiobaliza como la estación terrena se encuentran al mismo tiempo bajo la visibilidad del satélite.
- Global: Emisión almacenada en la memoria del satélite, cuando sólo la radiobaliza está bajo visibilidad del satélite, y volcada a la estación terrena cuando el satélite la sobrevuela.

En el Anexo 1, se adjuntan cada uno de los mensajes enviados desde el SPMCC a CNCS procedentes de las detecciones de la baliza de 406 MHz con identificador 9C09D34165534D1 perteneciente al buque "O BAHÍA".

Y para que así conste a los efectos oportunos se redacta el presente informe en La Estación Espacial de Maspalomas, a 3 de mayo de 2005.

Jefa del Centro de Control de la Misión
del Programa Cospas-Sarsat en España

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROESPACIAL



ANEXO 1

```
/11524 00000/2240/04 154 1735
/173/CNCS
1.  COSPAS/SARSAT UNLOCATED ALERT  G12/000000
3.  DETECTION TIME  02 JUN 2004 1734 UTC
4.  DETECTION FREQUENCY  406.025 MHZ
5.  BEACON DECODE

SITE ID: 9C09D34165534D1
COUNTRY: 224 SPAIN          SHIP STAT ID: 105260
BEACON TYPE: MARITIME      HOMING: 121.5
LONG MESSAGE: N/A         ACTIVATION: UNKNOWN
EMERGENCY: N/A
SERIAL NUM: N/A

/LASSIT
/ENDMSG
```

Un un mensaje tipo SIT 173 es un mensaje de alerta no localizada (sin posición). Se envía este formato cuando se detecta una baliza marítima registrada en España sin datos de posición, especialmente se utiliza en las detecciones de radiobalizas de emergencia de 406 MHz de los satélites Geostacionarios GOES-East y MSG-1, para los que no existe la posibilidad de calcular su posición: latitud y longitud.

Cabecera:

11524

Número de mensaje

00000

Numero de mensaje al que hace referencia. Normalmente será 0000. Solo se usaría en caso de estar retransmitiendo un mensaje, para hacer constar el mensaje real que se transmitió en su momento y que se desea transmitir otra vez.

2240

Código del MCC que transmite el mensaje: 2240, corresponde al SPMCC de Maspalomas

04 154 1735

Año 2004 - Día Juliano 154 (de 1 a 365) – Las 17:35 Hora Z a la que se inicia la transmisión del mensaje desde el Centro de Control de la Misión Español, SPMCC.

173

Formato del mensaje

CNCS

Receptor del mensaje (CNCS en nuestro caso).

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROSPAECIAL



Cuerpo del mensaje:

1. COSPAS/SARSAT UNLOCATED ALERT

Descripción del mensaje

G12/000000

Satélite de la detección (GOES-12) y órbita geoestacionaria.

3. DETECTION TIME 02 JUN 2004 1734 UTC

Fecha y Hora Z de detección de la alerta. Hora a la que el satélite detectó la baliza.

4. DETECTION FREQUENCY 406.025 MHZ

Frecuencia de detección de la radiobaliza

5. BEACON DECODE

SITE ID: 9C09D34165534D1

COUNTRY: 224 SPAIN

BEACON TYPE: MARITIME

LONG MESSAGE: N/A

EMERGENCY: N/A

SERIAL NUM: N/A

SHIP STAT ID: 105260

HOMING: 121.5

ACTIVATION: UNKNOWN

Datos de identificación de la radiobaliza

/LASSIT

/ENDMSG

Final del mensaje. Necesario internamente para el software del sistema.

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROESPACIAL



```
/11525 00000/2240/04 154 1808
/171/CNCS
1. COSPAS/SARSAT 406 MHz DATA SUMMARY S6/0
3. TRANSMIT TIME 02 JUN 04 1808 UTC
4. FIRST ALERTS

SOL PROB LATITUDE LONGITUDE TCA SITE-ID SRR
A 92 43 22.5N 008 52.6W 02 1801 9C09D34165534D1 MADRID *
B 08 53 56.7N 044 25.9E 02 1801 9C09D34165534D1 CMC

5. NEXT PASSES

SOL START STOP SAT ORBIT TCA SITE-ID
A 1825 1838 S7 31474 02 1835 9C09D34165534D1
A 1931 1944 S6 48590 02 1940 9C09D34165534D1
B 1931 1944 S6 48590 02 1946 9C09D34165534D1
B 2134 2144 S9 10087 02 2146 9C09D34165534D1

6. FALSE LOCATIONS - NIL
7. BEACON DECODE

Data for: 9C09D34165534D1:
COUNTRY: 224 SPAIN SHIP STAT ID: 105260
BEACON TYPE: MARITIME HOMING: 121.5
LONG MESSAGE: N/A ACTIVATION: UNKNOWN
EMERGENCY: N/A
SERIAL NUM: N/A

/LASSIT
/ENDMSG
```

Un mensaje tipo SIT 171 es un mensaje de 1ª alerta localizada (con posición Doppler). Se envía este mensaje cuando se detecta por primera vez una baliza de 406 MHz con datos de posición. Aparecen en él las 2 posibles localizaciones A y B debidas al efecto Doppler en el que se basa el cálculo de latitud y longitud del sistema, y la probabilidad de cada una de ellas de ser la correcta.

Una de estas dos posibles soluciones A o B tiene que estar en zona de responsabilidad española para que salga este mensaje, y para saber con seguridad cual es la correcta necesitaremos un posterior segundo pase de satélite que nos confirme una de ellas.

Cabecera:

11525

Número de mensaje

00000

Numero de mensaje al que hace referencia. Normalmente será 0000. Solo se usaría en caso de estar retransmitiendo un mensaje, para hacer constar el mensaje real que se transmitió en su momento y que se desea transmitir otra vez.

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROESPACIAL



2240

Código del MCC que transmite el mensaje: 2240, corresponde al SPMCC de Maspalomas
04 154 1808

Año 2004 - Día Juliano 154 (de 1 a 365) – Las 18:08 Hora Z a la que se inicia la transmisión del mensaje desde el Centro de Control de la Misión Español, SPMCC.

171

Formato del mensaje

CNCS

Receptor del mensaje (CNCS en nuestro caso).

Cuerpo del mensaje:

1. **COSPAS/SARSAT 406 MHz DATA SUMMARY S6/0**

Descripción del mensaje

S6/0

Satélite de la detección (SARSAT-6) y num. de orbita.

3. **TRANSMIT TIME 02 JUN 04 1808 UTC**

Fecha y Hora Z de transmisión de la alerta del mensaje desde el Centro de Control de la Misión Español, SPMCC, a las zonas de responsabilidad afectadas.

4. **FIRST ALERTS**

SOL	PROB	LATITUDE	LONGITUDE	TCA	SITE-ID	SRR
A	92	43 22.5N	008 52.6W	02 1801	9C09D34165534D1	MADRID *
B	08	53 56.7N	044 25.9E	02 1801	9C09D34165534D1	CMC

Primeras Alertas (dos posibles soluciones A y B debidas al efecto Doppler)

SOL

A

B

Solución A o Solución B

PROB

92

08

Probabilidad de que la solución A sea la correcta, 92% o la B sea la correcta 08%.

LATITUDE LONGITUDE

43 22.5N 008 52.6W

53 56.7N 044 25.9E

Latitud y Longitud en GRADOS MINUTOS de la solución A 43 22.5N, 008 52.6W o B

53 56.7N, 044 25.9E

TCA

02 1801

02 1801

Time of Closest Approach, Hora Z a la que el Satélite hizo la detección (justo cuando pasó mas cerca de la baliza)

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROESPACIAL



SITE-ID
9C09D34165534D1
9C09D34165534D1

Código de 15 Dígitos donde está contenida la información fundamental de la baliza que aparece en el punto 7. BEACON DECODE

SRR
MADRID *
CMC

Search and Rescue Region, área de responsabilidad donde está localizada la baliza para la posición A (MADRID *), zona de responsabilidad española y la B (CMC), zona de responsabilidad rusa.

5. NEXT PASSES

	SOL	START	STOP	SAT	ORBIT	TCA	SITE-ID
A	1825	1838	S7	31474	02	1835	9C09D34165534D1
A	1931	1944	S6	48590	02	1940	9C09D34165534D1
B	1931	1944	S6	48590	02	1946	9C09D34165534D1
B	2134	2144	S9	10087	02	2146	9C09D34165534D1

Next Passes: Hora estimada a la que habrá nuevos pases de satélite que debería detectar la baliza según esté situada en la posición A o B

6. FALSE LOCATIONS - NIL

Falsa localización después de resolverse la ambigüedad.

7. BEACON DECODE

Data for: 9C09D34165534D1:

COUNTRY:	224 SPAIN	SHIP STAT ID:	105260
BEACON TYPE:	MARITIME	HOMING:	121.5
LONG MESSAGE:	N/A	ACTIVATION:	UNKNOWN
EMERGENCY:	N/A		
SERIAL NUM:	N/A		

Datos de identificación de la radiobaliza

/LASSIT
/ENDMSG

Final del mensaje. Necesario internamente para el software del sistema.

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROESPACIAL



```
/11527 00000/2240/04 154 1846
/176/CNCS
1.  COSPAS/SARSAT ALERT  S7/031474
3.  DETECTION TIME  02 JUN 2004 1835 UTC
4.  DETECTION FREQUENCY  406.025 MHZ
5.  COUNTRY  224/SPAIN
6.  USER CLASS  MARITIME  /IDENTIFICATION  105260
7.  EMERGENCY CODE  NIL
8.  LOCATION: SOL PROB LATITUDE LONGITUDE  TCA      PASSES SRR
          A   91  43 22.3N 008 54.9W  02 1835  004    MADRID*
10. REMARKS: A. HOMING SIGNAL:  121.5    ACTIVATION: UNKNOWN
             B. LONG MESS: N/A
             C. RELIABILITY OF DOPPLER POSITION DATA - SUSPECT
11. SITE ID: 9C09D34165534D1

/LASSIT
/ENDMSG
```

Un mensaje tipo SIT 176 es un mensaje de posición resuelta.

Un segundo pase de satélite polar ha confirmado una de las dos posibles soluciones A o B mencionadas en el SIT 171. Si la posición correcta era la localizada en zona de responsabilidad española se continuarán enviando mensajes en este formato SIT 176 cada vez que un nuevo pase de satélite polar (detectado por nosotros o por cualquier otra estación del mundo) nos vuelva a dar una nueva posición A, siempre y cuando no exceda 50 Km. de la primera que obtuvimos, hasta que la baliza deje de emitir o hasta que se le comunique al operador de Maspalomas que deje de enviar mensajes por haber sido determinado el motivo de la emisión.

En el mensaje se especificará la hora a la que el satélite ha hecho la detección, junto con la posición calculada y datos como la probabilidad de que la posición obtenida sea correcta. Entre mejores sean los datos obtenidos tras el pase, la probabilidad será mas alta y, por tanto, la posición será mas precisa (en este caso es de un 91% que nos indica una posición muy fiable).

Cabecera:

11527

Número de mensaje

00000

Numero de mensaje al que hace referencia. Normalmente será 0000. Solo se usaría en caso de estar retransmitiendo un mensaje, para hacer constar el mensaje real que se transmitió en su momento y que se desea transmitir otra vez.

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROESPACIAL



2240

Código del MCC que transmite el mensaje: 2240, corresponde al SPMCC de Maspalomas
04 154 1846

Año 2004 - Día Juliano 154 (de 1 a 365) – Las 18:46 Hora Z a la que se inicia la transmisión del mensaje desde el Centro de Control de la Misión Español, SPMCC

176

Formato del mensaje

CNCS

Receptor del mensaje (CNCS en nuestro caso).

Cuerpo del mensaje:

1. **COSPAS/SARSAT ALERT S7/031474**

Descripción del mensaje

S7/031474

Satélite de la detección (**SARSAT-7**) y num. de orbita. **031474**

3. **DETECTION TIME 02 JUN 2004 1835 UTC**

Fecha y Hora Z de detección de la alerta. Hora a la que el satélite detectó la baliza.

4. **DETECTION FREQUENCY 406.025 MHZ**

Frecuencia de detección de la radiobaliza

5. **COUNTRY 224/SPAIN**

Pais de identificación de la baliza

6. **USER CLASS MARITIME /IDENTIFICATION 105260**

Tipo de baliza

7. **EMERGENCY CODE NIL**

Código de emergencia

8. **LOCATION: SOL PROB LATITUDE LONGITUDE TCA PASSES SRR**
A 91 43 22.3N 008 54.9W 02 1835 004 MADRID*

Localización correcta de la baliza, probabilidad (mientras mayor sea este número más fiable será la posición) y posición calculada.

10. **REMARKS: A. HOMING SIGNAL: 121.5 ACTIVATION: UNKNOWN**

B. LONG MESS: N/A

C. RELIABILITY OF DOPPLER POSITION DATA - SUSPECT

Comentarios.

11. **SITE ID: 9C09D34165534D1**

Código de identificación de la baliza.

/LASSIT

/ENDMSG

Final del mensaje. Necesario internamente para el software del sistema.

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROESPACIAL



/11528 00000/2240/04 154 1847

/171/CNCS

1. COSPAS/SARSAT 406 MHz DATA SUMMARY S7/31474

3. TRANSMIT TIME 02 JUN 04 1841 UTC

4. FIRST ALERTS - NIL

5. NEXT PASSES - NIL

6. FALSE LOCATIONS

SITE_ID	SOL	LATITUDE	LONGITUDE	SAT	ORBIT	TCA	SRR
9C09D34165534D1	B	54 11.0N	044 33.5E	S6	00000	02 1801	CMC

/LASSIT

/ENDMSG

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROESPACIAL



```
/11529 00000/2240/04 154 1950
/176/CNCS
1.  COSPAS/SARSAT ALERT  S6/000000
3.  DETECTION TIME  02 JUN 2004 1941 UTC
4.  DETECTION FREQUENCY  406.025 MHZ
5.  COUNTRY  224/SPAIN
6.  USER CLASS  MARITIME  /IDENTIFICATION  105260
7.  EMERGENCY CODE  NIL
8.  LOCATION: SOL PROB LATITUDE LONGITUDE  TCA      PASSES SRR
           A   94  43 21.2N 008 56.3W  02 1941  005   MADRID*
10. REMARKS: A. HOMING SIGNAL:  121.5   ACTIVATION: UNKNOWN
             B. LONG MESS: N/A
             C. NIL
11. SITE ID: 9C09D34165534D1

/LASSIT
/ENDMSG
```

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROESPACIAL



```
/11533 00000/2240/04 154 2024
/176/CNCS
1. COSPAS/SARSAT ALERT S7/031475
3. DETECTION TIME 02 JUN 2004 2016 UTC
4. DETECTION FREQUENCY 406.025 MHZ
5. COUNTRY 224/SPAIN
6. USER CLASS MARITIME /IDENTIFICATION 105260
7. EMERGENCY CODE NIL
8. LOCATION: SOL PROB LATITUDE LONGITUDE TCA PASSES SRR
      A 79 43 21.9N 008 56.3W 02 2016 006 MADRID*
10. REMARKS: A. HOMING SIGNAL: 121.5 ACTIVATION: UNKNOWN
             B. LONG MESS: N/A
             C. NIL
11. SITE ID: 9C09D34165534D1

/LASSIT
/ENDMSG
```



```
/11538 00000/2240/04 154 2148
/176/CNCS
1. COSPAS/SARSAT ALERT S9/010087
3. DETECTION TIME 02 JUN 2004 2004 UTC
4. DETECTION FREQUENCY 406.025 MHZ
5. COUNTRY 224/SPAIN
6. USER CLASS MARITIME /IDENTIFICATION 105260
7. EMERGENCY CODE NIL
8. LOCATION: SOL PROB LATITUDE LONGITUDE TCA PASSES SRR
      A 88 43 21.0N 008 55.8W 02 2004 007 MADRID*
10. REMARKS: A. HOMING SIGNAL: 121.5 ACTIVATION: UNKNOWN
             B. LONG MESS: N/A
             C. RELIABILITY OF DOPPLER POSITION DATA - SUSPECT
11. SITE ID: 9C09D34165534D1

/LASSIT
/ENDMSG
```

MINISTERIO
DE DEFENSA

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROESPACIAL