

Ingeniería de Obras Marítimas

Práctica V: Discusión Técnica

Moñino A. & Clavero M.

Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales, Universidad de Granada

Curso 2024-2025

Planteamiento

El buque MV Dali es un navío porta-contenedores de 300 *m* de eslora y 48 *m* de manga, un calado de 15,0 *m* y 116800 *DWT*, registrado en Singapur y fletado por la compañía Maersk. El buque tiene capacidad para más de 10000 contenedores, pudiendo ser clasificado dentro de la categoría *Suezmax*, o alternativamente en la categoría *Neopanamax* conforme al criterio establecido con respecto a las dimensiones ampliadas del Canal de Panamá. El MV Dali fue botado el 27/12/2014.

El 26/03/2024 el buque colisionó con el puente Francis Scott Key -figuras 1 y 1- en su ruta desde el Puerto de Baltimore (Maryland, Estados Unidos) hacia Colombo (Sri-Lanka), causando el colapso del mismo sobre el Río Patapsco con la consiguiente pérdida de vidas humanas y daños materiales y económicos de alcance por determinar.



Figura 1: Colisión del buque porta-contenedores MV Dali con el puente Francis Scott Key en Baltimore (Río Patapsco, Maryland, Estados Unidos).



Figura 2: Contenedores en el buque MV Dali.

Objetivos

El objetivo es analizar el alcance del accidente en términos de gestión portuaria. Algunas cuestiones a considerar:

- Factores implicados en accidente.
- Estado de proyecto en el momento del accidente.
- Cualquier otra cuestión que se considere relevante.

Discusión

Grupo general: La propuesta en su conjunto.

- Discutir la naturaleza del accidente, considerando si se trataban de condiciones de trabajo excepcionales fortuitas (del medio físico o accidentales). El hecho de que el buque hubiese sufrido un accidente en 2016 en el Puerto de Antwerp (Bélgica), ¿puede considerarse como un suceso aislado?
- Valorar el alcance del accidente en términos económicos y portuarios.
- Evaluar los aspectos básicos de la fiabilidad, funcionalidad y operatividad.

Enlaces de interés:

- [Buque MV Dali](#) ↗
- [Colapso del Puente Francis Scott Key](#) ↗
- [Imágenes de la colisión del buque MV Dali con el puente Francis Scott Key](#) ↗
- [Algunas consecuencias del accidente](#) ↗
- [Teorías de la conspiración](#) ↗

Orientación para la preparación de la discusión

1. El objetivo de la discusión es justificar el análisis presentado, con el rigor que sea posible.
2. Los grupos pueden estar formados por varios grupos de clase si así se desea.
3. Puede que en ocasiones la información necesaria para un grupo se encuentre entre los datos que otro grupo debe obtener como parte de sus tareas, de manera que sería deseable una cierta comunicación entre grupos.
4. El desarrollo de la discusión consiste en:
 - Un turno de 10 minutos como máximo para presentación de datos por parte de cada grupo.

- Un turno de discusión general abierto a la participación de todos.
5. Es suficiente con la presentación oral de datos y referencias. Se deja al libre criterio de los participantes la preparación de cualquier otro tipo de presentación en un formato específico.

Apéndices: Información Complementaria

A. Planteamiento general del proyecto

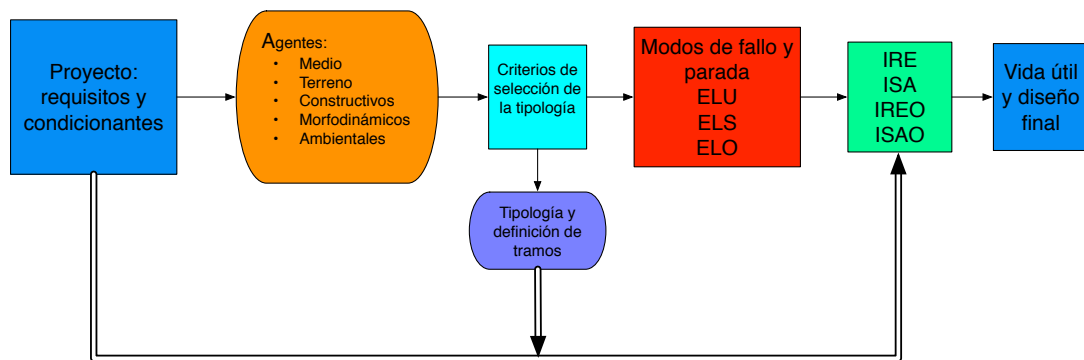


Figura 3: Planteamiento general del proyecto y su repercusión.

B. Carácter de la obra

Con frecuencia el proyecto de una obra marítima se decide a partir de estudios externos previos, en los que se analizan las repercusiones económicas, sociales y ambientales. En función de dichas repercusiones es posible definir los caracteres general y operativo de la obra marítima.

B.1. Carácter general. Índices IRE e ISA

El carácter general de la obra sirve para caracterizar la importancia de un tramo de obra marítima, así como la repercusión económica, social y ambiental en caso de destrucción o pérdida de funcionalidad.

El carácter general se determina considerando un modo principal de fallo adscrito a un estado límite último que proporcione el índice más alto, encontrándose asociado a la seguridad. No obstante, hay casos en los que el carácter se establece en base a un modo principal de fallo adscrito a un estado límite de servicio, y por tanto se encontrará asociado a la funcionalidad.

El carácter general de la obra se determina a través del Índice de repercusión económica IRE, y del Índice de repercusión social y ambiental ISA:

- El IRE valora cuantitativamente las repercusiones económicas C_{RD} por reconstrucción de la obra, y por cese o afección de las actividades económicas C_{RI} directamente relacionadas con ellas y previsibles en caso de producirse la destrucción o pérdida de la operatividad total de la misma. El IRE se calcula como:

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0} \quad (1)$$

siendo C_0 un parámetro económico de adimensionalización. En función del valor del IRE las obras marítimas se clasifican conforme a los subintervalos R indicados en la tabla 1.

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN ECONÓMICA	IRE
R_1	baja	$IRE \leq 5$
R_2	media	$5 < IRE \leq 20$
R_3	alta	$IRE > 20$

Tabla 1: Clasificación de obras marítimas en función del IRE.

- El ISA estima cualitativamente el impacto social y ambiental esperable en caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total

de la obra marítima, valorando la posibilidad y alcance de la pérdida de vidas humanas, daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, y alarma social generada, toda vez que el fallo ocurre una vez que las actividades económicas directamente vinculadas a la obra se hallen consolidadas. El ISA se calcula como:

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i \quad (2)$$

en la cual ISA_1 valora la posibilidad y alcance de vidas humanas, ISA_2 valora los daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, e ISA_3 valora la alarma social. En función del ISA las obras marítimas se clasifican conforme a los subintervalos S indicados en la tabla 2.

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN SOCIAL	ISA
S_1	sin repercusión	$ISA < 5$
S_2	baja	$5 \leq ISA < 20$
S_3	media	$20 \leq ISA < 30$
S_4	alta	$ISA \geq 30$

Tabla 2: Clasificación de obras marítimas en función del ISA.

B.2. Carácter operativo. Índices IREO e ISAO

El carácter operativo valora las repercusiones económicas y los impactos social y ambiental que se producen cuando una obra marítima deja de estar operativa o reduce el nivel de operatividad.

El carácter operativo de la obra marítima se otorga a todos los tramos cuya reducción o cancelación de la explotación, dé lugar a repercusiones, económicas, sociales y ambientales similares. A los tramos de obra cuya parada operativa implique repercusiones diferentes, se les podrá asigna un carácter específico.

A falta de otra determinación más específica, el carácter operativo de una obra se establece a través del Índice de repercusión económica operativo IREO, y del Índice de repercusión social y ambiental operativo ISAO:

- El IREO valora cuantitativamente los costes asociados a a la parada operativa de un tramo de obra. En función del valor del IREO las obras marítimas se clasifican según los subintervalos R_O indicados en la tabla 3.
- El ISAO estima de manera cualitativa la repercusión social y ambiental esperable, en caso de producirse un modo de parada operativa de la obra

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN ECONÓMICA OPERATIVA	IREO
R_{O1}	baja	$IREO \leq 5$
R_{O2}	media	$5 < IREO \leq 20$
R_{O3}	alta	$IREO > 20$

Tabla 3: Clasificación de obras marítimas en función del IREO.

marítima, valorando la posibilidad y alcance de la pérdida de vidas humanas, daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, y alarma social generada. El ISAO se calcula como:

$$ISAO = \sum_{i=1}^3 ISAO_i \quad (3)$$

en la cual $ISAO_1$ valora la posibilidad y alcance de vidas humanas, $ISAO_2$ valora los daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, e $ISAO_3$ valora la alarma social. En función del ISAO las obras marítimas se clasifican conforme a los subintervalos S_O indicados en la tabla 4.

En la mayoría de obras marítimas el ISAO es nulo dado que si hubiese impacto ambiental, éste cesaría con la parada operativa. No obstante, en el caso de emisarios submarinos, centrales térmicas, plantas desaladoras, etc., la repercusión por parada operativa puede ser importante, en cuyo caso $ISAO \neq 0$.

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN SOCIAL	ISAO
S_{O1}	sin repercusión	$ISAO < 5$
S_{O2}	baja	$5 \leq ISAO < 20$
S_{O3}	media	$20 \leq ISAO < 30$
S_{O4}	alta	$ISAO \geq 30$

Tabla 4: Clasificación de obras marítimas en función del ISAO.

C. Cálculo de los índices de repercusión

Corresponde al promotor de la obra marítima --público o privado--, especificar el carácter del tramo de obra --caracteres general y operativo de la obra. Cuando no se proporciona una definición específica, el carácter se determinará en función de índices de repercusión cuyos valores se calculan de manera aproximada.

C.1. Cálculo aproximado del IRE

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0} \quad (4)$$

- $C_{RD} \rightarrow$ Valora las repercusiones económicas por reconstrucción de la obra. Coste de las obras de reconstrucción a su estado previo. A falta de otros datos se considerarán los costes de construcción inicial, debidamente actualizados.
- $C_{RI} \rightarrow$ Valora las repercusiones económicas por cese o afección de las actividades económicas directamente relacionadas con la obra. Se estima en términos de la pérdida de Valor Añadido Bruto --VAB--, el cual representa el balance entre entradas y salidas del proceso productivo asociado al conjunto de actividades de la obra, es decir, la diferencia entre la fuerza laboral empleada y los excedentes empresariales generados.
- $C_0 \rightarrow$ Parámetro de adimensionalización. Su valor depende de la estructura económica y nivel de desarrollo económico del país. En España puede considerarse $C_0 \simeq 3 \cdot 10^6 \text{ €}$.
- A efectos prácticos:

$$\frac{C_{RI}}{C_0} = C(A + B) \quad (5)$$

- $A \rightarrow$ Cuantifica el ámbito del sistema productivo al cual sirve la obra. Valores: $A = 1$ para ámbito local; $A = 2$ para ámbito regional; $A = 5$ para ámbito nacional/internacional.
- $B \rightarrow$ Cuantifica la importancia estratégica del sistema económico y productivo al que sirve la obra. Valores: $B = 0$ para irrelevante; $B = 2$ para relevante; $B = 5$ para esencial.
- $C \rightarrow$ Cuantifica la importancia de la obra para el sistema económico y productivo. Valores: $C = 1$ para irrelevante; $C = 2$ para relevante; $A = 5$ para esencial.

C.2. Cálculo aproximado del ISA

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i \quad (6)$$

- $ISA_1 \rightarrow$ Posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas. Valores: $ISA_1 = 0$ para remota; $ISA_1 = 3$ para baja; $ISA_1 = 10$ para alta; $ISA_1 = 20$ para catastrófica.
- $ISA_2 \rightarrow$ Daños en el medio ambiente y en el patrimonio. Valores: $ISA_2 = 0$ para remoto; $ISA_2 = 2$ para bajo 3; $ISA_2 = 4$ para medio; $ISA_2 = 8$ para alto; $ISA_2 = 15$ para muy alto.
- $ISA_3 \rightarrow$ Alarma social. Valores: $ISA_3 = 0$ para baja; $ISA_3 = 5$ para media; $ISA_3 = 10$ para alta; $ISA_3 = 15$ para máxima.

C.3. Cálculo aproximado del IREO

$$IREO = F(D + E) \quad (7)$$

- $D \rightarrow$ Caracteriza la simultaneidad del periodo de demanda con el periodo de variación de reducción de operatividad. Valores: $D = 0$ para no simultáneo; $D = 5$ para simultáneo.
- $E \rightarrow$ Caracteriza la intensidad de uso de la demanda en el periodo considerado. Valores: $E = 0$ para poco intensivo; $E = 3$ para intensivo; $E = 5$ para muy intensivo.
- $F \rightarrow$ Caracteriza la adaptabilidad de la demanda y del entorno económico a la reducción de operatividad. Valores: $F = 0$ para alta; $F = 1$ para media; $F = 3$ para baja.

C.4. Cálculo aproximado del ISAO

$$ISAO = \sum_{i=1}^3 ISAO_i \quad (8)$$

- $ISAO_1 \rightarrow$ Posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas. Valores: $ISAO_1 = 0$ para remota; $ISAO_1 = 3$ para baja; $ISAO_1 = 10$ para alta; $ISAO_1 = 20$ para catastrófica.
- $ISAO_2 \rightarrow$ Daños en el medio ambiente y en el patrimonio. Valores: $ISAO_2 = 0$ para remoto; $ISAO_2 = 2$ para bajo 3; $ISAO_2 = 4$ para medio; $ISAO_2 = 8$ para alto; $ISAO_2 = 15$ para muy alto.

- $ISAO_3 \rightarrow$ Alarma social. Valores: $ISAO_3 = 0$ para baja; $ISAO_3 = 5$ para media; $ISAO_3 = 10$ para alta; $ISAO_3 = 15$ para máxima.

C.5. Valores recomendados

A continuación se proporcionan algunos valores recomendados para la vida útil, la probabilidad conjunta de fallo p_f frente a modos principales de fallo adscritos a ELU y ELS, la operatividad r_f y para el número de paradas operativas, todos ellos a partir de los caracteres general y operativo de la obra.

IRE	≤ 5	$6 \sim 20$	> 20
Vida útil	15	25	50

Tabla 5: Vida útil en años.

ISA	< 5	$5 \sim 19$	$20 \sim 29$	≥ 30
$p_{f\ ELU}$	0,20	0,10	0,01	0,0001

Tabla 6: Probabilidad conjunta de fallo frente a ELU.

IREO	≤ 5	$6 \sim 20$	> 20
Operatividad $r_{f\ ELO}$	0,85	0,95	0,99

Tabla 7: Operatividad.

ISAO	< 5	$5 \sim 19$	$20 \sim 29$	≥ 30
Número	10	5	2	0

Tabla 8: Número de paradas operativas.