

ANEJO Nº7: CÁLCULO DE LAS OBRAS

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	137
2.	CRITERIOS GENERALES DE LAS OBRAS: VIDA ÚTIL Y PERÍODO DE RETORNO	137
2.1	Carácter general	137
2.1.1	Índice de repercusión económica (IRE)	137
2.1.2	Índice de repercusión social y ambiental (ISA)	139
2.1.3	Criterios de proyecto dependientes del carácter general	140
2.2	Carácter operativo	141
2.2.1	Índice de Repercusión Económica Operativa (IREO)	141
2.2.2	Índice de Repercusión Social y Ambiental Operativo (ISAO)	141
2.2.3	Criterios de proyecto dependientes del Carácter Operativo	142
2.3	Período de retorno	143
2.4	Resumen	143
2.5	Método de verificación y carácter del tramo	143
3.	TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA	144
4.	CONDICIONES AMBIENTALES	144
4.1	Marea	144
4.2	Cota de inundación	144
4.3	Figuras	145
4.4	Oleaje	145
4.5	Viento	145
5.	DIMENSIONES	147
5.1	Cota de coronación	147
5.2	Ancho de coronación	147
6.	MATERIALES	147

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se recogen las características y condicionantes considerados para el diseño y dimensionamiento de las obras para la definición del proyecto de “Adecuación ambiental del frente litoral de Almazora (Castellón)”.

En él se establecen las bases de partida, donde se especificará el método de cálculo elegido y se establecerán las características de los materiales y cargas que se deberían tener en cuenta a la hora de realizar los cálculos.

Faltarían las comprobaciones necesarias para cada modo de fallo, pero se ha considerado que el Máster no profundiza en los conocimientos de cálculo de estabilidad de espigones en talud, por lo que se realiza la hipótesis de que se consideran estables.

2. CRITERIOS GENERALES DE LAS OBRAS: VIDA ÚTIL Y PERÍODO DE RETORNO

La determinación de la fiabilidad de la obra en cada uno de sus modos de fallo principales requiere la formulación de la ecuación de verificación para cada uno de ellos y la definición del método de cálculo de la fiabilidad. Para ello, la R.O.M 0.0 establece en su Capítulo 2 que es preciso determinar el carácter de la obra, que facilitará, entre otros, la determinación de la vida útil de la obra y la probabilidad de fallo de la misma.

2.1 Carácter general

Se determina de acuerdo con el procedimiento indicado en la R.O.M. 0.0. *Procedimiento general y bases de cálculo en el proyecto de obras marítimas y portuarias*, a partir de los índices de repercusión económica (IRE) y de repercusión social y ambiental (ISA). Este carácter se define para los modos de fallo que dan lugar a la destrucción o pérdida de operatividad total en todas las secciones homogéneas o tramos de obra.

2.1.1 Índice de repercusión económica (IRE)

Valora cuantitativamente las repercusiones económicas por reconstrucción de la obra, C_{RD} , y por cese o afección de las actividades económicas directamente relacionadas con ella, C_{RI} , previsibles, en el caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total de la misma. El IRE se define por la siguiente expresión:

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0}$$

Donde C_0 es un parámetro económico de adimensionalización.

Coste C_0

El coste C_0 es un parámetro de adimensionalización cuyo valor depende de la estructura económica y del nivel de desarrollo económico del país en el que se construye la obra y que en España se toma $C_0=3$ Meuros.

Coste C_{RD}

Coste de inversión de las obras de reconstrucción de la obra marítima a su estado previo, en el año en que se valoren los costes por cese o afección de las actividades económicas directamente relacionadas con la obra. A falta de estudios de detalle, simplificada, podrá considerarse que este coste es igual a la inversión inicial (C_{RDI}).

Considerando una inversión inicial de unos 3.500.000 €.

$$C_{RD}=C_{RDI}=3.500.000 \text{ €}$$

Con ello:

$$\frac{C_{RD}}{C_0} = \frac{3.500.000}{3.000.000} = 1,16$$

Coste C_{RI}

Repercusiones económicas por cese e influencia de las actividades económicas directamente relacionadas con la obra, ya sean oferentes de servicios creados tras su puesta en servicio o demandantes y causadas por daños en los bienes defendidos. Se valorará en términos de pérdida de Valor Añadido Bruto (VAB), a precios de mercado durante el periodo que se estime dure la reconstrucción, tras la destrucción o pérdida de operatividad de la obra, considerando que ésta se produce una vez consolidadas las actividades económicas directamente relacionadas con la obra.

A falta de estudios de detalle, se considerará, en general que la consolidación de actividades económicas directamente relacionadas con la obra se produce transcurridos un cierto número de años desde su entrada en servicio que, a efectos de estas Recomendaciones y salvo justificación en otro sentido, será cinco años. De manera análoga, el periodo de reconstrucción se establecerá en un año.

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

Donde:

(A): Ámbito del sistema productivo al que sirve la obra: local (1), regional (2) o nacional/internacional (5).

(B): Importancia estratégica del sistema económico y productivo al que sirve la obra: irrelevante (0), relevante (2) o esencial (5).

(C): Importancia de la obra para el sistema económico y productivo al que sirve la obra: irrelevante (0), relevante (1) o esencial (2).

Parámetro	Valor
A	1
B	0
C	1

Tabla: Valoración de los parámetros anteriores.

Con ello:

$$\frac{C_{RI}}{C_0} = C * (A + B) = 1 * (1 + 0) = 1$$

Índice de Repercusión Económica (IRE)

Finalmente, se obtiene que el IRE es:

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0} = \frac{C_{RD}}{C_0} + \frac{C_{RI}}{C_0} = 1,16 + 1 = 2,16$$

Por lo que, como $IRE \leq 5$, la obra marítima se clasifica como R_1 , obras con repercusión económica baja.

2.1.2 Índice de repercusión social y ambiental (ISA)

Este índice estima cualitativamente el impacto social y ambiental esperable en el caso de producirse la destrucción o la pérdida de la operatividad total de la obra marítima.

Se define por el sumatorio de los tres subíndices ISA_1 , ISA_2 e ISA_3 , según la expresión:

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i$$

ISA_1

Subíndice de posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas. Se asignarán los siguientes valores en función de dicha posibilidad y alcance:

Remoto, (0), es improbable que se produzcan daños a personas.

Bajo, (3), la pérdida de vidas humanas es posible pero poco probable (accidental), afectando a pocas personas.

Alto, (10), la pérdida de vidas humanas es muy probable pero afectando a un número no elevado de personas.

Catastrófico, (20), la pérdida de vidas humanas y daños a las personas es tan grave que afecta a la capacidad de respuesta regional.

$$ISA_1 = 0$$

ISA_2

Subíndice de daños en el medio ambiente y en el patrimonio histórico-artístico. Se asignarán los siguientes valores en función de la posibilidad, persistencia e irreversibilidad de daños en el medioambiente o en el patrimonio histórico-artístico:

Remoto, (0), es improbable que se produzcan daños ambientales o al patrimonio.

Bajo, (2), daños leves reversibles (en menos de un año) o pérdidas de elementos de escaso valor.

Medio, (4), daños importantes pero reversibles (en menos de cinco años) o pérdidas de elementos significativos del patrimonio.

Alto, (8), daños irreversibles al ecosistema o pérdidas de unos pocos elementos muy importantes del patrimonio.

Muy Alto, (15) daños irreversibles al ecosistema, implicando la extinción de especies protegidas o la destrucción de espacios naturales protegidos o un número elevado de elementos importantes del patrimonio.

$$ISA_2 = 2$$

ISA_3

Subíndice de alarma social. Se asignarán los siguientes valores en función de la intensidad de la alarma social generada:

Bajo, (0), no hay indicios de que pueda existir una alarma social significativa asociada al fallo de la estructura.

Medio, (5), alarma social mínima asociada a valores de los subíndices ISA_1 e ISA_2 altos.

Alto, (10), alarma social mínima debida a valores de los subíndices ISA_1 , catastrófico e ISA_2 , muy alto.

Máxima, (15), alarma social máxima.

$$ISA_3 = 0$$

ISA

Finalmente, se obtienen los valores del ISA para la obra de estudio:

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i = 0 + 2 + 0 = 2$$

Por lo que esta obra, en función del valor del índice de repercusión social y ambiental, puesto que $ISA < 5$, se clasifica como S_1 , obra sin repercusión social y ambiental significativa.

2.1.3 Criterios de proyecto dependientes del carácter general

A partir de los valores obtenidos de los índices IRE e ISA se adoptan, de acuerdo a la ROM 0.0, los siguientes valores de proyecto:

Vida útil

La duración de la fase de proyecto de servicio V_m , o vida útil será, como mínimo, el valor consignado en la tabla que se muestra a continuación, en función del IRE:

IRE	≤ 5	6-20	> 20
Vida útil (años)	15	25	50

Tabla: Vida útil mínima en la fase de proyecto servicio. Fuente: Tabla 2.1 de la ROM 0.0.

Por lo que se establece que $V_m=15$ años.

Máxima probabilidad de fallo frente a estados límites últimos

La probabilidad conjunta de fallo $P_{f,ELU}$, del tramo de obra, frente a los modos de fallo principales adscritos a los estados límite últimos no podrá exceder los valores consignados en la tabla, en su vida útil.

ISA	≤ 5	5-19	20-29	≥ 30
$P_{f,ELU}$	0,20	0,10	0,01	0,0001
B_{ELU}	0,84	1,28	2,32	3,71

Tabla: Máxima probabilidad conjunta en la fase de servicio para los E.L.U. Fuente: Tabla 2.2 de la ROM 0.0.

Con lo que $P_{f,ELU} = 0,20$

Máxima probabilidad de fallo frente a estados límites de servicio

La probabilidad conjunta de fallo $P_{f,ELS}$, del tramo de obra frente a los modos de fallo principales adscritos a los estados límite de servicio, no podrá exceder los valores consignados en la tabla adjunta durante la fase de proyecto servicio.

ISA	≤ 5	5-19	20-29	≥ 30
$P_{f,ELS}$	0,20	0,10	0,07	0,07
B_{ELU}	0,84	1,28	1,50	1,50

Tabla: Máxima probabilidad conjunta en la fase de servicio para los E.L.S. Fuente: Tabla 2.3 de la ROM 0.0.

Como $ISA=2$, la $P_{f,ELS}=0,20$.

2.2 Carácter operativo

Las repercusiones económicas y los impactos social y ambiental que se producen cuando una obra marítima deja de operar o reduce su nivel de operatividad se valoran por medio del carácter operativo, el cual, se determina a partir de los índices de repercusión económica operativa (IREO) y de repercusión social y ambiental operativo (ISAO).

2.2.1 Índice de Repercusión Económica Operativa (IREO)

Debido a la dificultad de valorar cuantitativamente los costes ocasionados por la parada operativa de una obra marítima (IREO), éstos se estiman cualitativamente a través del de la siguiente relación:

$$IREO = F * (D + E)$$

Donde:

D: Caracteriza la simultaneidad del período de los períodos de presentación de los agentes que provocan la pérdida de la operatividad con los períodos de la demanda.

E: Caracteriza la intensidad de uso de la demanda en el período de tiempo considerado.

F: Caracteriza la adaptabilidad de la demanda y del entorno económico al modo de parada operativa.

Para el caso de la playa, los coeficientes adoptan los valores de la tabla siguiente:

Coeficiente	Descripción	Valor
D - SIMULTANEIDAD	Períodos no simultáneos	0
	Parcialmente simultáneos	2
	Períodos simultáneos	5
E - INTENSIDAD	Poco intensivo	0
	Intensivo	3
	Muy intensivo	5
F - ADAPTABILIDAD	Adaptabilidad alta	0
	Adaptabilidad media	1

Tabla: Se muestran los coeficientes para definir el IREO.

En este caso D=2, E=0 y F=0.

Con estos valores ya se puede obtener el índice buscado:

$$IREO = F * (D + E) = 0 * (2 + 0) = 0$$

De acuerdo con esto se tiene que el IREO estimado es de 0. Este valor clasifica la obra como R_{0,1} : Obras con repercusión económica operativa baja.

2.2.2 Índice de Repercusión Social y Ambiental Operativo (ISAO)

Estima cualitativamente la repercusión social y ambiental esperable, en el caso de producirse un modo de parada operativa de la obra marítima, valorando la posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas, daños en el medio ambiente y el patrimonio histórico artístico y alarma social generada. El ISAO se define por el sumatorio:

$$ISAO = \sum_{t=1}^3 ISAO_t$$

Dado que la parada operativa de la playa por inundación de la misma no da lugar a pérdida de vidas humanas, ni daños en el medio ambiente o en el patrimonio artístico ni genera alarma social, el valor adoptado para el ISAO es de 0, lo que supone una clasificación para la obra, de acuerdo con la R.O.M. 0.0 de S_{0,1}: Obras sin repercusión social y ambiental significativa.

2.2.3 Criterios de proyecto dependientes del Carácter Operativo

Operatividad mínima

En la fase de proyecto servicio y para los casos en los cuales no haya sido especificada a priori, la operatividad del tramo frente a los modos principales adscritos a los estados límite de parada en condiciones de trabajo operativas normales será, como mínimo, el valor consignado en la tabla siguiente, en función del IREO, índice de repercusión económico operativo del tramo.

IREO	≤ 5	6-20	> 20
Operatividad $r_{f,ELO}$	0,85	0,95	0,99
B_{ELO}	1,04	1,65	2,32

Tabla: Operatividad mínima en la fase de servicio. Fuente: Tabla 2.4 de la ROM 0.0.

Puesto que IREO=0, la operatividad mínima es 0,85.

Número medio de paradas

En el intervalo de tiempo que se especifique que, en general será el año, y para aquellos casos en los cuales no haya sido especificado a priori, el número medio de ocurrencias N_m , de todos los modos adscritos a los estados límite de parada, será, como máximo, el valor consignado en la tabla:

ISAO	≤ 5	5-19	20-29	≥30
Nº paradas	10	5	2	0

Tabla: Número medio de paradas operativas en el intervalo de tiempo. Fuente: Tabla 2.5 de la ROM 0.0.

Como ISAO=0, se establece que el número medio de paradas que se realizan será de 10.

Duración máxima de una parada

En la fase de servicio y para aquellos casos en los que no haya sido especificado a priori, la duración máxima probable expresada en horas, una vez producida la parada, no podrá exceder el valor consignado en la tabla siguiente, en función del IREO e ISAO del tramo de obra.

	ISAO			
IREO	≤ 5	5-19	20-29	≥30
≤ 5	24	12	6	0
6 - 20	12	6	3	0
≥ 20	6	3	1	0

Tabla: Duración máxima de probable de una parada en horas. Fuente: Tabla 2.6 de la ROM 0.0.

Puesto que ISAO e IREO son nulos, se obtiene que la duración máxima de cada parada es de 24 horas.

2.3 Período de retorno

La relación entre el período de retorno de cada tramo de obra se obtiene en función de la probabilidad de fallo y la vida útil de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$T_R = \frac{1}{1 - (1 - P_f)^{1/V_m}}$$

Donde:

T_r : Período de retorno (años).

V_m : Vida útil (años), establecida en el punto 2.1.3 en 15 años.

P_f : Probabilidad de fallo frente a los modos de fallo, $P_f, ELU=0,2$ y $P_f, ELS=0,2$, calculados en apartado 2.1.3.

De acuerdo con los valores determinados en los puntos anteriores, se obtiene el período para el presente proyecto:

$$T_R = \frac{1}{1 - (1 - P_f)^{1/V_m}} = \frac{1}{1 - (1 - 0,2)^{1/15}} = 67,8 \approx 68 \text{ años}$$

2.4 Resumen

Se ha llevado a cabo un análisis de los criterios generales de proyecto siguiendo el procedimiento que se recoge en las recomendaciones para obras marítimas (ROM 0.0). Según esto, los criterios de proyecto que se adoptarán en este proyecto se resumen en el siguiente esquema:

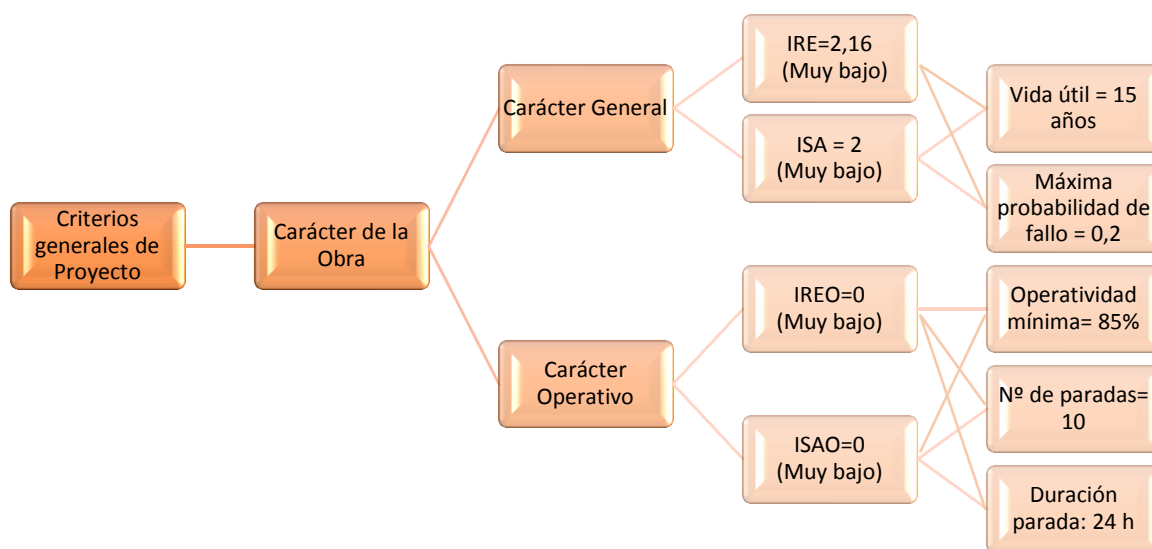


Figura: Resumen de los criterios generales de proyecto.

2.5 Método de verificación y carácter del tramo

Según la Tabla 4.6 de la ROM citada en este apartado, si IRE es R_1 , repercusión económica baja, e ISA es S_1 , sin repercusión social y ambiental, entonces nos encontramos en el NIVEL 1 de verificación y cálculo, por lo que se deberán seguir los criterios de la ROM 0.5-05, ya que establece los siguientes métodos de diseño para las estructuras marítimas, en concreto para los diques verticales en el caso de cálculos de este nivel.

3. TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

La información batimétrica que ha servido de base para la elaboración del estudio del terreno ha consistido en la documentación facilitada en:

-“Estudio ecocartográfico del litoral de la provincia de Castellón”.

- Carta náutica del Puerto de Castellón facilitada por ZONU a escala 1:75.000.

El sistema de referencia de las coordenadas planimétricas (x,y) es el de la proyección UTM, Universal Transversal Mercator, del Huso 30N.

Las coordenadas altimétricas (z) están referidas al nivel medio del mar en Alicante (NMMA).

4. CONDICIONES AMBIENTALES

4.1 Marea

Como valores representativos de las medias de pleamares y bajamares para régimen medio en la zona correspondiente al Área VIIA, el nivel de pleamar se encuentra a la cota +0,25 m y el de bajamar a la -0,25 m respecto el NMM, siendo por tanto, la carrera de marea de 0,5 m.

La elevación del nivel del mar, S_{NM} (nivel de marea meteorológica + nivel de marea astronómica) que se supera 12 horas/año es 0,51 m respecto del NMMA con un rango de marea de 0,74 m.

La elevación del nivel del mar, S_{NM} (nivel de marea meteorológica + nivel de marea astronómica) asociada a un periodo de retorno de 68 años (como se justifica en apartados anteriores) es de 0,70 m respecto del NMMA con un rango de marea de 0,93 m.

4.2 Cota de inundación

El cálculo de la cota de inundación (nivel de marea, S_{NM} + Run-up) en régimen medio tiene su principal aplicación en el dimensionamiento de la playa, en concreto en la fijación de la cota de diseño de la berma.

Los resultados se presentan en términos de número de olas al año que superan una cota dada. Se ha adoptado como valor de ocurrencia representativo del régimen medio el que es superado por 1000 olas al año, que cumple holgadamente las condiciones de operatividad establecidas en el presente anejo, se obtiene una cota de inundación en la playa de +1,26 m, respecto el NMMA.

La cota de inundación, S_{Ci} (nivel de marea + Run-up) asociada al periodo de retorno de 68 años y medida respecto del NMMA es de 2,57 m. La banda de confianza del 90% para el periodo de diseño está limitada por los valores $2,48 \text{ m} \leq S_{Ci, 90\%} \leq 2,67 \text{ m}$.

4.3 Figuras

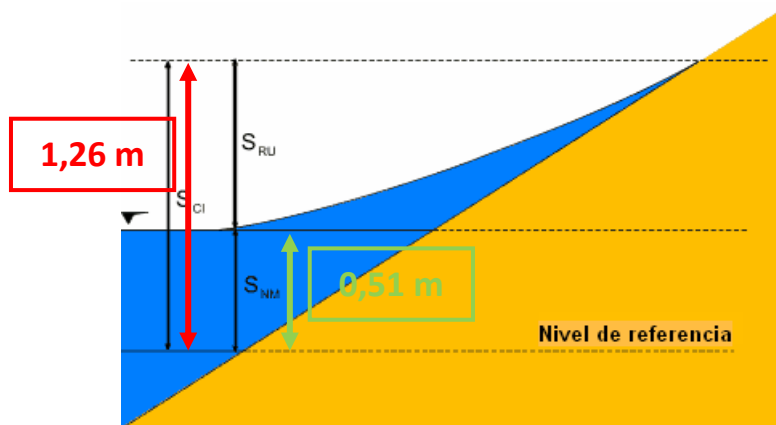


Figura: Régimen medio del nivel de marea y cota de inundación.

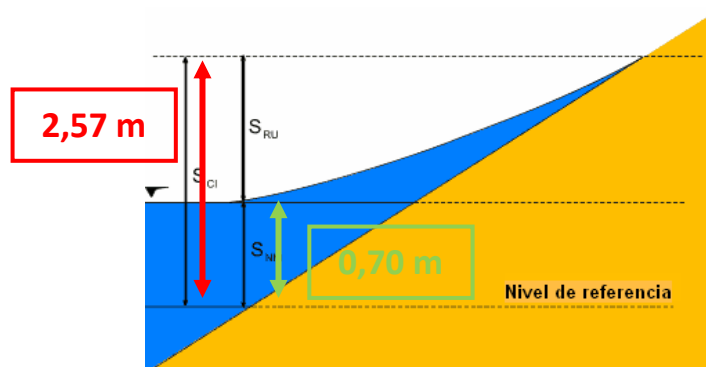


Figura: Régimen extremal del nivel de marea y cota de inundación.

4.4 Oleaje

El régimen de oleaje se ha estudiado detalladamente en el Anejo nº2: *Climatología*.

4.5 Viento

A pesar del estudio realizado en el Anejo nº2: *Climatología*, la R.O.M 0.4-95 establece una serie de recomendaciones para las acciones climáticas relacionadas con el viento.

Se llama velocidad básica V_b escalar a la velocidad media del viento en un intervalo de 10 minutos, medida a 10 m de altura sobre la superficie en mar o campo abierto sin obstáculos.

La ROM 0.4-95 establece que la velocidad básica para el frente litoral de Almazora, correspondiente a un período de retorno de 50 años, es de 29 m/s, tal como se muestra en la siguiente figura:

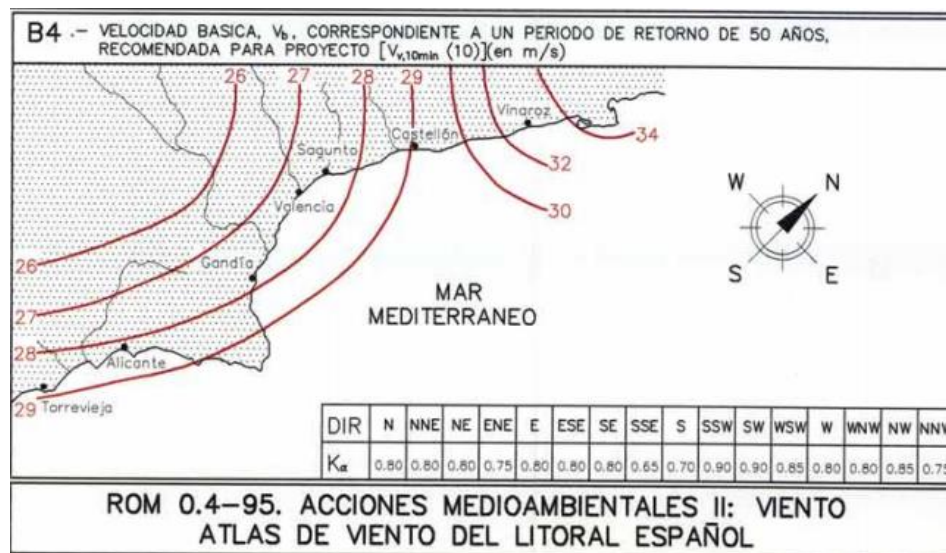


Figura: Se muestra la velocidad básica, V_b , correspondiente a un período de retorno de 50 años.

Para el cálculo de la velocidad característica a efectos de diseño, se considera el período de retorno de 68 años, con un nivel de riesgo de 0,20, calculado en el apartado anterior.

Entonces:

$$K_T = \frac{V_{b,T}}{V_{b,50}} = 0,75 * \sqrt{1 + 0,2 * \ln(T)} = 0,75 * \sqrt{1 + 0,2 * \ln(68)} = 1,018$$

Por lo que:

$$K_T = 1,018 = \frac{V_{b,T}}{V_{b,50}} = \frac{V_{b,T}}{29}$$

$$V_{b,T} = 1,018 * 29 = 29,52 \text{ m/s}$$

La velocidad básica asociada a una determinada dirección será:

$$V_{bT,\alpha} = V_{b,T} * K_\alpha$$

En la zona en que se encuentra situado el frente litoral de Almazora, las direcciones que mayor K_α presentan son, tal y como se muestra en la figura anterior, SSW y SW con $K_\alpha = 0,9$. Por lo que:

$$V_{bT,\alpha} = V_{b,T} * K_\alpha = 29,52 * 0,9 = 26,57 \text{ m/s}$$

La velocidad máxima del viento o velocidad de ráfaga máxima asociada a una duración "t" y a una altura "z" es:

$$V_t(z) = V_{b,T} * F_A * F_T * F_R$$

Donde:

F_A : factor de altura y de rugosidad superficial (tabla 2.1.4.1.2 de la ROM 0.4-95).

F_T : factor topográfico (apartado 2.1.4.2, tabla 2.1.4.2.1 de la ROM 0.4-95).

F_R : factor de ráfaga (tabla 2.1.4.3.1 de la ROM 0.4-95).

F_A

Se considera una superficie característica de zonas costeras llanas, por lo que $z_0 = 0,005$ metros, y la altura del nivel cero efectivo sobre la superficie sería nula, por lo que $F_A = 0,7$.

F_T

Puesto que se trata de una superficie llana o débilmente accidentada se toma $F_T=1$.

F_R

La duración de ráfaga se determina según la tabla 3.2.1.2.1 de la ROM 0.4-95 para cada caso específico, en función del elemento a diseñar. En este caso se calcula para un dique de 125 metros de longitud, por lo que se trata de un elemento fijo definido como estructura cuya mayor dimensión horizontal o vertical excede de 50 metros, por lo que la duración de ráfaga será de 15 segundos.

Para una cota de $z=3$ metros, que es el mínimo que aparece en la tabla, y con una duración de ráfaga de 15 segundos, se establece que el factor de ráfaga es de $F_R=1,45$, según la tabla 2.1.4.3.1 de la ROM nombrada a lo largo de este apartado.

$V_t(z)$

Por lo que la velocidad del viento de proyecto será de:

$$V_{15s}(3) = V_{b,T} * F_A * F_T * F_R = 26,57 * 0,7 * 1 * 1,45 = 26,97 \text{ m/s} = 97 \text{ km/h}$$

5. DIMENSIONES

5.1 Cota de coronación

La cota de coronación de las estructuras de defensa se fija fundamentalmente para asegurar su estabilidad.

La cota de inundación en la playa en condiciones medias es de +1,26 m sobre NMMA, como se ha obtenido en apartados anteriores, y puesto que los diques se diseñan como diques de altura media, se establece su cota de coronación a +2 metros sobre el NMMA.

5.2 Ancho de coronación

Se fija en 5 metros, magnitud que se considera suficiente para desarrollar su misión estructural y permitir el tránsito de maquinaria terrestre durante su construcción.

6. MATERIALES

Los cálculos realizados para la obtención del volumen de materiales para la construcción de los diques se añaden a continuación.

En ellos se ha considerado, en primer lugar, la sección de espigón existente, formada por unos 20 m² de escollera de 5 – 6 toneladas, y un núcleo, formado por “todo uno” de 300 – 500 kg de 6,5 m² aproximadamente.

Para la sección tipo deseada, se emplearán 20 m² de escollera del máximo peso, 8 m² de escollera de menor tamaño se emplearán para el filtro, y un relleno con “todo uno” de 6,5 m², tal como muestran las secciones siguientes:

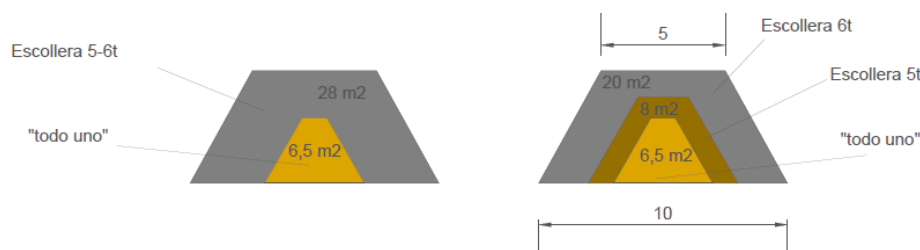


Figura: A la izquierda sección del espigón existente, a la derecha sección de los diques proyectados.

Los cálculos que se muestran a continuación siguen el orden del proceso constructivo:

- ❖ $80 \times 5 \times 0,35 = 140 \text{ m}^3$ de “todo uno” necesarios procedente de cantera para camino de acceso a espigón sur.
- ❖ $28 \times 270 = 7.560 \text{ m}^3$ de escollera + filtro sobrantes del desmantelamiento del espigón sur.
 $6,5 \times 270 = 1.755 \text{ m}^3$ de “todo uno” sobrantes del desmantelamiento del espigón sur.
- ❖ $20 \times 125 = 2.500 \text{ m}^3$ de escollera necesarios para el manto del espigón sur.
 $8 \times 125 = 1.000 \text{ m}^3$ de escollera necesarios para el filtro del espigón sur.
 $6,5 \times 125 = 812,5 \text{ m}^3$ de “todo uno” necesarios para el núcleo del espigón sur.
- ❖ $28 \times 95 = 2.660 \text{ m}^3$ de escollera + filtro sobrantes del desmantelamiento del espigón sur.
 $6,5 \times 95 = 617,5 \text{ m}^3$ de “todo uno” sobrantes del desmantelamiento del espigón sur.
- ❖ $26,8 \times 5 \times 0,35 = 46,9 \text{ m}^3$ de “todo uno” necesarios para camino de acceso a espigón norte.
- ❖ $28 \times 34 = 952 \text{ m}^3$ de escollera + filtro sobrantes del desmantelamiento del espigón norte.
 $6,5 \times 34 = 221 \text{ m}^3$ de “todo uno” sobrantes del desmantelamiento del espigón norte.
- ❖ $20 \times 125 = 2.500 \text{ m}^3$ de escollera necesarios para el manto del espigón norte.
 $8 \times 125 = 1.000 \text{ m}^3$ de escollera necesarios para el filtro del espigón norte.
 $6,5 \times 125 = 812,5 \text{ m}^3$ de “todo uno” necesarios para el núcleo del espigón norte.
- ❖ $28 \times 95 = 2.660 \text{ m}^3$ de escollera + filtro sobrantes del desmantelamiento del espigón norte.
 $6,5 \times 95 = 617,5 \text{ m}^3$ de “todo uno” sobrantes del desmantelamiento del espigón norte.

A modo de resumen:

	Requiere	Se extrae
Camino de acceso a sur	140 m ³ de “todo uno”	
Espigón sur	3.500 m ³ de escollera	10.220 m ³ de escollera
	812,5 m ³ de “todo uno”	2.372 m ³ de “todo uno”
Camino de acceso norte	46,9 m ³ de “todo uno”	
Espigón norte	3.500 m ³ de escollera	3.612 m ³ de escollera
	812,5 m ³ de “todo uno”	838,5 m ³ de “todo uno”

Tabla: Se observa el balance de materiales a emplear.

En cuanto al material de aportación, se han realizado las mediciones sobre los planos para calcular el área de los distintos polígonos que se han realizado para el cálculo del volumen necesario a aportar.

Para ello, se ha considerado que la altura de los aportes será de 2 metros, que posteriormente la dinámica marina irá modelizando para formar el perfil de la playa.

Entonces, se obtiene:

$$A = 5.500 + 4.500 + 5.228 + 5.011 + 5.107 + 5.957 + 8.791 + 5.440 + 5.010 + 4.967 + 5.559 + 5.237 + 4.979 + 6.866 + 6.232 + 5.911 + 5.339 + 5259 + 5.572 + 6.372 + 6.476 = 119.313 \text{ m}^2 \text{ de gravas}$$

$$V = 119.313 \times 2 \text{ m} = 238.626 \text{ m}^3 \text{ de gravas de } D_{50} = 10 \text{ mm.}$$

Multiplicando este valor por un factor de sobrellenado (R_A), definido como los metros cúbicos de relleno que se estiman necesarios para lograr 1 metro cúbico de material de playa cuando alcance la situación de compatibilidad con el material original (James, 1975). Si se toma R_A como 1,3.

$$V_T = V * R_A = 238.626 * 1,3 = 310.213 \text{ m}^3$$

Será necesaria la aportación de unos 310.000 m^3 de gravas para la regeneración de la playa.

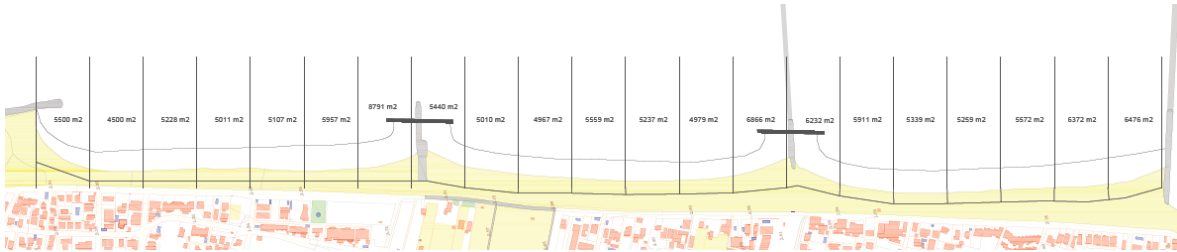


Figura: Se observa la medición de las distintas superficies realizadas sobre planos.