

## INFORME TÉCNICO A-02/2009

Investigación del hundimiento de la gabarra de consumos SAVINOSA en aguas del Puerto de Tarragona, el 9 de septiembre de 2008.



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN PERMANENTE DE  
INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES  
E INCIDENTES MARÍTIMOS

# Informe técnico

## A-02/2009

---

Investigación del hundimiento  
de la gabarra de consumos SAVINOSA  
en aguas del Puerto de Tarragona,  
el 9 de septiembre de 2008



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN PERMANENTE DE  
INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES  
E INCIDENTES MARÍTIMOS

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

NIPO: 161-09-124-4  
Depósito legal: M. 51.109-2009

La versión electrónica de este informe puede consultarse en la página web [www.ciaim.es](http://www.ciaim.es)

---

COMISIÓN PERMANENTE DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES MARÍTIMOS

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

E-mail: [ciaim@fomento.es](mailto:ciaim@fomento.es)  
<http://www.ciaim.es>

C/ Fruela, 6  
28011 Madrid (España)



## ADVERTENCIA

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

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

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

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

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

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





## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS .....	7
LISTA DE TABLAS.....	8
GLOSARIO DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS, SÍMBOLOS Y TÉRMINOS.....	9
SINOPSIS .....	11
<b>Capítulo 1. LA COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. Introducción .....	13
1.2. La investigación .....	13
1.3. Recopilación de información .....	13
<b>Capítulo 2. INFORMACIÓN FACTUAL .....</b>	<b>15</b>
2.1. El buque .....	15
2.2. La compañía .....	16
2.3. La tripulación .....	18
<b>Capítulo 3. ANTECEDENTES DE ACCIDENTES SIMILARES .....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo 4. EL HUNDIMIENTO .....</b>	<b>20</b>
4.1. Cronología de los hechos .....	20
4.2. Condiciones meteorológicas y mareas .....	21
4.3. Condición de carga inicial .....	21
4.4. Causa del hundimiento .....	24
4.5. Inspección de la estructura .....	24
4.5.1. Grieta tras el cintón en popa .....	24
4.5.2. Grietas en la superestructura .....	26
4.5.3. Grieta bajo un motor auxiliar .....	27
4.5.4. Grieta en la bovedilla .....	27
4.5.5. Corrosión en los tubos de sonda y deslastrado del pique de popa .....	27
4.5.6. Válvula de fondo del pique de popa .....	28
4.5.7. Estado de la estructura interior .....	28
4.6. Hipótesis de carga inicial del buque .....	28
4.7. Simulación de la evolución del hundimiento .....	29
4.8. Influencia de los amarres y las mareas .....	35
4.9. Causa por la que se produjo la grieta del pique de popa .....	35
4.9.1. Estado de las defensas .....	36
4.9.2. Maniobras de atraque .....	37
<b>Capítulo 5. LA CONTAMINACIÓN .....</b>	<b>39</b>
5.1. Productos vertidos .....	39



5.2. Causa de la contaminación .....	39
5.3. Barreras de contención .....	40
<b>Capítulo 6. CONTENCIÓN DEL VERTIDO Y REFLOTE .....</b>	<b>41</b>
6.1. Primeras actuaciones .....	41
6.2. Control del vertido .....	41
6.3. Extracción de la carga del buque .....	42
6.4. Reflote del buque .....	42
<b>Capítulo 7. RECAPITULACIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>Capítulo 8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>Anexo I. Composición de la Comisión .....</b>	<b>46</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema de disposición del buque .....	16
Figura 2.	Plano de disposición general .....	17
Figura 3.	Plano de la estructura .....	18
Figura 4.	Gabarra SPABUNKER IV .....	19
Figura 5.	Lugar del hundimiento en el Puerto de Tarragona .....	20
Figura 6.	Situación de carga declarada para el día 8 de septiembre de 2008 a las 20:00 .....	23
Figura 7.	Grieta en el pique de popa .....	25
Figura 8.	Localización de la grieta del pique de popa .....	25
Figura 9.	Posición de la cartela respecto al cintón .....	25
Figura 10.	Posición de la grieta y la cartela .....	25
Figura 11.	Distancia de la grieta al extremo inferior de la cartela .....	25
Figura 12.	Altura máxima de la grieta .....	26
Figura 13.	Desarrollo aproximado de la grieta .....	26
Figura 14.	Grietas en la superestructura .....	26
Figura 15.	Posición de las grietas de la habilitación .....	26
Figura 16.	Grieta bajo el motor auxiliar de babor .....	27
Figura 17.	Posición de la grieta bajo el motor auxiliar de babor .....	27
Figura 18.	Abolladura junto a la grieta en la zona alta del pique de popa .....	28
Figura 19.	Evolución temporal del peso y del volumen de agua de mar en el pique de popa .....	30
Figura 20.	Evolución temporal de los calados y del hundimiento de la grieta del pique de popa .....	30
Figura 21.	Evolución temporal de la velocidad y el caudal de entrada del agua a través de la grieta del pique de popa y del ángulo de trimado .....	31
Figura 22.	Situación inicial .....	32
Figura 23.	Situación en el momento en que llegaba el agua a la cubierta .....	32
Figura 24.	Situación en el momento en que llegaba el agua a la habilitación .....	33
Figura 25.	Situación en el momento en que el agua llegaba a los tubos de aireación del pique de popa .....	33
Figura 26.	Situación en el momento en el que el agua llegaba a la proa de la habilitación .....	33
Figura 27.	Situación en el momento en el que el pique de popa estaba completamente lleno .....	34
Figura 28.	Situación en el momento en el que el buque tocaba el fondo y escoraba hacia la banda de estribor, debido al talud del fondo .....	34
Figura 29.	Golpe en el cintón .....	35
Figura 30.	Abolladura en la zona de la grieta del pique de popa .....	35
Figura 31.	Defensa NFU .....	36
Figura 32.	Estado de la defensa de popa del ataque del buque .....	36
Figura 33.	Ejemplo de sobrecarga de operación .....	37
Figura 34.	Primera variante de la maniobra de ataque .....	37
Figura 35.	Segunda variante de la maniobra de ataque .....	38
Figura 36.	Situación de la tapa de proa del tanque número 1 de estribor .....	39
Figura 37.	Estado de las palomillas de cierre de la tapa de proa del tanque número 1 de estribor .....	39
Figura 38.	Barrera alrededor del buque hundido .....	40
Figura 39.	Disposición de las barreras de contención .....	40
Figura 40.	Barreras de contención .....	40
Figura 41.	Avance de la mancha de combustible .....	40
Figura 42.	Actuaciones sobre el buque siniestrado .....	41
Figura 43.	Tapa de proa del tanque número 1 de babor fuera del agua, con la válvula para introducir aire instalada .....	42
Figura 44.	Brida para introducir aire .....	42
Figura 45.	Estado del buque tras su reflote .....	43





## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Condiciones meteorológicas.....	21
Tabla 2.	Fases de la luna y el sol .....	21
Tabla 3.	Mareas .....	21
Tabla 4.	Situación de carga antes de las 17:00 del 8 de septiembre de 2008.....	21
Tabla 5.	Carga suministrada entre las 17:00 y las 20:00 del 8 de septiembre de 2008.....	21
Tabla 6.	Situación de carga a las 20:00 del 8 de septiembre de 2008.....	21
Tabla 7.	Rangos de las densidades de la carga .....	21
Tabla 8.	Sondas de los tanques en la situación de carga inicial declarada .....	22
Tabla 9.	Resultados de los cálculos de arquitectura naval para la situación de carga inicial declarada, el 8 de septiembre de 2008 a las 20:00.....	22
Tabla 10.	Hipótesis para la situación de carga inicial.....	29
Tabla 11.	Combustible recuperado.....	39
Tabla 12.	Combustible vertido al mar .....	39



## GLOSARIO DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS, SÍMBOLOS Y TÉRMINOS

AEMET.....	: Agencia Estatal de Meteorología.
AETINAPE.....	: Asociación Española de Titulados Náutico-Pesqueros.
AIS.....	: Automatic Identification System. En español, Sistema de Identificación Automática, pudiéndose encontrar como SIA.
Aproado .....	: Se dice que un buque está aproado cuando tiene más hundida la proa que la popa. El asiento se expresa en m.
Arrufo .....	: Esfuerzo al que se ve sometido el buque cuando su proa y popa flotan en sendas crestas de olas mientras que el centro se halla en un seno.
Asiento.....	: Es la diferencia entre los calados de proa y popa de un buque. A veces se utiliza con el nombre de trimado.
B 1000 .....	: Denominación del gasóleo bonificado que se utiliza en la industria naval y tiene un tipo impositivo reducido. Su composición es prácticamente igual que la de los otros tipos de gasóleo salvo por un colorante que se le añade para distinguirlo a efectos fiscales.
Bovedilla .....	: Parte arqueada en voladizo de la popa de los buques, entre el codaste y el espejo o el extremo de la popa.
Babor (Br.) .....	: Costado izquierdo de un buque cuando, a bordo de él, se mira hacia su proa.
<i>Bunkering</i> .....	: Labores de aprovisionamiento de combustible realizados entre dos buques o entre buque e instalaciones de tierra.
CAMPASA .....	: Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos, Sociedad Anónima.
Cálculos de arquitectura naval.....	: Conjunto de cálculos realizados para un buque que incluyen, entre otros, el cálculo de carenas las carenas rectas, las curvas hidrostáticas y las curvas de estabilidad para distintas condiciones de carga.
Carena .....	: Volumen limitado por el casco y por la superficie de flotación en un buque. También puede denominarse al volumen sumergido.
Cartela.....	: Pieza de unión entre los refuerzos de un barco que proporciona continuidad estructural, generalmente transversal entre un bao y una bulárcama o entre elementos de una cuaderna. También se denomina consola, cartabón o escuadra.
CEDEX.....	: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
CEHIPAR .....	: Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo.
Ciaboga .....	: Maniobra que en buques de dos hélices consiste en hacer funcionar una en sentido de marcha adelante, y al mismo tiempo la otra en sentido de marcha atrás.
CIAIM.....	: Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos.
Cintón.....	: Refuerzo longitudinal que se dispone en los buques para proteger contra golpes los costados.
CLH.....	: Compañía Logística de Hidrocarburos.
cm.....	: Centímetros.
COIN.....	: Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.
COMME.....	: Colegio de Oficiales de la Marina Mercante Española.
CV .....	: Caballos de vapor.
DGMM .....	: Dirección General de la Marina Mercante.
ENAC .....	: Entidad Nacional de Acreditación.
Estribor (Er.) .....	: Costado derecho de un buque cuando, a bordo de él, se mira hacia su proa.
<i>g</i> .....	: Aceleración de la gravedad. Sus unidades son m/s <sup>2</sup> .
G.T. ....	: Gross Tonnage. Toneladas de arqueo bruto.
GM.....	: Altura metacéntrica transversal. Distancia entre el centro de gravedad (G) del buque y el metacentro transversal (M). Se expresa en m.
<i>h</i> .....	: Profundidad. Distancia a la que se encuentra sumergido un punto, medido desde la flotación en la vertical del punto. Se expresa en m.
<i>I</i> .....	: Valor de la inercia del fluido contenido en un tanque en el caso de que el tanque no esté completamente lleno y se tengan efectos de superficies libres. Se expresa en m <sup>4</sup> .
IFO.....	: Intermediate Fuel Oil. Es un derivado del petróleo que tiene características intermedias entre el fuel oil y el gasóleo.



ISM.....	:	International Safety Management. Es un Código Internacional de gestión de la seguridad operacional del buque y prevención de la contaminación, adoptada por la Asamblea de la OMI mediante la Resolución A.741(18).
ISO.....	:	International Organization for Standardization. Organización que desarrolla estándares internacionales.
KG.....	:	Posición vertical del centro de gravedad del buque o de un tanque, medido desde el canto bajo de la quilla. Se expresa en m.
<i>l</i> .....	:	Litros.
<i>m</i> .....	:	Metros.
<i>Manifold</i> .....	:	Nombre por el que se conoce la instalación compleja que agrupa los colectores o tubos que permiten la carga y descarga de un buque-tanque con el exterior. Por extensión, se conoce también como manifold a cada uno de estos colectores o tubos.
MARPOL.....	:	Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques.
NFU.....	:	Neumáticos Fuera de Uso.
Noray.....	:	Punto de amarre existente en el muelle.
N.T.....	:	Net Tonnage. Toneladas de arqueo neto.
Obra viva.....	:	Es la parte del casco de un buque que de forma permanente, y con la máxima carga admisible, está sumergida.
OMI.....	:	Organización Marítima Internacional. También se puede encontrar, en su versión inglesa, como IMO.
Peso en rosca.....	:	Peso del buque tal como lo entrega el astillero; esto es, sin consumibles, pertrechos, víveres ni tripulantes. Se expresa en toneladas (t).
Ppp.....	:	Perpendicular de popa. Línea vertical de referencia en la popa del buque.
Popa.....	:	Parte posterior de una embarcación.
Proa.....	:	Parte delantera de una embarcación, con la cual corta las aguas en su navegación habitual.
<i>Q</i> .....	:	Caudal. Se expresa en m <sup>3</sup> /s.
REPSOL YPF.....	:	Refinería de Petróleos de Escombreras Oil - Yacimientos Petrolíferos Fiscales.
ROM.....	:	Recomendaciones para las Obras Marítimas y portuarias, editadas por Puertos del Estado.
<i>s</i> .....	:	Segundos.
<i>S</i> .....	:	Sección. Se expresa en m <sup>2</sup> .
SASEMAR.....	:	Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima.
S.G.S.....	:	Société Générale de Surveillance. Sociedad General de Vigilancia. Empresa multinacional dedicada a servicios de inspección y certificación.
<i>Skimmer</i> .....	:	Equipos para recoger líquidos que flotan sobre la superficie del mar. De acuerdo a su tipo de montaje existen tres tipos: de flotación libre, montados en una embarcación o sujetos por una grúa. Su funcionamiento se suele basar en el uso de bombas, correas, efectos hidrodinámicos, presas, discos, membranas o combinaciones de los anteriores.
<i>t</i> .....	:	Toneladas.
T.R.B.....	:	Toneladas de Registro Bruto.
Trimado.....	:	La tangente del ángulo de trimado es el cociente entre el asiento y la distancia entre las líneas utilizadas para medir los calados de proa y popa de un buque. El asiento se expresa en m y el ángulo de trimado en radianes o grados. A veces se utiliza con el nombre de ángulo de asiento.
<i>u</i> .....	:	Velocidad con la que entra el agua a través de una grieta. Se expresa en m/s.
<i>V</i> .....	:	Volumen de fluido que se introduce en un tanque. Se expresa en m <sup>3</sup> .
VHF.....	:	Very High Frequency. Rango de frecuencias de radio comprendido entre 30 y 300 MHz. Se utiliza, entre otros, para las comunicaciones, avisos y emergencias entre buques.
XG.....	:	Posición longitudinal del centro de gravedad del buque o de un tanque, medido desde la perpendicular de popa. Se expresa en m.
<i>W</i> .....	:	Vatios.
$\rho$ .....	:	Densidad del fluido. Expresa la masa por unidad de volumen y sus unidades más habituales son Kg/m <sup>3</sup> ó t/m <sup>3</sup> .
%Vt.....	:	Tanto por ciento del volumen de carga en un tanque respecto al volumen total.



## SINOPSIS

### El accidente

La gabarra de consumos SAVINOSA se hundió el 9 de septiembre de 2008 en el Puerto de Tarragona, en su atraque habitual en el muelle de Reus, quedando con la proa fuera del agua.

Tras el hundimiento la gabarra mantenía dados los cabos de amarre y estaba apoyada con la popa en el talud del muelle.

Como consecuencia del hundimiento se produjo un gran vertido de fuel oil al mar. Inicialmente el vertido se producía únicamente en los tubos de aireación de popa pero posteriormente, al saltar la tapa del tanque de carga número 1 de estribor, la cantidad de fuel oil vertida al mar aumentó significativamente.

Inmediatamente se activó el Plan Nacional de Contingencias por Contaminación Marina, para minimizar los efectos del vertido y reflotar la embarcación. La gabarra consiguió ser reflotada el 20 de septiembre de 2008.

### Conclusiones principales

A lo largo de este informe se desarrollarán los razonamientos que permiten obtener las siguientes conclusiones principales:

- Analizando los posibles tipos de inundación que podía haber sufrido el buque, en la situa-

ción de carga que tenía, y comparando con la situación en la que se encontraba tras su hundimiento, se llega a la conclusión de que la causa del hundimiento fue la entrada progresiva de agua en el pique de popa.

- Esta inundación se produjo a través de una grieta en su parte alta bajo el cintón, en el extremo de popa de babor.
- La inundación del pique de popa fue muy lenta hasta que el nivel de hundimiento de la grieta y la entrada de agua por los tubos de aireación la aceleraron. No fue hasta ese momento cuando la tripulación se percató de la situación y abandonó el buque.
- La causa por la que se produjo la grieta fue, con toda probabilidad, una sobrecarga de operación de impacto, debida al posible mal diseño y conservación de las defensas, tanto del buque como del puerto, y a un alto ángulo de incidencia del buque contra el muelle en las maniobras de atraque o desatraque.
- Tras el hundimiento, el vertido de combustible al mar era escaso, limitándose a las pérdidas a través de los tubos de aireación.
- Pasadas unas 3 horas desde el hundimiento saltó la tapa de proa del tanque número 1 de estribor, produciendo un importante vertido de fuel oil al mar.
- Las causas por las que se abrió la tapa de proa del tanque número 1 de estribor fueron el mal estado de conservación de las palomillas de cierre y el mal ajuste de la tapa, que normalmente se realiza manualmente.





## Capítulo 1. LA COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Introducción

La investigación del hundimiento de la gabarra SAVINOSA ha sido llevada a cabo por la Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos (CIAIM), Órgano Colegiado adscrito a la Subsecretaría de Fomento, encargado de realizar la investigación técnica de:

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

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

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

### 1.2. La investigación

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

Con fecha 8 de septiembre de 2009, el Pleno de la CIAIM, constituido por los miembros que se detallan en el Anexo I de este informe, aprobó por unanimidad el contenido del mismo, así como las conclusiones y recomendaciones en él obtenidas.

### 1.3. Recopilación de información

Para la investigación y posterior realización de este informe la CIAIM ha contado, a la hora de recopilar información, con la colaboración de la Capitanía Marítima de Tarragona, de la Sociedad

de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR) y de la Dirección General de la Marina Mercante (DGMM).

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

- Informe sobre los hechos, realizado por la Capitanía Marítima de Tarragona.
- Inspección realizada tras el reflote, enviada por la Dirección General de la Marina Mercante.
- Declaraciones del Capitán del buque:
  - Del 10 de septiembre de 2008.
  - Del 1 de diciembre de 2008.
- Datos sobre el salvamento del buque:
  - Informes diarios de operación del salvamento del buque, realizados por SASEMAR.
  - Cálculos de reflote del buque realizados por la Dirección General de la Marina Mercante.
- Documentación del buque:
  - Plano de la estructura.
  - Plano de disposición general.
  - Registro.
  - Hoja de asiento del cambio de propiedad.
  - Certificado Internacional de arqueo (1969).
  - Certificado de seguridad radioeléctrica.
  - Acta de pruebas de estabilidad.
  - Certificado de reconocimiento de material náutico.
  - Certificado de francobordo para navegación por aguas interiores.
  - Certificado nacional de seguridad del equipo.
  - Certificado de navegabilidad e información técnica para buques de 24 m de eslora o mayores.
  - Instrucciones al Capitán.
  - Medida de espesores realizada en mayo de 2002.
- Documentación sobre la carga suministrada y la recuperada:



- Relación de cargas suministradas al buque durante el mes de septiembre de 2008, emitida por CLH.
- Relación de cantidades de gasóleo y fuel oil recuperadas del buque, emitida por REPSOL YPF.
- Fotografías suministradas por la Capitanía Marítima de Tarragona.
- Recortes de prensa y artículos de revistas especializadas.



## Capítulo 2. INFORMACIÓN FACTUAL

### 2.1. El buque

La gabarra SAVINOSA es un buque de apoyo a refinerías de productos petrolíferos, dedicado a labores de *bunkering*. El trabajo habitual de la gabarra consiste en cargar fuel oil y gasóleo en una refinería, transportarlo hasta situarse al costado del buque que lo va a recibir y, una vez amarrados ambos, bombear el combustible de uno a otro.

Sus características principales son:

Nombre	SAVINOSA
Número OMI	9014559
Indicativo de matrícula	5ª BA-4-1994
Distintivo de llamada	EGWW
Eslora total	38,750 m
Eslora de arqueo	38,125 m
Manga	9,700 m
Puntal	4,700 m
Calado máximo	4,020 m
Material del casco	Acero
T.R.B.	447,00 t
G.T.	447,00 t
N.T.	315,00 t
Velocidad máxima	4,8 nudos
Propulsión	2 hélices en tobera
Potencia propulsiva	2 × 558,82 kW 2 × 760,00 CV

El buque fue construido en 1989 por el astillero Marítima del Báltico, S.A.

Existe un buque gemelo, llamado CAMPA DOS.

Desde su construcción hasta el 21 de julio de 1994, el buque, cuyo nombre era CAMPIZ DOS, era propiedad de la empresa CLH, previamente denominada CAMPSA. El buque fue siempre utilizado para labores de *bunkering*.

El 21 de julio de 1994 el buque fue vendido a la empresa Boteros Amarradores de Tarragona, S.L., que es su actual propietaria, cambiando su nombre por el actual de SAVINOSA. Desde entonces

viene realizando sus actividades en aguas interiores del puerto de Tarragona. Según consta en la base de datos de la DGMM, el buque tenía todos sus certificados en vigor en el momento del accidente.

El 17 de octubre de 2008, tras su reflote y reparación, se realizó un reconocimiento de tipo especial 4, no existiendo ninguna anotación desfavorable en los certificados. Las únicas notas significativas que figuran en los mismos son:

- En el certificado de navegabilidad que «A partir del 23-10-2008 el buque no podrá dedicarse al transporte de hidrocarburos pesados de acuerdo con MARPOL 73/78 Anexo I/R.21.4».
- En el certificado de visita radio que «Antes de la caducidad de este certificado, el 25-01-2009, si continúa en servicio, deberá instalar AIS. Debe solicitar licencia de estación de barco a la DGMM».

De proa a popa, el buque tiene los siguientes espacios colindantes con el mar:

- Pique de proa.  
Es un tanque de unos 5,00 m de eslora, que se extiende de banda a banda y del fondo a la cubierta. Se puede cargar con agua de mar con una capacidad máxima de 185,29 m<sup>3</sup>.
- Tanques nº 1 Br. y Er.  
Son dos tanques de unos 10,00 m de eslora, separados por un mamparo estanco en el plano de crujía. Se extienden en altura desde el fondo hasta la cubierta. Se utilizan para el transporte de fuel oil pesado y cada uno tiene una capacidad máxima de 221,33 m<sup>3</sup>.
- Tanques nº 2 Br. y Er.  
Son dos tanques de unos 10,00 m de eslora, separados por un mamparo estanco en el plano de crujía. Se extienden en altura desde el fondo hasta la cubierta. Se utilizan para el transporte de fuel oil pesado y cada uno tiene una capacidad máxima de 221,33 m<sup>3</sup>.
- Tanques nº 3 Br. y Er.  
Son dos tanques de unos 3,75 m de eslora, separados por un mamparo estanco en el plano





de crujía. Se extienden en altura desde el fondo hasta la cubierta. Se utilizan para el transporte de gasóleo y cada uno tiene una capacidad máxima de 83,02 m<sup>3</sup>.

- Tanques nº 4 Br. y Er.

Son dos tanques de unos 3,75 m de eslora, separados por un mamparo estanco en el plano de crujía. Se extienden en altura desde el fondo hasta la cubierta. Se utilizan para el transporte de gasóleo y cada uno tiene una capacidad máxima de 83,02 m<sup>3</sup>.

- Pique de popa.

Es un tanque con planta en forma de U, que se extiende de banda a banda del buque en su extremo de popa. Su eslora máxima es de unos 6,25 m y su capacidad máxima es de 154,51 m<sup>3</sup>. Se puede cargar con agua de mar.

- Tanque de agua dulce nº 5.

Es un tanque situado en el centro del buque, en su extremo de popa, colindante con el pique de popa y con el mar. Tiene unos 3,75 m de eslora y su capacidad máxima es de 48,10 m<sup>3</sup>. Se extiende en altura desde el fondo y la bovedilla hasta la cubierta a 4,70 m de altura sobre la línea de base.

La cámara de máquinas, los equipos auxiliares, los tanques para suministro a las máquinas, la habilitación y el puente de gobierno se encuentran en una caseta de habilitación en la popa del buque sobre la cubierta principal, que está a 4,70 m sobre la línea de base.

La propulsión se realiza mediante 2 hélices azimutales en tobera, con una transmisión en Z a los motores, que están sobre la cubierta. Las hélices sirven también para maniobrar el buque.

En el centro del buque se encuentra el *manifold* a través del cual se realiza el trasvase de productos.

Dispone de una grúa para ayudar en sus labores.

En las figuras 1, 2 y 3, se puede ver un esquema de la distribución del buque y los planos de disposición general y estructura.

La gabarra SAVINOSA no tenía Código ISM ya que no era obligatorio, dadas sus características. Tampoco tenía determinada por la DGMM la dotación mínima de seguridad.

## 2.2. La compañía

Tal como se ha dicho, el buque ha tenido dos compañías propietarias.

La primera de ellas, CAMPSA, fue la principal empresa armadora española de buques petroleros y sus embarcaciones auxiliares. A principio de la década de 1980 contaba con 46 buques y cerca de 1.700 tripulantes. En 1993 la empresa pasó a denominarse CLH y se fue deshaciendo progre-

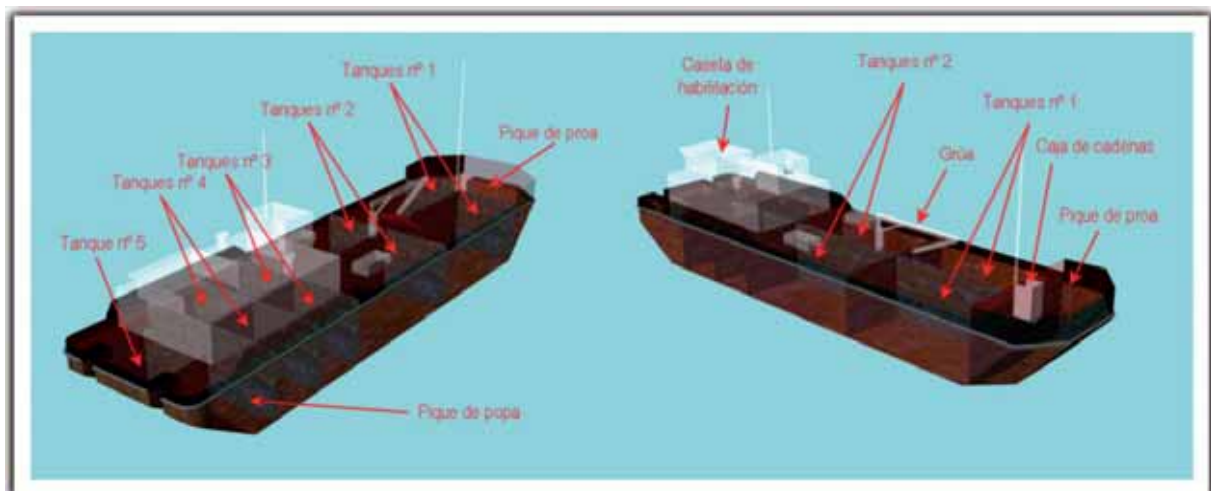


Figura 1. Esquema de disposición del buque



Investigación del hundimiento de la gabarra de consumos SAVINOSA en aguas del Puerto de Tarragona, el 9 de septiembre de 2008

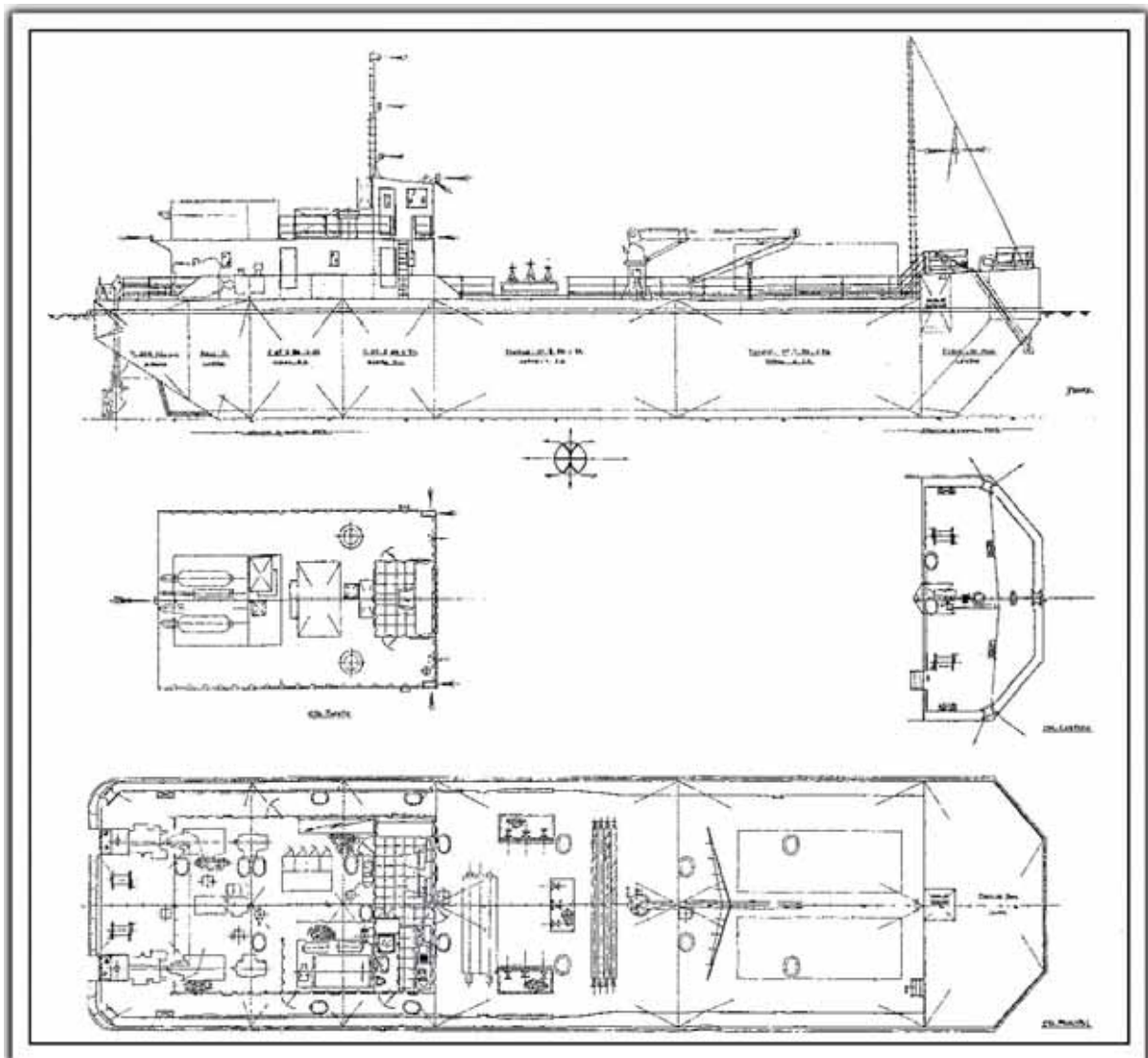


Figura 2. Plano de disposición general

sivamente de casi todos sus buques, incluida la gabarra SAVINOSA.

La propietaria actual del buque es la empresa Boteros Amarradores de Tarragona, S.L., que se fundó el 26 de febrero de 1992. En junio de 1995 la Autoridad Portuaria de Tarragona le adjudicó en concurso público el servicio de amarre y desamarre de buques, actuando a partir de ese momento en todas las actividades de servicio

auxiliar del tráfico interior del Puerto de Tarragona.

La empresa cuenta con siete buques y posee el Certificado de Calidad ISO 9001:2000 y el Certificado de Medio Ambiente ISO 14001:1996, estando acreditados por ENAC a través de la empresa SGS.

En la actualidad ofrece, entre otros, los siguientes servicios:

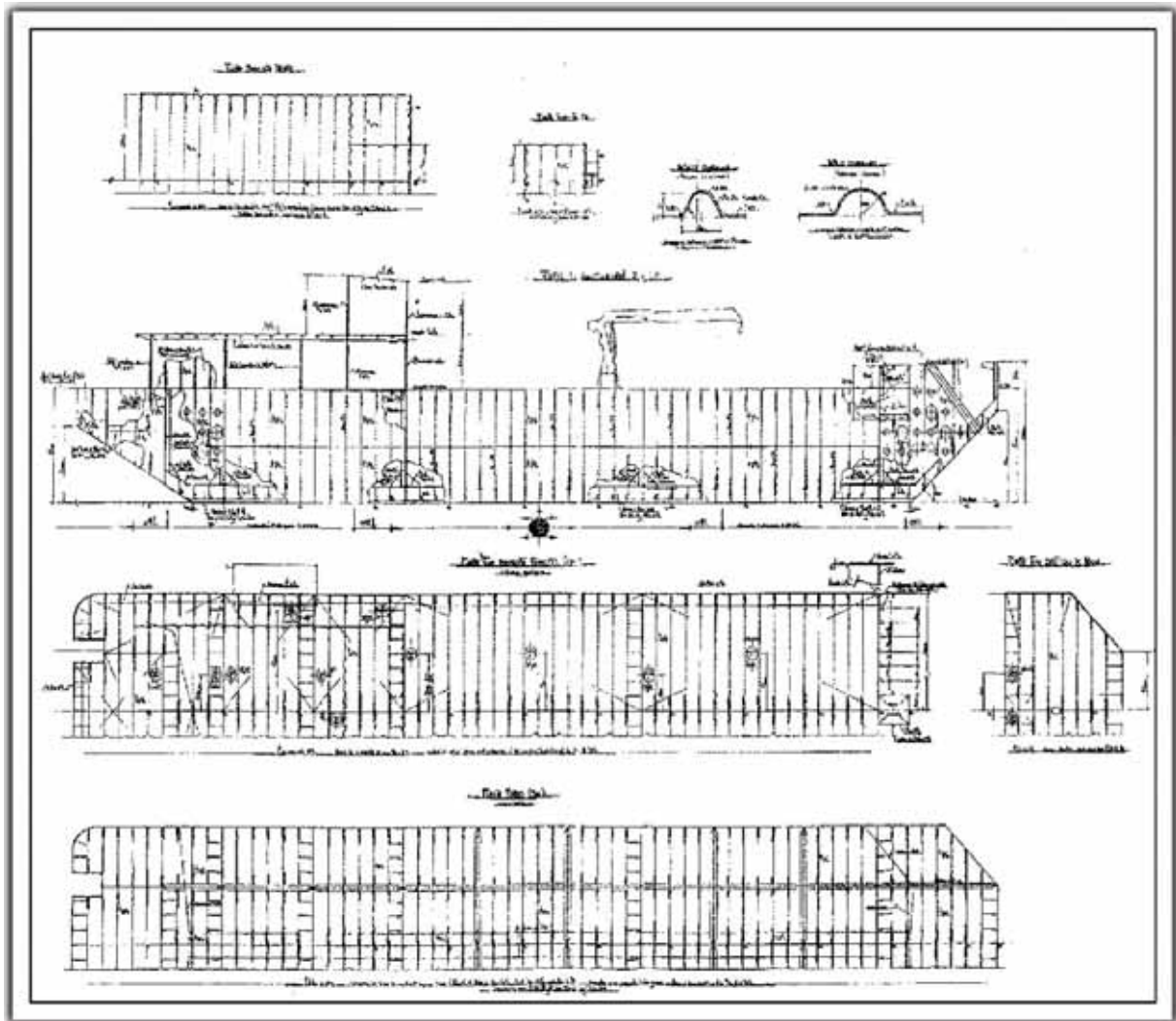


Figura 3. Plano de la estructura

- Amarre y desamarre de buques.
- Transporte en lanchas.
- Transporte de provisiones y pasajes en lancha.
- *Bunkering*.
- Mantenimiento de embarcaciones y artefactos flotantes.
- Limpieza de puertos y rías.
- Lucha contra la contaminación del mar por hidrocarburos.
- Servicios MARPOL.

### 2.3. La tripulación

En el momento del accidente la tripulación de la gabarra estaba compuesta por:

- El capitán.
- El jefe de máquinas.
- Un marinero/bombero.

Los tres constituían la tripulación habitual de la gabarra y disponían de la titulación requerida.



### Capítulo 3. ANTECEDENTES DE ACCIDENTES SIMILARES

Existen antecedentes de accidentes en gabarras de este tipo, dedicadas a labores de *bunkering*, en España, que tuvieron como consecuencia el vertido de combustible al mar.

En particular, la gabarra SPABUNKER IV se hundió en la madrugada del 21 de enero de 2003 en el interior de la Bahía de Algeciras. La gabarra iba cargada con unas 1300 t de combustible y acababa de zarpar del muelle de la refinería Gibraltar de CEPSA rumbo a Gibraltar, donde se disponía a dar suministro a un mercante fondeado. En el naufragio pereció el capitán de la gabarra, mientras que los otros dos tripulantes fueron rescatados en buen estado de salud general por Salvamento Marítimo.

Tras el hundimiento, no se detectó contaminación marina de importancia pese a que el combustible empleado para el funcionamiento de los motores de las máquinas afloró a la superficie a los pocos minutos. La gabarra fue reflotada y, gracias al buen estado de conservación del buque, al cumplimiento de las medidas de seguridad de la mercancía y a la buena actuación de la tripulación, que apretó a fondo las válvulas de los tanques antes de saltar al agua, no se produjeron fugas de la carga durante el tiempo en que la gabarra permaneció en el fondo del mar.

Cabe destacar que el diseño de la gabarra SPABUNKER IV es similar al de la gabarra SAVINOSA aunque sus dimensiones principales son ligeramente distintas.



Figura 4. Gabarra SPABUNKER IV



## Capítulo 4. EL HUNDIMIENTO

### 4.1. Cronología de los hechos

De acuerdo con los datos recopilados, la cronología de los hechos fue la siguiente:

- El 8 de septiembre de 2008, a las 20:00, terminó la carga de la gabarra, con aproximadamente 760 t de fuel oil (IFO 380) y 280 m<sup>3</sup> de gasóleo (B 1000).
- Terminada la carga, se cerraron todas las válvulas de los tanques del buque.
- El buque quedó amarrado por su costado de babor en su atraque habitual en el muelle de Reus del Puerto de Tarragona.
- Un empleado de la empresa Boteros Amarradores de Tarragona, S.L., propietaria del buque, permaneció de guardia vigilando la embarcación.
- El vigilante debía ser relevado por la tripulación del buque a las 04:30, con el fin de efectuar el suministro de combustible al buque IVAN. Existen declaraciones sobre el relevo que son contradictorias, por lo que no ha quedado demostrado que el relevo se produjese antes del hundimiento.
- Entre las 05:00 y las 05:30 del 9 de septiembre de 2008, se apreció un gran asiento hacia popa, que alertó sobre el hundimiento. En un corto espacio de tiempo el buque se encontraba totalmente hundido y vertiendo una importante cantidad de fuel oil al mar. No se produjeron desgracias personales.
- De inmediato se activó el Plan Nacional de Contingencias por Contaminación Marina, para minimizar los efectos del vertido y reflotar la embarcación. La gabarra consiguió ser reflotada el 20 de septiembre de 2008.



Figura 5. Lugar del hundimiento en el Puerto de Tarragona



#### 4.2. Condiciones meteorológicas y mareas

Las condiciones meteorológicas en el Puerto de Tarragona eran las siguientes:

**Tabla 1.** Condiciones meteorológicas

Dirección del viento	Este
Fuerza del viento y estado de la mar	Beaufort 2 marejadilla
Temperatura máx. (día 9 sept.)	26,6 °C
Temperatura mín. (día 9 sept.)	15,6 °C
Humedad relativa media:	61,0%
Visibilidad media:	12,2 km
Precipitación total de lluvia y/o nieve derretida:	0 mm
Fenómeno/s extraordinario/s ocurrido/s:	Ninguno

Los datos referentes a la luna y el sol eran:

**Tabla 2.** Fases de la luna y el sol

Fase de la luna	Creciente
Próxima luna llena	15/09/2008
Puesta del sol 08/09/2008	20:15
Salida del sol 09/09/2008	07:29

Los datos referentes a las mareas eran:

**Tabla 3.** Mareas

08/09/2008	Pleamar	Hora	16:10
		Altura	0,5 m
	Bajamar	Hora	23:00
		Altura	0,4 m
09/09/2008	Pleamar	Hora	05:20
		Altura	0,4 m
	Bajamar	Hora	11:40
		Altura	0,4 m

#### 4.3. Condición de carga inicial

Según las declaraciones del capitán y la relación de carga suministrada al buque en el mes de septiembre de 2008, remitida por la empresa CLH, el proceso de carga de la gabarra fue el siguiente:

- El día 8 de septiembre de 2008 antes de las 17:00 la situación de carga era:

**Tabla 4.** Situación de carga antes de las 17:00 del 8 de septiembre de 2008

Tipo de carga		Cantidad
Carga	Fuel Oil - IFO 380	275,2 t
	Gasóleo - B 1000	109,6 m <sup>3</sup>
Consumos	Aceite térmico	1,5 m <sup>3</sup>
	Gasóleo	4,0 m <sup>3</sup>
	Agua potable	30,0 t
Lastre	Pique de proa	0,0 t
	Pique de popa	20,0 t

- Sobre las 17:00 comenzó la carga, que terminó a las 20:00. Según CLH la carga añadida fue la siguiente:

**Tabla 5.** Carga suministrada entre las 17:00 y las 20:00 del 8 de septiembre de 2008

Tipo de carga		Cantidad
Carga	Fuel Oil - IFO 380	484,8 t
	Gasóleo - B 1000	170,4 m <sup>3</sup>

- En la siguiente tabla se resume la situación de carga del buque tras finalizar el suministro de fuel oil y gasóleo, el 8 de septiembre de 2008 a las 20:00.

**Tabla 6.** Situación de carga a las 20:00 del 8 de septiembre de 2008

Tipo de carga		Cantidad
Carga	Fuel Oil - IFO 380	760,0 t
	Gasóleo - B 1000	280,0 m <sup>3</sup>
Consumos	Aceite térmico	1,5 m <sup>3</sup>
	Gasóleo	4,0 m <sup>3</sup>
	Agua Potable	30,0 t
Lastre	Pique de proa	0,0 t
	Pique de popa	20,0 t

Se desconocen las densidades reales del fuel oil y el gasóleo suministrados, pero su rango de variación es:

**Tabla 7.** Rangos de las densidades de la carga

Producto	Densidad a 15°C [t/m <sup>3</sup> ]	
	Mínimo	Máximo
Fuel Oil - IFO 380	0,910	0,990
Gasóleo - B 1000	0,820	0,880



Suponiendo que la carga estaba distribuida uniformemente entre los distintos tanques y tomando la densidad media de los productos, se obtiene la siguiente distribución de la carga:

**Tabla 8.** Sondas de los tanques en la situación de carga inicial declarada

Tanque	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Peso [t]	Sonda [m]
Tanque 1 Br./Er.	400,0	380,0	4,26
Tanque 2 Br./Er.	400,0	380,0	4,26
Tanque 3 Br./Er.	140,0	119,0	3,98
Tanque 4 Br./Er.	140,0	119,0	3,98
Aceite térmico	1,5	1,3	
Gasóleo	4,0	3,4	
Agua Potable	30,0	30,0	2,94
Pique de proa	0,0	0,0	0,00
Pique de popa	19,5	20,0	1,05

Utilizando las curvas hidrostáticas incluidas en las instrucciones al capitán, con los valores medios para las densidades de los productos, se pueden realizar los cálculos de arquitectura naval correspondientes a la situación de la carena tras realizar la carga. Los resultados de estos cálculos se muestran en la tabla 9.

En esta situación el barco se encontraba aproado, es decir, con más calado de proa que de popa. El cintón se sumergía en el agua 4 cm en el extremo de proa, mientras que el agua quedaba 5 cm por debajo del cintón en el extremo de popa.

**Tabla 9.** Resultados de los cálculos de arquitectura naval para la situación de carga inicial declarada, el 8 de septiembre de 2008 a las 20:00

Concepto	Peso [t]	$\rho$ [t/m <sup>3</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	%Vt	XG [m]	KG [m]	I [m <sup>4</sup> ]
Pique de proa	0,0	1,025	0,0	0,0	0,000	0,000	0
Tanque 1 Br./Er. (Fuel Oil - IFO 380)	380,0	0,950	400,0	90,4	28,750	2,090	190
Tanque 2 Br./Er. (Fuel Oil - IFO 380)	380,0	0,950	400,0	90,4	18,750	2,090	190
Tanque 3 Br./Er. (Gasóleo - B 1000)	119,0	0,850	140,0	84,3	11,870	1,950	71
Tanque 4 Br./Er. (Gasóleo - B 1000)	119,0	0,850	140,0	84,3	8,120	1,950	71
Tanque 5 - Agua dulce	30,0	1,000	30,0	62,4	3,010	2,470	35
Pique de popa	20,0	1,025	19,5	12,6	3,310	0,485	391
Carga en cubierta	50,0	1,000	50,0		28,750	5,700	
Consumos + tripulación + efectos	7,5	1,000	7,5		10,625	7,800	
Peso muerto	1.105,5				19,993	2,243	
Peso en rosca	235,6				16,583	3,407	
Desplazamiento	1.341,1				19,394	2,448	

Metacentro transversal	4,336 m
Corrección por superficies libres	-0,684 m
Centro de carena a Ppp.	19,309 m
Momento para trimar un centímetro	11,900 t·m
GM corregido	1,204 m
Centro de flotación a Ppp.	19,346 m
Asiento	-0,096 m
Calado Proa	4,062 m
Calado Medio	4,014 m
Calado Popa	3,966 m

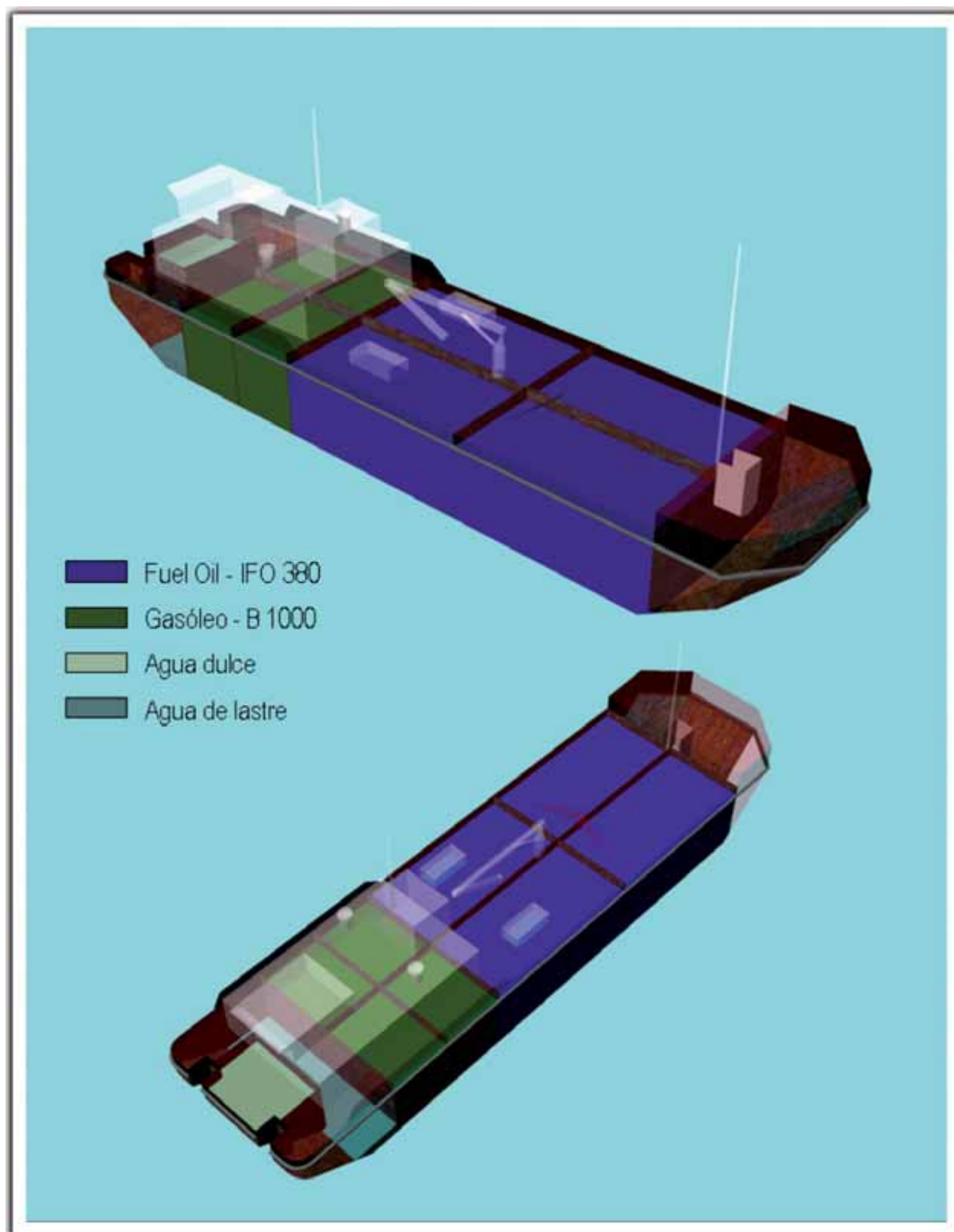


Figura 6. Situación de carga declarada para el día 8 de septiembre de 2008 a las 20:00





#### 4.4. Causa del hundimiento

Analizando la situación de carga declarada para el buque antes del accidente, se puede concluir que la causa del hundimiento fue la entrada progresiva de agua en el pique de popa, ya que:

- Los únicos espacios por debajo de la flotación que podían inundarse, enumerados de proa a popa, eran:
  - El pique de proa.
  - Los tanques de carga números 1 y 2 de babor y estribor.
  - Los tanques de carga números 3 y 4 de babor y estribor.
  - El pique de popa.
  - El tanque número 5, de agua dulce.
- Se puede descartar la inundación del pique de proa como causa del hundimiento, ya que en ese caso se hubiera hundido la proa del buque en vez de la popa.
- Los tanques de carga números 1 y 2, tanto de babor como de estribor, estaban cargados de fuel oil con un porcentaje de llenado de un 90,4%, aproximadamente, de forma que el nivel de la carga quedaba por encima de la flotación del buque. Si en esa situación se hubiese producido una vía de agua en alguno de estos tanques, al estar cerrados los tubos de aireación, se hubiese perdido carga hasta igualar su nivel con el del mar, en un calado medio cercano a los 4,04 m para los tanques número 1 y a los 4,01 m para los tanques número 2. Aun en el caso de que se hubiese perdido toda la carga y se hubiese sustituido por agua del mar, el incremento del desplazamiento, debido a la diferencia de densidades no habría sido mayor de 5 t, cantidad insuficiente para hundir el buque. Por otra parte, al estar estos tanques en las zonas centrales y de proa del buque, el hundimiento no hubiese sido nunca de popa. Por todo lo anteriormente expuesto se puede descartar la inundación de los tanques de carga número 1 y 2 como causa del hundimiento.
- Los tanques de carga números 3 y 4, tanto de babor como de estribor, estaban cargados de gasóleo con un porcentaje de llenado de un 84,3% aproximadamente. El nivel de la carga

quedaba por debajo de la flotación del buque, aunque muy cercano a ésta. Si se hubiese producido una vía de agua en alguno de estos tanques hubiese entrado agua hasta igualar el nivel del mar, en un calado medio cercano a los 4,00 m para los tanques número 3 y a los 3,99 m para los tanques número 4. Aun en el caso extremo de que se hubiese perdido toda la carga y se hubiese sustituido por agua del mar, el incremento del desplazamiento no habría sido superior a 12 t, cantidad insuficiente para hundir el buque. Por tanto, se puede descartar la inundación de los tanques de carga números 3 y 4 como causa del hundimiento.

- En el caso de que el tanque número 5 se llenase completamente de agua de mar el barco se quedaría flotando con un calado medio de 4,06 m, un calado en proa de 3,99 m y un calado en popa de 4,14 m. Por tanto, su inundación no pudo ser la causa del hundimiento.
- La única opción admisible que queda para el hundimiento del buque es la inundación del pique de popa.

Durante la puesta a flote del buque se localizó una grieta, en el pique de popa, que fue cerrada con masilla, confirmando la hipótesis de que la causa del hundimiento fue una entrada progresiva de agua en el pique de popa a través de la citada grieta.

#### 4.5. Inspección de la estructura

Una vez reflatado el buque se localizaron diversas grietas y se comprobó el estado general de la estructura y de algunos elementos importantes.

##### 4.5.1. Grieta tras el cintón en popa

Se localizó una grieta grande entre las cuerdas 0 y 1, en la parte superior del pique de popa y en la banda de babor, tras el cintón, que no era visible desde el exterior. En las siguientes fotografías se puede apreciar la grieta y su localización.

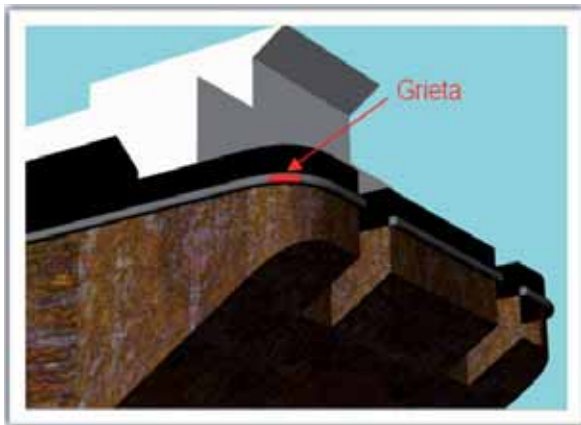
La posición de la grieta se ha podido determinar a partir de las fotografías disponibles.



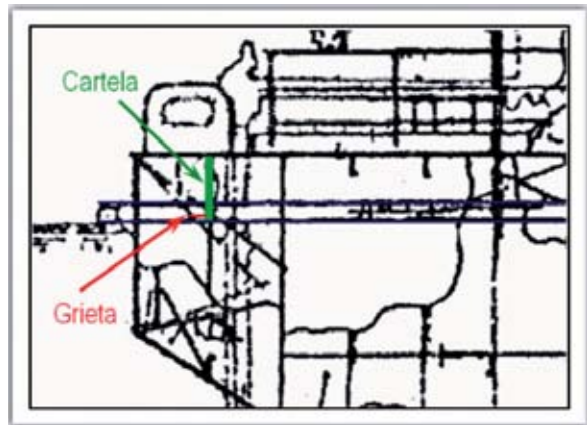
**Figura 7.** Grieta en el pique de popa



**Figura 9.** Posición de la cartela respecto al cintón



**Figura 8.** Localización de la grieta del pique de popa



**Figura 10.** Posición de la grieta y la cartela

En la figura 9 se puede observar la posición de la cartela con respecto a las soldaduras del cintón, que carecía de chapa de respaldo, en la zona de proa de la cuaderna 1.

Superponiendo los planos de la disposición general y la estructura del barco se puede ver que la posición relativa de la cartela y el cintón, de la fotografía anterior, concuerda con la de los planos. En la figura 10 se ha marcado en color verde la cartela y en color rojo la posición aproximada de la grieta.

La figura 11 permite medir la posición de la grieta respecto a la cartela, determinando que es aproximadamente de 7 cm.



**Figura 11.** Distancia de la grieta al extremo inferior de la cartela

Como el calado máximo coincide con la parte inferior del cintón, que está a la altura del extremo inferior de la cartela, se puede concluir que la grieta estaba a una altura aproximada de 4,09 m sobre la línea de base.

Con la ayuda de la siguiente fotografía, se puede determinar la altura máxima aproximada de la grieta.

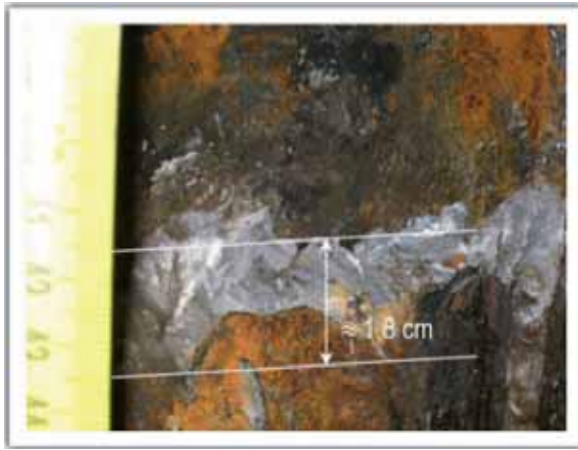


Figura 12. Altura máxima de la grieta

En la inspección que se realizó al buque tras su reflote se determinó que la longitud aproximada de la grieta era de 20 cm. Con este dato se puede trazar sobre la fotografía de la grieta un rectángulo de unos 20,0 cm de largo y 1,8 cm de alto, obteniéndose la figura 13, en la que se puede apreciar que la grieta ocupa alrededor del 40% del rectángulo y, por tanto, su área aproximada es de 14 cm<sup>2</sup>.



Figura 13. Desarrollo aproximado de la grieta

#### 4.5.2. Grietas en la superestructura

Se localizaron grietas en la superestructura, en la zona exterior de la habilitación junto al corredor de estribor, a nivel de cubierta, que se pueden ver en la figura 14.



Figura 14. Grietas en la superestructura

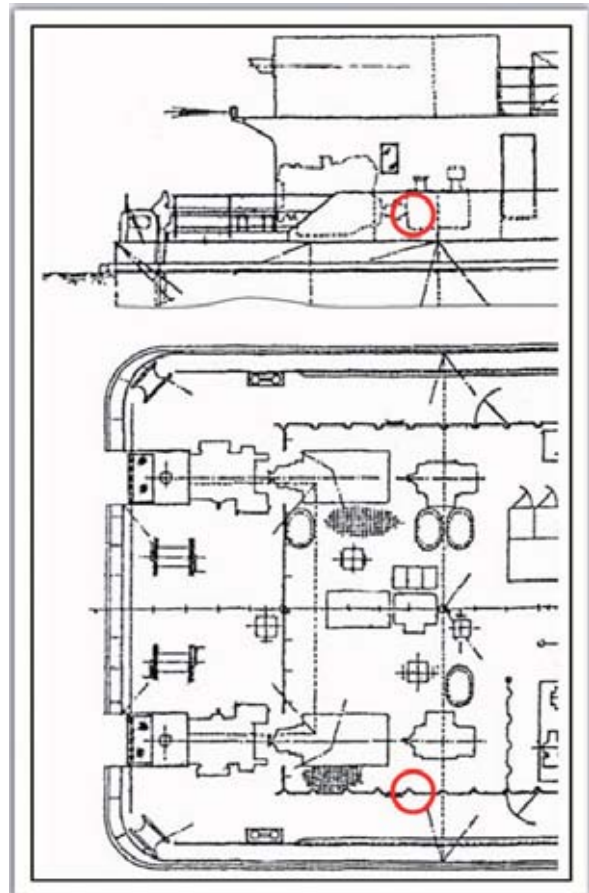


Figura 15. Posición de las grietas de la habilitación



Las grietas estaban en la zona de popa de la superestructura, en el costado de estribor, cercanas a la cubierta, como se puede observar en el detalle de la disposición general de la figura 15.

Las grietas tuvieron que ser tapadas para el reflote del buque, ya que afectaban a su flotabilidad, pero por su situación, muy por encima de la flotación inicial de la carena, no pudieron ser la causa del hundimiento.

Es muy probable que las grietas se produjeran por los momentos flectores que se generaron al varar el buque con su popa. Por la distribución de las fuerzas en ese momento, la cubierta tendría un momento flector que le generaría una condición de arrufo, concordante con la aparición de ese tipo de grietas.

#### 4.5.3. Grieta bajo un motor auxiliar

Se localizó otra grieta bajo el motor auxiliar de producción de energía eléctrica de babor. La grieta y su localización en el buque se pueden ver en las figuras 16 y 17.



Figura 16. Grieta bajo el motor auxiliar de babor

La grieta tuvo que ser tapada para el reflote del buque ya que afectaba a su flotabilidad. Aunque se podría haber producido una inundación de la popa si hubiese entrado agua por esta grieta, al estar situada muy alta, por encima de la flotación, se descarta como causa del hundimiento.

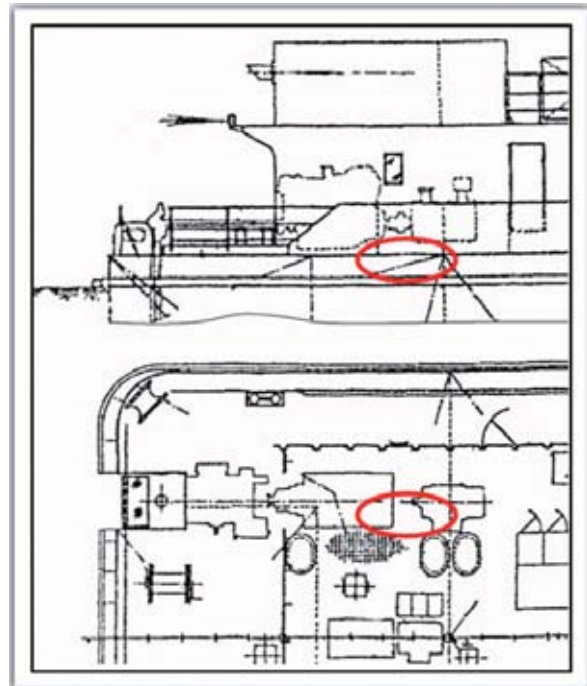


Figura 17. Posición de la grieta bajo el motor auxiliar de babor

Al igual que ocurría con las grietas encontradas en la superestructura, lo más probable es que se produjese por los momentos flectores generados al tocar en el fondo el extremo de popa del buque.

#### 4.5.4. Grieta en la bovedilla

Para el reflote del buque hubo que tapar una grieta ubicada en la bovedilla del buque. Esta grieta se generó al apoyar el propulsor de babor sobre el fondo del mar. Cuando el propulsor hizo contacto con el fondo, los esfuerzos transmitidos causaron la deformación de la cartela de fijación del propulsor al casco, generando la grieta.

#### 4.5.5. Corrosión en los tubos de sonda y deslastrado del pique de popa

Se descubrieron corrosiones graves en los tubos de sonda y deslastrado del pique de popa, que no afectaban a la flotabilidad. Por su pequeña entidad no se considera que tuviesen implicación en el hundimiento.



#### 4.5.6. Válvula de fondo del pique de popa

Se comprobó que la válvula de fondo de lastrado del pique de popa se encontraba cerrada y presentaba una buena estanqueidad.

#### 4.5.7. Estado de la estructura interior

La estructura interior presentaba un buen aspecto, sin presencia generalizada de corrosión, salvo pequeñas zonas muy localizadas que presentaban corrosión superficial.

En la parte central de los refuerzos verticales del mamparo de proa del pique de popa existían deformaciones. Este tipo de deformaciones son características de la varada del buque y la consecuente reacción ejercida por el fondo marino. En el último reconocimiento especial del casco en seco, efectuado el 17 de octubre de 2006, no se hace ninguna mención a estas deformaciones, ni consta que hayan existido abordajes o colisiones.



Figura 18. Abolladura junto a la grieta en la zona alta del pique de popa

Se midieron los espesores de la chapa en la zona de la cubierta adyacente a la caseta de habilitación. El valor medio de los espesores fue de 6 mm, que es similar al medido en las últimas inspecciones.

Existía una abolladura en la zona colindante a la grieta de la parte alta del pique de popa, entre las cuadernas 0 y 1, que se puede ver en la figura 18.

#### 4.6. Hipótesis de carga inicial del buque

Como se ha visto, la causa del hundimiento de la gabarra fue la entrada progresiva de agua en el pique de popa, muy probablemente a través de la grieta tras el cintón en el costado de babor. Sin embargo, en los resultados de los cálculos de arquitectura naval, para la situación de carga inicial declarada, se obtenía un calado en popa de 3,97 m. Como se ha determinado que la grieta se encontraba a un calado aproximado de 4,09 m, en esa condición no se hubiese llenado el pique de popa y, por tanto, no se hubiese inundado el barco. Sin duda, la situación de carga del barco no era la supuesta anteriormente sino que, dando como ciertas las cargas declaradas por el Capitán, podían existir diferencias en alguna de las hipótesis que se realizaron anteriormente y:

- La carga del fuel oil y el gasóleo podía tener una distribución no uniforme entre los distintos tanques.
- Las densidades del fuel oil y el gasóleo podían ser distintas de los valores medios, aunque sólo afectaría a los cálculos la densidad del gasóleo, que se ha indicado como volumen.

Existen muchas variaciones de la distribución de carga y de la densidad del gasóleo, dentro de los márgenes razonables, que hacen que la grieta del pique de popa quede sumergida en la condición inicial de carga. Como no ha sido posible conocer la situación de carga inicial exacta del buque, se realiza una hipótesis que permitirá simular el hundimiento, ya que las diferencias en los resultados de la simulación entre unas situaciones y otras serán pequeñas.



**Tabla 10.** Hipótesis para la situación de carga inicial

Concepto	Peso [t]	$\rho$ [t/m <sup>3</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	%Vt	XG [m]	KG [m]	I [m <sup>4</sup> ]
Pique de proa	0,0	1,025	0,0	0,0	0,000	0,000	0
Tanque 1 Br./Er. (Fuel Oil - IFO 380)	369,0	0,930	396,8	89,6	28,750	2,090	190
Tanque 2 Br./Er. (Fuel Oil - IFO 380)	391,0	0,930	420,4	95,0	18,750	2,090	190
Tanque 3 Br./Er. (Gasóleo - B 1000)	107,6	0,880	122,3	73,7	11,870	1,950	71
Tanque 4 Br./Er. (Gasóleo - B 1000)	138,8	0,880	157,7	95,0	8,120	1,950	71
Tanque 5 - Agua dulce	30,0	1,000	30,0	62,4	3,010	2,470	35
Pique de popa	20,0	1,025	19,5	12,6	3,310	0,485	391
Carga en cubierta	50,0	1,000	50,0	100,0	28,750	5,700	
Consumos + tripulación + efectos	7,5	1,000	7,5	100,0	10,625	7,800	
Peso muerto	1.113,9				19,767	2,241	
Peso en rosca	235,6				16,583	3,407	
Desplazamiento	1.349,5				19,211	2,445	

Metacentro transversal	4,334 m
Corrección por superficies libres	-0,677 m
Centro de carena a Ppp.	19,309 m
Momento para trimar un centímetro	11,900 t·m
GM corregido	1,212 m
Centro de flotación a Ppp.	19,346 m
Asiento	0,111 m
Calado Proa	3,981 m
Calado Medio	4,036 m
Calado Popa	4,092 m

#### 4.7. Simulación de la evolución del hundimiento

Tomando como válida la hipótesis de carga inicial de la tabla anterior, se ha realizado una simulación de la evolución del hundimiento del buque, de la siguiente manera:

- Conociendo la profundidad  $h$  a la que se encontraba la grieta se conoce la presión hidrostática sobre ella, que será  $\rho gh$ , siendo  $\rho$  la densidad del fluido, en este caso agua del mar, y  $g$  la aceleración de la gravedad.
- A partir de la presión hidrostática es posible determinar la velocidad,  $u$ , con la que entraba el agua a través de la grieta.
- Conocida la sección,  $S$ , de la grieta se puede calcular el caudal,  $Q$ , que circulaba a través de ella, ya que  $Q = Su$ .
- A partir del caudal es posible conocer el volumen,  $V$ , que se introducía en el tanque en un tiempo  $t$ , que era  $V = Qt$ .

Utilizando valores incrementales del tiempo y del volumen se pueden obtener las siguientes gráficas

en las que se presenta la evolución temporal, desde las 20:00 del 8 de septiembre de 2008 hasta el llenado completo del pique de popa.

Los valores para los que se presenta la evolución temporal son:

- El peso y el volumen del agua de mar existentes en el pique de popa (figura 19).
- Los calados del buque y el hundimiento de la grieta del pique de popa (figura 20).
- La velocidad y el caudal de entrada del agua a través de la grieta del pique de proa, y el ángulo de trimado (figura 21).

Como se puede observar en las gráficas siguientes, a medida que se iba sumergiendo la grieta del pique de popa, la velocidad de entrada del agua aumentaba. Por tanto, el ritmo de llenado durante las primeras horas era muy lento, aumentando significativamente cuando la grieta se encontraba a gran profundidad. El ritmo de llenado del pique de popa aumentaba significativamente cuando el agua alcanzaba los tubos de aireación, por los que se inundaba el pique.

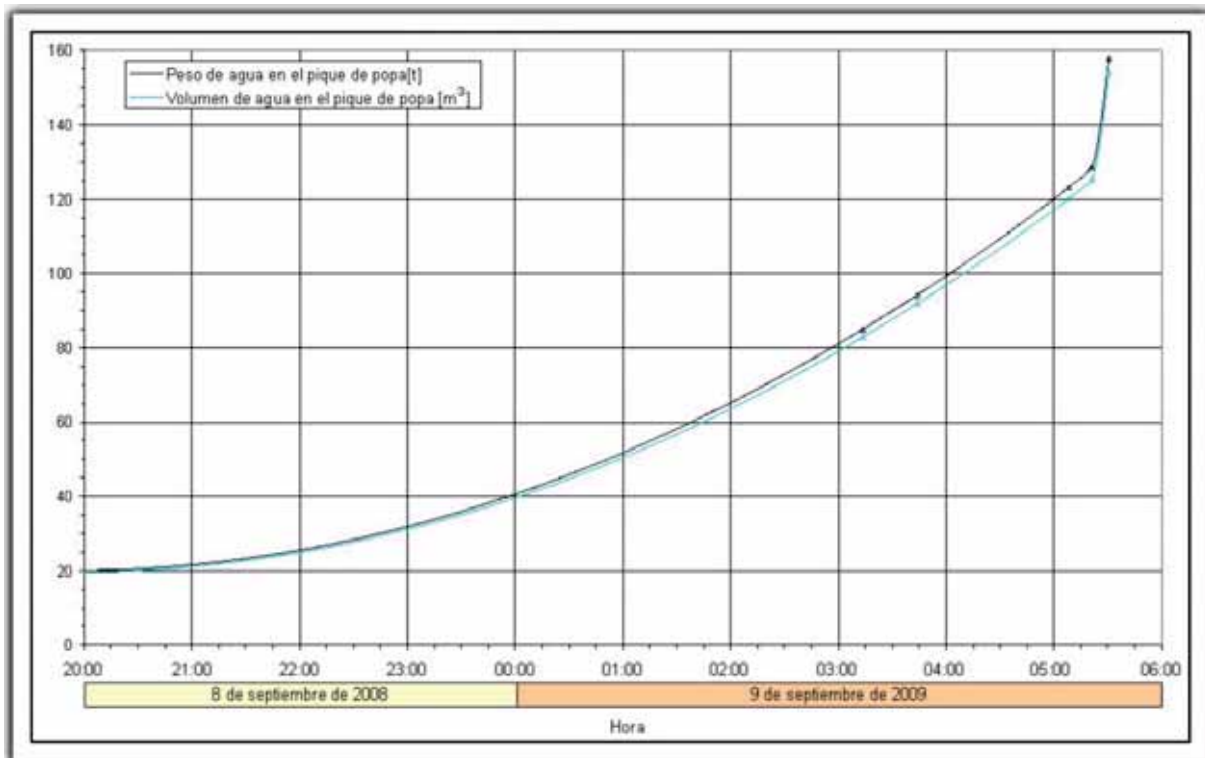


Figura 19. Evolución temporal del peso y del volumen de agua de mar en el pique de popa

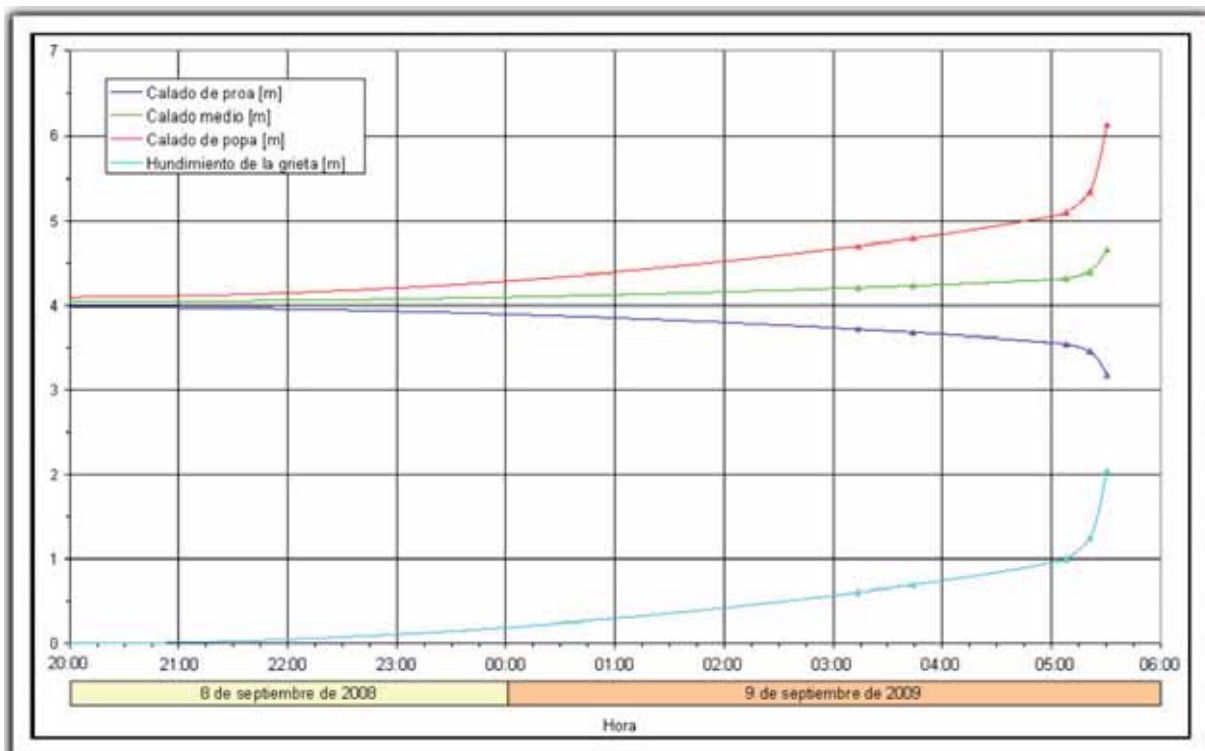
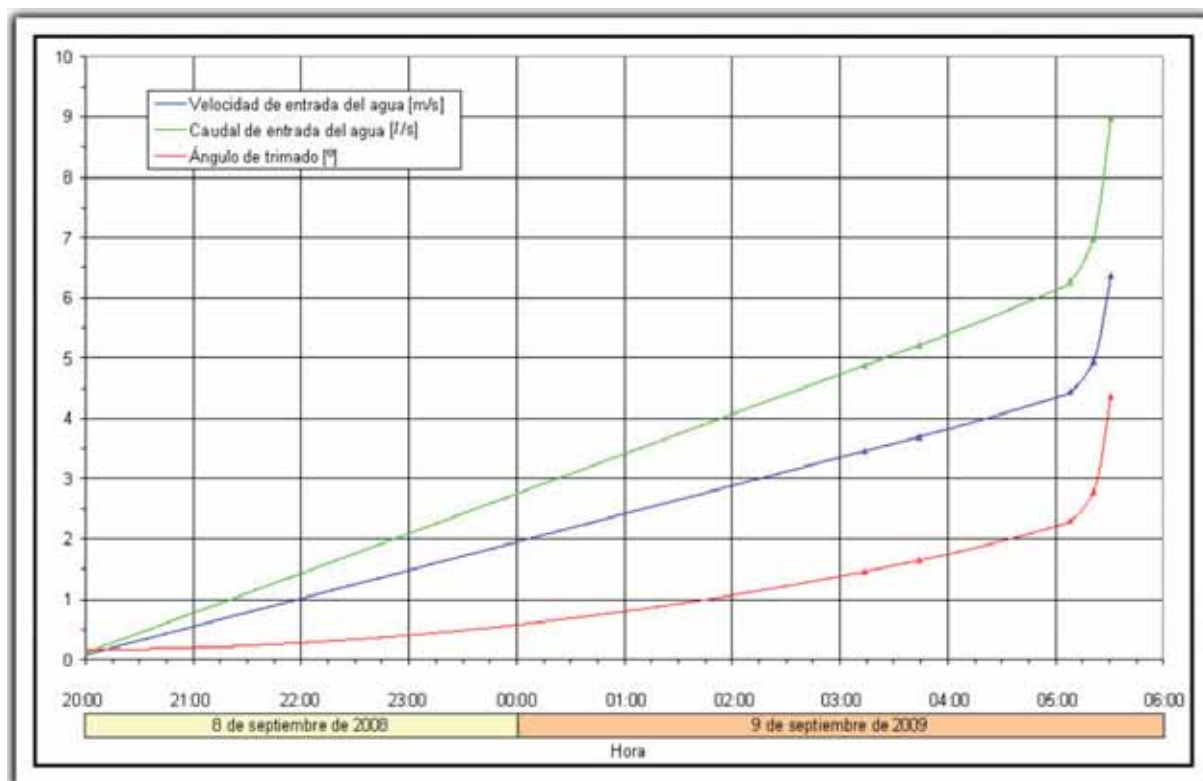


Figura 20. Evolución temporal de los calados y del hundimiento de la grieta del pique de popa



**Figura 21.** Evolución temporal de la velocidad y el caudal de entrada del agua a través de la grieta del pique de popa y del ángulo de trimado

De igual manera, cuando el agua llegaba a la parte superior de los tubos de aireación de los tanques de carga éstos se inundaban progresivamente con agua de mar, aumentando la velocidad de hundimiento del buque. En el caso de los tanques de fuel oil y gasóleo, una vez llenos con el aporte de agua del mar, la diferencia de densidades hacía que el combustible flotara y subiera a las zonas más altas del tanque, vertiéndose carga al mar. De esta forma se sustituía el combustible de los tanques de carga por agua de mar que, al ser más densa, provocaba un mayor hundimiento del buque.

Todos estos efectos han sido tenidos en cuenta en la simulación realizada.

En las gráficas anteriores se han marcado unos triángulos coincidiendo con los siguientes hitos del hundimiento:

- A las 03:14 del 9 de septiembre de 2008, el nivel del mar llegaba a la cubierta superior en el extremo de popa.

- A las 03:44 del 9 de septiembre de 2008, el nivel del mar alcanzaba la parte de popa de la caseta de habilitación.
- A las 05:08 del 9 de septiembre de 2008, el agua del mar comenzaba a entrar por los tubos de aireación del pique de popa, aumentando la velocidad de llenado y la variación del trimado con el tiempo, que empezaba a ser alta.
- A las 05:21 del 9 de septiembre de 2008, el agua del mar llegaba a la zona de proa de la caseta de habilitación.
- A las 05:30 del 9 de septiembre de 2008, el pique de popa estaba completamente lleno. En esta situación el agua entraba por los tubos de aireación de los tanques de carga de popa, produciendo una pequeña mancha de gasóleo, de poca importancia, debida a la carga que salía por efecto de su flotabilidad.
- Alrededor de las 06:00 del 9 de septiembre de 2008, la popa del buque tocaba el fondo del puerto. Al tocar el fondo, el barco escoró debido al talud que tiene el fondo en la zona del hundimiento.





A las 04:30 del 9 de septiembre de 2008, el ángulo de trimado no era superior a los 2º, por lo que si realmente en ese momento llegó la tripulación al buque, es probable que no se hubiese percatado de la situación de hundimiento del buque.

Fue probablemente el aumento brusco de la velocidad de llenado del pique de popa y el consecuente aumento del ritmo de variación del trimado, que se produjo alrededor de las 05:08 al entrar el agua por los tubos de aireación, el hecho que alertó sobre el hundimiento del buque.

Aunque la simulación realizada es únicamente aproximada, permite comprobar la concordancia entre las condiciones del hundimiento relatadas en las declaraciones y las condiciones del hundimiento consideradas en la simulación. Por tanto, se puede concluir que la causa del hundimiento fue la inundación progresiva del pique de popa por la grieta existente en su banda de babor, tras el cintón, entre las cuadernas 0 y 1.

En las siguientes figuras se puede ver gráficamente la evolución del hundimiento.

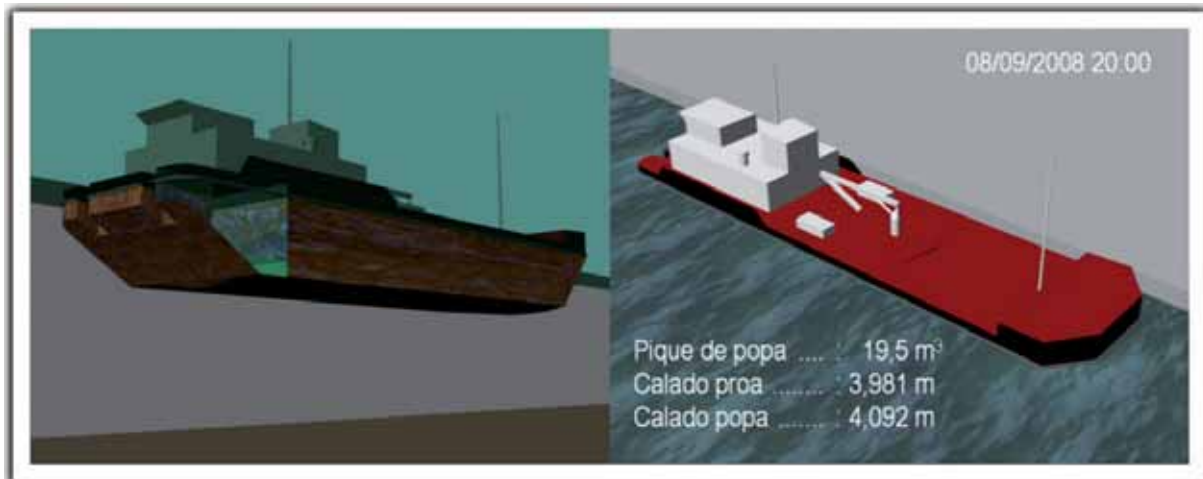


Figura 22. Situación inicial

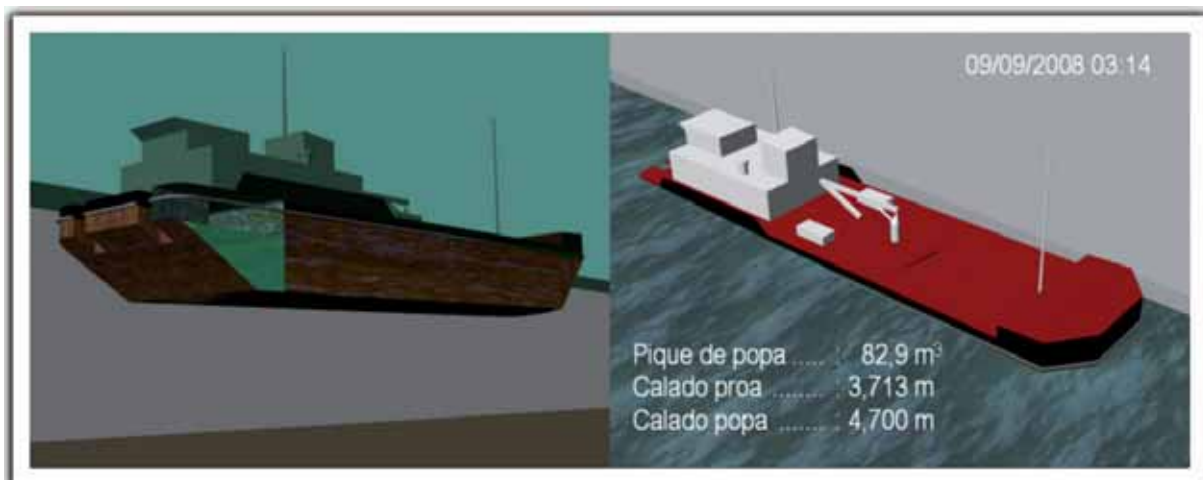
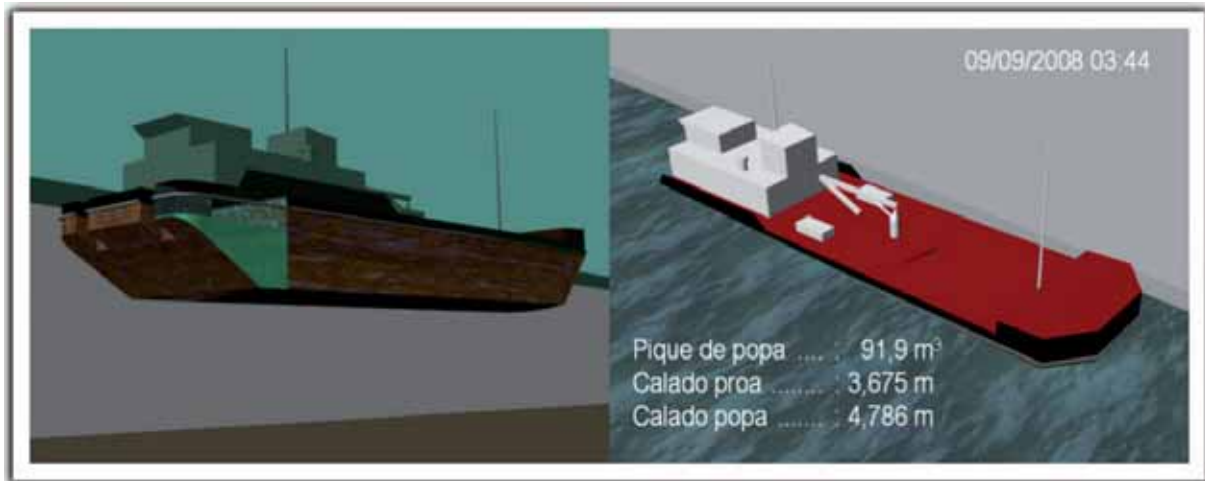
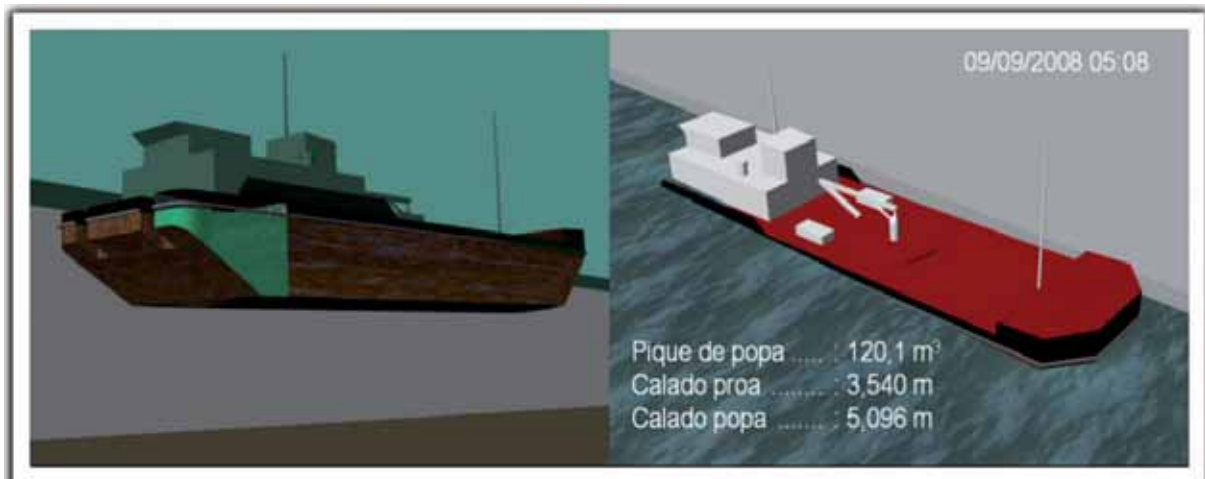


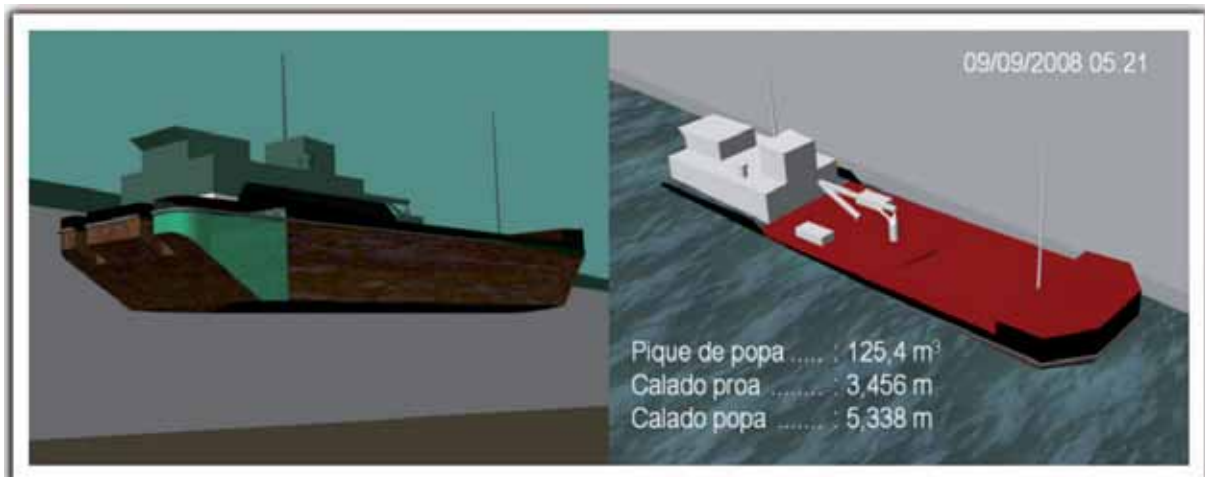
Figura 23. Situación en el momento en que llegaba el agua a la cubierta



**Figura 24.** Situación en el momento en que llegaba el agua a la habitación



**Figura 25.** Situación en el momento en que el agua llegaba a los tubos de aireación del pique de popa



**Figura 26.** Situación en el momento en el que el agua llegaba a la proa de la habitación

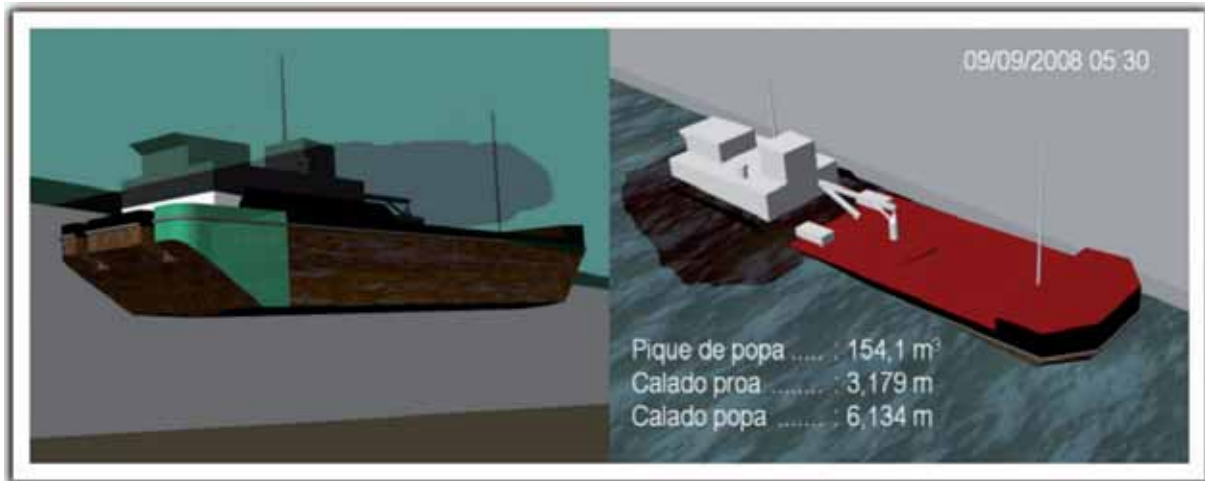


Figura 27. Situación en el momento en el que el pique de popa estaba completamente lleno

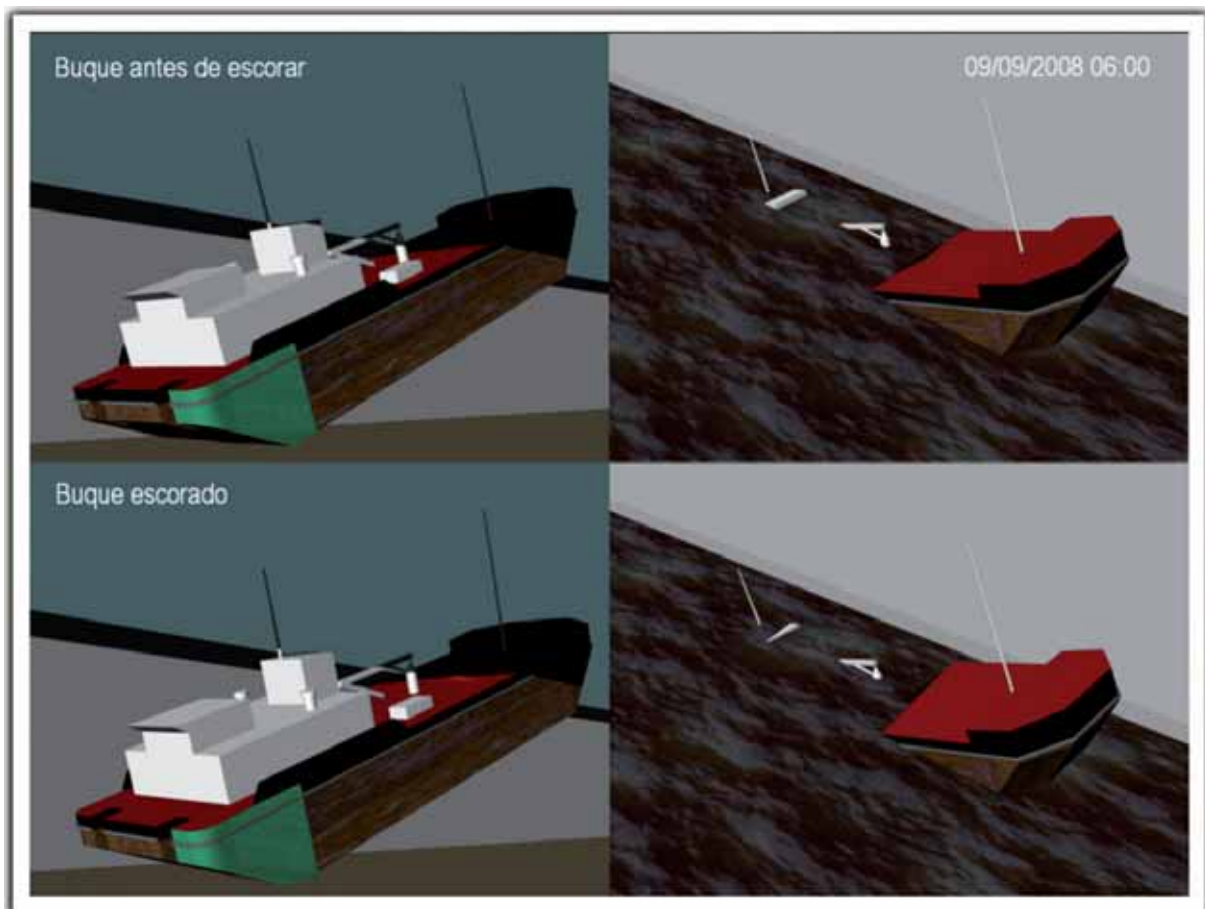


Figura 28. Situación en el momento en el que el buque tocaba el fondo y escoraba hacia la banda de estribor, debido al talud del fondo



#### 4.8. Influencia de los amarres y las mareas

Existen dos hechos que podrían haber afectado a la simulación de la evolución del hundimiento:

- Que el amarre de popa, una vez tensado al hundirse la popa, hubiese sujetado al buque en un calado fijo hasta que, al alcanzar su tensión de rotura por el aumento de peso de la popa, el amarre se hubiese roto. Este hecho habría ralentizando la velocidad de llenado del pique de popa.
- Que el hecho expuesto en el punto anterior, de rotura del amarre de popa, se hubiese visto afectado por la variación de la posición relativa del buque con respecto al muelle producida por las mareas.

Sin embargo, ninguno de estos hechos ha sido tenido en cuenta en la simulación realizada porque, según los informes del hundimiento, el barco conservaba su amarre de popa y la diferencia de nivel producida por la marea en ese día y esa zona era inferior a 0,1 m, como se vio anteriormente.

#### 4.9. Causa por la que se produjo la grieta del pique de popa

Una vez que se ha visto que la causa del hundimiento fue la entrada de agua por la grieta existente en la parte superior del pique de popa, cabe plantearse cuál fue la causa por la que se produjo dicha grieta. El análisis de las fotografías tomadas al buque tras su reflote permite concluir que la grieta se produjo a causa de la deformación del cintón y de sus chapas colindantes. En las figuras 29 y 30 se puede ver la deformación del cintón y la abolladura que se produjo a su alrededor, de la cual ya se ha hablado.

Sin embargo, el Capitán del buque no recuerda haber dado ningún golpe contra el cintón. La existencia de la abolladura sin que se tenga conciencia de haber golpeado el buque se explica si la deformación del cintón y sus chapas colindantes se produjo por una sobrecarga de operación en el atraque, de tal forma que la zona afectada haya sufrido una fuerte presión que la haya deformado.



Figura 29. Golpe en el cintón



Figura 30. Abolladura en la zona de la grieta del pique de popa

Las sobrecargas de operación de los buques son aquellas cargas externas producidas por la acción directa o indirecta de los buques sobre estructuras o instalaciones portuarias, siendo muy importantes las sobrecargas de operación en los atraques. Se dividen en:

- Sobrecargas de impacto: perpendiculares a la estructura.
- Sobrecargas de rozamiento: paralelas a la estructura.



Para determinar las sobrecargas de operación de los buques se recurre a las recomendaciones sobre las acciones al proyectar obras marítimas y portuarias, contenidas en la ROM 02.90 de Puertos del Estado. Analizando las deformaciones del cintón y de sus chapas colindantes se puede concluir que su deformación se debe a una sobrecarga de impacto sobre el cintón.

Los criterios fundamentales para diseñar las defensas de los muelles son los siguientes.

- La energía que el sistema de defensas es capaz de absorber ha de ser mayor que la energía de ataque.
- La fuerza de reacción del sistema de defensas ha de ser menor que la fuerza de reacción que pueda soportar el barco.
- La presión superficial del sistema de defensas ha de ser menor que la presión superficial admitida por el barco.

Para conseguir cumplir los criterios anteriores es necesario:

- Disponer de defensas, tanto en el muelle de ataque como en el buque, que sean capaces de absorber la energía necesaria y mantenerlas en buen estado de conservación.
- Disponer de suficientes defensas para evitar que el buque, en sus maniobras, apoye únicamente sobre una pequeña superficie, ya que en ese caso las presiones que debe soportar la estructura son muy altas y pueden sobrepasar los límites estructurales del buque. Se deben tener presentes tanto los ángulos que forma el buque con el muelle como la separación entre las defensas.

#### 4.9.1. Estado de las defensas

El punto de amarre habitual de la gabarra SAVINOSA era el muelle de Reus Sur, en el que se realizaba su carga. Dicho muelle dispone de 10 defensas NFU de tipo A, desde el noray 1 al 10, separadas entre ellas aproximadamente 20 m.

Las defensas habían pasado la inspección realizada por los técnicos de la Unidad Mecánica de la Autoridad Portuaria del Puerto de Tarragona, el 18 de enero de 2008.

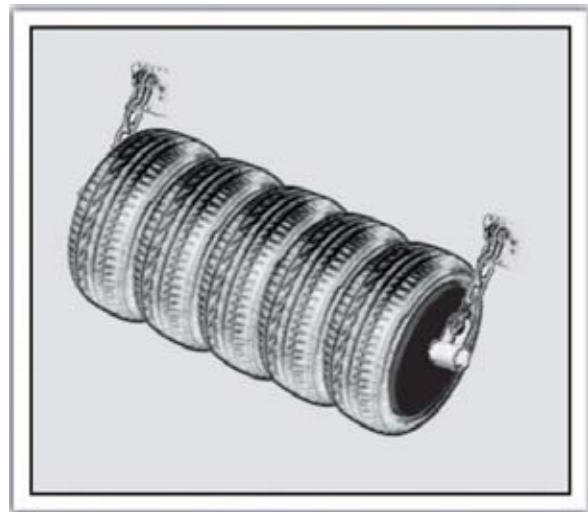


Figura 31. Defensas NFU

En la siguiente fotografía se puede ver el estado, tras el hundimiento, de la defensa número 4 del muelle de Reus Sur, en la que quedó apoyada la popa de la gabarra el día 8 de septiembre de 2008, antes del accidente.



Figura 32. Estado de la defensa de popa del ataque del buque

Este tipo de defensas ha caído en desuso porque no optimizan la absorción de la energía en los impactos.

La separación de las defensas en la zona de ataque del buque era, como se ha visto, de aproximadamente 20 m, por lo que el buque sólo apoyaba sobre dos defensas, de forma que la superficie total de contacto de las defensas sobre el cintón de la gabarra era pequeña, favoreciéndose así que hubiese una sobrecarga de operación y se produjeran la abolladura y la grieta observadas.

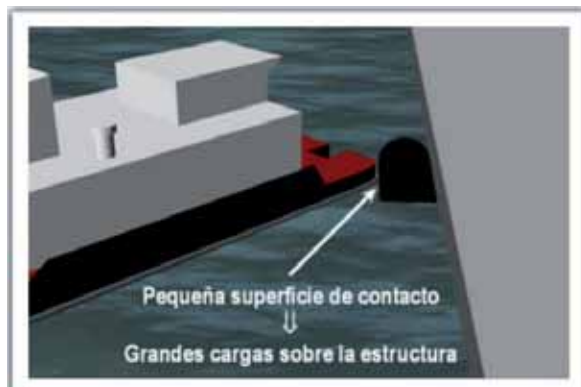


Figura 33. Ejemplo de sobrecarga de operación

#### 4.9.2. Maniobras de atraque

Se ha comprobado que existen dos variantes para la maniobra de atraque del buque por babor, que se utilizan habitualmente.

La primera variante, que se presenta en la figura 34, consta de las siguientes fases:

1. Se aproxima el barco al muelle, dejando la línea de atraque por la banda de babor.
2. A partir de la posición anterior se realiza una aproximación con un ángulo de incidencia al

muelle de aproximadamente 30°. Cuando el buque está a una distancia de una eslora de la línea de atraque se pone el timón todo a estribor y se da suficiente máquina atrás como para detener la arrancada.

3. Cuando el barco está parado en una posición paralela y próxima a la línea de atraque se dan cabos.
4. El barco se lleva a su posición de atraque con la ayuda de los cabos.

La segunda variante, que se presenta en la figura 35, consta de las siguientes fases:

1. Se aproxima el barco al muelle, dejando la línea de atraque por la banda de babor.
2. A partir de la posición anterior se realiza una aproximación con un ángulo de incidencia al muelle de aproximadamente 30°. Cuando el buque está a una distancia de una eslora de la línea de atraque se pone el timón todo a estribor y se da suficiente máquina atrás como para detener la arrancada.
3. Se deja que el buque sobrepase la posición paralela a la línea de atraque, obteniéndose una mayor aproximación de la popa al muelle.
4. El atraque definitivo se logra virando de los cabos de popa para llevar la popa al atraque,

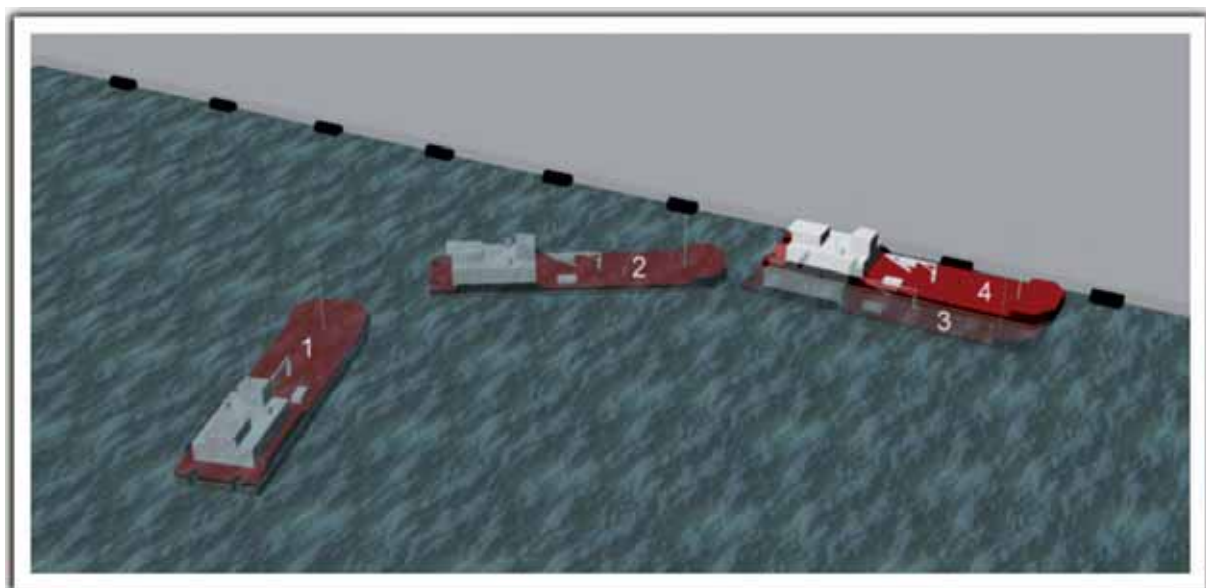


Figura 34. Primera variante de la maniobra de atraque

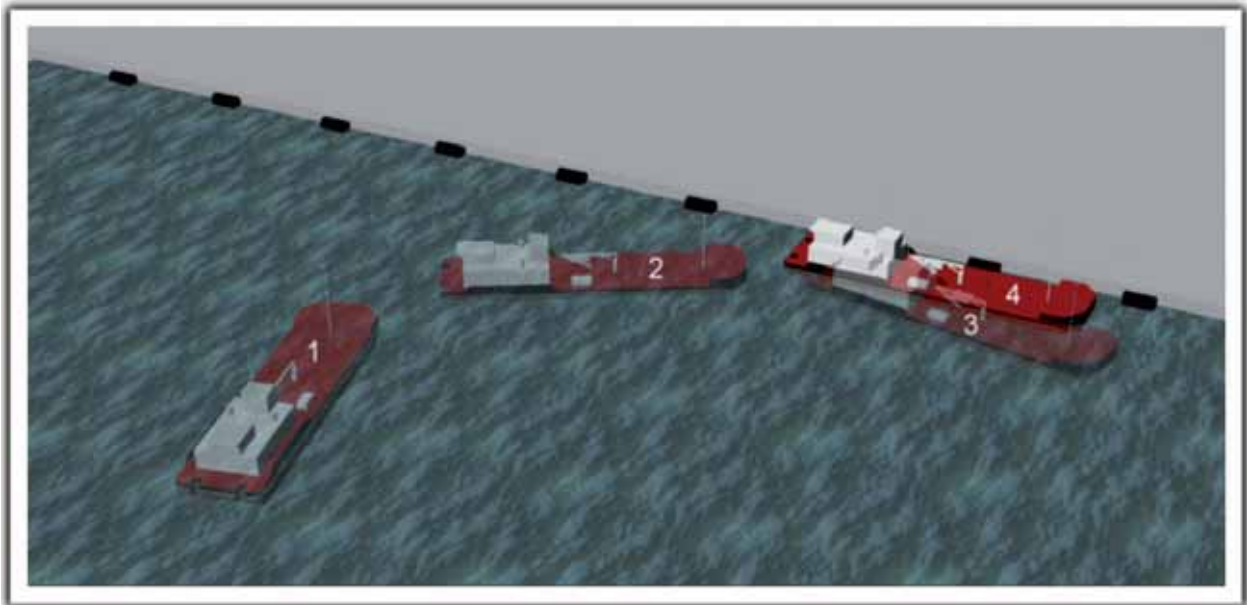


Figura 35. Segunda variante de la maniobra de atraque

ayudado por una palada atrás con la máquina. Al mismo tiempo se vira de los cabos de proa para lograr cuanto antes el paralelo.

En el caso específico de la gabarra SAVINOSA, al disponer de propulsores *Schottel* que mejoran notablemente la realización de cualquier maniobra, en especial las maniobras de ciaboga, la variante más utilizada era la segunda ya que ésta permite reducir el trabajo de virada de cabos y reduce el tiempo de la maniobra.

Sin embargo, en esta variante se aumenta el riesgo de contacto de la popa con la defensa que, como se ha visto puede provocar sobrecargas de operación en esa zona.

Por tanto, la causa más probable por la que se produjo la grieta en el pique de popa fue una sobrecarga de operación de impacto debida al contacto de una pequeña superficie del cintón en la zona de popa contra las defensas durante las maniobras de atraque o desatraque.



## Capítulo 5. LA CONTAMINACIÓN

### 5.1. Productos vertidos

Como consecuencia del hundimiento del buque se produjo contaminación por fuel oil, gasóleo y aceite industrial térmico.

De acuerdo con la relación de cantidades de gasóleo y fuel oil recuperadas del buque, emitida por REPSOL YPF, se han recuperado las siguientes cantidades de fuel oil y gasóleo:

**Tabla 11.** Combustible recuperado

Producto	Volumen recuperado [m <sup>3</sup> ]
Fuel Oil - IFO 380	662,1
Gasóleo - B 1000	183,0

Por lo tanto, se vertieron al mar las siguientes cantidades:

**Tabla 12.** Combustible vertido al mar

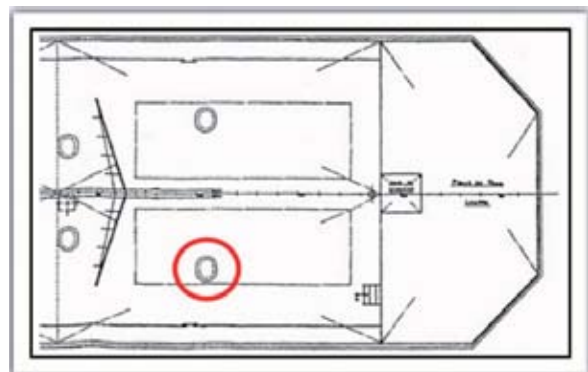
Producto	Volumen vertido al mar [m <sup>3</sup> ]
Fuel Oil - IFO 380	137,9
Gasóleo - B 1000	101,0

### 5.2. Causa de la contaminación

A medida que el barco se hundía por la popa, el agua alcanzaba el nivel de los tubos de aireación, por los cuales entraba agua a los tanques. Como la carga contenida en los tanques tenía en todos los casos una densidad menor que la del agua del mar, la carga ocupaba la parte superior de los tanques y era expulsada al exterior. De esta forma la contaminación a través de los tubos de aireación aumentaba con el hundimiento del buque, pero sin que en ningún caso fuese excesivamente grave, pues el volumen no era mucho y era fácil de controlar encapuchando los tubos de aireación.

El derrame principal se produjo poco antes de las 09:00 del 9 de septiembre de 2008, al saltar la tapa de proa del tanque número 1 de estribor,

que estaba sumergida por el hundimiento y la escora del buque. En la siguiente figura se puede ver la posición de la tapa.



**Figura 36.** Situación de la tapa de proa del tanque número 1 de estribor

La tapa de proa del tanque número 1 se encontraba sumergida a una profundidad de 2 m tras el hundimiento, y se abrió al saltar las tuercas de palomilla que la sujetaban. En la inspección realizada tras el reflote se comprobó que el estado de las palomillas de cierre de la tapa era malo, habiendo perdido parte del fileteado de la rosca, como se puede apreciar en la figura 37.



**Figura 37.** Estado de las palomillas de cierre de la tapa de proa del tanque número 1 de estribor

Las palomillas de cierre de la tapa se apretaban manualmente, de forma que no se garantizaba la total estanqueidad.





La tapa de proa del tanque número 1 de babor quedaba fuera del agua tras el hundimiento.

### 5.3. Barreras de contención

Inmediatamente se colocaron en la zona afectada barreras de contención, para poder evitar la propagación de la mancha de combustible y confinar la contaminación. La primera de ellas rodeaba el lugar del hundimiento mientras una segunda barrera cerraba la zona del Puerto de Tarragona donde se encontraba hundido el buque.



Figura 38. Barrera alrededor del buque hundido



Figura 39. Disposición de las barreras de contención



Figura 40. Barreras de contención

Pese a disponer de las barreras, una parte del combustible, que flotaba sobre la superficie del agua del mar, se extendió por el Puerto de Tarragona, como se puede ver en la siguiente fotografía aérea.



Figura 41. Avance de la mancha de combustible

Se recibieron numerosas comunicaciones por parte de los barcos atracados en el Puerto de Tarragona, referentes a los problemas ocasionados por la mancha de combustible.



## Capítulo 6. CONTENCIÓN DEL VERTIDO Y REFLOTE

### 6.1. Primeras actuaciones

Inmediatamente después del hundimiento de la gabarra SAVINOSA se aplicaron el Plan Especial de Emergencias de la Generalitat y el Plan Interior de Contingencias de la Autoridad Portuaria. La Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima, SASEMAR, movilizó el buque SALVAMAR DIPHDA, con base en Tarragona, y se extendió la primera de las barreras de contención, mencionadas en el apartado anterior.

Una vez instalada la primera barrera, la Capitanía Marítima de Tarragona contactó por VHF con los buques pesqueros que se encontraban en la zona para que las entradas y salidas del puerto se efectuasen con la mínima velocidad posible y así evitar que se moviese la barrera. A la vez, se usó otra embarcación similar a la siniestrada para que recogiera del agua el combustible que se estaba vertiendo.

SASEMAR movilizó los buques MIGUEL DE CERVANTES y PUNTA MAYOR y el helicóptero HELIMER 201. Además, activó la base logística de Castellón, como medida preventiva.

Con la luz del día se comprobó que salía gasóleo por los tubos de aireación de los tanques de popa y fuel oil por los de proa. No obstante, las cantidades que se estaban vertiendo eran pequeñas.

Poco antes de las 09:00 del 9 de septiembre de 2008 saltó la tapa de proa del tanque número 1 de estribor y se produjo un gran vertido. Fue entonces cuando la Capitanía Marítima de Tarragona activó, siguiendo los procedimientos establecidos, el Plan Nacional de Contingencias por Contaminación Marítima Accidental.

Con objeto de mantener el barco inmóvil y facilitar las labores de limpieza y el rescate, se dieron cabos a proa de la embarcación afianzándola al muelle. Un equipo de la empresa INSTALSUB, instaló cabos desde la popa del buque hundido hasta el muelle y comprobaron que la popa



Figura 42. Actuaciones sobre el buque siniestrado

del buque descansaba sobre el talud que hay en la base del muelle. Posteriormente se instaló una grúa de 450 t sujetando la popa del buque siniestrado para que no se deslizase por el talud.

Se instaló la segunda de las barreras de contención, mencionada anteriormente, y se movilizaron los remolcadores del puerto con barreras en forma de U, para mantener el vertido dentro del puerto. En todo momento se procuró no alterar, en lo posible, el tráfico portuario. Cuando se comprobó que la mancha de combustible estaba cerca de la bocana del puerto, se enviaron dos remolcadores a recoger las barreras oceánicas de que dispone la empresa REPSOL, para impedir la salida de la mancha al exterior.

### 6.2. Control del vertido

Al final del día 9 de septiembre de 2008 el vertido estaba confinado entre barreras y se comenzaba su recogida. El día 14 de septiembre de 2008 el vertido se encontraba totalmente confinado y controlado con embarcaciones de limpieza tipo Pelicano de la empresa ECOLMARE que



arrastraban una barrera absorbente. Los remolcadores del puerto habían sido sustituidos en gran parte por los de SASEMAR, que se encargaban de las tareas de relleno de aire de las barreras y de la sustitución de los tramos rotos o averiados.

Todo el vertido recogido fue enviado a la refinería de REPSOL y al buque GREENOIL, para su control.

### 6.3. Extracción de la carga del buque

Dos equipos de trabajo encapucharon los tubos de aireación de los tanques para evitar la salida de combustible.



**Figura 43.** Tapa de proa del tanque número 1 de babor fuera del agua, con la válvula para introducir aire instalada

Dado que la tapa de proa del tanque número 1 de babor había quedado fuera del agua, por la escora que tenía el buque, se quitó esta tapa y se instaló en lugar de la del tanque número 1 de estribor que había saltado. No obstante, durante el tiempo que estuvo abierto el tanque número 1 de estribor se vertió la mayor parte de su contenido al mar.

La embarcación ARRABASADA, se situó en la popa del buque hundido y comenzó a extraer el fuel de su interior con la ayuda de un *skimmer*.

### 6.4. Reflote del buque

El día 10 de septiembre de 2008 se solicitó a la empresa armadora un plan de reflote del buque y de lucha contra la contaminación.

Para el reflote del buque se fabricaron bridas con tubos de conexión y una válvula que, sustituyendo a las bridas existentes en las ventilaciones de los tanques, permitirían introducir aire en los tanques si fuese necesario.



**Figura 44.** Brida para introducir aire

Un equipo de buzos se encargó de comprobar la estanqueidad de los tanques y de instalar conexiones de aire en el pique de popa para proceder a su vaciado y permitir así reflotar la embarcación.

El día 11 de septiembre de 2008 se procedió a introducir aire en el pique de popa, controlando con un manómetro que no se generara una gran presión dentro del tanque. A los pocos minutos se comprobó que se perdía el aire.

Se realizó una prueba de extracción de fuel oil del tanque número 1 de estribor a través de su tubo de aireación, en la que se consiguieron extraer algo más de 2 m<sup>3</sup> de mezcla de fuel oil con agua de mar.

En una nueva comprobación, realizada por el equipo de buzos, se localizaron orificios por corrosión en el tubo de sonda del pique de popa. El tubo de sonda fue sustituido por un tubo telescópico.



Se descubrieron grietas en la cubierta, en la zona de la caseta de habilitación, que dejaban escapar gasóleo de los tanques de popa, y una grieta bajo el motor auxiliar de babor. Todas las grietas fueron tapadas con masilla.

Tras taponar todas las grietas localizadas, se procedió a inyectar nuevamente aire a presión en el pique de proa, observándose una salida masiva de aire por la popa. Inspeccionada de nuevo la embarcación, los buzos comprobaron que el aire salía por debajo del cintón en la zona del extremo de popa de babor. En ese punto se localizó una gran grieta que estaba bajo el cintón.

A requerimiento de la Administración, la empresa armadora y sus aseguradoras, contrataron para el reflote a la empresa SVITZER.

Taponada con masilla la última grieta, poco accesible al encontrarse bajo el cintón, se consiguió finalmente reflotar el buque el día 20 de septiembre de 2008.



Figura 45. Estado del buque tras su reflote



## Capítulo 7. RECAPITULACIÓN Y CONCLUSIONES

Se puede resumir todo lo expuesto en los siguientes puntos:

- La gabarra SAVINOSA se hundió en su amarre habitual del Puerto de Tarragona el 9 de septiembre de 2008, quedando la popa sumergida y la proa a flote.
- El buque estaba cargado con fuel oil y gasóleo a un 90% de su carga máxima y llevaba 20 t de agua de mar en el pique de popa.
- Analizando los posibles tipos de inundación que podía haber tenido el buque, en la situación de carga declarada, y comparando con la situación en la que se encontraba tras su hundimiento, se llega a la conclusión de que la causa del hundimiento fue la entrada masiva de agua en el pique de popa.
- En las inspecciones realizadas al buque se observaron distintas grietas en la estructura. En particular, una grieta grande bajo el cintón en la zona alta del extremo de popa de babor del pique de popa.
- Se puede comprobar que con la carga que llevaba el buque, según las declaraciones, existen muchas situaciones de carga en las que la grieta del pique de popa podía quedar sumergida. Con una de estas situaciones de carga se realizó una simulación del hundimiento, concluyendo que la inundación del pique de popa a través de la grieta que existía bajo el cintón produciría el hundimiento del buque en condiciones similares a las relatadas por su Capitán, concordando los tiempos y la situación final del hundimiento. De esta manera se corrobora que el hundimiento se produjo por la inundación masiva del pique de popa a través de la grieta bajo el cintón en el extremo de popa de babor.
- De la simulación se puede concluir que la variación de trimado que fue sufriendo el buque durante las primeras 9 horas del hundimiento no fue grande, por lo que no resultaba fácil percatarse de la inundación del pique de popa y el hundimiento de la embarcación, hasta que el ritmo de llenado del pique de popa fue alto y la variación del trimado con el tiempo aumentó significativamente.
- No se produjeron desgracias personales.
- La situación meteorológica era buena.
- La causa por la que se produjo la grieta fue, con toda probabilidad, una sobrecarga de operación debida a los contactos de la popa del buque con las defensas durante las maniobras de atraque y desatraque.
- La grieta del pique de popa no podía verse desde el exterior del buque ya que estaba debajo del cintón.
- Tras el hundimiento, el vertido de combustible al mar era pequeño y se debía a las pérdidas a través de los tubos de aireación.
- Pasadas unas 3 horas desde el hundimiento saltó la tapa de proa del tanque número 1 de estribor, produciendo un importante vertido de fuel oil al mar.
- Las causas por las que se abrió la tapa de proa del tanque número 1 de estribor fueron el mal estado de conservación de las palomillas de cierre y el mal ajuste de la tapa, que normalmente se realiza manualmente.
- Se declaró el Plan Nacional de Contingencias por Contaminación Marítima Accidental.
- La actuación coordinada de los distintos medios humanos y técnicos permitió controlar la mancha contaminante el 14 de septiembre de 2008.
- El barco consiguió ser reflotado el 20 de septiembre de 2008.



## Capítulo 8. RECOMENDACIONES

Para evitar accidentes como el ocurrido a la gabarra SAVINOSA se hacen las siguientes recomendaciones:

- La tripulación deberá asegurarse de comprobar la situación real de carga del buque tras cada carga y descarga y mantener actualizado el registro diario de sondas.
- Este tipo de buque debería llevar a bordo una lista de comprobación que se verificase periódicamente, manteniendo registro diario actualizado, y que al menos incorporase la comprobación de:
  - La estanqueidad de los elementos de cierre sobre la obra viva, y en particular las tapas de los tanques, incluido el estado de sus palomillas de cierre, y los tubos de aireación.
  - La situación de los calados del buque.
  - El estado del sistema de amarre.
- Evitar en las maniobras de atraque y desatraque sobrepasar las cargas admisibles de operación del buque.
- Disponer de defensas, tanto en los muelles como en los buques, correctamente diseñadas para el tipo de atraques y desatraques que se van a realizar.
- Mantener las defensas de los muelles y de los buques en perfecto estado de conservación para garantizar su eficacia.
- Efectuar frecuentemente controles rigurosos de las deformaciones que puedan causar grietas peligrosas en el casco del buque, y en particular en la zona del cintón.



## Anexo 1. COMPOSICIÓN DE LA COMISIÓN

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

### El Pleno

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

Tiene la siguiente composición:

- El Presidente, nombrado por el Ministro de Fomento.
- El Vicepresidente, funcionario de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento.
- Un vocal, a propuesta del Colegio de Oficiales de la Marina Mercante Española (COMME).
- Un vocal, a propuesta del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos (COIN).
- Un vocal, a propuesta de la Asociación Española de Titulados Náutico-Pesqueros (AETI-NAPE).
- Un vocal, a propuesta del Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR).
- Un vocal, a propuesta del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

- Un vocal, a propuesta de la Secretaría General del Mar del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Un vocal, a propuesta de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- Un vocal, a propuesta de la Comunidad Autónoma en cuyo litoral se haya producido el accidente, en este caso la de Cataluña.
- El Secretario, nombrado por el Ministro de Fomento. Participará en las deliberaciones del Pleno con voz pero sin voto.

### La Secretaría

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

La Secretaría está compuesta por:

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