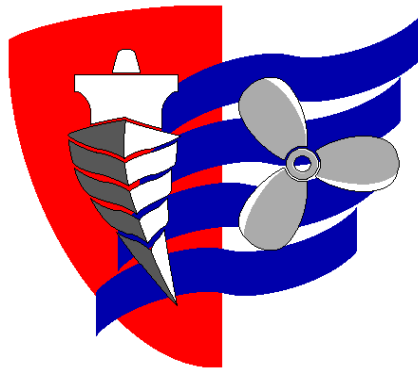


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

VARADA POR CAUSA METEOROLÓGICA

GROUNDING DUE TO A METEOROLOGICAL CAUSE

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

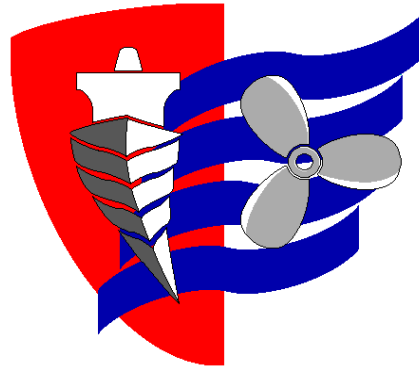
Autor: Pedro de Alcántara Montaner Lemm

Director: D. J. Iván Martínez García

Marzo- 2018

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

VARADA POR CAUSA METEOROLÓGICA

**GROUNDING DUE TO A METEOROLOGICAL
CAUSE**

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

Marzo-2018

A mis padres, mis primeros maestros.

ÍNDICE:

RESUMEN	6
PALABRAS CLAVE	6
ABSTRACT	7
KEYWORDS	7
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	8
1.1 INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES	11
2.1 ANTECEDENTES.....	12
2.1.1 ALCUDIA Y PUERTO DE ALCUDIA.....	12
2.1.2 EL PUERTO COMERCIAL DE PUERTO DE ALCUDIA.....	14
CAPÍTULO III: LA RISSAGA	17
3.1 LA “RISSAGA”.....	18
3.1.1 LA RISSAGA EN LAS ISLAS BALEARES.....	19
3.2 OBSERVACIÓN REMOTA DE NUBES EN CASOS DE RISSAGA.....	24
3.3 LA RISSAGA EL DÍA DE LA VARADA.....	31
CAPÍTULO IV: LA VARADA	38
4.1 DEFINICIÓN DE VARADA.....	39
4.2 ACCIONES INMEDIATAS TRAS UNA VARADA.....	40
4.3 REFLOTAMIENTO DEL BUQUE.....	44
4.3.1 FASE DE ESTABILIZACIÓN.....	44
4.3.2 FASE DE REFLOTAMIENTO.....	49
4.4 VARADA SEGÚN EL DERECHO MERCANTIL.....	57
4.5 VARADA DEL BUQUE SIRIUS.....	61
4.5.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL BUQUE.....	61
4.5.2 ENTRADA A PUERTO.....	63
4.5.2 CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD DEL BUQUE UNA VEZ VARADO.....	65
4.6 VARADAS RELEVANTES EN EL ÚLTIMO SIGLO.....	78

4.6.1 MSC NAPOLI.....	79
4.6.2 MS RIVERDANCE.	82
4.6.3 EL COSTA CONCORDIA.....	85
CONCLUSIONES.....	89
BIBLIOGRAFÍA.	92

RESUMEN.

En este Trabajo Final De Grado en Ingeniería Náutica y Transporte Marítimo titulado: “**VARADA POR CAUSA METEOROLÓGICA**” se ha desarrollado con el fin de estudiar el comportamiento de un buque enfrentado a una varada causada por el fenómeno meteorológico llamado “rissaga” o “meteotsunami” y, a su vez, el estudio del fenómeno en sí.

La meteorología es un factor que siempre acompaña al marino, ya sea a favor o en contra. Por ello es crucial el conocimiento y el estudio de los partes meteorológicos y de cómo el tiempo puede afectar de forma positiva o negativa la navegación. Lo mismo se puede decir con los accidentes marítimos que, por desgracia, ocurren anualmente en todo el mundo, y que pueden reducirse significativamente gracias al conocimiento del marino con su deber a la hora de enfrentarse a uno, siendo en este caso una varada.

PALABRAS CLAVE.

Estabilidad, varada, rissaga, meteorología, meteotsunami, puerto, salvamento, refluotamiento.

ABSTRACT.

This Final Degree Project, entitled: “**GROUNDING DUE TO A METEOROLOGICAL CAUSE**”, is an academic task that seeks to study the way a ship beaches due to a meteotsunami. In this task, the nature of a meteotsunami will be study, so as the theory of beaching or stranding on merchant ships.

Meteorology is an all-time escorted factor for sailors. Depending on the situation, the weather acts up or downwind for a vessel. Therefore, knowledge and studies about meteorology are crucial for a successful navigation.

Every year, accidents occur all around the world at sea, and most of them bear some relation with bad weather conditions. According to this, it is crucial for seamen to get used to adverse situations by making regular drills aboard. In this particular case, a stranding caused by adverse weather, relative questions about adverse weather situations and marine accidents are studied.

KEYWORDS.

Stability, beaching, stranding, grounding, rissaga, meteotsunami, meteorology, harbor, salvage.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

1.1 INTRODUCCIÓN.

A través de este Trabajo Final de Grado titulado: “**VARADA POR CAUSA METEOROLÓGICA**” planteo el comportamiento de un buque al varar en la entrada de un puerto por un suceso puntual conocido como la “rissaga”. Este trabajo ha sido desarrollado gracias a la experiencia que mantuve a bordo de un carguero que atracó en el Puerto de Alcudia el día 16 de Julio de 2018 justo en el momento en que se produjo el fenómeno, produciéndose una varada de duración corta debido a susodicha causa.

La idea de plantear este trabajo surgió tras el puntual suceso meteorológico, que fue noticia en toda España, así como en parte de Europa, ya que es un caso muy puntual que se produce contadas veces a lo largo de una década, y que provocó un momento muy intenso con numerosas inundaciones y consecuencias en la zona portuaria del Puerto de Alcudia y que, además, tuve la oportunidad de presenciarlo en primera persona a bordo del buque en el que me encontraba embarcado.

Este estudio trata de un suceso real por lo que los datos obtenidos son oficiales a excepción del nombre de la empresa naviera, así como del buque, que se mantendrán en todo el trabajo en el anonimato, a petición de la misma.

El día 16 de junio de 2018, se produjeron en el Puerto de Alcudia cambios de presión en la atmósfera de período muy corto y frecuencia alta, lo que afectó a la superficie marina, produciendo un fuerte oleaje que desencadenó un meteotsunami. A las 09:15 horas de la mañana el nivel del mar bajó un metro de golpe haciendo que todas las barcas de pesca tocaran fondo; a esa hora, el carguero Sirius con destino Alcudia entraba por la bocana del puerto comercial, momento en el que, al bajar tanto el nivel del agua varó quedando inmovilizado durante 15 minutos.

Por suerte, durante las dos horas que duró el fenómeno, no hubo daños personales ni apenas materiales. Por tanto, fue un suceso impactante que no afectó a la población.

Baleares lleva sufriendo los efectos de meteotsunamis durante toda su historia y, aún hoy en día, no se pueden predecir con exactitud. Los métodos usados

hoy en día para la predicción de “rissagues” son simplemente la comparación con aquellas del último siglo.

En cuanto a la varada del buque, por suerte también quedó en un susto para la tripulación, puesto que no produjo ninguna avería y pudo ser salvada casi de inmediato, aunque podría no haber sido así.

Este trabajo se dividirá claramente en dos secciones, tales sean la “rissaga” y la varada. En los primeros dos capítulos se explicará la naturaleza del fenómeno y se relacionará con el lugar donde tuvieron origen sus consecuencias. En los siguientes capítulos se hablará de lo referente a una varada; qué es una varada, qué hay que tener en cuenta ante una varada, qué cálculos hay que hacer para determinar la estabilidad de un buque varado, y también qué ocurrió el día de la “rissaga”.

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES.

2.1 ANTECEDENTES.

En el siguiente capítulo pondré en situación el tema comenzando por una descripción del Puerto de Alcudia y siguiendo por una explicación del suceso meteorológico.

2.1.1 ALCUDIA Y PUERTO DE ALCUDIA.

Alcudia, ciudad y municipio español situado en la parte septentrional de Mallorca, en las Islas Baleares, a orillas del mar Mediterráneo, fue incorporada al imperio romano por el cónsul romano Quinto Cecilio Meteo bajo el nombre de Pollentia, junto a Palma, actual capital de la isla, el 123 a.C.

Imagen 1: Vista del pueblo de Alcudia.



Fuente: Ajuntament d'Alcúdia.

Durante el imperio romano ya se hizo uso del puerto de Alcudia, siendo la antigua Pollentia la capital de la isla. Al no haber vestigio de lo que pudo ser la infraestructura portuaria, cabe pensar que los romanos usaron el barqueo como método para realizar las operaciones portuarias.

Es a partir del siglo XVIII cuando se empiezan a tener noticias sobre instalaciones portuarias en el puerto de Alcudia gracias al Proyecto de Cuarentena que aparece en el plano de la ciudad de 1785 y a la lápida de casilla de navegantes, del 1786, que se puede encontrar en el arranque del antiguo dique.

A principios del siglo XX comienzan a realizarse varios proyectos de ampliación del puerto, que se ven interrumpidos a causa de la guerra civil, finalizándose el nuevo dique en 1954 y mejorándose durante los próximos 30 años. El puerto comercial de Alcudia se ha especializado en la recepción de energía eléctrica que, aparte de Mallorca, también abastece Menorca. Por otra parte, un considerable número de mercancías llega a través de este puerto. Es por ello, que en la década de los 90 se tuvo que hacer una prolongación del muelle de Ribera.

En la actualidad, el crecimiento del turismo y la ampliación del puerto hacen del Alcudia la alternativa a Palma en cuanto al tráfico de mercancías y la convierten en la conexión natural entre Mallorca y Menorca.¹

Imagen 2: El puerto comercial de Alcudia.



Fuente: Ports de les Illes Balears.

¹ [19] Ports de les Balears.

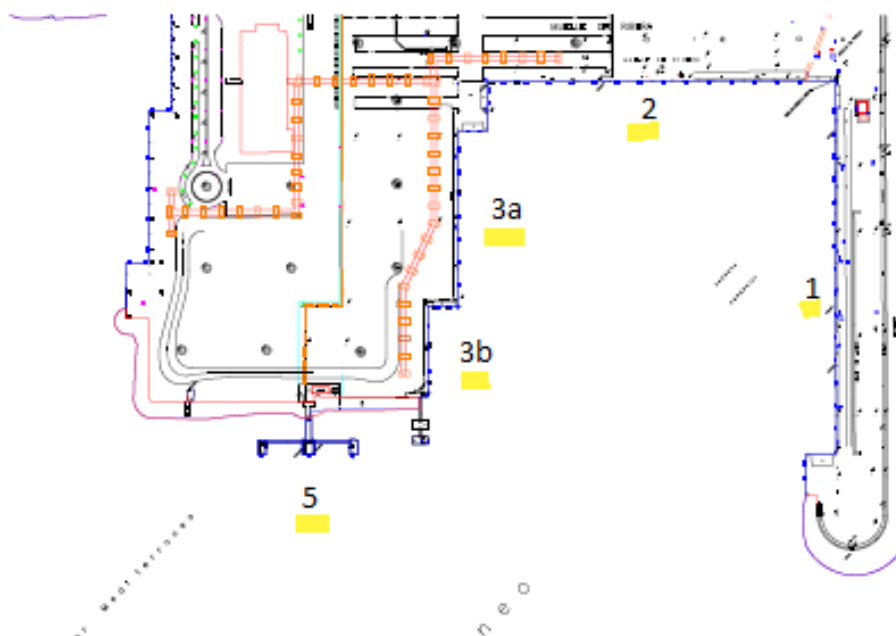
2.1.2 EL PUERTO COMERCIAL DE PUERTO DE ALCUDIA.

El puerto de Alcudia cuenta con instalaciones de un total de 261.804,87 m². Su zona comercial, cuenta con una superficie de 125.639,12m². Ésta está destinada al transporte de pasajeros, carga rodada y mercancías tales como el gas, el carbón y coque de petróleo, así como chatarra y chatarra de vidrio. A veces también se destinan a carga o descarga trigos y graneles derivados.

Se compone de 4 principales muelles:

- 1- Muelle Adosado, destinado a la carga y descarga de graneles sólidos.
- 2- Muelle de Ribera, destinado a la carga y descarga de graneles sólidos y pasajeros.
- 3- Muelles de poniente, divididos en dos aleaciones, destinados a la carga y descarga de pasajeros, así como de carga rodada.
- 4- Muelle de descarga de gases licuados.

Imagen 3: Plano del puerto comercial de Alcudia.



Fuente: Autoridad Portuaria de Baleares.

2.1.2.1 BATIMETRÍAS.

El puerto de Alcudia es un puerto con poco calado, con una media de 9 metros de calado máximo en la zona comercial y una media de 5 metros de calado máximo en su zona deportiva, como podemos apreciar en las siguientes batimetrías.

El calado máximo permitido es de 7 m para buques comerciales.

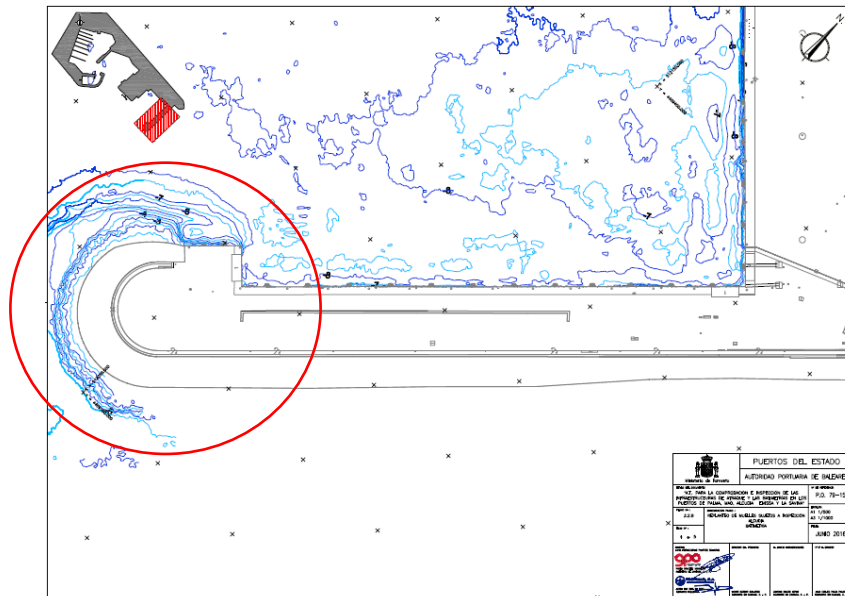
Imagen 4: Batimetría del Puerto de Alcudia.



Fuente: Autoridad portuaria de Baleares.

La zona donde se produjo la varada el día 16 de junio fue en la bocana del muelle comercial, cerca de la luz verde del mismo, ya que el buque iba destinado al amarre del Muelle Adosado, por su banda de estribor. Es, por tanto, el Muelle Adosado, la zona de interés a la hora de estudiar el caso de la varada.

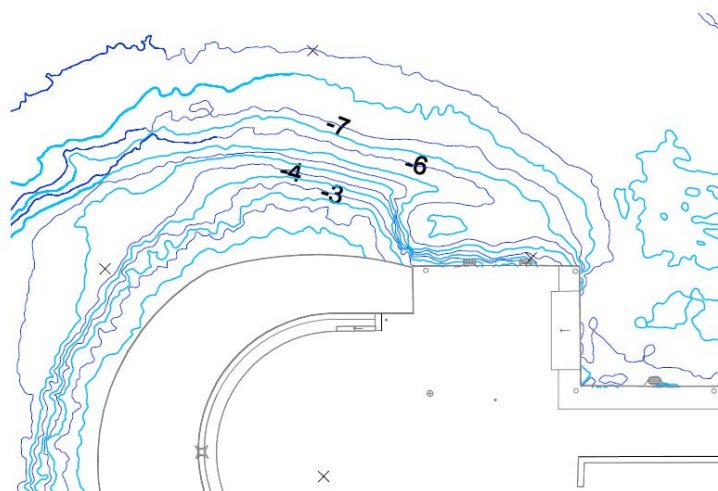
Imagen 5: Batimetría del Puerto de Alcudia.



Fuente: Autoridad Portuaria de Baleares.

Como bien podemos observar en la siguiente batimetría, el calado máximo del Muelle Adosado es de 8 m. A 20 m del rompeolas de la luz verde, podemos ver como el calado máximo es de 7 m, y muy próximo a ese veril, el calado disminuye un metro en sus aproximaciones llegando a bajar hasta 3 m de calado máximo. Este punto de la bocana es de especial interés para el estudio de esta varada, por lo que se hará referencia a él más tarde.

Imagen 6: Batimetría del Puerto de Alcudia.



Fuente: Autoridad Portuaria de Baleares.

CAPÍTULO III: LA RISSAGA.

3.1 LA “RISSAGA”.

La “rissaga”, o meteotsunami, es un tsunami de origen meteorológico, no sísmico. Se generan al haber cambios bruscos de presión barométrica que generan el desplazamiento de una masa puntual de agua. A diferencia de los tsunamis corrientes, un impulso de masa de agua originada por una causa atmosférica normalmente interactúa sólo por un periodo limitado de tiempo, normalmente de minutos a horas.

En general, las rissagas suelen carecer de importancia debido a la disipación de su energía al producirse, aunque, a pesar de todo, si entran en resonancia pueden llegar a ser peligrosas.

En la siguiente tabla mostramos los meteotsunamis más destacados del último siglo²:

Tabla 1: Rissagas destacadas del último siglo.

AREA	PAÍS	ALTURA DE LA OLA (M)	MUERTES
VELA LUKA (1978)	CROACIA	5.9	0
NAGASAKI (1979)	JAPÓN	5	3
CIUTADELLA (2006)	ESPAÑA	4	0
CHICAGO (1954)	EUA	3	7

Fuente: Wikipedia Commons.

Desde el año 200 A.C. hasta el 2018, sólo el 3% de los tsunamis se conoce que tienen origen meteorológico, aunque esta cifra podría aumentar debido a que la mayoría de tsunamis del pasado no tienen orígenes conocidos, suelen ser difíciles de validar y, además, pueden haber sido catalogados erróneamente como sísmicos en la antigüedad.

² [26] Wikipedia, la enciclopedia libre (2013). La Rissaga.

3.1.1 LA RISSAGA EN LAS ISLAS BALEARES.

A pesar de poder formarse durante cualquier momento del año, es en el mes de junio y julio cuando más se producen en las Islas Baleares, sobre todo en Ciutadella de Menorca.

Las “rissagas”, fenómenos comunes en las Islas Baleares, llevan conociéndose toda la vida en esta pequeña región del este del mediterráneo.³ Durante décadas se han ido analizando y estudiando hasta hoy en día, donde las Baleares cuentan con un sistema de predicción bastante preciso, desarrollado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) basado en la utilización conjunta de modelos numéricos de la atmósfera y el océano.⁴

A pesar de haberse conocido las “rissagas” desde siempre, su causa no ha sido descubierta hasta épocas recientes. En la antigüedad, se pensaba que el origen de estos seiches podría ser astronómico provocando una marea similar pero amplificada (cabe destacar que la amplitud de la marea astronómica del mar mediterráneo es de 20 centímetros en un período de varias horas mientras que el período de la “rissaga” es de 10 minutos y con amplitudes de hasta 2 metros). Otro razonamiento era que posiblemente tuvieran un origen sísmico, pero esto no explicaba por qué se frecuentaba tanto este fenómeno en esta región del mediterráneo y no en otras.

No es hasta 1934, gracias a Eduard Fontseré en su libro *“Les seixes de la costa catalana”* sobre las oscilaciones extraordinarias del nivel del mar en el puerto de Barcelona, cuando se sugiere que la causa de este fenómeno es atmosférica, ya que las oscilaciones bruscas de la presión atmosférica suelen asociar a oscilaciones bruscas en el nivel del mar. Cabe mencionar también a Milan Hodžić en su libro *“Exceptional oscillations in the bay of Vela and Luka and Meteorological situation on the Adriatic”*, en 1979, donde realiza un estudio sobre oscilaciones del estilo en la

³ Hay referencias del siglo XV que hablan de hundimientos de barcos en el puerto a causa de mareas extraordinarias y repentinas.

⁴ [21] Renault, L., Vizoso, G., Jansá, A., Wilkin, J., & Tintoré, J. (2011). Toward the predictability of meteotsunamis in the Balearic Sea using regional nested atmosphere and ocean models.

costa del mar Adriático, sugiriendo también que la causa del fenómeno es atmosférica.

No obstante, en 1979, dos autores españoles, Jansá y Ramis, desarrollaron un modelo matemático para el estudio de la “rissaga”, centrado en la interacción entre la atmósfera y el mar como su principal causa. Ambos autores centraron su estudio en la posible *“influencia de ondas gravitatorias generadas en niveles medios de la troposfera por efecto de la cizalladura del viento como causa de las oscilaciones de presión atmosférica en la superficie”*.⁵

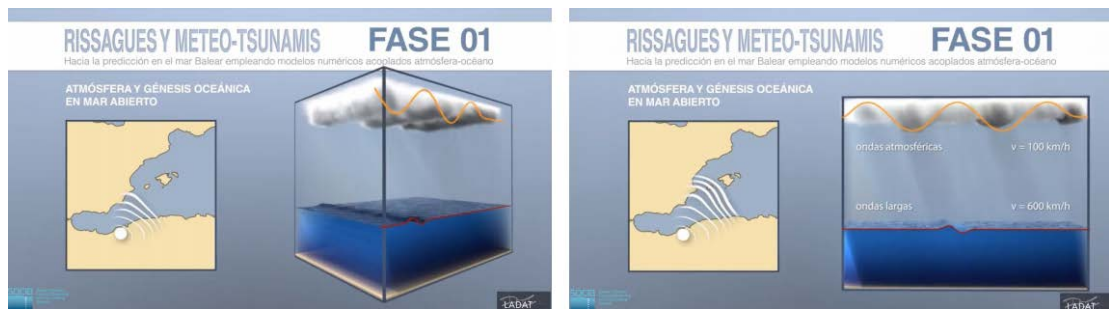
El hecho de que en Ciutadella de Menorca sean tan comunes las “rissagas”, es debido a la entrada de su puerto natural que, además de favorecerlas gracias a su disminución de calado, está geográficamente ubicada en sentido de la propagación de éstas, ya que su origen se encuentra en el norte de África, y se desplaza en dirección a dicho puerto.

La formación de la “rissaga” en el puerto de Ciutadella se puede explicar en tres fases.

-Primera fase: Atmósfera y génesis oceánica en mar abierto. En un punto concreto del norte de África, en un breve período de tiempo, la presión del aire cambia repentinamente y origina una onda atmosférica que se propaga hacia las Islas Baleares provocando un “efecto rebote” en el mar, produciendo olas que se desplazan en la misma dirección que dicha onda. La velocidad respectiva es diferente, siendo la de las olas del mar mayor que la de la onda atmosférica.

⁵ [9] Jansá, A., & Ramis, C. (1987). Observació remota de núvols en casos de “rissaga”. Situación meteorológica a escala sinóptica y a mesoscala simultánea a las Rissagues.

Imagen 7: Primera fase.



Fuente: SOCIB.

-**Segunda fase:** Acoplamiento atmósfera-océano y amplificación. Esta fase se traduce en una amplificación de las olas del mar (producidas por la onda atmosférica) a causa de la resonancia de Proudman (si la perturbación atmosférica (causa) y la marina (efecto) viajan juntas, a velocidades semejantes, la transferencia de energía es continuada, de manera que el efecto se amplifica eficazmente), la disminución de calado al entrar las olas por el canal de Menorca y la variación de resistencia entre el agua que circula por los bordes del canal o el fondo y la que circula por el centro, ya que ésta tiende a alcanzar mayor velocidad (al ir más deprisa que el agua de los alrededores, se encuentra con un vacío y tiende a descender, formándose remolinos y borbotones).

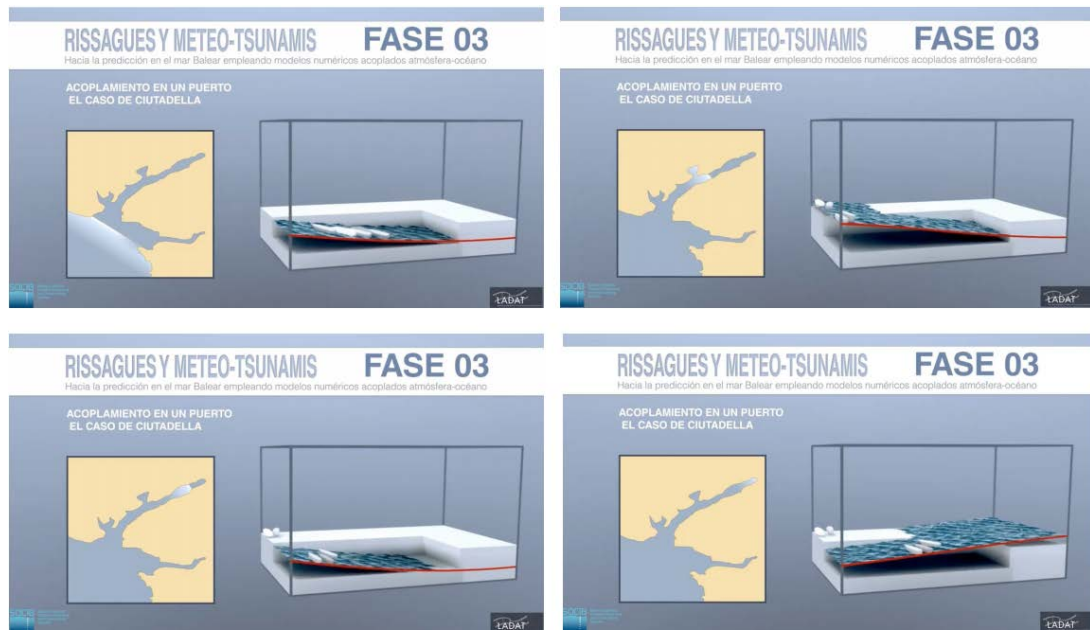
Imagen 8: Segunda fase.



Fuente: SOCIB.

-**Tercera fase:** Acoplamiento en puerto. El Puerto de Ciutadella se encuentra situado en una cala natural de 1 km de longitud, 50 m de anchura y 5 m de calado medio. Está orientado de lebeche a gregal, partiendo de la bocana del mismo. Cabe destacar también el talud situado entre la cala y el mar que hace aumentar rápidamente la profundidad. Esta configuración favorece a la aparición de “rissagas” y supone una oscilación libre del agua de 10 minutos de período.

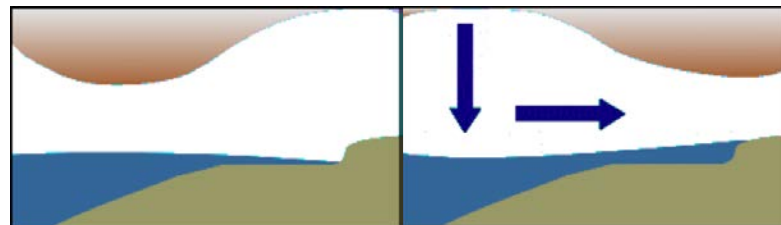
Imagen 9: Tercera fase.



Fuente: SOCIB.

En efecto, la “rissaga” es producida por oscilaciones de la capa de inversión que tienen efecto sobre el nivel del agua. La primera etapa (Img. 10 a), que se interpreta como una capa de aire (blanco) fría y pesada que, por debajo de la capa de inversión, ocupa menos espesor vertical, por lo que la superficie del mar soporta menos peso de aire y la presión, por tanto, disminuye. A su vez (Img. 10b), hay mayor volumen de aire frío y denso en la vertical y menos aire cálido, por lo que el nivel del mar disminuye. Si interpretamos esto en movimiento como indican las flechas de la segunda imagen, podemos ver el efecto en modo de una vaciante seguida de una entrante, que produce una gran ola.

Imagen10: a) Primera etapa, b) Segunda etapa.



Fuente: Vista al mar.

Debido a que la “rissaga” es un fenómeno que aún no tiene predicción exacta, es difícil encontrar información detallada acerca del fenómeno en un caso puntual. Por ello, el estudio que se realizará más adelante será basado en un mapa de 500hp y su relación con otros mapas de otras “rissagas”.

En 1990, C. Ramis y A. Ansà, en su libro “I jornades sobre les Rissagues”, relacionan las ondas gravitatorias atmosféricas con unas determinadas condiciones atmosféricas que identifican como favorables para la formación de dichas ondas.

En general, los episodios de rissaga registrados en el último lustro⁶, se caracterizan por las siguientes configuraciones:

“

1. *En superficie, circulación ciclónica poco acentuada sobre el Mediterráneo Occidental, con mínimo barométrico sobre la Península Ibérica. Altas presiones sobre Italia y Centroeuropa. Sobre las Baleares el flujo es del este o sudeste flojo.*

2. *En niveles bajos, esencialmente 850 hPa⁷, circulación ciclónica sobre la Península Ibérica, con baroclinidad (variación horizontal de la temperatura) muy acentuada por la presencia de aire cálido sobre el Mediterráneo y acentuada por la presencia de aire cálido sobre el Mediterráneo y aire frío sobre la Península. El gradiente de temperatura sobre el mediterráneo es prácticamente zonal, con un valor aproximado de 4°C/150 Km. El flujo continúa siendo del sudeste o del sur.*

3. *En niveles medios, 500 hPa, vaguada muy acentuada con eje sobre la mitad oeste de la Península Ibérica con aire frío, e incluso gota fría sobre el Golfo de Cádiz o a Península. El flujo es del suroeste sobre el Mediterráneo Occidental.*

4. *En niveles altos, 300 hPa, vaguada en fase con el nivel de 500 hPa, con flujo del suroeste sobre el Mediterráneo Occidental que alcanza valores de corriente en chorro sobre la costa levantina.*

“– [4] Castell Pons, J.I. (1995).

⁶ A excepción de la situación correspondiente al día 19-20 de junio de 1982.

⁷ hPa= Hectopascal: unidad del Sistema métrico internacional equivalente al milibar.

3.2 OBSERVACIÓN REMOTA DE NUBES EN CASOS DE RISSAGA.

De nuevo, A. Jansà y C. Ramis, en 1990, realizaron un análisis de las estructuras nubosas presentes en los días de “rissaga” mediante las fotografías de un satélite.

Gracias al Trabajo Final de Grado realizado en 1995 por el actual capitán menorquín D. Alberto Castell Pons, titulado “La Rissaga”, podemos mostrar algunas similitudes meteorológicas entre las “rissagas” ocurridas en Ciutadella, Menorca, durante los años 80. Las imágenes mostradas a continuación pertenecen al satélite METEOSAT, el satélite europeo de órbita geoestacionaria situado a 36000 Km sobre la vertical del golfo de Guinea. Haremos comparativa de la situación con imágenes IR (Infrarrojas), que captan la radiación emitida por las superficies radiantes visibles desde el satélite presentando una escala de grises que varían en su tonalidad asociadas a diferentes temperaturas de emisión de radiación, de acuerdo con las leyes de radiación conocidas, VS (luz visible), semejantes a una fotografía y WV (vapor de agua), que presenta tonos blancos allí donde hay abundancia de vapor de agua en niveles altos y tonos oscuros en las zonas secas en niveles altos.

He aquí la comparativa de algunas imágenes de las rissagas de los últimos 50 años.⁸

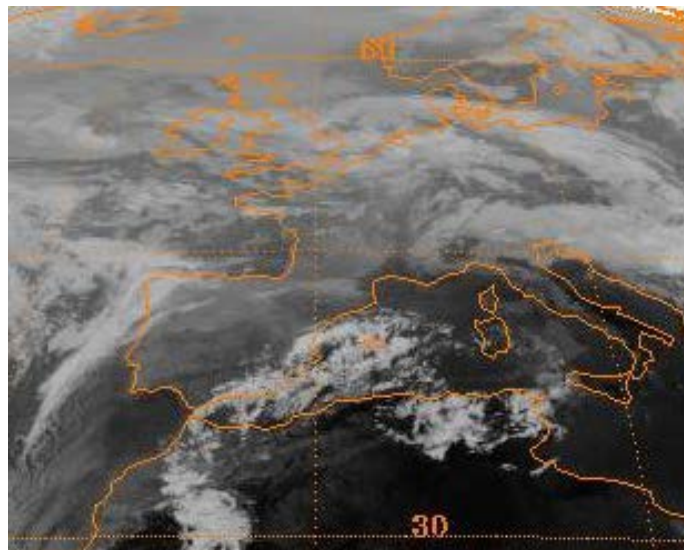
-19 de junio de 1982, a las 07:00 UTC, en visible. Un amplio abanico de nubes iluminadas por el sol destaca sobre el fondo oscuro de la superficie en la zona suroriental del mediterráneo, hasta las Baleares. La disposición general del conjunto de nubes es muy típica en días de “rissaga”, como iremos viendo. Las nubes se han formado sobre una zona con viento del SW en altura, entre una depresión fría situada a poniente y un anticiclón cálido (aire africano) a levante. Es el diseño general de circulación atmosférica en casos de “rissaga”. Las nubes, además, presentan una estructura reticulada, con finas bandas transversales, cortas, de dirección perpendicular al flujo general. Estas bandas son la visualización de ondas gravitatorias

⁸ Basado en [4] Castell Pons, A. (1995). *La Rissaga*.

atmosféricas que son la causa de las típicas oscilaciones de presión observadas a nivel de tierra asociadas con las “rissagues”. La imagen visible permite una buena definición de esta textura.

Cuando se tomó esta imagen en Ciutadella, había oscilaciones del nivel del mar que llegaron a los 2.20 ó 2.40 m de amplitud. El buque que enlazaba Ciutadella con Mallorca no pudo entrar en el puerto, según informó el práctico.

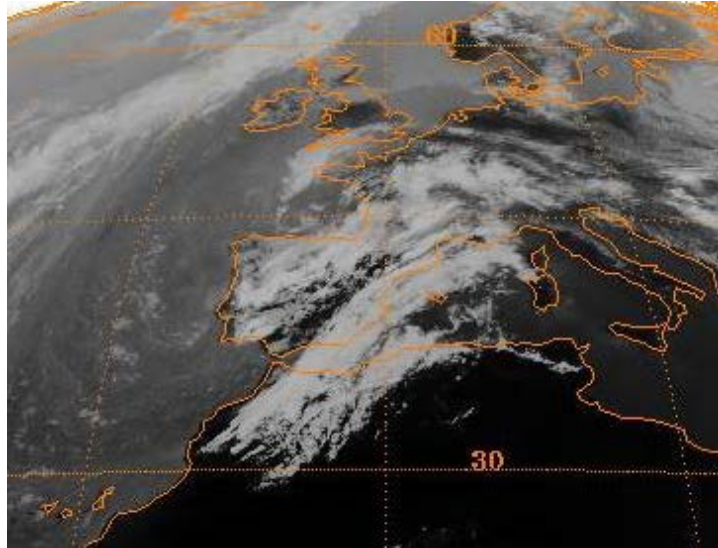
Imagen 11: Imagen visible. 19/06/1982, 07 TU.



Fuente: NOAA.

-29 de julio de 1982, 16:00 UTC. Imagen IR. Una gran banda nubosa con techo en niveles altos invade el mediterráneo desde África. Se adivina el flujo general, potente, del SW en niveles altos, al nivel de las nubes. También es bastante clara la textura reticular, con bandas transversales, de las nubes, es decir, la presencia de ondas gravitatorias. En Ciutadella han empezado oscilaciones del nivel del mar que alcanzarán la máxima amplitud hacia la noche (dos metros): entonces el eje de la banda y los vientos más fuertes en altura se han situado más sobre las Baleares, como puede deducirse de las siguientes imágenes.

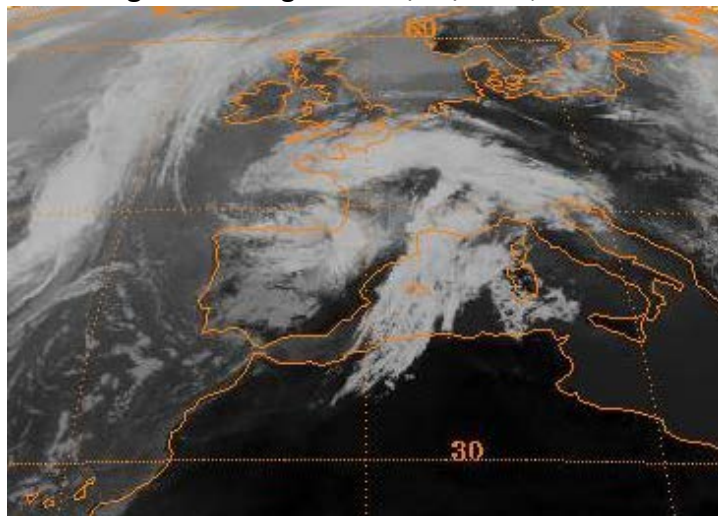
Imagen 12: Imagen IR. 29/06/1982, 16 TU.



Fuente: NOAA.

-30 de julio de 1982, 07:30 UTC, visible e IR. En visible se aprecia la textura en bandas de la masa nubosa, que es bien clara. Las oscilaciones del mar son fuertes en Ciutadella y, durante la mañana, se han inundado las bases del muelle.

Imagen 13: Imagen IR. 30/07/1982, 0730 TU.



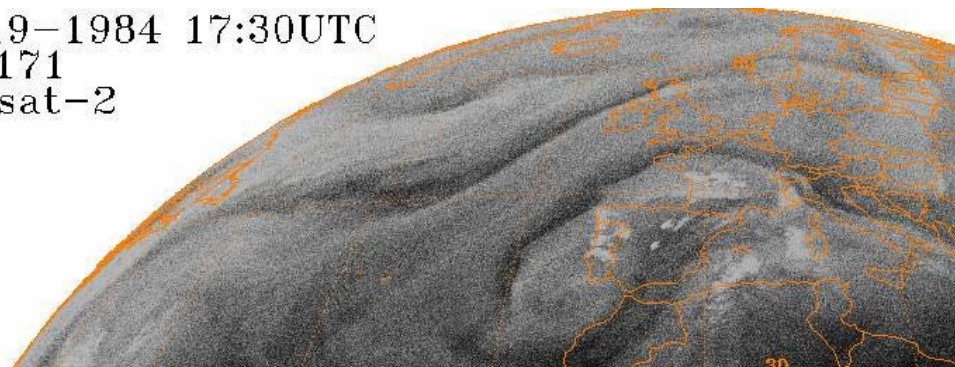
Fuente: NOAA.

-30 de julio de 1982, 12:00 UTC, IR. Empieza a apartarse la masa nubosa asociada a las “rissagues” y habrá, a partir de ahora cerca de dos días de calma, para reanudarse la “rissaga” entre los días 1 y 2 de agosto.

-Secuencia de imágenes desde el 19 de junio de 1984 a mediodía, hasta el 21, también a mediodía. La estructura general propia de las “rissagas”, es visible desde el primer día (en el que ya había oscilaciones de presión, y oscilaciones del mar, a ratos). Puede llamarse la atención sobre la imagen en vapor de agua del día 19 a las 17:00 UTC (Img 14), que muestra muy claramente la circulación típica –casi exagerada en este caso-, con el aire africano ascendiendo hacia la corriente del SW en altura, que viene desde muy al sur de las Canarias hasta el Mediterráneo. El remolino de vapor en el Golfo de Cádiz indica el vórtice de la baja fría en altura. También se aprecia claramente que hay torres convectivas, inyectando grandes cantidades de vapor de agua verticalmente hacia los niveles altos. El día 20 a las 09:00 UTC la corriente del SW se ve arrancar prácticamente desde el Ecuador. A las 22:00 UTC el día 20 (Img 15) hay un tren de ondas gravitatorias claro entre África, Alicante y las Baleares. Algunas ondas de este tren darán lugar a la formación de dos núcleos tempestuosos convectivos, que son claves para esta “rissaga”, excepcional por su brusquedad. Los núcleos tempestuosos, efectivamente, permitieron que alguna de las oscilaciones de presión se singularizara, se intensificara en gran manera y, asociada a esta oscilación exagerada, se produjera una fuerte racha de viento que se movió con la tempestad. A las 02:15 UTC del día 21 se produjo la gran entrada de agua en muralla en el puerto de Ciutadella, justo después de entrar el núcleo tempestuoso sobre la ciudad.

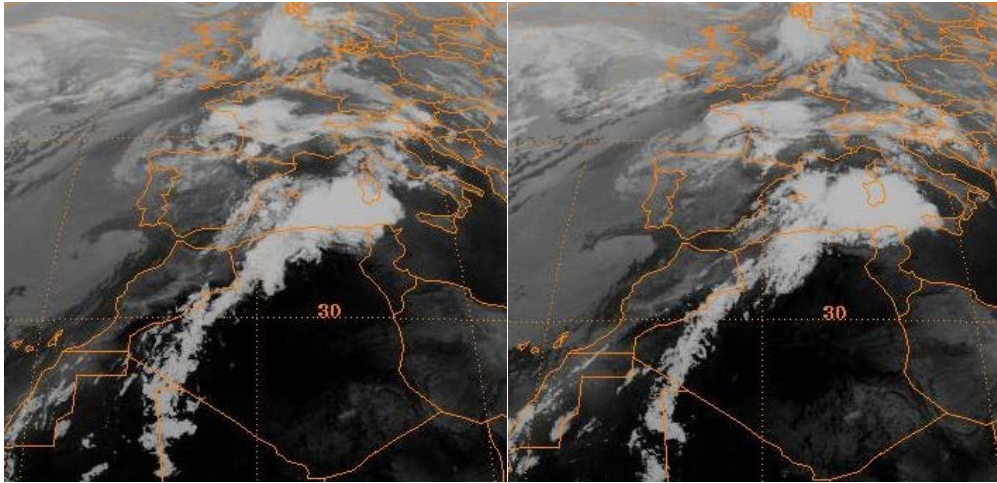
Imagen 14: Imagen WV. 19/06/1984, 17 TU.

Jun-19-1984 17:30UTC
1984 171
Meteosat-2



Fuente: NOAA.

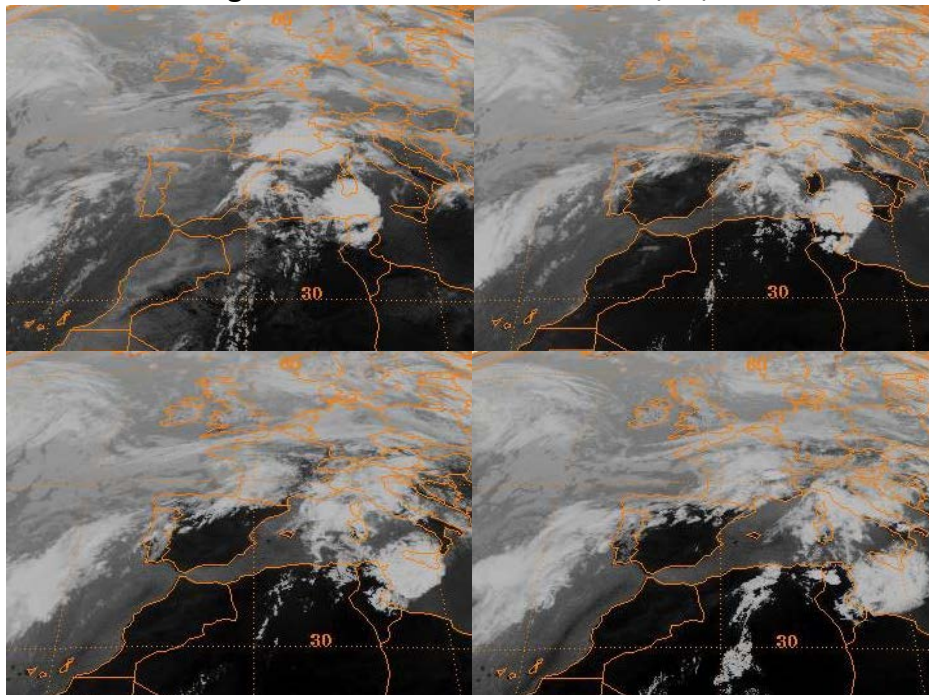
Imagen 15: Secuencia de imágenes IR. 20/06/1984, 22 y 23 TU, respectivamente.



Fuente: NOAA.

-Las siguientes imágenes, realizadas con falso color, muestran el detalle de una evolución sucedida el 14 de junio de 1985. El paso de una banda nubosa, inmersa dentro de la estructura general, produce una importante fluctuación de presión y viento a la cual se asocia un desnivel significativo (1 m) en Ciutadella, enmarcado en otras oscilaciones más suaves. La posibilidad de esta oscilación singular moderada del mar fue anunciada en el puerto de Ciutadella por el servicio de “rissagues” con una hora de anticipación, con precisión matemática.

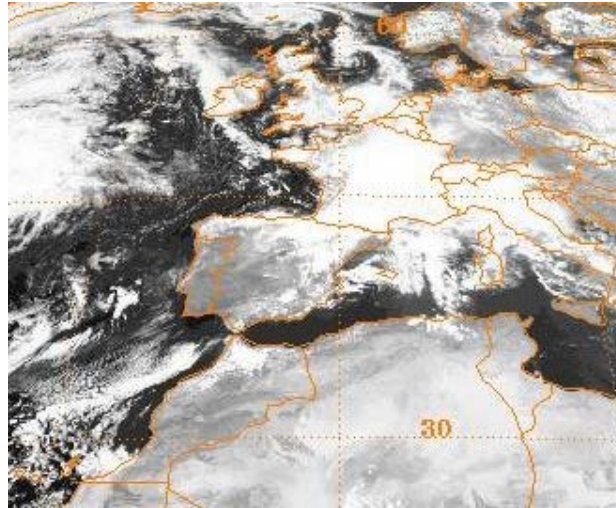
Imagen 16: Evolución sucedida el 14/06/1985.



Fuente: NOAA.

-Del 18 al 19 de junio de 1985 se presenta otro caso de “rissaga” moderada. Puede verse la estructura nubosa, delineación general y textura, con realzamiento por falso color. Destaca el detalle de la imagen visible a las 10:30 UTC.

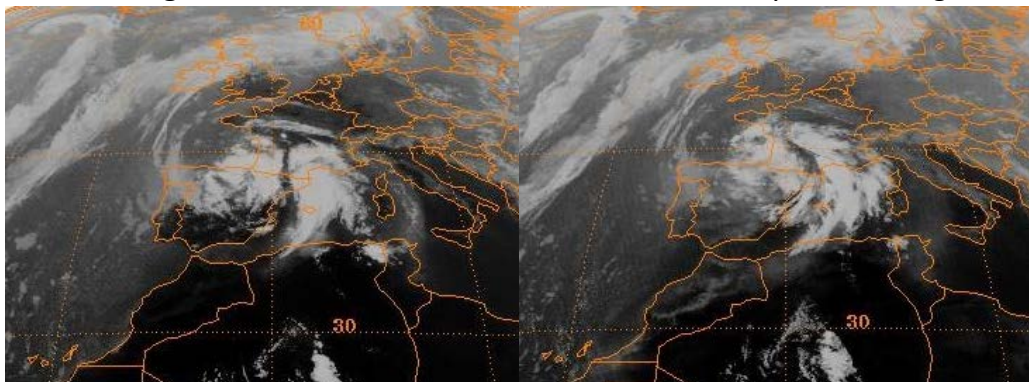
Imagen 17: Imagen visible. 19/06/1985, 1030 TU.



Fuente: NOAA.

-El día 3 de julio de 1985 entre las 19:30 y las 20:30 hubo importantes oscilaciones del nivel del mar en Ciutadella, con un máximo de amplitud muy destacable, de 3 metros. Los daños fueron mínimos; tal vez influyó el hecho de que en el puerto estaban sobre aviso, por el Servicio de “rissagues”. A las 18:00 UTC, es muy clara la gran “coma” nubosa formada por aire cálido africano ascendente. Se ven indicios de ondas gravitatorias, con finas bandas transversales entre Mallorca y África. A las 21:00 UTC las ondas gravitatorias se han intensificado con oscilaciones de presión fuertes en Menorca y que, no obstante, casi no se notaron en Mallorca.

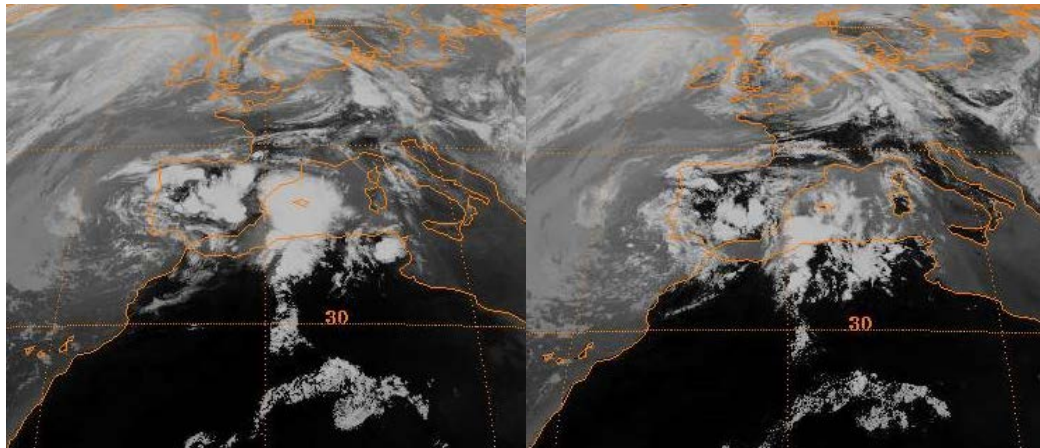
Imagen 18: Evolución sucedida el 03/07/1985, 18 y 21 TU. Imagen IR.



Fuente: NOAA.

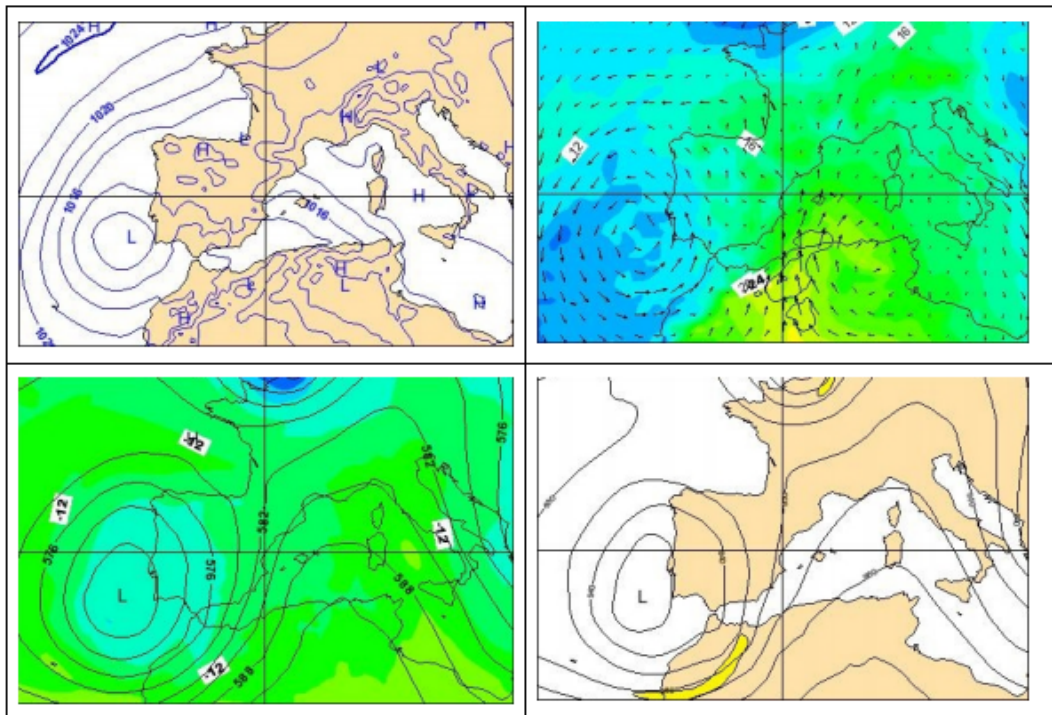
-15 de junio de 2006, Ciutadella de Menorca. Un evento extraordinario de “rissaga” con una amplitud de entre 4 y 5 metros, se produce a las 19:00 UTC. Una vez más, se aprecian unas condiciones que parecen favorables para la formación de una “rissaga”. La siguiente comparativa de imágenes del día 15 de junio de 2006 a las 17 y 19 horas, respectivamente, muestran claramente vientos en altura en dirección NE, un frente cálido de aire africano y bajas presiones al WNW, produciendo una vaguada al Oeste de la península.

Imagen 19: Evolución sucedida el 15/06/2006, 19TU. Imagen IR.



Fuente: NOAA.

Imagen 20: Mapa sinóptico 15/06/2006.



Fuente: www.tiempo.com.

3.3 LA RISSAGA EL DÍA DE LA VARADA.

Una vez más, momento en el que la Tierra se encuentra en las proximidades del punto más alejado del Sol, se produce una “rissaga” en dos de las pequeñas islas del mediterráneo. El 16 de Julio de 2018, tres semanas tras el solsticio de verano, se produjo una “rissaga” en las localidades Alcudia y Ciutadella de las Baleares. El mar produjo oscilaciones de hasta 1,5 metros, notables en la localidad mallorquina de Alcudia, donde se produjeron inundaciones en el paseo marítimo y embarrancamientos de barcos. Por suerte, no se produjo ningún daño personal.

Imagen 21: Efectos de la rissaga sobre el paseo marítimo de Alcudia.



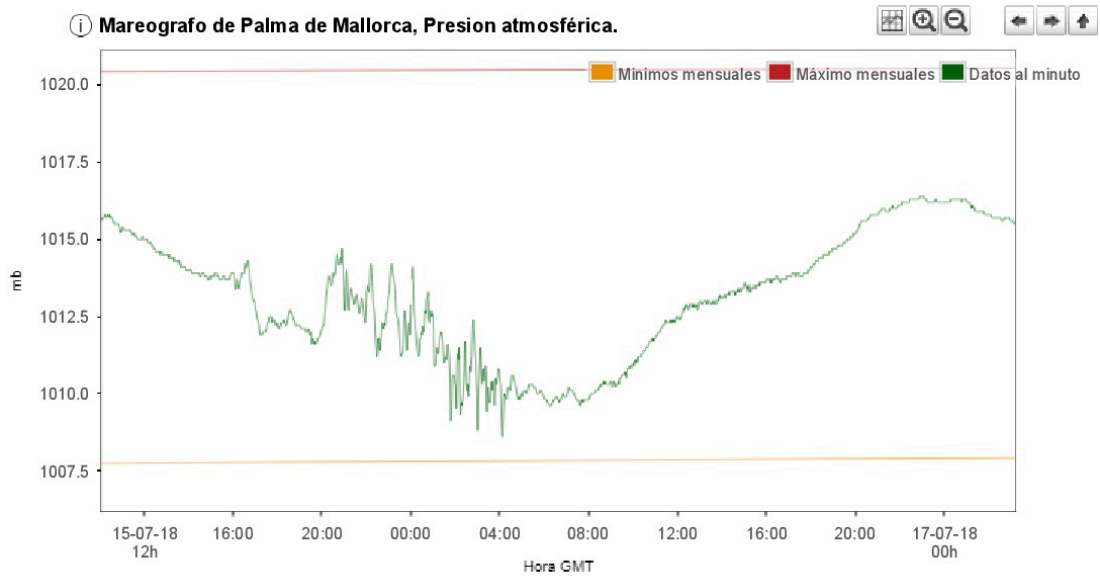
Fuente: Arabalears.

Gracias a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y a Puertos Del Estado, hemos podido obtener una serie de mapas y gráficas que nos ayudarán a entender el fenómeno y a relacionarlo con los fenómenos pasados.

La varada tuvo lugar a las 06:00 UTC, que eran las 08:00 Ho en Alcúdia. Alrededor de aquella hora se presencié la rissaga, viéndose pequeños remolinos y anomalías en la superficie marina del puerto. Las personas que se encontraban en tierra pudieron presenciarla debido al aumento notable del nivel del mar, que produjo inundaciones e hizo que la gente lo confundiera y/o comparara con un tsunami.

Según los datos obtenidos de la AEMET para el día 16 de julio de 2018, en la siguiente gráfica presión atmosférica/tiempo podemos observar como en Palma, entre las 20h del día 15 y las 04h del día 16 tuvieron lugar cambios de presión muy continuos, con una amplitud de hasta 5mb. Debido a la situación geográfica de Palma, y su posición frente a la onda de propagación, observamos que posiblemente esos cambios de presión vinieran del norte de África y se propagaran hacia Mahón, pasando por Alcúdia y Ciutadella, pudiendo ser causantes de la rissaga.

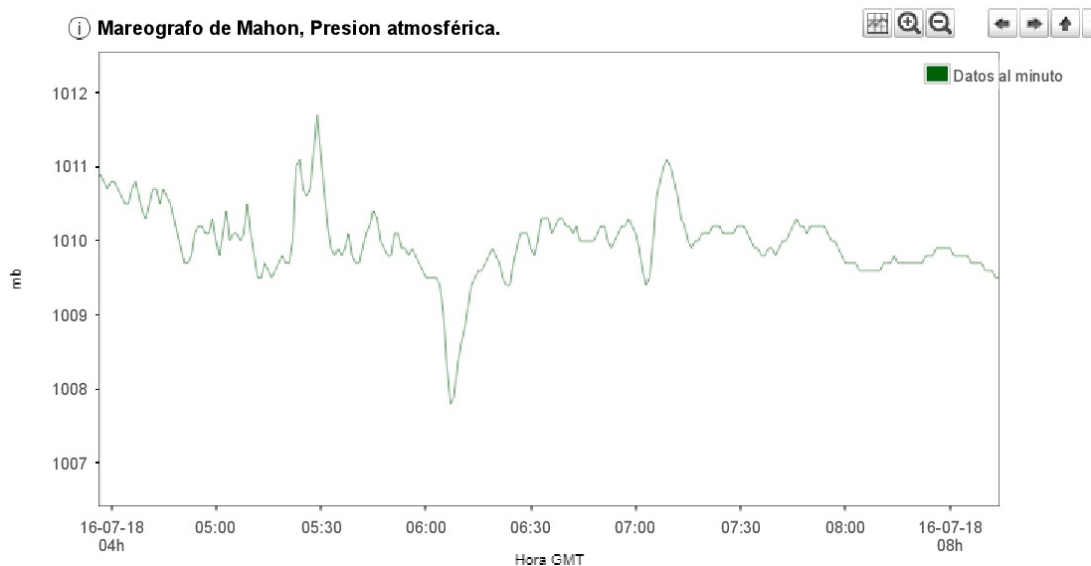
Imagen 22: Presión atmosférica. Palma 16/07/2018.



Fuente: AEMET.

Si observamos bien la siguiente gráfica y la comparamos con la anterior referida a Palma, vemos como efectivamente hubo en un intervalo de tiempo posterior al de Palma, una variación en amplitud de la presión atmosférica.

Imagen 23: Presión atmosférica. Mahón 16/07/2018.



Fuente: AEMET.

Sin embargo, no hubo predicción alguna para la “rissaga”; en avisos meteorológicos obtenidos días antes no hubo mención alguna de posible “rissaga”, sino simplemente temperaturas de hasta 36°C y cielos despejados poco nubosos con alguna que otra precipitación acompañada de barro, como podemos ver en la siguiente predicción de la AEMET para el domingo 15 de Julio.

Imagen 24: Predicción domingo 15/06/2018.



AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA
 PREDICCIÓN POR ISLAS PARA ISLAS BALEARES
 DÍA 14 DE JULIO DE 2018 A LAS 14:01 HORA OFICIAL
 PREDICCIÓN VALIDA PARA EL DOMINGO 15

MENORCA

Cielo poco nuboso aumentando a partir de la mañana a intervalos de nubes medias y altas sin descartar alguna precipitación débil y aislada que iría acompañada de barro. Temperaturas diurnas en ascenso en el norte de la isla, y el resto con pocos cambios. Vientos del sur y suroeste.

TEMPERATURAS MÍNIMAS Y MÁXIMAS PREVISTAS (C):

Maó	23	32
Ciutadella de Menorca	23	32

MALLORCA

Cielo poco nuboso aumentando a partir de la mañana a intervalos de nubes medias y altas sin descartar alguna precipitación débil y aislada que iría acompañada de barro. Temperaturas diurnas en ascenso en el norte de la isla, y el resto con pocos cambios. Vientos del sur y suroeste.

TEMPERATURAS MÍNIMAS Y MÁXIMAS PREVISTAS (C):

Palma de Mallorca	22	31
Felanitx/Portocolom	24	31
Escorca/Lluc	17	33
Pobla. Sa	21	36

IBIZA Y FORMENTERA

Cielo poco nuboso aumentando a partir de la mañana a intervalos de nubes medias y altas sin descartar alguna precipitación débil y aislada que iría acompañada de barro. Temperaturas diurnas en ascenso en el norte de Ibiza, y el resto con pocos cambios. Vientos del sur y suroeste.

TEMPERATURAS MÍNIMAS Y MÁXIMAS PREVISTAS (C):

Eivissa	23	30
---------	----	----

Fuente: AEMET.

Para el día 16 de Julio, la AEMET emitió un informe predictivo que no dio señal alguna de “rissaga”, aunque, a pesar de que no se alertó de ella, informó sobre posibles tormentas con chubascos y vientos de componente oeste. Estos datos son importantes en cuanto a lo relacionado anteriormente con las “rissagas”, puesto que

la mayoría tenían en común vientos de componente oeste y solían estar acompañadas de tormentas en días de principio de verano.

Imagen 25: Predicción lunes 16/07/2018.



AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA
 PREDICCIÓN POR ISLAS PARA ISLAS BALEARES
 DÍA 15 DE JULIO DE 2018 A LAS 14:01 HORA OFICIAL
 PREDICCIÓN VALIDA PARA EL LUNES 16

MENORCA

Cubierto predominando las nubes medias y altas, con algún chubasco ocasional acompañado de barro y de tormenta, tendiendo a cielo despejado por la tarde. Temperaturas nocturnas en ascenso y diurnas en descenso. Viento de componente oeste, con algún intervalo de fuerte por la mañana.

TEMPERATURAS MÍNIMAS Y MÁXIMAS PREVISTAS (C):

Maó	23	31
Ciudadella de Menorca	23	30

MALLORCA

Cubierto predominando las nubes medias y altas, con algún chubasco ocasional acompañado de barro, en el norte de la isla por la mañana serán más probables, intensos y acompañados de tormenta, tendiendo a cielo despejado por la tarde. Temperaturas nocturnas en ascenso y diurnas en descenso. Viento de componente oeste, con algún intervalo de fuerte por la mañana.

TEMPERATURAS MÍNIMAS Y MÁXIMAS PREVISTAS (C):

Palma de Mallorca	24	31
Felanitx/Portocolom	24	32
Escorca/Lluc	18	28
Pobla. Sa	22	32

IBIZA Y FORMENTERA

Cubierto predominando las nubes medias y altas, sin descartar algún chubasco ocasional acompañado de barro, tendiendo por la mañana a cielo despejado. Temperaturas nocturnas en ligero ascenso y diurnas en ligero descenso. Viento de componente oeste, con algún intervalo de fuerte por la mañana.

TEMPERATURAS MÍNIMAS Y MÁXIMAS PREVISTAS (C):

Eivissa	25	31
---------	----	----

Fuente: AEMET.

Observando las siguientes imágenes, tales como el mapa sinóptico de 500 HP y la imagen Visible combinada con infrarroja, podemos ver claramente el parecido con las últimas rissagas.

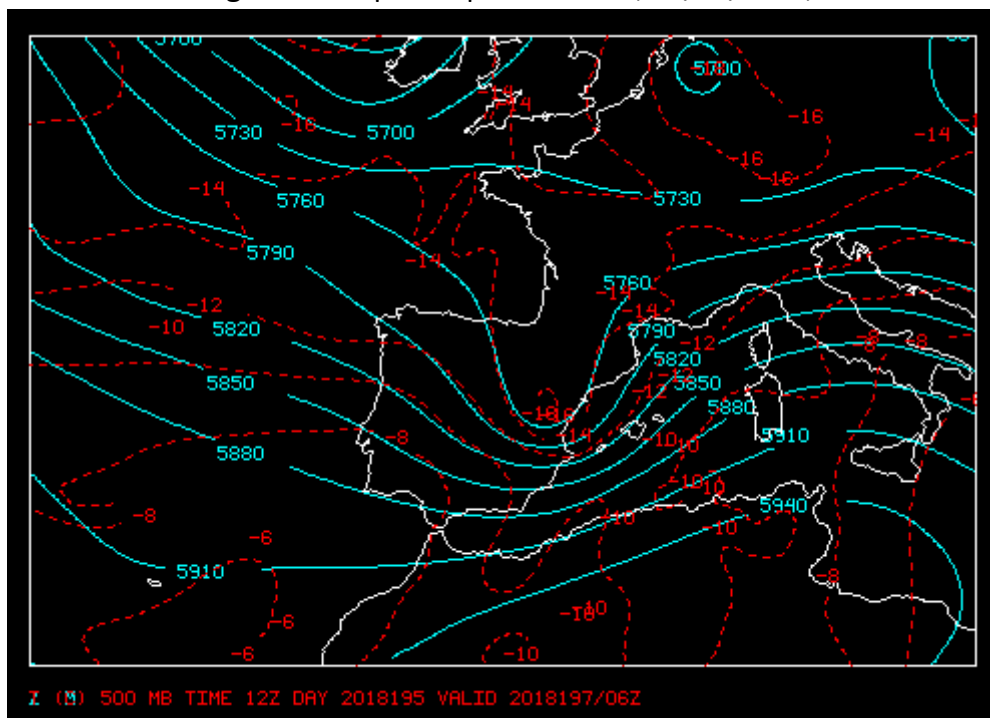
Una vez más apreciamos una gran masa nubosa cargada de energía. Viene del norte de África y parece querer invadir otra vez el Oeste mediterráneo. Mientras esto sucede, los cambios de presión registrados en el mareógrafo de Palma han cesado, posiblemente debido a la propagación de esta onda, puesto que se empezaban a ver anomalías en la superficie del mar

alcudiense. Vientos del lebeche traían consigo los chubascos previstos por la AEMET, pero éstos no aparecieron unas horas tras el acontecimiento. Junto a la masa nubosa, una vaguada en los 500 HP tuvo lugar en la zona oriental de la Península, proveniente del Atlántico, aunque con origen en el NW del continente europeo, trayendo consigo un frente frío que chocaría con ese aire cálido que sube hasta las islas.

Mientras las nubes se desplazan hacia el NE, comienzan las oscilaciones en el nivel del mar. Varios buques de recreo se encuentran a la deriva por no poder soportar las fuertes corrientes producidas por la marea.⁹

Finalmente, mientras las bajas presiones que acompañaban a la vaguada se desplazan hacia el Levante, la “rissaga” habrá terminado, la masa de nubes tenderá a desaparecer por el NE mediterráneo y las condiciones meteorológicas se estabilizarán, dejando paso a un día típico de verano balear.

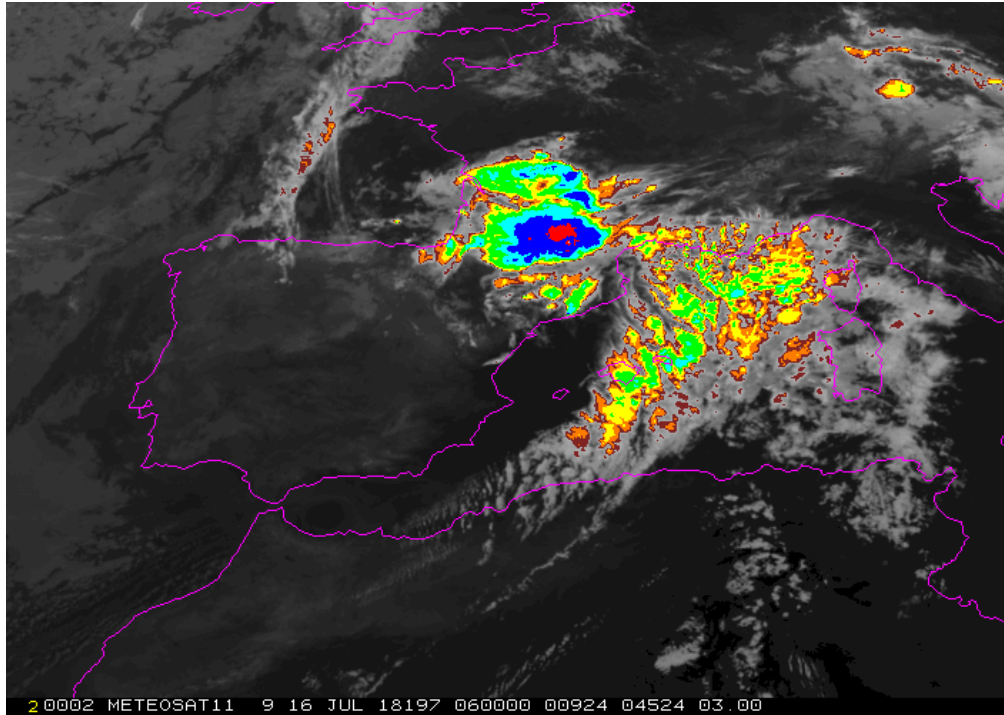
Imagen 26: Mapa sinóptico 500hPa, 16/07/2018, 12 TU.



Fuente: AEMET.

⁹ Los sistemas de amarre no están preparados para cambios tan bruscos de marea, ya que comúnmente el nivel del mar varía en 40 cm como máximo.

Imagen 27: Imagen IR, 16/07/2018.



Fuente: AEMET.

CAPÍTULO IV: LA VARADA.

4.1 DEFINICIÓN DE VARADA.

La varada de un buque sucede cuando éste, por alguna razón, toca con el fondo y queda aprisionado en él, sin poder seguir navegando ya que no se encuentra a flote.

“La varada supone un desequilibrio entre el peso del barco y el empuje que recibe del agua en la que flota. Este equilibrio se restablece al aparecer una determinada reacción del fondo, que junto con el empuje restante equilibran el peso del buque”. – [11] Martínez García, J.I. (2015)

En la mayoría de las varadas no deliberadas es bastante difícil determinar dónde se produce la reacción del fondo y su extensión, pues no todas se producen en un punto concreto del buque, hecho que hace difícil su análisis al no poder calcular con precisión los cambios de asiento o escora para que el buque encuentre flotabilidad.

Al varar un buque, la importancia de la naturaleza del fondo es vital, puesto que, dependiendo de las características del mismo, los métodos de puesta a flote varían considerablemente y, además, condicionan el uso de los diferentes sistemas del buque, como podrían ser la hélice y las tomas de refrigeración que, en caso de ser un fondo fangoso, ambas quedarían bloqueadas y obstruidas, respectivamente.

En el caso de un fondo rocoso, bastaría con dar atrás al ser posible con la máquina del buque y/o con la ayuda de uno o más remolcadores además del desplazamiento de pesos para levantar la sección de la varada.

Imagen 28: Varada del buque MSC Napoli en 2007.



Fuente: Marine Insight.

4.2 ACCIONES INMEDIATAS TRAS UNA VARADA.

El capítulo 6 del volumen 1 de la “*US Navy Salvage Manual*”, manual de salvamento de la Armada de los Estados Unidos, titulado Operaciones para reflotar buques varados, se exponen listas de tareas a realizar desde el primer momento de una varada, tanto para la tripulación del buque como para los coordinadores de salvamento, así como diversas técnicas para la resolución de la situación, configuraciones de cabos y remolcadores y aplicaciones del ancla.

Los factores influyentes a la hora de varar son, en efecto, la clave a la hora de actuar sobre un buque varado. Estos factores son, principalmente, el buque, el lecho marino, el mar, el tiempo la ubicación y el salvamento. Pero, según el capítulo 6 del volumen 1 de la *US Navy Salvage Manual*, no todos estos factores a tener en cuenta a la hora de varar son igual de importantes; no se puede aplicar en todos ellos en todos los casos. Aquellos que procedan al salvamento del buque deben entender la importancia de los efectos a tener en cuenta en cada caso y cómo afectan a la planificación y operación de salvamento.

Todos estos factores influyentes deben ser evaluados para determinar su importancia relativa, así como su prioridad en una varada o naufragio particular.

En el apartado 6.2.1, la *US.N.S.M.* recoge en una lista los efectos relacionados con el buque varado en operaciones de salvamento.

- Condición, características y tipo de buque.
- Calados inicial y final antes y después de la varada.
- Estabilidad tanto antes como después de la varada.
- Fuerzas estructurales intactas.
- Daños sufridos en la varada o naufragio.
- Probabilidad de daño en las operaciones de salvamento del buque.
- Posición y tipo de cargamento desplazable a bordo.
- Manejo de carga y equipo de remolque a bordo.

-Tipo, cantidad y contenido de sustancias contaminantes, así como materiales peligrosos a bordo.

-Valor del buque y/o su carga, coste del salvamento y coste de la reparación.

-Composición, competencia y actitud de la tripulación.

-Valor militar o comercial restante.

Apartado 6.2.2 de la US.N.S.M, el lecho marino. En este apartado se listan una serie de efectos relativos a la condición del lecho marino a tener en cuenta en operaciones de salvamento de buques varados.

-Composición y consistencia del fondo marino bajo el buque.

-Inclinación del fondo bajo el buque.

-Composición e inclinación del fondo donde se aparejará el equipo de puesta a flote.

-Movimiento del fondo en las proximidades del buque.

Otro punto a tener en cuenta son las propiedades del mar en el momento del rescate del buque varado. En el apartado 6.2.3, la US.N.S.M. se enumeran las siguientes características:

-Profundidad del mar bajo el buque y en sus proximidades.

- Profundidad del mar entre el buque y las aguas profundas.

-Marea.

-Oleaje.

-Resaca.

-Estado predominante del mar.

-Corrientes.

-Condición de inmersión.

Apartado 6.2.4 de la US.N.S.M, buque varado, volcado o naufragado.

Efectos a tener en cuenta en operaciones de salvamento de un buque varado.

-Comportamiento del buque relativo al fondo y la costa.

-Área del buque en contacto con el fondo marino.

-Cambios en la escora y el asiento una vez varado.

-Contaminación (actual o potencial).

-Trabajo y tiempo requerido para el rescate.

-Tiempo disponible.

- ¿Está el buque volcado?

- ¿Se encuentra el buque hundido?

Apartado 6.2.5, la ubicación de la varada. Efectos a tener en cuenta al rescatar un buque relativos a la ubicación de la varada.

-Necesidad crucial de amarrar un buque, cuánto amarre requiere o cuanta vía navegable ocupa.

-Instalaciones industriales y de transporte locales.

-Ubicación de las fuerzas de salvamento y el tiempo requerido para que éstas lleguen a la zona de la varada.

-Distancia al dique seco más próximo.

-Sensibilidad medioambiental.

-Circunstancias políticas.

-Situación táctica.

Apartado 6.2.6, el tiempo, la meteorología. Efectos a tener en cuenta sobre el tiempo a la hora de rescatar un buque varado, según la US.N.S.M.

-Tiempo predominante.

-Tiempo según la estación del año.

-Tiempo local.

-Previsión del tiempo.

Por último, la US Navy Salvage Manual hace referencia a los efectos a tener en cuenta en el personal de salvamento marítimo, aquellos que vayan a poner a flote el buque. En el apartado 6.2.7, se hace mención a los siguientes puntos.

-Acceso a los planos del buque.

-Disponibilidad y competencia del personal de salvamento, así como del equipo de ingeniería del departamento de salvamento marítimo.

-Disponibilidad y tipo de equipamiento de salvamento, así como del equipo propio del buque.

-Disponibilidad del equipo responsable del control de la contaminación, así como del equipamiento necesario.

-Disponibilidad del tiempo requerido para poner a flote el buque varado.

Imagen 29: MS Riverdance varado en la playa en Blackpool, 2008.



Fuente: Lloyd's.

4.3 REFLOTAMIENTO DEL BUQUE.

Una vez se han evaluado las comprobaciones del apartado anterior, el buque debe ser reflotado y, para ello, se debe hacer en tres fases¹⁰.

4.3.1 FASE DE ESTABILIZACIÓN.

Esta fase consiste en la prevención de daños a la hora de reflotar el buque, tales como que el buque parta, que se abran más vías de agua, o que encalle aún más. En esta fase se recolecta la información útil para la operación y desarrollo el plan.

Es de gran importancia la inmediata actuación de los oficiales y la tripulación en general, ya que esto puede facilitar y abaratar el rescate del buque. Para ello es imprescindible la familiarización de la tripulación mediante ejercicios periódicos sobre la varada de un buque, entre otros. Si la tripulación no está familiarizada con sus deberes a la hora de una varada, pueden tomar decisiones inoportunas, resultando en acciones equivocadas que podrían empeorar la situación y poner el compromiso tanto la seguridad del buque como la de su tripulación.

Al varar un buque, es crucial que no se tomen acciones impulsivas, como por ejemplo el dar atrás a toda máquina, ya que ello podría rasgar la obra viva y abrir más vías de agua, o incluso podría partir la hélice si el buque se encuentra encallado entre rocas. Por ello, las acciones inmediatas a tomar, recomendablemente, son:

- Sintonizar con las estaciones de emergencia.
- Hacer lo posible para asegurar el máximo grado de estanqueidad.
- Mostrar la señalización adecuada.
- Notificar a centros de salvamento y autoridades pertinentes.

Como ya mencionado antes, al varar un buque se debe hacer un rápido análisis de la situación para ver si cabe la posibilidad de la puesta a flote del buque por sus propios medios, acción que abarataría el coste y efectuaría la maniobra con más rapidez. En resumidas cuentas, se deberá evaluar:

¹⁰ [22] United States Navy Sea Systems Command. (2013). U.S. Navy Salvage Manual Volume 1.

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

Cabe destacar que, como bien se indica en el US Navy Salvage Manual, no se debe realizar ninguna operación sin antes haber realizado una serie de cálculos que demuestren la estabilidad del buque.

El equipo de salvamento deberá informar al buque varado su hora estimada de llegada y aconsejar tareas que pueden ir realizando, así como información específica del buque.

Para poder realizar un plan de reflotamiento, el equipo de salvamento deberá solicitar cierta información que facilite su desarrollo y que permita hacer una evaluación inicial de la situación que permita seguir adelante con el plan de salvamento.

Se deberá confirmar, de acuerdo con el US Navy Salvage Manual, si las estimaciones de reacción del suelo y la fuerza de liberación son correctas, además de evaluar los daños señalados del buque para determinar su estabilidad, el estado de la máquina para saber si se puede hacer uso de ella y de cuanta potencia se dispone. También se deberá tener en cuenta la disponibilidad de lugares donde refugiar el buque en caso de ser liberado. Es de debida importancia que se redacten informes desde el momento inicial de la varada sobre todas las acciones, decisiones y acontecimientos.

Para el personal de salvamento, 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.

- 1- Inspección inicial y superficial, aquella que determina la condición del buque y su prioridad para ser reflotados en base a sus daños, sus perjuicios y el coste y dificultad de la operación.
- 2- Desglose de la inspección. Como bien indica su nombre, la inspección deberá ser descompuesta en sub-inspecciones, que serán:
 - a. Inspección preliminar: Aquella que verificará los informes del buque, pues no siempre la información recogida a primera vista es cierta y puede darse el caso de que se haya obviado cierta información por no parecer relevante en un primer momento. Esta inspección deberá iniciarse antes de que llegue el equipo de salvamento marítimo para agilizar la situación. El éxito de una operación se consigue gracias a una actuación a tiempo, por ello el éxito de una operación de rescate de un buque varado dependerá del tiempo requerido para estabilizarlo. 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.

b. Inspección detallada. La inspección detallada refina la inspección preliminar y recolecta información más específica como por ejemplo el estado de la máquina y de los sistemas auxiliares, las propiedades hidrográficas y la condición del casco del buque.

i.Obra viva. Toda inspección de la obra viva del buque se centrará en el estado de la maquinaria de cubierta (molinetes, puntales, etc.) y el estado de las bitas o de cualquier punto de amarre para cabos de remolque, así como el estado de los botes de rescate y salvavidas.

ii.Inspección del interior del casco. Principalmente, se inspeccionará el estado de la máquina en general, que es de gran interés para el equipo de salvamento, puesto que una máquina en funcionamiento ayudará notablemente a la operación. Aun así, a parte del estado de la máquina, se comprobará el estado de los compartimentos estancos y de los sistemas de bombeo de bodegas, bombas de lastre y bombas contra incendios. También será de gran importancia el análisis de gases que puedan acumularse en espacios cerrados por lo que, al ser posible, se ventilarán dichos espacios de una manera prudente pero eficiente.

iii.Inspección submarina e inspección del casco. Esta inspección incluye todas aquellas partes del casco que se encuentren bajo la cubierta principal, hayan quedado sumergidas o no, por conveniencia. En muchos casos, sea por condiciones marítimas o por la disposición del buque varado, esta inspección se hace muy difícil o imposible de ejecutar; aun así, es conveniente observar el área de contacto con el fondo, la descripción de los puntos de contacto, la localización de grietas, vías de agua, el estado de las tomas de mar, el estado del timón, de las palas de la hélice, escapes de hidrocarburos, etc.

iv. Inspección hidrográfica. Esta inspección se centra en la documentación de la condición del mar y del fondo marítimo donde se vayan a realizar las operaciones de salvamento. Se comparan las mareas observadas con las tablas, lo mismo con las corrientes, se sondea y vectoriza el fondo para posicionar la maquinaria, etc.

v. Inspección de seguridad. Basándose en los manuales de seguridad existentes y vigentes hoy en día, como el SOLAS, el Oficial de Seguridad determinará los requisitos de seguridad aplicables y asegurará los peligros y riesgos identificados para incluirlos en el plan de protección de la operación de salvamento.

Todos los datos obtenidos deben ser organizados de la manera más conveniente, de forma que sea posible un inmediato acceso a ellos.

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.

4.3.2 FASE DE REFLOTAMIENTO.

Esta fase comprende la ejecución del plan de acción y el reflotamiento del buque.

El apartado anterior describe la fase de estabilización a pesar de no haber una separación clara entre la fase de estabilización y la de reflotamiento. Los intentos de la estabilización del buque derivan gradual y paulatinamente a los intentos del reflotamiento del buque, la mayor parte de esta fase es devota a la preparación y las pruebas del reflotamiento. La preparación culmina en un corto pero intenso esfuerzo de reflote, y las pruebas se concentran en una serie de eventos que benefician la identificación y solución de posibles problemas que surgen en la operación, así como la eficiencia en tiempo; por ello, las pruebas deberían iniciarse cuanto antes para poder identificar y solucionar los problemas rápidamente.

Uno de los principales factores a la hora de reflotar un buque es la dirección en la que ha varado el buque. Por ejemplo, si un buque ha varado perpendicularmente a la costa, o cerca de ella, y se mantiene en dicha posición, la mejor manera de reflotarlo sería dar máquina atrás o remolcarlo en sentido contrario al rumbo con el que varó, con la ayuda previa de la inspección hidrográfica. Si el buque al varar se movió, una manera de reflotarlo sería girarlo mediante remolcadores para posicionarlo perpendicularmente a la costa. En cualquiera de los casos, la mayoría de veces es recomendable remolcar un buque varado por la popa, para prevenir más daños.

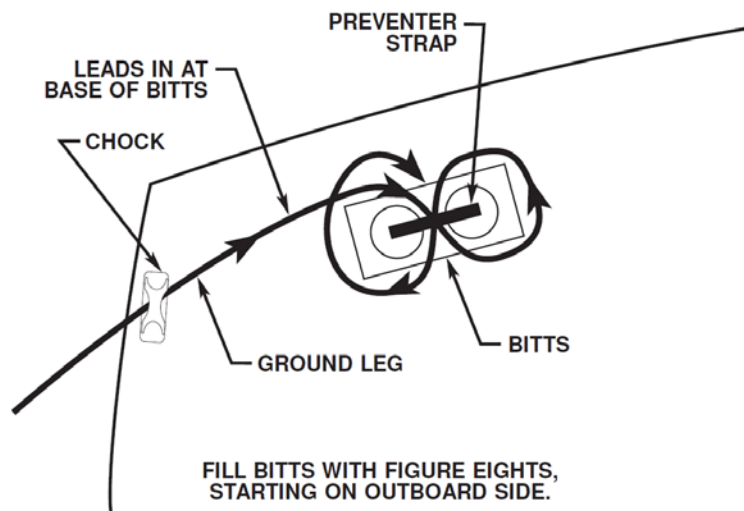
A la hora de decidir dónde hacer fijos los cabos de remolque, hay varias opciones válidas. Si los cáncamos de cubierta se encuentran en buen estado, se pueden usar con mucho cuidado. Pueden utilizarse elementos de la superestructura, mástiles, palos. Se rodean con una cadena unida al cabo de remolque 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.

4.3.2.1 CONEXIÓN REMOLQUE- BUQUE VARADO.

Los cabos de remolque deben ser conectados en puntos lo suficientemente fuertes y estables para poder soportar las mayores fuerzas que se puedan ejercer a

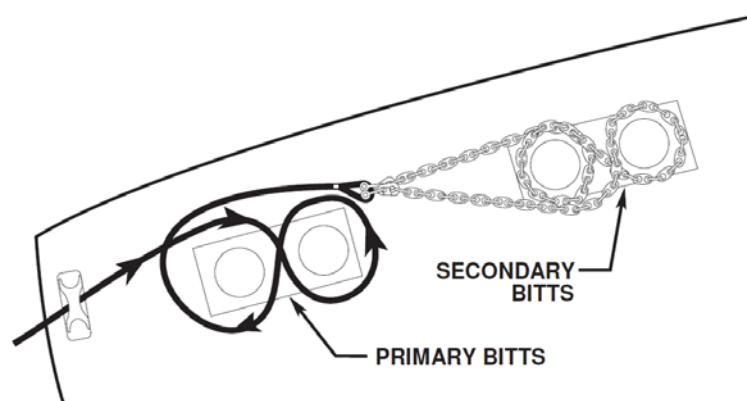
la hora de intentar reflotar el buque. Los cáncamos de cubierta son buenos puntos de amarre si se usan con cuidado, puesto que son elementos que vienen tarados y soportan grandes fuerzas. Si un cáncamo no está tarado, se deberá usar con extremo cuidado tras inspeccionar que no presenta ninguna fractura o deformación. También se podrán usar mástiles o palos, rodeándolos con una cadena y haciéndolos fijos con un gancho de pelícano (se debe tener sumo cuidado con las partes afiladas y con punta). Un elemento a bordo del buque que se usa con regularidad y que es capaz de soportar grandes cantidades de fuerza son las bitas y los bolardos, siempre y cuando se usen configuraciones de cabos adecuadas según la situación y necesidad, pudiéndose combinar con cadenas y cable.

Imagen 30: Amarre simple en bita.



Fuente: U.S. Navy Salvage Manual.

Imagen 31: Amarre compuesto en bita y bita secundaria.



Fuente: U.S. Navy Salvage Manual.

4.3.2.2 REMOLCADORES.

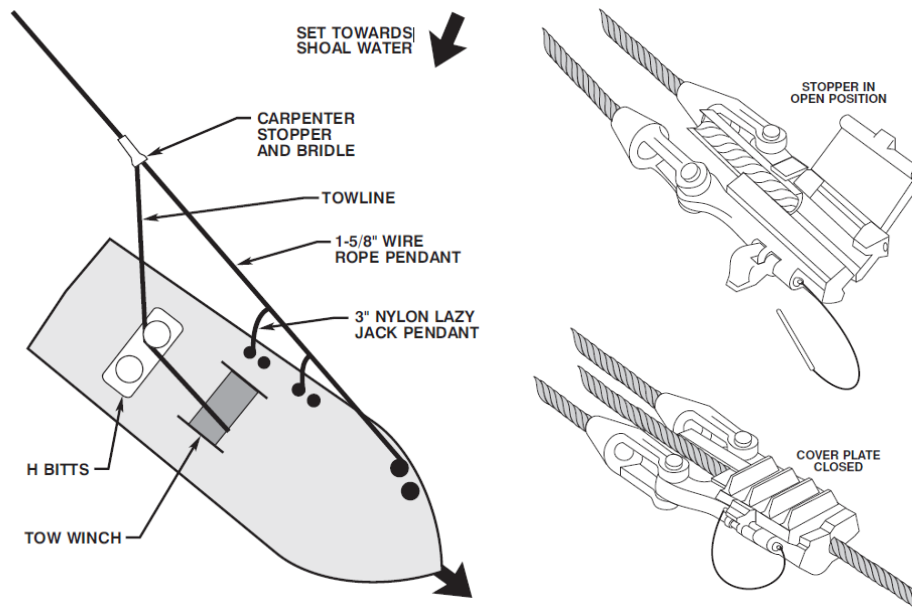
Los remolcadores actúan directamente sobre el buque varado ayudando a otros sistemas de reflotamiento. Los remolcadores deben usarse individualmente y nunca se deben amarrar varios remolques a un mismo punto. Debido a que los remolcadores están diseñados para trabajar en aguas someras, se podrá hacer uso de ellos en casi todas las situaciones, pero siempre teniendo muy en cuenta la sonda del lugar. Los puntos peligrosos deben de haberse marcado previamente en la carta. Para una ejecución exitosa, es muy importante la configuración entre varios remolcadores, teniendo como objetivo la mayor fuerza de tiro posible. Es muy importante también que los remolcadores no se interfieran entre ellos ni aborden a la maquinaria instalada en las cercanías ni que se produzcan enredos de cabos (la mejor manera de prevenir enredo entre cabos es que tengan todos el mismo largo).

Una técnica bastante útil es la de sobrevolar el buque varado con un helicóptero para visualizar los cambios de color del fondo marino para saber si la operación está resultando exitosa o no. Además, este método puede ayudar a los remolcadores a identificar las zonas rocosas y los bajos para el remolque del buque.

Si el espacio es limitado, la configuración en tándem es la mejor configuración debido al provecho de la máxima fuerza que ésta ofrece. Hay que tener en cuenta que la maniobrabilidad en esta configuración es bastante reducida, por lo que el remolcador de proa será el que dirija la maniobra. Si el remolcador de proa pierde potencia, podría causar un abordaje entre ambos remolcadores. Es conveniente que se tengan a mano elementos cortantes y que las anclas estén preparadas para su uso inmediato en caso de que se presente algún fallo.

Para que el remolcador central se mantenga en un rumbo particular, el remolcador de proa deberá guiarlo gracias a su hélice de proa. En caso de no tenerla, se deberá utilizar la denominada “Brida de Liverpool”, una configuración que consiste en unir dos cabos de remolque a la línea central de remolque mediante un tapón de carpintero y un freno, como se muestra en la imagen.

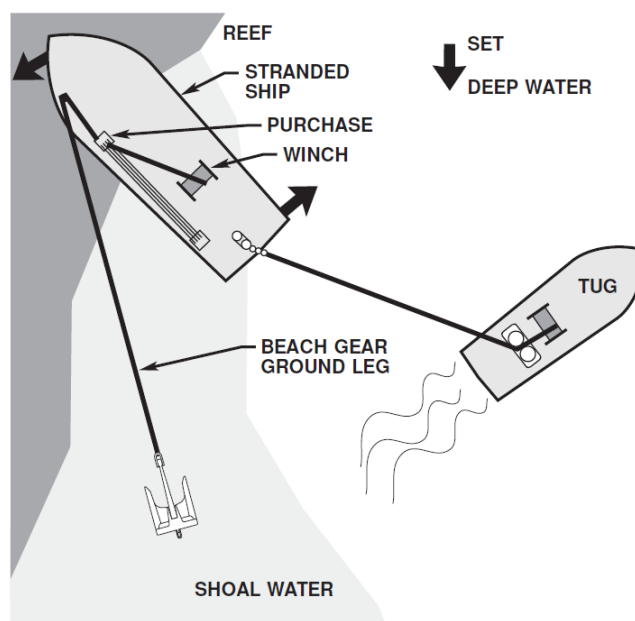
Imagen 32: Configuración de la Brida de Liverpool y topes de carpintero.



Fuente: U.S. Navy Salvage Manual.

También se puede complementar a los remolcadores con maquinaria fija expuesta en tierra o bajo el agua, aumentando así 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.

Imagen 33: Proceso de wrenching.



Fuente: U.S. Navy Salvage Manual.

4.3.3 FASE DEL POST REFLOTAMIENTO.

La fase de post reflotamiento comienza en el primer momento que el buque empieza a moverse de su zona de varada y termina cuando el buque ha sido llevado al armador, todo el equipo usado para el reflotamiento ha sido zafado, y cuando todos los informes han sido tramitados.

La acción más inmediata en esta fase es controlar el buque reflotado y estabilizar la situación. Planificar esta fase es primordial y debe realizarse antes de poner el buque a flote, ya que cuando se pone a flote un buque, la situación puede cambiar de manera notable e imprevista y, por ello, se debe poder actuar de manera rápida.

4.3.3.1 CONTROL DEL BUQUE.

En cuanto el buque comience a reflotar, se debe de poder controlar el buque para posicionarlo donde se quiera. En el mejor de los casos, el buque tendrá la maquinaria operativa y podrá dirigirse a puerto por sí mismo. En cambio, si el buque no tuviera propulsión propia, se designaría un remolcador para llevarlo al puerto o fondeadero más cercano, preferiblemente aquel que se encuentre a su proa y que no arrastre consigo aparejos externos.

4.3.3.2 ZAFADO DE APAREJOS.

Es de debida importancia que el buque quede libre de aparejos en cuanto comience a reflotar para que el remolque sea más cómodo y se eviten problemas no deseados.

4.3.3.3 TRASLADO DEL BUQUE.

A pesar de que el buque se encuentre a flote y dispuesto a entrar a puerto o dirigirse al fondeadero, se debe asegurar en todo momento que el buque pueda ser remolcado sin ningún inconveniente.

4.3.3.4 FONDEAR EL BUQUE REFLOTADO.

El fondeadero debe ser seleccionado antes del reflotamiento. Debe estar situado en un lugar resguardo y con buena visibilidad acuática para facilitar reparaciones y el trabajo de buques.

4.3.3.5 RE-VARAR EL BUQUE.

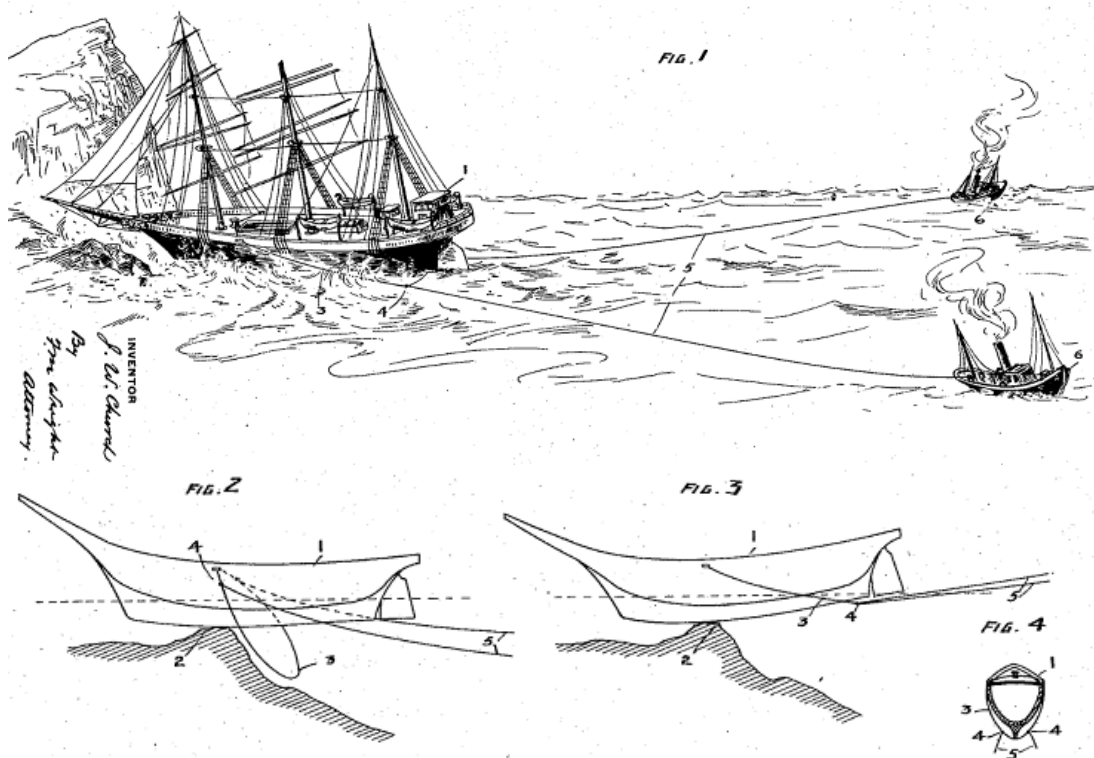
Si tras el reflotamiento existe riesgo de hundimiento, se podrá varar el buque en alguna playa para poder hacer reparaciones de emergencia. Dichas zonas de re-varada deben ser planificadas antes del reflotamiento del buque. Se esperará a que las condiciones meteorológicas sean favorables y se varará el buque durante la bajada de la marea, un poco antes de la bajamar, de modo que el buque podrá ser depositado en el fondo de manera suave y su reflotamiento podrá ser 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.

4.3.3.6 DESMANTELAMIENTO O HUNDIMIENTO.

Si tras la varada el buque ha perdido valor, se puede considerar la opción de desmantelar el buque y/o hundirlo. Para ello se usarán cargas explosivas, en suficiente cantidad si no se quiere que el buque se convierta en un peligroso derrelicto. También se puede optar por la sección en partes.

A pesar de las pautas a seguir que se acaban de describir, si la varada se ha producido en buques muy grandes, o con grandes riesgos de contaminación, muchas veces no son suficientes, teniendo que complementarlas con operaciones muy complejas y costosas.

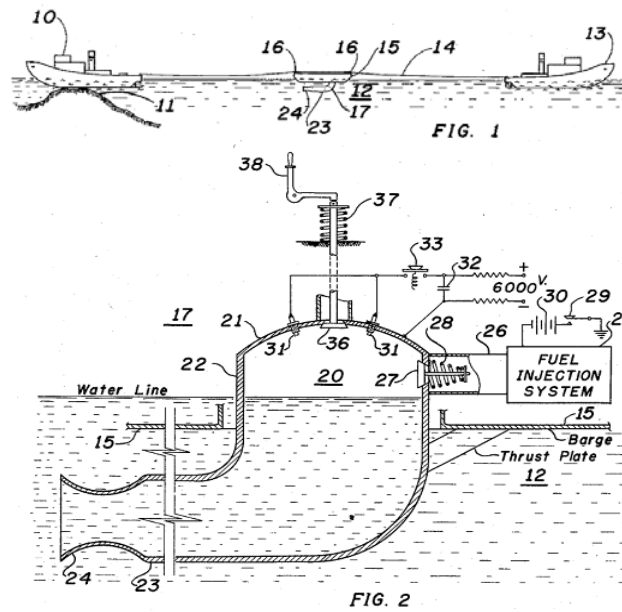
En 1912, el ingeniero Joseph W. Church ideó un modelo de reflotamiento de un buque varado mediante una configuración de cabos que más tarde patentaría. Dicha patente consiste en una especie de lazo pasado por la panza del buque desde donde el remolcador debe tirar. El chicote restante de los cabos va unido por la parte superior de buque en sentido contrario a la del tiro, provocando así una componente en sentido vertical hacia arriba al tensarse los cabos del fondo, facilitando el arrastre del buque. El método se le ocurrió después de darse cuenta de la mala costumbre de unir los cabos del buque a las partes superiores del buque, hecho que provoca que la componente vertical de tiro sea hacia abajo, provocando que el buque se embarranque aún más.

Imagen 34: Modelo de reflotamiento de J. W. Church.

Fuente: Ship Structure Committee.

Otra invención fue la del ingeniero Jacob C. Mayers en 1957, que se utilizaría cuando ninguna configuración con todos los remolcadores fuera efectiva. Su idea fue la de desarrollar un aparato que generara pulsos de alta potencia aumentando así la efectividad del remolcador para aquellos casos en que los buques varados no se podían recuperar mediante el tiro con remolcadores debido al efecto de la fricción o succión del fondo. Aplicando pulsos en una frecuencia alta, los efectos del tiro resultan acumulativos, siempre y cuando respeten el período natural del buque varado para obtener la mayor ampliación de la fuerza de tiro posible. Para ello, diseñó una barcaza que aplicará un tiro periódico situada entre el remolcador, que aplicará un tiro constante, y el buque.

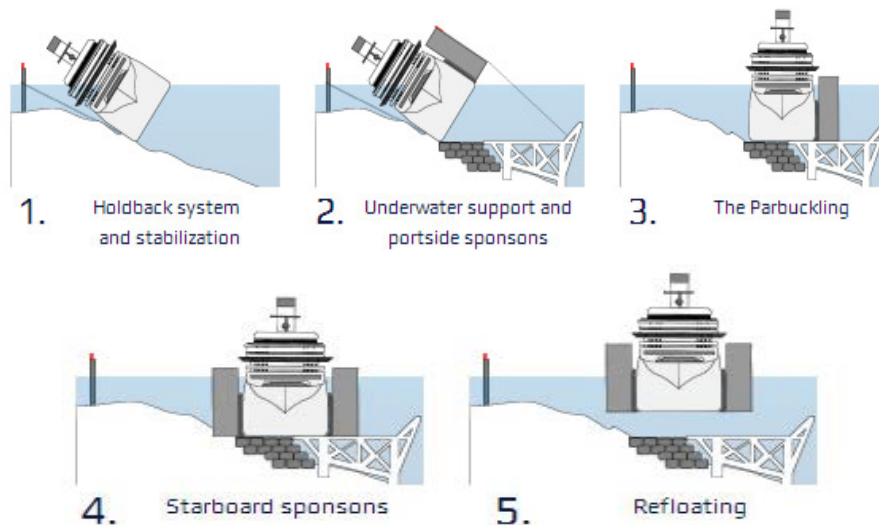
Imagen 35: Dispositivo de Mayers.



Fuente: Niembro Álvarez, Saray.

Otros sistemas más modernos han sido desarrollados a lo largo de los dos últimos siglos para efectuar reflotamientos de buques varados de manera más complicada, como por ejemplo usando aire comprimido, realizando remociones parciales, reflotamientos completos con grúas o realizando “parbuckling”, técnica que consiste en utilizar el principio de tiravira, insertando estrobo bajo el buque y tirando on grúas y winches. Éste último método fue el que se usó para el reflotamiento del Costa Concordia.

Imagen 36: Proceso de parbuckling en el Costa Concordia.



Fuente: The Parbuckling Project.

4.4 VARADA SEGÚN EL DERECHO MERCANTIL.

El término varada hace referencia a la acción de varar una embarcación, denominándose también varadura, encallada o encalladura, zabordada o zaborde.

Habitualmente, se hace referencia a una varada al hecho de llevar un buque a un varadero o dique seco para su reparación, aunque, en sentido técnico, la varada de un barco es el hecho que un barco quede encallado en el fondo, quedando inmovilizado y con riesgo de perderse. Existen dos tipos de varadas, la deliberada y la no deliberada. La varada deliberada se produce por el mando del buque, como mal menor para salvarlo de un naufragio inminente, procurándose varar en un fondo arenoso para salvar la nave de la pérdida total. La varada no deliberada es fruto de un característico accidente marítimo que acontece durante la navegación. Cabe destacar que la varada significa la inmovilización de un buque sin hundirse ni destrozarse contra la costa ya que si esto ocurriera se consideraría naufragio, destrucción o pérdida de la nave en la mar o puerto. Por ello, se debe distinguir entre la encalladura por causa de la marea en un puerto o río, en un fondo arenoso y sin riesgo ni daños, de la varada en zona rocosa, alejada de algún puerto, de difícil acceso y que pueda suponer la pérdida del buque. La distinción entre varada y naufragio fue polémica en el Derecho Marítimo.¹¹

Si un buque simplemente toca el fondo con la quilla sin dejar de flotar o sin quedar inmovilizado no se puede considerar varada, pues una varada se produce cuando un buque queda aprisionado en el fondo sin poder seguir flotando y navegando, con el riesgo de averiarse o hundirse si no se consigue zafar. Tampoco hay varada si el buque toca fondo en marea baja en un estuario, puerto o ría y vuelve a reflotar al subir la marea.

Para calificar este tipo de accidente se considera indiferente la naturaleza del fondo donde ha encallado el buque, así como su manera de reflotar, ya sea por sus propios medios o con la ayuda de remolcadores u otros sistemas de reflotamiento, aunque las estas últimas labores permiten una indemnización al

¹¹ [6] Enciclopedia Jurídica. (2014). Varada.

buque que presta asistencia, según su importancia. Es preciso, también, determinar el tiempo que un buque ha quedado inmovilizado sin que pueda darse una respuesta precisa al examinar la jurisprudencia marítima.

Si la varada se ha buscado voluntariamente para evitar otro accidente de mayor gravedad o se ha tenido que deliberar por causa o fuerza mayor, entonces se puede calificar como varada justificada y por ello puede integrar un supuesto de avería común. No obstante, para el caso de una varada no deliberada, quedaría calificada como avería gruesa, ya que podría ser maliciosa o causada por negligencia o imprudencia de un miembro de la dotación o tripulación del buque.

Desde el punto de vista del Derecho Mercantil marítimo, la varada tiene la naturaleza de avería particular y, por excepción, de avería gruesa o común.

El artículo 841 del Código de Comercio dispone que, “si el naufragio o encalladura procedieren de malicia, descuido o impericia del Capitán, o porque el buque salió a la mar no hallándose suficientemente reparado y pertrechado, el naviero o los cargadores podrán pedir al Capitán la indemnización de los perjuicios causados al buque o al cargamento por el siniestro, conforme a lo dispuesto en los artículos 610, 612, 614 y 621”. Precepto considerado injusto e inexacto por la doctrina, por lo que es preciso concluir que la responsabilidad del siniestro frente a terceros recae sobre el naviero o armador, sin perjuicio de las acciones -civiles o derivadas de la responsabilidad criminal- que pudieran corresponderle contra el culpable.

La varada puede ser un delito, previsto en el artículo 346 del Código Penal de 1995 (varamiento de nave) calificado como estragos, que cuenta con su tipo imprudente en el artículo 347.

- “Los que provocando explosiones o utilizando cualquier otro medio de similar potencia destructiva, causaren la destrucción de aeropuertos, puertos, [...] o la inmersión o varamiento de nave, inundación, [...] hidrocarburos u otro recurso natural fundamental incurrirán en la pena de prisión de diez a veinte años, cuando los estragos comportarán necesariamente un peligro para la vida o

integridad de las personas.” -Artículo 346 de la L.O. 1/2015, de 30 de marzo, por la que se modifica la L.O. 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal («B.O.E.» 31 marzo). Vigencia: 1 julio 2015

- “El que por imprudencia grave provocare un delito de estragos será castigado con la pena de prisión de uno a cuatro años.”- Artículo 347 de la L.O. 1/2015, de 30 de marzo, por la que se modifica la L.O. 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal («B.O.E.» 31 marzo). Vigencia: 1 julio 2015

La varada no deliberada es una avería de tipo simple, es decir “todos los gastos y perjuicios causados en el buque o en su cargamento que no hayan redundado en beneficio y utilidad común de todos los interesados en el buque y su carga, y especialmente las siguientes: Los daños que sobrevinieren al cargamento desde su embarque hasta su descarga, así por vicio propio de la cosa como por accidente de mar o por fuerza mayor, y los gastos hechos para evitarlos y repararlos. Los daños y gastos que sobrevinieren al buque en su casco, aparejos, armas y pertrechos, por las mismas causas y motivos, desde que se hizo a la mar en el puerto de salida hasta que ancló y fondeó en el de su destino. Los daños sufridos por las mercaderías cargadas sobre cubierta, excepto en la navegación de cabotaje, si las ordenanzas marítimas lo permiten. Las Facultades del Capitán en la LNM 23 Los sueldos y alimentos de la tripulación cuando el buque fuere detenido o embargado por orden legítima o fuerza mayor, si el fletamento estuviere contratado por un tanto el viaje. Los gastos necesarios de arribada a un puerto para repararse o aprovisionarse. El menor valor de los géneros vendidos por el capitán en arribada forzosa, para pago de alimentos y salvar a la tripulación, o para cubrir cualquiera otra necesidad del buque, a cuyo cargo vendrá el abono correspondiente. Los alimentos y salarios de la tripulación mientras estuviere el buque en cuarentena. El daño inferido al buque o cargamento por el choque o abordaje con otro, siendo fortuito e inevitable. Si el accidente ocurriere por culpa o descuido del capitán, éste responderá de todo el daño causado. Cualquier daño que resultare al cargamento por faltas, descuido o baraterías del capitán o de la tripulación, sin perjuicio del derecho del propietario a la indemnización

correspondiente contra el capitán, el buque y el flete.” - Código de comercio, artículos 809 y 810.

Por último, cabe destacar el rol del capitán en cuanto a los daños que pudieran ser causados a la nave. Según el artículo 620 del Código de comercio titulado “Responsabilidad del capitán por los daños a su buque o al cargamento”, *“no será responsable el capitán de los daños que sobrevinieren al buque o al cargamento por fuerza mayor; pero lo será siempre, sin que valga pacto en contrario, de los que se ocasionen por sus propias faltas. Tampoco será personalmente responsable el capitán de las obligaciones que hubiere contraído para atender a la reparación, habilitación y avituallamiento del buque, las cuales recaerán sobre el naviero, a no ser que aquél hubiere comprometido terminantemente su propia responsabilidad o suscrito letra o pagaré a su nombre.”*

4.5 VARADA DEL BUQUE SIRIUS.

En el capítulo anterior se ha explicado lo que es una varada y cómo actuar en caso de tener una. A continuación, se expondrá la varada ocurrida el 16 de julio de 2018 durante la “rissaga” del Puerto de Alcudia por el buque Sirius, y se estudiará su estabilidad durante el acontecimiento. También se expondrán al final del capítulo las varadas más importantes de la última década.

4.5.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL BUQUE.

Sirius, el buque afectado por la rissaga, es un carguero destinado al transporte de graneles sólidos. Construido en el 2007, lleva 10 años surcando los mares transportando cargas diversas entre países, generalmente, europeos.

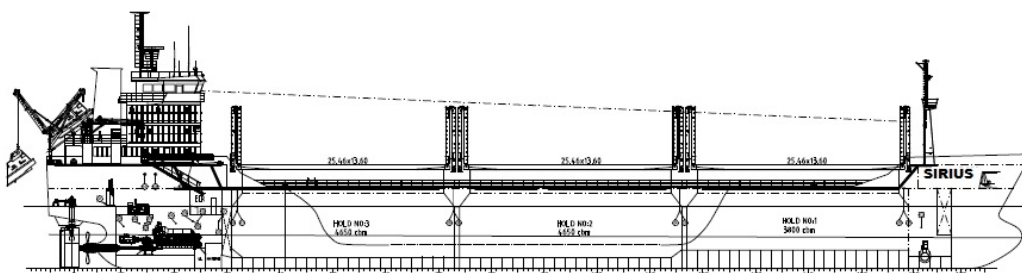
Este Bulk Carrier de 124.5m de eslora, 19m de manga, con un arqueo bruto de 7087GT, destinado a la carga y transporte de cargas a granel, se compone de 3 bodegas de mamparos fijos, capaces de albergar hasta 4000 Toneladas de carga cada una.

Con su motor Hyundai de 3600HP, navega a velocidad de crucero de 11kn, aproximadamente, consumiendo 2Tn de fuel diarias.

El buque cuenta con un bote de caída libre con capacidad de 17 personas, 3 balsas y un bote de rescate lento, que arría con un pescante hidráulico con capacidad de carga de 2T. A bordo se dispone de 10 aros salvavidas, 20 chalecos salvavidas, 10 extintores de espuma, 23 de polvo seco, 6 de CO₂, así como 16 mangueras y bocas contra incendios y 4 ERAs con 6 botellas de respeto.

El puente, relativamente pequeño, consta de dos equipos RADAR y dos equipos ECDIS, así como de dos radios VHF, MF, y dos INMARSAT-C. Se puede encontrar también una radiobaliza EPIRB y un transpondedor SAR.

Imagen 37: Plano través del buque Sirius.



Fuente: Propia.

Tabla 2: Información general del buque.

Nombre del Buque	“SIRIUS”
Tipo de buque	Carga general
Bandera	Chipriota
Puerto de registro	Limassol
Nº IMO	XXXXXXXXXX
Señal distintiva	SIRX
Idioma de trabajo	Inglés
Nacionalidad de la tripulación	Española / Croata
Área normal de operaciones	Viajes Internacionales

Fuente: Propia.

4.5.1.1 DATOS DEL BUQUE.**Tabla 3:** Datos del buque.

Eslora Total	124.504 m
Eslora entre perpendiculares	118.370 m
Manga	19.000 m
Puntal de Trazado	10.200 m
Calado de diseño (trazado)	7.800 m
Calado carga de verano (extremo)	7.725 m
Desplazamiento al calado de carga	13.573 t
Peso en rosca	2.964 t
Peso muerto al calado de carga	10.609 t
Eslora de subdivisión (Ls)	123.727 m
Extremo de proa de Ls a popa de AP	3.184 m
Línea de carga de subdivisión (ds)	7.725 m
Calado de servicio en rosca (d0)	4.426 m
Calado mínimo en proa	3.900 m
Espesor de quilla	13 mm
Material del casco	Acero

Fuente: Propia.

4.5.2 ENTRADA A PUERTO.

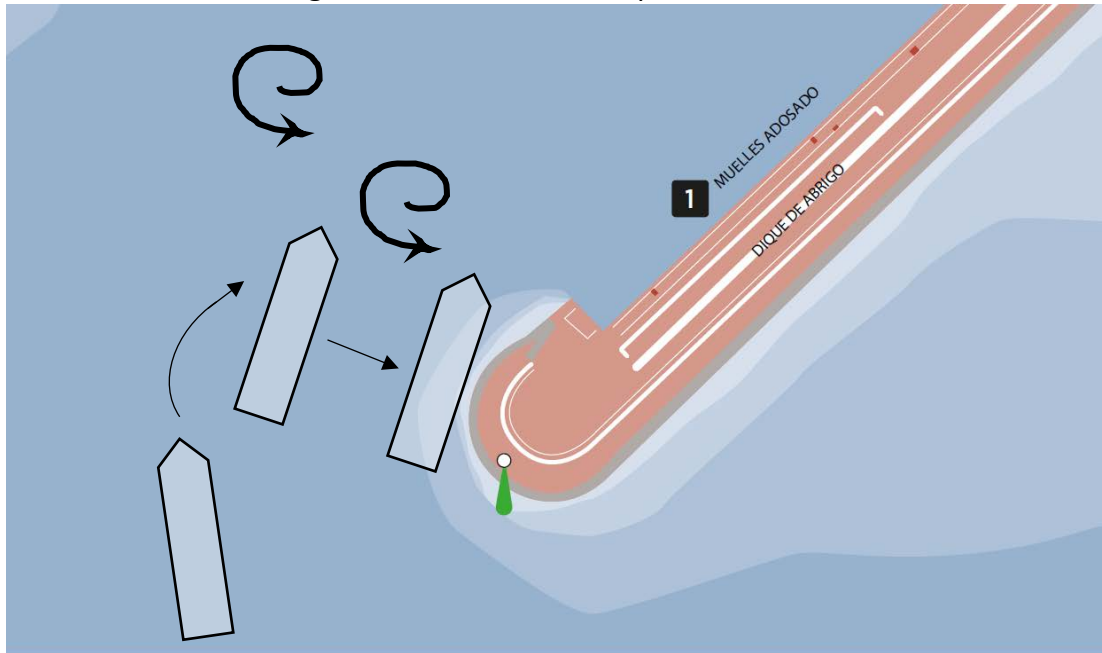
El 16 de Julio de 2018 a las 0530 UTC el buque se encontraba a unas pocas millas de la entrada del Puerto de Alcudia. Concretamente, estaba dándole vuelta al Cabo de Pinar, situado en la costa Este de la península de Alcudia. La mañana era clara, calmada, pero se veían nubarrones a lo lejos que no preocuparon a la tripulación. Habiendo pasado el Cabo Menorca y disponiéndose a la aproximación a la bocana del puerto se pudo ver como el mar, si a simple vista parecía un plato, estaba rizado a causa del viento de componente SW. Manteniendo un rumbo W, el buque se aproximaba cada vez más a la bocana del puerto; manteniendo ese rumbo embarcaría el práctico. Una vez embarcado el práctico, el buque maniobró a estribor para mantener un rumbo 350º, con el cual más tarde enfilaría las boyas rojas que señalan el canal de entrada. Es entonces cuando el práctico y el capitán notan una anomalía en la bocana, pues se veían remolinos en el agua, y uno de ellos hundía la boya verde del canal captando la atención del buque, poniendo a toda la tripulación atenta. A la hora de centrar el barco en la bocana, una fuerte corriente producida por los remolinos de agua hace derivar al buque a estribor dirigiéndolo al espigón. A pesar de dar la orden el práctico de maniobrar a babor, el buque no respondía y seguía gobernado por la fuerza del remolino. La decisión a tomar fue la de rehacer la maniobra de entrada desde el principio, pero, otra vez más, la fuerza del remolino de agua vencía a la del propio buque. Entonces, en otro intento de maniobrar a babor, el nivel del mar que había descendido ya acerca de un metro y medio descendió otros pocos centímetros más encallando el buque por su banda de estribor.

El momento fue crucial, pues el buque escoró hasta 9º a babor. Inmediatamente el práctico dio la orden de dar toda atrás y, el primer oficial, calculó la estabilidad para evaluar la situación con los datos obtenidos por el sondeo manual que se hizo a los tanques de lastre, combustible, agua, etc. Diez minutos después de estar varados, el nivel del mar empezó a subir notablemente y el barco se desencalló por sí solo. Una vez vuelta a flote, se decidió repetir la maniobra que, esta vez, fue satisfactoria.

Una vez amarrado empezaron las inspecciones. Se re-sondaron todos los tanques de lastre que, por suerte, no se vieron afectados. Como el buque iba cargado,

se pudieron hacer entradas a los tanques de lastre a comprobar el estado de los mamparos y cuadernas. Sólo en el tanque número 3 de estribor se pudieron apreciar ciertas curvaturas en dos cuadernas, sin importancia alguna.

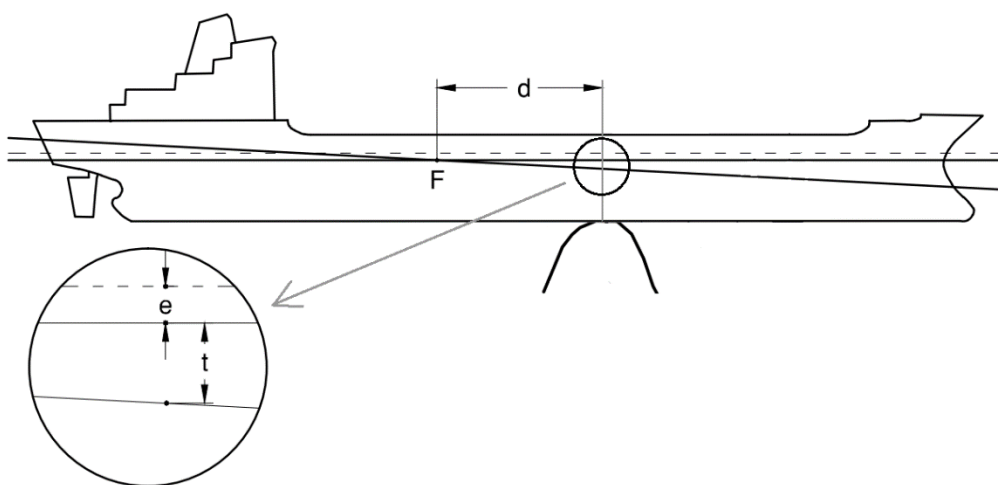
Imagen 38: Maniobra del buque al momento de varar.



Fuente: Propia.

4.5.2 CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD DEL BUQUE UNA VEZ VARADO.

El buque Sirius se encontró varado en la bocana del Puerto de Alcudia en un punto en la quilla de $L_{cg_v}=68,34$ m y $L_{cg_i}=1$ m. Salió de puerto con un asiento apopante de 30cm, que se considera despreciable. Su calado de proa era de 6,96 m, y el de proa de 6,99 m. La marea bajó 1,5m, de los cuales afectaron 0,7 m al buque ($b=0,7$). Con estos datos iniciales, los generales del buque y las tablas hidrostáticas se procederá a calcular la estabilidad del buque una vez varado.¹²

Imagen 39: Varada en $L_{cg_v}= 68.34$ m.

Fuente: Martín, J.I. (modificada).

4.5.2.1 CÁLCULO DE LA REACCIÓN.

En función de los cambios experimentados por los calados, se puede calcular la reacción que ejerce el fondo sobre el casco. Conocidas la condición inicial y la final, se puede conocer la reacción, al ser esta la diferencia entre los dos desplazamientos.

El valor de la emersión o incremento de calados hidrostáticos es igual a:

$$|e| = \frac{R}{100 \cdot T_{cm}^{-1}}$$

La alteración producida por la varada corresponde al segmento t , y depende de la estabilidad longitudinal, siendo proporcional a la alteración total (a) sufrida por la flotación del barco. Podemos obtener el valor de t de la siguiente manera:

$$\frac{t}{d} = \frac{a}{E_{pp}}$$

¹² Los métodos usados para el cálculo son los empleados por el Prof. Martín, J. I. [11].

Siendo d la distancia longitudinal entre el punto de la varada y F , podemos obtener:

$$|t| = t = \frac{d \cdot a}{E_{pp}} = \frac{(\otimes F - \otimes gv) \cdot a}{E_{pp}}$$

$$a = \frac{R \cdot (\otimes F - \otimes gv)}{100 \cdot Mu}$$

Conociendo la fórmula de la alteración podemos juntar ambas fórmulas y obtener:

$$t = \frac{R \cdot (\otimes F - \otimes gv)^2}{100 \cdot E_{pp} \cdot Mu}$$

Sumando la emersión (e) con la alteración (t) se obtiene el valor de la bajada de la marea (b), por tanto:

$$b = e + t = \frac{R}{100 \cdot Tcm^{-1}} + \frac{R \cdot (\otimes F - \otimes gv)^2}{100 \cdot E_{pp} \cdot Mu}$$

Despejando R , obtenemos la fórmula de la reacción:

$$R = \frac{b \cdot 100 \cdot Tcm^{-1} \cdot E_{pp} \cdot Mu}{E_{pp} \cdot Mu + Tcm^{-1} \cdot (\otimes F - \otimes gv)^2}$$

Por tanto, conociendo las condiciones iniciales, podemos entrar a las tablas hidrostáticas para la obtención de los datos necesarios para el cálculo de la reacción:

$$C_{pr_i} = 6.96 \text{ m} ; C_{pp_i} = 6.99 \text{ m}$$

$$C_{m_i} = \frac{C_{pr_i} + C_{pp_i}}{2} = 6.975 \text{ m}$$

Tabla 4: Hidrostáticas para $C_m=6,975 \text{ m}$.

Tablas hidrostáticas (m)						
	Cm	Disp (Δ)	LCB (XC)	LCF (XF)	TCP (Tcm^{-1})	MTC (Mu)
Cprox	6,95	12033,8	58,064	56,237	19,58	147,3
Cprox	7	12131,91	58,049	56,173	19,62	148,32
Interpolado	6,975	12082,855	58,057	56,205	19,6	147,81

Fuente: Propia.

$$E_{pp} = 118.37 \text{ m} ; \frac{E_{pp}}{2} = 59.185 \text{ m}$$

$$\otimes C = \frac{E_{pp}}{2} - XC = 1.129 \text{ m}$$

$$\otimes F = \frac{E_{pp}}{2} - XF = 2.98 \text{ m}$$

$$\otimes gv = \frac{E_{pp}}{2} - LcGv = -9.155 \text{ m}$$

$$R = \frac{0.7 \times 100 \times 19.6 \times 118.37 \times 147.81}{118.37 \times 147.81 + 19.6 \times (2.98 - (-9.155))^2} = 1177.718 \text{ T}^{13}$$

A continuación, se puede calcular la emersión previa:

$$\lambda C = \frac{-R}{100 \cdot Tcm^{-1}} = \frac{-1177.718}{100 \times 147.81} = -0.6 \text{ m}$$

Para una mayor precisión, se volverá a calcular una nueva emersión previa con los nuevos calados.

$$Cm_n = Cm_i + \frac{\lambda C}{2} = 6.975 - 0.3 = 6.675 \text{ m}$$

Tabla 5: Hidrostáticas para Cm= 6,675 m.

Tablas hidrostáticas (m)						
	Cm	Disp (Δ)	LCB (XC)	LCF (XF)	TCP (Tcm^{-1})	MTC (Mu)
Cprox	6,65	11449,91	58,147	56,67	19,3	141,08
Cprox	6,7	11546,63	58,134	56,592	19,35	142,15
Interpolado	6,675	11497,422	58,140	56,632	19,325	141,606

Fuente: Propia.

$$\otimes F = 2.553 \text{ m} ; \otimes gv = -9.155 \text{ m}$$

$$R = 1168.108 \text{ T} ; \lambda C = -0.61 \text{ m}$$

¹³ 1177.718 T de reacción sobre el casco es mucha fuerza, pero, al haber varado sobre una roca de arenisca posada en un fondo arenoso, el casco sólo sufrió una abolladura como deformación. Por suerte no hubo grietas ni vías de agua.

A continuación, se calculará la alteración, usando los datos de la flotación intermedia (Cm_n):

$$a = \frac{R \cdot (\otimes F - \otimes gv)}{100 \cdot Mu} = \frac{1168.108 \times (2.553 - (-9.155))}{100 \times 141.606} = 0.966 \text{ m}$$

El reparto de la alteración es el siguiente:

$$a_{pp} = \frac{a \cdot \left(\frac{E_{pp}}{2} - \otimes F\right)}{E_{pp}} = \frac{0.966 \times (59.185 - 2.553)}{118.37} = 0.462 \text{ m}$$

$$a_{pr} = a - a_{pp} = 0.966 - 0.462 = 0.504 \text{ m}$$

Por último, se calcularán los nuevos calados:

$$C_{pp_f} = C_{pp_i} + \lambda C + a_{pp} = 6.85 \text{ m}$$

$$C_{pr_f} = C_{pr_i} + \lambda C - a_{pr} = 5.85 \text{ m}$$

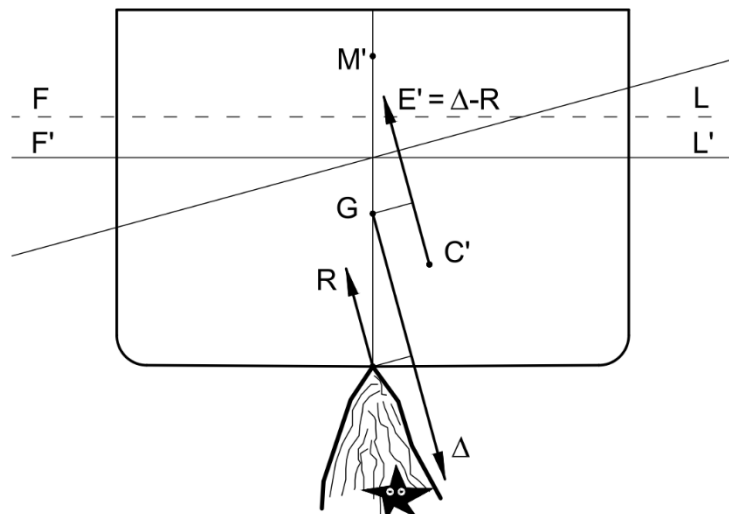
$$Cm_f = \frac{C_{pp_f} + C_{pr_f}}{2} = 6.35 \text{ m}$$

$$A = C_{pp_f} - C_{pr_f} = -1 \text{ m} \rightarrow 1 \text{ m apopante}$$

4.5.2.2 CALADOS CON LOS QUE SE PIERDE ESTABILIDAD.

Aquella fuerza que tiende al buque a regresar a su posición inicial es el momento adrizante (Mad). Al varar un buque, el momento adrizante varía, variando con él su estabilidad. Un buque es inestable cuando su momento adrizante es nulo o negativo.

Imagen 40: Reacción y brazo adrizante.



Fuente: Martín, J.I. (modificada).

Siendo:

$$KG = 6.4 \text{ m}$$

$$E' = \Delta - R$$

$$GM' = KM' - KG$$

Entonces:

$$Mad = E' \cdot GM' \cdot \text{sen}\theta - R \cdot KG \cdot \text{sen}\theta$$

$$Mad = \text{sen}\theta \cdot (E' \cdot GM' - R \cdot KG)$$

$$Mad = \text{sen}\theta \cdot (E' \cdot (KM' - KG) - (\Delta - E') \cdot KG)$$

$$Mad = \text{sen}\theta \cdot (E' \cdot KM' - \Delta \cdot KG)$$

$$Mad = \text{sen}\theta \cdot \Delta \cdot \left(\frac{E' \cdot KM'}{\Delta} - KG \right)$$

La estabilidad se anulará entonces cuando el paréntesis de la fórmula se anule. Es decir:

$$\left(\frac{E' \cdot KM'}{\Delta} - KG \right) = 0$$

$$\frac{E' \cdot KM'}{\Delta} = KG$$

En primer lugar, comprobaremos la estabilidad del buque con los calados obtenidos en el apartado anterior.

Obteniendo los datos necesarios de las tablas hidrostáticas, usando un calado intermedio entre el calado medio inicial y el final:

$$Cm_n = \frac{Cm_i + Cm_f}{2} = \frac{6.975 + 6.35}{2} = 6.663 \text{ m}$$

Tabla 6: Hidrostáticas para $Cm_n = 6,663$ m.

Cm= 6,35 m; Cm _n =6.663 m				
	Cm	Disp (Δ)	KMT	TCP (Tcm ⁻¹)
Cprox	6,65	11740,87	7,923	19,44
Cprox	6,7	11838,29	7,923	19,49
Interpolado	6,663	11765,225	7,923	19,452

Fuente: Propia.

Entonces:

$$\lambda C = C_f - C_i = 6.35 - 6.975 = -0.625 \text{ m}$$

$$R = -\lambda C \cdot 100 \cdot Tcm^{-1} = -(-0.625) \times 100 \times 19.452 = 1285.781 \text{ T}$$

$$\frac{E' \cdot KM'}{\Delta} = 7.104 \text{ m} \rightarrow \frac{E' \cdot KM'}{\Delta} - KG = 0.704 \text{ m}$$

La estabilidad con los nuevos calados es positiva. A continuación, se calcularán los calados para los que se anula la estabilidad con el fin de determinar la seguridad de los calados de la varada.

-Para 6 m de calado medio:

$$Cm_n = \frac{Cm_i + Cm_f}{2} = \frac{6.975 + 6}{2} = 6.488 \text{ m}$$

Tabla 7: Hidrostáticas para $Cm_n = 6,488$ m.

Cm= 6 m; Cm _n =6.488 m				
	Cm	Disp (Δ)	KMT	TCP (Tcm-1)
Cprox	6,45	11065,34	7,935	19,12
Cprox	6,5	11161,13	7,931	19,17
Interpolado	6,488	11137,183	7,932	19,158

Fuente: Propia.

Entonces:

$$\lambda C = C_f - C_i = 6 - 6.975 = -0.975 \text{ m}$$

$$R = -\lambda C \cdot 100 \cdot T \text{ cm}^{-1} = -(-0.975) \times 100 \times 19.158 = 1867.856 \text{ T}$$

$$\frac{E' \cdot KM'}{\Delta} = 6.602 \text{ m} \rightarrow \frac{E' \cdot KM'}{\Delta} - KG = 0.202 \text{ m}$$

La estabilidad para un calado medio de 6 m sigue siendo positiva.

-Para 5,5 m de calado medio:

$$Cm_n = \frac{Cm_i + Cm_f}{2} = \frac{6.975 + 5.5}{2} = 6.488 \text{ m}$$

Tabla 8: Hidrostáticas para $Cm_n = 6,238 \text{ m}$.

Cm= 5,5 m; Cm _n = 6.238 m				
	Cm	Disp (Δ)	KMT	TCP (Tcm-1)
Cprox	6,2	10589,58	7,96	18,91
Cprox	6,25	10684,31	7,953	18,95
Interpolado	6,238	10660,628	7,955	18,94

Fuente: Propia.

Entonces:

$$\lambda C = C_f - C_i = 5.5 - 6.975 = -1.475 \text{ m}$$

$$R = -\lambda C \cdot 100 \cdot T \text{ cm}^{-1} = -(-1.475) \times 100 \times 18.94 = 2793.65 \text{ T}$$

$$\frac{E' \cdot KM'}{\Delta} = 5.87 \text{ m} \rightarrow \frac{E' \cdot KM'}{\Delta} - KG = -0.529 \text{ m}$$

La estabilidad es ahora negativa, por tanto, el calado que anula la estabilidad se encuentra entre 6 m y 5,5 m.

Tras varias pruebas con diferentes calados, se ha obtenido el valor de 5,86 m para un calado medio que anula la estabilidad:

$$Cm_n = \frac{Cm_i + Cm_f}{2} = \frac{6.975 + 5.86}{2} = 6.488 \text{ m}$$

Tabla 9: Hidrostáticas para $C_{m_n} = 6,416$ m.

Cm= 5,86 m; Cm _n = 6.416 m				
	Cm	Disp (Δ)	KMT	TCP (Tcm-1)
Cprox	6,4	10969,75	7,938	19,08
Cprox	6,45	11065,34	7,935	19,12
Interpolado	6,416	11003,207	7,937	19,094

Fuente: Propia.

Entonces:

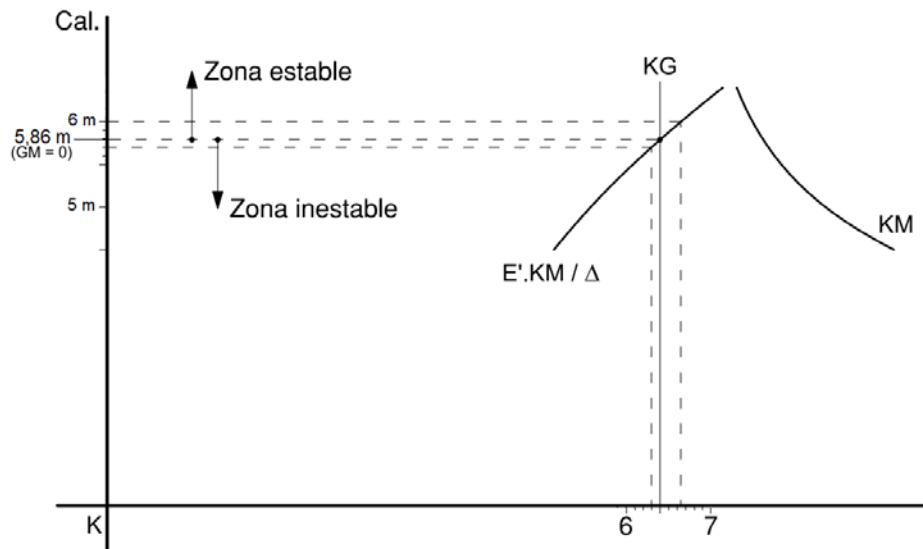
$$\lambda C = C_f - C_i = 5.86 - 6.975 = -1.115 \text{ m}$$

$$R = -\lambda C \cdot 100 \cdot Tcm^{-1} = -(-1.115) \times 100 \times 19.094 = 2128.981 \text{ T}$$

$$\frac{E' \cdot KM'}{\Delta} = 6.40 \text{ m} \rightarrow \frac{E' \cdot KM'}{\Delta} - KG = 0 \text{ m}$$

El momento adrizante es nulo cuando el buque cala 5.86 m después de encallar, aproximadamente medio metro menos que el calado final de la varada.

Imagen 41: Calado (5,86 m) al que se anula la estabilidad.



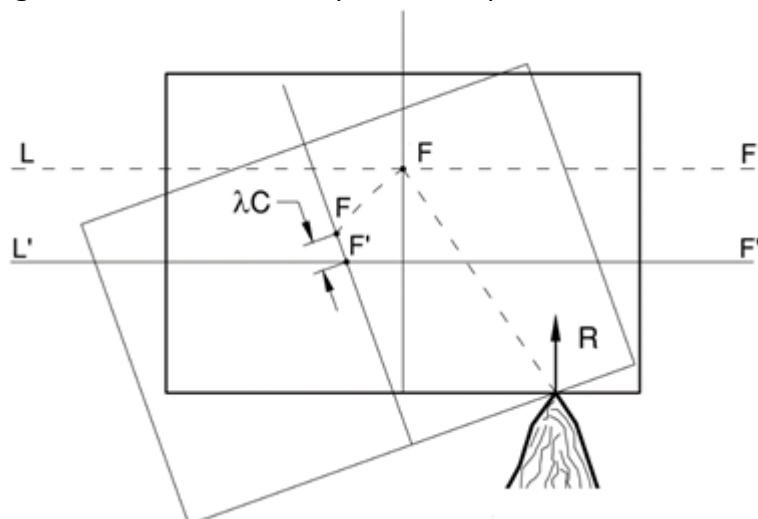
Fuente: Martín, J. I. (modificada).

4.5.2.3 ESCORA.

Una vez calculados los calados del buque y haber comprobado su estabilidad longitudinal se procederá a calcular la escora producida por la varada y su estabilidad transversal.

“Cuando un buque vara en esta condición, al bajar la marea se produce una escora a la banda contraria a la de la varada. La reacción del fondo dependerá de la estabilidad transversal, del mismo modo que cuando se descarga un peso de una banda, y el efecto producido será inversamente proporcional a la altura metacéntrica GM_c , tal y como indica la fórmula de la estabilidad inicial. También dependerá de la distancia que baje la marea.” - [11] Martín, J. I. (2015)

Imagen 42: Escora de un buque al varar por la banda de estribor.



Fuente: Martín, J. I. (modificada).

La reacción R se puede conocer a través del propio ángulo que va escorando el buque en una relación que se obtiene desarrollando la siguiente fórmula:

Tomando momentos con respecto a G :

$$R \cdot Lcg \cdot \cos\theta + R \cdot KG \cdot \operatorname{sen}\theta = (\Delta - R) \cdot GM' \cdot \operatorname{sen}\theta$$

Tras dividir la ecuación entre $\operatorname{sen}\theta$:

$$R \cdot Lcg \cdot \operatorname{cotg}\theta + R \cdot KG = \Delta \cdot GM' - R \cdot GM'$$

$$R \cdot Lcg \cdot \operatorname{cotg}\theta + R \cdot GM' + R \cdot KG = \Delta \cdot GM'$$

$$R \cdot Lcg \cdot \operatorname{cotg}\theta + R \cdot KM' = \Delta \cdot GM'$$

$$R \cdot (Lcg \cdot \cotg\theta + KM') = \Delta \cdot GM'$$

$$R = \frac{\Delta \cdot GM'}{Lcg \cdot \cotg\theta + KM'}$$

Para calcular el ángulo de la escora se parte de la ecuación inicial agrupando los senos y sacando factor común $\Delta - R$:

$$R \cdot Lcg \cdot \cos\theta + R \cdot KG \cdot \sen\theta = (\Delta - R) \cdot GM' \cdot \sen\theta$$

$$R \cdot Lcg \cdot \cos\theta = (\Delta - R) \cdot GM' \cdot \sen\theta - R \cdot KG \cdot \sen\theta$$

$$R \cdot Lcg \cdot \cos\theta = ((\Delta - R) \cdot GM' - R \cdot KG) \cdot \sen\theta$$

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{R \cdot Lcg}{(\Delta - R) \cdot GM' - R \cdot KG}$$

El buque varó a 1 m a estribor de la línea de crujía, siendo:

$$Lcg_t = 1 \text{ m} ; Cm = 6.35 \text{ m} ; KG = 6.4 \text{ m}$$

Tabla 10: Hidrostáticas para Cm= 6,35 m.

Cm = 6,35 m			
Cm	Disp (Δ)	KMT	TCP (Tcm-1)
6,35	10874.39	7.943	19.03

Fuente: Propia.

Entonces:

$$\lambda C = C_f - C_i = 6.35 - 6.975 = -0.625$$

$$GM' = KM' - KG = 7.943 - 6.4 = 1.543 \text{ m}$$

$$R = -\lambda C \cdot 100 \cdot Tcm^{-1} = (-0.625) \times 100 \times 19.03 = 1189.375$$

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{R \cdot Lcg}{(\Delta - R) \cdot GM' - R \cdot KG} = 0.162$$

$$\theta = 9.21^\circ$$

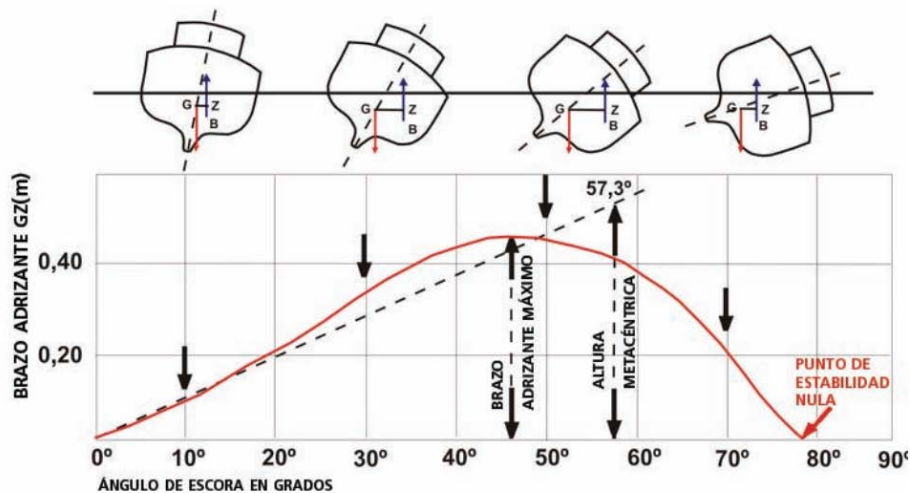
Tras la varada, el buque escoró 9° aproximadamente a babor.

4.5.2.4 CURVA GZ.

Cuanto mayor sea el brazo adrizante GZ para cada escora, mayor será la estabilidad transversal del buque. La posición del centro de gravedad determina la estabilidad para pequeñas escoras. Si G se encuentra por debajo, coincidente ($GZ=0$), o por encima del metacentro, el equilibrio será estable, indiferente o inestable, respectivamente. El brazo GZ varía al variar la posición del centro de carena, como resultado de variar la escora.

La curva de brazos adrizantes, o curva de estabilidad, es la representación gráfica de GZ en función de la escora θ .

Imagen 43: Curva de brazos adrizantes.



Fuente: FAO.

Para el cálculo de la gráfica GZ, se obtendrán los datos relativos a la condición del buque en las tablas hidrostáticas, concretamente en las tablas "KN".

El objetivo es crear una tabla con los valores de GZ en función de la escora. Para ello se obtendrán los datos de KN para un calado de 6.35 m, y tras realizar dos sencillas operaciones, se obtendrán los valores de GZ correspondientes.

Siendo:

$$Cm = 6.35 \text{ m} ; KG = 6.4 \text{ m} ; GM = 1.54 \text{ m}$$

Entonces:

Tabla 11: Valores de GZ en función de la escora.

Cm= 6,35	0º	10º	12º	20º	30º	40º	50º	60º	70º	80º
KN	0	1,402	1,685	2,847	4,255	5,449	6,334	6,928	7,131	7,053
sen θ (rad)	0	0,174	0,208	0,342	0,499	0,642	0,766	0,866	0,939	0,985
KG·sen θ	0	1,111	1,331	2,189	3,199	4,114	4,902	5,543	6,013	6,303
GZ=KN- KG·sen θ	0	0,291	0,354	0,658	1,055	1,335	1,432	1,386	1,117	0,750

Fuente: Propia.

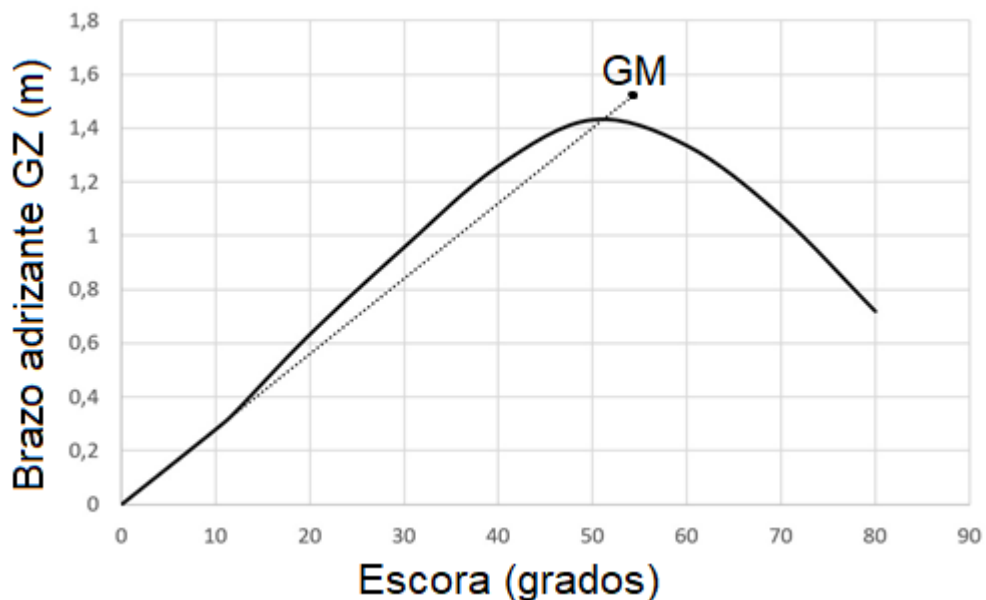
Por tanto:

Tabla 12: Valores de GZ en función de la escora.

Cm= 6,35	0º	10º	12º	20º	30º	40º	50º	60º	70º	80º
GZ	0	0,291	0,355	0,658	1,055	1,335	1,432	1,386	1,117	0,750

Fuente: Propia.

Imagen 44: Gráfica GZ, altura metacéntrica – escora.



Fuente: Propia.

En la gráfica se han representado los valores de GZ en función de la escora, así como el valor de GM en un radian. Como se puede apreciar, si se traza una línea desde el valor de GM hasta el origen, ésta es tangente con la curva GZ hasta

aproximadamente 13º de escora. Esto nos indica que el buque estuvo en una condición estable, pues para que un buque es estable, la línea ha de ser tangente en al menos un 10% de la curva.

El buque presentó una escora de 9º a babor, lo que equivale a un brazo adrizante de 0,3 m, por lo que se encontró en una condición favorable.

Tanto por calados como por escora el buque se mantuvo en una condición estable. No obstante, si no fuera por la naturaleza del fondo marítimo, que fue blanda, posiblemente el incidente podría haber derivado en una gran avería y, posiblemente, en una pérdida de estabilidad del buque.

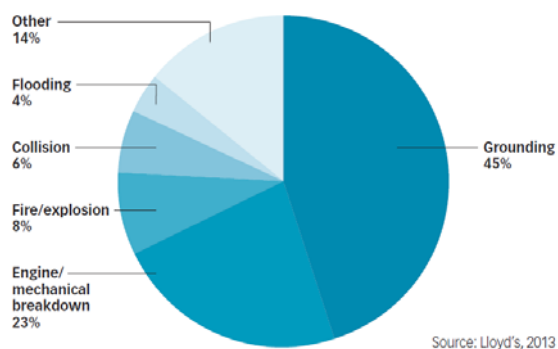
Cabe destacar, también, que la condición inicial del buque a la salida del puerto favoreció que no se perdiera estabilidad a la hora de tener un incidente. En el siguiente apartado se mostrarán algunos casos de varadas entre los cuales se puede apreciar una falta de estabilidad consecuente de un mal cálculo.

4.6 VARADAS RELEVANTES EN EL ÚLTIMO SIGLO.

Hace apenas una década, la varada del MSC Napoli en la costa sur del Reino Unido y la del containerero Rena en la costa de Nueva Zelanda, generaron un interés global. No obstante, ambos casos fueron eclipsados por la varada del bien conocido Costa Concordia, al mando del capitán Francesco Schettino en 2012, pues su operación de rescate y reflotamiento resultó ser la más compleja y costosa en comparación con otros reflotamientos de buques. Dichos casos llamaron la atención pública sobre el problema del rescate de buques, a pesar de que los costes de tales operaciones conciernen exclusivamente a las aseguradoras y navieras. El coste total de las 20 varadas más caras y complejas de la última década alcanza los 2,1 billones de dólares y se calcula que podría ir en aumento.¹⁴

Actualmente contamos con alrededor de 1000 accidentes marítimos serios cada año en todo el mundo, siendo el 48% de todos los accidentes marítimos consecuencia de una varada¹⁵. Cuando una intervención ha sido exitosa significa que la operación de rescate logró el reflotamiento de un buque, pudiéndolo llevar a salvo y logrando su puesta en servicio. Pero, en algunos casos, la complejidad y el coste del rescate hacen que la recuperación del buque sea antieconómica, teniendo que declarar la pérdida total del buque y cayendo la responsabilidad económica sobre las aseguradoras correspondientes. Cabe destacar que cada vez más, las autoridades costeras de las zonas ordenan la remoción de un buque varado o hundido, sobre todo por el impacto medioambiental que éstos suelen dejar.

Imagen 45: Principales causas de los accidentes marítimos (2000-2010).



Fuente: Lloyd's, 2013.

¹⁴ Datos obtenidos de la publicación IG Large Casualty Working Group 'Top 20 incidents'.

¹⁵ Según Lloyd's List Intelligence.

4.6.1 MSC NAPOLI.

La varada imprevista del MSC Napoli en aguas británicas dejó una huella imborrable en el sector internacional de containereros.

Construido a principios del 1990 por la compañía Sur-coreana Daewoo, el MSC Napoli se botó bajo el nombre CGM Normandie, antes de que pasara a manos de la compañía MSC.

Bajo pabellón inglés, el buque poseía una eslora de 275,6 m, una manga de 37.10 m y un calado de 13.8 m. Su máquina, de 34,480 KW, permitía navegar al buque a una velocidad de crucero de 24 kn. Su capacidad de carga era de 4734 TEUs (60000 T aprox). El buque era operado por 31 tripulantes.

4.6.1.1 VARADA DEL MSC NAPOLI.

En 2001, el MSC Napoli sufrió ya una varada cerca de las aguas del estrecho de Singapur, pero no fue hasta el 2007, cuando sufrió un accidente que causó serias repercusiones tanto para el buque en sí y su compañía, MSC Shipping.

Imagen 46: MSC Napoli hundiéndose antes de la varada.



Fuente: Marine Insight.

En el mes de enero de 2007, mientras se encontraba navegando por el Canal Inglés, las condiciones meteorológicas, de carácter fuerte, generaron un colapso en

el torso el buque y, por tanto, daños estructurales graves. Cerca de las aguas de Cornwall County, el buque emitió una llamada Distress que tuvo respuesta inmediata, no obstante, a causa de la situación adversa de la meteorología, no se pudo llevar a cabo el plan inicial de remolcarlo hasta el puerto de Dorset County y se tuvo que decidir por una varada deliberada en aguas de la bahía de Lyme.

A causa del daño estructural que el buque presentó, no tardaron los tanques en derramar aceites y líquidos nocivos para el medio ambiente, junto con sustancias y materiales extremadamente tóxicos. Y, a pesar de que no hubo bajas de la tripulación, al situarse el buque en un lugar declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, las consecuencias del accidente resultaron ser muy graves.

Durante la semana del 22 de enero de 2007, se realizó el primer intento de eliminación de las sustancias oleosas y nocivas. El óleo era demasiado viscoso y la temperatura era demasiado baja, por lo que se necesitaba calentar las sustancias oleosas para poder ser absorbidas por las gabarras. El 23 de enero, se dieron más noticias e instrucciones sobre la operación de salvamento tanto del buque como de su carga y los derrames. El punto clave de la operación era la eliminación de las sustancias oleosas, pues varias especies de aves y peces se vieron afectadas a lo largo de la costa.

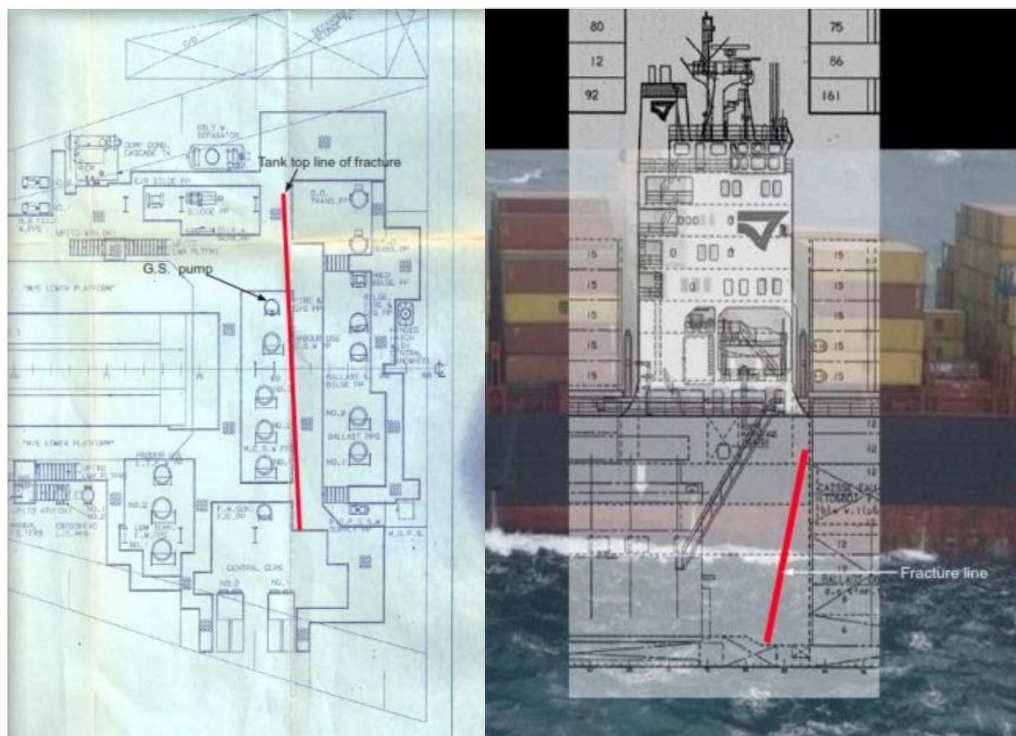
Al final se consiguieron retirar más de 3500 toneladas de combustible, al igual que con los contenedores. Tras 5 meses de operaciones, el buque fue reflotado tras parchearlo y bombearlo, y finalmente lo fondearon en las cercanías del lugar de la varada. No obstante, al no haber realizado un plan de post-reflotamiento, el nuevo paradero del buque era una incógnita y por ello, debido al mal estado del buque (encontraron una grieta de tres metros de largo en el casco que atravesaba el buque de lado a lado por la quilla), que presentaba numerosos daños, se decidió vararlo de nuevo cerca de la playa de Branscombe.

Tras vararlo por segunda vez, se decidió seccionar el buque en dos para su posterior desguace usando cargas explosivas. En primer lugar, se cortó la habitación

mediante cargas huecas; después se seccionó la popa en partes de aproximadamente 300 toneladas, que se trasladaron a una instalación de reciclaje en los Países Bajos. Finalmente, en 2007, el buque fue seccionado en dos partes tras una tercera explosión controlada.

El coste total de la operación fue de 135 millones de dólares. Si hubiese habido un plan de post-reflotamiento desde el principio, el coste de la operación podría haberse abaratado significativamente.

Imagen 47: Esquema de la fractura del MSC Napoli.



Fuente: The Royal Society Publishing.

4.6.2 MS RIVERDANCE.

El “*MS Riverdance*” fue un ferry “*RORO*” perteneciente a la naviera “*Seatruck Ferries*” que operaba en aguas irlandesas. El 31 de enero de 2008 fue golpeado por una gran ola que causó el corrimiento de su carga produciendo una escora de hasta 60º que hizo que el buque derivara hasta su final varada en la playa de “*Blackpool*”. Tras varios intentos de reflotamiento, se decidió demoler la nave.

4.6.2.1 VARADA DEL MS RIVERDANCE.

El 31 de enero de 2008, a las 1930 UTC, una gran ola golpeó su través causando el desplazamiento de su carga. A las 1945 UTC el capitán decidió enviar una llamada “*Mayday*” debido a la escora del buque, que era de 60º. A las 2000 UTC el equipo de rescate “*RAF Valley*” se mantuvo a la espera, entrando en acción a las 2020 UTC. La guardia costera de Liverpool coordinó la ayuda, y helicópteros de la guardia costera irlandesa, la Royal Navy y la Royal Air Force asistieron al rescate conjunto con botes de rescate provenientes de Lytham y Fleetwood. Dos buques de apoyo, el “*Clwyd Supporter*” y el “*Highland Sprite*” notificaron su puesta en marcha rumbo a asistir a la tripulación. A las 2100 UTC, ocho tripulantes fueron rescatados vía aérea mientras el buque derivaba rumbo la playa de Blackpool, donde finalmente evacuaron a la tripulación. Por suerte, no hubo heridos, a excepción de dos tripulantes que presentaron hipotermia leve.

Desde el principio, se mantuvo la esperanza de enderechar el buque para su puesta en servicio, pero al final se optó por abandonar el buque para su futuro desguace.

La guardia costera monitorizó constantemente el buque, pues el contenía 150 toneladas de Fuel Oil. El primer intento de reflote se programó para el primero de febrero a las 1800UTC con marea alta, pero se recibieron órdenes de cancelar la operación ese día. Al siguiente día, el equipo de rescate de “*Smit International*” asistió al rescate del buque y se creó una zona exclusiva de 400 m. Se calculó que la operación de reflotamiento duraría entre dos y tres días, dependiendo de las condiciones meteorológicas, a pesar de otras fuentes calcularon que el salvamento duraría semanas. Se estimó que el buque estaría a flote la segunda semana del mes de febrero.

Para el reflote del buque se planificó el bombeo de todos los tanques del buque, para disminuir el peso del mismo. Cabe destacar que el estado del buque se declaró como intacto.

El 4 de febrero, se reportó que el rescate por parte de los equipos iba bien encaminado. Se incorporó maquinaria al buque mediante una grúa y se consiguió una notable mejora en la escora del barco para aumentar su estabilidad. Se realizó también un agujero en el casco para el drenaje de los tanques del buque; mediante este proceso, llamado “*hot tapping*”, se esperó a que el buque se vaciara en una semana. Finalmente, se vaciaron hasta 50 toneladas de fuel, acabando las operaciones de drenaje el 12 de febrero y, de mientras, se hicieron reparaciones puntuales para preparar el casco para ser reflotado, pues estaba estimado que el día 18 el buque estuviera a flote de nuevo.

La compañía “*Smit International*” anunció que con 8 m de calado conseguirían reflotar el buque. Contenedores de 10 toneladas se pusieron a babor, y se empezó a drenar el agua de estribor para acabar de enderezar el barco, pero, a causa de una fuerte tormenta se tuvieron que cancelar las operaciones. A consecuencia de la tormenta, el buque se encalló más aún y, además, su escora aumentó hasta 35º, quedando finalmente varado sobre la arena con 100º de escora. Además, la tormenta causó la rotura del timón, de las palas de la hélice y afectó también a la máquina principal. Por dicho motivo se canceló el rescate del buque y se decidió el desmantelamiento del mismo tras una reunión entre el armador, la naviera, salvamento marítimo, etc. El 21 de marzo se declaró al buque como “pérdida total” y se discutió la posibilidad de demoler el buque en el mar o en tierra.

El 10 de abril de 2008 se anunció que la retirada del buque se haría *in situ*, por parte de la compañía “*Hancock’s Contractors*”. Se estimó que la operación duraría de 12 a 14 semanas.

Tras inspeccionar el MS Moondance, buque gemelo del MS Riverdale, para tomar ideas sobre la construcción general del buque, se produjo al desmantelamiento. La primera fase de demolición duró cinco semanas debido a problemas que hubo de coordinación y algún que otro fallo como un incendio que produjo la evacuación de los trabajadores que se encontraban dentro del buque. El

19 de mayo se inició la etapa final de la demolición y el 10 de octubre de 2008 el buque quedó desmantelado por completo.

Imagen 48: Riverdance varado en la playa de Blackpool.



Fuente: Lloyd's.

4.6.3 EL COSTA CONCORDIA.

El Costa Concordia, un crucero de la compañía Costa Cruceros, construido en 2004 por “*Ficantieri Sestri Ponente*”, es mundialmente conocido por su varada accidental el 13 enero de 2012 en la costa de Isola del Giglio tras haberse desviado de su ruta planificada. Su capitán, Francesco Schettino, fue acusado culpable por negligencia, homicidio involuntario y por abandono de buque. El buque fue reflotado mediante “*Parbuckling*” y fue trasladado al puerto de Génova.

Como curiosidad, al botar el buque en 2004, la botella no se rompió.¹⁶

Imagen 49: Costa Concordia varado frente al puerto de Isla de Giglio.



Fuente: Wikipedia Commons.

4.6.3.1 VARADA DEL COSTA CONCORDIA.

La varada del Costa Concordia puede que sea, sin duda, la varada más significativa del último siglo. En 2012, captó la atención mundial, pues el buque, de 290 m de eslora y 130000 GTs, con más de 4000 pasajeros y tripulación a bordo, rasgó su casco con una roca que se encontraba sumergida y, a consecuencia de ello, varó en la costa, cerca del puerto, sumergido a 32 m de profundidad y con una escora de hasta 80º a estribor. 32 pasajeros perdieron la vida.

¹⁶ Al botar un buque, se tira una botella al casco del buque para que se rompa y quedar entonces inaugurado. Si la botella no se rompe, se considera tradicionalmente mal fario.

El 13 de enero de 2012, el buque se encontraba navegando en la costa de la Isla de Giglio cuando, tras desviarse de su ruta, chocó contra una roca sumergida, a escasos 800 m del puerto de destino. Tras el impacto, el buque siguió navegando 1000 m hacia la bocana norte del puerto, cuando, tras virar a estribor, el buque comenzó a escorar hasta 80º a la banda de caída. Tras escorar el buque, se pudo apreciar una rajadura de 50 metros en el costado de babor, y una gran roca incrustada en el casco.

Existen varias versiones de por qué el buque se desvió de la ruta establecida, pero, si algo es seguro, es que el desvío fue intencionado: *“si el barco se desvía por cualquier motivo de la ruta almacenada en la computadora y controlada por el GPS, una serie de alarmas tanto visuales como sonoras se activan”*, afirmó el director ejecutivo de Costa Cruceros, concluyendo con que dichas alarmas podían ser desactivadas *“manualmente”*.

Una versión apunta a que se acercaron a la costa para ofrecer a los pasajeros una vista nocturna del Puerto de Giglio, sin embargo, más tarde se alegó que la aproximación se produjo tras una petición del chef, por ser oriundo de allí.

Tras la varada, se pudieron drenar hasta 2.000.000 T de hidrocarburos y fluidos oleosos. Los buzos sellaron tanques, grietas tras aplicar *“hot tapping”* por todos los tanques del buque.

El buque quedó varado en un fondo granítico caracterizado por un perfil batimétrico no homogéneo, por lo que su reflotamiento era una tarea de lo más compleja. Tras quedar en una posición muy complicada, se optó por demoler el barco, aunque las autoridades italianas insistieron en que el buque debía ser eliminado de una sola pieza, pues se encontraba en una zona protegida medioambientalmente. Por ello, finalmente se optó por reflotar el buque mediante *“parbuckling”*.

Como se ha mencionado en el apartado 4.3.3.6 de este proyecto, el *“parbuckling”* consiste en la rotación del buque que ha quedado apoyado sobre una banda. Puesto que el Costa Concordia se encontraba encallado sobre dos grandes rocas, para poder deshacerse de él de una pieza, era necesario liberarlo previamente.

4.6.3.2 PARBUCKLING DEL COSTA CONCORDIA.

Para reflotar el buque mediante “*parbuckling*”, se dividió el proceso en cuatro partes.

1. Estabilización. Se construyó una plataforma bajo el buque para su posterior descanso sobre ella, pues el fondo era muy irregular. Se colocaron puntales alrededor del buque y se fijaron flotadores rígidos llenos de agua a la banda de babor, que se llenarían de aire posteriormente.
2. “*Parbuckling*”. El buque se hace rotar lentamente. A través de gatos hidráulicos, se tira de los cables para conectar la parte inferior de los flotadores con la plataforma y, con la ayuda de los puntales, se levantaba el costado de estribor a su vez.
3. Refuerzo. una vez enderezado el buque, se refuerza el costado de estribor y se colocan flotadores moldeables, llenos de agua también, para garantizar la estabilidad.
4. Reflotamiento y remolque. Una vez estabilizado el buque, se vaciaron los flotadores de agua y se llenaron con aire para que el buque empezara a reflotar lentamente y llegara al calado de seguridad. Una vez a flote el buque se remolcó hasta el puerto de Génova.

La operación, finalmente, fue un éxito, a pesar de haber durado más de lo previsto (19 horas en total).

A pesar del éxito de la operación, el director de Titán (compañía al cargo del proceso), argumentó su descontento con la operación, pues dijo que el “*parbuckling*” sería la última opción que hubiera elegido, pues era mucho más fácil, más barato, y tendría menor riesgo explotarlo.

Imagen 50: Parbuckling del Costa Concordia.



Fuente: Don Foley.

CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES.

Las conclusiones obtenidas tras la realización de este Trabajo de Fin de Grado son las siguientes:

-Primera: Es de crucial importancia que cada integrante de la tripulación de un buque sepa cuál es su deber. A la hora de enfrentarse a una situación adversa es humano que una persona actúe impulsivamente, con miedo y estrés. Es por ello, que los simulacros a bordo de un buque deben realizarse periódicamente y en breves períodos de tiempo. De esta manera una persona actuará automáticamente a la hora de suceder un imprevisto y, además, tendrá confianza en sí mismo y en todo el equipo que le acompaña a bordo.

-Segunda: Antes de salir a la mar, todo navegante tiene que conocer a la perfección el estado de su buque y, además, el estado de la mar que, aunque siempre es cambiante, una idea general prepara al navegante para su derrota. Además, todos los sistemas y equipos del buque actuales facilitan todo tipo de información al navegante. A bordo, tanto por radio VHF, MF, por NAVTEX e Inmarsat se informa periódicamente sobre el estado de la mar y el tiempo, siempre y cuando se tenga bien configurado.

-Tercera: Todo primer oficial debe garantizar la estabilidad del buque tras cargarse o descargarse, así como durante la operación de carga/descarga y la navegación. Para ello, es importante que tenga una buena preparación, conozca muy bien el buque en el cual está operando y que mantenga el contacto con la demás tripulación. El jefe de máquinas o el primer oficial de máquinas debe proporcionarle al primer oficial las sondas de los tanques relativos a la máquina. El contramaestre deberá hacer lo mismo con los tanques de lastre. El capitán deberá asegurarse de que se han realizado los cálculos previos a la salida del buque.

Muchos buques, sobre todo los de línea regular, obvian los cálculos de estabilidad por falta de tiempo, estableciendo siempre la carga dentro de unos parámetros “seguros” y basándose en su experiencia como marinos. No obstante, esto puede causar problemas inesperados, como por ejemplo el que ocurrió en el

antes mencionado *MS Riverdance*, un ferry que perdió estabilidad debido a un corrimiento de carga.

-Cuarta: Es fundamental que un buque pueda contactar con tierra en cuanto lo necesite. Por ello, sus equipos de radiocomunicación deben de estar no sólo operativos, sino también configurados a la perfección y revisados semanalmente.

-Quinta y última: Fatiga. La gente relacionada con el sector náutico y los vecinos del norte de España recordarán como en 2012, un buque llamado *Beaumont* varó en Cabo Negro a causa de que el oficial de guardia se quedó dormido.

Cualquier marino, ocupe el rol que ocupe, es consciente de la falta de sueño que se puede experimentar a bordo de un buque. A pesar de que las horas estén estipuladas y bajo registro, en un buque siempre se acaba alargando el tiempo trabajado y, en muchos casos, las horas de descanso se ven interrumpidas por maniobras u otros casos. Los superiores hacen la vista gorda y la empresa no siempre paga las horas extras que corresponden y, además, ignoran la vital importancia que tiene que la tripulación esté descansada, pues a la hora de cualquier situación crítica se necesita el 100% de cada tripulante para garantizar el éxito.

BIBLIOGRAFÍA.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Bañón, Laura. (2003). *A la 'rissaga' la llaman meteotsunami*. Menorca Local. Consultado el 13 de noviembre de 2018 a través de <https://bit.ly/2Gh8bEL>
- [2] BALEARSMETEO - 'Red de Estaciones Meteorológicas de Baleares en Tiempo Real'. *El Tiempo en Baleares y el Clima en Baleares*. (n.d.). Consultado el 17 de enero de 2019 en <http://balearsmeteo.com/>
- [3] Carvajal, M., Contreras-López, M., Winckler, P., & Sepúlveda, I. (2017). *Meteotsunamis Occurring Along the Southwest Coast of South America During an Intense Storm*. *Pure and Applied Geophysics*, 174(8), 3313–3323. Consultado el 05 de noviembre de 2018 en <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1584-0>
- [4] Castell Pons, A. (1995). *La Rissaga*. Universidad de Cantabria.
- [5] Equipo de Enciclopedia Jurídica. (n.d.). *Reflotamiento*. In Enciclopedia Jurídica. Consultado el 23 de enero de 2019 en <https://bit.ly/2G1pWJd>
- [6] Equipo de Enciclopedia Jurídica. (2014). *Varada*. In Enciclopedia Jurídica. Consultado el 23 de enero de 2019 en <http://www.encyclopedia-juridica.biz14.com/d/varada/varada.htm>
- [7] García Martínez, L. A. (2007). *Derecho marítimo y Administración del Buque*. *Escuela de Especialidades Fundamentales*. Estación Naval de La Graña, 1, 296.
- [8] Herbert, J. (2013). *The challenges and implications of removing shipwrecks in the 21st century*. Lloyd's.
- [9] Jansá, A., & Ramis, C. (1987). *Observació remota de núvols en casos de "rissaga". Situación meteorológica a escala sinóptica y a mesoscala simultánea a las Rissagues. Les rissagues de Ciutadella i altres oscil.lacions de nivell de la mar de gran amplitud a la Mediterrània (Vol. 1)*. Institut Menorquí d'Estudis.
- [10] L. Guerrero, Boris. (2011). *Nave Varada*. Valparaíso. Consultado el 23 de enero de 2019 en https://wiki.ead.pucv.cl/images/e/e1/13_Nave_Varada.pdf

- [11] Martínez García, J. I. (2015). *Problemas de Teoría del Buque. Estática* (Ediciones Cartamar). Santander.
- [12] Meteorología. Meteo y altura geopotencial. (n.d.). Consultado el 7 de noviembre de 2018 en <https://bit.ly/2DLn&FC>
- [13] NASA, E. (n.d.). Rapid Response | Earthdata. Consultado el 23 de noviembre de 2018 en <https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/rapid-response>
- [14] NEODAAS. (n.d.). Dundee Satellite Receiving Station. Consultado el 23 de noviembre de 2018 en <http://www.sat.dundee.ac.uk/auth.html>
- [15] Niembro Álvarez, S. (2015). *Análisis de la situación actual en el reflotamiento de buques hundidos*. Universidad de La Laguna.
- [16] Obrador, Tomeu; Frau, Joan; Córcoles, P. (2018, July 16). *Rissaga en Mallorca: Una espectacular 'rissaga' inunda playas y puertos en varias poblaciones costeras de la isla* - Diario de Mallorca. Consultado el 19 de octubre de 2018 en <https://bit.ly/2WBrVJI>
- [17] Olivella Puig, J. (1996). *Teoría del buque. Estabilidad, varada e inundación*. (UPC, 1996). Servei de Publicacions de la UPC.
- [18] Palomares Calderón, M. (2003). *Mapas de altura. Relacion de la altitud con la temperatura* - Revista del Aficionado a la Meteorología. Consultado el 7 de noviembre de 2018 en <https://www.tiempo.com/ram/1179/mapas-de-altura-relacion-de-la-altitud-con-la-temperatura/>
- [19] Ports de les Balears. (n.d.). *Alcúdia*. Consultado el 16 de octubre de 2018 en <http://www.portsdebalears.com/es/alcudia>
- [20] Pursey, H.J. & Wardle, J. 2006, Merchant ship stability, 7th, metric / rev. by James Wardle. edn, Brown, Son & Ferguson, Glasgow

[21] Renault, L., Vizoso, G., Jansá, A., Wilkin, J., & Tintoré, J. (2011). *Toward the predictability of meteotsunamis in the Balearic Sea using regional nested atmosphere and ocean models*. *Geophysical Research Letters*, 38(10), n/a-n/a. Consultado el 21 de octubre de 2018 en <https://doi.org/10.1029/2011GL047361>

[22] United States Navy Sea Systems Command. (2013). *U.S. Navy Salvage Manual Volume 1 Stranding, Harbor Clearance, and Afloat Salvage*. In *U.S. Navy Salvage Manual* (Vol. 1, p. 537). Direction of Commander, Naval Sea Systems Command.

[23] Vazquez & Apraiz y Asociados. (n.d.). *Accidentes Marítimos*. Consultado el 20 de enero de 2019 en <https://www.tuabogadodefensor.com/derecho-mercantil-maritimo>

[24] Vista al mar. (2016). *Las rissagas de verano en Menorca, olas oceánicas con características de tsunamis*. *Vista Al Mar*, n/a. Consultado el 13 de octubre de 2018 en <https://doi.org/10.1029/2011GL047361>

[25] Wikipedia, Colaboradores de. (2018). *Accidente del Costa Concordia*. Wikipedia, La enciclopedia libre. Consultado el 30 de enero de 2019 en <https://bit.ly/2MHuMeU>

[26] Wikipedia, Colaboradores de. (2018). *Rissaga*. Wikipedia, La enciclopedia libre. Consultado el 15 de octubre de 2018 en <https://doi.org/110845798>

RESPONSABILIDAD DEL TRABAJO

AVISO:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado, así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.