



VARADAS INVOLUNTARIAS

SQUAT AND BANK EFFECT

TRABAJO FIN DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
GRADO EN NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
Santa Cruz de Tenerife

JOSÉ MANUEL CHILLÓN GARCÍA
MARZO 2019

DIRECTOR
JOSÉ AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA

D. José Agustín González Almeida, Profesor de la UD de Ingeniería Marítima, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **José Manuel Chillón García** con **DNI 78701650-C**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **“VARADAS INVOLUNTARIAS: SQUAT AND BANK EFFECT”**.

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

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

En Santa Cruz de Tenerife a 18 de marzo de 2019.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Agustín González Almeida', with a large, sweeping underline.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.

INDICE

ILUSTRACIONES	5
TABLAS.....	6
ECUACIONES.....	7
GLOSARIO	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
OBJETIVOS.....	11
METODOLOGIA.....	12
CONSIDERACIONES INICIALES	12
RECOPIACION DE DATOS	13
AREA DE ESTUDIO	14
INTRODUCCION	15
VARADAS INVOLUNTARIAS Y SUS CAUSAS MÁS COMUNES	16
ERROR HUMANO COMO FACTOR DECISIVO	20
INTERACCIONES EN LOS BUQUES: SQUAT Y BANK EFFECT	22
EFFECTO SQUAT	23
COMO AFECTA EL SQUAT AL TRIMADO	28
COMO EVITAR EL SQUAT.....	30
CASOS DE VARADAS DONDE INTERVINO EL SQUAT	33
COMMODORE CLIPPER	33
CAPELLA VOYAGER.....	38
CANADIAN TRANFER	42
OTROS CASOS DONDE INTERVINO EL EFECTO SQUAT	46
EFFECTO BANK	48
COMO EVITAR EL BANK EFFECT	51
CASOS DE VARADAS DONDE INTERVINO EL BANK EFFECT	54
ALGONTARIO	54

ATTILIO IEVOLI.....	58
OTROS CASOS DONDE INTERVINO EL EFECTO BANK	61
ACTUACIONES INMEDIATAS ANTE UNA VARADA INVOLUNTARIA	63
CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67

ILUSTRACIONES

Figura 1 Tendencia de siniestralidad con pérdida total 2008-2017.....	17
Figura 2 Siniestros por causas en Europa.....	18
Figura 3 Herald of Free Enterprise después de ser reflotado	21
Figura 4 Acumulación de agua en la proa al avance de un bulk carrier.....	24
Figura 5 Efecto squat aguas abiertas vs aguas someras	25
Figura 6 Squat según la cabeza más cercana al fondo	28
Figura 7 Commodore Clipper	33
Figura 8 Lugar del accidente del Commodore Clipper	34
Figura 9 Extracto del ECDIS del Commodore Clipper	35
Figura 10 Extracto del “Wheelhouse Poster” del Commodore Clipper	37
Figura 11 Capella Voyager posteriormente renombrado Front Delta	38
Figura 12 Lugar del accidente del Capella Voyager.....	39
Figura 13 Canadian Tranfer posteriormente bautizado Algoma Tranfer en Goderich	42
Figura 14 Lugar del accidente del Canadian Tranfer.....	44
Figura 15 Extracto del ENC del Canadian Tranfer	45
Figura 16 Efecto Bank.....	48
Figura 17 Efecto bank sobre una cabeza.....	49
Figura 18 Neutral Steering Line.....	50
Figura 19 Uso del bank effect para virar	53
Figura 20 Bulk Carrier Algontario amarrado en Toronto	54
Figura 21 Lugar del accidente del Algontario.....	55
Figura 22 Recodo Johnson Point en donde varó el Algontario	55
Figura 23 Secuencia de evolución del Algontario en Johnson Point.....	57
Figura 24 Attilio levoli en Rotterdam	58
Figura 25 Lugar del accidente del Attilio levoli	59
Figura 26 Extracto del ECDIS del Regal Princess	61
Figura 27 Esquema efectos del canal sobre el Kakariki.....	62

TABLAS

Tabla 1 Accidentes por causas con resultado de pérdida total 2008-2017	17
Tabla 2 Datos relevantes del accidente del Commodore Clipper	36
Tabla 3 Datos relevantes del accidente del Capella Voyager.....	40
Tabla 4 Datos relevantes del accidente del Canadian Tranfer.....	43
Tabla 5 Datos relevantes del accidente del Algontario.....	56
Tabla 6 Datos relevantes del accidente del Attilio Ievoli	60
Tabla 7 Ejemplo de checklist a cumplimentar ante una varada involuntaria	64

ECUACIONES

Ecuación 1 Ecuación de Bernoulli.....	23
Ecuación 2 Profundidad inicial	25
Ecuación 3 Ancho y sonda de canal influenciado.....	26
Ecuación 4 Coeficiente de flotación de un buque.....	26
Ecuación 5 Profundidad segura de tránsito	27
Ecuación 6 Cálculo Velocidad crítica	29
Ecuación 7 Squat máximo en aguas abiertas	30
Ecuación 8 Squat máximo en aguas restringidas	30
Ecuación 9 Factor de bloqueo	31
Ecuación 10 Squat máximo en todas las aguas.....	31
Ecuación 11 Squat máximo en toda condición	31
Ecuación 12 Ancho efectivo de un buque	51
Ecuación 13 Cálculo de Radio hidráulico.....	51

GLOSARIO

SIVCE - Sistema de Información y Visualización de Cartas Electrónicas

ARPA - Automatic Radar Plotting Aid

GPS - Global Positioning System

AIS - Automatic Identification System

INMARSAT – International Marine Satellite

IHO - International Hydrographic Organization

UKC - Under Keel Clearance

m – metros

nm – Millas Náuticas

kts – Nudos

T – Toneladas

Er – Estribor

Br – Babor

W – Oeste

N – Norte

E – Este

ECDIS – Electronic Chart Display and Information System

ETA – Estimated Time of Arrival

ECPINS - Electronic Chart Precise Integrated Navigation System

Cb – Coeficiente de bloque

Ro-Ro Pax - Roll-on roll-off de pasajeros

NSL – Neutral Steering Line

VTS - Vessel Traffic Services

VHF – Very High Frequency

VDR – Voyage Data Recorder

RESUMEN

Este trabajo es un compendio de estudios teóricos y matemáticos sobre el efecto squat y el efecto bank analizando su influencia en la siniestralidad marítima enfocada en las varadas involuntarias.

Posteriormente la parte teórica se pone en contraste con la parte práctica presentando casos reales donde estos efectos han intervenido de manera significativa y se demuestra la importancia por parte del Piloto de hacer un manejo apropiado y riguroso de los cálculos y previsiones de estos efectos a fin de llevar a cabo una navegación segura a lo largo de su carrera.

Se reúnen las pautas para la identificación de cuándo se producen, y así poder hacer mención de medidas a tomar para poder evitar sus efectos, o incluso poder aprovecharlos en beneficio propio.

ABSTRACT

This work is a compendium of theoretical and mathematical studies on the squat effect and the bank effect, analyzing its influence on the maritime accident rate, focused on the involuntary groundings.

Then the theoretical part is put in contact with the practice in real cases, is presented where these effects have intervened in a significant way, and the importance of the officer's part carrying out safe navigation throughout their career.

Gathering the guidelines for the identification of when they occur, and thus be able to mention measures to take to avoid their effects, or even take advantage of them for our own benefit.

OBJETIVOS

El presente trabajo pretende hacer un estudio de la siniestralidad existente en cuanto a las varadas involuntarias generadas principalmente por el efecto squat y bank effect, analizándose los efectos y las fuerzas hidrodinámicas que entran en juego. Se pretende resaltar los pormenores de un efecto que tiene cierta dificultad de prever y a menudo genera desconcierto en los Pilotos por un escaso conocimiento o por falta de experiencia en la navegación por aguas someras.

METODOLOGIA

CONSIDERACIONES INICIALES

Para la elaboración del presente trabajo, se hará primero una presentación de los efectos a estudiar, planteando las particularidades específicas de los mismos haciendo un análisis sin que se llegue a profundizar matemáticamente más allá de una cuestión práctica ya que está enfocado al futuro Piloto de la Marina Mercante, y no pretende establecer unos criterios pormenorizados que serían más bien, dirigidos a un fin desde la óptica de la ingeniería.

Como puesta en relieve del alcance de las consecuencias que puede acarrear ignorar los efectos a estudiar, se presentan una serie de casos particulares donde entraron en juego el efecto squat y efecto bank, haciendo primero un relato de los acontecimientos, de las conclusiones a las que se llegaron en sendas investigaciones, y posteriormente en las conclusiones un pequeño análisis personal de la trascendencia de estos en el contexto que nos atañe.

En el relato de accidentes se omitirán datos que no son pertinentes con la finalidad del presente trabajo para no extender artificialmente el mismo con circunstancias que no son relevantes para el estudio.

A cada efecto, se hará una breve exposición de acciones a realizar para evitar sus efectos o tenerlos controlados dentro de unos márgenes de seguridad.

RECOPILACION DE DATOS

Para la realización de este trabajo se consultó distinta bibliografía, donde se recopiló toda la información teórica que atañe a los efectos descritos, tomándose nota y luego haciendo un compendio personal de las cuestiones encontradas relevantes por mi parte. Posteriormente para las conclusiones he hecho un contraste entre mi experiencia personal en mi año de prácticas embarcado y el compendio de datos adquirido en la bibliografía.

Para los accidentes se recurrieron a los informes resultantes que se llevaron a cabo en la investigación de los hechos acontecidos a cada uno de ellos, realizados por:

- UK Marine Accident Investigation Branch.
- Maritime New Zealand Investigation Commission.
- Transportation Safety Board of Canada
- Australian Transport Safety Bureau

Considero muy útiles estos informes, porque están hechos desde un prisma objetivo, y al estar carentes de ánimo de encontrar culpables ni de enjuiciar a nadie, se hace una buena radiografía de los acontecimientos y un estudio poniendo de relieve los acontecimientos desde una perspectiva forense.

Posteriormente para las conclusiones he hecho un contraste entre mi experiencia personal en mi año de prácticas embarcado y el compendio de datos adquirido en la bibliografía.

AREA DE ESTUDIO

He circunscrito el estudio a las varadas de carácter involuntarias, pero dentro de ellas, existen innumerables causas que las propician, pero en pro de mi interés personal de estudio, lo he acotado dentro de solamente el efecto squat y el efecto bank ya que los considero lo suficiente complicados, impredecibles e interesantes, para enfocar en ellos mi estudio.

Los efectos están detallados desde un ámbito de prevención para poder evitar las varadas, que aunque entro un poco en acciones a tomar una vez un barco haya varado, mi énfasis y mayor hincapié lo hago en la parte que atañe a los acontecimientos previos y a la identificación de efectos y peligros.

Los accidentes estudiados han ocurrido en distintos lugares del planeta, no acotándose geográficamente bajo ningún criterio.

INTRODUCCION

El transporte marítimo sigue siendo, y cada vez más, a pesar de que en la última década ha experimentado una pequeña caída en los datos estadísticos de volumen, el sistema por el cual se sustenta mayoritariamente el comercio global de mercancías y de personas, estimándose éste en un 90% del total. [1] Por lo que debemos considerar que vivimos en un mundo en el que el tráfico marítimo está siendo copado por buques cada vez con un mayor desplazamiento, según la tecnología permita construir barcos de mayores dimensiones.

Este avance tecnológico en cuanto a materiales, resistencias, e ingeniería de propulsión, va de la mano de un avance considerable en cuanto a la seguridad en la navegación, aportado mayoritariamente en una mejoría en los sistemas de posicionamiento y planificación de derrotas. Véase como ejemplo los sistemas SIVCE, ARPA, GPS, AIS, INMARSAT, etc. que han contribuido notablemente a poder realizar cada vez con mayor seguridad el Transporte Marítimo.

Aunque el transporte por carreteras, ferrocarril y el aéreo también experimenta un buen auge, a la hora de hacer llegar las mercancías al punto de destino, se hace una gran apuesta por fomentar el transporte marítimo haciendo que este llegue, cada vez más, tierra adentro, incorporando vías fluviales a estos puntos de destino, haciendo que cada vez barcos de mayores dimensiones puedan adentrarse por ríos a puertos fluviales, sin olvidar mencionar la existencia de diferentes canales que acortan considerablemente las rutas comerciales por mar y los aumentos en dimensiones que han experimentado en las últimas décadas.

Es inevitable pensar que con este considerable aumento, lo haga también la siniestralidad marítima, del cual trata el presente trabajo, especialmente a los relativos a las varadas involuntarias causadas por el efecto squat y el efecto bank.

Como consecuencia de un considerable aumento del tráfico marítimo, a un entorno fluvial y de cabotaje, hay que tener en cuenta la posibilidad de un fallo en la navegación que pueda dar como resultado una varada involuntaria.

Estas eventualidades de siniestralidad deben ser consideradas desde una óptica enfocada en la casuística de estas varadas. Es por ello que se debe hacer hincapié en una mejora continua, tanto en cuestiones técnicas como humanas para trabajar en una buena prevención de las varadas.

VARADAS INVOLUNTARIAS Y SUS CAUSAS MÁS COMUNES

Es muy común que un barco tenga que navegar muy cerca de la costa, por canales angostos, estuarios y ríos debido a la imposibilidad de contar con aguas navegables de una manera más holgada que permita el transporte hasta el puerto de destino. Un buque que ingrese en uno de estos lugares de aguas restringidas ve dramáticamente incrementada y modificadas las fuerzas hidrodinámicas a las que se ve sometido en una navegación normal. Estas fuerzas que actúan sobre el buque deben ser previstas y tenidas en cuenta para una navegación segura que no avoque en un accidente ya sea por colisión o por varada.

La Real Academia Española define varar como; “Sacar a la playa y poner en seco una embarcación, para resguardarla de la resaca o de los golpes de mar, o también de carenarla. Encallar en la costa o en las peñas, o en un banco de arena”. [2]

Esta definición se debe matizar en el contexto de este trabajo ya que, primero debemos quitar la parte que se refiere a la voluntariedad. Luego también matizaremos que no tiene por qué haber encallamiento, pues un buque puede tocar fondo, y seguir navegando, incluso llegando a ignorar por sus ocupantes el alcance de los daños que se pudieran ocasionar, o hasta la varada en sí misma, como ya se verá en un caso que más adelante se expone. [3]

Se ajusta más la definición: “Buques o embarcaciones afectados en su materialidad como consecuencia del contacto del casco con el fondo, con la arena de las playas o rocas de la costa, así como con los restos de naufragios posados en el fondo” [4]

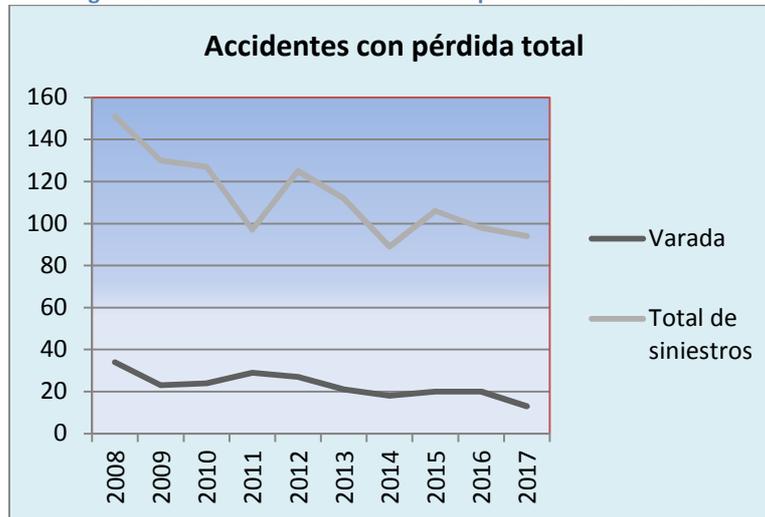
Entenderemos pues, para ajustar mejor el término varada involuntaria en el contexto al que se trata a; ***cuando un buque que navega libremente toca el fondo de manera no prevista***. La varada de un buque puede tener consecuencias de escasa consideración, pudiendo incluso quedar libre el buque por medios propios en un breve lapso de tiempo, o causar averías de bastante gravedad dada la gran masa que se desplaza, en comparación a la resistencia de los materiales con los que está fabricado, puede suponer incluso la pérdida total del buque y su carga, así como la pérdida de vidas humanas.

Tabla 1 Accidentes por causas con resultado de pérdida total 2008-2017

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Hundimiento	73	61	64	45	55	70	50	66	48	61	593
Varada	34	23	24	29	27	21	18	20	20	13	229
Fuego/explosión	16	14	12	9	13	15	6	9	12	6	112
Daño/Fallo Máquina	8	7	4	6	15	2	5	2	10	8	67
Abordaje	13	13	10	3	5	2	2	7	1	1	57
Fallo estructural	4	8	4	3	7	1	5	2	4	5	43
Varios	1	2	6	1	1	1	2		1		15
Contacto o colisión	1	1			2		1				5
Desaparecido	1		1						2		4
Piratería		1	2	1							4
Total de siniestros	151	130	127	97	125	112	89	106	98	94	1129

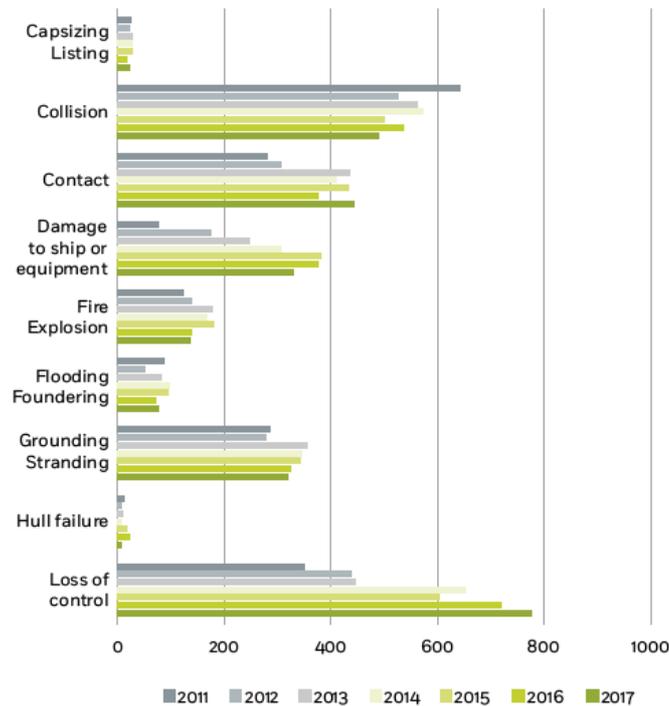
Fuente de datos: ALLIANZ GLOBAL CORPORATE & SPECIALTY

Figura 1 Tendencia de siniestralidad con pérdida total 2008-2017



Aunque en la última década, se ha producido una bajada en torno al 38% con respecto a la década anterior en la siniestralidad global en el transporte marítimo con resultado de pérdida total del barco, siendo de un 20% la varada como causa principal, [1] cabe resaltar por ejemplo, que de 2011 a 2017, el 53,1% de los accidentes totales en Europa, tienen como origen un problema en la navegación de los barcos [5].

Figura 2 Siniestros por causas en Europa



Autor 1 European Maritime Safety Agency

Principalmente podemos dividir las causas de las varadas involuntarias en dos grandes grupos según el origen del hecho que provoca el siniestro; por causas técnicas en las que una avería previa genera una pérdida de gobierno de la nave y se produce la varada, y por causas humanas, en las que normalmente la causa suele recaer en un error humano a la hora de planificar o ejecutar la maniobra del buque por aguas someras. Aunque cabe destacar, que normalmente no es una única causa, sino una concatenación de acontecimientos y factores que tienen como desenlace que el buque toque el fondo.

Entre los factores técnicos hay que destacar todo aquello que pueda generar una avería en el buque que degenere en una pérdida de capacidad de gobierno del buque, o que los dispositivos de ayuda a la navegación del que en el puente se dispone, no funcione correctamente haciendo que el Oficial al mando lleve el buque por donde no se tenía previsto en la derrota planificada. Se pueden enumerar una gran variedad de averías con tan negativo final, como puede ser: fallo en la máquina con pérdida de propulsión, fallo en el timón con la inevitable consecuencia de pérdida en la capacidad de maniobrar del buque de una manera eficaz, falsos ecos en ARPA, error en posicionamiento del GPS o de su entrada en ECDIS, etc.

Entre las Causas más comunes de varadas involuntarias existen: los ya mencionado fallos de gobierno, error en el posicionamiento del buque, error en la planificación de una derrota segura, error en la ejecución de la derrota planificada, error en la evaluación de la situación en la que un buque se encuentra, no tener en cuenta o hacer inadecuadamente el efecto squat o el efecto bank, o la interacción con otros buques en zonas de navegación restringidas, etc.

ERROR HUMANO COMO FACTOR DECISIVO

Cuando se producen fallos técnicos, normalmente se combaten con un adecuado programa de mantenimiento, e incluso, en determinados casos de fallos en los instrumentos del buque dedicados al seguimiento de la derrota y navegación, con una adecuada evaluación del buen funcionamiento de éstos y sobretodo una duplicidad de instrumentos a la hora de tomar la posición del buque en todo momento de manera que El Oficial al mando pueda valorar en todo momento su correcto funcionamiento. Lo que nos lleva a los fallos humanos, el cual es donde reside la mayor causa de siniestralidad marítima.

Generalmente detrás de una varada suele haber una gran componente de error humano al acontecer los hechos que llevaron al buque a acabar tocando el fondo. Incluso cuando existe un fallo técnico a priori, muchas veces se puede evitar la varada si se hace una correcta actuación ante el fallo original, tomando las decisiones correctas a la hora de actuar y maniobrar de manera segura. De hecho entre 2011 y 2017 de un total de 1645 accidentes en Europa, un 57.8% son atribuidos al error humano. [5]

Por otro lado un estudio de la Alliance Global Corporate & Speciality estima que entre el 75% y el 96% de los accidentes, entran en juego el factor humano en algún momento del accidente, y en su estudio de las reclamaciones a seguros entre 2011 y 2016, se concluyó que un 75% de los accidentes, el error humano fue el factor principal en la causa de los mismos, valorándose las pérdidas reclamadas en \$1600 millones. [1]

El factor humano tiene una gran importancia con respecto a las cifras monetarias que genera en la siniestralidad global del comercio marítimo, pero no debe considerarse como algo trivial a la hora de enjuiciar las componentes y los factores que influyen a que se genere el error humano. Esto va más allá de la finalidad del presente trabajo, pues es algo muy complejo y requiere un estudio pormenorizado y no nos atañe aquí.

Pero sí hay que destacar que las presiones comerciales por parte de las navieras hacia las tripulaciones, juegan un papel importante a la hora de que, en determinados momentos se tomen las decisiones equivocadas. [1] El hecho de modificar la derrota o la velocidad del barco para intentar llegar antes al puerto de destino han jugado un factor principal en la causa de muchos accidentes entre los que cabe destacar los siguientes: [6]

- Torrey Canyon en 1967.
- Herald of Free Enterprise en 1987.
- Jan Heweliusz en 1993.
- Estonia en 1994.
- Sleipner en 1999.
- MSC Napoli en 2007.

Todos ellos casos muy graves con grandes pérdidas humanas y/o materiales.

Figura 3 Herald of Free Enterprise después de ser reflotado



Autor 2 AirSafetyGuy - <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/1.0/deed.en>

INTERACCIONES EN LOS BUQUES: SQUAT Y BANK EFFECT

La IHO, del inglés “International Hydrographic Organization”, define aguas someras como; “Commonly, water of such a depth that surface waves are noticeably affected by bottom topography. It is customary to consider water of depths less than half the surface wave length as shallow water.” [7]

Desde una óptica náutica se entiende por aguas someras a “una disminución de los espacios líquidos aledaños a la carena por los que se mueven los filetes de agua, tanto por abajo como por sus costados”. [8]

Cuando un buque navega por aguas someras, tanto por el ancho del canal, como por su calado, se ve afectado drásticamente por fuerzas hidrodinámicas que pueden alterar tanto el calado como la dirección o la capacidad de alterarlo adecuadamente. Estas fuerzas pueden actuar además, directamente sobre la capacidad del buque para avanzar o detenerse y la capacidad de gobernar.

Las fuerzas y variables que entran en juego en el estudio de las interacciones hidrodinámicas son innumerables y muy difícil de simular, y por ende de predecir, por lo que sería en la práctica algo imposible de reducir a un modelo matemático simple, por lo que debemos considerarlo, a efectos prácticos, no como una ciencia exacta, [8] sino como una cuestión de estimaciones apoyados por fórmulas matemáticas que pueden ayudar a la hora de predecir los efectos en determinada situación.

Estas estimaciones predichas por formulas, dependen de las fórmulas a emplear y es importante entender que para un mismo caso se pueden obtener resultados que difieren en una cuantía que debemos tomar como aceptables dentro de los márgenes de seguridad.

Una dificultad añadida a la comprobación de las previsiones calculadas en las interacciones que se generen, es la dificultad que existe de percibir desde el puente, sin la ayuda de sensores, de la modificación de determinados factores como el calado dinámico, el asiento, etc. por lo que es la pericia y la experiencia del Piloto la que siempre debe complementar la inexactitud de las previsiones, sabiendo ver las desviaciones reales con respecto a los valores calculados.

EFECTO SQUAT

El efecto squat es el que se produce en cualquier buque que navega por aguas someras, que ocasiona que el buque por efecto de su avance a cierta velocidad, aumente su calado. Este aumento de calado lo hará en función de la velocidad del buque y se manifiesta de dos maneras; como un aumento del calado en sí mismo, y en un cambio en el trimado del buque, que aunque incluso no varíe el calado medio del barco, si puede aumentar el calado máximo por cambios drásticos en el asiento [9].

Para entender este aumento de calado, primero se recurre a la primera ley de la termodinámica que establece que la energía se conserva en todo momento “En cualquier proceso, la energía total no aumenta ni disminuye. La energía se puede transformar de una forma a otra, y transferir de un objeto a otro, pero la cantidad total permanece constante” [10]

Luego se debe recurrir a un principio básico de la física, “el principio de Bernoulli establece que donde la velocidad de un fluido es alta, la presión es baja, y donde la velocidad es baja, la presión es alta”. [11] Un fluido alberga energía en su seno de dos maneras; energía potencial y energía cinética, y nos dice que por el principio de continuidad la suma de energía en un punto dado del sistema debe ser igual a la suma en cualquier otro punto del mismo sistema. La energía cinética estará en función del peso y la velocidad, y la energía potencial en función de la presión.

Ecuación 1 Ecuación de Bernoulli

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

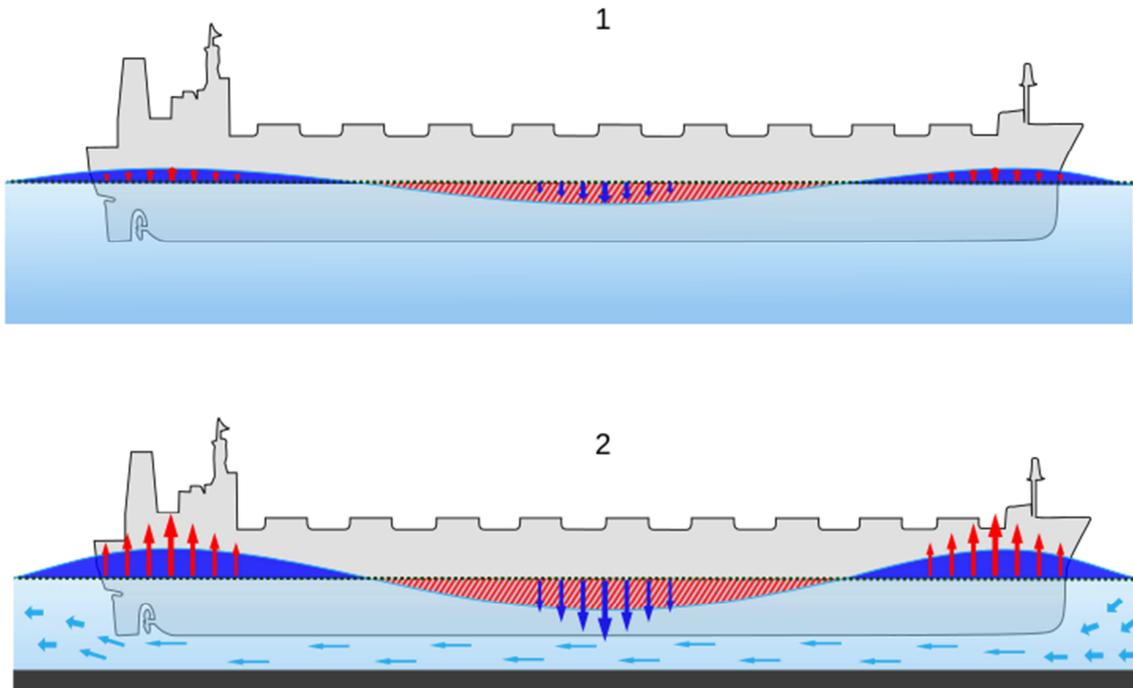
Figura 4 Acumulación de agua en la proa al avance de un bulk carrier



Autor 3 Dawn Endico - <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>

Cuando un buque se desplaza a cierta velocidad, parte del agua que está en la proa del buque es empujada hacia el frente y los lados del movimiento del buque acumulándose allí, este agua debe volver hacia abajo y los laterales del barco, este flujo que se crea aumenta la velocidad del agua que se mueve bajo la quilla del barco para rellenar el hueco que el barco crea en su desplazamiento. Por el principio de Bernoulli, si aumenta la velocidad del agua que se mueve bajo el barco, debe disminuir la presión del fluido pues así se cumple el sumatorio de energías que debe tener el sistema del fluido en todo momento. Esta disminución en la parte de la energía potencial, redonda en un ligero hundimiento del buque a su paso por el agua que lo rodea en todo momento.

Figura 5 Efecto squat aguas abiertas vs aguas someras



Autor 4 Walké & Sémhur - <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Este efecto se produce en todo momento en el que el buque avanza independientemente si lo hace por aguas abiertas o por canales angostos donde hay poco calado, pero cuando lo hace por aguas restringidas, cuanto menos agua haya bajo la quilla, hace que la velocidad del fluido aumente con un mayor gradiente para rellenar el vacío que el barco genera en su desplazamiento. Este mayor gradiente de velocidad, redonda en una caída bastante considerable en la presión, por lo que el calado aumentara considerablemente, algo que es muy importante a tener en cuenta si el buque navega por un canal donde tienen un UKC bastante ajustado.

Una buena manera de calcular cuando el fondo comienza a afectar de una manera importante las fuerzas hidrodinámicas que envuelven al buque es con la fórmula:

Ecuación 2 Profundidad inicial

$$H_i = V \times 0.17 \times \sqrt[3]{\Delta}$$

Donde:

- H_i = Profundidad de sonda donde el efecto se hace significativo, en metros.
- V = Velocidad del buque en nudos
- Δ = Desplazamiento del buque en toneladas

Esta ecuación donde nos da la profundidad de comienzo de interacción del fondo con el casco del barco, deberá considerarse como significativa cuando esta profundidad está en el 25-30% de la profundidad inicial. [3]

Por otro lado, para obtener un resultado con mayor precisión o más ajustado a la realidad, y cuando por donde se navega existe una restricción no solo por sonda, sino por el ancho del canal navegable, podemos calcular en las dos dimensiones cuando el fondo y las márgenes comienzan a hacer influenciables con el casco del barco y les causa una disminución de la velocidad y squat. [9]

Ecuación 3 Ancho y sonda de canal influenciable

$$\text{Ancho Canal influenciable} = 7.7 + 45(1 - C_f)^2$$

$$\text{Sonda canal influenciable} = 4.96 + 52.68(1 - C_f)^2$$

Donde C_f es el Coeficiente de flotación del buque que si no se conoce puede calcularse:

Ecuación 4 Coeficiente de flotación de un buque

$$C_f = \frac{2C_b + 1}{3}$$

El efecto squat afectará a todos los buques, pero lo hará de distintas maneras en función principalmente de ciertos factores:

- La forma de la obra viva del buque. El coeficiente en bloque del barco afectará en distinta medida, tanto cuantitativamente, como cualitativamente al efecto squat que pueda experimentar el buque. Es decir, que según el afinamiento del casco, variará lo que aumente el calado y también afectara de distinta forma la alteración de asiento del mismo, pudiendo en algunos casos aproar el buque, y apopar en otros.
- La forma y tamaño del canal por el que navegue el buque. En resumidas cuentas, la cantidad de agua que exista alrededor del casco.
- La velocidad relativa de la nave con respecto al agua por la que navega.

Dos de estos factores son “variables” que, como oficiales no podemos cambiar. La obra viva del barco está definida por la construcción del mismo, y el canal por el que vamos a navegar es el que es, siendo solo posible actuar sobre el momento en el cual se transite, que puede cambiar las condiciones del mismo por cuestiones naturales, como por ejemplo las mareas o condiciones meteorológicas, que pueden afectar a las corrientes (y por ende a la velocidad relativa del buque respecto al agua) y a la cantidad de agua que exista bajo la quilla y por los

costados hasta la orilla o límite navegable del canal. Para calcular la profundidad segura por la que se puede transitar:

Ecuación 5 Profundidad segura de tránsito

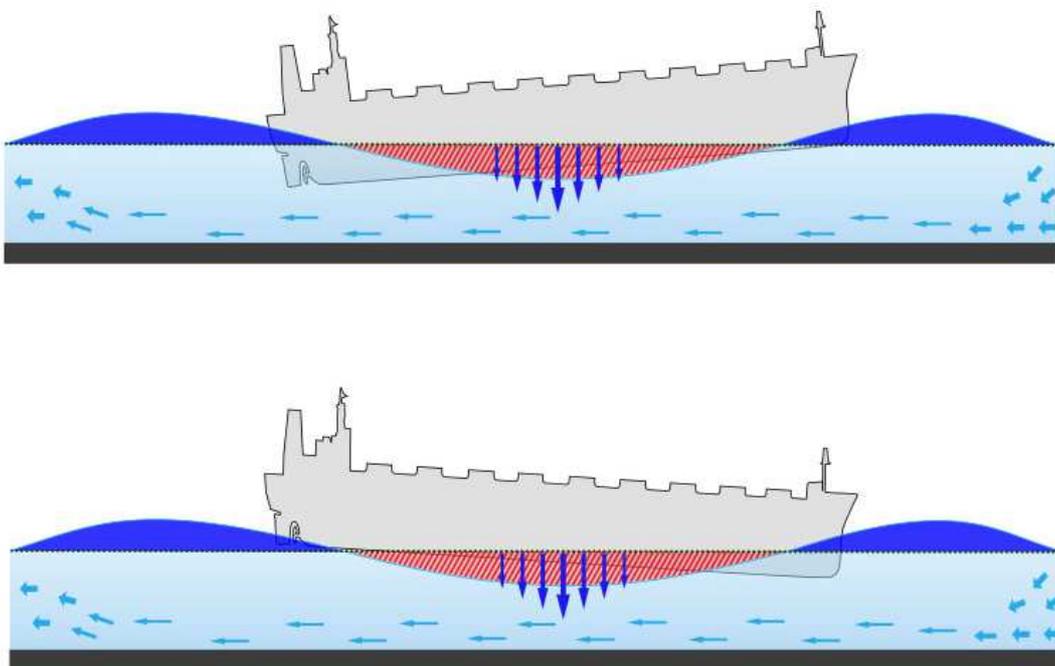
$$\textit{Profundidad segura} = \textit{Calado} + \textit{Squat} + \textit{UKC mínimo} - \textit{Altura de marea}$$

La otra variable que nos queda es la velocidad de máquina del buque, y en esta sí que podemos actuar directamente, y además afectará en gran medida la cantidad de squat que se pueda generar en el tránsito por un canal angosto.

COMO AFECTA EL SQUAT AL TRIMADO

Para prever de qué manera afectará el squat al trimado del barco, se debe partir del trimado inicial, ya que si un buque tiene un asiento apopante, pues será primero la popa la que empiece a sufrir el efecto del fondo y será esta cabeza la que produzca el incremento de calado. Si el asiento del buque es aproante, entonces será la proa la que tenga el aumento de calado antes que el resto del buque.

Figura 6 Squat según la cabeza más cercana al fondo



Autor 5 Meisterkoch at German Wikipedia based on work from User:Walké & User:Sémhur - <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

Cuando el buque está en una condición de aguas iguales, entonces el squat afectará al buque aumentando su calado, pero ese aumento de calado suele afectar más a una de las cabezas del buque en función del C_b del mismo. Este efecto no se produce a todas las velocidades, sino a partir de una velocidad determinada, lo que se conoce como “velocidad crítica”. [9]

Para calcular la velocidad crítica se puede hacer mediante una sencilla fórmula que va en función de la profundidad de por donde se navegue.

Ecuación 6 Cálculo Velocidad crítica

$$V_c = 3.13\sqrt{h}$$

Donde h es la sonda del canal por el que se navega

En estas circunstancias el buque se aproará si su $C_b > 0.7$ y se apopará cuando sea un buque más afinado donde el $C_b < 0.7$ [9]

COMO EVITAR EL SQUAT

En realidad no se trata de cómo evitar el squat, ya que es un efecto que podemos considerar inherente al avance del buque, sino más bien de cómo evitar que el efecto squat pueda alcanzar una dimensión que pueda considerarse como peligrosa para la navegación del barco en un determinado lugar donde podamos tener restringido el calado máximo por el que se puede transitar.

Partiendo de esa premisa, lo fundamental a la hora de abordar una navegación por aguas restringidas es tener una adecuada planificación de la derrota a seguir, y de tener controladas todas las variables que puedan afectar a la generación del squat.

La primera, simple y fundamental es que a mayor velocidad, mayor será el squat generado, de hecho podemos considerar que el squat aumenta con el cuadrado de la velocidad aproximadamente. Aunque existen varias fórmulas bastante simples de calcular el squat en función de la velocidad, es algo que normalmente encontramos tabulado ya en el “wheelhouse poster” situado usualmente en la bitácora del buque.

Ecuación 7 Squat máximo en aguas abiertas

$$\delta_{max} = \frac{C_b \times V_k^2}{100}$$

Ecuación 8 Squat máximo en aguas restringidas

$$\delta_{max} = \frac{C_b \times V_k^2}{50}$$

Donde:

- δ_{max} es el squat máximo
- C_b el coeficiente en bloque del buque
- V_k la velocidad relativa en Kts del barco con respecto al agua. [12]

Estas fórmulas se pueden aplicar siempre y cuando no existan restricciones por manga con respecto al ancho del canal, ya que en estos casos entran en juego otras interacciones que van en función del factor de bloqueo del canal. [12]

Ecuación 9 Factor de bloqueo

$$\text{Factor de Bloqueo} = S = \frac{A_s}{A_c} = \frac{b \times T}{B \times H}$$

Donde:

- A_s es el área de la sección maestra de la obra viva.
- b es la manga.
- T es el calado estático del barco en aguas iguales.
- A_c es el área de la sección del canal efectivo.
- B es el ancho efectivo del canal navegable.
- H es la profundidad del canal.

Cuando S da valores fuera del rango entre 0.1 y 0.265, entonces se debe calcular por la fórmula de squat de la que parte las anteriores en Ecuación 7 y Ecuación 8. [9] [12]

Ecuación 10 Squat máximo en todas las aguas

$$\delta_{max} = \frac{C_b \times S^{0.81} \times V_k^{2.08}}{20}$$

Ecuación 11 Squat máximo en toda condición

$$\delta_{max} = \frac{C_b}{30} \times S_2^{2/3} \times V_k^{2.08}$$

Donde S_2 se obtiene igual que S pero teniendo en cuenta solamente la sección mojada del canal, por lo que al A_c hay que restarle A_s .

Tanto si se consulta las tablas como si se ha calculado, para una velocidad planificada ya se tiene una medida inicial del calado que se debe añadir al calado conocido previo.

Considerando que el límite del mínimo de agua que tenemos bajo la quilla, UKC no se debe rebasar, toda la planificación debe ser enfocada a mantener ese mínimo margen en todo momento. Para ello se hace un análisis previo al tránsito por las aguas en cuestión de todas las variables naturales.

Una de estas variables naturales es la altura de marea debidamente corregida por viento, presión atmosférica, etc. Las corrientes que existan, ya sea de marea o no, que deben ser

tenidas en cuenta en el paso previo de cálculo de velocidad, pues ésta afectará a la velocidad relativa para el cálculo del squat. La densidad del agua, ya que si es agua dulce por ejemplo debemos calcular el Permiso de Agua Dulce algo que incrementará el calado del buque al ingresar desde agua salada al estuario de un río.

Una vez se ha establecido el margen con el que se cuenta a partir de ahí es trabajo del Oficial al cargo de la guardia hacer un riguroso seguimiento tanto del plan, como de las posibles desviaciones que se puedan observar de dicho plan que puedan ser consideradas como origen de un posible peligro de varada.

Paul R. Williamson, Práctico Senior retirado del Puerto de Londres, en su obra [13] nos aconseja que en esta observación activa, se tendrá en cuenta cuatro indicaciones de que el buque está generando un excesivo squat y no se tiene un suficiente UKC:

- El buque comienza a guiñar erráticamente del rumbo estimado a mantener.
- Se percibe un incremento de las vibraciones que vienen de las hélices. Estas vibraciones pueden ser causadas también por una resonancia causada por el agua constreñida entre el casco y el fondo y las demás vibraciones del barco.
- Un cambio en las olas generadas a popa haciendo que se formen crestas y rompiendo.
- Una considerable caída en las revoluciones de la hélice y en consecuencia de ello de la velocidad.

Aparte de estas cuatro, podemos enumerar algunas más como:

- Una caída considerable en la velocidad no teniendo que estar obligatoriamente a una disminución de las revoluciones de la hélice, o por lo menos en la misma medida, pudiendo ser incluso este decremento de la velocidad en un 75 % si se produce en el seno de aguas bastante restringidas.
- Además de guiñada, pueden surgir ciertos movimientos del barco como balances, y cabeceos inesperados que son síntomas de estar muy cerca del fondo.
- Una curva de evolución demasiado amplia para la capacidad normal de giro del barco.

Ante alguna de estas señales, lo primero a hacer sería quitar máquina, y observar la reacción del barco que al reducirse el efecto squat, puede llegar incluso a ganar velocidad con respecto al suelo, algo a tener muy en cuenta ya que puede generar situaciones, que de no esperarse, pueden acarrear una mala maniobra e incluso hacer que el barco vare en algún recodo si no se prevé a tiempo para iniciar una curva de evolución adecuada al giro que se debe hacer.

CASOS DE VARADAS DONDE INTERVINO EL SQUAT

COMMODORE CLIPPER

Figura 7 Commodore Clipper

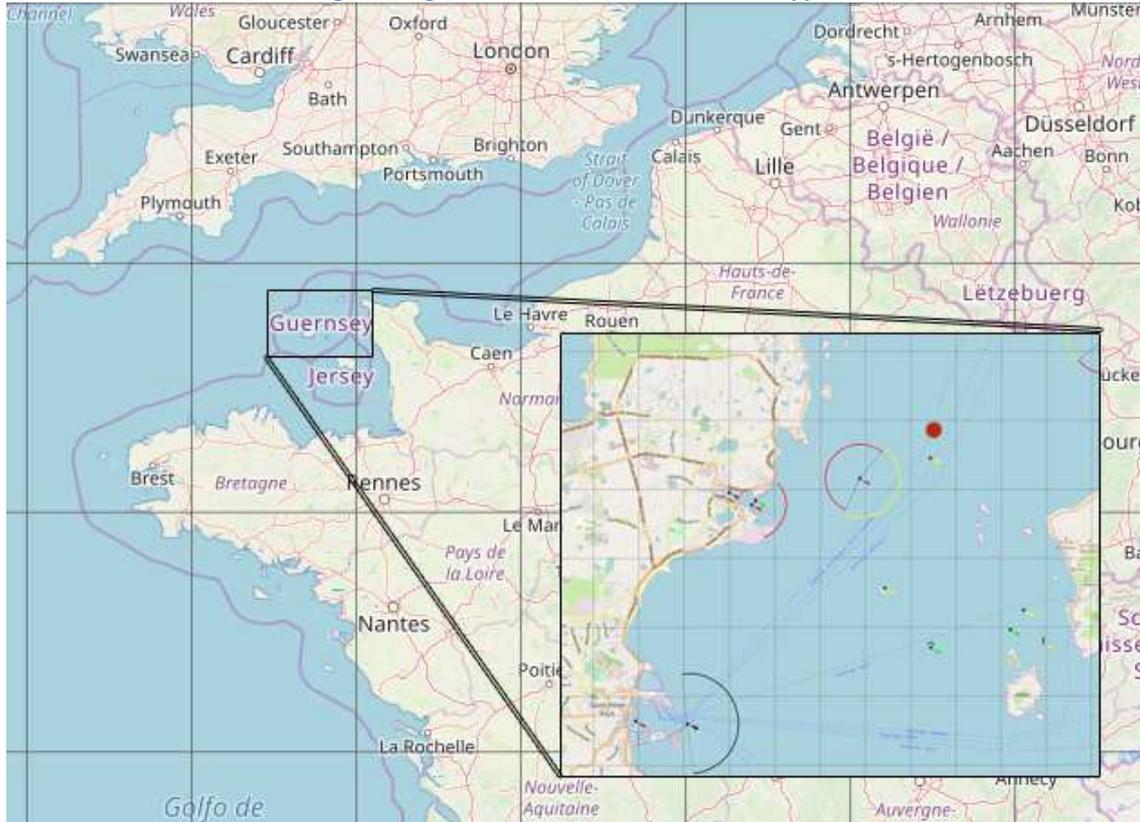


Autor 6 © Brian Burnell [http://nuclear-weapons.info/Brian Burnell](http://nuclear-weapons.info/Brian%20Burnell) - <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

A las 1515 del 14 de julio de 2014 el ferry de pasaje Commodore Clipper, varó mientras se aproximaba a su destino en St. Peters Port en Guernsey, donde tocó fondo en una piedra. Después de la varada el ferry pudo continuar con la navegación hasta su puerto de destino. Posteriormente, ya en puerto y tras una inspección visual submarina, se comprobó que el casco había sido dañado considerablemente con brechas y vías de aguas.

Tras una singladura rutinaria del ferry, cuando ya se disponía a entrar en la aproximación al puerto, en el puente de mando se encontraban; el Capitán al mando, el Primer y Segundo Oficial y un timonel en su puesto. En ese momento en las cercanías al paso por Roustel beacon, a las 1510 El Capitán ordena al timonel caer un poco a Br para hacer que el barco vaya a la derrota planificada ya que se encontraba un cable a Er, pero cuando volvió a dar orden de volver al rumbo original de 220°, el gobierno del barco no era estable y sigue dando órdenes consecutivamente de nuevos rumbos cada vez más a Er para corregir llegándose a dar la orden de timón para poner rumbo 226°. A las 1515 y con un rumbo de 226° y a una velocidad de 18,2 nudos sobre el fondo, se sintió un estremecimiento y un ruido en todo el barco que duró 9 segundos.

Figura 8 Lugar del accidente del Commodore Clipper



Autor 7 openseamap.org – Creative Commons Licence - composición

Tras este estremecimiento, se ordenó reducir marcha y comprobar si había algo anómalo en el buque, pero al no encontrarse nada, excepto la percepción del estremecimiento y vibración que el Jefe de Máquinas calificó como algo que nunca había experimentado, se volvió a la ruta hacia el puerto de destino a toda máquina, aludiéndose por parte del Capitán, que no debía ser nada grave, no más que algún cabo enganchado en la hélice, pues anteriormente ya había pasado incluso a menos distancia de Roustel beacon y aseguraba que había suficiente agua.

Tabla 2 Datos relevantes del accidente del Commodore Clipper

SHIP PARTICULARS	
Vessel Name	<i>Commodore Clipper</i>
IMO number	9201750
Port of Registry	Nassau
Date of Build	1999
Vessel Category	Ro-ro passenger ferry
Overall Length (m)	129.5
Maximum Breadth (m)	26
Draught (m)	5
Gross Tonnage	14000
Flag	Bahamas
VOYAGE PARTICULARS	
Port of departure	Portsmouth, UK
Port of arrival	St Peter Port, Guernsey
Cargo information	Road freight trailers, cars and passengers
Manning	39
MARINE CASUALTY INFORMATION	
Date and time	14 July 2014, 1515 UTC + 1
Casualty Type	Grounding
Location of incident	Little Russel, Guernsey 49°29.36'N, 002°28.73'W
Damage/environmental impact	Hull damage, void space flooding
Ship operation	On passage
External & internal environment	Wind: south-westerly, force 5 / Sea state: slight / Visibility: good
Persons on board	39 crew and 31 passengers

Posteriormente, en la investigación se hallaron las siguientes conclusiones: [3]

- El barco había colisionado con dos agujas de granito en una zona cartografiada con una sonda de 5,2 m.
- La bajamar para ese día era a las 1509 con una altura de 0,8 m, y a las 1515, momento del accidente la altura de marea se calculó en 0,9 m además de existir en la zona una anormal corriente de marea de 2-3 kts que desviaba al barco a Br de su derrota a seguir.
- Con un desplazamiento del ferry de 7975 T, y una velocidad de 18 kts, desde que navegara a menos de 18 metros ya se encontraría con un efecto significativo por parte del fondo sobre el casco.
- La oficialidad de cubierta del buque no tomó suficientes medidas para posicionarse con precisión ni evaluó apropiadamente el efecto squat, siendo éste calculado en el momento del impacto de 1,46 m. aun tomando el squat tabulado en el “wheelhouse poster” y

estimándolo en 1,2 m (ver Figura 10), al ser el calado de 5 m, el UKC mínimo que establece la compañía de 1 m, Se establecía una profundidad mínima segura de 6,3 m. Despreciándose incluso un error que debía aplicársele de +/- 1,2m al ser las cartas de la zona de 1960.

Figura 10 Extracto del "Wheelhouse Poster" del Commodore Clipper

DRAUGHT INCREASE		
ESTIMATED SQUAT EFFECT		
UNDER KEEL CLEARANCE	SHIP'S SPEED	MAX. BOW SQUAT
10.4M.	7.0 KTS	0.27M.
	9.0 KTS	0.51M.
	12.0 KTS	1.18M.
23.2M.	7.0 KTS	0.10M.
	12.0 KTS	0.38M.

Autor 9 © Crown copyright, 2015. Report on the investigation of the grounding and flooding of the ro-ro ferry Commodore Clipper in the approaches to St Peter Port, Guernsey on 14 July 2014

CAPELLA VOYAGER

Figura 11 Capella Voyager posteriormente renombrado Front Delta



Autor 10 @gletham - <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>

El 16 de abril de 2003 el petrolero Capella Voyager llega al puerto de Whangarei en Nueva Zelanda para descargar el crudo que traía desde Emiratos Arabes Unidos. A las 0530 procedió hacia punto de encuentro de Prácticos para su embarque.

El parte meteorológico preveía mar de fondo del Este de 4 m para esa mañana y cuando estaban a 5 millas de la barra de entrada, que tiene una enfilación del 320°, El Capitán observó un balance de 5° y estimó un cabeceo de 2,5 m. Este movimiento del buque causado por la mar tendida se incrementó al llegar a las 2,3 nm de la barra lo que motivó al Capitán a abortar la entrada al puerto. Avisó al Práctico del hecho, ya que aún no había llegado a embarcar, y quedaron en volver a intentarlo para la siguiente marea y valorarlo estando el Práctico a bordo.

A las 1600 horas el Capella Voyager vuelve a comenzar una aproximación a la barra de entrada al puerto para evaluar las condiciones a ver si esta vez era factible entrar, esta vez a las 5 nm de la barra y estando alineados con la entrada, el barco solo experimentó un balanceo de 2°, A las 1728 embarcó el Práctico a 2 millas de la barra y tras comentar la situación, acordaron

iniciar la maniobra de entrada al puerto, observando que las condiciones estaban mucho mejores que en la anterior tentativa.

Figura 12 Lugar del accidente del Capella Voyager



Autor 11 openstreetmap.org – Creative Commons Licence - composición

A 1 nm de la barra, distancia acordada anteriormente como punto de no retorno, Se dio orden de hacer un giro a Er de 360° para valorar el comportamiento del barco con el mar de fondo. Tras completar el giro se acordó proseguir con la maniobra.

A las 1813, el Capella Voyager tenía la boya que marcaba la entrada del canal por el través y desarrollaba una velocidad de entre 5 y 6 nudos. Justo después de entrar, el barco empezó a guiñar 6° a Er y 9° a Br mientras la proa comenzó a cabecear 1,5 m en lo que estimaron se encontraban en un mar de fondo de 3 m, siendo de 4 m ocasionalmente, y se generó un balance también de 5° .

A las 1816 el barco tocó fondo según cabeceaba y balanceaba, llegando incluso a verse como se combaba desde el puente. En el momento que tocaba fondo se producía una bajada en la velocidad a 3 kts.

En total el barco tocó fondo dos veces en su movimiento pero pudo seguir navegando hasta su atraque, durante la cual, se observó que el Peak de proa estaba dañado e ingresaba agua. El barco quedó amarrado en su atraque a las 2036 horas.

Tabla 3 Datos relevantes del accidente del Capella Voyager

Vessel Details	
Vessel Name	Capella Voyager
IMO number	9012616
Port of Registry	Crude Oil Tanker
Date of Build	1993
Vessel Category	Crude Oil Tanker
Overall Length (m)	258.9
Maximum Breadth (m)	48.3
Draught (m)	14,42
Gross Tonnage	80 914
Flag	Bahamas
VOYAGE PARTICULARS	
Port of departure	Fujairah, United Arab Emirates
Port of arrival	Whangarei, New Zealand
Cargo information	107800 tonnes of light crude oil
Manning	27
Casualty Details	
Date of Casualty	16 April 2003
Time of Casualty	1816 LT
Casualty Type	Grounding
Casualty Location	Approaches to Port of Whangarei, New Zealand
Weather	south west by west wind 14 Kts, easterly Swell 3 m

Posteriormente en la investigación que se llevó a cabo se halló [14]:

- En las proximidades donde varó el Capella Voyager, se halló una diferencia en la profundidad del canal en apenas 2 cables de 18,5m a 14,6m, algo que se consideran una variación significativa afectando al efecto squat de manera diferente a si fuera sobre un fondo constante.
- El cálculo del UKC por parte del Primer Oficial del Capella Voyager incluye el efecto squat, pero lo hace para aguas en calma y no incluye el efecto del mar tendida.
- El cálculo del UKC por parte del Práctico consistía en añadir un 10% al calado. No incluyendo en sus cálculos ni efecto squat ni efecto de la mar tendida.
- Con el UKC anotado en el "pilot Card" de 2,1m el investigador consideró que la varada era casi inevitable tal y como estaba el mar combinado con el efecto squat que se generó.
- Un barco de este tipo, con el movimiento de avance y retroceso creado por las olas de mar de fondo combinado con un segundo efecto de escora transversal crearía un aumento adicional del calado de unos 0,83m.

Apenas casi 3 meses después del accidente del Capella Voyager, el Easter Honor, un petrolero de características, dimensiones y cargamento muy parecidos al Capella Voyager, procediendo a la entrada a puerto de Whangarei por el mismo canal, con unas condiciones similares de mar de fondo, toco fondo por la proa en las inmediaciones de la entrada del canal principal [15]

CANADIAN TRANFER

Figura 13 Canadian Tranfer posteriormente bautizado Algoma Tranfer en Goderich



Autor 12 Doug Kerr from Albany, NY, United States - <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>

El 14 de mayo de 2001 a las 1300, el Canadian Tranfer, un bulk carrier que transportaba sal para el deshielo de carreteras, zarpó del puerto de Goderich en Canadá. Había buen tiempo, con buena visibilidad una brisa ligera del W y entre medio y un nudo de corriente N. La marea estaba a 0,08m por debajo de la sonda de carta.

Una vez fuera del puerto, en el puente quedaban; el Capitán que estaba haciendo el training para asumir el mando del barco y un timonel. Dada la relativa facilidad con que se hacía la maniobra de salida por el canal de salida exterior al dique, no existía un plan de viaje previo a la salida, el capitán le dio la orden de rumbo 272° que el timonel ejecutó, normalmente las ayudas a la navegación existentes indicaban un rumbo de salida de 266,5°, pero no se dio ningún cambio de rumbo. Normalmente dada las características del lugar y el buen tiempo, pocas correcciones había que aplicar al timón para mantener el rumbo.

Al tiempo que el buque ganaba velocidad, llegó al puente el Segundo Oficial que era el oficial de guardia para la navegación, Y recibió las órdenes del Capitán para la navegación y realizar

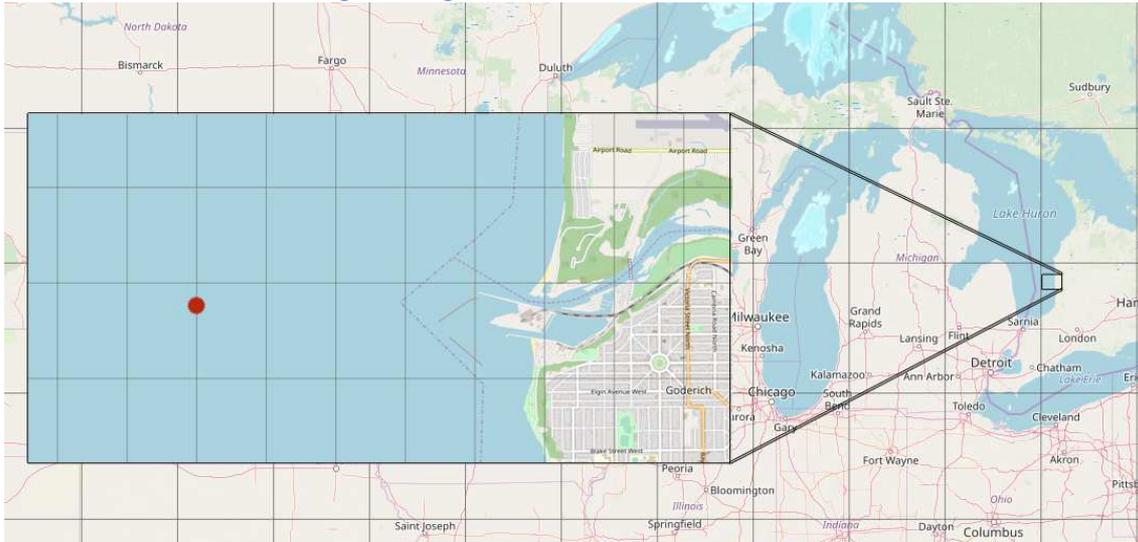
los cálculos para llegar en el ETA acordado. Este intercambio lo realizaron los dos en el derrotero del puente, en la parte de atrás de éste mientras echaban ligeros vistazos al ECPINS de comprobación de que todo estaba bien. El buque en ese momento se encontraba navegando a 1,6 cables al norte de la derrota de salida del puerto a una velocidad de 11.4 nudos cuando se oyó un sonido fuerte que retumbaba. Según la tripulación sonó como si un ancla hubiera sido dejado ir para dar fondeo, por lo que incluso fueron a comprobar que ambas anclas estaban estibadas en su sitio, cosa que así era por lo que se dieron cuenta que habían tocado fondo.

Por los daños causados al casco del barco, se generó una escora de 6 a 8 grados a Br y el Capitán titular, después de asumir el mando tomó la decisión de fondear.

Tabla 4 Datos relevantes del accidente del Canadian Tranfer

Vessel Details	
Vessel Name	Canadian Tranfer
IMO number	6514869
Port of Registry	Toronto, Ontario
Date of Build	1965, converted in 1998
Vessel Category	Self-Unloading Bulk Carrier
Overall Length (m)	198
Maximum Breadth (m)	20
Draught (m)	F: 7,34 A:7,625
Gross Tonnage	11120
Flag	Canada
VOYAGE PARTICULARS	
Port of departure	Goderich, Ontario
Cargo information	14 846 metric tonnes of road salt
Manning	24
Casualty Details	
Date of Casualty	14 may 2001
Time of Casualty	1318 LT
Casualty Type	Grounding
Casualty Location	43° 44.8' N, 081° 46' W
Weather Forecast Area	clear and calm

Figura 14 Lugar del accidente del Canadian Tranfer

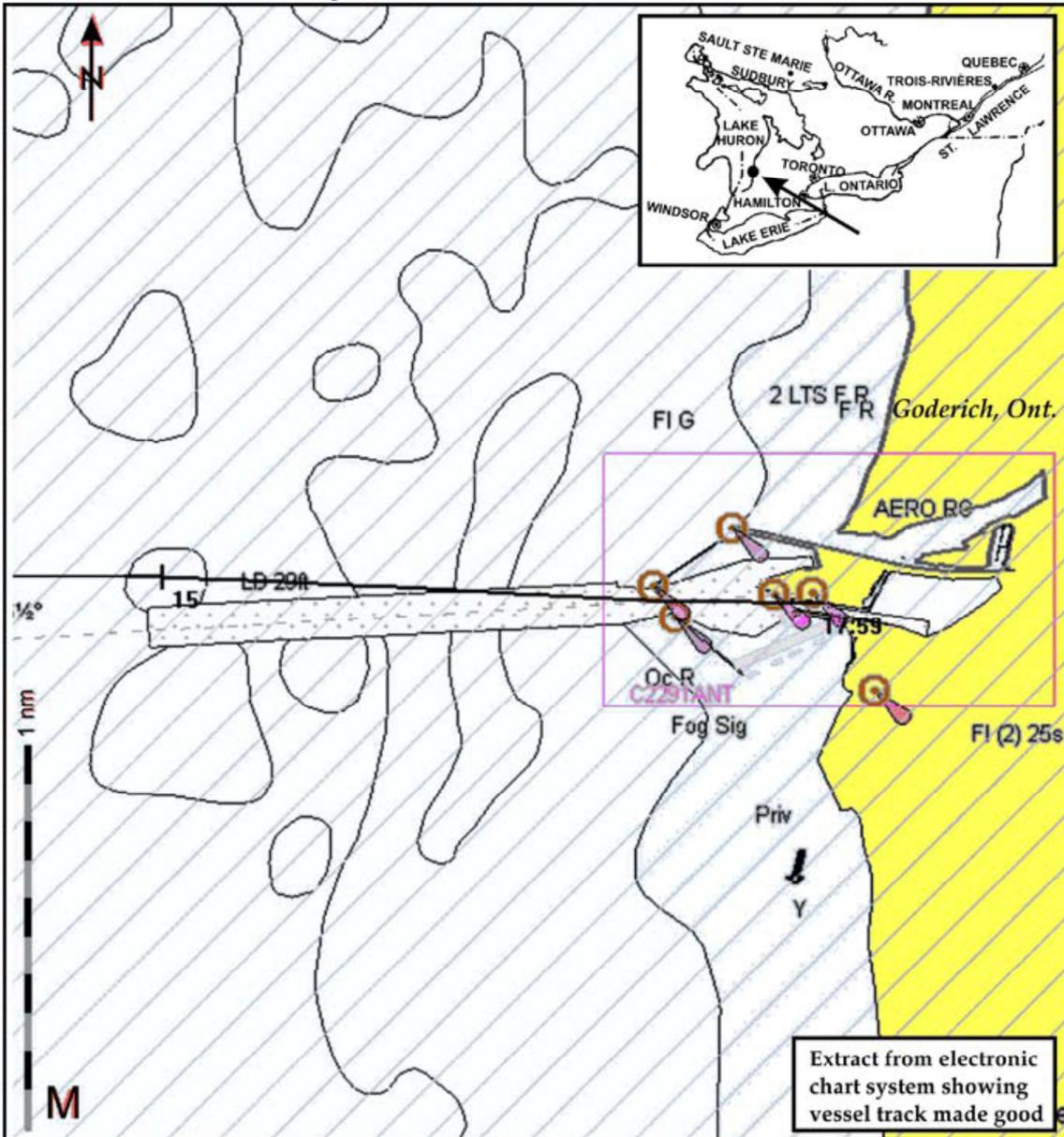


Autor 13 openseamap.org – Creative Commons Licence - composición

Posteriormente en la investigación se halló lo siguiente: [16]

- No existía ningún oficial exclusivamente dedicado a la navegación del barco una vez había pasado el dique del puerto. No se llevó a cabo un seguimiento activo de la derrota del buque, así como la configuración de los parámetros de seguridad de la carta electrónica estaban sin introducir, por lo que ninguna alarma de seguridad en la navegación se disparó.
- El buque llevaba un rumbo equivocado de salida que no fue corregido en ningún momento, entrando éste en una zona donde la carta marcaba una sonda de 8,23m que con la marea de ese momento la profundidad era de 8,15m. El calado estático del barco a la salida de puerto era de 7.34m en proa y de 7.63m en popa.
- Con el Cb del Canadian Tranfer de 0,8 a la velocidad de 11,4 Kts el buque producía un squat de 1.10m siendo éste más pronunciado a proa que a popa, por lo que con el UKC de solo 0,67m resultó ser insuficiente para el tránsito del barco por esa zona.
- Para salir de Goderich Harbour rutinariamente se emplea una velocidad de 6-7 kts, que de haber sido así ese día en el Canadian Tranfer, habría causado un squat de 0,29 a 0,39m, haciendo que pasara sin problemas, sin tocar el fondo en ningún momento.

Figura 15 Extracto del ENC del Canadian Transfer



Autor 14 Transportation Safety Board of Canada

OTROS CASOS DONDE INTERVINO EL EFECTO SQUAT

Queen Elizabeth 2

El 7 de agosto de 1992, El Queen Elizabeth 2 varó contra unas rocas no adecuadamente cartografiadas cuando navegaba en Vineyard Sound, en la costa de Massachusetts, proveniente de Martha's Vineyard, el tiempo estaba bueno y había buena visibilidad.

La causa de la varada se encontró en una combinación de varios factores; las sondas reales eran significativamente menores a las que estaban cartografiadas, no se evaluó bien el estado de la marea, y el efecto squat fue sustanciosamente mayor que la permitida en la zona debido a la gran velocidad que llevaba el barco pues iba con retraso. Este squat que el Capitán estimó era algo menor y que sería apopante por el afinamiento del buque en la carena, en realidad fue aproante, al salir aproado en la condición estática inicial. [17]

Herald Of Free Enterprise

El 6 de marzo de 1987, con retraso y una ajustada agenda que cumplir, El Ro-Ro Pax Herald of Free Enterprise en la maniobra de salida del puerto de Zeebrugge varó y zozobró. Quizá este es uno de los más famosos accidentes donde ha intervenido el efecto squat debido al elevado coste en vidas que se cobró el siniestro resultando en 188 el número de fallecidos y a la velocidad que se produjo el naufragio.

La combinación de fatalidades que se produjeron que contribuyeron al desastre fueron; el yelmo de proa no quedó en su estiba por descuido de un oficial que no lo comprobó por las prisas que habían de partir. El barco iba además con mayor carga de la estimada por una diferencia entre el peso real de los vehículos transportados y el declarado, lo que iba con más calado del calculado, y con un asiento aproante mayor también. Por las mismas prisas y por el diseño del buque, el Herald alcanzó una gran velocidad, 18 kts, en un corto periodo de tiempo, antes de que este abandonara el canal de salida del puerto lo que propició un squat hundiendo la proa y aumentando la altura de la ola generada en la proa lo suficiente para que pudiera ingresar agua en la bodega corrida de la carga rodada lo que propició que el buque zozobrara. [18]

Desh Rakshak

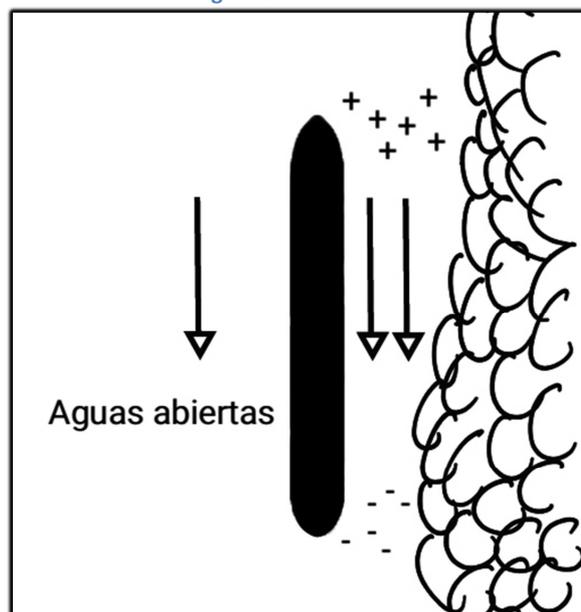
El 4 de enero de 2006, el petrolero Desh Rakshak con 80000 toneladas de crudo a bordo, en su aproximación al puerto de Port Phillip, en Australia, con Práctico a bordo, se desvió del canal de entrada más de los que se estimó por parte del Práctico, pero nadie notó nada hasta que, una vez fondeados, encontraron que en el peak de proa, entraba agua y tras más indagaciones vieron que estaba perforado.

En la investigación entre otros factores, se halló que el Práctico no estimó como problemático el efecto squat generado por el avance del buque que iba a 8 kts, pero lo que no tuvo en cuenta es que el squat debe ser calculado por la velocidad relativa al agua, y no el fondo, por lo que, dada la corriente de marea que se estimó entre 5 y 6 kts en contra del avance del barco, la velocidad que debía tenerse en cuenta para los cálculos de squat era sobre 13 kts y no de 8, lo que generó un squat de 1,35 m y no de 0,5 m. [19]

EFECTO BANK

Un barco que navega por un fluido, desplaza una cierta cantidad de agua hacia los laterales del mismo, que luego gana velocidad hacia la parte trasera de estos costados para rellenar el vacío que genera en su movimiento, si la navegación se produce en aguas abiertas o en el medio de algún canal, las diferencias de presión que se producen en los costados serán equitativas contrarrestándose mutuamente por lo que no se produce ningún efecto lateral en el buque que afecte su actitud frente a la navegación. Por otro lado, cuando se abandona el centro del canal y se navega por una zona en la que el límite navegable del mismo o la orilla están considerablemente más cerca de uno de los costados, se produce una asimetría en las fuerzas que actúan sobre el buque generado por la diferencia de velocidades del fluido en sus costados, y en consecuencia, se produce una diferencia de presión por los mismo principios mencionados anteriormente, causando una tendencia de succión por parte del límite del canal más cercano al buque que puede causar un efecto de guiñada llegando incluso a hacer inoperativo el gobierno al perder el timón todo su efecto sobre la maniobrabilidad del buque. Este efecto es el que se denomina efecto bank.

Figura 16 Efecto Bank

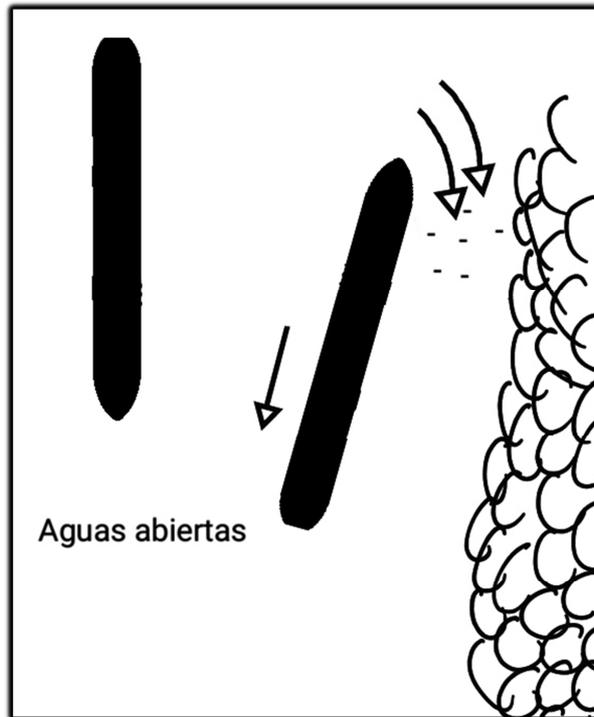


Autor 15 Elaboración propia

En el avance del barco, si lo hace paralelo a la orilla, tras las olas que se genera en la proa, la elevación de agua que existe entre el buque y la orilla es menor que la que se produce entre el barco y el centro del canal por el que navegue o las aguas abiertas, y esto produce que se genere una succión hacia la orilla por parte de la popa ya que la resultante de las fuerzas que

se generan lo hacen hacia popa del centro de gravedad. Por otro lado, si la navegación es con cierto ángulo hacia la orilla porque por ejemplo se pretende esquivar otro buque que viene de vuelta encontrada y se cae a la banda, será en la proa donde se produzca la succión al estar más cerca del banco y será esta quien caiga hacia la orilla. [20]

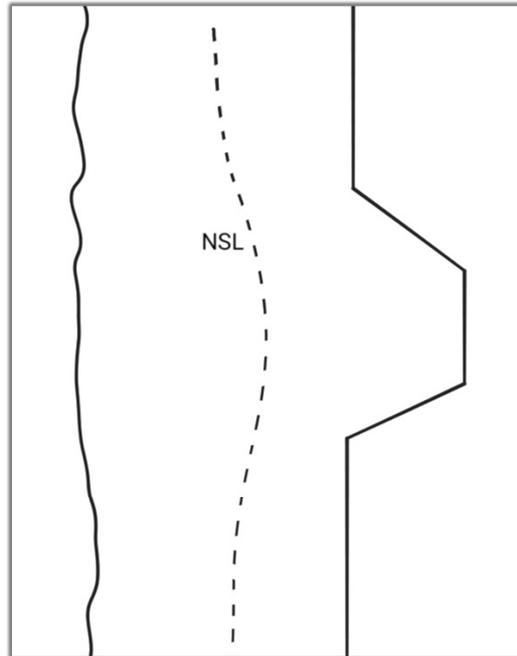
Figura 17 Efecto bank sobre una cabeza



Autor 16 Elaboración propia

Debido a este efecto lateral que se produce en los canales, hay que destacar que entonces en todos ellos existe una línea teórica conocida como NSL del inglés Neutral Steering Line [21], el cual es la línea por el cual el buque conserva una actitud neutra sin tener ningún ángulo de timón metido en la caña. Se puede estimar la posición del NSL como el punto donde ambos flujos de agua generados a los costados del barco se igualen en su avance, cabe destacar que dada la asimetría natural de la mayoría de los canales o ríos por los que se navegue, esta línea no tiene por qué estar situada en el centro navegable de dicho tramo del canal.

Figura 18 Neutral Steering Line



Autor 17 Elaboración propia

Las variables que afectan a la succión producida por el margen del canal son las siguientes:

- La eslora, manga y calado del barco.
- La profundidad y ancho del canal por el que se navega.
- La distancia a la cual se encuentre el buque a la NSL del canal por el que navegue.
- La densidad del fluido por el que se navegue y la velocidad relativa del buque.

En este caso, estas interacciones originan un efecto en la guiñada o momento de guiñada causado por el bank effect que lo hará en función de:

- Efecto bank en sí mismo.
- La eslora y el calado del buque, y la profundidad del canal.

Como ocurre en el efecto squat, en estas variables anteriores, algunas serán variables que no podemos controlar porque están definidas por la construcción del barco o como mucho eligiendo el momento que se transite el canal atendiendo a variables afectadas por eventos naturales, tal como viento, mareas, etc. Por otra parte, si podemos actuar directamente sobre la velocidad relativa del buque aplicando cambios a la máquina, así como también tenemos control sobre la distancia del buque a la NSL del canal que naveguemos, siempre y cuando nos hemos preocupado de encontrar dicha línea de manera activa.

COMO EVITAR EL BANK EFFECT

Como ocurre con el efecto squat ya analizado, una buena planificación es la clave para un tránsito exitoso y de manera segura teniendo en cuenta las variables que afectan a un eventual efecto de interacción con un banco u orilla.

Dentro de esta planificación, se debe identificar las posibles desviaciones que podemos encontrar dentro de la derrota planificada, del NSL con el centro del canal navegable, algo importante a la hora de juzgar si el barco está distanciado o no de dicho NSL en cualquier momento de la navegación, ya que es indiscutible entender que es mucho más fácil intuir cual es el centro del canal, que una determinada posición alejada de éste. [21]

El NSL puede verse afectado por muchas irregularidades; asimetrías, corrientes inherentes a la forma del canal, corrientes de mareas, recodos, algún objeto sumergido, etc. Este dato normalmente es facilitado por el Práctico pues es algo calculado de una manera complicada y que requiere grandes operaciones que normalmente se hacen a diferentes condiciones del lugar y que en su experiencia, el Práctico va también puliendo. Para su cálculo lo que en primer lugar se debe establecer un “ancho efectivo” del buque, que es el ancho en el cual el barco ofrece influencia en sus aguas circundantes, que puede ser calculado con la siguiente ecuación: [21]

Ecuación 12 Ancho efectivo de un buque

$$B = b \times \sqrt{101 - (L/b)^2}$$

Donde b es la manga del barco y L su eslora entre perpendiculares. Hay que tener en cuenta que a cada costado del barco el agua afectada sería hasta una distancia B/2.

El NSL lo encontraremos donde se igualen los radios hidráulicos a ambos costados del buque y a su vez se iguale al radio hidráulico del canal entero, donde el radio hidráulico será el cociente entre el área de la sección a considerar y el perímetro “mojado” de la misma.

Ecuación 13 Cálculo de Radio hidráulico

$$\text{Radio hidráulico} = R = \frac{A}{P}$$

Donde A sería el área de la sección del canal y P el perímetro de la parte “mojada” de esa sección.

Una vez tenemos claro la posición del NSL se debe planificar de antemano en que momento podría hacerse necesario tener que desviarse de dicha línea de referencia, esto suele ser en puntos donde se tenga que apartar de la derrota ya sea porque se encuentra otro barco de vuelta encontrada, se quiera adelantar a otro que se está dando alcance, o por el contrario haya que dar paso a alguno que esté alcanzando. Es una buena práctica el conocer, tanto de mano del Práctico como del AIS la posición, y velocidad del tráfico existente para prever con la debida antelación, donde se producirán los cruces y encuentros con estos barcos y así elegir un buen lugar donde se producirá el momento de mayor proximidad con el mismo.

Aunque no es el fin del presente trabajo de estudio, se debe mencionar que al paso cercano a otra embarcación de considerable desplazamiento en relación al buque propio, se producirán interacciones entre ambos de semejante naturaleza de los efectos de squat y efecto bank donde se debe considerar que si se hace de vuelta encontrada la velocidades relativas de ambos buques se suman por lo que las interacciones entre ambos pueden llegar a ser considerables.

Para evitar estas interacciones entre buques, es cuando normalmente el barco se modifica de rumbo, alejándose del NSL hacia un lateral del canal, lugar donde entran en juego el efecto de succión por bank effect. Para corregir este efecto el piloto debe actuar sobre la actitud del buque metiendo ángulo de timón para parar la rotación del buque y cambiando el ángulo de deriva para evitar el movimiento de traslación hacia la orilla que se genere por éste.

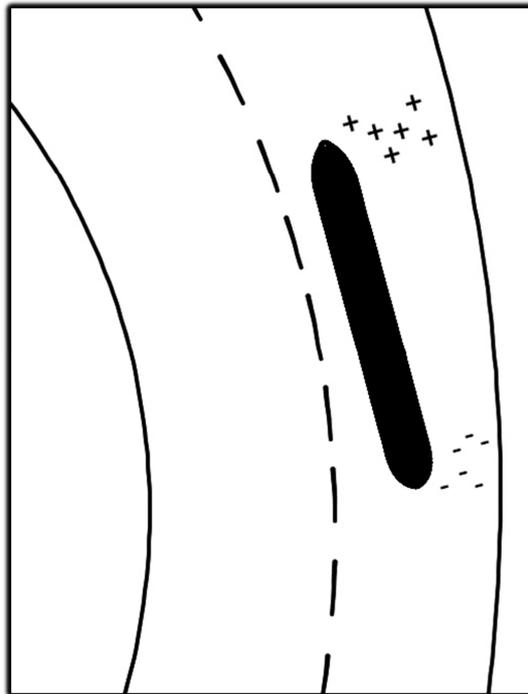
En la actitud del barco se trabajan con las fuerzas laterales del barco y el momento de guiñada del mismo para contrarrestar La fuerza de succión lateral de la orilla, y el momento de guiñada creada por esta succión. Como la fuerza de succión lateral del bank effect y la fuerza lateral producida por la actitud del buque aumentan según lo hace la velocidad del barco, podemos despreciar esta variable a la hora de afrontar la maniobra adecuada para evitar la succión.

Aquí es obligatorio hacer un gran inciso pues esta última afirmación no es del todo correcta pues a bajas velocidades, tanto para el bank effect, como para el squat, se puede producir el efecto contrario o “cushion” en el que en vez de producirse una succión, se produce un empuje contrario causado por la acumulación de un “colchón” de agua que repele al buque de la superficie a la que se aproxima.

Esto hace más complicado prever en todo momento todos los efectos que se podrían generar por lo que es aquí en donde entra en juego la pericia e instinto del oficial al mando, así como del Práctico si lo hubiere, dado que estos efectos pueden generarse de distintas maneras a iguales condiciones debido a las diferencias constructivas de cada barco.

Por otra parte, se puede aprovechar el bank effect a favor de la intención de seguir el trazado de un río simplemente llevando el barco más allá del NSL hacia la orilla contraria a la banda a la que se quiere caer, por el efecto de la succión en la popa, el barco virará por si solo sin tener que aplicar timón, excepto para corregir la caída al ritmo que se desee. [20]

Figura 19 Uso del bank effect para virar



Autor 18 Elaboración propia

CASOS DE VARADAS DONDE INTERVINO EL BANK EFFECT

ALGONTARIO

Figura 20 Bulk Carrier Algontario amarrado en Toronto

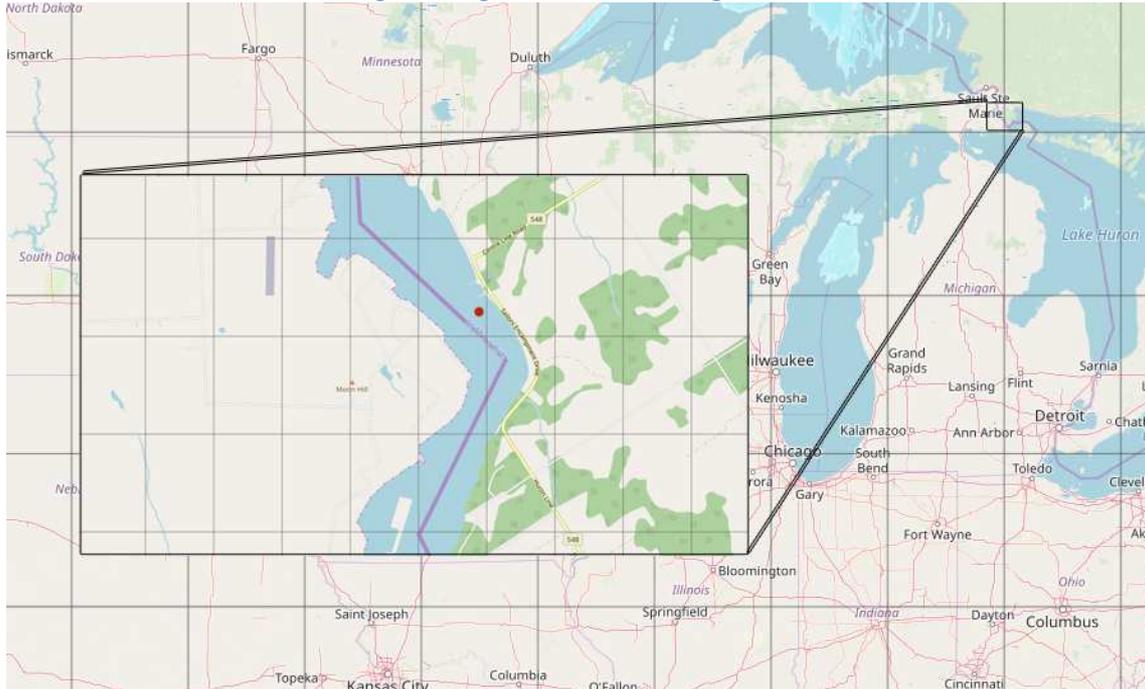


Autor 19 Geo Swan

El 5 de abril de 1999 a las 0345 horas, en su navegación por el río St. Marys, el Algontario se aproximaba a un recodo con el Capitán al mando de la guardia, un oficial y un timonel. La noche era clara y había una brisa ligera del E. Para la navegación por el río se usaba de referencia las luces de enfilación que hay en las márgenes además del ECDIS como apoyo.

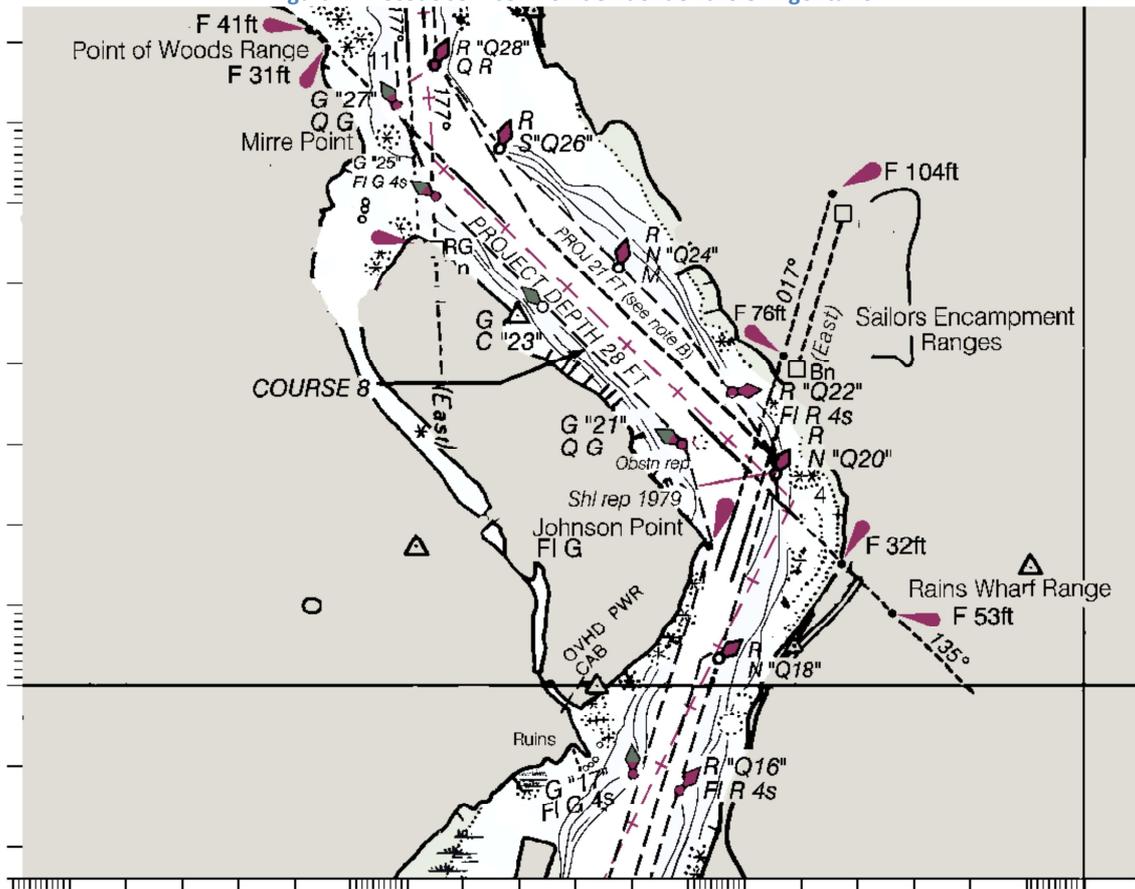
El Algontario se aproximaba por el margen izquierdo de las luces de enfilación y el capitán moderó la máquina para obtener una velocidad de 7,1 kts a la altura de la boya Q18 (ver Figura 22). A las 0439 cuando estaba a unos 60 m de Johnson Point por el través de Br y ya más de media eslora había pasado ese punto, el Capitán ordeno todo Br para hacer el giro del recodo y aumento la máquina a 6 puntos para ganar gobernabilidad en el timón.

Figura 21 Lugar del accidente del Algotario



Autor 20 openseamap.org – Creative Commons Licence - composición

Figura 22 Recodo Johnson Point en donde varó el Algotario



Autor 21 Transportation Safety Board of Canada

El recodo era un giro a la izquierda de unos 63° de cambio de rumbo y según el timón llegó a todo a Br, el barco comenzó a hacer la caída a la misma banda. Tanto el Capitán como el oficial en el puente seguían la evolución de caída del buque y se dieron cuenta que el giro era más lento de lo normal por lo que incrementó a 7 puntos la máquina. El buque seguía en su caída a Br mientras derivaba hacia Er también y fue entonces que se sintió una vibración según tocaba el fondo.

La varada se produjo por el costado de Er hasta el codaste, quedando varios tanques de lastre dañados escorando el barco y apoyado sobre el borde del canal navegable.

Tabla 5 Datos relevantes del accidente del Algontario

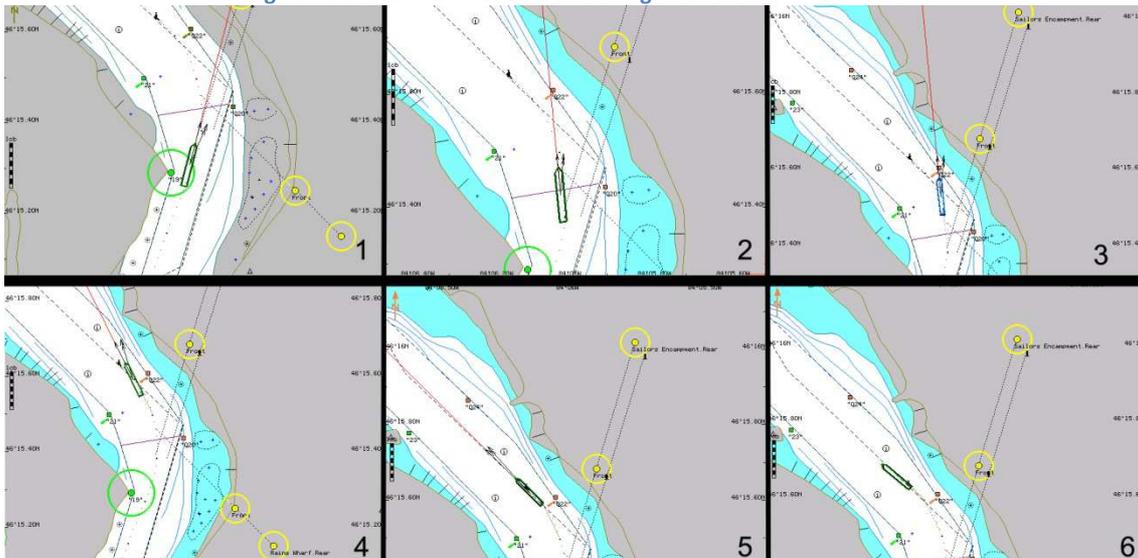
Vessel Details	
Vessel Name	Algontario
IMO number	5301980
Port of Registry	Toronto, Ontario
Date of Build	1977
Vessel Category	Gearless bulk carrier
Overall Length (m)	222,5
Maximum Breadth (m)	23,1
Draught (m)	F: 6,6 A:7,8
Gross Tonnage	18883
Flag	Canada
VOYAGE PARTICULARS	
Port of departure	Clarkson, Ontario
Port of arrival	Duluth, Minnesota
Cargo information	18,910 tonnes of bulk cement
Manning	23
Casualty Details	
Date of Casualty	5 april 1999
Time of Casualty	0443 LT
Casualty Type	Grounding
Casualty Location	46° 15.6' N, 084° 06.1' W
Weather Forecast Area	clear and good; winds light from the east at 10 knots

Posteriormente en la investigación se halló: [22]

- En los Grandes Lagos, existen un flujo específico de agua que hace que cambie el nivel medio del agua y genere corrientes específicas; ese día a las 0443 el nivel más bajo era de una pulgada sobre la sonda de carta.

- En Johnson Point se estimó una corriente en contra de la marcha del buque de 2 kts en el momento de la varada.
- El barco describió un arco de evolución de giro mucho mayor de lo normal por la combinación de:
 - Cuando se dio la orden de todo a Br, la popa del barco estaba considerablemente más cerca de la orilla a su Br, mientras que la proa estaba en aguas mucho más abiertas, por lo que por la velocidad que llevaba, se produjo una succión por parte de la orilla sobre su popa, haciendo que ralentizara la caída de la proa hacia ese costado.
 - A la velocidad que iba el Algotario se estimó un squat de 0,7 m lo que redujo el UKC de la popa a unos 0,33 m, propiciando que aumente la resistencia de la ola que se genera en proa ralentizando la maniobrabilidad del buque.
 - La acción de los 2 kts de corriente en contra, influyeron sobre la amura de Br impulsando la proa en contra del sentido de giro pretendido del barco.

Figura 23 Secuencia de evolución del Algotario en Johnson Point



Autor 22 Transportation Safety Board of Canada

Para liberar el barco de la varada hubo que llevar a cabo un plan de aligeramiento del combustible del mismo, así como largar todo el lastre de los tanques no dañados, quedando reflotado a las 1830 horas del 7 de abril.

ATTILIO IEVOLI

Figura 24 Attilio Ievoli en Rotterdam



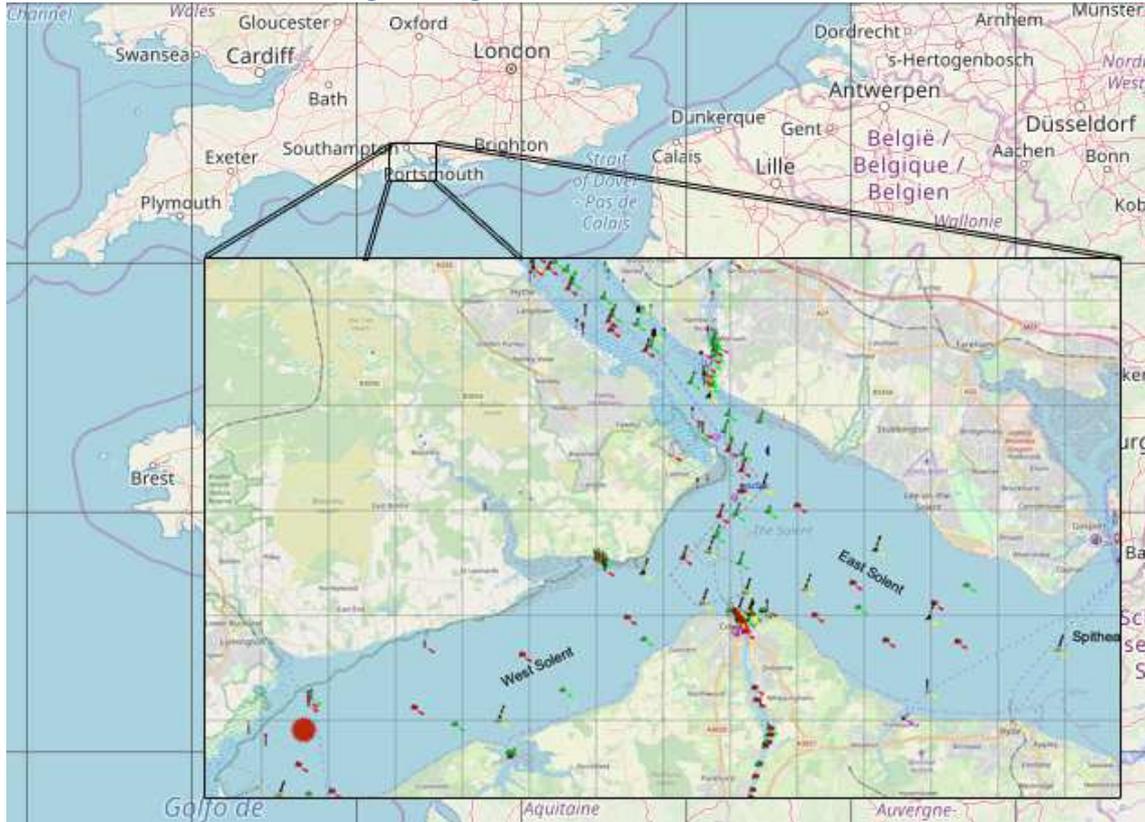
Autor 23 Wikimediaimages from Pixabay

El 3 de junio de 2004 a las 1515 horas, el quimiquero Attilio Ievoli partió del puerto de Southampton hacia el Canal de la Mancha con destino a Barcelona usando la vía Oeste del Solent ya que era el camino más corto por su destino, algo que a priori ya contraviene a las directrices de la compañía, que establece usar la vía Este.

En la mencionada vía Oeste no existe servicio de Practicaje a partir de un punto llamado East Lepe, por lo que el Práctico desembarcó en ese punto. Iban con piloto automático, no había tráfico considerable y el tiempo estaba bueno. Ni el Segundo Oficial ni el Alumno tenían claro quien estaba al cargo de vigilar la posición en la navegación, pero ambos tomaban algunas posiciones relativas al paso de las boyas. El Capitán estaba distraído hablando por el móvil del barco.

El radar de Br no estaba disponible pues el puesto estaba siendo usado por el Jefe de Máquinas para monitorizar la máquina, y para usarse el radar de Er había que hacerlo ocupando el espacio del puesto donde estaba el Capitán.

Figura 25 Lugar del accidente del Attilio levoli



Autor 24 openseamap.org – Creative Commons Licence - composición

A las 1610 en West Lepe Buoy por el través, el Segundo Oficial tomó posición y vio que estaba a una distancia de 2,1 cables de la boya, por lo que le comunicó al Capitán que estaban más al Norte de lo proyectado, pero el Capitán no lo escuchó. El Segundo salió del puente y cuando volvió a los minutos vio que su posición anterior, a las 1610 la había borrado el Alumno que la había corregido como si el barco fuera por la derrota planificada no estando de acuerdo el Segundo. A las 1618 se tomó otra posición dentro de la derrota planificada pero ninguno de los dos recuerda quién la tomó.

A las 1632 horas a una velocidad de 11 kts el Attilio levoli varó a una media milla al Norte de la derrota que debía seguir.

Desde el Attilio levoli no se comunicó que estaba varado, sino que fue un yate que pasaba por allí quien aviso a VTS de Southampton y ellos avisaron al Solent Coastguard. Los guardacostas intentaron repetidamente comunicarse con ellos por VHF, no consiguiéndolo hasta las 1720.

A las 1805 el Attilio levoli quedó libre de la varada y tras inspección submarina se comprobó que no tenía daños de consideración.

Tabla 6 Datos relevantes del accidente del Attilio Ievoli

Vessel Details	
Vessel Name	Attilio Ievoli
IMO number	9104873
Port of Registry	Naples
Date of Build	1995
Vessel Category	Chemical tanker, IMO Type II
Overall Length (m)	115,5
Maximum Breadth (m)	16
Draught (m)	A:6,5
Gross Tonnage	4450
Flag	Italy
VOYAGE PARTICULARS	
Port of departure	Fawley, Southampton
Port of arrival	Barcelona
Cargo information	completed of toluene and styrene monomer
Manning	16
Casualty Details	
Date of Casualty	3 June 2004
Time of Casualty	1632 LT
Casualty Type	Grounding
Casualty Location	50°43.'5N 001°30.'7W
Weather Forecast Area	south-westerly force 3 to 4 with a slight sea

Posteriormente en la investigación que se llevó a cabo se halló: [23]

- Desde las 1600 hasta las 1642 se hicieron diferentes llamadas por el móvil del barco desde el puente. Durante la varada, estaba en traspaso una llamada por parte del Capitán.
- Según los datos grabados en el VDR, se extrajo que desde las 1614 a 1624 el rumbo establecido en el piloto automático era de 249° cuando el rumbo del plan previsto era el de 246°, por lo que poco a poco el barco se iba alejando de la derrota trazada.
- A las 1924 comenzó a haber una lenta caída del rumbo 249° al 240°, pero según se advirtió en el registro de timón, este estaba intentando recuperar el rumbo metiendo timón 10° a Er, por lo que se deduce que en ese momento el barco estaba experimentando una succión en su popa por parte del límite navegable del canal, haciendo que la proa cayera a Br y el piloto automático trataba de corregir metiendo timón a Er.
- En ningún momento ningún miembro de la tripulación se dio cuenta de esto y el barco terminó encallando.

OTROS CASOS DONDE INTERVINO EL EFECTO BANK

Regal Princess

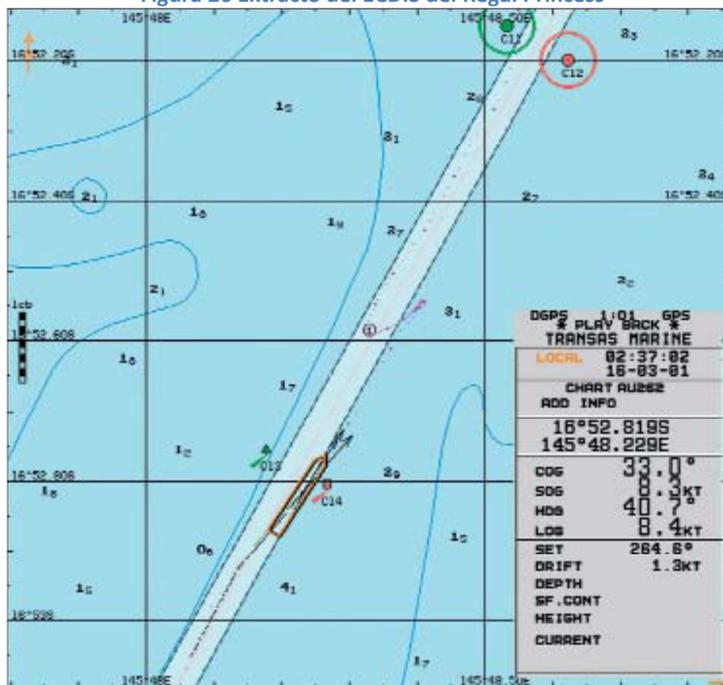
El 16 marzo de 2001 a las 0200, el buque de pasajeros Regal Princess, procedió a zarpar del puerto de Cairns en Queensland después de haber retrasado la hora de salida inicialmente programada para las 1700 del día anterior por causa del viento y la marea que estaba en vaciante.

En el transcurso de la salida por el canal del puerto a una velocidad de 15 kts, el buque repentinamente comenzó a experimentar fuertes guiñadas incontrolables, terminando por encallar por el costado de Er. Posteriormente y en un breve periodo de tiempo, pudo liberarse por medios propios y los daños fueron menores.

En la investigación posterior se determinó que el barco abatió hacia Er por el viento acercándolo al margen del canal, donde experimentó efecto bank combinado con el factor de bloqueo del canal por la relación entre la manga del barco y el ancho efectivo del canal, así como por la baja capacidad de maniobra del barco al ser de dos hélices y tener solo un timón.

[24]

Figura 26 Extracto del ECDIS del Regal Princess



Autor 25 Australian Transport Safety Bureau

Kakariki

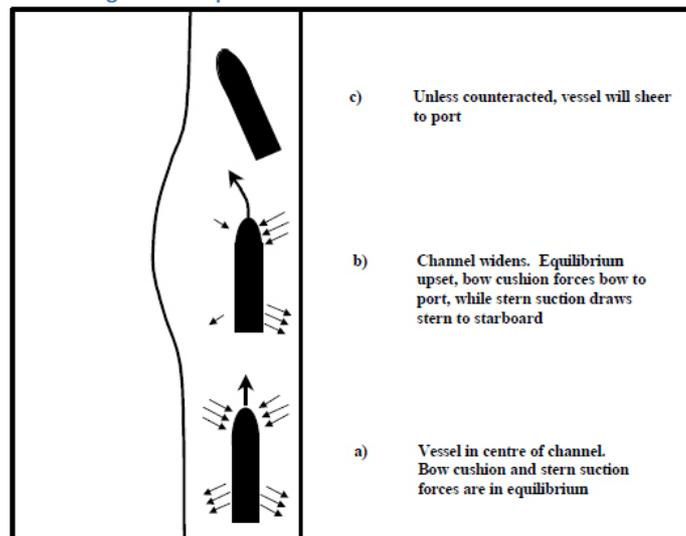
El 23 de septiembre de 1999, el petrolero Kakariki estaba de partida del puerto de Dunedin por el Victoria Channel, y a la altura de Port Otago, a una velocidad de entre 6 y 7 kts el barco guiñó abruptamente hacia Br, algo que pudo contrarrestarse a duras penas resultando que el petrolero estuvo muy próximo a varar.

En este caso no se produjo ningún accidente, pero es digno de mención por las circunstancias que envuelven el hecho, tal es así que se inició una investigación que en este caso recomendó un nuevo dragado del canal para reducir el factor de bloqueo que se solía producir y las continuas interacciones que se generaban en el tránsito del canal por diferentes barcos.

En la investigación se halló que la causa de la repentina guiñada se debió a la combinación de:

- Como el barco se acercaba a la margen de Er el Práctico (que estaba en prácticas) sugirió poner el timón a Br para volver al centro del canal justo cuando el timonel estaba con timón a Er para contrarrestar el efecto bank de la orilla de Er.
- Justo en ese momento el barco salía de una parte del canal más estrecha a otra más abierta hacia Br haciendo que el NSL quede a Br del barco.
- Justo ese cambio coincidió con una moderación en la máquina que propició una menor efectividad en el timón.
- El barco además estaba experimentando squat por la proa haciendo que el punto de giro del barco se traslade a proa del mismo, resultando que se produzca un sobreviraje.
- El equipo en el puente no se percató de la guiñada hasta que esta tuvo lugar y reaccionó con cierto retraso.

Figura 27 Esquema efectos del canal sobre el Kakariki



Autor 26 Transport Accident Investigation Commission New Zealand

ACTUACIONES INMEDIATAS ANTE UNA VARADA INVOLUNTARIA

Inmediatamente después de que un buque toca fondo se debe actuar siempre de acuerdo a un plan ya preestablecido y documentado en el manual de seguridad de a bordo donde se encontrarán, además, los registros necesarios a cumplimentar donde se tomarán nota de todos los acontecimientos, las medidas tomadas y los resultados obtenidos. Aun así, cabe destacar varias consideraciones, pues aunque dos varadas nunca son iguales, se pueden tener en cuenta varios aspectos comunes.

Tras detectarse una varada, lo primero es parar la máquina y cerrar todas las puertas estancas y hacer una primera evaluación de los daños, sondeo de todos los tanques y espacios del barco así como sondeo de profundidad en todo el perímetro con el escandallo para determinar, por medio de la comparación de la profundidad con el calado, de cuantía de superficie que hay en contacto con el fondo.

Determinar en la carta la posición de la varada tomando nota de la naturaleza del fondo, estado de la corriente, marea, meteorología, etc.

Hacer una valoración con todos los datos reunidos para ver si es posible salir por medios propios de la varada o tener que requerir de medios ajenos, tales como remolcadores, Guardias Costeras que puedan desplegar barreras para contención de contaminantes si existiera riesgo de contaminación, etc.

Es bastante frecuente que la varada se produzca por proa, introduciendo dicha cabeza en un banco de arena o lodazal de la margen de un río o canal, en este caso se recomienda dar inmediatamente atrás a la máquina, pues eso permitirá que la hélice impulse un colchón de agua en la mitad delantera del buque aportando un empuje extra de flotación y un impulso hacia atrás que puede llegar a salvar la situación airosamente y saliendo de la varada por medios propios [13]. Esta orden de dar atrás no se debe dar con demora en caso de que la marea esté en vaciante, pues cada minuto que pase, el agua bajo el barco será de menor cantidad y afectará considerablemente el empuje de flotación disponible, teniendo pocas opciones para salir por medios propios, sin tener que mover pesos o sin esperar a la siguiente marea. La orden de dar inmediatamente atrás, debe ser evitada siempre que se tenga la sospecha de que el fondo que se haya tocado cuente con alguna aguja de piedra o material que pueda haber dañado el casco en algún punto, pues si se da atrás, se puede empeorar el daño o hacer que se vuelva a impactar con dicha protuberancia.

Tabla 7 Ejemplo de checklist a cumplimentar ante una varada involuntaria

LISTA DE COMPROBACIÓN	SÍ	NO
Cuando el Oficial encargado de la guardia en el puente ha percibido que el buque ha varado o embarrancado, ¿ha parado inmediatamente la máquina propulsora?		
¿Ha informado al Capitán y al Oficial responsable de la guardia en máquinas de la situación?		
¿Se han mostrado las señales de acuerdo con el COI.REG?		
¿Tenía la sonda funcionando y el radar en marcha?		
¿Constan en la carta de navegación las situaciones anteriores del buque?		
¿Estaba la carta actualizada según los Avisos a los Navegantes?		
¿Se ha situado el buque en el momento del accidente en la carta de punto mayor?		
¿El Capitán ha ordenado la comprobación de sondas, compartimentos, etc, para verificar si hay vías de agua y el cierre de puertas estancas?		
¿Consta en el Diario de Navegación el rumbo y velocidad del buque en el momento de varada?		
Cuando se navega en aguas restringidas, con suficiente antelación a la posible maniobra o algún buque, ¿se ha comprobado el margen de espacio para maniobra de que se dispone?		
¿Se ha conservado el gráfico de la sonda marcando fecha y hora?		
¿Se han determinado las causas por las que se varó?		
¿Se ha sondado alrededor del buque con el escandallo para determinar el tipo de fondo y la zona en que se apoya y sobre el cual flota?		
¿Se han estudiado las condiciones meteorológicas, el estado de la mar, la previsión del tiempo, etc.?		
¿Se han anotado en el Diario de Navegación las horas y sucesivas lecturas de calados indicativas de la situación del buque?		
¿El Capitán ha estudiado la oportunidad de cambio de lastre o de deslastre?		
¿Se tiene disponible la máquina y el timón?		
¿El Capitán ha decidido si es posible una acción inmediata, teniendo en cuenta la calidad de fondo y la capacidad de maniobra, para salir de la situación, dando sencillamente máquina atrás?		
Si los medios del buque no son suficientes para salir de la situación, ¿El Capitán se ha puesto en comunicación con la compañía y Autoridades Marítimas?		
¿El Capitán ha considerado la necesidad de auxilio exterior?		
Detallar en Observaciones las medidas tomadas.		
¿El Capitán ha mantenido una comunicación abierta con la Persona Designada y la dirección de la compañía?		
¿En caso de urgencia, el Capitán ha actuado libremente según su capacidad profesional de acuerdo con la Resolución a.443 (XI) que trata de las decisiones del Capitán con respecto a la seguridad marítima y a la protección del medio ambiente?		
¿El Oficial encargado de la guardia de navegación ha escrito los acaecimientos en el Diario de Navegación?		

[25]

CONCLUSIONES

El contexto actual en el que vive un Piloto de la Marina Mercante, no debe centrarse en un espacio geográfico circunscrito a un archipiélago, sino que debe abrir sus miras más allá, un marino debe estar preparado para enfrentarse a todo tipo de avatares allende los mares. Aunque nuestro entorno no refleja una necesidad imperiosa de tener bien claro los entresijos de la navegación segura por aguas someras, no es necesario alejarse mucho para entrar en otro entorno donde la actividad naval mercantil, discurre por aguas, que bastante tienen de complejas, no solo en cuanto a densidad de tráfico, sino también en cuanto a restricciones reales y muy crueles a la hora de ser tratadas a la ligereza y sin un buen juicio previo.

Sin ir más lejos, en mis prácticas realizadas a bordo del OPDR Andalucía, he tenido la oportunidad de vivir y experimentar la navegación fluvial, con todo lo que ello implica, pudiendo además así, incrementar los conocimientos académicos recibidos en mis años lectivos, así como una fuente de inspiración, datos y experiencias enriquecedoras, muy útiles para la redacción del presente trabajo.

Sin mencionar el contexto que nos sitúa en el continente europeo, donde los principales puertos están, entre los principales del mundo tanto en toneladas de carga, como en movimiento de pasajeros. Puertos situados muchos en estuarios de ríos, con canales y esclusas de acceso complejos, donde las interacciones de un barco en movimiento y el fondo puede llegar a ser muy difícil de predecir.

La vida es corta, y creo que una buena manera de aprender, no es sólo estudiar y sacar conclusiones de los errores propios, sino de los ajenos. Para ello, los informes de investigación independientes que ofrecen las distintas instituciones alrededor del mundo, son una herramienta inestimable para sacar provecho y acopio de información vital que en un futuro, uno nunca sabe cuándo puede llegar a necesitarlas.

Las varadas involuntarias, son hoy por hoy, una fuente importante de pérdidas, ya no solo económicas, sino de vidas humanas. Algo que debe tenerse muy en cuenta a la hora de afrontar la planificación y ejecución de una derrota eficaz y eficiente con el fin de llegar a buen puerto.

El efecto squat, puede llegar a afectar bastante añadiendo calado a un buque, modificando su asiento, y afectando sobremanera el resguardo que bajo la quilla un barco debe conservar en

todo momento cuando transita aguas donde el fondo está muy presente, a escasos centímetros. Dentro de la complejidad de su comportamiento podemos hacernos siempre una composición de lugar y con pocas herramientas, podemos hacer una previsión ajustada de cómo nos va a tirar el fondo, y de cómo podemos actuar. Según he visto en varios informes, muchas veces que ha intervenido en la varada involuntaria de algún barco, o no se ha tenido en cuenta, o se ha hecho infravalorando su poder.

El efecto bank, para mi entender, es actitud, es actitud del barco frente al canal a navegar, y es actitud personal, una actitud proactiva de alerta y supervisión astuta del comportamiento del barco. Las herramientas las tenemos, en todo puente que se precie existen los datos necesarios para saber dónde estamos, cómo estamos, y qué riesgos corremos en ese sitio, y lo que es más importante, en el que vamos a estar acto seguido.

En aguas poco profundas, la velocidad de máquina y la actitud con respecto al canal, son los factores más significativos a considerar, para tener controlado los efectos que se puedan generar.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Allianz Global Corporate & Specialty SE, «Safety and shipping review 2018,» Allianz Global Corporate & Specialty SE, Munich, 2018.
- [2] Real Academia Española, «Diccionario de la lengua española,» Asociación de Academias de la Lengua Española, 2018. [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/?id=bMpobot>. [Último acceso: 15 marzo 2019].
- [3] UK Marine Accident Investigation Branch, “Report on the investigation of the grounding and flooding of the ro-ro ferry Commodore Clipper in the approaches to St Peter Port, Guernsey on 14 July 2014,» UK Marine Accident Investigation Branch, Southampton, 2015.
- [4] A. F. González, *El Factor Humano*, Santander: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA; Trabajo Fin de Grado, 2013.
- [5] European Maritime Safety Agency, «Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2018,» European Maritime Safety Agency, Lisboa, 2018.
- [6] J.-U. Schröder-Hinrichs, E. Hollnagel y M. Baldauf, «From Titanic to Costa Concordia—a century of lessons,» *WMU Journal of Maritime Affairs*, p. 17, 2012.
- [7] International Hydrographic Organization, «International Hydrographic Dictionary,» Hydrographic Dictionary Working Group, [En línea]. Available: http://hd.iho.int/en/index.php/Main_Page. [Último acceso: 13 marzo 2019].
- [8] C. E. O. Giraldoni, *Manejo del buque en aguas restringidas*, Buenos Aires: Instituto Iberoamericano de Derecho Marítimo, 2006.
- [9] R. M. Sagarra, *Maniobra de los buques*, Hoboken, NJ: UPC Ediciones, 2006.
- [10] D. C. Giancoli, *Física, principios con aplicaciones, Volumen 1*, México DF: Pearson Educación, 2006.
- [11] D. C. GIANCOLI, *Física para ciencias e ingeniería. Cuarta edición*, México DF: PEARSON EDUCACIÓN,, 2008.

- [12] C. B. B. a. D. R. Derrett, *Ship Stability for Masters and Mates*, Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006.
- [13] P. R. Williamson, *Ship manoeuvring principles and pilotage*, London: Witherby & Co Ltd, 2001.
- [14] Maritime New Zealand, «Accident Report Capella Voyager groundinf in the approaches to Whangarei on 16 april 2003,» Maritime New Zealand, Whangarei, 2003.
- [15] Transport Accident Investigation Commission New Zealand, «Oil tanker Western Honor grounding Whangarei Harbour,» Transport Accident Investigation Commission New Zealand, Wellington, 2003.
- [16] Transportation Safety Board, «Bottom contact by the self-unloading bulk carrier Canadian Tranfer 1.25 nm west of the Goderich Harbour piers Goderich, Ontario 14 may 2001,» Transportation Safety Board of Canada, Gatineau, 2003.
- [17] Marine Accident Investigation Branch, «Report of the Investigation into the Grounding of Passenger Vessel Queen Elizabeth 2 on 7 august 1992,» Marine Accident Investigation Branch, Southampton.
- [18] UK Department of Transport, «MV Herald of Free Enterprise formal investigation,» Crown, London, 1987.
- [19] Australian Transport Safety Bureau, «Independent investigation into the grounding of the Indian registered oil tanker Desh Rakshak,» Australian Transport Safety Bureau, Camberra, 2007.
- [20] H. H. Hooyer, *Behavior and handling of ships*, Centreville: Cornell Maritime Press, 1983.
- [21] E. T. Gates, *Maritime Accidents What went wrong?*, Houston: Gulf Publishing Company, 1989.
- [22] Transportation Safety Board, «Grounding and hull damage the bulk carrier "Algotario" at Johnson Point, St. Mays River, Ontario 5 april 1999,» Transportation Safety Board of Canada, Gatineau, 2001.
- [23] Marine Accident Investigation Branch, «Report on investigation of the grounding of the

Italian registered chemical tanker Attilio levoli on Lymington Banks in the west Solent, south coast of England 3 June 2004,» UK Marine Accident Investigation Branch, Southampton, 2005.

[24] Australian Transport Safety Bureau, «Independent investigation into the grounding of the British flag passenger ship Regal Princess,» Commonwealth Department of Transportation and Regional Services, Camberra, 2002.

[25] H. Espinosa de los Monteros Banegas, *La Gestión de la Seguridad del Buque Enfoque hacia una Nueva Mentalidad*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Departamento de Arquitectura y Construcción Navales - Tesis, 1999.

[26] G. A. Rodríguez Hernández, *Varadas involuntarias : sus causas y modo de evitarlas*, Santa Cruz de Tenerife: Trabajo para la obtención del Título Profesional de Piloto de Segunda Clase de La Marina Mercante - Universidad de La Laguna., 2001.