

**UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCION DE NAUTICA, MAQUINAS Y RADIOELECTRONICA NAVAL**

**TRABAJO FIN DE GRADO
INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO**

**ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL
REFLOTAMIENTO DE BUQUES HUNDIDOS**

SARAY NIEMBRO ÁLVAREZ

JULIO 2015

DIRECTOR/ES

JOSÉ AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA

JUAN I. GÓMEZ GÓMEZ

D. José Agustín González Almeida, Profesor asociado del área de conocimiento de Construcciones Navales, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

D^a. Saray Niembro Álvarez, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: "ANALISÍS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL REFLOTAMIENTO DE BUQUES HUNDIDOS".

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

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

En Santa Cruz de Tenerife a 17 de julio de 2015.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Agustín González Almeida', with a long horizontal flourish extending to the right.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.

D. Juan Imeldo Gómez Gómez, Profesor Titular del área de conocimiento de Ciencias y técnicas de la Navegación, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

D^a. Saray Niembro Álvarez, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: "ANALISÍS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL REFLOTAMIENTO DE BUQUES HUNDIDOS".

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

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

En Santa Cruz de Tenerife a 17 de julio de 2015.



Fdo.: Juan Imeldo Gómez Gómez.

Director del trabajo.

ÍNDICE

TABLA DE ILUSTRACIONES	V
INTRODUCCIÓN	1
CAUSAS DE LOS ACCIDENTES MARÍTIMOS.....	3
¿QUIÉN PAGA? VARIABLES INFLUYENTES EN LOS COSTES.....	4
<i>Localización</i>	6
<i>El aumento del tamaño de los buques</i>	9
<i>Tratamiento del combustible</i>	10
<i>Escrutinio de los medios y la opinión pública</i>	10
<i>Los Acuerdos Contractuales</i>	11
<i>Influencia de las Autoridades</i>	12
EL PROCESO DE CONCURSO DE OFERTAS PARA LA OPERACIÓN.....	15
ACCIONES INMEDIATAS TRAS UNA VARADA	17
SISTEMAS DE REFLOTAMIENTO DE BUQUES.....	30
Reflotamiento con aire comprimido.....	32
Remoción parcial dejando parte del buque en el lugar.....	43
Arrastre hacia el fondo	46
Desmantelamiento en el lugar con explosivos.....	49
Parbuckling.....	51
Remoción por partes seccionando in situ el buque	55
Reflotamiento completo con grúas	58
USO DE BUQUES AHTS PARA REFLOTAMIENTO	61
CONCLUSIÓN	65
BIBLIOGRAFÍA.....	68

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Causas de Siniestros Marítimos entre 2000 y 2010. Fuente: Lloyd's ..	3
Ilustración 2. Bases de maquinaria para levantamientos pesados. Fuente: Lloyd's .	6
Ilustración 3. Localización de compañías de salvamento. Fuente: International Salvage Union	8
Ilustración 4. Bombeo tanques del Rena. Fuente: Maritime New Zealand.....	10
Ilustración 5. Amarre al remolacor. Fuente: ABS	24
Ilustración 6. Aparejo y brida estilo Liverpool. Fuente: ABS	24
Ilustración 7. Maniobra de Wrenching. Fuente: ABS	25
Ilustración 8. Diagrama de sistema ideado por J. W. Church. Fuente: Ship Structure Committee	27
Ilustración 9: Sistema Aiura. Fuente: SSC.....	28
Ilustración 10: Válvulas Aiura. Fuente: SSC.....	28
Ilustración 11: Sistema de reflotamiento Mayers. Fuente: SSC.	29
Ilustración 12: Sistema de bolsas de aire, para reflotar buque. Fuente: Qingdao Eversafe Marine Engineering.....	34
Ilustración 13: Sistema de bolsas de aire. Fuente: Qingdao Eversafe Marine Engineering.....	36
Ilustración 14: Reflotamiento Angeln. Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method of Work. Miami.....	37
Ilustración 15: Reflotamiento Angeln. Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method of Work. Miami.....	38
Ilustración 16: Reflotamiento Angeln- Final. Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method of Work. Miami.....	39
Ilustración 17: Imagen real Reflotamiento Angeln. Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method of Work. Miami.....	40
Ilustración 18: Imagen real Reflotamiento Angeln. Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method of Work. Miami.....	40
Ilustración 19: Imagen real Reflotamiento Angeln. Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method of Work. Miami.....	41
Ilustración 20: Esquema granelero California hundido. Fuente: Mammoet Salvage.	44
Ilustración 21: Reflotamiento del buque California. Fuente: Mammoet Salvage....	44
Ilustración 22: Cadena con Winches tipo Skagit. Fuente: Mammoet salvages	45
Ilustración 23: Grúa de elevación Gagah. Fuente: Mammoet salvage.	46
Ilustración 24: Rescate del buque Rena. Fuente: Maritime New Zealand.	48
Ilustración 25: Barcaza Margaret cargada. Fuente: Cargolaw.com	49
Ilustración 26: Barcaza Margaret volada después de estar varada en la costa de Sudáfrica seis meses. Fuente: Caters News Agency.....	50
Ilustración 27: Reflotamiento del USS Oklahoam en la bahía de Pearl Harbor. Fuente: Pearl Harbor Memorial	51
Ilustración 28: Fases de reflotamiento del Costa Concordia. Fuente: Don Foley....	53
Ilustración 29: Esquema reflotamiento Costa concordia. Fuente: theparbucklingproject.com.....	54
Ilustración 30: Esquema de fractura del MSC Napoli. Fuente: royalsocietypublishing.org.....	56
Ilustración 31: Esquema de fractura del MSC Napoli. Fuente: royalsocietypublishing.org.....	57

Ilustración 32: Bergantín Astrid. Fuente: latabernadelpuerto.com	58
Ilustración 33: Bergantín Astrid embarrancado. Fuente: La Opinión de Tenerife..	59
Ilustración 34: Recuperación del Astrid por la compañía Blue Ocean. Fuente: atantictowage.com	60
Ilustración 35: Buque Damen AHTS. Fuente: World Maritime News.....	64
Ilustración 36: Operativa buque AHTS. Fuente: Elaboración propia.	64

INTRODUCCIÓN

Que un barco toque fondo y quede inmovilizado suele ser resultado de una concatenación de sucesos. El comienzo del problema puede deberse al mal tiempo, a una avería, a un error humano o a una conjunción de todo ello. Una sucesión de malas actuaciones es en algunos los casos lo que aboca finalmente al desastre. El oficial de guardia es el que debe conocer los procedimientos a seguir en caso de emergencia, y actuar del mejor modo para mantener la seguridad del buque, su tripulación, su carga, y, en su caso, a los pasajeros. Cuando todo falla, el buque queda varado o embarrancado, o se hunde.

Se debe considerar si los restos del buque pueden ser retirados del lugar con seguridad o hay riesgo de vertido de la carga. En muchos casos es precisamente su manejo la parte del proceso que presenta más problemas, pudiendo suponer operaciones complejas y duraderas. Las variables de la carga son: su riesgo de contaminación, su estado, su peligro potencial y su valor económico. Productos que pueden parecer inocuos se pueden volver peligrosos al ponerse en contacto con agua. También existe la posibilidad de vapores o gases tóxicos. No se debe obviar que elementos corrosivos, como ácidos, deben descargarse a tanques especiales de acero inoxidable. Se tiene muy en cuenta la naturaleza de la carga para analizar cuál será el destino de esta, si lo mejor es una echazón o un trasvase.

El aumento de tamaño en los buques, una mayor conciencia social de protección del medio ambiente, y el avance de la tecnología han incrementado el índice de reflotamientos exitosos en condiciones extremas, que hace muy poco tiempo nos hubiesen parecido imposibles.

La gran mayoría de los buques accidentados son casos de salvamento, lo que quiere decir que son remolcados o reflotados, reparados, y devueltos al servicio normal. Pero en algunos casos la complejidad, coste del salvamento y reparaciones necesarias lo hacen imposible. El accidente se declara siniestro total; los consiguientes costes de remoción del buque accidentado son igualmente muy altos. Se puede tratar (desguazar) en el propio lugar, pero muchas veces debe ser retirado en el estado en que está. Para remolcar el buque siniestrado a otro lugar,

antes se debe recuperar su estabilidad. La magnitud de este tipo de operaciones requiere a menudo el desarrollo de grandes proyectos de ingeniería.

En este trabajo se intentará analizar la función de todas las partes al producirse un accidente marítimo con el resultado de una varada o hundimiento, en el que se haga necesaria la remoción de los restos del buque siniestrado. Estas partes son principalmente el armador, la compañía aseguradora, la compañía contratista del proyecto de remoción del buque varado y las Autoridades del Estado ribereño.

Primero, se explicarán los procesos seguidos normalmente al quedar un buque varado o embarrancado, desde los intentos de la tripulación para liberarlo y las primeras fases de salvamento hasta los procesos de remoción de restos cuando el salvamento del barco ya no es posible, uniéndose el estudio al de reflotamiento de buques hundidos. Se introducirá la legislación relevante y la cadena de responsabilidades. En la parte central del trabajo se estudiarán distintos métodos de reflotamiento, y se analizarán varios ejemplos reales. Para terminar, se analizará una posible innovación y se propondrán recomendaciones desarrolladas a partir de los casos analizados y metodologías de trabajo empleadas en la actualidad.

CAUSAS DE LOS ACCIDENTES MARÍTIMOS

En los últimos 30 años se ha producido un gran avance en la seguridad operacional y del buque. La causa primera de más del 75% de los accidentes marítimos, y por tanto de las varadas, sigue recayendo en el factor humano. En el factor humano entran la fatiga, mala comunicación, falta de conocimientos técnicos y de familiaridad con los sistemas del buque, malas maniobras y mantenimiento deficiente. También una mala ejecución de los procedimientos, como no declarar carga peligrosa, acabando en fuego y explosión, caso del Hyundai Fortune en el 2006.

Avances, como el ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) o el VTS (Vessel Traffic Management) ayudan en la prevención de siniestros. De todas formas, armadores y operadores son partidarios de contar con personal competente a bordo para asegurarse de evitar accidentes.

La edad del buque también es un factor a tener en cuenta, siendo los barcos más antiguos más propensos a sufrir accidentes. A lo largo de su ciclo de vida, los estándares van disminuyendo a medida que el buque pasa a manos de operadores de menos calidad, o a encontrarse bajo una administración de los fondos del buque donde el armador no destina una parte del presupuesto suficiente para un buen mantenimiento.

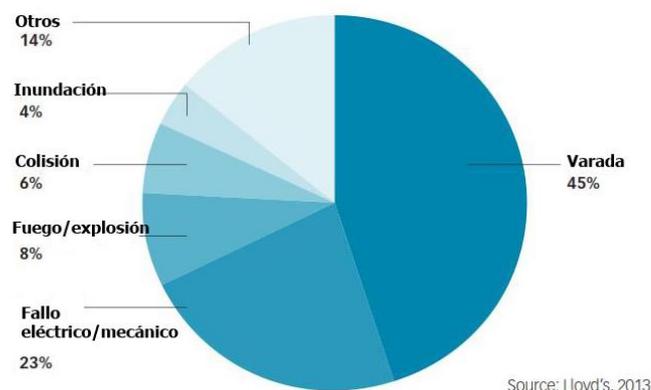


Ilustración 1. Causas de Siniestros Marítimos entre 2000 y 2010. Fuente: Lloyd's

En la figura se pueden observar las causas de siniestros marítimos entre los años 2000 a 2010. El 45% son casos de varada y embarrancamiento.

¿QUIÉN PAGA? VARIABLES INFLUYENTES EN LOS COSTES

Normalmente, el coste del tratamiento de un buque que ha de ser rebotado recae sobre el llamado P&I Club (Protection and Indemnity Club), del que el armador es miembro. Un P&I Club es una asociación de aseguramiento que cubre los riesgos que las compañías aseguradoras son reacias a incluir, normalmente responsabilidades a terceros: contaminación, daños por parte del transportista a la carga propiedad de un tercero, guerras, etc. Cubren lesiones a tripulación y pasajeros, daños a estructuras fijas y objetos flotantes, y los gastos de remoción y por contaminación.

No son organizaciones que busquen beneficio económico. Están controladas por sus propios miembros y administradas por una empresa gestora. El funcionamiento de los P&I Clubs es el siguiente: los miembros contribuyen anualmente a un fondo común, al que se recurre cuando es necesario. Si el fondo es insuficiente, se pide a los miembros que completen el capital requerido para un determinado caso. Si hay un fondo excedente resultante de un año, o se devuelve la parte sobrante o se carga menos el año siguiente.

Existen 13 P&I Clubs principales, asociados en un Grupo Internacional, que cubren el 90% del tonelaje de la flota mundial.

Los Clubs dentro de este Grupo son competidores en el negocio, pero tienen un acuerdo de mancomunación para compartir las pérdidas en los casos mayores. Además, están co-asegurados o re-asegurados por una compañía de seguros "cautiva" (*captive*). Esta figura es una compañía creada con el objetivo específico de asegurar los riesgos generados en su grupo origen. La aseguradora *captive* ligada al Grupo Internacional se llama Hydra Insurance Company Limited.

En la actualidad, el coste de las retiradas de buques varados y embarrancados más caros excede la cantidad máxima que los fondos de estos Clubs contienen, por lo que se hace cada vez más habitual que los socios tengan que afrontar los sobrecostes, añadiendo presión en la capacidad del cluster de aseguradoras.

Los recientes casos del Rena y el Costa Concordia han repercutido en el funcionamiento de los P&I Clubs. Las pérdidas resultantes de ellos, combinadas con las del Bireli, embarrancado en el Mar de China en el 2012, ascienden ya a más de 800 millones de dólares. Estas pérdidas van a tener un impacto en el funcionamiento de los P&I Clubs, sus acuerdos con los miembros y el sistema de aseguración actual.

El Grupo Internacional de P&I Clubs ha analizado el incremento de coste de las operaciones de salvamento y remoción de buques varados en la última década. Sus conclusiones establecen que esta escalada de costes es resultado de los requerimientos cada vez más exigentes de las Autoridades de los Estados ribereños. Los avances tecnológicos y de la ingeniería permiten eliminar potenciales contaminantes de, por ejemplo, un buque naufragado en aguas profundas. Las nuevas posibilidades suponen una presión para que estas operaciones se hagan efectivas, a veces sin tener muy en cuenta su elevado coste. Las Autoridades del Estado ribereño ejercen una gran influencia en este tipo de actividades. Cuestiones políticas pueden tener un efecto significativo en las operaciones. Un ejemplo es que en alguna ocasión se ha forzado la contratación de empresas locales para la operación, cuando hubiese sido preferible una organización internacional con más bagaje.

La preocupación por la protección del medio ambiente es significativamente mayor ahora que hace dos décadas. En muchas zonas del mundo hay una actitud de tolerancia cero hacia cualquier tipo de contaminación por parte de un buque. El público general y los políticos no aceptan el impacto de un accidente marítimo, incluso aunque este efecto sea únicamente visual, y no haya riesgo de emisiones nocivas. Los medios de comunicación y los grupos ecologistas añaden aún más presión.

Un buque varado irrecuperable podría simplemente dejarse en el lugar, como se hace casi siempre con buques naufragados en lugares alejados de la costa, o cuando su retirada es compleja y no revisten peligro. Sin embargo, lo más probable es que las Autoridades quieran que sea retirado en cualquier caso. Por supuesto, si los restos representan un peligro para otros buques y su navegación, o si su carga y

combustible amenazan el entorno medioambiental, siempre se exigirá su remoción.

El Grupo Internacional de P&I Clubs ha realizado un análisis sobre los 20 casos más costosos de la última década asegurados por los Clubs. El coste total de estos 20 casos asciende a más de 2100 millones de dólares (y se incrementará aún más, ya que algunos de estos casos están aún resolviéndose).

Los resultados preliminares muestran que los factores influyentes en el coste de las operaciones de salvamento y reflotamiento de buques son los siguientes:

- Localización
- Acuerdos contractuales
- Impacto de la retirada de la carga en buques contenedores
- Operaciones de retirada del combustible
- Influencia en el proceso del Gobierno y otras autoridades

A continuación, se exponen algunos de los elementos que explican el alto coste de este tipo de proyectos.

Localización

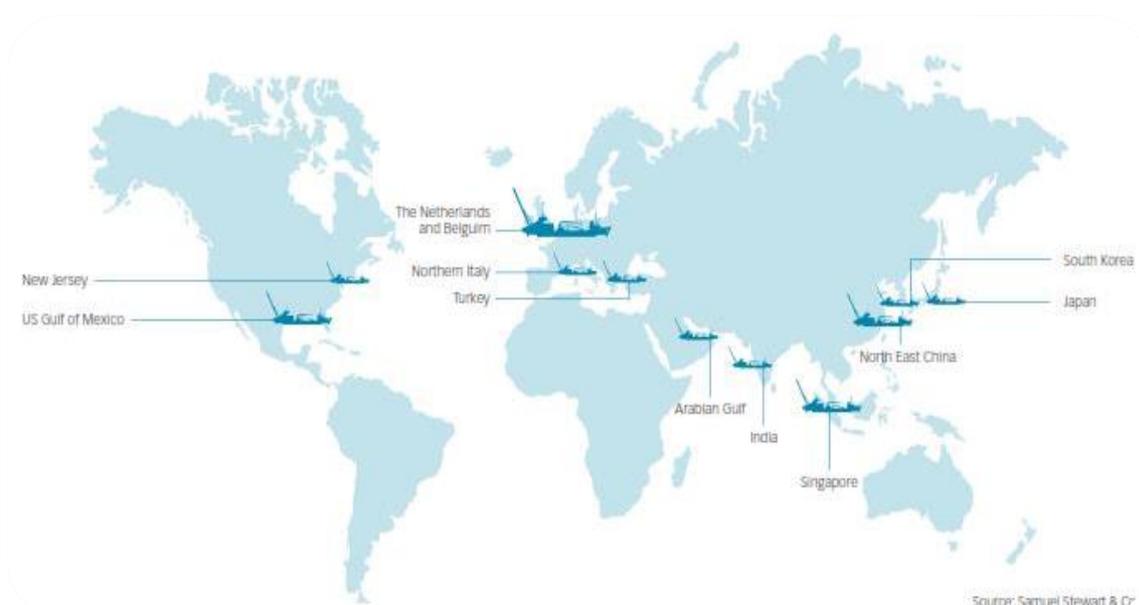


Ilustración 2. Bases de maquinaria para levantamientos pesados. Fuente: Lloyd's

La zona geográfica influye en la duración, complejidad y coste de la remoción de los restos del accidente. Tienen importancia tanto la jurisdicción y actitudes de las autoridades del estado ribereño como la proximidad a los mayores centros de navegación, donde se encuentran recursos para salvamento y maquinaria pesada. Los expertos y cierto equipamiento pueden ser acercados al lugar del accidente por aire rápidamente, pero la maquinaria pesada necesaria a veces puede ser escasa y no apropiada para su transporte marítimo. Además, la disponibilidad del equipo no está garantizada en todo momento, ya que también se utiliza para instalaciones offshore y en el sector de la energía. Suponiendo que este equipo esté disponible, se requerirán remolcadores de altura para llevarlos hasta el lugar del accidente, lo que representa un incremento en los costes y en el tiempo de actuación.

En el caso del Rena, acontecido en Nueva Zelanda, la situación más cercana de la maquinaria necesaria se encontraba en Singapur, produciéndose un retraso de 6 semanas. El mal tiempo durante ese periodo causó un empeoramiento de la situación.

Si hablamos de las características de la zona del accidente, es la naturaleza del suelo la que juega un papel clave. Un buque varado en aguas someras con un fondo arenoso reviste menos riesgos que un embarrancamiento en un arrecife rocoso rodeado de aguas profundas (caso del Rena). Además, en el caso del delicado coral, cualquier movimiento del buque, maquinaria o anclas causará grandes daños.

La zona Polar es un caso especial. Una varada o naufragio son improbables por dos razones. Primera, que el tráfico es aún escaso, aunque en el futuro cercano irá aumentando considerablemente. Y segunda, que los buques que utilizan la Ruta del Mar del Norte, en el Ártico, van bien controlados por los Estados Ribereños, sobre todo Rusia, y en todos los casos, por ahora, escoltados por rompehielos.

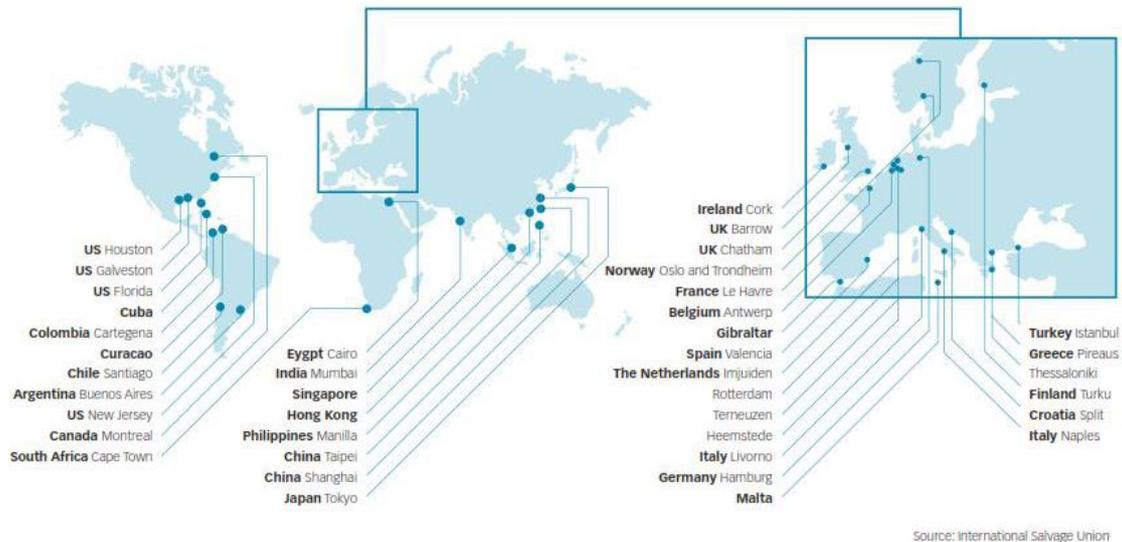


Ilustración 3. Localización de compañías de salvamento. Fuente: International Salvage Union

En el improbable, aunque posible caso de un vertido, varada o naufragio, un salvamento o remoción serían complicados en el Ártico. El frío extremo, el hielo y la escasez de personal y equipamiento especializados en este tipo de condiciones obstaculizarían cualquier operación.

La industria del gas y del petróleo sigue creciendo, y cada día hay más interés en el “paso norte”. Esto hace aumentar la preocupación por la falta de medios y planes de acción.

También tienen importancia las condiciones climáticas y meteorológicas: si se trata de una zona expuesta o abrigada, vientos, olas y corrientes que puedan comprometer la estabilidad.

Por último, si los restos de un accidente se encuentran en un lugar donde interrumpen el transporte y el comercio, su remoción es más urgente.

El aumento del tamaño de los buques

Los VLCCs y ULCCs se utilizan desde hace más de 30 años, mientras que otros tipos de buques siguen incrementando su tamaño cada vez más. Casi todas las categorías de buques tienden a seguir con dicho aumento, con la limitación de los canales de Panamá y Suez y de las infraestructuras de los puertos. Los relativamente nuevos VLOCs (Very Large Ore Carriers) tienen un desplazamiento de alrededor de 400 000 toneladas. Buques de este tamaño siguen siendo poco comunes, pero el número de graneleros de más de 80 000 toneladas ha crecido significativamente.

Los buques de pasaje también siguen aumentando. El crucero más grande del mundo, el Oasis of the Seas, tiene 225 282 toneladas de desplazamiento. El número de buques de pasaje mayores de 100 000 toneladas de peso bruto ha aumentado en un 50% desde el año 2007.

El caso más notable de aumento de tamaño son los buques de contenedores. La combinación de su gran tamaño con la complejidad para el tratamiento de los contenedores en caso de siniestro hacen las operaciones relacionadas con este tipo de buques las más difíciles. El proceso de retirada de los contenedores de las cubiertas inferiores en un containero escorado es lento y dificultoso. Puede llevar meses.

El avance de la industria de salvamento no va a la par con el aumento de los buques. Las técnicas, maquinaria y experiencia no se desarrollan a la misma velocidad. Un barco grande es más difícil de salvar. Y un gran buque varado o hundido normalmente tendrá mucha carga en su interior, lo que llevará más tiempo a la hora de manejarla. El equipo y la maquinaria pesada que se necesitarán no estarán siempre disponibles inmediatamente.

Tratamiento del combustible

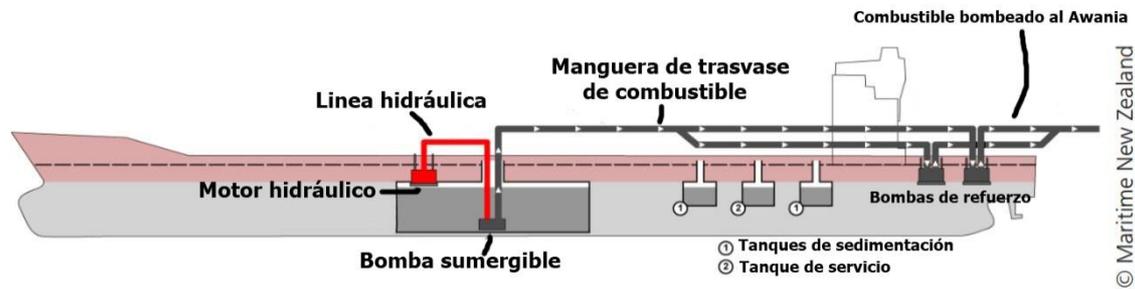


Ilustración 4. Bombeo tanques del Rena. Fuente: Maritime New Zealand

En muchos casos, los hidrocarburos remanentes en los tanques de combustible son la mayor posible fuente de contaminación, y a veces también de los costes, que cada año son mayores; por ejemplo, el vaciado de los tanques de combustible del Costa Concordia costó casi 20 millones de euros. En la imagen se ilustra la operación de bombeo de los tanques del Rena.

Escrutinio de los medios y la opinión pública

Los accidentes marítimos de grandes petroleros son los que se hacen más famosos por su impacto visual y repercusión a largo plazo. Todo el mundo conoce los casos del Exxon Valdez, el Prestige... Pero otros tipos de carga también pueden suponer daños para el medio ambiente. Productos químicos, carbón, productos refinados, o el daño físico que el buque pueda causar en el lugar del accidente también son potenciales fuentes de riesgo.

La continua vigilancia de los medios de comunicación supone una fuente de presión para todas las partes implicadas en el accidente. Un examen profundo por parte de la opinión pública se irá produciendo a la par que los avances en la operación, desde el accidente hasta las últimas fases del proyecto. Cuanto más importante es el accidente, más intenso será este escrutinio.

Así todo, este nivel de cobertura periodística tiene sus ventajas. Puede aprovecharse para comunicarse, explicar las acciones y crear confianza entre el público ante el procedimiento seguido.

En la era de la información, es frecuente que testimonios y fotografías de un accidente en un remoto lugar del mundo empiecen a circular mucho antes que los medios de comunicación lleguen a la zona. La información no oficial se extiende rápidamente, provocando que se comiencen a generar opiniones y muy pronto se cree un gran impacto.

Los armadores deben tener en cuenta que en caso de accidente grave tienen que estar preparados para una comunicación efectiva, tanto con las Autoridades como con los representantes del público en general.

Según Lloyd's, en los estados más primarios de una operación, una comunicación pobre, defensiva o evasiva puede minar la confianza de las Autoridades en el cuerpo actuante.

Los Acuerdos Contractuales

Los contratos para estas operaciones de intento de salvamento se caracterizaban por ser normalmente del tipo “no cure, no pay” (sin éxito no hay pago), según la Convención Internacional sobre Salvamento Marítimo de 1989. Esto quiere decir que la compañía de salvamento, a la hora de ofrecerse para la intervención de intentar salvar el buque, asumía el riesgo de no cobrar si la operación fracasaba. En caso de éxito, el pago se hacía sobre la base del valor del buque y la carga salvada, y teniendo en cuenta la peligrosidad y complejidad de la operación. Esta filosofía funcionaba en muchos casos, pero no tenía en cuenta los factores de contaminación. Una compañía de salvamento de buques que hubiese prevenido una contaminación importante, por ejemplo remolcando un buque tanque accidentado lejos de un área con un entorno sensible, no recibiría ninguna compensación si no consiguiera salvar finalmente el buque o su carga. Esta era la razón por la que las compañías no se sentían motivadas para intentar un salvamento en los casos con menos posibilidades de éxito.

Se introdujeron entonces modelos de contrato adicionales; además del tipo “no cure, no pay”, aparecieron contratos que establecían un pago por días de trabajo y otros por etapas de la operación completadas. En el caso de acordar un precio fijo,

la empresa a cargo de la operación asumía un riesgo considerable, ya que en este tipo de operaciones son comunes imprevistos que disparan el precio, o retrasos debido al mal tiempo que alargarían la operación sin compensación para el contratista. En el primer caso, la aseguradora no tenía ningún control sobre el coste final, debido a que la duración de la operación podía extenderse indefinidamente. Con el fin de evitar estos problemas, en el año 2010 BIMCO editó tres modelos de contrato entre la aseguradora y el contratista para evitar que ninguna de las dos partes se hallara desamparada. Esos tres contratos estándar cubren la gran mayoría de tipos de casos que se pueden dar. El más utilizado es el contrato tipo *Wreckstage*. La idea es alentar a los contratistas a que completen la operación en un tiempo acordado. Se les paga una tarifa diaria y se establecen fases. Si la empresa termina una fase de la operación dentro del plazo acordado, se le paga un bonus. Si se retrasa, no obtiene ningún bonus y además se reduce su tarifa diaria. A eso se añade un acuerdo de arbitraje neutral en caso de disputa, ya que la toma de decisiones en el lugar deberá ser rápida.

Influencia de las Autoridades

El alto nivel de atención periodística, y también la influencia de las ONGs, pueden incrementar la presión sobre los políticos y la Autoridades, que quieren hacer ver que responden al accidente de una forma rápida y firme. El Large Casualty Working Group ha identificado tres casos en los que la influencia de las Autoridades ha sido el factor que más ha incrementado el precio del proyecto: el Costa Concordia, el MSC Napoli y el Rena. El caso más evidente es el del crucero Costa Concordia. La opción de cortarlo en secciones *in situ* hubiese sido considerablemente menos costosa que el *parabuckling* (giro sobre sí mismo para enderezarlo) y rebotamiento. No obstante, la preocupación por el posible daño al entorno hizo que el comité encargado de estudiar la situación, que incluía a las Autoridades italianas, prefiriese la opción de practicar la remoción del buque completo.

Otro claro ejemplo es el embarrancamiento en 2012 del Ocean Breeze en la costa de Chile. El buque llevaba 36 000 toneladas de grano. Los equipos de actuación

llegados rápidamente por aire indicaron que lo más conveniente sería aligerar el buque mediante una echazón de la carga para permitir un reflotamiento inmediato. Sin embargo, las Autoridades tomaron como prioridad la extracción del combustible, y requirieron que el grano fuese sacado de las bodegas con extremo cuidado. Las características del lugar y las malas condiciones meteorológicas hicieron que acercar buques para el aligeramiento fuese complicado, lo que significó que la carga tendría que ser descargada a tierra. Debido a la duración de la operación estimada y a su coste, el buque fue declarado siniestro total.

Las Autoridades también pueden influir en la decisión de qué hacer con los restos del naufragio o la varada. A veces existe legislación nacional. Por otra parte, la Convención de Londres sobre la Prevención de Contaminación Marina por Vertido de Deshechos y Otras Materias (1972) y su Protocolo de 1996 también ofrecen una guía para las decisiones de las Autoridades.

En algunos casos, cada vez más infrecuentes, las Autoridades pueden permitir que un buque embarrancado o naufragado pueda ser llevado hacia aguas profundas y preparado para dejarlo allí sin peligro para la navegación, fauna y flora, submarinistas y medio ambiente, habiendo sido limpiado de sustancias contaminantes. Esto se hace con relativa frecuencia en el Golfo de México, pero lo más común es llevarse los restos a otras zonas para su reciclaje.

En el momento en que un buque queda varado, el desarrollo preferible de los acontecimientos es que una intervención rápida y efectiva permita que dicho buque y su carga puedan ser salvados, y así, después de un posible remolque y una eventual reparación, el barco pueda ser devuelto al armador y retome el servicio.

El sistema utilizado en el Reino Unido es un ejemplo a seguir al enfrentarse a situaciones de buques accidentados. Consiste básicamente en la implantación de una autoridad marítima capaz, consistente en un individuo único independiente y de carácter permanente. El actual mando SOSREP, desde enero de 2008, es Hugh Saw. Se ha ocupado del accidente del MSC Napoli y del MV Riverdance, entre muchos otros.

La función del SOSREP (*Secretary of States Representative for Maritime Salvage and Intervention*) es la eliminación o reducción de los riesgos para la seguridad, la propiedad y el medio ambiente británico provenientes de accidentes que impliquen buques, plataformas fijas o flotantes o estructuras submarinas. El ámbito de acción del SOSREP incluye las aguas territoriales (12 millas) del Reino Unido en cuanto a cuestiones de seguridad, y su Zona de Control de Contaminación (200 millas o la línea media de separación marítima con los estados colindantes) para asuntos de contaminación. El sistema fue creado en el año 1999 como consecuencia de varios desastres marítimos en los años anteriores, siendo el caso del Sea Empress en 1996 el que prendió la mecha. En su creación se especificaron cuatro áreas de actividad:

1. **Búsqueda y rescate:** Preservación y salvación de la vida en el mar.
2. **Salvamento:** Todas las actividades relacionadas con el salvamento y remoción de buques y elementos que puedan afectar negativamente al medio ambiente.
3. **Limpieza en el mar:** Actividades dirigidas a la contención y tratamiento de vertidos de fuel u otros contaminantes.
4. **Limpieza en la costa:** Actividades dirigidas a la contención y remoción de hidrocarburos y otros contaminantes arrojados a la costa.

Según el impulsor del SOSREP, Lord Donaldson, este organismo debe poder actuar libremente en nombre del Estado, de una forma independiente y sin necesidad de recurrir a una autoridad superior: *“No lo podemos decir más claro, aun cuando el Ejecutivo y los Ministros son los últimos responsables de las decisiones del SOSREP, mientras las operaciones están en progreso sólo pueden o apoyarlo o despedirlo”*.

El modelo SOSREP destaca por una visión global de la emergencia marítima: búsqueda y rescate, salvamento, respuesta en la mar y respuesta en tierra. Y consigue la integración/coordiación de los medios de respuesta para cada secuencia de la respuesta y la diligencia en la toma de decisiones. Es decir, un mando técnico único, tres criterios de activación, gestión circular retroalimentada y sin injerencia política durante las operaciones.

EL PROCESO DE CONCURSO DE OFERTAS PARA LA OPERACIÓN

Cuando un buque queda inmovilizado y se necesita un proyecto de reflotamiento, se hace pública una invitación para que las posibles compañías contratistas lo propongan. Estas compañías harán llegar al lugar equipos de expertos para analizar las condiciones del buque y las características del fondo donde está varado. Se envían buzos, capitanes de salvamento, surveyors, ingenieros navales y expertos en medio ambiente. Además, se pueden necesitar buques de salvamento, botes para observación, e incluso helicópteros, para realizar estudios cartográficos y batimétricos. Por consiguiente, el coste para simplemente concursar para la realización del proyecto puede ser muy elevado. Como ejemplo, una de las compañías concursantes para el proyecto de remoción del Costa Concordia invirtió 500 000 € para el desarrollo de su propuesta, que al final no fue elegida. Las empresas no son compensadas por esta inversión aunque no sean elegidas para la ejecución del proyecto, por lo que pueden decidir no concursar con ninguna propuesta.

Un plan de retirada de un buque varado debe ser desarrollado desde el punto de vista de la ingeniería. El proyecto deberá ser económico, seguro, y contar con el visto bueno de las autoridades. Dependiendo de muchos factores, podrán ser necesarios planes y cálculos complejos, o la solución saltará a la vista desde el primer momento.

Desde el punto de vista de la ingeniería, se deben tener en cuenta:

- La estabilidad del buque
- Su integridad estructural
- La naturaleza del fondo donde yace

También es necesario tener en consideración el factor medioambiental, el contenido de los tanques de combustible y la posibilidad de existencia de sustancias nocivas o peligrosas.

Finalmente, se debe estudiar la disponibilidad de maquinaria, equipamiento, y la proximidad buques de apoyo con los que se pueda contar.

La decisión de seguir o no con el intento de salvamento recae sobre el armador, sus asesores y sus aseguradores. Se compara el coste estimado del proyecto de salvamento y reparación con el valor del buque. Si el coste aproximado de la operación la hace antieconómica, el buque se declara como CTL (constructive total loss). No todos los CTLs son ruinas totales. El casco puede tener un considerable valor para chatarra, y en algunos casos el buque puede incluso mantener su flotabilidad. En cambio, si el buque es declarado como ATL (actual total loss), el armador redactará una Declaración de Abandono (Notice of Abandonment), y la aseguradora del casco tendrá la responsabilidad de pagar por el valor asegurado del casco, siendo el buque una pérdida total.

Es cuando se requiere la remoción del buque perdido cuando entra en acción el P&I Club, siempre que, por supuesto, el armador pertenezca a uno.

Con mucha frecuencia es necesario extraer del buque accidentado el combustible de los motores principal y auxiliar, por ser los hidrocarburos en muchos casos la fuente de la mayor amenaza de contaminación. Los tanques de combustible de un buque pueden contener miles de toneladas de fuel. Al extraer el combustible, la prioridad es que no se produzcan fugas o vertidos. Puede ser necesario instalar tuberías y/o sistemas de calefacción temporales. Si el buque está a una cierta profundidad, se puede usar el *hot tapping*, que consiste en taladrar los tanques de combustible para introducir sondas y mangueras para sacarlo. La extracción del combustible, también a cuenta del P&I Club, puede suponer una gran parte del coste del tratamiento del buque siniestrado.

ACCIONES INMEDIATAS TRAS UNA VARADA

En una varada debemos tener muy en cuenta la naturaleza del fondo. En un fondo fangoso, la hélice podría estar bloqueada y las tomas de refrigeración obturadas. El buque quedaría intacto. El procedimiento sería el traslado de pesos para cambiar el asiento e intentar anular el efecto ventosa.

Para un fondo rocoso, si por fortuna no hubiese vías de agua, daremos atrás y desplazaremos pesos para levantar la sección varada. Podría ser recomendable echar carga al mar. En caso de avería se intentará la echazón de objetos pesados.

Si el buque ha quedado varado por la bajada de la marea, su reflotamiento podría ser posible durante la pleamar.

Si tenemos los datos del buque en un programa al efecto o en una hoja de Excel preparada para este tipo de cálculos, rápidamente podremos hacer una simulación de condiciones para tomar una decisión fundada. En muchos casos el reflotamiento es efectivo simplemente trasladando pesos para elevar la zona que está tocando el fondo, al cambiar el asiento o la escora. Estas acciones combinadas con la ayuda de remolcadores pueden ser suficientes, quedándose el acontecimiento en la categoría de incidente.

El manual de salvamento de la Armada de Estados Unidos (US Navy Salvage Manual) contiene información sobre acciones iniciales tras un siniestro, respuestas a vertidos de hidrocarburos, operaciones en aguas profundas... El capítulo 6 del volumen 1 lleva por título *Operaciones para reflotar buques varados*. En él se exponen listas de tareas a realizar desde el primer momento de una varada, tanto para la tripulación del buque como para los coordinadores del salvamento. También expone técnicas para la resolución de la situación, como configuraciones de cabos y remolcadores y aplicaciones del ancla.

Distingue tres fases en las operaciones de reflotamiento:

- **Fase de estabilización:** consiste en los pasos seguidos para prevenir más daños, como que el buque embarranque más profundamente o que se parta.

Dentro de esta fase se incluye la recolección de información útil para la operación y el desarrollo del plan.

Una correcta actuación inmediata tras la varada por parte de los oficiales puede facilitar y abaratar el rescate. Una serie de acciones equivocadas puede resultar en un empeoramiento de la situación y poner en compromiso la seguridad del buque y su tripulación.

Actuar impulsivamente al quedarnos varados es un error. Dar todo atrás podría resultar en una rasgadura de la obra viva si el fondo es de piedra, o en un mayor atoramiento del buque si el fondo es de arena o fango. Las acciones recomendables a realizar inmediatamente son:

Sintonizar con las estaciones de emergencia, hacer lo posible para asegurar el máximo grado de estanqueidad (si hay alguna vía de agua se pondrán en funcionamiento las bombas de achique, se taparán aberturas, etc.), mostrar la señalización adecuada y notificar a centros de salvamento y autoridades pertinentes.

En todo caso, cuando un barco queda varado, se debe hacer un rápido análisis de la situación para decidir sobre la posibilidad de una liberación con los medios del propio buque. Se deberá evaluar:

- Integridad de la tripulación
- Condición y predicción meteorológica
- Flujos de marea
- Naturaleza del fondo, línea de costa y profundidad del agua alrededor del buque
- Daños
- Riesgo de daños adicionales
- Perspectivas de poder mantener la comunicación
- Contaminación ocurrida y potencial
- Asiento y calados

De igual modo, el manual expone lo que *no* hay que hacer: se refiere sobre todo a echazón de carga sin realizar ningún tipo de cálculo de las consecuencias en un intento de aligerar el buque. Esto resulta generalmente en que el barco sea arrastrado hacia la orilla por las olas, la corriente y el viento. Además, si el aligeramiento del peso hace que el centro de gravedad suba, la estabilidad se verá comprometida.

Si la evaluación de daños demuestra que el buque no se partirá ni se hundirá ni dará la vuelta, se puede intentar salir usando la máquina en la siguiente marea alta. En caso de que no se pueda salir en un instante, la máquina debería quedarse en stand-by lista para su uso inmediato si es necesario.

Podemos encontrarnos con el caso de que una cabeza del buque esté fija en la zona de la varada y la otra cabeza haya quedado libre a merced del mar. Esto constituye un gran riesgo para la integridad estructural del buque (caso del Rena, en Nueva Zelanda, expuesto posteriormente). Un buen uso de máquina y timón puede reducir las tensiones. También es adecuado el uso de botes y remolcadores para sostener la parte del buque del lado del mar, o cabos a rocas o puntos fijos. Otra posibilidad es lastrar o inundar compartimentos para aumentar la superficie del punto de varada si esto es necesario por razones estructurales.

Los equipos de acción que se dirigen al buque varado deben informarle de su hora estimada de llegada, aconsejar tareas que pueden ir realizando, por ejemplo las expuestas anteriormente, y pedir información específica sobre las condiciones del buque. Habiendo obtenido información, se puede comenzar con el desarrollo del plan de reflotamiento. La información que se suele pedir es la siguiente:

- Situación precisa del lugar de la varada
- Calados de salida del último puerto y hora aproximada de la varada
- Calados a proa, popa y centro tras la varada, y estado de la marea en el momento de la medición
- Sondajes a lo largo del buque, de proa a popa, corregidos con el dátum de la carta de la zona
- Rumbo y velocidad en el momento de la varada
- Orientación de la proa del buque en la varada, y cambios en ella

- Libertad de movimiento de alguna parte del buque
- Situación meteorológica, incluyendo dirección e intensidad del viento, y predicción para el lugar
- Olas, corrientes, y su intensidad y dirección
- Naturaleza y tipo de daños en el buque
- Localización de puntos de varada, y estimación de la reacción
- Tipo del fondo
- Estado de la máquina
- Documentación de la carga
- Cantidad y localización de carga peligrosa
- Ayuda disponible en las proximidades del accidente, como remolcadores, buques, grúas, etc.

Esta información es suficiente para una evaluación inicial de la situación y siguiendo pasos para el salvamento. Se debe confirmar si las estimaciones de reacción del suelo y fuerza de liberación son correctas; se evalúan los daños señalados para determinar la estabilidad; se analiza la condición de las máquinas para conocer la potencia disponible; y se tiene en cuenta la disponibilidad de refugios para el buque si es liberado. Desde el primer momento se deben redactar informes sobre todos los acontecimientos, decisiones y acciones.

Se debe especificar el tipo de material necesario para la operación y su cantidad, determinar qué personal se requiere e idear la forma de llevarlo hasta el lugar del suceso.

Es importante reunir información sobre el buque varado, que puede ser obtenida de Lloyd's, el American Bureau of Shipping Registers, el agente o el armador. También se tiene que comprobar que todas las publicaciones en el puente del buque están correctas y completas.

El tiempo es fundamental, un mínimo retraso puede influir en el éxito o fracaso de la operación. Por ello, mientras la ayuda llega al lugar se debe ir trabajando, manteniendo la comunicación en todo momento, revisando características de

equipos, comenzando la investigación de lo ocurrido, preparando material y recabando información precisa sobre el entorno.

Si es necesario y posible, se deben controlar fuegos, parchear, apuntalar... Se trata de mejorar la situación en lo posible. Si el buque estuviera en peligro de fraccionarse (o ya hubiera sucedido) y si es factible, puede ser conveniente cambiar su orientación de modo que el efecto de los elementos sea menos adverso.

Un aspecto importante de cualquier operación de reflotamiento es la inspección, el reconocimiento de la situación. Se debe reunir toda la información que pueda necesitarse, con el fin de desarrollar el plan de acción. El manual de la Armada americana presenta una serie de cuestiones a comprobar.

- Inspección preliminar: verifica la información recibida del buque varado. Todos los informes deben ser comprobados, ya que las observaciones del barco pueden ya no ser correctas, o esas observaciones pueden haber sido hechas de forma errónea. Se verifican calados, se comprueba si el buque se está moviendo o hundiendo, se determinan áreas que puedan requerir una mayor investigación, y se ajustan prioridades para una inspección más detallada.
- Inspección detallada: afina la inspección preliminar y termina de reunir la información necesaria.
- Inspección de la obra viva: estudia el estado de la maquinaria de cubierta, puntos de amarre para cabos de remolque, etc.
- Inspección del interior del casco: incluye el examen del estado y contenido de los espacios del interior del buque y el sondeo de los espacios con líquidos, así como la comprobación de los sistemas de bombeo de bodegas y lastre, sistema de lucha contra incendios...
- Inspección submarina: en algunos casos es muy difícil o imposible. Se incluye la observación del área del casco en contacto con el fondo, la descripción de los puntos de contacto, la existencia de pináculos, la localización de grietas, desgarrones y agujeros, el estado de las tomas de mar, la condición y operatividad de equipos, sensores, timón, hélices, signos de escapes de hidrocarburos u otras sustancias, análisis del fondo...

- Inspección hidrográfica: sirve para determinar los detalles del mar y fondo en el área donde tendrán lugar las operaciones. Se comparan las mareas observadas con las tablas, se cuantifican las corrientes y se relacionan con la marea, se vectoriza el fondo para cuestiones de posicionamiento de maquinaria, etc.

Todos los datos obtenidos deben ser organizados de la manera más conveniente, de forma que sea posible un inmediato acceso a ellos. El mejor modo de almacenamiento será un método gráfico, que permite un montaje efectivo y una presentación intuitiva. Se utilizarán paneles con información sobre la situación para el personal, planos del buque mostrando daños, espacios inundados, trabajos en proceso, etc. Existen programas de ordenador que pueden ser utilizados para simulaciones y almacenamiento y manipulación de datos.

A la hora de generar el Plan de Acción, se deben enumerar las tareas, relacionarlas con los medios disponibles, establecer plazos, asignar responsabilidades y tener en cuenta la información obtenida. Debe ser un documento dinámico, que pueda ser cambiado o incluso desechado si las circunstancias cambian. Debe incluir análisis de riesgos y métodos alternativos.

Un Plan primario consistirá en la estabilización, evolucionando después al reflotamiento. No se debe olvidar que hay tareas que se pueden realizar paralelamente.

- **Fase de reflotamiento**: comprende la ejecución del plan de acción y el reflotamiento del buque.

En realidad no hay una línea de separación entre las fases de estabilización y de reflotamiento. Lo más adecuado es decir que los esfuerzos en una y otra van variando su proporción. La mayor parte de la fase de reflotamiento forma parte de una buena preparación, ensayos y simulaciones para culminar en una acción preferiblemente corta e intensa que reflote el buque.

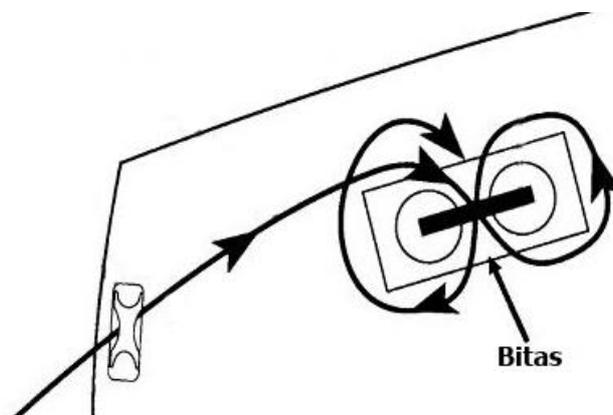
Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta es la dirección hacia la que se intentará dirigir el buque, es decir, si lo mejor es tirar en la misma dirección y sentido contrario a la que llevaba cuando se encontró con el fondo, o tratar de

girarlo si se ve más conveniente sacarlo con otra orientación (por ejemplo, si el casco ha quedado encallado con una roca). Se entiende que pudiendo elegir es mejor sacar antes la popa para intentar proteger los sistemas de gobierno y propulsión.

A la hora de decidir dónde hacer fijos los cabos de remolque, hay varias opciones válidas. Si los cáncamos de cubierta se encuentran en buen estado, se pueden usar con mucho cuidado. Pueden utilizarse elementos de la superestructura, mástiles, palos. Se rodean con una cadena unida al cabo de remolque con un gancho de pelícano. Bitas y bolardos se utilizan en la forma normal, con la máxima seguridad anti-rotura y empleando diferentes configuraciones según la situación y necesidades, combinando cable y cadena, usando ganchos de pelícano y similares, etc.

Los remolcadores y buques de salvamento están diseñados para trabajar en aguas someras, pero es muy peligroso no verificar las sondas del área alrededor del buque varado antes de que los otros barcos se acerquen a él. Los puntos peligrosos deben ser bien marcados en las cartas de navegación que estén utilizando los buques de salvamento.

Los remolcadores deben ser configurados para la actuación de forma que consigan la mayor fuerza de tiro posible, no se interfieran mutuamente ni aborden a la maquinaria instalada en las cercanías, ni se produzcan enredos de cabos.



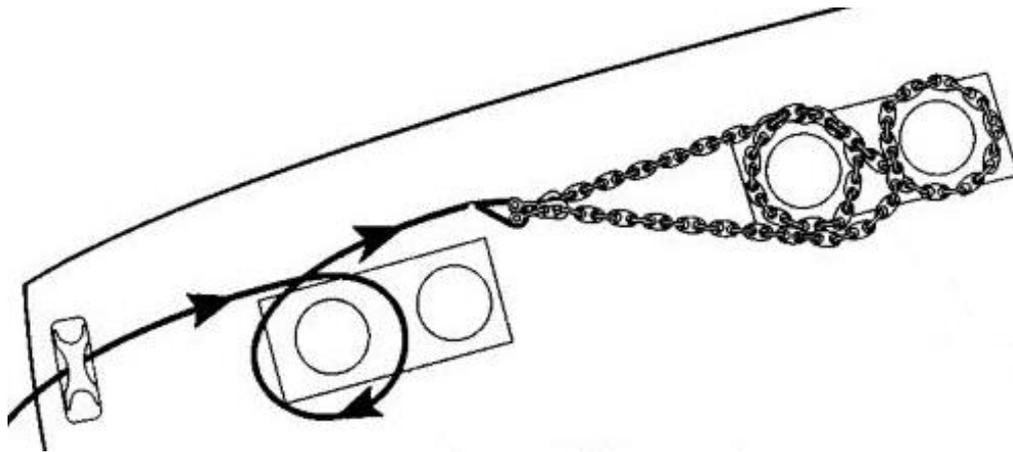


Ilustración 5. Amarre al remolcador. Fuente: ABS

Según las circunstancias del terreno y las características de los buques disponibles, habrá que modificar la forma de trabajo. Puede ser necesario configurar los remolcadores en tándem si no se dispone de suficiente espacio. O, si el remolcador utilizado para tirar no tiene hélice de proa, se puede utilizar un aparejo tipo Liverpool para mantener la dirección.

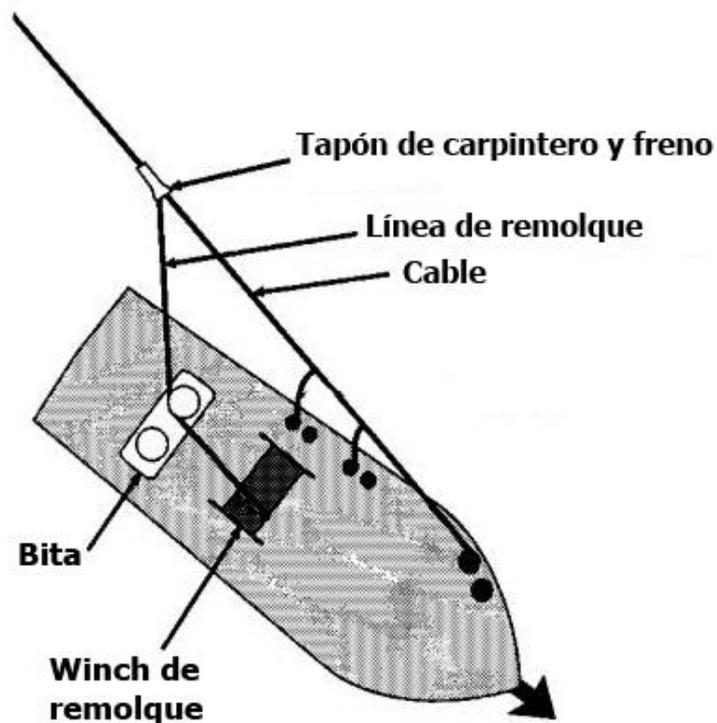


Ilustración 6. Aparejo y brida estilo Liverpool. Fuente: ABS

También se puede decidir la instalación de maquinaria fija, al fondo o a tierra, para aumentar las posibilidades de actuación. Por ejemplo, en un proceso de *wrenching*,

que consiste en girar el buque a un lado y a otro para intentar soltarlo, un enganche a un elemento fijo puede acelerar la operación.

- **Fase del post-reflotamiento:** los pasos para asegurar el buque y entregarlo.

Esta fase comienza tan pronto como el buque se empieza a liberar. Y se termina cuando el buque ha sido devuelto a su dueño o destino final, todo el equipo y maquinaria ha sido recogido, y todos los informes obligatorios han sido redactados y entregados.

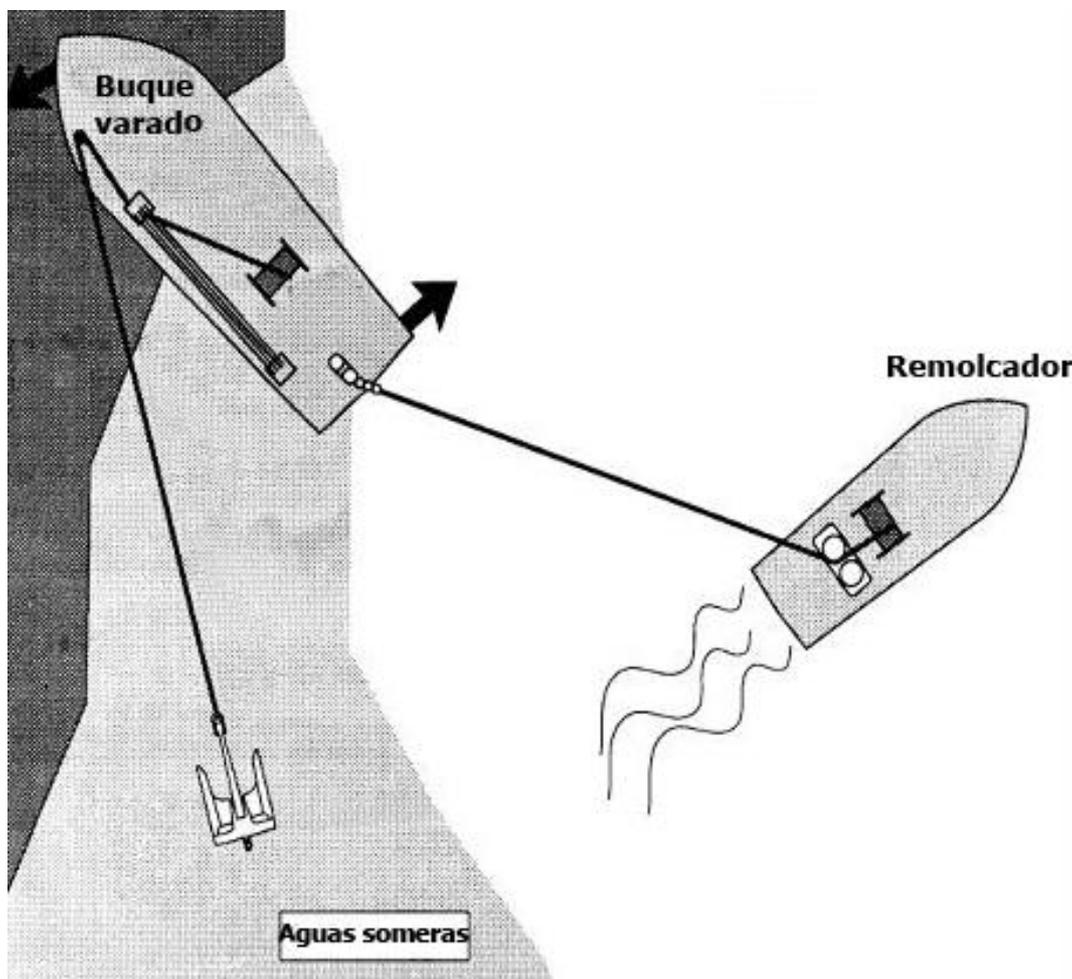


Ilustración 7. Maniobra de Wrenching. Fuente: ABS

Antes de proceder a reflotar el buque se debe tener listo un plan para controlarlo una vez haya quedado libre. Aun así, en ese momento muchas decisiones deberán ser tomadas rápidamente. Si el buque conserva su operatividad y capacidad de maniobra, se puede controlar usando sus propios medios. De no ser así, un buque de salvamento o remolcador será el encargado de posicionar al buque para su

remolque. También se deben evaluar los daños y la nueva condición del buque. Una vez inspeccionado se debe decidir su destino inmediato: llevarlo hasta un puerto, remolcarlo hacia un lugar de refugio, fondearlo para realizar reparaciones temporales para posteriormente poder remolcarlo con seguridad, vararlo de forma razonada si hay riesgo de hundimiento, seccionarlo, o provocar su hundimiento.

- Trasladar el buque: el traslado debe ser posible de una forma segura. El buque puede viajar con sus propios medios, con sus medios pero escoltado por remolcadores, o remolcado, dependiendo de su estado y del riesgo que represente cada opción. Si existe daño del casco o estabilidad precaria, el traslado se realizará cuando la meteorología sea la más favorable.
- Fondear el buque reflotado: el fondeadero debe ser seleccionado antes del reflotamiento. Debe estar situado en un lugar resguardado y con buena visibilidad acuática para facilitar reparaciones y el trabajo de buzos.
- Varar el barco: Si tras el reflotamiento existe riesgo de hundimiento, se puede varar en una playa para realizar reparaciones de emergencia. Buenos lugares de varada deben haber sido estudiados antes del reflotamiento. Estos lugares deben estar libres de rocas. Lo ideal es que tengan una ligera pendiente, las corrientes sean débiles y las olas suaves. Se debe corregir el asiento para no encallar el buque. El momento para la varada programada debe ser durante la bajada de la marea, un poco antes de la bajamar. De este modo se consigue depositar el buque en el fondo suavemente, y el reflotamiento será sencillo al subir la marea. Ya sea la proa o la popa la que quede en dirección a tierra, se debe haber fondeado el ancla mar adentro.
- Desmantelamiento o hundimiento: son las opciones utilizadas cuando el buque pierde su valor. Se suelen utilizar cargas explosivas, en suficiente cantidad si no se quiere que el buque se convierta en un peligroso derrelicto. Es peligroso colocar después cargas adicionales, si la primera cantidad no ha sido suficiente. La otra posibilidad es la sección en partes.

A veces, los procedimientos inmediatos no son suficientes, por ejemplo al hablar de grandes buques, o cuando hay peligro de grave contaminación o daños al medio ambiente. Entonces se deben llevar a cabo operaciones muy complejas y costosas.

Hace al menos un siglo varios ingenieros (J.W. Church, M. Aiura, J.C. Meyers) comenzaron a patentar ingeniosas técnicas de reflotamiento.

En 1912, **Joseph W. Church** registró la patente de una configuración de cabos que con un remolcador facilitaría la liberación de un buque encallado. Según dice, la costumbre de unir los cabos de remolque a las partes superiores del buque embarrancado hace que se genere una componente vertical hacia abajo que ocasiona que dicho buque se clave en el fondo más firmemente. Su invención trata de remediar este problema. Consiste en una especie de lazo pasado por debajo de la parte del buque desde la que el remolcador va a tirar. Los extremos de arriba van unidos a la parte superior del buque en sentido contrario al del tiro. Al tirar los remolcadores, el cabo que va por el fondo del buque se tensa, y el resultado final es que la componente vertical de la fuerza de tiro va hacia arriba, aumentando en gran manera las probabilidades de éxito.

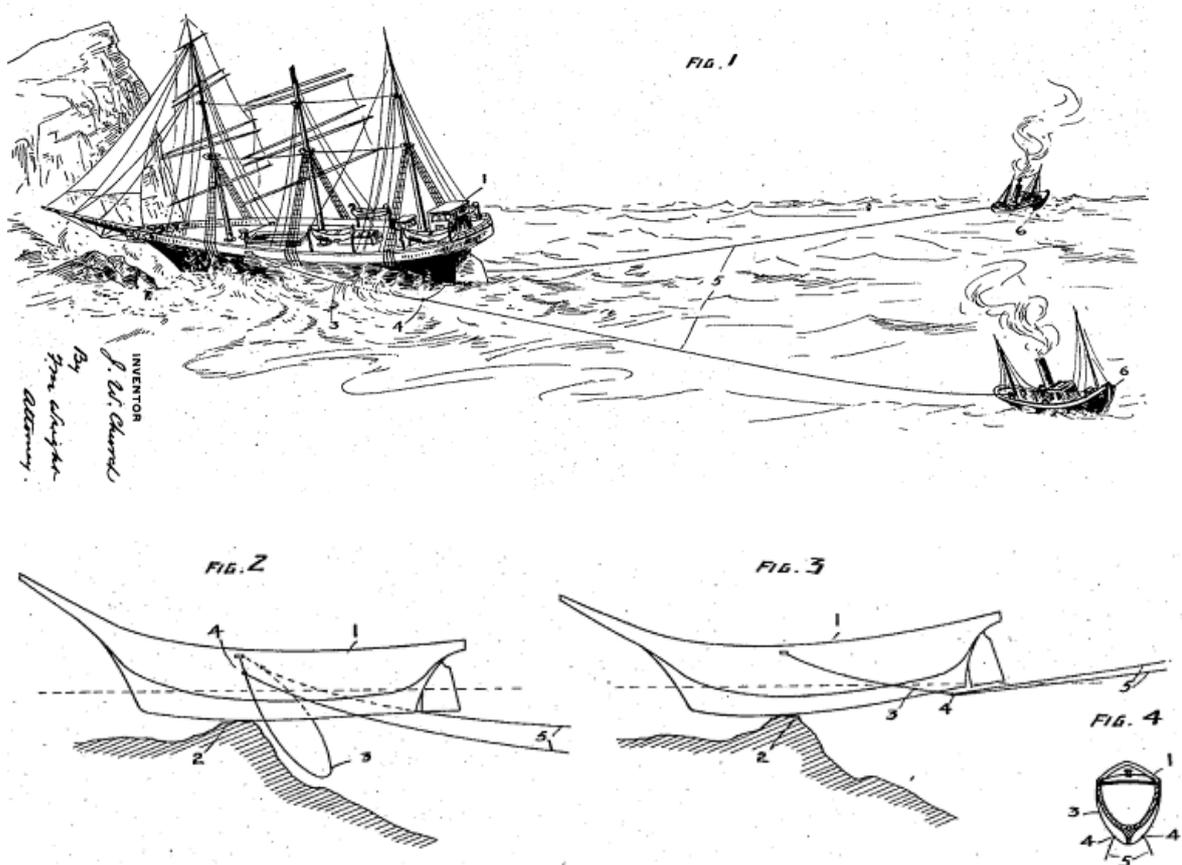


Ilustración 8. Diagrama de sistema ideado por J. W. Church. Fuente: Ship Structure Committee

En 1921 **Muraji Aiura** registró su idea para reflotar barcos hundidos mediante un sistema de tanques flotantes. La técnica consiste en hundir un tanque sobre el buque y una vez bajo el agua asegurarlo al buque con cabos. A continuación, el tanque se vacía de agua inyectándole aire comprimido. La flotabilidad adquirida podrá levantar el barco. El tanque dispone de válvulas activadas por la presión del agua en la subida que permiten la entrada de agua si la velocidad de ascensión excede cierto límite fijado.

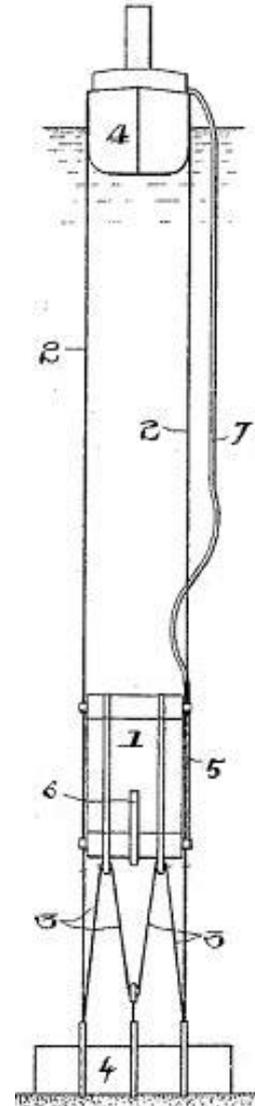


Ilustración 9: Sistema Aiura. Fuente: SSC

- 1: Tanque hundible
- 2: Cabos unidos al tanque, que lo guían bajo el agua
- 3: Cabos que unen el tanque con el objeto hundido
- 4: Objeto hundido
- 6: Entrada de aire
- 7: Salida de agua
- 8: Tubería flexible conductora de aire

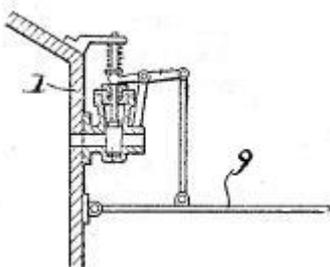


Ilustración 10: Válvulas Aiura. Fuente: SSC

Las válvulas para control de la velocidad funcionan con unas alas (9) proyectadas horizontalmente desde el tanque que, al ser presionadas por la masa de agua, activan el mecanismo si la velocidad aumenta demasiado

En 1957 **Jacob C. Meyers** desarrolló un aparato para intentar solucionar los casos de buques varados que no se podían recuperar mediante el tiro con remolcadores debido al efecto de la fricción o succión del fondo. Se trata básicamente de aumentar la efectividad del remolcador momentáneamente con pulsos de alta

potencia. Estos pulsos se aplican con una frecuencia relativamente alta, por ejemplo 4 por minuto. Entonces, los efectos del tiro pueden ser acumulativos. Los pulsos se ajustan al periodo natural del buque varado para obtener la mayor amplificación de la fuerza de tiro posible. El cable de remolque debe ser capaz de resistir una potencia mayor que la máxima prevista. Esta invención se utilizaría en teoría cuando ninguna configuración con todos los remolcadores posibles fuera efectiva. Para emplear la invención, se utiliza un remolcador aplicando tiro constante seguido de una barcaza aplicando tiro periódico. En la patente se explica el modo en que el motor de la barcaza obtiene potencia de forma periódica. Se recomienda utilizar un dispositivo de salida tipo jet para beneficiarse del efecto que el flujo de agua producirá en el fondo marino. El método se aprovecha del aumento de magnitud y el efecto acumulativo de la potencia de tiro obtenida por el tiro periódico.

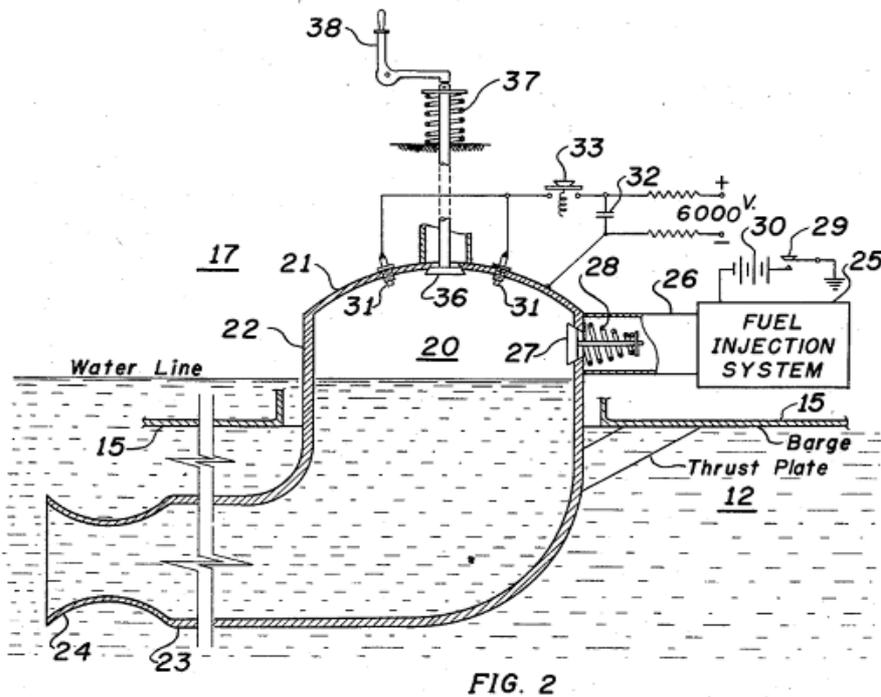
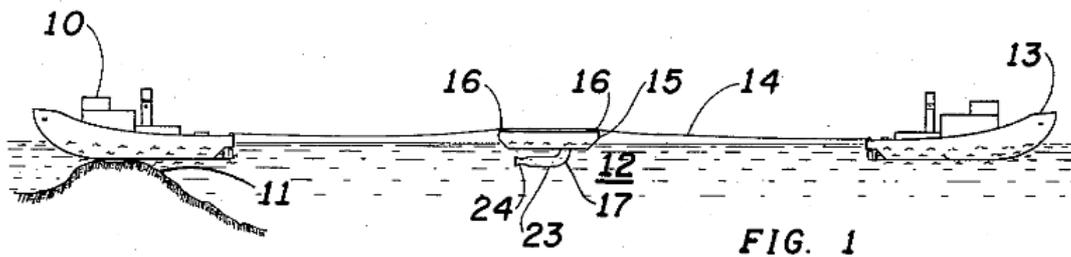


Ilustración 11: Sistema de reflotamiento Mayers. Fuente: SSC.

SISTEMAS DE REFLOTAMIENTO DE BUQUES

Una operación de reflotamiento de un buque comienza desarrollando una metodología de ingeniería que tiene en cuenta el estado del barco, su localización, su carga, y el equipo disponible. La mayoría de reflotamientos son variables de procedimientos estándar. Sin embargo, los avances tecnológicos permiten reflotamientos en escenarios cada vez más desafiantes.

Por supuesto, no siempre se puede reflotar el buque. Si el buque está muy dañado, y el accidente ha ocurrido en un lugar donde el pecio no molesta ni reviste peligro para la navegación y el medio ambiente, se estudian otras opciones que pueden no consistir en un reflotamiento. En muchos casos (por ejemplo, el granelero California, expuesto en las próximas páginas) lo único que se ha hecho es eliminar las partes del buque que estorbaban a otros buques en navegación por la zona, dejando restos del siniestro en el lugar. En otros casos (Rena, USS Spiegel Grove), el buque siniestrado se depositó en una zona más profunda.

La meta es manejar el buque o sus restos de forma que se combinen factores de seguridad, economía, política e impacto medioambiental. En cada apartado se analizan ejemplos reales.

Cada proyecto requiere un método hecho a medida, aunque generalmente consista en una variante de alguna técnica estándar. Se utiliza la clasificación hecha por Lloyd's, especialistas en aseguración marítima, en un informe sobre remoción de buques redactado en el año 2013.

Sistemas con aire comprimido

Puede requerir enderezar previamente al buque, si ha dado la vuelta. Habrá que reforzar y parchear para hacerlo estanco. Se deberá aumentar la flotabilidad mediante bolsas de aire, flotadores, o aire comprimido en las bodegas. El containero Angeln se reflotó en el Caribe utilizando aire comprimido.

Remoción parcial

Se puede realizar la opción de retirar una parte, por ejemplo, la superestructura y grúas de un buque naufragado para dejar un calado suficiente y seguro para la navegación en un canal. Esto es lo que se hizo con el granelero California, perdido en el Estrecho de Malacca en el año 2006.

Arrastre hacia el fondo

También con el fin de mantener vía libre en alguna vía de navegación. Se puede empujar al buque hacia una hondonada natural o dragada.

Desmantelamiento en el lugar con explosivos

Cuando por cualquier motivo el buque accidentado es irrecuperable, a veces la mejor solución es volarlo, siempre con las mejores condiciones de seguridad y teniendo en cuenta si se puede producir contaminación. La barcaza *Margaret*, cargada con otras 12 barcasas y 2 diques secos se explotó en las costas de Sudáfrica.

Parbuckling

Enderezamiento del buque utilizando el principio de tiravira, insertando estrobos bajo el buque y tirando con grúas y winches. Es el método utilizado en el Costa Concordia.

Remoción por partes seccionando in situ el buque

Las secciones resultantes se van depositando en la cubierta de barcasas o se hacen estancas y se remolcan. Así se hizo con el MSC Napoli.

Reflotamiento completo con grúas

Esta metodología es factible cuando el buque no es muy grande. Se ha utilizado en casos como el *Marinero 1* o el velero *Astrid*.

Reflotamiento con aire comprimido

A veces es posible dragar un canal para que un buque varado pueda salir. Un granelero que se había salido de su ruta de navegación debido a un fallo en la máquina quedó varado en un fondo blando. Se contrató una draga que excavó un canal de vuelta a la ruta, y el buque pudo continuar su travesía normalmente.

Para reflotar un buque mediante aire comprimido, se debe reparar cualquier orificio, de modo que el buque accidentado sea completamente estanco. Para decidir emplear este método, se debe tener en cuenta:

- Tamaño y número de orificios en el casco
- Número de parcheos necesarios
- Trabajo submarino requerido
- Coste de la operación
- Ratio de bombeo de los compresores
- Cálculos de estabilidad necesarios durante el vaciado de agua usando el aire comprimido

El movimiento ascendente del buque puede ser impredecible y repentino, por eso sólo se suele utilizar en casos de barcos pequeños, pero cada vez se ve más en buques de mayor tamaño.

Los tubos de aire, bolsas de aire o flotadores de salvamento se utilizan para alzar buques varados o reflotar barcos pequeños. Su uso también es común cuando se quiere aumentar la estabilidad de un buque grande que está siendo levantado, especialmente en operaciones combinadas.

El uso de aire para ganar flotabilidad se puede realizar por varios medios. Introducir directamente aire en los compartimentos, utilizar bolsas o globos, o usar tubos o flotadores rígidos. Para que la opción de introducir aire en los compartimentos sea efectiva, es necesario que una proporción grande del buque se encuentre sumergida.

Estos flotadores rígidos son cilindros de acero, recubiertos por otro material. Los flotadores que utiliza la compañía Qingdao Eversafe Marine Engineering están envainados en un recubrimiento de protección de madera. Están divididos en tres

compartimentos estancos que permiten un buen control de reserva de flotabilidad y lastrado. El movimiento del agua de un extremo a otro y las superficies libres son reducidos. Cada uno de los compartimentos tiene válvulas de ventilación, entrada de agua y de alivio.

Los flotadores de acero se pueden emplear tanto en aguas profundas como someras, así como con o sin presencia de corrientes de marea.

Su desventaja es que son pesados y duros, y por ello poco manejables. Para una potencia de levantamiento de 80 toneladas, el flotador puede llegar a pesar 40 toneladas, que son difíciles de manejar en la superficie. Aun así, pueden absorber un alto grado de maltrato, contactos, y daños menores que dañarían o romperían otros tipos de elementos flotadores, lo que es fundamental en muchos casos de salvamento de buques.

Las bolsas elevadoras están hechas de materiales de goma y caucho, y suelen tener una capacidad de elevación de 5 a 35 toneladas. Existen de varios tipos y formas; las de tipo "paracaídas" tienen correas de sujeción, otras son lisas y cuentan con una válvula de alivio. La clase utilizada se decide según lo más adecuado para el uso concreto que se le vaya a dar.

Las bolsas no son tan fuertes y a prueba de trabajo duro como otros dispositivos de levantamiento. Los flotadores y bolsas inflables deben ser manejados con cuidado para evitar desgarrones o perforaciones. Por supuesto, un daño al artefacto inflable ocurrirá en el peor momento y de la peor forma posible.

En un caso de varada, cuando los medios mecánicos no están disponibles o son insuficientes, las bolsas son la herramienta más rápida y poderosa para elevar el buque.

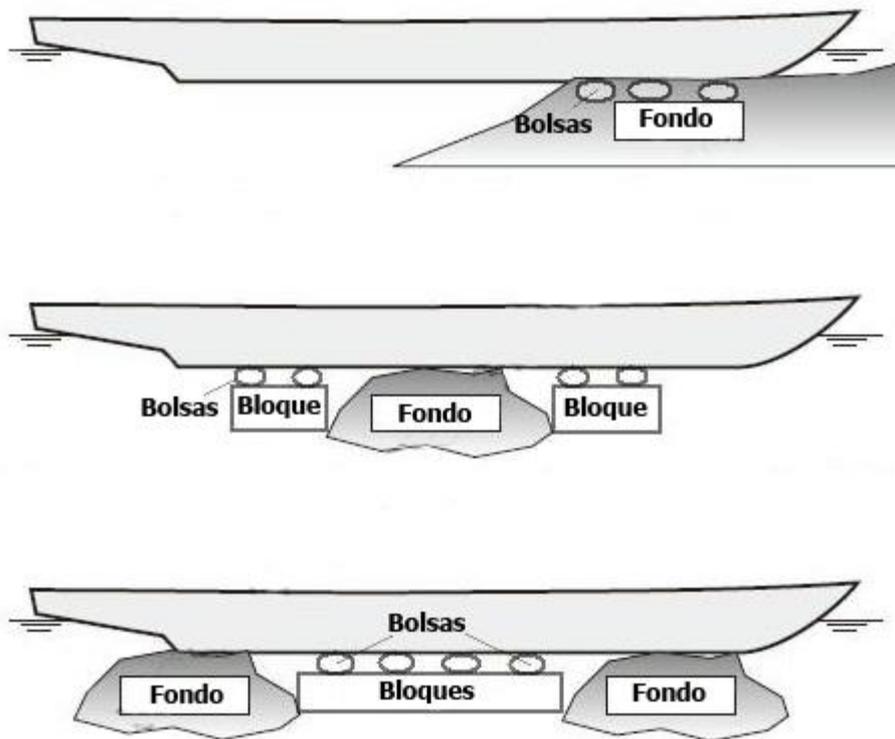


Ilustración 12: Sistema de bolsas de aire, para reflotar buque. Fuente: Qingdao Eversafe Marine Engineering

Para colocar las bolsas bajo el buque se necesita un hueco de $[0.25m * 2.5m * Lm]$, siendo L la longitud de la bolsa de aire. O se cavan los canales para depositar las bolsas, o se instalan bloques de apoyo para ellas. Se insertan las bolsas desinfladas entre el buque y el fondo, y al inflar se consigue un ascenso. De este modo no se necesita ni excavar un canal para que el buque pueda salir, ni el empleo de buques grúas o similares, lo que ahorra costes importantes.

El fondo del buque debe estar comprobado y reparado por seguridad. Se necesita una superficie relativamente plana, por lo que el fondo se puede completar mediante drenaje o sacos de cemento u otro material. Los elementos de flotación deben mantenerse a salvo de objetos sólidos como piedras en pico o bordes de rocas. Una bolsa con un diámetro de 1.5 m y una longitud de 15 m puede levantar 250-450 toneladas situada en una posición de 0.5 m bajo el agua. Cuando el fondo del buque queda separado del suelo o el lecho marino, se puede recuperar una parte de flotabilidad e incrementar las posibilidades de configuración de cabos para remolque.

Los tubos de salvamento (salvage tubes) son similares a las bolsas pero mucho más fuertes. Se encuentran en un punto intermedio entre los flotadores sólidos y las bolsas de flotación. Son más ligeros que los sólidos pero más fuertes que las bolsas de PVC. Así, su potencia de flotabilidad es menor que en un flotador sólido pero mayor que las bolsas de flotación. Su uso se ha extendido desde la puesta a flote de buques en astilleros, técnica que desde hace unos años se ha hecho normal en muchos países de Asia. Los tubos usados para salvamento son preferiblemente algo distintos; tienen múltiples capas de refuerzo hechas de goma y cables de caucho sintético. El grosor del cuerpo del tubo supera a menudo los 6 milímetros.

Pueden ser aparejados juntos para mayor flotabilidad, previniéndose del potencial desequilibrio de fuerzas. Se irán inflando tubos situados en proa y popa a la vez, o se inflarán de dos en dos en extremos alternos, de forma que el buque se vaya elevando paso a paso.

Se pueden introducir tubos en espacios inundados cerrados, como bodegas, para expulsar el agua y devolver la flotabilidad. Previamente se debe calcular la máxima presión soportada por los compartimentos, y reforzarlos si es necesario.

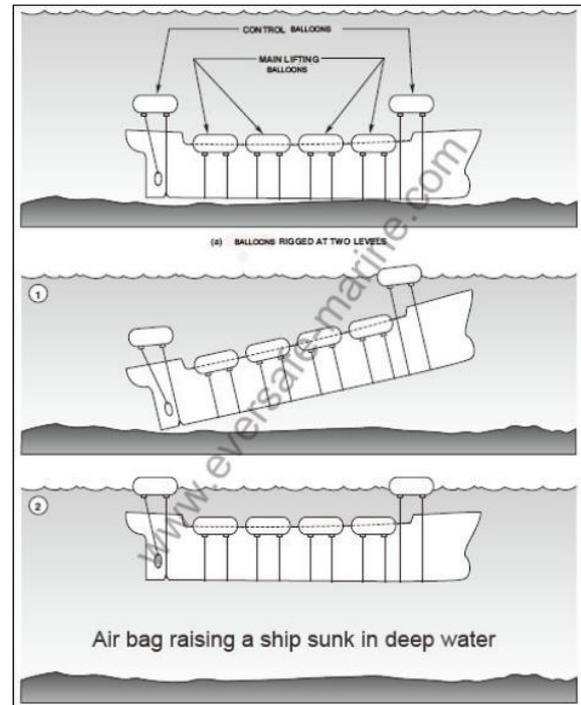
Para evitar un ascenso demasiado rápido y descontrolado, la ratio de elevación debe ser la mínima posible para la operación.

Al reflotar un buque que esté hundido en aguas relativamente profundas con tubos hinchables, ocurre que la ascensión se acelera a medida que sube e iguala su posición a proa y a popa a pesar de los esfuerzos para equilibrar el buque. Esta falta de control lleva a menudo a que el buque o los flotadores se dañen. Por eso, es mejor que los reflotamientos desde aguas profundas se hagan por etapas. Lo más favorable sería elevar el buque parcialmente hasta un punto intermedio. A continuación, se llevaría a un fondo menos profundo donde se pueda apoyar, se reajustan los flotadores y se eleva un trecho más.

Los tubos se instalan a dos alturas. Los más cercanos a la superficie sirven para control, y los más cercanos al buque como potencia elevadora. El poder elevador de todos los tubos será ligeramente mayor que el peso a ser levantado; la fuerza elevadora de los tubos pegados al buque será menor que el peso total. A medida

que el barco asciende, los tubos de control romperán la superficie los primeros. Con los flotadores de control en la superficie, la capacidad de flotabilidad de la totalidad de los tubos deberá ser equivalente al peso a ser levantado.

La estabilidad del buque hundido durante cada etapa de la ascensión debe ser calculada antes de instalar los elementos de levantamiento. Una velocidad segura de ascenso es de 1 metro por minuto (no se debe olvidar que a medida que se eleva hacia la superficie, el aire comprimido se expande; esta es otra razón para controlar la velocidad de subida, para que el aire tenga tiempo de salir por las válvulas de exceso de presión si fuera necesario).



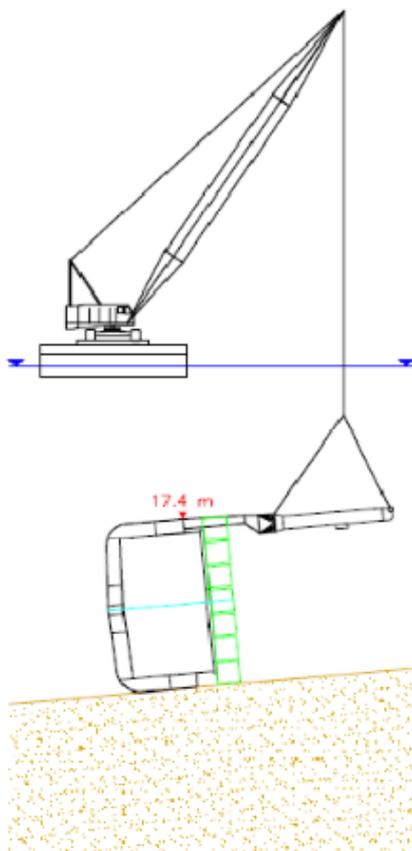
En casos de buques varados en un lugar con muy poca agua, los tubos o bolsas se pueden utilizar a modo de rodillos sobre los que se hace deslizar el buque hacia aguas más profundas (exactamente igual a como se haría en un astillero).

Ilustración 13: Sistema de bolsas de aire. Fuente: Qingdao Eversafe Marine Engineering

Según Eversafe Marine, el uso de bolsas y otros elementos que utilizan el aire comprimido es óptimo para casos donde se necesita un empuje vertical de 100 a 2000 toneladas. Cada caso de reflotamiento es muy diferente, pero en los casos más difíciles o complejos se suele utilizar una combinación de medios para conseguir la solución más efectiva y económica. Cuando por ejemplo se están utilizando grúas, usar simultáneamente artefactos de aire comprimido o introducir aire a presión en los compartimentos reduciría los requerimientos de carga de esas grúas. De manera similar, si se están usando remolcadores para liberar un buque, colocar flotadores reducirá la potencia de tiro necesaria. Las bolsas de aire pueden instalarse de la manera más efectiva, ya sea dentro de los compartimentos, en los costados del buque o entre este y el fondo.

El reflotamiento del Angeln fue ejecutado por la compañía RESOLVE Salvage & Fire Inc. El buque, de 133 metros de eslora, naufragó a principios de 2010 cerca de Santa Lucía. Se hundió y tiró los contenedores superiores, quedando apoyado en su costado de estribor en un lugar de una profundidad de 35 metros. El lecho marino tenía una inclinación de 5 grados, quedando el barco inclinado 85 grados.

Las escotillas de las bodegas 2 y 3 fallaron, permitiendo la salida de muchos contenedores. Una de las escotillas de popa abrió un orificio en el costado de babor. El único daño adicional fue la separación de parte de la superestructura, que se rompió durante el hundimiento y quedó adyacente al buque. En estas circunstancias, la sonda que quedaba sobre el buque era de 20,1 metros. Se hacía necesario eliminar ese potencial peligro para la navegación. La operación ingenieril consistió en reflotar el buque para luego llevarlo a una zona de más de 100 metros de profundidad para volverlo a sumergir. Primero había que girarlo de forma que quedara al revés, con la quilla hacia arriba, y luego había que elevarlo, todo esto con aire comprimido.



RESOLVE movilizó a los buques Resolve Pioneer, Resolve Suhaili y Lana Rose, y a una barcaza grúa RMG-400, de una capacidad de 400 toneladas. Durante el transcurso de la operación, corrientes de más de 3 nudos, oleaje y varias tormentas tropicales dificultaron el trabajo de los equipos. La compleja operación requirió limpiar de escombros el área que rodeaba los restos del naufragio, incluyendo ocuparse de la acomodación. Esto se hizo con la RMG-400.

A continuación, con ayuda de buzos, se acortaron los pedestales del buque para facilitar el giro.

*Ilustración 14: Reflotamiento Angeln.
Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method
of Work. Miami.*

Durante estas etapas de preparación, antes de iniciar el giro, se excavó un pequeño hoyo para mantener 20 metros de sonda. Se quisieron dejar estos 20 metros por si alguna causa impedía el rebotamiento por aire comprimido, para dejar ese margen entre todas las partes del buque y la superficie del agua.

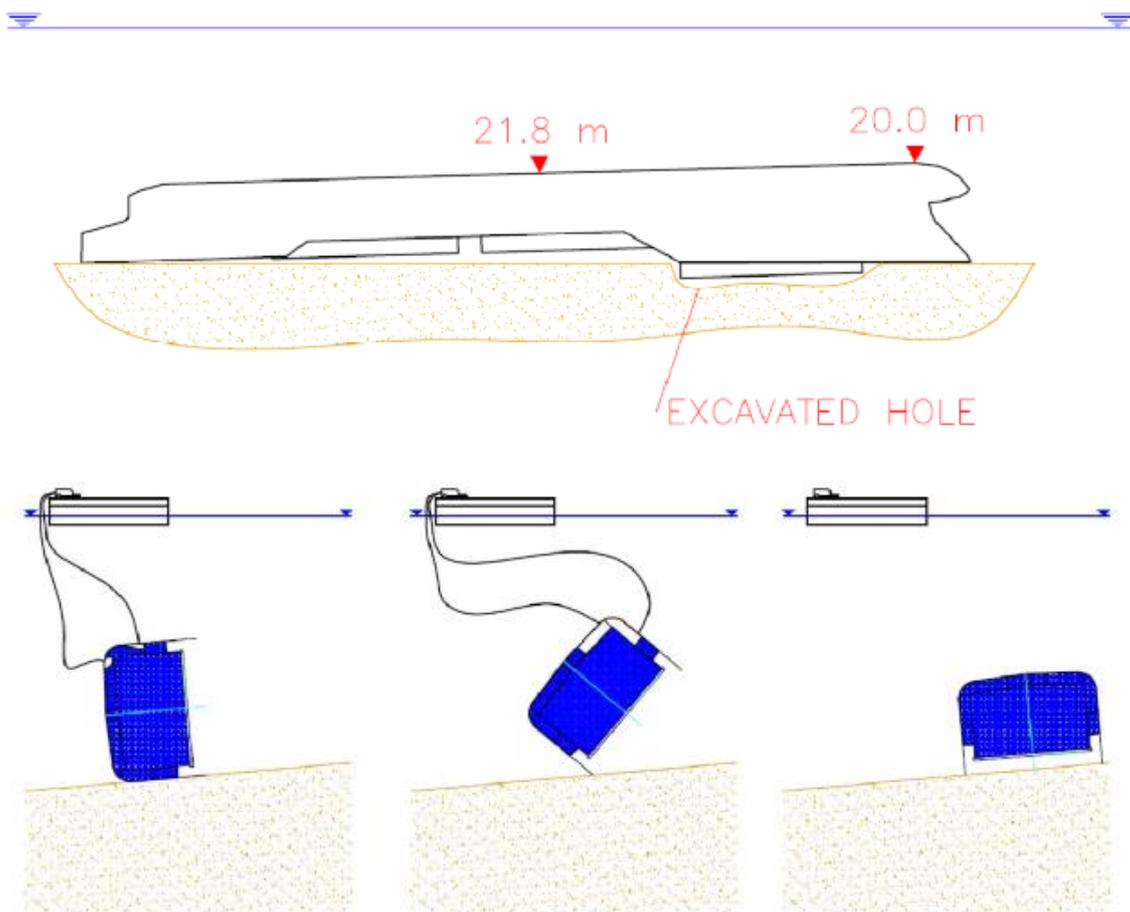


Ilustración 15: Rebotamiento Angeln. Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method of Work. Miami.

El buque se giró usando aire comprimido. Los buzos observaron que el único daño de importancia en el casco era el producido por la rotura de la superestructura. Se generó un modelo del buque con el programa GHS (General Hydrostatics). Los ingenieros concluyeron que el buque podía hacerse girar aprovechando la flotabilidad disponible en los tanques de lastre laterales de babor y los de doble fondo de ambas bandas. Una vez que el buque hubo dado la vuelta, los tanques se inundaron de nuevo para que el buque quedara firme en el fondo.

El remolcador Resolve Pioneer y dos winches instalados en la barcaza grúa ampliaron el margen de potencia adicional necesario por seguridad.

Para reflotar el buque lo primero que se hizo fue colocar una gran ancla a popa para proveer de sujeción durante el proceso de reflotamiento.

Se empezó a introducir el aire por el pique de proa y se siguió hacia el deep tank, las bodegas y finalmente la sala de máquinas. La razón para ir de proa hacia popa fue que para mantener el buque estable durante el reflotamiento, la proa tenía que romper la superficie del mar mientras la popa aún estaba en el fondo.

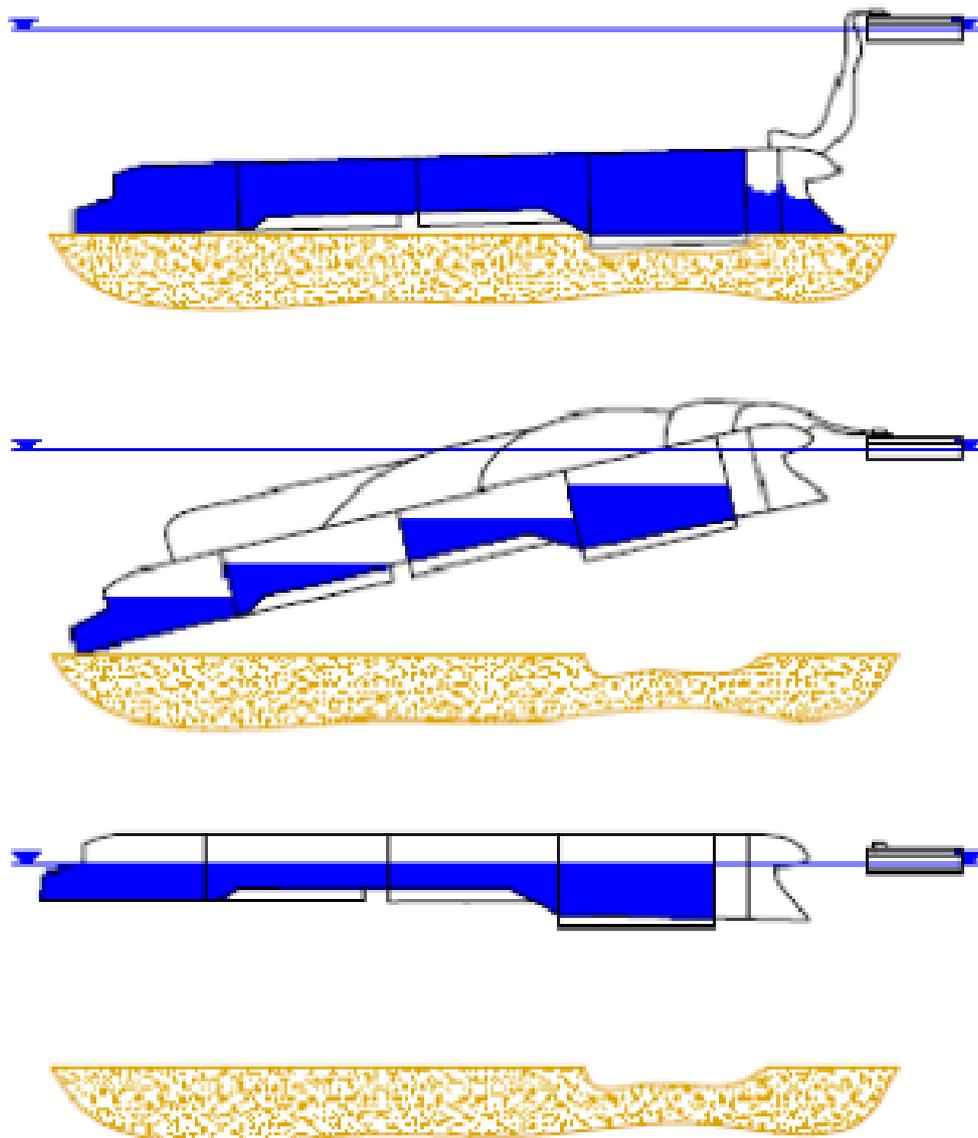


Ilustración 16: Reflotamiento Angeln- Final. Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method of Work. Miami.



Ilustración 17: Imagen real Reflotamiento Angeln. Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method of Work. Miami.

Una vez a flote en la superficie, el Angeln fue remolcado hacia la zona de aguas profundas. En el lugar adecuado, los tanques de flotabilidad se inundaron liberando el aire a presión, causando que el buque se hundiera hacia el fondo.

Durante toda la operación se monitorizó la zona en busca de vertidos, y se fueron recogiendo los contenedores que pudieran contener hidrocarburos.



Ilustración 18: Imagen real Reflotamiento Angeln. Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method of Work. Miami



Ilustración 19: Imagen real Reflotamiento Angeln. Fuente: Schauer, T.(2011) Angeln Method of Work. Miami

Esta versatilidad de modos y recomendaciones de uso, unida a su bajo coste, debería hacer que el uso del aire comprimido fuera generalizado. Sin embargo, sus inconvenientes hacen que no muchas compañías tengan la competencia y confianza para explotar las ventajas del aire de una forma efectiva. Las consecuencias de un error son muy serias.

Uno de los problemas que se pueden encontrar es que si se requiere mucho trabajo submarino y/o bajo el fondo del buque, se necesitarán buzos para reparaciones y estabilización, lo que aumentará bastante los costes de personal y material, y el tiempo empleado en la operación. Desde que los equipos están instalados hasta que el buque ha sido reflotado pasa poco tiempo comparado con la etapa de más duración, que suele ser la de preparación del buque y el terreno. Según las condiciones meteorológicas, el control del movimiento se hace impredecible. Las bolsas de aire pueden no ser la mejor herramienta para utilizar en mar abierto. Incluso realizando complejos cálculos, el movimiento puede ser inesperado, además de no ser muy robustas para condiciones meteorológicas poco más que normales.

Una parte esencial del reflotamiento utilizando aire comprimido, tanto bombeándolo directamente en los compartimentos como mediante bolsas o tubos, es el cálculo del movimiento para ver de qué manera se debe incrementar la flotabilidad. Si se introduce aire de cualquier modo, lo más probable es que el buque se escore o incluso dé la vuelta. También hay que tener en cuenta el efecto de las superficies libres durante el vaciado de agua del interior de los compartimentos. Se utiliza modelización matemática.

Aun teniendo en cuenta sus inconvenientes, el poder del aire comprimido se ha subestimado en casos donde podría haber sido muy útil. Por ejemplo, en el reflotamiento del Rena, previamente expuesto, donde el buque quedó varado el 5 de octubre, y fue al día siguiente cuando el fondo perforó el casco. Si se hubiera dispuesto de flotadores bien amarrados en esas primeras horas, en combinación con la retirada de contenedores, posiblemente el buque podría haber sido salvado. Sin embargo, no se contaba con equipamiento para operaciones con aire comprimido de mucha envergadura en las proximidades. Se debe añadir que la

respuesta de las autoridades neozelandesas fue lenta en los primeros momentos tras el accidente. Cuando consiguieron organizarse y coordinarse con organismos de otros países la actuación fue correcta, pero ese lapso tras la varada representó una pérdida de tiempo en el que se podría haber cambiado el destino del buque. La presencia de un ente similar al SOSREP británico, con igual capacidad de reacción, sumada a la disponibilidad de equipos grandes de aire comprimido, hubiese significado un mayor margen de maniobra para proceder. El uso de bolsas de aire podría haber protegido el buque de la importante reacción en la proa contra el arrecife que causó la rotura final, al menos mientras se intentaba retirar el combustible y los contenedores.

Incluso con los más elaborados cálculos de estabilidad, el equilibrio de un buque elevándose gracias al aire comprimido siempre es delicado. Las condiciones meteorológicas deben ser excelentes. Además, las bolsas o globos de aire son especialmente sensibles al viento y a la corriente. Los elementos pueden desplazar las bolsas y comprometer la operación.

Remoción parcial dejando parte del buque en el lugar

Hay casos en que un buque varado o hundido ya no tiene la posibilidad de volver a estar operativo. Se debe decidir qué hacer con él teniendo en cuenta el peligro que reviste para la navegación en el lugar donde reposa. En ocasiones, se ha encontrado que la mejor opción es simplemente retirar la parte del buque que molesta y dejar el resto.

El granelero California, de 242 metros de eslora y 32 de manga, se hundió tras una colisión en marzo del 2006 en la ruta de navegación más concurrida entre Europa y Asia: el estrecho de Malacca.

Debido al tamaño del buque y a la posición donde quedó hundido, sus restos representaban un grave peligro para la navegación. El buque permaneció de una pieza, aunque deformado por el fondo, y con su carga de mineral de hierro a bordo.

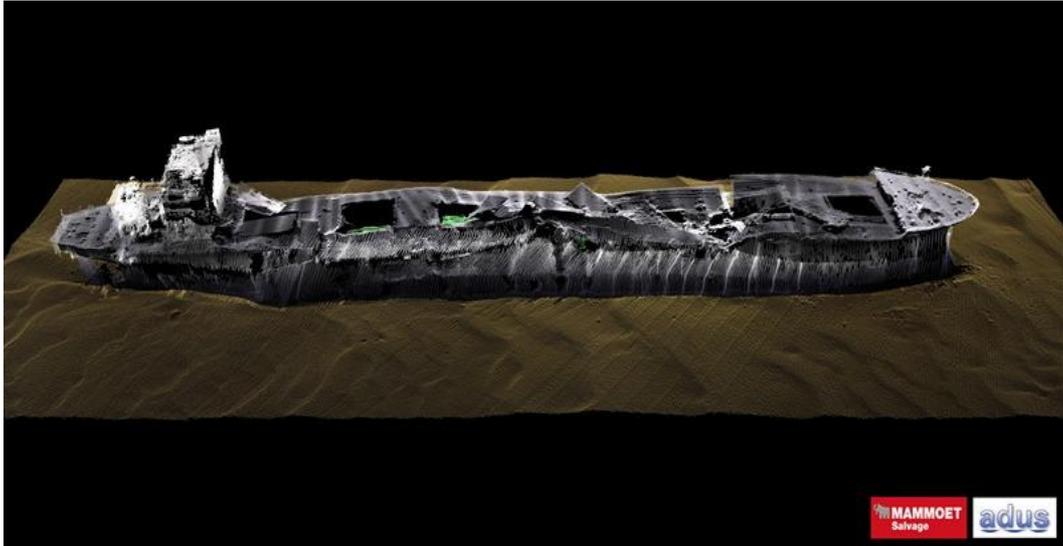


Ilustración 20: Esquema granelero California hundido. Fuente: Mammoet Salvage.

La compañía encargada de la remoción fue Mammoet Salvage, que desde los primeros momentos posicionó un buque de guardia para alertar a otros barcos y que no colisionaran con el California.

La organización operacional empezó a finales de Junio.



Ilustración 21: Reflotamiento del buque California. Fuente: Mammoet Salvage

Desde una plataforma de trabajo con grúas, primero se eliminó el bloque de acomodación y después se recuperaron las escotillas y otros salientes de cubierta. La carga se elevó hasta barcazas mediante dos grúas instaladas en la plataforma de trabajo.

Antes de comenzar con el corte de las secciones necesarias para dejar una sonda suficiente (26 metros por debajo de la superficie del agua), un equipo de buzos realizó inspecciones y se completó la instalación de aparejos en la cubierta del California, así como el proceso de oxicorte.

Para el proceso de corte se utilizó la barcaza MSB 331, acondicionada para seccionamiento.

Fue remolcada hasta el lugar de la remoción, donde se unió a dos anclas de 18 toneladas que ya habían sido depositadas. Cada una de las anclas tenía un poder de sujeción suficiente para soportar la fuerza de reacción generada en el seccionamiento. Estas fuerzas de reacción pudieron llegar a alcanzar las 400 toneladas.

Para separar la acomodación del resto del buque, se utilizó una cadena con winches tipo Skagit; la cadena funcionó de igual forma que un hilo atravesando un bloque de mantequilla.



Ilustración 22: Cadena con Winches tipo Skagit. Fuente: Mammoet salvages

Durante el cuidadoso proceso fue necesario ir comprobando en todo momento que la cadena fuera siguiendo la trayectoria correcta sin descontrolarse. El mismo modo de corte fue también usado, por ejemplo, en los casos del ro-ro *Tricolor* y el *MV Vinca Gorthon*.



Ilustración 23: Grúa de elevación Gagah. Fuente: Mammoet salvage.

Tras el corte, la grúa de elevación *Gagah*, con una capacidad de levantamiento de 500 toneladas, sacó la acomodación, de aproximadamente 300 toneladas.

Arrastre hacia el fondo

El buque *Rena*, de 236 metros de eslora, acabó en el fondo del lugar donde embarrancó, en la costa Este de Nueva Zelanda. Estaba asegurado por el P&I Club *Swedish Club*. Portaba 1 368 contenedores, 32 de los cuales contenían sustancias peligrosas. Llevaba 1 700 toneladas de fuel en sus tanques de combustible. Es un caso especial, ya que la suerte jugó un gran papel en varias fases de la operación. Pero la actuación de los entes que se encargaron de todas las fases fue ejemplar, tanto en el fomento de la colaboración, como en la cooperación entre diferentes organismos y la información a los medios de comunicación.

Maritime New Zealand (MNZ) fue el organismo encargado de la resolución del accidente del *Rena*. Coordinó la respuesta al vertido de combustible y supervisó toda la operación. En realidad, MNZ es solo una pequeña agencia que normalmente se dedica a intervenciones regulatorias. Un accidente de las dimensiones y complejidad como las del *Rena* supuso un desafío a la capacidad de esta compañía.

Gracias a la asistencia de otros organismos internacionales, la operación fue llevada a cabo de una forma efectiva.

El 5 de octubre de 2011, el containero Rena embarrancó en el Arrecife del Astrolabio cuando estaba navegando a velocidad máxima. Iba tarde y el capitán decidió acortar la ruta. La proa quedó clavada en el arrecife, pero la popa quedó a flote. De este modo, la proa estaba haciendo las veces de pivote mientras la popa se movía a todas partes a merced del viento. Se intentó liberar, sin éxito. Al día siguiente, el arrecife perforó el casco. Cuatro bodegas de carga se inundaron y se vertieron más de 350 toneladas de HFO. Se produjo una escora y muchos contenedores cayeron por la borda.

Inicialmente el buque tenía una escora de 11 grados a babor. El casco estaba soportando unos grandes esfuerzos. La grieta que había aparecido debido al choque contra el arrecife al embarrancar empezó a crecer, y desde los primeros días se predijo una fractura completa.

La compañía Svitzer fue la contratada para la extracción del combustible. Se pusieron manos a la obra rápidamente, empezando a trabajar el 9 de octubre. Debido a la lejana localización del material que había que llevar hasta Nueva Zelanda, la escora y las malas condiciones meteorológicas, el trabajo de bombeo solo pudo comenzar el 16 de octubre. En la noche del 12 de octubre, el tiempo cambió la escora hasta quedarse a 20 grados a estribor. Se vertió más petróleo y cayeron más contenedores.

El fuel vertido al océano se trató al principio con dispersante, pero su utilización fue rápidamente suspendida por su ineficacia y cercanía a la costa. La recuperación del combustible fue finalmente completada por dos buques de 20 metros de eslora dedicados a la recogida de ostras, equipada con skimmers y absorbente. La limpieza de la costa fue realizada casi en su totalidad por voluntarios.

Además de los hidrocarburos que amenazaban un valioso entorno natural y el modo de vida de tribus maoríes y otras poblaciones de la zona, había que encargarse de los contenedores, algunos de los cuales contenían sustancias peligrosas y/o contaminantes. Los restos de los arrastrados hasta la orilla que se

rompieron y abrieron fueron recogidos con vehículos terrestres y helicópteros. Para recuperar los contenedores que permanecían en el Rena se utilizó una barcaza especial traída de Singapur. Se empezó con los que contenían carga peligrosa, y se siguió con los de encima de la línea de flotación en la parte de proa y los de debajo de la parte hundida de popa. 40 contenedores cayeron al fondo, fueron identificados y monitorizados hasta que pudieran recuperarse, lo que hizo el remolcador anclero *Go Canopus*. Hubo 240 que permanecieron bajo cubierta en la proa.

Finalmente, el 10 de enero el buque se partió en dos, perdiendo muchos contenedores y hundiéndose la popa a 60 metros de profundidad.

La proa se cortó en secciones que se fueron llevando para su reciclaje, mientras se fueron recuperando los contenedores que quedaban.



Ilustración 24: Rescate del buque Rena. Fuente: Maritime New Zealand.

La decisión tomada después, fue dejar la mitad de popa en el lecho marino, teniendo en cuenta que se iba integrando en el arrecife, ya que la vida acuática comenzaba a colonizar los restos. Se retiró cualquier sustancia contaminante y se acondicionó para el buceo, de modo que orificios y salientes peligrosos fueron taponados y eliminados para que los submarinistas pudiesen visitar los restos del Rena con seguridad.

Desmantelamiento en el lugar con explosivos

La barcaza *Margaret*, de 100 metros de eslora, se encontraba el 24 de junio de 2009 a 120 kilómetros de Ciudad del Cabo (Sudáfrica), en ruta desde China hasta Holanda y llevando encima 12 barcazas de río y 2 diques secos móviles. Iba remolcada por el remolcador de 67 metros *Salvaliant*. La carga se situaba en una torre de 8 pisos y su valor aproximado era de 40 millones de dólares.



Ilustración 25: Barcaza Margaret cargada. Fuente: Cargolaw.com

Una galerna con olas de 9 metros causó una rotura de la línea de remolque, y *Margaret* derivó hacia la costa. Los intentos de reconexión de la línea de remolque fueron inútiles, y la barcaza quedó embarrancada en Jacobs Bay.

Tras 6 meses intentando retirar la barcaza de las rocas, se vio que recuperar a *Margaret* era imposible, y tampoco se pudo recuperar su carga. Además, los propietarios del buque no podían gastar más dinero. El buque pasó a ser responsabilidad de las Autoridades sudafricanas, quienes resolvieron contratar una compañía de demoliciones. Se utilizaron dos toneladas y media de explosivos. Se intentó salvar la mayor parte de la carga posible, ya que el *Margaret* y dos de las barcazas pequeñas ya eran irrecuperables.

Tras la explosión, seis de las barcazas de río y los dos diques secos se salvaron, quedando a flote y pudiendo ser remolcados a un puerto cercano.



Ilustración 26: Barcaza Margaret volada después de estar varada en la costa de Sudáfrica seis meses. Fuente: Caters News Agency

Ni la *Margaret* ni ninguna de las barcazas que cargaba tenían combustible ni aceites de ningún tipo, por lo que no existía riesgo de contaminación por hidrocarburos. La explosión debió controlarse perfectamente, ya que unas casas de un pueblo cercano se encontraban tan solo a 200 metros.

Una parte de los restos se quedaron allí formando un arrecife artificial.

Parbuckling

Es la técnica utilizada en el conocido refltamiento del Costa Concordia. Ya había sido probado en otros casos, pero nunca con un barco tan grande.

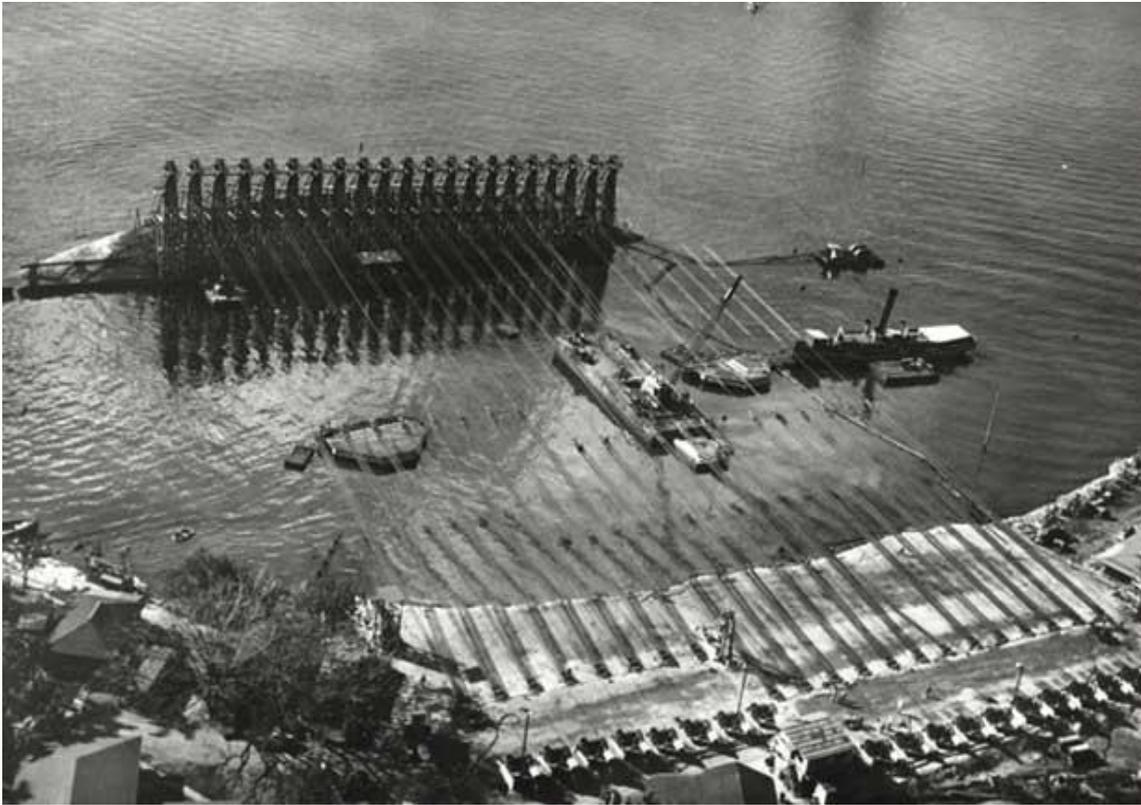


Ilustración 27: Reflotamiento del USS Oklahoam en la bahía de Pearl Harbor. Fuente: Pearl Harbor Memorial

El USS Oklahoma fue levantado con esta técnica tras la batalla de Pearl Harbor. Este buque de guerra pesaba 27500 toneladas y contaba con una eslora de 178 metros.

Tras el accidente del Costa Concordia, fue el Departamento de Protección Civil de Italia quien coordinó la respuesta a las fases de emergencia, que representaron varias operaciones complejas.

La eslora del Costa Concordia es de casi 300 metros, con un desplazamiento de más de 50 000 toneladas, de las que un 5% era combustible.

El casco se sumergió parcialmente, se escoró 65 grados y terminó acomodándose en un fondo granítico caracterizado por un perfil batimétrico no homogéneo.

En este escenario, las actividades del Departamento de Protección Civil incluyeron la recuperación de personas perdidas, garantizar la seguridad de las tareas de búsqueda y rescate, apoyar las operaciones de recogida del combustible, y supervisar el reflotamiento.

Normalmente, lo más simple habría sido cortar el buque en secciones en el propio lugar del accidente para luego transportarlas a otro lugar para su tratamiento. Pero de este modo se habría generado una gran cantidad de escombros, y el Costa Concordia embarrancó en una zona de entorno protegido, por lo que las Autoridades italianas insistieron en que el buque debía ser eliminado de una pieza.

El parbuckling en sí consiste en la rotación del buque que ha quedado apoyado sobre una banda. El Costa Concordia se encontraba clavado a dos grandes rocas por su costado de estribor. Para deshacerse de él de una pieza, era necesario que fuera liberado y enderezado.

A continuación se explica cada paso del parbuckling:

1. *Estabilización:* Se instalaron puntales en tierra y se rodeó al buque de cadenas para impedir que se hundiera hacia la zona más profunda. Se instalaron 6 enormes plataformas de acero en el fondo de granito para proporcionar un lugar donde apoyarse. También se depositaron miles de sacos de cemento para nivelar el irregular fondo. Se reforzó la parte expuesta del casco para que no se rompiera. A continuación, pusieron los cajones, cajas huecas de 30 metros de alto llenas de agua y aire que funcionarían posteriormente como flotadores.
2. *Parbuckling:* El buque se hace rotar lentamente. Gatos hidráulicos tiran de los cables conectando la parte superior de los cajones con las plataformas. La tensión de las cadenas añade control. Una enorme grúa donde se ubica el centro de operaciones ayudaba a levantar o estabilizar al buque según se necesitaba. En el interior del casco oxidado se instalaron micrófonos y cámaras que mostrarían daños y fracturas.
3. *Refuerzo:* Los soldadores reforzaron la banda de estribor, que ha sido destrozada, y colocando cajones de flotación.



Ilustración 28: Fases de reflotamiento del Costa Concordia. Fuente: Don Foley

Reflotamiento y remolque: Ya enderezado y con los cajones adheridos, el agua de su interior se bombeó hacia fuera lentamente, de modo que el buque se elevó hasta encontrarse con el calado de seguridad; es entonces cuando pudo ser remolcado.

El enderezamiento del buque (el parbuckling propiamente dicho) duró 19 horas. Esto fue el doble de tiempo que los expertos que diseñaron el plan estimaron. La operación fue ejecutada por la compañía JVC Titan-Micoperi.

Tras concluir el parbuckling, el director de Titan, el capitán Richard Habib dijo que esta fue la última opción que hubiesen elegido. Unos momentos después de finalizar el enderezamiento, se le preguntó si pensaba que su operación crearía un estándar en el ámbito de las operaciones marítimas. Su respuesta fue clara: *“Espero que no, es mucho más fácil explotarlos”*. Se refería a que el riesgo de un parbuckling es demasiado alto. Según Nick Sloane, el capitán de salvamento coordinador de la operación, los ingenieros habían estudiado todos los supuestos de peor escenario posible: rotura del buque por su propio peso o de las plataformas construidas en el lecho marino para evitar que se deslizara o se aplastara. Aun así, había una

situación para la que no se podía preparar un plan: el mal tiempo. El tiempo fue la mayor preocupación para la compañía encargada del reflotamiento.

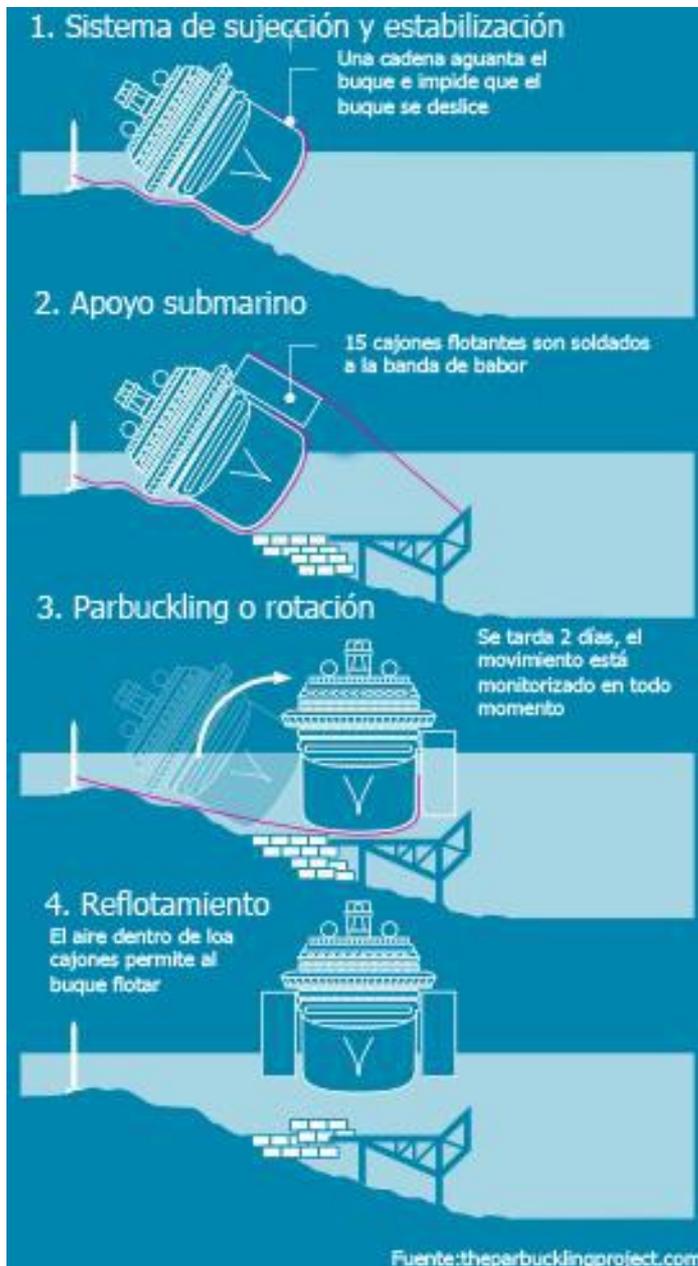


Ilustración 29: Esquema reflotamiento Costa concordia. Fuente: theparbucklingproject.com

El día antes de la operación, una tormenta con lluvia torrencial acompañada de fuertes vientos causó una agitación del mar que retrasó el posicionamiento de la torre de control, retrasándose el comienzo del reflotamiento 3 horas. Además, se predecía mar gruesa para el día siguiente al previsto para terminar la operación. Por eso, el tirón final se hizo con prisa. Las maniobras continuaron durante la noche para evitar que el mal tiempo sorprendiera al buque en una posición precaria.

En efecto, el tiempo del día después fue muy malo, incluso hubo preocupación de que sustancias tóxicas aún dentro del buque

podieran ser expulsadas al agua y dispersadas por el viento y el agua. Análisis constantes de la calidad del aire y el agua demostraron que no se produjo contaminación en ese momento; las 20 000 toneladas de agua sucia mezclada con productos de limpieza, diluyente de pintura y comida podrida se mantuvieron en el interior del Costa Concordia.

Una vez enderezado, pudo empezar la siguiente fase de la operación. Los ingenieros realizaron un estudio detallado de la banda dañada del buque, la de estribor, que había estado en contacto con las rocas y soportando el peso del resto del barco. A continuación, los *sponsons*, cajones de flotación, se unieron a esta banda, que por estar dañada, deben ser flexibles y moverse con el mar. Cada cajón está hecho a medida para encajar en cada zona del ondulante perfil. En cambio, en la banda de babor, que no está dañada, los cajones son rígidos y fijos. Tras colocar los *sponsons*, se pudo reflotar el buque, que se encontraba hundido en 30 metros de agua. El enorme buque subió 22 metros. Finalmente, el Costa Concordia fue remolcado con éxito al puerto de Génova en julio del 2014.

Remoción por partes seccionando in situ el buque

Esto es lo que se hizo con el MSC Napoli, un containero con capacidad para 4419 TEUs. En enero de 2007, tras un accidente durante su travesía desde Amberes a Portugal, acabó varado en una playa de Branscombe Bay, al suroeste de Inglaterra.

El Napoli iba 6 días retrasado en su rotación de puertos debido a la reparación de una avería en los turbocompresores de la máquina principal. Los cuatro turbocompresores habían sido reparados, pero el motor del sistema de gobierno aún no estaba operativo y las rpm de la máquina principal estaban siendo controladas localmente desde la máquina. En consecuencia, el buque y la tripulación se encontraban bajo presión para ganar tiempo y cumplir con los horarios.

Había mal tiempo, el MSC Napoli se estaba encontrando con olas de 5 a 9 metros. La máquina estaba en un modo en que en condiciones normales daría 17 nudos, pero debido al mal tiempo llevaba una velocidad sobre el fondo de 11 nudos. El buque estaba dando grandes cabezadas y alteadas, pero no grandes balances.

Poco después de las 1100 del 18 de enero, una serie de olas muy grandes provocaron unas fuertes cabezadas. En ese momento, se escuchó un gran ruido de algo roto. Inmediatamente saltaron las alarmas de las sentinas, que estaban llenas de agua aceitosa. Se encontró una gran fractura en el forro exterior del costado. El

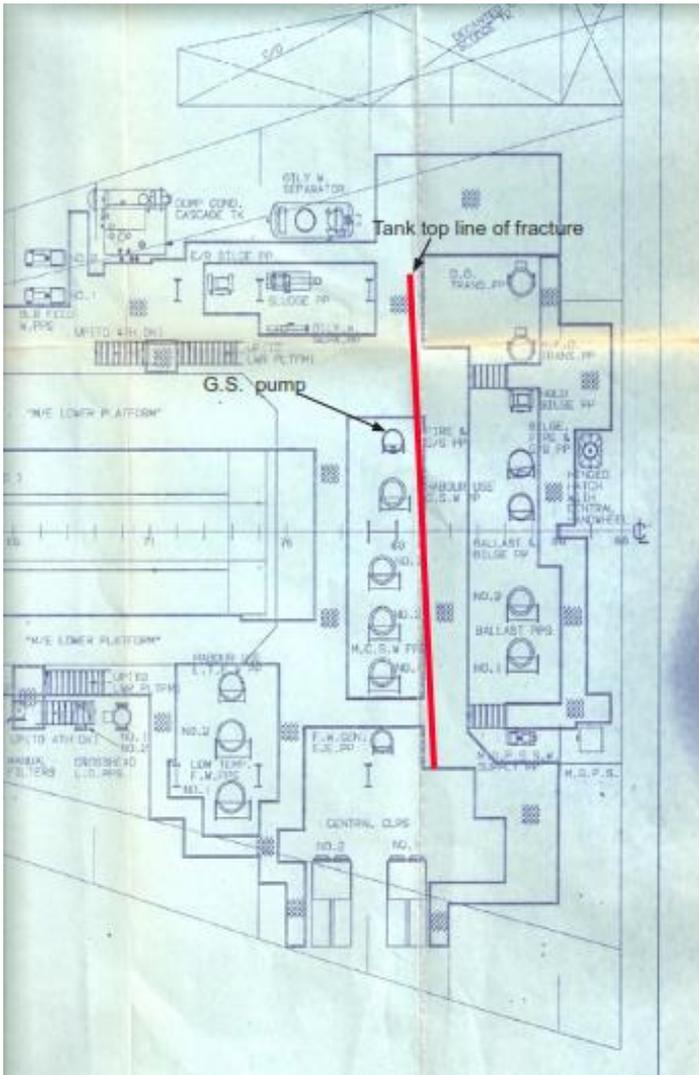


Ilustración 30: Esquema de fractura del MSC Napoli. Fuente: royalsocietypublishing.org

casco estaba fallando en la zona a proa de la sala de máquinas, que fue evacuada tras parar máquina.

Tras una evaluación de los hechos por parte del Capitán y el Jefe de máquinas, y una visión de ambos costados desde los alerones, se concluyó abandonar el buque. El abandono transcurrió con éxito y no se produjo ninguna baja.

La investigación de los hechos concluyó que el accidente había sido causa de un exceso de velocidad para esas condiciones, un

truco para cumplir con calados y esfuerzos al salir de puerto, un mal análisis estructural, información inexacta de la distribución de contenedores, y el mal tiempo, que provocaron que el casco no soportara su carga (Informes de Steamship Mutual y Marine Accident Investigation Branch del Reino Unido)

El buque pasó a manos de remolcadores. Parecía que la parte de popa del buque se iba a separar completamente, por lo que el SOSREP, tras discutirlo con las Autoridades de Francia, decidió vararlo en Branscombe Bay para evitar su hundimiento en aguas profundas y el vertido de su combustible y su carga, en la que se incluían 159 contenedores con sustancias peligrosas.



Ilustración 31: Esquema de fractura del MSC Napoli. Fuente: royalsocietypublishing.org

Los contratistas Smit Salvage retiraron más de 3 500 toneladas de combustible. También se encargaron de los contenedores, en una operación que duró 5 meses. Tras realizar reparaciones y parcheos y bombear, el buque fue reflotado y fondeado en las cercanías del lugar de varada. Sin embargo, no se había decidido qué hacer con él a continuación; por ello y debido a que el Napoli tenía muchos daños, se decidió varar el buque de nuevo.

Usando explosivos, cortaron el buque en dos secciones. La de proa fue remolcada para su

desguace. Cortaron y se llevaron el bloque de acomodación. La parte sobrante de popa fue seccionada en partes de aproximadamente 300 toneladas, que unas barcasas fueron llevando a una instalación de reciclaje en los Países Bajos.

El coste final de la operación fue de 135 millones de dólares. Si hubiese habido un plan factible de destino del buque tras su reflotamiento inicial, este coste habría sido bastante menor, al igual que si la decisión de seccionarlo in situ se hubiese tomado antes de prepararlo para ser reflotado. A veces se debe aceptar que un reflotamiento no es viable.

A pesar de los errores del final, en el caso del MSC Napoli se observan acciones muy bien hechas que se pueden tomar como ejemplo a seguir en otros casos. Aunque se produjeron vertidos de fuel (9 toneladas) la operación de vaciado de tanques de combustible fue un éxito. La operación para impedir daños a la costa

mediante una línea de protección y limpieza de restos de los 114 contenedores caídos y rotos en el mar fue también muy efectiva, al igual que la remoción de los 2214 contenedores remanentes en el buque.

Se consiguió organizar las operaciones de forma que varias fases pudieron ser ejecutadas simultáneamente de la forma más efectiva. Algunas de las etapas iniciales fueron cortas e incluidas en la actuación tras la emergencia, mientras que otras fases posteriores, más largas, fueron tratadas como proyectos individuales. Se hizo una división clara entre las fases puramente marítimas y las más enfocadas al peligro potencial para las poblaciones costeras.

Lo más importante es que se probó la efectividad de la toma de decisiones a alto nivel sobre la coordinación general del accidente y gestión de la respuesta. Esto significa que la figura del SOSREP fue fundamental en la operación del Rena, y se entiende que el mejor modo de conseguir una buena respuesta en casos de accidentes marítimos importantes es una buena estructura de mando.

Reflotamiento completo con grúas

El velero bergantín Astrid, construido en 1918 en los Países Bajos, fue un barco con una larga historia, que pasó por muchas banderas, armadores, tareas y reformas, pasando de dedicarse a la pesca, al contrabando, o a ganar regatas. En 1997 fue puesto a la venta por 750 000 libras, convirtiéndose en velero de lujo.



Ilustración 32: Bergantín Astrid. Fuente: latabernadelpuerto.com.



Ilustración 33: Bergantín Astrid embarrancado. Fuente: La Opinión de Tenerife.

Encalló mientras intentaba entrar en un puerto del sur de Irlanda, el 24 de julio de 2013 a mediodía. En esos momentos, el barco estaba siendo utilizado para un programa europeo de intercambio, y su tripulación consistía en 23 adolescentes y 7 adultos. El buque sufrió un fallo en la máquina que impidió mantenerlo alejado de las rocas. Todos los tripulantes pudieron ser evacuados a tiempo. El Astrid, de 42 metros de eslora, se hundió casi completamente, solo asomando a la superficie parte de los mástiles.

El 26 de julio, buzos e ingenieros comenzaron a analizar la posibilidad de salvamento y reparación del buque. Se observaron graves daños en el casco, incluyendo rajas y orificios, planchas sueltas y remaches saltados.

La compañía contratada para recuperar el buque fue Blue Ocean. El plan consistió primeramente en extraer las 3.5 toneladas de diesel, a continuación bombear agua fuera del buque y luego cortar los palos y jarcia, para finalmente levantarlo de las rocas con una grúa. Después, se llevaría a un puerto cercano para ser entregado a la compañía aseguradora. A finales de julio, se entendió que el Astrid no podría volver a navegar, por lo que fue declarado siniestro total (Constructive Total Loss).

La operación de salvamento comenzó el 1 de septiembre, trabajando los equipos para eliminar cabos sueltos y asegurar los tanques de combustible. El bergantín fue recuperado con la grúa flotante *GPS Atlas* el 9 de septiembre y fue llevado sobre una barcaza hasta Kingsale para su valoración e investigación del accidente.



Ilustración 34: Recuperación del Astrid por la compañía Blue Ocean. Fuente: atantictowage.com

La aseguradora consideró que el coste de devolver al Astrid al servicio era demasiado alto debido a los daños sufridos mientras se encontraba sumergido. El proceso de desguace se completó el abril del 2014.

USO DE BUQUES AHTS PARA REFLOTAMIENTO

Si un buque se ha hundido en un lugar profundo, a veces será útil llevarlo hasta aguas someras para que se pueda trabajar con él más fácilmente y decidir su destino final tras una inspección pormenorizada. Los buzos y la maquinaria podrán trabajar mejor cuanto más cerca de la superficie se encuentre el buque, pero si el pecio es insalvable y al final se seccionará en partes, no merece la pena el importante gasto de sacarlo del agua con cualquiera de los métodos; además del coste en maquinaria y personal, habrá que esperar a que la totalidad del equipo necesario llegue al lugar del hundimiento. Una ventaja de transportar un buque hundido bajo el agua es que el peso transportado es el 87% de la masa total. Esta ayuda no es mucha, pero puede ser trascendental si estamos al límite de capacidad.

Si se pudiese utilizar un solo barco para la tarea de trasladar el buque hundido hasta aguas someras, se ahorraría en costes y en el tiempo que tardan en comenzar las tareas de inspección profunda y de resolución del accidente.

Se escoge un buque AHTS (Anchor Handling Tug and Supply), un buque anclero por su versatilidad: puede dedicarse a tareas del mundo offshore de manera habitual y modificarse rápidamente en caso de hundimiento. La ventaja principal de usar este tipo de buques en vez de una barcaza grúa, ya sea de remolque o autopropulsada, es su maniobrabilidad y versatilidad para trabajar en lugares peligrosos, cercanos a alguna estructura, o con muy mal tiempo. Son buques que suelen tener el equipamiento más novedoso, y normalmente cuentan con un sistema de posicionamiento dinámico. Esto les proporciona una gran estabilidad en el movimiento y la capacidad de mantenerse inmóviles en las peores condiciones meteorológicas. El único sentido en el que se podrían mover si las olas son grandes es en el vertical. Este problema se puede resolver dándoles a los winches capacidad para generar cierta elasticidad mediante un sistema automático de células de carga.

La tripulación habitual del buque también puede ser útil en labores de salvamento, puesto que los posibles peligros y las condiciones de seguridad que se deben

aplicar en el levantamiento de un buque con cadenas son similares al trabajo con grandes anclas.

Además, los buques ancleros también se utilizan muy a menudo como apoyo a ROVs “(acrónimo del inglés *Remote Operated Vehicle*, Vehículo operado a distancia) son vehículos que están controlados por un operador que no está en el vehículo. Son operados mediante un cable o una línea (umbilical, cable grueso e impermeable) que conecta el vehículo a donde se encuentra el operador. Son vehículos mayormente utilizados para reflotamientos y operaciones offshore (instalación y reparación de tuberías submarinas.)

Es habitual que en las labores de enganche de garfios en el buque hundido se realicen con ayuda de ROVs si las condiciones no permiten el trabajo de los buzos. La estructura de los AHTS permite que el acople de los sistemas de un ROV sea inmediato.

En la fabricación del buque se han agregado orificios verticales en proa, popa, y zona central, normalmente cerrados por válvulas, y un sistema para acoplar un winch en popa y al centro.

La modificación para reflotamiento consiste en la instalación de winches adicionales al de proa en popa y centro, y apertura de los orificios verticales. La cadena, en vez de ir hacia popa como es habitual en las tareas de los ancleros, se conduce hacia abajo. La de proa puede ser la misma que se utiliza siempre, y las otras vienen con los winches móviles. Se utilizan varios winches adicionales para combatir el daño por esfuerzos, tanto en el buque hundido como en el AHTS.

La unión de los cables con el buque hundido se hará de la forma que mejor se adapte a cada situación. Por ejemplo, se añaden unos ganchos en la parte inferior que se conectan firmemente al buque hundido de igual forma que si se levantaran con una grúa. Se trata de asegurarse de que las estructuras utilizadas para unir cables y ganchos vayan a resistir los esfuerzos. Los ganchos o garfios de unirán al buque hundido con la ayuda de buzos, un ROV, o con un mecanismo hidráulico. Otra opción para los casos más complicados sería la construcción de una estructura para soldar al buque hundido en ciertos lugares establecidos por

ingenieros. De esta forma conseguimos controlar perfectamente los esfuerzos que se darán. Si disponemos de ROVs y las condiciones lo permiten, se puede plantear pasar tiras de un material fuerte por debajo del buque hundido de forma que esas tiras no lo rasguen.

Con el trabajo de los winches añadido a la acción de ir deslastrando el AHTS, se podrá levantar un buque de cierto tamaño para conducirlo a otra zona de condiciones más favorables. Se debe tener muy en cuenta y supervisar y el efecto de las superficies libres mientras se deslastra.

Lo que se busca es una gran flotabilidad, por lo que si se quiere levantar un buque de cierto tamaño, lo ideal será un AHTS lo más grande posible, para que tenga grandes tanques de lastre. Se encuentran fácilmente buques ancleros con una capacidad de lastre de más de 1000 m³. Por ejemplo, los Bourbon Surf y Bourbon Borgstein cuentan con 1200 metros cúbicos. El Damen AHTS 200, de 89,10 metros de eslora, especifica unos tanques de lastre de 1500 m³ o una capacidad de carga en cubierta de 1500 toneladas. Por ello, se puede asegurar que serían capaces de levantar un buque de al menos 1500 toneladas con total seguridad (sin olvidar las corrientes submarinas y el tironeo del buque que estamos moviendo bajo el agua). Este buque en concreto cuenta con una tracción a punto fijo (Bollard Pull) de 200 toneladas. Se construyen con varios winches:

- Dos chigres de con una capacidad de tiro de 400 toneladas con una ratio de tiro de 10m/minuto y freno de 450 toneladas, con espacio para dos cables de 3000 metros y 87 mm.
- Un winch especial para maniobra de las mismas características pero más grande, para un cable de 7000 metros y 87 mm.
- Dos winches secundarios con una capacidad de tiro de 140 toneladas con un ratio de tiro de 10m/minuto y freno de 140 toneladas, con espacio para dos cables de 1600metros y 208 mm.
- Un cabestrante de almacenaje de 20 toneladas, con un freno de 23, y con espacio para 3200 metros de cable de 208 mm.



Ilustración 35: Buque Damen AHTS. Fuente: World Maritime News

Así pues, con los dos winches principales, el de maniobra y otros dos pares que instalemos, tendremos una capacidad de tiro más que suficiente para levantar cualquier buque dentro de la capacidad de flotabilidad del buque, en este caso un mínimo de 1500 toneladas.

Si es necesario aumentar la flotabilidad del buque hundido se puede utilizar un tanque hundible, bolsas o tubos de aire comprimido.

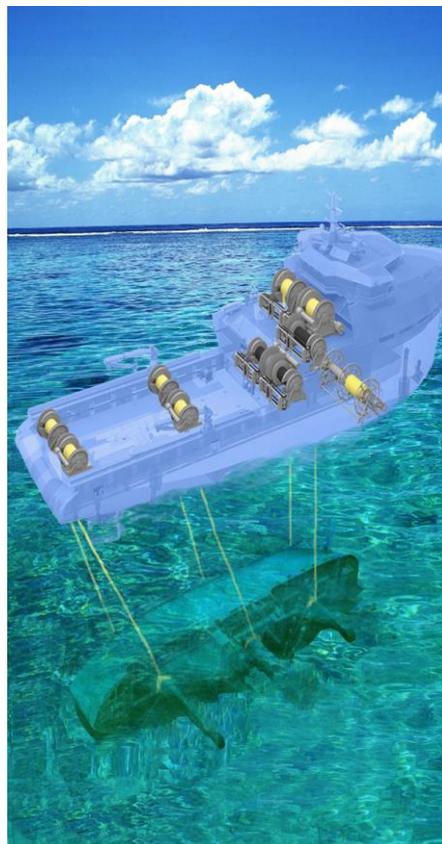


Ilustración 36: Operativa buque AHTS. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIÓN

En los últimos años, el aumento de tamaño de los buques y el avance de la tecnología han permitido el desarrollo de impresionantes operaciones de reflotamiento de buques varados. Solamente viendo algunos de los proyectos llevados a cabo en los últimos años, se puede apreciar la creatividad que los ingenieros han tenido que desarrollar para los casos más grandes y complejos. Actualmente, el esfuerzo no está puesto tanto en el fomento de la creación de nuevas técnicas, sino en la mejora de los métodos de las existentes, ya que se ha comprobado su efectividad para un amplio espectro de casos posibles. Aun así, este es un mundo donde la innovación es apreciada e incentivada; las compañías se mantienen abiertas a nuevas ideas que podrán facilitar y abaratar su trabajo, especialmente las que mejorarán alguna parte problemática de estas operaciones.

En los reflotamientos, es frecuente que se necesite un alto grado de trabajo submarino. Los mayores problemas que encuentran los equipos de salvamento de buques residen en la falta de maquinaria con el poder de cortar, seccionar, taladrar, suficientemente avanzada. Es necesario continuar desarrollando los ROVs, no sólo en el sector petro-marítimo, sino también de forma específica para actividades de reflotamiento. Además, se deben mejorar los equipos de elevación avanzados, incluyendo los sistemas de compensación de pesos.

Normalmente, la resolución de un caso de reflotamiento consistirá en un proyecto de ingeniería hecho a medida y comprenderá una combinación de varias técnicas. Es improbable, aun quizás en los casos más simples, que con un solo método se pueda recuperar el barco. Por eso, los expertos encargados del salvamento de un buque deben tener en cuenta todas las posibilidades, ser capaces de utilizar la lógica para escoger la mejor solución en cada momento, aceptar modificación de planes según circunstancias cambiantes y mantener una mente creativa que les permita reaccionar a las situaciones más imprevistas.

Desde el punto de vista de la ingeniería, sería recomendable dedicar un equipo a investigar y a avanzar en el desarrollo tecnológico. En la práctica, por razones económicas, no es fácil. La respuesta está, por tanto, en la colaboración a nivel internacional para el avance de la tecnología en este campo, teniendo en cuenta las

necesidades de la industria. Su justificación está en que cuanto más evolucionadas se encuentren las técnicas y la maquinaria, menos costosas serán las operaciones de reflotamiento. De igual forma, disminuirán los daños causados al medio ambiente y a las poblaciones cercanas al lugar de un accidente, ya que se podría actuar de una forma más efectiva y rápida. La necesidad de bajar los costes es una prioridad tras un periodo de aumento desorbitado que las aseguradoras, P&I Clubs (armadores) y gobiernos ven cada día más difícil de afrontar.

Por otro lado, se observa la necesidad de crear más organismos independientes que se ocupen de la coordinación de los proyectos de salvamento de buques. En ocasiones, la falta de un cuadro de mando claro ha retrasado el comienzo de las actividades, o ha impedido que las acciones necesarias se realizaran con fluidez, resultando en un encarecimiento de costes o incluso en el fracaso de la operación. Esto no sólo ocurre en casos de reflotamiento; también se da en cualquier accidente grave, como el Prestige, donde la lentitud con la que se fueron tomando las decisiones causó el conocido desastre. O el caso del New Flame en la costa de Gibraltar, cuando se hundió parcialmente tras una colisión. Meses después, el buque se partió en dos. A causa de la disputa entre el Reino Unido y España, los políticos locales se involucraron profundamente en la operación. Fue únicamente debido a injerencias políticas que el proceso de remoción se alargó durante meses y acabó teniendo un coste exorbitante. Se exigieron licencias y autorizaciones para cada etapa; se obligó a que los restos del buque fueran trasladados a Gibraltar para su reciclaje en un astillero sin capacidad para semejante proceso, lo que aumentó sobremanera los costes; y se requirió mantener una alta proporción de equipos contra la contaminación incluso después de haber extraído el fuel de los tanques de combustible, cuando el peligro de contaminación o vertidos de cualquier tipo era prácticamente inexistente.

La industria y la normativa marítima se han centrado más en la prevención de accidentes que en la actuación tras ellos. El SOLAS ha ayudado a mejorar el diseño de los buques y a aumentar la seguridad operacional, y ha contribuido a la disminución de la frecuencia de los siniestros marítimos. Pero no incluye artículos sobre qué hacer tras uno. La mayoría de los buques se construyen de acuerdo con la IACS, lo que significa que son diseñados para llevar con seguridad la mayor

cantidad de carga posible. La dificultad para la actuación en caso de incidentes o accidentes no suele ser un factor a tener en cuenta en el diseño.

Así todo, en los últimos años ha habido un avance importante. La Organización Marítima Internacional ha reaccionado al ver la necesidad de al menos un marco para la legislación. Se unifican los casos de varada y hundimiento, ya que la respuesta a todos es similar.

Las compañías de seguros, P&I Clubs y empresas de salvamento de buques son partidarios de una normativa internacional unificada, con el fin de facilitar el reparto de responsabilidades y acelerar la actuación en caso de accidente.

Ha quedado comprobado que el SOSREP es una figura útil y efectiva en la resolución de los accidentes marítimos, donde lo que se debe perseguir es la máxima rapidez para organizar cada uno de los organismos que deberá actuar. En una situación de emergencia, la prioridad es impedir un empeoramiento de las circunstancias y en la medida de lo posible empezar inmediatamente con la resolución del problema. Este modelo ya ha sido seguido en varios países europeos, por ejemplo el Centro de Emergencias Marítimas de Alemania.

El modelo español (Sistema Nacional de Respuesta, SNR 2012), se caracteriza por una visión parcial de la emergencia marítima, tan sólo la limpieza del mar y/o de la costa, y no contempla necesidad alguna de colaboración operativa durante las previsibles fases de la emergencia; su estructura de mando “único” nace condicionada en su operatividad y diligencia: mando político, 23 asesores, 13 criterios de activación, y gestión jerarquizada políticamente sin retroalimentación alguna. Estas son palabras de Jaime Rodrigo de Larrucea, presidente de la sección de Derecho Marítimo del Colegio de Abogados de Barcelona.

“La implantación de una autoridad marítima capaz, independiente y de carácter permanente, es un objetivo irrenunciable para nuestro país que es un estado ribereño con un importante litoral y con un histórico bochornoso de siniestros marítimos graves”.

BIBLIOGRAFÍA

- Estudio y diseño de un ROV propulsado por aire comprimido. Carlos Quesada Penalva.
 - <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/20358/1/pfc%20Carlos%20Quesada.pdf>
- Operation to free MV Willy
 - http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/1753179.stm
- International wreck removal and marine services agreement (daily hire)
 - https://www.bimco.org/~media/Chartering/Document_Samples/Sundry_Other_Forms/Sample_Copy_WRECKHIRE_2010.ashx
- International wreck removal and marine services agreement (fixed price “no cure, no pay”)
 - https://www.bimco.org/~media/Chartering/Document_Samples/Sundry_Other_Forms/Sample_Copy_WRECKFIXED_2010.ashx
- International wreck removal and marine services agreement (Lump sum – stage payments)
 - https://www.bimco.org/~media/Chartering/Document_Samples/Sundry_Other_Forms/Sample_Copy_WRECKSTAGE_2010.ashx
- Vessels ahts burbon
 - <http://www.bourbonoffshore.com/en/services-and-fleet/our-fleet>
- Damen anchor handler vessels
 - <http://www.damen.com/en/news/2013/01/damen-introduces-new-anchor-handler-design>
- Cabioc'h, F. (2012). Grounding of Container Ship Rena in New Zealand.
 - http://www.cedre.fr/pmb/opac_css/index.php?lvl=categ_see&id=3208&page=2&nbr_lignes=43&main=&l_typedoc=s%2Ca

- Ship Margaret
 - <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2054237/There-blows-Moment-500-tonne-barge-blown-up.html>

- Margaret
 - <http://www.shipwrecklog.com/log/tag/jacobsbaai/>

- MSA. (2008). Marine Accident Review. (PDF)

- P&I Clubs
 - <http://www.igpandi.org/>
 - <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3621960>

- Testimonio Jaime Rodrigo de Larrucea
 - <http://www.naucher.com/es/actualidad/jaime-rodrigo-ldquoel-salvamento-maritimo-espanol-necesita-implantar-el-sistema-britanico-del-sosreprdquo/ n:1823/>

- The challenges and implications of removing shipwrecks in the 21st century
 - <http://www.lloyds.com/~media/lloyds/reports/emerging%20risk%20reports/wreck%20report%20final%20version%20aw.pdf>

- Report on the Investigation of the Grounding of MV Willy Cawsand Bay, Plymouth Sound 1 January 2002.
 - <https://assets.digital.cabinet-office.gov.uk/media/547c7101ed915d4c10000cb/willy.pdf>

- Report on the investigation of the structural failure of MSC Napoli English Channel on 18 January 2007.
 - <https://assets.digital.cabinet-office.gov.uk/media/547c703ced915d4c0d000087/NapoliReport.pdf>

- Independent Review of Maritime New Zealand's Response to the MV Rena Incident on 5 October 2011
 - <http://www.maritimenz.govt.nz/Environmental/Responding-to-spills-and-pollution/Past-spill-responses/Rena-documents/Independent-Review-MNZ-response-to-Rena.pdf>

- Convenio Internacional de Nairobi sobre la Remoción de Restos de Naufragio, 2007.
 - <http://www.directemar.cl/component/jdownloads/finish/364-internacional/2898-convenio-nairobi-convenio-internacional-de-nairobi-sobre-la-remocion-de-restos-de-naufragio-2007.html?Itemid=0>

- Nairobi International Convention on the Removal of Wrecks
 - <http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/Nairobi-International-Convention-on-the-Removal-of-Wrecks.aspx>

- Understanding ship-grounding events Tan-Hoi Nguyen*, Jørgen Amdahl, Bernt J. Leira, Luca Garrè
 - http://ac.els-cdn.com/S0951833911000657/1-s2.0-S0951833911000657-main.pdf?_tid=36cc9cc0-fce4-11e4-94c0-0000aabb0f27&acdnat=1431901963_5ae96f67b5b0d115d11aea3f26eac516

- Costa Concordia
 - <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/italy/10885312/Removal-of-Costa-Concordia-could-pollute-sea-around-island-of-Giglio.html>
 - <http://www.lloyds.com/~media/lloyds/reports/emerging%20risk%20reports/wreck%20report%20final%20version%20aw.pdf>

- Protection and indemnity insurance
 - http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Protection_and_indemnity_insurance&oldid=607175929