

Ingeniería de Obras Marítimas

Práctica III: Discusión Técnica

Moñino A. & Clavero M.

Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales, Universidad de Granada

Curso 2024-2025

Planteamiento

La actividad minera en la zona de Almería tuvo una importancia destacada desde finales del siglo XIX hasta muy avanzado el siglo XX. Quizás uno de los ejemplos más visibles sea el cargadero de mineral del Puerto de Almería, conocido como Cable Inglés. Se trata de una estructura de transporte y descarga de mineral -actualmente restaurada y dedicada a uso turístico- con un tramo de obra marítima que avanza sobre la dársena del puerto, figura 1.

El cargadero une la estación de ferrocarril con el puerto, trasladando el mineral procedente de las Minas de Alquife y permitiendo su carga en buque de una manera mucho más eficiente. El cargadero fue construido por la compañía The Alquife Mines and Railway Company Ltd. en 1904. Dejó de prestar servicio en 1973.



Figura 1: Cargadero de mineral, Puerto de Almería.

No obstante ha habido otras infraestructuras dedicadas a la explotación, el transporte y la carga de mineral en buque que, no siendo tan conocidas, también han tenido periodos de actividad significativa. En ese sentido cabe destacar la explotación minera en Sierra Almagrera (fundamentalmente hierro y plata), al noreste de la provincia. Una de esas instalaciones es el cargadero de mineral de la Cala de las Conchas, en la zona de Villaricos, figura 2. La instalación, incluyendo el cable y el ferrocarril que debía transportar el mineral desde el Barranco del Jaroso, comenzó a construirse a finales del siglo XIX, entró en servicio en 1912 y dejó de explotarse una década más tarde por problemas fundamentalmente comerciales, no por agotamiento de la veta. La explotación corría a cargo de la Sociedad Argentífera Almagrera.



Figura 2: Tramo de costa al NE de la provincia de Almería. Cala de las Conchas.

Se plantea una nueva puesta en servicio de las minas del Barranco del Jaroso, junto con la reconstrucción y restauración de los pocos restos de infraestructuras de transporte y tratamiento del mineral en la zona terrestre y costera que todavía puedan quedar en pie, figura 3. En particular se plantea la reconstrucción de la zona de transferencia del mineral al buque.



Figura 3: Ruinas del duque de alba (arriba) y cargadero de mineral en la Cala de las Conchas.

Objetivos

El objetivo es analizar a nivel de anteproyecto la viabilidad de la reconstrucción. Algunos aspectos a considerar:

- Las características del tramo de costa considerado.
- Alternativas posibles/viables para la zona de atraque de buques y embarque del mineral.
- Cuestiones ambientales.
- Cualquier otra cuestión que se considere relevante.

Discusión

Grupo general: La propuesta en su conjunto.

- Justificar las soluciones propuestas: criterio para selección de la tipología, posibles causas de avería en la solución propuesta, y situaciones susceptibles de ocasionarlas.
- Justificar la no-viabilidad en su caso.

Enlaces de interés:

- [Mineralogía Topográfica Ibérica](#) ↗
- [Minas y Metales de Almería](#) ↗
- [Patrimonio Minero de Andalucía Oriental](#) ↗
- [MinerAtlas](#) ↗
- [Reseña sobre la minería de Alquife en El Confidencial, 09/04/2020](#) ↗

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

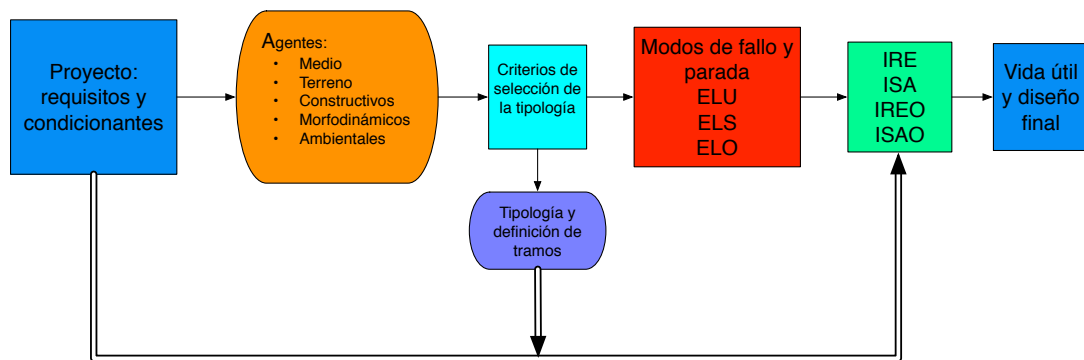


Figura 4: Planteamiento general del proyecto y su repercusión.

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.