



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

*Estudio de soluciones para la regeneración de la playa de  
Santa Pola (Alicante)*

---

*Presentado por*

**Galván Alcalá, Rocío**

---

*Para la obtención del*

**Grado en Ingeniería de Obras Públicas**

*Curso: 2019/2020*

*Fecha: Diciembre 2020*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# MEMORIA

---

*Estudio de soluciones para la regeneración de la playa de  
Santa Pola (Alicante)*

---

*Presentado por*

Galván Alcalá, Rocío

---


*Para la obtención del*

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

*Curso: 2019/2020*

*Fecha: Diciembre 2020*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*



## ÍNDICE MEMORIA

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>2. LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>2</b>
2.1. Entorno.....	3
<b>3. ACTUACIONES PREVIAS.....</b>	<b>5</b>
<b>4. SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>6</b>
4.1. Usos del suelo.....	6
4.2. Características de la playa.....	7
<b>5. CLIMA MARÍTIMO Y DINÁMICA LITROAL.....</b>	<b>8</b>
5.1. Clima marítimo.....	8
5.1.1. Régimen de vientos.....	8
5.1.2. Oleaje.....	10
5.2. Dinámica litoral.....	11
5.2.1. Líneas de costa.....	11
5.2.2. Transporte sólido litoral.....	12
<b>6. ESTUDIO DE SOLUCIONES.....</b>	<b>13</b>
6.1. Introducción.....	13
6.2. Alternativas.....	14
6.2.1. Alternativa escogida.....	14
<b>7. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....</b>	<b>15</b>
7.1. Tareas a ejecutar.....	15
7.1.1. Retirada de espigones y espigones de control.....	15
7.1.2. Construcción de diques.....	16
7.1.3. Alimentación artificial.....	17
7.2. Programación de las obras.....	17
7.2.1. Actuaciones previas.....	18
7.2.2. Retirada de los espigones transversales.....	18
7.2.3. Construcción de los caminos.....	18
7.2.4. Construcción de los diques exentos.....	18
7.2.5. Retirada de los caminos auxiliares.....	18
7.2.6. Alimentación artificial.....	18
7.2.7. Seguridad y salud.....	19
7.2.8. Plazo de obra.....	19
<b>8. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>19</b>
8.1. Introducción.....	19
8.2. Impactos importantes.....	19
8.3. Medidas correctoras.....	20
8.4. Conclusiones.....	21
<b>9. PRESUPUESTO.....</b>	<b>22</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>24</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El título de este estudio es “Estudio de soluciones para la regeneración de la playa de Santa Pola (Alicante)” el cual busca la regeneración del frente litoral de la costa de la playa de Santa Pola.

Los principales objetivos son:

- Conocer las causas de la regresión de la costa a través de un estudio de la costa
- Analizar las posibles alternativas para la regeneración.
- Propuesta de una alternativa considerando un análisis cualitativo y económico.
- Recuperar la línea de costa y conseguir una playa estable frente a la dinámica litoral y temporales puntuales.

Por lo tanto, se basa en proyectar una serie de estructuras que permitan regenerar y crear una playa que se encuentre estable y en condiciones óptimas para los bañistas.

Se llevan a cabo medidas tales como la construcción de 3 espigones exentos, que permiten el depósito de sedimentos y protegen la playa del oleaje incidente, controlando el transporte de sedimentos, y se realiza adicionalmente una alimentación artificial; así como el desmantelamiento de una serie de espigones transversales.

## 2. LOCALIZACIÓN

Santa Pola es un municipio de la Comunidad Valenciana (España) situado en la costa de la provincia de Alicante, en la comarca de Bajo Vinalopó. Con una población de 32.306 habitantes aproximadamente, aunque durante los meses de verano la población supera fácilmente los 100.000 habitantes. Cuenta con una línea de costa de 13 km y esta se divide varios sectores. Los principales accesos son la CV-92, CV-851 y CV-865.

Se va a estudiar el tramo comprendido entre el espigón principal y el cabo de Santa Pola, que son alrededor de unos 5 km aproximadamente, delimitados en la ilustración 2.



Ilustración 1: Localización de Santa Pola. Fuente: Wikipedia.



Ilustración 2: Localización de la playa de Santa Pola. Fuente: Google Earth.

## 2.1. Entorno

En el entorno de la playa de Santa Pola se encuentran diversas zonas características. Diferenciando entre entorno natural y entorno urbano.

En el entorno natural, el Parque Natural de las Salinas, fue declarado parque natural por el gobierno valenciano en diciembre de 1994. Situado entre los términos municipales de Santa Pola y Elche.

Comprende la totalidad de las explotaciones salineras existentes, una serie de charcas de aguas salobres situadas al oeste, dedicadas a la caza y pesca, así como una zona litoral con un cordón de dunas y playas naturales.

De la infinidad de aves que se pueden encontrar, destaca el flamenco, así como la cerceta pardilla, avoceta o cigüeñuela, entre otros. Y el fartet, otra especie al margen de las aves, de gran interés.



Ilustración 3: Parque Natural de las Salinas. Fuente: Google.

También en el entorno natural se encuentra la reserva marina de la isla de Tabarca, situada a unas 3 millas al sur-este del cabo de Santa Pola y a unas 8 millas de la ciudad de Alicante, perteneciendo a este último. Ocupa una superficie rectangular de 1400 y comprende aguas interiores, competencia de la Generalitat, y aguas exteriores, cuya gestión compete a la Administración General del Estado.

Cerca del 80% de su superficie se encuentra cubierta por la Posidonia oceánica, siendo una muestra de las praderas mejor conservadas de la costa valenciana. Estas además de producir gran cantidad de oxígeno y ser la base de las cadenas alimentarias, estabiliza los fondos arenosos y evita la erosión.

Los recursos de interés pesquero son abundantes, encontrándose meros, congrios, morenas y salmonetes, entre otras. Entre los invertebrados destaca la langosta, diversos moluscos vermétidos, las nacras, el erizo de mar, la estrella de mar o esponjas. Asimismo, es posible encontrar ejemplares de tortuga boba.

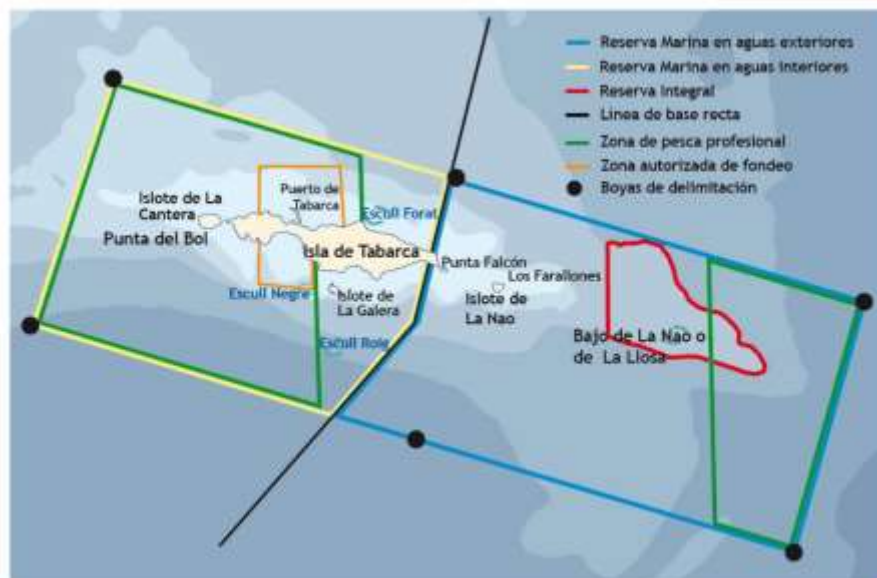


Ilustración 4: Mapa detalle de la reserva marina de la isla de Tabarca. Fuente: Google.

Por último, en el entorno urbano, se encuentra el antiguo astillero Vatasa, ocupa una superficie aproximada de 30.000 m<sup>2</sup> y situado en la zona Este de Santa Pola.



Ilustración 5: Instalaciones astillero Vatasa. Fuente: Google.

Consta de dos zonas destacadas, una la que estaba ocupada por el Astillero, y en la cual están abandonadas las construcciones que sirvieron para su actividad industrial y otra constituida por una explanada contigua, que no alberga ninguna construcción ni edificación, y que en la actualidad no tiene uso.

En 1995 el Estado concedió a la empresa Astillero Vatasá una concesión para desarrollar su actividad empresarial. La concesión venció en 2015. A partir de ese momento se inician los procesos reglamentarios para instar a la mercantil a abandonar los terrenos ocupados y a que proceda a limpiar y derribar las construcciones que utilizaba para el desarrollo de su actividad.

### 3. ACTUACIONES PREVIAS

Para tener una visión global de la problemática de la costa, se deben conocer las actuaciones previas que se llevaron a cabo en la zona.

Una de las inversiones más importantes a tener en cuenta es “Pérdida de arena en playas de Santa Pola (Plan Litoral 2015)”. A causa del temporal se causaron numerosos daños y una importante pérdida de arena en varias playas de Santa Pola del Este, para los que el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente disponía de 70,1 millones de euros, de los cuales 21,5 fueron destinados a reponer los daños ocurridos en el dominio público marítimo terrestre.

Se realizó el aporte de arenas (transporte y extendido) procedentes del cribado de algas recogidas en las playas y acopiadas por el Ayuntamiento.



Ilustración 6: Situación previa a la actuación. Fuente: Ministerio de Fomento.



Ilustración 7: Zona de actuación. Fuente: Ministerio de Fomento.

#### 4. SITUACIÓN ACTUAL

La situación actual de la costa de Santa Pola, se divide en dos zonas diferenciadas. Una de ella compuesta por la playa de Levante y las Calas de Santiago en las que la tendencia es positiva. Estas playas están constituidas por arena de tipo oscura.

La otra zona compuesta por la playa de Varadero y las calas de Santa Pola del Este que tienen una tendencia negativa, observándose regresión. La playa de Varadero está constituida por arena de tipo oscura, y las calas por arena de tipo oscura, roca y grava.

El ancho de la playa debería estar comprendido alrededor de 50 m según el artículo 132.2 de la Constitución.

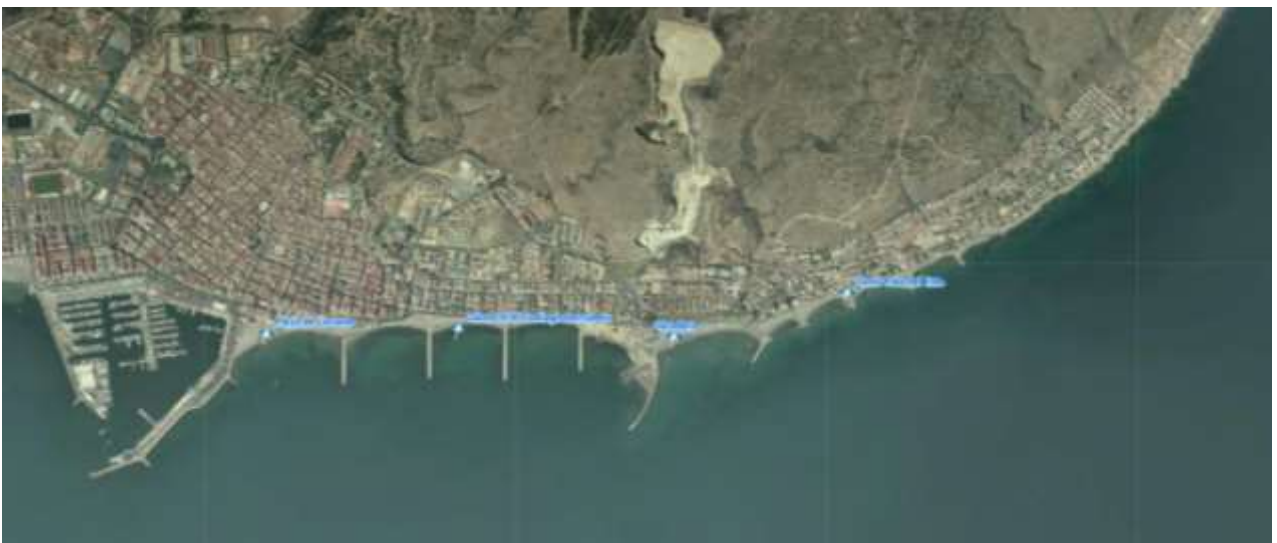


Ilustración 8: Definición de playas de estudio. Fuente: MITECO.

##### 4.1. Usos del suelo

Analizando los usos del suelo, existe una gran presión sobre la playa por parte de la zona urbana, ya que estos pueden afectar a la estabilidad del recurso, degradándolo o consumiéndolo. La urbanización inmediata a la costa crea inmovilización de depósitos sedimentarios, destrucción de dunas, destrucción de espacios naturales, modificación de régimen de vientos, etc. Esta información se puede encontrar en el anejo 2.



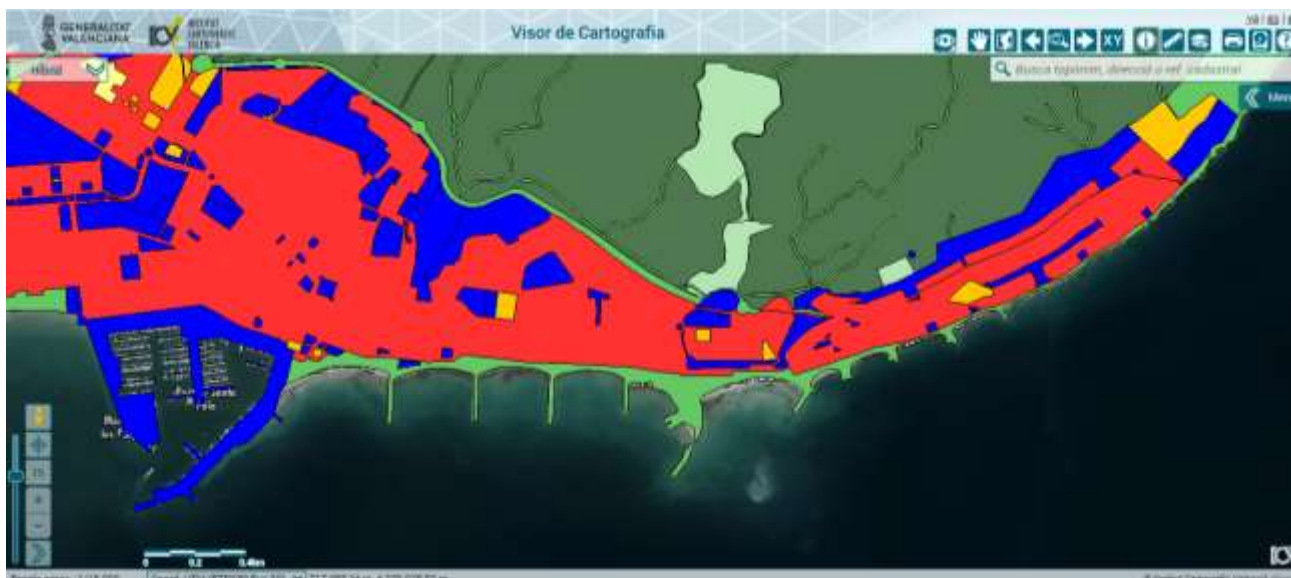


Ilustración 9: Usos del suelo. Fuente: Visor cartogràfic valencià.

Zonificació	Classificació
<span style="color: red;">■</span> Residencial	<span style="color: red;">■</span> Suelo urbano
<span style="color: darkred;">■</span> Núcleo histórico	<span style="color: yellow;">■</span> Suelo urbanizable
<span style="color: grey;">■</span> Industrial	<span style="color: green;">■</span> Suelo no urbanizable
<span style="color: yellow;">■</span> Terciario	<span style="color: white;">■</span> Sin planeamiento
<span style="color: lightgreen;">■</span> Rural común	<span style="color: magenta;">■</span> Afectado por sentencia
<span style="color: darkgreen;">■</span> Rural protegido	
<span style="color: green;">■</span> Rural protegido afecciones / dominio público	
<span style="color: blue;">■</span> Dotaciones	
<span style="color: yellow;">■</span> Red viaria	
<span style="border: 1px solid black;">□</span> Sin planeamiento	

Ilustración 10: Leyenda usos del suelo. Fuente: Visor cartogràfic valencià.

## 4.2. Características de la playa

En cuanto a las dos zonas diferenciadas anteriormente, una de ella compuesta por la playa de Levante (longitud de 420 m) con una anchura media de 40 m, y las Calas de Santiago Bernabéu (longitud 1000 m) con un ancho de 12 m. Estas playas están constituidas por arena de tipo oscura.

La otra zona compuesta por la playa de Varadero (longitud 400 m) con una anchura media de 50 m, y las calas de Santa Pola del Este (longitud 1270 m) con una anchura media de 25 m. La playa de Varadero está constituida por arena de tipo oscura, y las calas por arena de tipo oscura, roca y grava.

Según los datos de las fichas de playa del ministerio de fomento, todas estas playas suman un total de 4 km con una superficie total de 120.100 metros cuadrados, siendo 7,60 Ha para la playa de Levante y las Calas de Santiago Bernabéu; 2,22 Ha para la playa de Varadero y 2,19 Ha para las calas de Santa Pola del Este.



Ilustración 11: Arena de playa seca. Fuente: Turismo Santa Pola.

## 5. CLIMA MARÍTIMO Y DINÁMICA LITORAL

### 5.1. Clima marítimo

Respecto al clima marítimo se divide en régimen de viento y régimen de oleaje, este estudio es fundamental para el proyecto, ya que es el responsable de modelar el frente litoral. Con la información proporcionada por Puertos del Estado, se observan los siguientes datos:

#### 5.1.1. Régimen de vientos

Los datos de estudio para el régimen de vientos se han través del nodo WANA 2078097 más cercano a la zona de estudio se recogen los siguientes datos:

Punto SIMAR: (2078097)	
Acceso a datos:	Información
Longitud	0.50° O
Latitud	38.08° N
Código modelo	2078097
Cadencia	60 min
Malla	AIB
Conjunto de datos	<a href="#">Punto SIMAR</a>




Ilustración 12: Referencia de punto SIMAR. Fuente: Puertos del Estado.

Según el histograma generado desde 1970 a 2020 se observa que la máxima frecuencia es la de velocidades del viento en torno a 3-5 m/s.

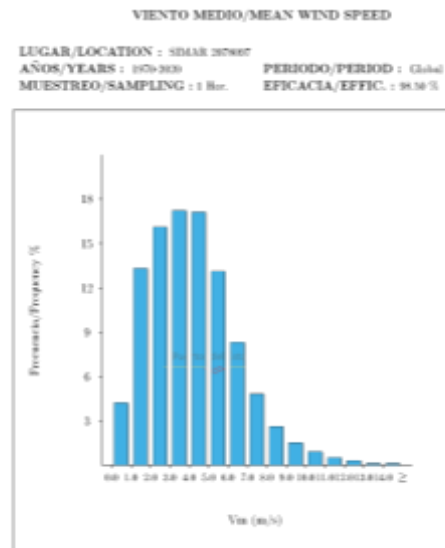


Ilustración 13: Velocidad de viento VS frecuencia. Fuente: Puertos del Estado.

En la rosa de los vientos anual comprendida entre los años 2000 a 2020, se puede comprobar la dirección que suele tomar el viento en la zona, obteniendo estos datos del mismo punto. Se concluye que el régimen de vientos que predomina sobre la costa de Santa Pola es de componente NE (Nordeste) y ENE (Etenoreste).

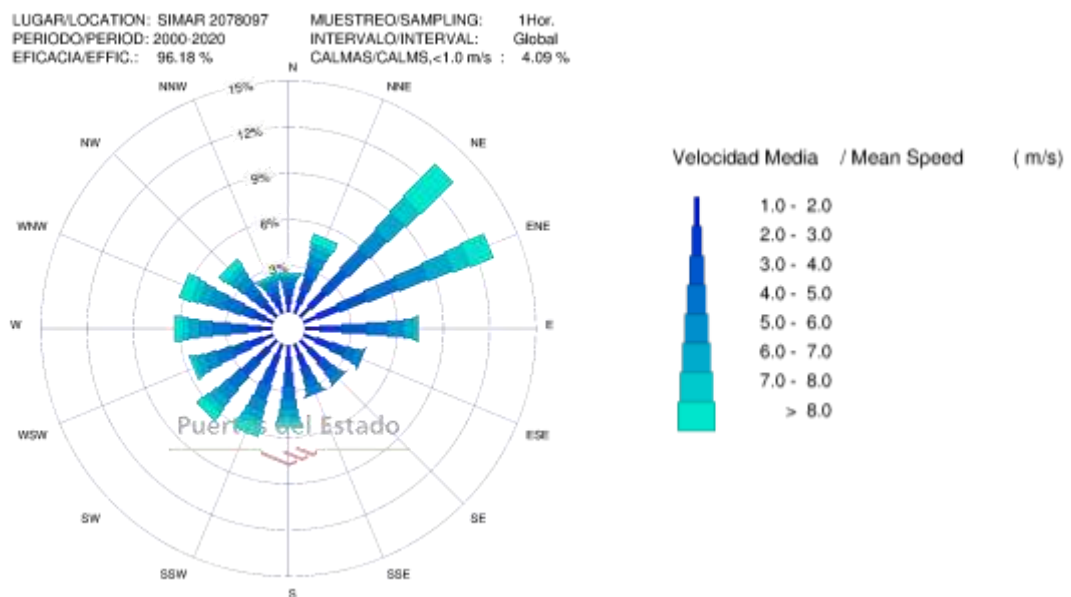


Ilustración 14: Rosa de los vientos. Fuente: Puertos del Estado.

El resto de datos y una explicación más detallada, se encuentran en el anejo 5 de clima marítimo, régimen de vientos.

### 5.1.2. Oleaje

El principal responsable de la dinámica litoral y su evolución a lo largo del tiempo es el oleaje. Por lo que es imprescindible hacer un estudio de este, en régimen medio y régimen extremal.

Para el estudio del régimen medio del oleaje se obtiene la información del nodo SIMAR 2078097, lo suficiente alejado para que se encuentre en aguas profundas.

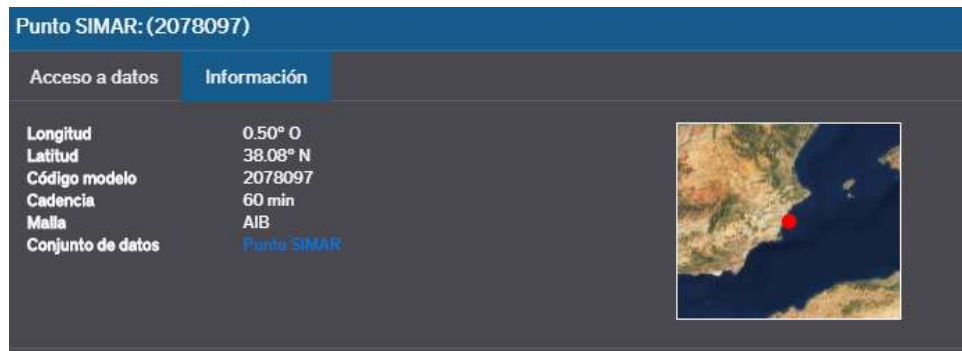


Ilustración 15: Referencia de punto SIMAR. Fuente: Puertos del Estado.

Según los datos obtenidos se observa una dirección predominante del oleaje es el E (Este) con una frecuencia casi del 30%, y donde la altura máxima de ola significativa ( $H_s$ ) está comprendida entre 2-3 m.

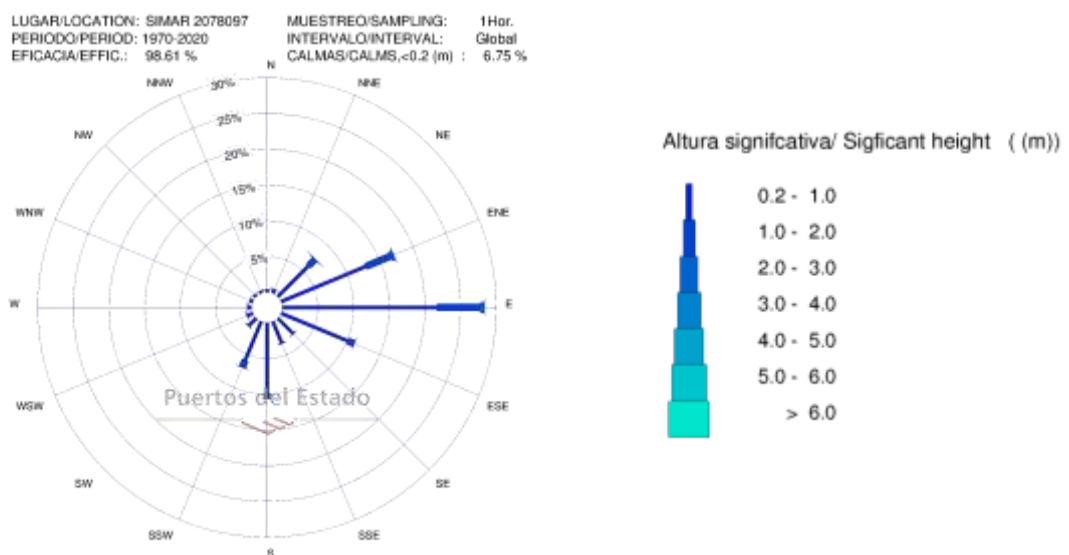


Ilustración 16: Rosa del oleaje. Fuente: Puertos del Estado.

La altura significativa de ola corresponde al mes de enero con un valor de 7.63 metros.

El resto de datos y una explicación más detallada, se encuentran en el anejo 5 de clima marítimo, oleaje.

## 5.2. Dinámica litoral

Tiene como objetivo analizar en profundidad el transporte sólido litoral en el tramo de costa que se estudia.

### 5.2.1. Líneas de costa

Se ha estudiado la evolución de la línea de costa a partir de la información obtenida por el visor cartográfico de la Generalitat desde 1956; desde el Puerto de Santa Pola hasta el Cabo de Santa Pola (Calas del Este).



Ilustración 17: Líneas de costa. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 18: Líneas de costa. Fuente: Elaboración propia.

La playa de Levante, muestra un comportamiento estable, aunque con reducción de anchura en su extremo junto al espigón. El conjunto de las Calas de Santiago Bernabéu tiene tendencia positiva, las mayores acumulaciones se producen en las zonas centrales y occidentales de las calas, debido al efecto de contención que los espigones ejercen sobre el transporte de sedimentos asociados a los oleajes de Levante.

La playa de Varadero reduce su anchura con el paso de los años, no obstante, ahora se mantiene. La mayor pérdida de arena se observa en el sector oriental junto al espigón. En las Calas del Este, se observa una regresión desfavorable cuanto más cerca del Cabo de Santa Pola. En la cala 6 se observa un aumento de anchura del orden de 6 metros; en cambio las calas 7 y 8 reducen su anchura en los tramos más orientales.

### 5.2.2. Transporte sólido litoral

Para el cálculo del transporte sólido litoral paralelo a la costa, se emplea el “método de flujo de energía”- CERC (Coastal Engineering Research Center, 1984), calcula el transporte total de sedimentos en sentido longitudinal, en la zona de rotura, generado por la acción de las olas aproximándose a la costa bajo un cierto ángulo.

$$Q(m^3/año) = \sum [2.027 \cdot 10^6 \cdot H_0^{5/2} \cdot (\cos \alpha_0)^{1/4} \cdot \text{sen}(2 \alpha_0) \cdot K_p \cdot K_g]$$



$$Q(m^3/año) = \sum [2.027 \cdot 10^3 \cdot H_0^{5/2} \cdot (\cos \alpha_0)^{1/4} \cdot \text{sen}(2 \alpha_0) \cdot K_p \cdot K_g]$$

Con la fórmula anterior se adopta un caudal excesivo, por lo que se corrige y se utilizará  $2,027 \cdot 10^3$ , en lugar de  $2,027 \cdot 10^6$ , desarrollado en el anejo 6 de dinámica litoral.



Ilustración 19: Direcciones según la línea de costa. Fuente: Elaboración propia.

Se divide la costa en dos alineaciones y a su vez en varias secciones, diferenciando un transporte de caudal positivo y otro negativo. Se secciona la línea de costa según las direcciones cardinales, quedando la línea de costa como se muestra en la ilustración 19.

Los metros cúbicos del caudal potencial que se transportan en la línea de costa de la playa son:

Q+	69.733,86
Q-	21.223,50

El caudal total sería 48.550,36 m<sup>3</sup> de transporte sólido litoral con dirección Oeste cada año.

Las corrientes longitudinales con dirección Este-Oeste favorecen el transporte de sedimentos hacia los diques de Vatasá y el puerto de Santa Pola. Estas infraestructuras ejercen de obstáculo a las corrientes provocando una importante acumulación de arenas en los fondos de las playas de Levante y Varadero. Esta retención favorece la reposición de arenas de forma natural en la playa seca cuando se dan condiciones de calma.

## 6. ESTUDIO DE SOLUCIONES

### 6.1. Introducción

El objetivo principal es encontrar la solución óptima que resuelva la problemática del lugar y que sepa equilibrar los parámetros de funcionalidad, economía, ambiental y estética; se seleccionará la alternativa que optimice los criterios de selección fijados.

Las alternativas posibles se evaluarán a través de cuatro criterios:

- Parámetro de funcionalidad: 10

Este apartado tendrá en cuenta el grado de resolución del problema, tanto en calidad como duración. La nota máxima la alcanzará cuando resuelva completamente el problema, siendo esta un 10.

- Parámetro económico: 7

Reflejará el coste originado en la construcción y mantenimiento de la obra; así como las posibilidades de explotación futuras de la infraestructura realizada. No se sabrá el coste concreto, pero sí una aproximación. La puntuación máxima será aquella que tenga un coste 0.

- Parámetro medio ambiental: 6

Se medirá el posible impacto ambiental que pueda causar la solución adoptada. La puntuación máxima será cuando no afecte ni modifique nada el medio ambiente.

- Parámetro estético: 4

Este criterio es el más subjetivo ya que se trata de la evaluación del impacto visual de la medida seleccionada. Una puntuación máxima se dará para este criterio cuando no afecte nada al paisaje.

Teniendo en cuenta el peso y la valoración individual la fórmula de evaluación será:

$$Puntuación\ final = \sum_i P_{eso_i} \cdot Valorización_i$$

## 6.2. Alternativas

Se proponen las alternativas siguientes para poner solución a la problemática de la zona y se valorarán en función de los 4 parámetros descritos.

ALTERNATIVA 0. No hacer nada.	146
ALTERNATIVA 1. Dique exento emergido + retirada espigones existentes.	176
ALTERNATIVA 2. Dique exento sumergido + retirada espigones existentes + alimentación artificial.	<b>183</b>
ALTERNATIVA 3. Alimentación artificial.	170

### 6.2.1. Alternativa escogida

Después de la evaluación basada en los criterios anteriores, la alternativa seleccionada es 2 "Construcción de diques exentos sumergidos". En la siguiente figura, se puede ver la solución adoptada:



Ilustración 20: Esquema alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.



Propone la construcción de diques exentos sumergidos formando un hemitómbolo, una alimentación artificial en la playa y eliminar una serie de espigones transversales existentes.

La caracterización de los diques será:

- Orientación respecto a la playa. Depende de cómo sea el oleaje que afecta a nuestra costa, pero se suelen colocar paralelos a la costa.
- Separación de la costa. Este parámetro depende de a qué profundidad queremos colocar el dique en cuestión. Se considerará una profundidad de alrededor de 4 metros, es decir, a una distancia de la costa de unos 150 metros.
- Número, longitud y separación entre diques. Parámetro necesario para saber cómo de protegida y resguardada queremos que este la zona. Según estos, se formarán tómbolos o hemitómbolos. Si queremos que no se formen tómbolos es necesario que los diques sean más cortos que la distancia que los separa de la costa.  
Se construirán 3 diques de una longitud de 50 metros cada uno.  
La separación entre estos será de 220 metros.  
En cuanto al aspecto estético, es una buena opción mientras que la económica, el dique exento es una solución cara pero debido a estas características concretas, no será una estructura muy grande.
- Cota de coronación. Estos serán sumergidos, se tendrá en cuenta el NMM. Para asegurar la sumergibilidad de los diques se proyecta una cota de coronación de -0,5 metros respecto al NMM, se intentará que no sean un obstáculo visual.

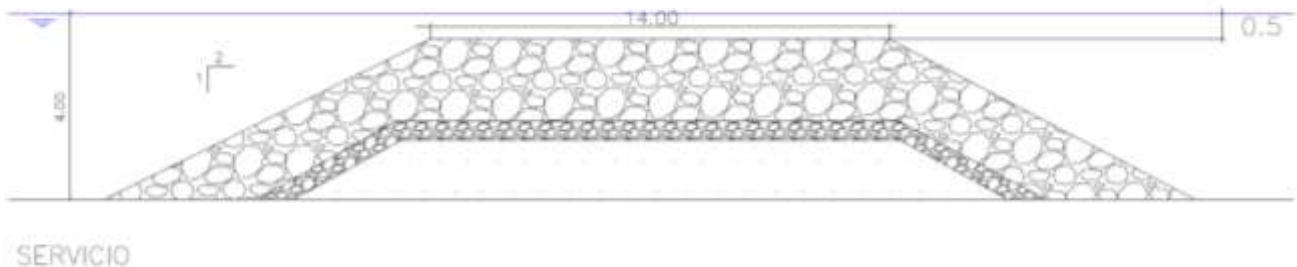


Ilustración 21: Esquema sección alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.

## 7. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Se explicarán en detalle las tareas a realizar en el proyecto y el proceso constructivo del mismo.

### 7.1. Tareas a ejecutar

#### 7.1.1. Retirada de espigones y espigones de control

La retirada de los espigones existentes será la primera tarea a llevar a cabo, nombrándolos de 1 a 4 desde el Este al Oeste.



Ilustración 22: Espigones de control. Fuente: Elaboración propia.

Los espigones de control retendrán la arena que se vierte, asegurando su permanencia y haciendo que sean más duraderas las obras de regeneración. No hará falta crearlos, ya que existen espigones transversales en nuestra costa

Se retirarán los espigones 2, 3 y 4; menos el espigón 1, que se utilizará como espigón de control, junto con el astillero Vatasas, contendrán la arena aportada y confinarán la playa. Este primer espigón habrá que modificarlo para que cumpla correctamente con su función.

La información de los espigones de control, la modificación del espigón, los espigones a desmantelar, así como el material que aportarán a la obra, se encuentra de forma más detallada en el anejo 10.

### 7.1.2. Construcción de diques

La creación de estos tres diques exentos necesitará la creación de caminos de acceso formado por todouno, con taludes 1:1 protegidos con escollera, que posteriormente se retirará.

Los diques se construyen a una profundidad alrededor de 3-4 m, con -0.5m de cota de coronación. Con una longitud de 50 m y una separación entre ellos alrededor de 220 m y taludes 2:1. Su núcleo estará formado por todouno de 0,75 – 15 kg, escollera entre 200 y 400 kg para la capa intermedia y entre 3 y 5 toneladas para el manto principal.

Se opta la construcción de los diques a través del método terrestre. La razón principal es la dificultad que existe en la utilización de medios marinos en profundidades tan reducidas como las que hay en la playa de Santa Pola. La maquinaria necesaria precisa de calados mínimos necesarios, que no se cumplen. Y por la utilización de maquinaria más común en el ámbito de la construcción.

El orden de construcción también se deberá tener en cuenta al modificar la dinámica litoral y formar una cadena de diques, se empezará construyendo el situado más hacia el Este (1), seguidamente el más situado al Oeste (2) y, por último, el que se encontraría entre ambos (3).



Ilustración 23: Orden de construcción diques exentos. Fuente: Elaboración propia.

Dentro de la construcción en sí de los diques, se divide en fases:

1. Construcción del camino de acceso hasta el dique exento, con 4 metros de ancho y +1 m del NMM.
  - Construcción del núcleo del camino de acceso.
  - Construcción del manto de protección del camino de acceso.
2. Construcción dique exento, incluyendo capa de núcleo-avance y su retirada.
  - Construcción del núcleo más capa de núcleo-avance.
  - Construcción de protección con escollera de acopio.
  - Retirada del núcleo de avance de acopio.
3. Retirada del camino de acceso al dique.
  - Retirada de escollera.
  - Retirada de todo uno de camino de acceso.
4. Transporte a vertedero desde acopio de materiales sobrantes.

Esta operación se repetirá para todos los diques.

### 7.1.3. Alimentación artificial

Partiendo de los estudios ecocartográficos del litoral de la provincia de Alicante, la ficha de la playa aporta el dato de  $D_{50}=0,20$  mm de media. Por lo que se utilizará un material de las mismas características, que provenga de la cantera más cercana a Santa Pola, la cual corresponde a la cantera Áridos Sabater, ubicada en la localidad alicantina de Moralet.

La alimentación artificial se va a efectuar en dos partes, para la playa seca y la playa sumergida. Una a través del vertido directo con camiones cargados de arena que acceden a la playa y depositan en acopios la arena necesaria. La arena es trasladada y extendida para la construcción de la playa seca.

Y otra, en cuanto a la playa sumergida, se llevará a cabo un apilado de arenas en puntos separados, y serán distribuidos por la acción de la dinámica litoral. Todo ello por medios terrestres.

El volumen total aportado será de 374791,5 m<sup>3</sup>.

## 7.2. Programación de las obras

Se estudiará y se analizará el programa de trabajos para obtener la duración del proyecto. En definitiva, el objetivo principal es determinar el tiempo aproximado de ejecución de la obra descrita. Este período de tiempo se obtendrá del encadenamiento de las actividades que constituyen el global de las actuaciones a ejecutar.

Estos plazos también se utilizarán para calcular el presupuesto más adelante.

Para poder determinar el plazo de ejecución, se considera para este proyecto que la jornada de trabajo, para todos los días laborables del año, es de 8 horas; 5 días laborables a la semana, y 21 días laborables por mes. Esto se obtiene del Convenio Colectivo Construcción y Obras Públicas para la Provincia de Alicante.

### 7.2.1. Actuaciones previas

En primer lugar, se realizarán los trabajos previos, acondicionamiento de la zona para poder llevar a cabo las obras que se proponen, así como, ubicación y puesta en marcha de las instalaciones auxiliares.

Se estima una duración de 2 semanas.

### 7.2.2. Retirada de espigones transversales

A continuación, se retirarán los espigones transversales, en total 4.

Esta tarea no hará falta sumarla a la planificación de la obra de forma lineal ya que se irá elaborando a medida que la obra vaya avanzando; con una pala sobre neumáticos, dos camiones basculantes y una retropala con un rendimiento de 110 T/h.

### 7.2.3. Construcción de los caminos

Para la construcción se utilizarán 2 equipos compuestos por: una excavadora, una retropala y dos camiones basculantes.

El rendimiento por equipo es de 85 T/h. Por tanto, el rendimiento conjunto será de 170 T/h.

Para la construcción de caminos auxiliares se necesitan un total de 6200 toneladas de material todouno, con lo que esta tarea durará 4 días.

### 7.2.4. Construcción de los diques

Para la construcción de los diques se utilizarán 2 equipos formados por: una pala sobre neumáticos, dos camiones basculantes y una retropala.

El rendimiento del equipo es de unas 65 T/h. El rendimiento conjunto es de unas 130 T/h.

El material necesario para la construcción de los diques es de 9413,8 toneladas, por lo que la construcción de diques será de 10 días.

#### 7.2.5. Retirada caminos auxiliares

Para ello se utilizarán 2 equipos formados por: una excavadora y dos camiones basculantes.

El rendimiento del equipo es de unas 100 T/H. El rendimiento conjunto es de unas 200 T/h.

El total de material a mover es de 6200 toneladas, por lo que el plazo de ejecución será de 5 días.

#### 7.2.6. Alimentación artificial

El equipo que ejecutará la actividad está formado por una motoniveladora y un bulldozer, además de la mano de obra. El rendimiento de este equipo, es de  $220 \text{ m}^3/\text{h}$ . Se tendrán en total 3 equipos, por lo que el rendimiento total será de  $660 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Se deben aportar  $374791,5 \text{ m}^3$ , se necesitan unos 49 días laborales lo que es equivalente a 1 mes y medio.

#### 7.2.7. Seguridad y salud

Se le va a asignar igual a la del total de las obras, ya que la Seguridad y Salud Laboral hay que vigilarla desde los trabajos previos hasta el final de la obra.

#### 7.2.8. Plazo de obra

Teniendo en cuenta la duración estimada de las tareas se prevé por lo tanto un plazo total aproximadamente de 3 meses, a realizar en invierno-primavera.

## 8. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

### 8.1. Introducción

Se tratará de conocer los posibles impactos que va a generar la obra en el medio ambiente. Cuando el hombre interviene se crea un impacto, una perturbación la cual altera la situación natural del entorno.

Según el Real Decreto 1131/88 de 30 de septiembre, que aprueba el Reglamento sobre evaluación de impacto ambiental: "Se entiende por Evaluación de Impacto Ambiental, el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causada sobre el medio ambiente".

Se puede definir impacto ambiental como cualquier alteración, beneficiosa (positiva) o perjudicial (negativa), que se produce sobre el medio ambiente como resultado de llevar a cabo un proyecto, respecto de la situación que existiría si este no se ejecutara. Por tanto, el término impacto ambiental no necesariamente tiene que ser negativo, ya que es simplemente la alteración de la acción frente al medio.

## 8.2. Impactos importantes

Hay que considerar el impacto en el suelo, por un lado, la alimentación de arena artificial en la playa cubrirá parte del suelo natural, aunque el suelo a aportar tiene las mismas características, esta reposición será positiva y proporcionará una mayor superficie de playa.

En el estudio de impacto ambiental, el impacto sobre el paisaje no suele tener características muy destacadas, pero para el litoral sí. Al eliminar algunos espigones transversales y construir diques exentos, se puede mejorar la calidad visual y se pueden eliminar los obstáculos visuales. Al ser continua sin interrupciones, mejorará el aspecto estético de la playa. Durante el período de construcción y de alimentación artificial, el polvo en suspensión en la playa tendrá un impacto negativo en el paisaje.

La introducción de nuevas construcciones genera cambios en el ecosistema acuático, que afectarán la dinámica natural, cambios en el balance sedimentario y la calidad del agua. Son la clave para comprender el impacto sobre la fauna. La etapa de construcción y mantenimiento de la obra puede afectar a la distribución, la diversidad y riqueza de especies entre otros aspectos. Debido a la emisión de ruido, vibraciones, gases, etc., también se deben considerar los cambios en las aves.

Se deberá tener especial cuidado en las zonas próximas a praderas de posidonia; aunque la ubicación de la alternativa seleccionada queda fuera de la zona donde se encuentra la pradera de Posidonia oceánica, alejada de esta, por lo que con unas medidas correctoras simples se podrá hacer frente a la nueva construcción.

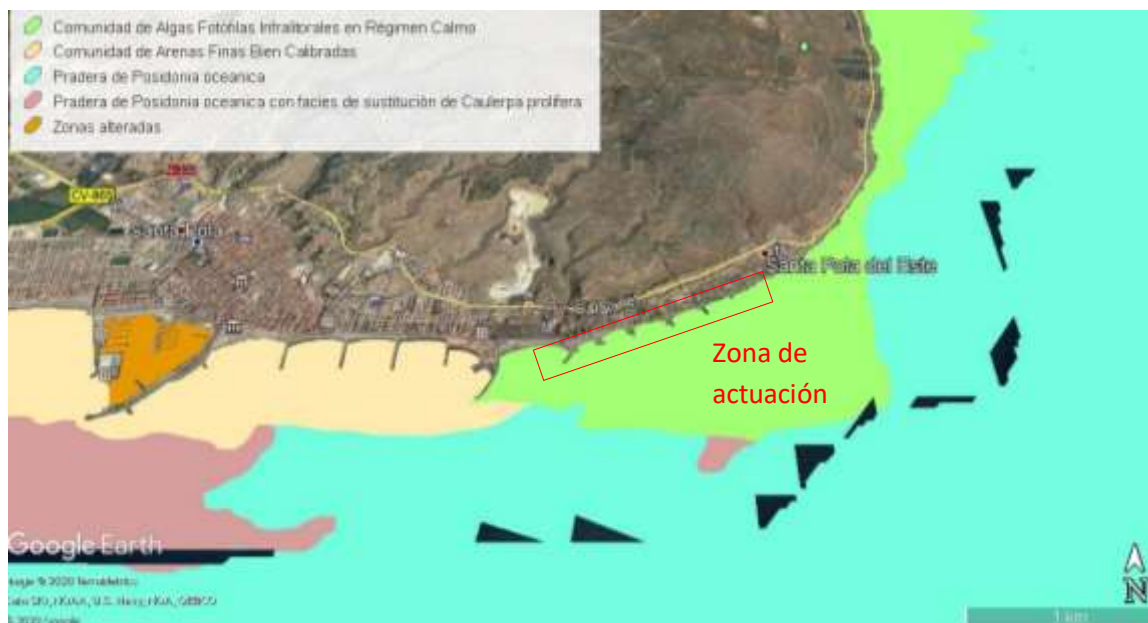


Ilustración 24: Flora subacuática. Fuente: Ministerio de Fomento.

La calidad de las aguas es el punto más sensible de este tipo de obras. La construcción de una estructura que su función es disipar la energía puede provocar estancamiento del agua y depósitos.

De igual manera, la alimentación artificial de la playa mal efectuada puede afectar a la vida acuática tanto a la vegetación como a la fauna autóctona. Por lo que la calidad de las aguas se puede ver afectada.

Habrà que tener especial cuidado con la turbidez a la hora de ejecutar las obras.

### 8.3. Medidas correctoras

Las soluciones o medidas que se van a adoptar para mitigar o suprimir estos efectos negativos en el medio ambiente. Estas son válidas para todas las fases:

- Se controlará la calidad y agitación del agua periódicamente. En caso de que los niveles sobrepasaran los límites, se procederá a la paralización temporal de las obras hasta la estabilización de las aguas.
- Los viales de acceso a las obras, utilizados por los camiones y el resto de maquinaria, se regarán en periodos secos prolongados y siempre que por las condiciones de trabajo se considere necesario, para evitar el levantamiento de polvo.
- Control del polvo durante las operaciones de extracción, transporte y vertido de tierras (fundamentalmente, el todouno de las estructuras y la arena de aportación).
- Limitación de velocidad en las calles adyacentes a la obra.
- Evitar o reducir los ruidos específicos, tales como los de los motores sin silenciador.
- Evitar la congestión de tráfico mediante su ordenación y el establecimiento de una adecuada red viaria.
- Acondicionar un espacio amplio y suficiente como acopio de material durante la fase de construcción.
- Realizar las operaciones de vertido de la arena de aportación bajo condiciones de clima marítimo suaves.
- Control de polvo durante las operaciones de extracción, transporte y vertido de tierras.
- Evitar operar en la época de reproducción de las especies; es decir, cuando la temperatura del agua es mayor. Actuar en los meses de invierno y comienzo de la primavera.
- Se utilizarán arnas de préstamo libres de metales pesados, bien oxigenadas y exentas de partículas de granulometrías finas.

### 8.4. Conclusiones

La costa es un bien escaso, el que está sometido a múltiples usos. Las actuaciones planificadas en este espacio, como en este caso de regeneración y protección, deben considerar factores ambientales en todas sus etapas y decisiones.

Aunque pueden aparecer ciertos grupos conservacionistas, se espera que tenga una aceptación social generalizada.

En cuanto a las condiciones previas, la morfología costera y el espacio litoral se verán afectados positivamente, mejorando así la calidad de vida de residentes y turistas.

Los efectos negativos (no críticos) afectan al medio ambiente natural. Aunque algunos efectos son inevitables y difíciles de compensar, se incluyen una serie de medidas para minimizarlos. Una gran parte de estos efectos negativos se generan durante la fase de construcción del proyecto, se espera que cesen al final de esta fase y no sigan produciendo impactos en el tiempo.

Por tanto, luego de analizar y evaluar el impacto, se puede concluir que siempre que se sigan las medidas especificadas, esta obra se puede realizar sin alterar excesivamente los factores ambientales de la zona. Una vez finalizada la obra, las actuaciones previstas serán muy beneficiosas para la zona costera de Santa Pola en estudio, por lo que se recomienda.

## 9. PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1: Espigones existentes					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (Euros)
U01	Reutilización escollera	T	1994,33	12,96	25846,52
U02	Reutilización de material todouno	T	379,87	2,47	938,28
U03	Retirada de escollera a vertedero	T	854,71	11,01	9410,36
U04	Retirada de material todouno a vertedero	T	94,97	2,59	245,97
Total Capítulo 1					36441,13

CAPÍTULO 2: Dique exento					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (Euros)
U05	Escollera para dique exento de manto principal	T	14120,70	7,57	106893,70
U06	Escollera para dique exento de manto secundario	T	8220,28	6,93	56966,54
U07	Material todouno para dique exento	T	14672,42	6,52	95664,18
Total Capítulo 2					259524,42



CAPÍTULO 3: Alimentación artificial					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (Euros)
U08	Arenas D50= 0,20 mm	m <sup>3</sup>	374791,50	14,12	5292055,98
Total Capítulo 3					5292055,98

CAPÍTULO 4: Balizamiento					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (Euros)
U09	Sistemas luminosos	ud	6	737,34	4424,04
U10	Equipo de alimentación	ud	6	846,84	5081,4
U11	Estructura de soporte completa	ud	6	6488,42	38930,52
Total Capítulo 4					36441,13

CAPÍTULO 5: Seguridad y Salud					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (Euros)
U12	Seguridad y salud	PA	1,00	30174,85	30174,85
Total Capítulo 4					30174,85

**TOTAL PRESUPUESTO: 5.654.637,51 €**

<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>5.654.637,51 €</b>
<b>13% GASTOS GENERALES</b>	<b>735.102,88 €</b>
<b>6% BENEFICIO INDUSTRIAL</b>	<b>339.278,25 €</b>
<b>SUMA DE GASTOS Y BENEFICIO</b>	<b>6.729.018,64 €</b>
<b>21% IVA</b>	<b>1.413.093,91 €</b>

## TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

8.142.112,55 €

Asciende el Presupuesto Base de Licitación a la expresada cantidad de OCHO MILLONES CIENTO CUARENTA Y DOS MIL CIENTO DOCE EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

AUTOR DEL PROYECTO



Rocío Galván Alcalá

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- *Santa Pola*. Es.wikipedia.org. (2020). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Santa\\_Pola](https://es.wikipedia.org/wiki/Santa_Pola).
- *Reservas Marinas de España*. Mapa.gob.es. Obtenido de <https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/proteccion-recursos-pesqueros/reservas-marinas-de-espana/isla-de-tabarca/caracteristicas/>.
- *Ecocartografía de Alicante*. Miteco.gob.es. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/ecocartografias/ecocartografia-alicante.aspx>.
- *Alicante-Elche Aeropuerto - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET*. Gobierno de España. Aemet.es. (2020). Obtenido de <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=8019&k=undefined>.
- *Visor cartogràfic de la Generalitat*. Visor.gva.es. Obtenido de <https://visor.gva.es/visor/>.
- *MapasIGME - Portal de cartografía del IGME: MAGNA 50 - Mapa Geológico de España a escala 1: 50.000 (2ª Serie)*. Info.igme.es. Obtenido de <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50.aspx?language=es>.
- *Predicción de oleaje, nivel del mar; Boyas y mareógrafos*. Puertos.es. Obtenido de <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>.
- *Navionics ChartViewer*. Webapp.navionics.com. (2020). Obtenido de <https://webapp.navionics.com/?lang=es#boating@11&key=m%7BahF%60chB>.
- *ROM 0.3-91*. Widispe.puertos.es. (1992). Obtenido de [https://widispe.puertos.es/rom/storage/public/docROM/ROM%200\\_3-91.pdf](https://widispe.puertos.es/rom/storage/public/docROM/ROM%200_3-91.pdf).
- *Posidonia y cambio climático*. Ecologiaitoral.com. (2019). Obtenido de [http://www.ecologiaitoral.com/files/2115/6440/1106/gestarr\\_guiadivulgacion.pdf](http://www.ecologiaitoral.com/files/2115/6440/1106/gestarr_guiadivulgacion.pdf).

- *Red Iberoamericana de Reservas Marinas*. Reservasmarinas.net. Obtenido de [http://www.reservasmarinas.net/reservas/reservas\\_estado/tabarca/caracteristicas.asp](http://www.reservasmarinas.net/reservas/reservas_estado/tabarca/caracteristicas.asp).
- *Visitas virtuales e imágenes 360° - SANTA POLA - Tourist Info - Excmo. Ayuntamiento de Santa Pola*. SANTA POLA - Información Turística - Excmo. Ayuntamiento de Santa Pola. Obtenido de [http://www.turismosantapola.es/sp/web\\_php/index.php?contenido=descripcion&id\\_boto=537](http://www.turismosantapola.es/sp/web_php/index.php?contenido=descripcion&id_boto=537).
- Yepes, V. (2014). ¿Es necesario balizar nuestras playas? [Blog]. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/05/19/%C2%BFes-necesario-balizar-nuestras-playas/>.
- Almarán Gárate, J., Palomino Monzón, M., & García Montes, J. (2000). *Introducción al diseño de obras de defensa de formas costeras de depósito*. Almazan-ingenieros.es. Obtenido de <http://www.almazan-ingenieros.es/data/archivo/Introduccion%20al%20diseno%20de%20obras%20de%20defensa%20de%20formas%20costeras%20de%20deposito.pdf>.
- *SEÑALIZACIÓN MARÍTIMA; MARCAS CARDINALES*. SailandTrip. (2016). Obtenido de <https://sailandtrip.com/senalizacion-maritima-marcas-cardinales/#:~:text=Las%20marcas%20cardinales%20se%20denominan,desde%20el%20punto%20a%20balizar>.
- *CONVENIO COLECTIVO DE CONSTRUCCIÓN Y OBRAS PÚBLICAS DE LA PROVINCIA DE ALICANTE*. Cnc.es. (2018). Obtenido de <https://www.cnc.es/cc/ccalicante.pdf>.
- Department of Army (1984): *Shore Protection Manual*. US Army Corps of Engineers.
- *Diques exentos de baja cota de coronación*. Upcommons.upc.edu. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5975/04.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.
- *GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS MARÍTIMAS*. Lis.edu.es. (2008). Obtenido de [http://www.lis.edu.es/uploads/043c80f9\\_21cd\\_41b5\\_8694\\_5d17dcab38a6.pdf](http://www.lis.edu.es/uploads/043c80f9_21cd_41b5_8694_5d17dcab38a6.pdf).
- *VENTA AL POR MAYOR DE ÁRIDOS EN MORALET*. Aridossabater.com. (2020) Obtenido de <https://www.aridossabater.com/aridos>.
- *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las obras de construcción*. Real Decreto 1627/1997. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Obtenido de [http://www.icog.es/portal/uploads/serviciosdoc/guiaobrasdeconstruccionrd1627\\_97.pdf](http://www.icog.es/portal/uploads/serviciosdoc/guiaobrasdeconstruccionrd1627_97.pdf).
- Departamento de ingeniería e infraestructura de los transportes, Universidad Politécnica de Valencia (2019). *Apuntes de Obras Marítimas*.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# ANEJOS

---

*Estudio de soluciones para la regeneración de la playa de  
Santa Pola (Alicante)*

---

*Presentado por*

**Galván Alcalá, Rocío**

---

*Para la obtención del*

**Grado en Ingeniería de Obras Públicas**

*Curso: 2019/2020*

*Fecha: Diciembre 2020*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*

## ÍNDICE ANEJOS

<b>ANEJO 1: SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.2. LOCALIZACIÓN.....	4
1.3. ENTORNO.....	4
1.3.1. Parque natural de las Salinas.....	4
1.3.2. Reserva marina de la isla de Tabarca.....	5
1.3.3. Astillero Vatasá.....	6
1.4. MEDIO FÍSICO.....	7
1.4.1. Terreno.....	7
1.4.2. Clima.....	8
<b>ANEJO 2: USOS DEL SUELO .....</b>	<b>10</b>
2.1. INTRODUCCIÓN.....	10
2.2. USOS DEL SUELO.....	10
2.3. DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE.....	11
<b>ANEJO 3: ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO.....</b>	<b>12</b>
3.1. INTRODUCCIÓN.....	12
3.2. GEOLOGÍA.....	12
3.3. GEOTÉCNIA.....	13
<b>ANEJO 4: BATIMETRÍA.....</b>	<b>17</b>
4.1. INTRODUCCIÓN.....	17
<b>ANEJO 5: CLIMA MARÍTIMO.....</b>	<b>18</b>
5.1. INTRODUCCIÓN.....	18
5.2. RÉGIMEN DE VIENTOS.....	18
5.3. OLEAJE.....	23
5.3.1. Régimen medio.....	23
5.3.2. Régimen extremal.....	29
5.4. CORRIENTES.....	31
<b>ANEJO 6: DINÁMICA LITORAL.....</b>	<b>33</b>
6.1. INTRODUCCIÓN.....	33
6.2. ORIENTACIÓN DE LA PLAYA.....	33
6.3. EVOLUCIÓN DE LA LINEA DE COSTA.....	35
6.4. TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL.....	37
6.4.1. Transporte sólido litoral transversal.....	39
6.4.2. Transporte sólido litoral longitudinal.....	41

<b>ANEJO 7: ESTUDIO DE SOLUCIONES.....</b>	<b>47</b>
7.1. INTRODUCCIÓN.....	47
7.2. PROBLEMÁTICA ACTUAL.....	47
7.3. METODOLOGÍA Y PLANEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	48
7.4. DEFENSA, PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA.....	48
7.4.1. Obras longitudinales.....	49
7.4.2. Obras transversales.....	50
7.4.3. Obras exentas.....	53
7.4.4. Alimentación artificial.....	54
7.4.5. Traspase.....	56
7.4.6. Regeneración de las dunas.....	57
7.4.7. Regeneración de las praderas de posidonia.....	58
7.5. SOLUCIONES VÁLIDAS.....	59
7.6. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.....	60
7.7. PROPUESTA DE SOLUCIONES.....	61
7.7.1. Alternativa 0.....	61
7.7.2. Alternativa 1.....	62
7.7.3. Alternativa 2.....	63
7.7.4. Alternativa 3.....	65
7.8. CONCLUSIONES FINALES.....	66
7.8.1. Materiales constituyentes.....	66
7.8.2. Sección transversal.....	66
7.8.3. Peso y espesores.....	67
7.8.4. Ancho mínimo.....	71
<b>ANEJO 8: PROCEDENCIA DE MATERIALES.....</b>	<b>72</b>
8.1. INTRODUCCIÓN.....	72
8.2. CANTERAS.....	72
8.3. CAMINOS AUXILIARES.....	73
8.4. DIQUES EXENTOS.....	73
8.5. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL.....	73
<b>ANEJO 9: JUSTIFICACIÓN DE CÁLCULOS.....</b>	<b>75</b>
9.1. INTRODUCCIÓN.....	75
9.2. ALTURAS DE OLA.....	75
9.2.1. Altura de ola significativa en aguas profundas.....	75
9.2.2. Altura de ola en condiciones de rotura.....	80
9.2.3. Altura de ola de cálculo.....	82
9.3. DIQUES EXENTOS.....	82
9.3.1. Cálculo de los diques.....	82
9.4. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL.....	86
9.4.1. Cálculo de Run-up.....	88

9.4.2. Playa seca.....	88
9.4.3. Playa sumergida y estrán.....	89
9.5. VOLUMEN DE APORTACIÓN.....	90
9.5.1. D50.....	90
9.5.2. Cálculo de volumen.....	90
<b>ANEJO 10: PROCESO CONSTRUCTIVO.....</b>	<b>93</b>
10.1. INTRODUCCIÓN.....	93
10.2. ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA.....	93
10.2.1. Vía terrestre.....	93
10.2.2. Vía marítima.....	93
10.2.3. Vía seleccionada.....	94
10.3. RECOMENDACIONES.....	94
10.4. CONSTRUCCIÓN DE LOS DIQUES EXENTOS.....	95
10.4.1. Maquinaria a utilizar.....	96
10.4.2. Fases de construcción.....	96
10.5. ESPIGONES DE CONTROL.....	97
10.6. REUTILIZACIÓN DE ESPIGONES.....	98
10.7. ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL.....	100
10.8. SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	101
<b>ANEJO 11: BALIZAMIENTO.....</b>	<b>102</b>
11.1. INTRODUCCIÓN.....	102
11.2. MARCO LEGISLATIVO.....	102
11.2.1. Normativa.....	102
11.2.2. Uso de la playa.....	102
11.2.3. Competencias.....	103
11.3. RESOLUCIÓN.....	104
11.4. SEÑALIZACIÓN.....	105
11.4.1. Señalización provisional durante las obras.....	105
11.4.2. Balizamiento. Señalización definitiva.....	105
<b>ANEJO 12: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>109</b>
12.1. INTRODUCCIÓN.....	109
12.1.1. Concepto de medio ambiente.....	109
12.1.2. Conceptos básicos.....	109
12.1.2.1. Impacto ambiental.....	109
12.1.2.2. Evaluación de impacto ambiental.....	110
12.1.2.3. Declaración de impacto ambiental.....	110
12.1.2.4. Órgano ambiental.....	110
12.1.2.5. Metodología del estudio de impacto.....	110
12.2. Marco legal.....	110
12.2.1. Introducción al marco legislativo.....	110

12.2.2. Legislación Estatal Específica del EIA.....	111
12.2.3. Legislación sectorial estatal. Ley de Costas.....	111
12.2.4. Legislación de la Comunidad Valenciana.....	112
12.3. Descripción del proyecto.....	112
12.3.1. Alternativas estudiadas.....	112
12.3.2. Descripción de las obras.....	112
12.4. Análisis del medio físico.....	113
12.4.1. Localización de las obras.....	113
12.4.2. Medio físico.....	113
12.4.2.1. Clima.....	113
12.4.2.2. Geología.....	113
12.5. Identificación de impactos.....	114
12.5.1. Paisaje.....	114
12.5.2. Suelo.....	114
12.5.3. Morfología costera.....	114
12.5.4. Calidad de las aguas.....	114
12.5.5. Procesos y riesgos.....	115
12.5.6. Fauna.....	115
12.5.7. Flora.....	115
12.5.8. Demografía.....	116
12.5.9. Economía.....	116
12.6. Medidas correctoras.....	116
<b>ANEJO 13: FOTOGRAFÍAS.....</b>	<b>117</b>
13.1. INTRODUCCIÓN.....	117
13.2. FOTOGRAFÍAS.....	117



## ANEJO 1: SITUACIÓN GEOGRÁFICA

### 1.1. Introducción

El propósito de este estudio es el análisis de la costa de Santa Pola, el tramo comprendido entre el espigón principal y el cabo de Santa Pola, para mejorar las condiciones en las que se encuentra la costa.

El presente anexo servirá para situar geográficamente la zona y conocer las características del medio físico de la playa.

### 1.2. Localización

Santa Pola es un municipio de la Comunidad Valenciana (España) situado en la costa de la provincia de Alicante, en la comarca de Bajo Vinalopó. Con una población de 32.306 habitantes aproximadamente. Cuenta con una línea de costa de 13km y esta se divide varios sectores. Los principales accesos son la CV-92, CV-851 y CV-865.

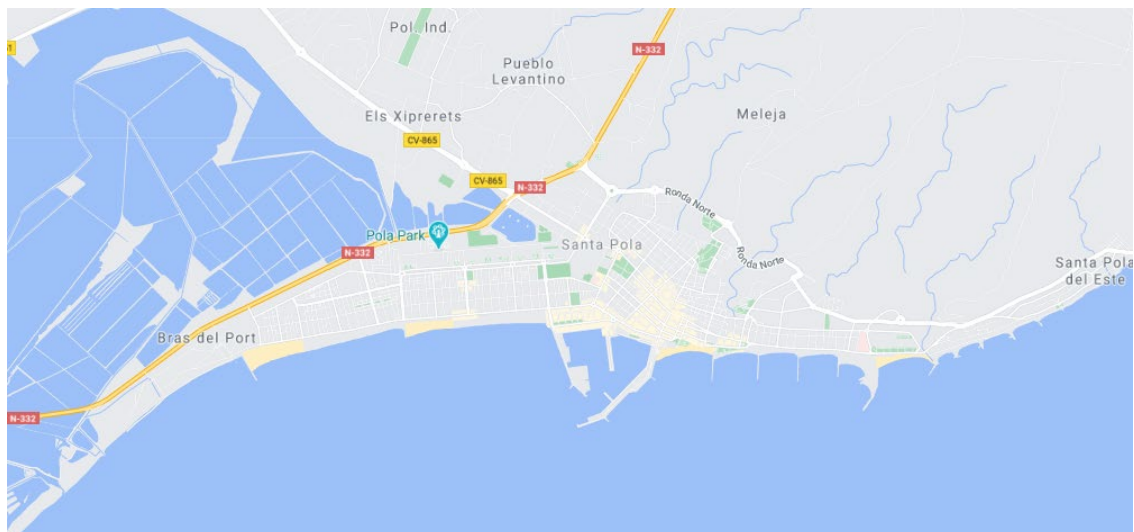


Ilustración 1: Localización. Fuente: Google Maps.

### 1.3. Entorno

En cuanto al entorno, se diferencia entre entorno natural y entorno urbano. El parque Natural de las Salinas y la Reserva marina de la isla de Tabarca, refiriéndose al primer entorno, y el astillero Vatasa, al segundo entorno.

#### 1.3.1. Parque Natural de las Salinas

En el entorno de Santa Pola se encuentra las Salinas, es un parque natural de la provincia de Alicante, fue declarado parque natural por el gobierno valenciano en diciembre de 1994. Tiene una

superficie natural de 2469 hectáreas, entre los términos municipales de Santa Pola y Elche, extendiéndose por una franja litoral y penetrando hacia el interior.

Comprende la totalidad de las explotaciones salineras existentes. Se compone de una serie de charcas de aguas salobres situadas al oeste, dedicadas a la caza y pesca, así como una zona litoral con un cordón de dunas y playas naturales.

También está catalogado como Zona de Especial Protección para las Aves (zona ZEPA) por la unión Europea y como Lugar de Interés Comunitario (LIC).

En los terrenos inundados, es posible ver infinidad de aves acuáticas, perfectamente adaptadas a este medio y fáciles de observar. De todas ellas destaca sin duda el flamenco, verdadero símbolo vivo de las salinas. Otra especie importante es la cerceta pardilla, se encuentra catalogada en peligro de extinción; también se pueden encontrar la avoceta, cigüeñuela, aguilucho lagunero o gaviota de Audouin entre otros.

Al margen de las aves, otra especie de gran interés, ya que se encuentra en peligro de extinción, es el fartet, pez de aguas continentales salinas que encuentra en el parque un hábitat óptimo.



*Ilustración 2: Parque Natural de las Salinas. Fuente: Google.*

### **1.3.2. Reserva marina de la isla de Tabarca**

La reserva marina de la isla de Tabarca se encuentra a unas tres millas al sur este del cabo de Santa Pola y a unas ocho millas de la ciudad de Alicante, término municipal al que pertenece. Esta reserva ocupa una extensión de 1400 hectáreas rodeando la isla de Tabarca, fue declarada en enero de 1995.

Sus fondos oscilan entre los 0 y 40 m de profundidad y albergan praderas de Posidonia oceánica en óptimo estado de conservación lo que favorece la regeneración de los recursos pesqueros de la zona, por producir gran cantidad de oxígeno, y ser la base de la cadena alimentaria, capaz de estabilizar los suelos arenosos, evitando por tanto la erosión.

Los recursos de interés pesquero son abundantes, encontrándose meros, congrios, morenas y salmonetes, entre otras. Entre los invertebrados destaca la langosta, diversos moluscos vermétidos, las nacras, el erizo de mar, la estrella de mar o esponjas. Asimismo es posible encontrar ejemplares de tortuga boba.



Ilustración 3: Playa de la isla de Tabarca. Fuente: Google.

### 1.3.3. Astillero Vatasa

Vatasa ocupa una superficie aproximada de 30.000 metros cuadrados, situada en la zona Este de Santa Pola, y consta de dos zonas destacadas, una la que estaba ocupada por el Astillero, y en la cual están abandonadas las construcciones que sirvieron para su actividad industrial y otra constituida por una explanada contigua, que no alberga ninguna construcción, edificación y que en la actualidad no tiene uso.

En 1995 el Estado concedió a la empresa Astillero Vatasa una concesión para desarrollar su actividad empresarial. La concesión venció en 2015. A partir de ese momento se inician los procesos reglamentarios para instar a la mercantil a abandonar los terrenos ocupados y a que proceda a limpiar y derribar las construcciones que utilizaba para el desarrollo de su actividad. Ya en 2017 Costas ordenó la retirada de todos los barcos varados en la zona de manera claramente irregular.

Se ha realizado una plataforma ciudadana “Salvem Vatasa” cuyo objetivo es evitar que ese espacio se pierda ya que reúne las condiciones idóneas para ejecutar un proyecto que agrupe cultura, educación, ocio, deporte, etc. Y poner en valor la vocación marinera, turística y emprendedora de Santa Pola.



Ilustración 4: Astillero Vatasa. Fuente: Google.

## 1.4. Medio físico

### 1.4.1. Terreno

El relieve presenta tres zonas distintas, la del NE está ocupada por la sierra de Santa Pola, una especie de promontorio tabular que alcanza una altitud máxima de 143 m en el lugar donde está el faro. La zona del NO, tierra adentro de la citada sierra, se corresponde con un lugar donde se ha desarrollado la única zona agrícola del término municipal, mientras que la tercera zona es la zona pantanosa de la Albufera de Elche, separada del mar por una flecha de arenas con dunas.

En cuanto al terreno submarino, obtenemos los datos del ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, se observa que parte de la costa está compuesta por arenas finas bien calibradas, algas fotófilas infralitorales en régimen calmo, y alguna zona de pradera de Posidonia oceánica con fauces de sustitución de Caulerpa prolifera; pero la mayor parte de la zona de estudio está formada por pradera de Posidonia oceánica.

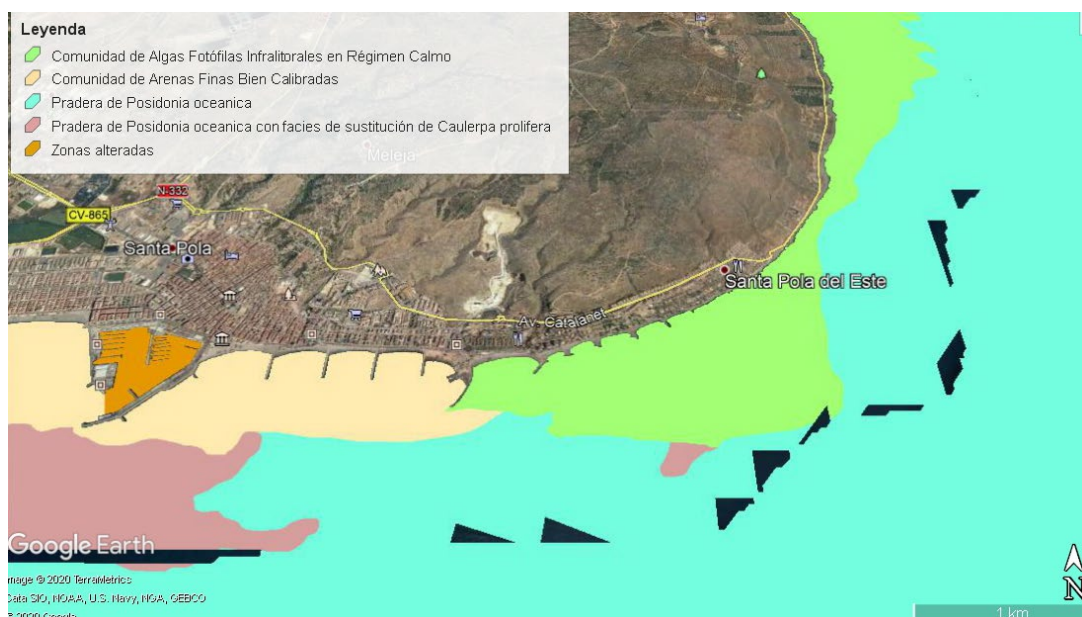


Ilustración 5: Flora subacuática. Fuente: Ministerio de Fomento.

### 1.4.2. Clima

A través de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) se han obtenido los datos de una estación situada en Alicante-Elche Aeropuerto, siendo esta la más cercana a la zona de estudio (38°16'58"N, 0°34'15"O).



Ilustración 6: Emplazamiento de la estación AEMET. Fuente: Google Maps.

Los valores climatológicos son indicados en la siguiente tabla.

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	6	16.7	6.5	21	61	3.6	0.0	0.4	0.3	0.5	7.4	184
Febrero	3	17.4	7.1	20	61	2.9	0.0	0.5	1.0	0.2	5.7	179
Marzo	0	19.4	8.7	20	60	3.1	0.0	0.5	1.1	0.1	5.8	221
Abril	9	21.1	10.7	27	57	3.7	0.0	1.4	0.6	0.0	4.9	251
Mayo	9	23.8	13.9	28	59	3.7	0.0	2.0	0.3	0.0	5.1	291
Junio	8	27.6	18.0	10	58	1.6	0.0	1.	0.2	0.0	8.8	316
Julio	5	30.1	20.8	4	59	0.7	0.0	0.8	0.1	0.0	14.5	344
Agosto	1	30.7	21.5	5	61	0.9	0.0	1.1	0.1	0.0	11.2	313
Septiembre	8	28.5	19.0	40	63	3.3	0.0	3.1	0.1	0.0	5.6	243
Octubre	8	24.7	14.9	46	64	4.1	0.0	2.0	0.4	0.0	4.4	218
Noviembre	4	20.3	10.6	34	64	3.8	0.0	0.7	0.2	0.0	5.5	174
Diciembre	5	17.3	7.5	22	63	3.7	0.0	0.4	0.4	0.1	6.1	165
Año	2	23.2	13.3	277	61	35.1	0.0	14.5	4.7	0.8	84.4	2953

## Leyenda

- T** Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM** Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm** Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R** Precipitación mensual/anual media (mm)
- H** Humedad relativa media (%)
- DR** Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1mm
- DN** Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT** Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF** Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH** Número medio mensual/anual de días de helada
- DD** Número medio mensual/anual de días despejados
- I** Número medio mensual/anual de horas de sol

## ANEJO 2: USOS DEL SUELO

### 2.1. Introducción

En el anejo 2 se van a estudiar tanto los usos del suelo como el dominio público marítimo terrestre de la zona de estudio, a través de los datos obtenidos del ministerio.

### 2.2. Usos del suelo

En cuanto a los usos del suelo de la playa de Santa Pola, como se puede observar en la imagen proporcionada por el Instituto Cartográfico Valenciano, se trata mayoritariamente de suelo urbano, y suelo no urbanizable correspondiente a la playa.

Se puede observar que no se cumple con el artículo 132.2 de la Constitución, para playas se debe considerar zona de DPM un ancho de playa que confirme la estabilidad de esta, alrededor de 50 m. Y pocas zonas lo cumplen. La mayor parte del suelo corresponde a uso residencial y dotaciones.

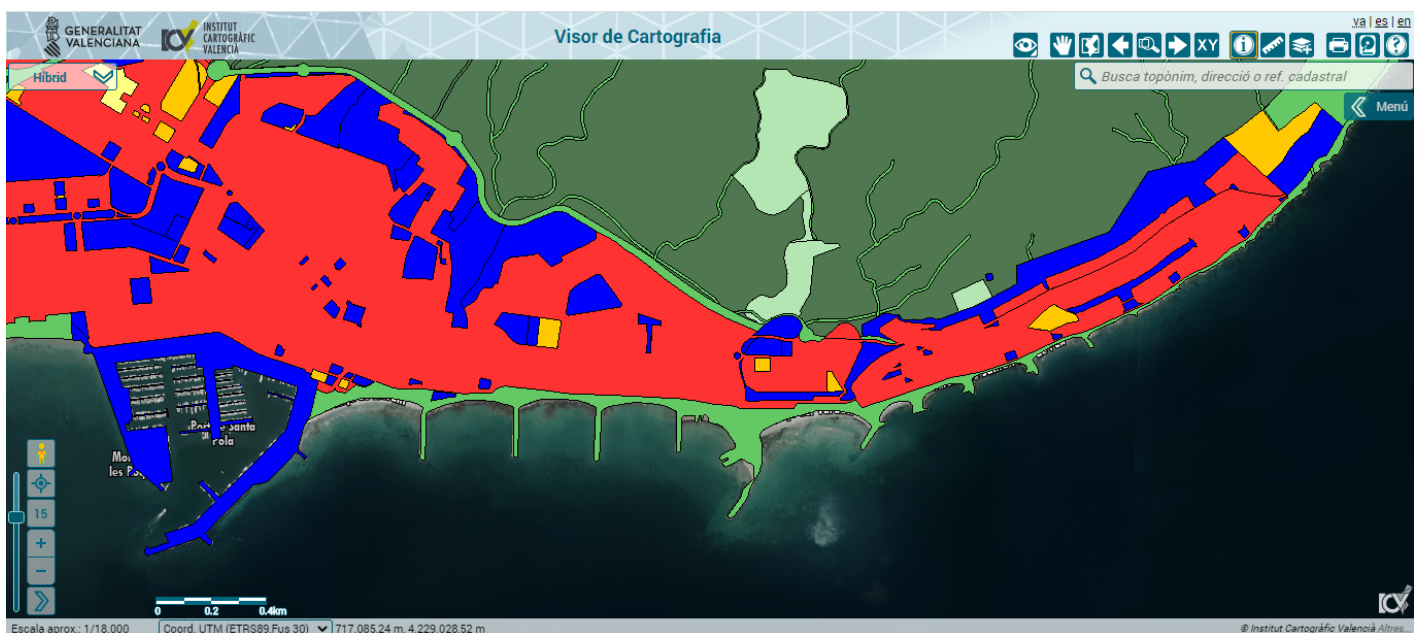


Ilustración 7: Usos del suelo. Fuente: Visor cartogràfic valencià.

Zonificació		Classificació	
<span style="color: red;">■</span>	Residencial	<span style="color: red;">■</span>	Suelo urbano
<span style="color: darkred;">■</span>	Núcleo histórico	<span style="color: orange;">■</span>	Suelo urbanizable
<span style="color: grey;">■</span>	Industrial	<span style="color: green;">■</span>	Suelo no urbanizable
<span style="color: yellow;">■</span>	Terciario	<span style="color: white;">■</span>	Sin planeamiento
<span style="color: lightgreen;">■</span>	Rural común	<span style="color: purple;">■</span>	Afectado por sentencia
<span style="color: darkgreen;">■</span>	Rural protegido		
<span style="color: forestgreen;">■</span>	Rural protegido afecciones / dominio público		
<span style="color: blue;">■</span>	Dotaciones		
<span style="color: yellow;">■</span>	Red viaria		
<span style="color: white;">■</span>	Sin planeamiento		

Ilustración 8: Leyenda usos del suelo. Fuente: Visor cartogràfic valencià.

### 2.3. Dominio público marítimo terrestre

El dominio público marítimo-terrestre lo constituyen la zona marítimo-terrestre, las playas, las aguas interiores, el mar territorial y los recursos naturales de la zona económica y la plataforma continental, según establece la Constitución de 1978 y siendo la normativa de Costas la que precisa y define estos conceptos.

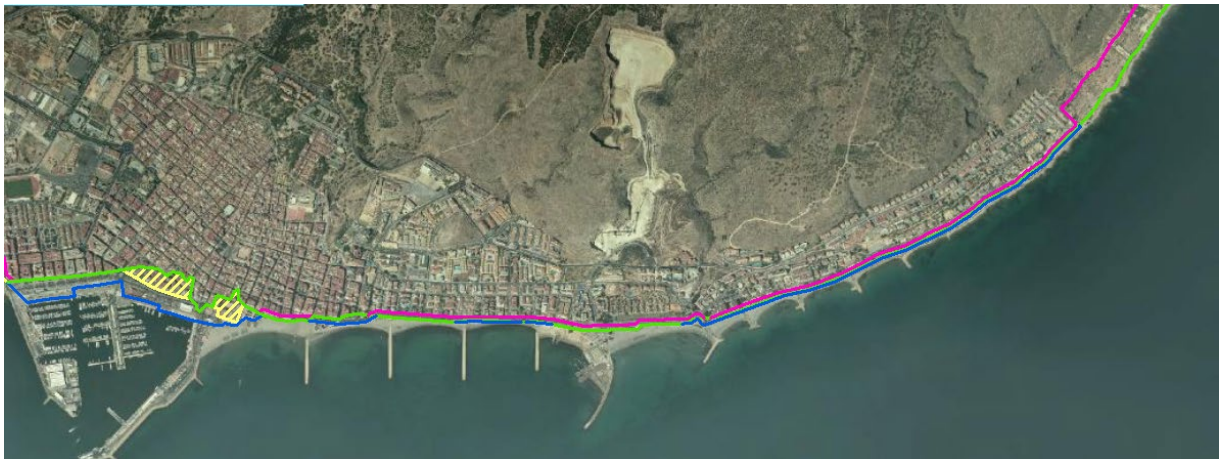


Ilustración 9: Dominio Público Marítimo Terrestre en la línea de costa. Fuente: Ministerio para la transición ecológica.

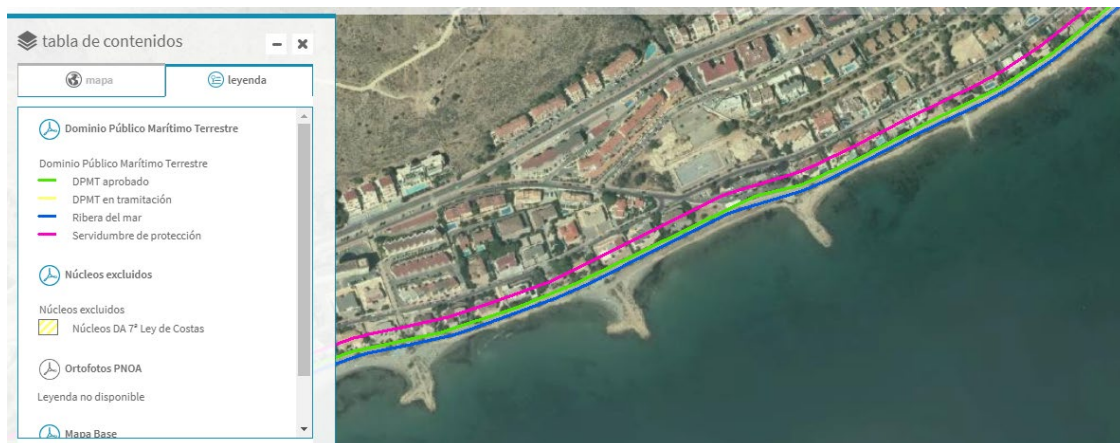


Ilustración 10: Dominio Público Marítimo Terrestre en la línea de costa. Fuente: Ministerio para la transición ecológica.



### ANEJO 3: ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

#### 3.1. Introducción

Para llevar a cabo este estudio es necesario conocer las propiedades geológicas y geotécnicas que permitan comprender las principales características de la zona, y sobre esta base, dar una idea del marco estructural de la playa, para que funcionen correctamente las obras a ejecutar de acuerdo con el terreno existente.

#### 3.2. Geología

Se expondrán los aspectos fundamentales que permiten entender la geología propia de la zona con el objetivo de ajustarse lo máximo posible al marco del proyecto.

La zona de estudio la encontramos representada en los mapas geológicos de la serie MAGNA editada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), en las hojas 893 y 894, situada al sureste y suroeste respectivamente.

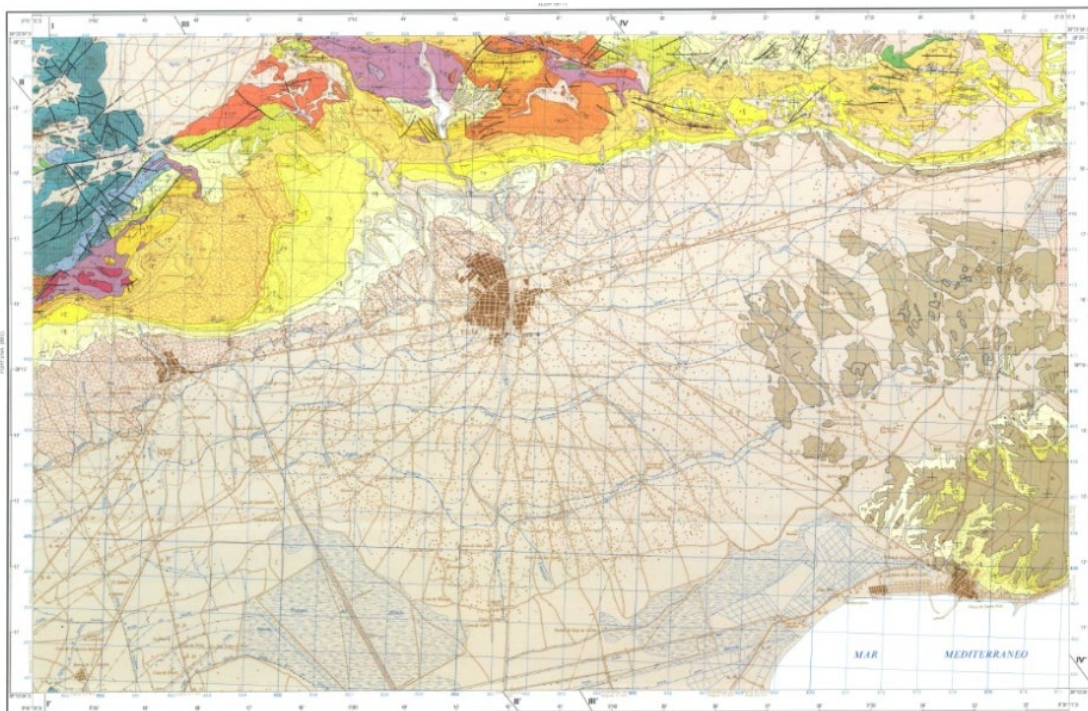


Ilustración 11: Plano geológico general. Fuente: IGME.

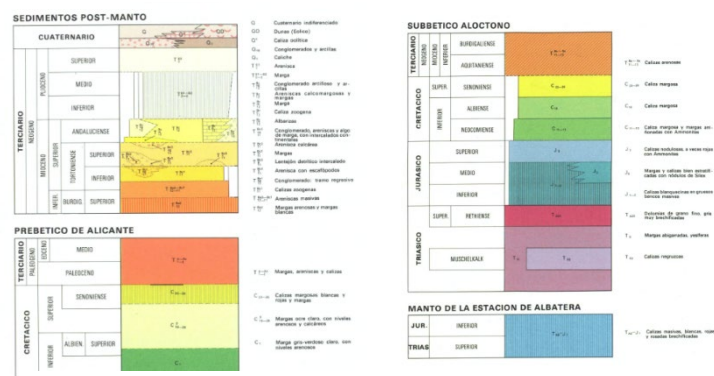


Ilustración 12: Leyenda de plano geológico general. Fuente: IGME.

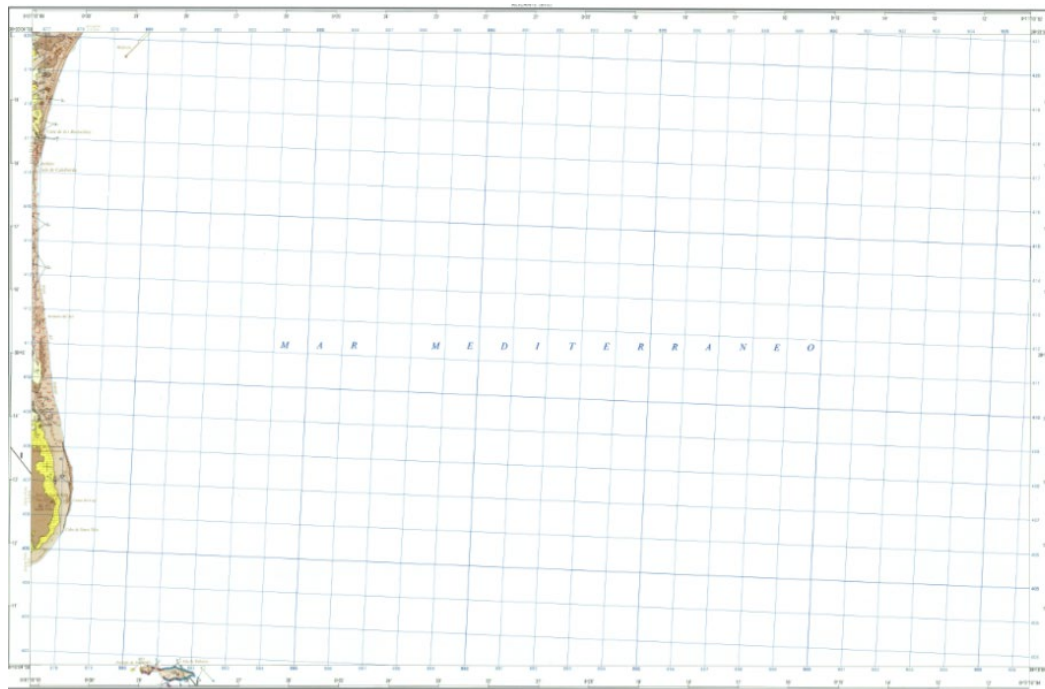


Ilustración 13: Continuación plano geológico general. Fuente: IGME.

**LEYENDA**

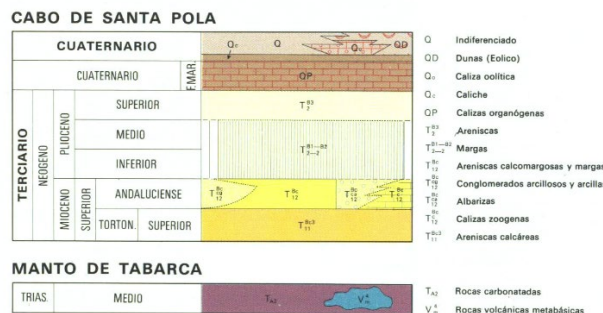


Ilustración 14: Leyenda de plano geológico general. Fuente: IGME.

Los materiales encontrados son de tipo cuaternario, una división de la escala temporal geológica que pertenece a la Era Cenozoica, se inició hace 2,59 millones de años y llega hasta la actualidad.

Se observa en los mapas que la zona está formada en mayor medida por caliche (Q<sub>c</sub>), en una zona de la costa calizas orgánicas (Q<sub>p</sub>), más hacia la zona del interior calizas zoógenas (T<sub>12</sub><sup>bc</sup>) y albarizas (T<sub>12</sub><sup>bc</sup>ca).

### 3.3. Geotécnia

Los mapas geotécnicos son mapas geológicos que incluyen datos cualitativos y cuantitativos sobre el terreno, y se pueden utilizar inmediatamente en la construcción y la ingeniería civil.

La geotecnia de la zona se ha estudiado a partir de la información encontrada en el Mapa Geotécnico General escala 1:200.000 hoja 7-9/72 (Elche).

Se encuentra en la parte suoriental del cuadrante sureste de la Península Ibérica.

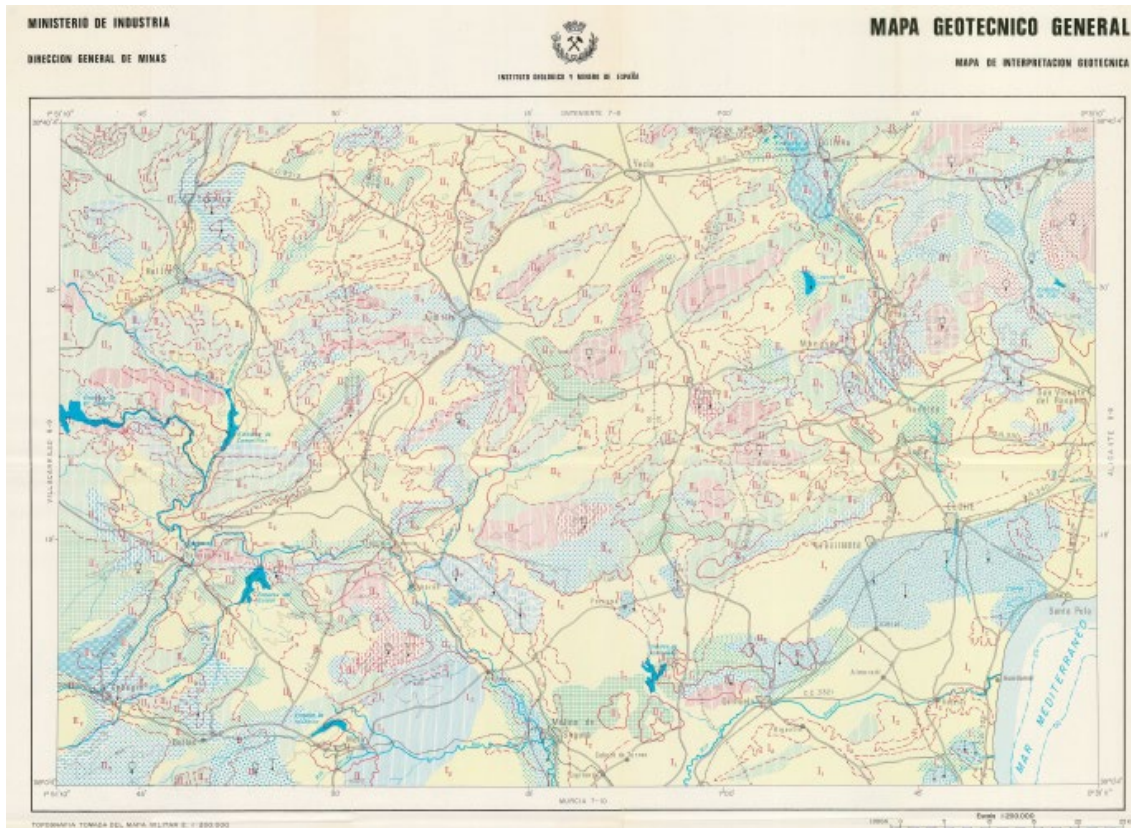


Ilustración 15: Mapa Geotécnico general. Fuente: IGME.

CONDICIONES CONSTRUCTIVAS		CRITERIOS DE CLASIFICACION								PROBLEMAS GEOTÉCNICOS	NOTACION
		PROBLEMAS "TIPO" EXISTENTES	CONCURRENCIA DE 2 PROBLEMAS "TIPO"		CONCURRENCIA DE 3 PROBLEMAS "TIPO"		CONCURRENCIA DE 4 PROBLEMAS "TIPO"				
Muy Desfavorables		Litológicos	Litológicos y Geomorfológicos	Geomorfológicos y Hidrológicos	Litológicos, Geomorfológicos y Hidrológicos	Litológicos, Geomorfológicos y Geotécnicos	Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	De Capacidad de Carga	↓	
Favorables		Geomorfológicos	Litológicos e Hidrológicos	Geomorfológicos y Geotécnicos	Litológicos, Geomorfológicos y Geotécnicos	Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	De Asientos	↑	
Aceptables		Hidrológicos	Litológicos y Geotécnicos	Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Geotécnicos Varios	↓	
Desfavorables		Geotécnicos	Litológicos y Geotécnicos	Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos			
Muy Desfavorables		Geotécnicos	Litológicos y Geotécnicos	Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos	Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos			

Ilustración 16: Criterios de clasificación. Fuente: IGME.

LEYENDA			
CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES		CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES
Zonas sin problemas específicos aparentes. Problemas muy localizados de tipo fundamentalmente geomorfológico e hidroológico.	Problemas de tipo Geomorfológico.	Problemas de tipo Geotécnico.	Problemas de tipo Geomorfológico, Geotécnico e Hidroológico.
	Problemas de tipo Hidroológico.	Problemas de tipo Litológico.	Problemas de tipo Geomorfológico, Hidroológico y Litológico.
	Problemas de tipo Geomorfológico y Litológico.		Problemas de tipo Geomorfológico, Geotécnico y Litológico.
			Problemas de tipo Litológico, Hidroológico y Geotécnico.
			Problemas de tipo Geomorfológico.
			Problemas de tipo Geomorfológico y Geotécnico.
			Problemas de tipo Geomorfológico y Litológico.
			Problemas de tipo Geomorfológico e Hidroológico.
			Problemas de tipo Geotécnico e Hidroológico.
			Problemas de tipo Litológico e Hidroológico.
			Problemas de tipo Geomorfológico, Litológico y Geotécnico.
			Problemas de tipo Geomorfológico.
			Problemas de tipo Geomorfológico y Litológico.
			Problemas de tipo Geomorfológico y Geotécnico.
			Problemas de tipo Geomorfológico e Hidroológico.
			Problemas de tipo Geomorfológico, Litológico y Geotécnico.

Ilustración 17: Leyenda. Fuente: IGME.

Se encuentra una primera clasificación que divide áreas por criterios de tipo tectónico, hidrológico y geotécnico; y criterios de tipo geológico-litológico y geomorfológico para la división en regiones.

En el ámbito de estudio se presentan dos tipos de zonas: zona contigua a las playas (Región I -Área 2) y la zona costera (Región I -Área 1).

REGION	AREA	CRITERIOS DE DIVISION Y CARACTERISTICAS GENERALES
I COMPRENDE LA LLANURA COSTERA Y LOS VALLES COMARCADOS CON ESTA ZONA LLANURA LITORAL.	I <sub>1</sub> MATERIALES RECIENTES SUELTOS.	Glacis: Bolos, gravas y arcilla dispuestos desordenadamente. Morfología plana en ligera pendiente. Permeable, nivel freático profundo, drenaje favorable. Capacidad de carga media (2-4 Kg/cm <sup>2</sup> ). Estable. Zona de huerta: Arcillas, arenas y gravas con potente suelo vegetal. Morfología plana. Semipermeable, nivel freático próximo, drenaje aceptable. Capacidad de carga baja (1-2 Kg/cm <sup>2</sup> ). Estable. Zonas bajas lagunares: Arcillas y limos. Morfología plana. Nivel freático superficial, drenaje deficiente. Capacidad de carga muy baja (<1 Kg/cm <sup>2</sup> ). Asentamientos.
	I <sub>2</sub> MATERIALES NEOGENOS COHESIVOS DE TIPO MARGOSO.	Material preferentemente margoso o arena-arcilloso, cohesivo, potente suelo arcilloso plástico. Morfología llana con zonas fuertemente abarrancadas. Materiales semipermeables e impermeables; con drenaje por escorrentía y percolación aceptable. Capacidad de carga media (2-4 Kg/cm <sup>2</sup> ). Asientos a largo plazo. Algún punto inestable.
	I <sub>3</sub> AFILAMENTOS TRABAZOS RESISTIVOS	Materiales arenillo-margosa pesifera o yeso masivo, con suelo vegetal arcilloso plástico. Morfología suave, abarrancada o vases. Drenaje deficiente, materiales impermeables. Capacidad de carga media o baja (1-4 Kg/cm <sup>2</sup> ). Inestable, aguas agresivas.
II ZONA INTERIOR CON SIERRAS Y PARTES ALTAS SUCCEDENDE CON VALLES AMPLIOS Y ZONAS BAJAS.	II <sub>1</sub> MATERIALES RECIENTES CUATERNARIOS DE TIPO ARENOSO.	Materiales sueltos de arena, gravas, bolos y arcillas. Morfología plana o en ligera pendiente. Puntos abarrancados. Permeable, drenaje superficial favorable y aceptable en profundidad. Capacidad de carga baja (1-2 Kg/cm <sup>2</sup> ). Asentamientos de tipo medio a corto plazo.
	II <sub>2</sub>	Litológico muy variado; calizas, margas, areniscas, etc. Suelo muy escaso. Morfología ondulada o acuada, ligeros abarrancamientos. Permeabilidad diversa, drenaje favorable por escorrentía. Capacidad de carga media (2-4 Kg/cm <sup>2</sup> ) y alta (4-6 Kg/cm <sup>2</sup> ). Puntos inestables.
	II <sub>3</sub>	Litológico variado, dolomitas, calizas y calizo-marga. Suelo muy escaso. Morfología de tipo montañosa. Permeabilidad diversa, drenaje favorable por escorrentía. Capacidad de carga alta (>4 Kg/cm <sup>2</sup> ). Zonas inestables de los tipos flysch y keuper.

La región I comprende la llanura costera y los valles comunicados con esta zona llana litoral.

- Zona contigua a las playas (Región I – Área 2)

Comprende los materiales neógenos cohesivos de tipo margoso, se compone de material preferentemente margoso o areno-arcilloso, cohesivo, potente suelo arcilloso plástico.

Morfología llana con zonas fuertemente abarrancadas. Materiales semipermeables e impermeables; con drenaje por escorrentía y percolación aceptable.

Capacidad de carga media (2-4 Kg/cm<sup>2</sup>).

Asientos a largo plazo. Algún punto inestable.

- Zona costera (Región I – Área 1):

Comprende materiales recientes sueltos. Diferenciando glacis; zona de huerta y zonas bajas lagunares.

Glacis: bolos, gravas y arcilla dispuesta desordenadamente. Morfología plana en ligera pendiente. Permeable, nivel freático profundo, drenaje favorable. Capacidad de carga media (2-4 Kg/cm<sup>2</sup>). Estable.

Zona de huerta: arcillas, arenas y gravas con potente suelo vegetal. Morfología plana. Simepermeable, nivel freático próximo, drenaje aceptable. Capacidad de carga baja (1-2 Kg/cm<sup>2</sup>). Estable.

Zonas bajas lagunares: arcillas y limos. Morfología plana. Nivel freático superficial, drenaje deficiente. Capacidad de carga muy baja (<1 Kg/cm<sup>2</sup>). Asentamientos.

## ANEJO 4: BATIMETRÍA

### 4.1. Introducción

La batimetría de los fondos marinos es el punto de partida para cualquier acción en Ingeniería de Costas. En primer lugar, nos permite reconocer los problemas del litoral, porque para caracterizar las olas y las corrientes cercanas a la costa, es necesario comprender los contornos del fondo marino. Se obtiene mediante la propagación del oleaje en condiciones de profundidades indefinidas, que pueden afectar la línea costera del área de estudio.

Además, la batimetría nos permite determinar la dinámica morfológica de la playa, pues el análisis del contorno derivado del análisis batimétrico nos permite inferir aspectos de interés, como determinar la pendiente y su evolución, y así detectar procesos erosivos.

Ya sea desde un punto de vista económico o desde un punto de vista de diseño, la realización de la batimetría es necesaria para la redacción este proyecto.

Se puede percibir mejor en los planos de batimetría.

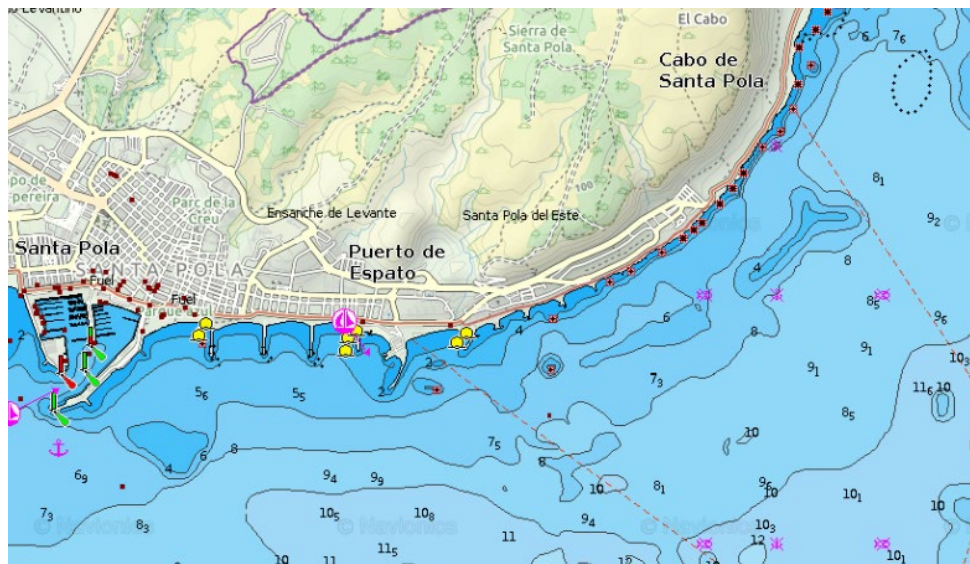


Ilustración 18: Batimetría general. Fuente: Navionics.

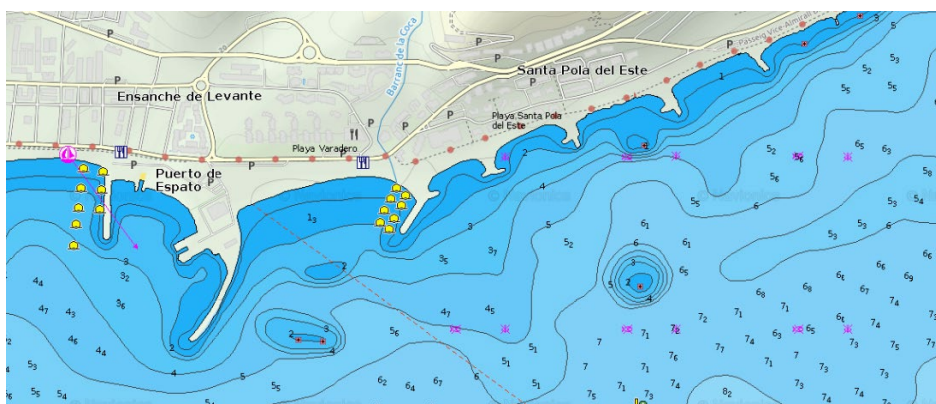


Ilustración 19: Batimetría detalle. Fuente: Navionics.

## ANEJO 5: CLIMA MARÍTIMO

### 5.1. Introducción

Las playas son estructuras flexibles que se deforman bajo la acción de fenómenos naturales como el oleaje o el viento, o bajo la acción de las actividades humanas. Es necesario conocer las características del oleaje en las proximidades de la costa, para analizar y comprender la respuesta a corto plazo del sistema costero frente a temporales y para el adecuado dimensionamiento de las propuestas de actuación a realizar en el mismo (caracterización extremal) como para el necesario estudio a largo plazo (caracterización media) de los distintos tramos de costa.

La caracterización extremal y media del oleaje se realiza a partir del análisis estadístico de los conjuntos de datos de oleaje, nivel del mar y viento disponibles en la Base de Datos Oceanográficos de Puerto del Estado.

Por lo tanto, se va a realizar la caracterización extremal y media del oleaje en aguas profundas cuya propagación pueda afectar al frente litoral.

Los factores a estudiar para definir el Clima Marítimo son: viento, olas, corrientes y mareas.

### 5.2. Régimen de vientos

El viento es un flujo laminar de aire de componente horizontal provocado por las diferencias de presiones. Viene definido por su intensidad y dirección. La dirección viene definida por la procedencia de los vientos.

A través del nodo WANA 2078097 más cercano a la zona de estudio se recogen los siguientes datos:

Punto SIMAR: (2078097)	
Acceso a datos	Información
Longitud	0.50° O
Latitud	38.08° N
Código modelo	2078097
Cadencia	60 min
Malla	AIB
Conjunto de datos	<a href="#">Punto SIMAR</a>




Ilustración 20: Referencia al punto SIMAR. Fuente: Puertos del Estado.



Ilustración 21: Localización del punto SIMAR. Fuente: Puertos del Estado.

En la siguiente tabla se representa la velocidad media ( $V_e$ ) frente a la dirección de procedencia del viento en %.

Tabla Velocidad Media ( $V_e$ ) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	$V_e$ (m/s)									Total
	$\leq 1.0$	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	$> 14.0$	
CALMAS	3.397									3.397
N 0.0	.459	1.261	.877	.453	.234	.084	.033	.008		3.409
NNE 22.5	.521	1.734	1.587	.867	.527	.174	.057	.016		5.484
NE 45.0	.617	2.573	3.213	2.495	1.472	.644	.250	.100		11.364
ENE 67.5	.666	2.975	4.010	2.731	1.085	.416	.201	.039		12.122
E 90.0	.689	2.903	2.669	1.257	.330	.131	.082	.008		8.069
ESE 112.5	.744	1.937	1.072	.308	.098	.012	.004	.004		4.180
SE 135.0	.756	1.851	.652	.152	.041	.021	-	-		3.473
SSE 157.5	.668	1.722	.687	.137	.014	.012	.008	-		3.249
S 180.0	.744	2.185	1.466	.498	.150	.027	.004	.004		5.078
SSW 202.5	.674	1.825	1.876	1.050	.312	.164	.043	.023		5.966
SW 225.0	.646	2.118	1.939	1.179	.617	.195	.080	.025		6.798
WSW 247.5	.619	1.989	2.054	1.171	.433	.197	.043	.029		6.534
W 270.0	.687	1.878	2.101	1.210	.660	.289	.135	.070		7.030
WNW 292.5	.474	1.497	1.708	1.310	.574	.349	.187	.115		6.212
NW 315.0	.414	1.185	1.177	.791	.459	.303	.135	.115		4.580
NNW 337.5	.428	.990	.812	.474	.193	.105	.016	.037		3.055
Total	3.397	9.808	30.622	27.900	16.081	7.198	3.122	1.279	.592	100 %

Ilustración 22: Tabla  $V_e$  VS Procedencia del viento. Fuente: Puertos del Estado.



Se observa que el predominante es la dirección de procedencia de ENE (Etenoreste), los vientos de mayor frecuencia con un 12.122%. Los periodos de calma corresponden con un 3.055%, por tanto, un bajo porcentaje de las frecuencias.

A partir del histograma extraído en este punto desde 1970 a 2020 se observa que la máxima frecuencia es la de velocidades del viento en torno a 3-5 m/s.

VIENTO MEDIO/MEAN WIND SPEED

LUGAR/LOCATION : SIMAR 2078097

AÑOS/YEARS : 1970-2020

PERIODO/PERIOD : Global

MUESTREO/SAMPLING : 1 Hor.

EFICACIA/EFFIC. : 98.50 %

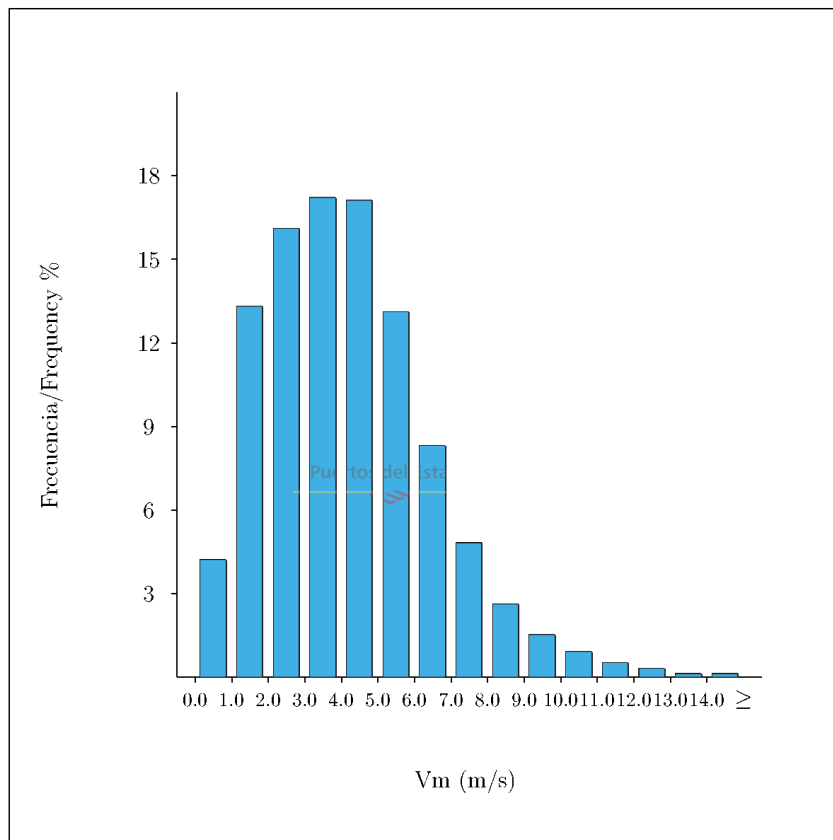


Ilustración 23: Velocidad de viento VS frecuencia. Fuente: Puertos del Estado.

En la siguiente tabla de valores máximos por meses, se muestra la velocidad máxima del viento, la dirección, el día y la hora. En el mes de diciembre, se encuentra la velocidad máxima del viento, asociada con vientos procedentes del NNE (Nornordeste). La velocidad mínima en el mes de agosto, el viento procede de NE (Nordeste).

<b>Vm:</b> Intensidad del Viento Medio / Mean Wind Speed	<b>m/s</b>
<b>Dir:</b> Dirección media de procedencia / Mean Direction, "coming from"	<b>0= Norte / North; 90= Este / East</b>

Punto WANA 2078097 Año 2019/ 2078097 WANA Point 2019				
Mes/Month	Vm Max./Max. Vm	Dir	Día/Day	Hora/Hour
Enero/January	14.41	289	23	08
Febrero/February	17.92	311	03	01
Marzo/March	16.69	40	17	23
Abril/April	17.08	47	20	05
Mayo/May	16.62	307	17	10
Junio/June	15.11	50	11	20
Julio/July	14.01	58	31	17
Agosto/August	12.56	49	13	05
Septiembre/September	16.22	48	12	17
Octubre/October	15.79	301	22	09
Noviembre/November	15.69	296	08	03
Diciembre/December	18.26	38	03	16

Generado por / Generated by Puertos del Estado      Fecha / Date 29 Jun 2020

Ilustración 24: Tabla velocidades de viento máximas por meses. Fuente: Puertos del Estado.

En la rosa de los vientos anual comprendida entre los años 2000 a 2020, se puede comprobar la dirección que suele tomar el viento en la zona, obteniendo estos datos del mismo punto. Se concluye que el régimen de vientos que predomina sobre la costa de Santa Pola es de componente NE (Nordeste) y ENE (Etenoreste).

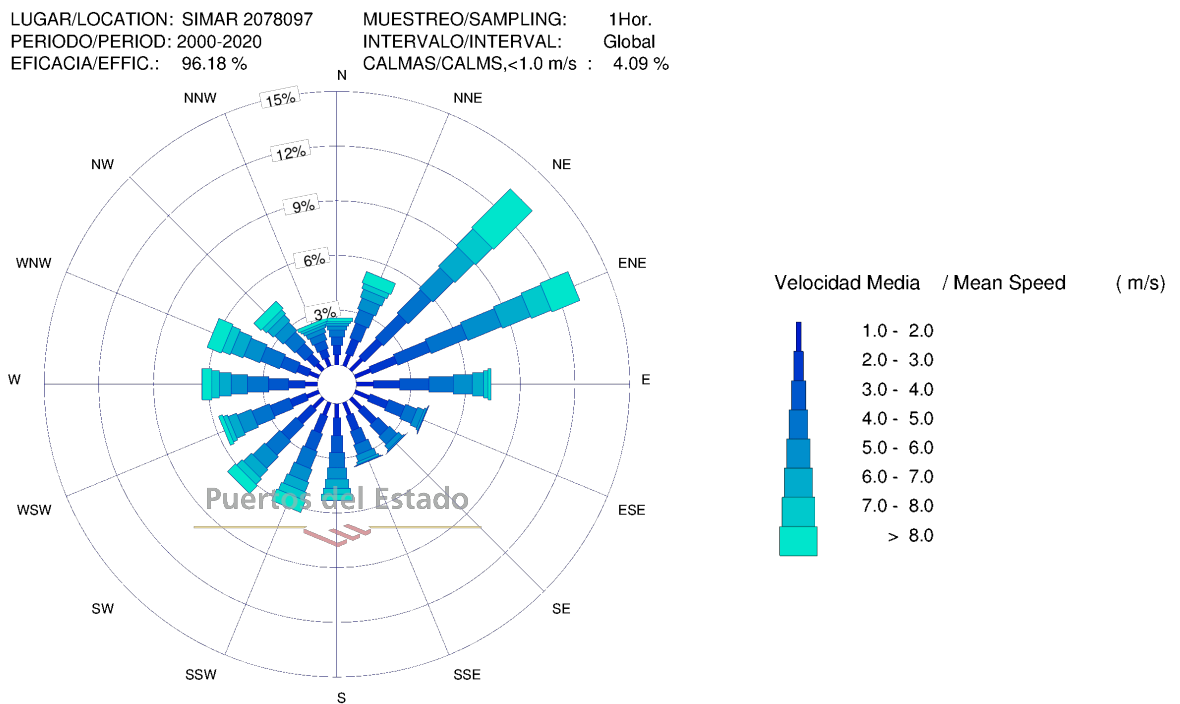


Ilustración 25: Rosa de los vientos. Fuente: Puertos del Estado.

Con la representación de la rosa de los vientos estacional se observa:

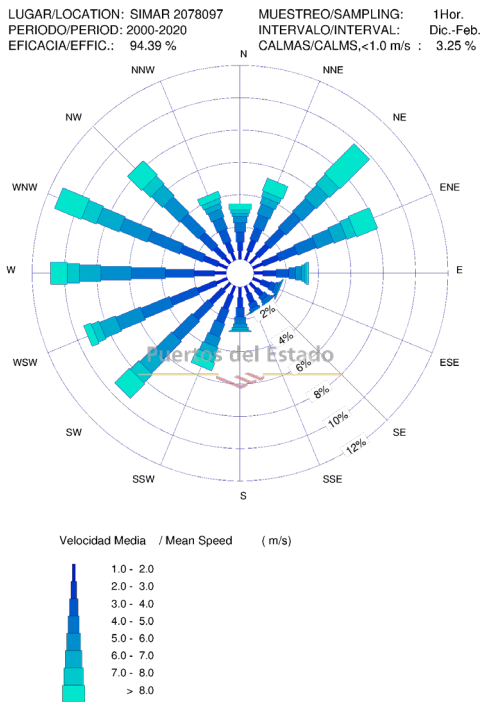


Ilustración 26: Rosa de los vientos en invierno. Fuente: Puertos del Estado.

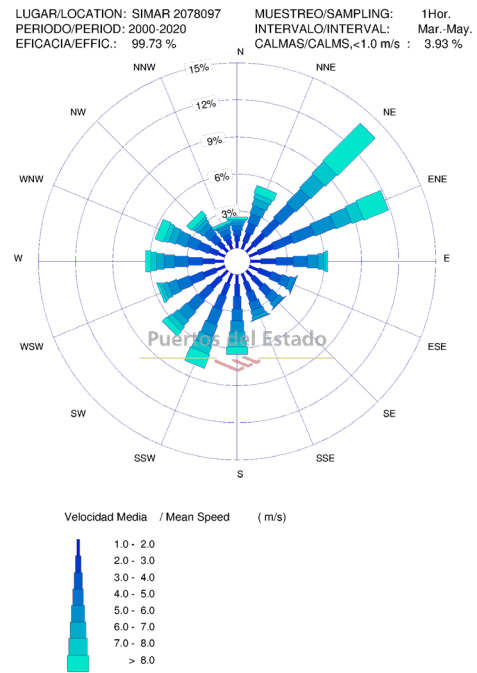


Ilustración 27: Rosa de los vientos en primavera. Fuente: Puertos del Estado.

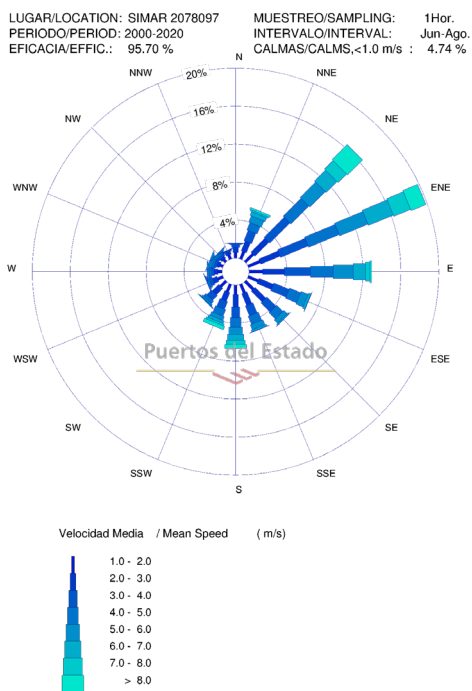


Ilustración 28: Rosa de los vientos en verano. Fuente: Puertos del Estado.

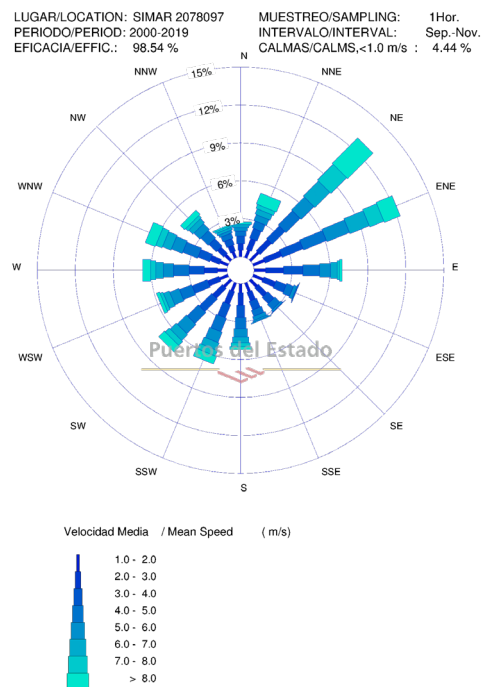


Ilustración 29: Rosa de los vientos en otoño. Fuente: Puertos del Estado.

- Invierno: predominan los vientos de componente W (Oeste) pero también son frecuentes los de componente SW (Sudoeste) y NE (Nordeste).
- Primavera: en este caso predominan los vientos de componentes NE (Nordeste) y ENE (Estenordeste).
- Verano: siguen predominando la componente ENE (Estenordeste) en mayor medida y NE (Nordeste).
- Otoño: en este caso en mayor medida la componente NE (Nordeste) y le sigue ENE (Estenordeste), parecido a la estacionalidad de primavera.

### 5.3. Oleaje

El principal responsable de la dinámica litoral y su evolución a lo largo del tiempo es el oleaje. Por lo que es imprescindible hacer un estudio de este, en régimen medio y régimen extremal.

El oleaje se entiende como las alteraciones de la superficie del mar producidas por la actuación continua del viento sobre una superficie (fletch) durante un cierto periodo de tiempo. Este fenómeno produce un conjunto de ondas aleatorias de forma más o menos irregular, con diferentes direcciones de propagación y con periodos de entre 1 y 30 segundos.

La caracterización y previsión del oleaje en profundidades intermedias o reducidas realizada en el presente apartado se ha efectuado en base a la información contenida en la Recomendación para Obras Marítimas, ROM 0.3-91 "Acciones Medioambientales I: Oleaje. Anejo I: Clima Marítimo en el Litoral Español".

La zona de estudio se enmarca en la cuadrícula 37.8°N-40.5° N y 1°W-2°E, siendo de aplicación el Atlas de Clima Marítimo correspondiente en el área VII.

#### 5.3.1. Régimen medio

Se puede definir como régimen medio de una serie temporal al conjunto de estados de oleaje que más probablemente nos podemos encontrar.

Para el estudio del régimen del oleaje se obtiene la información del nodo SIMAR 2078097, lo suficiente alejado para que se encuentre en aguas profundas.

Punto SIMAR: (2078097)	
Acceso a datos	Información
Longitud	0.50° O
Latitud	38.08° N
Código modelo	2078097
Cadencia	60 min
Malla	AIB
Conjunto de datos	<a href="#">Punto SIMAR</a>




Ilustración 30: Referencia al punto SIMAR. Fuente: Puertos del Estado.



Ilustración 31: Localización del punto SIMAR. Fuente: Puertos del Estado.

Estudiando los datos obtenidos de este punto SIMAR, las rosas de oleaje ofrecen información como la dirección de la que provienen las olas, la altura de ola significativa y la frecuencia con que se dan. Se analiza la correspondiente al intervalo de tiempo comprendido entre los años 1970 y 2020.

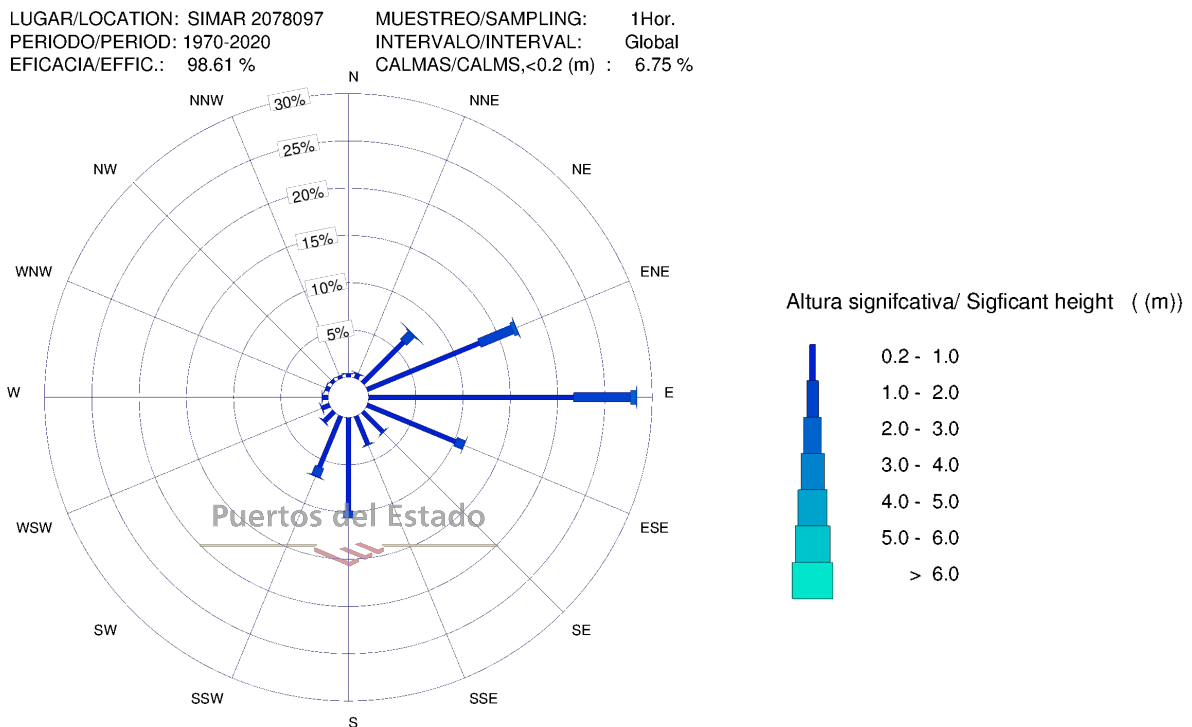


Ilustración 32: Rosa del oleaje. Fuente: Puertos del Estado.

La dirección predominante es la de E (Este) con una frecuencia casi del 30%, y donde la altura máxima de ola significativa ( $H_s$ ) está comprendida entre 2-3 metros. Le sigue la dirección ENE (Esenordeste) con una frecuencia de casi un 20%. El resto de direcciones son menos representativas. El porcentaje de calma es de 6.75% y cuenta con una eficacia de 98.61%.

La altura de ola significativa ( $H_s$ ) está comprendida en la rosa de oleaje entre 2-3 metros, como marca el Ministerio de Fomento en el artículo 4 del Real Decreto 1861/2004 de 6 de Septiembre, por el que se indica altura significativa de ola según el punto geográfico. La zona de estudio indica una altura de 2.8 metros.

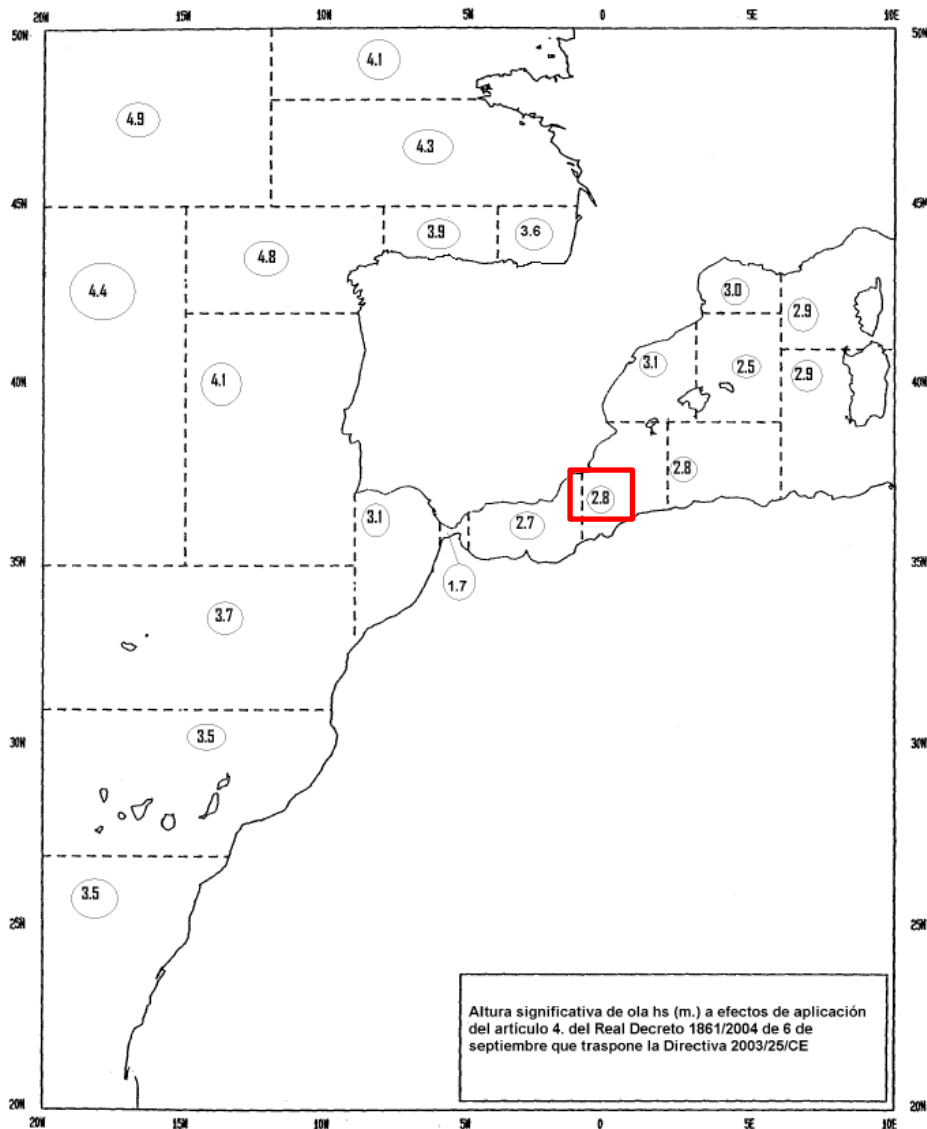


Ilustración 33: Mapa altura de ola significativa según punto geográfico. Fuente: Ministerio de Fomento.

También se puede analizar el oleaje a través de la rosa de oleaje estacional:

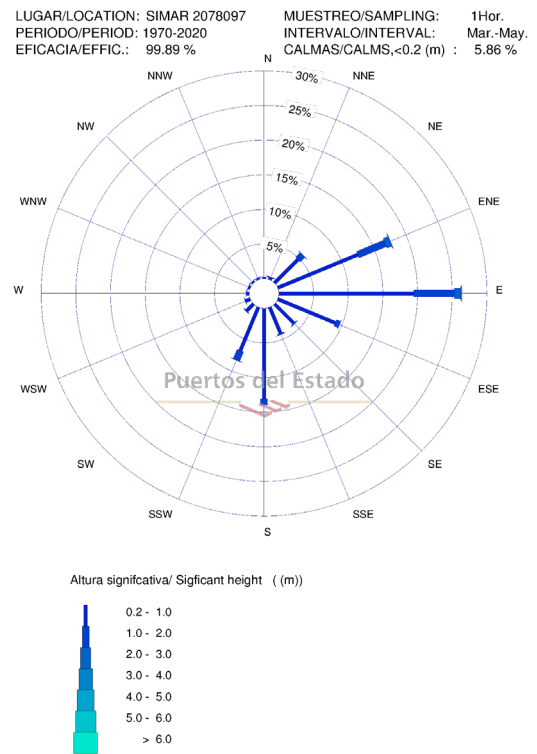
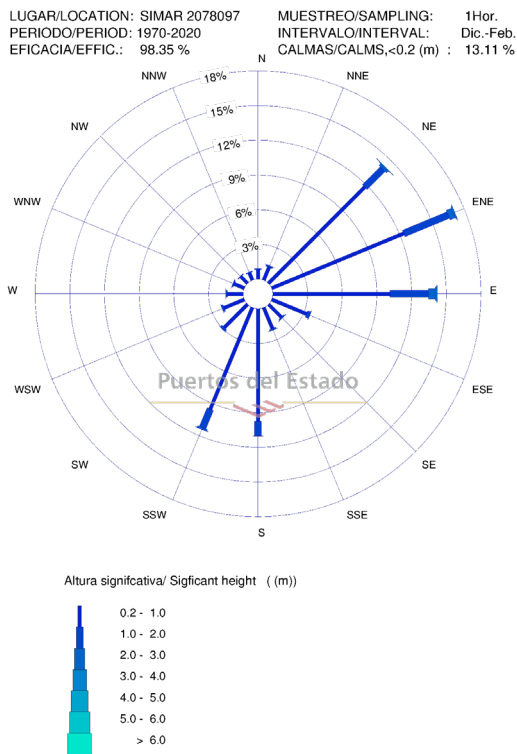


Ilustración 34: Rosa del oleaje en invierno. Fuente: Puertos del Estado.

Ilustración 35: Rosa del oleaje en primavera. Fuente: Puertos del Estado.

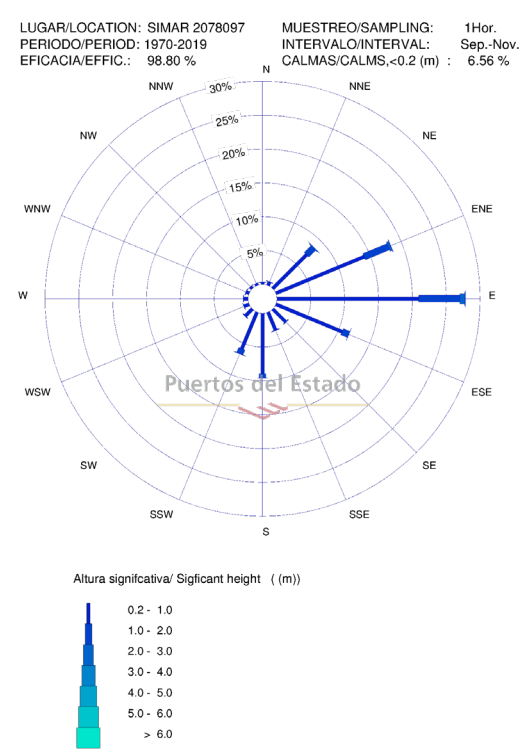
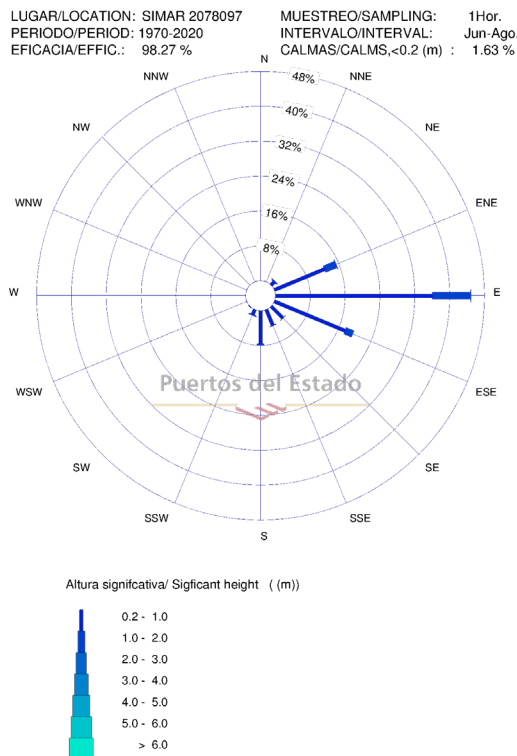


Ilustración 36: Rosa del oleaje en verano. Fuente: Puertos del Estado.

Ilustración 37: Rosa del oleaje en otoño. Fuente: Puertos del Estado.

Como se puede apreciar, el oleaje predominante en todas las estaciones se encuentra en el primer cuadrante. En invierno predomina ENE (Estenordeste) con una frecuencia casi del 18%, en mayor medida, y NE (Nordeste) y E (Este) casi alcanzando el 15%.

Tanto en primavera, verano y otoño podemos ver que el oleaje dominante es el de dirección E (Este).

Además, se va analizar la relación entre las alturas significativas de ola y los periodos de pico, obteniendo la tabla correspondiente que se muestra para los años comprendidos entre 1958 y 2020.

Hs: Altura Significante de Oleaje/Waves Significant Height	metros/meters				
Tp: Periodo de Pico/Peak Period	segundos/seconds				
Dir: Direccion media de procedencia/Mean Direction, "coming from"	0= Norte/North;90= Este/East				
Punto SIMAR / SIMAR Point2078097 1958 - 2020					
Mes/Month	Hs Max./Max. Hs	Tp	Dir	Dia/Day	Hora/Hour
Enero/January	7.63	12.11	51	20	04
Febrero/February	4.29	9.90	88	21	04
Marzo/March	4.40	7.92	76	13	12
Abril/April	4.35	10.31	88	09	00
Mayo/May	3.76	9.17	80	01	09
Mayo/May	3.76	9.17	80	01	10
Junio/June	3.36	9.35	88	26	13
Julio/July	2.61	7.52	76	31	19
Agosto/August	2.73	7.62	67	25	09
Septiembre/September	3.52	9.35	112	06	06
Octubre/October	4.87	9.71	93	19	07
Noviembre/November	4.29	9.71	86	28	05
Noviembre/November	4.29	9.90	87	28	06
Diciembre/December	4.97	10.02	50	01	09

Ilustración 38: Tabla altura significativa de ola y periodos pico. Fuente: Puertos del Estado.

Observando esta tabla, la altura significativa de ola corresponde al mes de enero con un valor de 7.63 metros.

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	0.243	4.857	9.177	10.927	7.663	5.070	3.216	1.592	0.457	0.072	43.273
1.0	-	-	0.441	3.624	8.268	13.302	7.349	3.877	2.606	1.414	0.413	41.294
1.5	-	-	0.001	0.108	0.868	3.126	4.126	1.390	0.887	0.539	0.309	11.354
2.0	-	-	-	0.001	0.028	0.262	1.012	0.825	0.303	0.192	0.118	2.741
2.5	-	-	-	-	0.002	0.006	0.167	0.378	0.171	0.094	0.035	0.855
3.0	-	-	-	-	-	-	0.009	0.112	0.113	0.064	0.013	0.311
3.5	-	-	-	-	-	-	-	0.017	0.046	0.038	0.012	0.113
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.015	0.023	0.009	0.046
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	0.008	0.002	0.012
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001	-	0.002
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.243	5.299	12.910	20.093	24.359	17.732	9.816	5.736	2.829	0.984	100 %

Ilustración 39: Tabla periodo de pico VS altura significativa en %. Fuente: Puertos del Estado.



También se va a estudiar la tabla que analiza la dirección del oleaje con la altura de ola.

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	7.338												7.338
N 0.0	.179	.107	.024	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	.315
NNE 22.5	.255	.199	.042	.011	-	-	-	-	-	-	-	-	.508
NE 45.0	3.111	3.023	.785	.227	.069	.018	.013	.006	.002	-	-	-	7.254
ENE 67.5	4.580	8.169	2.707	.730	.247	.093	.028	.011	.002	-	-	-	16.567
E 90.0	8.311	13.473	4.915	1.378	.481	.190	.067	.028	.008	.001	-	-	28.851
ESE 112.5	5.382	4.933	.941	.104	.007	.002	.001	-	-	-	-	-	11.370
SE 135.0	2.005	.946	.086	.017	.002	-	-	-	-	-	-	-	3.057
SSE 157.5	2.075	1.107	.095	.008	.002	-	-	-	-	-	-	-	3.287
S 180.0	5.376	4.701	.722	.090	.012	.001	-	-	-	-	-	-	10.903
SSW 202.5	2.499	3.335	.791	.135	.029	.006	.004	-	-	-	-	-	6.800
SW 225.0	.855	.497	.062	.008	-	-	-	-	-	-	-	-	1.423
WSW 247.5	.450	.279	.046	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	.784
W 270.0	.322	.201	.038	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	.565
WNW 292.5	.228	.125	.039	.009	.002	-	-	-	-	-	-	-	.403
NW 315.0	.194	.079	.021	.004	-	-	-	-	-	-	-	-	.299
NNW 337.5	.165	.081	.027	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	.276
Total	7.338	35.988	41.255	11.343	2.738	.854	.311	.113	.046	.012	.002	-	100 %

Ilustración 40: Tabla altura significativa VS dirección de procedencia en %. Fuente: Puertos del Estado.

Por último, también se utilizará el siguiente gráfico en papel probabilístico, que relaciona en el eje de ordenadas la altura de ola significativa (Hs) en metros, y en el eje de abscisas la probabilidad de no excedencia, tiene por objeto la representación del régimen medio escalar mediante una recta. Se empleará más adelante para el cálculo de Hs12, la altura de ola significativa superada 12 horas al año, es decir altura de ola que tiene una probabilidad de no excedencia de 0.998.

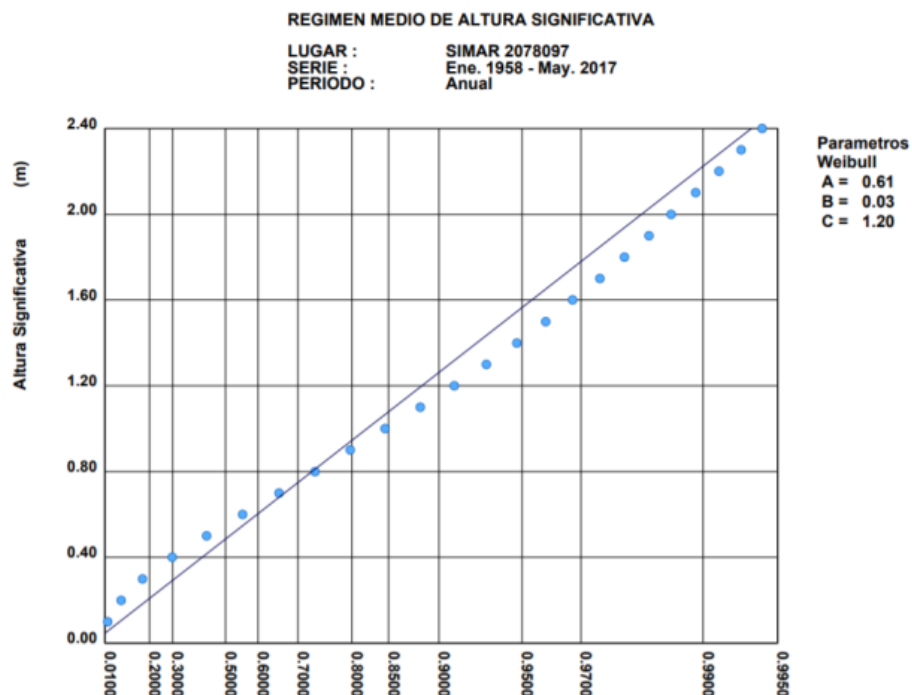


Ilustración 41: Gráfico altura significativa VS probabilidad de no excedencia. Fuente: Puertos del Estado.

### 5.3.2. Régimen extremal

La seguridad y la operatividad del puerto están condicionadas por la aparición de temporales. Es necesario estimar la probabilidad o frecuencia de que un cierto valor de altura significativa ( $H_s$ ) sea superado. Relaciona los valores máximos previsibles de esta variable con el periodo de retorno o de recurrencia, entendiéndose como tal, el intervalo medio de tiempo entre dos excedencias consecutivas de la variable.

El método utilizado es el Método de los Máximos Relativos sobre el Umbral (POT) basado en la extracción de las tormentas individuales registradas en las series temporales, no dependientes entre sí por su proximidad en el tiempo, que superen un cierto umbral de altura de ola significativa en el pico del temporal, adoptando como muestra de partida para la obtención del régimen extremal del conjunto de valores alcanzados por la altura de ola significativa en el pico de cada uno de los temporales así seleccionados.

En este estudio se ha empleado el ajuste extremal escalar realizado a los datos de la Boya Costera de Alicante, aunque esta se encuentra inactiva en la actualidad, es la más cercana a nuestra zona de estudio; se encuentran datos hasta el año 2014.

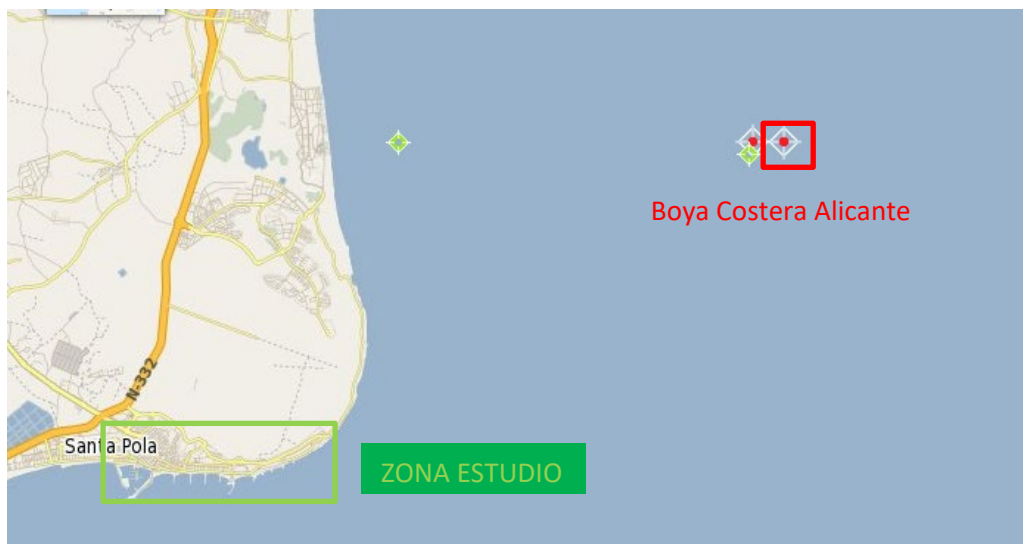


Ilustración 42: Localización Boya costera Alicante. Fuente: Puertos del Estado.

Boya Costera de Alicante	
Acceso a datos	Información
Longitud	0.41° O
Latitud	38.25° N
Cadencia	60 Min
Código	1616
Profundidad	52 m
Inicio de medidas	26-9-1985
Última medida	15-1-2014
Tipo de sensor	Direccional
Conjunto de datos	REDCOS


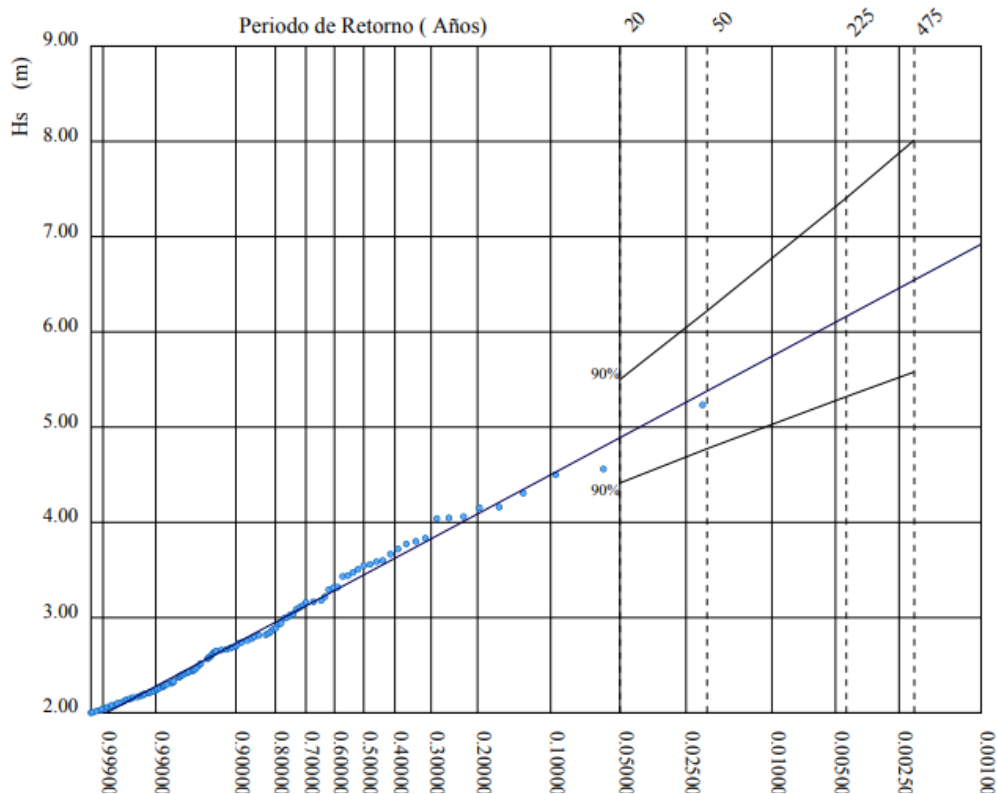


Ilustración 43: Referencia Boya costera de Alicante. Fuente: Puertos del Estado.

En la siguiente gráfica se representan las probabilidades de excedencia anual en el eje de abscisas y en el eje de ordenadas las alturas de los temporales. La recta representa la distribución de Weibull ajustada y los puntos constituyen las observaciones reales. El límite superior de la banda se asocia a un nivel de confianza del 90%.

REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLEAJE

LUGAR : Boya de Alicante  
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Sep. 1985 - Ene. 2014  
 PROFUNDIDAD : 52.0



P. de Retorno ( Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	4.89	5.38	6.17	6.55
Banda Sup. 90% Hs	5.50	6.22	7.41	8.01
Valor Esperado de Tp (s)	10.46	10.96	11.71	12.05
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	2.00 (m)	Parametros de la	Alfa = 1.91
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.71
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	7.47	de Excedencias	Gamma = 1.12

Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$T_p = 4.83 H_s^{0.49}$$

Ilustración 44: Altura significativa VS probabilidad de excedencia. Fuente: Puertos del Estado.

## 5.4. Corrientes

El estudio de las corrientes actuantes es importante para determinar las acciones mecánicas sobre la actuación, producidas por las mismas.

Las corrientes en las costas del Mediterráneo español están claramente influenciadas por la corriente generada en el Estrecho de Gibraltar, con entrada de aguas desde el Atlántico hacia el Mediterráneo. El origen de esta corriente es la diferencia de salinidad existente entre las aguas del Océano Atlántico y las del Mediterráneo.

El Mar Mediterráneo es un mar cerrado, con escasas aportaciones fluviales y temperaturas cálidas, lo que provoca importantes evaporaciones y salinidad más elevadas que las del Atlántico. Esto se traduce en un nivel medio del mar ligeramente inferior al del Atlántico.

Este mar está constituido por varias cuencas más o menos cerradas, las cuales quedan separadas entre sí por umbrales submarinos. Esta separación condiciona la repartición de las masas de agua y la distribución de las corrientes en cada cuenca. Hay movimientos superficiales a lo largo del litoral y que giran alrededor de cada cuenca en sentido inverso al de las aguas del reloj. En las costas del litoral europeo además las corrientes profundas son del mismo sentido que las superficiales.

En cuanto a las corrientes litorales, se observa la existencia de una circulación general costera NE-SW en la mayor parte del año salvo en los meses de mayo y julio en los que se dirige de SSW a NNE. Sin embargo, estas corrientes no superan altas velocidades y su efecto en el transporte litoral es mínimo, ya que se ven compensadas en parte por otras corrientes estacionalmente alternativas.

Sobre estas corrientes generales, se superponen las debidas a la refracción del oleaje, o corrientes de rompiente. Partiendo del oleaje incidente, la orientación y batimetría de la costa podría definirse en teoría la intensidad y el sentido de tales corrientes. En la zona se determina un oleaje dominante del E (Este), por lo tanto, sobre la costa de Santa Pola se producen corrientes de rompiente de esta dirección E-W la mayor parte del año; no obstante, la complejidad de la costa con numerosas puntas y cabos, la zona de sombra para las distintas configuraciones de planos de ola y la existencia de la Isla de Tabarca dan lugar a corrientes contrarias en algunos puntos, complicando la caracterización de estas.

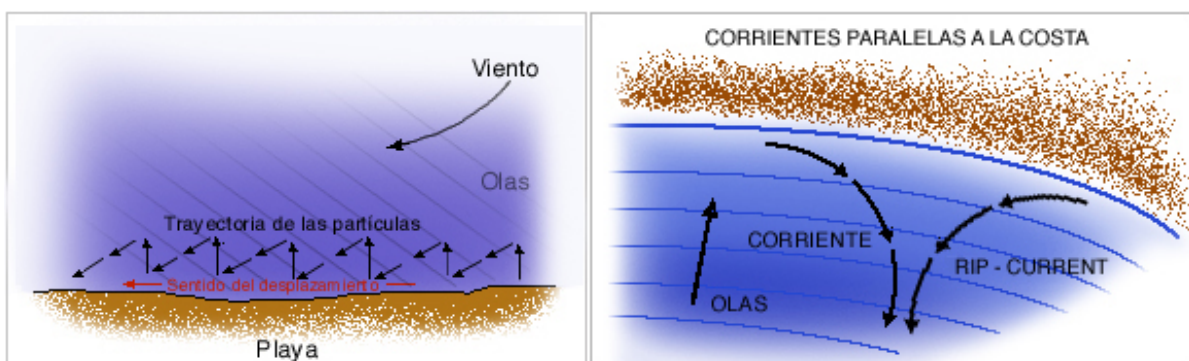


Ilustración 45: Corrientes inducidas por el oleaje. Fuente: Google.

Es decir, se encuentra en una región donde las dos corrientes confluyen en alta mar dirigiéndose unidas hacia el E pero cuyas efectos en la proximidad de la costa son cambiantes según predomine una u otra componente debido a causas cuya acción se encuentra a veces muy alejada de esta región.

Las mediciones de la corriente general mediterránea realizadas en el Golfo de Valencia, indican que se caracteriza por la existencia de largos períodos de calma relativa (con velocidades comprendidas entre 0.05 y 0.15 m/s) con intercalaciones de breves períodos de fuertes corrientes (con velocidades cercanas a los 0.5 m/s e incluso superando este valor).

## ANEJO 6: DINÁMICA LITORAL

### 6.1. Introducción

El presente anejo tiene como objetivo analizar en profundidad el transporte sólido litoral en el tramo de costa que se estudia.

La cuantificación de este es esencial para actuar sobre una playa. Permite evaluar cualitativa y cuantitativamente el transporte, para poder establecer criterios de diseño y localización de las obras a proyectar.

Por una parte, se confirmará que la dirección predominante es la que se ha mencionado en el anejo 5 de clima marítimo; por otra parte, cuantificar el transporte de sedimentos paralelo a la orilla, una vez cuantificado el transporte de sedimentos se realizará un modelado de la costa para poder observar las zonas más propensas a la erosión.

### 6.2. Orientación de la playa

Conocer la orientación de la playa es esencial, ya que a partir de ello y conociendo las posibles barreras que influyen en nuestra área de estudio podemos acotar otros parámetros eliminando aquellos que no vayan a repercutir en nuestra playa.

La zona de estudio de Santa Pola tiene un ángulo respecto al Norte de 90 grados hacia el E (Este) y 67.5 grados hacia el ENE (Esterondeste).



Ilustración 46: Orientación de la playa. Fuente: Elaboración propia.

Se ha simplificado la línea de costa a una línea rectilínea para evitar las irregularidades del terreno y se ha representado la línea cero, la cual es perpendicular a la costa a 90 grados y 67.5 grados de la dirección Este.



Ilustración 47: Orientación de la playa. Fuente: Elaboración propia.

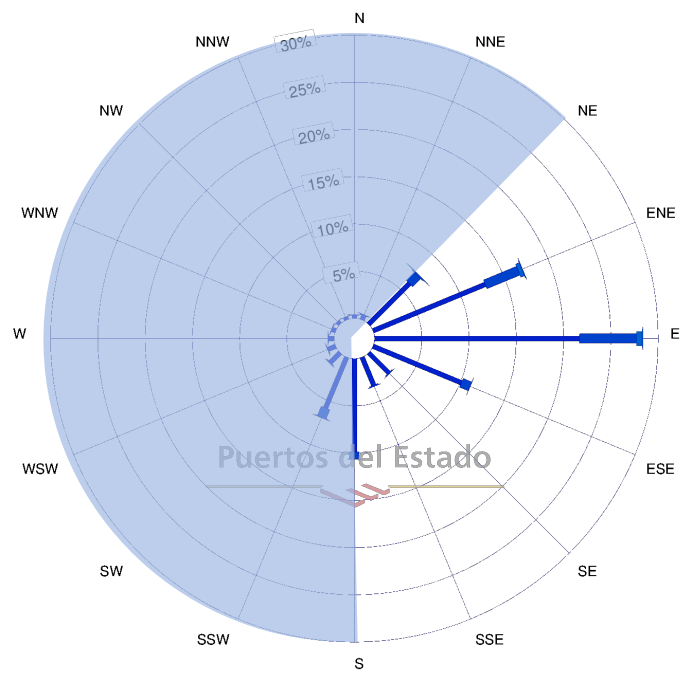


Ilustración 48: Direcciones posibles del oleaje. Fuente: Puertos del Estado.

En esta última ilustración se muestran las direcciones posibles en las cuales puede incidir el oleaje en los tramos de costa. Los ángulos de incidencia  $\alpha_0$  son:

Dirección	Ángulo de incidencia
NE	45
ENE	67.5
E	90
ESE	112.5
SE	135
SSE	157.5
S	180

Ilustración 49: Ángulo de incidencia según direcciones. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 50: Direcciones significativas. Fuente: ROM 0.3-91.

### 6.3. Evolución de la línea de costa

Se ha estudiado la evolución de la línea de costa a partir de la información obtenida por el visor cartográfico de la Generalitat desde 1956; desde el Puerto de Santa Pola hasta el Cabo de Santa Pola (Calas del Este).

En las siguientes imágenes se analizará dicha evolución de esta parte de la costa de Santa Pola, examinando la dinámica litoral y las zonas de erosión y sedimentación de la playa.





Ilustración 51: Líneas de costa. Fuente: Elaboración propia.

En la primera imagen se analizan de oeste a este, la playa del Levante seguida de las calas de Santiago Bernabéu (una sucesión de pequeñas playas separadas artificialmente mediante espigones); comprendidas entre el puerto de Santa Pola y el antiguo Astillero Vatasá, actualmente en desuso.



Ilustración 52: Líneas de costa. Fuente: Elaboración propia.

La segunda imagen corresponde a la playa de Varadero y las Calas del Este, donde toda la costa del cabo es estrecha y accidentada, con pequeñas calas que se encuentran bajo el acantilado.

Entre los años 1956 a 2002, se pasa de una línea de costa donde no había espigones, a donde ya se han construido para ganar superficie en la playa deteniendo el transporte sólido litoral e impedir el retroceso de la costa.

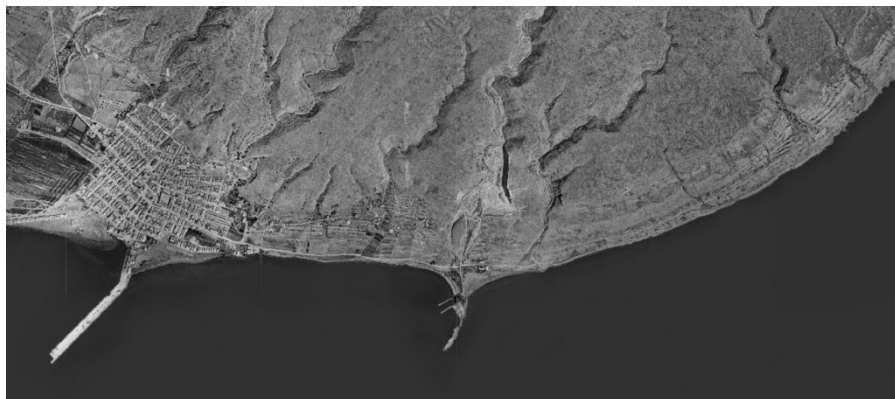


Ilustración 53: Línea de costa en 1956. Fuente: Ministerio de Fomento.

En el intervalo entre 2002 a 2005, y 2005 a 2009, se observa mayor aporte a la costa en la mayoría de las playas debido a los espigones construidos.

De 2009 a 2019 se aprecia un ligero nuevo retroceso de la costa debido a la dinámica litoral.

La playa de Levante, muestra un comportamiento estable, aunque con reducción de anchura en su extremo junto al espigón. El conjunto de las Calas de Santiago Bernabéu tiene tendencia positiva, las mayores acumulaciones se producen en las zonas centrales y occidentales de las calas, debido al efecto de contención que los espigones ejercen sobre el transporte de sedimentos asociados a los oleajes de Levante.

La playa de Varadero reduce su anchura con el paso de los años, no obstante, ahora se mantiene. La mayor pérdida de arena se observa en el sector oriental junto al espigón. En las Calas del Este, se observa una regresión desfavorable cuanto más cerca del Cabo de Santa Pola. En la cala 6 se observa un aumento de anchura del orden de 6 metros; en cambio las calas 7 y 8 reducen su anchura en los tramos más orientales.

#### 6.4. Transporte sólido litoral

La línea de costa está en continuo movimiento, cambiando de forma y posición, en función de los agentes externos que afectan. La dinámica litoral es el conjunto de procesos que suceden en la costa debido a dichos agentes como el viento, el oleaje, las variaciones del mar y las corrientes.

El transporte sólido litoral consiste en el movimiento hacia la costa de sedimentos que pueden llegar a ser desde arenas finas hasta gruesos como la grava. Llega a la costa por muchos procesos tanto físicos, biológicos químicos y mecánicos.

El movimiento de los sedimentos se puede estudiar en dos zonas. La más próxima a la costa, comprendida entre la playa seca y la zona de rompientes, se denomina zona "onshore" y la más alejada "offshore" que se extiende mar adentro desde la zona de rompientes hasta la profundidad

de cierre. En la primera existen movimientos tanto transversales como longitudinales, es donde se moviliza mayor cuantía de sedimentos. Mientras que, en la segunda, el movimiento es de carácter transversal.

Para el cálculo del transporte sólido litoral hay que calcular la profundidad de cierre, una distancia en la que la superficie del fondo deja de ser agitada por la acción de la ola y más allá de la cual no hay cambios significativos. Teniendo en cuenta la formulación de Hallermeier:

$$d_1 = 2.28H_{12} - 68.90\left(\frac{H_{12}^2}{gT^2}\right)$$

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

Partiendo de las mediciones analizadas, se realiza el ajuste del método teórico de Weibull en régimen medio anual.

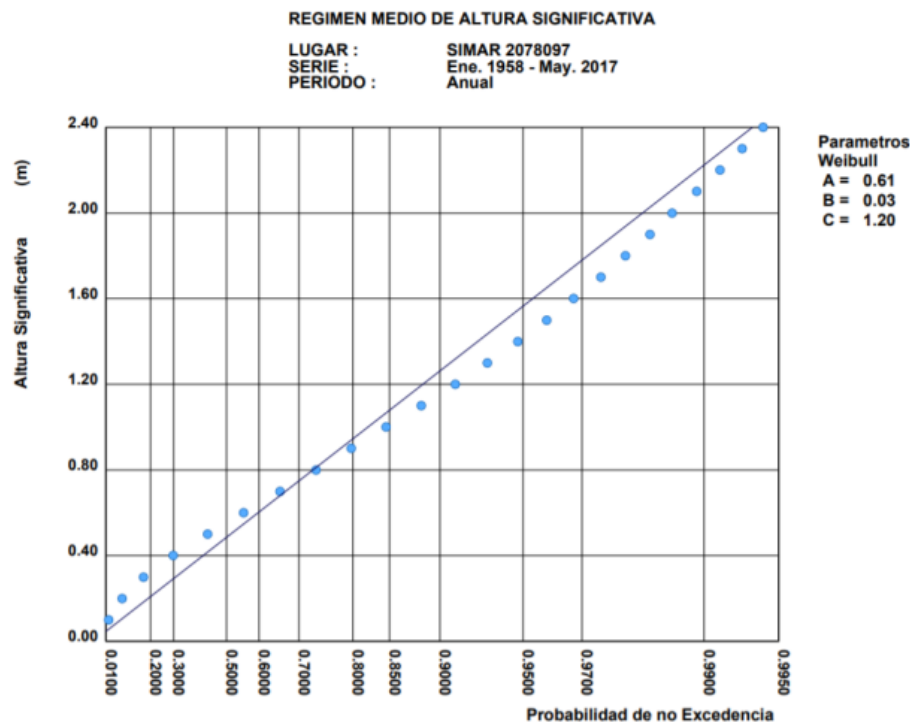


Ilustración 54: Gráfico altura significativa VS probabilidad de no excedencia. Fuente: Puertos del Estado.

Atendiendo a la expresión de la distribución de Weibull anteriormente mencionada:

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

Y con los valores de los parámetros ajustados en el régimen medio anual:  $A=0.61$ ;  $B=0.03$ ;  $C=1.20$ , se puede obtener la altura de ola significativa superada 12 horas al año,  $H_{s12}$ ; que se define como aquella altura de ola que tiene una probabilidad de NO excedencia de 0.998.

$$\frac{12}{8760} = e^{-\left(\frac{x-0.03}{0.61}\right)^{1.20}}$$

↓

$$H_{s12} = 2.97 \text{ m}$$

$$T_p = 4.83 \cdot H_s^{0.49} = 8.23 \text{ s}$$

Para el cálculo de la profundidad de cierre, la aceleración de la gravedad será  $9.8 \text{ m/s}^2$ , una  $H_{s12}$  a través del régimen medio del punto SIMAR 2078097,  $T_p$  el valor del periodo pico correspondiente a la altura de ola  $H_{s12}$ .

$$d_1 = 2.28H_{s12} - 68.90 \left(\frac{H_{s12}^2}{gT^2}\right) = (2.28 \cdot 2.97) - 68.90 \left(\frac{2.97^2}{9.8 \cdot 8.23^2}\right)$$

↓

$$d_1 = 5.856 \text{ m}$$

#### 6.4.1. Transporte sólido litoral transversal

La zona situada entre la línea de rompientes y la playa, conocida como “onshore”, comprende la zona de “surf” donde las olas rotas emergen hacia delante con gran turbulencia.

Si el oleaje avanza de forma paralela a la batimetría de la costa se produce un movimiento transversal cuyo efecto es la formación del perfil de playa de acuerdo con las características del oleaje. Estos perfiles, que se denominan SWELL si el mar es de fondo y SEA si el mar es de viento o temporal, varían de forma cíclica.

Unos casos de transporte transversal son las corrientes de retorno (rip-currents) y resaca (undertow), esta define el perfil de equilibrio en el alzado.

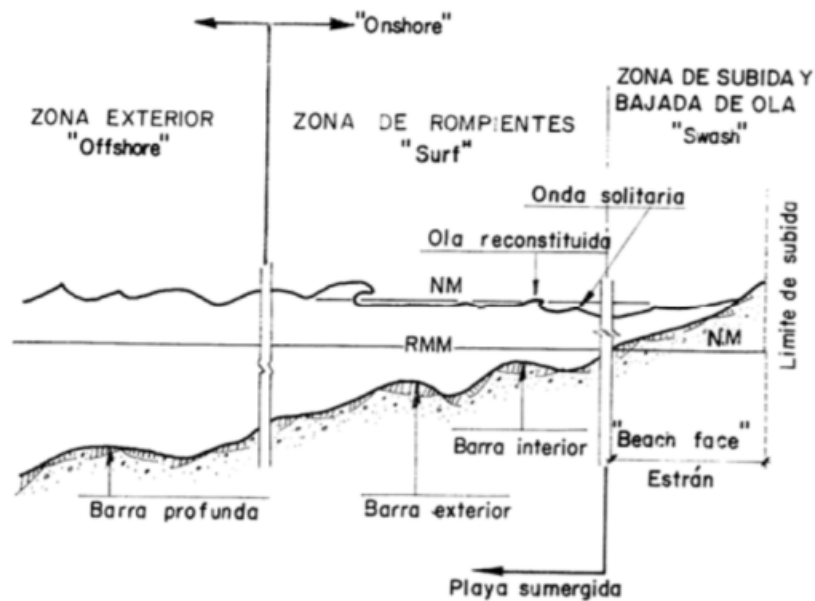


Ilustración 55: Perfil de playa transversal. Fuente: Google.

En las fichas de las playas de Santa Pola: la playa de Levante, playa de Varadero y Calas del Este. Obtenemos el ajuste de Dean los cuales son 0.15, 0.08 y 0.15 respectivamente; así como el perfil de playa existente.

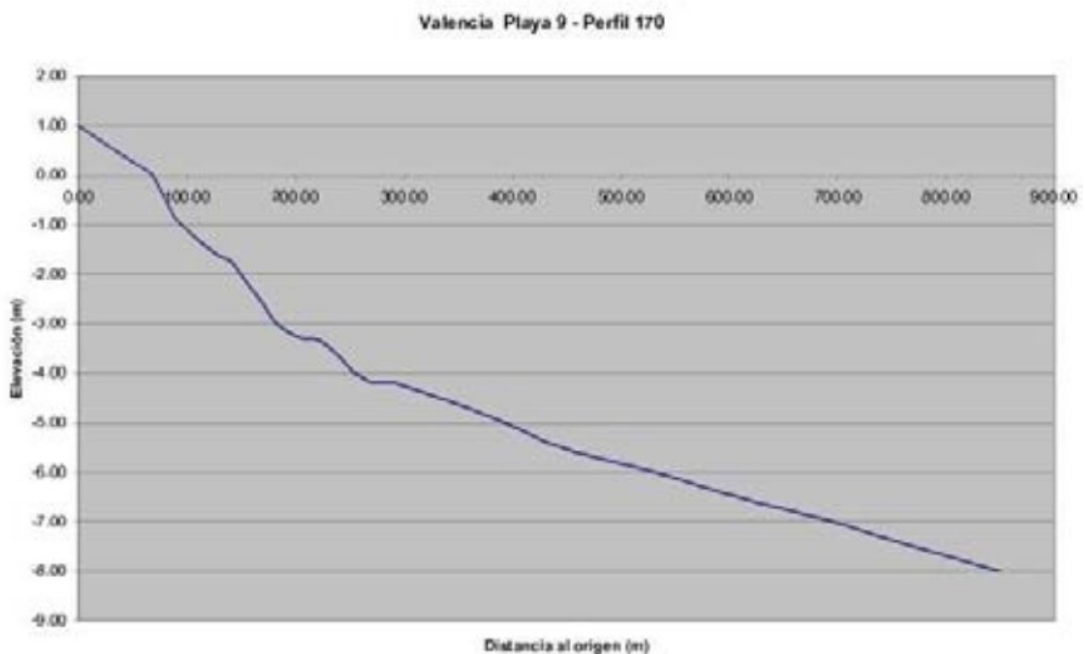


Ilustración 56: Perfil de playa de Santa Pola. Fuente: Ministerio de Fomento.

### 6.4.2. Transporte sólido litoral longitudinal

El transporte de sedimentos longitudinal (este es mucho más importante que el transversal para los problemas costeros y la respuesta morfodinámica de las playas) es la corriente de transporte que está constituida por el material (generalmente arena), que se mueve a lo largo de la costa debido principalmente a la acción del oleaje.

Tiene como característica que el material movido generalmente no regresa al mismo punto de partida. Tiene lugar en la zona de rompiente.



Ilustración 57: Esquema del transporte. Fuente: Asignatura obras marítimas.

Para el cálculo del transporte sólido litoral paralelo a la costa, se emplea el “método de flujo de energía”- CERC (Coastal Engineering Research Center, 1984), calcula el transporte total de sedimentos en sentido longitudinal, en la zona de rotura, generado por la acción de las olas aproximándose a la costa bajo un cierto ángulo. Se basa en que el transporte longitudinal de sedimentos es proporcional a la componente longitudinal del flujo de energía de la ola por metro de línea de costa, en el borde exterior de la zona de rotura.

Como aproximación y suponiendo una batimetría ideal, se obtiene la simplificación:

$$Q(m^3/año) = \sum [2.027 \cdot 10^6 \cdot H_0^{5/2} \cdot (\cos \alpha_0)^{1/4} \cdot \text{sen}(2 \alpha_0) \cdot K_p \cdot K_g]$$

- $\alpha_0$  Dirección del oleaje en profundidades indefinidas respecto de la normal de la costa, en grados sexagesimales.
- $H_0$  Altura de ola significativa en profundidades indefinidas.
- $Q$  Caudal en m<sup>3</sup>/año.
- $K_p$  Probabilidad de presentación de una determinada dirección del oleaje, en tanto por uno.
- $K_g$  Coeficiente geométrico

A través de la siguiente tabla, también utilizada en el anejo 5 de clima marítimo, de dirección del oleaje vs la probabilidad de ocurrencia de una altura de ola, se obtiene el valor de  $K_p$  :

Tabla Altura Significativa (Hs ) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)											Total	
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	> 5.0		
CALMAS	7.338												7.338
N 0.0		.179	.107	.024	.003	-	-	-	-	-	-	-	.315
NNE 22.5		.255	.199	.042	.011	-	-	-	-	-	-	-	.508
NE 45.0		3.111	3.023	.785	.227	.069	.018	.013	.006	.002	-	-	7.254
ENE 67.5		4.580	8.169	2.707	.730	.247	.093	.028	.011	.002	-	-	16.567
E 90.0		8.311	13.473	4.915	1.378	.481	.190	.067	.028	.008	.001	-	28.851
ESE 112.5		5.382	4.933	.941	.104	.007	.002	.001	-	-	-	-	11.370
SE 135.0		2.005	.946	.086	.017	.002	-	-	-	-	-	-	3.057
SSE 157.5		2.075	1.107	.095	.008	.002	-	-	-	-	-	-	3.287
S 180.0		5.376	4.701	.722	.090	.012	.001	-	-	-	-	-	10.903
SSW 202.5		2.499	3.335	.791	.135	.029	.006	.004	-	-	-	-	6.800
SW 225.0		.855	.497	.062	.008	-	-	-	-	-	-	-	1.423
WSW 247.5		.450	.279	.046	.009	-	-	-	-	-	-	-	.784
W 270.0		.322	.201	.038	.003	-	-	-	-	-	-	-	.565
WNW 292.5		.228	.125	.039	.009	.002	-	-	-	-	-	-	.403
NW 315.0		.194	.079	.021	.004	-	-	-	-	-	-	-	.299
NNW 337.5		.165	.081	.027	.003	-	-	-	-	-	-	-	.276
Total	7.338	35.988	41.255	11.343	2.738	.854	.311	.113	.046	.012	.002	-	100 %

Ilustración 58: Tabla altura significativa VS dirección de procedencia en %. Fuente: Puertos del Estado.

Altura de ola - Dirección predominante														
DIR.	Grados	≤0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	<5	Total	Kp
NE	45	3,111	3,023	0,785	0,227	0,069	0,018	0,013	0,006	0,002	-	-	7,254	0,07254
ENE	67,5	4,58	8,169	2,707	0,73	0,247	0,093	0,028	0,011	0,002	-	-	16,567	0,16567
E	90	8,311	13,473	4,915	1,378	0,481	0,19	0,067	0,028	0,008	0,001	-	28,852	0,28852
ESE	112.5	5,382	4,933	0,941	0,104	0,007	0,002	0,001	-	-	-	-	11,370	0,11370
SE	135	2,005	0,946	0,086	0,017	0,002	-	-	-	-	-	-	3,057	0,03057
SSE	157,50	2,075	1,107	0,095	0,008	0,002	-	-	-	-	-	-	3,287	0,03287
S	180	5,376	4,701	0,722	0,090	0,012	0,001	-	-	-	-	-	10,903	0,10903
SSW	202,5	2,499	3,335	0,791	0,135	0,029	0,006	0,004	-	-	-	-	6,800	0,06800
SW	225	0,855	0,497	0,062	0,008	-	-	-	-	-	-	-	1,423	0,01423
WSW	247,5	0,450	0,279	0,046	0,009	-	-	-	-	-	-	-	0,784	0,00784

Ilustración 59: Altura de ola VS dirección. Fuente: Elaboración propia.

Para la profundidad del oleaje en profundidades indefinidas respecto a la normal de la costa ( $\alpha_0$ ) y el coeficiente geométrico ( $K_g$ ), se utilizará la imagen del apartado 6.2. Orientación de la playa, donde se representa la línea de costa, su perpendicular y cómo influyen las direcciones en esta.

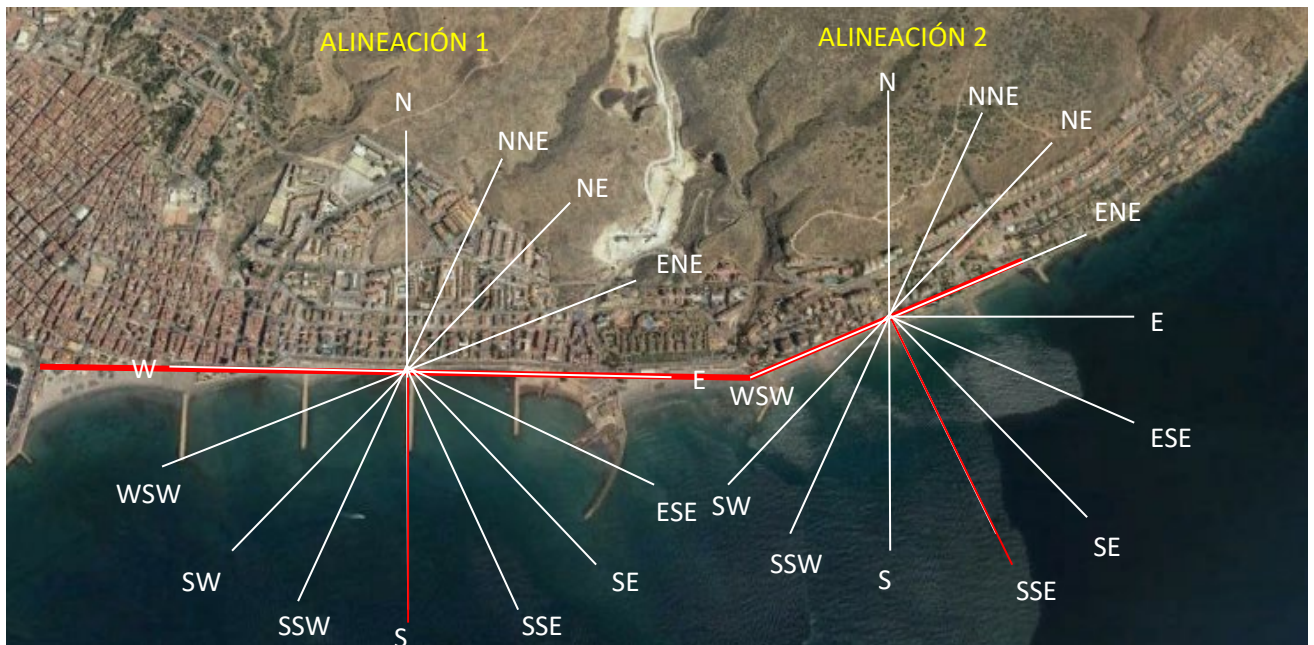


Ilustración 60: Líneas de costa VS direcciones. Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se representan los ángulos de incidencia para cada dirección y el coeficiente geométrico de la alineación 1 y la alineación 2:

		ALINEACIÓN 1		
		$\alpha$	Kg (+)	Kg (-)
ESE		67,5	1	0
SE		45	1	0
SSE		22,5	1	0
SSW		22,5	0	1
SW		45	0	1
WSW		67,5	0	1

		ALINEACIÓN 2		
		$\alpha$	Kg (+)	Kg (-)
E		67,5	1	0
ESE		45	1	0
SE		22,5	1	0
S		22,5	0	1
SSW		45	0	1
SW		67,5	0	1

Ilustración 61: Factores de dirección. Fuente: Elaboración propia.



Aplicando la anterior formulación expuesta, considerando como altura de ola la media del intervalo considerado en la tabla del régimen medio, del anejo 5.

El calculo del transporte sólido litoral longitudinal considerado como positivo de la alineación 1:

Ho												Q <sub>+</sub> (1)
	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,5	
ESE	4005,52	62439,91	223915,50	519283,16	973341,89	1607462,51	2440717,54	0,00	0,00	0,00	0,00	5831166,03
SE	1775,7	27680,48	99264,84	230205,41	431495,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	790422,37
SSE	1443,42	22500,67	80689,56	187127,42	350750,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	642511,83
<b>Total</b>												<b>7264100,23</b>

Ilustración 62: Caudal positivo. Fuente: Elaboración propia.

El calculo del transporte sólido litoral longitudinal considerado como negativo de la alineación 1:

Ho												Q <sub>-</sub> (1)
	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,5	
SSW	2986,08	46548,39	166926,98	387120,91	725617,59	1198348,79	1819532,89	0,00	0,00	0,00	0,00	4347081,63
SW	826,57	12884,96	46206,7	107158,12	200856,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	367933,01
WSW	276,19	4305,44	15439,74	35806,34	67115,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	122942,94
<b>Total</b>												<b>4837957,58</b>

Ilustración 63: Caudal negativo. Fuente: Elaboración propia.

Intersectando los dos transportes de caudales, se obtiene un caudal bruto potencial de 12.102.057,8 m<sup>3</sup>, y un caudal neto potencial de 2.426.142,65 m<sup>3</sup>.

Con la fórmula anterior se adopta un caudal excesivo, por lo que se corrige y se utilizará 2,027\*10<sup>3</sup>, en lugar de 2,027\*10<sup>6</sup>, para las dos alineaciones:

El calculo del transporte sólido litoral longitudinal considerado como positivo de la alineación 1 y 2:

Ho												Q <sub>+</sub> (1)
	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,5	
ESE	4,01	62,44	223,92	519,28	973,34	1607,46	2440,72	0,00	0,00	0,00	0,00	5831,17
SE	1,78	27,68	99,26	230,21	431,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	790,42
SSE	1,44	22,50	80,69	1887,13	350,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	642,51
<b>Total</b>												<b>7264,10</b>

Ho												Q <sub>+</sub> (2)
	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,5	
E	10,16	158,44	568,19	1317,69	2469,87	4078,96	6193,35	8857,18	12111,27	15993,79	0,00	51758,9
ESE	6,6	102,95	369,19	856,2	1604,86	2650,41	4024,3	0,00	0,00	0,00	0,00	9614,51
SE	1,34	20,93	75,05	174,04	326,23	538,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1136,35
Total												62509,76

Ilustración 64: Caudal positivo. Fuente: Elaboración propia.

$$Q_{+}(1,2) = 7264,10 + 62509,76 = 69773,86 \text{ m}^3$$

El calculo del transporte sólido litoral longitudinal considerado como negativo de la alineación 1 y 2:

Ho												Q <sub>-</sub> (1)
	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,5	
SSW	2,99	46,55	166,93	387,12	725,62	1198,35	1819,53	0,00	0,00	0,00	0,00	4347,08
SW	0,83	12,88	46,21	107,16	200,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	367,93
WSW	0,28	4,31	15,44	35,81	67,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	122,94
Total												4837,96

Ho												Q <sub>-</sub> (2)
	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,5	
S	4,78	74,63	267,65	620,7	1163,44	1921,4	2917,4	0,00	0,00	0,00	0,00	6970
SSW	3,95	61,57	220,81	512,08	959,85	1585,18	2406,88	3442,11	0,00	0,00	0,00	9192,43
SW	0,5	7,81	28,02	64,98	121,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	223,11
Total												16385,54

Ilustración 65: Caudal negativo. Fuente: Elaboración propia.

$$Q_{-}(1,2) = 4837,96 + 16385,54 = 21223,50 \text{ m}^3$$

Intersectando los dos transportes de caudales, se obitene un caudal bruto potencial de 90.773,36 m<sup>3</sup>, y un caudal neto potencial de 48.550,36 m<sup>3</sup>.

## ANEJO 7: ESTUDIO DE SOLUCIONES

### 7.1. Introducción

El estado de las playas es un asunto fundamental en la Comunidad Valenciana, ya que uno de los mayores y típicos problemas de estas costas es la erosión. Puede ser tanto por razones naturales, como inducidas por el hombre, lo que cambia el equilibrio existente en el sistema costero.

El principal objetivo de este anejo es encontrar la mejor solución que resuelva la problemática del lugar y que sepa equilibrar los parámetros de funcionalidad, economía, ambiental y estética; se seleccionará la alternativa que optimice los criterios de selección fijados.

Al introducir cambios en la distribución, pueden cambiar la línea de costa y, por lo tanto, cambiar la dinámica litoral de la zona.

### 7.2. Problemática actual

El tramo de costa de Santa Pola estudiado se trata mas o menos de unos 5 km, delimitado por el espigón principal del puerto, al Oeste; y el cabo de Santa Pola, en el Estenoreste.

Las dimensiones de la playa seca; es decir, los tramos de playa que están fuera del agua varían mucho a lo largo de todo el año. No obstante, la mayoría de tramo analizados se muestran estables o incluso presentan una moderada ganancia de anchura; y unos pocos la reducen (inferior a los 10 metros).

La playa de Levante, situada al norte del puerto, es un claro ejemplo de playa creada a partir de la acumulación de materiaes aportados por las corrientes y retenidos por el dique del puerto.

Las Calas de Santiago Bernabeu son calas artificiales creadas a partir de varios espigones de escollera contruidos perpendiculares a la costa. Por tanto, se modificó la costa para que se dieran procesos naturales de acumulación de materiales. Aun así se realizan aportes de sedimentos por acción antrópica tras grandes temporales.

La playa de Varadero se sitúa al norte de las calas de Santiago Bernabeu tras el dique de un peuqueño puerto (Vatasa), que actúa de estructura de retención, así como el espigón de escollera al norte que también favorece la retención y atenúa el oleaje, lo que evita la pérdida de material de la playa.

Las calas de Santa Pola del Este se sitúan en el Cabo de Santa Pola, se caracterizan por ser una costa de roca que tras la construcción de espigones de escollera, presenta la acumulación de arena que forma estas calas. Se trata de calas creadas artificialmente para atenuar el oleaje y evitar que afecte a las edificaciones de primera línea.

Como fuente de impacto, hay playas que se encuentra apoyadas en puerto de grandes dimensiones (Puerto de Santa Pola y Astillero Vatasa) que interrumpen la deriva litoral de sedimentos acentuando la erosión aguas debajo de las mismas, mientras que aguas arriba se crean zonas de acumulación de sedimentos; el litoral se encuentra seccionado por diques artificiales para la contención de arenas y existencia de elevadas concentraciones de arribazones de Posidonia oceánica.

### 7.3. Metodología y planeamiento del estudio

Se propondrá un conjunto de posibles alternativas que solucionen el problema costero. Para ello, se evaluarán todas estas opciones para seleccionar la que mejor se adapte a la problemática.

Por razones geométricas, no todas las soluciones a la erosión de las playas tienen cabida en esta zona de estudio, el material no se ajusta bien y siempre se debe considerar los estudios legales, ambientales y económicos. Todos estos parámetros ayudan para elegir la mejor solución.

A través de 5 fases se evaluará y elegirá la mejor propuesta:

- 1. Descripción de los métodos que vamos a utilizar para proteger y regenerar la costa.  
Definición de los métodos que actualmente existen, de protección y regeneración. Se descartarán algunos de los métodos.
- 2. Adaptación de las soluciones a esta costa.  
Se eliminarán las opciones que no sean válidas para este caso, a través de criterios cualitativos.
- 3. Analizar las alternativas que si son viables.  
Evaluación de las opciones elegidas y asignación de valores para cada criterio.
- 4. Viabilidad de las soluciones.  
Presentación de las soluciones finales donde se realizarán los cálculos necesarios para predimensionar y ver si son viables o no.
- 5. Elegir la solución más adecuada.  
Finalmente, se seleccionará teniendo en cuenta lo anterior, cuál de las alternativas descritas es la que mejor se adapta a la problemática que se quiere solucionar.  
Esta elección se desarrollará en los anejos siguientes.

### 7.4. Defensa, protección y regeneración de la línea de costa

A continuación se definirán los métodos que existen en la actualidad para solucionar los problemas de erosión, tanto obras de protección como de regeneración.

Dentro de las actuaciones que se pueden llevar a cabo en el dominio litoral, las principales son aquellas cuyo objetivo es defender, proteger o regenerar playas sometidas a un proceso erosivo.

La protección de la costa supone fijar la línea de costa y detener su recesión.

La regeneración supone recuperar las condiciones en que se encontraba la playa antes de iniciarse la erosión e incluso mejorarlas.

Se disponen de dos tipos principales diferentes, según se afecte más o menos a la costa:

- Obras duras. Aquella en la cual se emplean elementos rígidos (escollera natural, estructuras de hormigón, etc.) que tras su puesta en funcionamiento y en caso de no ser efectiva, la costa puede quedar peor de lo que estaba originariamente, antes de actuar; la obra dura es, en general, irreversible o de difícil desmantelamiento.

- Obras blandas. Aquella en la cual no se emplean elementos rígidos (alimentación artificial, regeneración o creación de dunas) y tras su puesta en funcionamiento y en caso de no ser efectiva, la costa no quedará peor de lo que estaba originariamente, antes de actuar; es reversible o de fácil desmantelamiento.
- Obras mixtas. Se trata de la combinación de ambas actuaciones.

Las alternativas se clasifican en técnicas estructurales o no estructurales:

- Estructurales. Son aquellas en las que se emplean estructuras rígidas con el objeto de detener la recesión de la costa y/o forzar el depósito de materiales sedimentarios. Se sitúan en la línea de costa, sobre la misma, apoyándose en ella o frente a ella.
  - Obras longitudinales
  - Obras transversales
  - Diques exentos
- No estructurales. Son aquellas en las que no se emplean estructuras para detener la recesión de la costa y/o forzar el depósito de materiales sedimentarios. Pueden apoyarse en estructuras, que no son de defensa y/o retención, y que en cualquier caso no se apoyan en la costa.
  - Alimentación artificial
  - Traspase de arenas
  - Regeneración de las dunas
  - Regeneración de las praderas de Posidonia

#### 7.4.1. Defensas longitudinales

Estas obras se localizan sobre la propia línea de costa o en paralelo a la misma (en playa seca). Tienen como objetivo detener la recesión de la línea de costa (rigidización), impidiendo la acción directa del oleaje sobre el terreno y soportan los terrenos del trasdós.

La construcción de este tipo de defensas es el último recurso para la defensa de una playa, pues supone que ésta desaparecerá por completo; ya que se trata de una obra dura y no genera sedimentación ni detiene la erosión.

Por lo que se trata de una defensa de emergencia, de acantilado, en playas sin usos lúdicos o muy degradadas.

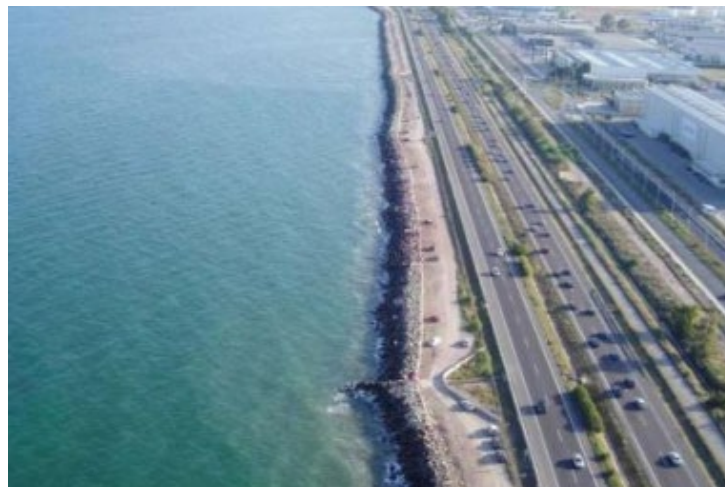
Entre las tipologías principales destacan muros, pantallas y revestimientos.

- El muro y los malecones sirven para proteger y defender lo que se encuentra detrás de este sin detener la erosión. Su principal característica es la reflexión. Los materiales más utilizados son la escollera y el hormigón, también de tablestacas.



Il·lustració 66: Muro. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

- Los revestimientos se conforman de materiales resistentes que se colocan con el fin de defender y proteger la playa de la erosión. Son provisionales y su tipología puede ser flexible o rígida. Al igual que el muro los revestimientos tienen un nivel alto de reflexión de las olas. Su uso queda acotado para situaciones a corto plazo debido a su ineficiencia a la hora de detener la erosión y de regenerar la costa.



Il·lustració 67: Revestimientos. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

#### 7.4.2. Defensas transversales. Espigones

El espigón es la obra más utilizada hoy en día por los ingenieros de costas. Su principal objetivo es detener los materiales que se transportan en las corrientes provocando que el sedimento se quede y formando así playas por sedimentación a barlomar y erosión a sotamar. Es una obra dura y transversal a la playa; por lo tanto, es una barrera que arranca desde la línea de costa hacia el mar.

El principal problema de este tipo de actuación es que su efecto barrera se traduce en la recesión de la playa a sotamar del espigón, como se observa en la siguiente imagen, trasladando así el problema erosivo a otros tramos adyacentes de las costas de aguas abajo.

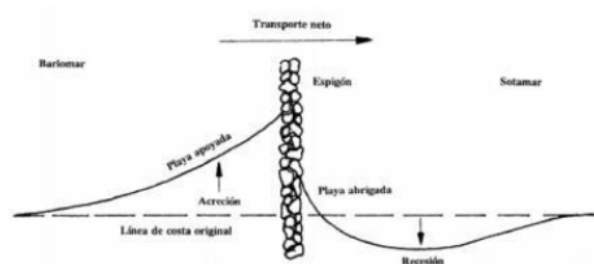


Ilustración 68: Problemas generados por espigones. Fuente: Google.

Se puede clasificar en función de su altura, su permeabilidad, materiales utilizados y forma en planta. Sobre los materiales de los cuales se puede formar un espigón nos encontramos de madera, hormigón y escollera. El más utilizado son los bloques de escollera debido a su bajo coste y a la sencillez de colocación.

Según su forma en planta se distinguen diferentes tipos:

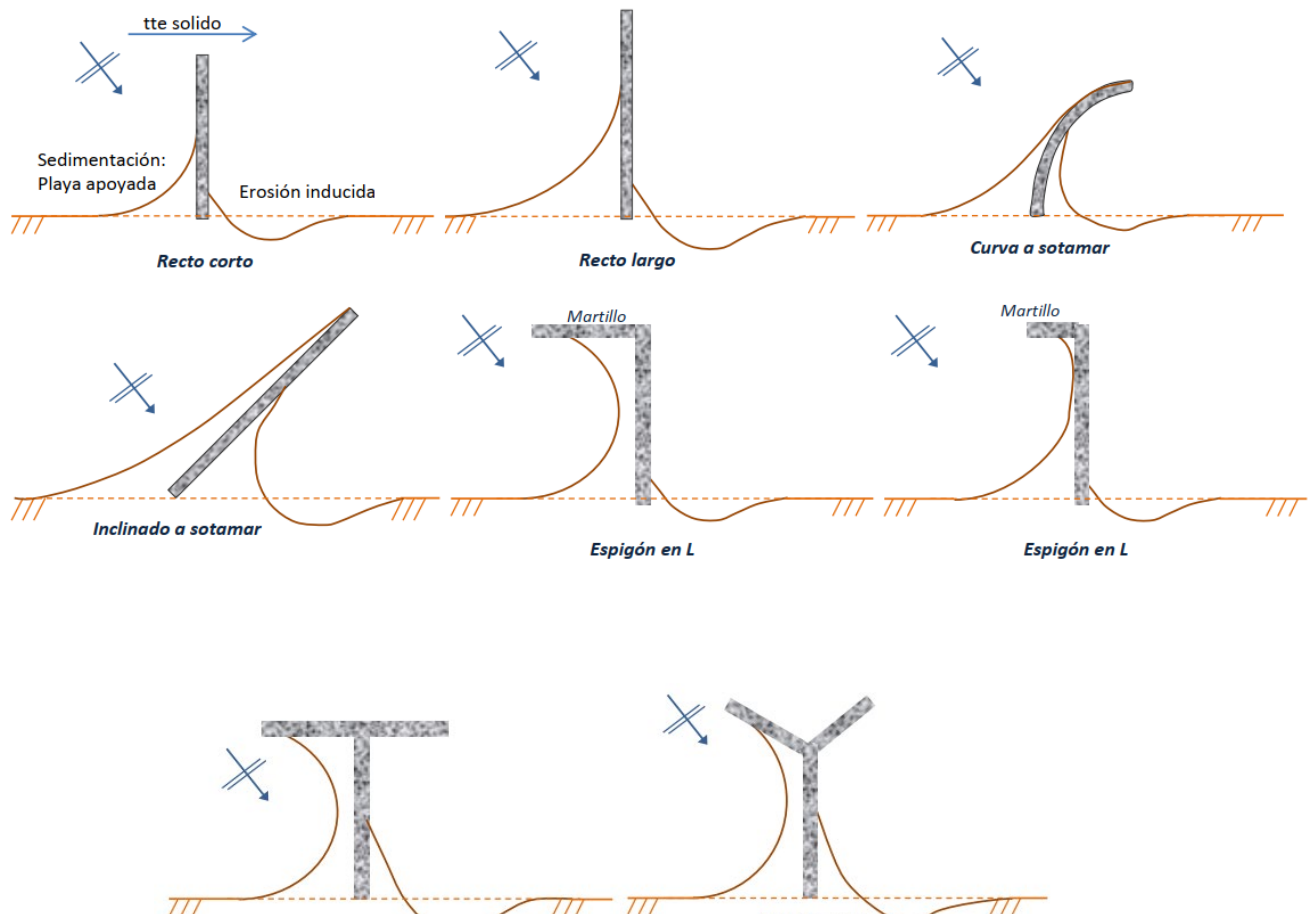


Ilustración 69: Esquema de posibles espigones transversales. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

Es posible su construcción aislada o, lo que es más corriente, dentro de un sistema de espigones. Para este último, la longitud de los espigones va disminuyendo en el sentido del transporte de sedimentos, de manera que se reduzca paulatinamente la barrera al transporte litoral.

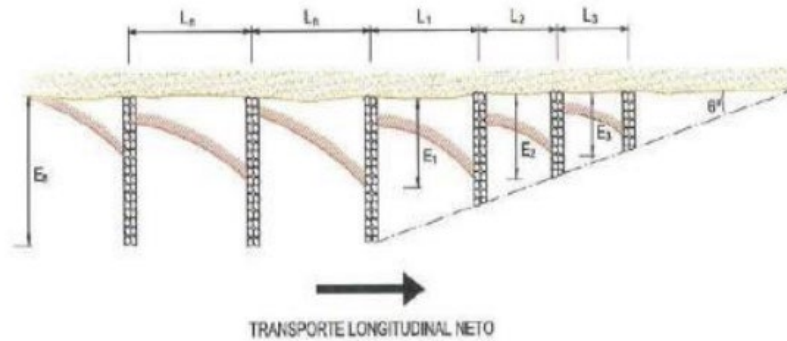


Ilustración 70: Esquema batería de espigones. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

Existen también maneras catalogarlos, como largos o cortos, en talud o verticales, los que son rebasables o no, permeables o impermeables y los que se pueden ajustar o los totalmente fijos.

En talud pueden ser monocapa o multicapa, normalmente se prefieren monocapa cuando no se necesitan espigones de una gran robustez. Verticales suelen ser menos habituales, pues pueden producir reflexiones que favorecen la pérdida de arena. Se distinguen los que aguantan por gravedad y los que se encuentran hincados al suelo.

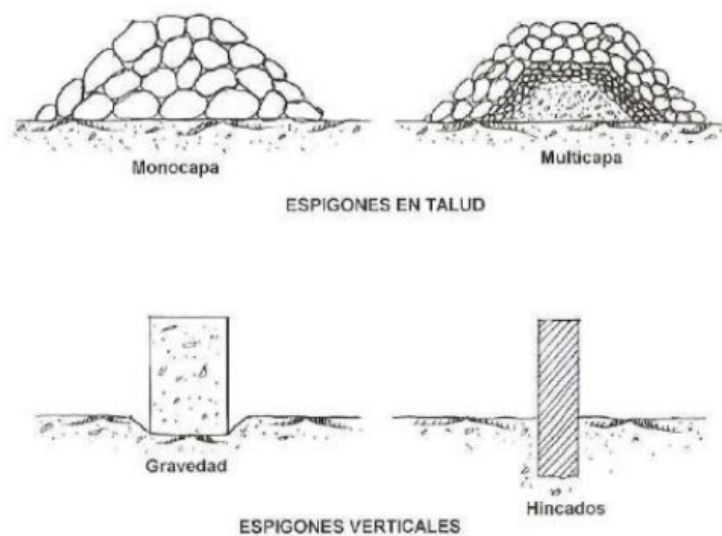


Ilustración 71: Tipología de espigones transversales. Fuente: Asignatura Obras marítimas.



Sobre los rebasables, el punto más alto del espigón (la coronación) se sitúa en la misma cota que la costa de la playa. Esto provoca que haya agua que puede pasar por encima del espigón provocando que también pase material. Los no rebasables, la cota de coronación es mayor que la de la playa y donde el agua no pasa por encima salvo en caso de un temporal. Recoge todos los sedimentos que van paralelos a la costa hasta que la playa se va formando.

En función de su permeabilidad, los permeables permiten inicialmente un cierto flujo de la corriente a su través, aunque la arena transportada acaba por colmatarlos con el paso del tiempo. Estos reducen las reflexiones del oleaje. Los impermeables constituyen una barrera total al paso de sedimentos a lo largo de su desarrollo longitudinal.

### 7.4.3. Diques exentos

Los diques exentos son obras marítimas exteriores, aisladas y sensiblemente paralelas a la línea de costa, que se construyen a una cierta distancia de la orilla, y que protegen de la acción del oleaje una determinada zona del litoral, reduciendo la cantidad de energía que penetra en ella, de este modo mantienen los procesos litorales (transporte longitudinal) y no crean una barrera litoral total a menos que se llegue a formar el tómbolo.

Se pueden diferenciar varios tipos:

- Diques exentos. Estructuras construidas en paralelo a la línea de costa, frente a la misma a bajas profundidades, por encima del nivel medio del mar o a nivel del mar, generando un abrigo en la costa. Una zona de remanso, disminuyendo la energía del oleaje en su trasdós y generando un depósito de material sedimentario en la zona de aguas protegida. Proporcionan una anchura suficiente que sirve para generar una superficie de recreo y esparcimiento, y a su vez permiten la protección de las tierras y bienes a su trasdós. Los efectos negativos son la erosión a ambos lados de la línea del litoral influenciado por la obra exenta, y la reducción de la tasa de transporte sólido litoral.
- Diques arrecife. Diques exentos sumergidos, pero su objetivo es la creación de áreas de repoblación marina y la protección de los fondos marinos frente a la pesca indiscriminada, como el arrastre. Son eficientes, funcionales y económicas, con una vida útil aproximada de 30 a 50 años.

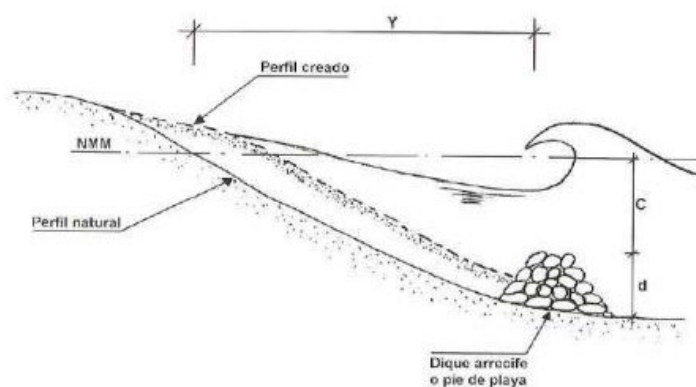


Ilustración 72: Diques arrecife. Fuente: Asignatura Obras marítimas.



Ilustración 73: Diques arrecife. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

- Isla. Pequeños diques exentos, similar de longitud y anchura, con planta circular, y comportamiento muy similar al dique exento, con la ventaja de crear una superficie apta para usos diversos. Poco efectivo.



Ilustración 74: Imagen isla. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

#### 7.4.4. Alimentación artificial

El cuanto a las obras blandas, esta es la más común. Hasta hace algunos años la regeneración de las playas no se concebía sin la construcción de espigones, pero actualmente se ha comprobado que, en muchos casos, sobre todo en playas abiertas, se debe combinar la obra dura (rigidización de un tramo de costa) y la obra blanda (alimentación artificial o by pass).

Consiste en depositar gran cantidad de arena o grava en la playa seca o sumergida (después de haber sido dragada, necesitando maquinaria que trabaje desde el mar) para restituir la playa erosionada, ampliar el ancho de la misma o conseguir protección y refuerzo del cordón dunar.

Se debe estudiar la procedencia del material y como requisitos previos se han de tener en cuenta la relación entre el diámetro medio aportación  $\geq$  diámetro medio original, la calidad ambiental y evaluación de impacto ambiental.

Hay que destacar que el relleno artificial no es una solución del problema, sino que necesitaría un posterior seguimiento y estar añadiendo regularmente para que no se notase el efecto de la erosión. Si se realiza un diseño adecuado, las alimentaciones posteriores serán cada vez menores hasta alcanzar el equilibrio definitivo. Se trata, por tanto, de una solución a largo plazo.

Existen distintas posibles fuentes de materiales, arenas de fondo marino, arenas continentales y arenas artificiales.

Las arenas continentales son las procedentes de la descomposición de granito, tienen la ventaja de una excelente granulometría y el inconveniente de presencia de arcilla. Se deben evaluar las características, el volumen disponible, volumen explotable, impacto medioambiental y yacimientos preseleccionados.

### Arenas continentales:



Ilustración 75: Arenas continentales. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

En cuanto a las arenas de fondo marino, el procedimiento de construcción es el de dragado de las arenas y posterior vertido a playa, directo por impulsión desde la draga, o por medio de tuberías si no pudiese acercarse a la costa. Las arenas son posteriormente distribuidas por medios terrestres.

### Arenas del fondo marino:



Ilustración 76: Arenas del fondo marino. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

La utilización de arenas artificiales es una solución menos ventajosa ya que se añaden costes adicionales de machaqueo y lavado, además los áridos que son formados de esta forma presentan caras de fracturas y aristas, que conllevan molestias a los usuarios; aunque mejoran su calidad con el tiempo si es de origen calizo. Se puede controlar la granulometría dentro del uso granulométrico deseado, son más estables porque son más gruesas que las naturales.

### Arenas artificiales:



Ilustración 77: Arenas artificiales. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

#### 7.4.5. Traslase

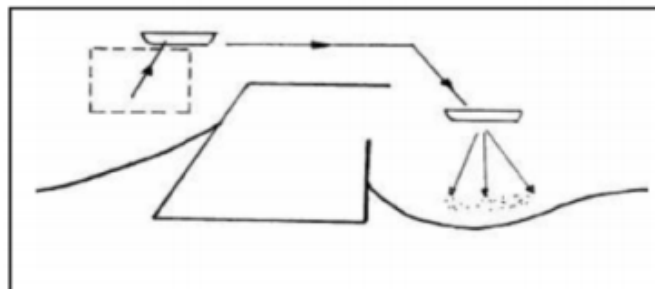
El traslado de arenas consiste en reconstruir el transporte sólido litoral interrumpido por la existencia de un obstáculo al mismo, pasando sedimentos de unas áreas de la costa (en acreción a barlomar) a otras (en recesión a sotamar) de forma artificial. Es una variante de la anterior alimentación artificial.

Aunque parece la solución más lógica, las circunstancias en que tiene que realizarse, todo el montaje que lleva y la continuidad en el tiempo que requiere, hace que sea muy poco empleada.

Es una obra blanda y se puede llevar a cabo mediante vía terrestre, vía marítima o instalación fija, tanto en playa seca como sumergida.

Existen numerosas tipologías de sistemas de traslado de arenas, aunque en todos los casos las operaciones a realizar son las siguientes:

- Captación
- Transporte
- Depósito



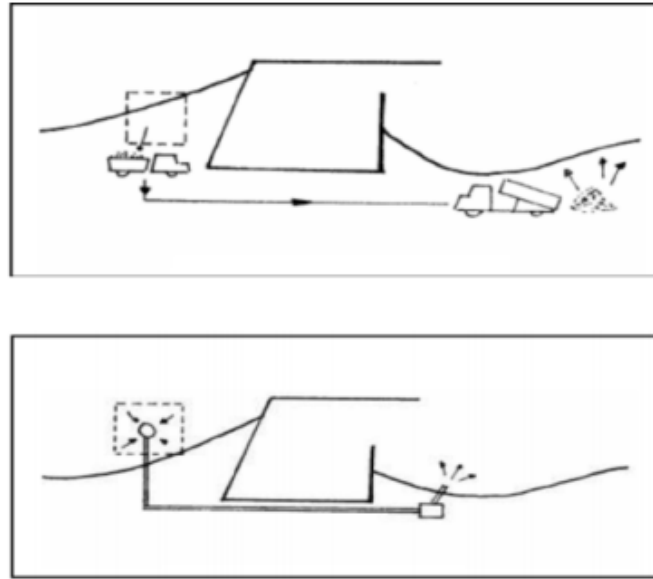


Ilustración 78: Formas de trasvase. Fuente: Google.

#### 7.4.6. Regeneración dunar

Este tipo de obras constituyen principalmente dunas protectoras, que forman la mayor parte de la playa seca, a base de materiales de granulometría fina, que sirven de reserva de arena para las playas aportando el material necesario frente a los procesos erosivos del oleaje en caso de temporales.

Se trata de una obra blanda y constituye un método de protección económico, duradero, estético y con un impacto ambiental positivo. Así como al ocio, la depuración del agua o la recuperación de valores ecológicos.

Se puede realizar a través de dos métodos:

- Técnica natural. Es el método más utilizado, ya que se reconstruye de manera natural. Se implantan unas barreras (puede ser natural) que obstaculicen el paso de las arenas por vía eólica, formando la duna por acumulación. Es un proceso lento, pero que es económico y no daña el medio.
- Técnica artificial. Se trata de añadir directamente lo necesario, construyendo un cordón dunar y su fijación por medio de vegetación. Método caro y se observa un perfil artificial, pero rápido y sencillo.

Algunas de las plantas empleadas en la fijación de dunas son:

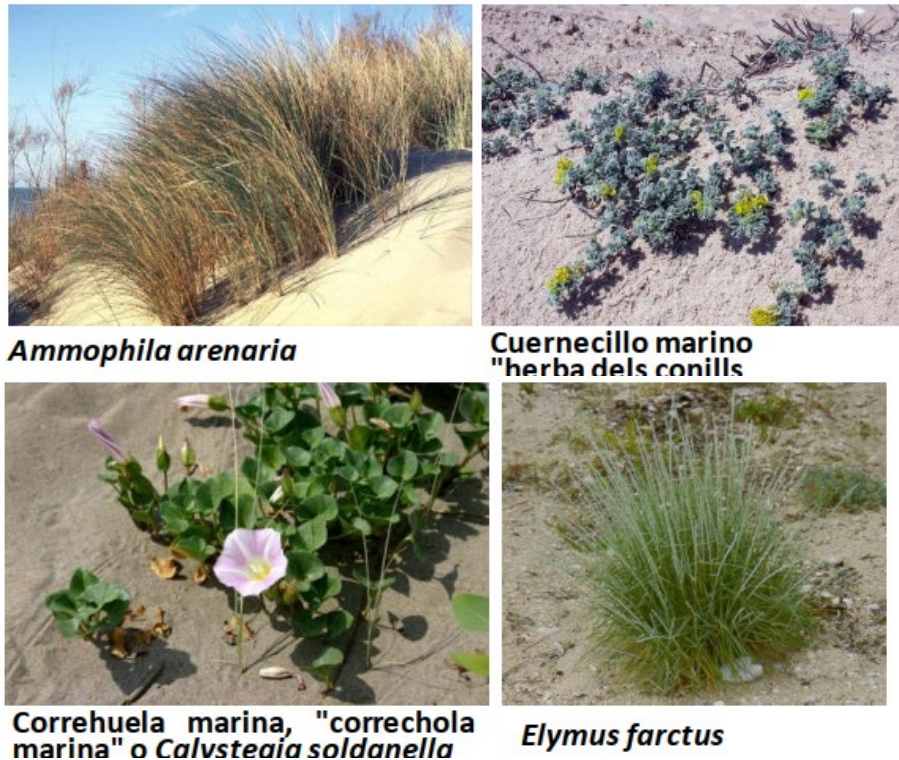


Ilustración 79: Plantas empleadas en regeneración. Fuente: Google.

#### 7.4.7. Regeneración de las praderas de Posidonia

También puede hacerse uso de la vegetación realizando regeneraciones de Posidonia oceánica. Se trata de una obra blanda de regeneración.

La Posidonia oceánica crece sobre fondos arenosos y rocosos, entre los 0,5 y 35-40 metros de profundidad, formando extensas y sorprendentes praderas conocidas como "algueros". Estas son indicadoras de aguas limpias, bien oxigenadas y libres de contaminación. Están protegidas a nivel europeo por la Directiva de Hábitats y catalogado como hábitat de interés prioritario.

Evitan de forma natural la erosión de la costa, especialmente de las playas.

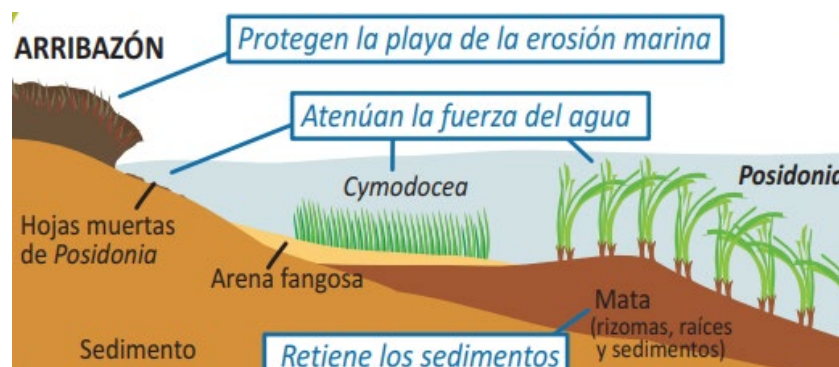


Ilustración 80: Esquema Posidonia oceánica. Fuente: Google.

## 7.5. Soluciones válidas

Se va a resumir cada alternativa ya mencionada y descartar las que no se ajusten al problema planteado.

- Defensas longitudinales. Muros y revestimientos

Este tipo de obras ejercen una rápida protección de la costa en casos urgentes, pero en la zona de estudio se necesita una solución que permita aumentar el ancho de playa seca, por lo tanto se descarta la utilización de defensas longitudinales en el presente estudio. Aunque guarda y protege la línea de costa impide el uso y disfrute de la zona.

- Defensas transversales. Espigones

En cuanto a su aplicabilidad, la utilización de defensas transversales (obra dura) puede ser válida, siempre que se utilice junto con defensas exentas o con alimentación artificial, ya que se consigue proteger la playa de los temporales y conseguir un rápido avance de la línea de costa.

La zona de estudio ya cuenta con numerosos espigones transversales, pero habrá que tener en cuenta la erosión que producen a sotamar y evitar que el agua quede estancada y permitir su circulación, además de la posible alimentación artificial. Por lo que se descarta la utilización de defensas transversales, por la gran cantidad ya existente de estos.

- Diques exentos

El empleo de este tipo de diques, permitirá por una parte la protección de la playa frente a temporales y por otra la regeneración de la playa. Se va a barajar tanto la alternativa de diques sumergidos como emergidos, para solucionar la problemática en la zona de estudio.

- Alimentación artificial

Esta opción se tendrá en cuenta, aunque deberá ser revisada periódicamente, así como añadirle otro tipo de soluciones. A la hora de buscar un relleno adecuado, este debe tener un diámetro medio de igual o mayor diámetro, para que sea más estable y duradera, así como conocer su procedencia (de fondo marino, continental o artificial).

- Trasvase

La aplicación de esta técnica en nuestro estudio quedará descartada, ya que no hay una zona con dichas características, con una gran cantidad de arena sobrante para transportar a otra.

- Regeneración dunar

La regeneración dunar no se podría dar en todas las zonas, ya que el frene litoral no presenta este tipo de formaciones ni vegetación. Salvo las playas de Levante y Varadero, que presentan un mayor ancho de playa seca y sí que permitirían este tipo de actuaciones, pero en estas no sería necesario, si no en las Calas del Este, donde toda la costa del cabo es estrecha y accidentada, con pequeñas calas que se encuentran bajo el acantilado.

Por lo tanto, queda descartada esta medida.

- Regeneración de las praderas de posidonia

Sobre la implantación de algas artificiales, a pesar de ser una opción válida, no están muy implementadas y tienen un gran coste.

La regeneración de las praderas de posidonia, sería la alternativa más viable ya la mayor parte de la zona de estudio está formada por pradera de Posidonia oceánica, aunque se trata de una solución cara y lenta. Se debería considerar como complementaria a una alimentación artificial, puesto que por sí sola no retiene la arena transportada por la dinámica litoral.

Alternativas	Validez	
	SI	NO
DEFENSAS LONGITUDINALES		X
DEFENSAS TRANSVERSALES		X
DIQUES EXENTOS	X	
ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL	X	
TRASVASE		X
REGENERACIÓN DUNAR		X
REGENERACIÓN PRADERA POSIDONIA		X

Ilustración 81: Tabla validez de alternativas. Fuente: Elaboración propia.

## 7.6. Parámetros de evaluación

Para seleccionar la alternativa más adecuada, se efectuará a base de ciertos criterios. Para ello, a cada criterio se le asignará un número total según la importancia que se le da a cada parámetro. Estos criterios o parámetros son tanto objetivos como subjetivos, y se tendrán en cuenta a la hora de establecer el número de estos.

Las alternativas posibles se evaluarán a través de cuatro criterios:

- Parámetro de funcionalidad: 10

Este apartado tendrá en cuenta el grado de resolución del problema, tanto en calidad como duración. La nota máxima la alcanzará cuando resuelva completamente el problema, siendo esta un 10.

- Parámetro económico: 7

Reflejará el coste originado en la construcción y mantenimiento de la obra; así como las posibilidades de explotación futuras de la infraestructura realizada. No se sabrá el coste concreto, pero sí una aproximación. La puntuación máxima será aquella que tenga un coste 0.



- Parámetro medio ambiental: 6

Se medirá el posible impacto ambiental que pueda causar la solución adoptada. La puntuación máxima será cuando no afecte ni modifique nada el medio ambiente.

- Parámetro estético: 4

Este criterio es el más subjetivo ya que se trata de la evaluación del impacto visual de la medida seleccionada. Una puntuación máxima se dará para este criterio cuando no afecte nada al paisaje.

Teniendo en cuenta el peso y la valoración individual la fórmula de evaluación será:

$$Puntuación\ final = \sum_i Pese_i \cdot Valorización_i$$

Las valoraciones para cada alternativa estarán comprendidas entre 0 y 270, siendo 270 la valoración óptima.

## 7.7. Propuesta de soluciones

Se proponen las alternativas descritas a continuación para poner solución a la problemática de la zona, y estas alternativas se valorarán en función de los 4 parámetros descritos.

### 7.7.1. Alternativa 0

Se propone la opción de no tomar medidas, y que ésta continúe presentando las características actuales y los procesos de erosión y de sedimentación, y observar cómo actúa en el tiempo.

La parte positiva de esta alternativa sería el coste 0 ya que no se llevaría a cabo ninguna medida y el impacto ambiental también sería nulo. Pero si no se toman medidas, los problemas actuales seguirán agravándose, por lo que el coste de mantener una situación de “no equilibrio” será alto.

ALTERNATIVA 0		
CRITERIO	PESO	VALORACIÓN
Funcional	10	0
Económico	7	10
Ambiental	6	8
Estético	4	7
<b>TOTAL</b>		<b>146</b>

Ilustración 82: Criterios alternativa 0. Fuente: Elaboración propia.

### 7.7.2. Alternativa 1

En esta alternativa, se propone eliminar una serie de espigones transversales y crear un batería de espigones exentos paralelos a la línea de costa o ligeramente inclinados de forma que sean perpendiculares al flujo medio de energía, en la zona de las Calas de Santa Pola del Este.

Las principales consideraciones sobre el diseño distinguen entre diques exentos emergidos con creación de tómbolo o hemitómbolo.

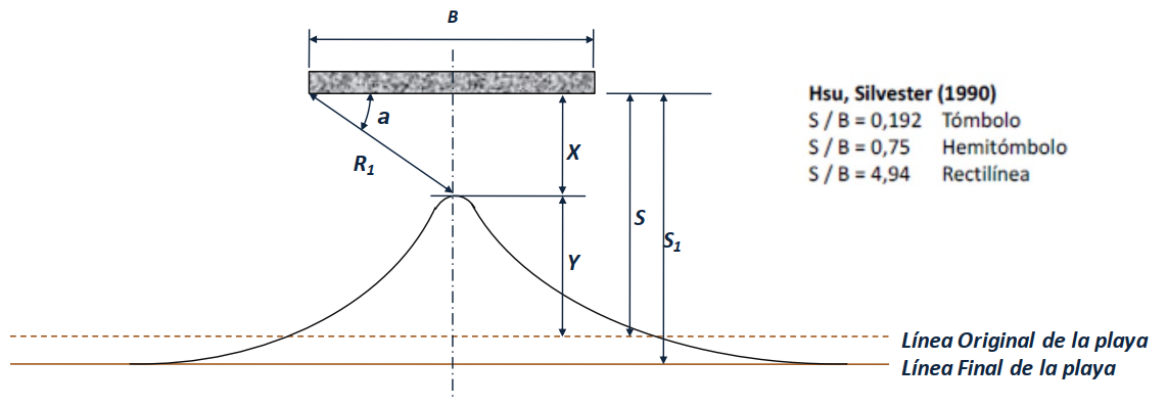


Ilustración 83: Criterios de diseño diques exentos. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

La creación de estos diques exentos emergidos solucionaría el problema que existe en el tramo, conseguirá disipar la energía del oleaje creando una zona entre el dique exento y la costa donde progresivamente se irá cubriendo de sedimentos, por lo que no se necesitaría alimentación artificial en este caso. En cuanto al resto de playas, se mantendría como se encuentran en la actualidad, ya que la erosión no afecta tanto, y se mantienen prácticamente estables.

El artículo 132.2 de la Constitución, el cual expresa que para playas se debe considerar zona de dominio público marítimo terrestre un ancho de playa que confirme la estabilidad de esta, alrededor de 50 metros.

En principio esta solución podría suponer la destrucción de vida en el entorno, ya que con la formación de tómbolo se crea una barrera total no permitiendo la circulación y regeneración del agua.

La construcción de diques exentos emergidos tiene un coste elevado ya que se lleva a cabo con maquinaria flotante o a través de caminos auxiliares que se deben retirar posteriormente. También se debería tener en cuenta la caracterización de los espigones a desmantelar, para poder reutilizar el máximo material posible abaratando así el coste de la obra. El ancho medio de la zona donde se planean implantar es de 15m. Si con ello se consigue un ancho suficiente de playa y estable, esto fomentaría el turismo y la protección de las casas que se encuentran más cerca de la costa.

Suponiendo que los espigones tienen un nacho de 50 m y se colocan a una distancia respecto a la costa de 70 m, donde S/B será mayor que 0,192 que es el límite que ponen Hsu y Silvester para la formación de tómbolo.

Estas obras duras generan un impacto visual importante, aunque se conseguiría un tramo de costa con suficiente playa seca y con un aspecto más regular, muy diferente al actual.

ALTERNATIVA 1		
CRITERIO	PESO	VALORACIÓN
Funcional	10	9
Económico	7	6
Ambiental	6	4
Estético	4	5
<b>TOTAL</b>		<b>176</b>

Ilustración 84: Criterios alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.

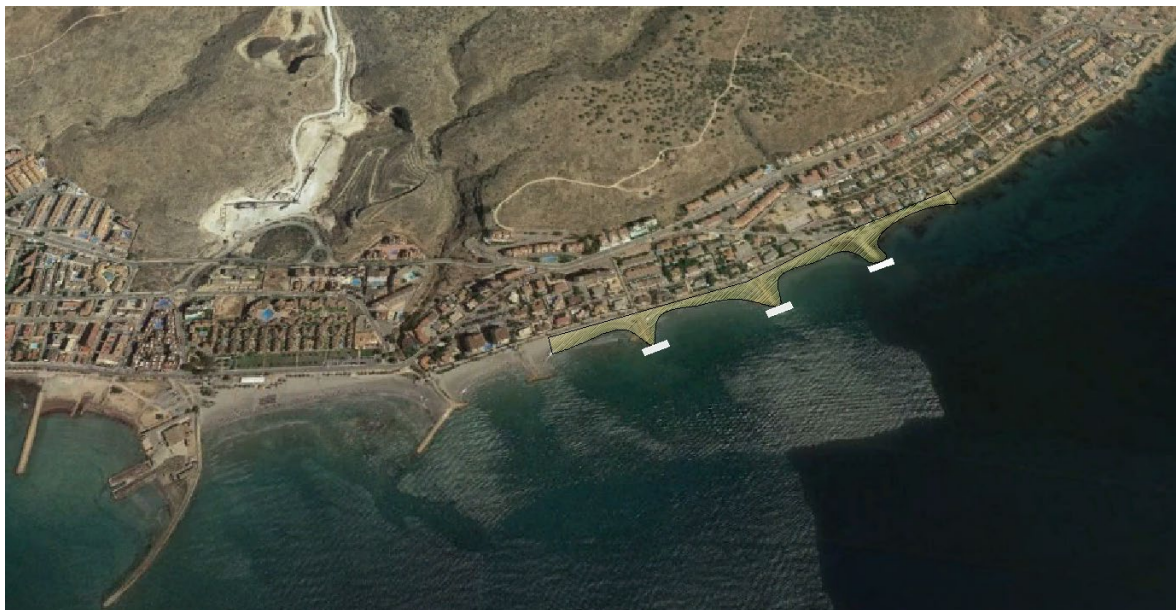


Ilustración 85: Esquema alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.

### 7.7.3. Alternativa 2

La alternativa de diques exentos sumergidos es una variante a la anterior, con el desmantelamiento de los mismos espigones transversales, la única diferencia es que estos no alcanzan la superficie del agua y tiene un menor poder de retención de sedimentos.

La construcción de esta alternativa no dispararía totalmente la energía del oleaje, pero sí la reduciría notablemente, por lo que sería necesario también el aporte de sedimentos como suplemento, y se

conseguiría aumentar el ancho de playa seca considerablemente, aunque menor que en el caso anterior.

Debido a la construcción de estos diques se formarán hemitómbolos, que en este caso permiten una buena circulación y regeneración del agua.

En cuanto a la construcción de estos, se sigue manteniendo el coste elevado, ya que en este caso se realizaría con maquinaria flotante o con caminos auxiliares que se deben retirar con posterioridad. Estos se construirían a mayor distancia de la costa que los anteriores, por lo tanto, a mayor profundidad lo que conlleva una mayor cantidad de materiales.

Suponiendo que los espigones tienen un nacho de 50 m y se colocan a una distancia respecto a la costa de 150 m, donde S/B será mayor que 0,75 que es el límite que ponen Hsu y Silvester para la formación de hemitómbolo.

Una obra dura genera un impacto visual elevado, aunque en este caso, al encontrarse sumergidos, no se produciría ningún impacto visual. Consiguiendo un tramo de costa con suficiente playa seca y con un aspecto regular.

ALTERNATIVA 2		
CRITERIO	PESO	VALORACIÓN
Funcional	10	8
Económico	7	5
Ambiental	6	6
Estético	4	8
<b>TOTAL</b>		<b>183</b>

Ilustración 86: Criterios alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 87: Esquema alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.

#### 7.7.4. Alternativa 3

Esta alternativa plantea la solución al problema mediante alimentación artificial sin ninguna obra dura de apoyo. Esta no es una alternativa que solucione el problema de forma permanente, no puede garantizar la permanencia de la arena en caso de temporales, por lo que se trata de una solución a corto plazo.

Este tipo de actuación ya se realizaron en la zona, dándose así una solución temporal. Esta es una inversión que no puede resolver el problema. Desde el punto de vista ambiental, esta puede ser una buena opción, ya que no supone un cambio para el medio terrestre o marino, también se debe considerar la procedencia de la arena, debe ser lo más similar a la existente o con un diámetro mayor.

El aspecto económico es muy superior a los demás porque solo se llevará a cabo una acción. Con el aporte de arena se consigue suficiente ancho de playa mientras permanezca en el tramo de costa, el criterio estético es elevado.

ALTERNATIVA 3		
CRITERIO	PESO	VALORACIÓN
Funcional	10	4
Económico	7	6
Ambiental	6	8
Estético	4	10
<b>TOTAL</b>		<b>170</b>

Ilustración 88: Criterios alternativa 3. Fuente: Elaboración propia.

## 7.8. Conclusiones finales

Con los resultados obtenidos, la óptima es la alternativa 2, que trata la construcción de un dique sumergido y la alimentación artificial.

ALTERNATIVA 0. No hacer nada.	146
ALTERNATIVA 1. Dique exento emergido + retirada espigones existentes.	176
ALTERNATIVA 2. Dique exento sumergido + retirada espigones existentes + alimentación artificial.	<b>183</b>
ALTERNATIVA 3. Alimentación artificial.	170

Ilustración 89: Conclusiones finales alternativas. Fuente: Elaboración propia.

- Orientación respecto a la playa. Depende de cómo sea el oleaje que afecta a nuestra costa, pero se suelen colocar paralelos a la costa.
- Separación de la costa. Este parámetro depende de a que profundidad queremos colocar el dique en cuestión. Se considerará una profundidad de alrededor de 4 metros, es decir, a una distancia de la costa de unos 150 metros.
- Número, longitud y separación entre diques. Parámetro necesario para saber cómo de protegida y resguardada queremos que este la zona. Según estos, se formarán tómbolos o hemitómbolos. Si queremos que no se formen tómbolos es necesario que los diques sean más cortos que la distancia que los separa de la costa.  
Aunque aún no se puede saber con exactitud, pero con la información hasta ahora, posiblemente se construirán 3 diques de una longitud de 50 metros cada uno.  
La separación entre estos será de 220 metros.  
El aspecto estético, es una buena opción mientras que la económica, el dique exento es una solución cara pero debido a estas características concretas no será una estructura muy grande.  
Lo malo de esta solución es el posible daño a la flora y fauna que se encuentre donde vayamos a construir nuestro dique sumergido.
- Cota de coronación. Estos serán sumergidos, se tendrá en cuenta el NMM. Para asegurar la sumergibilidad de los diques se proyecta una cota de coronación de -0,5 metros respecto al NMM.

### 7.8.1. Materiales constituyentes

El material que se va a emplear en la construcción de los diques exentos sumergidos, será los usados más habitualmente, bloques de escollera para manto y el relleno para el núcleo será todouno de cantera.

### 7.8.2. Sección transversal

Los diques que se van a construir se van a dimensionar a partir de un diseño de sección transversal en forma trapezoidal. Este tipo de dique son los mejores para terrenos donde la pendiente no es muy pronunciada y funcionan mejor frente a la acción del oleaje.

- Cota de coronación, constante a lo largo de todo el dique, a una altura de -0,5 metros respecto el nivel medio del mar.
- Los dos taludes tendrán una pendiente H2:V1, cada 2 metros en horizontal uno en vertical.
- El ancho de coronación será de 4 metros.
- La profundidad a la que se colocarán los diques será alrededor de 4-5 metros.

### 7.8.3. Peso y espesores

En este apartado, se dimensionarán tanto las piezas como las capas considerando el mecanismo de erosión del manto debido a las olas.

- Manto principal

Se calculará el peso unitario mínimo de los elementos del manto principal, utilizando "Structural Stability Of Detached Low Crested Breakwaters" elaborado por Aalborg University of Denmark.

Propone calcular la longitud media de la pieza que formará el manto principal y conocido el volumen se le multiplicará por la densidad para obtener el peso de la pieza media que va a formar el manto.

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 0.06 \cdot \left(\frac{R_c}{D_{n50}}\right)^2 - 0.23 \cdot \frac{R_c}{D_{n50}} + 1.36$$

$H_s$  Es la altura de ola de cálculo.  
 $R_c$  Será la distancia entre la cota de coronación y el nivel del mar, -0,5 metros en este caso.  
 $\Delta$  Cálculo de  $(\rho_s/\rho_w)-1$ , lo que en este caso es 1,634. Ya que  $\rho_s/\rho_w$  es el peso específico relativo del material respecto del agua marina, 2,634 T/m<sup>3</sup>. (2,7 /1,025).  
 $D_{n50}$  Longitud media de las rocas que formarán el manto

Aunque  $H_s$  sea la altura de cálculo se asumirá un porcentaje de fallo de un 15-20%, ya que los diques serán elementos de regeneración, por lo que se obtendrá  $H_s$  atendiendo a los criterios de avería.

Table 7-8.  $H/H_{D=0}$  and  $K_D$  as a Function of Cover-Layer Damage and Type of Armor Unit

Unit		Damage (D) in Percent						
		0 to 5	5 to 10	10 to 15	15 to 20	20 to 30	30 to 40	40 to 50
Quarrrystone (smooth)	$H/H_{D=0}$	1.00	1.08	1.14	1.20	1.29	1.41	1.54
	$K_D$	2.4	3.0	3.6	4.1	5.1	6.7	8.7
Quarrrystone (rough)	$H/H_{D=0}$	1.00	1.08	1.19	1.27	1.37	1.47	1.56
	$K_D$	4.0	4.9	6.6	8.0	10.0	12.4	15.0
Tetrapods & Quadripods	$H/H_{D=0}$	1.00	1.09	1.17	1.24	1.32	1.41	1.50
	$K_D$	8.3	10.8	13.4	15.9	19.2	23.4	27.8
Tribar	$H/H_{D=0}$	1.00	1.11	1.25	1.36	1.50	1.59	1.64
	$K_D$	10.4	14.2	19.4	26.2	35.2	41.8	45.9

Breakwater Trunk, n = 2, Random Placed Armor Units, Nonbreaking Waves, and Minor Overtopping Conditions.

Según la SPM se tiene que para un porcentaje de fallo de 15-20% la altura de ola se debe dividir por 1,27; así pues, se consigue una altura de ola a tener en cuenta en la ecuación de 2,2 metros.

$$H = \frac{H_{cal}}{1,27} = \frac{2,8}{1,27} = 2,2 \text{ metros}$$

$\rho_s$  es el peso específico de la escollera, de valor 2,7 T/m<sup>3</sup>.

Manto principal			
$R_c$ (m)	-0,5	$\rho_s$ (T/m <sup>3</sup> )	2,7
$H_s$ (m)	2,2	$D_{n50}$ (m)	1,16
$\Delta$	1,634	$V$ (m <sup>3</sup> )	0,48
<b>W (T)</b>			<b>3,13</b>

Ilustración 90: Peso unitario del manto principal. Fuente: Elaboración propia.

El espesor del manto principal, calculando la fórmula anterior, se obtiene un valor de 1,16 metros.

Y un peso de 3,13 t  $\approx$  3 t

Los elementos del manto principal que irán colocados en el morro deberán tener mayor peso, ya que están en una posición más desfavorable, se optará por un peso de 4t.

Los pesos del manto principal corresponden a una banda comprendida entre el 125% y el 75% del peso obtenido, a partir de Shore Protection Manual para rebase del dique de la sección tipo de las figuras 7-99 y 7-100.

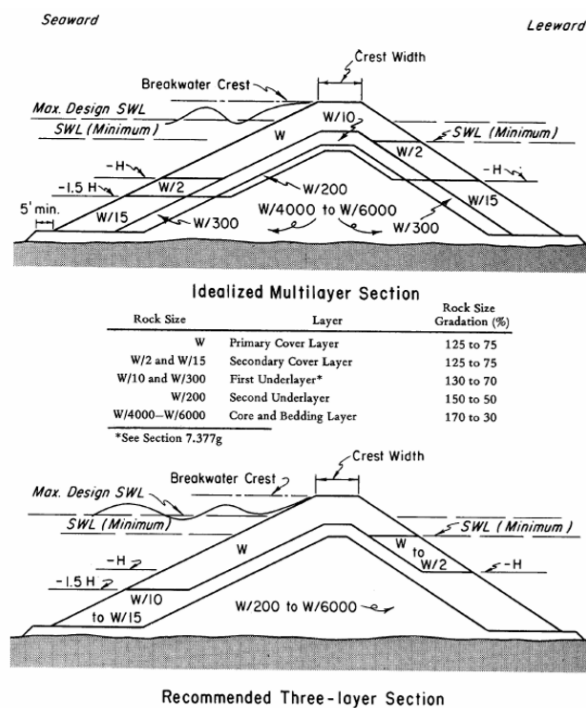


Ilustración 91: Esquema de relaciones para diques exentos. Fuente: SPM.



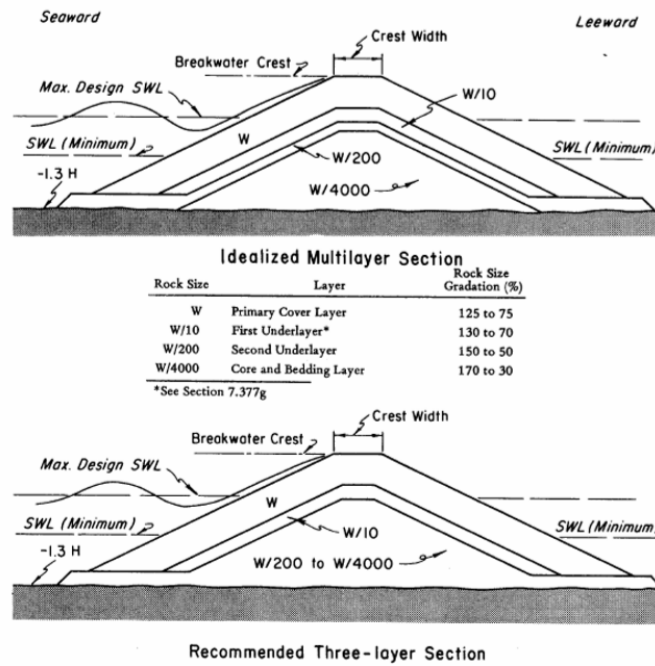


Figure 7-100. Rubble-Mound Section for Breaking Wave Condition (moderate overtopping)

Ilustración 92: Esquema de relaciones para diques exentos. Fuente: SPM.

El manto principal debe estar formado por materiales de pesos comprendidos entre:

$$W_1 = 0,75 \cdot 3 = 2,25 \text{ t} \approx 2,50 \text{ t}$$

$$W_2 = 1,25 \cdot 3 = 3,75 \text{ t} \approx 4 \text{ t}$$

Los materiales de los morros del dique tendrán un peso comprendido entre:

$$W_1 = 0,75 \cdot 4 = 3 \text{ t}$$

$$W_2 = 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ t}$$

Se realiza el cálculo del manto principal de escollera, para ello se tiene que multiplicar el número de capas que forman el manto y el tamaño del cubo equivalente de los elementos de escollera:

$$L = \sqrt[3]{\frac{W}{\gamma}}$$

Manto principal del dique:

$$L = \sqrt[3]{\frac{W}{\gamma}} = \sqrt[3]{\frac{3}{2,7}} = 1,035 \text{ m}$$

Morro del dique:

$$L = \sqrt[3]{\frac{W}{\gamma}} = \sqrt[3]{\frac{4}{2,7}} = 1,140 \text{ m}$$

La composición del manto principal es la anterior, todo lo demás depende de este, por lo que se puede calcular el resto de componentes del dique a través de Shore Protection Manual (ilustraciones 95 y 96).

- Manto secundario

Según la imagen anterior, relaciona el peso del manto principal y el manto secundario, siendo este 10 veces menor que el peso del manto principal:

$$W = 3,13 \cdot 0,1 = 0,31 \text{ t}$$

Manto secundario	
W (kg)	310

Ilustración 93: Peso unitario manto secundario. Fuente: Elaboración propia.

$$L = \sqrt[3]{\frac{W}{\gamma}} = \sqrt[3]{\frac{0,31}{2,7}} = 0,48 \text{ m}$$

$$W_1 = 0,70 \cdot 0,31 = 0,20 \text{ t}$$

$$W_2 = 1,35 \cdot 0,31 = 0,40 \text{ t}$$

Lo forman elementos cuyo peso está comprendido entre 200 y 400 kg.

- Núcleo

El núcleo impide la propagación de energía del oleaje, la figura en la que se está basando el cálculo de pesos muestra la relación del peso del manto principal que varía en un rango desde  $W/200$  a  $w/4000$ , para este caso sería:

Núcleo		
W (kg)	15	0,78

Ilustración 94: Peso unitario núcleo. Fuente: Elaboración propia.

El núcleo lo constituye material todouno cantera con pesos entre 0,78 kg y 15 kg.

		Peso (t)	Espesor (m)
Manto principal	Morro	3,00-5,00	1,14
	Tronco	2,50-4,00	1,035
Capa intermedia		0,2-0,4	0,48
Núcleo		0,00078-0,015	-

Ilustración 95: Estructura de diques. Fuente: Elaboración propia.

#### 7.8.4. Ancho mínimo

Con el cálculo del ancho de coronación mínimo se podrá asegurar que el valor de ancho escogido, de 4 metros es correcto.

$$B = n \cdot k_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{W_{\gamma}}\right)^{\frac{1}{3}}$$

n	Número de capas.
$k_{\Delta}$	Coficiente de capa.
$W$	Peso de las piezas del manto principal.
$W_{\gamma}$	Densidad de las piezas, 2,7 T/m <sup>3</sup> .

El número de capas será 1, el coeficiente de capa será también 1, el peso de las piezas del manto principal son 3,13 T.

Ancho mínimo (B)	
$W$ (T)	3,13
$k_{\Delta}$	1,00
n	1
$W_{\gamma}$	2,70
B (m)	1,05

Ilustración 96: Ancho mínimo. Fuente: Elaboración propia.

El ancho mínimo del cuerpo será 1,05 metros, lo que asegura que el ancho de coronación de 4 metros previamente elegido, cumple con las restricciones de la SPM. Se ha optado por un ancho mayor al mínimo, ayuda a que sea más fácil efectuar las labores de construcción.

En un primer momento, el dique no será sumergido debido a que se tiene que acceder desde el propio dique, solo en fase de construcción estaría por encima del nivel medio del mar.

## **ANEJO 8: PROCEDENCIA DE MATERIALES**

### **8.1. Introducción**

Este anejo determinará los lugares de procedencia de los materiales que se van a utilizar en el “Estudio de soluciones para la regeneración de la playa de Santa Pola (Alicante)”.

Se va a intentar dar una relación detallada de la ubicación de las principales fuentes de materiales necesarios para la ejecución de la obra, así como las características de estos. Estos materiales son las arenas, las piezas de escollera y el todouno.

Para cumplir con la viabilidad en la ejecución de la obra, se establece la localización de las fuentes de materiales con el fin de obtener los materiales necesarios en este proyecto. Se exige, además, una calidad mínima en los materiales adquiridos, que se garantiza con el control de los ensayos previos a cada una de las partidas o lotes.

Hay que estudiar las diferentes canteras con el fin de encontrar el material más adecuado.

### **8.2. Canteras**

Se van a analizar las posibles alternativas de canteras que podrían proporcionar los materiales necesarios.

Deben ubicarse en zonas próximas a Santa Pola, por razones económicas.

Se optará por la más cercana a Santa Pola, la cual corresponde a la cantera Áridos Sabater, a 38,9 km y 34 min, ubicada en la localidad alicantina de Moralet.



Ilustración 97: Localización de cantera. Fuente: Google Maps.

Ofrece una amplia variedad de productos, y por tanto, es capaz de satisfacer la demanda del presente proyecto. Los materiales que se pueden encontrar son: arena caliza 02, arena especial zanjas, grava caliza 4-6 mm, grava caliza 6-12 mm, grava caliza 12-20 mm, grava caliza 25-40 mm, grava caliza 40-80 mm, zahorra caliza 0-25 especial, zahorra caliza 0-40 especial, zahorra caliza planta móvil, todo uno caliza frente cantera, escollera caliza 800-1500 mm, escollera caliza 1500-2000 mm, piedra caliza mampostería, tierra vegetal y planche caliza.

### 8.3. Caminos auxiliares

Para estos caminos auxiliares se pedirá material todouno, la zahorra, y la escollera que los conformará. Los materiales vendrán de la misma cantera que se ha propuesto para la aportación de los materiales para los diques.

### 8.4. Diques exentos

Para la construcción de estos diques, se utilizan:

- Escollera
- Todouno

Para la ejecución de los trabajos que se describen en este proyecto, es necesario realizar un estudio de los recursos de materiales disponibles más cercanos o, en todo caso, a una distancia que no sea influya de manera negativa a la economía del proyecto.

Para llevar a cabo la obra descrita en el presente estudio, es necesario realizar una investigación sobre los recursos materiales disponibles más cercanos o, en todo caso, a una distancia que no afecte a la economía del proyecto.

La cantera más próxima a la obra es la cantera de Áridos Sabater, esta será la proveedora de los materiales para los diques, reduciendo el coste por transporte.

### 8.5. Alimentación artificial

Para la obtención de los materiales para la playa hay que considerar los siguientes puntos:

- El diámetro medio debe ser igual o mayor al diámetro medio de los materiales actuales.
- Dichos materiales deben ser similares a los originales.
- No han de estar contaminados.

En cuanto a la procedencia de este material, se deben llevar a cabo altas exigencias sobre los posibles impactos o afecciones del medio de extracción o dragado. A corto o medio plazo, las consecuencias de la extracción de arena del fondo cerca a la costa pueden provocar desequilibrios a pie de playa, provocando efectos adversos.

La arena para la alimentación artificial de la costa de Santa Pola va a proceder de las plantas de extracción y tratamiento de áridos, por tanto, el origen es terrestre, y para su utilización se realizará un proceso de machaqueo, clasificación, etc. Las fuentes marinas y fluviales se descartan.

Se debe elegir un material de aportación que difiera lo mínimo posible del de origen, pudiendo ser, en cualquier caso, de un tamaño superior.

El material de aportación debe diferir lo mínimo posible del original y, en cualquier ca

En el anejo de cálculos justificativos, se ha establecido que el tamaño medio de las arenas de aportación ( $D_{50}$ ) es igual a 0,20 mm.

Las canteras deben ubicarse en zonas próximas a Santa Pola, por razones económicas.

La obtención de arenas se obtendrá de la cantera de Áridos Sabater, al igual que en el caso anterior.

El volumen a pedir en la cantera escogida será de  $374791,5m^3$ .

## ANEJO 9: JUSTIFICACIÓN DE CÁLCULOS

### 9.1. Introducción

En este anejo de justificación de cálculos, se explican los diferentes cálculos en el diseño de los elementos necesarios para la correcta ejecución del proyecto de diques exentos, así como las diversas fórmulas para que se formen los tómbolos deseados, y la cantidad de material invertido en la operación.

## 9.2. Alturas de ola

La altura de ola de cálculo ( $H_{cal}$ ), en la mayoría de los casos de defensa está condicionada por la profundidad. Las olas que afectan a una obra de protección se pueden presentar de dos formas “non breaking condition” y “breaking condition”. Por tanto, lo primero es determinar la altura de ola significativa en aguas profundas ( $H_{s0}$ ) y la altura de ola en condiciones de rotura ( $H_b$ ).

### 9.2.1. Altura de ola significativa en aguas profundas

La norma a seguir para el cálculo de la altura de ola significativa es la ROM 0.3-91. En particular se utilizarán los cuadros D y E de la hoja del área VII que se corresponde con la zona de Alicante. Cuyos registros representan medidas obtenidas a profundidades intermedias.

- Cuadro D: “Regímenes Extrémos Escalares”.
- Cuadro E: “Correlación para los temporales entre alturas de olas y periodos”.

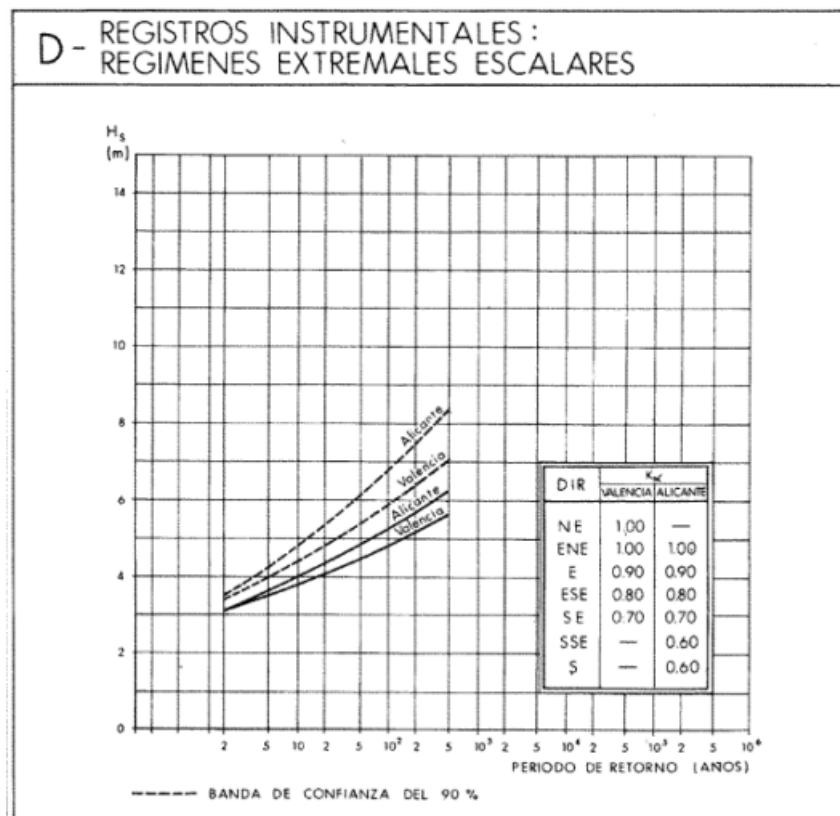


Ilustración 98: Cuadro D. Fuente: ROM 0.3-91.

**E - REGISTROS INSTRUMENTALES :  
CORRELACIONES  
ALTURA DE OLA / PERIODO EN TEMPORALES**

BOYA	$P = H_s / L\bar{T} = \frac{2\pi H_s}{g\bar{T}^2}$	$T_p / \bar{T}$	RELACION FINAL $\frac{H_s \text{ (m)}}{T_p \text{ (s)}}$	VALORES DE DISEÑO	
				$H_s$ (m)	$T_p$ (s)
VALENCIA I	0.025 ~ 0.04	≈ 1.25	$T_p = (5-6.3)\sqrt{H_s}$	3	8.5-11
				5	11 ~ 14
				7	13 ~ 16.5
ALICANTE	0.025 ~ 0.04	≈ 1.25	$T_p = (5-6.3)\sqrt{H_s}$	3	8.5-11
				5	11 ~ 14
				7	13 ~ 16.5

Ilustración 99: Cuadro E. Fuente: ROM 0.3-91.

Finalmente, a partir de los regímenes extrémales y del periodo de retorno establecido para la obra es posible obtener las alturas de ola significativa.

La altura de ola significativa en aguas profundas de un periodo determinado asociada a una determinada dirección se puede calcular a través de:

$$H_{SO} = \frac{K_{\alpha}}{K_R} \cdot H_{SR}$$

$H_{SO}$  Altura de ola significativa en aguas profundas, con un periodo de retorno y una dirección.

$K_{\alpha}$  Coeficiente de reparto direccional para dicha dirección.

$K_R$  Coeficiente de refracción shoaling en el punto de medida para la misma dirección y periodo.

$H_{SR}$  Altura de ola significativa con un periodo de retorno hallada gracias al régimen extremal escalar instrumental (D).

Debido a la sección en la que se encuentra la playa se elige los valores del coeficiente de Alicante.

$K_{\alpha}$	
<b>NE</b>	-
<b>ENE</b>	1.00
<b>E</b>	0.90
<b>ESE</b>	0.80
<b>SE</b>	0.70
<b>SSE</b>	0.60
<b>S</b>	0.60

Ilustración 100: Coeficiente de reparto direccional. Fuente: Elaboración propia.



Según la tabla 2.7.1. de la ROM 0.3-91 se tienen los siguientes valores de este coeficiente. Dentro de la zona VII nos centramos en los datos de Valencia, proporcionados por la boya de Alicante.

Boya de Alicante	Coeficiente de Refracción-Asomeramiento ( $K_R$ ) en función de la dirección y el T (S)							
	Dirección	7	9	11	13	15	17	19
ENE		1.00	0.98	0.94	0.92	0.92	-	-
E		1.00	0.98	0.93	0.88	0.90	-	-
ESE		1.00	0.98	0.94	0.91	0.90	-	-
SE		1.00	0.98	0.93	0.84	0.79	-	-
SSE		1.00	0.97	0.90	0.85	0.81	-	-
S		1.00	0.97	0.90	0.80	0.80	-	-

Ilustración 101:  $T_p$  VS dirección. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se calcula el periodo medio considerado para cada periodo de retorno ( $T_p(s)$ ), con la fórmula que se proporciona en el cuadro E. Se calculará  $T_p$  min y  $T_p$  max, y posteriormente el valor medio entre ambos.

$$T_{p \min} = 5 \cdot \sqrt{H_s}$$

$$T_{p \max} = 6,3 \cdot \sqrt{H_s}$$

T (años)		2	5	10	20	50	100	200
$H_{SR}$		3,10	3,60	4,00	4,30	4,80	5,20	5,70
$T_{p \min}$		8,80	9,49	10	10,37	10,95	11,40	11,94
$T_{p \max}$		11,09	11,95	12,6	13,06	13,80	14,36	15,04
$T_p$		9	11	11	11	13	13	13
$H_{so}(m)$	ENE	3,16	3,83	4,25	4,57	5,22	5,65	6,19
	E	2,85	3,48	3,87	4,16	4,91	5,32	5,83
	ESE	2,53	3,06	3,40	3,66	4,22	4,57	5,01
	SE	2,21	2,71	3,01	3,24	4,00	4,33	4,75
	SSE	1,92	2,40	2,66	2,86	3,39	3,67	4,02
	S	1,92	2,40	2,66	2,86	3,60	3,90	4,27

Ilustración 102: Hso según dirección y T. Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida dicha altura de ola nos basamos en la ROM 0.2-90: Acciones al proyectar Obra Marítima y Portuaria. En esta se puede ver la vida útil mínima para el tipo de obra que se va a realizar. Para ello, el nivel de seguridad en este caso es el nivel 1, en el cual están incluidas las obras para proteger y regenerar las playas. También hay que tener en cuenta que la infraestructura se considera de carácter general.

**TABLA 2.2.1.1. VIDAS ÚTILES MÍNIMAS PARA OBRAS O INSTALACIONES DE CARÁCTER DEFINITIVO (en años)**

TIPO DE OBRA O INSTALACIÓN	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL	25	50	100
DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO	15	25	50

Ilustración 103: Vida útil. Fuente: ROM 0.3-91.

Luego, por las consideraciones anteriormente expuestas y según la tabla que se expone (tabla 2.2.1.1.) la obra debe tener una vida útil mínima de 25 años (L).

Hay que tener siempre en cuenta la posibilidad de una avería y sus consecuencias, es por ello que según la ROM 0.2-90, en la tabla 3.2.3.1.2. de “Riesgos máximos admisibles para la determinación, a partir de los datos estadísticos, de los valores característicos de cargas variables para fase de servicio y condiciones extremas”:

a) RIESGO DE INICIACIÓN DE AVERÍAS

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

b) RIESGO DE DESTRUCCIÓN TOTAL

		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA.  Índice r : $\frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,20	0,15
	MEDIA	0,15	0,10
	ALTA	0,10	0,05

Ilustración 104: Riesgos. Fuente: ROM 0.3-91.

Para este caso, la posibilidad de que haya pérdidas humanas es mínima; sin embargo, en caso de inutilización de la obra optaremos por media, siendo el riesgo máximo admisible (E) de 0,30.

Con los datos de riesgo admisible (E=0,30) y la vida útil (L=25 años), se puede obtener el periodo de retorno (T) de tal manera que:

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

$$E = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^L; 0,30 = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{25}; T = 70,59 \text{ años} \approx 71 \text{ años}$$

Con este periodo ya se puede calcular la altura de ola significativa en profundidades indefinidas.

T (años)		71
$H_{SR}$		5,00
$T_{p \text{ min}}$		11,18
$T_{p \text{ max}}$		14,09
$T_p$		13
$H_{so}(m)$	ENE	5,43
	E	5,11
	ESE	4,39
	SE	4,17
	SSE	3,53
	S	3,75

Ilustración 105: Hso según periodo. Fuente: Elaboración propia.

Se escogerá la ola proveniente del ENE debido a que es la más alta con  $H_{so} = 5,43 \text{ metros}$ .

Para definir el periodo y la longitud de esta ola, se vuelve a utilizar la ROM 0.3-91, a través del cuadro E en la zona VII, para el caso de Alicante.

El periodo de ola será:

$$T_p = (5 \sim 6,3) \cdot \sqrt{H_s}$$

Se obtienen dos valores y se escoge el valor medio de estos.

$$\left. \begin{array}{l} T_p = 11,65 \text{ segundos} \\ T_p = 14,68 \text{ segundos} \end{array} \right\} 13,16 \text{ segundos}$$

La longitud de ola, se calculará mediante:

$$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \Pi}$$

$$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \Pi} = \frac{9,8 \cdot 13,16^2}{2 \cdot \Pi} = 270 \text{ metros}$$

### 9.2.2. Altura de ola en condiciones de rotura

Lo más común es dimensionar la altura de la obra según cual sea la altura de la ola de rompiente. Para zonas como lo estudiada, donde la profundidad no es muy grande, la altura de ola se determina por el peralte (relación entre la altura de la onda y su longitud). Es necesario hallar la máxima altura sin que llegue a romper la ola, para ello se utiliza la teoría de la onda solitaria donde:

$$\frac{H_b}{d_b} = 0,78$$

$H_b$  Altura de ola en condición de rotura.

$d_b$  Profundidad donde se sitúa el pie de nuestra estructura. Suma de la profundidad real ( $d_s$ ) y sobreelevación considerada ( $s$ ).

Este valor generalmente concuerda con lo que se observa en la naturaleza, sin embargo, pueden aparecer notables diferencias con los resultados de esta fórmula general por encontrarse en función de:

- La pendiente del fondo
- La profundidad frente a la obra
- La altura y el periodo de las olas incidentes

Además, en la naturaleza se tienen oleajes irregulares, y no olas esquemáticas como as ondas solitarias, sobre todo cuando se trata de mar de viento, lo que puede provocar que los resultados obtenidos puedan presentar importantes diferencias con respecto a la realidad física.

Apoyándonos en las curvas de Goda, se obtiene la relación  $H_b/d_b$  en función de la pendiente de la playa y del período del oleaje.

La playa de Santa Pola posee una pendiente entre 1-2%, y un periodo de oleaje de 13 segundos, calculado anteriormente.

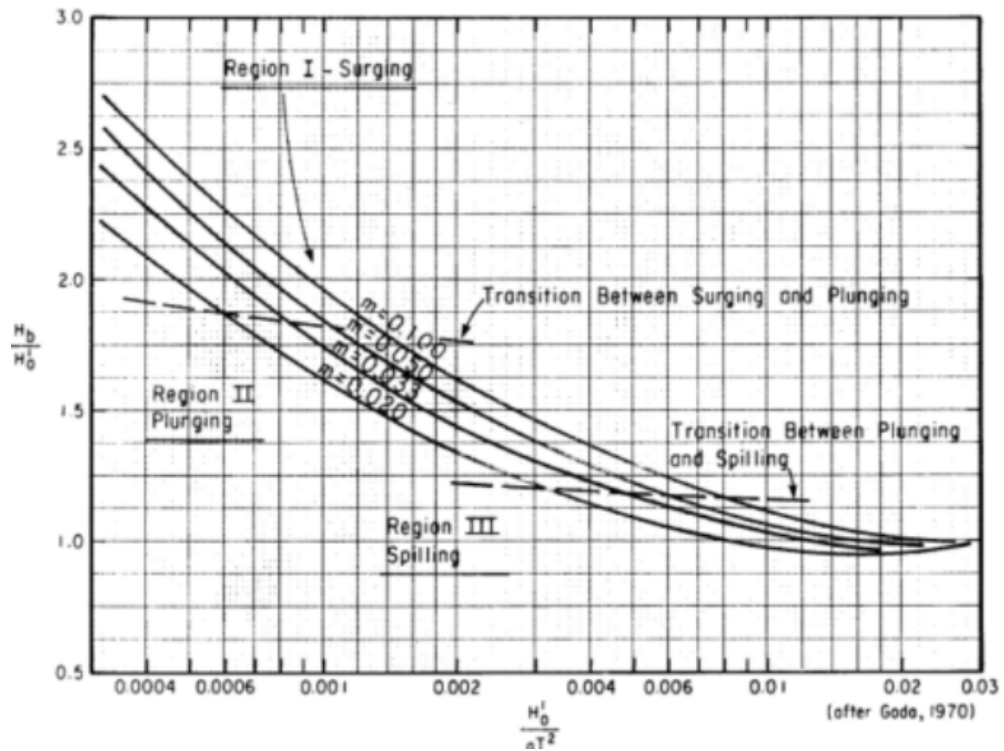


Ilustración 106: Curvas de Gouda. Fuente: Tutor.

$$\frac{H_0}{g \cdot T^2} = \frac{5,43}{9,8 \cdot 13^2} = 0,0033$$

Este resultado nos lleva a tener una relación  $H_b/db$  de 1,1875.

Los diques se van a construir a una distancia de 150 metros aproximadamente de la línea de costa original.

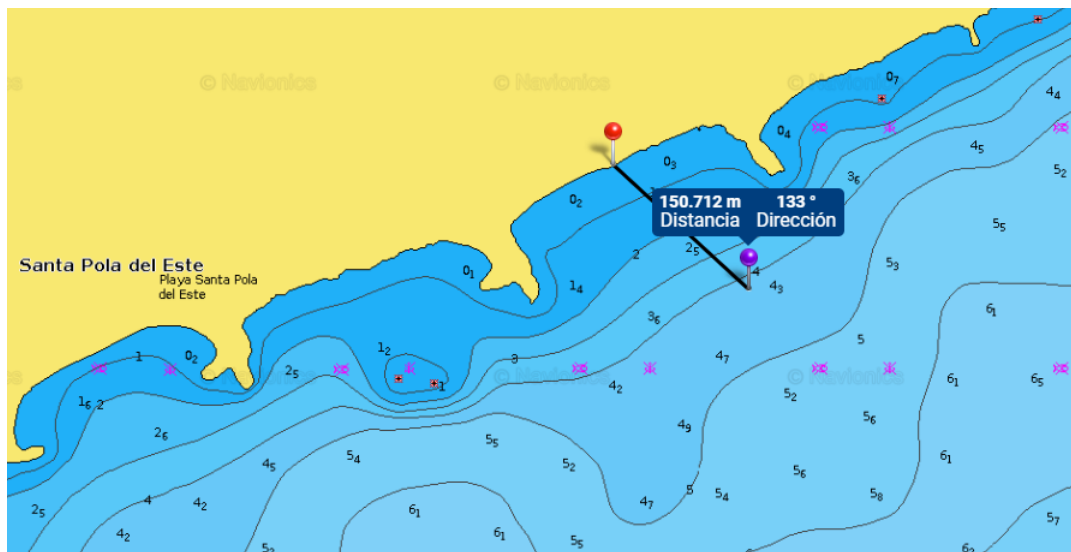


Ilustración 107: Distancia VS batimetría. Fuente: Navionics.

A una distancia de 150 metros de la línea de costa original, por lo general se encuentra una profundidad de 4 metros, según Navionics.

$$H_b = 4 \cdot 1,1875 = 4,75 \text{ metros}$$

Con la teoría de onda solitaria, teniendo en cuenta una sobreelevación del mar de más o menos 1 metro:

$$\frac{H_b}{d_b} = 0,78; \quad \frac{H_b}{4} = 0,78; \quad H_b = 3,12 + 1 = 4,12 \text{ metros}$$

La altura de ola por la teoría de onda solitaria es más restrictiva que la altura de ola calculada, luego se considerará una altura de ola de rotura en condiciones de rotura de  $H_b = 4,12 \text{ m}$ .

### 9.2.3. Altura de ola de cálculo

Una vez obtenida la altura máxima de rotura ( $H_b = 4,12 \text{ m}$ ), todas aquellas olas de altura superior romperán antes de encontrarse con las obras de regeneración.

Como se ha calculado anteriormente existen alturas de ola significativa  $H_{1/3}$  obtenidas gracias a la ROM 0.3-91 del sector VII para el régimen de oleaje de Alicante donde  $H_{1/3} = H_{so} = 5,43 \text{ metros}$ .

Según "Shore Protection Manual (SPM, 1984)" aconseja tomar como valor de ola de diseño  $H_{1/10}$  para un periodo de vida útil de 71 años.

$$H_{1/10} = 1,27 \cdot H_{1/3} = 1,27 \cdot 5,43 = 6,89 \text{ metros}$$

Se comprueba que  $H_{1/10} > H_b$ . Esto implica que las olas que lleguen al dique en general llegarán en condiciones de rotura por lo que la ola escogida de cálculo será  $H_b$ , es decir, 4,12 metros.

$$H_{so} = H_b = 4,12 \text{ m}$$

## 9.3. Diques exentos

### 9.3.1. Cálculo de los diques

Las formas de los diques exentos se obtendrán a través del cálculo de las siguientes fórmulas, con las que se conseguirá modelar el perfil que generarán estos en la playa; en este caso se busca la formación de hemitómbolos.

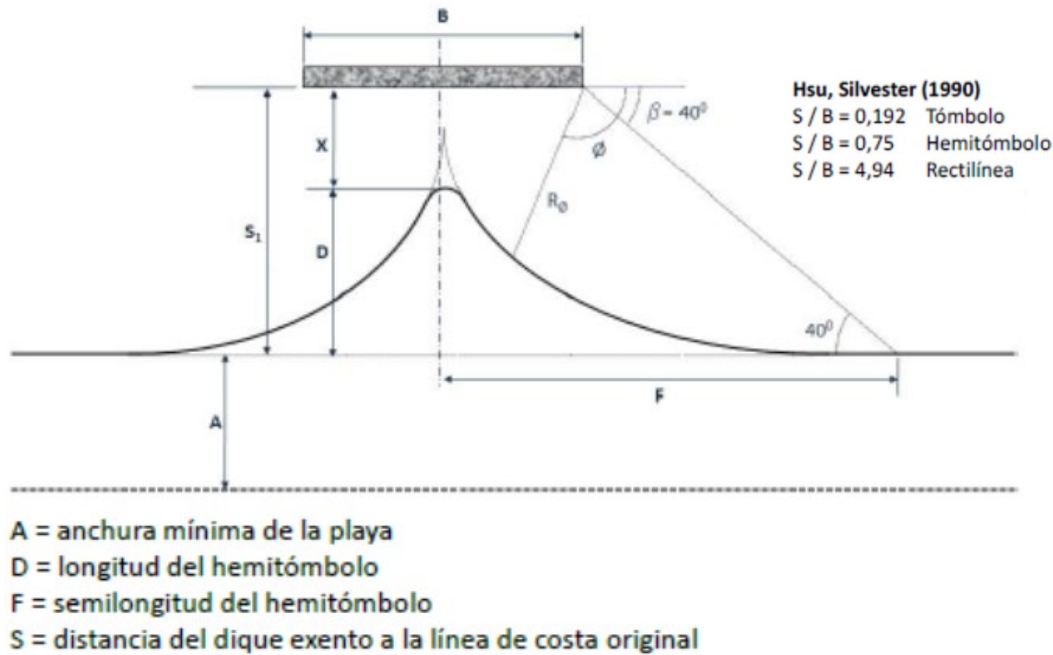


Ilustración 108: Variables para definir el hemitómbolo. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

$$\frac{X}{B} = 0,6784 \cdot \left(\frac{S}{B}\right)^{1,2148}$$

$$S_1 = X + D$$

$$\frac{S_1}{B} = 0,1112 + 1,082 \cdot \frac{S}{B}$$

- Anchura de la playa (A): El ancho de playa escogido es de 50 m, siendo este el mínimo para que la playa sea estable, ya indicado anteriormente.
- Distancia del dique a la línea de costa (S1): una distancia de 150 m es la que se establece.
- La longitud de los diques (B): Para determinar si se formará un tómbolo o un hemitómbolo es esencial definir esta longitud, que se establecerá en 50 m.
- La distancia entre los diques (Dist.): Se fija una separación de 220 metros entre ellos.

	Solución
B	50
S1	150
Dist.	220
A	50

Ilustración 109: Variables del dique. Fuente: Elaboración propia.

Con las fórmulas anteriores se obtiene:

	Solución
X	111,82
D	38,18
S	133,49
0,75 Hemitómbolo	2,66

Ilustración 110: Variables del tómbolo. Fuente: Elaboración propia.

Para que se forme un hemitómbolo se necesita que la relación  $S/B$  sea mayor que 0,75 según Hsu y Silvester (1990 y 1997), en este caso es 2,66.

También se puede observar la relación entre  $B$  y  $S_1$ , en el siguiente gráfico, que se encuentra en la zona de hemitómbolo.

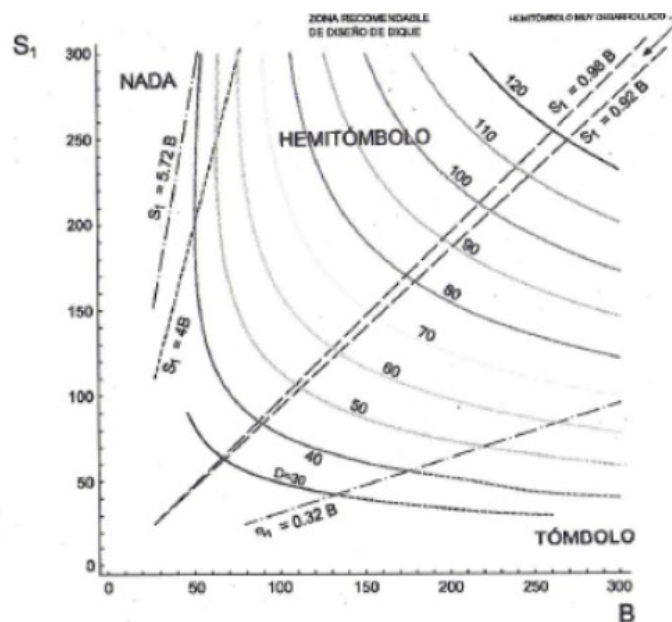


Ilustración 111: Gráfico de Hsu y Silvester.



El proceso morfodinámico que tiene lugar al incidir el oleaje sobre un dique exento convencional y paralelo a la costa es el siguiente:

- Reflexión parcial de la energía del oleaje incidente debido a la presencia de la barrera artificial que supone este.
- Paso del oleaje al otro lado del dique mediante la acción de dos fenómenos simultáneos, la difracción del oleaje alrededor de los extremos del dique y transmisión de la energía incidente por encima de la cresta de la estructura.
- Como consecuencia de la difracción, tiene lugar una reducción de altura a lo largo de la playa en el trasdós del dique.

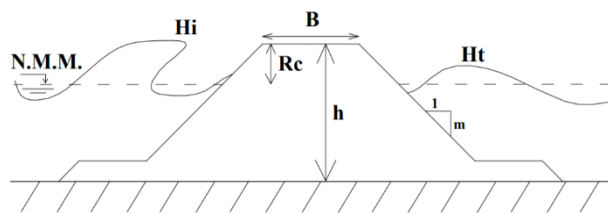


Ilustración 112: Comportamiento frente a oleaje. Fuente: Google.

A la hora de diseñar un dique exento se buscan un objetivo concreto: reducir la energía incidente sobre la línea de costa.

Se puede considerar que dicha energía se descompone en tres partes: la energía que se disipa al incidir el oleaje sobre el dique, la que se consigue transmitir hacia la zona del trasdós y la que finaliza incidiendo sobre la línea de costa influyendo en la morfología.

Para reducir dicha energía, y así conseguir la mayor eficiencia posible como filtro energético de las olas incidentes, depende en gran medida del fenómeno de transmisión del oleaje ( $K_t$ ).

El coeficiente de transmisión  $K_t$  es clave a la hora de diseñar este tipo de estructuras, enfocadas en asegurar la protección y preservación de la costa.

Para calcularlo se utilizará la formulación expuesta por Van der Meer que propuso una relación analítica que tuviese en cuenta los principales factores que controla el proceso de rebase de un dique exento: el francobordo ( $R_c$ ) y la altura de ola significativa a pie de dique ( $H_s$ ).

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

Ilustración 113: Formulación de Van der Meer. Fuente: Google.

El francobordo del dique es  $R_c = -0,5 \text{ m}$  y la altura de ola significativa a pie de diques es  $H_s = 4,12 \text{ m}$ .

$$K_t = 0,5$$

Cuanto mayor sea el coeficiente de transmisión, menor será la cantidad de energía disipada en el dique, y en consecuencia menores serán también los cambios morfológicos que afecten a la línea de costa, ya que se obtienen menores valores del gradiente de altura de ola en la zona de abrigo. Los valores mínimo y máximo de transmisividad son 0,10 y 0,80 respectivamente, debido a que la expresión lleva implícita unas bandas de confianza del 90%.

Proporciona una forma rápida para intentar determinar de forma estimada el rango de energía que se disipa en el dique exento por efecto del fenómeno de transmisión.

#### 9.4. Alimentación artificial

El objetivo de este estudio es recuperar zonas de la playa de Santa Pola, para ello se necesita regenerar la anchura de su playa.

Se definirá completamente la alimentación artificial a realizar, se calculará el volumen necesario y se definirá el perfil de playa ideal en relación con la playa existente.

Se deben distinguir las distintas partes de una playa y sus diferentes zonas. El interior de la playa tiene las siguientes partes de adentro hacia afuera:

- Playa sumergida
- Estrán
- Playa seca
- Escarpe

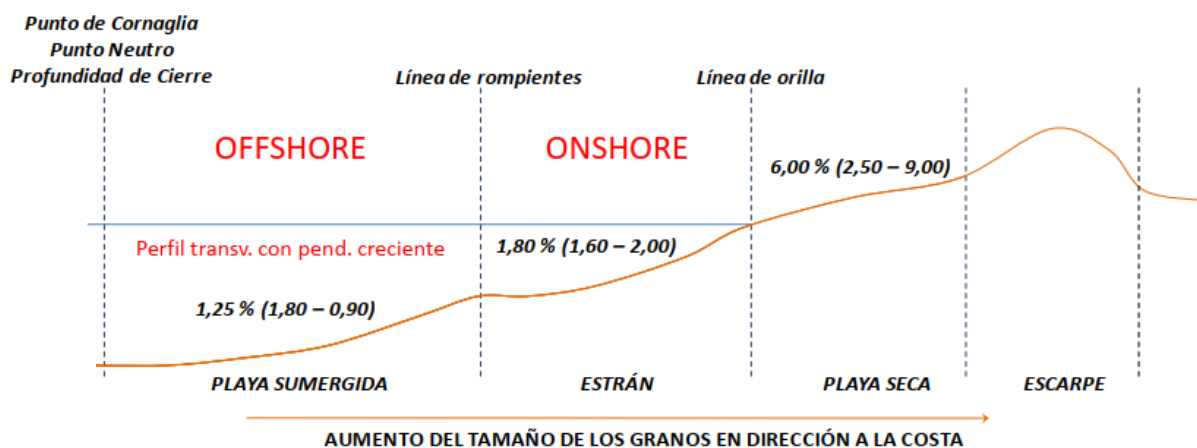


Ilustración 114: Perfil genérico transversal de playa. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

Haciendo uso de las recomendaciones obtenidas a partir del estudio de la Dirección General de Puertos y Costas (realizado en 1985) sobre la ordenación de playas. Existen tres áreas aproximadamente paralelas a la playa:



Ilustración 115: Zonificación de una playa mediterránea. Fuente: Víctor Yepes.

- Zona activa o de inmersión

“Es la franja de área más próxima a la orilla, que debe permanecer libre para favorecer la cómoda inmersión y tránsito de las personas que acuden a bañarse”.

Esta zona viene impuesta por la carrera de marea, aunque en playas no sensibles a mareas se ha de imponer un mínimo de 10 m. Una buena regla práctica es dejar como zona activa un tercio total del ancho de playa, sin bajar nunca de 6 m.

- Zona de reposo o inactiva

“Es la franja inmediata y paralela a la anterior en la que es posible el uso de sombrillas, hamacas, toldos y otros elementos portátiles, particulares o de uso público, con destino a hacer cómoda la permanencia en la playa, facilitando el descanso a sus usuarios”

En las playas del Mediterráneo se considera una anchura para esta zona no superior a 25-30 m, ya que las condiciones climáticas en los veranos provocan un excesivo calentamiento de las arenas y dificultan los grandes desplazamientos para acceder al baño.

- Zona de servicios

“Está constituida por el conjunto de terrenos inmediatos a la zona de reposo o inactiva por el lado de tierra. Esta zona debe servir como elemento de separación entre la zona de reposo de la playa y las zonas urbanas colindantes”. La zona de servicios no entra en lo que se viene a denominar “área de playa seca”.

Se dejará una zona de resguardo en la playa para evitar posibles procesos en época de temporales, con una amplitud aproximada de 10m. A esta zona se le suele denominar Margen de resguardo.

Por tanto, se recomienda que el ancho de playa para que sea estable se de 50 m, como se ha dicho anteriormente, será la suma de las dos primeras zonas definidas anteriormente, la zona de inmersión y la zona de reposo.

#### 9.4.1. Cálculo de Run-up

Run-up hace referencia a la cota de la playa seca hasta la que asciende una ola de altura en condiciones de rotura.

Basando su estudio en la formulación de Lounguet-Higgins y Stewart:

$$s = 0,19 \cdot \left( 1 - 2,82 \cdot \sqrt{\frac{H_c}{g \cdot T^2}} \right) \cdot H_c$$

$S$	Valor de run-up.
$H_c$	Altura de ola en condiciones de rotura ( $H_b$ ).
$g$	Valor de la gravedad.
$T$	Periodo de la ola de altura $H_c$ .

Para  $H_c$  siendo el valor de la altura de ola en condiciones de rotura ya calculada  $H_c = 4,12 \text{ m}$ , con un periodo de 13 segundos y siendo la gravedad  $9,8 \text{ m}^2/\text{s}$ .

Run-up	
$H_c$	4,12
$g$	9,8
$T$	13
Run-up	0,67

Ilustración 116: Cálculo de Run-up. Fuente: Elaboración propia.

Considerando una sobreelevación media de 0,4 metros, para playas del Mediterráneo, se obtiene un Run-up total de  $s = 1,07 \text{ m}$ .

#### 9.4.2. Playa seca

Los datos anteriores calculados, Run-up y las premisas expuestas en la zonificación, servirán para determinar cuál será la anchura de playa óptima para la regeneración.

- Ancho zona activa

A partir de la pendiente de la playa, 8% que es lo recomendado, y el Run-up calculado se obtendrá el ancho de la zona activa. Hay que tener en cuenta, como se explicó anteriormente, que no deberá ser menor a los 10 metros recomendados.

$$\frac{1,07}{0,08} = 13,37 \text{ m}$$

Se adoptará un ancho de 15 metros.

- Ancho zona de reposo

Para el ancho de la zona de reposo, la recomendación es de 25 m para las playas Mediterráneas.

La pendiente de esta zona será 4% lo que hará aumentar la cota en 1 metro.

- Margen de resguardo

Para este tramo de playa dado que el mínimo debe ser 45 m, se tomará un margen de resguardo de 10 metros, para cumplir el ancho de playa recomendado.

- Ancho total de playa seca

Se tienen 15 metros de zona activa con una pendiente del 8%, una zona de reposo de 25 m con una pendiente del 4% y un margen de resguardo de 10 m. De esta manera el ancho total de la playa seca del tramo será de 50 metros, el mínimo recomendado.

### 9.4.3. Playa sumergida y estrán

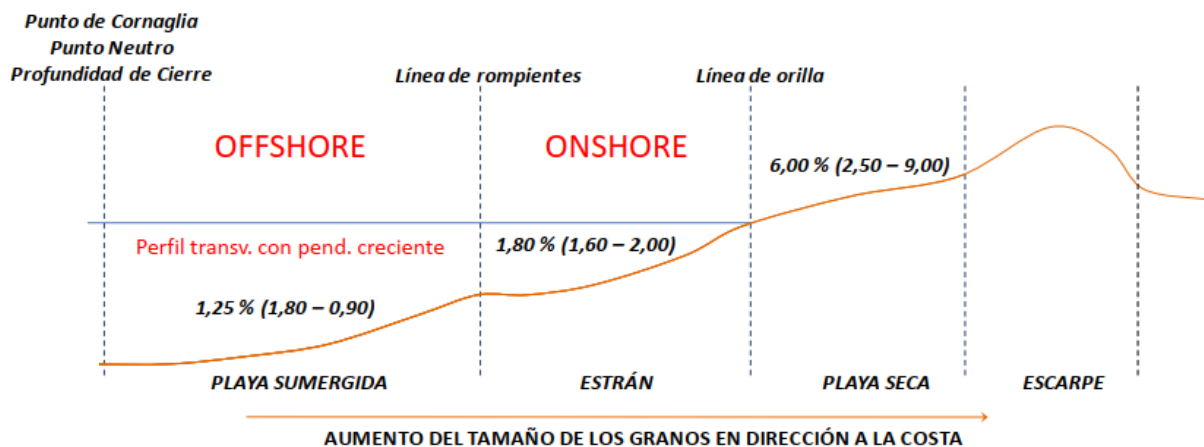


Ilustración 117: Perfil genérico transversal de playa. Fuente: Asignatura Obras marítimas.

Para definir estas zonas de la playa se seguirán los parámetros establecidos en la ilustración anterior de perfil de playa teórico, donde se establecen un 1,25% para la playa sumergida y un 1,8% para el estrán, siendo estos porcentajes los valores intermedios dentro de los parámetros indicados.

## 9.5. Volumen de aportación

### 9.5.1. D50

El diámetro de la arena afectará a la forma a largo plazo del perfil y cómo lo perciben los usuarios. Los datos disponibles proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente se utilizarán para analizar el tamaño medio de la arena actual de la playa seca, y en base a estos, determinar las mejores características de tamaño de partícula a utilizar.

En ingeniería de costas, al tratar playas de arenas, no se suele trabajar con curvas granulométricas, sino con un tamaño medio de las partículas que se denomina D50.

Partiendo de los estudios ecocartográficos del litoral de la provincia de Alicante, la ficha de la playa aporta el dato de  $D50=0,20$  mm de media.

### 9.5.2. Cálculo de volumen

Para el cálculo del volumen, se estudiarán los distintos perfiles que comprenderán la playa actual, superponiéndolos al perfil de la playa existente, calculando así el área que hay de diferencia en cada perfil, que corresponderá al área que habría que aportar en ese perfil.

Ya que se busca la formación de hemitómbolos, se deberán tener en cuenta, previendo la forma en planta que va a formarse en la playa.

- Forma en planta de la playa

Se va a prever la forma en planta de la playa que se va a formar debido a los 3 diques exentos previstos a construir.

Con la siguiente imagen, se observa que si las olas inciden perpendicularmente a la alineación del dique, se forma un hemitómbolo justo en la zona central, tras las construcciones. Esta zona se conoce como zona de sombra.

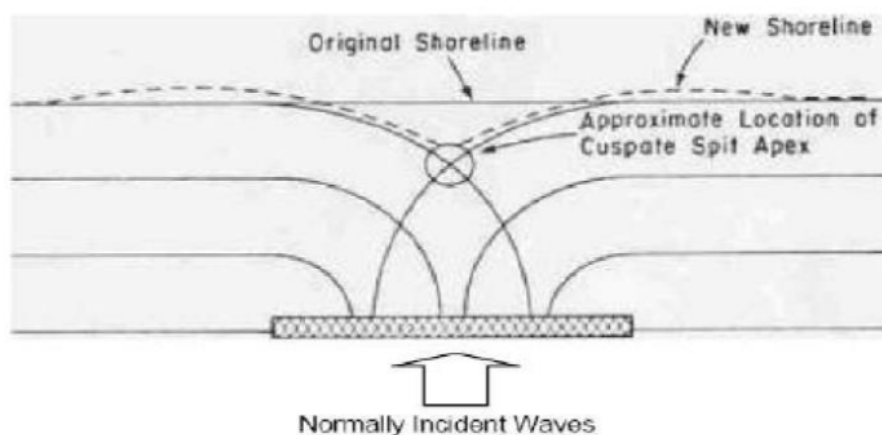


Ilustración 118: Formación hemitómbolo. Fuente: Google.

En esta zona de sombra se presentan los efectos de la difracción del olaje, y aparece la componente del transporte longitudinal. La playa acaba adquiriendo una forma curva en planta a razón de estos dos efectos mencionados, caracterizándose mediante expresiones analíticas.

De las múltiples fórmulas analíticas se utilizará el denominado “compás de playa” o “espiral logarítmica de ángulo constante” de Carlos Garau:

$$R(\theta) = R \cdot e^{\theta \cdot \cot \alpha}$$

La forma que adquiere el hemitóbolo se puede apreciar en detalle en los planos.

- Volumen

Una vez determinado el perfil teórico de la costa que se va a presentar, se pueden estudiar la cantidad de arena necesaria para la alimentación artificial. Estos valores se obtendrán aplicando la fórmula de Puig Adam para la arena de aportación.

Los volúmenes se hallarán aplicando la fórmula de Puig Adam, por superposición de perfiles:

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

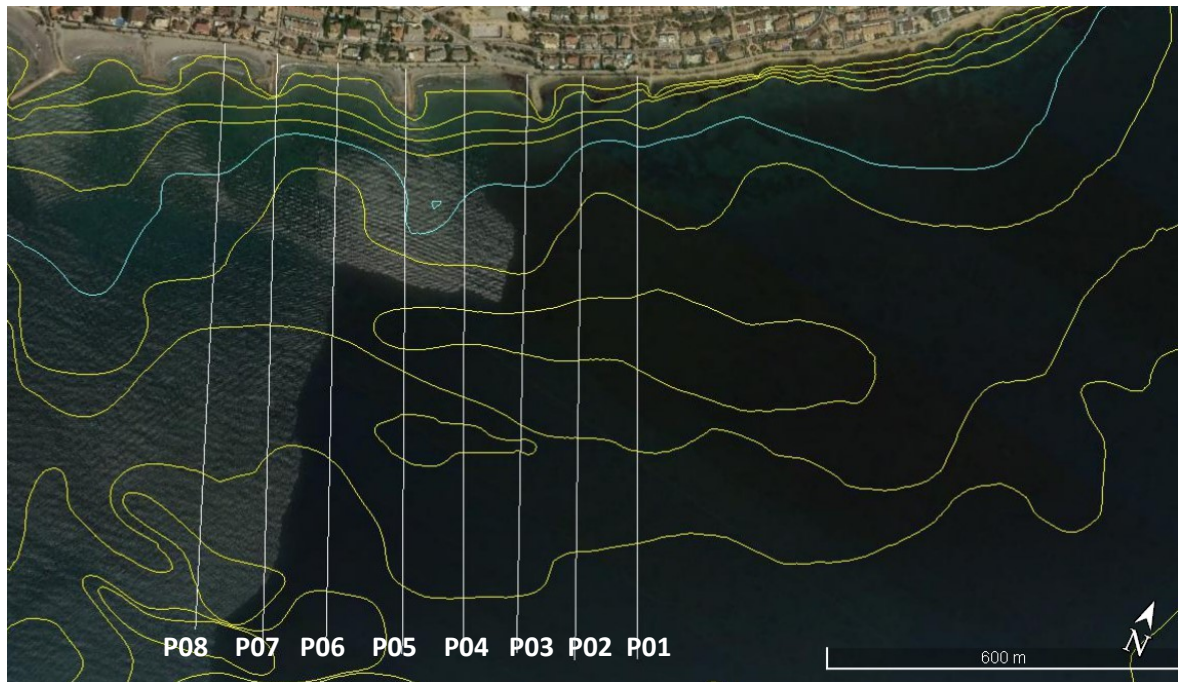
$Vol$	Volumen teórico.
$S$	Áreas de relleno del perfil transversal $i$ .
$d_{i-i+1}$	Separación entre dos perfiles consecutivos $i$ e $i+1$ .

De esta fórmula se deduce la necesidad de establecer una serie de perfiles transversales y conocer su trazado, así como las distancias de separación entre ellos. Se establecerán 8 perfiles del Oeste al Este, empezando por la zona donde se va a actuar y requiere dicho aporte.

Se debe tener en cuenta el facto de sobrellenado en la playa, los metros cúbicos de relleno necesarios para lograr 1m<sup>3</sup> de material de playa cuando se alcance la situación de compatibilidad. Este factor de relleno puede ser calculado según la propuesta del Shore Protection Manual siguiendo un ábaco.

Se conocen datos de la granulometría de las arenas existentes en la playa actualmente, pero en general se carecen de datos exactos de la granulometría de aporte, por lo que se seleccionará un factor de sobrellenado de 1,5.

Los datos de entrada son las áreas obtenidas de los perfiles partiendo de los datos obtenidos en los planos y la distancia establecida entre ellos. Obtendremos un valor para cada perfil que sumados serán el valor que se debe multiplicar por el factor de sobrellenado 1,5, dando el valor definitivo de volumen total.



Il·lustració 119: Perfils transversals elaborats. Fuente: Elaboración propia.

	Superficie de perfil	Distancia entre perfiles	Volumen
P01	405,64	0	0
P02	399,45	100	40254,5
P03	401,37	100	40041
P04	305,89	100	35363
P05	235,19	100	27054
P06	455,25	100	34522
P07	373,87	100	41456
P08	249,54	100	31170,5
		<b>Total</b>	249861
		<b>Factor de relleno</b>	1,5
		<b>Volumen final</b>	374791,5m <sup>3</sup>

Il·lustració 120: Volum total de arena a aportar. Fuente: Elaboración propia.



## ANEJO 10: PROCESO CONSTRUCTIVO

### 10.1. Introducción

El presente anejo describirá los métodos que se utilizarán para llevar a cabo el proyecto de regeneración de la playa de Santa Pola.

Se hará una referencia al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas que proporcionará una serie de recomendaciones para la puesta en obra en este tipo de construcciones. La construcción de los diques exentos no es el objetivo del proyecto, sino la evolución del litoral y los cambios en su comportamiento, lo que debe servir de referencia para un buen seguimiento de las modificaciones propuestas.

### 10.2. Elección de la alternativa óptima

Para la construcción de los diques exentos sumergidos se pueden optar por dos procedimientos: medios marítimos o medios terrestres, o también existe la posibilidad de hacerla mixta. Se van a analizar cada una de las posibilidades.

#### 10.2.1. Vía terrestre

En este procedimiento se lleva a cabo la creación de un camino auxiliar o más para acceder a la ubicación de la obra. Estos tramos tendrán un ancho mínimo de 3,5 metros, y una cota de un metro por encima del nivel medio del mar, de forma que los riesgos de rebase sean los más reducidos posible.

Una vez se llega al punto de construcción del dique, se vierte el material todouno de la cantera para la construcción del núcleo, después se coloca la escollera para formar tanto el filtro como posteriormente el manto principal

Seguidamente, desmantelamiento de camino auxiliar.

La construcción llevada a cabo por este método tiene ventajas como la utilización de una maquinaria común, lo que implica una reducción de costes; y la compactación del núcleo debido a la circulación de la maquinaria por encima. También tiene desventajas ya que los rendimientos son inferiores a la vía marítima y los plazos de ejecución son mayores.

#### 10.2.2. Vía marítima

Para la construcción por esta vía se usan gánguiles autopropulsados o remolcados de 20m<sup>3</sup> de capacidad de carga. Las máquinas vierten los materiales para la creación del núcleo por etapas, una vez creado el núcleo, se utilizarían pontonas que llevarán grúas para colocar la escollera.

Las ventajas de la vía marítima son el mayor rendimiento de vertido y colocación de materiales, los diques pueden tener menor anchura de coronación ya que no tienen que circular sobre estos maquinaria de movimiento de tierras, en este caso, de diques sumergidos no será necesario construir el dique por encima del nivel del mar en un primer momento.

El inconveniente es que se exigen unas condiciones de oleaje exigente, ya que la maquinaria no puede trabajar en condiciones desfavorables.

### 10.2.3. Vía seleccionada

En este proyecto se ha optado por el método terrestre.

Debido a que se trata de una obra a profundidad pequeña, con volumen de material reducido y a corta distancia de la costa, se plantea por este método.

Si se dispusiera de medios marítimos en la zona y pudiera realizarse un cargadero a corta distancia, con accesos adecuados, entonces también podría proponerse la construcción por vía marítima, hasta como máximo, los 2 m de profundidad. Lo más habitual es hacerlo por vía terrestre, y aun cuando parcialmente se ejecutase por vía marítima, la parte más elevada requeriría la ejecución terrestre, con plataformas flotantes y/o apoyadas con grandes alcances de las grúas).

Deberá construirse un camino auxiliar para acceder a la ubicación de la obra y retirarse al finalizar el dique.

En la ejecución de las obras, como ya se ha dicho, es esencial que se disponga de unas condiciones climáticas favorables, por lo que la fuente de previsión de temporal debería ser lo más fiable posible para tomar medidas de protección de las obras en el transcurso de la construcción.

### 10.3. Recomendaciones

Hay algunos aspectos que se tienen que tener en cuenta durante la construcción y el seguimiento de los diques.

En los pasos posteriores a la planificación de la obra, generalmente no se suele considerar un problema que ocurre con frecuencia. Durante la construcción del dique exento, el litoral puede reaccionar potencialmente, dependiendo de la capacidad de transporte que tenga; ya sea por medios marítimos o terrestres, en este punto de trabajo, en la morfología ya ha empezado a crearse un pequeño hemitómbolo, esto conducirá a la erosión a ambos lados del dique exento por descomposición sedimentaria.

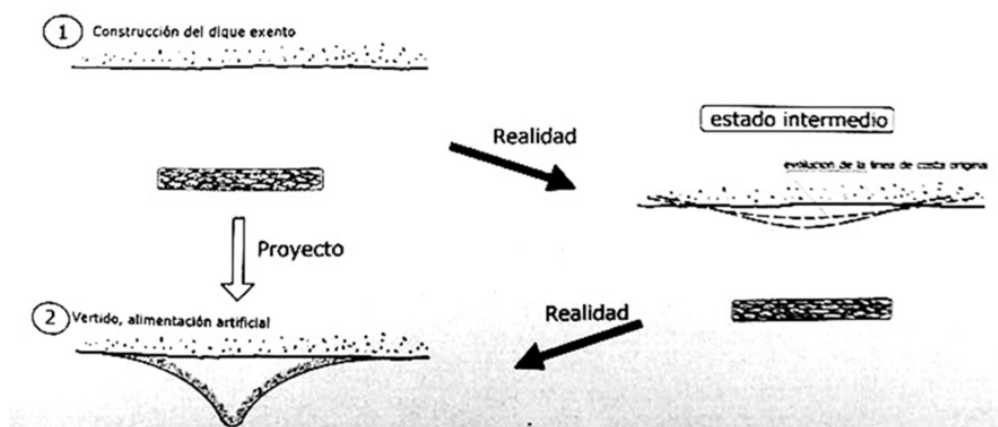


Ilustración 121: Esquema problemática en la construcción 1. Fuente: Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante.

Para evitar esto en los estados intermedios de construcción, se podrían construir dos espigones provisionales, fácilmente desmontables, a ambos lados de construcción del dique, para que la afectación de la costa sea lo más reducida posible. Debiendo retirarlos cuando se comience el vertido del sedimento para formar el hemitómbolo.

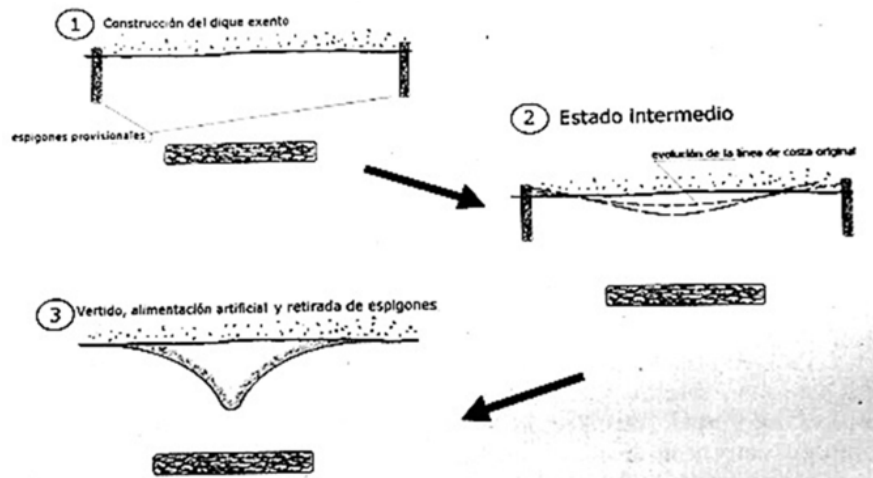


Ilustración 122: Esquema problemática en la construcción 2. Fuente: Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante.

Cuando se trata de un grupo de diques exentos, se recomienda realizar como primera obra el dique exento más a barlomar, vertiendo el sedimento necesario para formar el hemitómbolo. Seguidamente el más a sotamar, incluido el aporte de sedimento necesario, continuando con el resto siguiendo la secuencia que marcan los dos primeros.

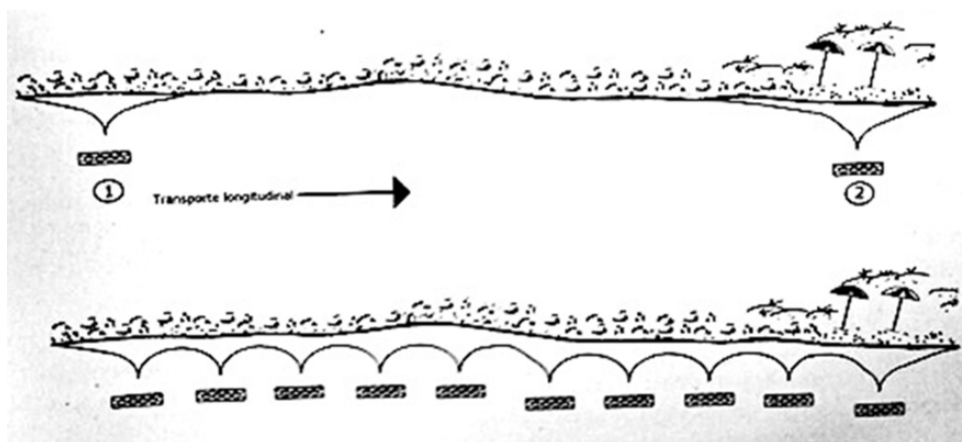


Ilustración 123: Esquema problemática en la construcción 3. Fuente: Proyecto básico de regeneración de la playa de Levante.

En el caso de Santa Pola, se van a construir 3 diques exentos, se empezará construyendo el que se encuentra más al Este, después el más situado al Oeste y por último el situado entre estos dos.

#### 10.4. Construcción de los diques exentos

La construcción por vía terrestre necesita la construcción de un camino auxiliar perpendicular a la costa para construir el dique exento, ya que tiene que circular la maquinaria por encima hasta llegar a la distancia donde hay que construirlo, este debe ser como mínimo de 3,5 m, en este caso se realizará un camino auxiliar de 4 metros de ancho, y una cota de un metro por encima del nivel medio del mar, de forma que los riesgos de rebase sean los más reducidos posible.

El diseño de las construcciones provisionales se debe realizar teniendo presente el peligro de aparición de temporales, así como tomar medidas respecto a la seguridad de los trabajadores y la maquinaria. Se deberá programar evitando tanto los meses del año de mayor riesgo de temporales (otoño e invierno) e intentando evitar también la temporada de baño.

#### 10.4.1. Maquinaria a utilizar

Se utiliza maquinaria muy común para la ejecución de las obras marítimas por vía terrestre, cuya adquisición, transporte a pie de obra y mantenimiento son generalmente más baratos que la maquinaria que se requeriría para la vía marítima.

Conocer el peso de las unidades de escollera más pesadas es lo primero, para determinar si se requiere maquinaria especial o no. Estas piezas serán del orden de 5 toneladas, por lo que no se requeriría maquinaria especial.

Los tipos de maquinaria que se va a utilizar es:

- Camiones basculantes.
- Excavadoras.
- Retropalas.
- Palas sobre neumáticos.
- Motoniveladoras.
- Bulldozers.

#### 10.4.2. Fases de construcción

Se diferencian varios tipos de obras para la ejecución de los diques exentos:

- Camino auxiliar. Se trata de la vía de acceso para que la maquinaria pueda acceder a la zona donde se va a realizar la construcción de los diques desde la línea de costa. El camino estará constituido por material todouno de cantera de 4 metros de ancho, a una cota +1 sobre el nivel medio del mar y unos taludes de 1H/1V, siendo estos los taludes que forman los materiales al ser vertidos directamente.
- Núcleos-avance (camino todouno). Se han definido como una capa más del dique exento sumergido, de carácter provisional, durante la ejecución de las pertinentes obras, llamada núcleo-avance. Con una cota de coronación de un metro superior a la definitiva para permitir la circulación de la maquinaria por este, para posteriormente retirarla.
- Dique exento. Se utilizarán los materiales y las dimensiones que se han calculado en el anejo correspondiente.

El camino auxiliar y el núcleo avance se tratan se obras provisionales, la única definitiva serán los diques exentos.

Los caminos auxiliares, como ya se ha dicho son temporales hasta el fin de la obra, llegarán hasta la ubicación definitiva de los diques exentos. Con un ancho de coronación de 4 metros, cota +1 sobre NMM y taludes 1/1, aquellos que se crean de forma natural con el vertido del material al mar, siendo este todouno procedente de cantera.

Al llegar a la ubicación del dique, se comenzará la construcción con los materiales y la geometría que se ha indicado en anejos anteriores. En primer lugar, se llevará a cabo la construcción del dique, vertiendo el todouno para la formación del núcleo, siguiendo con la colocación en los taludes de una capa de escollera para el manto secundario y, por último, los elementos que forman el manto principal, llegando todo ello a una cota de coronación al NMM. Todo ello con maquinaria usual de movimiento de tierras.

Seguidamente se deberá construir el núcleo-avance, como ya se ha indicado con una cota de coronación por encima del nivel del mar para poder avanzar en la construcción del mismo, que posteriormente se demolerá parte de la estructura hasta la cota de proyecto, en conclusión, se formará un camino todouno y su posterior retirada, de talud 2/1 y ancho de 4 metros. Se retirará con retroexcavadora y se llevará a vertedero.

Dentro de la construcción en sí de los diques, se divide en fases:

1. Construcción del camino de acceso hasta el dique exento.
  - Construcción del núcleo del camino de acceso.
  - Construcción del manto de protección del camino de acceso.
2. Construcción dique exento, incluyendo capa de núcleo-avance y su retirada.
  - Construcción del núcleo más capa de núcleo-avance.
  - Construcción de protección con escollera de acopio.
  - Retirada del núcleo de avance de acopio.
3. Retirada del camino de acceso al dique.
  - Retirada de escollera.
  - Retirada de todouno de camino de acceso.
4. Transporte a vertedero desde acopio de materiales sobrantes.

Esta operación se repetirá para todos los diques.

### 10.5. Espigones de control

Tras las recomendaciones anteriormente descritas, serán necesarios dos espigones transversales en los extremos de los diques exentos, espigones de control. Retendrán la arena que se vierte, asegurando su permanencia. No hará falta crearlos, ya que existen espigones transversales en nuestra costa.

Como espigón de control al Este (1), que se prevé su desmantelamiento, tiene las siguientes características:

#### Espigón 1:

- Profundidad máxima: 1m
- Profundidad media: 0,8 m
- Longitud: 20 m
- Ancho: 5 m
- Talud: 1:1,5
- Volumen total: 89 m<sup>3</sup>

Este se deberá alargar su longitud para crear una barrera al transporte sólido litoral, deberá tener una longitud alrededor de 80 m. Habrá que alargarlo 60 m, esto llevará a utilizar un volumen de escollera en este espigón de 1824 m<sup>3</sup>, 4924,5 T. Se utilizará la escollera que se desmantela de otros espigones.

El siguiente espigón que se utilizará como espigón de control será el espigón del Astillero Vatasá, es un espigón lo suficientemente largo y no se actúa sobre él.



Ilustración 124: Espigones de control. Fuente: Elaboración propia.

La caracterización del espigón se define dependiendo de la barrera que se busque, ya que se trata de un espigón de control, no se trata de crear una barrera total, sino parcial.

La determinación de la longitud del espigón se basa en los criterios del SPM (1984) para lograr retener un 75% del transporte litoral. Este también debe ser mayor que el ancho buscado para la playa, es decir, mayor a 50 metros.

Por lo que, dicho espigón se encontrará entre la cota -3,5 y -4 m, una longitud de 80 metros y paralelo a la costa.

La acción que determina la constitución del espigón es la misma que la de los diques, el oleaje, por lo que se calculará de la misma forma. En este caso, no consta de capa intermedia, únicamente manto principal y núcleo.

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 0.06 \cdot \left(\frac{R_c}{D_{n50}}\right)^2 - 0.23 \cdot \frac{R_c}{D_{n50}} + 1.36$$

Se asume un porcentaje de falo de un 20-30%, por lo que la altura de ola se divide por 1,37.

Manto principal			
$R_c$ (m)	1	$\rho_s$ (T/m <sup>3</sup> )	2,7
$H_s$ (m)	2,04	$D_{n50}$ (m)	1,04
$\Delta$	1,634	$V$ (m <sup>3</sup> )	0,48
W (T)			2,81

El espesor del manto principal, es de 1,04 y un peso de 2,81 t  $\approx$  3t. Y en el morro, se optará por 4 t.

El peso del material del núcleo será:  $W = \left(\frac{W}{125}; \frac{W}{7,5}\right)$ .

		Peso (t)	Espesor (m)
Manto principal	Morro	4	1,13
	Tronco	3	1,035
Núcleo		0,032-0,53	-

El proceso de construcción es terrestre y no necesita camino de acceso. Lo primero que se lleva a cabo es el extendido del todouno hasta el nivel del mar. Después se procede al extendido de la capa principal, consiguiendo los anchos necesarios.

### 10.6. Reutilización de espigones

Ya que se van a retirar algunos espigones ya construidos, se procederá a la utilización del material de los espigones que se quieren dismantelar.

Se procederá a un estudio de los materiales que componen estos espigones y la cantidad de este aprovechable para los diferentes elementos que formarán las nuevas construcciones.

Las piezas que conforman el manto de estos espigones tienen forma cúbica, en general irregulares.

El lado medio de la escollera es de 1,5 metros, el peso será de 1,50 toneladas, estas piezas podrán ser reutilizadas en el manto principal de los futuros espigones exentos, así como el material todouno extraído de los núcleos de estos.

La caracterización de los espigones a demoler es:

#### Espigón 1:

- Profundidad máxima: 1m
- Profundidad media: 0,8 m
- Longitud: 20 m
- Ancho: 5 m
- Talud: 1:1,5
- Volumen total: 89 m<sup>3</sup>

#### Espigón 2:

- Profundidad máxima: 1 m
- Profundidad media: 0,8 m
- Longitud: 60 m
- Ancho: 7 m
- Talud: 1:1,5
- Volumen total: 362 m<sup>3</sup>

**Espigón 3:**

- Profundidad máxima: 1m
- Profundidad media: 0,8 m
- Longitud: 60 m
- Ancho: 7 m
- Talud: 1:1,5
- Volumen total: 362 m<sup>3</sup>

**Espigón 4:**

- Profundidad máxima: 1m
- Profundidad media: 0,8 m
- Longitud: 60 m
- Ancho: 10 m
- Talud: 1:1,5
- Volumen total: 506 m<sup>3</sup>

	Calculado m <sup>3</sup>	Total reutilizable	Densidad (T/m <sup>3</sup> )	Toneladas
<b>Escollera</b>	1055,2	738,64	2,7	1994,33
<b>Todouno</b>	263,8	211,04	1,8	379,87

*Ilustración 125: Material reutilizable de espigones a desmantelar. Fuente: Elaboración propia.*

Utilizando un factor de corrección, para eliminar los materiales que serán inutilizables al extraerlos, para el material todouno se supone que un 20% del material que se extrae no se podrá utilizar, y para las escolleras se supone un 70% de material que se podrá volver a utilizar en la obra.

En la siguiente imagen se pueden observar las piezas de la escollera del manto principal de los espigones existentes.





Il·lustració 126: Peces de escollera de un espigón Fuente: Elaboración propia.

### 10.7. Alimentación artificial

La alimentación artificial se puede efectuar de distintas maneras entre las que se diferencian:

- Vertido directo.
- Apilado en áreas para su distribución por dinámica litoral.
- Vertido offshore.
- Alimentación regular (y-pass).

En un principio solo se van a tratar los dos primeros casos. El vertido directo se trata de un proceso simple, donde los camiones cargados de arena acceden a la playa y depositan en acopios la arena necesaria. Con la utilización de maquinaria pesada esta arena es trasladada y extendida siguiendo los datos de los perfiles, para constituir la playa seca.

En la playa sumergida se llevarán a cabo un apilado de arenas en puntos separados que serán distribuidos por medios mecánicos y a su vez por la acción de la dinámica litoral. Es un proceso un tanto impreciso, se deberá controlar la correcta distribución de la arena.

Todo ello se llevará por medios terrestres y desde la playa seca, y no será necesaria más maquinaria que la de movimiento de tierras.

La arena para esta alimentación artificial proviene de cantera, será machacada y triturada para conseguir una granulometría específica como ya se ha indicado anteriormente.

### **10.8. Seguimiento y control**

El seguimiento y control será necesario una vez finalice la construcción, para conocer hasta qué punto la solución está funcionando y cumple los objetivos esperados. Y detectar efectos negativos, en el caso de que ocurran.

Se tendrá en cuenta la evolución de los perfiles, las pendientes y la batimetría; mediante fotografías aéreas o imágenes de satélite, levantamientos topográficos y sondeos en el mar.

## ANEJO 11: BALIZAMIENTO

### 11.1. Introducción

El objetivo de este anejo es estudiar la implantación de balizamiento en la playa de Santa Pola para facilitar la navegación de pequeñas embarcaciones deportivas y pesqueras que suelen circular por la zona.

### 11.2. Marco legislativo

#### 11.2.1. Normativa

Las disposiciones más importantes que afectan al balizamiento de las playas, en lo relacionado a las señales sobre la protección de los baños, son:

- La O.M. de 31 de Julio 1972 (Presidencia del Gobierno) que dicta las normas para la seguridad humana en los lugares de baño (B.O.E. de 2 de agosto de 1972).
- Real Decreto 1685/83 (B.O.E. de 4 de Julio de 1983) por el que se adopta para las costas españolas el Sistema de Balizamiento Marítimo de la AISM.
- El Reglamento de la Ley de Costas aprobado por RD 1471/89 (B.O.E. de 12 de Diciembre de 1989).
- La O.M. comunicada de 2 de Septiembre de 1991 del Ministerio de Obras Públicas y Transportes sobre el balizamiento de playas, lagos y superficies de agua interiores, señales de temporal y tráfico portuario y balizamiento de almadrasas.
- Modificación del Reglamento de la Ley de Costas aprobado por RD 1112/92 (B.O.E. de 6 de Octubre de 1992).
- Ley 27/92 de 24 de Noviembre de 1992, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (B.O.E. de 25 de Noviembre de 1992).

Las que hacen referencia a la señalización y balizamiento de la zona de protección de baños en las costas son la O.M. de 31 de Julio 1972 y la O.M. comunicada de 2 de Septiembre de 1991; ambas con orden de rango ministerial.

#### 11.2.2. Uso de la playa

El uso de las zonas de baño se determina con la aplicación de la Ley de Costas y su Reglamento, Ley 27/92 de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, y de las anteriores disposiciones no derogadas, en tanto no se opongan a éstas.

El Real Decreto 1.471/1.989, Reglamento General para el desarrollo y ejecución de la Ley de Costas, en su artículo 59 establece: "La utilización del dominio público marítimo terrestre y, en todo caso, del mar y su ribera será libre, pública y gratuita para los usos comunes y acordes con la naturaleza de aquel, tales como pasear, estar, bañarse, navegar, embarcar y desembarcar, varar (...)".

Por tanto, en las playas, tienen que coexistir simultáneamente embarcaciones y bañistas. Sólo cuando entran en colisión los distintos intereses de uso es cuando hay que tratar de armonizarlos protegiendo, en este caso, a los bañistas mediante balizamiento o límite de velocidad, pero respetando siempre el uso legítimo que de las playas pueden hacer las embarcaciones.

- Normativa playas balizadas

Las playas balizadas se rigen por el Artículo 69.1 del Real Decreto 1.471/1.989, por el que se aprueba el Reglamento General para la deportiva y de recreo, y la utilización de cualquier tipo de embarcación o medio flotante movido a vela o motor. El lanzamiento o varada de embarcaciones deberá hacerse a través de canales debidamente señalizados. En el caso de no cumplirse este artículo, se incurriría en una infracción tipificada como leve por el artículo 114.3.e) "La navegación, salvo causa de fuerza mayor, realizada por cualquier clase de buque, embarcación o artefacto, destinado a usos deportivos, fuera de los canales balizados para acceso a la costa, en las zonas marcadas como reservadas al baño y debidamente balizadas" de la Ley 27/1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, siendo competente para resolver el Capitán Marítimo, de conformidad con el artículo 123.1.b) de la citada Ley.

- Normativa playas no balizadas

El artículo 69.2, de la Ley de Costas, especifica: "En los tramos de costa que no estén balizados como zona de baño se entenderá que ésta ocupa una franja de mar contigua a la costa de una anchura de 200 metros en las playas y 50 metros en el resto de la costa. Dentro de esta zona no se podrá navegar a una velocidad superior a tres nudos, debiendo adoptarse las precauciones necesarias para evitar riesgos a la seguridad humana". En este sentido, el artículo 114.4.d) de la Ley 27/92, solo tipifica como infracción "La navegación de cualquier clase de buques o artefactos en la franja de mar contigua a la costa de una anchura de 200 metros en las playas y 50 metros en el resto de la costa, excediendo el límite de velocidad que marquen las disposiciones vigentes". Resulta evidente que esta zona la podrán compartir bañistas y embarcaciones, siempre que éstas no naveguen a velocidad superior a la reglamentada o efectúen maniobras inadecuadas que pongan en riesgo la seguridad humana.

### 11.2.3. Competencias

Las competencias del balizamiento en los tramos costeros son las siguientes:

- Competencias de Medio Ambiente, Jefatura de Costas:
  - Dictar las normas y régimen de utilización de las playas, seguridad de la vida humana en los lugares de baño y demás condiciones generales sobre el uso de aquella y sus instalaciones (Art. 72).
  - Autorizar el emplazamiento de puntos de atraque, embarque y desembarque o de aproximación a la costa, fuera de los puertos, a las embarcaciones de excursiones marítimas y artefactos flotantes de recreo (Art. 63).

- Competencias del Ministerio de Fomento, Capitanías Marítimas:
  - Limitaciones temporales al uso público del dominio público marítimo-terrestre en circunstancias excepcionales, siempre y cuando afecten a la navegación, seguridad humana y salvamento entre otras.
  - Autorizar el funcionamiento de las embarcaciones destinadas a cruceros turísticos y artefactos flotantes de recreo, cuyo emplazamiento sea previamente autorizado por Costas (Art 111.111).
  - Dar difusión mediante Bando en el B.O.P. de las disposiciones sobre zonas de baño, velocidades y autorización de embarcaciones de recreo.
  - Sancionar las infracciones cometidas por las embarcaciones en relación con la seguridad en las playas.
  
- Competencias de los Ayuntamientos:
  - Balizar, rotular y señalizar las playas, zonas de baño y canales de acceso.
  - Vigilar la observancia de los lugares de baño, de las normas específicas para la seguridad de las vidas humanas en los lugares de baño, haciendo que tanto las embarcaciones como los bañistas las respeten (Art. 6.2 ref. b.).
  - Sancionar en el ámbito de sus competencias, o denunciar ante el Organismo competente (Art. 4 ref. c.).

En conclusión, la decisión de balizar o no la playa, es competencia del Ayuntamiento de Santa Pola. Este normalmente, así como las autoridades intentan que las playas solo sean para uso de bañistas limitando el uso totalmente legítimo que tienen las embarcaciones.

Para ello se deben delimitar unas zonas para que estas embarcaciones puedan navegar, con sus respectivos balizamiento y rotulación.

### 11.3. Resolución

Analizando el marco legislativo anterior, se concluye con que la competencia de disponer señales de balizamiento de la playa de estudio recae sobre el Ayuntamiento del término municipal en el que se encuentra, Ayuntamiento de Santa Pola.

Es importante balizar los diques exentos, aunque sean sumergidos ya que no son del todo perceptibles desde una embarcación y así evitar posibles accidentes. A continuación se especificarán las señalizaciones escogidas tanto durante la construcción como al terminar esta.

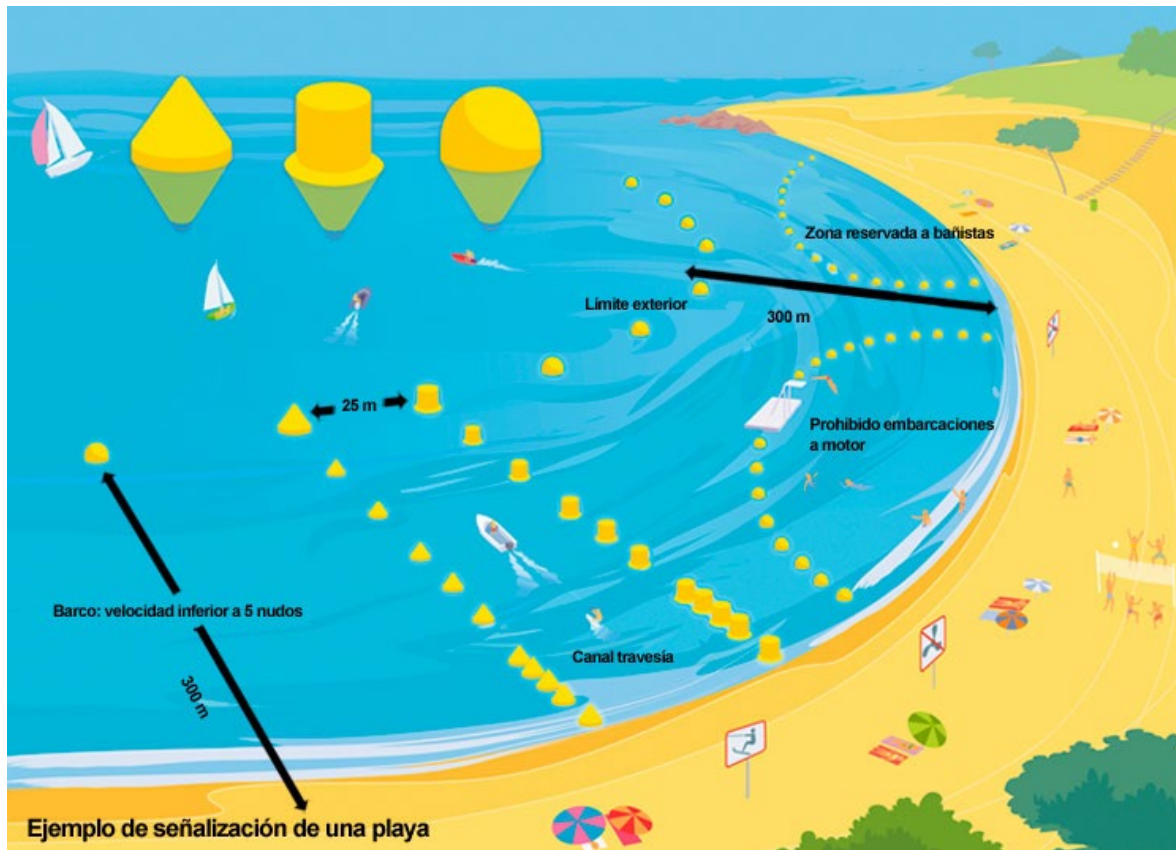


Ilustración 127: Ejemplo balizamiento de una playa. Fuente: Google.

## 11.4. Señalización

### 11.4.1. Señalización provisional durante las obras

Durante la ejecución de las obras, es necesario que exista algún tipo de señal para otras embarcaciones que indiquen por qué no pueden pasar.

Se fondearán boyas luminosas, como lo indican las normas de Seguridad en la Navegación a lo descrito por la Dirección General de Costas y cumpliendo con las normas de Seguridad y Salud Laboral; se instalarán en caminos de acceso, en caminos de avance y en los diques exentos.

### 11.4.2. Balizamiento. Señalización definitiva

La Asociación Internacional de Señalización Marítima (AISM) recomienda que se balicen los extremos (morros) de los diques. La señalización ha de disponer de un equipo luminoso, pues es necesaria tanto durante el día como por la noche.

El balizamiento definitivo constará de unidades de faro-baliza, que se ubicarán en los morros de los diques.

Las balizas indicarán los límites de la zona en la que se encuentran los diques y la boya le dará la profundidad.

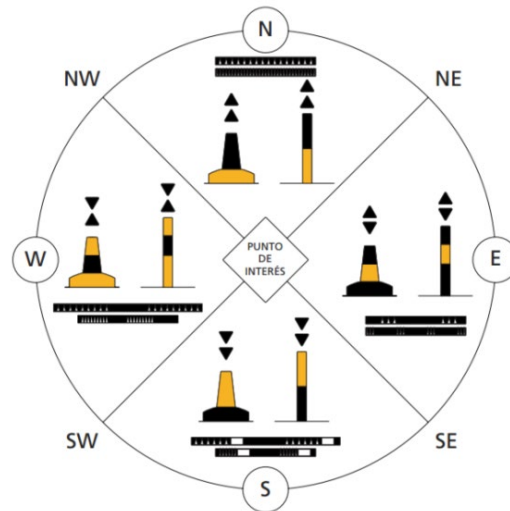


Ilustración 128: Marcas de balizamiento. Fuente: Real Decreto 2391/1993.

Las constan de una infraestructura de hormigón armado, para la cimentación de la instalación, insertado en el manto principal del dique.

La superestructura de las balizas está compuesta por:

- Placa de anclaje metálica.
- Soporte – estructura metálica, cilíndrica de 60 cm de diámetro y de 5 metros de altura, con escalera de acceso incorporada. La parte visible de este soporte (por encima del nivel medio del mar) tendrá 4 metros y deberá ir pintada de negro y amarillo (primer y último metro negros, y los dos centrales de amarillo).
- Castillete de apoyo sobre el poste metálico.
- Señalización diurna (marca de tope) correspondiente a la marca cardinal Este. Consta de dos triángulos negros enfrentados en sus bases.



Ilustración 129: Superestructura balizas. Fuente: Real Decreto 2391/1993.

- Señalización nocturna formada por un equipo luminoso centelleante, con luz de color blanco, accionado por generador solar, de acuerdo con las especificaciones internacionales. Debe quedar perfectamente instalado y en funcionamiento.

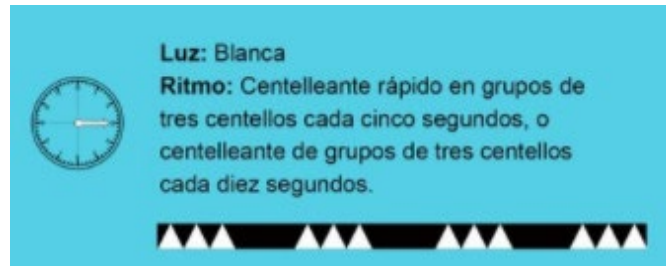


Ilustración 130: Equipo luminoso baliza. Fuente: Real Decreto 2391/1993.

Mediante este balizamiento se está advirtiendo que la navegación de las embarcaciones debe efectuarse al este de la alineación formada entre los dos puntos de señalización. Se ha preferido colocar las balizas sobre los morros del dique exento y no utilizar boyas, para evitar los problemas que el oleaje pueda ocasionar.



## ANEJO 12: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

### 12.1. Introducción

Este anejo busca conocer los posibles impactos que va a generar la obra en el medio ambiente. Cada vez que el hombre interviene se crea un impacto, una perturbación la cual altera la situación natural del entorno.

El objetivo en este tipo de evaluación es el de intentar encontrar el equilibrio entre lo que deseamos hacer y la naturaleza, por ello es necesario esta evaluación para evitar construir obras incompatibles con el desarrollo o con la sostenibilidad.

#### 12.1.1. Concepto de medio ambiente

Ante todo, se debe conocer que es la Directiva 85/337/CEE, quien establece los límites del medio ambiente a la hora de hacer un estudio de impacto ambiental. Para ello, nos indica que hay que analizar los efectos directos e indirectos de los proyectos en base a estos factores:

- La fauna y la flora
- El hombre
- Suelo, aire, agua y clima
- El paisaje
- Iteración entre los anteriores
- Patrimonio cultural y bienes materiales.

El medio ambiente, se entiende como el conjunto de componentes físicos, químico y biológicos externos con los que interactúan los seres vivos. El concepto implica de una manera directa o indirecta al ser humano ya que no solo influye a lo que rodea al hombre sino al él en sí mismo.

#### 12.1.2. Conceptos básicos

El propósito de exponer los efectos medioambientales, tanto positivos como negativos, que provienen de las diferentes alternativas de regeneración propuestas, es para que exista un criterio medioambiental comparativo, y con ello elegir la mejor alternativa de las planteadas.

##### 12.1.2.1. Impacto ambiental

Se puede definir impacto ambiental como cualquier alteración, beneficiosa (positiva) o perjudicial (negativa), que se produce sobre el medio ambiente como resultado de llevar a cabo un proyecto, respecto de la situación que existiría si este no se ejecutara. Por tanto, el término impacto ambiental no necesariamente tiene que ser negativo, ya que es simplemente la alteración de la acción frente al medio.

#### 12.1.2.2. Evaluación de impacto ambiental

Según el Real Decreto 1131/88 de 30 de septiembre, que aprueba el Reglamento sobre evaluación de impacto ambiental: “Se entiende por Evaluación de Impacto Ambiental, el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causada sobre el medio ambiente”.

Es el procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

#### 12.1.2.3. Declaración de impacto ambiental

La declaración es el pronunciamiento de la autoridad competente de medio ambiente en el que conforme con el artículo 4 del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (derogado en la actualidad por el Real Decreto Legislativo 1/2008, del 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.) cuyo reglamento de aplicación es el Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre; se determina, respecto a los efectos ambientales previsibles, la conveniencia o no de realizar la actividad proyectada y, en caso afirmativo, las condiciones que deben establecerse en orden a la adecuada protección del medio ambiente y los recursos naturales.

#### 12.1.2.4. Órgano ambiental

Aquel órgano de la Administración pública estatal o autonómica competente para evaluar el impacto ambiental de los proyectos. En el caso de Planes y Programas, es el órgano de la administración pública que en colaboración con el órgano promotor vela por la integración de los aspectos ambientales en la elaboración de los planes o programas.

#### 12.1.2.5. Metodología del estudio de impacto ambiental

La metodología empleada para la elaboración del presente Estudio de Impacto Ambiental será:

- Descripción de la actuación y acciones derivadas. Se analiza la solución propuesta destacando los aspectos más relevantes desde el punto de vista ambiental.
- Estudio del medio físico.
- Identificación y valoración de impactos previsibles de las actuaciones proyectadas.
- Establecimiento de medidas protectoras y correctoras. Medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales negativos más significativos.
- Programa de vigilancia ambiental. Se establecerá un sistema que garantice el cumplimiento de las medidas protectoras implantadas.

### 12.2. Marco legal

#### 12.2.1. Introducción al marco legislativo

En el año 1985, la Comunidad Económica Europea estableció, para determinados proyectos o actividades, la obligación de ser sometidos a una evaluación de sus efectos sobre el medio

ambiente, antes de disponer para su ejecución de la autorización que en cada caso fuera procedente. Se trata de la Directiva sobre Evaluación de los Impactos sobre el Medio Ambiente de ciertas Obras Públicas y Privadas (85/337/CEE), de 27 de junio de 1.985.

La transposición de la mencionada directiva al derecho interno español se efectuó en 1.986 mediante unas disposiciones (se van a ver a continuación) que definen los tipos de proyectos para los cuales es obligatorio la realización de una evaluación de impacto ambiental.

A lo largo de estos últimos años, la lista inicial de los proyectos sometidos a esta evaluación se ha visto incrementada por lo estipulado en otras disposiciones; por un lado, la legislación nacional de carácter sectorial, por otro lado, la legislación de las Comunidades Autónomas, tanto específica de impacto ambiental como de carácter sectorial.

En resumen, la normativa sobre evaluaciones de impacto ambiental puede proceder del Estado o de las Comunidades Autónomas, y a su vez, ser específica de impacto ambiental o ser de carácter sectorial. A continuación, se va a hacer un breve comentario en relación con el contenido de esta normativa.

### 12.2.2. Legislación Estatal Específica del EIA

Constituida por las normas:

- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986 de evaluación de impacto ambiental.

En cuanto a la participación pública, hay que destacar que la Directiva 85/337/CEE en contraposición a la normativa española, que detalla tan solo que el estudio de impacto ambiental deberá ser sometido al trámite de información pública, da especial relevancia al estudio de impacto ambiental, dentro del proceso de evaluación de impacto ambiental.

La legislación estatal establece una serie de proyectos y actividades que, necesariamente deben someterse a un proceso de evaluación de impacto ambiental, en las que se incluyen las actividades y proyectos en el litoral. En cuanto a estas actividades o proyectos en el litoral, debido a que pueden producir una alteración importante en el mismo, se establece que debe redactarse un estudio de la incidencia ambiental en el Dominio Público Marino-Terrestre cuando se produzca una ocupación o utilización de esa zona. Por lo que a este proyecto respecta, se deberá someter a este estudio.

El Órgano Ambiental en la Administración de Estado es la Dirección General de Política Ambiental, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente.

### 12.2.3. Legislación sectorial estatal. Ley de Costas

Se considera como necesaria la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental para la ejecución de las obras que se proyectan, puesto que es aplicable el artículo 42 de la Ley de Costas 22/1988, de 28 de julio, que establece que "cuando las actividades proyectadas pudieran producir una alteración importante del dominio público marítimo-terrestre, se requerirá además una previa

evaluación de sus efectos sobre el mismo". Este precepto se recoge y amplía ligeramente en el Reglamento de la Ley de Costas, en su artículo 85.

Este artículo indica que debe comprender la incidencia de las actividades proyectadas sobre el dominio público marítimo - terrestre, debiendo incluir, en su caso, las medidas correctoras necesarias.

Puesto que no existe una definición más explícita del contenido del Estudio de la Incidencia Ambiental en el Dominio Público Marino - Terrestre, puede seguirse para su elaboración el contenido definido para el Estudio de Impacto Ambiental por el Real Decreto 1131/1988, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986 de Evaluación de Impacto Ambiental.

#### 12.2.4. Legislación de la Comunidad Valenciana

La Comunidad Valenciana regula el EIA por la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de Impacto Ambiental. Se establece una relación expresa de proyectos que deben someterse a la evaluación, de manera que la lista de ámbito nacional queda muy ampliada. Además, el Decreto 162/1990, de 15 de octubre, aprueba el Reglamento para la ejecución de la ley anterior.

Establece unas determinadas obras o actividades que deben ser sometidas a EIA, siendo más exhaustiva que la estatal.

La Evaluación de Impacto Ambiental regulada por la normativa de la Comunidad Valenciana tiene las mismas características que la regulada por el Estado. El Órgano Ambiental es la Dirección General de Calidad Ambiental, de la Consellería de Medio Ambiente.

### 12.3. Descripción del proyecto

#### 12.3.1. Alternativas estudiadas

Se proponen las alternativas siguientes para poner solución a la problemática de la zona y se valorarán en función de 4 parámetros. Este estudio de soluciones se encuentra de forma detallada en el anejo 7.

Las alternativas estudiadas han sido:

- Alternativa 0. No hacer nada.
- Alternativa 1. Construcción de diques exentos emergidos, eliminación de espigones longitudinales.
- Alternativa 2. Construcción de diques exentos sumergidos, eliminación de espigones longitudinales y una alimentación artificial. Alternativa escogida.
- Alternativa 3. Alimentación artificial.

#### 12.3.2. Descripción de las obras

Se propone ejecutar varias actividades, como la construcción de los diques exentos, la alimentación artificial y la retirada de una serie de espigones.

La playa no tiene suficiente ancho para ser estable, lo que provoca un deterioro continuo. Se puede apreciar este retroceso en el anejo 6 de dinámica litoral.

La alternativa seleccionada busca los siguientes objetivos:

- Frenar los efectos erosivos, asegurando una anchura mínima y disipación de forma efectiva la energía del oleaje durante la actuación de temporales.
- Mejorar la ordenación del frente litoral y optimizar la forma en planta de la playa seca resultante de la actuación.

Se diseña una playa de ancho mínimo de 50 m, con un volumen total de  $374791,5m^3$  de arena (D50 = 0.20 mm) necesario para alcanzar la situación de equilibrio de la playa a largo plazo.

En lo relacionado con las obras estructurales, se ha diseñado la construcción de tres diques exentos sumergidos los cuales tendrán una dimensión de 50 m de longitud separados entre ellos de 220 m. Su anchura en la coronación es de 4. Los diques están situados aproximadamente a unos 150 m desde la línea de costa y a una profundidad de 4-5 m. La cota de coronación, constante a lo largo de todo el dique, a una altura de -0.5 m respecto el nivel medio del mar. Constituidos por una capa de escollera de pesos comprendidos entre 2,5 y 5 toneladas.

## 12.4. Análisis del medio físico

### 12.4.1. Localización de las obras

La localización de las obras se da en el Municipio de Santa Pola, perteneciente a la provincia de Alicante, en su frente litoral hay que tener especial cuidado por la presencia de Posidonia oceánica.

En el anejo 1 de situación geográfica se encuentran más datos de la localización del emplazamiento.

### 12.4.2. Medio físico

#### 12.4.2.1. Clima

La climatología se define con detalle en el anejo 1 de situación geográfica, el clima en Santa Pola se identifica con veranos calientes y mayoritariamente despejados, inviernos largos, frescos y parcialmente nublados. Durante el año, la temperatura varía de 7° a 30° y rara vez baja de 3°.

La precipitación media es aproximadamente de 300 mm. La menor cantidad de lluvia ocurre en julio. El promedio de este mes es 4 mm. La mayor parte de la precipitación aquí cae en octubre, promediando 46 mm.

#### 12.4.2.2. Geología

En cuanto a la geología también se puede encontrar detalladamente en el anejo 3 de estudio geotécnico.

Se encuentra localizada en un contexto geológico muy particular dentro de las zonas internas y cercanas al límite de las zonas externas de las cordilleras Béticas, marcado por el denominado accidente Cádiz-Alicante.

La cadena montañosa que se extiende entre Cádiz y Alicante y, por debajo del mar, se prolonga hasta las Islas Baleares. En los últimos diez millones de años, las placas Africana y Euroasiática se acercan, en esta zona, a una velocidad de aproximadamente 5 milímetros al año. Este movimiento es responsable de las montañas de la provincia, incluida la sierra de Santa Pola.

El avance geológico, tectónico y geomorfológico de ambos dominios ha sido distinto, presentando por ello rasgos que permiten singularizar, tres sectores claramente diferenciados:

- El espacio septentrional adscrito al dominio ibérico.
- El sector central en el que se superponen dos direcciones de plegamiento.
- El ámbito meridional enmarcado en el dominio bético.

### 12.5. Identificación y evaluación de impactos

Este apartado va a consistir en la identificación de los impactos que se pueden generar tanto en la fase de construcción como en la fase de explotación.

#### 12.5.1. Paisaje

Los efectos sobre el paisaje no suelen tener un carácter muy trascendente en el estudio de impacto ambiental, pero en el caso de un frente litoral sí.

A través de la eliminación de algunos espigones transversales y construyendo unos diques exentos sumergidos se consigue una mejora de la calidad visual, eliminando barreras visuales. Mejorará el aspecto estético de la playa, ya que esta será continua sin interrupciones.

Durante la construcción y durante la alimentación artificial, habrá un factor negativo provocado por el polvo en suspensión en la playa y afectando negativamente al paisaje.

#### 12.5.2. Suelo

Se han de tener en cuenta los efectos sobre los suelos, por un lado, existe la alimentación artificial de arenas en la playa que va a ocultar parte del suelo nativo, aunque el suelo que se va a aportar tiene las mismas características, esta alimentación será positiva aportando mayor superficie de playa.

#### 12.5.3. Morfología costera

Los diques exentos traen como consecuencia la propagación de la línea de costa, y la ocupación de la nueva superficie por una franja de arena seca, la alimentación artificial supone la introducción de un nuevo elemento geomorfológico.

#### 12.5.4. Calidad de las aguas

Este es el punto más sensible de este tipo de obras. La construcción de una estructura que su función es disipar la energía puede provocar estancamiento del agua y depósitos. De igual manera,

la alimentación artificial de la playa mal efectuada puede afectar a la vida acuática tanto a la vegetación como a la fauna autóctona. Por lo que la calidad de las aguas se puede ver afectada.

Habrà que tener especial cuidado con la turbidez a la hora de ejecutar las obras.

#### 12.5.5. Procesos y riesgos

- Inestabilidad del fondo arenoso. La composición arenosa del nuevo sustrato de arena facilitará la continua redistribución de los sedimentos en el estrán y zona de rompientes de la playa. Su desarrollo transversal está sometido a una variación permanente debido a las turbulencias y variaciones topográficas de los fondos por efecto del oleaje y sus corrientes derivadas sobre los sedimentos que los conforman. Esto hace que se trate de una franja que efectúa una fuerte selección de especies.
- Aterramientos. Proceso sedimentario que significa la acumulación de sedimentos en zonas de baja energía o escasamente afectadas por las corrientes y el oleaje.
- Alteración de la peligrosidad natural. En el dominio litoral, la peligrosidad por embate del oleaje para una determinada área de sombra queda mitigada al disipar la energía de los trenes de ondas la infraestructura costera.

#### 12.5.6. Fauna

La introducción de nuevas construcciones induce alteraciones en el ecosistema acuático que incidirán sobre la dinámica natural, cambios en el balance sedimentario, calidad de las aguas, etc. Y son claves para ver los efectos que se provoca sobre la fauna.

Las fases de construcción y mantenimiento de las obras pueden repercutir en aspectos como la distribución de especies, su diversidad y abundancia.

#### 12.5.7. Flora

La flora acuática, será sobre la que se verán reflejados los efectos de la ejecución del proyecto. La restauración a medio plazo de la cobertura vegetal es muy difícil, dada la invasión de especies que degradan el medio.

Se deberá tener especial cuidado en las zonas próximas a praderas de posidonia; aunque la ubicación del emplazamiento de la alternativa seleccionada queda fuera de la zona donde se encuentra la pradera de Posidonia oceánica, alejada de esta, por lo que con unas medidas correctoras simples se podrá hacer frente a la nueva construcción



Ilustración 131: Flora subacuática. Fuente: Ministerio de Fomento.

#### 12.5.8. Demografía

El impacto en la demografía se podrá apreciar en el aumento del nivel de empleo, por el consiguiente aumento de turismo en la zona; así como el desarrollo del sector de la construcción.

Se puede prever alguna manifestación de protesta de algún colectivo social disconforme con la iniciativa.

#### 12.5.9. Economía

La zona costera incrementará su valor, pudiendo ser más aprovechado. La afluencia masiva durante los meses de verano y periodos vacacionales, constituyen un atractivo esencial para la instalación de empresas hosteleras y comerciales en la zona, con lo que se aportarán beneficios considerables.

#### 12.6. Medidas correctoras

Las soluciones o medidas que se van a adoptar para mitigar o suprimir estos efectos negativos en el medio ambiente. Estas son válidas para todas las fases:

- Se controlará la calidad y agitación del agua periódicamente. En caso de que los niveles sobrepasaran los límites, se procederá a la paralización temporal de las obras hasta la estabilización de las aguas.
- Los viales de acceso a las obras, utilizados por los camiones y el resto de maquinaria, se regarán en periodos secos prolongados y siempre que por las condiciones de trabajo se considere necesario, para evitar el levantamiento de polvo.
- Limitación de velocidad en las calles adyacentes a la obra.
- Evitar o reducir los ruidos específicos, tales como los de los motores sin silenciador.
- Evitar la congestión de tráfico mediante su ordenación y el establecimiento de una adecuada red viaria.
- Acondicionar un espacio amplio y suficiente como acopio de material durante la fase de construcción.
- Realizar las operaciones de vertido de la arena de aportación bajo condiciones de clima marítimo suaves.
- Control de polvo durante las operaciones de extracción, transporte y vertido de tierras.
- Evitar operar en la época de reproducción de las especies; es decir, cuando la temperatura del agua es mayor. Actuar en los meses de invierno y comienzo de la primavera.
- Se utilizarán arnas de préstamo libres de metales pesados, bien oxigenadas y exentas de partículas de granulometrías finas.



## ANEJO 13: FOTOGRAFÍAS

### 13.1. Introducción

En este anejo se exponen las imágenes que se han obtenido de la zona de estudio de Santa Pola.

### 13.2. Fotografías



Ilustración 132: Playa Levante. Fuente: Turismo Santa Pola.



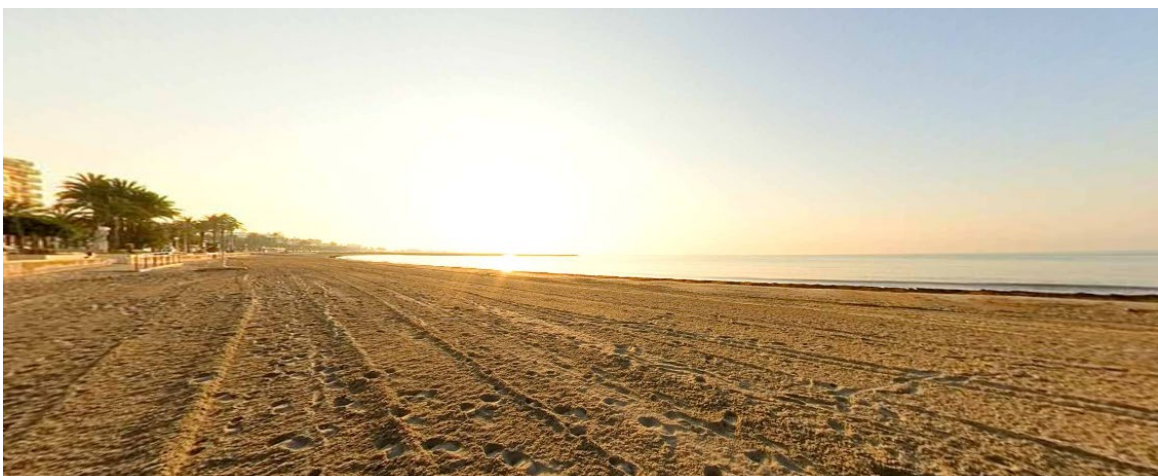
Ilustración 133: Playa Levante. Fuente: Turismo Santa Pola.



Il·lustració 134: Costa calas Santa Pola del Este. Fuente: Turismo Santa Pola.



Il·lustració 135: Espigón playa Varadero. Fuente: Turismo Santa Pola.



Il·lustració 136: Playa Varadero. Fuente: Turismo Santa Pola.



*Il·lustració 137: Costa calas Santa Pola del Este. Fuente: Turismo Santa Pola.*



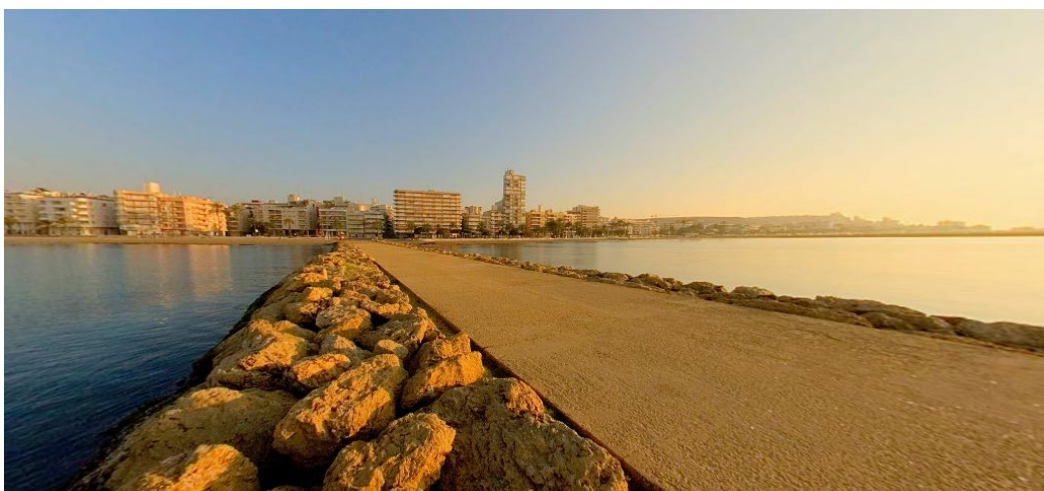
*Il·lustració 138: Escollera espigón. Fuente: Turismo Santa Pola.*



Il·lustració 139: Emplazamiento astillero Vatasá. Fuente: Periódico Levante.



Il·lustració 140: Emplazamiento astillero Vatasá. Fuente: Periódico Levante.



Il·lustració 141: Espigón transversal calas de Santiago Bernabéu. Fuente: Turismo Santa Pola.



Il·lustració 142: Tipologia arena playas de Santa Pola. Fuente: Elaboración propia.



Il·lustració 143: Tipologia arena playas de Santa Pola. Fuente: Elaboración propia.

## Anexo al Trabajo Fin de Grado

**Relación del TFG “Estudio de soluciones para la regeneración de la playa de Santa Pola (Alicante)” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.**

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. <b>Fin de la pobreza.</b>			X	
ODS 2. <b>Hambre cero.</b>				X
ODS 3. <b>Salud y bienestar.</b>			X	
ODS 4. <b>Educación de calidad.</b>				X
ODS 5. <b>Igualdad de género.</b>				X
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b>			X	
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante.</b>		X		
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico.</b>			X	
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras.</b>		X		
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades.</b>			X	
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles.</b>		X		
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables.</b>			X	
ODS 13. <b>Acción por el clima.</b>	X			
ODS 14. <b>Vida submarina.</b>		X		
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres.</b>			X	
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas.</b>				X
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos.</b>			X	

Descripción de la alineación del TFG con los ODS con un grado de relación más alto.

“Estudio de soluciones para la regeneración de la playa de Santa Pola (Alicante)”, se trata básicamente de la regeneración de la costa, esta es una actividad que incide de forma indiscutible en el equilibrio natural de la zona que compete, aunque se trata de una actuación para mejorar la situación anterior, modificará de manera definitiva su forma en planta y su funcionamiento sedimentario.

Existen ciertos riesgos, como la afección a las praderas de posidonia oceánica, la reducción de las zonas de pesca o la alteración de la granulometría en la playa.

Estas actuaciones constituyen la única garantía permanente a largo plazo para disponer una playa de ancho y estabilidad suficientes para mantener la costa, y así poder ser utilizada por el público, y promover con ello, el uso sostenible del recurso litoral.

Se ha de tener en cuenta cual es el origen de la actuación, en este caso, la parte de la costa estudiada, sufría un retroceso con el paso de los años, por lo que se adoptan medidas para combatir el cambio climático y sus efectos.

Las circunstancias económicas y sociales del territorio, también es un aspecto importante, ya que con dicha actuación aumentará el turismo en la zona, así como el empleo y la calidad de vida, que contará con una nueva fachada marítima más acorde con sus exigencias; para mantener todo ello, se construyen infraestructuras resilientes, promoviendo la industrialización sostenible, y crecimiento económico.

En conclusión, la actuación propuesta, mantiene una relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, principalmente en cuanto al medio ambiente, al clima, la vida submarina e industria sostenible.

