



ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL PARA INSTALACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO EXPENDEDOR DE COMIDAS AL SERVICIO DE LA PLAYA, KIOSKO-BAR “CHIRINGUITO LAS DUNAS” SITUADO EN LA PLAYA DE EL PUNTALILLO, TÉRMINO MUNICIPAL DE ROTA (CÁDIZ)

PROMOTOR:
La Costilla Rota, S.L.

CONSULTORA:
Atlántida Medio
Ambiente, S.L.

AUTOR:
Antonio Silva Santos
Ingeniero de Caminos, Canales
y Puertos
Colegiado N° 25.071



ÍNDICE

1	ANTECEDENTES	6
2	OBJETO	6
3	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	7
4	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD FISIAGRÁFICA	11
5	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	13
6	ESTUDIO DE LA DINÁMICA LITORAL	15
6.1	INTRODUCCIÓN	15
6.2	DATOS	16
6.3	CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA MARÍTIMO	20
6.3.1	Viento	20
6.3.2	Oleaje	28
6.3.2.1	Régimen medio	32
6.3.2.2	. Régimen extremal	33
6.4	NIVEL DEL MAR	35
6.5	CAMBIO CLIMÁTICO	45
6.6	BATIMETRÍA	47
6.7	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA	48
6.8	TRANSPORTE LITORAL Y BALANCE SEDIMENTARIO	51
6.8.1	Consideraciones previas	51
6.8.2	Tasas de erosión/ sedimentación	52
6.8.3	Evolución de la Línea de Costa	53
6.9	PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS	54
6.10	CONCLUSIONES	56
7	ANEXO CARTOGRÁFICO	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta general de las instalaciones. Proyecto de licencia de actividad para kiosko-bar “chiringuito Las Dunas” situado en la playa de El Puntalillo, Rota (Cádiz).	9
Figura 2: Vista aérea de la Playa de El Puntalillo. Fuente: Google.	12
Figura 3. Unidades Fisiográficas del Litoral en el área de estudio. Fuente: Red de Información Ambiental de Andalucía.	13
Figura 4. Ubicación geográfica de la instalación. Escala 1:5.000.	14
Figura 5. Ubicación geográfica de la instalación. Escala 1:1.000.	14
Figura 6. Clasificación a Escala Temporal/Espacial de los Procesos Costeros.	15
Figura 7. Procedencia de los datos empleados para el presente estudio.	17
Figura 8. Ubicación de la Boya del Golfo de Cádiz. Puertos del Estado.	17
Figura 9. Ubicación del punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.	18
Figura 10. Rosa de los vientos. Boya del Golfo de Cádiz. Puertos del Estado.	21
Figura 11. Histograma. Dirección del viento más frecuente para cada periodo estacional en los años 1996-2017. Puertos del estado.	22
Figura 12. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para cada periodo estacional en los años 2008-2018. Boya del Golfo de Cádiz. Puertos del Estado. ...	23
Figura 13. Rosa de los vientos. Punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.	24
Figura 14. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para cada periodo estacional en los años 2008-2018. Punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.	26
Figura 15: Velocidad del viento, Punto SIMAR 6006052. Medias y máximas mensuales en los años 2008-2018 (Fuente: Puertos del Estado).	27
Figura 16. Ubicación de la Boya Costera de Cádiz. Fuente: Puertos del Estado.	28
Figura 17. Rosa de oleaje. Boya costera de Cádiz. Puertos del Estado.	29
Figura 18. Histograma. Periodo de pico y altura significativa de ola. Boya Costera de Cádiz. Puertos del Estado.	30
Figura 19. Gráfico de altura significativa de ola, máxima y media mensual para un periodo comprendido entre 2005 y 2014. Boya Costera de Cádiz. Puertos del Estado.	30

Figura 20. Gráfico del registro mensual de altura significativa de ola, media y máxima, y registros horarios de altura significativa de ola. Año 2008. Boya Costera de Cádiz. Puertos del Estado.	31
Figura 21. Rosa de oleaje punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.	31
Figura 22: Gráfico de altura significativa de ola, máxima y media mensual para un periodo comprendido entre 2008 y 2018. Punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.	32
Figura 23. Régimen medio del oleaje. Boya del Golfo de Cádiz. Puertos del Estado	33
Figura 24. Régimen Extremal de Oleaje. Boya del Golfo de Cádiz. Puertos del Estado	34
Figura 25. Componentes de SCI. Atlas de Inundabilidad.	35
Figura 26. Ubicación del área IV y subzona b. Atlas de Inundabilidad.	37
Figura 27. Localización de la Información Instrumental. Atlas de Inundabilidad del Litoral Peninsular Español	38
Figura 28. Información analizada. Atlas de Inundabilidad del Litoral Peninsular Español	38
Figura 29. Orientaciones significativas. Atlas de Inundabilidad.	39
Figura 30. Planta batimétrica y topográfica de la playa de estudio	40
Figura 31: Perfil Longitudinal de la playa de estudio	40
Figura 32. Régimen Extremal de Cota de Inundación para una playa abierta, área IV subzona b. Atlas de Inundabilidad.	41
Figura 33. Niveles de referencia área IV. Subzona b. Atlas de Inundabilidad.	42
Figura 34. Régimen extremal NM. Área IV, subzona b, Atlas de Inundabilidad.	43
Figura 35. Parámetros incluidos en la formulación de Van del Meer y Jansson (1995). Atlas de inundabilidad del Litoral Peninsular Español.	44
Figura 36. Índice de vulnerabilidad para el ámbito de estudio. Análisis preliminar de la vulnerabilidad de la costa de Andalucía a la potencial subida del nivel del mar asociado al Cambio Climático (2011).	47
Figura 37. Batimetría de la zona de estudio. Estudio Ecocartográfico de la Provincia de Cádiz	48

Figura 38. Litología de la provincia de Cádiz (Fuente: Diputación Provincial de Cádiz).	49
Figura 39. Aproximación de la dirección de la deriva litoral en el ámbito de estudio.	52
Figura 40. Tasas de erosión costera en el ámbito de estudio. Red de Información Ambiental de Andalucía.	53
Figura 41. Evolución de la línea de costa.	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Velocidad media y dirección principal de procedencia de los vientos por trimestre. Boya del Golfo de Cádiz. Puertos del Estado.....	21
Tabla 2. Velocidad media y dirección principal de procedencia de los vientos por trimestre. Punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.	25
Tabla 3. Estimaciones del Régimen Extremal. Puertos del Estado.....	34
Tabla 4: Orientación de la Playa de El Puntalillo.....	39
Tabla 5. SCI (m) para periodos de retorno de 5, 10 y 50 años.....	41
Tabla 6: SNM para periodos de retorno de 5, 10 y 50 años.	43
Tabla 7. Resumen cálculo de la longitud en la horizontal a la que llega el Ru.....	45

1 ANTECEDENTES

El presente estudio se realiza a petición de la empresa La Costilla Rota, S.L, con N.I.F.: B-72000979 y domicilio social a efectos de notificación en Calle Chipiona, nº 10, Rota (Cádiz), como explotadora del establecimiento expendedor de comidas y bebidas, kiosko-bar “chiringuito Las Dunas” situado en la playa de El Puntalillo, término municipal de Rota.

2 OBJETO

El objeto del presente estudio es el de dar cumplimiento a lo que se establece en los artículos 91.3 y 93 del Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.

En el artículo 91 se establece el contenido mínimo que debe contemplarse en los proyectos a aportar para la solicitud de uso u ocupación del dominio público marítimo terrestre.

En su punto 3 se indica que cuando el proyecto contenga la previsión de actuaciones en el mar o en la zona marítimo-terrestre, deberá comprender un estudio básico de la dinámica litoral referido a la unidad fisiográfica costera correspondiente y de los efectos de las actuaciones previstas, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 93 de este Reglamento.

El presente estudio pretende evaluar el grado de interacción entre los procesos físico-naturales que determinan la dinámica litoral de la unidad fisiográfica con la instalación propuesta, y el grado de afección que puede ejercer a cada uno de dichos procesos. Por tanto, el objeto de este estudio es el de analizar y valorar si la instalación puede suponer alguna afección a la dinámica litoral y no al revés, esto es, no se valora si dicha instalación puede verse afectada en algún momento por la dinámica costera.

Todo ello se analiza desde una perspectiva integradora, apostando por la inclusión del mayor número de elementos posibles relacionados con las características de la playa y su entorno más inmediato, así como de las características de la instalación y su diseño.

Se trata de una instalación desmontable, con un diseño que se adapta al entorno por la propia naturaleza de la misma, modular de una única planta, pero con elementos fijos relacionados con su infraestructura como los puntos de conexión a

redes de suministro eléctrico, de agua y de saneamiento, no requiriendo de la ejecución de obras ni cimentaciones puntuales, por lo que no es necesaria la aportación del Estudio de Cambio Climático.

3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

El Kiosco-Bar se localiza en la playa de Rota conocida como Playa de El Puntalillo, sobreelevado en el terreno mediante pilotes de madera, a una cota aproximada de un metro por encima de la arena.

El acceso al establecimiento se realizará por el norte del mismo, tras un recorrido por las pasarelas existentes que atraviesan el pinar y que comienzan al final de la calle Río Guadalquivir.

Dichas pasarelas se adaptan al terreno conforme van introduciéndose en la playa, acomodándose y creando una superficie más generosa al entrar en contacto con la entrada del establecimiento en su límite oeste, que permitirá el acceso inmediato tanto a la terraza como a los aseos. El kiosco dispondrá además de un acceso independiente y restringido a la cocina, localizado al norte del anterior citado.

En el sureste del chiringuito, se ubica un acceso directo desde la cota de la playa mediante una serie de peldaños de madera.

Cabe destacar la presencia de un bunker localizado al este del establecimiento. El nuevo chiringuito respetará una distancia de separación de al menos 1 m del bunker.

El edificio se conforma como un único cuerpo construido completamente en madera y vidrio. La edificación es modular y completamente desmontable, para facilitar un montaje y desmontaje rápido en playa. La madera ofrece una gran durabilidad debido a sus grandes cualidades constructivas, además de la insonorización y la baja conductividad térmica que proporciona.

Además, se trata de un material medioambientalmente sostenible, que es sumidero de CO₂, del que puede realizarse una compra medioambientalmente responsable gracias a las certificaciones medioambientales de la explotación de los bosques.

La construcción se realizará en madera y en tableros de madera con impregnación en Autoclave, clase de Uso 3 y Clase de uso 4, según sea la exposición en la que se emplee. Dicho material se adapta bien a las condiciones del ambiente salino.

Los módulos que componen el conjunto del establecimiento serán los de cocina, office, barra y terraza cubierta y aseos, de construcción prefabricada totalmente desmontable. La terraza se extiende como un único espacio fluido, interrumpido únicamente por el mobiliario que acoja. Esta terraza se abre al paisaje en su orientación sur, este y oeste mediante grandes cristalerías, asegurando la permeabilidad de vistas requerida por el Real Decreto 876/2014. El cerramiento acristalado puede ser retirado quedando la terraza totalmente abierta al exterior.

El kiosco-bar contará con las siguientes instalaciones:

- Instalación de suministro de agua.
- Instalación de evacuación de aguas.
- Instalación de protección contra incendios.
- Instalaciones eléctricas de baja tensión.
- Instalaciones de iluminación
- Instalación de extracción de humos.
- Instalaciones de gas.

La descripción completa de la instalación se encuentra en el PROYECTO DE LICENCIA DE ACTIVIDAD PARA KIOSKO-BAR “CHIRINGUITO LAS DUNAS” SITUADO EN LA PLAYA DE EL PUNTALILLO, ROTA (CÁDIZ), de fecha 07/08/2018

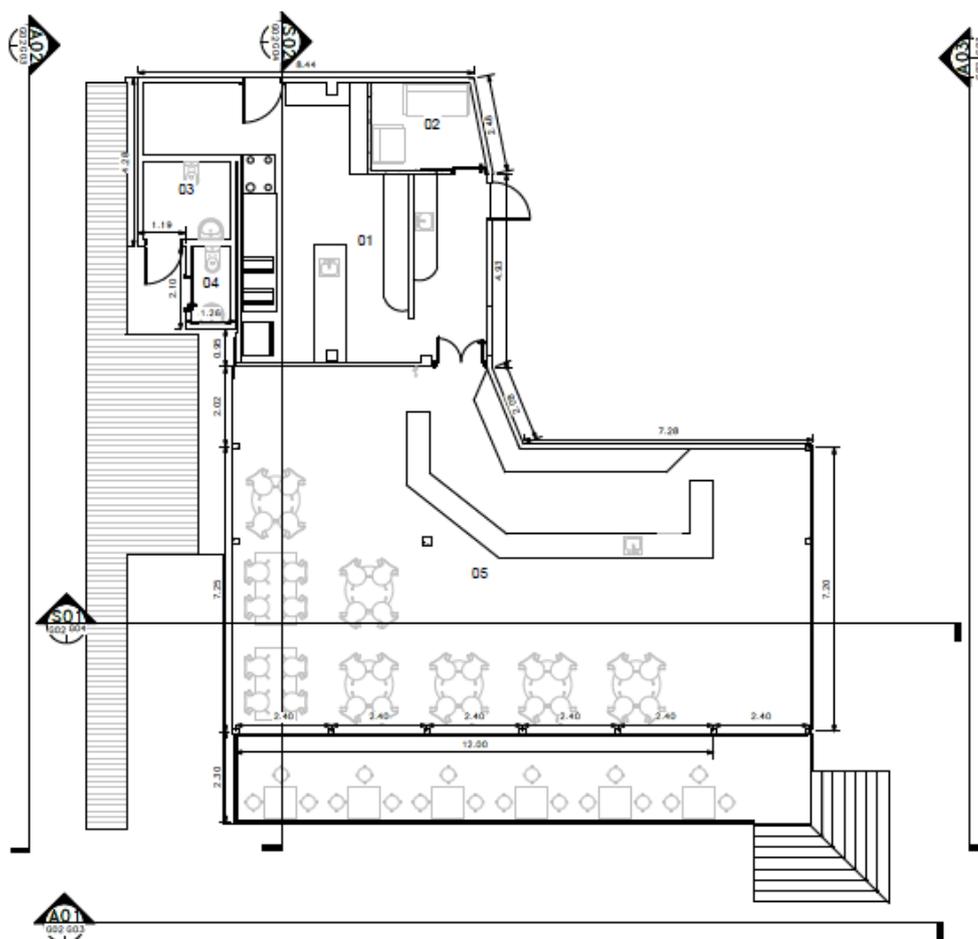


Figura 1. Planta general de las instalaciones. Proyecto de licencia de actividad para kiosko-bar “chiringuito Las Dunas” situado en la playa de El Puntalillo, Rota (Cádiz).

Las superficies quedarán distribuidas de la siguiente manera:

- Superficies útiles:

SUPERFICIES ÚTILES			
ZONAS	USOS	SUPERFICIE ÚTIL (m ²)	SUPERFICIE TOTAL (m ²)
ZONA FIJA	Cocina	41 m ²	189 m ²
	Office	6 m ²	
	Terraza cubierta + Barra	115 m ²	
	Terraza no cubierta	27 m ²	
ZONA ASEOS	Aseo señora y accesible	4,40 m ²	6,40 m ²
	Aseo caballero	2 m ²	
SUPERFICIE TOTAL			195,40 m ²

– Superficies construidas:

SUPERFICIES CONSTRUIDAS			
ZONAS	USOS	SUPERFICIE ÚTIL (m ²)	SUPERFICIE TOTAL (m ²)
ZONA FIJA	Cocina	44 m ²	199 m ²
	Office	6,75 m ²	
	Terraza cubierta + Barra	120 m ²	
	Terraza no cubierta	28,25 m ²	
ZONA ASEOS	Aseo señora y accesible	5,75 m ²	8,50 m ²
	Aseo caballero	2,75 m ²	
SUPERFICIE TOTAL			207,50 m ²

Las condiciones de explotación de la actividad deben cumplir con los requisitos recogidos en el Decreto de concesión de explotación por el que se concede la explotación de la actividad.

Así mismo, el Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas, en su Artículo 69 "Ocupaciones en los tramos urbanos de las playas", establece:

“... los tramos urbanos de las mismas podrán disponer de instalaciones fijas destinadas a establecimientos expendedores de comidas y bebidas, con una ocupación máxima, salvo casos excepcionales debidamente justificados, de 200 metros cuadrados, de los cuales 150 metros cuadrados podrán ser de edificación cerrada y el resto terraza cerrada mediante elementos desmontables que garanticen la permeabilidad de vistas. A esta superficie se podrá añadir otros 70 metros cuadrados de ocupación abierta y desmontable más una zona de aseo, que no podrá superar los 30 metros cuadrados, ...”

Seguidamente se recoge tabla de superficies del establecimiento.

REQUISITOS LEGALES		PROYECTO	
TABLA RESUMEN		SUPERFICIE (m ²)	USO
			SUPERFICIE CONSTRUIDA (m ²)
ZONA FIJA	Módulo Cocina - Barra	Máximo 200 m ²	Cocina+Office +Barra terraza +Cubierta
	Pérgola cubierta		
			≤ 200 m ²

ZONA ASEOS (OPCIONAL)	Módulo Aseos	Máximo 30 m ²	Aseos	≤ 30 m ²
-----------------------------	--------------	-----------------------------	-------	---------------------

Los requisitos establecidos tanto por el Decreto de explotación como por el Real Decreto 876/2014, condicionarán algunas de las soluciones y medidas correctoras adoptadas. Especial relevancia tendrán el carácter temporal de las instalaciones, la modularidad y la posibilidad de ser desmontable, que pueden ser incompatibles con los requisitos técnicos de aplicación a otro tipo de edificaciones de carácter permanente.

4 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD FISIAGRÁFICA

Como se indica en la memoria justificativa, la instalación se ubica en dominio público marítimo terrestre con la tipología de playa, por tanto, dentro de la ribera del mar.

El establecimiento expendedor de comidas y bebidas se sitúa sobre la unidad fisiográfica de la Playa de El Puntalillo, en el t.m. de Rota.



Figura 2: Vista aérea de la Playa de El Puntalillo. Fuente: Google.

Está incluida en el Catálogo de Playas de la provincia de Cádiz, con una tipología de playa urbana con frente dunar y forestal protegido, abierta y regresiva.

La playa de El Puntalillo se conoce también como Playa de Piedras Gordas o Playa de la Almadraba.

Se accede a ella desde la Avenida de la Diputación, entre la Calle Almadraba y la calle de la Urbanización Virgen del Mar. La playa se encuentra entre el Hotel Playa de la Luz, construido a pie de playa sobre las instalaciones de la antigua almadraba de Rota, y la Urbanización Virgen del Mar, en el frente costero de la ciudad, e inicio del Paseo Marítimo La Costilla.

Con una orientación ONO-ESE, la playa se caracteriza por su amplio sistema dunar y pinar, donde el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino ha realizado varias actuaciones de regeneración, protección y conservación, instalando una red de pasarelas y senderos peatonales sobreelevados.

Dispone de equipamientos y servicios de playa concentrados en cada uno de los tres principales accesos.

Tiene una longitud de unos 1.400 metros, de arena media dorada, y una anchura muy variable, que va desde los 27 a los 45 m.

De acuerdo con el Mapa de Unidades Fisiográficas del litoral andaluz, el establecimiento se ubica dentro de las formaciones sedimentarias litorales correspondientes a Playa (backshore). Inmediatamente detrás se ubica la unidad fisiográfica de Dunas litorales, aunque en este caso, dichas dunas están estabilizadas por una zona de pinar. (Fig. 3).



Figura 3. Unidades Fisiográficas del Litoral en el área de estudio. Fuente: Red de Información Ambiental de Andalucía.

5 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La zona de actuación se ubica en la Playa de El Puntalillo, en la zona del Fortín, en el extremo de la Calle Río Guadalquivir en la localidad de Rota, sobre la lámina de arena. (Figuras 4-5).

El centro de gravedad de las instalaciones se encuentra aproximadamente en las siguientes coordenadas UTM-30, ETRS-89:

X: 198.045

Y: 4.058.537

El establecimiento se encuentra ubicado en dominio público marítimo terrestre, afectado por el siguiente deslinde:

DL-61-CA (O.M. 25/04/1996)



Figura 4. Ubicación geográfica de la instalación. Escala 1:5.000.



Figura 5. Ubicación geográfica de la instalación. Escala 1:1.000.

6 ESTUDIO DE LA DINÁMICA LITORAL

6.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anexo es el de hacer una caracterización general de los procesos costeros que afectan a la unidad fisiográfica de la Playa de El Puntalillo.

Las características de la franja litoral de esta unidad fisiográfica son el resultado de la interacción de una serie de procesos que actúan a diferentes escalas temporales y espaciales sobre la morfología.

La complejidad de dichos procesos y su solapamiento continuo requieren una distinción entre ellos, centrándose este estudio en los clasificados como de tercer orden y una especial mención a la erosión y sedimentación, pertenecientes al segundo.

PROCESOS DE PRIMER ORDEN	
Cambio climático Cambios en el nivel del mar Tectónica de placas	Nivel global y a escala geológica
PROCESOS DE SEGUNDO ORDEN	
<u>Erosión/sedimentación</u> Actividad biogénica Actividad criogénica	Nivel regional. Décadas o estacional
PROCESOS DE TERCER ORDEN	
Vientos Olas, corrientes y mareas	Nivel regional. Semanas y minutos

Figura 6. Clasificación a Escala Temporal/Espacial de los Procesos Costeros.

A partir de las fuentes de datos existentes para la unidad fisiográfica, se va a tratar de realizar una aproximación que caracterice su comportamiento hidrodinámico, con el fin de comprender en qué medida puede llegar a afectar la instalación del chiringuito a los procesos anteriormente descritos.

Para la realización del estudio se han realizado cálculos y estimaciones basadas en los datos disponibles que, de manera general, pueden aportar una idea simplificada de la hidrodinámica costera en esta zona.

6.2 DATOS

Los datos utilizados en el estudio pertenecen a diversas fuentes disponibles en la web de Puertos del Estado (PPE), la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Andalucía (CMAOT), la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM), el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y la Dirección General para la Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM).

- Datos obtenidos desde Puertos del Estado

La caracterización de los regímenes de viento y oleaje que afectan al ámbito de estudio se realiza a partir de los registros históricos y predictivos de Puertos del Estado, organismo que cuenta con una red de recepción y tratamiento de datos oceanográficos, distribuida por todo el espacio marítimo nacional.

Por un lado, se toma como referencia los datos obtenidos de la Red de Aguas profundas, provenientes de la red de boyas instaladas en diversos puntos de mar abierto y desde las que se toman datos in situ de distintas variables oceanográficas.

Estos datos se comparan con los obtenidos por la Red SIMAR, derivados de modelos numéricos y que incorporan los resultados del subconjunto SIMAR-44 y el subconjunto WANA (Fig. 7).

En el caso de la costa atlántica gaditana y en la latitud en la que se sitúa la unidad fisiográfica objeto de estudio, se ha tomado como referencia los datos registrados por la **Boya del Golfo de Cádiz**.

Esta boya oceanográfica inició su actividad en el año 1996 y desde entonces Puertos del Estado recibe datos en continuo de los parámetros que caracterizan el régimen de oleaje y el régimen de vientos en la zona. En la figura 8 se resumen las características de situación de la boya.

Como punto SIMAR más próximo a la zona de estudio, se utilizará el referenciado como **SIMAR 6006052**. Este punto se ubica en las coordenadas 36,62° N y 6,40° W, y el inicio de sus registros se produjo en 2005 (Fig. 9).



Figura 7. Procedencia de los datos empleados para el presente estudio.

Longitud: 6.96° W
Latitud: 36.48° N
Cadencia: 60 minutos
Código: 2342
Profundidad: 450 m
Inicio de medidas: 27-08-1996
Fin de medidas: 30-03-2016
Tipo de sensor: Direccional Océ-Met
Modelo: SeaWatch
Conjunto de Datos: REDEXT

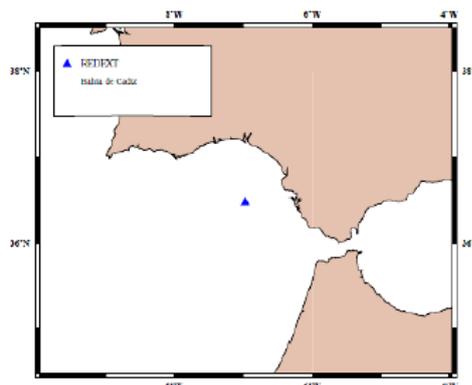


Figura 8. Ubicación de la Boya del Golfo de Cádiz. Puertos del Estado.



Figura 9. Ubicación del punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.

Las series de datos SIMAR son series temporales de parámetros de viento y oleaje, cuya actualización diaria nos ofrece un histórico de variación de los mismos desde el año de inicio de su funcionamiento hasta la actualidad.

La red SIMAR se constituye a partir de la unificación de dos grandes conjuntos de datos gestionados por Puertos del Estado: SIMAR-44 y WANA. Si bien antes se trataban por separado, en la actualidad se han fusionado para una mayor cobertura espacial y una mejora en el número de puntos de muestreo disponibles.

a) Subconjunto SIMAR-44:

Adquiere datos atmosféricos, oleaje y nivel del mar, y los incorpora en un modelo numérico de alta resolución.

Para el Atlántico y el Estrecho de Gibraltar, los datos proceden de dos simulaciones de oleaje y viento, una realizada por Puertos del Estado de forma independiente y la otra por el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA) en marco del proyecto VANIMEDAT-II.

Para la obtención de los datos de viento en el Atlántico y del Estrecho de Gibraltar, este subconjunto utiliza el modelo regional RCA3.5 alimentado con los datos del reanálisis atmosférico global ERA-40.

Estas simulaciones fueron realizadas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, www.aemet.es) con una resolución en la malla de 12' de latitud por 12' de longitud (aproximadamente 20 Km por 20 Km).

Para generar los campos de oleaje se ha utilizado el modelo numérico WAM. Dicha aplicación es un modelo espectral de tercera generación que resuelve la ecuación de balance de energía sin establecer ninguna hipótesis a priori sobre la forma del espectro de oleaje. Los datos se han generado con una cadencia horaria. Se ha realizado descomposición de mar de viento y mar de fondo.

Se ha considerado la posibilidad de dos contribuciones de mar de fondo con el fin de poder describir situaciones con mares de fondo cruzados.

Por otro lado, para el entorno del Golfo de Cádiz, Estrecho de Gibraltar y del Archipiélago Canario se han anidado a la malla principal mallas secundarias con una resolución que en el caso del Estrecho de Gibraltar llega a los 1' de longitud x 1' latitud.

El modelo WAM utilizado para generar estos datos incluye efectos de refracción y asomeramiento. No obstante, dada la resolución del modelo, se pueden considerar despreciables los efectos del fondo. Por tanto, para uso práctico los datos de oleaje deben interpretarse siempre como datos en aguas abiertas a profundidades indefinidas.

b) Subconjunto WANA

La obtención de esta serie de datos se corresponde con la predicción del estado de la mar, llevada a cabo por Puertos del Estado y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Se trata de datos analíticos, lo que supone que para cada instante del modelo existen parámetros de viento y presión referentes a la evolución anterior de los parámetros de modelado y a las observaciones realizadas.

Las series temporales del conjunto WANA han ido incorporando mejoras en cuanto a su resolución espacial y temporal, de tal manera que, del 2012 en adelante, los datos de viento presentan una resolución temporal de 1h y una resolución espacial de 3 km, mientras que para el oleaje en la zona de Cádiz, se tiene una resolución temporal de 1h y espacial de 5 km.

Para generar los campos de oleaje se han utilizado dos modelos: WAM y WaveWatch, alimentados por los campos de viento del modelo HIRLAM. Ambos son modelos espectrales de tercera generación que resuelven la ecuación de balance de energía sin establecer ninguna hipótesis a priori sobre la forma del espectro de oleaje. La resolución espacial de los modelos varía dependiendo de la zona, ya que

se han desarrollado aplicaciones específicas para diferentes áreas: Atlántico, Mediterráneo, Cantábrico, Cádiz, Canarias y Estrecho de Gibraltar. Se ha realizado una descomposición de mar de viento y mar de fondo.

Con el fin de describir situaciones con mares de fondo cruzados, se han considerado dos contribuciones posibles para el mar de fondo.

Es importante tener en cuenta, que, con independencia de la coordenada asignada a un nodo WANA, los datos de oleaje deben de considerarse, siempre, como datos en aguas abiertas y profundidades indefinidas.

6.3 CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA MARÍTIMO

6.3.1 Viento

El viento es uno de los factores dominantes sobre la dinámica marina. Aunque se trata de un proceso de alta variabilidad dentro de una escala temporal pequeña, su intensidad y dirección varía continuamente, presenta patrones de comportamiento cíclico, cuyo conocimiento es determinante para entender cómo afecta la hidrodinámica sobre el litoral, y a su vez, cómo las actuaciones antrópicas sobre el mismo pueden interrumpir su natural influencia.

La rosa de los vientos que ofrece los registros de la Boya del Golfo de Cádiz aparece en la Figura 10, y representa valores obtenidos desde el año 2008 al año 2018. Se puede observar la gran variabilidad anual en las direcciones de procedencia de los vientos en la zona, siendo los procedentes del NNW y W los más frecuentes. En cuanto a la velocidad del viento, son los procedentes del E y ESE los que alcanzan las mayores velocidades, superando los 8 m/s con más frecuencia.

Debido a esta variabilidad, se va a descomponer el año en periodos más cortos, analizándose por separado la velocidad media registrada del viento y su dirección de procedencia.

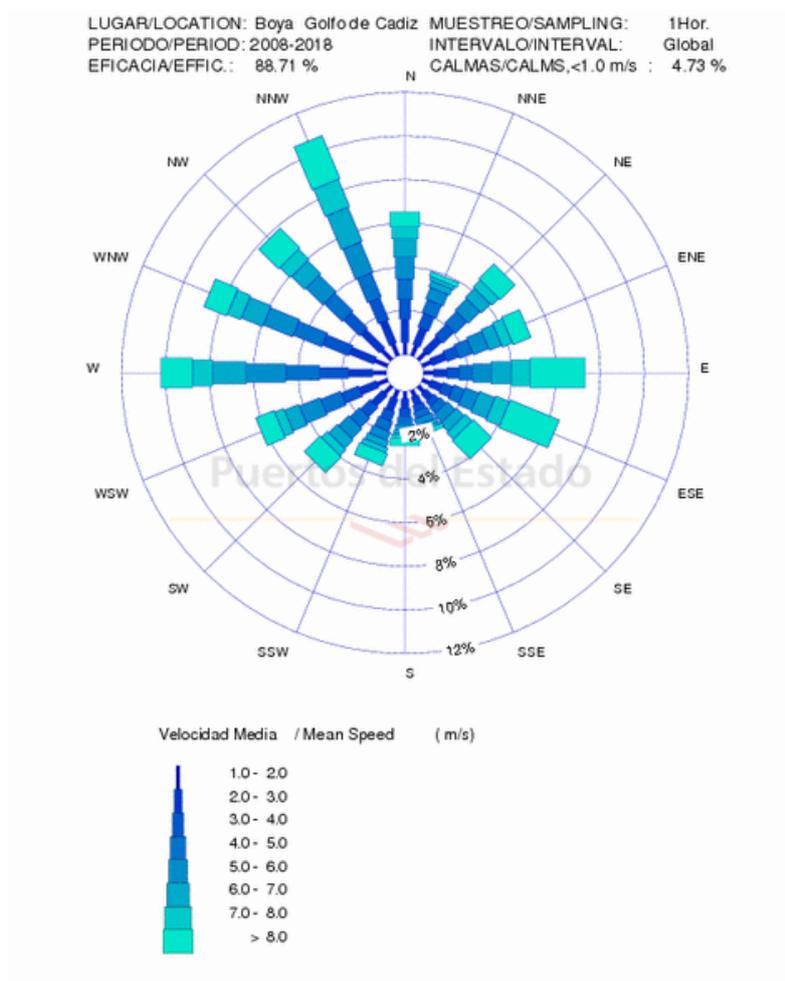
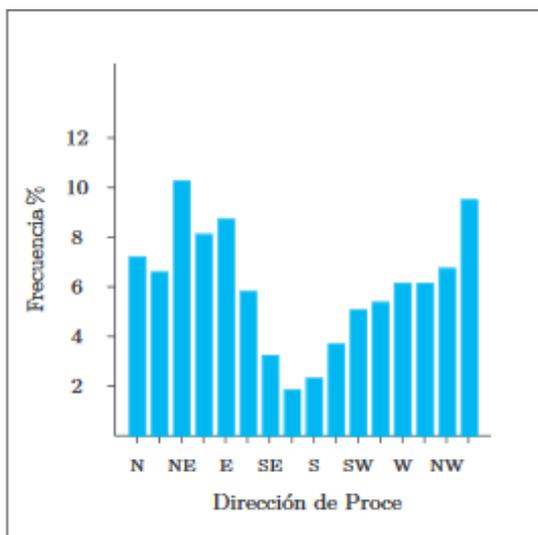


Figura 10. Rosa de los vientos. Boya del Golfo de Cádiz. Puertos del Estado.

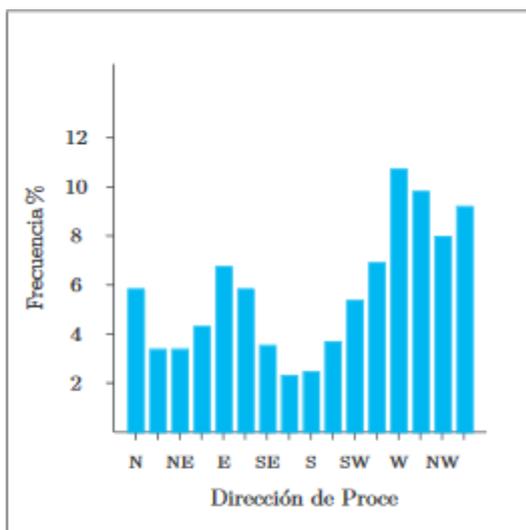
En la tabla 1, se recoge la dirección y velocidad media más frecuente de los vientos registrados para cada uno de los trimestres en el periodo 2008-2018. En general, existe una alta variabilidad en cuanto a la dirección del viento, aunque predominan los de componente oeste. Los vientos menos frecuentes para prácticamente todos los periodos son los de componente sur. El periodo junio-agosto es el que presenta menor variabilidad en cuanto a dirección, frente al trimestre de septiembre a noviembre, que alterna vientos procedentes de todas las direcciones (Fig. 11).

Periodo del año	Origen	Velocidad media (m/s)
Dic-feb	NE	3-4
Mar-may	W	3-4
Jun-ago	W	3-4
Sep-nov	NNW	3-4

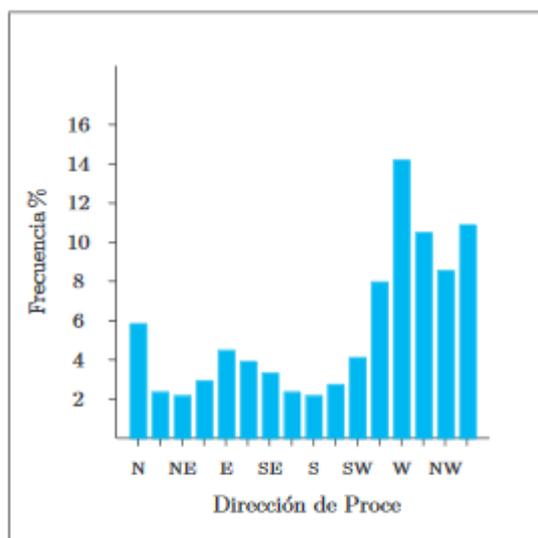
Tabla 1. Velocidad media y dirección principal de procedencia de los vientos por trimestre. Boya del Golfo de Cádiz. Puertos del Estado.



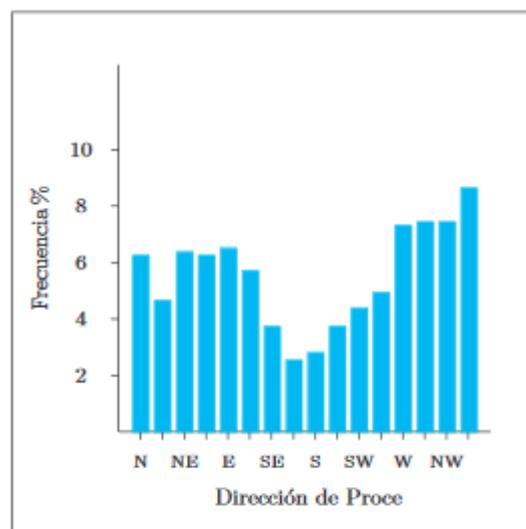
Dic-Feb 1996-2017



Mar-May 1996-2017



Jun-Ago 1996-2017



Sep-Nov 1996-2017

Figura 11. Histograma. Dirección del viento más frecuente para cada periodo estacional en los años 1996-2017. Puertos del estado.

En cuanto a la velocidad media del viento por trimestre, en todos los casos resulta más frecuente las comprendidas entre 3 y 4 m/s, con frecuencias en torno al 12-14% en invierno y primavera y 14-16% en verano y otoño. La mayor parte de los vientos se encuentran en el intervalo de velocidades entre 2 y 8 m/s. El trimestre con menos frecuencia de vientos fuertes es el de junio-agosto, donde las velocidades rara vez superan los 11 m/s. Por el contrario, el periodo invernal es el que

presenta valores más altos en cuanto a velocidades medias, llegando a suponer en torno a un 25% los vientos que superan los 14 m/s (Fig. 12).

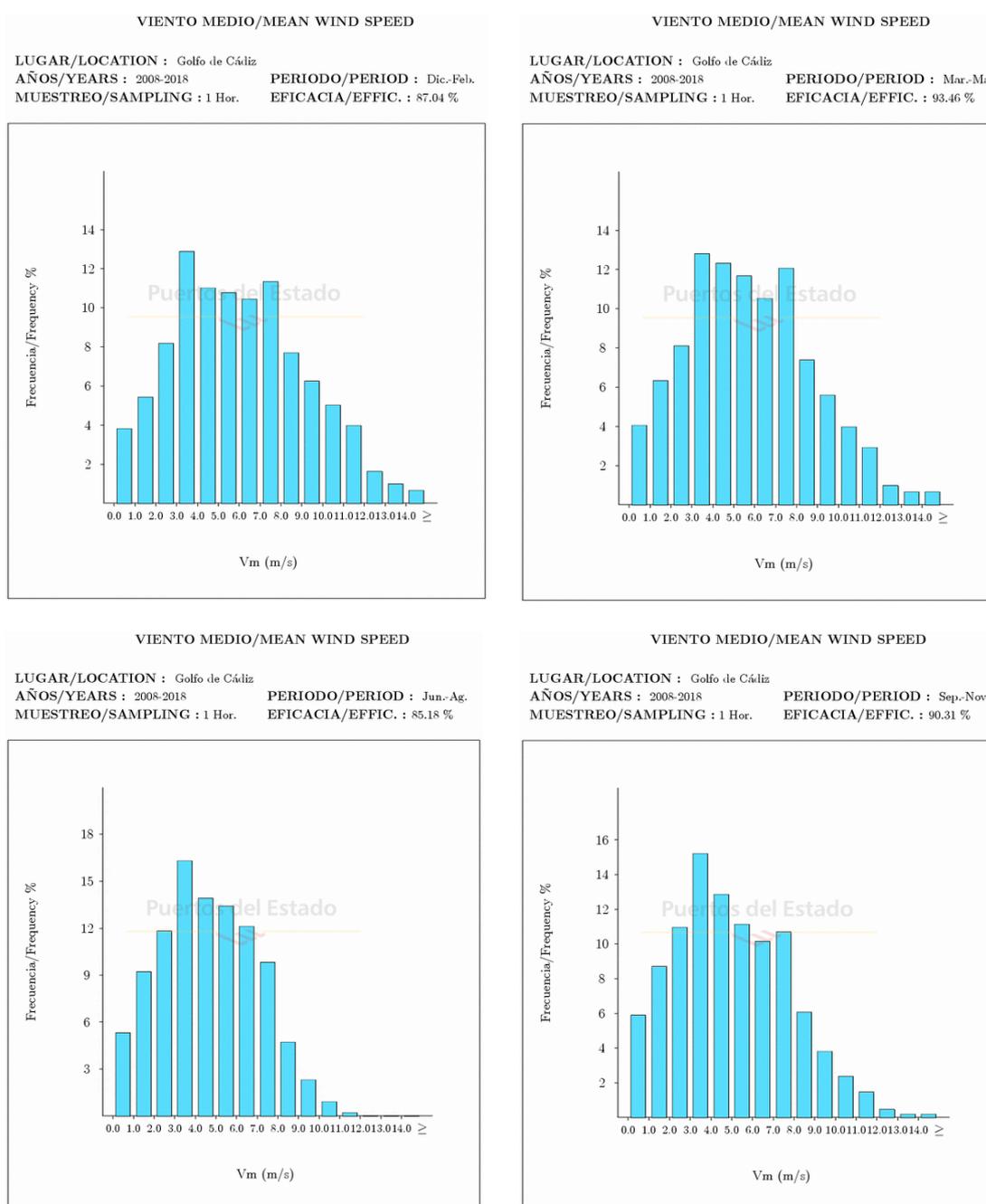


Figura 12. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para cada periodo estacional en los años 2008-2018. Boya del Golfo de Cádiz. Puentes del Estado.

Si se comparan los anteriores datos recogidos por la Boya del Golfo de Cádiz con los obtenidos en el punto SIMAR 6006052, más próximo a la zona de estudio, se observa un claro predominio de los vientos de componente W y también ESE,

correspondiente a los registros del viento de levante, de gran importancia en toda la provincia de Cádiz, y con velocidades que superan con frecuencia los 8 m/s (Fig. 13).

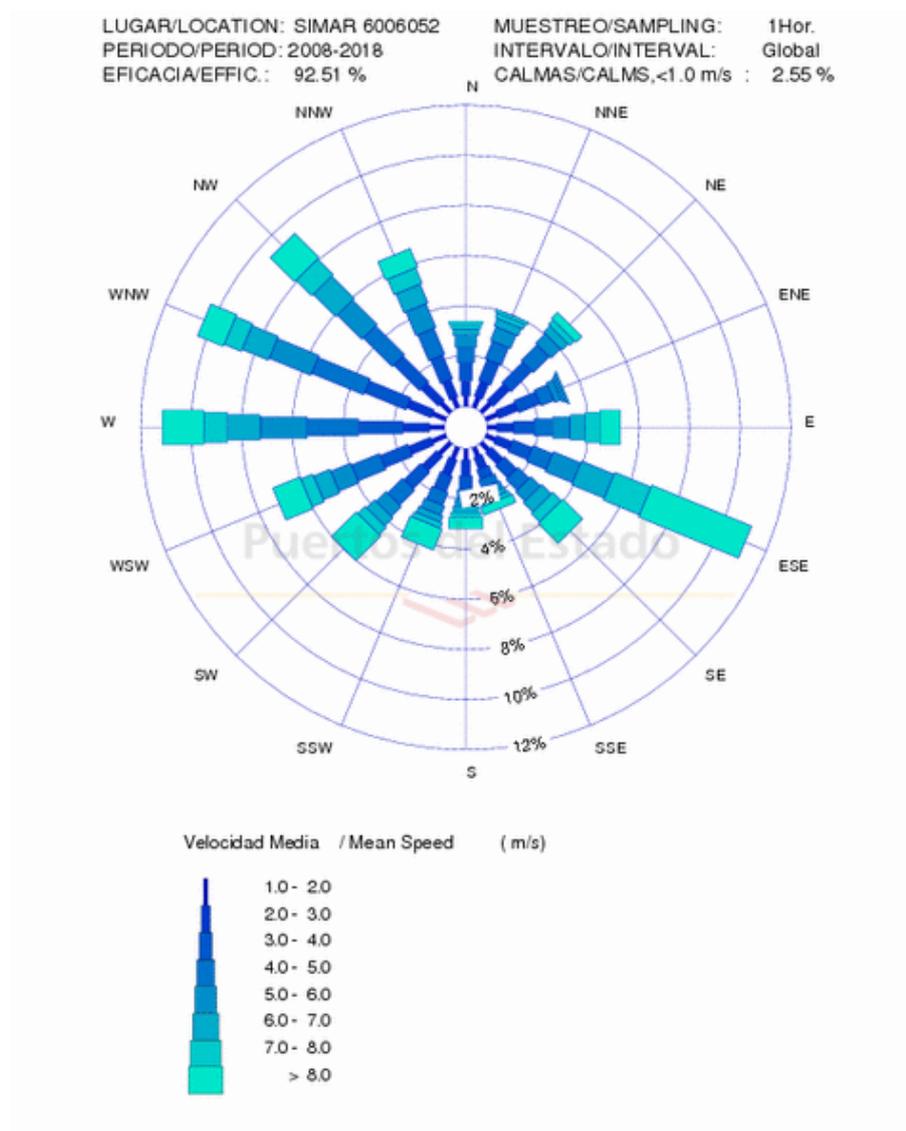


Figura 13. Rosa de los vientos. Punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.

Analizando nuevamente por separado las componentes a lo largo del año, obtenemos los siguientes orígenes y velocidades medias para todo el periodo 2008-2018 (Tabla 2). El criterio de agrupación de cada uno de los periodos se establece en base a estaciones climáticas.

En relación a la dirección del viento, en los periodos correspondientes a otoño-invierno se observa un predominio de vientos con componente ESE y NE respectivamente y velocidades altas, con máximas que en ocasiones puntuales

pueden alcanzar valores superiores a los 15 m/s, según los datos obtenidos en alta mar.

En el periodo estival, cobra importancia la componente oeste del viento, con la dirección W como predominante, pero con velocidades media/altas (>13 m/s).

En el caso del periodo primaveral, no existen datos suficientes correspondientes a dirección del viento en la base de datos del punto SIMAR 6006052 para generar conclusiones fiables.

Periodo del año	Origen	Velocidad media (m/s)
Dic-feb	NE	4-5
Mar-Mayo	No hay datos suficientes	4-5
Junio-Ago	W	3-4
Sep-Nov	ESE	3-4

Tabla 2. Velocidad media y dirección principal de procedencia de los vientos por trimestre. Punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.

Atendiendo a la distribución de velocidades medias (Fig. 14), los intervalos que se repiten con más frecuencia son el de 3 a 4 y 4 a 5 m/s.

La mayor parte de los valores de velocidades medias oscilan entre los 2 y los 8 m/s, aunque existen valores puntuales extremos que pueden llegar a superar los 18 m/s, especialmente entre los meses de junio y noviembre. El periodo invernal, junto con la primavera es el que presenta valores extremos más bajos, con menor incidencia de vientos fuertes.

Comparando los resultados obtenidos del punto SIMAR 6006052 con los recogidos en alta mar por la Boya de Cádiz, se observa que las tendencias varían en cuanto a la dirección de los vientos predominantes. En el caso del punto SIMAR 6006052, mucho más cercano a costa, los vientos con componente ESE cobran importancia y resultan más frecuentes que en el caso de los datos recogidos en mar abierto, principalmente durante el otoño.

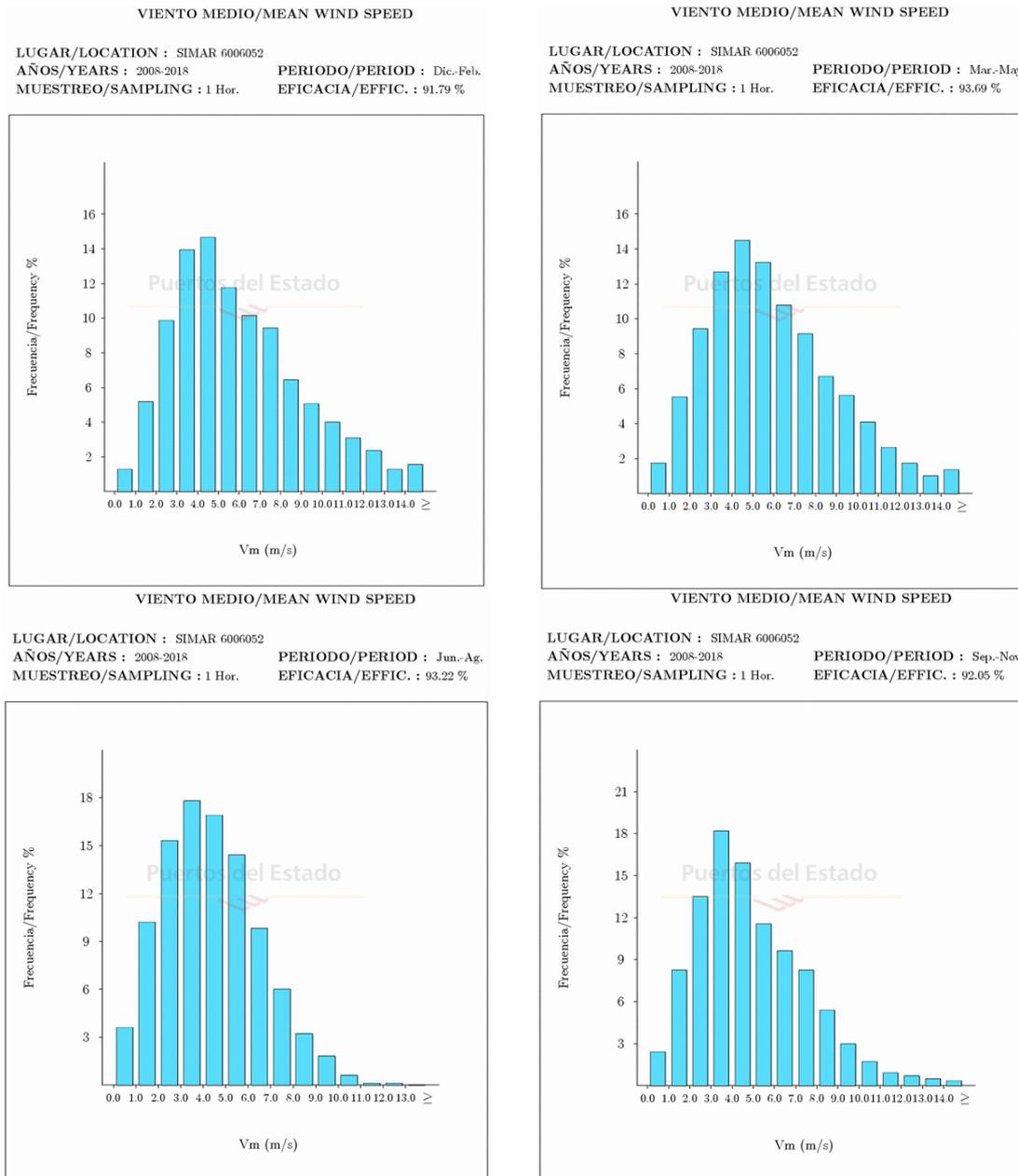


Figura 14. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para cada periodo estacional en los años 2008-2018. Punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.

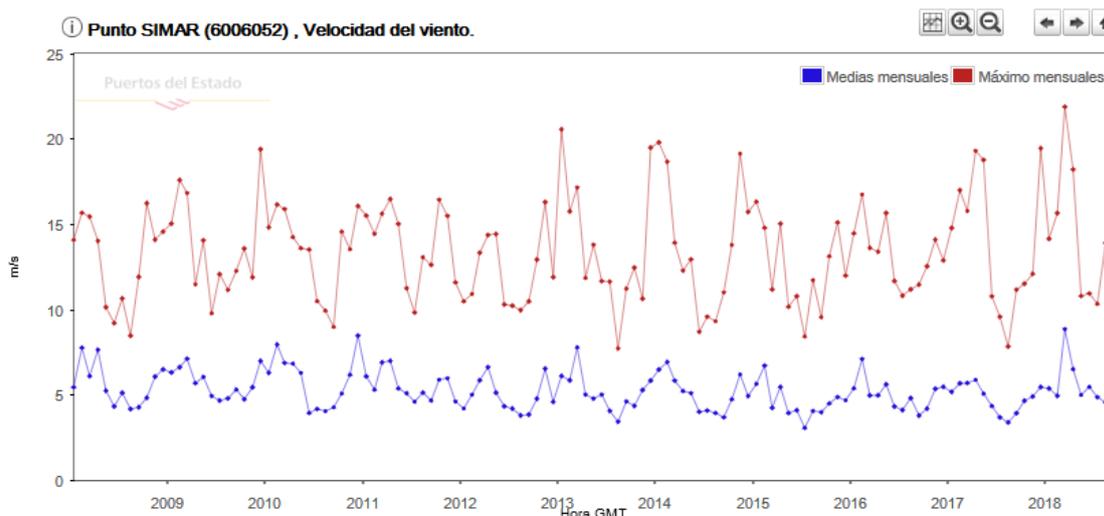


Figura 15: Velocidad del viento, Punto SIMAR 6006052. Medias y máximas mensuales en los años 2008-2018 (Fuente: Puertos del Estado).

En definitiva, considerando la ubicación del establecimiento objeto de estudio, el viento predominante en época estival, incidiría sobre éste desde el oeste, es decir, de forma oblicua a la línea de costa, acercándose al establecimiento desde la parte oeste de la playa.

Por otro lado, se considera que, para que se inicie la removilización de arenas de tamaño de grano medio, se requiere de una velocidad de viento mínima de 4,5 m/s. En este caso, esta velocidad se ve superada en aproximadamente un 15% de las ocasiones en que sopla el viento del W, por lo que la arena seca sería removilizada y transportada desde la zona exterior de la playa, encontrando en la instalación un obstáculo semipermeable, que sería mínima debido a la baja longitud de arena que movilizar, pudiendo producirse un acumulo en la base del chiringuito. Sin embargo, esta acumulación se estima mínima y no se considera significativa la interacción con la dinámica eólica.

Por otro lado, la magnitud del sedimento transportado desde el W resulta elevada, puesto que el viento sopla a lo largo de la arena de la playa encontrando una longitud amplia de arena para movilizar.

Los vientos con componente Este-Sureste también resultan importantes tanto en frecuencia como en magnitud. En este caso, los vientos soplarían igualmente de forma oblicua a costa, acercándose al establecimiento desde mar abierto. De igual modo que en el caso anterior, la instalación interceptaría en parte a la arena transportada, que sería mínima debido a la baja longitud de arena que movilizar, pudiendo producirse un acumulo en la base del chiringuito. Sin embargo, y al igual

que en el caso anterior, esta acumulación se estima poco significativa y supone una mínima interacción con la dinámica eólica.

6.3.2 Oleaje

El oleaje es uno de los procesos más importantes a tener en cuenta en el estudio de la hidrodinámica litoral. Sus características determinan la morfología costera, y tanto los elementos naturales como las construcciones antrópicas que puedan desarrollarse (espigones, puertos o arrecifes artificiales, entre otros), van a dar lugar a su modificación, desencadenando cambios en el régimen de transporte de sedimentos y otros aspectos derivados.

Del análisis direccional del oleaje registrado por la Boya Costera de Cádiz, se obtiene la representación de la rosa de oleaje para este punto (Fig. 16). Aunque dicha boya no está excesivamente próxima, se considera la más aproximada a las condiciones de oleaje incidente en la playa de El Puntalillo.

Se observa un claro predominio del oleaje procedente del oeste, con cierta influencia de componente sur en contadas ocasiones, de modo que el frente de oleaje se aproxima a la playa objeto de estudio de modo casi perpendicular a la línea de costa.

En relación a la altura significativa de ola, la más frecuente se encuentra entre 0.2 y 1 metro, con más del 50% del oleaje incidente con una altura significativa por debajo de 2 metros. En casos excepcionales, se han registrado alturas que han superado los 5 metros (Figs. 17-18).

Conjunto de datos:
Red costera
Boya de: Boya
Costera de Cádiz
Longitud: -6.33. E
Latitud: 36.500 N
Profundidad: 21.000
m

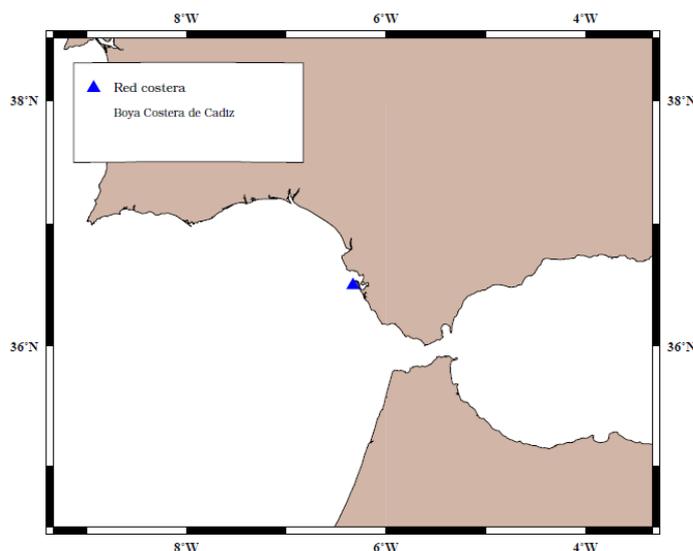


Figura 16. Ubicación de la Boya Costera de Cádiz. Fuente: Puertos del Estado.

En cuanto al periodo de pico, destacan los valores por encima de 9 segundos que se repiten en más del 35% de las ocasiones.

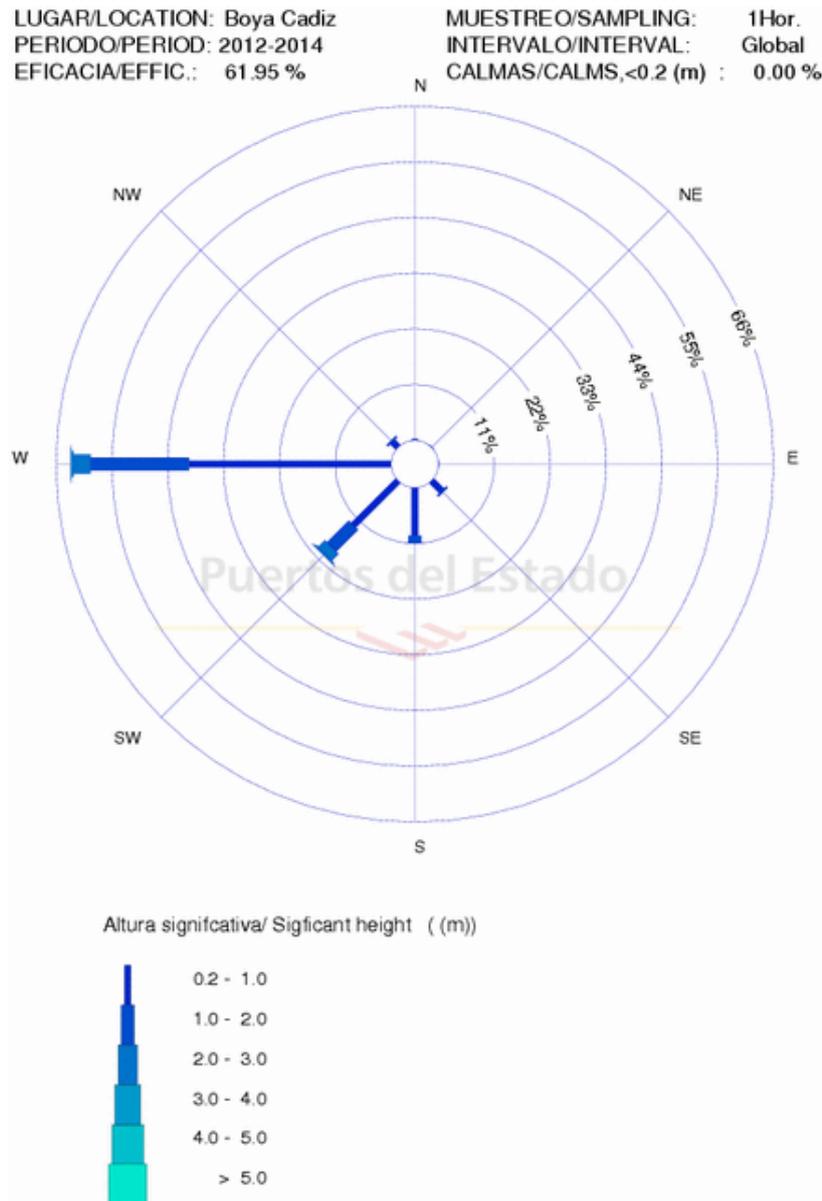


Figura 17. Rosa de oleaje. Boya costera de Cádiz. Puertos del Estado.

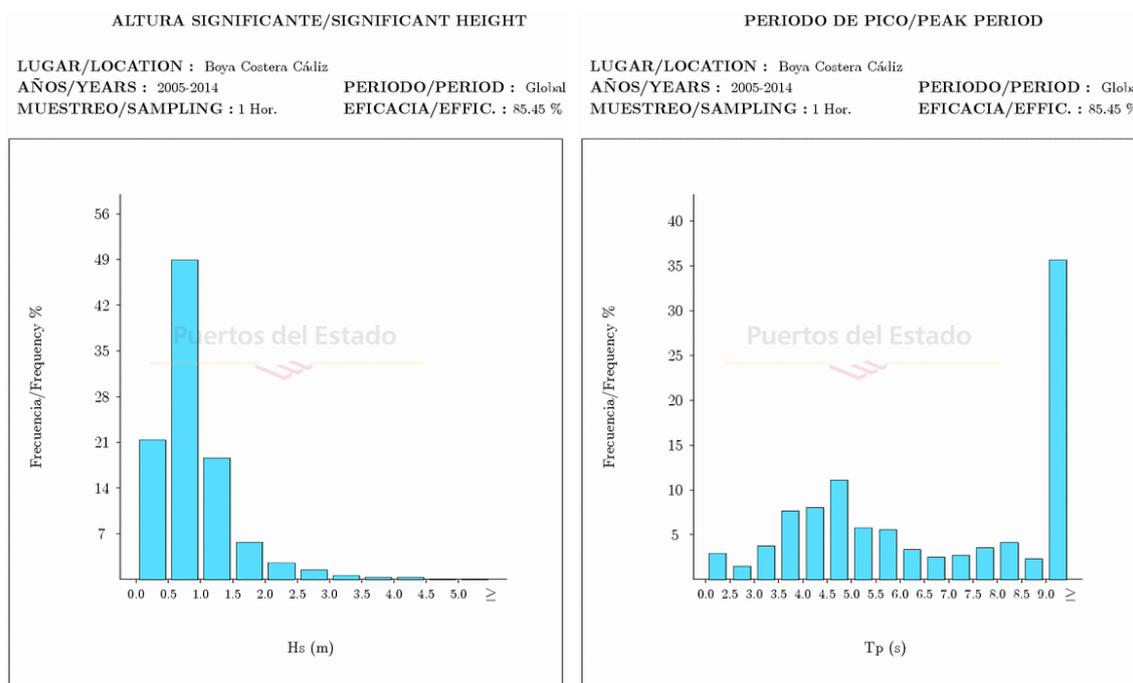


Figura 18. Histograma. Periodo de pico y altura significativa de ola. Boya Costera de Cádiz. Puertos del Estado.

En la Figura 19 se presenta un gráfico que corresponde a la altura significativa máxima y media mensual alcanzada entre 2005 y 2014. Los valores máximos rondan los 5-6 metros de altura. El valor máximo alcanzado fue registrado en el año 2008, con 5,43 metros, y cuyos datos horarios aparecen reflejados en la Figura 20.

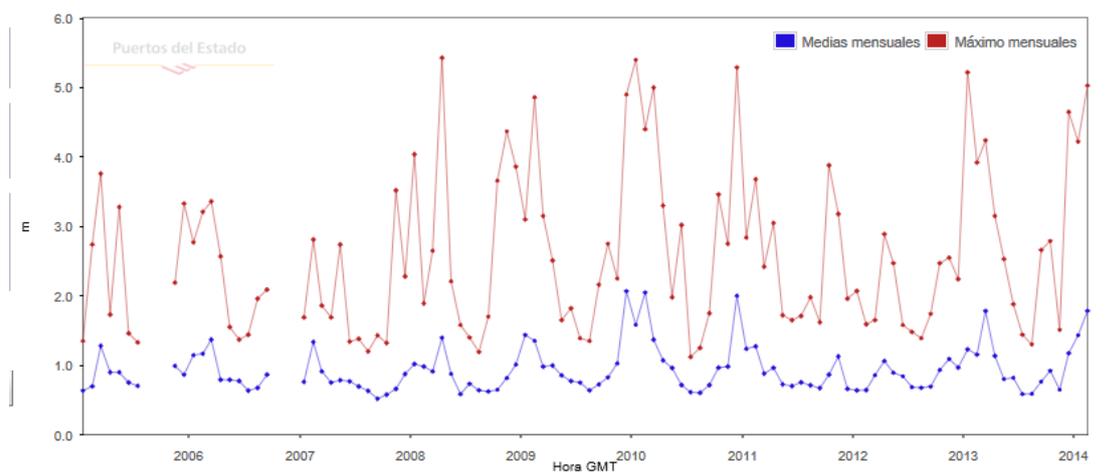


Figura 19. Gráfico de altura significativa de ola, máxima y media mensual para un periodo comprendido entre 2005 y 2014. Boya Costera de Cádiz. Puertos del Estado.

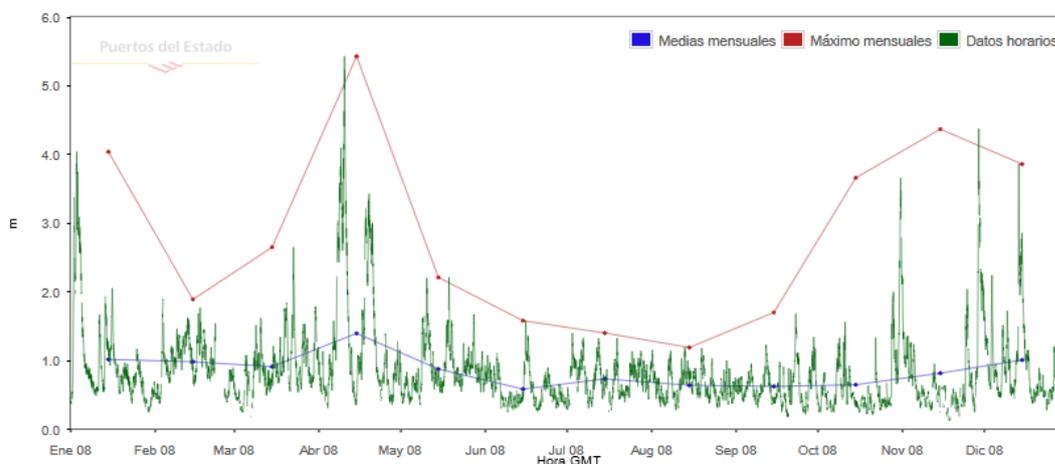


Figura 20. Gráfico del registro mensual de altura significativa de ola, media y máxima, y registros horarios de altura significativa de ola. Año 2008. Boya Costera de Cádiz. Puertos del Estado.

De igual manera, al observar la rosa de oleaje según los datos recogidos por el punto SIMAR 6006052, la dirección predominante es la del oeste (Fig. 21).

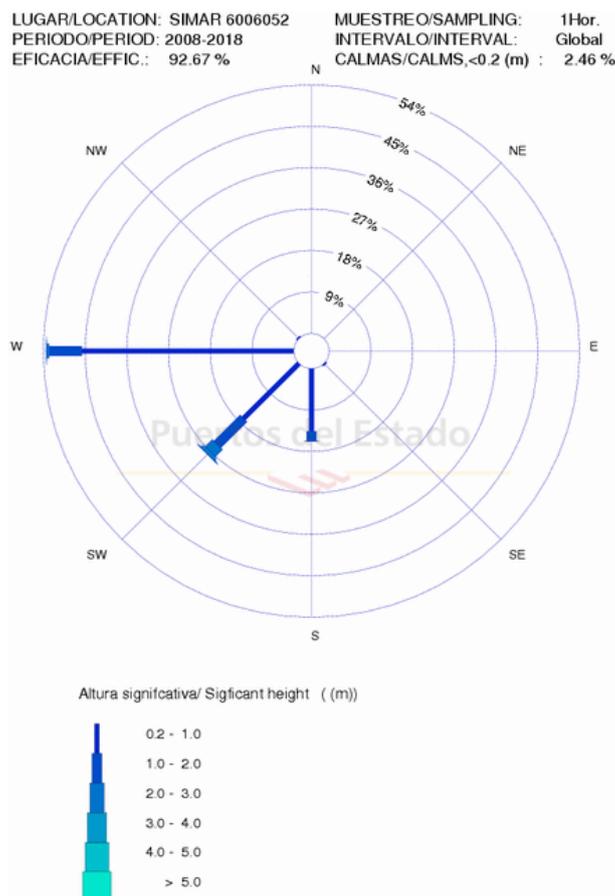


Figura 21. Rosa de oleaje punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.

Atendiendo a la altura de ola significativa en el periodo 2008-2018, las alturas medias oscilan en torno a 1 metro, mientras que los valores máximos son más bajos que los registrados por la Boya Costera de Cádiz, manteniéndose por debajo de los 5 metros en casi todo el periodo estudiado (Fig. 22). El máximo observado se corresponde con el presente año 2018, con una altura de más de 7 metros.

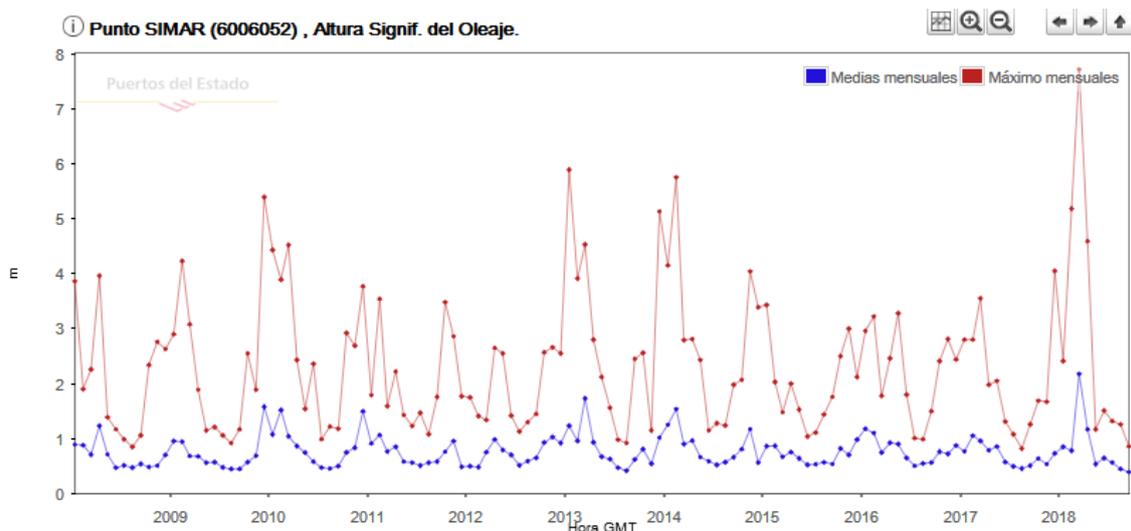


Figura 22: Gráfico de altura significativa de ola, máxima y media mensual para un periodo comprendido entre 2008 y 2018. Punto SIMAR 6006052. Puertos del Estado.

6.3.2.1 Régimen medio

El régimen medio del oleaje es la herramienta que nos permite conocer el conjunto de estados del oleaje que más probablemente nos podemos encontrar. La serie temporal de los datos considerados se representa mediante la distribución teórica de Weibull.

Nos permite conocer la persistencia con la que el oleaje se mantiene por encima o por debajo de un determinado umbral. Normalmente, el valor umbral viene determinado por las condiciones que requiere una actividad para ser desarrollada en interacción con la dinámica de este agente.

En la Figura 23, se representa el régimen medio del oleaje calculado por Puertos del Estado para la Boya del Golfo de Cádiz. El periodo analizado es global entre los años 1996 y 2014. Los puntos azules corresponden a estados del oleaje observados, mientras que la línea es el ajuste lineal de la distribución de Weibull.

Así pues, de este diagrama se deduce que en el periodo analizado se han observado alturas de ola significativa, para oleaje en mar abierto, por encima de 4,00 metros, no obstante, la probabilidad de alcanzar alturas por encima de 2 metros es muy

pequeña, encontrándose, en el 90 % de los casos, valores por debajo de este umbral.

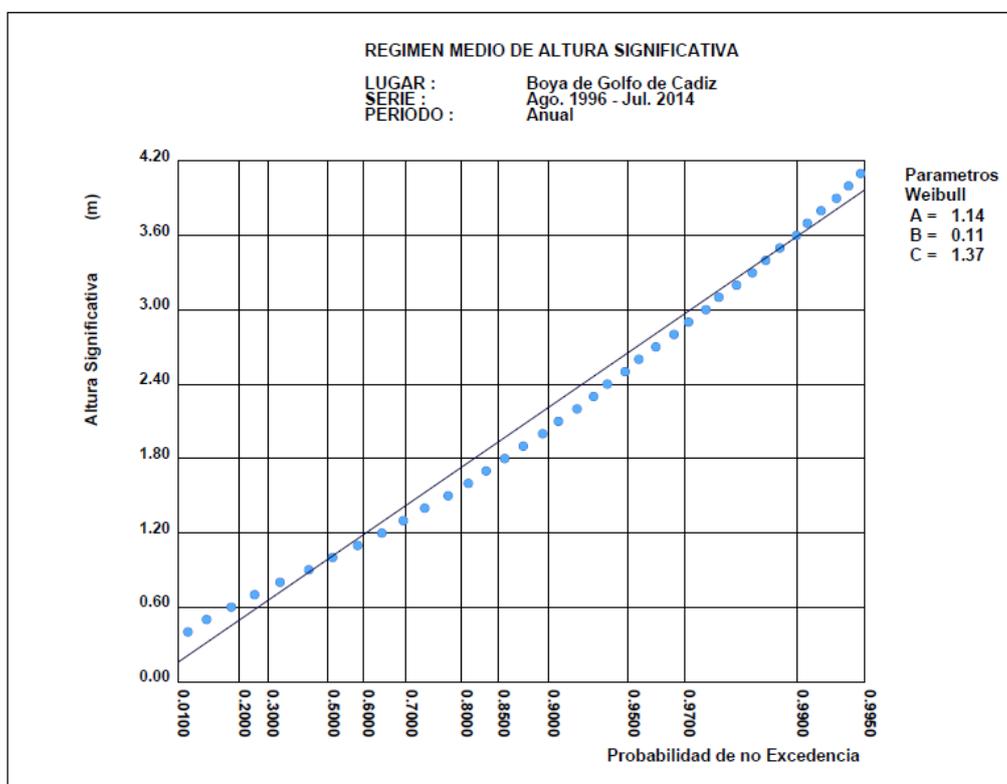


Figura 23. Régimen medio del oleaje. Boya del Golfo de Cádiz. Puertos del Estado

6.3.2.2 . Régimen extremal

El régimen extremal del oleaje surge como respuesta a la necesidad de acotar el riesgo que corre una determinada instalación en interacción con este agente, en este caso, teniendo en cuenta las situaciones de temporal.

Para ello se analiza la altura significativa de ola asociada a la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de los temporales en una determinada zona. La representación de un régimen extremal, se hace mediante un modelo estadístico, y se determina conforme a criterios establecidos que determinan las condiciones que implican un oleaje de temporal, y el umbral sobre el cual cierta actividad debe ser cesada (Fig. 24).

Se ha tomado como nivel referencia de altura significativa de ola 3 m, dado que en el 90% de los casos el oleaje no supera los 2 m, es decir, esa altura significativa se corresponde con oleaje de tormenta si dichas condiciones se mantienen por un tiempo mínimo de cinco días.

REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLEAJE

LUGAR : Cádiz
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Ago. 1996 - Nov. 2015
 PROFUNDIDAD : 450.0

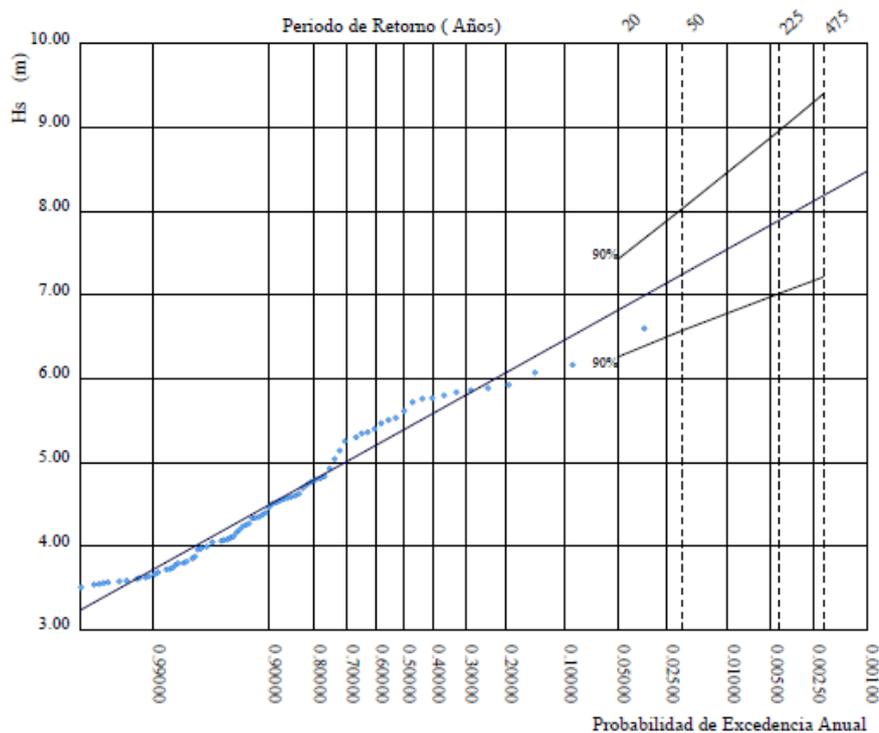


Figura 24. Régimen Extremal de Oleaje. Boya del Golfo de Cádiz. Puertos del Estado

Se considera la probabilidad de excedencia respecto de una altura de diseño (altura significativa frente la cual una instalación se verá afectada), para un periodo de vida útil (periodo de tiempo durante el cual es necesario garantizar la permanencia en servicio de una instalación).

Las probabilidades de excedencia para los valores más altos de este parámetro vienen recogidas en la tabla siguiente.

Periodo de retorno (años)	Hs (m)
20	6,82
50	7,25

Tabla 3. Estimaciones del Régimen Extremal. Puertos del Estado

6.4 NIVEL DEL MAR

Para la simulación del nivel del mar en la unidad fisiográfica se ha utilizado como referencia el Atlas de Inundabilidad del Litoral Peninsular Español. Este trabajo desarrolla una metodología para simular el nivel del mar (NM) en playas, o también denominado Cota de inundación (SCI), la cual se puede expresar como la suma de las siguientes componentes:

$$SCI(t) = SMA(t) + SMM(t) + RU(t)$$

Donde:

SCI (t): Cota de Inundación

SMA: Marea astronómica

SMM: Marea meteorológica

RU: Run-up

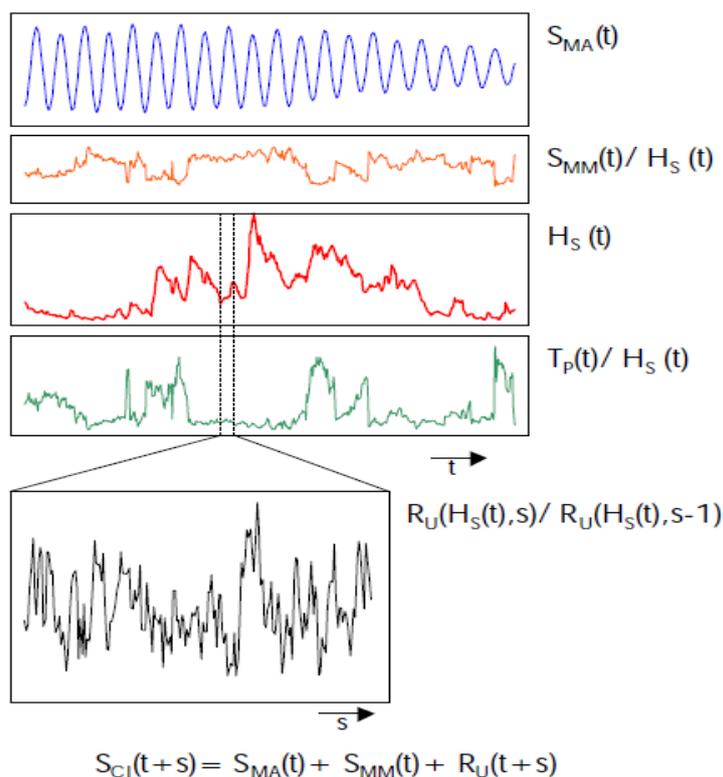


Figura 25. Componentes de SCI. Atlas de Inundabilidad.

La SCI es por tanto, la suma del efecto de ascenso del nivel del mar en la playa debido al efecto de la marea astronómica (SMA), la marea meteorológica (SMM) y el run-up (RU).

Marea astronómica: la marea astronómica supone el desplazamiento temporal de la superficie del mar respecto a un nivel fijo de referencia debido al efecto de atracción de los astros. Este parámetro determina cómo se produce el ascenso de la cota de inundación sobre la playa, variando en función del efecto combinado de un pico de tormenta y los estados de pleamar y bajamar.

Marea meteorológica: el efecto de la presión atmosférica y la acción tangencial del viento sobre la superficie del mar, provocan variaciones en el desplazamiento vertical de su superficie libre respecto de un nivel de referencia, alcanzando valores medios de entorno a 1 m.

Run up: es el desplazamiento vertical provocado por dos fenómenos, el *Set up*, o el aumento de la Hs de la ola provocada por el efecto de asomeramiento, al interaccionar el desplazamiento de la ola con el fondo, y el *Swash*, o desplazamiento de la lámina de agua sobre la superficie de la playa tras la rotura del oleaje. Este último, está condicionado por la percolación y la gravedad, es decir, las características de los materiales que forman la playa y la pendiente emergida de la misma.

Para establecer las cotas de inundación en un periodo de retorno de 5, 10 y 50 años, se van a seguir una serie de pasos detallados a continuación, que se corresponden con el uso que se ha dado de la información ofrecida en el Atlas de Inundabilidad del Litoral Peninsular Español.

I. Zonificación:

El Atlas de Inundabilidad ofrece una zonificación del litoral peninsular que define áreas homogéneas de acuerdo con las siguientes características:

- Oleaje
- Marea astronómica
- Marea meteorológica
- Configuración de la costa
- Emplazamiento de las fuentes de información

Nuestra unidad fisiográfica se encuentra en el AREA IV. Al tener en cuenta las variaciones del efecto de la marea astronómica, éste área queda dividida en tres subzonas, de las cuáles la SUBZONA b es la que nos concierne.

En la figura 26 se define la ubicación de dicha área y subzona. Los símbolos que aparecen representados en la subzona de interés hacen referencia al emplazamiento y características de las fuentes de información utilizadas. En este caso, se contrastan los datos registrados por el Mareógrafo de Cádiz, el Mareógrafo de Huelva, y por otro lado los registrados de oleaje por la Boya de Cádiz (Figs. 27-28).

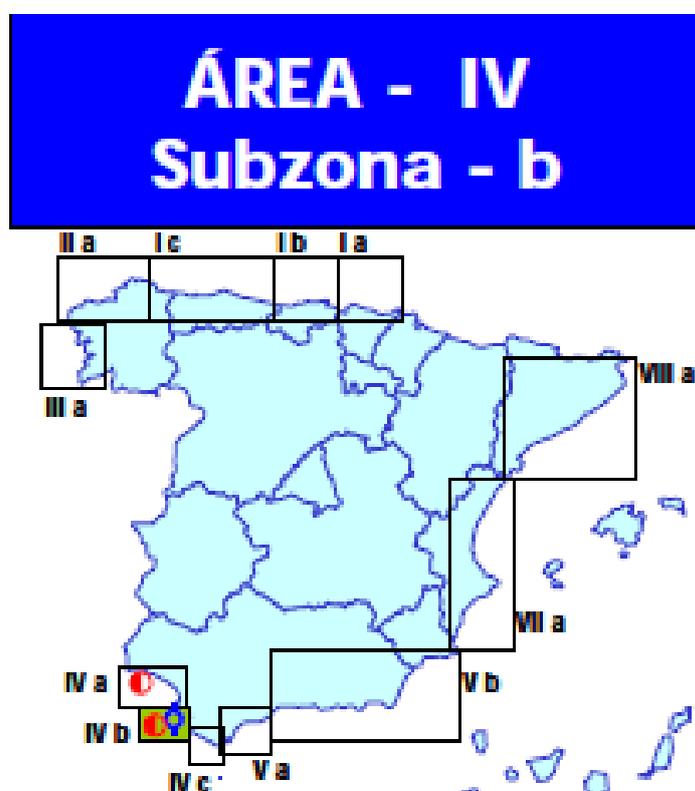


Figura 26. Ubicación del área IV y subzona b. Atlas de Inundabilidad.



Figura 27. Localización de la Información Instrumental. Atlas de Inundabilidad del Litoral Peninsular Español

INFORMACIÓN ANALIZADA			
MAREA ASTRONÓMICA		OLEAJE	
Mareógrafo	Cádiz	Boya	Cádiz
Situación	36°32' N 06°17' W	Situación	36°30'20"N 06°20'10"W
Periodo medida	1993	Profundidad	22 m
		Periodo medida	1992 / 1997
MAREA METEOROLÓGICA		OBSERVACIONES VISUALES	
Residuo Nivel del Mar del Mareógrafo de Huelva		Cuadrícula: 35°N - 37.1°N 5.6°W - 10°W Periodo medida: 1950-1985	

Figura 28. Información analizada. Atlas de Inundabilidad del Litoral Peninsular Español

II. Orientación de la Playa de El Puntalillo

Para cada Área se dan las direcciones significativas en intervalos de 22.5°. Dichas direcciones representan la normal a las curvas batimétricas de las playas. De esta forma se puede evaluar el resultado para los valores de la cota de inundabilidad para todas las playas en función de su orientación.

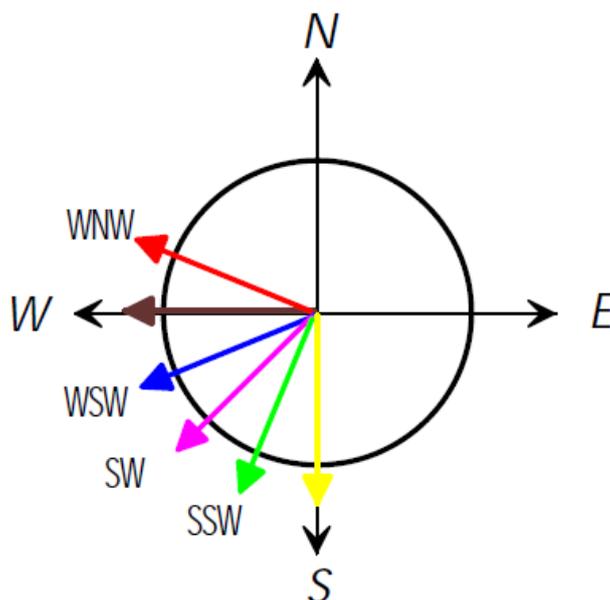


Figura 29. Orientaciones significativas. Atlas de Inundabilidad.

Se presenta la orientación para la Playa de El Puntalillo, objeto de este estudio, con el fin de poder posteriormente compararla con los regímenes del Atlas de Inundabilidad.

Nombre de la playa	Orientación	Concordancia con orientaciones significativas*	Color de referencia
EL PUNTALILLO	ONO-ESE	SW	

Tabla 4: Orientación de la Playa de El Puntalillo

*Como se ha indicado anteriormente, las orientaciones significativas ofrecidas por el Atlas de Inundabilidad son las perpendiculares a las curvas batimétricas.

El cálculo de la pendiente de la playa $Tan \beta$, se ha obtenido a partir de los perfiles medios de la playa objeto de estudio.

El perfil de una playa cambia constantemente, observándose diferencias importantes entre estaciones, como resultado de la dinámica marina.

Es especialmente el oleaje incidente en la zona, el que modelará estos perfiles en función de su intensidad y los periodos de tormenta. Estos cambios derivan en el desplazamiento de las barras sumergidas, la erosión y acreción, y la presencia o ausencia de berma. Simplificando entre los múltiples perfiles que puede presentar una playa, son los más representativos el perfil disipativo y el reflejante.

Para la utilización del gráfico correspondiente al régimen medio de cota de inundación en una playa abierta, el Atlas de Inundación distingue entre estos perfiles, utilizando el valor de su pendiente como parámetro de referencia. El criterio viene dado por $\tan \beta = 0.15$. Valores por encima de esta referencia corresponden a playas reflejantes, y valores inferiores corresponden a playas disipativas.

En el caso de la playa objeto de estudio, la pendiente emergida ($\tan \beta$) de la playa tiene un valor de 0,0168 mientras que la pendiente sumergida ($\tan \alpha$) es de 0,0077

La playa de El Puntalillo se corresponde, por tanto, con una playa DISIPATIVA.

Estos datos se han obtenido calculando la pendiente media a través del perfil de playa que se puede observar en la siguiente ilustración y con más detalle en el Anexo Cartográfico. Plano 2. Planta Batimétrica, Topográfica y Perfil Longitudinal.



Figura 30. Planta batimétrica y topográfica de la playa de estudio

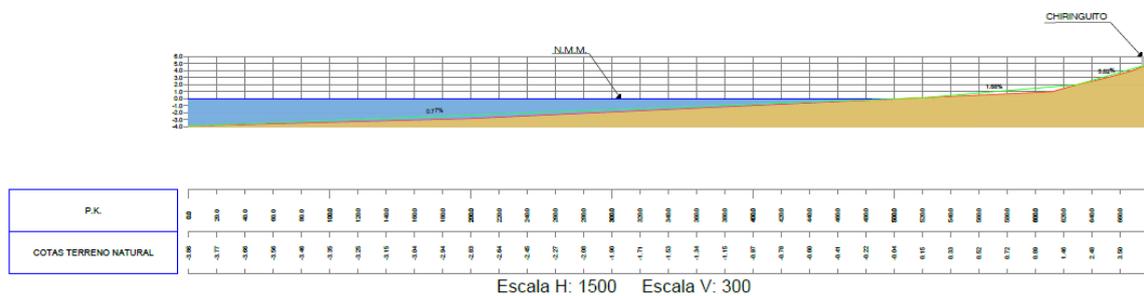


Figura 31: Perfil Longitudinal de la playa de estudio

III. Determinación de SCI respecto al NMMA a partir del Régimen Extremal de la Cota de Inundación en una playa, teniendo en cuenta la orientación de la playa de este estudio, y su carácter disipativo.

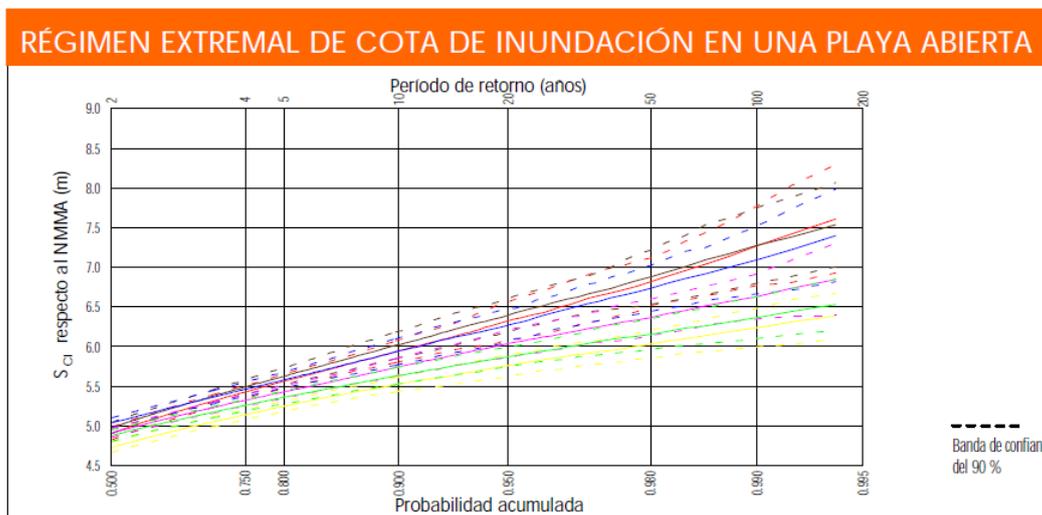


Figura 32. Régimen Extremal de Cota de Inundación para una playa abierta, área IV subzona b. Atlas de Inundabilidad.

La metodología utilizada para el cálculo del régimen de niveles de cota de inundación presentada en el Atlas de Inundabilidad del Litoral Peninsular Español consiste en la simulación del proceso físico de inundación con base en las funciones de distribución de las variables marea astronómica, marea meteorológica, altura de ola significativa y período de pico. Es decir, es una metodología compuesta de cálculos directos (simulaciones) e indirectos, para los cuales contempla una serie de aproximaciones basadas en probabilidades. Una de estas aproximaciones es acotar el cálculo para playas abiertas, no se realiza para playas de ningún otro tipo.

Así, mediante el uso del régimen extremal de cota de inundación dado por el Atlas de Inundabilidad, se determina para esta playa, en función de su orientación y su carácter disipativo, los valores de su cota de inundación para periodos de retorno de 5, 10 y 50 años, que aparecen en la tabla 5.

SCI5(m)	SCI10(m)	SCI50(m)
5,58	5,94	6,73

Tabla 5. SCI (m) para periodos de retorno de 5, 10 y 50 años

De acuerdo con los resultados obtenidos, el régimen extremal de la cota de inundación aportada por el Atlas de Inundabilidad, supera en todos los casos la cota a la que se encuentra el establecimiento, a +4,93 metros.

IV. Determinación del nivel medio de marea NM respecto al NMMA a partir del régimen extremal del nivel de marea.

La Playa de El Puntalillo presenta un régimen mesomareal, de periodicidad semidiurna, con un rango de marea que ronda los 3,2 m en mareas vivas, y 1,1 m en mareas muertas.

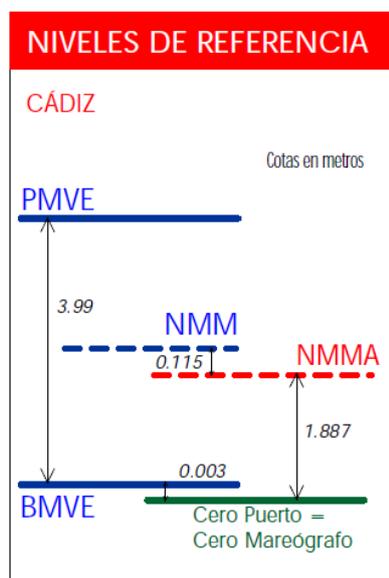


Figura 33. Niveles de referencia área IV. Subzona b. Atlas de Inundabilidad.

Para tener en cuenta la variación del nivel de marea, se ha calculado el valor de SNM, a partir del ábaco del régimen extremal de nivel de marea (Fig. 34), para un periodo de retorno de 5, 10 y 50 años (Tabla 6).

RÉGIMEN EXTREMAL DE NIVEL DE MAREA

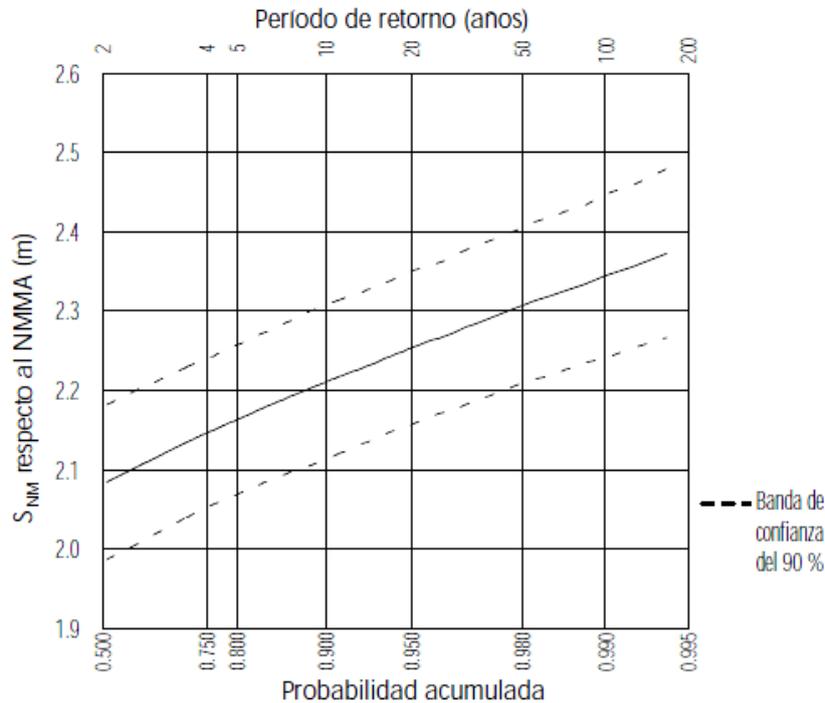


Figura 34. Régimen extremal NM. Área IV, subzona b, Atlas de Inundabilidad.

SNM ₅	SNM ₁₀	SNM ₅₀
2,16	2,21	2,31

Tabla 6: SNM para periodos de retorno de 5, 10 y 50 años.

V. Cálculo de Ru:

El Run-up es el ascenso del nivel del mar debido al oleaje incidente en una determinada playa. Su valor depende de la altura significativa (H_s), y el periodo de pico (T_p), medidos en una playa, que a su vez presentará valores característicos de talud medio de ascenso y descenso de la misma. Las relaciones que se establecen entre los distintos parámetros vienen dadas por la expresión de Van der Meer y Janssen (1995). En la Figura 35 se representa de forma esquemática la relación entre ellos.

Para el cálculo de los regímenes de H_s - T_p en la playa, se han propagado las variables del oleaje para cada una de las mismas, llevando a cabo en la metodología una serie de simplificaciones en cuya descripción este estudio no va a profundizar.

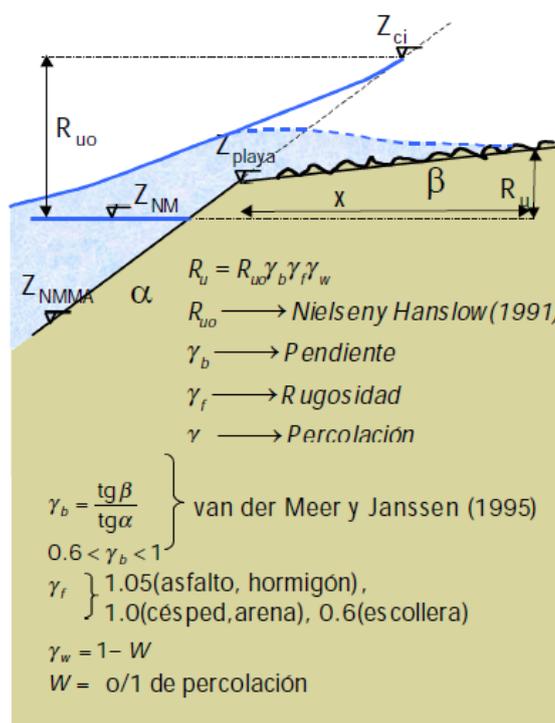


Figura 35. Parámetros incluidos en la formulación de Van del Meer y Jansson (1995).
 Atlas de inundabilidad del Litoral Peninsular Español.

Para estimar el run up utilizaremos la fórmula de Van der Meer y Janssen (1995), la cual nos permite calcular R_u en un perfil compuesto por dos alineaciones α y β , conocido el run-up que tendría la primera alineación R_{u0} (dado por el Atlas) y las características de rugosidad y percolación de la segunda alineación.

Formulación de Van der Meer y Jansen (1995):

$$R_u = R_{u0} \gamma_b \gamma_f \gamma_w$$

R_{u0} se calcula como la diferencia en metros de la cota de inundación prevista para un periodo de retorno determinado, y el nivel del mar estimado para el mismo periodo.

$$R_{u0} = S_{CI}(t) - S_{NM}(t)$$

Una vez obtenido R_u , podremos calcular la longitud de la playa inundada según la siguiente expresión:

$$X = R_u / \text{tg } \beta$$

Para obtener R_{u0} se requiere hacer una estima del nivel de marea (S_{NM}) por el cual se propaga la ola que llega a la cota S_{CI} . En una primera aproximación, si S_{CI} es la cota de inundación correspondiente a R años de período de retorno, se tomará

como S_{NM} la correspondiente, también a R años de período de retorno. Estos datos los hemos calculado en los dos pasos anteriores, por lo que combinándolos con los datos que caracterizan a la playa en cada caso obtendríamos el valor de R_u y X . Para la realización de éstos cálculos y su interpretación se han asumido unos valores para los parámetros γ_w y γ_f iguales a la unidad.

En la Tabla 7 se representan los resultados de la aportación del oleaje incidente a la cota de inundación. A la vista de los resultados, el incremento del nivel del mar producido por el oleaje incidente para condiciones extremas está entre 3,44 m, a cinco años de periodo de retorno, y 4,42 m a 50 años. Lo que se deduce es que se produce una subida paulatina de la cota de inundación, siendo la superficie de la playa inundada, proporcionalmente creciente.

Periodo de retorno	R_{U0}	R_U	X
5	3,44	3,44	204,76
10	3,74	3,74	222,62
50	4,42	4,42	263,10

Tabla 7. Resumen cálculo de la longitud en la horizontal a la que llega el R_u .

Los resultados obtenidos para la distancia inundada son relativamente elevados, tal y como era de esperar debido a la baja pendiente del perfil de la playa.

Sin embargo, la instalación se encuentra a 180 metros de la línea de costa, por lo que, en condiciones normales, afectaría a la dinámica marina en todos los periodos de retorno estudiados.

Aun así, indicar que durante los meses de febrero y marzo de 2018, se han unido varios fenómenos meteorológicos que han dado lugar a temporales en los cuales la altura de ola ha superado el máximo histórico que, unido con coeficientes de marea muy elevados, han hecho que la cota de inundación superase las previsiones.

Estos temporales demostraron que las instalaciones desmontables que permanecían en las playas no afectaban a la dinámica marina.

6.5 CAMBIO CLIMÁTICO

En este estudio no están incluidos los cálculos y reflexiones que exige el efecto del cambio climático sobre la variación del nivel del mar.

Al tratarse de una instalación desmontable que no requiere la ejecución de obras, no es necesario la aportación del estudio de Cambio Climático al que hace

referencia el nuevo Reglamento de Costas, aunque sí se van a aportar unas nociones mínimas a tener en cuenta.

Las principales consecuencias que conlleva el cambio climático sobre el océano son el aumento del nivel del mar y la temperatura del agua. Asociados a estos efectos se desencadena toda una serie de cambios de estado que afectan directamente a los ecosistemas y a la hidrodinámica marina.

En cuanto al desarrollo de la actividad que nos ocupa este informe, toda ocupación de la línea de costa es susceptible de verse afectada por un aumento del nivel del mar a medio- largo plazo. Este aumento conllevaría un cambio en las frecuencias esperadas de los temporales, por lo que son fundamentales los criterios de precaución a la hora de evaluar posibles situaciones futuras en el estado y comportamiento de la hidrodinámica y la playa.

Según el *Estudio sobre el Impacto en Zonas Costeras*, incluido en el *Informe Preliminar sobre Impactos del Cambio Climático en España*, del Ministerio de Medio Ambiente, 2005 (Antonio Cendrero Uceda, Agustín Sánchez-Arcilla Conejo y Caridad Zazo, Cardeña.), las previsiones del IPCC para fin de siglo en cuanto al nivel del mar, se han ido reduciendo según se disponía de datos más fiables desde 50-90 cm (IPCC 1998) a 13-68 cm (IPCC 2001). Los valores de INQUA (*International Union for the Study of Quaternary Sea-Level Change and Coastal Evolution Commission*) y del IGCP (*International Geosciences Programme Projects 369 and 437*) son aún más modestos: 10-20 cm.

Según el estudio, hace entre 5500 y 2000 años, cuando las condiciones climáticas fueron similares a las que se esperan para finales del presente siglo el NMM se situó casi 1 m por encima del actual.

Con todo ello, se afirma que un ascenso de alrededor de 50 cm para finales de siglo es un escenario razonable, e incluso que una hipótesis pesimista bastante menos probable pero no descartable, sería un ascenso del orden de 1 m, correspondiente con el máximo de algunas predicciones y con los niveles pasados antes indicados.

En el *Análisis preliminar de la vulnerabilidad de la costa de Andalucía a la potencial subida del nivel del mar asociada al Cambio Climático* (2011), elaborado por la Consejería de Medio Ambiente de Andalucía, ofrece una aproximación al índice de vulnerabilidad costera (CVI), basado en la relación de las variables geomorfológicas, topográficas e hidrodinámicas, asociadas al aumento del nivel del mar esperado por los efectos del cambio climático. Se trata de un indicador sin

sentido físico pero que informa de la vulnerabilidad de la costa ante la realidad de que se produzcan estos cambios.

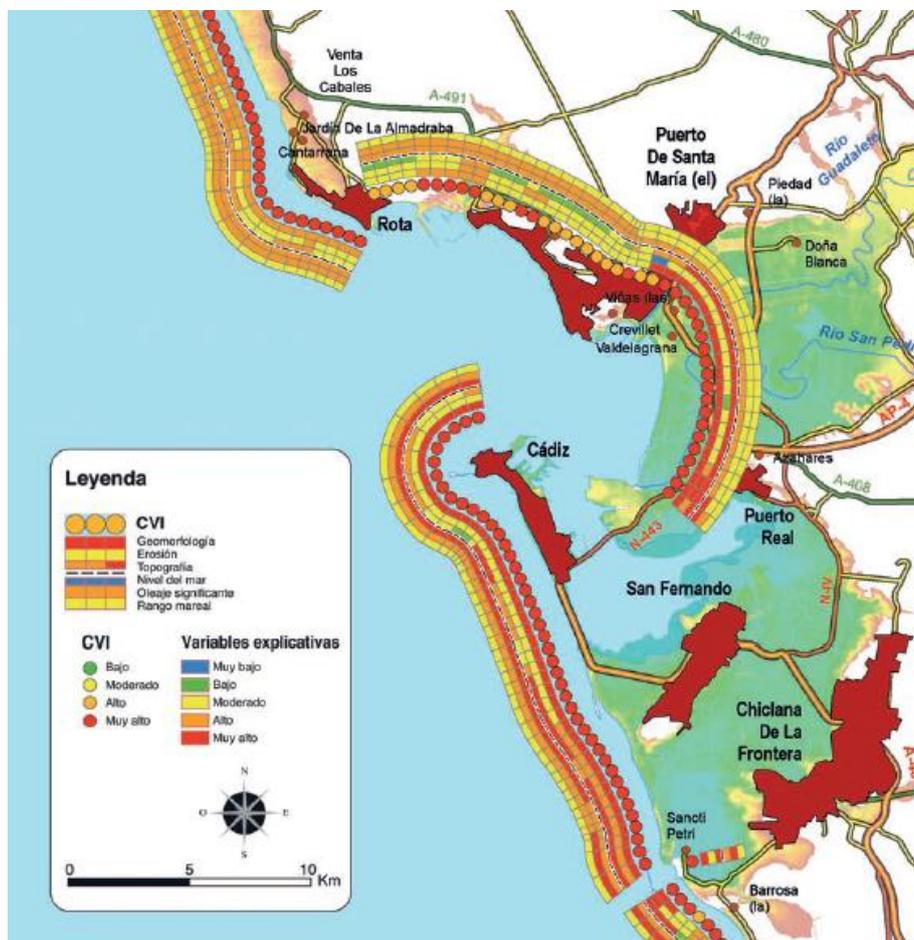


Figura 36. Índice de vulnerabilidad para el ámbito de estudio. Análisis preliminar de la vulnerabilidad de la costa de Andalucía a la potencial subida del nivel del mar asociado al Cambio Climático (2011)

De acuerdo con los valores previstos para la costa de Rota, se deduce que la Playa de El Puntalillo presenta una vulnerabilidad muy alta al Cambio Climático, fundamentalmente debido a que presenta factores altamente afectados como la geomorfología, el nivel del mar y el oleaje significativo.

La erosión, el rango mareal y la topografía son otras de las variables a considerar, con una influencia moderada en el índice de vulnerabilidad de este tramo de costa.

6.6 BATIMETRÍA

La batimetría de la zona de estudio es típica de una playa longitudinal, con las líneas isobatas relativamente paralelas, aunque justo enfrente de la instalación, existe una zona de menos profundidad, que se corresponde con la plataforma de

abrasión. Así, en la zona situada frente al establecimiento, las isóbatas correspondientes a los primeros 5 metros se encuentran muy separadas por lo que la pendiente es pequeña y aparecen algunas irregularidades de poca profundidad, para volver a aumentar la pendiente bruscamente a partir de los 5 metros (Fig. 37).

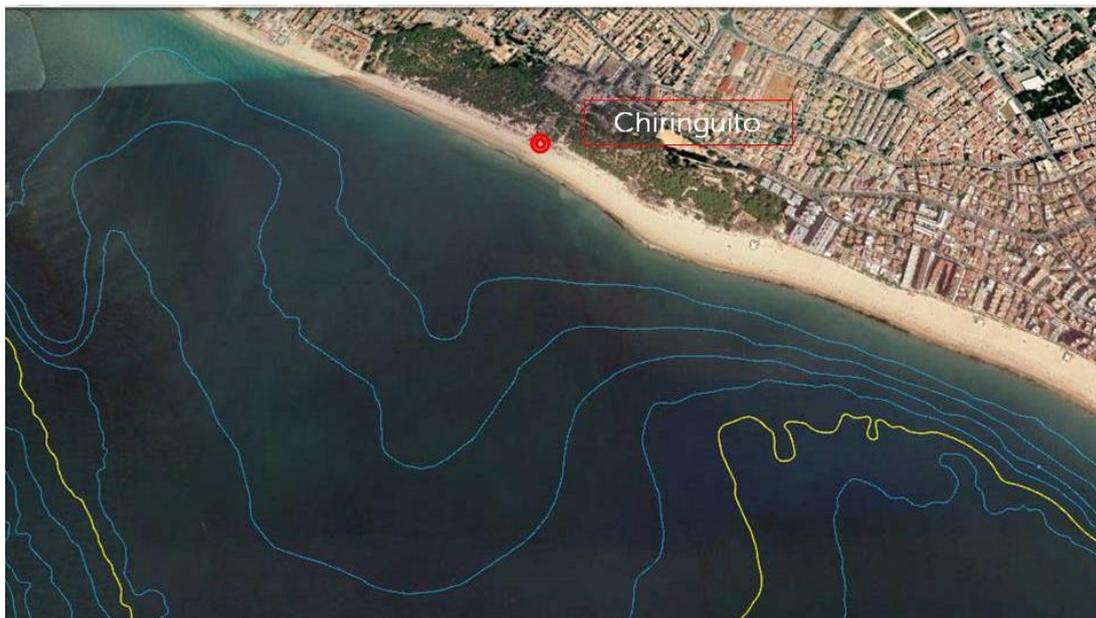


Figura 37. Batimetría de la zona de estudio. Estudio Ecocartográfico de la Provincia de Cádiz

6.7 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

El litoral de la provincia de Cádiz está constituido por terrenos de muy diferentes edades y litologías. Las numerosas formaciones geológicas abarcan un amplio periodo de tiempo, comprendido entre el Jurásico y el Cuaternario, lo que explica la gran cantidad de materiales que la componen y los distintos medios en que se depositaron.

A lo largo de esos millones de años, el hecho más destacado es la orogenia alpina, que determinó las líneas maestras que han configurado toda la estructura gaditana.

Por consiguiente, se diferencian dos grupos de materiales, teniendo en cuenta ese hito geológico: materiales preorogénicos, depositados en las antiguas cuencas marinas antes o durante las últimas fases de los cataclismos alpinos, y materiales postorogénicos, cuya sedimentación se efectuó a partir del Mioceno Superior.

El estuario del río Barbate es, aproximadamente la linde que separa estos dominios. Hacia el SE, conformando las costas meridionales de la vertiente atlántica, las del Estrecho de Gibraltar y las mediterráneas, se asientan los materiales más antiguos. Hacia el NO, se da la implantación generalizada de los materiales postorogénicos, no sólo hasta Sanlúcar de Barrameda, sino mucho más allá, extendiéndose por el sur de toda la provincia de Huelva.

Así, en la provincia de Cádiz, como hemos visto, se pueden distinguir, desde el punto de vista geológico, varias rocas que afloran pertenecientes a tres formaciones geológicas desde el sur hacia el norte. Se han denominado:

- Complejo del Campo de Gibraltar
- Dominio Subbético
- Materiales postorogénicos

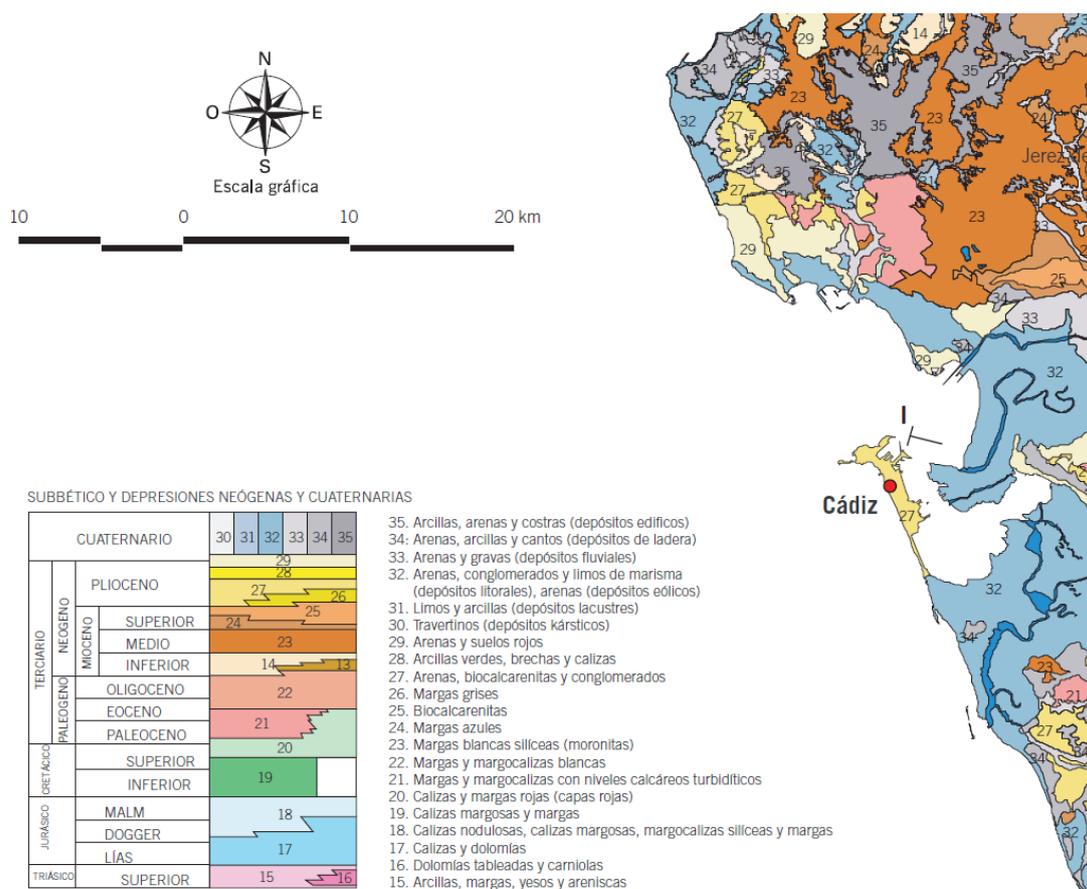


Figura 38. Litología de la provincia de Cádiz (Fuente: Diputación Provincial de Cádiz).

La zona de estudio está situada en la franja litoral entre la desembocadura del río Guadalquivir y la Bahía de Cádiz.

Forma parte de la pre-fosa de la Cordillera Bética dentro del sistema bético alpino y está formado principalmente por materiales alóctonos o para-autóctonos del mioceno inferior y depósitos autóctonos o para-autóctonos del mioceno superior y el cuaternario reciente.

La formación de las principales capas comenzó al principio del plioceno, cuando tuvo lugar un abombamiento de radio medio que combó sedimentos miocenos y expulsó aguas marinas a la depresión bética.

Al descender el nivel de base de la red fluvial, empezó una erosión activa de los terrenos emergidos y una deposición intensa sobre la plataforma costera.

El ensanchamiento de la plataforma tras la sedimentación activa llevó a una elevación de la línea de costa y la regresión del nivel del mar al final del plioceno, por lo que se depositaron materiales gruesos con facies ostioneras.

Durante el cuaternario antiguo tuvo lugar una elevación general por la que los ríos Odiel, Guadalete y Guadalquivir excavaron los depósitos del plioceno hasta formar un estuario común.

El Guadalquivir, con el mayor potencial erosivo, llegó a barrer el material plioceno de su desembocadura inicial.

La regresión del nivel del mar continuó durante todo el cuaternario con oscilaciones debidas a causas climáticas.

El litoral de Rota está rodeado de materiales terciarios, del Plioceno, como Arenas y suelos rojos, y cuaternarios, donde se puede distinguir las arenas, conglomerados y limos de marismas (depósitos litorales) y arenas (depósitos eólicos).

En la franja litoral entre Chipiona y Rota se encuentran arenosoles álbicos formados por depósitos litorales y eólicos con una textura arenosa y un contenido de materia orgánica muy bajo.

Los fondos marinos corresponden con el proceso de formación antes descrito. Entre Chipiona y Rota, frente a la franja litoral, se identifica una plataforma rocosa en 5-10 m de profundidad constituida principalmente por roca ostionera del plioceno con la superficie superior erosiva y muy irregular y la disposición subhorizontal. Además hay fondos sedimentarios no consolidados de medios sedimentarios activos que se

encuentran depositados de forma discordante sobre otros tipos de fondos en una superficie erosiva.

6.8 TRANSPORTE LITORAL Y BALANCE SEDIMENTARIO

6.8.1 Consideraciones previas

La Playa de El Puntalillo es una playa urbana, con frente dunar y forestal protegido, abierta y regresiva.

En general, la playa y la zona de rompientes conforman un ecosistema marino discreto que contiene productores primarios, consumidores y descomponedores, con contornos bien determinados por la playa y los sistemas circulatorios de la zona de rompientes.

El ecosistema de playa/zona de rompientes está controlado por el oleaje que remueve y transporta la arena, acumula el fitoplancton, bombea agua y materia orgánica en el sistema intersticial y mueve a los animales. Por otro lado, el viento es el motor de la dinámica del campo de dunas, transportando la arena, el aerosol salino y los detritos y enterrando la vegetación.

La Playa de El Puntalillo conserva parte del campo de dunas, cubierto en gran parte por un pinar más o menos denso.

En el caso de la playa objeto de estudio, la deriva litoral discurre en dirección NNW-SSE, prácticamente con la misma orientación que playa (Fig. 39).



Figura 39. Aproximación de la dirección de la deriva litoral en el ámbito de estudio.

6.8.2 Tasas de erosión/ sedimentación

Para completar este estudio, se ha considerado el cálculo de tasas de erosión costera como elemento fundamental para caracterizar la costa desde el punto de vista de su vulnerabilidad: a mayores tasas de erosión negativas (costa regresiva), mayor vulnerabilidad, y a mayores tasas de erosión positivas (costa progresiva) menor vulnerabilidad.

La Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio ha calculado las tasas de erosión de toda la costa andaluza, habiéndose seleccionado y validado algunos tramos de especial interés por la intensidad en su dinámica costera y, por tanto, su sensibilidad a los cambios en el volumen y la calidad del aporte sedimentario, a la fluctuación de los parámetros físicos de corrientes y oleajes, así como a la del propio nivel medio del mar.

Las tasas de erosión constituyen un indicador de gran valor para conocer la evolución del frente costero e inferir los efectos, entre otros, de la regulación de los ríos (especialmente por su represamiento) y de la construcción de infraestructuras costeras. La primera por lo que supone en alteración del régimen de aportes sedimentarios y la segunda por constituir barreras al tránsito longitudinal de estos aportes.

Se dispone de información cartográfica disponible en la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM), sobre las tasas de erosión de las playas del municipio objeto del estudio, que se incluyen a continuación. En azul se representan los puntos de avance, en rojo los puntos de retroceso y en blanco los puntos neutros.

En este caso, no existen tasas negativas en la Playa de El Puntalillo, por lo que se puede afirmar que este tramo litoral se encuentra en equilibrio sedimentario. A lo largo de la playa se alternan zonas de avance con zonas neutras, como se puede observar en la figura 40. Concretamente, y de acuerdo con los estudios realizados, el frente litoral correspondiente a la zona en que se ubica el establecimiento posee un balance sedimentario neutro.

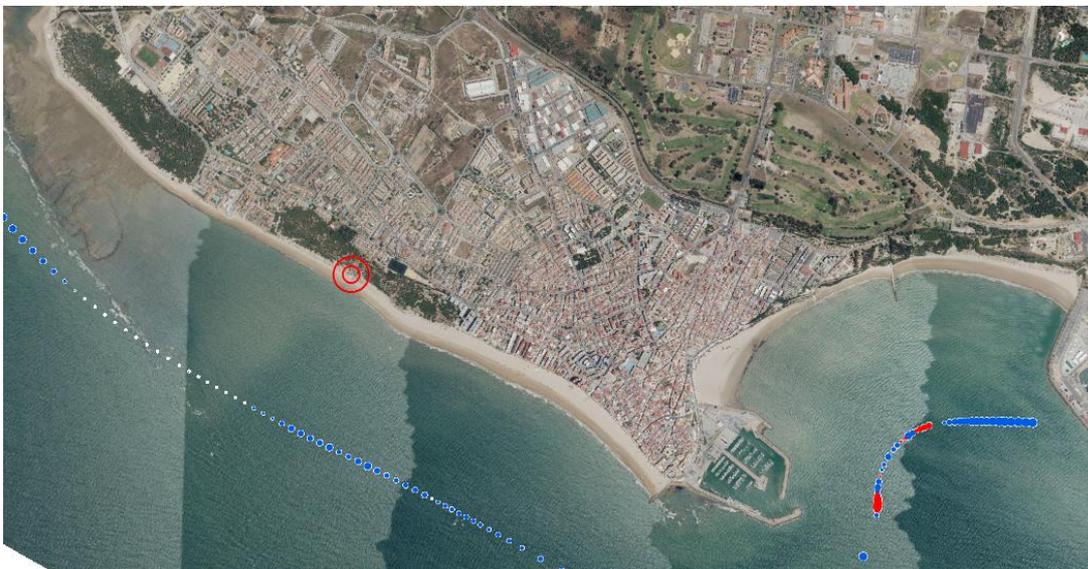


Figura 40. Tasas de erosión costera en el ámbito de estudio. Red de Información Ambiental de Andalucía.

6.8.3 Evolución de la Línea de Costa

Mediante la superposición de la línea de costa establecida en las ortofotos de la zona de estudio, en la figura 41 se puede observar la tendencia de evolución observada en la zona de instalación del nuevo chiringuito.



Figura 41. Evolución de la línea de costa.

Si se observa la línea discontinua de color rojo, correspondiente al año 2016, se aprecia un retroceso con respecto a 1984.

Si se estudia la evolución por periodos, se observa que en el año 1977 el perfil de la playa era prácticamente similar al actual. En el año 1984, la playa experimenta su mayor amplitud, y a partir de este año, se inicia un lento retroceso, llegando hasta su máximo en el 2016. En este periodo, la línea de costa ha ido retrocediendo de forma prácticamente paralela en el ámbito en que se localiza la instalación.

6.9 PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS

El objeto de este estudio incluye, en respuesta a lo establecido por el Art. 93 del Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de Costas, un plan de seguimiento de las actuaciones previstas en la construcción y explotación de la instalación, que promuevan una gestión más adaptativa de los usos en el litoral, permitiendo detectar posibles afecciones sobre el sistema de la dinámica litoral provocadas por dichos usos, en este caso, la ocupación mediante instalación desmontable de la Playa de El Puntalillo.

En vista de los resultados de este informe, se insta a los promotores del proyecto y responsables de su explotación, al seguimiento periódico de una serie de aspectos sencillos que puedan servir a posteriori para la redacción de una memoria anual.

Los contenidos de esta memoria aparecen a continuación, especificando en cada caso, en qué fase de ejecución del proyecto deben ser considerados:

Fase de construcción:

- Control del impacto sobre suelos: Registro gráfico de las maniobras necesarias para la consolidación y nivel del terreno sobre el cual se va a asentar la instalación, previo a la obra y a posteriori.

Fase de explotación:

- Control de inundaciones: Registro gráfico de incidencias en las que el nivel del mar pudiese tener acceso a la instalación. Es importante registrar en la fotografía la fecha en la cual tuvo lugar la incidencia y la hora, con el fin de poder analizar los datos obtenidos y los regímenes de marea, registros de oleajes de temporal, etc.
- Control de sedimentos: Registro gráfico de incidencias asociadas al déficit de sedimentos entorno a la infraestructura, o su acumulación anómala.

6.10 CONCLUSIONES

- Se trata de una instalación que solicita el inicio de actividad, conforme al Proyecto para establecimiento expendedor de comidas y bebidas al servicio de la playa, tipo kiosco-bar, chiringuito "Las Dunas", ubicada en la playa de El Puntalillo, lugar en el que lleva instalada desde hace varios años.
- Tal y como se recoge en el objeto del documento, el presente estudio pretende evaluar el grado de interacción entre los procesos físico-naturales que determinan la dinámica litoral de la unidad fisiográfica con la instalación propuesta, y el grado de afección que puede ejercer a cada uno de dichos procesos. Por tanto, el objeto de este estudio es el de analizar y valorar si la instalación puede suponer alguna afección a la dinámica litoral y no al revés, esto es, no se valora si dicha instalación puede verse afectada en algún momento por la dinámica costera.
- El Puntalillo es una playa abierta, perteneciente a la provincia de Cádiz, que se sitúa en el litoral atlántico, presentando un régimen micromareal y un oleaje principalmente generado por un régimen de vientos de componente W y también ESE, correspondiente a los registros del viento de levante, de gran importancia en toda la provincia de Cádiz, y con velocidades que superan con frecuencia los 8 m/s.
- Se trata de una playa urbana, con frente dunar y forestal protegido, abierta y regresiva. Presenta una longitud de unos 1.400 metros, de arena media dorada, y una anchura muy variable, que va desde los 27 a los 45 m.
- En relación a la altura significativa de ola, la más frecuente se encuentra entre 0.2 y 1 metro, con más del 50% del oleaje incidente con una altura significativa por debajo de 2 metros.
- Durante los temporales, la altura de ola se incrementa notablemente. Este periodo de máxima energía del oleaje se encuentra comprendido entre los meses de noviembre y febrero, y los mayores registros observados se produjeron en el 2008, para el último periodo analizado y del que se han podido obtener los datos. No obstante, los últimos temporales acaecidos en el litoral del ámbito de estudio han resultado especialmente intensos y, aunque se carece aún de registros oficiales, es previsible que los valores de 2018 se correspondan con los máximos observados en el último periodo.

- Analizando los resultados obtenidos de los cálculos relativos a la cota de inundación, se observa que la instalación, situada a 180 metros de la línea de costa, se vería alcanzada por la superficie de playa inundada debida al oleaje asociado a temporales para todos los periodos de retorno estudiados, que alcanzarían un máximo de 263,10 metros. Los resultados para la cota de inundación (SCI), en los que además se incorpora el efecto mareal, por consiguiente también alcanzarían a la instalación para todos los periodos de retorno estudiados. El establecimiento se sitúa a una cota de +4,93 metros y la SCI ya supera esa altura para un periodo de retorno de 5 años, con una cota de 5,58 metros (Tabla nº 5), pero hay que tener en cuenta que la instalación se va a instalar un metro sobre el nivel del terreno. Es decir, la acción conjunta de los temporales y las mareas (astronómicas y meteorológicas) dan como resultado una cota de inundación superior a la cota a la que se encuentra la instalación, que se vería alcanzada por la lámina de agua.
- La evolución de la línea de costa denota un retroceso con respecto a 1984, no obstante, si se estudia la evolución por periodos, se observa que en el año 1977 el perfil de la playa era prácticamente similar al actual. En el año 1984, la playa experimenta su mayor amplitud, y a partir de este año, se inicia un lento retroceso, llegando hasta su máximo en el 2016. En este periodo, la línea de costa ha ido retrocediendo de forma prácticamente paralela en el ámbito en que se localiza la instalación.
- A la situación teórica de la evolución de la playa de El Puntalillo, hay que añadirle las consecuencias extraordinarias que pueden ocasionar los grandes temporales y su influencia en la línea de costa.

Dada su situación y los resultados de este informe de dinámica litoral, se concluyen las siguientes especificaciones en cuanto a la afección que ejerce la instalación al sistema hidrodinámico y sedimentario imperante:

- La cota de inundación puede experimentar situaciones extraordinarias, como puede ser la coincidencia de grandes temporales con coeficientes de marea muy altos. De acuerdo con los cálculos realizados, la cota de inundación alcanzaría el lugar en que se ubica la instalación en estos casos puntuales.
- Sin embargo, **la presencia de la instalación, de carácter desmontable, no supone una afección significativa sobre la hidrodinámica de la zona.** El establecimiento, por sus dimensiones y características, no constituye un

impedimento para la subida puntual del nivel del mar ni ejerce una influencia considerable en la dinámica natural de la zona.

- De acuerdo con la información disponible sobre las tasas de erosión de la playa de El Puntalillo, el ámbito de estudio se encuentra en equilibrio sedimentario, alternándose zonas de avance con zonas neutras. En relación a la posible influencia del establecimiento, **se estima que la presencia de la instalación, aunque puede suponer un obstáculo puntual, no influye de forma significativa en la dinámica sedimentaria del ámbito de estudio, determinada por las condiciones de contorno de la propia playa.**
- Estas circunstancias se han puesto de manifiesto durante los temporales ocurridos el último año, en los que la intensidad de los mismos han originado una removilización excepcional de sedimento, y en los que ha quedado comprobado que la presencia de instalaciones en el ámbito no han supuesto alteración ni impedimento alguno a la dinámica litoral dominante.

-

En definitiva, no se considera que la presencia del establecimiento expendedor de comidas y bebidas suponga una afección significativa sobre la hidrodinámica de la zona.

En relación a las conclusiones que se alcanzan tras la elaboración de este estudio, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Elevación de la instalación en la medida de lo posible, favoreciendo el libre paso de sedimentos bajo la misma y facilitando, que ésta quede acoplada a las posibles variaciones del perfil de la playa, contemplada en el proyecto.
- Puesta en marcha de buenas prácticas asociadas al ejercicio de la fase de construcción y explotación del proyecto.
- En caso de previsión de fuertes temporales que puedan afectar a la playa, se recomienda que la instalación permanezca cerrada al público.
- Si se prevé un año con especial incidencia de temporales, se sugiere la retirada temporal de la instalación.
- Correcto acceso y mantenimiento de las vías de acceso habilitadas en buen estado, favoreciendo el paso de los usuarios de la playa a través de las mismas.

- Cumplimiento del plan de seguimiento recomendado en este informe.

Fdo: Antonio Silva Santos

(Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos)

Colegiado N° 25071

7 ANEXO CARTOGRÁFICO

Plano nº1. Situación.

Plano nº2. Planta batimétrica.