



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Estudio de soluciones para la reordenación del frente litoral
de la playa de Torrenostra en Torreblanca (Castellón)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Picher Ruedas, Pablo

Tutor/a: Molines Llodrá, Jorge

Cotutor/a: Gómez Martín, María Esther

Cotutor/a externo: DIAZ CARRASCO, PILAR

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA
REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA
PLAYA DE TORRENOSTRA EN TORREBLANCA
(CASTELLÓN)

Presentado por

PABLO PICHER RUEDAS

Para la obtención del

Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2023/2024

Fecha: Noviembre 2023

Tutor: Jorge Molines Llodrá

Cotutora: Pilar Díaz Carrasco

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1.	Objetivo del estudio y de la propuesta de soluciones.....	1
2.	Localización y accesos.....	1
2.1	Localización.....	1
2.2	Accesos	3
3.	Antecedentes.....	4
4.	Estado actual y problemática.....	7
4.1	Estado actual	8
4.2	Análisis de la problemática	13
4.2.1	Rigidización.....	13
4.2.2	Río cuevas.....	14
4.2.3	Temporales.....	15
5.	Estudios previos.....	16
5.1	Batimetría, usos del suelo y DPMT	16
5.1.1	Batimetría	16
5.1.2	Usos del suelo.....	18
5.1.3	Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT).....	19
5.2	Geología.....	20
5.3	Geotecnia.....	23
5.4	Clima marítimo	24
5.4.1	Régimen de oleajes.....	26
5.4.2	Régimen de vientos	31
5.4.3.	Mareas y corrientes	32
6.	Cambio climático y cota de inundación	33
7.	Dinámica litoral	35
8.	Evolución línea de costa	39
8.1	Evolución línea de costa de todo el tramo	40
8.2	Evolución línea de costa de la playa de Torrenostra	44

9. Estudio de alternativas.....	48
10. Diseño de la alternativa escogida.....	52
9. Bibliografía.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización Torreblanca y Torrenostra. (Fuente: Google Earth)	2
Figura 2. Comarcas de Castellón. (Fuente: Google)	2
Figura 3. Playa de Torrenostra. (Fuente: Google Earth).....	3
Figura 4. Vías de comunicación Torrenostra/Torreblanca (Fuente: Google Earth).....	4
Figura 5. Asentamientos de pescadores. (Fuente: Google)	5
Figura 6. Dique de protección construido en el 1958. (Fuente: Google).....	5
Figura 7. Espigón desde la perspectiva de toda la playa en la actualidad. (Fuente: Google Earth)	6
Figura 8. Localización de los dos espigones en el año 1974. (Fuente: Google Earth)...	6
Figura 9. Esquema de intervenciones en el año 1988. (Fuente: Google Earth).....	7
Figura 10. Espigón curvo. (Fuente: Google Earth)	8
Figura 11. Espigón semi curvo con espolón. (Fuente: Google Earth).....	9
Figura 12. Espigón curvo con espolón. (Fuente: Google Earth)	9
Figura 13. Espigón corto estabilizador. (Fuente: Google Earth)	10
Figura 14. Espigón en T. (Fuente: Google Earth).....	11
Figura 15. Espigón recto corto. (Fuente: Google Earth)	11
Figura 16. Localización cordón dunar actual. (Fuente: Google Earth).....	12
Figura 17. Cordón dunar en 1ª persona. (Fuente: Elaboración propia).....	12
Figura 18. Cambiaderos. (Fuente: Elaboración propia).....	13
Figura 19. Espigones existentes en la paya de Torrenostra enumerados. (Fuente: Google Earth)	14
Figura 20. Desembocadura del río Cuevas en la actualidad. (Fuente: Google Earth) .	15
Figura 21. Temporal arrasando con la playa de Torrenostra. (Fuente: Google)	15
Figura 22. Paseo marítimo después de un temporal. (Fuente: Google)	16
Figura 23. Batimetría de la playa de Torrenostra y alrededores. (Fuente: Navionics).	17
Figura 24. Batimetría playa de Torrenostra. (Fuente: Navionics).....	17

Figura 25. Usos del suelo SIOSE 2015. (Fuente: Visor Cartográfico GVA)	18
Figura 26. Leyenda SIOSE 2015. (Fuente: Visor cartográfico GVA)	19
Figura 27. Deslinde Dominio Público Marítimo Terrestre del tramo de estudio. (Fuente: Visor DPMT)	20
Figura 28. Mapa geológico de España, zona Alcalá de Xivert, Hoja 594. (Fuente: IGME serie MAGNA 50).....	21
Figura 29. Detalle de la zona de actuación. (Fuente: IGME serie MAGNA 50).....	21
Figura 30. Leyenda mapa geológico. (Fuente: IGME serie Magna 50).....	22
Figura 31. Mapa Geotécnico General 8-6/48. (Fuente: IGME)	23
Figura 32. Detalle de la zona de actuación. (Fuente: IGME)	24
Figura 33. Punto SIMAR (2087122). (Fuente: Puertos del Estado)	25
Figura 34. Boya de Valencia. (Fuente: Puertos del Estado)	26
Figura 35. Rosa de altura significativa anual 1958-2022. (Fuente: Puertos del Estado)	27
Figura 36. Régimen medio anual punto SIMAR. (Fuente: Puertos del Estado)	28
Figura 37. Régimen extremal escalar de oleaje. (Fuente: Puertos del Estado)	29
Figura 38. Régimen extremal sector Norte. (Fuente: Puertos del Estado).....	30
Figura 39. Régimen extremal sector NE. (Fuente: Puertos del Estado).....	30
Figura 40. Régimen extremal sector E. (Fuente: Puertos del Estado)	31
Figura 41. Rosa de velocidad media (m/s) de Vientos. (Fuente: Puertos del Estado) .	32
Figura 42. Tipos de mareas. (Fuente: Google).....	33
Figura 43. Incremento del nivel del mar debido al cambio climático hasta el año 2100. (Fuente: IPCC).....	34
Figura 44. Croquis cota de inundación. (Fuente: Google)	35
Figura 45. Ortofoto año 1956. (Fuente: Visor GVA)	40
Figura 46. Ortofoto año 2003. (Fuente: Visor GVA)	41
Figura 47. Desembocadura río Cuevas en la actualidad. (Fuente: Google Earth)	42
Figura 48. Ortofoto en el año 2003 con zona sur señalizada. (Fuente: Visor GVA).....	42
Figura 49. Defensa en la desembocadura de la gola del Prado. (Fuente: Visor GVA)	43
Figura 50. Ortofoto año 2023. (Fuente: Visor GVA)	44
Figura 51. Estado de la playa en el 1996. (Fuente: Visor GVA)	45
Figura 52. Estado de la playa en el 2003. (Fuente: Visor GVA)	46
Figura 53. Estado de la playa en el 2015. (Fuente: Visor GVA)	46
Figura 54. Estado de la playa en el 2023. (Fuente: Visor GVA)	47
Figura 55. Comparativa de líneas de costa entre los años 1956 y 2023. (Fuente: Elaboración propia).....	48
Figura 56. Esquema orientativo alternativa 1. (Fuente: Elaboración propia).....	49

Figura 57. Esquema orientativo alternativa 2. (Fuente: Elaboración propia).....	50
Figura 58. Esquema orientativo alternativa 3. (Fuente: Elaboración propia).....	51
Figura 59. Esquema orientativo alternativa 4. (Fuente: Elaboración propia).....	51
Figura 60. Recomendaciones del peso para dique escollera (Filtro). (Fuente: Shore Protection Manual).....	54
Figura 61. Recomendaciones del peso para dique escollera (Núcleo). (Fuente: Shore Protection Manual).....	55
Figura 62. Hemitómbolo. (Fuente: Diapositivas OOMM)	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Altura significativa (Hs)-Dirección de procedencia en %. (Fuente: Puertos del Estado)	37
Tabla 2. Altura significativa (Hs) – Dirección de procedencia en %. (Solo las direcciones objeto del estudio). (Fuente: Elaboración propia).....	37
Tabla 3. Ángulos respecto de la N.L.C, con sus respectivos Kg y Kp. (Fuente: Elaboración propia).....	38
Tabla 4. Caudal positivo. (Fuente: Elaboración propia).....	38
Tabla 5. Caudal negativo. (Fuente: Elaboración propia).....	38
Tabla 6. Pesos del manto principal del dique. (Fuente: Elaboración propia)	53
Tabla 7. Espesor del manto principal del dique. (Fuente: Elaboración propia)	54
Tabla 8. Espesor del manto secundario. (Fuente: Elaboración propia)	55

1. Objetivo del estudio y de la propuesta de soluciones

El presente estudio de soluciones titulado “Estudio de soluciones para la reordenación del frente litoral de la playa de Torrenostra (Castellón)” se presenta como trabajo Final de Grado para la obtención de la titulación de Grado en Ingeniería Civil de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universitat Politècnica de València.

Mediante el presente trabajo se realiza un estudio de la reordenación del frente litoral de una playa, en este caso la de Torrenostra. El trabajo tiene pues como objetivo presentar varias alternativas para la reordenación de este tramo de playa con varios aspectos a mejorar potencialmente, que permitirían una mejora sustancial de la misma. De esta forma, los principales objetivos específicos a alcanzar mediante este trabajo son los siguientes:

- Analizar la morfodinámica del tramo de costa desde los últimos años hasta la actualidad.
- Proponer una serie de posibles alternativas para la reordenación del frente litoral, teniendo en cuenta el medio físico-natural, socio-económico y el dominio público marítimo terrestre.
- Elegir la mejor alternativa considerando los aspectos mencionados anteriormente.

2. Localización y accesos

2.1 Localización

La localización de la zona de estudio se refleja de forma más detallada en el Anejo 1 “*Encuadre Geográfico*” en el Plano 1 “*Encuadre Geográfico*”.

El tramo litoral escogido se encuentra en la pequeña localidad de Torrenostra, ubicada en el término municipal de Torreblanca (Castellón), distanciadas a 3 km la una de la otra, como vemos abajo en la Figura 1.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

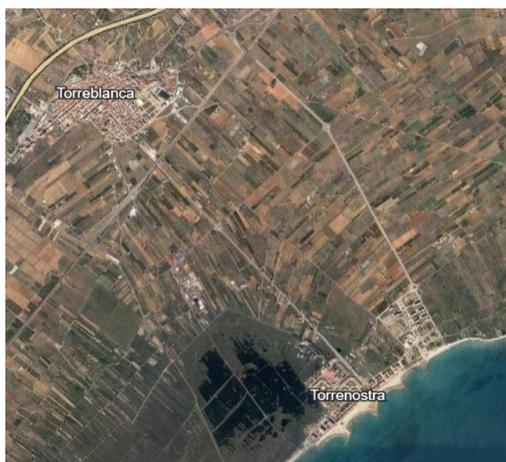


Figura 1. Localización Torreblanca y Torrenostra. (Fuente: Google Earth)

El municipio de Torreblanca, al igual que su término municipal de Torrenostra, se encuentra ubicado en la provincia de Castellón, perteneciente a la Comunidad Valenciana, más concretamente en la comarca de la Plana Alta, como podemos apreciar abajo en la Figura 2.



Figura 2. Comarcas de Castellón. (Fuente: Google)

El tramo de playa de Torrenostra consta de una longitud de 1310 metros de largo mientras que el ancho de playa es variable, estando en un intervalo de entre 30 y 60 metros, y limita al norte con la playa norte de Torreblanca y al sur con la playa del Prat. Torreblanca comprende una franja costera (Figura 3) de una longitud aproximada de 5,8 km, que se extiende desde las proximidades de la desembocadura del río Cuevas al Norte, hasta aproximadamente 600 m al sur de las desembocadura o gola del Prado.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 3. Playa de Torrenostra. (Fuente: Google Earth)

2.2 Accesos

Al igual que en el apartado 2.1 “Localización” se ha mencionado que en Anejo 1 “Encuadre Geográfico” se explica más detalladamente dicha información, en dicho Anejo 1 también se muestra de forma más detallada cuáles son los accesos principales a la playa de Torrenostra.

Al municipio de Torreblanca se accede directamente desde la carretera N-340, conectada con la CV-13 y la AP-7, también conocida como la autopista del Mediterráneo, así como en tren mediante el servicio de cercanías y media distancia (Figura 4).

El acceso principal a la playa de Torrenostra es mediante coche o la línea 7 del autobús urbano que conecta Torreblanca con Torrenostra, separadas entre ellas por la CV-1430, que es la principal vía de acceso desde Torreblanca y que tiene una longitud de 3 km de distancia.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 4. Vías de comunicación Torrenostra/Torreblanca (Fuente: Google Earth)

3. Antecedentes

En el Anejo 2 “*Antecedentes*” se explican de forma más detallada los antecedentes en la playa de Torrenostra, no solo desde la perspectiva de las obras de defensa, sino además desde sus inicios como localidad hasta llegar a la situación en la actualidad, enfocándose tanto en la evolución urbanística como la de su costa.

A lo largo del siglo XIX fue cuando empezaron a producirse los primeros asentamientos de algunas familias pescadoras en la localidad de Torrenostra. Más tarde, en la última década del siglo XIX y principios del siglo XX, las casas fueron alineándose, constituyéndose de esta forma el asentamiento total de los pescadores en esta zona, como se puede ver abajo en la Figura 5.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 5. Asentamientos de pescadores. (Fuente: Google)

Debido a los fuertes temporales que desde hacía tiempo se hacían notar en el poblado, en el año 1958 se realizaron por el Ministerio de Obras Públicas unas obras de defensa de dicha playa.

Las obras de defensa consistían en una defensa longitudinal de escollera que cubría todo el poblado y en un espigón al sur de este, que podemos ver abajo en la Figura 6.



Figura 6. Dique de protección construido en el 1958. (Fuente: Google)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

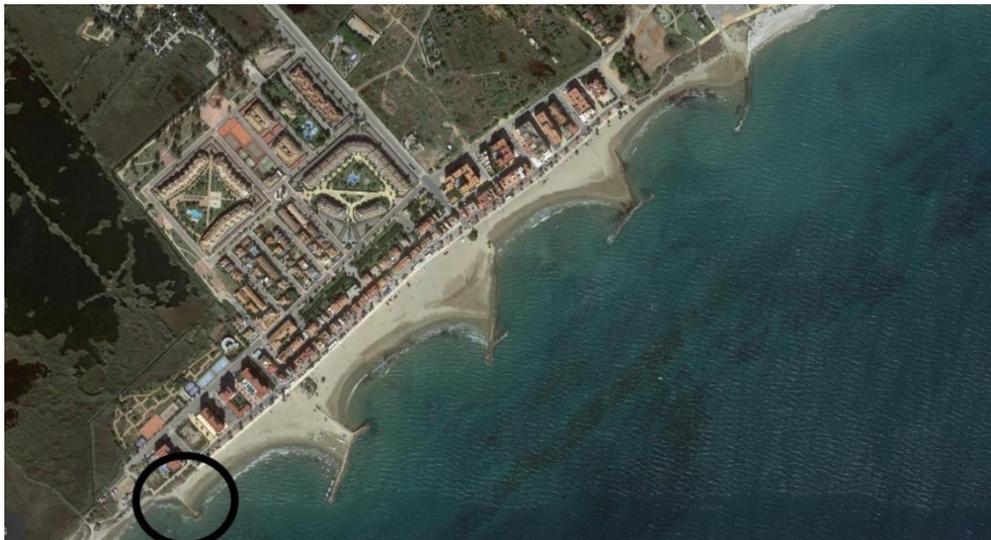


Figura 7. Espigón desde la perspectiva de toda la playa en la actualidad. (Fuente: Google Earth)

Más tarde, en el año 1974 se llevó a cabo un proyecto de construcción de espigones a la vez que se dismanteló la defensa longitudinal para la reutilización de los materiales de ésta en los nuevos espigones. Vemos esto en la anterior Figura 7.

En la Figura 8 abajo se puede observar el emplazamiento de los espigones correspondientes a esta fase. Primero se construyó el que está situado más al sur y después el que está más al norte.



Figura 8. Localización de los dos espigones en el año 1974. (Fuente: Google Earth)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Para finalizar, como última actuación en la playa de Torrenostra, en el año 1988 se llevó a cabo otro proyecto cuyo objetivo era la defensa y la creación de playas en el entorno próximo al casco urbano de Torrenostra. Este proyecto consistió en:

- Construcción de dos espigones.
- Construcción de dos espolones.
- Refuerzo de un espigón existente (construido en el 1974).
- Traslado de arenas.

Abajo en la Figura 9 se muestra un esquema identificativo para situar estas intervenciones:



Figura 9. Esquema de intervenciones en el año 1988. (Fuente: Google Earth)

4. Estado actual y problemática

En el Anejo 10 "Estudio de Alternativas" se refleja con más de detalle toda la información relativa al estado actual de la playa de Torrenostra y sus principales problemáticas, las cuales se han tenido en cuenta para plantear las alternativas o soluciones para la mejora de ésta.

4.1 Estado actual

La playa de Torrenostra posee 6 obras de defensa transversales, siendo espigones en su totalidad. A continuación, se describirán los espigones existentes, en orden de Norte a Sur:

- **Espigón curvo:** Este espigón mide 188 metros de longitud y su cota de coronación está a +0,5 metros. La función principal de este espigón es la de cortar el transporte de sedimentos, pero no en su totalidad, ya que al haber poco se pretende que una parte de estos se depositen en la costa (abajo Figura 10).

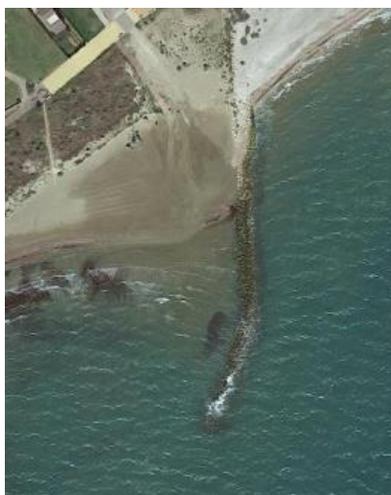


Figura 10. Espigón curvo. (Fuente: Google Earth)

- **Espigón semi curvo con espolón:** Este espigón mide 193 metros de longitud, mientras que el espolón mide 40 metros y ambos tienen una cota de coronación de +0,5 metros. La función de este espigón y su espolón es la de reducir la erosión y mantener la estabilidad de la playa al atrapar sedimentos y depósitos (abajo Figura 11).

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 11. Espigón semi curvo con espolón. (Fuente: Google Earth)

- **Espigón curvo con espolón:** El espigón mide 175 metros aproximadamente y tiene forma curva, mientras que el espolón mide 40 metros de longitud. Al igual que todos los espigones descritos hasta el momento la cota de coronación tanto de este espigón como de su espolón también es de +0,5 metros. La función de este espigón es la de disipar el oleaje y reducir la erosión costera. Además, también ayuda a mantener la estabilidad de la costa y a prevenir la pérdida de arena y sedimentos (abajo Figura 12).

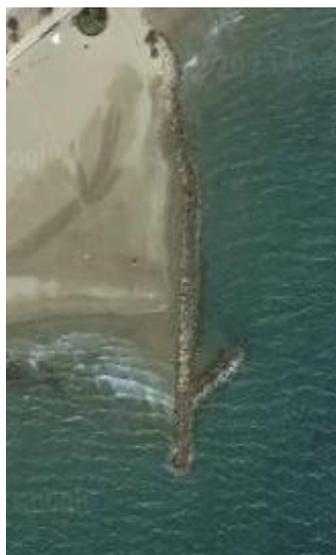


Figura 12. Espigón curvo con espolón. (Fuente: Google Earth)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

- **Espigón muy corto con terminación en círculo:** Este espigón mide 8 metros y la terminación circular es de 7m de diámetro. La función de este es la de estabilizar que no erosione mucho a playa para que la arena se pueda apoyar ahí (abajo Figura 13).



Figura 13. Espigón corto estabilizador. (Fuente: Google Earth)

- **Espigón en T:** Este espigón posee una longitud de 195 metros. La función de este espigón es similar a la del otro espigón en T, es decir, de reducir la erosión y mantener la estabilidad de la playa al atrapar sedimentos y depósitos. En este espigón se sitúa un fondeadero (abajo Figura 14).

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 14. Espigón en T. (Fuente: Google Earth)

- **Espigón recto corto:** Este espigón cuenta con una longitud de 52 metros y tiene terminación en forma circular de 10 metros de diámetro. La función de este espigón es la de hacer de tapón para la retención de sedimentos (abajo Figura 15).



Figura 15. Espigón recto corto. (Fuente: Google Earth)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Además, la playa también dispone de obras blandas. Es el caso de un cordón dunar artificial situado al sur de la localidad, cuya función es la de proteger el marjal, como vemos abajo en Figura 16 y Figura 17.



Figura 16. Localización cordón dunar actual. (Fuente: Google Earth)



Figura 17. Cordón dunar en 1ª persona. (Fuente: Elaboración propia)

También cabe destacar que la playa de Torrenostra cuenta con el distintivo de bandera azul desde el año 1993, no solo por la gran calidad de sus aguas, sino también por la larga lista de equipamientos y servicios que presenta, como bien pueden ser: un paseo marítimo de longitud similar a la playa, gran cantidad de bares/restaurantes, zonas de juegos para los niños, duchas, cambiadores (Figura 18), carpas para hacer masajes, servicio de socorrismo, un fondeadero, etc.



Figura 18. Cambiaderos. (Fuente: Elaboración propia)

4.2 Análisis de la problemática

Los problemas actuales de la playa de Torrenosttra son los siguientes:

4.2.1 Rigidización

Una de las principales características de la playa de Torrenosttra, es que se trata de una playa artificial, y esta se encuentra muy alejada de otras playas de características similares si nos referimos a la presencia de obras de defensa. El concepto de artificial implica la existencia de estructuras construidas por el ser humano, tratándose de espigones en este caso. Una de las principales características en cuanto a territorio nos referimos es la de la excesiva rigidización de la misma, contando con excesivas obras de defensa, como vemos abajo en la Figura 19.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 19. Espigones existentes en la playa de Torrenostra enumerados. (Fuente: Google Earth)

4.2.2 Río cuevas

Hace muchos años la fuente principal de sedimentos era la del río Cuevas, situado al norte de la playa, el cual forma un pronunciado delta en su desembocadura. Pero con el paso del tiempo se ha ido produciendo un crecimiento masivo de vegetación a priori de forma natural en el saliente del río, lo que implica desde hace años que el transporte de sedimentos es muy reducido, como vemos abajo en la Figura 20.

Para conocer las causas de ese crecimiento de vegetación en el delta se requeriría la elaboración de un estudio con más detalle para poder determinar si esto se debe a causa de alguna intervención humana o no.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 20. Desembocadura del río Cuevas en la actualidad. (Fuente: Google Earth)

4.2.3 Temporales

Por último, otra problemática que tiene la playa de Torrenostra es la respuesta de esta frente a los fuertes temporales, ya que en esos casos el agua penetra hasta las proximidades de las edificaciones, como vemos abajo en la Figura 21 y Figura 22.



Figura 21. Temporal arrasando con la playa de Torrenostra. (Fuente: Google)



Figura 22. Paseo marítimo después de un temporal. (Fuente: Google)

5. Estudios previos

Debido a la cantidad de apartados que forman parte de los estudios previos, estos se encuentran desarrollados en Anejos distintos y especializados. En cada apartado se especificará en que Anejo ha sido desarrollado ese estudio previo para una mayor comprensión.

5.1 Batimetría, usos del suelo y DPMT

La Batimetría, los Usos de suelo y el Dominio Público Marítimo Terrestre se encuentran más desarrollados en detalle en el Anejo 3 “*Batimetría, Usos de suelo y DPMT*”.

5.1.1 Batimetría

En las siguientes imágenes se puede observar la batimetría tanto de Torrenostra como de sus alrededores (Figura 23), y la batimetría en la playa de Torrenostra en más detalle (Figura 24).

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

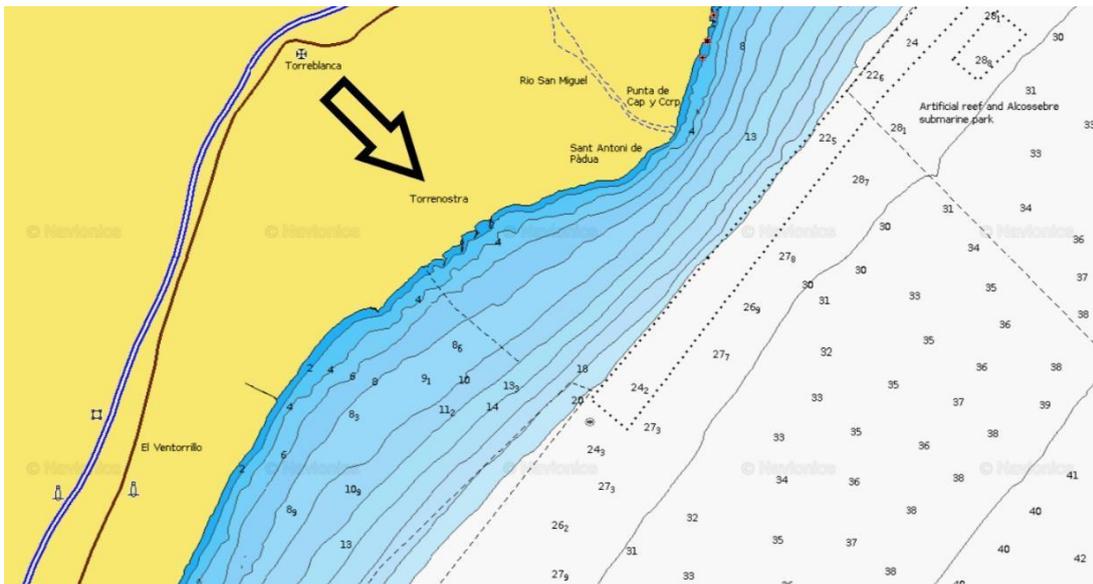


Figura 23. Batimetría de la playa de Torrenostra y alrededores. (Fuente: Navionics).

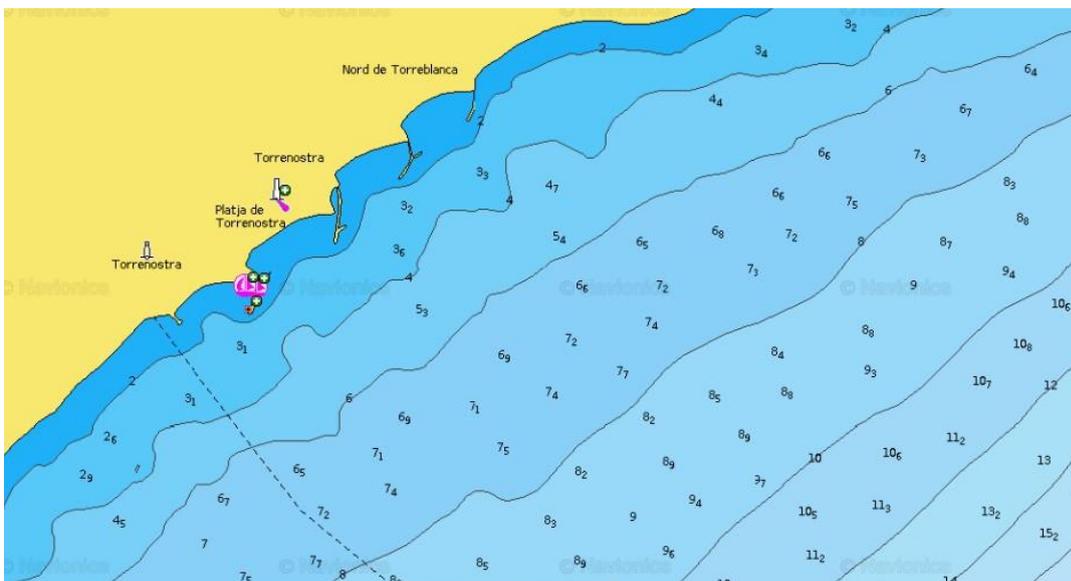


Figura 24. Batimetría playa de Torrenostra. (Fuente: Navionics)

Arriba en la Figura 23 se observa que a lo largo de todo el tramo que representa los alrededores de la playa las características son muy similares, ya que las isobatas siguen un patrón bastante similar, presentando una ligera y constante pendiente descendente, sin ningún cambio significativo a destacar.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

En cuanto a la playa de Torrenostra en sí mostrada arriba en la Figura 24, se puede decir que sus características son similares a las de sus alrededores. La playa posee una pendiente suave descendente, de forma que la profundidad aumenta gradualmente a medida que uno se va adentrando en el mar.

También cabe destacar que está señalizada la existencia de marinas y amarraderos en el segundo espigón de sur a norte (espigón en T), donde se encuentra un fondeadero, y la existencia del trazado de una canalización submarina en el sur de la playa mediante una línea discontinua.

Además de la Figura 23 y la Figura 24 que se muestran arriba, en el Plano 2 “*Batimetría y situación actual*” se muestra en detalle cuál es la batimetría actual de la playa de Torrenostra mediante la consulta de la web “*Google Earth*”.

5.1.2 Usos del suelo

A continuación, se muestra abajo la clasificación de los suelos (Figura 25). Para su obtención se ha recurrido al visor GVA de la Generalitat Valenciana, más específicamente consultando la capa SIOSE 2015. Esta capa muestra cómo se está utilizando el territorio, identificando los distintos tipos de ocupación del suelo. Vemos también la leyenda en la Figura 26.



Figura 25. Usos del suelo SIOSE 2015. (Fuente: Visor Cartográfico GVA)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 26. Leyenda SIOSE 2015. (Fuente: Visor cartográfico GVA)

La principal consideración a tener en cuenta es la zona costera, es decir la playa. El uso de suelo de esa zona es “Playas, dunas y arenales”.

En la zona más cercana a estas playas, dunas y arenales, se encuentra el poblado de Torrenostra, ubicado en la zona sur, tratándose de “Ensanche” al 100%, dividido en gran parte por edificaciones, viales o aparcamientos y otras construcciones.

En la zona norte del poblado se encuentra suelo “Discontinuo”, “Mosaico regular” y “Pastizal”.

Por último, ya fuera del territorio de Torrenostra en sí, cabe destacar la existencia de lagunas costeras y marismas al sur de este, esto debido a que ahí se encuentra el Prat de Cabanes, al norte del territorio de Torrenostra destacan los pastizales, y en la zona interior inmediatamente a Torrenostra encontramos en su mayoría “mosaicos regulares”, estando formados por gran variedad de cultivos, entre ellos frutales cítricos, frutales no cítricos, pastizales, olivares, etc.

5.1.3 Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT)

El Dominio Público Marítimo Terrestre es un concepto legal aplicado en toda la costa española.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Este delimita el área que forma parte del dominio público y que, por lo tanto, está bajo la titularidad del Estado y es de uso público, de forma que pueda ser usado para cualquier propósito de interés general.



Figura 27. Deslinde Dominio Público Marítimo Terrestre del tramo de estudio. (Fuente: Visor DPMT)

Arriba en la Figura 27 se observan de forma general tanto las líneas que delimitan el DPMT aprobado y el que está en tramitación, como las servidumbres de protección.

5.2 Geología

En el Anejo 4 “Geología” se desarrolla la información sobre las características que configuran el marco geológico de la zona a estudiar, tratando diversos conceptos de forma más específica tanto de la playa de Torrenostra como de sus alrededores.

Los datos referidos a la geología de la zona a estudiar se obtienen mediante la consulta de la cartografía geológica, MAGNA 50k (2ª Serie) a escala 1:50.000, que se encuentra en la página web del IGME (Instituto Geológico y Minero de España). La playa de Torrenostra se encuentra en la hoja 594, división 31-23 huso 31, perteneciente a la zona de Alcalá de Xivert (Figura 28). Vemos también el detalle de la zona de actuación en la Figura 29 y la leyenda en la Figura 29.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

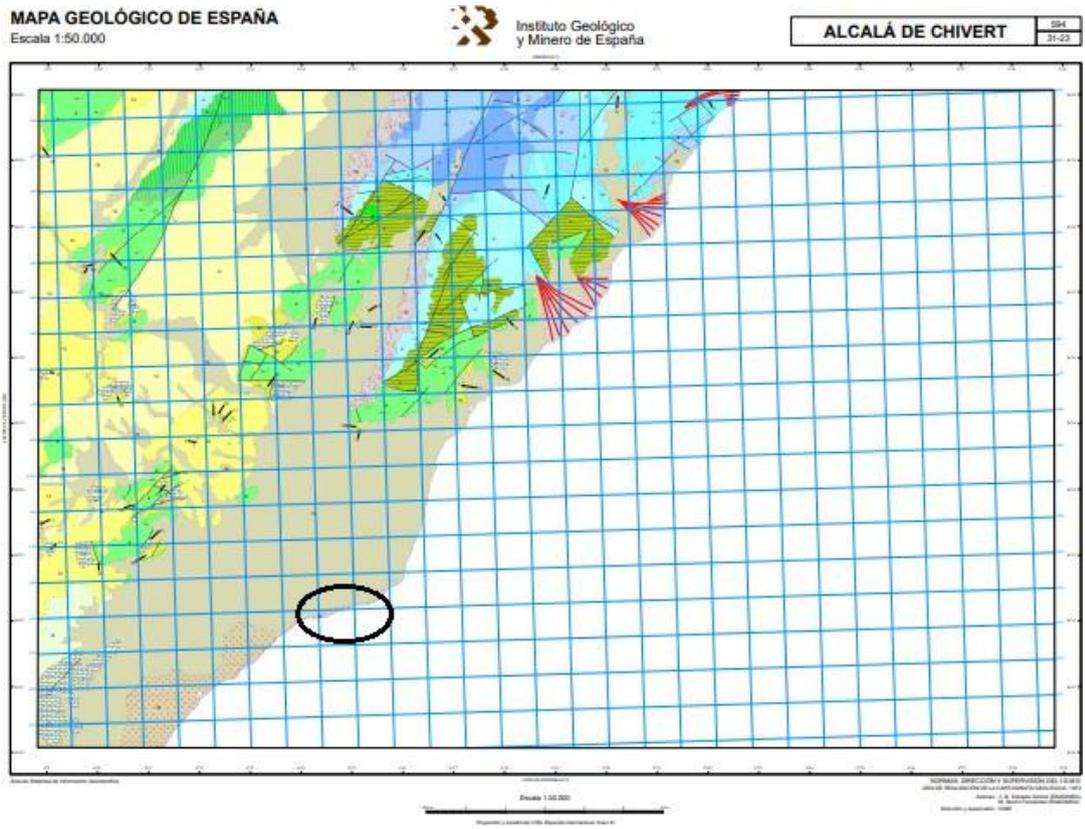


Figura 28. Mapa geológico de España, zona Alcalá de Xivert, Hoja 594. (Fuente: IGME serie MAGNA 50)



Figura 29. Detalle de la zona de actuación. (Fuente: IGME serie MAGNA 50)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

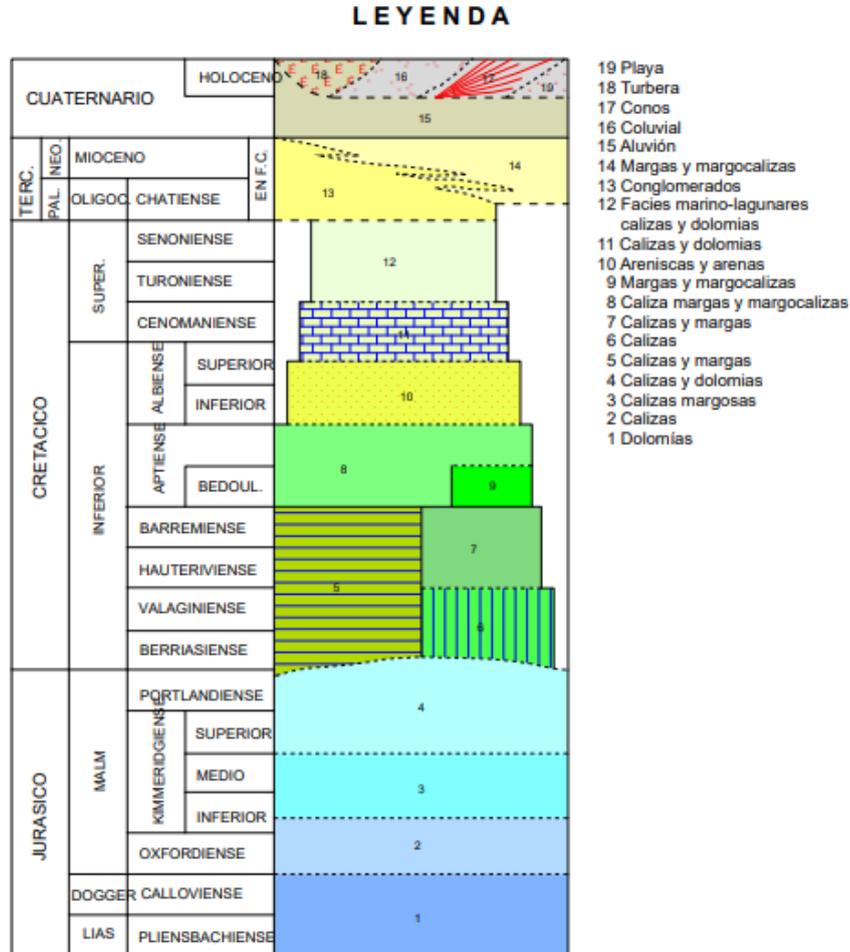


Figura 30. Leyenda mapa geológico. (Fuente: IGME serie Magna 50)

Como se puede observar en la leyenda del mapa geológico arriba (Figura 30), la playa de Torrenostra está compuesta por “Playa”. Está constituida por cantos rodados, generalmente cementados y arenas, mientras que en sus proximidades noroeste destacan “Aluviones”, siendo estos los materiales más destacados que se producen en toda la hoja.

Al sur de la playa encontramos “Turbera”, con una potencia máxima de 4,5 metros, que comienzan a formarse en el Atlántico y terminan su crecimiento en el Subatlántico, estando este crecimiento interrumpido en la actualidad.

Cabe mencionar que en el sur se encuentra el Parque Natural del Prat de Cabanes-Torreblanca, el cual cuenta con la turbera más extensa de las albuferas y lagunas costeras de todo el territorio de la Comunidad Valenciana.

5.3 Geotecnia

En el Anejo 5 “Geotecnia” se refleja con más de detalle toda la información relativa a las propiedades geotécnicas de la zona de estudio y de sus alrededores.

Para la realización de este apartado se ha consultado la información referida a las propiedades geotécnicas correspondientes al Mapa Geotécnico General a escala 1:200.000 Hoja 8-6/48 (Vinaroz) y a su memoria Geotécnica (Figura 31), de forma que sirva como información geotécnica básica que servirá de ayuda para las alternativas que se valorarán más adelante. Más abajo en la Figura 32Figura 31 vemos en detalle la zona de actuación.

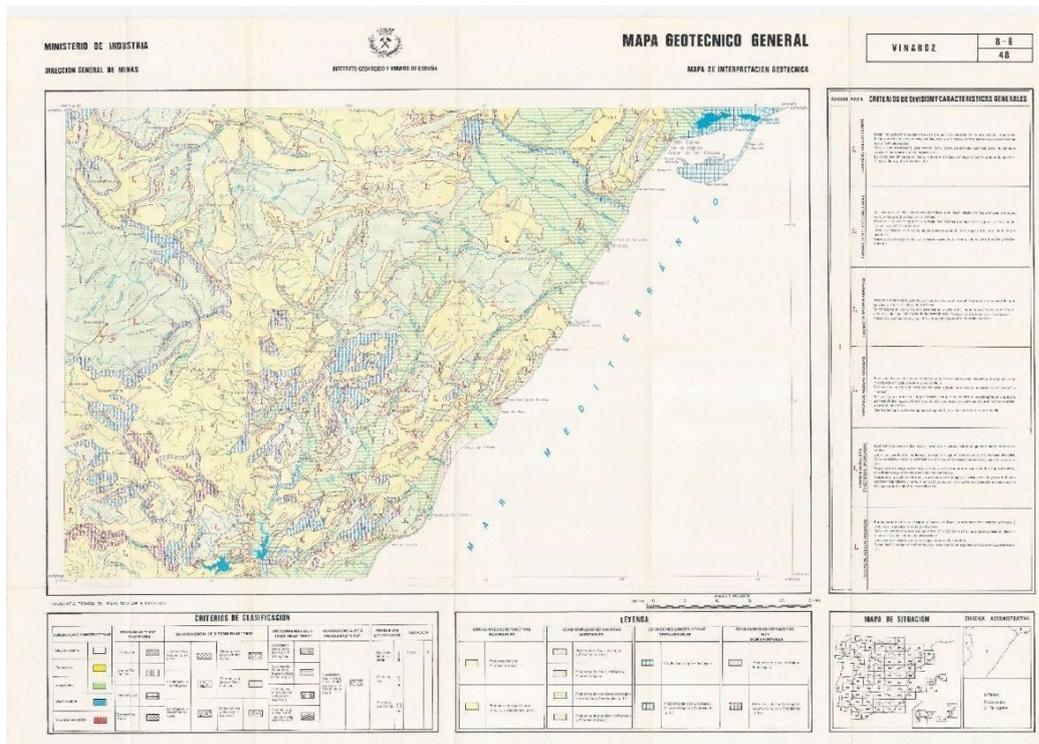


Figura 31. Mapa Geotécnico General 8-6/48. (Fuente: IGME)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 32. Detalle de la zona de actuación. (Fuente: IGME)

La zona de estudio se encuentra situada en el área I_1 , tratándose de una zona con formas de relieve llanas.

Esta área está repartida por la franja costera, con pequeñas manchas en la zona interior montañosa, sin que en esta parte tengan grandes extensiones. Además, está constituida por una agrupación litológica que abarca los depósitos cuaternarios de cierto relieve. Su topografía es bastante plana, respondiendo, generalmente a zonas aluviales y depósitos de turbas.

En cuanto a formaciones superficiales en la playa de Torrenostra se encuentran afloramientos de depósitos turbosos, tratándose de depósitos de turba recubiertos por una capa superior de limo oscuro

5.4 Clima marítimo

En el Anejo 6 “*Clima Marítimo*” se incluye todo el análisis de régimen de vientos, y de oleaje. Además, también se ha desarrollado una explicación de las mareas y los tipos de estas, astronómicas y atmosféricas, además de hablar de las corrientes, incidiendo en la zona de estudio.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Para la obtención tanto de las características del viento como de los regímenes medios y extremos, del oleaje y del nivel del mar se consultarán los datos que nos proporciona el punto SIMAR más cercano a la playa de Torrenostra mostrado en la Figura 33 y también los datos de la boya de Valencia, ya que es la boya más cercana a la playa de Torrenostra (Figura 34).

En cuanto al punto SIMAR mencionado, en este caso se trata del punto SIMAR (2087122).

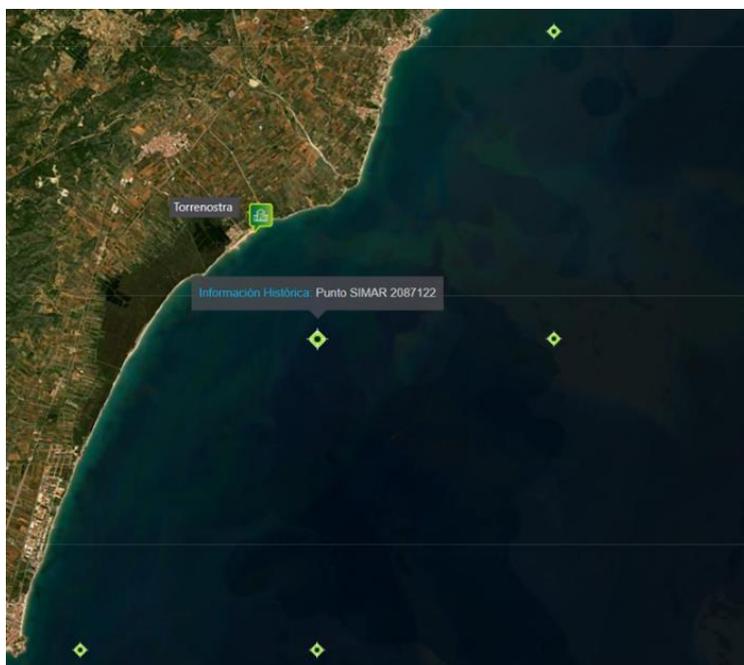


Figura 33. Punto SIMAR (2087122). (Fuente: Puertos del Estado)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

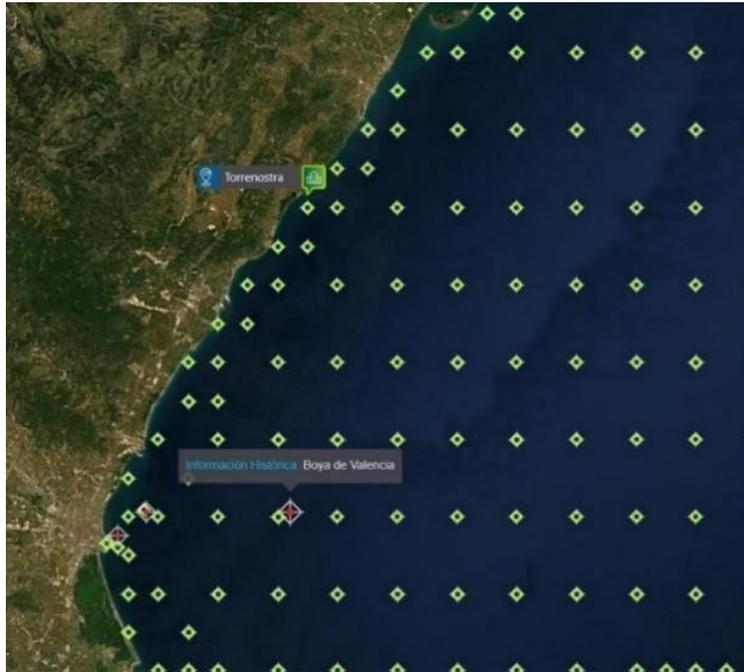


Figura 34. Boya de Valencia. (Fuente: Puertos del Estado)

5.4.1 Régimen de oleajes

El estudio del oleaje en las proximidades de la costa juega un papel fundamental para el análisis y comportamiento de un tramo de costa frente a los temporales, ya que es uno de los agentes más importante a la hora de modelar la costa.

Régimen medio

Para el cálculo del régimen medio de oleaje se consultarán los datos del punto SIMAR 2087122.

Mediante la información ofrecida por este punto se obtiene la rosa de oleajes anual (Figura 35).

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 2087122

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - Abr. 2022

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 19.12%

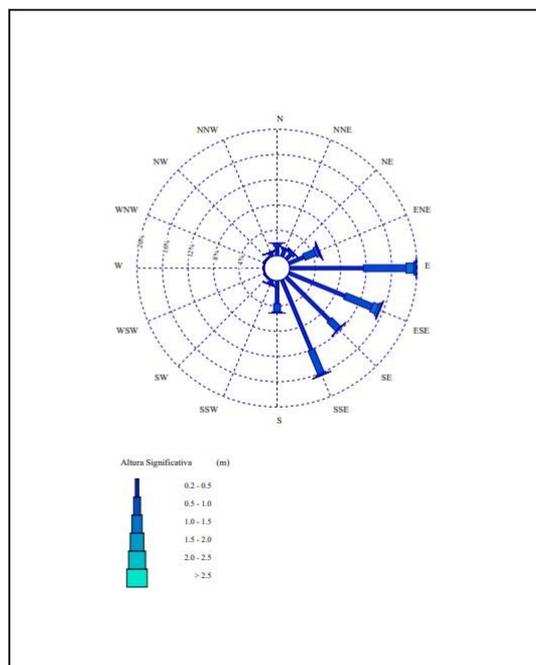


Figura 35. Rosa de altura significativa anual 1958-2022. (Fuente: Puertos del Estado)

Aquí vemos la dirección predominante es la E con un 20% de frecuencia, seguida por la dirección SSE (16%) y ESE (15%), luego estas tres direcciones son las principales que hay que tener en cuenta.

Además, también se obtiene la gráfica de régimen medio de altura significativa (Hs) anual, como vemos abajo en la Figura 36.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

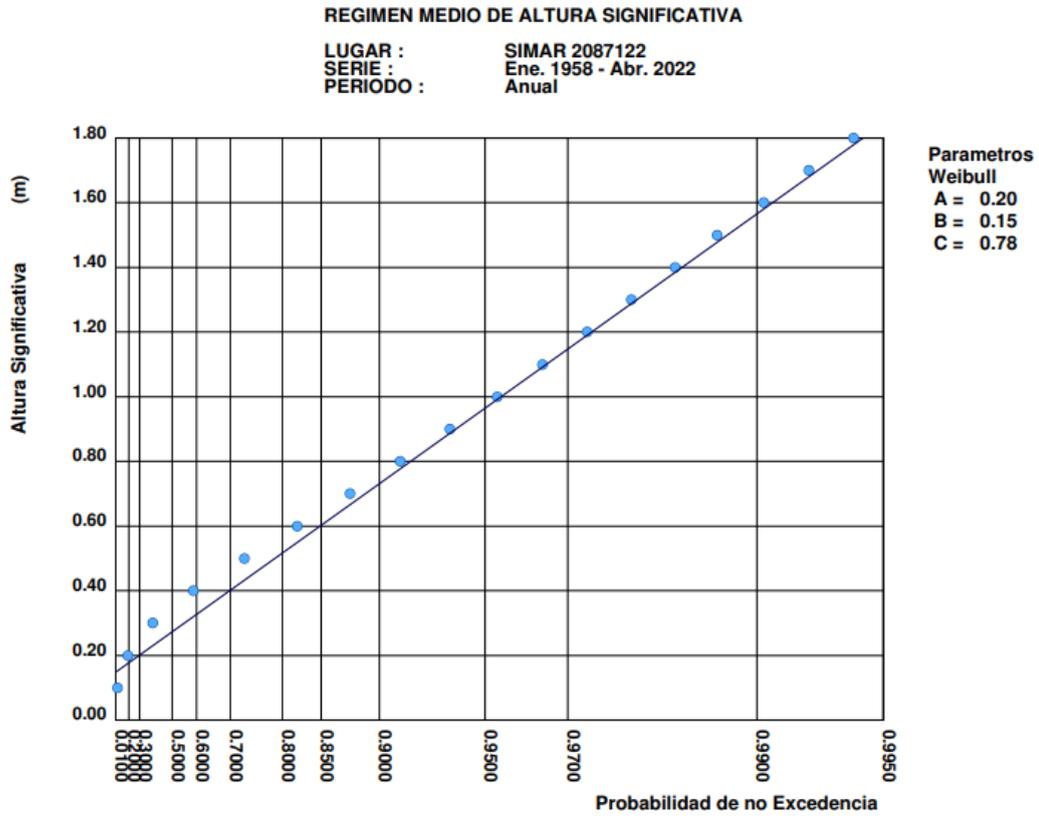


Figura 36. Régimen medio anual punto SIMAR. (Fuente: Puertos del Estado)

Régimen extremal

Para el cálculo del régimen extremal del oleaje se consultarán los datos de la boya de Valencia.

Mediante la información ofrecida por este punto se obtienen los resultados del régimen extremal escalar del oleaje. Como vemos abajo en la Figura 37, los datos obtenidos son los siguientes:

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

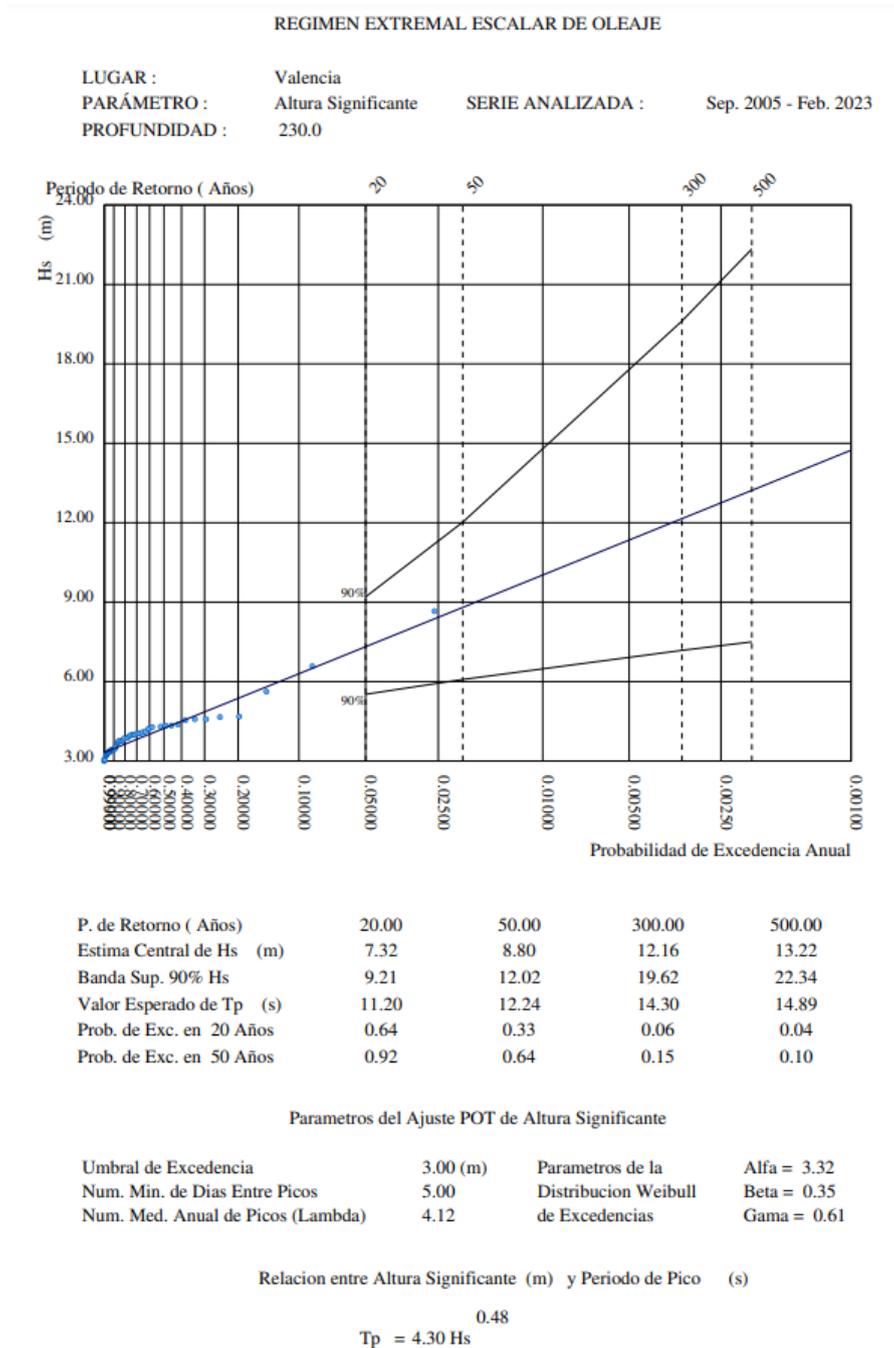


Figura 37. Régimen extremal escalar de oleaje. (Fuente: Puertos del Estado)

Además, también se adjuntan abajo (Figura 38, Figura 39 y Figura 40) las gráficas de régimen extremal de la boya de Valencia asociadas a sus direcciones principales.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

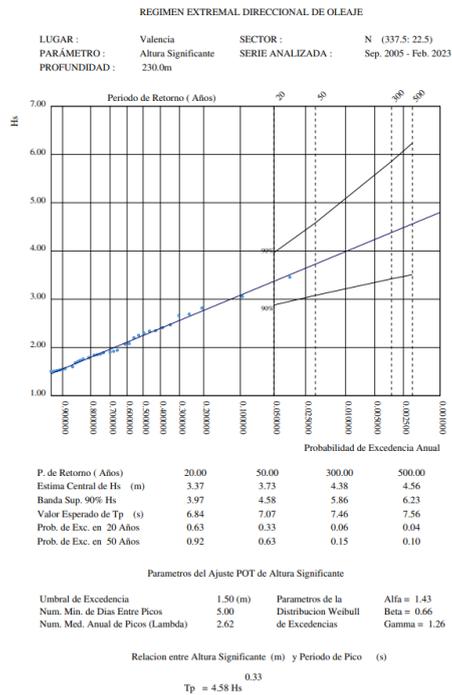


Figura 38. Régimen extremal sector Norte. (Fuente: Puertos del Estado)

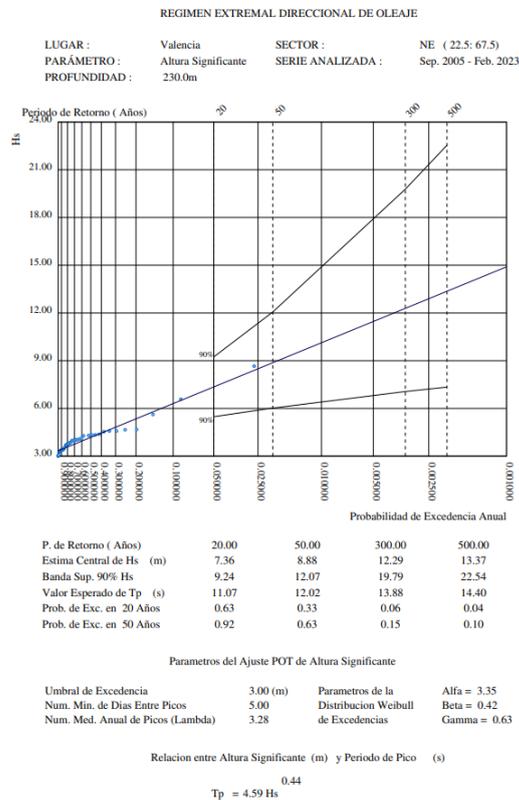


Figura 39. Régimen extremal sector NE. (Fuente: Puertos del Estado)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

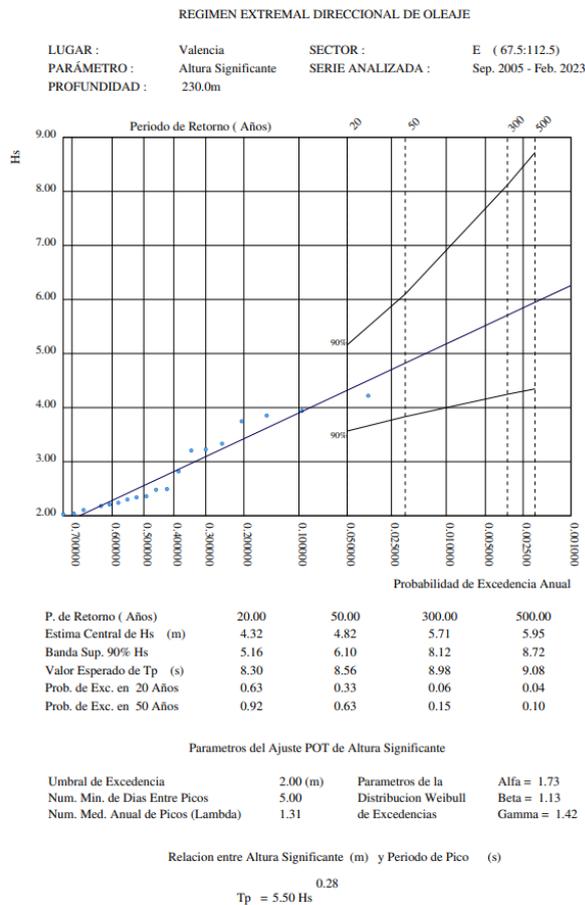


Figura 40. Régimen extremal sector E. (Fuente: Puertos del Estado)

5.4.2 Régimen de vientos

El viento se define como un flujo laminar de aire, tanto horizontal como vertical, (aunque la componente vertical no es relevante para la caracterización de este), provocado por las diferencias de presiones en la atmósfera. Este viene definido por su intensidad y su dirección.

Los datos obtenidos para la determinación de los regímenes de vientos vienen dados por la información ofrecida por el punto SIMAR 2087122.

Primeramente, se obtiene la rosa de vientos anual, mostrada abajo en la Figura 41.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

ROSA DE VELOCIDAD MEDIA

LUGAR : SIMAR 2087122

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2022

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0

PORCENTAJE DE CALMAS : 11.79 %

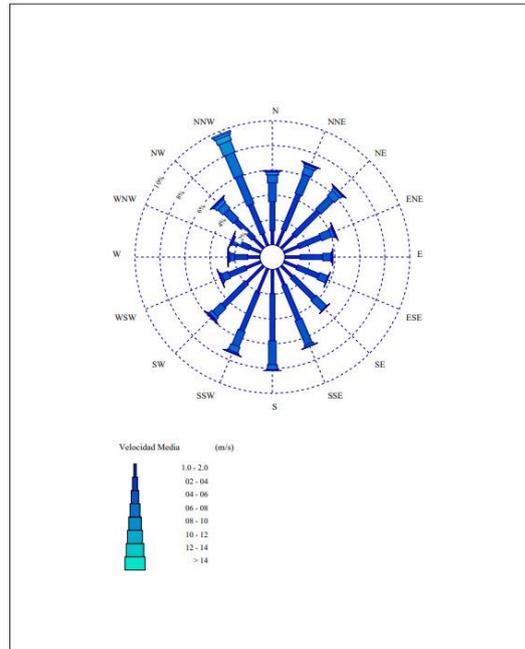


Figura 41. Rosa de velocidad media (m/s) de Vientos. (Fuente: Puertos del Estado)

Como se puede observar, los vientos predominantes son los que provienen del NNW con una frecuencia del 9,8% seguidos por los vientos procedentes del S (8%) y del SSW (7,5%).

5.4.3. Mareas y corrientes

Las mareas son cambios periódicos y regulares en el nivel del mar. Estas se dividen en mareas astronómicas y en mareas meteorológicas. La astronómicas ocurren debido a la influencia gravitatoria de la Luna y el Sol sobre la Tierra, mientras que las mareas meteorológicas son causadas por los cambios de presión atmosférica y acción del viento sobre la superficie del agua.

Estos cambios provocan la elevación y disminución del nivel del agua de forma que afecta a las costas.

En el caso del presente estudio, la playa de Torrenostra se sitúa en el mar Mediterráneo. Las mareas en esta región son bastante diferentes de las que se experimentan en áreas con océanos abiertos. El Mar Mediterráneo es un mar cerrado, y sus mareas son mucho menos pronunciadas que en los océanos, pero esto no implica que siguen siendo un fenómeno natural importante a tener en cuenta. Vemos los tipos de mareas abajo en la Figura 42.

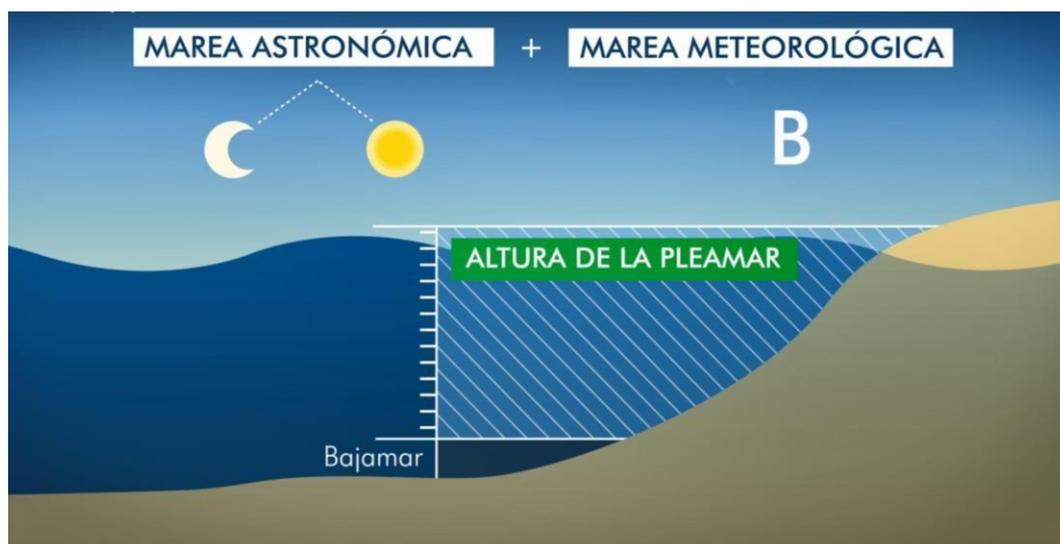


Figura 42. Tipos de mareas. (Fuente: Google)

Por otro lado, también cabe mencionar las corrientes. Las corrientes son movimientos de masas de agua dentro del océano y son originadas por el movimiento de rotación terrestre, los vientos, la geografía de los continentes y la forma de sus costas.

6. Cambio climático y cota de inundación

En el Anejo 7 “Cambio climático y cota de inundación” se muestran los efectos del cambio climático en el tramo de costa sometido al estudio. Para ello se han empleado los diferentes escenarios que propone el IPCC.

Cambio climático

El cambio climático es un concepto referido a los cambios a largo plazo en los factores climáticos.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Para analizar el aumento del nivel del mar se ha recurrido a la web “IPCC”, también conocido como Intergovernmental Panel on Climate Change. Se trata de una organización científica cuya función es evaluar todo tipo de información científica sobre el cambio climático, sus impactos y las opciones de mitigación y adaptación a este. Se realizará un estudio del aumento del nivel del mar hasta el año 2100 consultando la zona mediterránea, ya que la playa objeto de estudio se encuentra ahí.

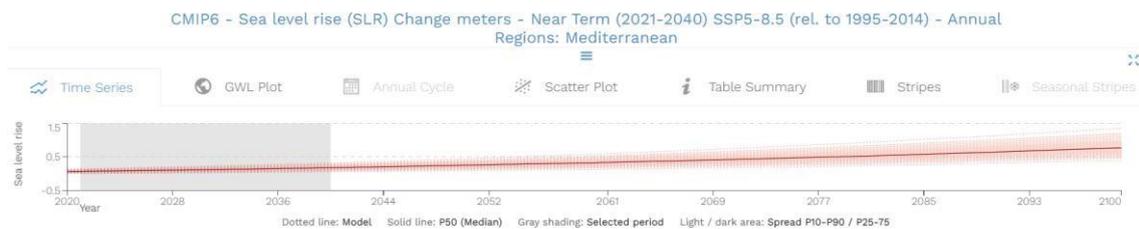


Figura 43. Incremento del nivel del mar debido al cambio climático hasta el año 2100. (Fuente: IPCC)

Como se observa arriba en la Figura 43, en esta serie se produce un aumento del nivel del mar al alza, mostrando un rango de probabilidades de ocurrencia. La línea sólida marca el p50, pero para este estudio consideramos el caso más desfavorable (p95) como el que dará lugar a ocurrencia.

Entonces para este estudio podemos asumir que el nivel del mar habrá aumentado 1,4 metros para el año 2100.

Cota de inundación

Una inundación se produce por causa de fenómenos naturales, cuando el agua alcanza niveles máximos, bien sea en ríos, lagos y mares, de forma que cubren zonas secas. Para el estudio de viabilidad de obras marítimas y de edificaciones cercanas a la costa es esencial conocer cuál puede ser esta cota de inundación.

Abajo en la Figura 44 se puede observar la representación de un croquis ilustrativo de la cota de inundación.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

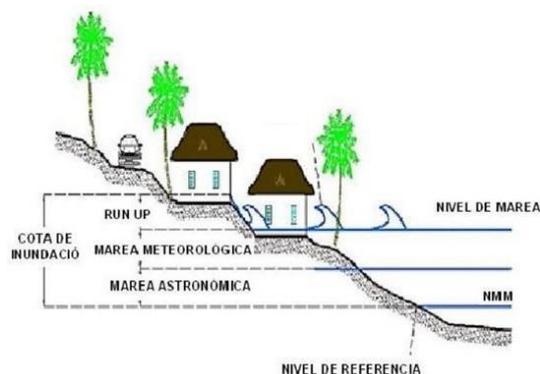


Figura 44. Croquis cota de inundación. (Fuente: Google)

La cota de inundación es la suma de las carreras de marea (marea astronómica + marea meteorológica), del run-up y aunque en el croquis no se tiene en cuenta también se sumará el aumento del nivel del mar debido al cambio climático.

Con todos los datos necesarios para el cálculo de la cota de inundación se procede a calcularla, siendo este el resultado obtenido:

$$CI = 0,827 + 1,4 + (0,2 * 0,3) = 2,287 \text{ metros.}$$

Luego la cota de inundación es de 2,287 metros de altura.

7. Dinámica litoral

En el Anejo 8 “*Dinámica Litoral*” se hace un estudio sobre el transporte sólido litoral y se calcula de forma más detallada cual es el caudal total que se transporta en la playa de Torrenostra.

Para el análisis de cualquier tramo de costa es de gran importancia la elaboración de un estudio sobre el transporte sólido litoral que se produce en ese mismo tramo.

Es por ello por lo que en este apartado se ha calculado cual es el transporte sólido litoral en este tramo de costa.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Para el cálculo teórico del transporte sólido litoral se va a emplear el “método de flujo de energía” del CERC (Coastal Engineering Research Center) desarrollado en el SPM (Shore Protection Manual, 1984).

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

α_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 m³/año.

K_p Probabilidad de presentación de una determinada dirección del oleaje, en tanto por uno.

K_g Coeficiente geométrico

Obtención de datos:

- El ángulo α_0 también conocido como ángulo de incidencia, es el ángulo que forma la dirección correspondiente a la perpendicular de la línea de costa.
- El factor k_g también llamado coeficiente geotérmico se considerará que tiene un valor de 1, luego no influirá en el cálculo de la capacidad de transporte sólido litoral.
- El factor k_p , al igual que la altura de ola significativa H_s , se obtiene a través de la tabla de Altura significativa (H_s)-Dirección de procedencia en %, también utilizada en el Anejo 6 “*Clima Marítimo*”.

Primeramente, se recurre a la tabla altura significativa (H_s) – Dirección de procedencia (%). En la Tabla 1 vemos la Altura Significativa de todas las direcciones, mientras que en la Tabla 2 se muestra solamente la Altura Significativa la de las direcciones objeto de estudio.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

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	> 5.0	
CALMAS	19.124												19.124
N 0.0	1.450	.426	.091	.014	.001	-	-	-	-	-	-	-	1.982
NNE 22.5	1.030	.303	.049	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	1.385
NE 45.0	1.028	.422	.078	.004	-	-	-	-	-	-	-	-	1.532
ENE 67.5	2.570	1.890	.475	.151	.056	.020	.009	.002	-	-	.001	-	5.172
E 90.0	11.567	6.710	1.219	.300	.073	.014	.002	.002	.003	.002	-	-	19.893
ESE 112.5	9.537	4.575	.852	.343	.122	.022	.004	.001	-	-	-	-	15.456
SE 135.0	9.649	1.960	.092	.015	.003	-	.001	-	-	-	-	-	11.721
SSE 157.5	12.022	4.048	.249	.027	.005	.001	-	-	-	-	-	-	16.352
S 180.0	3.633	1.303	.153	.026	.004	-	-	-	-	-	-	-	5.119
SSW 202.5	.500	.291	.049	.006	-	-	-	-	-	-	-	-	.846
SW 225.0	.139	.052	.007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.199
WSW 247.5	.080	.014	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.094
W 270.0	.074	.007	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.084
WNW 292.5	.083	.012	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.097
NW 315.0	.162	.028	.004	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	.195
NNW 337.5	.534	.144	.054	.011	.002	-	-	-	-	-	-	-	.746
Total	19.124	54.058	22.187	3.379	.902	.266	.058	.015	.004	.003	.003	.001	100 %

Tabla 1. Altura significativa (Hs)-Dirección de procedencia en %. (Fuente: Puertos del Estado)

ALTURA SIGNIFICATIVA (Hs)-Dirección de procedencia															
Dirección	Ángulo	Hs (m)											Total	Kp	
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	>5			
NE	45	1,028	0,422	0,078	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	1,532	0,01532
ENE	67,5	2,57	1,89	0,475	0,151	0,056	0,02	0,009	0,002	-	-	0,001	-	5,174	0,05174
E	90	11,567	6,71	1	0,3	0,073	0,014	0,002	0,002	0,003	0,002	-	-	19,892	0,19892
ESE	112,5	9,537	4,575	0,852	0,343	0,122	0,022	0,004	0,001	-	-	-	-	15,456	0,15456
SE	135	9,649	1,96	0,092	0,015	0,003	-	0,001	-	-	-	-	-	11,72	0,1172
SSE	157,5	12,022	4,048	0,249	0,027	0,005	0,001	-	-	-	-	-	-	16,352	0,16352
S	180	3,633	1,303	0,153	0,026	0,004	-	-	-	-	-	-	-	5,119	0,05119
SSW	202,5	0,5	0,291	0,049	0,006	-	-	-	-	-	-	-	-	0,846	0,00846
SW	225	0,139	0,052	0,007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,198	0,00198

Tabla 2. Altura significativa (Hs) – Dirección de procedencia en %. (Solo las direcciones objeto del estudio). (Fuente: Elaboración propia)

Abajo en la Tabla 3 se muestran tanto los ángulos de incidencia correspondientes a cada dirección que afecta al cálculo del transporte de sedimentos, como los factores Kg considerados positivos y negativos y el factor Kp.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA
PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Dirección	Ángulo α	Kg(+)	Kg(-)	Kp
NE	90	1		0,01532
ENE	67,5	1		0,05174
E	45	1		0,19892
ESE	22,5	1		0,15456
SE				0,1172
SSE	22,5			1
S	45			1
SSW	67,5			1
SW	90			1

Tabla 3. Ángulos respecto de la N.L.C, con sus respectivos Kg y Kp. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para el cálculo del transporte sólido, estos se aplican a la fórmula del flujo de energía explicada anteriormente. Primero con el caudal considerado como positivo (Tabla 4) y después con el caudal considerado como negativo (Tabla 5).

El cálculo del transporte sólido litoral considerado como positivo es el siguiente:

	Hs(m)-Q(+)											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5		>5
NE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
ENE	10310,98	58327,73	160732,33	329951,48	576401,51	909239,36	1336734,64	1866487,43	2505569,04	3260619,35	-	5248185,46
E	65362,47	369745,97	1018900,08	2091599,06	3653873,20	5763769,26	8473709,29	11831871,06	15883080,40	20669428,11	-	69821338,91
ESE	38394,12	217189,94	598505,08	1228611,81	2146296,50	3385656,03	4977483,25	6950077,94	9329770,93	12141286,50	-	19542214,67
Total												94611739,04

Tabla 4. Caudal positivo. (Fuente: Elaboración propia)

El cálculo del transporte sólido litoral considerado como negativo es el siguiente:

	Hs(m)-Q(-)											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5		>5
SSE	40619,87	229780,66	633201,03	1299835,68	2270719,49	3581925,94	5266033,00	7352981,01	9870627,22	12845129,19	-	8056082,67
S	16820,35	95150,29	262203,37	538251,34	940286,39	1483246,27	2180621,25	3044809,37	4087346,10	5319063,07	-	1852711,75
SSW	1685,95	9537,16	26281,32	53950,32	94247,33	148669,60	218569,29	305189,09	409685,24	533143,40	-	91454,75
SW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
Total												10000249,16

Tabla 5. Caudal negativo. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez calculados los caudales considerados positivos y negativos, mediante la diferencia de ambos se calcula el caudal total que se transporta en la playa de Torrenosttra.

Como el resultado obtenido mediante la fórmula utilizada genera un caudal excesivo, se considera la corrección de esta utilizando $2,027 \cdot 10^3$, en lugar de $2,027 \cdot 10^6$.

Aplicando este cambio se obtiene un caudal total de 84611,49 m³/año.

8. Evolución línea de costa

En el Anejo 9 “*Evolución de la línea de costa*” se realiza un análisis más detallado de cuál ha sido la evolución con el paso de los años de la línea de costa, no solo de la playa de Torrenostra sino también del conjunto de los alrededores de esta.

La evolución de la línea de costa es un proceso geológico y geomorfológico fundamental que ha dado forma a las costas a lo largo de la historia. Es un proceso complejo en el que intervienen múltiples factores.

Para analizarla se han consultado las imágenes aéreas proporcionadas por el Visor GVA de la Generalitat Valenciana, en concreto las ofrecidas en el apartado “Ortofotos RGB”.

Se procederá a comparar las ortofotos de los años 1956, 2003 y 2023 desde una perspectiva más general de todos los alrededores de la playa y después nos centraremos en cómo ha ido evolucionando la playa en sí.

8.1 Evolución línea de costa de todo el tramo

1956



Figura 45. Ortofoto año 1956. (Fuente: Visor GVA)

Arriba en la Figura 45 se observa que todavía no existía ninguna obra de defensa en la playa de Torrenostra, pese a eso el poblado en sí ya existía.

Si nos fijamos en la desembocadura del río Cuevas se observa que en ese año transportaba mucho sedimento, lo cual generaba un gran aporte de estos hacia el sur, donde se sitúa Torrenostra.

Ya por el año 1958, como se ha mencionado en el Anejo 2 “*Antecedentes*”, los vecinos de Torrenostra manifestaban de que la línea de costa estaba en constante retroceso debido a los temporales, luego se puede llegar a la conclusión de que con anterioridad al año 1958 la costa sufría retroceso.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Tras esto, como base para analizar las siguientes dos Figuras relativas a los años 2003 y 2023 (Figura 46 y Figura 50 respectivamente) se tomará como base la Figura 45 referida al año 1956 y la información mencionada en este apartado.

Año 2003

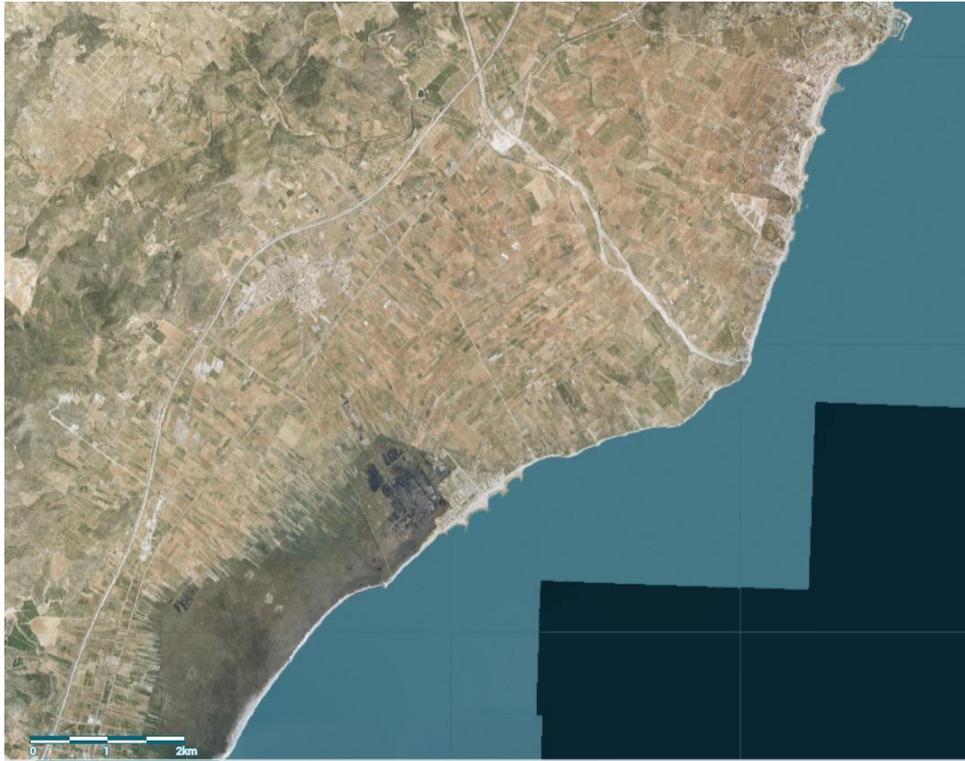


Figura 46. Ortofoto año 2003. (Fuente: Visor GVA)

Arriba en la Figura 46 perteneciente al año 2003 se puede observar que la playa de Torrenostra ya se encuentra como en la actualidad, ya que en el año 1988 fue cuando se produjeron las últimas obras en esta.

Lo primero en lo que nos fijamos es en la desembocadura del río Cuevas, que vemos en la Figura 47. En la desembocadura, como se ha explicado en el apartado de “Análisis de la problemática”, con el tiempo se ha formado el crecimiento de vegetación, lo que implica que el sedimento proporcionado por el río sea bajo.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 47. Desembocadura río Cuevas en la actualidad. (Fuente: Google Earth)

Para finalizar el análisis de este tramo cabe mencionar el cambio notorio que se ha producido en el sur de la playa, donde se encuentra el humedal, mostrado en la Figura 48.



Figura 48. Ortofoto en el año 2003 con zona sur señalizada. (Fuente: Visor GVA)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Se observa que en ese tramo se ha producido regresión, es decir, el mar se ha comido terreno.



Figura 49. Defensa en la desembocadura de la gola del Prado. (Fuente: Visor GVA)

Esta regresión se debe al mal estado debido al abandono de la obra de defensa situada en la desembocadura de la gola del Prado (Figura 49), la cual fue construida en un año muy anterior al 2003.

Año 2023



Figura 50. Ortofoto año 2023. (Fuente: Visor GVA)

Arriba en la Figura 50 se observa que se ha producido más acreción en la misma zona situada al sur de la población.

Podemos relacionar la obra de emergencia mencionada en el apartado de antecedentes con este problema de acreción. Esa obra fue realizada en el 2014 para defender el humedal del mar mediante un cordón dunar. Las demás zonas no han sufrido cambios.

8.2 Evolución línea de costa de la playa de Torrenostre

Antes de empezar cabe mencionar que todas las playas de los alrededores de la playa de Torrenostre están compuestas por bolos y gravas, luego podemos afirmar que el estado natural de la playa de Torrenostre debería de ser de una composición de bolos/gravas. Cuando una playa está formada por bolos/gravas significa que el oleaje presente en ella es “fuerte”.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Tras esta explicación se llega a la conclusión de que la evolución de la línea de playa es totalmente aleatoria, es decir, dependiendo de los temporales que sufra o de cómo de fuerte sea el oleaje dependiendo del año la playa responderá de una manera u otra.

A continuación, se mostrarán imágenes de distintos años (Figura 51 en 1996, Figura 52 en 2003, Figura 53 en 2009, Figura 54 en 2015, Figura 55 en 2020, y Figura 56 en 2023) para confirmar lo mencionado:



Figura 51. Estado de la playa en el 1996. (Fuente: Visor GVA)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 52. Estado de la playa en el 2003. (Fuente: Visor GVA)



Figura 53. Estado de la playa en el 2015. (Fuente: Visor GVA)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 54. Estado de la playa en el 2023. (Fuente: Visor GVA)

Lo que ocurre en la playa de Torrenostra es lo siguiente:

Cuando se producen temporales de poca energía estos son capaces de desplazar arena hacia la costa quedando protegida de las corrientes fuertes, y esta consigue que una vez esté protegida por los espigones esas corrientes no se la lleven de forma que se quedan en la playa.

Para finalizar, como resumen, en la Figura 55 se puede observar el cambio en la línea de costa desde el año 1956 hasta el año 2023.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 55. Comparativa de líneas de costa entre los años 1956 y 2023. (Fuente: Elaboración propia)

9. Estudio de alternativas

En el Anejo 10 “*Estudio de alternativas*” se describen de forma más detallada las posibles alternativas para solucionar las problemáticas de la playa de Torrenostra.

Las alternativas son las siguientes:

- **Alternativa 1: Desmantelar todas las obras de defensa + alimentación artificial:** Esta alternativa consiste en el desmantelamiento de las obras de defensa en su totalidad, es decir, de los seis espigones que forman parte de la playa de Torrenostra y posteriormente proporcionar arena a la playa mediante alimentación artificial.

Como se ha explicado en el apartado de antecedentes, “*Debido a los fuertes temporales que desde hacía tiempo se hacían notar en el poblado y temiendo por la seguridad de este, además de la influencia de las peticiones vecinales, en el año 1958 se realizaron por el Ministerio de Obras Públicas unas obras de defensa de dicha playa*”, este fragmento evidencia que el tramo de costa estaba sometida a una regresión constante, además de una mala respuesta frente a fuertes temporales, al igual que en la actualidad, lo que implica que en el caso de desmantelar las obras de defensa la playa pasaría a tener los mismos problemas que tenía antes del 1958.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

En cuanto a alimentación artificial podemos afirmar que harían falta alimentaciones artificiales de manera periódica, lo cual implicaría un gasto de dinero de forma constante para que la arena se terminara yendo. Vemos el esquema orientativo de la alterativa 1 abajo en la Figura 56.



Figura 56. Esquema orientativo alternativa 1. (Fuente: Elaboración propia)

- **Alternativa 2: Desmantelar todos los espigones excepto el espigón curvo del norte y el tapón del sur, y la posterior construcción de diques exentos:** los diques exentos funcionarán como estructuras de protección y de contención lateral de sedimentos y se situarán a cierta distancia de la línea de costa. Además, se valorará si es necesaria la aportación de arena a la playa de manera artificial para apoyar a los diques exentos. Esto queda reflejado de forma visual abajo en la Figura 57.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

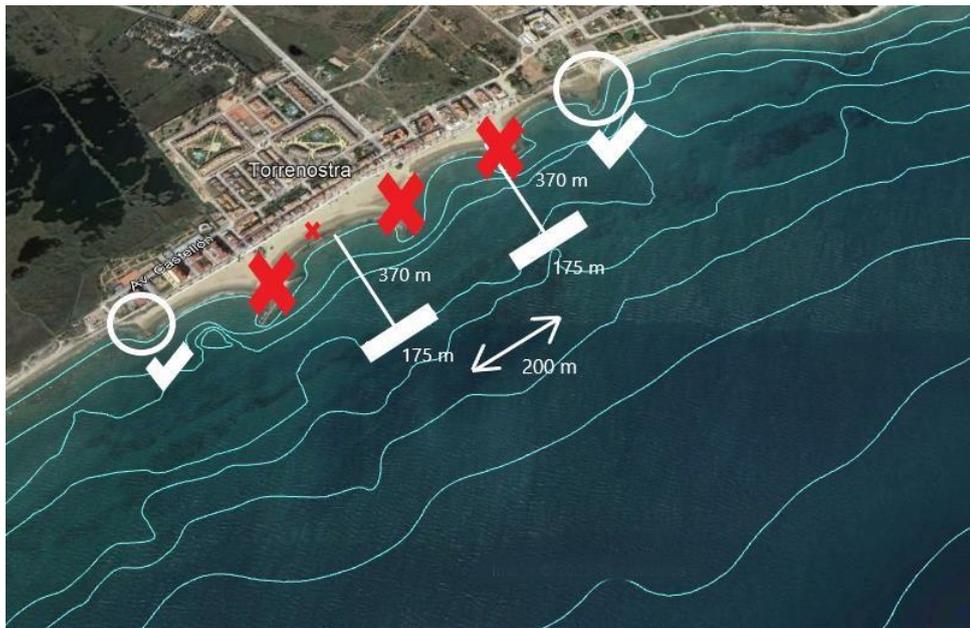


Figura 57. Esquema orientativo alternativa 2. (Fuente: Elaboración propia)

Para mayor detalle sobre la disposición de los diques exentos, sus características geométricas, y la formación de hemitómbolos acudir a los Planos 3, 4 y 5.

- **Alternativa 3: Desmantelar todas las obras de defensa + construcción de diques exentos:** en esta alternativa se pretende desmantelar todos los espigones y construir diques exentos dejándolos como únicas obras de defensa en todo el tramo litoral. Pero a la hora de analizar cómo se comportaría un hemitómbolo en el caso en el que la playa solo contara con dos diques exentos nos damos cuenta de que este se deformaría de forma que no sería eficiente. Abajo en la Figura 58 se muestra un esquema orientativo de esta alternativa.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)



Figura 58. Esquema orientativo alternativa 3. (Fuente: Elaboración propia)

- **Alternativa 4: Cordón dunar.** Esta alternativa consiste en la implementación de un cordón dunar delante del paseo marítimo que proteja al poblado de los fuertes temporales. Abajo en la Figura 59 se muestra un esquema orientativo de esta alternativa.



Figura 59. Esquema orientativo alternativa 4. (Fuente: Elaboración propia)

10. Diseño de la alternativa escogida

La alternativa escogida finalmente es la alternativa número dos complementada con la número cuatro, es decir, se procederán a desmantelar 4 de los seis espigones existentes en la playa, dejando como únicas obras de defensa los llamados espigones de control y posteriormente se construirán dos diques exentos cuya función será la de proteger la costa y formar hemitómbolos. Y a su vez mediante lo explicado en la cuarta alternativa se procederá a construir un cordón dunar en frente del paseo marítimo para proteger al poblado de los fuertes temporales que azotan la costa de forma periódica.

Primero se procederá a explicar con más detalle la alternativa 2: La primera etapa consiste en el desmantelamiento de los espigones existentes en la zona, siendo 4 en total.

El segundo paso es consiste en la construcción de los diques exentos. Sin embargo, antes de construir los diques exentos es necesario conocer la altura de ola de cálculo para el diseño de los diques exentos sumergidos ya que esta será la altura de ola que deberán de resistir. En el Anejo 6 "*Clima Marítimo*" se ha calculado la altura de ola de cálculo mencionada. El resultado obtenido ha sido el siguiente:

$$H_{\text{Cálculo}} = H_{\text{Rotura}} = 4 \text{ metros}$$

Las características geométricas de los diques exentos son las siguientes:

- El tramo a proteger consta de 1310 metros, luego el número de diques a construir será de dos, ambos de características geométricas idénticas
- Los diques se situarán a 4 metros de profundidad, alejados a 370 metros de la línea de costa
- La altura de los diques será de 3 metros
- La longitud de los diques será de 175 metros
- La cota de coronación se situará a 1 metro por debajo del NMN
- La separación entre diques será de 200 metros
- El talud de los diques será de 1:2
- El ancho de coronación será de 11 metros
- Serán diques multicapa:
 - Manto principal de escollera, manto secundario (filtro) y núcleo todo-uno.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA
PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

En cuanto al peso unitario, mediante la siguiente formulación ofrecida por el SPM (Shore Protection Manual) obtenemos los pesos de cada capa:

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{(\xi_r - 1)^3 \cdot k_d \cdot \cot \alpha}$$

Siendo:

- W= Peso de las piezas del manto (Tn)
- ρ_s = Peso específico de la escollera, (2,7 Tn/m³)
- H= Altura de ola (m)
- Sr= Peso específico relativo del material respecto del agua= $\frac{\rho_s}{\rho_w}$
- α = Inclinación de los taludes
- k_d = Coeficiente de estabilidad

Además de los pesos unitarios también se han calculado los espesores, también mediante fórmulas proporcionadas por el SPM:

$$l = \sqrt[3]{\frac{W}{\rho_s}} = \sqrt[3]{\frac{W}{\rho_s}}$$

$$e = l \cdot n \cdot k\Delta$$

Siendo:

- e= espesor
- n= Número de capas
- $k\Delta$ = Coeficiente de capa

En el Anejo 10 “*Estudio de alternativas*” se han realizado los cálculos pertinentes, de forma que los resultados han sido los siguientes:

Manto principal

Peso

MANTO PRINCIPAL	γ_r (Tn/m ³)	H(m)	ρ_s	ρ_w	Sr	Kd	cota	W(Tn)
Cuerpo	2,72	2,91	2,7	1,029	2,62390671	3,2	2	2,45
Morro	2,72	2,91	2,7	1,029	2,62390671	2,7	2	2,90

Tabla 6. Pesos del manto principal del dique. (Fuente: Elaboración propia)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Por el lado de la seguridad se procede a tomar el valor más alto para ambos tramos. Por lo tanto, el peso de los bloques que se usarán tanto para el cuerpo como para el morro serán de 2,9 Tn. Vemos esto arriba en la Tabla 6.

Espesor

MANTO PRINCIPAL	W	$\rho_s \left(\frac{Tn}{m}\right)$	l (m)	n	kΔ	e (m)
Cuerpo	2,90	2,7	1,02	2	1	2,04
Morro	2,90	2,7	1,02	2	1	2,04

Tabla 7. Espesor del manto principal del dique. (Fuente: Elaboración propia)

Como se observa arriba en la Tabla 7, se obtiene un espesor del manto principal de e=2,04 m

Manto Secundario (filtro)

Para el dimensionamiento del manto secundario se pueden aplicar las mismas fórmulas que se han aplicado para el manto principal, o también se pueden seguir las recomendaciones del SPM, el cual indica que para diques multicapas en condiciones “breaking” en aguas profundas, se debe de seguir esta sección (abajo Figura 60):

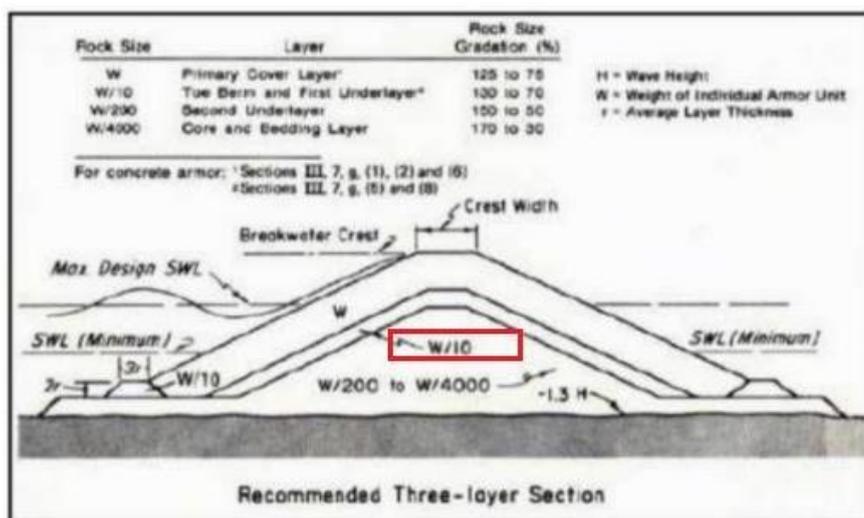


Figura 60. Recomendaciones del peso para dique escollera (Filtro). (Fuente: Shore Protection Manual)

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Como se ha mencionado antes, el manto secundario actúa como filtro, de forma que evite que el material del núcleo se pierda bajo la acción del oleaje. El peso de las piezas de esta capa debe de ser de $W/10$ y el espesor se calcula igual que el del manto principal, pero con tan sólo una capa ($n=1$).

Aplicando estas recomendaciones se obtienen los números del manto secundario (abajo Tabla 8):

MANTO SECUNDARIO	W	$\rho_s \left(\frac{Tn}{m} \right)$	l(m)	n	$k\Delta$	e(m)
Cuerpo	0,29	2,7	0,48	1	1	0,48
Morro	0,29	2,7	0,48	1	1	0,48

Tabla 8. Espesor del manto secundario. (Fuente: Elaboración propia)

Núcleo Interior todo-uno

Peso

Está formado por todo-uno proveniente de cantera y según el SPM, en cuanto a peso nos referimos, este debe de poseer un rango de valores de entre $W/200$ y $W/4000$ (abajo Figura 61):

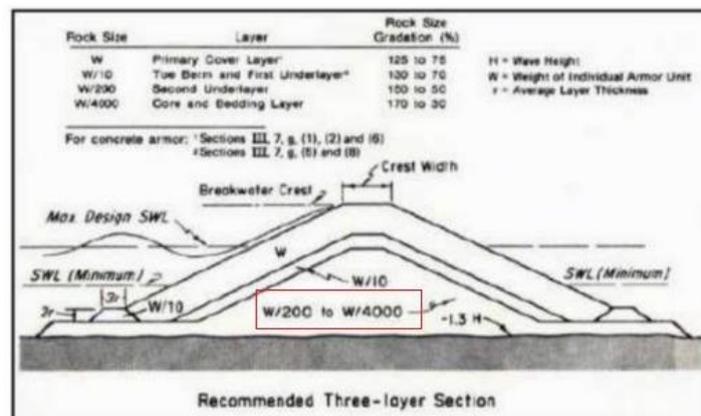


Figura 61. Recomendaciones del peso para dique escollera (Núcleo). (Fuente: Shore Protection Manual)

Lo que significa que los pesos del núcleo oscilan entre $2890/200$ y $2890/4000$. Es decir, entre 1 y 15 kilogramos de peso.

Hemitóbolo

Como se ha mencionado anteriormente se busca que los diques exentos formen hemitómbolos. Para la formación de hemitómbolos la relación que se debe de cumplir es la siguiente (abajo Figura 62):

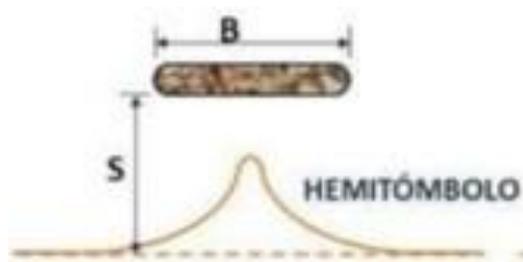


Figura 62. Hemitóbolo. (Fuente: Diapositivas OOMM)

- Si $B/S < 1,25$ se formará hemitóbolo.

Sustituyendo los valores establecidos anteriormente el resultado es el siguiente:

$$175/370=0,47 < 1,25, \text{ luego se formará un hemitóbolo.}$$

Una vez desarrollada la alternativa 2 se procede a desarrollar la alternativa complementaria (número 4):

Esta alternativa surge por la actual problemática de la costa frente a los fuertes temporales, ya que cuando estos se producen la costa sufre regresión, como se puede observar en el apartado “Análisis de la problemática”.

Si se tiene en cuenta la existencia de un cordón dunar que cubre el tramo ya mencionado, se propone alargar dicho cordón de forma que este cubra todo el tramo que comprende la playa de Torrenosttra para así cumplir la función de defensa frente a los fuertes temporales y así eliminar el problema actual.

La extensión del cordón dunar se situaría delante del paseo marítimo. La longitud total del cordón dunar se ha calculado en el Anejo 10 “*Estudio de alternativas*”, obteniendo una extensión de 871,2 metros, además también se ha calculado cual será el volumen aproximado de arena necesaria a aportar, siendo un total de 7840,8 m³.

Valoración económica

En el Anejo 10 “*Estudio de alternativas*” se han realizado las valoraciones económicas de las dos alternativas escogidas. La alternativa 2 tiene un coste total de **2.919.064,5 €** y la alternativa 4 tiene un coste total de **2.137.75,1 €**.

Luego el presupuesto final para la alternativa escogida (Alternativa 2 + Alternativa 4) es del orden de 3.132.839,6 €.

9. Bibliografía

1. *Ayuntamiento de Torreblanca: historia* (Mayo 2026). Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <http://www.torreblanca.es/laciudad/ciu-historia/>
2. *Cartografía del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) – Cartografía digital – Mapa Geológico General – HOJA 48 (VINAROS)*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/Geotecnico200/memorias/Memoria48_GT200.pdf
3. *Cartografía del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) – Cartografía digital – Mapa Geológico General – HOJA 48 (VINAROS) – Memoria asociada al Mapa General (1975)*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/Geotecnico200/pdfs/Editado48_Geotecnico200.pdf
4. *Cartografía del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) – Cartografía digital – HOJA 594 - Mapa Geológico de España a escala 1:50.000*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/pdfs/d5_G50/Magna50_594.pdf

5. *Comunitat Valenciana – Castellón – Torreblanca – Playa de Torrenostr*a.
Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://www.comunitatvalenciana.com/es/castello-castellon/torreblanca/playas/playa-torrenostr>
6. *Conocer Torrenostr*a: *Playa de Torrenostr*a, los espigones o muros de defensa de la costa, del año 1978. Prades Bel, Juan. E. – Vlog (2021). Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://torrenostr.blogspot.com/2021/07/playa-de-torrenostr-los-espigones-o.html>
7. *Demarcación de Costas de Castellón* – Visita personal realizada a la Demarcación de Costas de Castellón (Calle Escultor Viciano 2, 12002 Castelló de la Plana) el 5 de octubre de 2023.
8. Esteban Chapapría, V. (2004). *Obras Marítimas*, Valencia
9. *Generalitat Valenciana, Institut Cartogràfic Valencià - Visor de Cartografia*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://visor.gva.es/visor/>
10. *Gobierno de España, Ministerio de Ciencia e Innovación – Cartografía del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) – MAGNA 50 – Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (2ª Serie)*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50.aspx?language=es>
11. *Gobierno de España, Ministerio de Ciencia e Innovación – Cartografía del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) – Mapa Geológico General a escala 1:200.000. Mapa de interpretación geotécnica*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://info.igme.es/cartografiadigital/tematica/Geotecnico200.aspx?language=es>

12. *Gobierno de España – Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana - Puertos del Estado – Predicción de oleaje, nivel del mar, Boyas y mareógrafos (puertos.es)*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>
13. *Gobierno de España, Ministerio para la Transición Ecológica y del Reto Demográfico - Visor del Dominio Público Marítimo y Terrestre (DPM)*. Recuperado del 8 de noviembre de 2023, de <https://sig.mapama.gob.es/dpmt/>
14. *Google Earth* - <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
15. *Introducción a la dinámica litoral – 5. Evaluación de las variables climáticas en la zona de Valencia*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://1library.co/article/introducci%C3%B3n-la-din%C3%A1mica-litoral-aplicaci%C3%B3n-transporte-s%C3%B3lido-litoral.z1d8n4pv>
16. *Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) - ROM 0.2-90. Acciones de Proyecto de Obras Marítimas y portuarias (puertos.es)*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://www.puertos.es/en-us/ROM/Pages/ROM-widispe.aspx>
17. *Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) - ROM 0_3-91. Anejo I: Clima Marítimo en el Litoral Español (puertos.es)*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de https://widispe.puertos.es/rom/storage/public/docROM/ROM%200_3-91.pdf
18. *Navionics chart Viewing – Cartas para plotters GPS*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://webapp.navionics.com/?lang=es#boating@7&key=qhatFr%7DB>

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA
PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

19. *Obras marítimas* – Diapositivas de la asignatura de Obras Marítimas, del tercer curso del Grado en Ingeniería Civil
20. *Portal oficial de turismo de España – Playa: Torrenostra (spain.info)*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://www.spain.info/es/playa/torrenostra/>
21. *Shore Protection Manual (SPM), Volume I*, (1984). Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://luk.staff.ugm.ac.id/USACE/USACE-ShoreProtectionManual1.pdf>
22. *The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://www.ipcc.ch/>
23. *Torre Nostra (Torreblanca)* – Wikipedia. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Torre_Nostra_\(Torreblanca\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Torre_Nostra_(Torreblanca))
24. *Universidad Politécnica de Valencia – Instituto del Transporte y Territorio - Evaluación de riesgos, inundación litoral y adaptación de obras marítimas al cambio climático*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://aplicat.upv.es/exploraupv/ficha-servicio/capacidad/13822?busqueda=Instituto%20transporte>
25. *Universidad Politécnica de Valencia – OMB_Tema 18 - Estudio y caracterización de la costa (Archivo PDF)*