



**PROYECTO DE JARDÍN DUNAR EN LAS PLAYAS DE CABANYAL Y MALVA-ROSA
(T.M. VALENCIA)**



ANEJO 7. ESTUDIO DE SOLUCIONES

ÍNDICE

1.	Introducción	1
1.1	Entorno de las playas del Cabanyal y La Malva-rosa	1
1.2	Definición del problema.....	1
1.3	Metodología de estudio.....	2
2.	Soluciones aplicables.....	3
2.1	ALTERNATIVA 0. Situación actual.....	3
2.2	ALTERNATIVA 1. Equipo de limpieza.....	3
2.3	ALTERNATIVA 2. Ampliación de cota de muro del paseo marítimo	4
2.4	ALTERNATIVA 3. Muro intermedio	5
2.5	ALTERNATIVA 4. Trasvase de arena	6
2.6	ALTERNATIVA 5. Cordón dunar de gran altura	8
2.7	ALTERNATIVA 6. Cordón dunar de baja cota	10
2.8	ALTERNATIVA 7. Colocación de captador pasivo	11
2.9	ALTERNATIVA 8. Plantación de un captador pasivo vivo	11
3.	Estudio de las alternativas viables.....	13
3.1	Criterios de valoración	13
3.1.1	Criterio funcional (C. F.)	13
3.1.2	Criterio estético (C. E.)	13
3.1.3	Criterio medioambiental (C. M.).....	13
3.1.4	Criterio económico (C. Eco.)	14
3.1.5	Valoración final.....	14
3.2	Alternativas posibles.....	15
3.2.1	ALTERNATIVA 6. Cordón dunar de baja cota	15
3.2.2	ALTERNATIVA 7. Colocación de captador pasivo.....	16
4.	Planteamiento de la solución adoptada.....	17
4.1	Metodología de restauración dunar	17
4.1.1	Restauración de la morfología dunar	18
4.1.2	Restauración de la cubierta vegetal	22
4.1.3	Adecuación de las áreas al paso de los usuarios	25
5.	Conclusión	25

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo nos permite dar respuesta a preguntas fundamentales para evitar la invasión de arenas en el trasdós en las playas del Cabanyal y La Malva-rosa; qué alternativa de las muchas posibles debemos adoptar siguiendo un criterio claro y justificado, qué impacto ambiental nos provocará nuestra actuación, qué fuentes emplearé como préstamo de materiales y otros. Para ello se hace preciso, realizar un estudio pormenorizado de las distintas soluciones que se pueden aplicar para conseguir solucionar el problema que nos ocupa.

En este anejo se pretende evaluar, del abanico de posibilidades existentes, cuál de ellas será la más adecuada, incluyendo la “alternativa cero”, que implica dejar la playa en su estado actual.

1.1. Entorno de las playas del Cabanyal y La Malva-rosa

Como ya se explicó en el Anejo 1, las playas que nos ocupan se encuentran en el Término Municipal de Valencia. Ambas juntas forman la playa urbana de Valencia, delimitada al norte por la playa de La Patacona y al sur por el puerto de Valencia, con una longitud de cerca de dos kilómetros y medio (2.500 m) y una anchura variable, pero siempre de más de cien metros (>100 m).

El clima de Valencia es el clima mediterráneo típico, un clima subtropical de la fachada occidental de los continentes, el cual se caracteriza por ser un clima suave y húmedo. Las precipitaciones anuales son superiores a los 450 mm, con mínimos muy marcados en verano y máximos en los meses de otoño, ya que el clima mediterráneo es un clima con lluvias estacionales. La Red hidrográfica se encuentra en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), situado geográficamente en el extremo central este de la Península Ibérica. Todas las cuencas hidrográficas que viertan sus aguas al mar Mediterráneo, entre la desembocadura de los ríos Segura y Cenja, incluyendo también este último, forman parte de esta red. Su superficie es de 42.851 km².

1.2. Definición del problema

Como se indicó en el Anejo 1, en los últimos tiempos se viene produciendo una importante invasión de arena en el Paseo Marítimo, que afecta tanto a los viandantes que utilizan el citado paseo como al carril-bici, carril-bus, jardines e imbornales. Los propietarios de los establecimientos hosteleros, se quejan y piden soluciones.

Esta invasión, a parte de la incomodidad visual y de confort de los restaurantes, genera problemas de seguridad, ya que puede propiciar caídas de los transeúntes que pasean o de los ciclistas, por no hablar de la inestabilidad que puede producir los autobuses y demás vehículos.

A parte de la seguridad, la arena puede crear una acumulación de escombros, generada por el agarre que pueden crear sus partículas con las inmundicias que pueda llevar el viento o estén por el suelo. Esto puede crear una mala visión para el usuario y generar un problema económico a la ciudad relacionado con el descenso de turismo.

Por todos estos problemas, entre otros, vamos a estudiar una serie de soluciones, y ver qué ventajas y desventajas o problemas ocasiona cada una, para al final quedarnos con la más adecuada. Pueden existir muchas otras soluciones, pero en este trabajo nos quedamos con las que se expondrán en el apartado 2, de las cuales iremos descartando más adelante, por el método que se explica a continuación.

1.3. Metodología de estudio

El objeto del presente estudio es el de definir la problemática que se presenta, analizando una serie de alternativas. Las soluciones técnicas posibles para resolver los problemas de este tramo de costa son numerosas, y por ello se pretende, en este anejo, realizar una evaluación de las mismas que llegue a elegir la más adecuada.

El campo de soluciones, a la hora de emprender una actuación en el litoral, es bastante amplio. A partir de un determinado tipo de solución existen múltiples variantes que dependen de la geometría y del tipo de material, entre otros aspectos, que se elijan para llevar a cabo las obras. Esto no quiere decir que cualquier solución es adaptable al problema concreto de cada obra. Los condicionantes marcados por la propia naturaleza y los que vienen promovidos por los estudios económicos, legales y ambientales, tienen una gran importancia a la hora de decidir la mejor de las alternativas.

El proceso o metodología para obtener la mejor solución a la invasión de arena al paseo marítimo de las playas del Cabanyal y de La Malva-rosa consta de cinco fases, que coinciden aproximadamente con los siguientes apartados de este Estudio de Soluciones, y que se describen a continuación.

FASE 1. Descripción de los métodos de solución.

Se definirán todos los métodos disponibles en la ingeniería de costas, sin hacer referencias a la situación concreta a tratar. En esta fase solamente se eliminarán aquellas técnicas que todavía no son fiables, por su escasa aplicación y por la poca información de la que se dispone.

FASE 2. Soluciones aplicables a las playas del Cabanyal y la Malva-rosa

En este punto se analizará la idoneidad de los distintos métodos de solución al caso particular de las playas que nos ocupan. Como se verá, se eliminarán soluciones que son

técnicamente inviables o se decidirá desechar unas frente a otras. En esta fase, los criterios para decidir son totalmente cualitativos. Además, cuando se decida que una solución pasa a la siguiente fase, se estudiará su posible combinación con otro tipo de actuaciones.

FASE 3. *Estudio de las alternativas viables.*

Estas alternativas se formarán a partir de combinaciones de los métodos de solución que han superado las dos fases anteriores. A continuación se seleccionan unos criterios de evaluación. Después, se analizará mediante un proceso cuantitativo.

FASE 4. *Planteamiento detallado de las alternativas elegidas en la anterior fase.*

Se realizará un diseño de las actuaciones, se calcularán los aspectos necesarios, se hará un predimensionamiento, etc. El objetivo de esta fase es estudiar si son viables técnicamente las que son consideradas como mejores soluciones. Se verá, entonces, si es posible su construcción, y si las obras aseguran la solución al problema.

FASE 5. *Discusión cualitativa del planteamiento de las soluciones desarrolladas.*

Se compararán estas alternativas y, finalmente, se optará razonadamente por una de ellas. Ésta será la alternativa a desarrollar en este proyecto para conseguir controlar la invasión de arenas a las playas del Cabanyal y La Malva-rosa.

2. SOLUCIONES APLICABLES

En el siguiente apartado vamos a analizar las posibles soluciones viendo sus ventajas y desventajas o los problemas que genera, unificando las fases 1 y 2 en una sola, y pudiendo descartar ya las que no sean viables o no resulten funcionales a simple vista.

2.1. ALTERNATIVA 0. Situación actual

En esta alternativa se plantea no realizar ninguna acción. Es evidente que esta alternativa queda descartada desde un primer momento, ya que, no resuelve ninguno de los problemas comentados en el epígrafe anterior.

Por lo tanto, la no realización de acciones queda eliminada del estudio de soluciones, por no poder resolver la invasión de arenas en el trasdós de las playas del Cabanyal y La Malva-rosa con todos los problemas que ello genera.

2.2. ALTERNATIVA 1. Equipo de limpieza

Dentro del Plan iniciado en 1991, y con el nombre de Brigadas Verdes, se creó un serviciocuyas funciones fueron el mantenimiento y limpieza de las playas de la Comunidad Valenciana. Sin embargo, los recursos necesarios para la limpieza desbordaban la capacidad operativa del Plan, además de ser una competencia de las administraciones locales. Por esta razón,

a partir de 1993, pasaron a denominarse Brigadas de Mantenimiento, centrándose sus funciones básicamente en el mantenimiento, limpieza y reparación de los elementos instalados, así como al tratamiento bactericida y fungicida de las duchas. Posteriormente, con la adopción del modelo de lavapiés asociado a estaciones de bombeo de agua freática, las brigadas y los servicios de mantenimiento se especializaron.

En este momento existe un conjunto de Equipos de Conservación que prestan los servicios de ordenación, conservación, limpieza y reparación de los elementos higiénico-sanitarios, áreas de juego y de señalización, así como de limpieza de la zona donde se ubican las áreas lúdico-deportivas. Se establecen dos fases de actuación dentro del año. Una fase estival, intensiva en recursos y tareas, y otra fase de “puesta a punto”, durante la cual se realizan actuaciones especiales y puntuales. La estructura de los equipos está liderada por un responsable, con equipos de conservación especial que cuentan, como mínimo, con un fontanero profesional y medios de transporte adecuados para actuar en cualquier lugar de la Comunidad, y equipos de conservación general, dedicados a la reubicación, limpieza, aplicación de fungicidas, sustitución de carteles o elementos deteriorados, reparaciones menores, etcétera. Todo el personal adscrito a estas funciones está debidamente uniformado para su reconocimiento inmediato por parte de los usuarios.

Es evidente que, para solventar el problema que se nos presenta, no basta con realizar dos actuaciones al año de retirada de arenas y reparación de daños. Deberían realizarse operaciones de mantenimiento mucho más frecuentemente, con lo que conllevaría un gasto continuado de recursos económicos y no conseguiríamos resolver el problema definitivamente, únicamente conseguiríamos mantenerlo a raya. Dicho gasto, propiciado por las quejas de los propietarios que exigen la retirada de arenas, genera un conflicto, ya que, el Ayuntamiento dice que debe solucionarlo Costas, y éste, a su vez dice que es responsabilidad del Ayuntamiento.

En consecuencia, se considera que esta alternativa queda descartada por no poder solucionar el problema y ser fuente de conflictos, pero sí se tendría en cuenta utilizarla complementariamente con la solución adoptada, si bien no de continuo por los problemas comentados, sí al inicio de la actuación, hasta que estuviera efectuada y fuera totalmente efectiva.

2.3. ALTERNATIVA 2. Ampliación de cota de muro del paseo marítimo

Como bien queda reflejado en el título, lo que se pretende con esta alternativa es ampliar la cota del murete del paseo marítimo que lo separa de la playa. Con el aumento de altura lo que se conseguiría sería una barrera de mayor tamaño al paso del viento, que es el causante de la invasión de la arena al paseo. Esta actuación podría generar una serie de situaciones o inconvenientes que pasamos a detallar a continuación.

El principal inconveniente es que, dependiendo de la altura, se crearía una barrera visual del paisaje que crea la playa y que actualmente se puede contemplar desde el paseo y las terrazas de los establecimientos. Habría que ver hasta que cota estarían dispuestos los restaurantes a perder vistas y si esta sería suficiente para resolver el problema.

Otro problema es el ya comentado en el párrafo anterior. Se tendría que estudiar si hay una altura suficiente para solventar el problema o si el viento seguiría salvando la obstaculización, incluso llegando a mayor distancia. En cualquier caso no se resuelve el problema completamente.

También habría que tener en cuenta los gastos producidos por la construcción del muro. Por todos estos inconvenientes la alternativa 2 quedaría descartada.



Figura 1. Nueva cota de muro

2.4. ALTERNATIVA 3. Muro intermedio

Con esta alternativa lo que se pretende es adelantar el problema unos metro en la playa, ya que, al colocar un muro intermedio, los problemas que se generan en su trasdós, por acumulación de arenas, seguirían estando dentro de la playa, con lo que se conseguiría en principio remediar el problema.

Una ventaja de esta alternativa es que se podría estudiar la utilidad del muro intermedio como banco de reposo, grada, etc.

Como principal inconveniente cabría señalar los problemas que conlleva la creación de un nuevo muro, como pueden ser: cimentación, cálculos de estabilidad, construcción, etc.

También es evidente que crearía un efecto negativo en la visual del paisaje, ya que habría un elemento rígido en mitad de la playa.

Además, se debería hacer un estudio detallado sobre la idoneidad de la ubicación final del muro en la playa, no significando que fuera siempre a la misma altura, con los problemas que ello genera.

Finalmente, la creación de este murointermedio, resolvería el problema de invasión de arenas al paseo marítimo, pero lo trasladaría a la zona intermedia de entre-muros, generaría otros inconvenientes diferentes que se deberían entrar a discutir.

Por todos estos problemas, se descarta la alternativa 3.

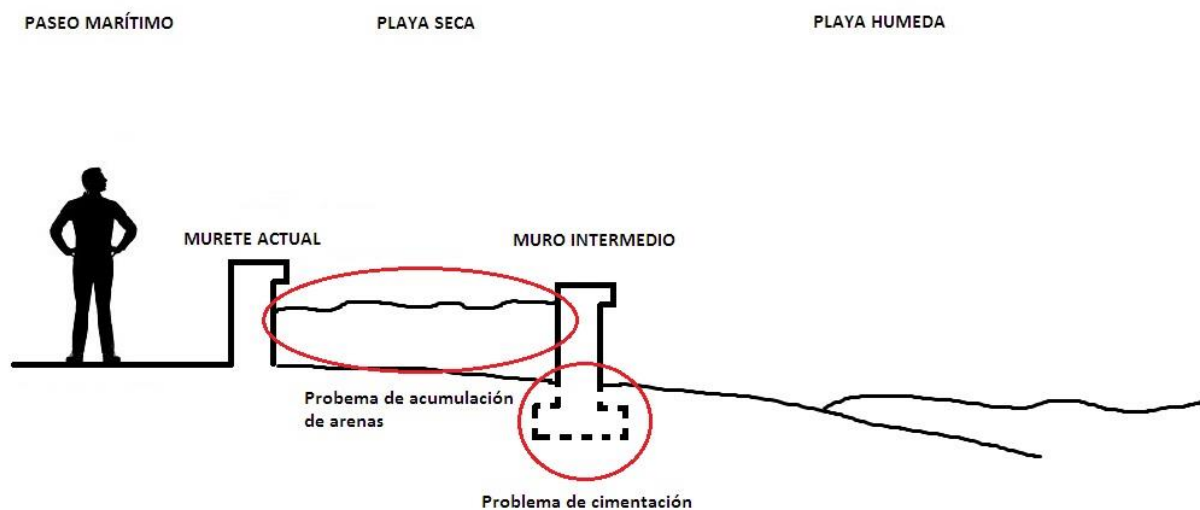


Figura 2. Murete intermedio y sus inconvenientes

2.5. ALTERNATIVA 4. Trasvase de arena

Cuando se habla de trasvase de arenas, generalmente se trata de una variante de la alimentación artificial que consiste en reconstruir el transporte sólido litoral, pasando sedimentos de otras áreas, de forma artificial.

Ambientalmente es una solución válida ya que se altera lo mínimo el medio, al no precisar de grandes obras, y sobre todo, las arenas que se utilizan son las óptimas, ya que suelen ser las que intercepta la obra que genera el problema, por lo que granulométricamente son las adecuadas.

Este tipo de solución es adecuada cuando sobre la costa existe una barrera que provoca acreciones a barlomar y recesiones a sotamar, al cortar el transporte de sedimentos. Una forma de paliar el efecto negativo es restituir la corriente de transporte, pasando de forma artificial los sedimentos acumulados en las zonas de acreción a las de recesión.

El trasvase de arenas puede ser continuo o discontinuo, y se puede organizar de forma flexible, en función del régimen del transporte longitudinal existente y su capacidad. Se puede realizar vía marítima o terrestre.

Las técnicas más empleadas son:

- *Plantas fijas* en playa seca, generalmente con una estación de bombeo estacionada en la playa que aspira una mezcla de agua y arena al 20%, conocida como pulpa, y la impulsa por una conducción sumergida, por tierra o mixta. Tiene vital importancia el punto de descarga ya que se debe tener en cuenta el oleaje y sus fenómenos asociados.
- *Dragas*, existen dos tecnologías generales: Hidráulica y mecánica, atendiendo a que se succionen las arenas con bomba o se excaven mecánicamente. La limitación principal de este tipo de dragas es su exposición al oleaje, requiriéndose una cuidadosa planificación de los trabajos, lo cual implica mayores plazos en la ejecución de la obra o necesitándose unos rendimientos muy elevados.



Figura 3. Diferentes vías de trasvase de arenas

Parándonos a comentar las dos técnicas, en cuanto a las plantas fijas, cabría señalar que la distancia de transporte debe ser menor o igual a dos kilómetros (≤ 2 km). Si fuera mayor, no sería rentable económicamente, ya que sería necesario colocar estaciones intermedias, como ocurre en nuestro caso ya que la playa más cercana está a más de siete kilómetros (> 7 km). Y sobre las dragas, es un sistema muy caro, sin mencionar los problemas que generan la disponibilidad y alquiler de este tipo de maquinaria.

Si las distancias de trasvase de arenas son importantes, el coste de transporte mediante bombeo es elevado, además de producirse obturaciones, necesitándose mantenimientos continuos de la tubería y de las bombas. En estos casos se puede plantear el transporte por vía terrestre mediante camiones que son cargados por pala cargadora. Dicha maquinaria presenta grandes rendimientos, pudiéndose acopiar los materiales dragados en la playa para su posterior carga y transporte.

Para acometer esta solución se debe estudiar la presencia de viales en la zona, sus gálibos, y el tráfico de vehículos en dichos viales.

El primer inconveniente que encontramos es que el tamaño de la arena un, D_{50} , es pequeño y no es recomendable su uso como alimentación artificial, únicamente podría emplearse para regeneración de dunas, pero sería un volumen muy bajo que no resolvería el problema.

También cabría señalar la posibilidad de un trasvase Sur-Norte, pero lo desechamos porque volveríamos a la alternativa 0.

Por todos estos factores la alternativa 4, también quedaría fuera de la siguiente fase en el proceso de selección.

2.6. ALTERNATIVA 5. Cordón dunar de gran altura

Con esta alternativa lo que se pretende es crear una duna que sirva de barrera para la arena que transporta el viento y en lugar de chocar con el muro y saltar al paseo marítimo, quede depositada en el cordón mediante plantas.

Los cordones dunares constituyen un método de protección económico, durable, estético y generador de un impacto ambiental positivo al permitir la biodiversidad. Pueden crearse dunas por medios artificiales, tales como el desplazamiento de la arena por medios mecánicos, o su captación cuando es transportada por el viento, con la ayuda de una barrera o de vegetación, conocida como captador pasivo, que sería el método que nos interesa para el caso que nos ocupa.

Como ventaja, cabría señalar que, las dunas constituyen con frecuencia el recurso extremo de la defensa de la costa frente a los temporales. Frecuentemente se produce una ocupación progresiva del terreno hacia el mar debido a la fuerte presión urbanística sin prestar atención a la protección que ofrecen las dunas tanto a la propia playa como a su trasdós. Se han arrasado grandes áreas de dunas para permitir el asentamiento de propiedades privadas, o han sido rebajadas para permitir un fácil acceso a la playa. En estos casos, si no se ha tomado ninguna medida adicional, al no existir una adecuada protección contra los temporales, las olas pueden inundar las tierras de una costa baja. En lugares en los que hay aporte adecuado de arena, una

formación dunar puede proporcionar una protección más eficiente y con menor coste que un muro rompeolas.

También habría que comentar como punto positivo que las formaciones dunares no solamente protegen el trasdós de la playa en caso de temporales, sino que además son una reserva para la regeneración de la propia playa. La arena que se acumula sobre el talud del lado del mar de una duna, ampliará ésta hacia la línea de costa. Una vez en la duna, esta arena puede ser devuelta a la playa por la acción de las olas en temporal, evitando que sea tomada por el estrán. Durante los temporales mucha de la arena que proviene de la erosión de la berma de la playa y de las dunas es transportada directamente mar adentro y depositada en una formación de barra.

Este proceso no solo ayuda a disipar la energía de la ola incidente en el transcurso del temporal, sino que estos depósitos de mar adentro serán, normalmente, transportados de nuevo a la playa por los oleajes posteriores al temporal.

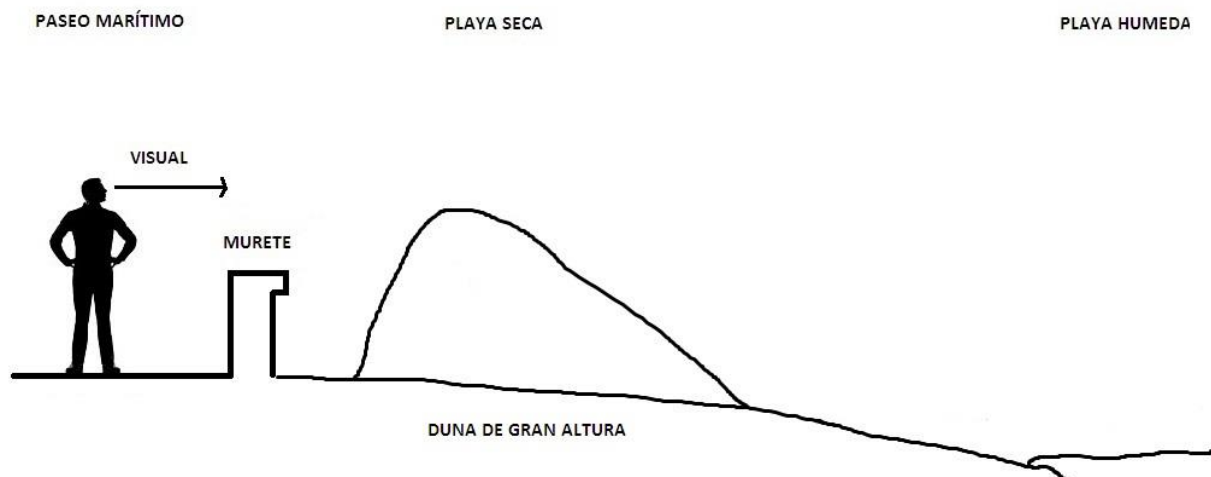


Figura 4. Duna de gran altura

Esta alternativa resolvería el problema casi totalmente, sujetando la arena con la vegetación como ya se ha comentado anteriormente.

El principal problema de esta solución, entre otros, es que, como ya ocurría con la elevación de la cota del muro, crearía una barrera visual que causaría la inconformidad de paseantes y establecimientos hosteleros.

Podríamos entrar a valorar más adelante la posibilidad de considerar esta solución, pero va a quedar descartada frente otras alternativas menos agresivas paisajísticamente, manteniendo todas las prestaciones de esta actuación, pero solventando el inconveniente de la barrera visual.



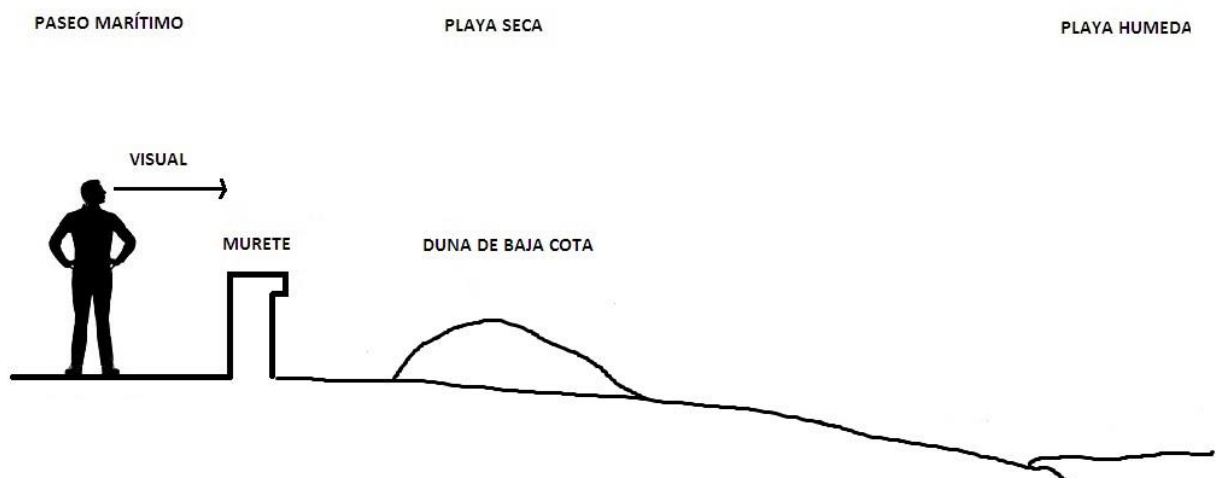
Figura 5. Ejemplo de cordón dunar en Canetd'en Berenguer

2.7. ALTERNATIVA6. Cordón dunar de baja cota

Como ya se ha comentado en el párrafo anterior, los cordones dunares constituyen un método de protección económico, durable, estético y generador de un impacto ambiental positivo.

La cota de la duna no influye en sus factores positivos, en los cuales no vamos a entrar de nuevo a comentar puesto que están definidos en el capítulo anterior, con lo cual esta es una mejor solución frente a la anterior. En consecuencia, como ya se ha dicho, esta alternativa descarta a la anterior por mantener sus ventajas y no propiciar su principal inconveniente: la barrera visual.

Figura 6. Duna de baja cota



2.8 ALTERNATIVA 7. Colocación de captador pasivo

Con esta alternativa lo que se pretende es reducir la intensidad con la que el viento llega al murete del paseo marítimo. Al reducir esta intensidad, es posible que el viento no tenga suficiente energía para hacer llegar la arena al paseo.

Una ventaja de esta actuación es que puede servir para delimitar espacios dentro de la misma playa, como zonas de juegos, zona de deportes, chiringuitos, cruz roja, etc.

El inconveniente de esta solución es que la arena continuaría pasando aunque en menor medida.

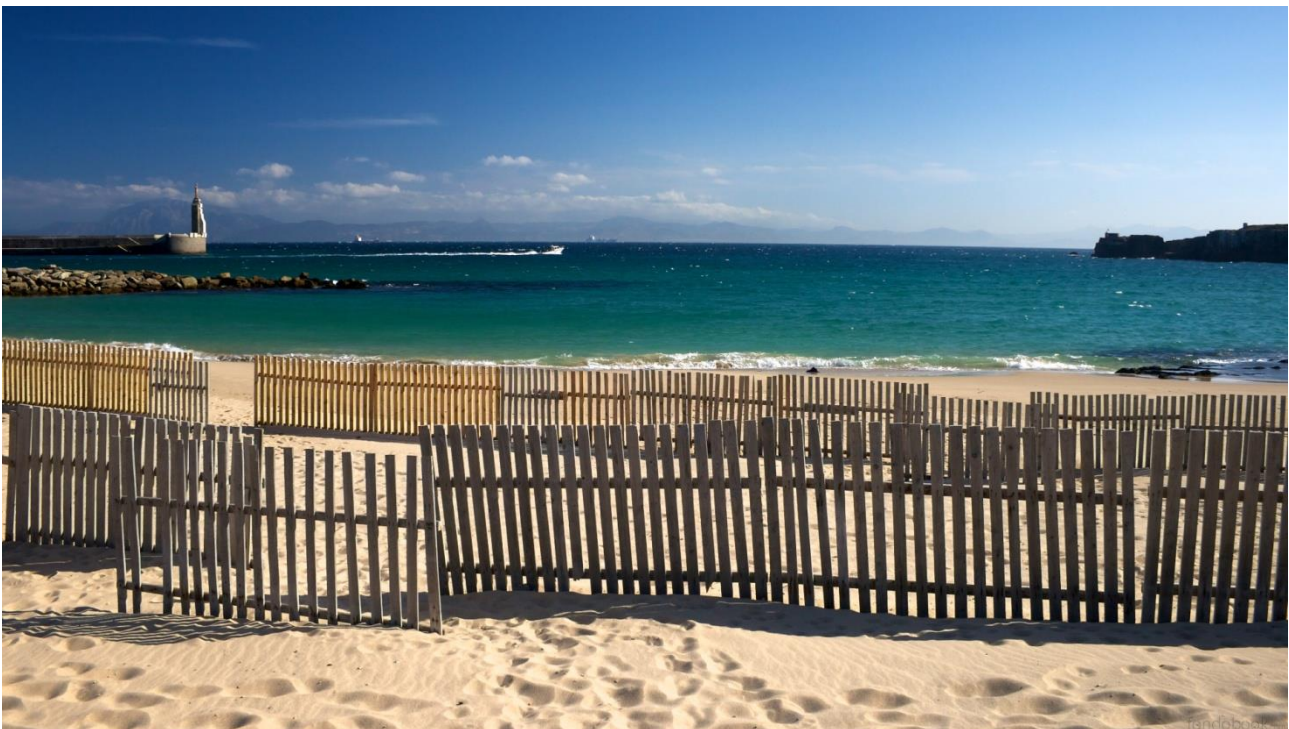


Figura 7. Vallas

Esta alternativa es similar a las alternativas 3-6-7 sustituyendo las barreras que suponen el muro o las dunas por un captador pasivo como pueden ser vallas, por ejemplo de madera.

2.9. ALTERNATIVA 8. Plantación de un captador pasivo vivo

Al igual que en la alternativa anterior, lo que se busca con esta solución es reducir la intensidad del viento, para que pierda energía de transporte de arena. El problema que conlleva esta alternativa es que, al igual que las vallas, no sería una solución definitiva y supondría un coste económico mayor a la hora de realizar las obras que la alternativa 7. También crearía un problema de barrera visual, dependiendo de la cercanía entre palmeras, por ejemplo, dentro de la hilera, sin la ventaja de delimitación de espacios que aportan las vallas.

Con lo cual, viendo que resolvería el problema de la misma situación que la alternativa anterior, pero generando otro tipo de inconvenientes mayores, queda descartada.

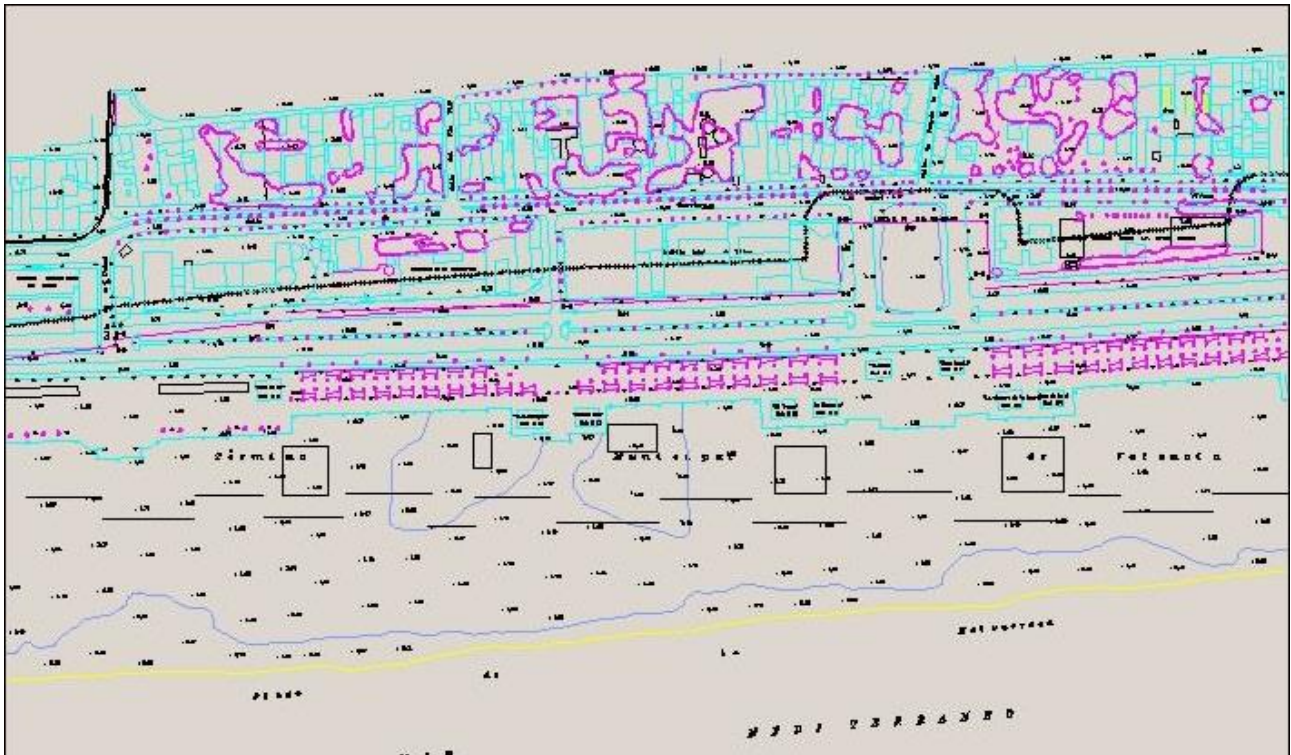


Figura 8. Ejemplo de colocación de vallas en playa del Cabanyal



Figura 8. Hilera de palmeras

3. ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS VIABLES

En este punto se estudiarán las posibilidades reales y viabilidad de cada una de las alternativas expuestas en el punto anterior dada la problemática existente en la playa. Para esta selección de alternativas se basará, como ya se ha comentado, en la adaptabilidad de cada una de las actuaciones al problema, teniendo especial relevancia los criterios de selección del método multicriterio, los cuales son funcionalidad, estética, ambiental y económica.

3.1. Criterios de valoración

3.1.1. Criterio funcional (C. F.)

Las alternativas planteadas y la posteriormente adoptada deben resolver la problemática existente. Para su valoración se va a adoptar una escala de 0 a 10, de la siguiente forma:

VALOR	CRITERIO FUNCIONAL
10	Solución optima al problema
6	Solución buena, pero afecta a un condicionante
3	Solución parcial al problema
0	No resuelve el problema

3.1.2. Criterio estético (C. E.)

Tiene en cuenta que la solución planteada y posteriormente adoptada sea, en conjunto, atractiva para los usuarios finales de la playa.

VALOR	CRITERIO ESTÉTICO
10	Muy agradable para el usuario
6	Agradable pero con escasa calidad visual
3	Indiferente
0	Desagradable para el usuario

3.1.3. Criterio medioambiental (C. M.)

Para el análisis del criterio medioambiental se hará uso del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto, en el que se evalúa cuantitativamente los impactos generados por cada una de las alternativas consideradas.

VALOR	CRITERIO MEDIOAMBIENTAL
10	Muy poco impactante
6	Poco impactante
3	Muy impactante
0	Inadmisible

3.1.4. Criterio económico (C. Eco.)

Cada solución debe plantear los costes de construcción, dada la escasez de los recursos disponibles y, además, los costes de explotación de la infraestructura creada, que sean positivos o negativos. Por eso, en este criterio, se establecen dos parámetros: Los costes de construcción y los de explotación.

VALOR	COSTES DE CONSTRUCCIÓN
10	No requiere inversión
8	Solución muy rentable. Requiere poca inversión
6	Solución rentable. Requiere una inversión moderada
3	Solución poco rentable. Requiere una elevada inversión
0	Solución pésima. Requiere una inversión excesiva

VALOR	INVERSIÓN FUTURA Y COSTES DE EXPLOTACIÓN
2	Posibilidades de inversión turística
1	Mayores accesos de los turistas, pero costes de explotación periódicos
0	No añade atractivo turístico a la playa
-2	Retrae la inversión turística

La valoración de este criterio económico se obtendrá de la siguiente forma:

$$C. Eco. = (0,75 * \text{Valoración costes de construcción}) + (0,25 * \text{Valoración inversión futura})$$

3.1.5. Valoración final

La valoración final se obtiene ponderando los criterios anteriores asignando unos pesos determinados. En el caso que corresponde al proyecto desarrollado será conveniente asignar los siguientes:

Criterio funcional (C.F.): 40%.

Criterio estético (C.E.): 25%.

Criterio medioambiental (C.M.): 15%.

Criterio económico (C.Eco.): 20%.

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

$$V. F. = (0,4 * C.F.) + (0,25 * C.E.) + (0,15 * C.M.) + (0,2 * C.Eco.)$$

3.2. Alternativas posibles

Hasta el momento se han descartado algunas de las soluciones planteadas en apartado anteriores por su inviabilidad o porque realmente no se ajustan a la problemática actual de la playa.

Esto debe servir para proponer una serie de alternativas que filtrándolas con los criterios de selección se consiga una solución final óptima y totalmente ajustada a la realidad, tanto económica, social, funcional y estética.

Dicho esto, solo queda proponer lo que será más apropiado dado el problema planteado. Las alternativas posibles son:

ALTERNATIVA 6. Cordón dunar de baja cota

ALTERNATIVA 7. Colocación de captador pasivo

Ahora pasaremos a calificarlas, por el proceso explicado en el capítulo anterior, para comprobar cuál es la alternativa más óptima que nos resuelve el problema de la acumulación de arena en el trasdós del muro del paseo marítimo de las playas del Cabanyal y La Malva-rosa.

3.2.1. ALTERNATIVA 6. Cordón dunar de baja cota

La utilización de un jardín dunar, como solución al problema, sería una muy buena opción, ya que todas las playas deberían tenerlo. Son unas reservas de arena que genera la propia playa de manera natural y les sirve de protección y mantenimiento estable.

Pasando a evaluar ya los criterios establecidos, desde el punto de vista estético, el mayor problema que genera es la creación de una barrera visual, lo que, por otro lado, ya hemos visto que sería posible hacer la duna de baja cota, para que los transeúntes no perdieran la visual del mar. De esta manera ya se podría tratar el tema de si gusta más una playa sin duna o con duna, pero basándonos en que las quejas de los propietarios de los establecimientos estarían resueltas, se valora esta alternativa con un 8.

Si se habla del tema de la funcionalidad, ya se ha comentado anteriormente que el problema de la invasión de arenas en el trasdós quedaría resuelto. La arena quedaría sujeta en un primer momento por los captadores y después por la vegetación que se plantaría para que la duna se quedara fija, con lo que todo el aporte de arena generado por el viento quedaría en la duna y no llegaría al paseo marítimo. Por todo lo expuesto se valora con un 9.

Como ya se ha comentado reiteradamente, los cordones dunares constituyen un método de protección económica, durable, estético y generador de un impacto ambiental positivo. Con lo

que no habría una mejor alternativa desde el punto de vista medioambiental que esta. Por lo tanto se valora con un 9.

Y por último, habría que comentar que la creación de un jardín dunar no es una actuación que se pueda considerar cara, ya que no requiere obras rígidas de construcción ni se emplean materiales excesivamente caros. Únicamente habría que tener especial atención con los captadores que hay que colocar inicialmente y con las especies de plantas elegidas que sean óptimas. Por lo tanto, se le asigna un 6.

	Criterio				
	Funcional	Ambiental	Estético	Económico	Final
Pesos	4	2,5	1,5	2	-
Valoración	9	9	8	6	82,5

La valoración económica podría ser mayor si consideramos que las arenas necesarias para la creación de la duna son las propias arenas de la playa, su coste sería nulo y únicamente se computaría su traslado dentro de la misma playa.

3.2.2. ALTERNATIVA 7. Colocación de captador pasivo

Un captador pasivo consiste en un elemento que funcione como barrera contra el viento y le haga perder energía de transporte de arena. Un ejemplo de este tipo de sistema podrían ser vallas, como ya se ha comentado anteriormente.

Si entramos a valorar la alternativa, fijándonos primeramente en el criterio funcional, ya se ha señalado que el problema no quedaría resuelto completamente. Sí que se conseguiría una menor cantidad de invasión de arenas, que quizás no fuera tan molesta como la actual, pero en cualquier caso la arena seguiría pasando. Como pequeño punto a favor en este criterio, se encuentra la ventaja de poder delimitar zonas dentro de la playa, como columpios, zona de bares o de deportes. Por todo lo expuesto, se le asigna 6.

Desde un punto de vista medioambiental, los captadores pasivos no ejercen ningún efecto negativo sobre la playa, pero en contraposición con la alternativa anterior, tampoco lo generan positivo. Por lo tanto, para este criterio se le asigna un 6.

Si nos fijamos en la estética de la playa, salvo para delimitar accesos o proteger algunas zonas, la playa suele estar despejada para la vista. Con la colocación de un captador pasivo, habría un elemento en medio de la playa que estaría en contraposición con la armonía visual que se tiene de una playa de forma habitual, y por otro lado la degradación del captador llevaría a una imagen degradada de la playa en su conjunto. En consecuencia, se le asigna un 5.

Y, finalmente, se podría considerar una actuación de poca repercusión económica. Simplemente sería necesario el estudio de la colocación exacta del captador en la playa, el material elegido y la mano de obra. Luego, para este criterio, se le asigna un 7.

	Criterio				
	Funcional	Ambiental	Estético	Económico	Final
Pesos	4	2,5	1,5	2	-
Valoración	6	6	5	7	60,5

Con toda la información recabada en este anejo se llega a la conclusión de que la solución más adecuada es la Alternativa 6, la cual es capaz de resolver el problema de manera eficiente y además hacerlo de tal forma que no se induce de manera negativa en aspectos estéticos ni medioambientales. Se trata, por tanto, de una alternativa que puede perdurar en el tiempo amortizando la inversión inicial y sin necesidad de preocuparse en realizar excesivas labores de mantenimiento de manera periódica.

En el capítulo siguiente se explicará de forma más detallada la alternativa seleccionada. La disposición final vendrá recogida en el Documento Nº 2 - Planos.

4. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La implantación del jardín dunar, se dirige hacia el desarrollo de técnicas de estabilización como son: la identificación de especies de plantas apropiadas para estabilizar la arena, y sistemas de captadores pasivos.

La vegetación es importante en la formación y estabilización de las dunas, ya que actúa como amortiguador del viento y su poder acarreador permite que los granos de arena que el viento transporta se depositen en el cordón generado.

Generalmente, la vegetación asociada a las playas y las dunas de arena se encuentran tierra adentro, fuera del límite de las mareas más altas. Ésta sirve para la estabilización de las dunas, contribuyendo a su vez a dar albergue a un gran número de especies de fauna.

4.1. Metodología de restauración dunar

Tras más de 20 años de experiencia, se ha desarrollado una metodología de restauración y fijación de las dunas de primera línea aplicable en zonas del Mediterráneo, más concretamente en el litoral valenciano. El proceso consta, en resumen, de tres etapas: en primer lugar se efectúa la restauración de la morfología dunar mediante una acumulación mecánica de la arena, después se lleva a cabo la fijación del material mediante la construcción de empalizadas y la plantación de especies vegetales propias de este ecosistema y, por último, se adecua el área restaurada para su

uso público, para lo cual se cierra temporalmente la zona, explicando al usuario mediante una amplia campaña de información y educación ambiental, el motivo del cierre y la finalidad de la actuación.

4.1.1. Restauración de la morfología dunar

La morfología dunar que se busca construir se determina teniendo en cuenta tanto el relieve anterior al arrasamiento, si lo hubiera, como el presente, además del paisaje y las condiciones ambientales actuales. Para establecer la morfología original se hace un análisis de fotos aéreas correspondientes a los vuelos anteriores al arrasamiento, si se dispone de ellos, ya que son la fuente de información más fiable, y la que nos da una mejor idea de cómo se encontraba la zona originalmente. Si no se dispone de éstos, como es nuestro caso, hay que buscar cualquier fuente de información que nos oriente en ese sentido. Aparte se debe analizar la cartografía disponible original de la zona, como pudieran ser planos catastrales. A continuación se lleva a cabo un estudio de la topografía actual y se compara con la cartografía antigua, en la que previamente se han señalado las zonas de crestas o cotas más altas del paisaje y las zonas más bajas o calderas de abrasión. Con esta comparación se calcula la disponibilidad de arena existente en la zona donde se va a realizar la restauración, se establece la morfología que se quiere obtener y se adapta al relieve actual.

El diseño del primer frente, se debe configurar teniendo en cuenta esta morfología, el ancho actual de la playa y la disponibilidad de arena.

Normalmente el cordón dunar se dispone sensiblemente paralelo a la costa, y presenta un perfil asimétrico con la pendiente más suave en la parte de barlovento, para reducir el efecto del viento. El aporte de arenas se producirá desde la misma playa, con lo que no será necesario comprobar la granulometría, ya que será la misma.

Aunque no sea nuestro caso, habría que señalar que cuando se arrasa un ecosistema dunar de primera línea la vegetación brota rápidamente impidiendo que el viento modele la nueva superficie creada. Esto genera un paisaje homogéneo donde no hay apenas diferencias de cotas entre las zonas más altas y las más bajas. Las restauraciones realizadas implican además de la construcción del cordón dunar, una regeneración de la playa.

Una vez determinada la geomorfología del área dunar, se ejecuta el proyecto utilizando maquinaria adecuada para realizar los movimientos de tierra necesarios y conseguir la forma de la duna o del cordón dunar deseado.

La maquinaria trabaja siempre intentando causar el menor daño posible a la flora y fauna de la zona de actuación, si la hubiera, principalmente en su periodo de cría, para la cual el proyecto debe estar diseñado de la manera más respetuosa posible con el entorno natural,

contando con un programa de vigilancia ambiental. Si existiera edificación previa, la creación del cordón dunar supondría su eliminación, y es un trabajo que hay que hacer con sumo cuidado para evitar que queden restos de hormigón, ya que después, su total eliminación resultaría difícil y costosa. En cualquier caso, no es un tema que afecte a nuestro trabajo.

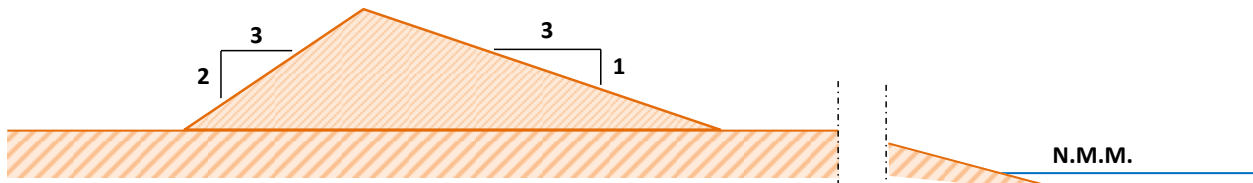


Figura 9. Sección tipo de duna a generar

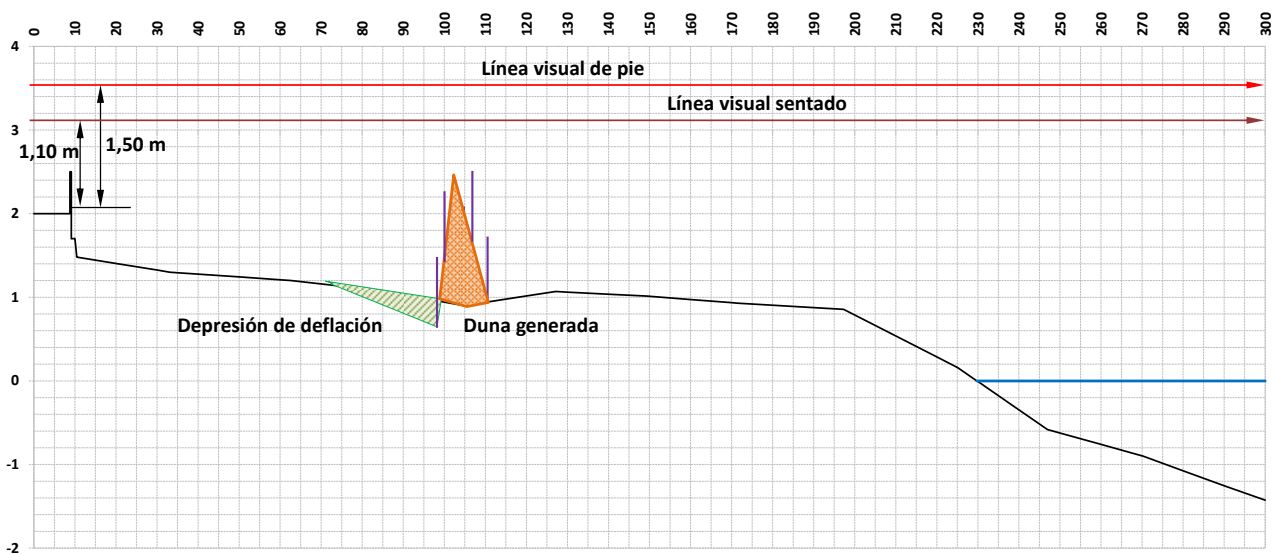


Figura 10. Sección tipo de playa seca

La arena a emplear para generar la duna tiene su origen de la misma playa, por un lado la que en su momento definiremos la zona de extracción, y por otro la que creación de una zona de depresión de deflación entre la duna generada y el muro del paseo marítimo.

En la figura 10 podemos ver la sección tipo de la playa seca, con la duna a generar y la depresión de deflación. El objetivo de la depresión es crear un zona de depósito de arenas; las arenas que sobrepasen la duna sin ser retenidas se encontraran con un efecto de disminución de la intensidad del viento que provocará la sedimentación de los granos transportados, limitando aún más la llegada de sedimentos al paseo y su trasdós.

La figura muestra las visuales del usuario del paseo. En el caso de ir paseando el usuario, la altura media de los ojos es de metro y medio (1,50 m), en la figura hemos señalado la visual horizontal y la línea de visión; en el caso de que el usuario estuviera sentado la altura de la visual

es de un metro y diez centímetros (1,10 m); la localización de la duna se realiza buscando que el usuario mantenga la visión de la playa seca, el mar y el horizonte.

En líneas generales la duna regenerada presenta una cota en la coronación de +2,50, la anchura media del cordón dunar se estima entre quince y veinte metros (15-20 m); la depresión se deflación se escava dándole una pendiente del 2 % hasta coincidir con la cara de sotavento de la duna.

Es fundamental para el éxito de la actuación proceder a la fijación de los tramos recién modelados a medida que estos se van ejecutando. Para ello, se utilizan empalizadas construidas con espartina (*Spartinaversicolor*) y la (*Ammophila arenaria*) vulgarmente conocida como caña de arena o borró en valenciano. La función de las empalizadas es triple, por un lado retienen la arena acumulada, por otro captan aquella nueva que pueda llegar transportada por el viento, y en tercer lugar protegen la cubierta vegetal. Estas empalizadas se conocen como captadores pasivos o bardisas, este último es el término empleado en el litoral de la comunidad.

La espartina es una planta que se utilizaba tradicionalmente para construir cortavientos para proteger el cultivo de los tomates y para el tejado de las barracas. Las experiencias han demostrado que es el material más eficaz, barato, biodegradable y de menor impacto paisajístico para construir bardisas.



Figura 11. Espartina Versicolor

La *Ammophila arenaria* (borró) se considera la especie más importante en la formación de dunas, en el litoral valenciano. Su sistema de raíces sostiene la arena y la sombra producida por sus hojas disminuye la evaporación de la superficie del suelo, creando las condiciones para que se establezca otro tipo de vegetación.



Figura 12. *Ammophila arenaria* (borró)

La altura de las bardisas, respecto del perfil de la duna, entre cuarentay sesenta centímetros (40-60 cm), es una altura inferior a las habitualmente recomendadas, pero consideramos que dadas las dimensiones y objetivos de la duna son dimensiones suficientes, protegen las siembras que se realicen y sujetara la arena movilizada por el viento.

El grado de permeabilidad de las bardisas para que sea eficaz debe ser del 40 – 50 %, mayor permeabilidad no es efectiva, puesto que el viento, al atravesarla, no reducirá su velocidad lo suficiente para que la arena que transporta se deposite y, por el contrario, una empalizada demasiado espesa actuará como un obstáculo impermeable, socavándose la base de la estructura, que acaba desmoronándose.



Figura 13. Bardisas de espertina dispuestas en trama ortogonal. Detalle de colocación

La caña que se coloque en sentido vertical para sujetar el borro debe estar siempre seca para evitar el rebrote en contacto con el sustrato. La empalizada se dispondrá siguiendo una trama ortogonal, con la finalidad de captar la arena transportada por el viento procedente de todas las direcciones. La separación recomendada entre las alineaciones debe ser unas cinco veces la altura de la empalizada, en nuestro caso se ajustara a las dimensiones de la duna generada, con lo cual podrán variar de la recomendación expuesta, y por ello fijamos una cuadrícula de cinco por cinco metros (5x5 m).

El empleo de este sistema de captadores pasivos, empleando materia vegetal muerta, es por ser biodegradable, y según autores entre dos y tres años desaparece, aunque la práctica define un periodo de degradación de cinco años.

4.1.2. Restauración de la cubierta vegetal

La restauración de la cubierta vegetal de las dunas se apoya en dos actividades complementarias: una está dirigida a la obtención del material vegetal en las repoblaciones, y la otra trata sobre la repoblación efectiva de las dunas.

La obtención de material vegetal es una de las primeras necesidades para poder impulsar la recuperación de los hábitats. El segundo paso en el proceso de la restauración de la cubierta vegetal consiste en la repoblación con especies psamófitas autóctonas. Las especies utilizadas difieren por sectores, en base a las comunidades vegetales que habitan en los ecosistemas de dunas, distinguiéndose entre embriones dunares, barlovento, cresta y sotavento.

Las dunas litorales son creadas y modificadas principalmente por vientos de componente este, por lo que dicho costado de la duna lo denominamos barlovento y el expuesto a poniente (W) sotavento. A la transición entre ellos, que a la vez es la parte más elevada de la duna, la cual deberemos prestar especial atención para que no cree una barrera visual, la denominamos cresta. Por último, las pequeñas acumulaciones de arena, siempre ligadas a la presencia de plantas, que hay en la playa y generalmente, próximas a la base de la duna, reciben el nombre de embriones dunares.

A cada sector, tal y como se ha explicado, le corresponde un conjunto determinado de especies y además éstas se hallan en una proporción constante. Se establecen unos módulos de repoblación que reproducen a la vegetación natural.

A nivel práctico podemos concretar aún más este concepto y llamaremos *Módulo de Repoblación* a la unidad elemental de repoblación que corresponde a cada sector de la duna para una superficie de 25 m², que reproduce fielmente la composición y estructura de la comunidad vegetal, como podemos observar en la siguiente tabla. Su uso simplifica enormemente el cálculo

de plantas necesarias en la realización del proyecto de restauración y permite una fácil comprensión por parte de los operarios que intervendrán en las plantaciones.

REPOBLACIÓN DUNAR	Plantas/25 m ²	Plantas con cepellón	Esqueje	Bulbo	Raíces	Semillas
Barlovento			Nº módulos			
<i>Calystegiasoldanella</i> L.	11					11
<i>Elymusfarctus</i> L.	30	30				
<i>Euphorbiaparalias</i> L.	4	4				
<i>Lotus creticus</i> L.	11					11
<i>Medicago marina</i> L.	4					4
<i>Otanthusmaritimus</i> .L	5		5			
<i>Polygonummaritimum</i> L.	2					2
Cresta			Nº módulos			
<i>Ammophila arenaria</i> L.	22	22				
<i>Calystegiasoldanella</i> L.	11					11
<i>Cyperuscapitatus</i> Vandelli.	4				4	
<i>Lotus creticus</i> L.	11					11
<i>Medicago marina</i> L.	4					4
Sotavento			Nº módulos			
<i>Crucianellamaritima</i> L.	7	5				2
<i>Cyperuscapitatus</i> Vandelli.	4				4	
<i>Echinophoraspinosa</i> L.	4	4				
<i>Eryngiummaritimum</i> L.	4	4				
<i>Malcolmialittorea</i> L.	7					7
<i>Sporoboluspungens</i> Schreber.	25		25			
<i>Ononisnatrix</i> L.	10					10
<i>Pancratiummaritimum</i> L.	7			7		

Una precaución importante, consiste en transmitir convenientemente al personal que realiza la repoblación la necesidad de disponer las plantas huyendo de la distribución lineal o de retícula regular, es decir, hay que colocar las plantas aleatoriamente, buscando un aspecto lo más natural posible.

La forma de presentación de las plantas es una cuestión que en cualquier repoblación dunar hay que decidir. Puede ser en semilla, en plantón o en esqueje, como podemos observar en la siguiente tabla. Para la mayoría de especies los tres modos son posibles, pero la idoneidad de unos o de otros depende de los resultados esperados, ya que cada alternativa difiere en la susceptibilidad de ser arrastrada por el viento, en la rapidez del desarrollo, en su mayor capacidad de fijación de la morfología dunar, en su porcentaje de éxito, en los requerimientos de mano de obra, de medios materiales y presupuestarios, entre otros.

Existen ciertas particularidades que afectan a los trabajos de plantación en las dunas, así en los plantones debe enterrarse, además del cepellón, la práctica totalidad de la parte aérea, quedando por encima de la arena exclusivamente los 10 cm superiores, lo cual supone que el cuello de las plantas queda a una profundidad de 15-25 cm, y no a nivel de la superficie, como suele ser normal en otro tipo de repoblación. Es importante aplicar este criterio, ya que, aunque conlleve un mayor esfuerzo físico durante la plantación, se consigue que las raíces dispongan de un mejor aprovisionamiento de humedad y es más difícil que los plantones queden desenterrados por el viento. Este tipo de plantación suele provocar problemas fitosanitarios a la mayoría de las plantas, pero no a las especies típicas de las dunas que poseen adaptaciones que les permiten vivir en este tipo de condiciones. Los esquejes deben ser de al menos 20-30 cm de longitud, se plantan enterrándolos lo más verticalmente posible y dejando sin cubrir por la arena sólo los primeros 5 cm. Los bulbos de *Pancreatiummaritimum* se utilizan desprovistos de hojas y enterrados a la mayor profundidad posible, que al menos debe ser de 25-30 cm.

Echinoporaspinosa y *Eryngiummaritimum* se cultivan en macetas y al trasplantarlas, como suele coincidir con el período que carecen de órganos aéreos, se puede utilizar todo el contenido del contenedor o sólo la raíz extraída de entre el sustrato.

Las semillas son plantadas a una profundidad del doble de su diámetro, por lo que es muy posible que si hay vientos fuertes, sean desenterradas, arrastradas y depositadas en la base de las empalizadas, lo que no es muy perjudicial para el objetivo planteado, ya que el único inconveniente de este hecho es que en los primeros años la distribución de algunas especies en las dunas no será igual a la natural, pero con el paso del tiempo este efecto desaparece. Las plantaciones se realizan de manera manual, ya que las condiciones del terreno desaconsejan cualquier otra técnica. Las macetas se aproximan a los tajos de trabajo con vehículos de carga que pueden transitar por la playa. También se utilizan pequeñas carretillas autopropulsadas y con tracción de oruga de goma para el reparto de las plantas y herramientas por el interior del campo dunar.

Lo ideal es plantar durante el periodo que abarca desde las primeras lluvias fuertes del otoño hasta finales del invierno, pero podemos alargarlo hasta mediados de primavera sin muchos

inconvenientes. El desarrollo completo de la cubierta vegetal, es un proceso que abarca de 4 a 6 años, aunque a los 2 ó 3 años ya se alcanza un estado muy próximo al buscado.

4.1.3. Adecuación de las áreas al paso de los usuarios

En la creación del cordón dunar, las interacciones entre el medio, la vegetación plantada y la fauna, se establecen durante los años siguientes a la actuación. El posible uso como zona de paso, vista o esparcimiento que tenga una zona regenerada durante esos años va a hacer peligrar el éxito de la actuación.

La adecuación a los visitantes del área regenerada comienza con el cierre provisional de toda la zona con un vallado construido con cañas. Se pueden colocar carteles informativos avisando de la prohibición temporal de entrar en la zona repoblada. Además, si hay zonas de aparcamientos y accesos desde éstos hacia la playa, es conveniente que dichos accesos se hagan por zonas determinadas, como pasarelas de madera, para evitar el pisoteo indiscriminado de la zona de la duna que se ha repoblado con vegetación, y de este modo facilitar el paso a los usuarios y visitantes.

A destacar también que se establecerán vías de acceso a la playa que atraviesen el cordón dunar. Estas vías se colocarán intentando en lo posible establecer una continuidad con el urbanismo de la zona pero nunca superando los 200 metros de longitud entre paso y paso, quedando así dentro de la legalidad que establece esta medida como el mayor lado posible para una manzana.

5. CONCLUSIÓN

Toda la información recabada en este anejo, ha ido destinada a demostrar que la alternativa del cordón dunar de baja cota, es la mejor alternativa posible para resolver el problema de la acumulación de arena en el trasdós del muro del paseo marítimo de las playas del Cabanyal y La Malva-rosa.

Como ya se ha dicho, la Alternativa 6 es capaz de resolver el problema de manera eficiente, haciéndolo de tal forma, que no se induce de manera excesivamente negativa en aspectos estéticos y además generando un impacto medioambiental positivo. Se trata, por tanto, de una alternativa que puede perdurar en el tiempo amortizando la inversión inicial y sin necesidad de preocuparse en realizar complejas tareas de mantenimiento.

Las descripciones de los trabajos regenerativos expuestos a lo largo del capítulo, contienen la mayor parte de las conclusiones relevantes que se pueden extraer.

Tan solo resta insistir, a modo de resumen, en que la creación o restauración de ecosistemas dunares, apoyándose en estudios previos que lo fundamenten suficientemente y con la utilización de maquinaria convencional para el movimiento de tierras, es factible en aquellos casos en los que se conserva el volumen de arena necesario para recuperar las estructuras dunares. Una vez recuperada la geomorfología, las operaciones descritas permiten la restauración de las características paisajísticas y los elementos bióticos de este hábitat.

En todos los casos, a los 2 años aproximadamente de haber finalizado la actuación, la cubierta vegetal ya realiza la función estabilizadora, las empalizadas empiezan a desaparecer cubiertas por la arena, y biodegrada, y la duna va adquiriendo un aspecto natural.