

1. Estructura de la playa seca.

1.1. Zonas de la playa seca.

Según las recomendaciones del *estudio de la Dirección General de Puertos y Costas* realizado en el año 1985, se puede dividir la playa en tres grandes zonas paralelas a la línea de costa:

La *zona activa o de inmersión* es la franja de arena más próxima a la orilla que debe permanecer libre en casi toda su longitud para favorecer la cómoda inmersión y tránsito de los bañistas. Se impedirá la colocación de hamacas y toldos de alquiler. Esta zona viene impuesta por la carrera de marea, sin embargo, en la playas que no son sensibles a ellas, se impondrá una anchura mínima de 10 metros a partir de la línea de la orilla que defina el altamar viva equinoccial. En las playas con un ancho superior a los 40 metros, se puede ampliar el ancho de la zona activa hasta 10 metros más y, en las playas con un ancho menor a 20 metros, se podrá reducir la dimensión transversal de la zona activa hasta 6 metros previa justificación. Una buena práctica es dejar como zona activa un tercio del total del ancho de la playa, sin bajar nunca de 6 metros.

La *zona de reposo o inactiva* es paralela e inmediata a la anterior. En ella se permite la colocación de sombrillas, hamacas, toldos y otros elementos portátiles que hagan cómoda la estancia en la playa de los usuarios. Se excluyen las superficies destinadas a zonas de pasos peatonales, de espacios libres, de lanzamiento y varada, y zonas de accesos de servicios y limpieza de playas. La anchura óptima en las playas del Mediterráneo es de 25 metros, pudiendo variar en función de las características de la playa. En cualquier caso, no se superaran nunca los 100 metros, que sería el límite de desplazamiento para el baño. Este espacio es el que, debidamente acotado mediante papeleras, postes fijos u otros elementos específicos destinados a tal fin, se emplea para la ocupación temporal mediante la correspondiente autorización. En ningún caso se permite la invasión de zonas dunares. Para facilitar el paso peatonal, y siempre que la anchura de la playa lo permita, se dejara una franja de paso de 4 a 10 metros de ancho que podrá suprimirse si se justifica su necesidad.

La *zona de espacios libres* denominada como zona de servicios y está constituida por el conjunto de terrenos adyacentes a la zona de reposo por el lado de tierra y limitada por la línea de hitos de la zona marítimo-terrestre, o final de la playa. Solo por motivos justificados se permitirán actividades en la zona de reposo y las actividades deportivas y lúdicas conforme a la normativa vigente.

1.2. Anchura de la playa.

A la hora de realizar cualquier cálculo para una alimentación artificial, uno de los parámetros fundamentales es el ancho con el que se desea dotar a la playa seca. El ancho vendrá dado en función de las zonas activa y de reposo.

Según las *Recomendaciones de la Dirección General de Puertos y Costas*, los valores para el ancho de una playa están comprendidos entre 15 y 50 metros.

Un ancho de playa menor a 15 metros provoca que la playa deje de ser funcional para el usuario, mientras que un ancho de playa mayor de 50 tanto económica, como medioambientalmente, no son viables, pues la arena es un recurso caro y escaso.

Por tanto, se tomará un ancho de 40 metros, con 25 metros para la zona de reposo y 15 metros para la zona activa.

2. Granulometría.

La elección de la granulometría de la arena de la playa es uno de los aspectos más importantes a la hora de realizar una alimentación artificial. En función de la granulometría del material aportado puede ocurrir que este sea más grueso que el nativo y sea interceptado o que sea menos grueso y no haya intercepción y la acción del oleaje desplace el material aportado mar adentro.

También es importante destacar que el uso de arenas más gruesas que las presentes en el área de aporte hace que la pendiente de la playa regenerada sea mayor que la original y origina volúmenes necesarios para la aportación menores. Esto es importantísimo pues el coste económico será menor si se utilizan arenas más gruesas que las originales en vez de más finas.

En la ingeniería de costas no se trabaja con curvas granulométricas, sino con un tamaño de partículas denominado D_{50} .

Al no poder realizar una correcta toma de muestras de la zona de actuación y analizarlas en laboratorio, se aprovecharan los datos del estudio realizado por Eulàlia Sanjaume Saumell *Las costas valencianas. Sedimentología y morfología*.

Del estudio se puede extraer que la arena presente en la zona de actuación tiene un D_{50} en torno a los 28 milímetros.

Del mismo estudio se extrae que en la playa al norte del puerto existen tramos con D_{50} mayores a 30 milímetros, por lo que es una zona propicia para obtener el material a aportar.

3. Perfil de la playa.

El perfil depende de las características del oleaje y del tamaño de los sedimentos. En un estudio a largo plazo, adquiere gran importancia el perfil de equilibrio de la playa, que es el perfil que tendrá la playa en función del oleaje que sobre ella actuará y dependiendo del tamaño del grano.

El concepto de perfil de equilibrio es irreal debido a los cambios de oleajes y variación del nivel del mar, pero se puede buscar un perfil de equilibrio medio.

3.1. Variaciones estacionales del perfil.

Debido al transporte transversal de sedimentos, se producen una serie de modificaciones en la dirección normal a la costa, que provocan cambios en el perfil de la playa.

Son considerados como estacionales, pues dependen del contenido energético del oleaje y este tiene un marcado carácter temporal. Existen dos tipos de perfil:

El *perfil de temporales, de barra o de invierno* es debido a la incidencia del oleaje con una energía muy elevada. Esta incidencia provoca la erosión del material de la parte emergida y lo transporta hacia la parte sumergida. Este material se sitúa alrededor del punto de rotura en forma de barras sumergidas. Debido a la erosión de la berma y formación de la barra se produce un cambio de la pendiente, haciéndola más tendida, lo que provoca un retroceso de la línea de orilla.

El *perfil de calmas, de berma o de verano* puede ser interpretado como la recuperación del perfil debido principalmente a la asimetría del oleaje, el cual incide con poca energía. El oleaje actúa sobre los depósitos sumariados y los lleva hacia la línea de orilla, haciendo que esta avance y aumentando la pendiente del perfil. Por tanto obtenemos un perfil con una amplia berma y sin caracteres submarinos.

Podemos hablar de perfiles de tormenta o erosión y de acreción respectivamente.

En un caso ideal, estos procesos de erosión y acumulación se producirían hasta alcanzar el perfil de equilibrio comentado anteriormente que sería capaz de disipar la energía del oleaje para conseguir que el transporte neto sea igual a cero.

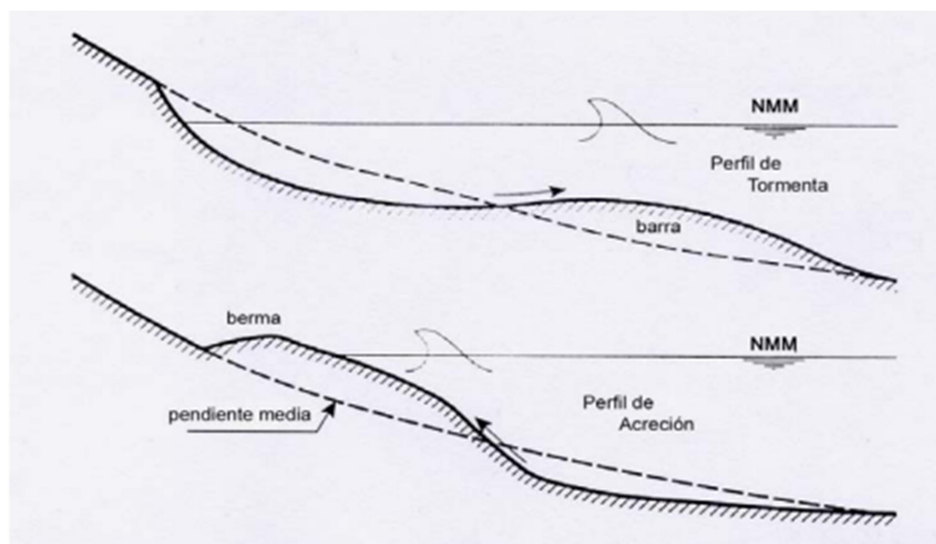


Figura 1. Perfil de tormenta y perfil de acreción.

3.2. Perfil de equilibrio de la playa sumergida.

Se busca el perfil capaz de disipar la energía que incide sobre la línea de costa para que esta no modifique su morfología. No obstante, hay que recordar que, debido a la acción del oleaje, no se puede predecir de manera exacta cómo se comportará el nuevo perfil.

La forma del perfil de equilibrio es equivalente al perfil medio durante el año, sobre el que se producirán oscilaciones de diferente tipo (positivas si se acumula material y negativas si hay erosión), pero que de alguna manera se mantiene constante a largo plazo. Para obtener este perfil de equilibrio se emplea la formulación propuesta por *Brunn (1954)*:

$$Y = A \cdot x^{2/3}$$

Figura 2. Formula de Brunn.

Con Y siendo la profundidad del agua, A el parámetro de forma y x la distancia desde la costa.

El parámetro de A se obtiene mediante la siguiente gráfica:

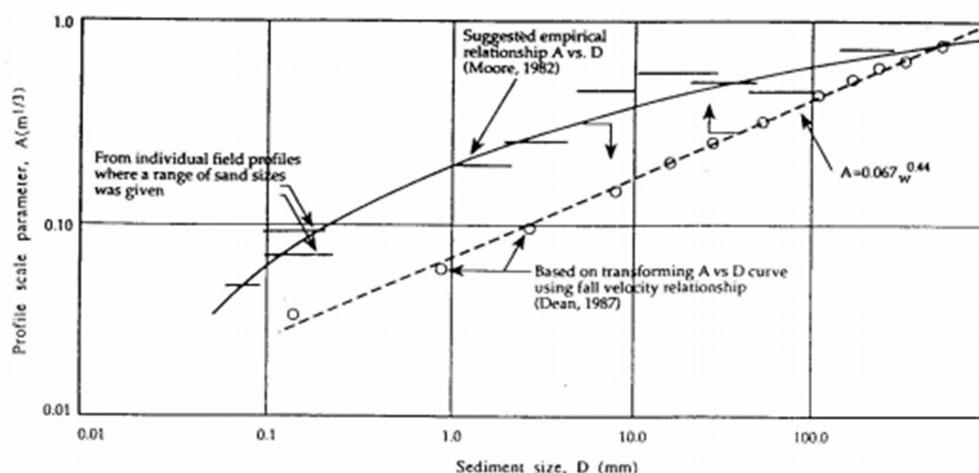


Figura 3. Variación del parámetro A con el tamaño de sedimento.

Pero para una mayor aproximación del perfil de equilibrio, se utilizará el diagrama empírico de Wiegel, cuya sencillez de cálculo es mayor, donde la pendiente de equilibrio viene dada en función del diámetro del sedimento y del grado de exposición de la playa.

Para interpretar el diagrama de Wiegel, se tendrá en cuenta que *en la zona de actuación tiene un D₅₀ en torno a los 28 milímetros*, con lo que para interpretar el diagrama se tendrá en cuenta un tamaño medio de D₅₀ de 30 milímetros y considerando que la presencia del puerto provocará que la playa no este expuesta totalmente a la acción de las olas.

Por tanto, siguiendo el diagrama de Wiegel obtenemos una pendiente de equilibrio de aproximadamente 5% que se extenderá a lo largo de la playa sumergida.

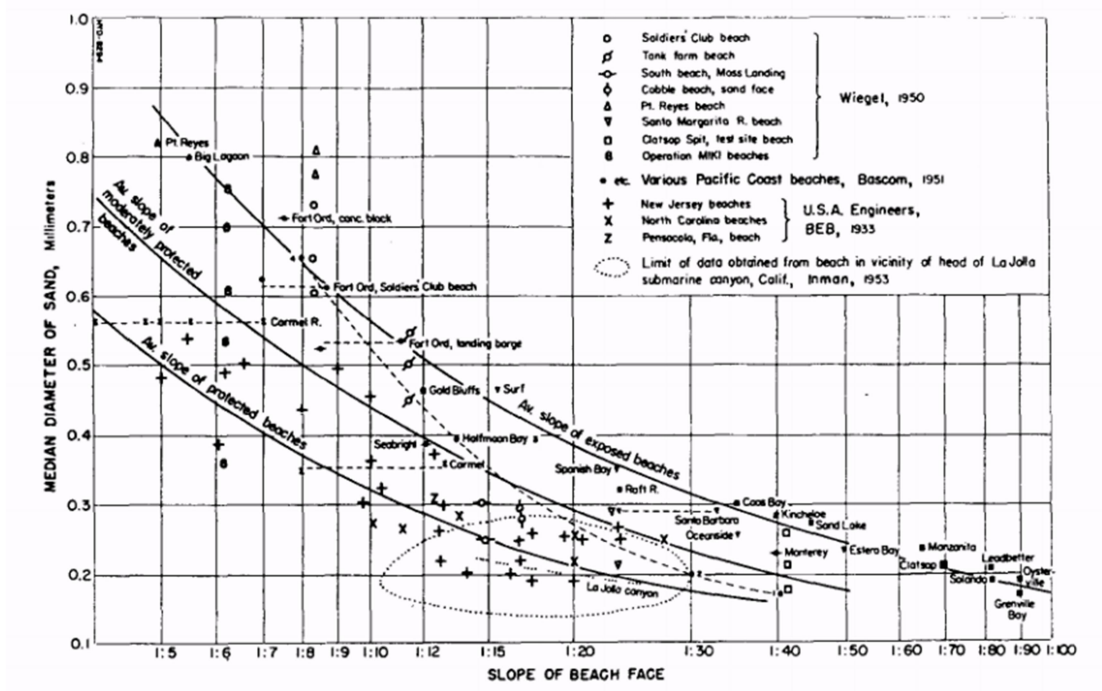


Figura 4. Pendientes de equilibrio para diferentes tamaños de grano y grado de exposición al oleaje (Wiegel).

3.3. Perfil de equilibrio de la playa seca.

Para la parte de la playa seca más cercana a la orilla se adoptará una pendiente del 10% para evitar la acción del oleaje y una pendiente del 4% para la zona de reposo.

Finalmente, la playa quedará de la siguiente forma:

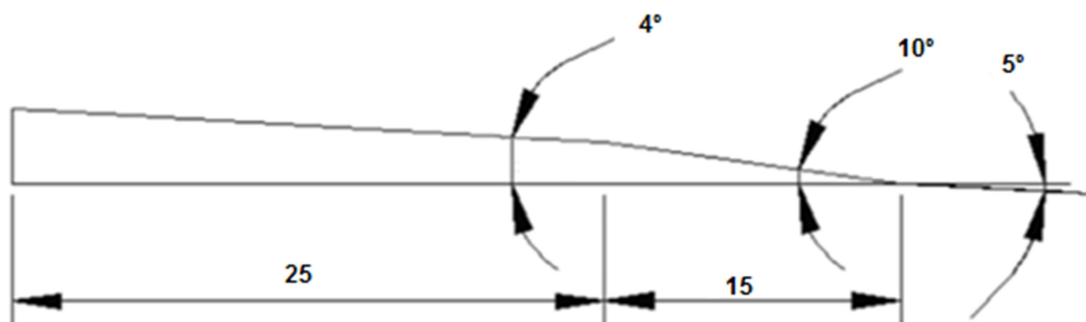


Figura 5. Anchos y pendientes de la playa.

4. Volumen de arena de aportación a la playa.

Para el cálculo del volumen de arena necesario para la alimentación de la playa Rafalcaid se tendrá en cuenta dos perfiles transversales:

- Un perfil de equilibrio considerado estable. Dicho perfil de equilibrio será el de la playa de Xeraco, que se encuentra al norte de una del puerto de Gandia. Es la playa inmediatamente después de la playa Ahuir en dirección norte.

- El perfil de la playa Rafalcaid cada 100 metros.

De la comparación de ambos perfiles se obtiene el área a rellenar y aplicando la fórmula de Puig Adam se obtiene el volumen de aportación.

$$V = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \cdot d_{i-i+1}$$

Figura 6. Fórmula de Puig Adam.

Con n como el número de perfiles transversales tenidos en cuenta, S el área y d la distancia entre perfiles.

Con una separación de 100 metros entre cada perfil, los resultados obtenidos son:

Perfil	Área (m²)		Volumen (m³)
P-0	112		
P-1	232,18	P0 y P-1	17.209
P-2	114,98	P1 y P-2	12.358
P-3	164,25	P2 y P-3	13.961,50
P-4	161,48	P3 y P-4	16.286,50
P-5	118,61	P4 y P-5	14.004,50
P-6	89,86	P5 y P-6	10.423,50

Figura 7. Perfiles transversales.

Lo que hacen un total de 89.243 m³. Pero a este volumen hay que añadirle un valor de sobrerellenado para hacer frente a las posibles pérdidas. Las características granulométricas de la zona de actuación se conocen, no así las de la arena a aportar. En estos casos, y como el material a aportar será más grueso que el nativo, se decide adoptar un valor de 1,3 que es el recomendado, para estar del lado de la seguridad. Por tanto, el volumen total asciende a 116.015,9 m³, que redondeando harán un total de 120.000 m³.

5. El cordón dunar.

5.1. Introducción.

Con la restauración del cordón dunar, la playa obtendrá una reserva de arena para hacer frente a temporales y protección. Hay que destacar que el cordón dunar es inexistente en la zona más al sur de la playa debido a la presencia de las edificaciones a demoler, mientras que, en las zonas detalladas con anterioridad, el cordón se encuentra deteriorado debido a la acción de los usuarios de la playa, que han ido improvisando pasos de acceso a la playa a través del cordón dunar.

Para la regeneración, se establece una sección tipo de forma trapezoidal, con una base inferior de 11 metros, una base superior de 5 metros y una altura de 2,5 metros detallada en el *Plano 9. Cordón dunar y bardisas*. La altura puede considerarse excesiva y suponer un incremento innecesario en el presupuesto de la obra, pero se ha tenido en cuenta las pérdidas que se generarán en el cordón durante el proceso de asentamiento

A partir de una visita a la zona de actuación para observar el estado del cordón dunar y aplicando un factor de corrección para estar del lado de la seguridad, la arena necesaria para la regeneración del cordón, es de 3.000 m³. En el *Anejo 10. Anejo fotográfico* se incluyen las imágenes de las zonas a regenerar.

5.2. Metodología para la restauración del cordón dunar.

Extraído del documento *Manual de restauración de dunas costeras. Técnicas de restauración*, existen dos tipos de técnicas para la regeneración de cordones dunares en aquellas zonas en las que se encuentre deteriorado o en aquellas zonas donde directamente no exista, técnicas de ingeniería convencional y técnicas ecológicas.

Las técnicas de ingeniería convencional consisten en la reconstrucción del cordón dunar mediante el aporte de arena con maquinaria. Generalmente, son actuaciones realizadas en plazos de tiempo breves (días-semanas), limitadas en el espacio y que requieren una elevada inversión económica. El impacto ambiental es elevado en aquellas zonas que actúan como fuente de arena y en los emplazamientos de las nuevas dunas.

Las técnicas ecológicas son aquellas que emplean sistemas de ayuda que permiten la reconstrucción del cordón dunar mediante procesos naturales. Es una acción relativamente lenta, cuyos resultados se obtienen a medio plazo. Son actuaciones muy poco costosas, en las que la inversión realizada es muy pequeña en relación con los resultados que se obtienen, que, en general, son buenos. No obstante, puesto que se trata de obras en las que es la propia naturaleza la que realiza la mayor parte del esfuerzo (el viento transporta la arena, la vegetación se establece y extiende su cobertura, etc.), los resultados no se aprecian al terminar la actuación sino al cabo de cierto tiempo, dependiendo de varios factores, entre ellos, la climatología, la dinámica sedimentaria, la efectividad de la protección, etc.

En el caso de este proyecto básico, la metodología a realizar para la regeneración del cordón dunar será una combinación de las dos anteriormente comentadas. El aporte de arena se realizará mediante maquinaria y con la ayuda de sistemas de fijación se logrará que dicho aporte asiente. Dichos sistemas de fijación se detallan en el *Plano 9. Cordón dunar y bardisas*.

5.3. Revegetación.

Además del deterioro sufrido, el cordón dunar ha perdido gran parte de su vegetación característica, con lo que, junto con su regeneración, se procederá a una restauración de la cubierta vegetal, que además, servirá para estabilizar el cordón dunar, ya que servirá como amortiguador del viento, provocando que el material transportado se deposite en el suelo. Por tanto, la zona recuperará su valor ecológico y paisajístico.

A la hora de revegetar la zona, se busca devolver el estado de equilibrio natural que tenía el cordón dunar, pero, ni técnica ni económicamente es viable restaurar el cordón dunar con todas las especies que, en teoría, podrían formar el cordón. Para ello se eligen aquellas especies que pueden conseguir una mayor acumulación y

estabilización del cordón y que conforman y mantienen las características geomorfológicas del sistema en una situación de equilibrio dinámico.

Por tanto, las plantas que se emplearán en la restauración de la cubierta vegetal, cuyas imágenes se adjuntan en el anejo fotográfico, serán: *Ammophila Arenaria*, *Elymus farctus*, *Lotus Creticus*, *Cakile marítima Scop.*, *Cyperus capitatus Vandelli* y *Carpobrotus edulis*.

Para el proceso de revegetación, se evitará en todo momento colocar las plantas de una manera lineal. Por tanto, las plantas se dispondrán de una manera aleatoria, tratando de imitar la manera en que estarían dispuestas de manera natural.

5.4. Sistemas de protección.

Una vez realizada tanto la aportación de arena como la restauración de la cubierta vegetal, se procederá a la protección de la zona para así evitar la degradación que puede causar el paso de los usuarios de la playa sobre ella. Para lograr una restauración exitosa, eliminaremos la afluencia de público en el área de la actuación mediante el cerramiento de madera de la zona en cuestión.

El cerramiento estará postes de madera plástica (material 100% reciclado proveniente de deshechos plásticos) de 2 metros que estarán unidos mediante diagonales de postes del mismo material y que dispondrán de unos pasamanos. Los postes, de 10 centímetros de diámetro, estarán incrustados en todo el perímetro del terreno de actuación, quedando un metro de poste enterrado y otro metro sobresaliendo.

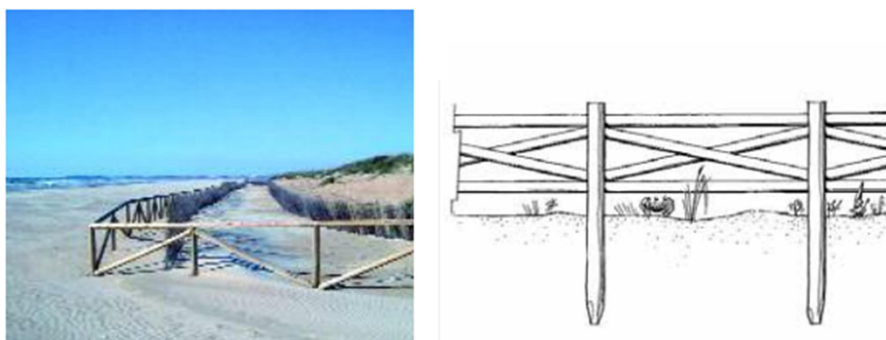


Figura 8. Foto y esquema del cerramiento de madera.

Este método no precisa de maquinaria y, al tratarse de madera plástica, el material será más resistente a la intemperie que si fuese de madera. Además, tendrá mayor flexibilidad y aguante ante rotura, no se verá afectado por el ambiente salino, hongos, bacterias ni cambios de temperatura, no se astillará ni agrietará, será de fácil limpieza y no será biodegradable.

Además, este método no necesita cimentación, su carácter rural y su menor altura tiene menos impacto paisajístico y en caso de enterramiento es más fácil de extraer.

6. Procedencia de los materiales.

A la hora de seleccionar la fuente de procedencia del material debe tenerse en cuenta que el material elegido debe ser lo más parecido al original de la zona de actuación y que a este se le debe exigir una calidad mínima.

La Dirección facultativa de las obras podrá adaptar las condiciones de calidad exigibles a las posibilidades de mercado.

Por lo que respecta a la selección de las arenas, estas se pueden obtener del fondo marino de zonas cercanas a la playa Rafalcaid. De decidirse por este método, se exige un cuidadoso control de posibles impactos y afecciones sobre la zona de extracción. Por tanto, para tener conocimiento de los efectos derivados de la extracción, se necesitará de un estudio previo y del control durante la extracción.

La extracción podrá realizarse mediante dragados en la zona del puerto o en los numerosos bancos de arena presentes en toda la zona de actuación y alrededores.

Aunque la arena natural ofrece mejores características, en caso de no poder realizarse el estudio pertinente para proceder a la extracción o que este saliese desfavorable, se usa una cantera cercana a la zona. No se tienen en cuenta otras canteras más alejadas ya que el volumen de arena a transportar es importante, con lo que el coste de transporte es elevado y con canteras lo más cerca posible a la zona de actuación se busca disminuir costes:

· Arenas Forna S.L. (Carretera Oliva-Pego kilómetro 5,8. Pego, Alicante).

Tiene una superficie aproximada de unas 74 hectáreas. La explotación de cantera se realiza en ladera, con formación de bancos de unos 15 metros de altura, mediante labores de perforación y voladuras con explosivo. El material procedente de las voladuras es cargado mediante retroexcavadoras de cadenas sobre camiones dumper para su transporte hasta la planta de tratamiento. Tiene una capacidad de producción de 600 Tn/h.



Figura 9. Cantera Peñalva.

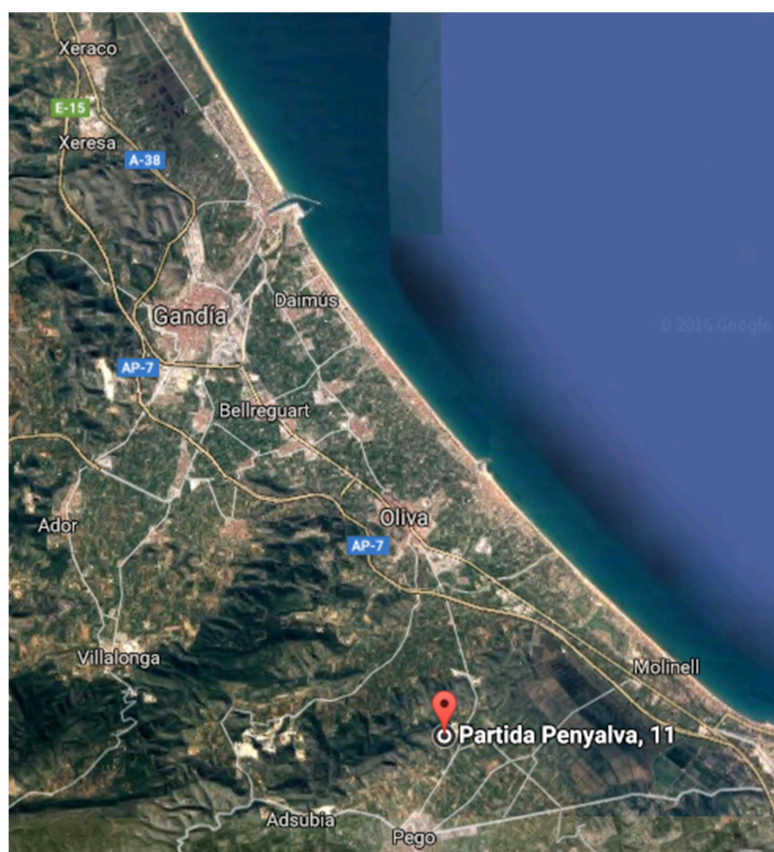


Figura 10. Localización de la cantera.

Por último, por lo que respecta a la cubierta vegetal, las plantas podrán obtenerse en:

- Centro de Jardinería Espacio verde. (Carretera CV-686 kilómetro 1,4, Real de Gandia, Valencia).

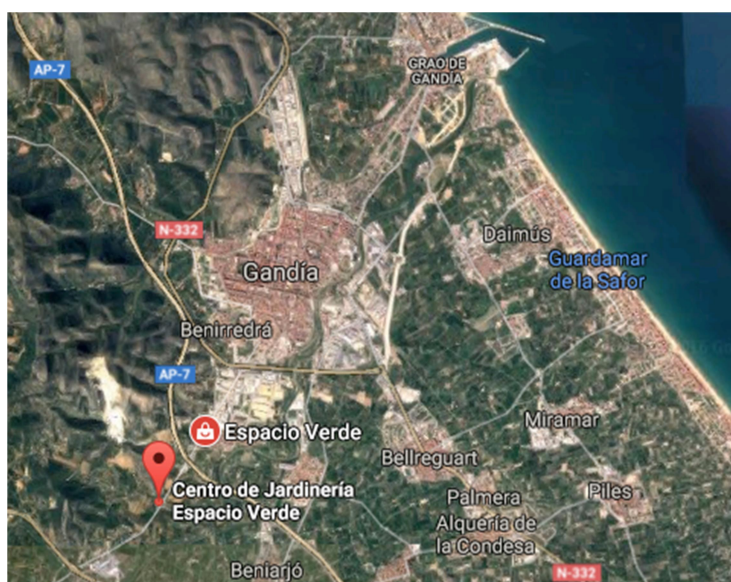


Figura 11. Localización Centro de Jardinería Espacio Verde.

7. Bibliografía.

- Ordenación y gestión del territorio turístico. Las playas. Víctor Yepes Piqueras (2002) (<http://personales.upv.es/vyepesp/02YXX03.pdf>)
- Universidad Politécnica de Cataluña. Cambios del perfil de playa inducidos por el transporte transversal.
(<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6000/04.pdf?sequence=5>)
- Universidad Politécnica de Cataluña. Ingeniería de playas (I): Concepto de morfología costera. Agustín Sánchez-Arcilla, José A. Jiménez.
(<http://www.ingenieriadelagua.com/2004/download/1-2%5Carticle6.pdf>)
- Gobierno de España. Ministerio de Fomento. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Estrategia de actuación en la costa sur de Valencia (Puerto de Valencia-Puerto de Denia).
- Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente. Manual de restauración de dunas costeras. Técnicas de restauración.
- Asociación de Empresas de Áridos de la Comunidad Valenciana.
(<http://arival.org>)
- Centro de Jardinería Espacio Verde.
(<http://www.espacioverdeviveros.com/instalaciones>)