



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REGENERACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE LES MARINES EN DENIA (ALICANTE)

Presentado por

BORJA GUTIÉRREZ CAIROLS

Para la obtención del

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2021/2022
Fecha: 13/12/2021
Tutor: Jorge Molines Llodrá*



ÍNDICE

1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE SOLUCIONES.....	3
2. ENCUADRE GEOGRÁFICO	3
2.1. ACCESOS.....	4
3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL.....	5
3.1 ANTECEDENTES	5
3.2. ESTADO ACTUAL.....	6
3.3. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA	6
4. ESTUDIOS PREVIOS.....	7
4.1. BATIMETRÍA Y USOS DEL SUELO	7
4.2. COMUNIDADES MARINAS Y CARACTERIZACIÓN ECOCARTOGRÁFICA DE PLAYAS.	9
4.3. CLIMA MARÍTIMO.	10
4.4. GEOLOGÍA.....	15
4.5. GEOMORFOLOGÍA.....	15
4.6. DINÁMICA LITORAL	16
4.7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	23
5. DOCUMENTOS CONSTITUYENTES DEL PROYECTO.....	30
6. CONCLUSIÓN	31
BIBLIOGRAFÍA.....	32

1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE SOLUCIONES

El presente Estudio de soluciones, titulado “Estudio de Soluciones para la adaptación del frente litoral de la playa de Les Marines (Denia)”, tiene como fin servir como Trabajo de Fin de Grado para la titulación de Grado en Ingeniería Civil de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos de la Universidad Politécnica de Valencia.

Los objetivos que se pretende alcanzar en este trabajo son los siguientes:

- Estudio y análisis del tramo de costa correspondiente a la playa de Les Marines, situada en el término municipal de Denia, para comprender la problemática que encontramos en este tramo desde hace años, relativa a el impacto del oleaje contra el muro de las urbanizaciones situadas en primera línea de costa.
- Proponer una serie de alternativas con el fin de encontrar la solución más óptima. Cada una de estas será técnica, medioambiental, social y económicamente viable.
- Elección de la alternativa más idónea y desarrollo con más profundidad.

2. ENCUADRE GEOGRÁFICO

La playa sobre la que se va a trabajar se encuentra en el término municipal de Denia, localidad situada en la comarca de la Marina Alta en la costa norte de la Provincia de Alicante.

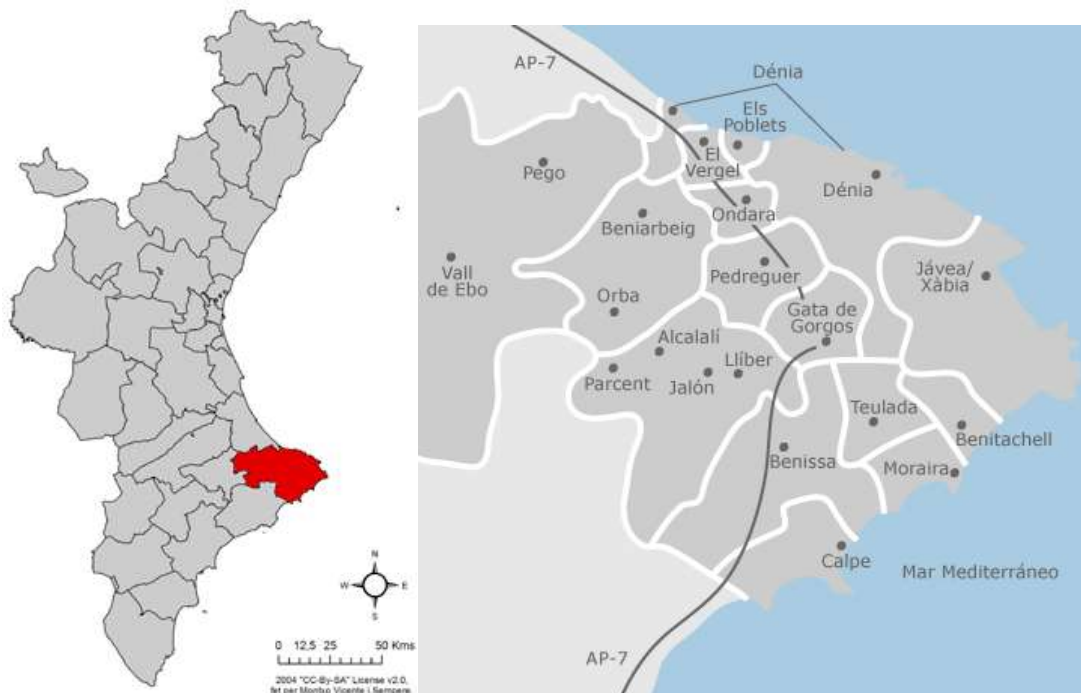


Figura 1. Localización Geográfica. Fuente: Google

La zona de estudio sobre la que se va a trabajar se encuentra exactamente frente a las viviendas situadas en el Carrer de Les Marines a Denia. La playa de Les Marines se encuentra limitada al norte por el Barranco de l'Alter y al sur por el Barranco del Regatxo, contando con una longitud total de 3.147 m.



Figura 2. Encuadre Geográfico. Fuente: Google Earth

2.1. ACCESOS

Para acceder a las playas de Les marines y Calamar tenemos el Carrer de Les Marines a Denia, el cual discurre paralelo a la costa y conecta el núcleo urbano de Denia con las playas que se sitúan al Norte del mismo. Cuenta con calles perpendiculares a este que te permiten estacionar el vehículo y llegar a las urbanizaciones situadas en primera línea de costa.

En cuanto al transporte público, el ayuntamiento de Denia facilita las líneas Marinas – Costa Calma. Desde cualquier otro municipio puedes llegar mediante autobús o cercanías al pueblo de Denia, donde se debe coger una de las líneas anteriormente mencionadas para poder llegar hasta la zona de estudio.

En el caso de acceso con vehículo privado, las playas tienen conexión directa con los principales núcleos de población cercanos mediante la carretera CV-730, que conecta con Jávea por la CV-736 y con Valencia por la nacional N-332 y la autopista de peaje AP-7.

3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL

3.1 ANTECEDENTES

Históricamente el tramo de costa sobre el que se está realizando el proyecto se ha tratado de un tramo inestable.

En este tramo se produce una acumulación de sedimentos continentales que descienden desde los relieves a través de los cursos fluviales provocando la formación de conos aluviales y el avance de la línea de orilla, mostrando un predominio de la dinámica fluvial frente a la marina. Como principal condición de contorno de su evolución histórica hasta alcanzar su posición actual se encuentran diversos promontorios de origen deltaico asociados a aportes fluviales de carácter torrencial. Estos procesos deltaicos han determinado discontinuidades en la costa y la posición avanzada de la línea de orilla en ciertos puntos, como es el caso del tramo de Blay Beach donde las edificaciones están en contacto continuo con el mar.

Este frente costero ha sido objeto de numerosas actuaciones costeras, una de las primeras fue la ejecución de una batería de 10 espigones cortos transversales a la costa y de un dique exento de 200 m. En el año 1986 estas estructuras fueron parcialmente desmanteladas y actualmente mantienen su cota bajo el nivel medio del mar. Además, se han realizado continuos aportes de arena en el frente de Les Marines-Blay Beach, para dar una solución provisional en la temporada estival.

Cuando se comenzó a urbanizar la costa y por lo tanto a ejercer una mayor presión sobre la playa de Les Marines se decidió realizar una serie de intervenciones, en este caso de obra dura. Estas obras se realizaron en los años 70 y consistían en una serie de defensas transversales colocada en batería mas un dique exento.



Figura 3. Les Marines años 70. Fuente: Google

Como se puede ver en la ilustración 3 el Plan Urbanístico que se realizó en esta época para la zona no respetaba la línea de costa, generándose el problema que a día de hoy continua en esta zona de falta de playa en gran parte de la playa de Les Marines.

3.2. ESTADO ACTUAL

La playa de Les Marines tiene una longitud de 3.147 m, con una amplitud media de 80 m y está compuesta por arenas. En la temporada de verano consta de un grado de ocupación alto, ya que se trata de una zona de turismo vacacional, pero esta baja drásticamente en la temporada de invierno. Tiene el distintivo de bandera azul por la gran calidad de sus aguas y por las diversas facilidades que presenta para sus usuarios.

Algo a destacar es que a día hoy se ven los espigones que se construyeron en los años 70 pese a que estos se encuentran fuera de servicio. En la siguiente ilustración (Ilustración 4) se puede ver perfectamente los restos de la estructura de los espigones, la cual se encuentra bajo el agua y en estos momentos no ejerce ninguna función.



Figura 4. Les Marines estado actual. Fuente: Comparador cartográfico

3.3. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

El principal problema que afecta a la playa de Les Marines es el poco margen que hay entre las viviendas y la línea de costa, generado en gran medida por la falta de aporte de arena. Esto viene dado como ya se ha comentado anteriormente por el corte total de transporte que supone el puerto de Valencia, mas la playa de Punta Molins, a todo esto hay que sumarle que se trata de una zona muy peculiar ya que el transporte de material invierte su dirección a la altura del

municipio de Oliva por lo que el puerto de Denia también supone un corte total del material procedente del sur, se trata de una zona donde la energía que tiene la corriente litoral para erosionar es muy superior a la de otras zonas del litoral.

En el periodo estival esta playa es una zona de gran interés turístico y está muy concurrida, pero la poca amplitud de la playa genera grandes densidades de gente en muy poco espacio haciendo la estancia bastante incomoda. Sin embargo, el mayor problema que genera esta poca amplitud de playa se ve reflejado en la época invernal, ya que en este periodo en el mediterráneo podemos encontrar periodos de oleaje más fuerte y este alcanza los muros de las viviendas que se encuentran en primera línea causando desperfectos.



5. Playa de Les Marines. Fuente: Google

Alguna de las medidas más frecuentes que ha ejecutado Costas en este tramo ha sido el aporte de arena para intentar aumentar las dimensiones de la playa pero esto solo ha solucionado el problema durante cortos periodos de tiempo, ya que la corriente del litoral llega a esta zona de la costa con mucha capacidad de transporte.

4. ESTUDIOS PREVIOS

4.1. BATIMETRÍA Y USOS DEL SUELO

- **BATIMETRÍA**

La batimetría nos aporta información sobre el fondo sobre el que se va a trabajar, de esta forma se puede caracterizar el oleaje y corrientes en la zona próxima a la costa. También nos ayuda a comprender mejor los procesos de erosión y sedimentación que se generan.

La playa de Les marines como se va a poder ver en la *Figura 6*, se trata de una playa con poca pendiente, manteniendo profundidades bastante constantes a lo largo de toda la playa. Si nos centramos en la batimetría de la zona situada al Sur de la playa, antes del Barranco del Regatxo, nos encontramos una zona plana de grandes dimensiones con una profundidad de tan solo 1 m.

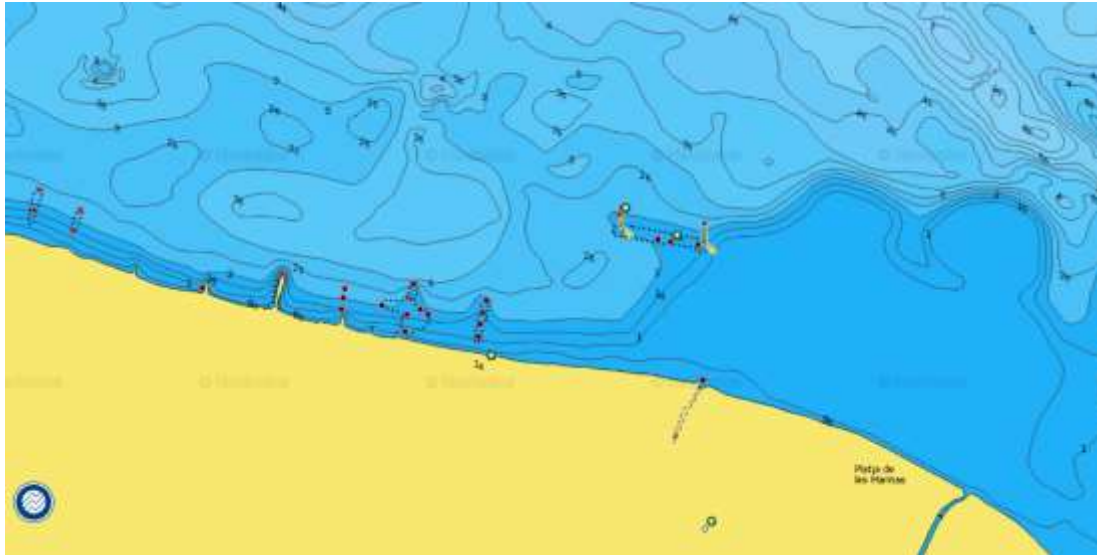


Figura 6. Batimetría. Fuente: NAVIONICS

▪ **USOS DEL SUELO**

A continuación, se muestra un plano de la clasificación de suelos, obtenido del PGE de Denia.

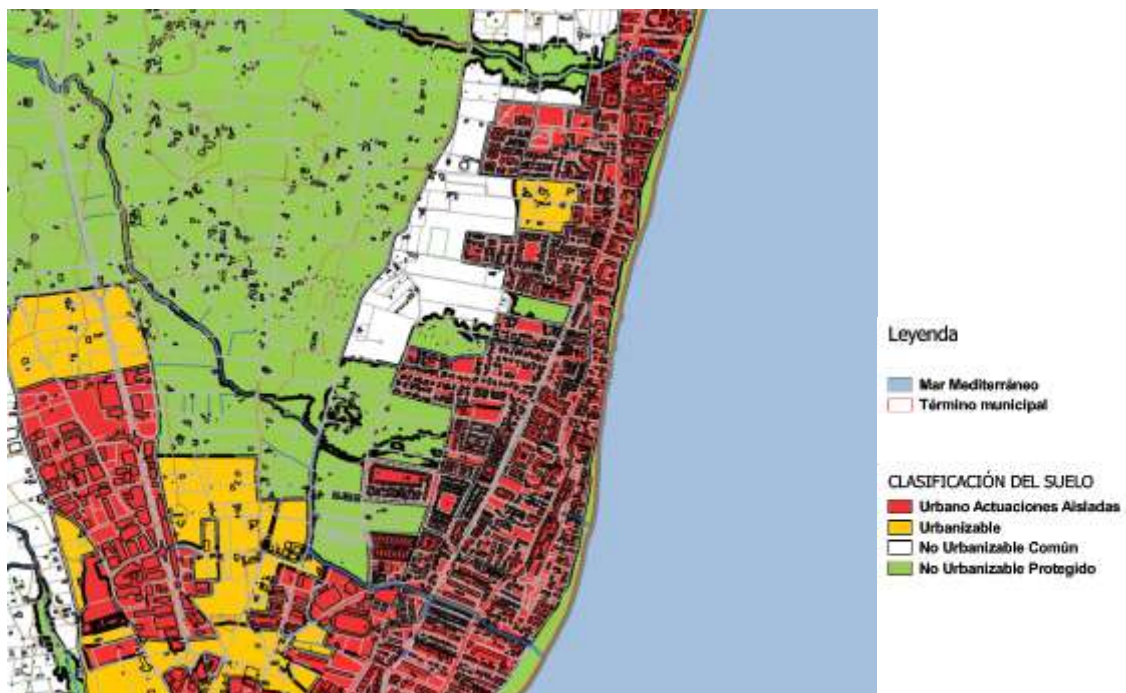


Figura 7. Usos de suelo. Fuente: PGE 2019 (Denia)

Mediante esta información podemos prever cual va a ser la presión urbanística a la que va a estar sometida en un futuro la playa sobre la que estamos trabajando. Como se puede ver en la ilustración adjuntada anteriormente el tramo situado frente a la zona de estudio contiene una primera franja de color rojo, donde encontramos todos los complejos que generalmente son de uso vacacional. Después encontramos una zona mayormente de color verde, lo que nos indica que se trata de una zona protegida.

De esta forma viendo el plano proporcionado por el ayuntamiento de Denia, observamos que frente a la playa no se va a poder realizar nuevas obras a excepción de una parcela que si que sería urbanizable. Por lo tanto, no se va a producir un cambio en la afluencia de gente a la playa y las densidades de ocupación de esta continuarán siendo muy semejantes a las que encontramos actualmente.

4.2. COMUNIDADES MARINAS Y CARACTERIZACIÓN ECOCARTOGRÁFICA DE PLAYAS.

▪ COMUNIDADES MARINAS

Esta información esta reflejada en *Anejo 4*. Donde a partir del mapa ecocartográfico se pueden situar donde se encuentran las diferentes especies que hay en la zona de estudio.



Figura 8. Comunidades Marinas. Fuente: Ecocartografía de Alicante

- Comunidades de arenas finas de altos niveles.
- Comunidades de arenas finas bien calibradas.
- Comunidad de algas fotófilas infralitorales en régimen calmo.
- Pradera de posidonia oceánica.



De todas estas especies se debe destacar la Posidonia Oceánica puesto que se encuentra protegida. Las praderas de esta especie tienen una gran importancia ecológica, constituye la comunidad climax de mar mediterráneo y ejerce una considerable labor de protección de la línea de costa frente a la erosión. La presencia de Posidonia Oceánica se considera un buen bioindicador de la calidad de las aguas costeras.

▪ CARACTERIZACIÓN ECOCARTOGRÁFICA DE LA PLAYA

El Estudio Ecorcartográfico del Litoral de las Provincias de Alicante y Valencia nos proporciona fichas de todas las playas que constituyen el litoral. En estas fichas encontramos los datos base de la playa, características de la morfología de la playa, localización, croquis del contorno y fotos.

4.3. CLIMA MARÍTIMO.

El estudio del clima marítimo es imprescindible en cualquier proyecto de costa. Gracias a este podemos saber como actúan el viento, el oleaje, las corrientes y las mareas sobre la zona de estudio.

Cuando actuamos sobre la costa debemos saber que esto va a generar un cambio, este puede ser a largo (régimen medio) o corto plazo (régimen extremal), por ello es importante conocer las características que tiene el oleaje en la zona sobre la que vamos a intervenir.

Para analizar las diferentes acciones se va a utilizar la información que nos da el Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado:

- Las series SIMAR surgen de la concentración de los dos grandes conjuntos de datos simulados de oleaje con los que tradicionalmente ha contado Puertos del Estado: SIMAR-44 y WANA. El objetivo es poder ofrecer series temporales más extensas en el tiempo y actualizadas diariamente. El conjunto SIMAR ofrece información desde el 1958 hasta la actualidad y esta información se utiliza para realizar el régimen medio.
- Red de Boyas de Aguas Profundas de Puertos del Estado, o Red Exterior: es la red de Boyas colocada estratégicamente por toda la costa española, fondeadas a más de 200 metros de profundidad. Esta red se utiliza para realizar el régimen extremal. Por tanto, nos proporciona la información que necesitamos para dimensionar cualquier infraestructura que se vaya a colocar en la costa.

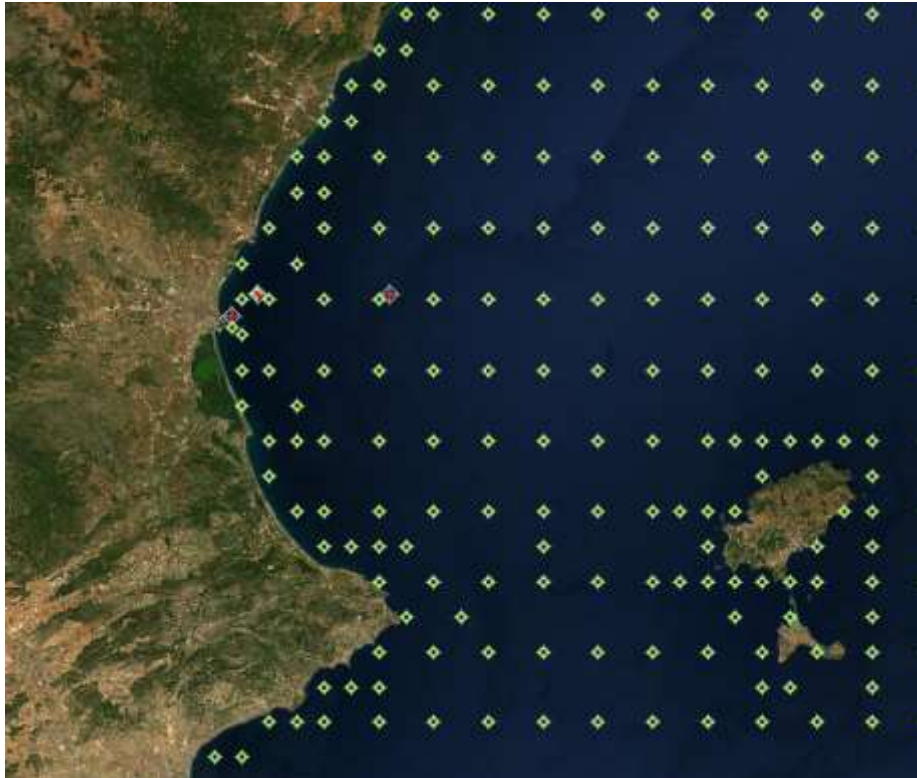


Figura 9. Red de Boyas de Puertos del Estado. Fuente: Puertos del Estado.

- **VIENTO**

El nodo WANA 2086107 nos proporciona información desde el año 1996. Nos proporciona datos sobre las velocidades medias de viento, dirección y frecuencia, esta información la podemos tener de forma anual o centrándonos en las diferentes épocas del año.

Toda esta información se puede ver mas desarrollada en el *Anejo 5. Clima Marítimo*. En este se pueden ver las rosas de viento de cada época del año y la anual, esta forma de representación es la más visual y sencilla. A continuación se adjunta la rosa de vientos anual:

LUGAR : WANA2086107

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1996 - Oct. 2013

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 1.0

PORCENTAJE DE CALMAS : 2.75 %

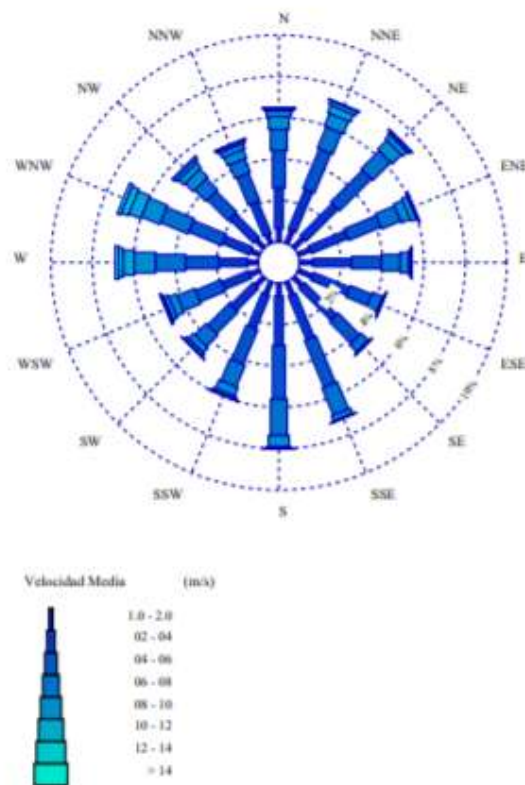


Figura 10. Rosa de Vientos Anual (1996-2013). Fuente: Puertos del Estado

En la Rosa de Vientos Anual adjuntada anteriormente se puede observar que nos encontramos ante una zona donde los vientos varían bastante, pero podemos destacar los vientos procedentes del Sur con un 8% del total y detrás de este estarían el Oeste, WNW, NNE, NE y SSE, todos ellos con un porcentaje del 7% aproximadamente.

Por otro lado, tenemos los periodos de calma que corresponden a velocidades menores a 1 m/s. A este periodo le corresponde el 2.75% del total. Por lo tanto, no es predominante en nuestra zona de estudio.

▪ **OLEAJE**

- **Régimen medio**

Para obtener el régimen medio debemos de seguir utilizando el nodo WANA 286107, este nos proporcionará al igual que en el caso del viento diferente información del oleaje.

Viendo las tablas proporcionadas por el *Anejo 5*. podemos llegar a la conclusión de que la dirección predominante es la NE (24%), la altura significativa es menor a 1 metro en casi el 90% de los casos. En la segunda tabla vemos que el periodo pico es de entre 5 y 7 segundos. Algo que también se puede destacar es que en un porcentaje muy bajo se puede llegar a una Hs mayor de 5 metros.

Toda esta información al igual que el viento se puede reflejar mediante Rosas, a continuación se va a adjuntar la rosa de oleaje anual:

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 2086107

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PERIODO : Anual

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2017

PORCENTAJE DE CALMAS : 9.29 %

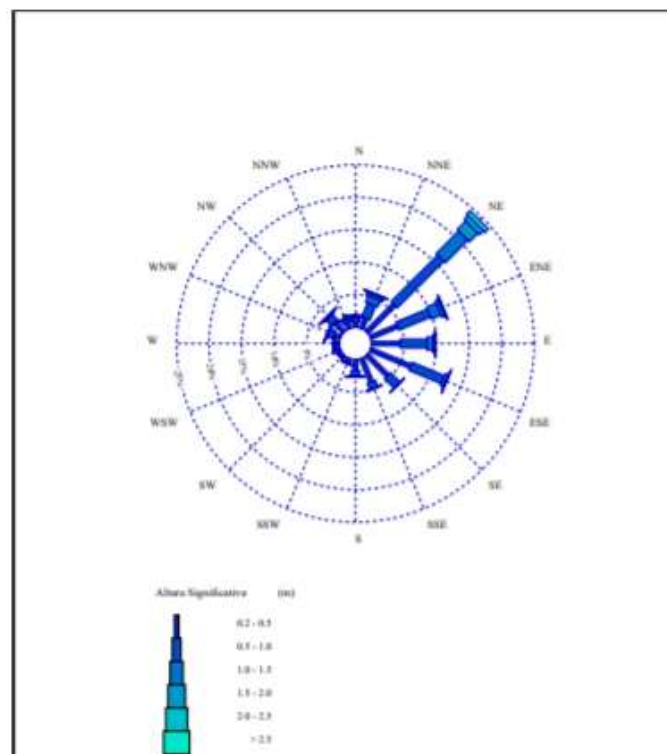


Figura 11. Rosa de oleaje anual (1958-2017). Fuente: Puertos del Estado

A partir de la rosa se puede sacar la dirección predominante del oleaje, que en este caso como se ha dicho antes es el NE. También nos dice que los periodos de calma suponen un 9.29% del total.

- **Régimen extremal**

Para realizar cualquier estudio o actuación sobre la costa se debe de tener en consideración la acción del oleaje en situaciones poco frecuentes, normalmente estas situaciones vienen dadas por un temporal y se alcanzan alturas de ola que nos son habituales. Es por esto que cualquier elemento que se quiera proyectar se debe dimensionar respecto al régimen extremal, es decir poniéndose en el lado de la seguridad.

El régimen extremal es un modelo estadístico que describe la probabilidad con la que se puede presentar un temporal de una cierta altura de riesgo. Se denomina temporal a aquella situación durante la cual la altura del oleaje supera un cierto umbral, se debe de tener en cuenta que el tiempo mínimo que transcurre entre temporales es de 5 días.

En nuestro caso todos los datos que se requieren del régimen extremal se debe coger la Boya de Valencia, puesto que esta es perteneciente a la Red exterior.



Figura 12. Boya de Valencia (Red Exterior). Fuente: Puertos del Estado

En el Anejo 5. *Clima Marítimo* se puede encontrar un estudio más detallado.



4.4. GEOLOGÍA

En el *Anejo 6. Geología* se ha realizado un estudio de los datos geológicos y geotécnicos de la zona, proporcionados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Por lo que respecta a la información geológica, se ha utilizado la Hoja 796 del *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (serie Magna 50)*, perteneciente a Gandia. Se destaca que en la zona predominan depósitos del Cuaternario.

4.5. GEOMORFOLOGÍA

En el *Anejo 7. Geomorfología* se lleva a cabo la caracterización de la playa de Les Marines, clasificando la naturaleza del fondo, la estabilidad, el alzado y las singularidades que presentan según la clasificación de Suárez Bores.

Además, se estudia también el tamaño de los sedimentos presentes en estas, resultando tamaños menores a 0,2 mm en estrán y playa sumergida pero mayores a 2 mm en playa seca.

En el citado anejo se puede encontrar mayor información.

- **Caracterización de la playa de Les Marines**

La zona sobre la que vamos a hacer la caracterización es una playa por lo tanto se trata de una costa baja, también conocidas como costa de depósito. Como ya se ha mencionado anteriormente este tipo de playas se generan por el descenso del mar o la elevación de la corteza terrestre y generalmente se ven más afectadas por los agentes marinos y climáticos.

La playa de Les marines según la clasificación teniendo en cuenta los diferentes aspectos que caracterizan su estado se puede decir que se encuentra en un estado de regresión, ya que esta tiene una constante pérdida de materiales sueltos a causa de la deriva litoral.

Mediante la clasificación de Pedro Suárez Bores se obtiene la siguiente información, esta información se puede ver de forma mas detallada en el *Anejo 7.:*

La playa consta de un fondo móvil compuesto por materiales homogéneos, al no existir ningún tipo de elemento o infraestructura que retenga estos materiales, nos encontramos ante un tramo de costa inestable. La costa consta con una anchura media de aproximadamente 42 m.

Mediante la ficha de la playa de Les Marines podemos observar cual es el comportamiento que tiene su perfil, se debe de tener en cuenta que hay zonas de la playa que no constan del mismo perfil. Centrándonos en el que nos proporciona el Ministerio de Medioambiente, se llega a la conclusión de que nos encontramos ante una playa con un perfil incompleto.



Figura 13. Perfil de la playa de Les Marines. Fuente: Ministerio de medioambiente

La playa de Les Marines se encuentra acotada por dos singularidades másicas, en ambos casos se trata de singularidades másicas positivas. La playa esta limitada por el norte por el barranco de l'Alter y por el sur por el barranco del Regatxo, anteriormente mencionado. Los dos son un aporte natural de material a la playa, si que es verdad que al tratarse de barrancos no es un aporte continuo a diferencia del caso de un río, pero en temporada de lluvias si que se incrementa ese aporte de materiales sueltos a la playa.

4.6. DINÁMICA LITORAL

Para la realización de la dinámica litoral hemos sacado los datos del “ **Proyecto de Recuperación del Tramos de Costa Comprendido entre el Puerto de Dénia y el Río Girona, T:M Dénia (Alicante)**”

- **Análisis morfodinámico de estabilidad de la costa.**

Mediante el Flujo Medio de Energía (FME) estimado en la batimetría -5 m, se observa un desequilibrio generalizado en la costa de Denia con una resultante del transporte SE-NW. Se trata de un caso peculiar puesto que en la costa del golfo de valencia la dirección predominante del transporte es NW-SE pero en la zona de Oliva se produce un cambio y la dirección se invierte.

Mediante la dirección del FME y como incide este en la costa se puede saber con mayor exactitud las zonas que permanecen estables y las que presentan desequilibrios morfodinámicos locales.

NODO	z	Límites Tramo		FME (°)	Orientación tramo de costa (°)	Ángulo relativo FME-ortogonal a la costa (°)
1	-5	Puerto Oliva	Río Vedat	N45.3E	N44.4E	0.9
2	-5	Río Vedat	Río Racons	N43.5E	N42.1E	1.4
3	-5			N43.9E	N40.2E	3.7
4	-5	Río Racons	1er espigón Les Deveses	N42.6E	N37.7E	4.9
5	-5	1er espigón Les Deveses	Río Girona	N32.6E	N16.7E	15.9
6	-5	Río Girona	Punta dels Molins	N32.6E	N23.9E	17.0
7	-5			N27.2E	N17W	44.2
8	-5	Punta dels Molins	Puerto de Denia	N31.8E	N17.3E	14.5
9	-5			N29.9E	N38.9E	9.0
10	-5	Puerto de Denia	Espigón sur Marineta	N42.7E	N25.5E	17.2
11	-5	Espigón sur Marineta	Cabo San Antonio	N47.1E	N37.8E	9.3
12	-5			N42.3E	N23.9E	18.4

Figura 14. Dirección FME-5m en nodos de control a lo largo de la costa, orientación de la costa y ángulo relativo entre ambos.

La representación de las perpendiculares al FME a lo largo del litoral a la profundidad -2 m permite obtener la forma en planta de equilibrio estático de la línea de orilla e identificar que zonas permanecen estables y las que presentan desequilibrios morfodinámicos locales.

Límites del tramo	Rango de Nodos	Orientación media LC (OLC)	Valor medio del FME ₋₂	Ángulo relativo (OLC-FME ₋₂)	CONDICIÓN DE EQUILIBRIO
Pto. de Oliva-río Vedat	N1-N40	N43.3E	47.5	-1.2	EQUILIBRIO
río Vedat-río Racons	N41-N71	N41.2E	45.4	0.3	EQUILIBRIO
río Racons-1.7 km al sur	N72-N90	N37.7E	44.3	6.6	DESEQUILIBRIO
1.7 km al sur Río Racons-1er espigón	N91-N104	N23.9E	33.8	9.9	DESEQUILIBRIO
1er espigón-2do espigón	N105-N112	N19.9E	28.1	8.2	DESEQUILIBRIO
2do espigón-3er espigón	N113-N117	N16.7E	24.5	7.8	DESEQUILIBRIO
3er espigón-río Girona	N118-N129	N20.8E	24.5	3.7	LIGERO DESEQUILIBRIO
Río Girona -Punta L'Estanyó	N130-N145	N23.9E	28.9	5.0	LIGERO DESEQUILIBRIO
Punta L'Estanyó-Punta Els Molins	N146-N155	N17W	14.3	31.3	FUERTE DESEQUILIBRIO
Punta Els Molins-Barranco de L'Alter	N156-N175	N17.3E	25.8	8.5	DESEQUILIBRIO
Barranco de L'Alter-Barranco del Regatxo	N176-N197	N9.7E	27.0	17.3	FUERTE DESEQUILIBRIO
Barranco de El Regatxo-Pto. de Denia	N197-N230	N38.9E	40.2	1.3	EQUILIBRIO
playa Marineta Casiana	N231-N241	N25.5E	31.8	6.3	DESEQUILIBRIO

Figura 15. Resumen de las condiciones de equilibrio.

En la tabla adjuntada anteriormente se puede ver como la zona sobre la que se está realizando el estudio se encuentra en una situación de Fuerte Desequilibrio. Se debe destacar que solo encontramos tres zonas donde hay una situación de equilibrio. El tramo de El Regatxo-Pto. Denia, ya que el puerto protege esta zona de la corriente con dirección SE-NW, y los dos primeros tramos que se tratan de la zona costera situada en Oliva. Es en este tramo donde se produce la inversión de la corriente y pasa a ser SE-NW.

- **Corrientes generadas por oleajes procedentes de NE**

Mediante la simulación realizada con el modelo numérico Copla-SP del SMC (GIOC) a partir de las salidas obtenidas de los oleajes propagados se puede determinar con un mayor grado de precisión las corrientes de rotura de los oleajes mas frecuentes y dominantes de NE. Mediante este sistema se obtiene la información suficiente para determinar la zona donde se produce la inversión de la corriente.

Este fenómeno se produce en la zona de Oliva donde encontramos un equilibrio entre la erosión y la sedimentación por lo que se trata de una zona estable. Es aquí donde varia la dirección del flujo.

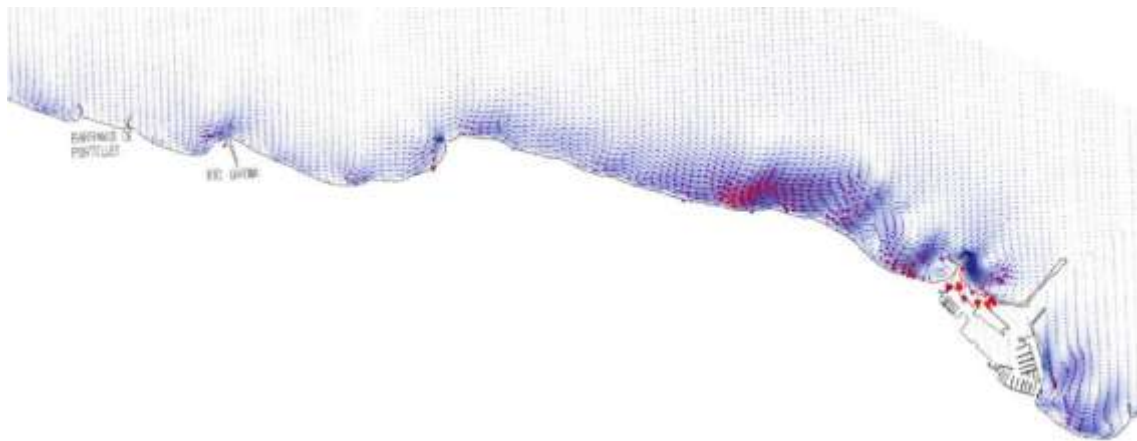


Figura 16. Resultados de la simulación de corrientes para oleajes NE

Centrándonos en la zona de la playa de Les Marines – Blay Beach como se puede ver en la imagen adjuntada se trata de una zona donde aumenta la intensidad de las corrientes dando lugar a una mayor capacidad de transporte de material y por tanto una mayor capacidad erosiva. A esta situación se le debe sumar el poco aporte de material que se tiene en esta zona, de ahí el problema que encontramos actualmente en la zona situada en Blay Beach. Se debe recordar que la dirección del flujo pasa a ser SE-NW.

- **Profundidad del cierre del perfil.**

La profundidad de cierre de una playa nos aporta la información que necesitamos para saber cuándo las partículas de sedimentos movidas por las corrientes generadas en la costa no vuelven a la playa. Es decir, a partir de la profundidad de cierre los materiales sedimentarios movidos por el flujo generado en esa zona no vuelven a depositarse en la línea de costa por lo que dejarían de contar como transporte longitudinal de la playa y pasarían a ser transversal.

Para el cálculo de la profundidad de cierre en la playa de Les Marines se ha recurrido a las formulaciones teóricas de Hallermeier (1981) y Birkemeier (1985) y posteriormente cotejados los valores mediante estudio comparativo de perfiles de playa medidos en campañas de campo en distintas épocas.

En la zona de la costa de Denia los resultados oscilan entre 3,36 y 4,75 m de profundidad, correspondiendo los valores mayores a la formulación de Hallermier y los menores a la de Birkemeier.

▪ **Volumen de sedimentación mediante un balance de 300 m.**

Para la obtención del transporte de sedimentos se ha dividido la costa en tramos de 300 m y en cada uno de estos se han tenido en cuenta los resultados obtenidos de la evolución de la línea de costa (ELC), variación de superficie experimentada por la costa en cada subtramo entre dos periodos consecutivos, la profundidad de cierre del perfil de playa y la altura de su berma y por último las entradas y las salidas en el periodo 1956-2012.

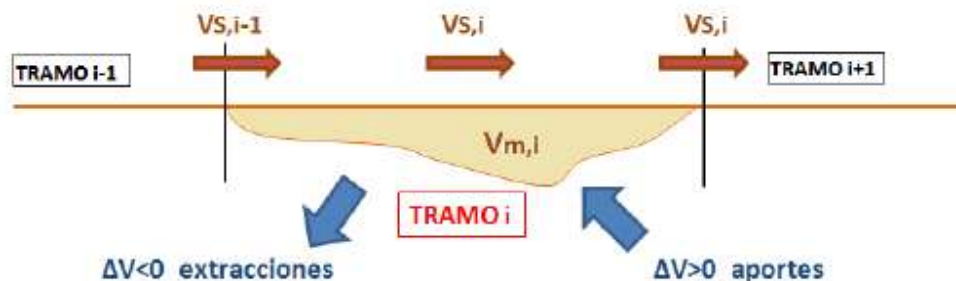


Figura 17. Esquema del sistema de Balance

Cuando se realiza el balance de uno de los tramos se debe tener en cuenta solamente el volumen movilizado longitudinalmente, el de los transversales no se incluyen en las pérdidas de sedimentos.

Las entradas y salidas al sistema que encontramos dentro de la unidad fisiográfica de la zona de estudio es la siguiente:

Entradas al sistema:

- Material procedente de Gandía.
- Erosión de los acantilados y plataformas de erosión.
- Sedimentos de origen fluvial durante episodios torrenciales.
- Aportes de origen antrópico. (Regeneraciones procedentes de dragados o machaqueo de áridos)
- Volumen procedente de erosión dunar.

En cuanto a la erosión de los acantilado y plataformas rocosas no se dispone de suficiente información batimétrica de la zona durante un periodo amplio que nos aporte una información fiable sobre la erosión que se ha producido durante el transcurso de los años en esta zona, no se tendrá presente en el estudio del balance como entrada.

Salida del sistema:

- Perdidas transversales.
- Extracción antrópica en cauces y playas.

Los volúmenes de sedimentos considerados en el balance que se va a realizar son:

- Volúmenes erosionados medidos entre dos años consecutivos.
- Volúmenes erosionados de los cordones dunares como consecuencia de la regresión de la costa.
- Volúmenes de aportes y extracciones de naturaleza fluvial y antrópica.

Para el balance de la zona se han tenido en cuenta los volúmenes extraídos y aportados en las actuaciones costeras que se han ido realizando diferenciando las zonas de extracción y de vertido haciendo un reparto uniforme. La información sobre estas actuaciones se ha obtenido de las Demarcaciones de Costas de Valencia y de Alicante (histórico de obras Capítulo 2.5 Evolución Histórica de la Línea de costa y Capítulo 3.3 Dinámica Litoral).

	APORTES Y EXTRACCIONES (m ³ /año)						
	Pto Oliva-Río Vedat	rio Vedat-rio Racons	Racons-espigón Deveses	Deveses-Río Girona	Girona-Els Molins	Els Molins-Pto Denia	Playa Marineta
1956-1972	0	0	93	3627	0	0	0
1972-1981	0	0	-1682	3627	0	0	0
1981-1986	1600	0	93	3627	0	9568	13432
1986-1990	0	0	-475	3627	0	174773	6375
1990-1992	-991	0	-2178	3627	0	0	0
1992-1994	39210	0	-6373	4991	3636	0	0
1994-1996	-5120	0	-7240	5536	5091	0	0
1996-1998	-4788	0	-7693	5527	5065	0	0
1998-2000	1217	0	-5347	5064	3833	0	0
2000-2006	3000	0	-1253	46568	788	1833	0
2006-2007	2609	0	-968	0	0	0	0
2007-2009	13800	0	1642	0	15992	0	0
2009-2012	3139	0	24169	6435	2448	1083	0

Figura 18. Aportes y extracciones totales anuales por tramo y periodo

En la siguiente tabla se proporciona la variación de volúmenes a partir de las variaciones de superficies en ELC.

Periodos	ΔV_m (m ³)						
	Pto Oliva-Río Vedat	rio Vedat-rio Racons	Racons-espigón Deveses	Deveses-Río Girona	Girona-Els Molins	Els Molins-Pto Denia	Playa Marineta
1956-1972	7236	20710	18002	-3996	7298	26418	-12342
1972-1981	33932	13283	4262	-16863	6915	-19577	26647
1981-1986	-44750	-19331	-20528	-11597	-13888	90059	18640
1986-1990	40282	10435	37165	-42438	-9756	290652	-13395
1990-1992	23065	-11253	28385	66285	66882	-9006	1015
1992-1994	61642	-77070	-2041	9165	45416	-17115	92558
1994-1996	-14896	38714	23436	8856	44653	-67932	-101843
1996-1998	60904	76066	-51289	-15984	-21546	-12604	60809
1998-2000	88844	25242	33772	-23589	4123	-52462	-14970
2000-2006	-89948	-41600	-34304	77334	16706	-61578	-7776
2006-2007	37898	4221	77945	15408	-9786	-9324	-14798
2007-2009	76356	27755	-12450	-10419	8617	893	-9093
2009-2012	46562	14292	-24358	-12044	17456	-60025	---

Figura 19. Variación del volumen medio anual por tramo y periodo en el ELC. (Positivos acreción y negativos erosión)

Para laminar los posibles errores que quedan implícitos en la metodología de restitución de la línea de orilla, como se puede ver en la tabla anterior, el transporte se encuentra promediado en intervalos temporales. Se considera positivo el transporte en dirección NW-SE y negativo el SE-NW

Periodos	Transporte (m ³ /año)							
	Pto Oliva-Río Vedat	rio Vedat-rio Racons	Racons-espigón Devt	Deveses-Río Girona	Girona-Els Molins	Els Molins-Pto Denia	Playa Marineta	
1956-1972	14114	4244	-23479	-21084	-23323	-37887	5182	
1972-1981	779	-24155	-32125	-21992	-16799	-14827	-13452	
1956-1981	7446	-9956	-27802	-21538	-20061	-26357	-4135	
1981-1996	2605	10214	-6291	-15469	-18068	-63474	-931	
1996-2006	-6003	-46834	-87377	-87214	-78575	-60692	-5719	
2006-2012	-1746	-26402	-36239	-33039	-41494	-21977	4685	

Figura 20. Transporte promediado temporalmente.

Toda la explicación sobre el transporte de material se puede ver de forma mucho mas extensa en el *Anejo 8*.

▪ **Análisis de la evolución de la costa**

Antes de calcular el transporte que tenemos en esta zona es importante ver la evolución que ha tenido la costa en los últimos años, para ello se va a utilizar las fotos proporcionada por Google Earth.

Para ver de forma más detallada la evolución de la costa en la playa de Les Marines se va a dividir la zona de estudio en tres tramos. Que son los siguientes:

- Año 2002
- Año 2009
- Año 2020



Figura 21. Primer Tramo playa de Les Marines. Fuente: Google Earth

Como se puede observar en la imagen se trata de un tramo bastante estable, el cual a medida que pasan los años esta adaptando una línea de costa sin cambios bruscos de dirección. Si se observa la líneas de los años 2002 y 2009 se puede ver como los espigones que en la actualidad se encuentran fuera de servicio generaban acumulaciones de material, formando pequeñas playas entre ellos. Sin embargo, estos espigones en la actualidad su función es casi nula y no interrumpen el paso del material transportado por la corriente litoral, generando una línea de costa mucho más homogénea.



Figura 22. Segundo Tramo Playa de Les Marines. Fuente: Google Earth

Este tramo de playa se trata de un tramo mas conflictivo que el mostrado anteriormente. Se puede ver perfectamente en la imagen adjuntada que la línea de costa en los últimos años llega literalmente a la altura de las viviendas situadas en primera línea de playa. Este problema se ha tratado de solucionar con aporte de arena puntuales a esta zona de conflicto. Se debe de tener en cuenta que este problema se agrava en la temporada invernal, cuando llegan marejadas mas fuertes de lo normal, causando defectos en las viviendas que se sitúan en esta zona.

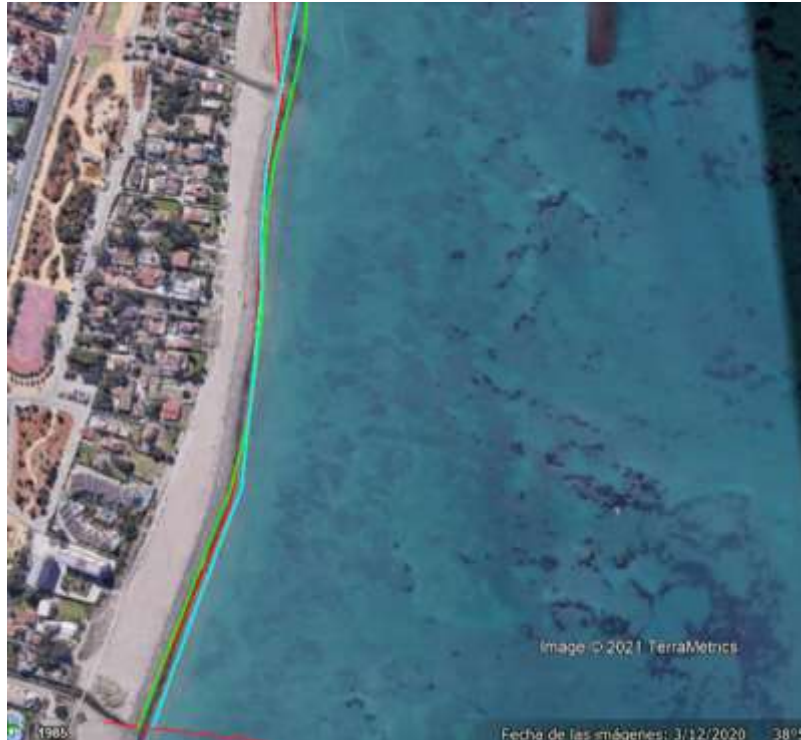


Figura 23. Tercer Tramo Playa de Les Marines. Fuente: Google Earth

En este tramo se vuelve a una zona bastante estable en la que la línea de costa ha cambiado muy poco a lo largo de los años. Frente al espigón exento se puede observar que con los pasos de los años se han perdido algunos metros de playa, esto se debe a que ese espigón no es funcional.

4.7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Previamente a la propuesta de las diferentes alternativas que se van a proponer para solucionar el problema que encontramos actualmente en la zona de la playa de Les Marines se debe de tener en cuenta diferentes aspectos que hacen que el estado de la playa cambie continuamente. No debemos olvidar que cualquier acción antrópica también afecta de forma directa al comportamiento de la playa, causando en muchos de los casos el efecto contrario al que se está buscando. Es por esto que antes de llevar a cabo cualquier acción se debe realizar un estudio que proporcione la información necesaria, la cual nos ayuda a diseñar de forma correcta el elemento que vayamos a ejecutar.

Un aspecto que hace no mucho era poco relevante pero actualmente es uno de los puntos mas importantes a la hora de realizar cualquier infraestructura que se situé en Dominio Público Marítimo Terrestre es el impacto que puede llegar a tener las intervenciones en el medio ambiente, intentando preservar la biodiversidad y calidad ambiental del entorno sobre el que se esta trabajando.



Es por esto que a la hora de la elección de una alternativa se deben valorar todos los criterios que puedan modificar la situación actual de la playa: funcionales, estéticos, medioambientales y económicos.

En el *Anejo 9*, se van a valorar diferentes alternativas con fin de solucionar la problemática que encontramos actualmente en la playa de Les Marines. Así como se exponen todos los tipos de soluciones que se pueden emplear para la adopción de una playa.

Disponemos de tres alternativas:

- Alternativa nº0 (No actuación)
- Alternativa nº1. Dique exento.
- Alternativa nº2. Defensa Transversal

Estas alternativas se desarrollan a lo largo del *Anejo 9*.

Las características de estas alternativas son las siguientes:

▪ **ALTERNATIVA Nº0 (NO ACTUACIÓN)**

Esta opción dejaría la costa como se encuentra actualmente, dejando que esta siga evolucionando como lo ha hecho hasta día de hoy. Esto implicaría que la situación se agravase en un futuro.

Como ya se ha visto en los puntos tratados anteriormente, se trata de un tramo de costa que no es sostenible. La evolución de la línea de costa en algunos puntos es crítica, se puede observar que se produce un mayor grado de erosión que de sedimentación.

Esta alternativa al no realizarse ningún trabajo garantizaría la preservación del ecosistema que se encuentra en la zona, ya que no sería necesario tener zonas de dragado y vertido, o la colocación de diferentes tipos de elemento estructurales como podrían ser los espigones.

Por lo tanto, con esta alternativa no se podría solucionar ninguno de los problemas que se pueden encontrar actualmente en la zona de estudio. Supondría la continuación del proceso erosivo, con la perdida continuada del ancho de playa y afecciones al frente litoral durante los temporales en el periodo invernal.

Se debe de tener en cuenta que no actuar en esta zona de costa supondría un peligro a corto-medio plazo para las viviendas situadas en primera línea. A toda la situación de inestabilidad que encontramos en esta zona se le debe sumar la subida del nivel del mar a causa del cambio climático en un futuro, lo cual agravaría la situación.

- **ALTERNATIVA Nº1 (DIQUE EXENTO)**

La alternativa que se plantea busca un equilibrio dinámico en la zona de estudio, para ello al igual que en la alternativa 0 se procede a la desmantelación de todos los espigones que se encuentran fuera de servicio menos el espigón exento, ya que esta alternativa se basa en la reutilización de este elemento.

La zona de costa de Les Marines-Blay Beach como ya se ha podido ver en los puntos tratados anteriormente es una zona crítica en la cual la erosión es mucho mayor que la sedimentación. Es por esto que la actuación que se realice va a procurar un aumento del ancho mínimo de playa en esta zona de costa. Para conseguirlo se plantea la siguiente actuación:

En primer lugar, se procedería a la limpieza de la playa dejando esta sin ningún tipo de obstáculo para el transporte como ya se ha dicho solamente se mantendría el espigón exento. Sin embargo, sobre este se deberán hacer una serie de actuaciones para conseguir un correcto funcionamiento.



Figura 24. Estado actual del dique exento. Fuente: Google Maps

Como se puede observar en la imagen adjuntada anteriormente, el dique actualmente hace una función muy parecida a la de un dique de tipo pie, el cual tiene las siguientes características:

Este tipo de dique se dispone de forma paralela a la costa al igual que los demás pero se encuentra por debajo del nivel medio del mar. Normalmente este tipo de elemento viene acompañado de una aportación de material de forma artificial con el fin de formar playa sustentadas.

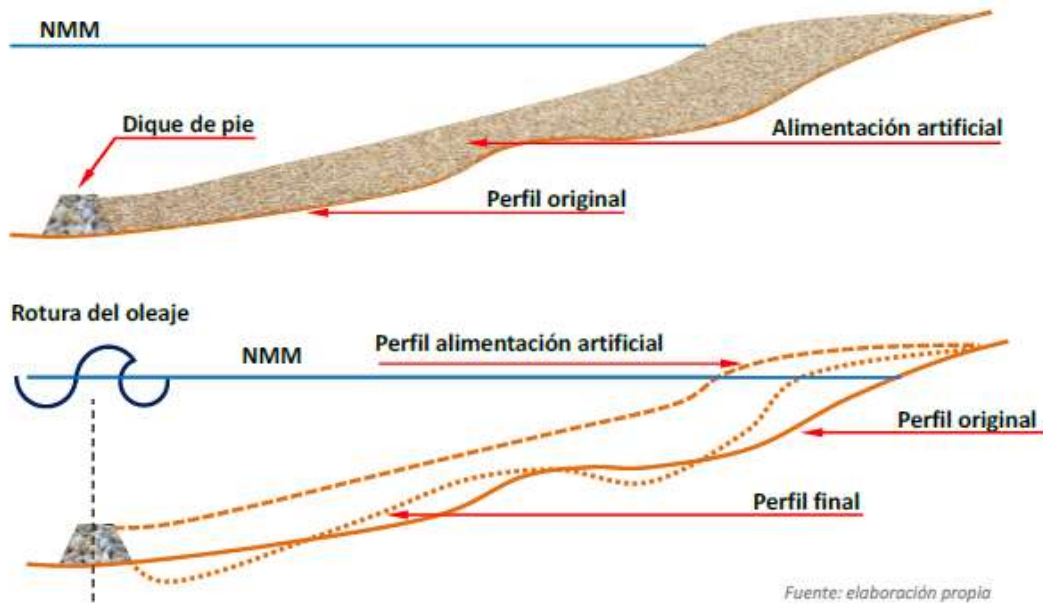


Figura 221. Dique de pie, efecto

Figura 25. Funcionamiento de dique de pie. Fuente: Volumen III. Actuaciones costeras.

Este tipo de diques presentan grandes inconvenientes, si la rotura del oleaje se produce sobre la posición del dique esta produce el pase de los sedimentos que se encuentran entre el y la playa seca en sentido a mar abierto. Esto provocaría una pérdida de material en la zona donde se sitúa el apoyo del dique y por tanto un posible socavamiento de este. Es por esto que este tipo de actuación no se suele emplear mucho.

En la alternativa que se está planteando se va a reutilizar el dique exento que se encuentra actualmente frente a la playa de Les Marines.

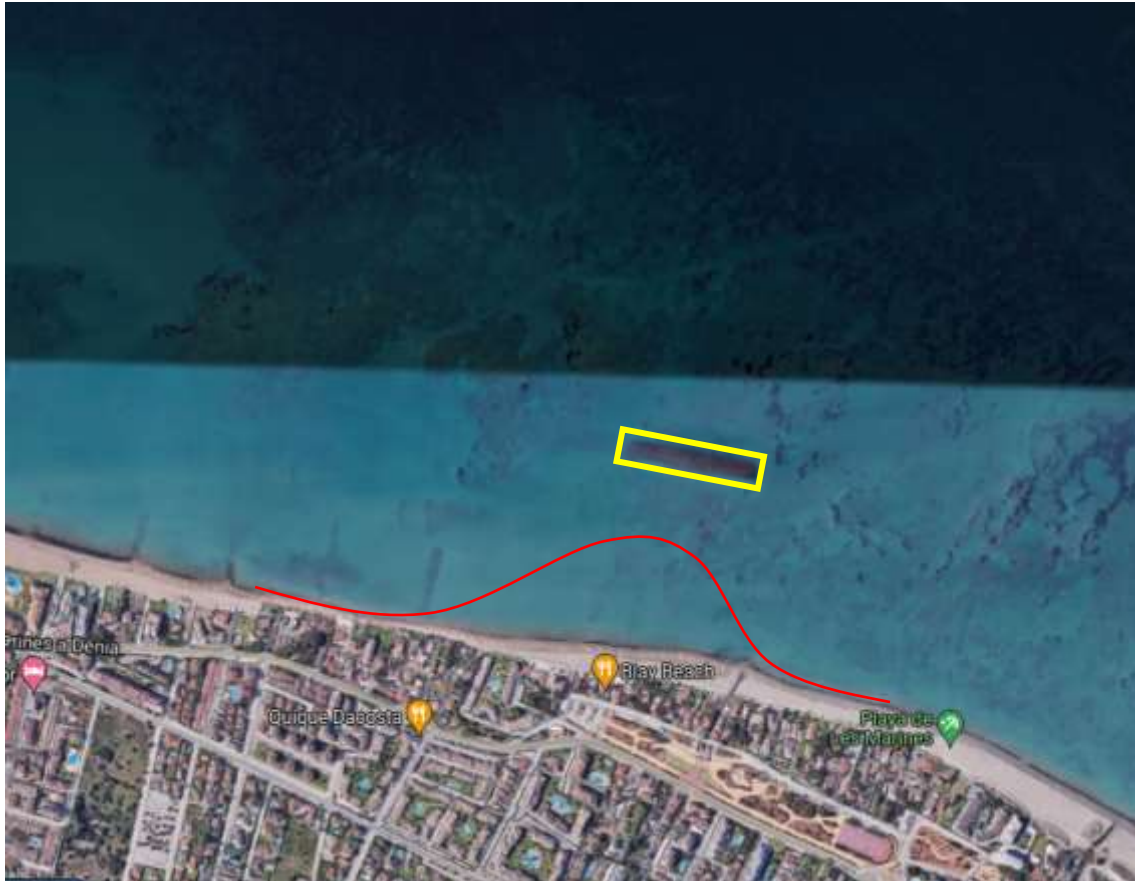
- En primer lugar, se tendrá que hacer un estudio sobre la situación actual de los apoyos del dique al igual que del estado de los materiales por los que esta compuesta para ver si estos se pueden aprovechar para la construcción del nuevo dique.
- Se encuentra localizado en la zona de Les Marines-Blay Beach en una zona donde la profundidad se encuentra entre 1 y 2 m, ya que la zona sobre la que se esta trabajando como ya se puede ver en el apartado de batimetría no consta de un cambio drástico de la profundidad.

El dique que se va a realizar superaría el nivel medio del mar, por lo que en caso de que el material que se encuentra actualmente depositado sobre el fondo sea utilizable se colocaría material hasta superar la cota del nivel medio del mar, siempre asegurando la estabilidad del dique por lo que la base de este también aumentaría.

El dique con su nueva estructuración realizaría una función completamente diferente a la actual. Al superar la cota del nivel medio del mar supondrá un obstáculo total para el oleaje protegiendo la línea de costa de este, de esta forma se evitaría el continuo retroceso de la línea de costa que se produce en la actualidad y se generaría una zona entre la costa y el dique de depósitos de sedimentos. Al fin y al cabo, lo que se busca con este elemento es reducir la incidencia del oleaje de forma directa a la costa y mediante este tipo de medidas se consigue que el oleaje se difracte

en los morros del dique, reduciendo la energía y a consecuencia de esto se produzca la acumulación de material llegando a generar un tómbolo.

Para conseguir un buen funcionamiento del dique exento y conseguir que retenga material se debe realizar una alimentación artificial. De esta forma se consigue una acumulación de material que supone un corte en el flujo que se genera paralelo a la costa pero no corte total del paso de material ya que se consigue que se equilibre de forma natural.



Se debería de tener en cuenta que al aumentarse las dimensiones en la base del dique no afectase a la fauna que encontramos frente a la playa de Les Marines.

Durante la ejecución de esta alternativa se perdería la todo el ecosistema creado en el dique que encontramos actualmente, ya que cualquier tipo de dique genera un ecosistema subacuático. Sin embargo, se trataría de un problema temporal ya que se recuperaría en pocos meses.

▪ ALTERNATIVA Nº2 (DEFENSA TRANSVERSAL)

La presente alternativa tiene como fin mediante un equilibrio dinámico conseguir que la zona más crítica de la playa de Les Marines situada al norte del dique exento aumente su ancho mínimo.

Para ello se propone llevar a cabo un dique transversal, el cual generaría una zona de depósito a en la zona de Blay Beach. Hay que tener en cuenta que a causa de la instalación del espigón a sotamar se producirá erosión poniendo en peligro la zona estable de la playa, es por esto que periódicamente se realizaran trasvases de un lado al otro del espigón.



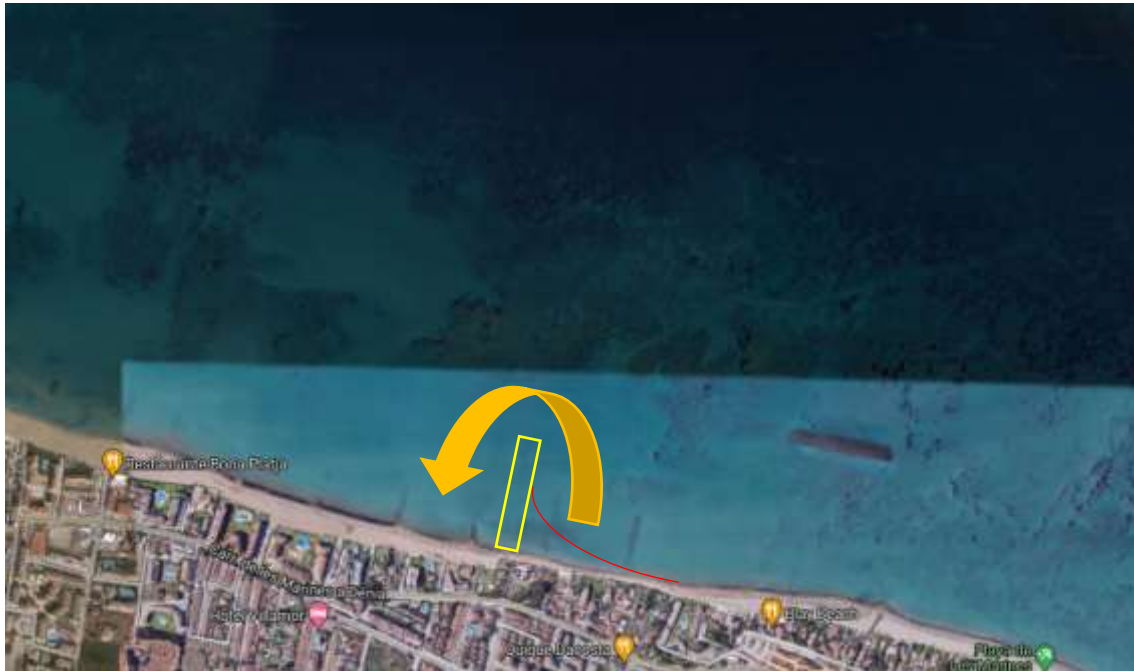
Figura 26. Zona donde se va a implantar el espigón. Fuente: Google Maps

El espigón se instalará en el punto donde las viviendas ganan metros a la playa generando una pérdida muy importante de espacio en la playa como se puede ver en la imagen adjuntada anteriormente.

Previamente a la ejecución de la obra del nuevo espigón se llevará a cabo una desmantelación completa de todos los elementos estructurales que encontramos actualmente en la playa y que se encuentran fuera de servicio, incluido el dique exento.

De esta forma lo que se busca es tener un solo elemento estructural que corte el transporte de sedimentos litoral, consiguiendo que estos se depositen en la zona más crítica de la playa de Les Marines. Con esto se conseguiría un aumento del ancho mínimo de la playa alejando las viviendas de la línea de costa y por tanto protegiendo a estas de cualquier marejada invernal o evitando que el oleaje en caso de que llegue hasta las viviendas llegue con menos energía, causando menos desperfectos.

Con este tipo de medida vamos trasladando el problema hacia sotamar pero no terminamos de eliminarlo. Es por esto que esta actuación ira acompañada de una alimentación artificial y un trasvase periódico de material igual que se hace en la playa de la malvarrosa (Valencia).



*Figura 27. Traslado de material de la playa a sotamar para mantenimiento de la playa.
Fuente: Elaboración propia.*

Se debe evitar que la reflexión del oleaje nos de como resultado cambios en el mismo y provoque la recesión en donde esperábamos acreación. Los espigones transversales son elementos costeros que se emplean cuando el transporte es por arrastre ya que en el caso de que sea por suspensión el resultado que da es totalmente el contrario al buscado.

Todas estas alternativas se encuentran desarrolladas en profundidad en el *Anejo 9*.



5. DOCUMENTOS CONSTITUYENTES DEL PROYECTO.

El Estudio de soluciones para la adaptación del frente litoral de la playa de Les Marines (Denia) consta de los siguientes documentos:

1. DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

- Memoria
- Anejos de la memoria
 - Anejo 1. Encuadre Geográfico
 - Anejo 2. Antecedentes y estado actual
 - Anejo 3. Batimetría y usos de suelo
 - Anejo 4. Comunidades marinas
 - Anejo 5. Clima marítimo
 - Anejo 6. Geología
 - Anejo 7. Geomorfología
 - Anejo 8. Dinámica litoral
 - Anejo 9. Estudio de alternativas

2. DOCUMENTO Nº2: PLANOS

- Plano 01. Situación y emplazamiento
- Plano 02. Batimetría
- Plano 03. Disposición dique exento
- Plano 04. Estado final
- Plano 05. Sección transversal



6. CONCLUSIÓN

Con todo ello, se da por concluida la Memoria, que junto con el resto de los documentos constituye el “Estudio de soluciones para la adaptación del frente litoral de la playa de Les Marines (Denia)”

Desde el punto de vista del autor, el trabajo es perfectamente viable y aconsejable para la regeneración de las playas en cuestión, por lo que se somete al organismo competente, esperando, si procede, su aprobación.

Valencia, Noviembre de 2021

EL AUTOR:

Borja Gutiérrez Cairols



BIBLIOGRAFÍA

- Ayuntamiento de Denia
https://www.google.com/search?q=ayuntamiento+de+denia&rlz=1C1AVFC_enES813ES813&oq=ayuntamiento+de+denia&aqs=chrome..69i57j46i175i199i512j0i512l8.5602j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- <https://www.elmundo.es/comunidad-valenciana/alicante/2016/12/05/58445888e2704ef8158b4610.html>
- Comparador cartográfico
https://icv.gva.es/es/noticias/-/asset_publisher/Q8QPqbGCP7ka/content/el-comparador-de-cartografia
- <https://www.navionics.com/esp/>
- <https://www.denia.es/es/info/urbanisme/pge/index.aspx>
- <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/default.aspx>
- Puertos del Estado
<https://www.puertos.es/es-es>
- Obras marítimas. Tema 19: Dinámica y procesos litorales.
- <http://www.igme.es/>
- <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/materiales/conservacion-medio-ambiente/Medio-ambiente-Espana.aspx>
- Apuntes obras Marítimas
- https://www.miteco.gob.es/es/costas/participacion-publica/190520_eia_denia_girona_unificado_tcm30-498060.pdf
- 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
- Volumen III. Actuaciones Costeras.

