



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante (Cabo de Palos, Murcia).

Memoria

Trabajo final de grado

Titulación: Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2016/17

Autor: Manuel Mora Ros

Tutor: José Serra Peris

Valencia, mayo de 2017

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

1. OBJETO DEL PROYECTO

El presente trabajo, que tiene como título *Proyecto básico de regeneración de la Playa de Levante (T.M. Cartagena , Murcia)*), tiene por objeto servir Trabajo Final de Grado de la titulación de Ingeniero Civil (ETSICCP-UPV). El autor del mismo es el alumno Manuel Mora Ros, mientras que el tutor del Proyecto es José Serra Peris.

Sin olvidar el propósito meramente académico, en el presente Proyecto se definen las actuaciones necesarias para la regeneración de la zona litoral de la Playa de Levante de Cabo de Palos, fuertemente dañada por los temporales de los pasados años que han provocado regresiones en tramos de playa de una forma generalizada.

2. OBJETO DE LA MEMORIA

El objeto de este *Documento nº 1: Memoria* es realizar una síntesis descriptiva que resuma el estado actual, condicionantes y soluciones de la problemática planteada en los distintos documentos que integran el Proyecto.

3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

3.1. Localización

La totalidad de la playa en la que se va a actuar pertenece a la población de Cabo de Palos en el término municipal de Cartagena. Este municipio se sitúa en el sureste de la Península Ibérica dentro de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. En el *Anejo 1. Encuadre geográfico y climático* se describen las características de los elementos más significativos de la zona de actuación ya que muchos de ellos serán condicionantes del Proyecto.

En los *Planos nº 1. Localización* y *nº 2. Estado actual* se muestra la localización exacta de la Playa de Levante de Cabo de Palos, así como la situación actual de la costa.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante



1. Entorno territorial

3.2. Accesos

La población de Cabo de Palos tiene buenas comunicaciones por carretera con los principales núcleos de población de la zona a través de la Autovía de La Manga del Mar Menor (RM-12), que conecta por la CT-34 con Cartagena, por la A-30 hacia Murcia y por la AP-7 con Alicante.

En cuanto a los accesos por vía marítima, la Playa de Levante está a escasos 50 metros de distancia del Puerto Deportivo de Cabo de Palos, y en torno a 30 km del Puerto de Cartagena.

Además, a unos 40 km por carretera se encuentra el Aeropuerto de San Javier que, siendo sede de la Academia Militar del Aire, también ofrece vuelos comerciales que conectan principalmente con el resto de la península y con Gran Bretaña.

4. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL

En el *Anejo 1. Encuadre geográfico y climático* y en el *Anejo 2. Fotográfico*, se describe la situación actual de la zona de las obras utilizando las fotografías para apoyar gráficamente las descripciones que se realizan.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

Por otra parte, en el *Plano nº 2: Estado actual* se observa la silueta actual de la playa y sus tramos más estrechos



2.Estado actual de la Playa de Levante

4.1. Descripción de la playa

La playa de Levante de Cabo de Palos se encuentra, como se ha mencionado, en el municipio de Cartagena, dentro de la Región de Murcia. La longitud de la playa es de unos 1000 m. En cuanto a la anchura, presenta mucha variación debido a los procesos de regresión. En sus partes más anchas alcanza los 30 m. El nivel de ocupación es alto o muy alto, lo que justifica la posible actuación en la playa. Tiene parcialmente un paseo marítimo y se encuentra en su totalidad en zona urbana.

Se trata de una playa familiar, muy bien equipada. Existe la posibilidad de practicar en ella diferentes deportes. Por situación, es la playa más importante de Cabo de Palos, por ello la importancia de que esté en perfectas condiciones.

En cuanto a la tipología de la playa, se trata de una playa compuesta por arenas con un oleaje de moderado a fuerte, existiendo en ella una zona de fondeo.

4.2. Problemática de la playa

La zona de actuación se encuentra muy deteriorada por diversas circunstancias. En primer lugar cabe mencionar la existencia de un proceso de erosión muy particular. El Cabo de Palos

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

en general y la Playa de Levante en particular es una formación muy especial que hace que el Clima marítimo y la Dinámica litoral afecten al territorio de una manera muy específica. Esto sucede en numerosos sitios en los que la costa adopta formas sinuosas en forma de salientes como es el caso de Cabo de Palos, el Peñón de Ifach en Calpe, entre otros. La evolución que ha experimentado la Playa de Levante de Cabo de Palos se puede observar en el *Anejo 6. Dinámica litoral*. A su vez se puede ver que la Administración ha tenido varios intentos de regenerar esta playa debida a su importancia estratégica para la economía local y regional.

En el caso que nos ocupa, la situación de la Playa de Levante respecto al Cabo de Palos hace que las direcciones principales del clima marítimo de la zona no afecten a la Playa, existiendo en esta un transporte de sedimentos muy pequeño en comparación con otras playas de la zona. Si la resultante fuera N-S, haría que se amontonaran grandes cantidades de sedimento, en lo que sería un apoyo para una gran playa, pero al ser S-N no hay aporte de sedimentos en la playa. Estos aspectos se desarrollan en profundidad en el *Anejo 5. Clima Marítimo* y en el *Anejo 6. Dinámica Litoral*. Estos fenómenos son la causa de que la Playa de Levante de Cabo de Palos sea una zona en continua regresión.

En la mitad Sur de la Playa de Levante, existe un paseo marítimo en altura, con acceso directo a la playa y a las viviendas de la primera línea de playa. El muro del mismo se encuentra prácticamente descalzado, consecuencia de la regresión de la Playa. Para obtener una percepción más gráfica de la problemática se puede consultar el *Anejo 2. Fotográfico*.

Por otro lado, Cabo de Palos, por su situación estratégica entre los dos grandes atractivos turísticos de sol y playa de la Región de Murcia (El Mar Menor y La Manga del Mar Menor). Se convierte por ello en una playa de alta densidad, siendo la más importante por longitud y situación de la zona. El aspecto y el estado actual de la misma hace que varias zonas de la misma prácticamente ni se utilicen.

Por todo ello, existe una demanda de que la Playa de Levante sea una playa de referencia en la zona y cumpla los requisitos que sus condicionantes físicos, técnicos, sociales y económicos exigen.

5. CONDICIONANTES

A continuación se exponen los principales condicionantes que tiene el *Proyecto básico de regeneración de la Playa de Levante*.

5.1. Condicionantes físicos

Las restricciones físicas del Proyecto son las que existen en cualquier Proyecto de regeneración del litoral. Cada uno de los aspectos que condicionan este proyecto en particular, está definido en su correspondiente Anejo.

Por un lado, en el *Anejo 4. Estudio geológico y geotécnico* se expone las características más que particulares de la zona de Cabo de Palos. La dirección y características de la costa varían bruscamente en Cabo de Palos. Hacia el Sur, la costa es acantilada con pequeñas playas y calas y forma parte del segmento transversal Penibético que va desde cabo de Gata a Cabo de Palos. Hacia el Norte la costa pertenece al tramo sur de las estribaciones de la Subbética que comprende desde Alicante a Cabo de Palos y es una costa baja y llana con playas abiertas y algunas depresiones interiores como la del Mar Menor separado del Mediterráneo por la franja arenosa dunar de La Manga. Debido a esto la granulometría de la Playa de Levante es un tanto especial, habiendo cambios significativos de unos tramos a otros de la playa.

Otro de los condicionantes más importantes en este tipo de obras es la batimetría. No ha sido fácil conseguir una batimetría minuciosa del lugar. La información obtenida se expone en el *Anejo 3. Topografía, batimetría y usos de suelo*, siendo la conclusión de este Anejo la propuesta definitiva de la batimetría que se puede consultar en el *Plano nº 3: Batimetría*.

Por último, el estudio minucioso de las características de oleaje y dinámica litoral se convierte en uno de los puntos más importantes para la decisión última de la alternativa a realizar en el presente Proyecto. Así, la información que se ha tenido en cuenta para el diseño de la regeneración se encuentra en el *Anejo 5. Clima Marítimo* y el *Anejo 6. Dinámica Litoral*. En ellos se estudian los principales agentes climáticos costeros que tienen efectos activos directos sobre las estructuras costeras y dan lugar a los fenómenos físicos de la dinámica litoral. El conocimiento del régimen de vientos, régimen de oleajes, variaciones del nivel del mar y corrientes facilitan el estudio de estos procesos costeros que afectan a la dinámica de la Playa de Levante.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

5.2. Condicionantes técnicos

Las limitaciones técnicas más importantes de la ejecución de los trabajos necesarios para la regeneración de la Playa de Levante tienen que ver sobre todo por la metodología a utilizar, la mano de obra, la maquinaria y los materiales empleados.

De este modo, se analizan las posibles alternativas del procedimiento constructivo de la obra marítima en el *Anejo 9. Proceso Constructivo*, y se desarrolla el método considerado como idóneo.

6. ESTUDIO DE SOLUCIONES

En el *Anejo 7. Estudio de soluciones* se analizan las distintas posibilidades para la regeneración y protección de la playa de Levante de Cabo de Palos. El objeto del anejo es definir la solución óptima analizando la problemática existente y teniendo en cuenta la información y los condicionantes descritos en los apartados anteriores.

La metodología aplicada para la obtención de la solución óptima para la regeneración de la Playa de Levante consta de cinco fases, que coinciden con los apartados del presente anejo.

- Fase 1. Exposición de las directrices sobre actuaciones en playas, publicadas por la Dirección General de Costas. En estas directrices se describen las funciones de las playas en el territorio, así como los condicionantes según diferentes factores.

- Fase 2. Descripción de las soluciones generales de protección y regeneración de playas sin tener en cuenta la situación concreta de la Playa de Levante.

- Fase 3. Análisis y selección de las soluciones aplicables para el caso particular de la Playa de Levante. Se eliminarán soluciones que no son técnicamente viables, se trata de un análisis meramente cualitativo.

- Fase 4. Generación de alternativas a partir de las soluciones seleccionadas en el punto anterior. En este punto cabe la posibilidad de combinar distintos métodos de regeneración para generar una única alternativa.

- Fase 5. Análisis de las alternativas y selección de la solución óptima a partir de un análisis multicriterio de las alternativas consideradas, obteniendo una calificación global de cada una.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

6.1. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LAS SOLUCIONES APLICABLES

En primer lugar se realiza un listado de las diferentes soluciones generales de protección y regeneración de las playas existentes actualmente en el ámbito de la ingeniería marítima. Estas alternativas se analizan primero de una forma genérica sin tener en cuenta su aplicabilidad al caso concreto a la Playa de Levante.

Más adelante se analizan las distintas soluciones expuestas anteriormente en relación con la Playa de Levante de Cabo de Palos. Con este proceso se descartan aquellas técnicas que no son aplicables en este Proyecto por cualquier motivo, obteniéndose las siguientes conclusiones:

Solución	Tipología	Análisis	
Obras Longitudinales	Obras Duras	Muros	X
		Pantallas	X
		Revestimientos	X
	Obras Blandas	Regeneración dunar	X
Obras Transversales	Espigones	✓	
Obras Exentas	Diques exentos	✓	
	Diques arrecifales	✓	
	Islas-plataforma	X	
	Conos de difracción	X	
	Praderas de algas artificiales	X	
Alimentación artificial		✓	
Trasvase de arenas		X	
Retirada estratégica		X	
Otros		X	

3. Resumen viabilidad de soluciones

6.2. GENERACIÓN, ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ÓPTIMA

En este apartado se generarán una serie de alternativas válidas para la regeneración de la Playa de Levante de Cabo de Palos. Con el objetivo de seleccionar la solución óptima para este proyecto, se realizará un análisis multicriterio valorando las distintas alternativas propuestas.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

Contemplando las distintas soluciones de protección y regeneración de playas aplicables al proyecto de regeneración de la Playa de Levante se han generado una serie de alternativas que se presentan a continuación:

- Alternativa 0: No actuación.

- Alternativa 1: Espigones + Alimentación artificial.

- Alternativa 2: Dique arrecifal + Alimentación artificial.

- Alternativa 4: Diques exentos + Alimentación artificial.

Para la elección más adecuada de la solución óptima de este proyecto se emplea la metodología del análisis multicriterio teniendo en cuenta los siguientes criterios de valoración:

- Funcionalidad.
- Estética.
- Medio Ambiente.
- Economía.

La valoración final se obtiene ponderando los criterios anteriores asignando unos pesos determinados. En el caso de la Playa de Levante de Cabo de Palos se cree conveniente asignar los siguientes:

- C.Funcional. : 40%
- C.Estético : 30%
- C.Medioambiental : 10%
- C.Económico. : 20 %

De esta forma, la valoración final (V.F.) se calcula mediante la expresión siguiente:

$$V.F. = 0,4 * C.F. + 0,3 * C.E. + 0,2 * C.Eco. + 0,1 * C.M.$$

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

V.F.	CLASIFICACIÓN
≥ 90	Óptima
$70 \leq V.F. < 90$	Buena
$40 \leq V.F. < 70$	Mejorable
< 40	Deficiente

Una vez analizadas las distintas alternativas desde el punto de vista de los criterios de evaluación empleados y siguiendo con la metodología para la valoración final propuesta en el inicio de este Anejo, se llega a la conclusión de que la mejor solución a desarrollar es la Alternativa 2: Diques Exentos + Alimentación Artificial.

ANÁLISIS MULTICRITERIO				
	ALTERNATIVA 0	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
C.F.	0	30	60	100
C.E.	0	30	100	100
C.M.	60	30	60	60
C.Eco.	70	30	30	30
V.F.	20	30	66	<u>82</u>

7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Como ya se introdujo en el *Anejo 7. Estudio de soluciones*, no es posible estabilizar una playa utilizando exclusivamente estructuras de defensa o aumentar su anchura, sino que se necesita un vertido de material complementario. Si se realizase un dique exento que retrasase la erosión de la costa y retuviese material, éste se retraería del transporte longitudinal natural del resto de la unidad fisiográfica, y por tanto el material retenido sería, al menos, el material que se erosionaría en el resto de la unidad fisiográfica aguas abajo.

Es por tanto necesario a la hora de actuar sobre la costa con una obra de defensa dura complementarla con otra blanda y considerar el problema en toda la unidad fisiográfica, que va a ser la que se verá afectada directamente por la propia actuación.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

Los diques exentos se pueden construir con dos fines determinados. El primero de ellos es proteger la costa frente a la obra no permitiendo que el oleaje incida sobre ella. La consecuencia inmediata es la formación de un gradiente energético a lo largo de la costa. Con una mínima energía, y por tanto altura de ola, en la zona resguardada tras el dique, aumentando la energía del oleaje a medida que se aleja de la zona de influencia de la obra, ello origina un transporte longitudinal de sedimentos en dirección al eje perpendicular al dique exento, y por tanto una acumulación de material que forma un saliente que se denomina hemitómbolo cuando éste no toca o alcanza el dique y tómbolo cuando el saliente alcanza el dique exento. El segundo de los fines es crear un freno al transporte longitudinal de sedimentos y producir una zona de acumulación de material para por ejemplo un trasvase de arenas. De este tipo de obras de defensa es de la que se ocupa este Proyecto.

Teniendo en cuenta las premisas desarrolladas en el *Anejo 8. Características de la alternativa elegida* se trata de desarrollar la solución para la regeneración de la Playa de Levante. En él se realiza el diseño de la solución seleccionada como óptima en el *Anejo 7. Estudio de Soluciones*, que fue la alternativa 4: Diques exentos + Alimentación Artificial.

En primer lugar se procede al diseño en planta de los diques exentos decidiendo las características de forma de los diques que se van a utilizar.

En segundo lugar se diseña la alimentación artificial de arenas necesaria para generar la playa, decidiendo el ancho de playa necesario, la planta y el perfil de la playa y el volumen de vertido.

Una vez diseñada en planta la obra, se procede a elegir y diseñar estructuralmente la misma. Para hacerlo se deben tener en cuenta una serie de aspectos o variables para su correcto funcionamiento como obra de defensa que cumpla los fines a los que está destinada.

7.1 Diques exentos

Se construirán dos diques aislados sumergidos. Como se puede apreciar en el *Plano 8. Diques exentos planta*, los diques se dispondrán siguiendo, de manera aproximada, una alineación paralela a la orilla, en alineación con el dique ya existente, a una profundidad de -5,5 metros aproximadamente (a unos 250 metros de la línea de costa actual).

Tendrán una longitud de 160 metros y una separación entre ellos de 155 metros. La cota decoronación de estos diques estará a -0,5m respecto al nivel medio del mar siendo, por tanto, diques sumergidos.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

La ubicación de los diques a la distancia señalada obedece al objetivo propuesto sobre la forma en planta de la playa (ya regenerada). En efecto, se ha estimado que los diques garantizan un ancho mínimo de playa seca de 50-55 metros.



4. Diseño en planta de los diques

El material a emplear en la construcción de los diques son bloques de escollera (cuyas dimensiones y peso se determinarán más adelante) y todo-uno de cantera para la formación de los núcleos.

Se van a dimensionar los diques exentos sumergidos con secciones transversales de geometría trapezoidal, puesto que la pendiente del fondo marino delante de la obra no es muy pronunciada (estas secciones se comportan mejor cuanto menor es la pendiente delante de ellas). Además, se ha comprobado el perfecto funcionamiento de este tipo de secciones frente a la acción del oleaje.

El ancho de los diques será de 8 m para los cuerpos de diques, se han buscado diques estrechos, que permiten un mayor paso de energía del oleaje, evitando o dificultando la formación de tómbolos al "lavar" el trasdós de la obra de sedimentos. A su vez, se consiguen una alineación con el dique existente en la Playa de Levante, lo que proporciona grandes ventajas funcionales para la navegación en la zona.

Los dos taludes, tanto el lado del mar como el de tierra, tendrán el valor de 2 metros en horizontal por 1 metro en vertical (1:2), este valor es el más ampliamente utilizado para este tipo de obras.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

Se tiene prevista la disposición de pies de apoyo en ambos diques. La principal función de los pies sumergidos es la de evitar que los diques se descalcen y apoyar el perfil de playa. Por otro lado, la zona de los pies sumergidos acentuará el efecto positivo de "flushing", principalmente en los días de calma ya que la transmisión del oleaje a través de esta zona será mayor. Los pies sumergidos puede actuar también como barreras ante el arrastre por el fondo de la arena que pudiera circular en el sentido de tierra al mar motivado por las corrientes de retorno.

Como para toda obra marítima, las bases de cálculo del dique en talud están recogidas en la ROM 0.0-01: *Procedimiento general y bases de cálculo en el proyecto de obras marítimas y portuarias*. Se pueden consultar en el Anejo 8. *Características de la alternativa elegida*. Se obtiene un período de retorno de 75 años.

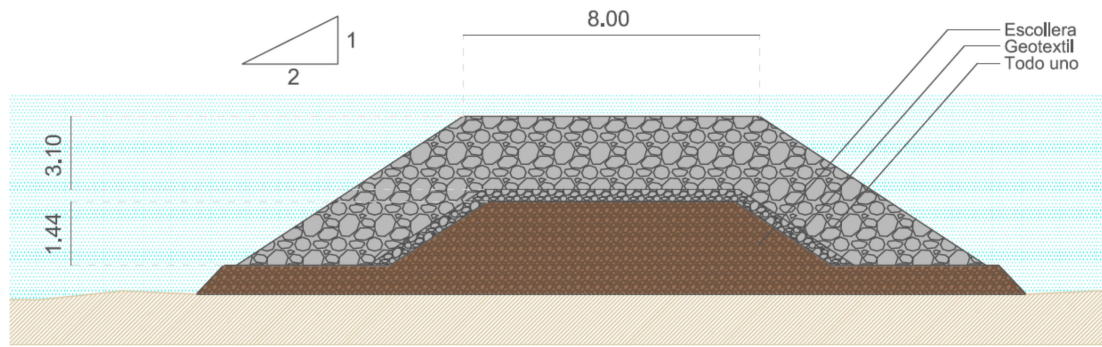
En cuanto a la altura de ola de cálculo está condicionada en muchos casos, por la profundidad. Según la profundidad de colocación de los diques exentos sumergidos, las olas que afectan a las obras de regeneración pueden ser las correspondientes al régimen de oleaje en su forma original o estas mismas olas ya rotas. Existen dos casos posibles: *non breaking condition* o *breaking condition*, para saber cual se da en este proyecto, se va a hallar la altura de ola significativa en aguas profundas (HSO) y la altura de ola en condiciones de rotura (Hb). Se obtiene una altura de ola de cálculo en condiciones de rotura por criterio de Wieggl por ser el más desfavorable, con un valor de Hb = 5,5 m.

A partir del oleaje de diseño considerado, se procede al diseño estructural de los diques exentos. Para ello se aplica la fórmula de Hudson, obteniendo los siguientes resultados:

Capa	Manto principal		Manto secundario		Núcleo
	Cuerpo	Morro	Cuerpo	Morro	
Peso pieza (kg)	10051	12564	1005	1256	2~50
Espesor (m)	3,10	3,34	1,44	1,55	-

Capa	Manto principal		Manto secundario		Núcleo
	Cuerpo	Morro	Cuerpo	Morro	
Variación (%)	75-125	75-126	70-130	70-130	30-170
Peso mínimo (kg)	7539	9423	704	879	1
Peso máximo (kg)	12564	15705	1307	1633	85

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante



5. Sección de diseño

7.2 Alimentación artificial

Tras la publicación de la Guía para la redacción de Planes de Ordenación General de Playas (MOPU 1970), en adelante GRPP 70, se distinguen tres grandes zonas sensiblemente paralelas a la orilla: activa, de reposo y de espacios libres. A su vez otras complementarias a las primeras.

Teniendo en cuenta los mínimos exigidos, la anchura objetivo para la Playa de Levante es de unos 55 metros aproximadamente que desde el punto de vista de quien suscribe este Proyecto sería una anchura óptima debido a las características de la Playa y sus usos. Teniendo en cuenta los mínimos anteriores y las zonas variables se atendería a esa última premisa para los cálculos de volúmenes que se precisen.

Para el diseño de la forma en planta de la playa, se hace un análisis conjunto del diseño de la playa y de los diques exentos para la formación de hemitómbolos en las zonas más desfavorecidas por la regresión.

Para diseñar un grupo de diques exentos aislados, dos o más diques exentos paralelos a la costa hay que tener en cuenta el funcionamiento de los mismos y la posición que ocupan en el grupo.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante



6. Línea de costa propuesta

La situación actual viene definida por la línea roja y la propuesta la línea amarilla. Como se puede observar, se va a realizar una alimentación con dos hemitómbolos intentando anticiparse a las formaciones costeras que se crearían por la existencia de los diques exentos

Tras el análisis de las principales formulaciones de perfil de equilibrio y profundidad de cierre, se emplea la formulación de perfil con estrán lineal para la modelización del perfil de la alimentación en la zona de actuación.

Para determinar el volumen de material total que hay que verter sobre la playa a alimentar, se deben tomar en consideración los cuatro puntos siguientes:

- El perfil de diseño para la zona.
- Las características del material de préstamos comparadas con el material natural de la playa.
- El factor de sobrellenado (Ra) requerido.
- El avance requerido de la playa.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

Puesto que no se dispone de los parámetros reales se va a adoptar un factor de relleno de 1,5 ya que es un valor habitual para arenas de relleno de $D_{50} = 1$ mm. Este valor corresponde a una situación estable además de razonable.

En el apartado 3 del *Anejo 8. Características de la alternativa elegida*, se desarrolla el cálculo del volumen de aportación de arenas necesario mediante el método empleado tradicionalmente para cubicar actuaciones, consistente 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 en cada tramo:

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

Donde:

Vol_A = Volumen teórico entre dos perfiles consecutivos (m^3)

A_n y A_{n-1} = Áreas de dos perfiles consecutivos (m^2)

d = Separación entre dos perfiles consecutivos (m)

Además, para el caso de la Playa de Levante, conviene realizar una serie de consideraciones previas a la aplicación de la metodología:

Para calcular el volumen de arena de aportación necesario para la alimentación debe definirse previamente la geometría y ubicación de los diques exentos para conocer la planta teórica que tendrá la playa por la formación de los hemitómbolos.

Lo mismo sucede con la situación actual de la playa, los procesos de regresión han provocado la disminución de la cota de coronación de la playa emergida como se puede observar en el *Anejo 2. Fotográfico*. Se intenta recuperar este espesor de la playa perdido. Se cree conveniente disponer de un espesor mínimo de 0,5 m en toda la superficie alimentada, con objeto de prever problemas de erosión, fuga de arenas, entre otros.

Debido a la forma en plana de la alimentación, existen dudas sobre qué distancia d debe emplearse en la formulación expuesta en el epígrafe anterior. Entre dos perfiles consecutivos del tronco de la alimentación dicho valor varía considerablemente según sea tomado sobre la línea de costa o sobre la traza del dique, por lo que se propone emplear como distancia de cálculo d un valor medio entre los dos anteriores. Esta simplificación se considera suficiente y no merece la pena plantear un cálculo volumétrico más afinado, teniendo en cuenta la naturaleza de la actuación.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

Debido a la irregular forma en planta de la línea de costa existente y a la forma propuesta para la playa, hay grandes diferencias entre los distintos perfiles, por lo que se tratará de utilizar los perfiles más representativos para que el cálculo volumétrico se asemeje lo más posible a la realidad.

Se opta por dimensionar la alimentación sin la disposición de los diques, esto es debido a que el apoyo de la alimentación en los diques no es exactamente el del perfil, sino que tiende a amontonarse en las proximidades de los diques. Por este motivo, y aunque ya se tiene en cuenta un factor de sobrellenado, se extiende la alimentación un poco más allá de los diques, anticipando el fenómeno comentado anteriormente

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se procede a calcular el volumen total de vertido obteniéndose los siguientes resultados:

$$Vol_A = 280619,825 \text{ m}^3$$

Por lo que el volumen final de aportación aplicando el factor de relleno será:

$$Vol_{real} = 420929,7375 \text{ m}^3$$

7.3. BALIZAMIENTO

En el *Anejo 10. Balizamiento* se estudia el sistema de señalización que salve el inconveniente que, para la navegación, supone construir el dique y la alimentación artificial diseñados en este Proyecto.

En primer lugar se aborda el diseño de la señalización de la banda de protección, según las recomendaciones del AISM, formada por boyas esféricas de 60 cm de diámetro y color amarillo.

En segundo lugar se asigna la nueva ubicación de los dos canales de navegación preexistentes y su correspondiente balizamiento.

En tercer lugar se diseña la señalización del dique exento, formada por dos farobalizas situadas en el morro situado más al Norte del dique 1 y en el morro situado más al Sur del dique 2.

Por último se señala la situación del fondeadero preexistente.

La ubicación definitiva de cada uno de los elementos de los que consta el balizamiento de la Playa de Levante de Cabo de Palos se puede encontrar en el *Plano 12. Balizamiento*.

8. PROCESO CONSTRUCTIVO

El análisis detallado del procedimiento constructivo de las obras de regeneración se desarrolla en el *Anejo 9. Proceso Constructivo*, limitándose este apartado a una breve descripción de las distintas actividades.

Tras plantear las dos posibilidades para llevar a cabo las obras de construcción de los diques exentos sumergidos, se decide optar por el método terrestre.

Habitualmente, en proyectos de ingeniería marítima, el empleo de medios marítimos presenta un coste muy superior a la vía terrestre, lo que desaconseja su empleo. Esto se debe principalmente al empleo de maquinaria especializada de alto coste de movilización y horario de trabajo.

A este mayor precio además hay que añadirle que optando por la vía terrestre, se pueden utilizar el dique existente, una vez acondicionado, para llegar hasta el dique situado a sotamar, lo que simplificaría el problema del acceso terrestre a la ubicación del dique. Así sólo sería necesario la prolongación de algunas vías de acceso.

Se van a diseñar las estructuras provisionales (las necesarias para la circulación de la maquinaria, y que deben ser retiradas tras su utilización), sobre los diques exentos, con anchuras en coronación de 5,5 metros.

Por otra parte, la circulación de la maquinaria de transporte y la evolución de la maquinaria de movimiento de tierras deben hacerse a un nivel por encima del nivel medio del mar, y de forma que los riesgos de rebase sean los más reducidos posible. Se ha decidido fijar la cota de coronación de las estructuras provisionales a 1 metro sobre el nivel medio del mar.

Así, se contemplan tres tipos de obras:

- Caminos de acceso. Que son las vías para llegar a la alineación de los diques exentos desde la línea de costa. Por estos accesos tiene que poder circular toda la maquinaria empleada en la obra.

- Núcleos-avance. Se han definido como una capa más de los diques exentos sumergidos, formada provisionalmente (durante la ejecución de las obras). Permite disponer de una cota de coronación metro y medio más elevada que la definitiva (llegando por encima del nivel medio del mar), para que la maquinaria pueda circular a lo largo de los diques.

- Diques exentos (propiaamente dichos). Se utilizarán los materiales y las dimensiones que se han calculado en el anejo correspondiente.

Al llegar, a la ubicación de los diques, se comenzará la construcción de los mismos con los materiales y la geometría que se ha señalado en el *Anejo 8. Características de la alternativa*

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

elegida. Se empezará vertiendo el todo-uno que va a formar el núcleo-avance, hasta conseguir las dimensiones que se han determinado. Después, se colocará el geotextil y, a continuación, se situarán en su lugar los elementos que forman las dos capas del manto principal y la berma. La colocación de las escolleras que forman parte del manto principal se hará con la retro de una excavadora. Con esta misma máquina, se instalarán los elementos de escollera que forman las bermas a ambos lados de los diques.

Una vez excavado el dique “no definitivo” construido, se quitará poco a poco el excedente de todo- uno para llegar a la cota prevista para el núcleo definitivo. Después, se colocará sobre este núcleo, el geotextil y la escollera. De esta forma, se llegará a la formación del dique definitivo con una cota de coronación a -0,5 metros y una anchura de 8 metros.

En segundo lugar se procede a la ejecución de la alimentación artificial, primeramente para crear el ancho mínimo de playa especificado se emplazarán directamente los volúmenes necesarios en cada zona de la playa. Esto consistirá en verter desde los camiones que llegan cargados de arena directamente a la playa seca , y repartirla homogéneamente con maquinaria de movimiento de tierra hasta conseguir la anchura determinada. Se usará la información obtenida de los perfiles transversales que establecen los volúmenes entre cada par de perfiles.

Al terminar esta primera fase, la arena necesaria para completar el perfil de equilibrio definido para la playa sumergida se podrá aportar mediante el vertido en puntos separados de la costa o mediante el apilado en los primeros metros de la playa sumergida . El emplazamiento offshore se puede ejecutar con medios terrestres aprovechando, antes de su retirada, el camino de acceso provisional para la construcción del dique exento. El otro método, el apilado de grandes volúmenes de arena para su distribución por la dinámica litoral, se puede realizar en áreas determinadas de la playa sumergida, pero muy próximas a la costa, para evitar de esta manera el uso de medios marinos de ejecución.

9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El *Documento nº 3: Estudio de Impacto Ambiental* prevé y valora los posibles impactos que pueden generarse en el medio físico, biótico y socioeconómico como consecuencia de las actividades generadas en el marco de esta actuación, en sus fases de construcción y funcionamiento.

Previamente se realiza un inventario ambiental, estudiando las características y los condicionantes concretos del medio físico (Climatología, Geología , Red Hidrográfica), medio biótico (Vegetación y Fauna) y medio socioeconómico (Población, Economía, Turismo).

Una vez definidos los impactos, se plantearán medidas protectoras y correctoras para paliar dichos impactos. Finalmente se propone un programa de vigilancia ambiental para evaluar la respuesta del medio a la ejecución de las obras y a su posterior puesta en funcionamiento.

10. DOCUMENTOS CONSTITUYENTES DEL PROYECTO

Los documentos que integran el *Proyecto básico de regeneración de la Playa de Levante (Cabo de Palos, Murcia)* son los siguientes.

Documento nº 1: Memoria.

- Memoria.

- Anejo 1. Encuadre geográfico y climático.

- Anejo 2. Fotográfico.

- Anejo 3. Topografía, batimetría y usos del suelo.

- Anejo 4. Estudio geológico y geotécnico.

- Anejo 5. Clima Marítimo.

- Anejo 6. Dinámica Litoral.

- Anejo 7. Estudio de soluciones.

- Anejo 8. Características de la alternativa elegida.

- Anejo 9. Proceso constructivo.

- Anejo 10. Balizamiento.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

Documento nº 2: Planos

- Plano nº 1: Localización.
- Plano nº 2: Estado Actual.
- Plano nº 3: Batimetría.
- Plano nº 4: Zona de actuación.
- Plano nº 5: Alimentación artificial. Planta.
- Plano nº 6: Alimentación artificial. Perfiles I.
- Plano nº 7: Alimentación artificial. Perfiles II.
- Plano nº 8: Diques exentos. Planta
- Plano nº 9: Diques exentos. Secciones
- Plano nº 10: Proceso constructivo. Planta.
- Plano nº 11: Proceso constructivo. Secciones.
- Plano nº 12: Balizamiento.
- Plano nº 13: Estado final.

Documento nº 3: Estudio de Impacto Ambiental.

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante

Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante