
ANEJO 9.- DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ALTURA DE OLA	5
2.1. Cálculo de la altura de ola (H _{Cal})	5
2.1.1. Altura de ola significativa en aguas profundas (H _{so})	5
2.1.2. Vida útil mínima y periodo de retorno	9
2.1.3. Altura de ola en condiciones de rotura (H _b)	11
2.1.4. Altura de ola de cálculo (H _{cal}).....	14
2.2. Parámetros básicos de un dique	14
2.2.1. Orientación respecto a la orilla	15
2.2.2. Separación de la costa.....	15
2.2.3. Número, longitud y ubicación	15
2.2.4. Cota de coronación	17
2.3. Materiales constituyentes y sección transversal	18
2.4. Análisis de estabilidad y cálculo de dique en talud	19
2.4.1. Causas de fallo del dique.....	19
2.4.2. Criterios de avería	20
2.4.3. Cálculo de peso de las piezas y espesores de capa	21
2.4.3.1. Manto principal	23
2.4.3.2. Manto secundario	24
2.4.3.3. Núcleo interior	24
2.4.4. Ancho mínimo de coronación	25
2.4.5. Justificación del ancho elegido.....	26
2.5. Propagación del oleaje. Forma en planta de la playa	27
2.5.1. El fenómeno de la propagación de las olas.....	27
2.5.2. Hipótesis de partida	27
2.5.3. Refracción del oleaje	28
3. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL	29
3.1. Perfil de playa. Anchos mínimos	29
3.2. Perfil de playa deseable	30
3.2.1. Cálculo del Run-Up	31
3.2.2. Playa seca	31
3.2.3. Playa sumergida y estrán	32
3.2.4. Profundidad de cierre	32

3.3.	Volumen de aportación.....	33
3.3.1.	D50	34
3.3.2.	Método de aportación	35
3.4.	Cálculo del volumen	35
3.5.	Forma en planta	36
3.6.	Perfil teórico	38
3.7.	Volumen vertido.....	39
4.	PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES	42
4.1.	Materiales de los diques exentos.....	42
4.2.	Arena de regeneración.....	43
4.3.	Canteras	43
5.	RETIRADA DE LOS ESPIGONES	44

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se planteará la alternativa elegida en el '*Anejo8.-Estudio de alternativas*', junto a los cálculos justificativos para poder alcanzar los objetivos propuestos.

Se realizará un dimensionamiento de los diques exentos sumergidos, donde se estudiará la altura de ola de cálculo, la disposición en planta y los materiales que serán necesarios utilizar. Y por otro lado se estudiará, el aporte de material que será necesario para la alimentación artificial y la eliminación de los espigones yes existentes en la playa.

2. ALTURA DE OLA

2.1. Cálculo de la altura de ola (Hcal)

El objetivo de este apartado es establecer la altura de ola de cálculo para dimensionar los diques exentos sumergidos.

Cuando se realizan obras de defensa, es importante conocer la altura de ola de cálculo porque viene condicionada muchas veces por la profundidad. Partiendo de esta, las demás olas que alcancen las obras de regeneración de la playa de Pinedo serán las olas del régimen de oleaje que se presentan en forma normal o en rotura.

Para conocer el régimen de oleaje que afecta a la zona de estudio, se va a proceder al cálculo de la altura de ola significativa en aguas profundas (Hso) y en condiciones de rotura (Hb), de donde se podrá obtener la altura de ola de cálculo (Hcal).

2.1.1. Altura de ola significativa en aguas profundas (Hso)

Según la ROM 0.3-91 '*Recomendación para Oleaje y Atlas de Clima Marítimo en Litoral español*', la playa de Pinedo corresponde al área VII y de toda la información que se obtiene de dicha área, en este apartado se recurrirá al cuadro D (*Registros Instrumentales: Regímenes Extremales Escalares*) y E (*Registros Instrumentales: Correlaciones, Altura de ola / Período en Temporales*).

En los cálculos de diseño de cualquier obra marítima bien sea blanda o dura, se calculará la altura de ola de cálculo en la localización donde se ejecutará la obra, por lo que en el presente documento se obtendrá la altura de ola en aguas profundas (Hso) y la altura de ola en condiciones de rotura (Hb), lo que permitirá calcular la altura de ola (Hcal).

E - REGISTROS INSTRUMENTALES: CORRELACIONES ALTURA DE OLA / PERIODO EN TEMPORALES					
BOYA	$P = H_s / L_T = \frac{2\pi H_s}{g T^2}$	T_p / \bar{T}	RELACION FINAL $\frac{H_s (m)}{T_p (s)}$	VALORES DE DISEÑO	
				$H_s (m)$	$T_p (s)$
VALENCIA I	0.025 ~ 0.04	≈ 1.25	$T_p = (5 \sim 6.3) \sqrt{H_s}$	3	8.5 ~ 11
				5	11 ~ 14
				7	13 ~ 16.5

Ilustración 1. Cuadro E, correlaciones altura de ola/ período en temporales. Fuente: ROM 0.3-91

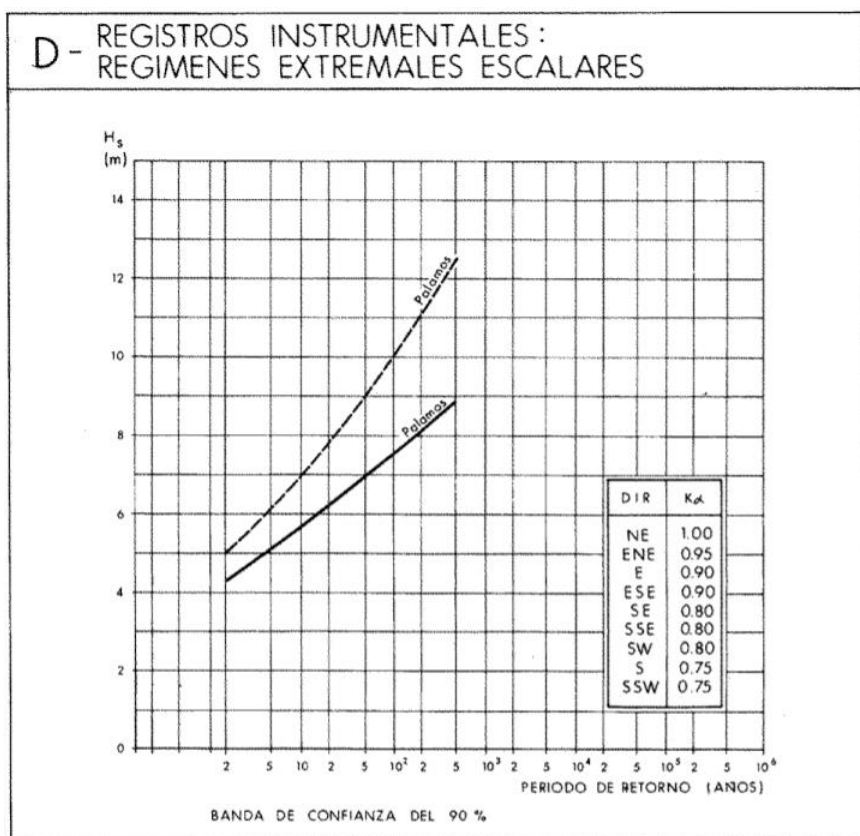


Ilustración 2.Cuadro D, Régimen extremal escalar. Fuente: ROM 0.3-91

Se calculará a continuación la altura de ola significativa en aguas profundas para un periodo determinado con una dirección determinada, se obtendrá de la siguiente formula:

$$H_{s,o} = H_{s,r} * \frac{K_{\alpha}}{K_r}$$

Donde:

- **H_{s,o}** → Altura de ola significativa en aguas profundas asociada a un periodo de retorno (para una dirección determinada).
- **H_{s,r}** → Altura de ola significativa asociada a un periodo de retorno obtenida del régimen extremal escalar instrumental.
- **K_α** → Coeficiente de reparto direccional para la dirección considerada.
- **K_r** → Coeficiente de refracción-shoaling en el punto de medida para la dirección considerada, y el periodo establecido asociado a dicha altura de ola.

Las siguientes tablas presentan los valores de los coeficientes de K_α y K_r, obtenidos a partir de la ROM 0.3-91 concretamente la Tabla 2.7.1:

COEFICIENTE DE REFRACCIÓN-SHOALING (K_r)									
ÁREA	PUNTO DE MEDIDA	DIR ^{T(s)}	7	9	11	13	15	17	19
VII	VALENCIA	NE	0,94	0,88	0,87	0,83	0,87	-	-
		ENE	0,94	0,90	0,79	0,75	0,80	-	-
		E	0,94	0,94	0,93	0,95	0,98	-	-
		ESE	0,94	0,91	0,93	0,95	0,96	-	-
		SE	0,94	0,89	0,89	0,89	0,89	-	-

Tabla 1. Valores de K_r .

COEFICIENTE DIRECCIONAL (K_α)	
NE	1,00
ENE	0,95
E	0,90
ESE	0,90
SE	0,80
SSE	0,80
SW	0,80
S	0,75
SSW	0,75

Tabla 2. Valor de K_α

Para calcular por lo tanto la altura de ola significativa en aguas profundas, se obtendrá utilizando los datos de la Tabla 1 y los de la Tabla 2. Al mismo tiempo, se recurrirá a Puertos del Estado, para poder extraer la altura de ola significativa, exactamente se extraerá esta información de la *Boya de Valencia* (Ilustración 3).



Ilustración 3. Boya de Valencia. Fuente: Puertos del Estado.

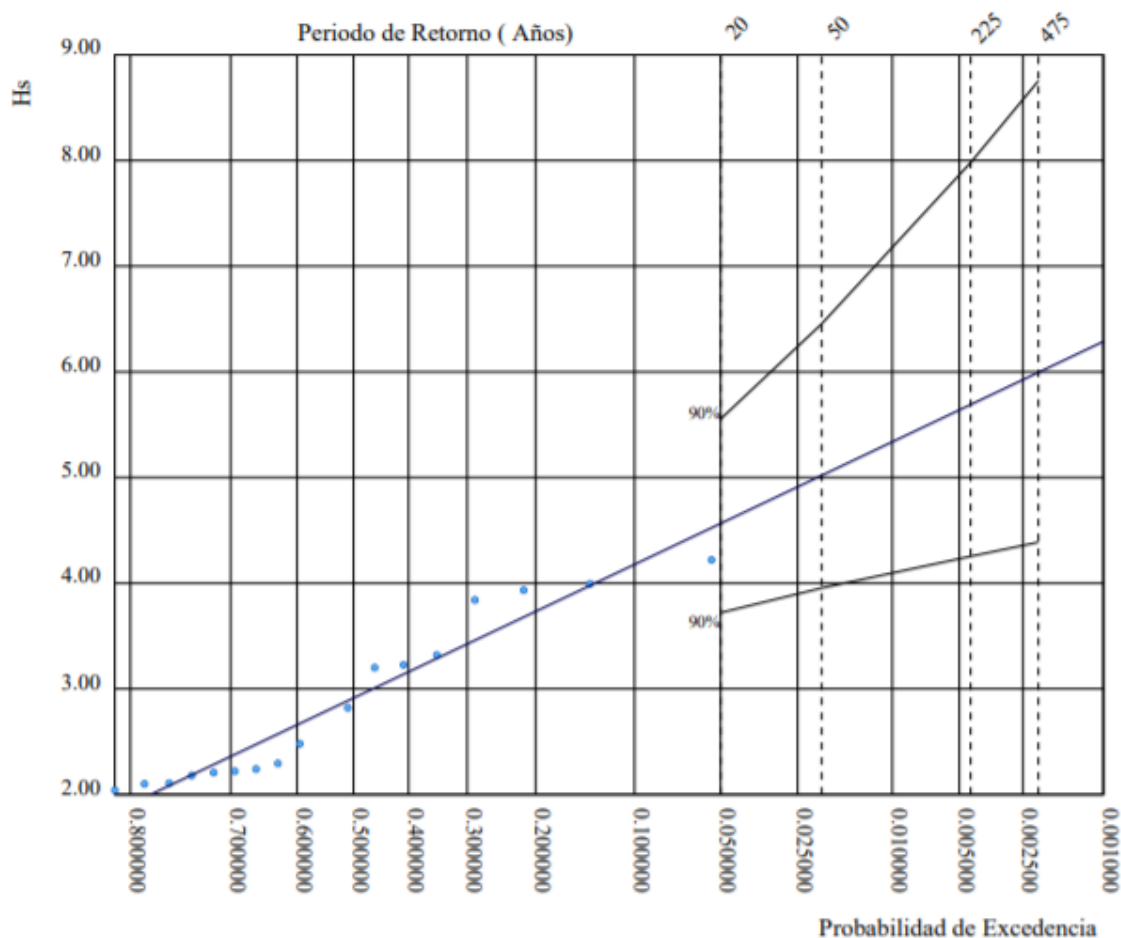


Ilustración 4. Altura de ola significativa Sector Direccional E. Fuente: Puertos del Estado.

De la Ilustración 4 se obtendrá el valor de H_{sr} para determinados periodos de retorno.

T		2	5	10	20	50	100
Hsr		2,0	2,8	3,2	4,6	5,0	5,5
Tp,min		7,1	8,4	8,9	10,7	11,2	11,7
Tp,max		8,9	10,5	11,3	13,5	14,1	14,8
Tp		9,0	11,0	11,0	15,0	15,0	15,0
Hso	NE	2,3	3,2	3,7	5,2	5,8	6,3
	ENE	7,5	3,4	3,8	5,4	6,0	6,5
	E	8,5	1,9	3,1	4,2	4,6	5,1
	ESE	8,9	2,7	3,1	4,3	4,7	5,2
	SE	2,0	2,5	2,9	4,1	4,5	4,9
	SSE	0	0	0	0	0	0
	SW	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0
	SSW	0	0	0	0	0	0

2.1.2. Vida útil mínima y periodo de retorno

Se parte de la ROM 0.2-90 'Acciones en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias', y según la tabla 2.2.1.1 se establecen las vidas útiles mínimas para obras e instalaciones de carácter definitivo, según el nivel de seguridad requerido y el tipo de instalación, como en este caso la que se va a realizar para regenerar la playa de Pinedo.

La siguiente fórmula ayudará a conocer el periodo de retorno que tendrá la obra:

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

Donde:

- E= Valor de riesgo máximo admisible
- T=Periodo de retorno (años)
- L=Vida útil mínima de la infraestructura (años)

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, ...).

Tabla 3. Vida útil mínima (L) para obras de carácter definitivo. Fuente: MOPT (1990)

El nivel de seguridad requerido y necesario para la construcción de un dique exento, está clasificado como una obra de defensa y regeneración de costas es de Nivel 1, ya que como se puede apreciar (Tabla 3) la obra a ejecutar es de interés local, en la que existe un pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o de la que pueden ocasionarse daños medioambientales en caso de que la infraestructura se rompa. Además, trata de una infraestructura de carácter general de la que se obtiene una vida útil mínima de $L = 25$ años.

Continuando con la ROM 0.2-90, en el epígrafe se exponen las consideraciones que hay que tener en cuenta para calcular los riesgos admisibles de averías.

Según la norma 'Los riesgos máximos admisibles para la determinación, a partir de los datos estadísticos, de los valores característicos de cargas variables para fase de servicio y condiciones extremas'.

Por lo que se determinará el valor del riesgo de fallo para las obras que se van a ejecutar, consultando la tabla 3.2.3.1.2, en la que se determinan los riesgos máximos admisibles para la determinación, a partir de los datos estadísticos.

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			
<u>a) RIESGO DE INICIACIÓN DE AVERÍAS</u>			
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Índice $r = \frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
	BAJA	0,50	0,30
	MEDIA	0,30	0,20
	ALTA	0,25	0,15
<u>b) RIESGO DE DESTRUCCIÓN TOTAL</u>			
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Índice $r = \frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
	BAJA	0,20	0,15
	MEDIA	0,15	0,10
	ALTA	0,10	0,05

Tabla 4. Riesgos máximos admisibles. Fuente: MOPT (1990).

Ya que la posibilidad de pérdidas humanas en este proyecto es baja y la afección económica en caso de inutilización es media, el riesgo admisible obtenido para este caso es de $E=0,3$.

Por lo tanto, se tendrá:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^L \rightarrow 0,3 = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{25} \rightarrow T = 70,59 \text{ Años} \rightarrow \mathbf{T = 70 \text{ años}}$$

Una vez calculado el presente periodo de $T = 70$ años, se puede acudir a la anterior tabla y de ella extraer la altura de ola significativa en profundidades indefinidas.

T (años)		70
T_{pmin} (s)		11,41
T_{pmax} (s)		14,38
T_{pmedio} (s)		15
H_s		5,21
H_{so}	NE	6,28
	ENE	6,60
	E	4,94
	ESE	4,94
	SE	4,68

Se considerará como altura de ola significativa en aguas profundas la de 6,6 metros, que tendrá la dirección ENE, ya que, en Puertos del Estado, la rosa de oleaje extremal para la boya de Valencia indica como dirección predominante con mayor altura de ola procedente de la dirección ENE, no obstante como no se tienen datos de esta dirección nos hemos basado en la siguiente dirección predominante que era la E.

Volviendo a la ROM 0.3-91 se determinará el periodo de ola con ayuda del cuadro E, adjuntado anteriormente (Ilustración1), donde se tendrá:

$$T = 5,65 \cdot \sqrt{H_s} = 14,52 \text{ años}$$

2.1.3. Altura de ola en condiciones de rotura (H_b)

Una vez calculada la altura de ola significativa en aguas profundas, se continuará con el cálculo de la altura de ola en condiciones de rotura (H_b). Lo que significa que se propagara la altura de ola calculada hasta el punto donde se ejecutan las obras.

En el momento de rotura según la teoría de la onda solitaria se puede afirmar que:

$$H_b = 0,78 \cdot d \approx 0,8 \cdot d$$

Donde la altura de ola en condiciones de rotura (H_b) y d es la profundidad de cálculo al pie de las estructuras, sumara la profundidad de las estructuras y la sobreelevación considerada.

Los principales parámetros que intervienen en la rotura de una ola son los siguientes:

- H_b = Altura de ola en el punto de rotura.
- T = Periodo del oleaje.
- d_b = Profundidad a la que se produce la rotura.
- m = Pendiente del fondo.

- L = Longitud de onda de la ola
- S =sobreelevación considerada

Para calcular la altura de ola en rotura existen diferentes métodos, donde intervienen todos los parámetros anteriormente comentados. Se partirá del criterio introducido por McCowan en 1891, donde en su estudio de ondas solitarias aseguro que la rotura del oleaje se genera cuando la altura es igual a una proporción de la profundidad.

Por otro lado, nos apoyamos en el sistema de las curvas de Gouda, donde la altura de ola en rotura variara en función de la pendiente de fondo, la profundidad frente la obra, la altura y el periodo de las olas que inciden.

Las curvas de Gouda (Gráfico 1), muestran la relación existente de entre $\frac{H_b}{b}$ que va en función de la pendiente de la playa y el periodo del oleaje.

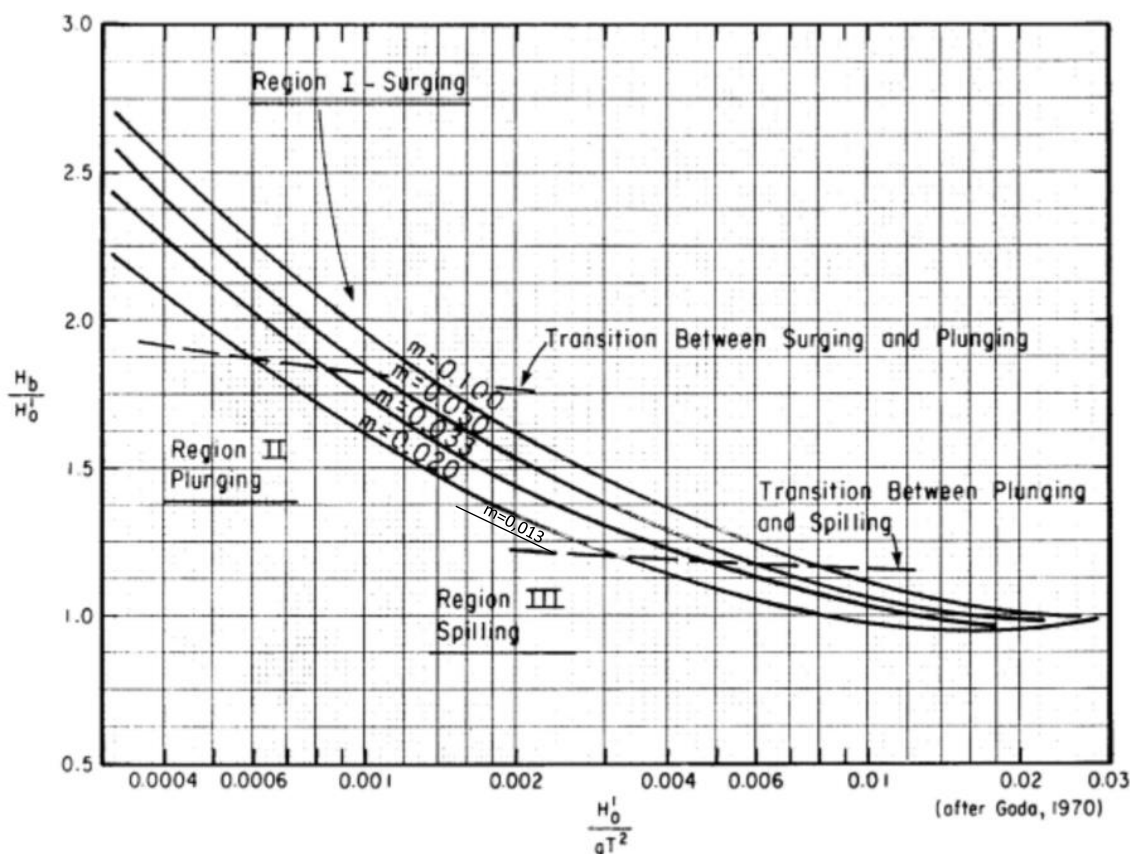


Gráfico 1. Relación $H_b/db - db/gT^2$. Curvas de Gouda.

Conociendo la profundidad al pie del dique ($ds = 5,5$ metros), el periodo del oleaje ($T = 14,52$ s) y que las playas tienen una pendiente entre 1%-2%, donde en el presente proyecto se tendrá una pendiente media de 1,33% se puede obtener a partir de la Gráfica 1 la relación H_b/ds de 1,21.

$$\frac{ds}{g \cdot T^2} = \frac{5,5}{9,81 \cdot 14,52^2} = 0,002659 \rightarrow \frac{H_b}{db} = 0,8$$

Según la información que aporta Navionics de las batimetrías, se puede decir que:

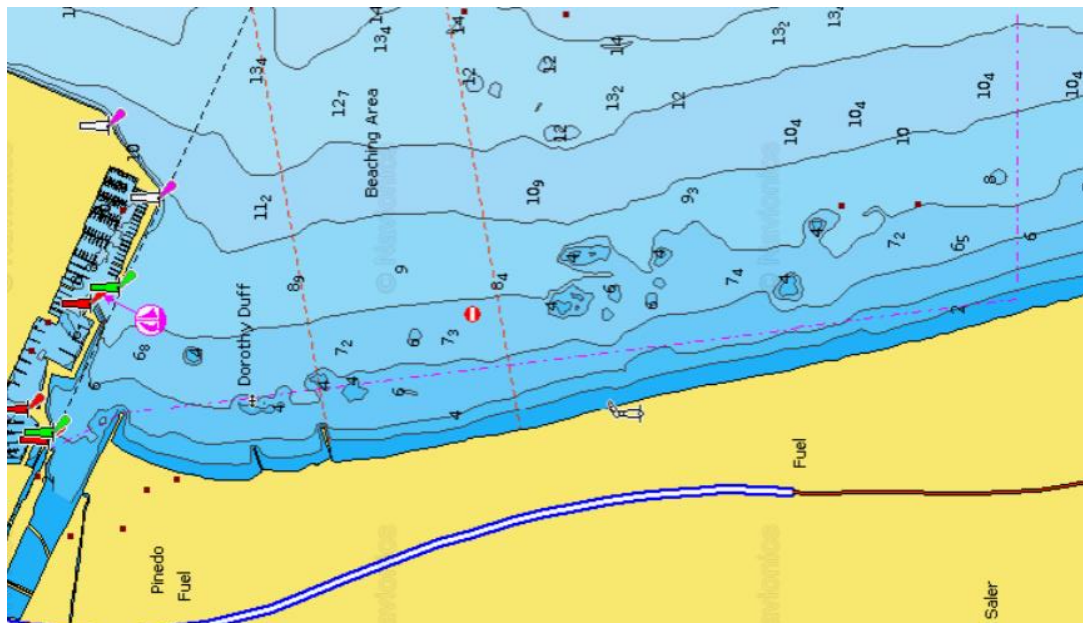


Ilustración 5. Batimetría de la zona de actuación. Fuente: Navionics

$$H_b = 5,5 \cdot 1,21 = 6,655 \text{ metros}$$

Por lo que, según la teoría de la onda solitaria, el momento en el que la ola rompe, puede confirmarse que:

$$H_b = 0,78 \cdot d \approx 0,8 \cdot d$$

Donde:

- $H_b \rightarrow$ Altura de ola en condiciones de rotura
- $d \rightarrow$ Profundidad de cálculo a pie de las estructuras, $d = d_s + s$, siendo:
- $d_s \rightarrow$ Profundidad según el emplazamiento de las estructuras
- $s \rightarrow$ Sobreelevación

Luego, en el pie del dique situado a una profundidad de 5,5 m, se aplicará una sobreelevación debida a la carrera de marea meteorológica, astronómica y la variación del nivel del mar de 1 m, por lo que, el valor de la altura de ola en rotura será de 5,2 m.

Se comparará la altura de ola mediante la teoría de onda solitaria y la altura de ola obtenida anteriormente, donde la primera es menos restrictiva y por tanto se considera la altura de ola en rotura de $H_b = 5,2$ metros.

$$H_b = 5,2 \text{ metros}$$

2.1.4. Altura de ola de cálculo (Hcal)

Una vez calculada la altura de ola significativa en aguas profundas (Hso) y calculada también la altura de ola en condiciones de rotura (Hb), debe realizarse una comprobación de si las olas incidentes afectan a las obras, ya que pueden presentarse en condiciones de rotura o no. Por lo que tiene gran importancia conocer el régimen del oleaje que afectara a los diques una vez instalados.

Por lo tanto, todas las olas superiores a la obtenida en la altura de ola en rotura (5,2 metros) romperán antes de llegar a las obras de regeneración y las estructuras proyectadas. El Shore Protection Manual (SPM) recomienda emplear $H_{1/10}$ para el cálculo de este tipo de diques.

$$H_{1/10}=1,27*H_{1/3}=1,27*H_{s,0}=1,27*6,6=8,382\text{metros}$$

$$H_{1/10}= 8,382 \text{ metros para } T=70 \text{ años}$$

Puesto que $H_{1/10} > H_b$, se conoce que las obras de protección de la playa de Pinedo están en condiciones de rotura por fondo, en profundidades reducidas. Es por eso por lo que la altura de ola de cálculo tomada coincide con la altura de ola en rotura:

$$H_{cal}=H_b=5,2 \text{ metros}$$

2.2. Parámetros básicos de un dique

Una vez construidos los diques modificaran la morfología actual de la playa de Pinedo y las playas del sur, gracias también a la dinámica litoral.

Por lo que un adecuado diseño de sus parámetros geométricos y estructurales son de gran importancia cuando el objetivo es poder conseguir la situación de playa proyectada y las condiciones de protección de la línea de costa. Según los parámetros en el dique se podrán generar tómbolos o hemitómbolos.

Los distintos parámetros que deben caracterizarse son los siguientes:

- La orientación respecto a la orilla
- La separación de la costa
- La longitud y ubicación del dique
- La cota de coronación

2.2.1. Orientación respecto a la orilla

El objetivo principal en la construcción de los diques exentos es minimizar la energía del oleaje incidente, para disminuir la fuerza erosiva que provoca sobre la playa. Además, al colisionar con los diques se genera la difracción del oleaje, por lo que la dirección será esencial para lograr la situación esperada.

Lo habitual es que la construcción de los diques exentos se realizase paralelo a la línea de costa, aunque la dirección dominante del oleaje en este caso tenga cierta oblicuidad respecto a la normal. Como ha podido apreciarse en la playa de Pinedo el oleaje predominante de los temporales proviene de ENE y NE. Pero la refracción ayuda a que las olas disminuyan esa oblicuidad respecto a la costa.

Por lo que en el presente proyecto la construcción de los diques exentos se realizara paralelos a la costa.

2.2.2. Separación de la costa

Se espera que se separen los diques de la orilla unos 260 metros. La distancia a la que se construirán los diques tiene una gran importancia puesto que determinara a partir de qué punto se crearan las condiciones necesarias para que exista una actuación. Si dicha distancia es muy pequeña, se produce una mayor acumulación de sedimentos en el trasdós del dique, formándose un tómbolo o un hemitómbolo. Por otro lado, cuanto más grande sea esta distancia, menor es la sedimentación y mayor la energía existente en el área protegida.

Los diques se construirán en una profundidad de aproximadamente -5,5 metros. De esta manera, la estructura estará lo bastante alejada de la playa seca para no ser ningún obstáculo para los bañistas ni tampoco para las embarcaciones.

2.2.3. Número, longitud y ubicación

Es un parámetro que según las condiciones en las que se establece controla la cantidad de sedimento acumulado en el tramo que está protegiendo. Cuanto más grande sea la longitud del dique, más cantidad de sedimento podrá contener, llegando a formar tómbolos o hemitombolos.

Según el Shore Protection Manual (SPM) y varios ensayos a escala reducida realizados, para lograr la formación de hemitómbolos, aconseja que la relación entre la longitud del dique y la distancia a la costa sea inferior a 1. Por lo que, se decide que la longitud de los diques exentos sea de 180 metros. Entre sí los diques mantendrán una distancia de unos 200 m.

Las siguientes tablas muestran una serie de relaciones entre la distancia a la línea de costa y la longitud de diques exentos.

CONDICIONES PARA LA FORMACIÓN DE TÓMBOLOS		
Expresión analítica	Respuesta producida	Fuente y año
$L/y > 2$	Doble tómbolo	Gourlay (1981)
$L/y > 0,67-1$	Tómbolo (aguas someras)	Gourlay (1981)
$L/y > 2,5$	Tómbolo periódico	Ahrens y Cox (1990)
$L/y > 1,5-2$	Tómbolo	Dally y Pope (1986)
$L/y > 1,5$	Tómbolo (conjunto de diques)	Dally y Pope (1986)
$L/y > 1$	Tómbolo (dique aislado)	Suh y Dalrymple (1987)
$L/y > 2G/L$	Tómbolo (conjunto de diques)	Suh y Dalrymple (1987)
<p>L: Longitud del dique exento</p> <p>y: Distancia del dique a la posición inicial de la línea de costa</p> <p>G: Separación entre diques exentos alineados</p>		

Tabla 8. Condiciones geométricas para la formación de tómbolos en la costa.

Fuente: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3378/377685.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

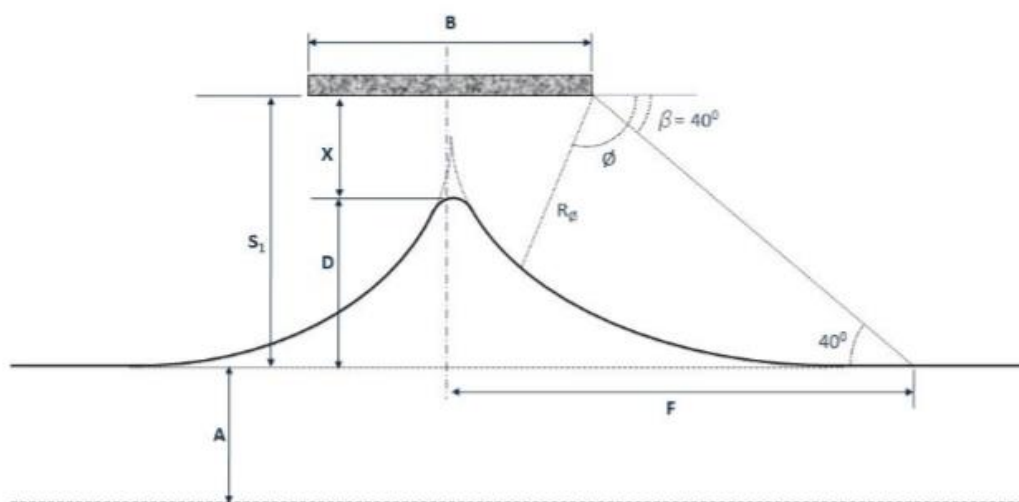
CONDICIONES PARA LA FORMACIÓN DE HEMITÓMBOLOS		
Expresión analítica	Respuesta producida	Fuente y año
$L/y < 1$	No hay tómbolo	S.P.M. (1984)
$L/y < 0,4-0,5$	Saliente	Gourlay (1981)
$L/y = 0,5-0,67$	Saliente	Dally y Pope (1986)
$L/y < 1$	No hay tómbolo (dique aislado)	Suh y Dalrymple (1987)
$L/y < 2G/L$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

Tabla 9. Condiciones geométricas para la formación de hemitómbolos o salientes en la costa.
Fuente: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3378/377685.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

2.2.4. Cota de coronación

Como se ha mencionado anteriormente en el 'Anejo 8.- Estudio de alternativas', la construcción de los diques exentos sumergidos tiene varias ventajas frente a los diques exentos emergidos, como puede ser un menor impacto ambiental y visual, o que se emplean menos materiales en la construcción de los diques exentos sumergidos. Por lo que la cota de coronación de estos estará a -0,5 metros del NMM, donde dependerá de las situaciones del momento en las que la coronación de los diques será visible, pero en estos casos no supondrá una barrera visual en la costa.

Con el presente proyecto se ha establecido como objetivo principal alcanzar un ancho de playa de entorno los 60 metros. A continuación, se adjuntará las fórmulas a partir de las cuales se calcularán los hemitómbolos y muestra las variables de las que depende un dique exento:



A = anchura mínima de la playa

D = longitud del hemitómbolo

F = semilongitud del hemitómbolo

S = distancia del dique exento a la línea de costa original

$$\frac{X}{B} = 0,6784 \left(\frac{S}{B} \right)^{1,2148} \quad S_1 = X + D \quad \frac{S_1}{B} = 0,1112 + 1,082 \frac{S}{B}$$

$$F = \frac{B}{2} + \sqrt{R_0^2 - S_1^2} \quad \frac{R_0}{B} = 0,1737 + 1,6833 \frac{S}{B}$$

$$\frac{F}{B} = \frac{1}{2} + 1,1917 \frac{S_1}{B}$$

Ilustración 6. Variables que definen la respuesta de la Línea de costa.

- **Anchura de la playa (A)** → Se pretende que con la aplicación de la solución óptima se alcance un ancho de playa de 60 metros, ya que es un ancho con el que cubre las necesidades de la población y al mismo tiempo cumple la normativa.
- **Distancia del dique a la línea de costa (S1)** → Se construirán los diques a una distancia de 260 metros de la línea de costa.
- **Longitud de los diques (B)** → Se pretende construir dos diques exentos con una longitud de cada uno de 180 metros.

Introduciendo las variables establecidas en las fórmulas expuestas en la Ilustración 6, se obtienen los siguientes resultados:

VARIABLES		RESULTADOS	
A	60	S	221,8
S1	260	Ro	404,6
B	180	F	399,8

Ro es la longitud de la línea de control dibujada entre los extremos de los salientes que limitan la playa y F es la semilongitud del hemitómbolo/tómbolo, son valores que se emplearán más adelante para poder diseñar la playa con mayor precisión.

2.3. Materiales constituyentes y sección transversal

La estructura de los diques estará formada de la siguiente manera:

Por un lado, se tendrá en los mantos escollera y todo-uno de cantera se utilizaría para el núcleo de la infraestructura. Los pesos estimados con los que se operara y se detallaran a lo largo del presente documento.

La sección transversal para su mayor facilidad y rapidez a la hora de construir será la misma en todo el dique y la geometría que se procurará mantener será la trapezoidal.

Se continuará detallando los parámetros para determinar la geometría que tendrá la sección transversal:

- El ancho de coronación del cuerpo será de 8 metros para facilitar las operaciones de circulación sobre el mismo.
- El talud será de H2:V1.
- La cota de coronación será la misma en todo el dique y estará a la cota -0,5 metros del NMM.
- El calado o profundidad sobre el que se estará operando es de -5,5 metros.

2.4. Análisis de estabilidad y cálculo de dique en talud

En el presente apartado se realizará un análisis de la estabilidad y el cálculo del dique en talud. Por eso se recurrirá a la utilización de las fórmulas que recomienda Shore Protection Manual (SPM,1984).

La construcción de los diques en talud es una de las infraestructuras más empleadas para poder proteger la costa o abrigar una zona. Son estructuras que reducen la energía del oleaje a través de los procesos de rotura, fricción y transmisión del oleaje a la parte abrigada.

Suelen estar formadas por varias capas, donde los materiales que se utilizan van en tamaño decreciente, es decir, el material que se emplea en el manto principal hasta el núcleo va disminuyendo su tamaño. El manto principal es la primera capa superficial que tiene como objetivo principal proteger y aportar resistencia al dique. Las piezas que se utilizan son las más grandes y resisten a través de su peso propio, trabazón y engarce. Si el manto principal se deteriorara por erosión de la capa, este no podría proteger las capas inferiores por lo que podría ocasionar un colapso de la estructura.

Las capas intermedias tienen como función servir de apoyo al manto principal, y actúan de filtro de las capas adyacentes. Impiden que el material del núcleo escape por la acción del oleaje. Por último, el núcleo forma parte del resto de las capas y está formado por los materiales más pequeños y a este se le exige impermeabilidad para evitar transmisiones de oleaje. Además, actúa como plataforma para construir el resto del dique.

2.4.1. Causas de fallo del dique

La estabilidad en un proyecto de construcción tiene una gran importancia y requiere el análisis de la estabilidad de toda la estructura bloque a bloque.

Bruun en 1979, elaboro la síntesis de las causas que provocan el fallo de un dique, donde termino agrupándolas en once causas principales, que comprende la estabilidad hidrodinámica de las piezas, la estabilidad mecánica de estas, la estabilidad geotécnica del conjunto y errores constructivos.

Al mismo tiempo, se estudiará y analizara la estabilidad del dique a partir de las causas de avería debidas a la falta de estabilidad hidrodinámica, estas son:

- Retirar las piezas que forman el manto principal a causa del oleaje.
- Movimientos continuos de los cantos del manto principal sin grandes desplazamientos instantáneos, pero capaces de deteriorar en el tiempo la conformación del manto. Se puede considerar como una rotura por fatiga.

Los movimientos que genera el oleaje sobre las piezas que conforman el manto pueden ser de dos tipos: cabeceos sobre sus apoyos en el manto y desplazamientos de su posición en el manto.

Cuando el dique es alcanzado por un oleaje regular de pequeña altura, este permanece inalterado, excepto la extracción de piezas que no se encuentran integradas en el conjunto. Si

la altura que alcanza el dique es mayor, provoca la extracción de piezas, donde acaban disminuyendo a partir de un número determinado de olas. Durante este tiempo el dique pasa por una serie de procesos donde termina estabilizándose tras el paso de un número determinado de olas.

Por último, cuando las acciones incidentes debidas al flujo sobrepasan un determinado valor, las piezas del manto secundario se verán afectadas antes de que el manto principal pueda alcanzar la situación de estabilidad. Cuando la afección alcanza el manto secundario, es un daño que con el tiempo seguirá creciendo, llegando a alcanzar niveles de deformación incompatibles con la función para la que ha sido construida la estructura. Por otro lado, cuando el espesor del manto principal es muy grande, la deformación admisible es mucho mayor, por lo que se impondrá una limitación a dicha deformación, o por el inicio de la erosión que se provoca cuando alcanza el manto secundario o por los efectos que genera la deformación afectando a la funcionalidad del dique.

2.4.2. Criterios de avería

Como se ha comentado en apartados anteriores, las averías empiezan a generarse cuando la altura de ola afecta a la extracción de algunos de los elementos que forman el manto principal. Cuando este proceso sucede, el dique cambia hasta una nueva situación de estabilidad, denominada '*estabilidad parcial*'.

Para poder establecer una relación entre el estado de avería de un dique con los valores de los parámetros de daño, se procederá a definir algunos criterios globales de avería, relacionados con variaciones geométricas en el manto, aportando así la información necesaria sobre el estado del dique.

Según Losada (1990), afirma que: '*Un dique en talud es estable si las olas no son capaces de extraer ninguna pieza del manto principal*'. Las diferentes intensidades de avería son:

- **Inicio de avería (IA):**
Mínima altura de ola capaz de movilizar elementos del manto. Un 5% de las piezas del manto han sido desplazadas.
- **Avería de Iribarren (AI):**
El fallo de la capa exterior permite la extracción de piezas de capas interiores.
- **Inicio de destrucción (ID):**
Cuando se extrae una de las piezas de la segunda capa del manto principal.
- **Destrucción (D):**
El daño alcanza el núcleo del dique.

Pero los cálculos realizados de este proyecto se continuarán basándose según los criterios del SPM (1984), donde proporciona una tabla donde se relaciona la altura de ola de iniciación de averías o daño cero, con la altura de ola de cálculo que afecta al dique.

Se determinará 'daño' como el porcentaje de escollera que se mueve en una banda activa.

2.4.3. Cálculo de peso de las piezas y espesores de capa

En el presente apartado se dimensionará cada una de las capas y materiales que compondrán el dique.

Las piezas que se colocaran en las capas se determinaran según el cálculo de su peso. A su vez no solo se considerará el peso de los bloques, sino que también la estabilidad de estos dependerá del engarce y trabazón con los elementos adyacentes y del conjunto. De tal forma que las piezas deben resistir la energía de rotura que provocan las olas.

Para calcular el peso unitario mínimo de los elementos del manto principal nos apoyaremos en la fórmula de Iribarren (1938) y Iribarren, Nogales y Olano (1953,1959 y 1961), modificada por Hudson, el cual desarrollo la ecuación que se adjuntara a continuación para el diseño de los diques en talud. La fórmula, recogida por el SPM (1984), permitirá establecer el peso de las piezas que se colocaran en el manto:

$$W = \frac{1}{Kd \cdot \cot \alpha} * \frac{H^3 * \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^3}$$

Donde:

- **W** → Peso del manto (t) → Escollera
- **Kd** → Coeficiente de estabilidad → Para establecer un valor a la variable Kd, debe tenerse en consideración que es un parámetro que varía en función de la forma de las piezas, rugosidad y angulosidad del material y el grado de trabazón que se tiene en la colocación. Al mismo tiempo este también depende del número de capas que se vayan a colocar en la estructura, de la posición en la que se coloquen las piezas, de la situación del oleaje si está en rotura o no rotura. (Iribarren (1964) y Bruun (1973) recomiendan incrementar el peso de las unidades del morro del dique respecto de las utilizadas en el tronco), luego también se considerará la sección transversal en la que se coloque la pieza, es decir, si está en tronco o en morro.

Se considerará que el material se colocara en dos capas (n=2) y será de escollera rugosa, recurriendo a la Tabla 10, se aplicara un Kd=2 para el cuerpo del dique y un Kd=1,6 para el morro del dique.

- **H** → Altura de ola considerada
- **Cot α** → Inclinación de los taludes → La pendiente es de 2 (m=2) ya que los taludes son de H2:V1.
- **ps** → Peso específico de la escollera → 2,7 T/m³
- **ps/ pw** → Peso específico relativo del material respecto el agua marina → 2,637 T/m³

Piezas del manto	n ⁽¹⁾	Colocación	Cuerpo del dique		Morro		Talud
			K _d ⁽²⁾		K _d		
			Rotura en cascada delante del dique	Rotura sobre el dique	Rotura en cascada delante del dique	Rotura sobre el dique	
Escollera Redondeada lisa	2	Aleatoria	1,2	2,4	1,1	1,9	1,5 to 3 ⁽⁵⁾
Redondeada lisa	>3	Aleatoria	1,0	3,2	1,4 ⁽⁶⁾	2,3	(5)
Angulosa rugosa	1	Aleatoria	—	2,9	—	2,3	(5)
Angulosa rugosa	2	Aleatoria	2,0	4,0	1,0	3,2	1,5
					1,0	2,8	2,0
					1,3	2,3	3,0
Angulosa rugosa	>3	Aleatoria	2,2	4,5	2,1	4,2	(5)
Angulosa rugosa	2	Especial ⁽⁸⁾	5,8	7	5,3	6,4	(5)
Paralelepípedo ⁽⁷⁾	2	Especial ⁽⁷⁾	7-20	8,5-24	—	—	(5)
Tetraédrico y Cuadrípodo	2	Aleatoria	7,0	8,0	5,0	6,0	1,5
					4,5	5,5	2,0
					3,5	4,0	3,0
Tribar	2	Aleatoria	9,0	10,0	7,8	8,5	2,0
					6,0	6,5	3,0
Dolos	2	Aleatoria	15,8 ⁽⁸⁾	31,8 ⁽⁸⁾	8,0	16,0	2,0 ⁽⁸⁾
					7,0	14,0	3,0
Cubo modificada	2	Aleatoria	6,5	7,5	—	5,0	(5)
Hexápodo	2	Aleatoria	8,0	9,5	5,0	7,0	(5)
Toskane	2	Aleatoria	11,0	22,0	—	—	(5)
Tribar	1	Uniforme	12,0	15,0	7,5	9,5	(5)
Escollera angulosa graduada	—	Aleatoria	2,2	2,5	—	—	(5)

⁽¹⁾ C/ TABLADO. Los valores de K_d en cascada no corresponden a ensayos, se dan sólo para predicciones.

⁽²⁾ Aplicable a taludes de 1:1,5 a 1:5.

⁽³⁾ n es el número de capas.

⁽⁴⁾ No se recomienda emplear mantos de una sola capa en diques sometidos a oleaje que rompe delante del dique en cascada, y sólo en condiciones especiales con oleaje que rompe sobre el dique. Si se hace esto último, la escollera debe colocarse cuidadosamente.

⁽⁵⁾ Hasta que se obtenga más información sobre la variación de K_d con el talud, el uso de los valores K_d debe limitarse a taludes de 1:1,5 a 1:3,0. Algunos ensayos de menor con ciertas piezas indican una dependencia de K_d respecto al talud.

⁽⁶⁾ Escollera colocada con su eje mayor perpendicular al paramento.

⁽⁷⁾ Cuantos paralelepípedos: su dimensión mayor es unas tres veces su dimensión menor.

⁽⁸⁾ Se refiere a daños nulos (< 5% de desplazamientos, giros, etc.). Si se desea que no haya giros (< 2%), reducir en un 50% el valor de K_d .

⁽⁹⁾ La estabilidad de los dolos en taludes más empinados que 1:2 debe ser sustanciada con ensayos específicos del caso.

Tabla 10. Kd en función del tipo de escollera y el número de capas a colocar. Fuente: SPM

Aunque Hs es la altura de cálculo, se utilizará una escollera rugosa en el manto principal y esta aceptara un grado de daño entre el 20% y el 30% según la SPM, ya que los diques son construcciones de protección, un método del que obtenemos Hs según los criterios de avería, se tiene:

Averías (%)	H/(H No averías)	K _d
0 - 5	1,00	4,0
5 - 10	1,08	4,9
10 - 15	1,19	6,6
15 - 20	1,27	8,0
20 - 30	1,37	10,0
30 - 40	1,47	12,4
40 - 50	1,56	15,0

Tabla 11. Altura de ola de iniciación de avería. Fuente: SPM

$$H = \frac{5,2}{1,37} = 3,79562 \text{ metros}$$

2.4.3.1. Manto principal

A continuación, se realizarán los cálculos del peso específico de la escollera y el espesor que tendrán las capas, a partir de la fórmula de Hudson, los valores obtenidos serán diferentes según sean el morro o el cuerpo.

	CUERPO	MORRO
Kd	2	1,6
cotα	2	2
H(m)	3,79562	3,79562
ps(T/m³)	2,7	2,7
ps/ρw (T/m³)	2,634	2,634
W(T)	8,460	10,576
W(kg)	8460,5	10575,6

Una vez calculado el peso de las piezas que se colocaran en el manto principal se procede a calcular el espesor que tendrá el manto, donde se ha calculado el tamaño de cubo equivalente a una pieza de escollera:

$$r = n * K \Delta * \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{\frac{1}{3}}$$

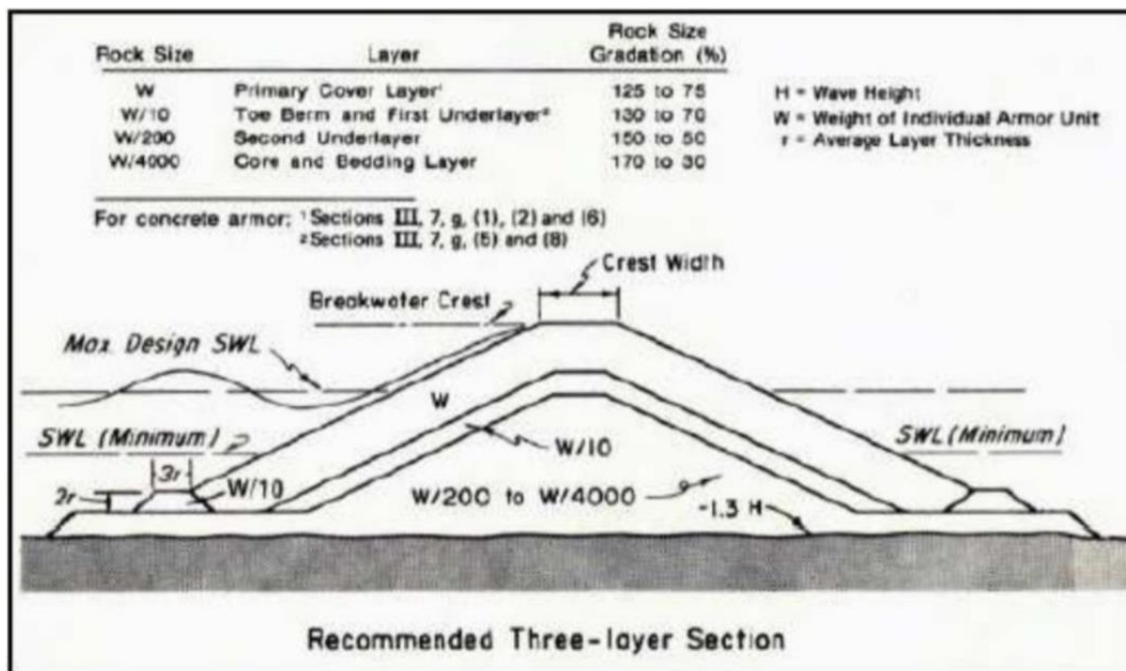
Donde:

- **n** → Número de capas
- **kΔ** → Coeficiente de capa, donde el valor será 1 porque se utilizarán rocas angulosas con colocación aleatoria.
- **W(T)** → Peso calculado en la tabla anterior
- **γ_r** → Peso específico de la pieza → Escollera

	CUERPO	MORRO
n	2	2
kΔ	1	1
W(T)	8,46049543	10,5756193
γ _r	2,7	2,7
r(m)	2,927	3,153

Hasta el momento se han estudiado las dimensiones del manto principal. Y con el apoyo de las recomendaciones de Shore Protection Manual (SPM), podremos obtener el resto de las piezas que componen el dique.

Como puede apreciarse en la siguiente imagen se muestra la sección tipo para diques de escollera en condiciones de rotura de ola. Donde se tiene un manto principal, manto secundario y un núcleo:



2.4.3.2. Manto secundario

El manto secundario es una capa intermedia que se encuentra entre el manto principal y el núcleo que actúa como filtro y que al mismo tiempo protege al núcleo del oleaje incidente. Como puede apreciarse en la imagen anterior el peso de las piezas del manto secundario es del 10% del peso del manto principal. Y en este caso, solamente se dispondrá una capa ($n=1$).

	CUERPO	MORRO
W(T)	0,846	1,058
W(Kg)	846	1058
r(m)	0,679	0,732

2.4.3.3. Núcleo interior

Como se ha comentado anteriormente la principal función del núcleo es ofrecer estabilidad al dique e impedir la propagación del oleaje a través de este. El material a emplear será todo-uno de cantera con diferentes pesos que se mantendrán dentro de un rango. Para establecer el rango

de pesos nos apoyamos en la anterior imagen obtenida en el SPM, donde especifica que el intervalo en el que se mueven los materiales del núcleo son $w/200$ y $w/4000$.

Por lo tanto, sabremos que los pesos del núcleo oscilan entre los siguientes:

$$\text{Núcleo: } w \in \{2-43\} \text{ kg}$$

Por último, se adjuntará a continuación una tabla resumen de los pesos y los espesores de cada una de las capas que tendrá el dique y una segunda tabla donde se determinarán las variaciones de los pesos que son permitidas según la SPM:

CAPA	MANTO PRINCIPAL		MANTO SECUNDARIO		NÚCLEO
	Cuerpo	Morro	Cuerpo	Morro	
Peso de la pieza (kg)	8460,5	10575,6	846,0	1057,6	2-43
Espesor(m)	2,93	3,15	0,68	0,73	-

CAPA	MANTO PRINCIPAL		MANTO SECUNDARIO		NÚCLEO
	Cuerpo	Morro	Cuerpo	Morro	
Variaciones (%)	75-125	75-125	70-130	70-130	30-170
Peso mínimo (kg)	6345,4	7931,7	592,2	740,3	1
Peso máximo (kg)	10575,62	13219,52	1099,86	1374,83	59,5

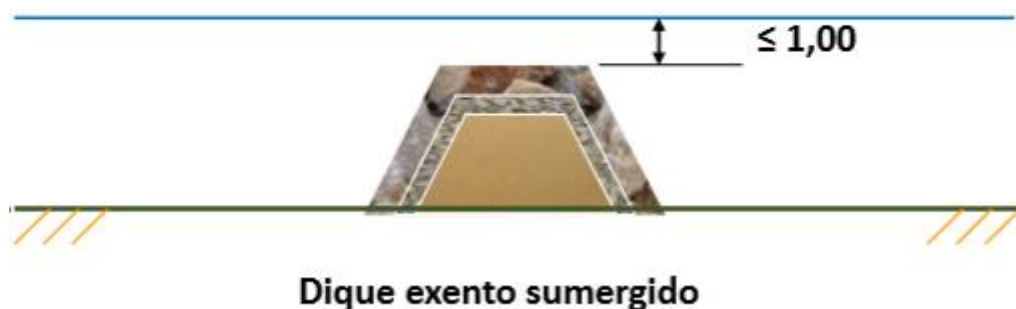


Ilustración 7. Sección transversal genérica del dique.

2.4.4. Ancho mínimo de coronación

Se ha establecido un ancho de coronación en la sección transversal de 8 metros. No obstante, se procederá a calcular el ancho mínimo recomendado por la SPM, para comprobar que el ancho establecido cumple las condiciones. La formulación por emplear es la siguiente:

$$B = n \cdot k\Delta \cdot \left(\frac{w}{w_y}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

- $n \rightarrow$ Número de capas $\rightarrow n=2$
- $k\Delta \rightarrow$ Coeficiente de capa $\rightarrow k\Delta = 1$ (Apoyándonos en la tabla adjunta a continuación)
- $w \rightarrow$ Peso de las piezas del manto principal
- $w_y \rightarrow$ Densidad del material de las piezas $\rightarrow 2,7 \text{ T/m}^3$

Armor Unit	n	Placement	Layer Coefficient k_Δ	Porosity (P) %
Quarrystone (smooth) ¹	2	Random	1.02	38
Quarrystone (rough) ²	2	Random	1.00	37
Quarrystone (rough) ²	>3	Random	1.00	40
Quarrystone (parallelepiped) ⁶	2	Special	—	27
Cube (modified) ¹	2	Random	1.10	47
Tetrapod ¹	2	Random	1.04	50
Quadripod ¹	2	Random	0.95	49
Hexipod ¹	2	Random	1.15	47
Tribar ¹	2	Random	1.02	54
Dolos ⁴	2	Random	0.94	56
Toskane ⁵	2	Random	1.03	52
Tribar ¹	1	Uniform	1.13	47
Quarrystone ⁷	Graded	Random	—	37

ANCHO MINIMO	CUERPO	MORRO
	2,93	3,15

Como puede apreciarse el ancho establecido de 8 metros cumple con los anchos mínimos recomendados de la SPM.

2.4.5. Justificación del ancho elegido

Según la norma SPM, cuando se establece un ancho para la coronación de una estructura este debe ser suficiente para cualquier operación de construcción o mantenimiento que obligue a circular por encima de la estructura. Un ancho muy superior al ancho mínimo puede suponer un incremento en el presupuesto, no obstante, favorece las labores de construcción si se debe circular sobre esta.

Como se ha mencionado, el proceso constructivo que se ejecutara en el presente proyecto es el de construcción vía terrestre. Por lo que se utilizara maquinaria pesada para el movimiento de tierras y para la elevación y colocación del material.

Los diques para facilitar el proceso constructivo, inicialmente no se construirán sumergidos ya que de esta manera se utilizará la propia estructura para acceder a cualquier punto necesario.

Luego al decidir construir un ancho de 8 metros, permite con facilidad la circulación de los camiones, grúas, palas y cualquier tipo de maquinaria tanto para aportar el material y colocarlo, como para la extracción del material sobrante, ya que los diques son sumergidos y se deberá rebajar la cota de coronación.

2.5. Propagación del oleaje. Forma en planta de la playa

2.5.1. El fenómeno de la propagación de las olas

Mantener el equilibrio en la playa de Pinedo dependerá del oleaje incidente. Las olas generadas en aguas profundas se van propagando, y pueden provocar los procesos de refracción y fricción con el fondo y al encontrarse con los diques exentos, se puede dar la difracción y/o reflexión.

- La **difracción**, se conoce como la deformación que sufre el frente de olas al rodear cualquier obstáculo.
- La **refracción** es la modificación del oleaje ligada a la modificación de la profundidad, y también a la disposición de las isóbatas. Por refracción, las crestas de las olas se hacen ligeramente paralelas a la costa. El flujo de energía concentrado por unidad de superficie, al llegar a la costa se ve obligado a concentrarse o expandirse.

La importancia que representan estos términos del oleaje en el presente proyecto está en el hecho de que las obras de regeneración se construirán en profundidades reducidas, donde las olas tendrán cambios considerables debido a su efecto. Es por eso por lo que la propagación del oleaje debe conocerse hasta que alcanzan los diques exentos, y a partir de ahí conocer los cambios que ocasionaran en la planta de la playa.

Por lo tanto, el principal objetivo de este punto es el cálculo del ángulo (β) que forma la perpendicular del oleaje incidente con la alineación de los diques exentos sumergidos. Se continuará, con el valor de β ya calculado anteriormente y se trabajará con métodos predictivos y se pretenderá ajustar una curva geométrica que represente la planta de la playa de Pinedo en situación de equilibrio y una vez conocida la evolución con los datos de la forma en planta y del perfil de la playa protegida se realizará una comparación con el estado actual y se podrá calcular el volumen de áridos necesarios de la alimentación artificial.

2.5.2. Hipótesis de partida

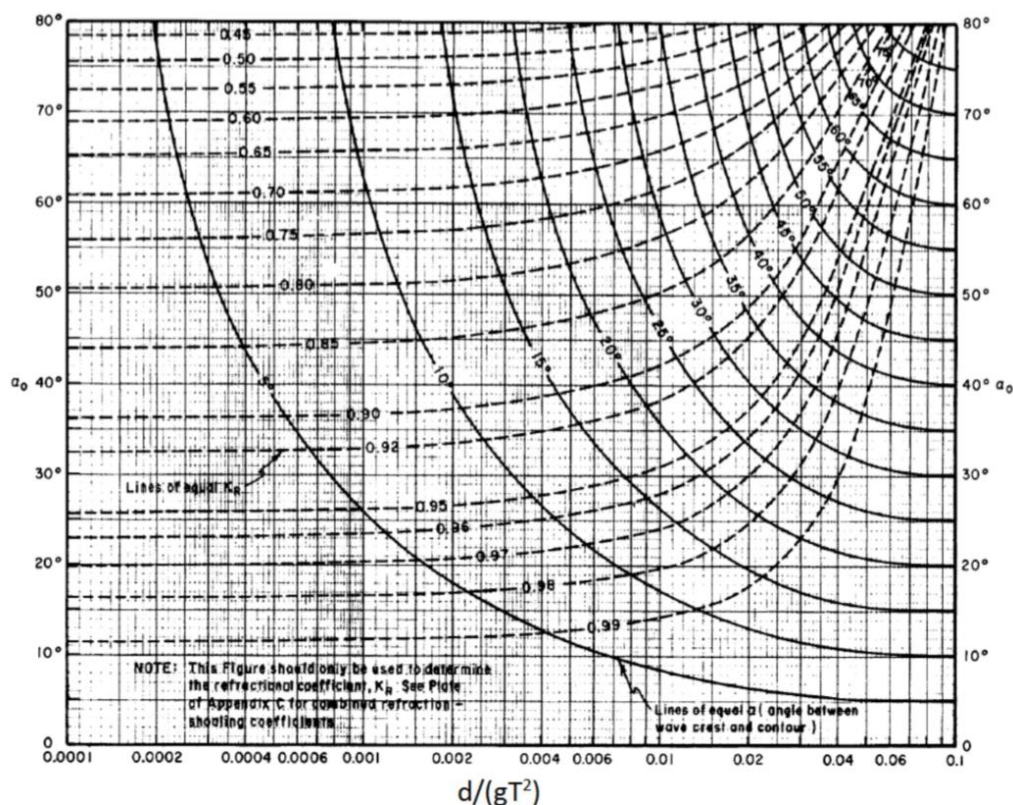
Para poder obtener el ángulo β , se parte de unos supuestos de partida, que son los siguientes:

- Las líneas batimétricas se consideran paralelas a la costa.
- Los diques exentos sumergidos se construirán paralelos a la costa, a una profundidad aproximada de -5,5 metros.
- Vida útil de 25 años.
- En la playa de Pinedo los temporales predominantes proceden de ENE, E y NE.

2.5.3. Refracción del oleaje

La refracción nos permite conocer el cambio de dirección de propagación del oleaje, tanto la convergencia como la divergencia de la energía de la ola al llegar a la playa. En el presente proyecto se estudiará la refracción a partir de una serie de determinaciones prácticas (SPM), donde se representan en el siguiente ábaco. En este ábaco se parte de los siguientes datos:

- El ángulo entre la orilla y la perpendicular a la dirección predominante del oleaje en aguas profundas es aproximadamente 80° .
- Los datos del oleaje en aguas profundas (HS0 y T) para el nivel de riesgo y vida útil de las obras y la dirección del oleaje entre NE y ENE, son: HS0 = 6,6 metros y T = 14,52 segundos.
- Profundidad aproximada a la que se construirán los diques exentos: -5,5 metros.



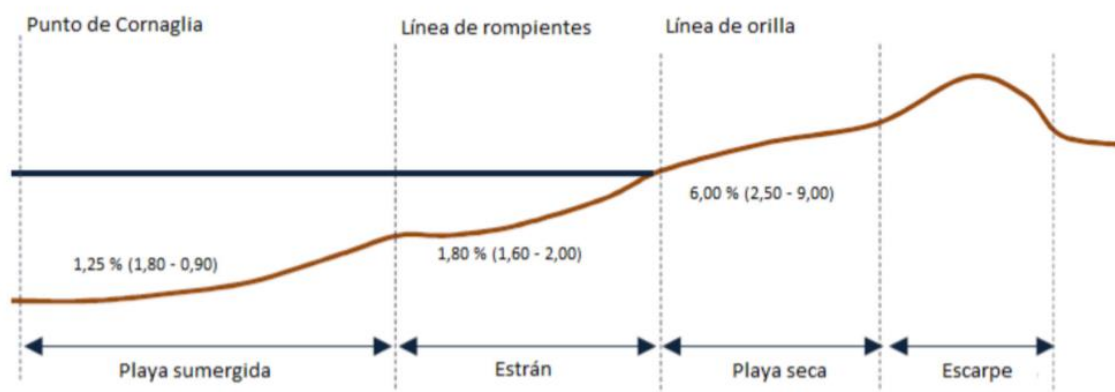
Se obtiene que el ángulo entre la perpendicular a la dirección predominante del oleaje y la alineación de los diques exteriores será de $\beta = 38^\circ$.

3. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL

3.1. Perfil de playa. Anchos mínimos

El perfil de una playa este compuesto por cuatro zonas:

Playa Sumergida	Estrán	Playa seca	Escarpe
-----------------	--------	------------	---------



Al mismo tiempo en la playa seca se pueden distinguir los siguientes tramos:

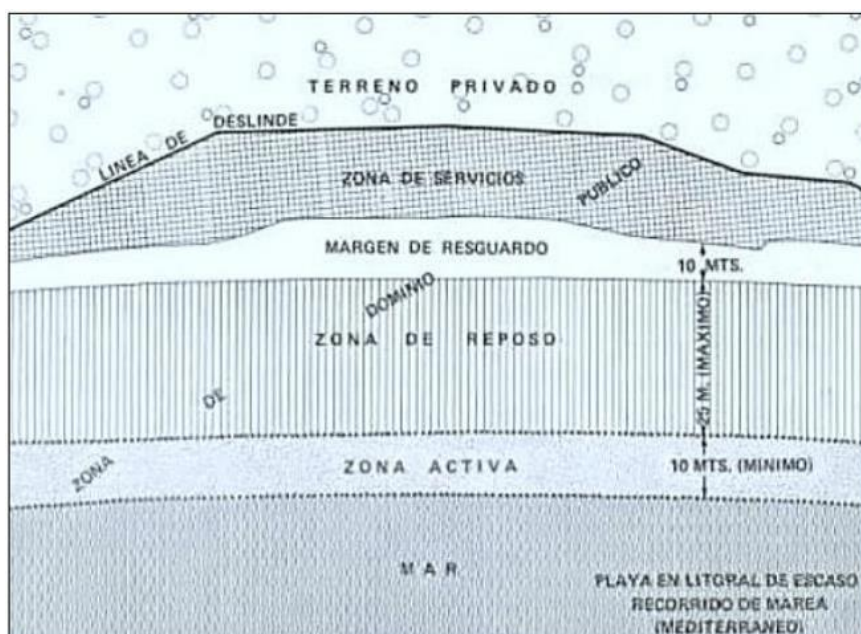


Ilustración 8. Zonificación playa seca en las playas del Mediterráneo.

1. Zona activa o de inmersión

Tramo de arena más cercana a la costa que debe mantenerse libre, prácticamente en la totalidad de su longitud, para garantizar y favorecer una cómoda inmersión y tránsito de las personas que acuden a bañarse. Se recomienda que la anchura mínima de la zona activa debe ser de 10 metros, no obstante, el valor definitivo del mismo se tendrá según la pendiente de la playa en

este tramo (8%) y el valor del Run-Up. Pero en las playas donde el ancho es superior a 40 metros, podrá considerarse ampliar la zona hasta 10 metros más.

2. Zona de reposo o inactiva

Es la franja paralela a la zona activa, donde en esta se instalan los equipos como son las sombrillas, hamacas, toldos y demás elementos portátiles, particulares o uso público, que hacen confortable la permanencia en la playa. En las playas del Mediterráneo se estiman anchos en esta zona de entre 25-30 metros, ya que si son superiores es desagradable recorrer tanta distancia para llegar al agua, porque la arena de la playa alcanza temperaturas elevadas.

3. Margen de resguardo

Lo normal es establecer un ancho de por lo menos 10 metros, un margen que ayuda a prever las oscilaciones naturales estacionales de playa.

4. Zona de servicio

Este compuesto por los terrenos continuados a la zona de reposo o inactiva por el lado del suelo, es decir, la zona más interna de la playa. Es una zona que tiene como función actuar de barrera entre la zona de reposo de la playa y las zonas urbanas cercanas.

Por último, uno de los parámetros a considerar a la hora de realizar los cálculos de la forma de planta que tendrá la playa seca, con un ancho mínimo esperado de 60 metros. Es una magnitud que se obtendrá como resultado de la suma de las zonas activas y de reposo. La zona de servicio no está considerada dentro del área de playa seca.

3.2. Perfil de playa deseable

El principal objetivo del presente apartado de alimentación artificial es calcular el aporte de arena que será necesario realizar para conseguir el perfil esperado de la playa.

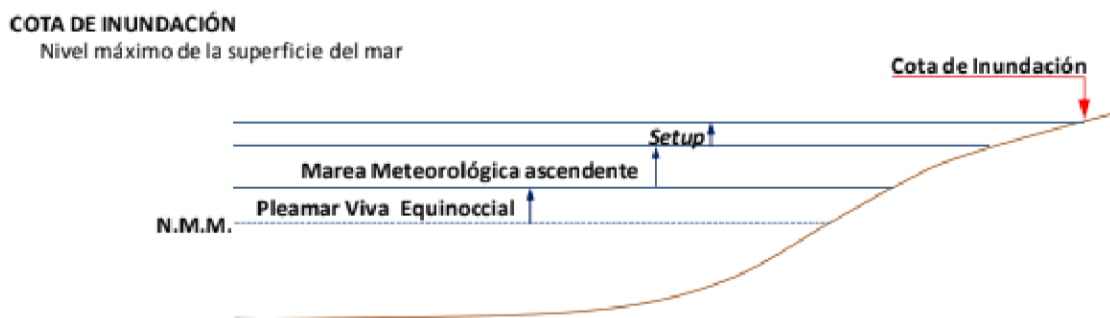


Ilustración 9. Niveles del mar en la playa.

3.2.1. Cálculo del Run-Up

Se define **Run-Up** como la cota de la playa seca que alcanza una ola en condiciones de ruptura. Para su cálculo se empleará la formulación de Longuet- Higgins y Stewart, que se adjunta a continuación:

$$S=0,19*(1-2,82*(\frac{Hc}{g*T^2})^{0,5})*Hc$$

Donde:

- **S** → Valor del Run-Up
- **Hc** → Altura de ola en condiciones de ruptura
- **T** → Periodo de la ola de altura

Cuando se están realizando cálculos del perfil de la playa se debe utilizar la altura de ola cuando rompe en la línea de costa. Se tienen varios criterios de ruptura del oleaje (considerado regular). En el presente proyecto se recurrirá a los que consideran las características batimétricas (pendiente de la playa) y el peralte que se tiene en la zona off-shore. Para estos cálculos se toma la altura de la ola significativa en las aguas profundas, anteriormente calculado. También según los cálculos, se tomará en la zona de rompientes (zona poco profunda) la pendiente media de $m=2\%$.

RUN-UP	
Hc	5,2
g	9,81
T	14,52
Run-up	0,84829672

El Run-Up obtenido corresponde a las zonas de la costa 'desprotegidas' por los diques exentos sumergidos (tramos donde la playa seca es más estrecha, ya que las olas llegan con toda su energía cuando sobrepasan los diques). A efectos de cálculo, se le sumará al Run-up una sobreelevación media de 0,4 metros, lo que es aceptable para las playas del Mediterráneo, obteniendo por lo tanto una cota de inundación total de 1,24829 metros.

3.2.2. Playa seca

Es necesario que la zona activa de la playa seca tenga el ancho suficiente para absorber un Run-Up de 1,2676 metros, adoptando una pendiente de 8%. Para que una playa este en las mejores

condiciones debe de cumplir con un ancho mínimo superior a 55 metros, en el presente proyecto se pretende conseguir una playa con un ancho de 60 metros.

En este caso la playa de Pinedo tiene un gran desequilibrio, puesto que tiene zonas que oscilan desde máximos de 272,18 metros hasta mínimos de 1,23 metros. Por lo que se establecerá una distancia de 15 metros para la zona activa, siendo un valor superior al mínimo recomendado que era de 10 metros.

A continuación, se tiene la zona de reposo, de la que se considera un ancho de 30 metros teniendo en cuenta las condiciones especiales de las playas del Mediterráneo. Es un ancho establecido dentro de los parámetros aplicados como máximo como resultado de las condiciones climáticas del verano, donde se genera un calentamiento de las arenas.

Por último, se tiene una zona de resguardo de aproximadamente 15 metros, puesto que no se espera ninguna oscilación estacional en la playa.

La anchura objeto del presente proyecto para la playa de Pinedo es lograr que este en los 60 metros, y los tramos donde el ancho es superior a 100 metros, utilizar la arena sobrante para servir de alimentación artificial en otras zonas.

3.2.3. Playa sumergida y estrán

Siguiendo los parámetros aplicados en el perfil de la playa teórico el porcentaje fijado de la playa sumergida y el estrán tienen un porcentaje medio, aproximadamente de 1,33 %. Una pendiente aceptable ya que los valores recomendables están entre el ,25% y el 1,8%.

3.2.4. Profundidad de cierre

Es la profundidad límite del perfil de playa, hasta donde existe transporte de sedimentos en sentido longitudinal o transversal, considerado un límite natural del perfil activo de la playa.

Por lo que se recurrirá a calcular la profundidad de cierre a partir de la formulación de Hallermeier (1978) adjuntada a continuación:

$$d_1 = 2,28 \cdot H_{12} - 68,90 \cdot \left(\frac{H_{12}^2}{g \cdot T^2} \right)$$

Donde:

- $d_1 \rightarrow$ Profundidad de cierre en m
- $H_{12} \rightarrow$ Altura de ola significativa excedida doce horas en régimen medio en m
- $g \rightarrow$ Aceleración de la gravedad en m/s^2
- $T \rightarrow$ Periodo del oleaje en s

La altura de ola que es excedida 12 horas al año tiene una probabilidad de no excedencia de:

$$F(H_{S12}) = 1 - \frac{12}{365 \cdot 24} = 0,9986$$

Como dato de referencia se ha evaluado el régimen medio a partir del punto SIMAR 2081113 del informe disponible de Puertos del Estado

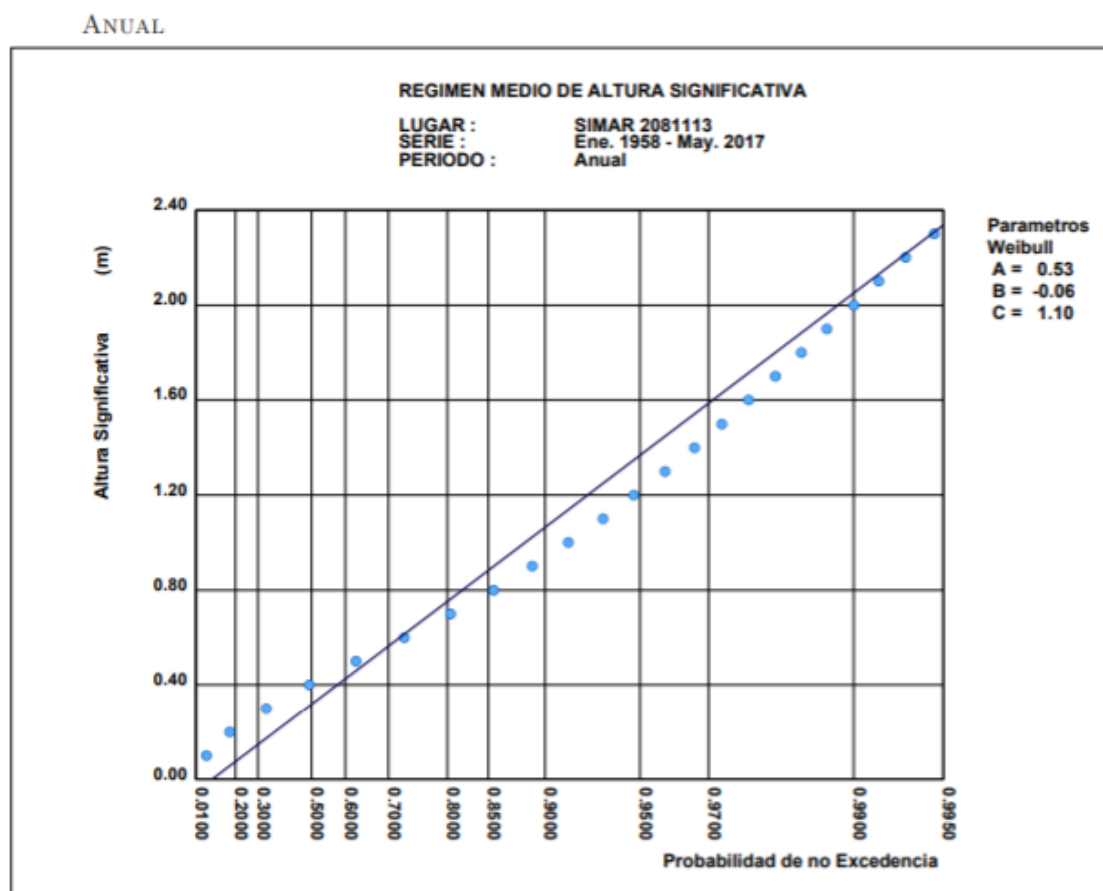


Ilustración 10. Régimen medio de altura signifiante. Fuente: Puertos del Estado

Por lo que partiendo de la *Ilustración 10*, se conocen los datos necesarios para la distribución elegida para describir el régimen medio de la serie de oleaje que es una Weibull cuya expresión es:

$$F(x) = 1 - \exp \left(- \left(\frac{x-B}{A} \right)^C \right)$$

Donde se obtiene que $H_{s12}=2,875$ m y $T_s=4,7669$ s, por lo que al sustituir los datos en la formula se obtiene una profundidad de cierre $d_1= 4$ m.

3.3. Volumen de aportación

Se va a continuar con el cálculo de volumen de arena que será necesario aportar a la playa para crear un nuevo perfil en el tramo de actuación. Deben considerarse varios factores, entre ellos

serán: concretar el D50, puesto que, según la granulometría de aporte, la playa tendrá un comportamiento u otro. Al mismo tiempo se analizará el perfil de la playa y se comparará con el perfil de Dean, para conocer el volumen total que debe aportarse.

3.3.1. D50

Debido a la acción clasificadora del oleaje, es necesario realizar un análisis de un gran número de muestras de arena, tanto originales como de préstamo para lograr establecer una curva granulométrica de las arenas que componen la playa de Pinedo.

Normalmente, en ingeniería de costas no se suele trabajar con curvas granulométricas cuando la playa es de arena, sino con un tamaño medio de las partículas conocido como D50, donde es necesario saber el tamaño original de las arenas de la playa, ya que el tamaño a utilizar debe ser mayor o igual a las nativas.

En el presente apartado se estudiará y se analizará el tamaño medio de la arena, donde los datos serán proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente. Luego, recurriendo a los datos de campo disponibles de la playa de Pinedo, obtenidos del plan de Ecocartografías del litoral español elaborado por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, presenta un D50 de 0,58 mm, por lo que la idea inicial al realizar la alimentación artificial es de conservar el tamaño de grano y que la aportación de material que se realice tenga el mismo tamaño que la arena nativa de la playa.



 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE		SECRETARÍA GENERAL PARA EL TERRITORIO Y LA BIODIVERSIDAD DIRECCIÓN GENERAL DE COSTAS		ESTUDIO ECOCARTOGRAFICO DEL LITORAL DE LAS PROVINCIAS DE ALICANTE Y VALENCIA REF: 28/4710/05		
FICHA DE PLAYAS						
Código Playa V016	HMN 29-28	Hoja 5000 722_Valencia_5-4/5-5	Municipio VALENCIA	Provincia VALENCIA	SIG D.G. Costas Cod. Estudio: 07 Cod SubEstudio: 01	
Denominación de la Playa: Playa de Pinedo						
		Datos base de la playa	Superficie total playa: 35.08Ha		Características morfológica de la playa	Pendiente media: 1.33 %
			Perímetro: 7765.29 m			Tipo de playa: Abierta
			Longitud: 3143.03 m			Tipo de sedimento: Arenas gruesas
			Anchura media: 104.98 m			D ₅₀ : 0.58 mm
			Anchura máxima: 272.18m			Color arena: Dorada
			Anchura mínima: 1.23m			Ajuste Dean: 0.124

Ilustración 11. Ficha ecocartográfica del litoral, Playa de Pinedo. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente.

Se desarrollarán las características granulométricas del material de aportación que se utilizara para realizar la alimentación artificial. Es muy complicado que las arenas de un préstamo coincidan con las mismas características del material original donde se realizara la aportación,

puesto que las arenas de préstamo provocarían un comportamiento por el nuevo perfil activo de la playa.

La aportación de un material con una granulometría más grande que la de la arena nativa de la zona, haría que la nueva pendiente que se crea con la playa regenerada sea mayor que la original. No obstante, si se recurre a emplear un material más fino la pendiente de la playa se reduciría. Luego como conclusión a estos resultados, la opción de realizar un movimiento de arenas de la playa de la Malvarrosa a Pinedo es inviable porque el tamaño de esta es un $D_{50}=0,17$ mm, por lo que se tiene una gran diferencia de tamaños.

Luego, la utilización de un material más grueso que el material original de la playa, ayuda a que los volúmenes de aportación sean menores, por lo que es importante conocer estos datos ya que permiten reducir costes económicos.

Finalmente se ha optado por utilizar un tamaño de las arenas de préstamo que será igual al de las arenas nativas, que como se ha mencionado anteriormente las arenas nativas tienen un tamaño de $D_{50}=0,58$ mm. Lográndose así crear un nuevo perfil de la playa estable.

3.3.2. Método de aportación

Inicialmente, para conseguir el ancho mínimo de la playa, se aportarán directamente los volúmenes necesarios en cada tramo. Es un procedimiento muy básico, donde se vierte el material desde los camiones que llegan a la playa seca cargados con arena y se extiende con maquinaria pesada específica hasta alcanzar la anchura deseada.

La idea sería realizar un movimiento de tierras utilizando los recursos lo mejor posible, es decir, para poder reducir el transporte que deben realizar los camiones cargados de arena desde las canteras y poder trabajar con mayor rapidez, se empezaría cargándolos de arena en la zona Norte de la playa de Pinedo donde se tiene un exceso de material debido a los problemas existentes de acreción. De esta forma se conseguiría cubrir un gran volumen de material del mismo tamaño de grano, que podría repartirse en diferentes puntos de la playa hasta obtener el ancho deseado.

En resumen, se extraería material de la zona Norte de Pinedo, donde se cargaría sobre camiones y estos lo irían vertiendo en puntos específicos donde se necesitaría ampliar el ancho de la playa hasta conseguir los 60 m. Cuando de esta zona ya no pudiese retirar más material se recurriría a las canteras y se continuaría realizando el vertido en los puntos necesarios.

3.4. Cálculo del volumen

Para seguir con el cálculo del volumen de aportación, será necesario dividir el tramo zona de estudio en varios perfiles representativos siguiendo la forma en planta que adoptará la playa después de ejecutar las obras y de los cuales se podrá conocer el área de arena que será necesario añadir entre cada uno de los perfiles.

3.5. Forma en planta

Para poder estimar en más detalle la forma en planta de la playa que se va a crear debido a la construcción de los diques exentos y a la alimentación artificial, se empleara la formulación de las parábolas de Hsu-Evans con la que servirá de base para conocer con detalle, la forma en planta que adoptara la línea de costa de la playa.

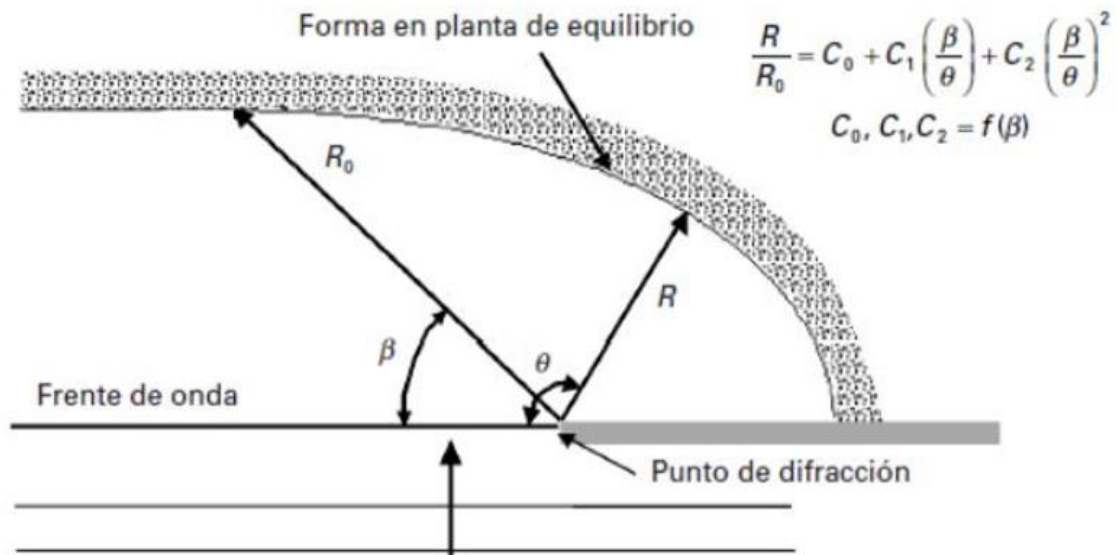


Ilustración 12. Forma en planta de parábola de Hsu-Evans (1989)

Donde:

- **R0** → Longitud de la línea de control dibujada entre los extremos de los salientes que limitan la playa.
- **R** → Distancia medida a partir del extremo del saliente que define la ubicación de la costa en una dirección θ .
- **θ** → Angulo medido a partir de la cresta del frente de oleaje dominante y la distancia R.
- **β** → Angulo entre la dirección del oleaje dominante y la línea de control R0.
- Los coeficientes C0, C1 y C2 se calculan a partir del gráfico que se observa a continuación.

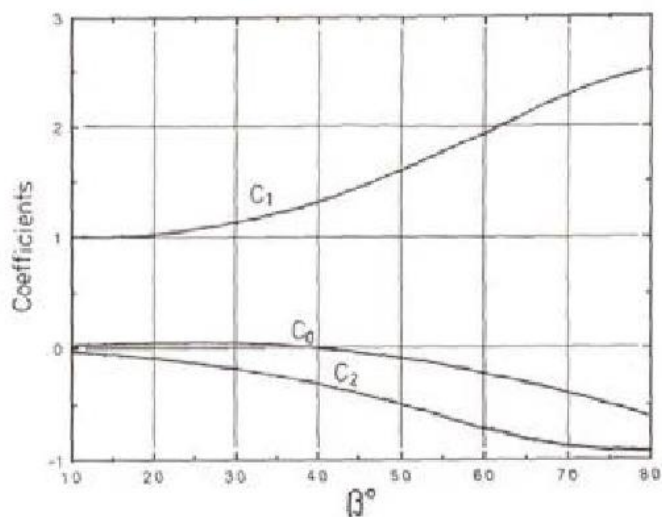


Ilustración 13. Hsu-Evans (1989). Correlación entre coeficientes y ángulo de incidencia del oleaje.

Hsu-Silvester (1993)			
β	C_0	C_1	C_2
20	0.054	1.040	-0.094
22	0.054	1.053	-0.109
24	0.054	1.069	-0.125
26	0.052	1.088	-0.144
28	0.050	1.110	-0.164
30	0.046	1.136	-0.186
32	0.041	1.166	-0.210
34	0.034	1.199	-0.237
36	0.026	1.236	-0.265
38	0.015	1.277	-0.296
40	0.003	1.322	-0.328
42	-0.011	1.370	-0.362
44	-0.027	1.422	-0.398
46	-0.045	1.478	-0.435
48	-0.066	1.537	-0.473
50	-0.088	1.598	-0.512
52	-0.112	1.662	-0.552
54	-0.138	1.729	-0.592
56	-0.166	1.797	-0.632
58	-0.196	1.866	-0.671
60	-0.227	1.936	-0.710
62	-0.260	2.006	-0.746
64	-0.295	2.076	-0.781
66	-0.331	2.145	-0.813
68	-0.368	2.212	-0.842
70	-0.405	2.276	-0.867
72	-0.444	2.336	-0.888
74	-0.483	2.393	-0.903
76	-0.522	2.444	-0.912
78	-0.561	2.489	-0.915
80	-0.600	2.526	-0.910

Ilustración 14. Coeficientes propuestos en el ajuste parabólico de Hsu-Evans (1989).

3.6. Perfil teórico

Para la elección del perfil teórico de la playa sumergida se partirá del perfil teórico de Dean.

$$y = A * X^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

- **A** → Parámetro que depende del tamaño del sedimento → $A = 0,124$
- **y** → Profundidad del perfil
- **x** → Distancia a la línea de costa

En este caso el parámetro A nos lo aporta la ficha de playa del estudio ecocartográfico, pero si no fuese así el parámetro A se obtendría de la siguiente *Ilustración 15*.

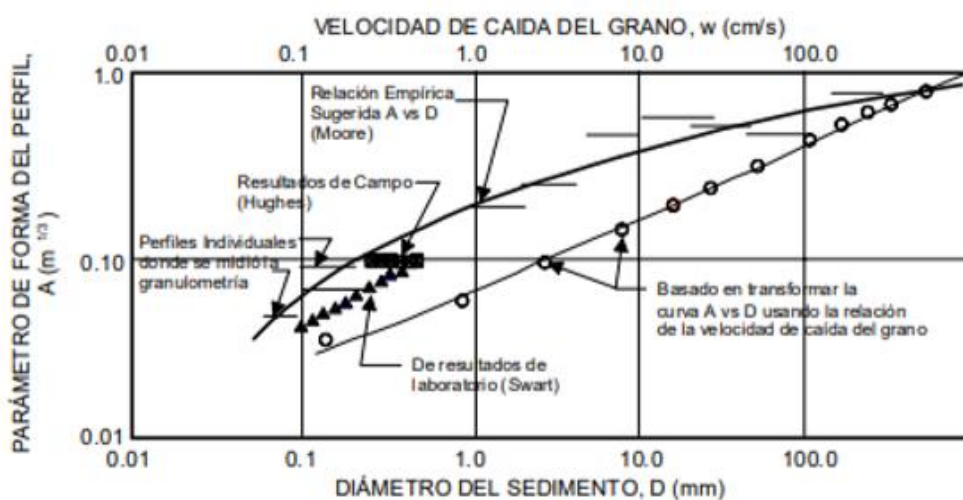


Ilustración 15. Relación entre el tamaño de grano D_{50} y el parámetro de forma. Fuente: Moore (1982)

La grafica que se adjunta a continuación representa el perfil teórico de Dean.

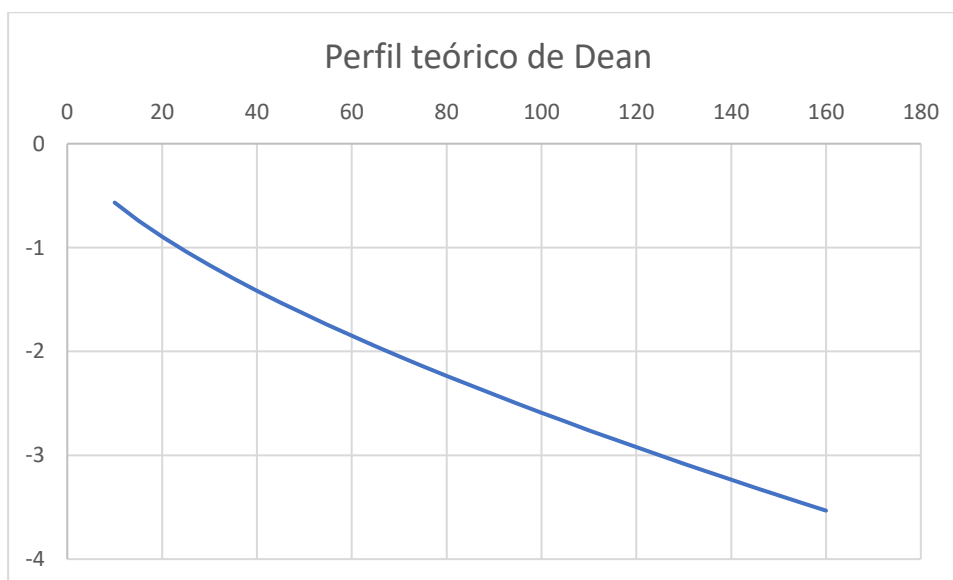


Tabla 12. Perfil teórico de Dean para $A=0,124$. Fuente: Elaboración propia

3.7. Volumen vertido

Para fijar el volumen de material total que será necesario verter sobre la playa a alimentar, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- El perfil de diseño para la zona.
- El factor de sobrellenado (R_a) requerido.
- El avance requerido de la playa.

El avance y la modificación de la línea de costa y el diseño de la alimentación, junto a la ubicación y la caracterización de los diques exentos, terminan definiendo la geometría de la playa, pudiendo calcular el volumen teórico de la alimentación.

Al realizar un aporte de material, inevitablemente se producen una serie de pérdidas por los diferentes comportamientos frente a los agentes climáticos marinos. Luego es necesario tener en cuenta un volumen adicional de material que se determinara por el factor de sobrellenado. Al mismo tiempo, según la CERC, recomienda que se debe añadir un volumen extra para compensar las pérdidas que se tienen en el vertido y el primer año de la obra.

Por lo tanto, se adoptará un factor de relleno de 1,25 ya que es un valor habitual para arenas de relleno con un tamaño de $D_{50}=0,58$ mm.

Por último, cuando se calcula el volumen de arena de aportación que hace falta para la alimentación, debe determinarse antes la geometría y ubicación de los diques exentos para saber la planta teórica que tendrá la playa con la formación de los hemitómbolos. El método utilizado normalmente para cubicar tramos de costa consiste en definir una serie de secciones a lo largo de la línea de costa, superponer el perfil teórico considerado para las arenas y aplicar la siguiente ecuación de cubicación de Puig Adam con la finalidad de definir el volumen de aportación correspondiente a cada una de las superficies delimitadas por las secciones impuestas en el perfil de la línea de costa.

$$Vol_A = \frac{A_n + A_{n-1}}{2} * d$$

Donde:

- $Vol_A \rightarrow$ Volumen teórico entre dos perfiles consecutivos (m^3)
- A_n y $A_{n-1} \rightarrow$ Áreas de dos perfiles consecutivos (m^2)
- $d \rightarrow$ Separación entre dos perfiles consecutivos (m)

Teniendo en consideración los perfiles establecidos en el Plano de alimentación artificial, se cubicará la arena que será necesaria para aumentar el ancho de la playa, en este caso se estudiará la aportación de material mínima que sería necesaria para aumentar el ancho de la playa útil hasta los 60 metros, todo el aporte de material que sedimentaria con la construcción de los diques exentos:

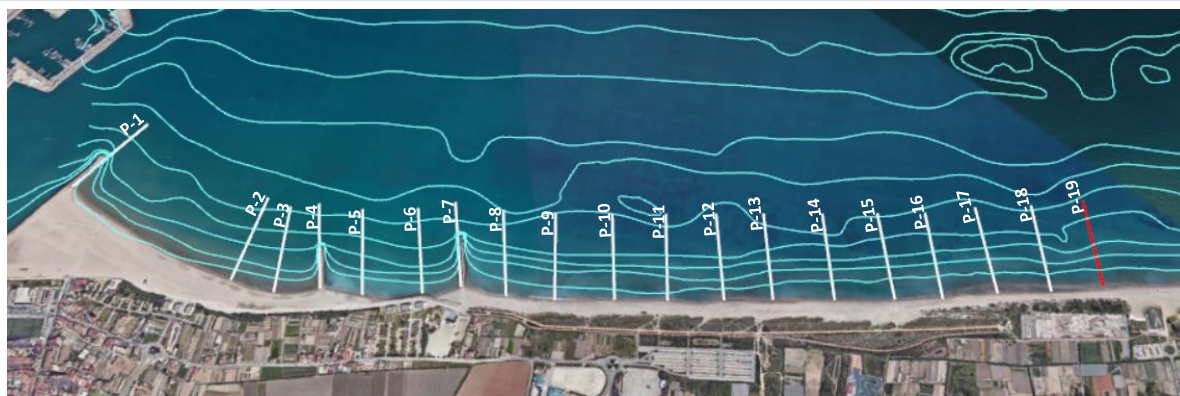


Ilustración 16. Disposición de los perfiles. Fuente: Elaboración propia.

PERFILES	DISTANCIAS (m)	VOLUMEN (m ³)
P-1 / P-2	546	180180
P-2 / P-3	115,59	38144,7
P-3 / P-4	112,79	37220,7
P-4 / P-5	107,57	35498,1
P-5 / P-6	147,04	48523,2
P-6 / P-7	96,4	31812
P-7 / P-8	115,4	38082
P-8 / P-9	120,15	39649,5
P-9 / P-10	146,62	48384,6
P-10 / P-11	130,67	43121,1
P-11 / P-12	138,32	45645,6
P-12 / P-13	120,13	39642,9
P-13 / P-14	152	50160
P-14 / P-15	146,35	48295,5
P-15 / P-16	118,24	39019,2
P-16 / P-17	137,7	45441
P-17 / P-18	132,8	43824
P-18 / P-19	131	43230
TOTAL	2714,77	715694,1

Como se ha comentado en apartados anteriores, la zona norte de la playa de Pinedo tiene un problema de acreción donde la playa tiene un ancho de 295,34 metros aproximadamente. La idea inicial es poder conseguir una playa estable, más cómoda para los usuarios y más accesible. Como se pretende conseguir un ancho de 60 metros el volumen de arena que sobra en este tramo se utilizara para ejecutar las operaciones de la alimentación artificial.

Sin considerar el tramo P-1/P-2, donde se tiene un volumen de arena de 180180 m³, la arena que será necesaria para realizar la aportación de material en la alimentación artificial es de 715.694,1 m³.

Para poder realizar una evaluación con mayor precisión sobre el volumen que será necesario de préstamo para la alimentación artificial, se deberá incrementar para considerar las posibles pérdidas por lavado de las arenas. El criterio que seguir es el *sobrellenado de James* (1975), que

permite cuantificarlo, RA, en el que RA indica la cantidad de metros cúbicos de relleno estimados para lograr un metro cubico de material de playa en el momento de que alcanza la situación de compatibilidad con el material original.

El factor RA de sobrellenado se calcula según *Shore Protection Manual* (1984) a través del siguiente ábaco:

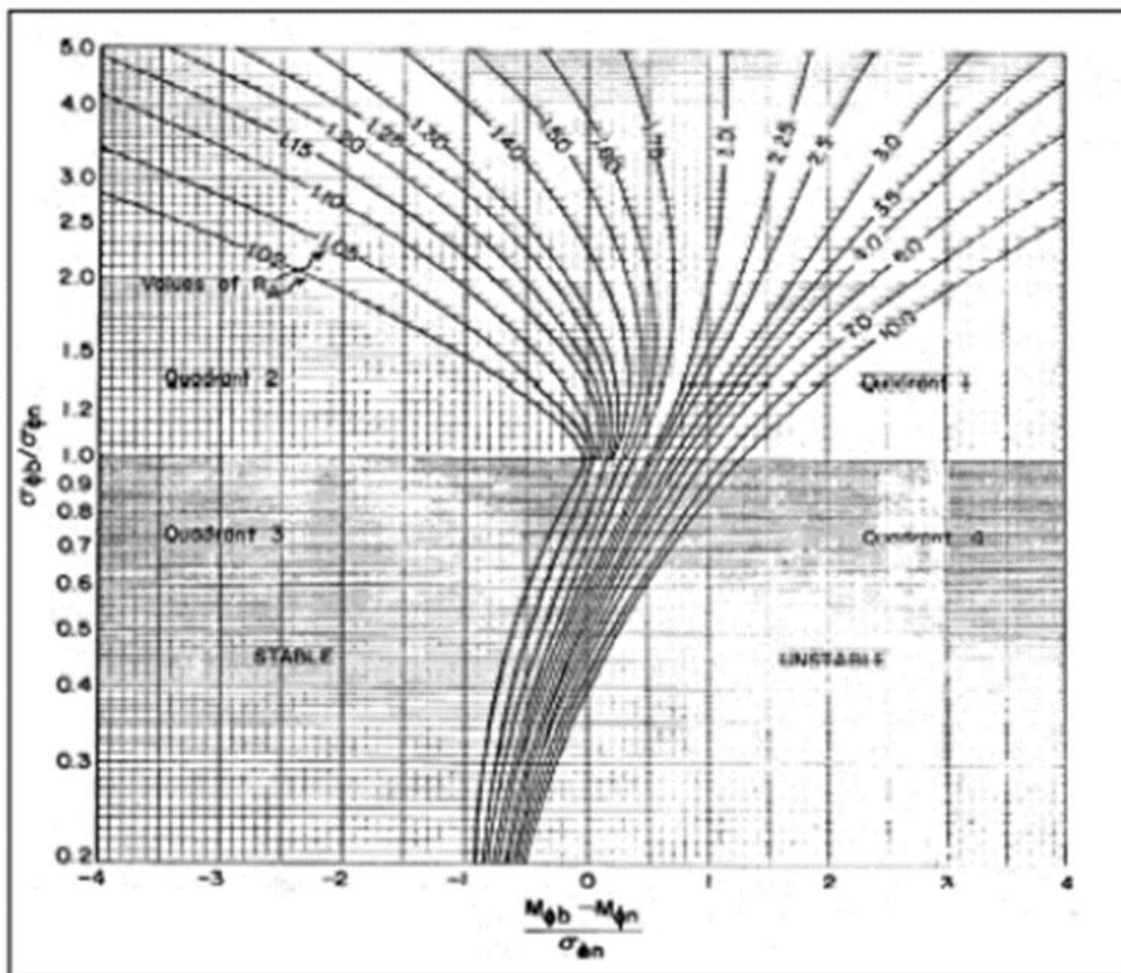


Ilustración 17. Ábaco para el cálculo del factor de sobrellenado Ra. Fuente: James (1975)

Como no se dispone de los parámetros de arenas nativas, se va a adoptar un $Ra=1,25$ del que se obtendrá un volumen total de aportación a la playa nueva de $894.617,5 \text{ m}^3$.

4. PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES

Para llevar a cabo cualquier obra de ingeniería civil son necesarios una serie de materiales. Donde se determinará el lugar de procedencia y de donde se podrá obtener un ahorro de los gastos de transporte, estudiando y eligiendo la cantera más apropiada.

Por todo lo expuesto anteriormente, se puede ver que la localización de las fuentes de materiales adquiere gran importancia, pues resulta básica a la hora de alcanzar una optimización económica.

Por lo que se determinarán los lugares de procedencia de los materiales necesarios para la ejecución de las obras de regeneración de la playa.

4.1. Materiales de los diques exentos

En el presente estudio se emplean tres tipos de materiales que se utilizarán para la construcción de los diques y que ya se han expuesto en otros apartados.

Tanto el manto principal de los diques exentos como el manto secundario estarán formados por escollera, y el núcleo por todo-uno, que tendrán el peso y el espesor que se expone en la tabla adjunta y también se adjuntará una tabla donde se expone el volumen de material que será necesario extraer de las canteras. Al mismo tiempo también será necesario el uso de zahorras, que se extenderán sobre los diques para facilitar la circulación de la maquinaria pesada.

CAPA	MANTO PRINCIPAL		MANTO SECUNDARIO		NÚCLEO
	Cuerpo	Morro	Cuerpo	Morro	
Peso de la pieza (kg)	8460,5	10575,6	846,0	1057,6	2-43
Espesor(m)	2,93	3,15	0,68	0,73	-

	MANTO PRINCIPAL		MANTO SECUNDARIO		NÚCLEO		ZAHORRA
	CUERPO	MORRO	CUERPO	MORRO	CUERPO	MORRO	
ÁREA	68,141	71,10965	9,5162	9,481	12,343	9,409	1.605
VOLUMEN	12265,38	12799,737	1712,916	1706,58	2221,74	1693,62	288,9
	12532,5585		1709,748		1957,68		

Por otro lado, para llevar a cabo la construcción de los diques ha sido necesario la construcción de dos caminos auxiliares que estarán formados por todo-uno y sobre ellos se extenderá una capa de zahorras para facilitar la circulación. Los volúmenes necesarios de material también se extraerán de cantera y quedan reflejados en la siguiente tabla:

		CAMINOS AUXILIARES DE ACCESO A LOS DIQUES
TODO-UNO	ÁREA m ²	198,75
	VOLUMEN m ³	103350
ZAHORRA	ÁREA m ²	1.375
	VOLUMEN m ³	715

4.2. Arena de regeneración

Como se ha calculado anteriormente, se necesitará un volumen de 894.617,5 m³ de arena para poder regenerar la playa.

La idea principal para poder reducir los gastos y aprovechar lo máximo posible los recursos es extraer del tramo P-1/P-2 un total de 180180 m³ de arena que se repartirán a lo largo de la playa y el resto de material se obtendrá de las canteras, exactamente la cantera de Carasoles y la cantera de Cheste.

4.3. Canteras

Cantera Carasoles (Riba-roja de Túria):

La cantera se encuentra ubicada unos 4 kilómetros al Sur de Ribarroja del Turia (Valencia). Los materiales del afloramiento corresponden con calizas micríticas y brechas calcáreas rojizas del Jurasico Inferior-Medio. Los materiales que se explotan son las brechas calcáreas rojas y las calizas micríticas grises en su mayor parte que se utilizan en la producción de áridos para hormigón y mezclas bituminosas, así como calizas marrones que alternan con argillitas y brechas calcáreas grises que se utilizan para el uso de rellenos y zahorras. Todas ellas englobadas dentro del sistema Jurásico con representación del Lías y Dogger

Es una cantera de la que se podrían extraer los materiales necesarios, como son: escollera, todo-uno, zahorras y arena con un D50 =0,58 mm. Se tienen tres vías de acceso diferente que se podrían utilizar, pero la más corta está a una distancia de 25'3 km, ubicada en el municipio de Riba-roja de Turia, donde se puede acceder a ella en apenas 27 min por la V-30.

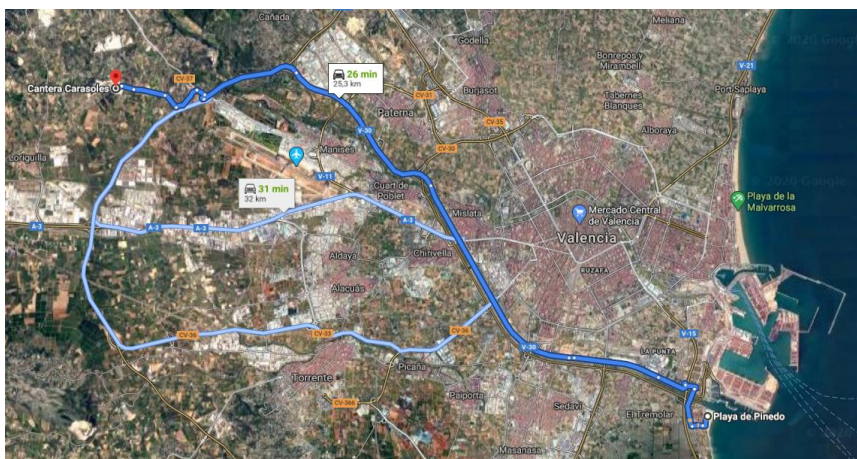


Ilustración 18. Cantera Carasoles (Riba-roja de Turia). Fuente: Google Maps

<https://arival.org/wp-content/uploads/2016/05/ARIDOS-CARASOLES-CANTERAS-CARASOLES-2943.pdf>

Cantera Pavasal (Cheste):

El acceso se realiza a través de la carretera Madrid- Valencia, tomando posteriormente la desviación hacia Cheste y finalmente tras el paso sobre la vía del ferrocarril, por el camino de acceso a la explotación señalado. En total, la superficie comprendida dentro del perímetro de autorización de explotación es de aproximadamente 33 Ha. El área a explotar se encuentra situada íntegramente dentro del término municipal de Cheste (Valencia), en la comarca La Hoya de Buñol. Los materiales presentes en la zona objeto de la explotación, corresponden al Triásico y más concretamente al Muschelkalk, la base está constituida por calizas dolomíticas negras o grises de pasta fina (dolomicritas).

Es una cantera de la que se podrían extraer los materiales necesarios, como son: escollera, todo-uno, zahorras y arena con un $D_{50} = 0,58 \text{ mm}$. Se tienen tres vías de acceso diferente que se podrían utilizar, pero la más corta está a una distancia de 35'6 km, donde se puede acceder a ella en apenas 35 min por la A-3.

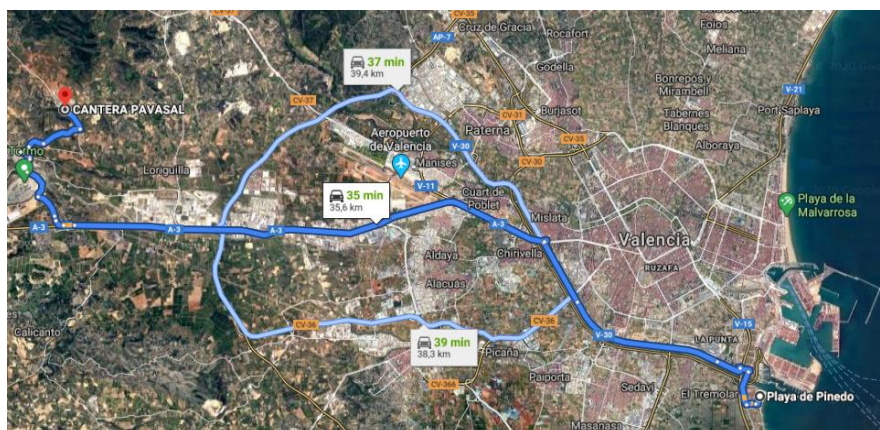


Ilustración 19. Cantera Pavasal (Cheste). Fuente: Google Maps.

<https://arival.org/wp-content/uploads/2013/12/COMPANIA-ADMINISTRADORA-DE-RECURSOS-Y-OBLIGACIONES-S.L.-CANTERA-PENARROYA-N-1105.pdf>

5. RETIRADA DE LOS ESPIGONES

Por último, otra de las actuaciones a realizar para completar el proyecto, es la retirada de los dos espigones existentes en la línea de costa. Estos tienen una longitud aproximadamente de 140 metros y con su retirada se garantiza que los diques exentos junto a la alimentación artificial consigan la regeneración de la playa y se mejore la estética de la línea de costa.