

ANEJO N°9:

Características de la alternativa

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. VIDA ÚTIL DE LA ESTRUCTURA	4
3. CÁLCULO DEL OLEAJE A PIE DE DIQUE....	6
4. DISEÑO DEL DIQUE	13
4.1 DISEÑO EN PLANTA.....	13
4.2 DISEÑO DE LA SECCIÓN	17
5. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL	23

1. Introducción

En este anejo se va proceder a desarrollar la solución adoptada, que consiste en la construcción de diques exentos a nivel del mar en BMVE, que es la que según el análisis multicriterio realizado en el Anejo N°8 "Estudio de soluciones" obtenía la segunda mejor calificación para el problema a resolver de la regresión de la playa de la Garrofera. Esta solución lleva aparejada una alimentación artificial procedente de las playas del Perellonet que es la que nos permitirá dar un ancho a la playa de unos 45-50 m que es el objetivo final de esta actuación. Se ha escogido esta solución por su carácter más permanente que otras soluciones propuestas y por su muy reducido impacto visual, ya que el dique siempre su coronación está a nivel del mar o sumergido.

2. Vida útil de la estructura

Siguiendo las recomendaciones que aporta la ROM 0.2-90 en lo relativo a las acciones de proyecto y la vida útil de las estructuras de carácter definitivo acudimos a la tabla 2.2.1.1. , mostrada a continuación.

TABLA 2.2.1.1. VIDAS ÚTILES MÍNIMAS PARA OBRAS O INSTALACIONES DE CARÁCTER DEFINITIVO (en años)			
TIPO DE OBRA O INSTALACIÓN	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL	25	50	100
DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO	15	25	50

LEYENDA:

INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL:
Obras de carácter general; no ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto.

DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO:
Obras al servicio de una instalación industrial concreta o ligadas a la explotación de recursos o yacimientos de naturaleza transitoria (por ejemplo, puerto de servicio de una industria, cargadero de mineral afecto a un yacimiento concreto, plataforma de extracción de petróleo,...).

NIVEL 1:
Obras e instalaciones de interés local o auxiliares.
Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.
(Obras de defensa y regeneración de costas, obras en puertos menores deportivos, emisarios locales, pavimentos, instalaciones para manejo y manipulación de mercancías, edificaciones,...).

NIVEL 2:
Obras e instalaciones de interés general.
Riesgo moderado de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.
(Obras en grandes puertos, emisarios de grandes ciudades, ...).

NIVEL 3:
Obras e instalaciones de protección contra inundaciones o de carácter supranacional. Riesgo elevado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.
(Defensa de núcleos urbanos o bienes industriales, ...).

Figura 1: Vida útil a tomar según ROM 0.2-90

De lo dispuesto en la ROM 0.2-90 se puede concluir que para el tipo de obra que se propone, como lo que es un dique exento, que entra en la categoría de infraestructura de carácter general al no tener ningún tipo de explotación industrial o yacimiento asociado en cuanto a tipo de obra se refiere.

En cuanto al nivel de seguridad requerido, se infiere que al ser una obra de defensa y regeneración de la costa la situaremos en el nivel 1 de seguridad. Esto significa que existe un pequeño riesgo de pérdida de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.

Por lo que la vida útil mínima de la estructuras a proyectar será de 25 años.

A partir de las tablas de la ROM 0.2-90 que establecen los riesgos máximos admisibles, estableceremos un valor del riesgo máximo admisible en fase de servicio para nuestra obra y junto con la vida útil seleccionada anteriormente podremos obtener el periodo de retorno que nos permitirá definir el oleaje en régimen extremal esperable en nuestra obra durante su fase en servicio que nos permitirá calcular las dimensiones del dique.

TABLA 3.2.3.1.2. RIESGOS MÁXIMOS ADMISIBLES PARA LA DETERMINACIÓN, A PARTIR DE DATOS ESTADÍSTICOS, DE VALORES CARACTERÍSTICOS DE CARGAS VARIABLES PARA FASE DE SERVICIO Y CONDICIONES EXTREMAS

a) RIESGO DE INICIACIÓN DE AVERÍAS		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Índice : $\frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,50	0,30
	MEDIA	0,30	0,20
	ALTA	0,25	0,15

■ **POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS**

- Reducida: Cuando no es esperable que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños.
- Esperable: Cuando es previsible que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños.

Para obras flexibles, semirrígidas o de rotura en general reparable (daños menores que un nivel prefijado función del tipo estructural) se adoptará el riesgo de iniciación de averías.

Figura 2: Riesgos máximos admisibles según ROM 0.2-90

La posibilidad de pérdidas humanas en caso de rotura o daños es reducida, es decir no es esperable que ocurra, y al ser la tipología del dique, un dique en talud su rotura es gradual y flexible por lo que usamos el valor del riesgo de inicio de averías. Y él la repercusión económica la estableceremos en el nivel medio. Estableciendo en la formula a continuación el calor del riesgo $E=0.3$ y la vida útil $L= 25$ años, despejamos el periodo de retorno asociado T .

$$E = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^L$$

$$T = 71 \text{ años}$$

Acudiendo a los datos del Anejo N°5: "Clima marítimo y dinámica litoral", de la tabla del régimen extremal obtenemos la altura de ola significativa en aguas profundas correspondiente.

$$H_{s0} = 7.6 \text{ m}$$
$$T_p = 2.73 \times H_s^{0.8}$$

$$T_p = 13.83 \text{ s}$$

3. Cálculo del oleaje a pie de dique

Anteriormente se ha realizado la caracterización del oleaje en aguas profundas con los datos de la boya de Valencia en Anejo N°5: "Clima marítimo y dinámica litoral"

Puesto que la localización se encuentra a una profundidad de 5 metros la cual según la batimetría que se encuentra en el Anejo N°3 "Batimetría y planimetría" de la zona se corresponde a una distancia aproximada de 270 metros (incluyendo la alimentación artificial asociada) de la línea de orilla habrá que realizar la propagación del oleaje desde las medidas registradas en la boya de Valencia.

La propagación del oleaje se va a realizar tanto para el régimen extremal como para el régimen medio, teniendo en cuenta los fenómenos de refracción y asomeramiento debidos a la disminución de profundidad.

3.1 Rotura del oleaje

Si el dique exento se sitúa en aguas someras, la rotura del oleaje se produce por el efecto del fondo antes de alcanzar el dique, en cambio si se situase en aguas profundas las olas romperían al alcanzar al dique.

Nuestro dique se encuentra a una profundidad de 5 metros en BMVE según el Anejo N°3 "Batimetría y planimetría".

Para conocer en qué caso nos encontramos, determinemos la profundidad a partir de la cual se produce la rotura por fondo:

$$d = \frac{H_s}{0.8} = \frac{7.6}{0.8} = 9.5 \text{ m}$$

Al obtener una profundidad $d=9.5 \text{ m}$ la cual es superior a la profundidad a la que se encuentra el dique nos encontramos en el caso de rotura por fondo.

Al tener una rotura por fondo el diseño del mismo se realizara independientemente de la altura que se produzca en el máximo temporal.

Atendiendo a las recomendaciones que nos proporciona la ROM 0.2-90, habrá que tener en cuenta la sobreelevación por la marea meteorológica de 0.6 m. Por otra parte según Puertos del Estado la carrera de mareas astronómica es de 0.5 metros siendo el rango de valores normal de 15 a 20 cm.

Margalef Herrera et al 1961 nos proporciona las diferentes carreras de ola astronómica por ciudades, en la que hemos resaltado únicamente la de nuestro interés, la de Valencia por su proximidad a la zona de actuación:

Mareografo	Referencia NMMA	Nivel medio (Znm)	Carrera de marea (TR)	Referencia BMVE
Valencia	-1	1,016	0,5	0,766

Figura 3 Marea astronómica *Margalef Herrera et al 1961*

La ola de diseño para nuestro dique tendrá en consideración la marea meteorológica (Nivel BMVE) que es la situación más desfavorable y el criterio de la rotura por efecto de fondo.

$$H_{sd} = (5 + 0.6) \times 0.8 = 4.48 \text{ m}$$

La herramienta que vamos a utilizar con el fin de realizar la propagación del oleaje es el "Wave Calculator" una aplicación online creada por la Universidad de Delaware (E.E.U.U).

Dicha herramienta funciona con datos de entrada los cuales son:

- Orientación de la costa
- Altura de ola incidente.
- Periodo
- Profundidad local.

La orientación de nuestra costa es N18W, es decir 172º. Para el lugar donde se va a desarrollar la obra las principales orientaciones que son de nuestro interés en cuanto al oleaje son: NE, ENE, E, ESE, SE. Se ha tenido en cuenta el bloqueo de algunas direcciones de oleaje que produce el Puerto de Valencia hasta su última ampliación finalizada en 2011. Las direcciones principales de oleaje y sus direcciones en relación a la orientación de la costa se pueden observar el siguiente esquema. En amarillo está representada la dirección de la costa, en verde las direcciones estudiadas y en rojo se muestra la dirección perpendicular la costa.

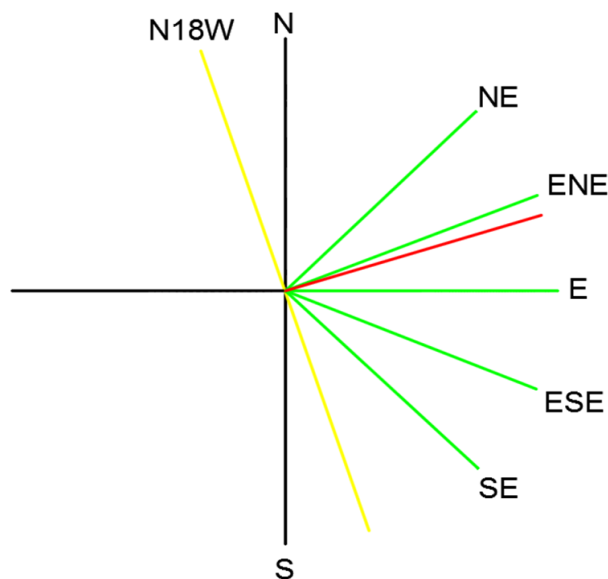


Figura 4: direcciones del oleaje a estudiar y posición de la costa

3.2 Propagación en régimen extremal

La propagación se realiza con la altura de ola significativa de aguas profundas correspondiente al periodo de retorno 71 años y para las direcciones mencionadas anteriormente.

$$H_{s0} = 7.6 \text{ m}$$
$$T_p = 13.83 \text{ s}$$

A continuación se presentan los datos introducidos al programa y la devolución de los resultados por parte del "Wave Calculator".

- **NE 45°**
 - $H_s = 7,6 \text{ m}$
 - $T_p = 13,83 \text{ s}$
 - $\alpha = 27^\circ$ ángulo de incidencia respecto a la perpendicular a la costa
 - $d = 5,6 \text{ m}$ (5 m de profundidad según la batimetría, más la máxima marea meteorológica 0,6 m)

Deep Water Values:		L (m) =	100.527
Wave Height (m)?	7.6	$k=2\pi/L =$	0.06250241
Period	13.83	$C=L/T =$	7.268
Wave Angle (o)?	27	$C_g =$	6.988
Local Depth?	5.6	$n= C_g/C =$	0.9614852
		$K_s =$	1.243
		$K_r =$	0.949
		Angle =	8.784398
		H =	4.48, breaking
		u_b (m/s) =	2.848
Calculate	Reset	E (N-m/m ²) =	24611.328
		E_f (Watts/m) =	171983.957
		$K_p =$	0.941

Figura 5: Propagación del oleaje con "Wave Calculator"

▪ ENE 67,5º

- $H_s = 7,6$ m
- $T_p = 13,83$ s
- $\alpha = 4,5^\circ$ ángulo de incidencia respecto a la perpendicular a la costa
- $d = 5,6$ m (5 m de profundidad según la batimetría, más la máxima marea meteorológica 0,6 m)

Deep Water Values:		L (m) =	100.527
Wave Height (m)?	7.6	$k=2\pi/L =$	0.06250241
Period	13.83	$C=L/T =$	7.268
Wave Angle (o)?	4.5	$C_g =$	6.988
Local Depth?	5.6	$n= C_g/C =$	0.9614852
		$K_s =$	1.243
		$K_r =$	0.998
		Angle =	1.5123636
		H =	4.48, breaking
		u_b (m/s) =	2.848
Calculate	Reset	E (N-m/m ²) =	24611.328
		E_f (Watts/m) =	171983.957
		$K_p =$	0.941

Figura 6: Propagación del oleaje con "Wave Calculator"

▪ **E 90º**

- $H_s = 7,6$ m
- $T_p = 13,83$ s
- $\alpha = 18^\circ$ ángulo de incidencia respecto a la perpendicular a la costa
- $d = 5,6$ m (5 m de profundidad según la batimetría, más la máxima marea meteorológica 0,6 m)

Deep Water Values:		L (m) =	100.527
Wave Height (m)?	7.6	$k = 2 \pi / L =$	0.06250241
Period	13.83	$C = L / T =$	7.268
Wave Angle (º)?	18	$C_g =$	6.988
Local Depth?	5.6	$n = C_g / C =$	0.9614852
		$K_s =$	1.243
		$K_r =$	0.977
		Angle =	5.9666433
		H =	4.48, breaking
		u_b (m/s) =	2.848
Calculate	Reset	E (N-m/m ²) =	24611.328
		E_f (Watts/m) =	171983.957
		$K_p =$	0.941

Figura 7: Propagación del oleaje con "Wave Calculator"

▪ **ESE 112,5º**

- $H_s = 7,6$ m
- $T_p = 13,83$ s
- $\alpha = 40,5^\circ$ ángulo de incidencia respecto a la perpendicular a la costa
- $d = 5,6$ m (5 m de profundidad según la batimetría, más la máxima marea meteorológica 0,6 m)

Deep Water Values:		L (m) =	100.527
Wave Height (m)?	7.6	$k=2\pi/L =$	0.06250241
Period	13.83	$C=L/T =$	7.268
Wave Angle (o)?	40.5	$C_g =$	6.988
Local Depth?	5.6	$n= C_g/C =$	0.9614852
		$K_s =$	1.243
		$K_r =$	0.882
		Angle =	12.618962
		H =	4.48, breaking
		u_b (m/s) =	2.848
Calculate	Reset	E (N-m/m ²) =	24611.328
		E_f (Watts/m) =	171983.957
		$K_p =$	0.941

Figura 8: Propagación del oleaje con "Wave Calculator"

▪ SE 135º

- $H_s = 7,6$ m
- $T_p = 13,83$ s
- $\alpha = 63^\circ$ ángulo de incidencia respecto a la perpendicular a la costa
- $d = 5,6$ m (5 m de profundidad según la batimetría, más la máxima marea meteorológica 0,6 m)

Deep Water Values:		L (m) =	100.527
Wave Height (m)?	7.6	$k=2\pi/L =$	0.06250241
Period	13.83	$C=L/T =$	7.268
Wave Angle (o)?	63	$C_g =$	6.988
Local Depth?	5.6	$n= C_g/C =$	0.9614852
		$K_s =$	1.243
		$K_r =$	0.689
		Angle =	17.440994
		H =	4.48, breaking
		u_b (m/s) =	2.848
Calculate	Reset	E (N-m/m ²) =	24611.328
		E_f (Watts/m) =	171983.957
		$K_p =$	0.941

Figura 9: Propagación del oleaje con "Wave Calculator"

Resumiendo los datos obtenidos de la propagación en todas las direcciones:

- **NE:** H_S corregida = 4.48 m ROMPE
- **ENE:** H_S corregida = 4.48 m ROMPE
- **E:** H_S corregida = 4.48 m ROMPE
- **ESE:** H_S corregida = 4.48 m ROMPE
- **SE:** H_S corregida = 4.116 m ROMPE

3.3 Propagación en régimen medio

Anteriormente hemos obtenido los datos de altura de ola y periodo pico asociado a cada dirección en el régimen medio en el Anejo N°5: "Clima marítimo y dinámica litoral" (T=25 años).

- **NE:** $H_S=3.3$ m $T_p = 6.08$ s
- **ENE:** $H_S=3.2$ m $T_p = 6.92$ s
- **E:** $H_S=2.25$ m $T_p = 5.22$ s
- **ESE:** $H_S=1.55$ m $T_p = 3.88$ s
- **SE:** $H_S=1.3$ m $T_p = 3.37$ s

Ahora procederemos a calcular la altura de ola corregida para el oleaje del régimen medio en cada dirección crítica. Para ello utilizaremos el programa "Wave Calculator" de la Universidad de Delaware.

- **NE:** H_S corregida = 3.079 m
- **ENE:** H_S corregida = 3.075 m
- **E:** H_S corregida = 2.04 m
- **ESE:** H_S corregida = 1.402 m
- **SE:** H_S corregida = 1.171 m

Como se observa en el régimen medio el oleaje no rompe al llegar al pie del dique, pero su energía es inferior a la del régimen extremal que será con el que trabajaremos.

4. Diseño del dique

Una vez se ha caracterizado el oleaje se procede a diseñar el dique tanto en planta como en alzado (sección). Para llevar a cabo esta operación se tiene que tener en cuenta los siguientes parámetros de diseño:

- Ubicación y separación entre diques (G)
- Sección transversal, inclinación del talud
- Forma en planta
 - Distancia a la costa (Y)
 - Longitud del dique (L)
 - Relación Y/L
 - Orientación
- Cota de coronación
- Tipo de fondos en la zona
- Permeabilidad
- Longitud total a regenerar

4.1 Diseño en planta

Los datos de partida para este diseño que vienen fijados para este proyecto son:

-Los diques exentos estarán situados a la cota -5m BMVE que marca la batimetría

-Tendrán una longitud comprendida entre los 100-120 m

Una vez que tenemos en cuenta estos condicionantes que implican que los diques estén a una distancia de unos 270m de la línea de la costa, teniendo en cuenta la alimentación artificial que se realizara en el marco de actuaciones de este proyecto. Cuanto mayor es la distancia del dique exento respecto a la línea de la costa, proporciona menos protección y cuanto menor es la distancia, se facilita la acumulación de los sedimentos.

La orientación de los diques será tal que provoque la sombra del oleaje del NE, ENE y E en la orilla, limitando el poder erosivo del oleaje más grande que existe durante los temporales, precisamente en esas direcciones mencionadas.

Es decir se colocaran con una orientación sensiblemente paralela a la de la costa, en el entorno de los N18W. En esta orientación, el dique estará posicionado de manera que este sensiblemente perpendicular a la dirección de avance de los oleajes más importantes y de los más frecuentes.

4.1.1. Longitud, separación y número de diques

La longitud de los diques influencia la cantidad de energía que llega a la playa. Si la longitud del dique es mayor, la cantidad de sedimentos de que se depositaran es mayor debido a que la superficie del lado de la costa estaría más abrigada del oleaje, incluido su difracción en los morros de los diques exentos.

En las tablas mostradas, se resumen las distintas expresiones procedentes de investigaciones realizadas que intentan analizar la respuesta de la costa cuando se construye un dique exento cercano a la costa. Se incluye también la fuente y el año de la publicación de esas expresiones procedentes de investigaciones.

CONDICIONES PARA LA FORMACIÓN DE HEMITÓMBOS		
Expresión analítica	Respuesta producida	Fuente y año
$L / y < 1$	No hay tómbolo	S.P.M. (1984)
$L / y < 0,4 - 0,5$	Saliente	Gourlay (1981)
$L / y = 0,5 - 0,67$	Saliente	Dally y Pope (1986)
$L / y < 1$	No hay tómbolo (dique aislado)	Suh y Dalrymple (1987)
$L / y < 2G/L$	No hay tómbolo (grupo de diques)	Suh y Dalrymple (1987)
$L / y < 1,5$	Saliente bien desarrollado	Ahrens y Cox (1990)
$L / y < 0,8 - 1,5$	Pequeño saliente	Ahrens y Cox (1990)
L: Longitud del dique exento y: Distancia del dique a la posición inicial de la línea de costa G: Separación entre diques exentos alineados		

Figura 10: Condiciones para la formación de hemitómbolo

CONDICIONES PARA UNA MÍNIMA RESPUESTA DE LA COSTA		
Expresión analítica	Respuesta producida	Fuente y año
$L / y < 0,17 - 0,33$	No hay respuesta	Inman y Frautschy (1978)
$L / y < 0,27$	No hay sinuosidad	Ahrens y Cox (1990)
$L / y < 0,5$	No hay acreción	Nir (1982)
$L / y < 0,125$	Impacto mínimo	Dally y Pope (1986)
$L / y < 0,17$	Impacto mínimo	Noble (1978)
L: Longitud del dique exento y: Distancia del dique a la posición inicial de la línea de costa G: Separación entre diques exentos alineados		

Figura 11: Condiciones para una mínima respuesta de la costa

En la obra proyectada se pretende construir 4 diques exentos, de manera que habrá que estudiarlos de manera específica como grupo de diques exentos y no como diques exentos aislados. Esto requiere definir una separación entre los diques ya que afecta a factores como la corriente, que es muy importante para el transporte de los sedimentos.

Esta separación entre diques (G) se utiliza para definir la relación entre la longitud de los diques y la separación entre ellos G/L (adimensional). Si el valor de la relación G/L es alto, es decir grandes distancias entre los diques, entonces la protección sobre la costa se reduce y los efectos erosivos se atenúan, en cambio con valores pequeños de la relación G/L, pequeñas distancias entre ellos, da lugar a una costa muy protegida pero con elevadas erosiones y por lo tanto produce un impacto estético en la playa.

En la primera tabla, que establece los criterios para que se forme un hemitómbolo, Comprobamos con la relación propuesta por *Suh y Dalrymple (1987)* aplicable a grupos de diques la siguiente propuesta.

De norte a sur, las separaciones entre los diques son las siguientes:

Dique 1 → 150m → Dique 2 → 150m → Dique 3 → 160m → Dique 4

Para definir las separaciones se ha utilizado la formulación general que establece que la separación entre los diques debe de ser de 1,5 veces la longitud del dique (en el caso de la separación entre el dique 3 y el dique 4 se ha reducido a 1,33 veces la longitud del dique mayor)

Por otro lado los diques tienen las siguientes longitudes:

Dique 1, Dique 2 y Dique 4 = 100m

$$\text{Dique 3} = 120 \text{ m}$$

En la imagen a continuación se puede ser un esquema de lo descrito anteriormente y su relación a la costa (Diques y línea de costa tras alimentación en rojo, batimetría en amarillo). Todos se sitúan a la cota batimétrica -5 m.

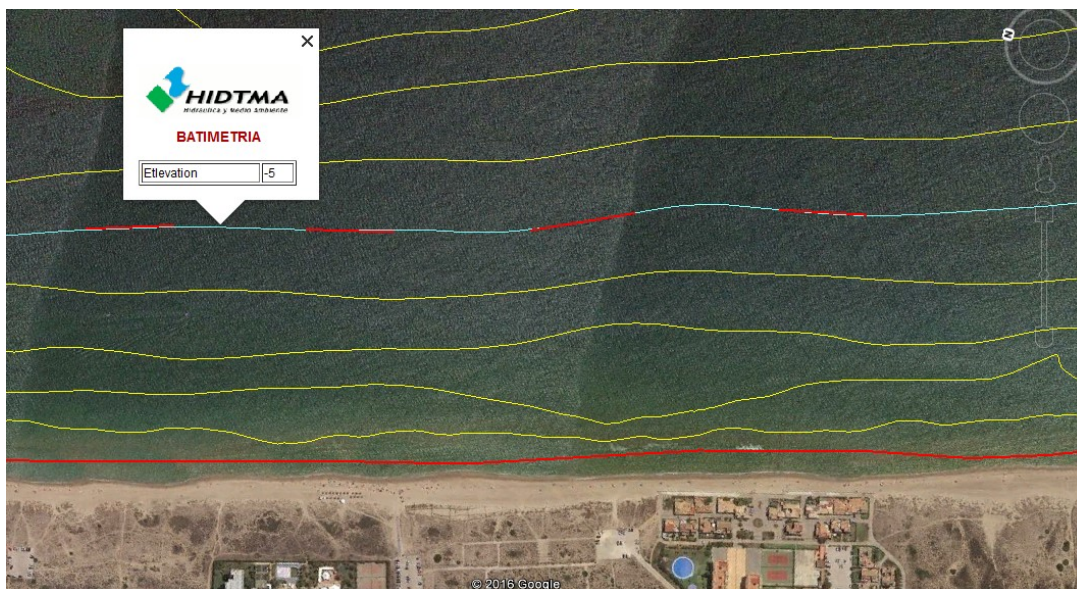


Figura 12: Posición de los diques exentos respecto de la costa y de la batimetría

Ahora aplicamos la formulación escogida antes.

Caso 1

$$L/Y = 120/270 = 0.44$$

$$2G/L = 160 \cdot 2 / 120 = 2.67$$

Caso 2

$$L/Y = 100/270 = 0.37$$

$$2G/L = 150 \cdot 2 / 100 = 3$$

Ambos casos cumplen holgadamente para la no formación de un tómbolo, Además si acudimos a la formulación propuesta por *Nir et al 1982* que establece las condiciones para una respuesta mínima de la costa.

$$Y/L \leq 0.5$$

Se observa que en ambos casos se cumple este criterio y según *Nir et al 1982* no se producirán acreciones, que es lo que se busca en este proyecto, que los diques exentos permitan que la costa siga siendo rectilínea.

4.2 Diseño de la sección del dique

4.2.1 Cota de coronación

En esta alternativa elegida se pretende conservar la riqueza paisajística del lugar, esto implica establecer la cota de coronación de los diques a la altura del nivel del mar en BMVE, en este caso se corresponde con una altura de coronación de 5 metros con francobordo igual a 0 metros en BMVE y de 0.6 metros en PMVE.

4.2.2. Diseño de las piezas del manto

En primer lugar se desea dejar constancia que al estar el dique al nivel del mar en BMVE, esto significa que a la mínima altura de ola que se presente, va a existir un gran rebase por encima del dique exento. Esto implica que fórmulas como las de Iribarren 1936 o Hudson 1974, no puedan ser utilizadas por no ser idóneas para esa situación y por ser demasiado conservadoras.

Algunos investigadores como *Van der Meer et al 1987* han propuesto introducir factores de corrección en la fórmula de Hudson para reducir el diámetro del material requerido para el manto. Esto se puede ver en el grafico a continuación.

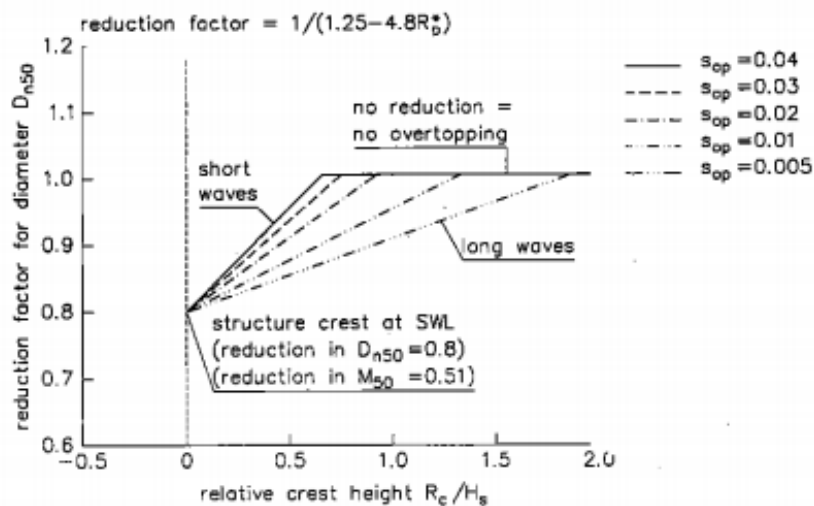


FIG. 6. Design Graph with Reduction Factor for Rock Diameter of Low-Crested Structure ($R_c < 0$) as Function of Relative Crest Height and Wave Steepness

Figura 13: Factor reductor según francobordo relativo y peralte del oleaje *Van der Meer 1987*

Los diámetros resultantes siguen siendo elevados por lo que recurre a otra formulación específica también de *Van der Meer, Daemen et al 1994* para estructuras sumergidas o a nivel del mar.

$$\frac{h'_c}{h} = (2.1 + 0.1S)\exp(-0.14N_s^*)$$

Dónde:

h'_c = altura de coronación

h_c = profundidad

S = nivel de daño

N_s^* = numero de estabilidad espectral

Aplicando un valor de $S=2$ que se corresponde con el inicio de daño según *Van der Meer et al 1988*, talud 1,5H/1V y calculando tanto para BMVE y PMVE se obtiene lo siguiente:

	BMVE	PMVE
h'_c	5	5
h_c	5	5,6
S	2	2
h'_c/h_c	1	0,89
N_s^*	5,95	6,76
$N_s^*90\%$	4,4	5,2

Ahora vemos la correspondencia de lo calculado con las curvas de diseño y se comprueba que para ambos casos BMVE (rojo) y PMVE (azul),

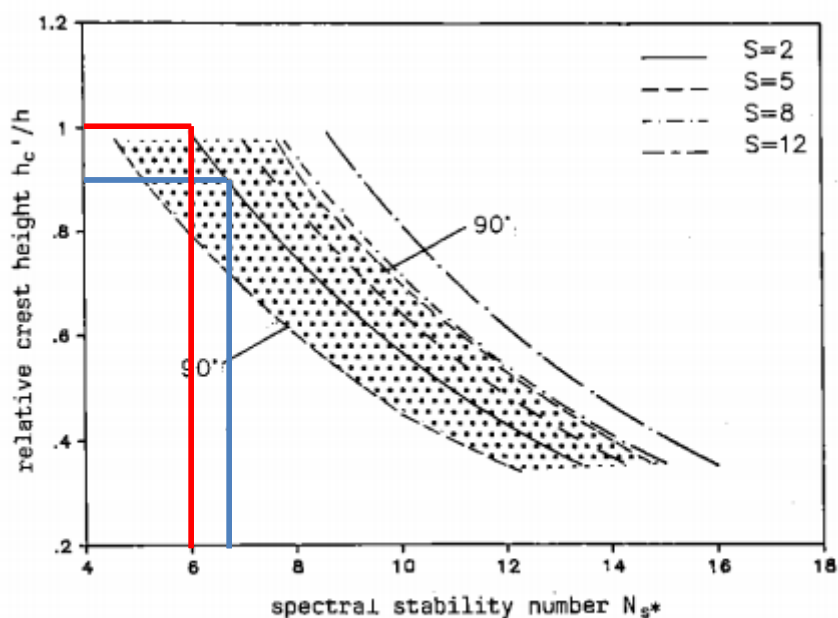


FIG. 7. Design Curves for Submerged Structure with 90% Confidence Bands for $S = 2$

Figura 14: Curvas de diseño Van der Meer et al 1988

Ahora pasmos a obtener el número de estabilidad N_s a partir del peralte s_p y el número de estabilidad espectral N_s^* obtenido anteriormente.

$$N_s = N_s^* \cdot (s_p)^{1/3}$$

A partir del valor N_s sacamos un diámetro nominal equivalente.

$$D_n = \frac{H_s}{\Delta \cdot N_s}$$

Los resultados de las 2 expresiones comentadas anteriormente se resumen en la siguiente tabla.

	BMVE	PMVE
T_p	13,83	13,83
L_p	85,6	90,4
s_p	0,047	0,050
R_c	0	-0,6
N_s	2,1	2,5
H_s	4	4,5
densidad roca	2,65	2,65
dens mar	1,025	1,025
delta	1,6	1,6
D_n	1,2	1,1
R_c/D_n	0,0	-0,5
W	4,3	3,9
$e=2D_n$	2,4	2,3

Dando una densidad a la escollera de 2.65 t/m³ se determina que la situación más desfavorable se produce en bajamar y por lo tanto para la sección del tronco de los diques exentos se utilizara escollera de 4,5 t.

En la sección del morro se recomienda colocar escollera 1.5 veces superior a la de la sección del tronco.

$$W_{\text{morro}} = 1.5 * W_{\text{tronco}}$$

Por lo tanto la escollera a colocar en el morro será de 6.5t que permite proteger la sección del morro que es susceptible a daños como se puede ver en la imagen (para $R_c=0$)

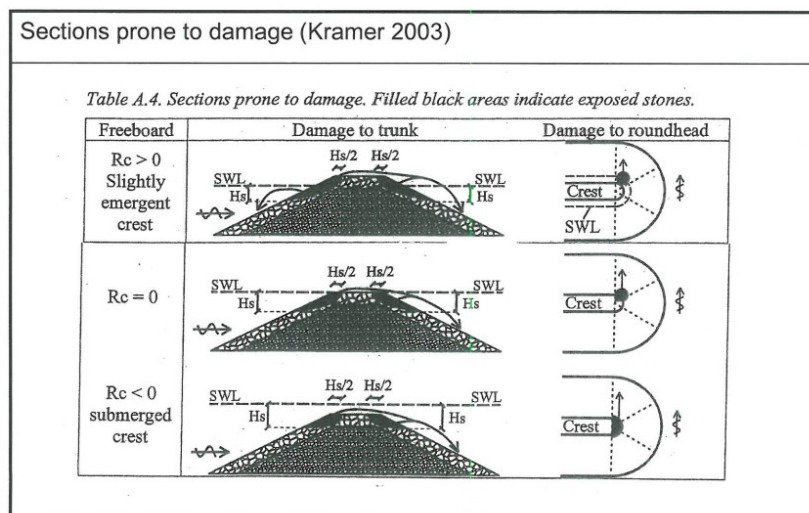


Figura 15: Secciones susceptibles de daño Kramer et al 2003

4.2.3. Ancho de coronación

Atendiendo a las conclusiones del programa DELOS de la Unión Europea se recomienda que la anchura en coronación sea de al menos tres bloques o igual a la altura de ola mayor. Es decir 4.5 metros, por temas constructivos la redondearemos a 5 metros. Esta medida cumple también lo recomendado por el SPM et al 1984.

The crest width is often determined by construction methods used (access on the core by trucks or crane) or by functional requirements (road/crown wall on the top). Where the width of the crest can be small a required minimum width B_{min} should be provided, where (SPM, 1984):

$$B_{min} = (3 \text{ to } 4) D_{n50} \quad (4)$$

4.2.4 Protección anti-socavación

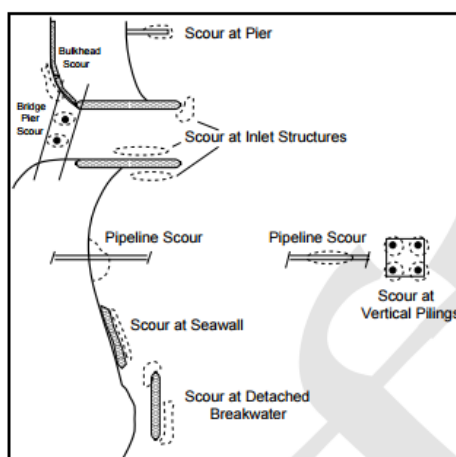


Figure VI-5-114. Coastal scour problems

Figura 16: Socavación en distintas estructuras

Debido a las corrientes que produce el propio oleaje al alcanzar el dique y a las que se produce por la cercanía de la estructura a la costa, en terrenos arenosos se puede producir una socavación, para lo cual habrá que disponer una capa de protección.

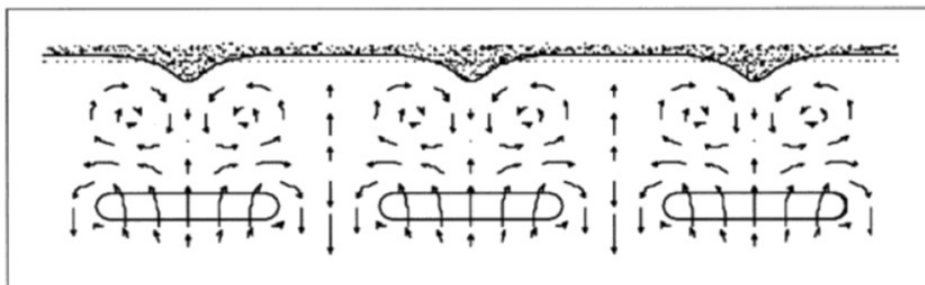


Figure 2.5. Illustration of wave induced currents in case of submerged structures with wave transmission across the crests. Note the very strong outgoing rip-currents in the gaps.

Figura 17: Corrientes inducidas por la colocación de diques exentos de baja cota de coronación

La longitud de la capa W viene dada por *Burcharth et al 2006,2007*.

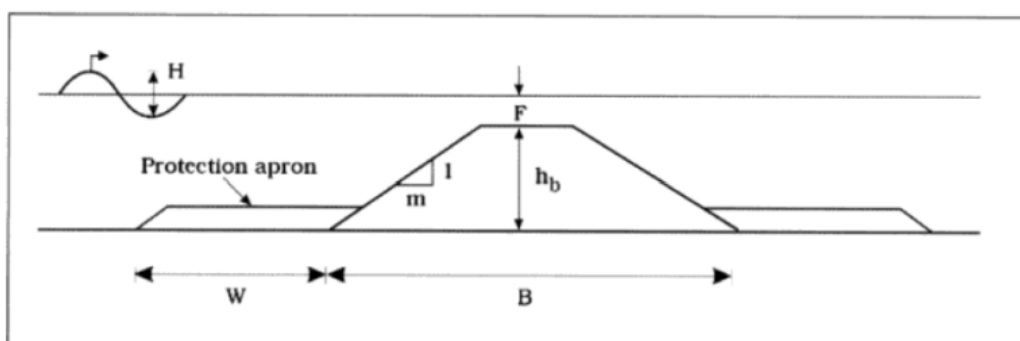


Figura 18: Longitud de protección anti-socavación

$$W = \frac{L}{4} - m \cdot h_c$$

$$W = 15.75 \text{ metros}$$

Se dispondrá una longitud de 16 metros en la sección del tronco y en la del morro en el cuadrante del lado mar, se extenderá la protección. Tendrá una altura de 0.5 metros y estará conformado por material de 5 a 100kg.

Base de apoyo del dique

Adicionalmente se excavara una profundidad de al menos 0.5 veces D_n , que en este caso tomaremos como 1 vez D_n y se dragara 1.60 m de profundidad en

todo lo ancho de la base de apoyo del dique unos 41 m, en este dragado se colocara una cana de apoyo para la escollera del mismo tamaño que el de la banqueta anti-socavación (0.4 m) y encima 1 unidad de escollera (1.2 m), encima de esto se construirá el resto del dique únicamente en escollera.

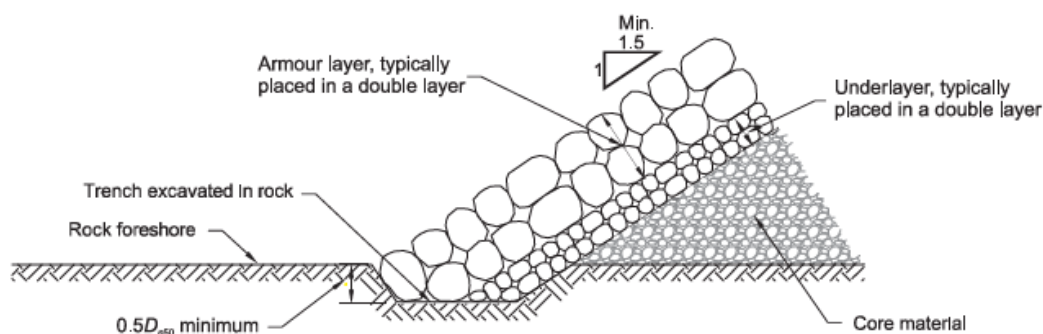


Figura 19: Ejemplo de excavación para mejorar la resistencia a la socavación

Como última cuestión, queda determinar el coeficiente K_t que relaciona la altura de ola antes del dique y la de justo después de rebasarlo. Usaremos la formulación que propuso *Van der Meer et al 1990*.

Para un francobordo que oscila entre 0 y -0.6 m, el valor de K_t varía entre 0.59 en PMVE y 0.46 en BMVE, esto nos da una idea de la energía que el dique exento está consiguiendo restar al oleaje.

$$K_t = \begin{cases} 0,80 & -2 < \frac{R_c}{H_s} < -1,13 \\ 0,46 - 0,30 \frac{R_c}{H_s} & -1,13 < \frac{R_c}{H_s} < 1,2 \\ 0,10 & 1,2 < \frac{R_c}{H_s} < 2 \end{cases}$$

Donde:

R_c : Francobordo del dique.

H_s : Altura de ola significativa a pie de dique.

Figura 20: Calculo de K_t según *Van der Meer et al 1990*

5. Alimentación artificial

Para completar la anchura de playa que sería idónea (unos 45m), se realizará tras la construcción de los diques exentos, una alimentación artificial en el tramo que protegen los diques que tiene alrededor de 1 km de longitud. Esto requiere ampliar la playa unos 25m y hasta una profundidad de 1m. Esto resulta en un volumen de 25.000 m³ de material a aporta de diámetro nominal igual o superior al existente en la playa.

En la siguiente imagen se muestra el tramo de 1km a aportar material.

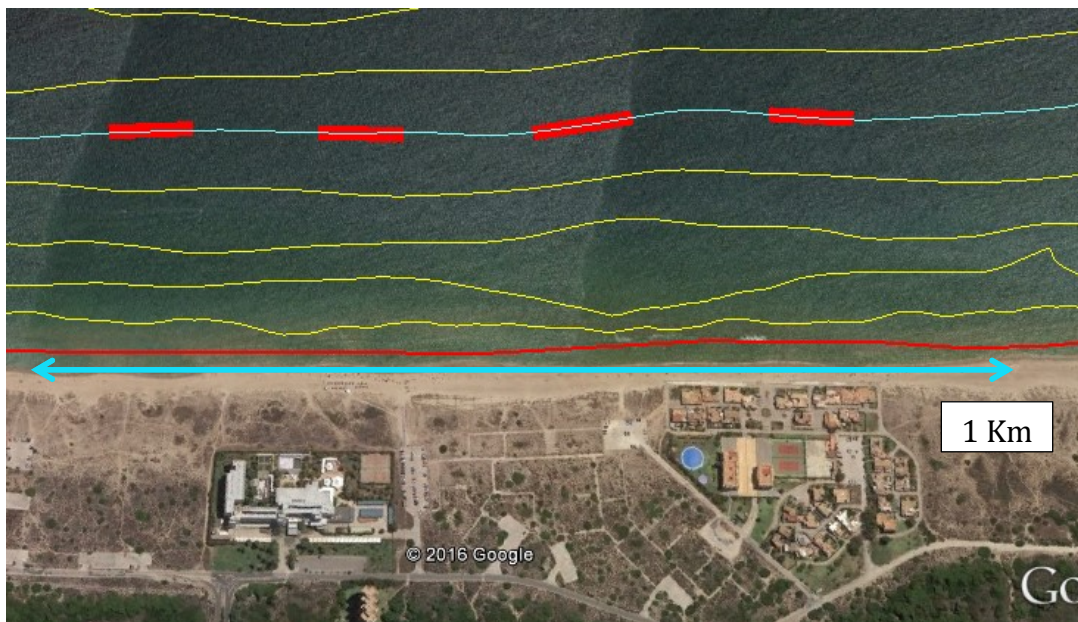


Figura 21: Tramo de la costa a recrecer con aportación