

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL PARA INSTALACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO EXPENDEDOR DE COMIDAS Y BEBIDAS AL SERVICIO DE LA PLAYA, UBICADO EN LA PLAYA CALA SARDINA, T.M. SAN ROQUE (CÁDIZ)

PROMOTOR:
Silvia María Luján Scolari


CONSULTORA:
Atlántida Medio Ambiente, S.L.



AUTORES/AS:
Carmen Tornero Pinilla
Lda. Ciencias Ambientales
Colegiada COAMBA Nº 001299


Blanca Pérez Durán
Lda. Ciencias del Mar

Manuel A. Guerrero Redondo
Ldo. Ciencias Ambientales

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 1/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

ÍNDICE

1	ANTECEDENTES	7
2	OBJETO	7
3	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	8
4	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD FISIOGRAFICA	9
5	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	13
6	ESTUDIO DE LA DINÁMICA LITORAL	14
6.1	INTRODUCCIÓN	14
6.2	DATOS	15
6.3	CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA MARÍTIMO	19
6.3.1	Viento	19
6.3.2	Oleaje	30
6.3.2.1	Régimen medio	38
6.3.2.2	Régimen extremal	39
6.4	COTA DE INUNDACIÓN	41
6.5	CAMBIO CLIMÁTICO	53
6.6	BATIMETRÍA	56
6.7	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA	57
6.7.1	Complejo del Campo de Gibraltar	57
6.8	TRANSPORTE LITORAL Y BALANCE SEDIMENTARIO	62
6.8.1	Consideraciones previas	62
6.8.2	Tasas de erosión/ sedimentación	65
6.8.3	Evolución de la Línea de Costa	68
6.9	PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS	69
6.10	CONCLUSIONES	70
7	BIBLIOGRAFÍA	74
8	ANEXO CARTOGRAFICO	75

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 2/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de establecimiento.	9
Figura 2. Vista aérea de la Playa Cala Sardina.	10
Figura 3. Unidades fisiográficas del litoral en el ámbito de estudio. Fuente: REDIAM	11
Figura 4. Unidades Fisiográficas del Litoral en el área de estudio. Fuente: Estrategia para la protección de la costa de la provincia de Cádiz, Málaga y Almería, considerando los efectos del cambio climático.	12
Figura 5. Ubicación geográfica de la instalación.	13
Figura 6. Clasificación a Escala Temporal/Espacial de los Procesos Costeros.	14
Figura 7. Ubicación de la Boya de Alborán. Puertos del Estado.	16
Figura 8. Ubicación del punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.	17
Figura 9. Fuentes de datos oceanográficos de referencia de Puertos del Estado.	19
Figura 10. Rosa de los vientos. Boya de Alborán. Puertos del Estado.	20
Figura 11. Rosa de los vientos. Invierno (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.	21
Figura 12. Rosa de los vientos. Primavera (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.	21
Figura 13. Rosa de los vientos. Verano (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.	22
Figura 14. Rosa de los vientos. Otoño (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.	22
Figura 15. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para el periodo de invierno en los años 1997-2006. Boya de Alborán. Puertos del Estado.	23
Figura 16. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para el periodo de primavera en los años 1997-2006. Boya de Alborán. Puertos del Estado.	24
Figura 17. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para el periodo de verano en los años 1997-2006. Boya de Alborán. Puertos del Estado.	24
Figura 18. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para el periodo de otoño en los años 1997-2006. Boya de Alborán. Puertos del Estado.	25
Figura 19. Medias y máximos mensuales de velocidad del viento. Boya de Alborán (1997-2006). Fuente: Puertos del Estado.	25
Figura 20. Rosa de los vientos. Media anual (2005-2024) Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.	26
Figura 21. Rosa de los vientos. Invierno (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.	27


	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 3/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

Figura 22. Rosa de los vientos. Primavera (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado..... 27

Figura 23. Rosa de los vientos. Verano (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado. 28

Figura 24. Rosa de los vientos. Otoño (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado. 28

Figura 25. Velocidad del viento, Punto SIMAR 6074032. Medias y máximas mensuales en los años 2005-2024. Puertos del Estado. 29

Figura 26. Rosa de oleaje. Boya de Alborán. Puertos del Estado..... 31

Figura 27. Histogramas. Periodo de pico y altura significativa de ola. Boya de Alborán. Puertos del Estado. 32

Figura 28. Histograma de altura significativa de ola. Invierno (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado. 32

Figura 29. Histograma de altura significativa de ola. Primavera (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado. 33

Figura 30. Histograma de altura significativa de ola. Verano (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado. 33

Figura 31. Histograma de altura significativa de ola. Otoño (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado. 34

Figura 32. Gráfico de altura significativa de ola máxima y media mensual para un periodo comprendido entre 1997 y 2006. Boya de Alborán. Puertos del Estado. 34

Figura 33. Rosa de oleaje punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado..... 35

Figura 34. Histograma de altura significativa de ola (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado. 35

Figura 35. Histograma de altura significativa de ola. Invierno (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado..... 36

Figura 36. Histograma de altura significativa de ola. Primavera (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado..... 36

Figura 37. Histograma de altura significativa de ola. Verano (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado. 37

Figura 38. Histograma de altura significativa de ola. Otoño (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado. 37

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 4/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



Figura 39. Gráfico de altura significativa de ola máxima y media mensual para un periodo comprendido entre 2005 y 2024. Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado. 38

Figura 40. Régimen medio del oleaje. Boya de Alborán. Puertos del Estado 39

Figura 41. Régimen Extremal de Oleaje. Boya de Alborán. Puertos del Estado 40

Figura 42. Factores que afectan a la cota de inundación. Fuente: Atlas de Inundación. 41

Figura 43. Componentes de SCI. Atlas de Inundación. 42

Figura 44. Ubicación del área V y subzona a. Atlas de Inundación. 44

Figura 45. Localización de la Información Instrumental. Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español 45

Figura 46. Información analizada. Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español 45

Figura 47. Orientaciones significativas. Atlas de Inundación. 46

Figura 48. Planta batimétrica y topográfica de la playa de estudio. Fuente: REDIAM. 47

Figura 49. Perfil Longitudinal de la playa de estudio. 47

Figura 50. Perfil de tormenta y perfil de acreción (VAN RIJN, L.C. 1998) 48

Figura 51. Régimen Extremal de Cota de Inundación para una playa abierta, área V subzona a. Atlas de Inundación. 49

Figura 52. Niveles de referencia área V. Subzona a. Atlas de Inundación. 50

Figura 53. Régimen extremal NM. Área V, subzona a, Atlas de Inundación. 51

Figura 54. Parámetros incluidos en la formulación de Van del Meer y Jansson (1995). Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español. 52

Figura 55. UG de la UC-CA23.5. 55

Figura 56. Batimetría de la zona de estudio. Estudio Ecocartográfico de la Provincia de Cádiz. 57

Figura 57. Mapa geológico del ámbito de estudio. Fuente: Atlas hidrogeológico de la provincia de Cádiz. 58

Figura 58. Mapa geológico del ámbito de estudio. Fuente: Diputación Provincial de Cádiz. . 62

Figura 59. Transporte transversal hacia mar y hacia costa. Fuente: Universidad de Cádiz. . 63

Figura 60. Deriva de playa o *Beach drift*. Fuente: Universidad de Cádiz. 64

Figura 61. Esquema del comportamiento del transporte longitudinal para una playa confinada. Fuente: Universidad de Cádiz 65

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 5/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



Figura 62. Tasas de erosión históricas en el ámbito de estudio. Fuente: Red de información ambiental de Andalucía. 67

Figura 63. Tasas de erosión recientes en el ámbito de estudio. Fuente: Red de información ambiental de Andalucía. 68

Figura 64. Evolución de la línea de costa en el ámbito del Chiringuito, entre 1977 y 2022. . 69

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. 23

Tabla 2. Velocidad más frecuente de vientos predominantes y dirección principal de procedencia por trimestre. Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado. 29

Tabla 3. Estimaciones del Régimen Extremal. Puertos del Estado 40

Tabla 4. Orientación de la Playa de Cala Sardina 46


Tabla 5. SCI (m) para periodos de retorno de 5, 10 y 50 años 49

Tabla 6. SNM para periodos de retorno de 5, 10 y 50 años. 51

Tabla 7. Resumen cálculo de la longitud en la horizontal a la que llega el Ru. 53

Tabla 15. Tasas de erosión en UC-CA23. Fuente: Estrategias para la protección de la costa. 66

Nº Reg. Entrada: 202599902538640. Fecha/Hora: 05/03/2025 14:16:59

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 6/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

1 ANTECEDENTES

El presente estudio se realiza a petición de Dña. Silvia María Luján Scolari, como solicitante de modificación sustancial de concesión de establecimiento expendedor de comidas y bebidas, situado en la playa de Cala de la Sardina, término municipal de San Roque (Cádiz).

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.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 7/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Se trata de una instalación expendedora de comidas y bebidas al servicio de la playa de Cala Sardina, en el término municipal de San Roque.

La parcela se sitúa frente al mar mediterráneo en una playa encajada de arena oscura a las afueras de Torreguadiaro. No existen edificaciones en las proximidades. Se accede desde la autovía A-7 km. 137 y dispone de una amplia zona de aparcamientos.

El periodo de apertura se plantea temporal para esta prórroga extraordinaria, de Semana Santa a 31 de octubre, desmontando una vez finalizado el periodo indicado.


La instalación se corresponde con un chiringuito desarrollado en planta baja. Cuenta con un acceso peatonal desde el aparcamiento situado en la trasera de la playa consistente en una pasarela de madera.

La estructura, con una superficie de ocupación de 89,10 m², se sitúa directamente sobre la lámina de arena, sin pilotar, y se divide en dos zonas:

- Una zona cerrada cuadrangular que recoge la cocina y almacén.
- Otra zona mayor y abierta al exterior, con forma rectangular, donde se sitúa la terraza y una barra.

Además de la estructura principal, se instalan dos módulos de aseos de 1,5 m² cada uno, a disposición de los usuarios de la playa y situados tras el chiringuito.

Cuenta con una fosa estanca, que se encuentra enterrada en la parte trasera del chiringuito. Los residuos generados son retirados periódicamente por gestor autorizado.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 8/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

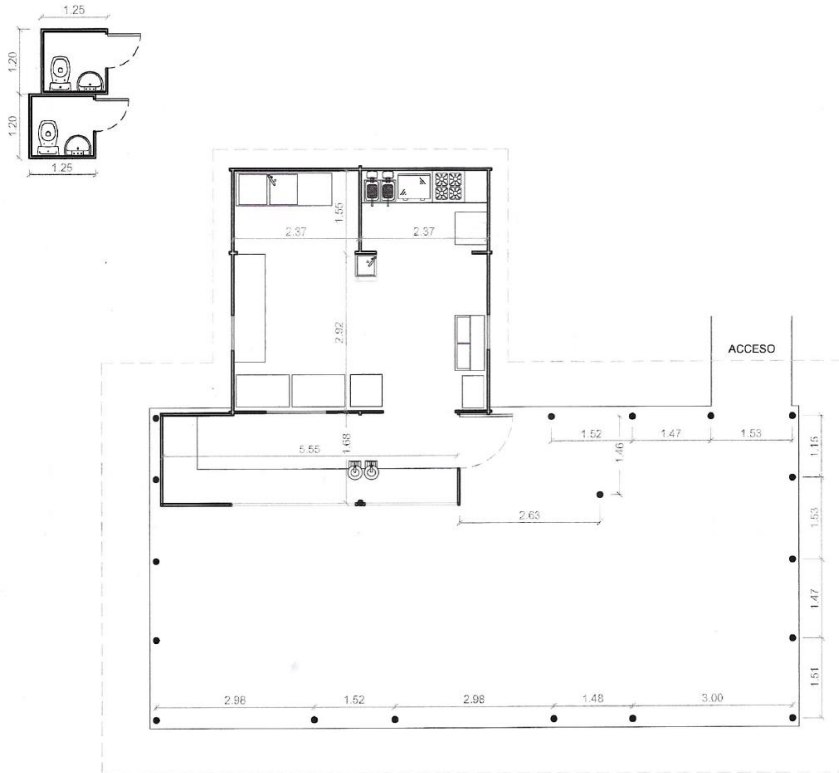


Figura 1. Planta de establecimiento.

4 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD FISIAGRÁFICA

La playa de Cala Sardina constituye una playa de tipo aislada, encajada en la costa acantilada de la falda de la Sierra Chullera, extendiéndose hasta la desembocadura del Arroyo de Calataraje, límite del T.M y de la Provincia de Cádiz. Presenta una longitud aproximada de 862 m de longitud y 47 m de anchura media, con una orientación SSW-NNE.

Está formada por dos calas arenosas, separadas entre sí por una zona de acantilado asociado a una pequeña plataforma de abrasión en su base.

La instalación objeto de este estudio, estaría ubicada en la playa más grande y la que concentra los servicios y equipamientos de la playa (Catálogo de playas de la Provincia de Cádiz, 2011).


	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 9/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	





Figura 2. Vista aérea de la Playa Cala Sarda.

La playa y su entorno presentan varias unidades fisiográficas. Según el Mapa de Unidades Fisiográficas del Litoral de Andalucía (2013), la playa se correspondería con formaciones sedimentarias litorales (playa seca, *backshore*) y su parte trasera con formaciones dunares. Los límites de la línea de costa de esta playa, tanto al norte como al sur, están catalogados como plataformas de abrasión. (Figura 3).

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 10/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

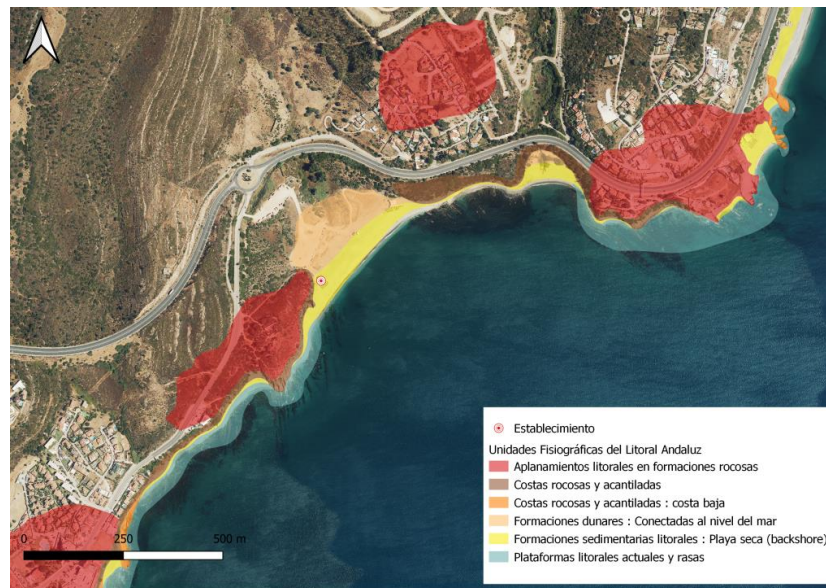


Figura 3. Unidades fisiográficas del litoral en el ámbito de estudio. Fuente: REDIAM

En la parte trasera de la playa se ubica un herbazal, desembocando en una zona de la playa un arroyo estacionario, y situado al NW de la misma, se encuentran los suelos urbanizados del poblado de San Diego.

El entorno de la playa presenta un alto valor paisajístico, conservando la vegetación natural, por lo que el Plan de Protección del Corredor del Litoral de Andalucía lo incorporaba en su diagnóstico como un elemento posicional de relevancia, que favorezca la ruptura entre los desarrollos turísticos de Torre Guadiaro, Las Colinas-Punta Europa y San Diego- Punta Chullera.

Desde el punto de vista de infraestructuras, la zona trasera de la playa está interrumpida por el paso de la Autovía A-7, que sirve como vía de acceso a la misma a la altura del kilómetro 137.

Los servicios y equipamientos de los que dispone esta playa son:

- Acceso y servicio de baño para personas con discapacidad.
- Aseos y duchas.
- Servicio de vigilancia, salvamento y primeros auxilios.
- Accesos a la playa.
- Parking.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 11/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



- Chiringuito de temporada y alquiler de hamacas.

El establecimiento expendedor de comidas y bebidas se sitúa sobre la unidad fisiográfica de la playa de Cala Sardina y por tanto, dentro de la ribera del mar, en el T.M. de San Roque.

El ámbito de actuación está fuera de los límites de espacios naturales protegidos. El más cercano es la ZEC del Estuario del Río Guadiaro, código ES6120003, situado a más de 3km de distancia al establecimiento.

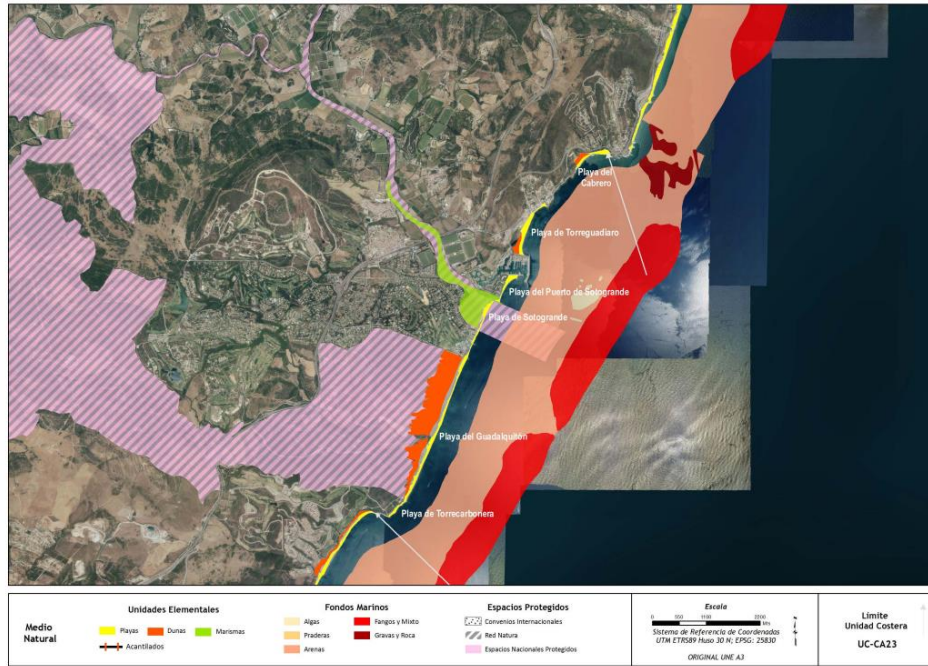


Figura 4. Unidades Fisiográficas del Litoral en el área de estudio. Fuente: Estrategia para la protección de la costa de la provincia de Cádiz, Málaga y Almería, considerando los efectos del cambio climático.



5 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La zona de actuación se ubica en la zona inferior de la Playa de Cala Sardina.

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

X: 292.175

Y: 4.020.586


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

DL-43-CA (O.M. 25/09/1997)

Se ubica entre los hitos 95 y 96 del dominio público marítimo terrestre.



Figura 5. Ubicación geográfica de la instalación.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 13/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

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 Cala Sardina.

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 orden.

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	
Erosión/sedimentación 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.

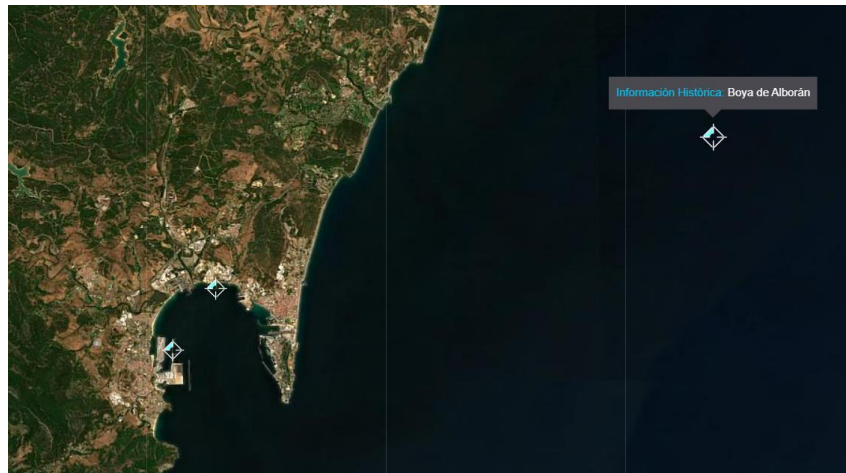
Estos datos se comparan con los obtenidos por la Red SIMAR, derivados de modelos numéricos y que incorporan los resultados del subconjunto SIMAR-44 y el subconjunto WANA.

En el caso de la costa de Cala Sardina y en la latitud en la que se sitúa la unidad fisiográfica objeto de estudio, los datos de referencia de la Red de Aguas profundas se han tomado de la Boya de Alborán, aunque esta estación se encuentra inactiva desde 2006.

Inició su actividad en el año 1997 y ha registrado datos en continuo hasta el 25 de febrero de 2006 de los parámetros que caracterizan el régimen de vientos en la zona.

En la Figura 7 se resumen las características de situación de la Boya.


CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 15/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			



Longitud	5.03° O
Latitud	36.27° N
Cadencia	1 Min
Código	2542
Profundidad	530 m
Inicio de medidas	14-6-1997
Última medida	25-2-2006
Tipo de sensor	Direccional Oce-Met.
Modelo	SeaWatch
Comentarios	Estacion cerrada por alta siniestralidad
Conjunto de datos	REDEXT

Figura 7. Ubicación de la Boya de Alborán. Puertos del Estado.

Como punto SIMAR más próximo a la zona de estudio, se utilizará el referenciado como **SIMAR 6074032**. Este punto se ubica en las coordenadas 36.28°N y 5.25°O, (Figura 8).

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 16/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

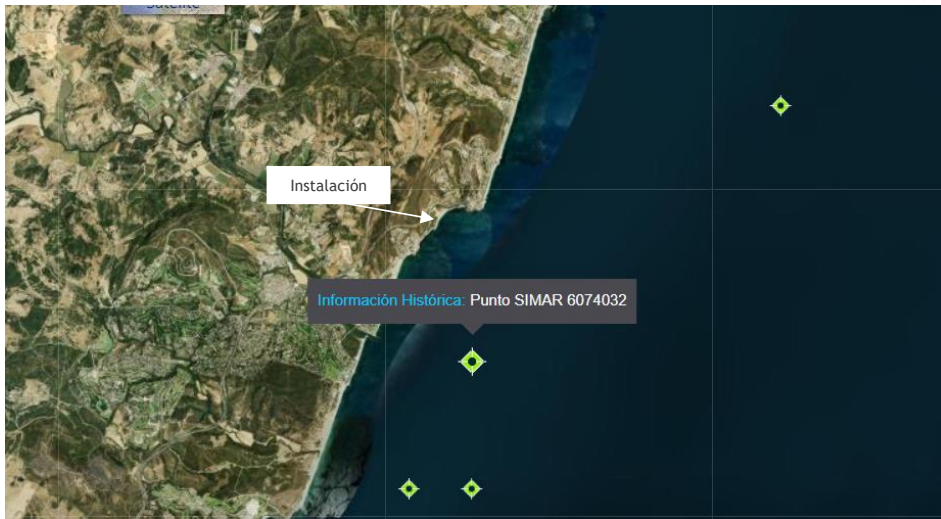


Figura 8. Ubicación del punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

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, de 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).

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 17/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



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

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 18/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

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.

Así, los datos de referencia tomados se resumen en la siguiente figura:

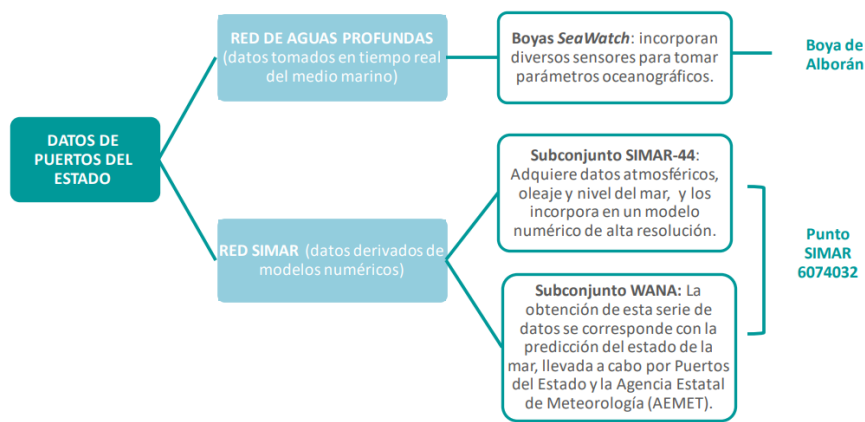


Figura 9. Fuentes de datos oceanográficos de referencia de Puertos del Estado.

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 influencia natural.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 19/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



De entre los datos tomados en tiempo real relativos al viento, los más cercanos a la zona de estudio se corresponden con la Boya de Alborán, aunque se encuentra inactiva desde 2006.

La rosa de los vientos que ofrece los registros de la Boya de Alborán aparece en la Figura 10, y representa valores obtenidos a lo largo de todo el periodo de actividad de la boya (periodo 1997-2006). Se puede observar un claro predominio de los vientos procedentes del W, superando los 4 m/s la mayoría de las veces. Le siguen los vientos del WSW y ENE. Las componentes norte y sur se encuentran escasamente representadas. En cuanto a la velocidad del viento, las mayores registradas se corresponden con los vientos de componente oeste.

Rosa de Velocidad Media (m/s) para Viento - Boya de Alborán
Periodo: 1997 - 2006 - Eficacia: 0.65%

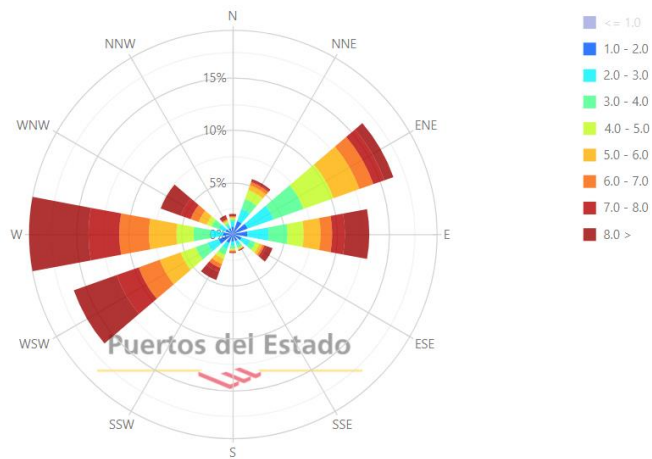


Figura 10. Rosa de los vientos. Boya de Alborán. Puertos del Estado.

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.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 20/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



Rosa de Velocidad Media (m/s) para Viento - Boya de Alborán
 Periodo: Invierno (1997 - 2006) - Eficacia: 0.72%

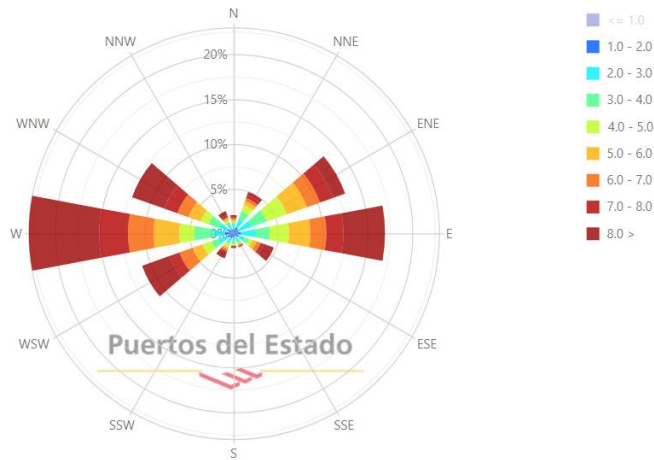


Figura 11. Rosa de los vientos. Invierno (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.

Rosa de Velocidad Media (m/s) para Viento - Boya de Alborán
 Periodo: Primavera (1997 - 2006) - Eficacia: 0.78%

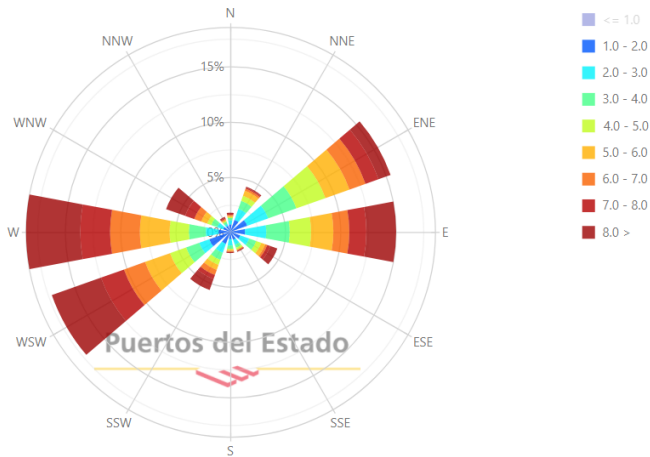


Figura 12. Rosa de los vientos. Primavera (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 21/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



Rosa de Velocidad Media (m/s) para Viento - Boya de Alborán
 Periodo: Verano (1997 - 2006) - Eficacia: 0.53%

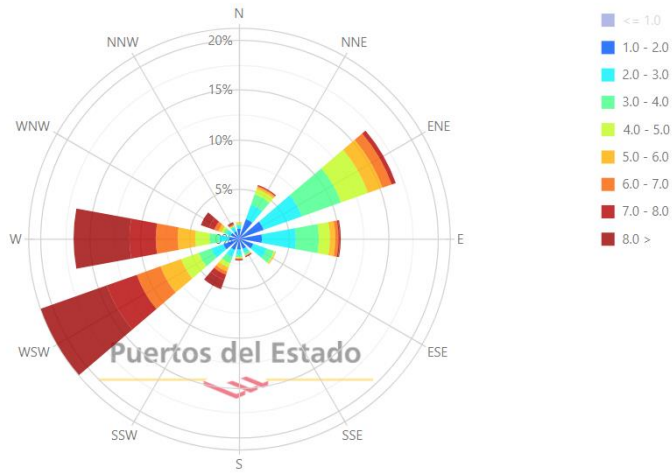


Figura 13. Rosa de los vientos. Verano (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.

Rosa de Velocidad Media (m/s) para Viento - Boya de Alborán
 Periodo: Otoño (1997 - 2006) - Eficacia: 0.56%

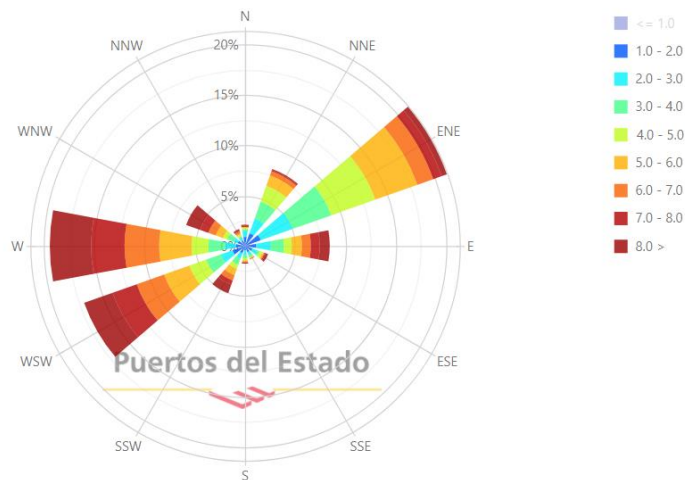


Figura 14. Rosa de los vientos. Otoño (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 22/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



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 1997-2006 (desde el inicio hasta el final de la toma de datos). En general, predominan los vientos del oeste, con componente sur en verano. Las velocidades de los vientos predominantes son muy elevadas, prevaleciendo las superiores a 8 m/s.

Periodo del año	Origen	Velocidad media (m/s)
Dic-feb	W	>8
Mar-may	W	>8
Jun-ago	WSW	>8
Sep-nov	W	>8

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

Atendiendo a la velocidad media del viento (sin discriminar por dirección de procedencia), se observa cierta diferencia entre periodos estacionales, con descenso en la velocidad media durante el verano.

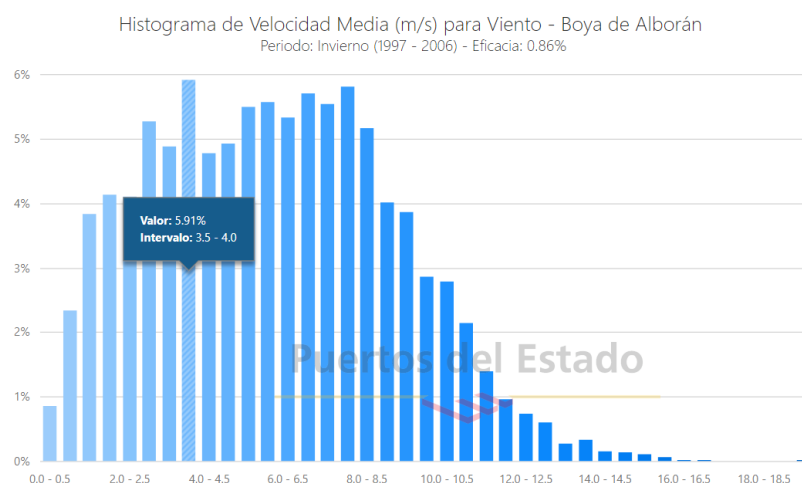


Figura 15. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para el periodo de invierno en los años 1997-2006. Boya de Alborán. Puertos del Estado.



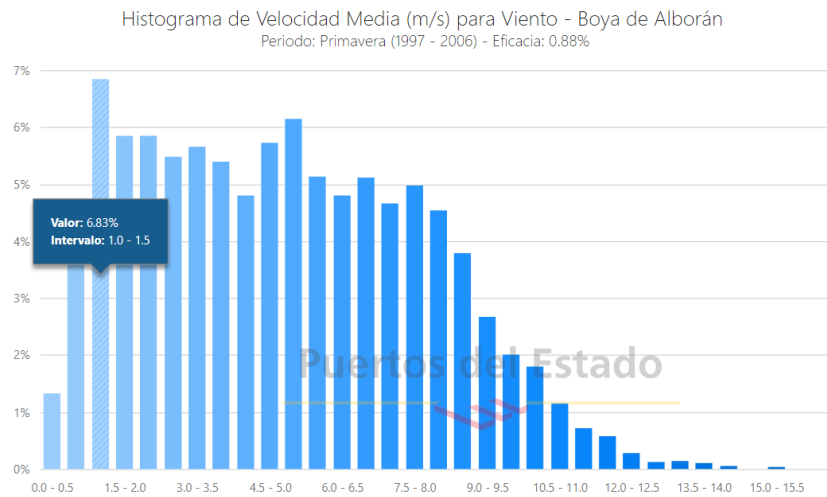


Figura 16. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para el periodo de primavera en los años 1997-2006. Boya de Alborán. Puertos del Estado.

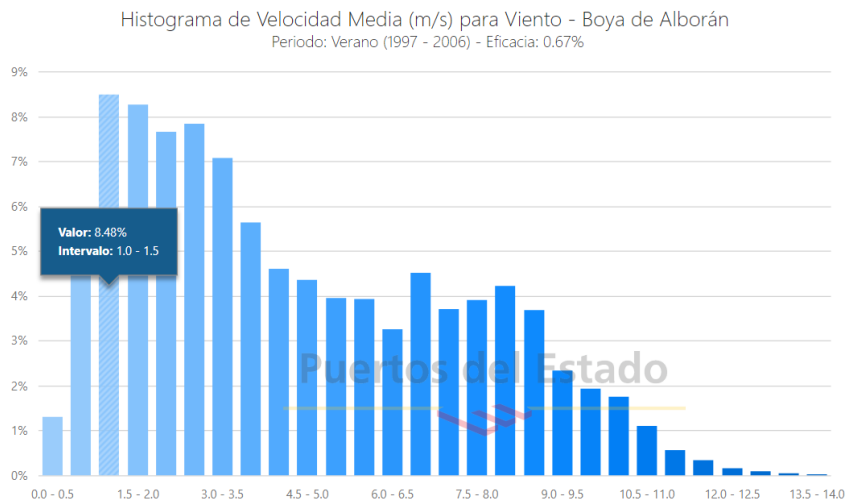


Figura 17. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para el periodo de verano en los años 1997-2006. Boya de Alborán. Puertos del Estado.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 24/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



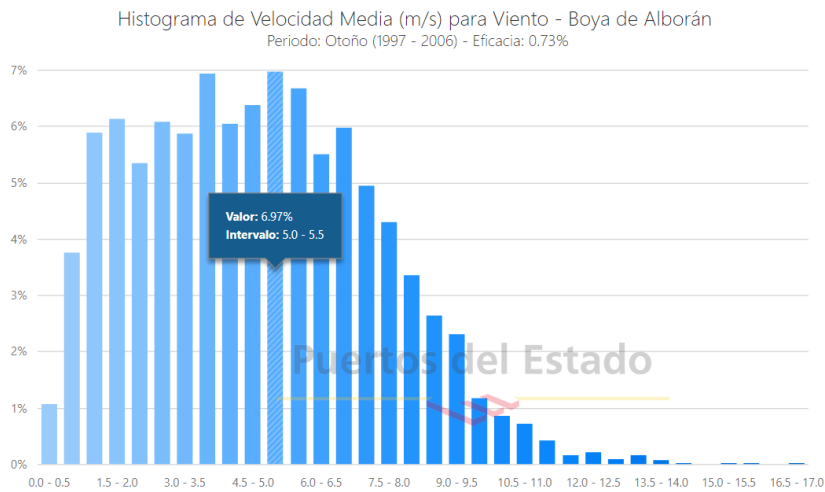


Figura 18. Histograma. Velocidad media del viento más frecuente para el periodo de otoño en los años 1997-2006. Boya de Alborán. Puertos del Estado.

Observando el gráfico de medias mensuales de velocidad del viento registradas, se obtiene que la mayor parte de los datos se encuentran entre 4-6 m/s. En cuanto a los máximos, se observa que suelen situarse por encima de los 10 m/s, superando rara vez los 16 m/s. El máximo histórico registrado se corresponde con 19,10 m/s en febrero de 2001.

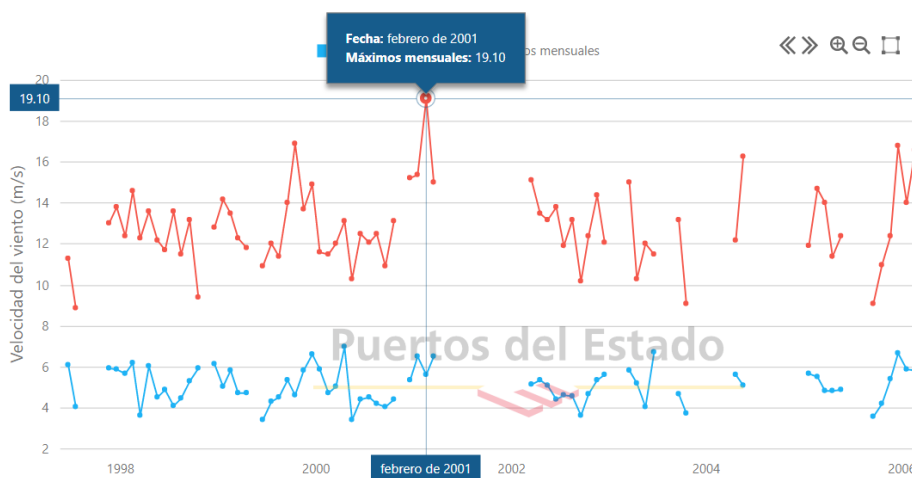


Figura 19. Medias y máximos mensuales de velocidad del viento. Boya de Alborán (1997-2006). Fuente: Puertos del Estado.

A continuación, se muestran los resultados en el punto SIMAR 6074032, más próximo a la zona de estudio, a lo largo de todo el periodo de funcionamiento del punto SIMAR (desde 2005 hasta la actualidad).

Se observa que predominan tanto los vientos procedentes del Este y del Oeste, superando con frecuencia los 8 m/s (Fig. 20-24), tanto para el periodo global como para los periodos estacionales.

Rosa de Velocidad Media (m/s) para Viento - Punto SIMAR 6074032
Periodo: 2005 - 2024 - Eficacia: 88.17%

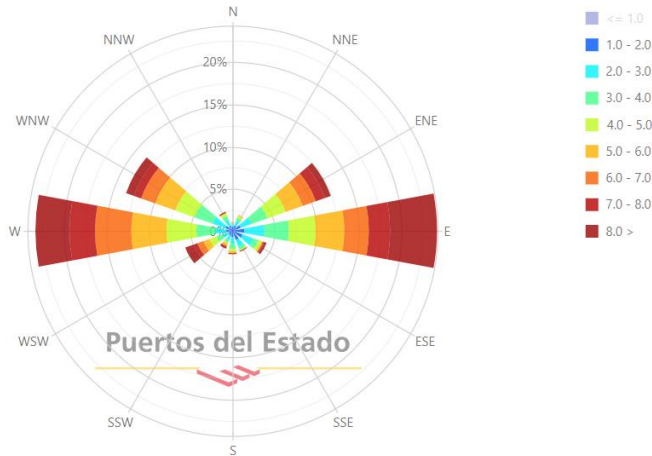


Figura 20. Rosa de los vientos. Media anual (2005-2024) Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 26/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

Rosa de Velocidad Media (m/s) para Viento - Punto SIMAR 6074032
 Periodo: Invierno (2005 - 2024) - Eficacia: 90.06%

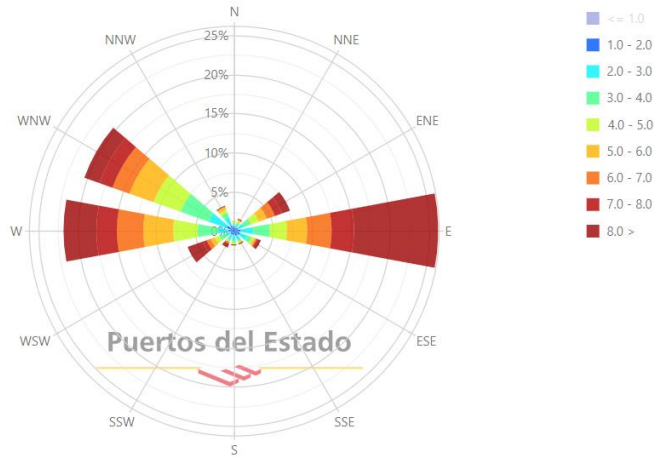


Figura 21. Rosa de los vientos. Invierno (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

Rosa de Velocidad Media (m/s) para Viento - Punto SIMAR 6074032
 Periodo: Primavera (2005 - 2024) - Eficacia: 89.38%

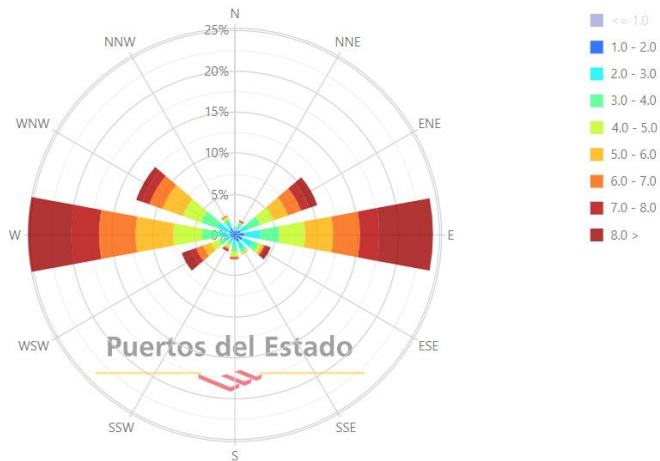



Figura 22. Rosa de los vientos. Primavera (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 27/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

Rosa de Velocidad Media (m/s) para Viento - Punto SIMAR 6074032
 Período: Verano (2005 - 2024) - Eficacia: 84.74%

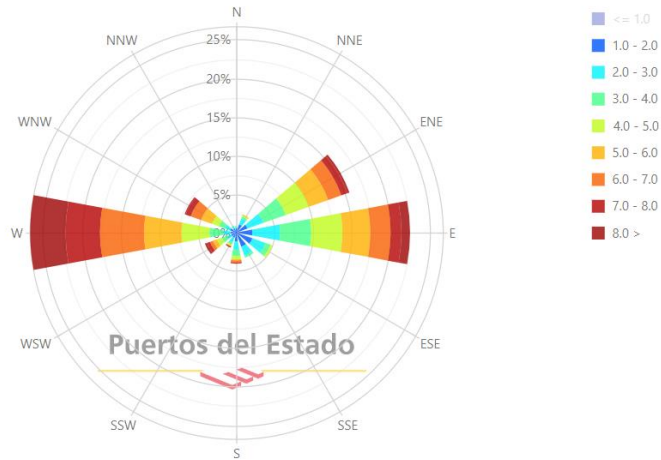


Figura 23. Rosa de los vientos. Verano (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

Rosa de Velocidad Media (m/s) para Viento - Punto SIMAR 6074032
 Período: Otoño (2005 - 2024) - Eficacia: 88.55%

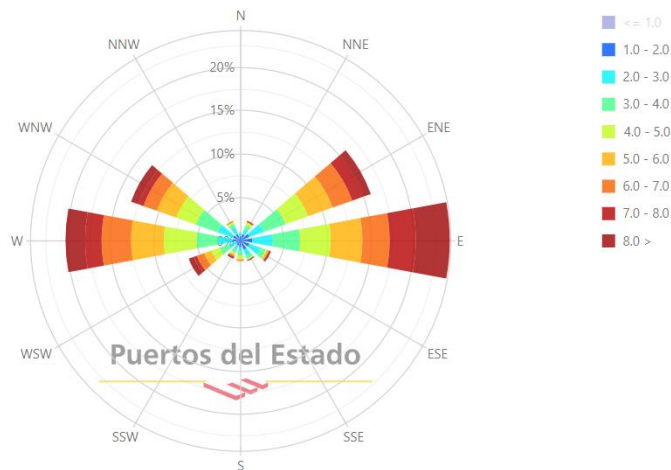



Figura 24. Rosa de los vientos. Otoño (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 28/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

La procedencia de los vientos difiere ligeramente entre periodos estacionales, con predominio de vientos del este en otoño e invierno y del oeste en primavera y verano. Las velocidades más frecuentes en los vientos predominantes se encuentran por encima de los 8 m/s.

Periodo del año	Origen	Velocidad más frecuente (m/s)
Dic-feb	E	>8
Mar-Mayo	W	>8
Junio-Ago	W	>8
Sep-Nov	E	>8

Tabla 2. Velocidad más frecuente de vientos predominantes y dirección principal de procedencia por trimestre. Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

Comparando los resultados obtenidos del punto SIMAR 6074032 con los recogidos por la Boya de Alborán, se observa que crece en importancia la componente este de los vientos.

Con respecto a los máximos, los valores del punto SIMAR 6074032 resultan ligeramente más elevados que los registrados por la Boya de Alborán. Los valores medios se sitúan entre 5 y 6 m/s, mientras que los máximos obtenidos se sitúan en su mayoría entre 10 y 17. El máximo valor obtenido en el periodo estudiado (2005-2024) es de 22,59 m/s en octubre de 2008, muy por encima del resto.

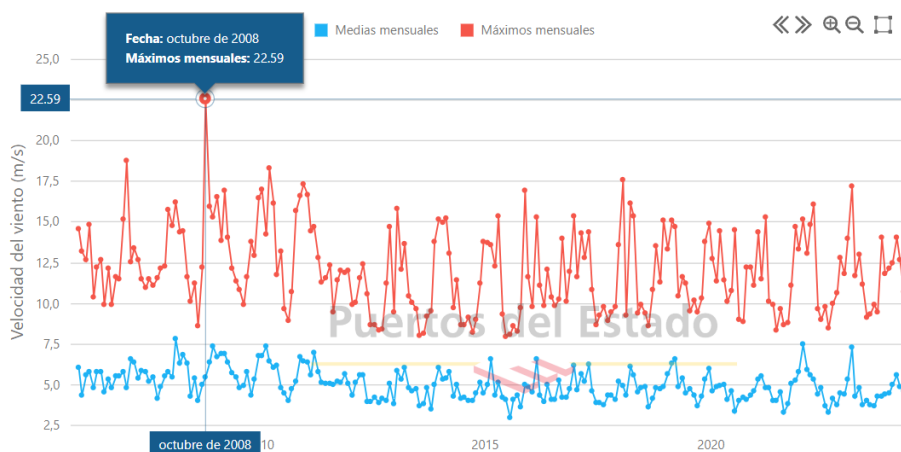


Figura 25. Velocidad del viento, Punto SIMAR 6074032. Medias y máximas mensuales en los años 2005-2024. Puertos del Estado.

En definitiva, considerando la ubicación del establecimiento objeto de estudio y los vientos predominantes, éstos incidirían sobre el establecimiento procedentes tanto del mar como del interior.

Por otro lado, se considera que, para que se inicie la removilización de arena seca 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 con frecuencia, por lo que la arena seca sería removilizada y transportada a lo largo de la playa, encontrando en la instalación un obstáculo.

Por tanto, la presencia de la instalación puede suponer una barrera puntual al transporte sedimentario por acción del viento que provoque la acumulación de arena en la parte frontal o trasera (en función de la procedencia del viento). Sin embargo, no se considera una barrera de tal magnitud como para que afecte a la circulación general del viento. La alteración del flujo de viento resulta puntual y localizada, sin que por ello se afecte a los patrones naturales.

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.

En este caso, se comparan los datos reales obtenidos por la Boya de Alborán con los estimados por el punto SIMAR 6074032.

Así, del análisis direccional del oleaje registrado por la **Boya de Alborán** se obtiene la representación de la rosa de oleaje para este punto (Figura 266).

Se observa un claro predominio del oleaje procedente del este, preferentemente con cierta componente sur (oleaje del ESE), aunque es el del Este el que alcanza mayores alturas. La altura significativa de ola más frecuente se encuentra entre 0.5 y 1 metro, con más del 80% del oleaje incidente con una altura significativa por debajo de un metro. En casos excepcionales, se han registrado alturas que han superado los 4 metros.

En cuanto al periodo de pico, existe gran variabilidad, con la mayoría de los valores concentrados entre 2,5 y 7.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 30/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

Rosa de Altura Significante (m) para Oleaje - Boya de Alborán
 Periodo: 1997 - 2006 - Eficacia: 0.20%

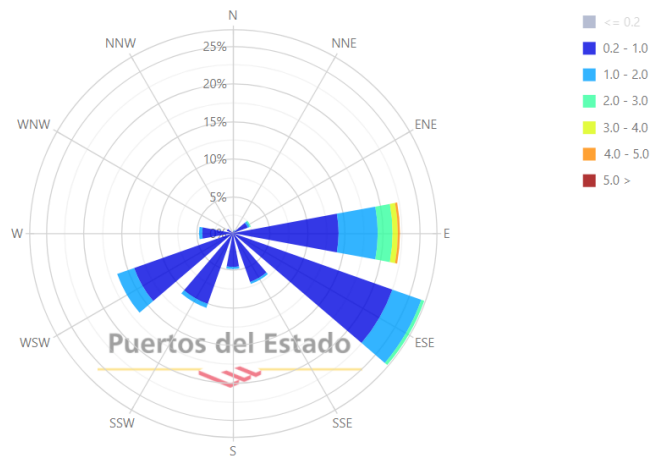
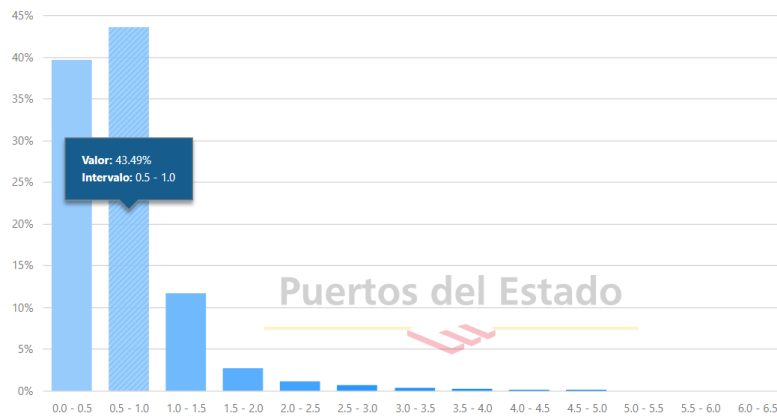


Figura 26. Rosa de oleaje. Boya de Alborán. Puertos del Estado.

Histograma de Altura Significante (m) para Oleaje - Boya de Alborán
 Periodo: 1997 - 2006 - Eficacia: 0.84%



Nº Reg. Entrada: 202599902538640. Fecha/Hora: 05/03/2025 14:16:59

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 31/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



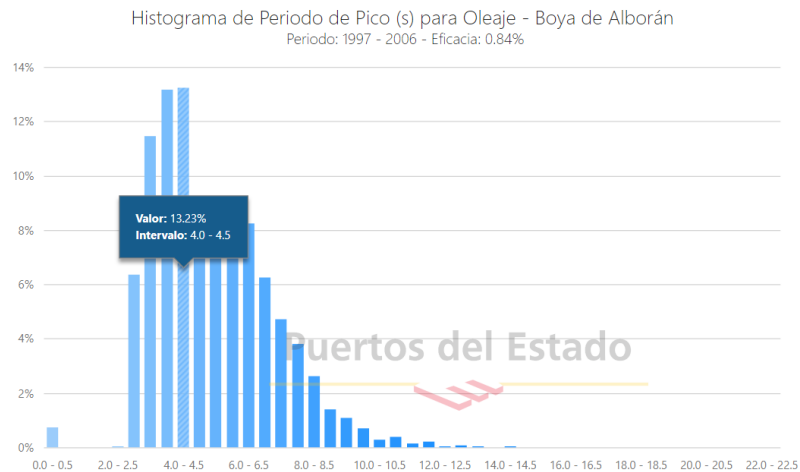


Figura 27. Histogramas. Periodo de pico y altura significativa de ola. Boya de Alborán. Puertos del Estado.

Observando la variabilidad estacional, los oleajes de mayor altura se obtienen en primavera e invierno. La mayor parte de los valores se distribuyen entre los rangos de 0-0.5 y 0.5-1 metro. Verano es el periodo más tranquilo desde el punto de vista de los temporales, con oleajes que rara vez superan los 1.5 metros de altura y que se mantienen por debajo de los 2.5 metros.

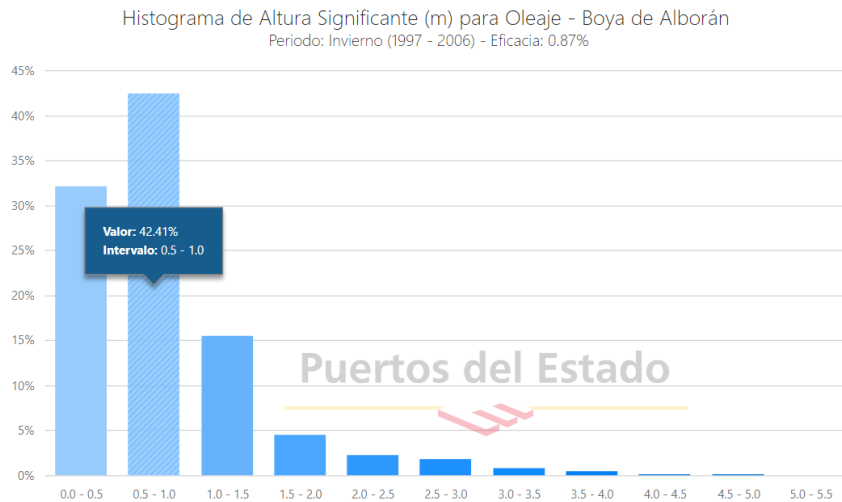


Figura 28. Histograma de altura significativa de ola. Invierno (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 32/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



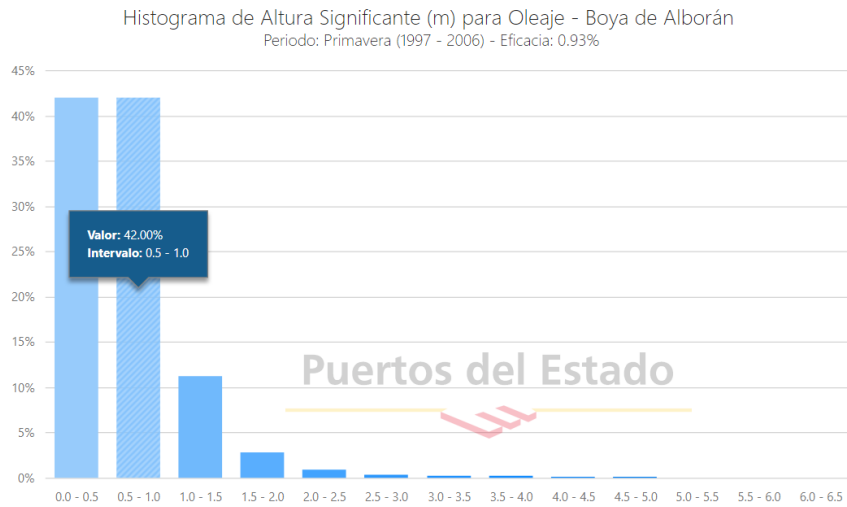


Figura 29. Histograma de altura significativa de ola. Primavera (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.

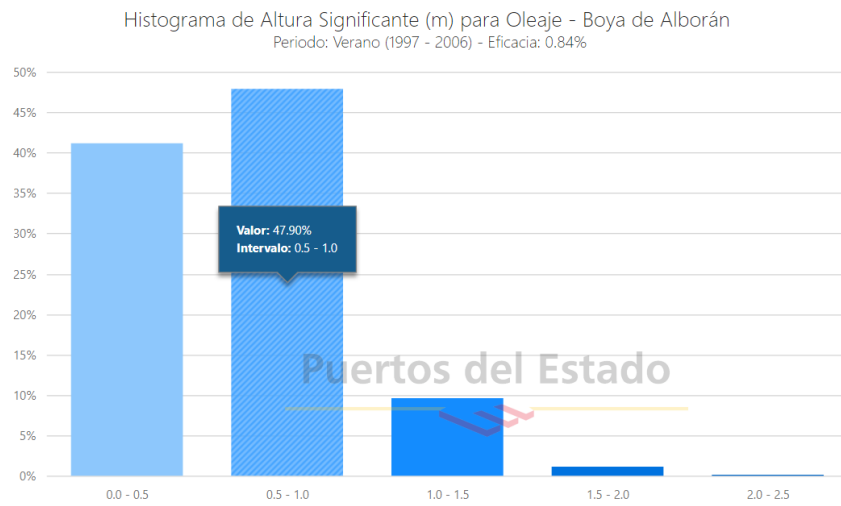


Figura 30. Histograma de altura significativa de ola. Verano (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.



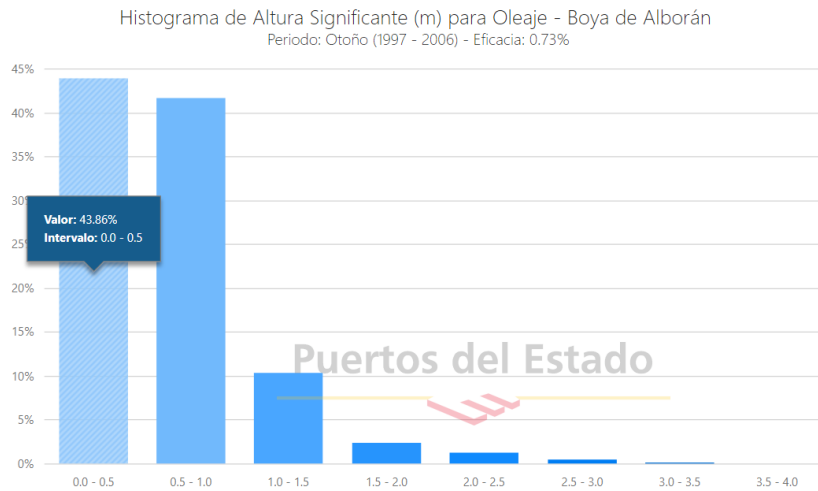


Figura 31. Histograma de altura significativa de ola. Otoño (1997-2006). Boya de Alborán. Puertos del Estado.

En la Figura 32 se presenta un gráfico que corresponde a la altura significativa máxima y media mensual para todo el periodo operacional de la Boya de Alborán. Los valores medios oscilan entre 0,5 y 1 aproximadamente, con una mayoría en torno a 0,6. Los valores máximos se sitúan entre los 1-4 metros de altura, sobrepasando los 4 metros rara vez. El valor máximo alcanzado fue registrado en marzo de 2003, con 6,18 metros.

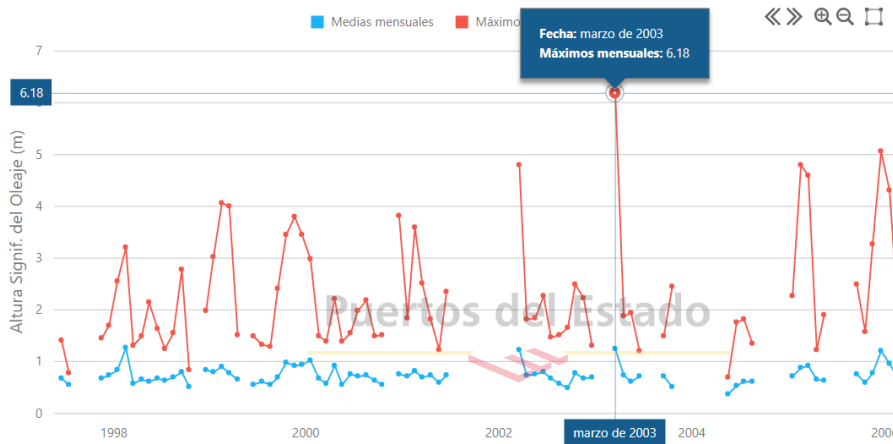


Figura 32. Gráfico de altura significativa de ola máxima y media mensual para un periodo comprendido entre 1997 y 2006. Boya de Alborán. Puertos del Estado.

Al observar la rosa de oleaje según los datos recogidos por el punto SIMAR 6074032, prácticamente todos los frentes de oleaje que se aproximan a la playa de Cala Sardina proceden del este (Figura 33), lo que resulta lógico, dada la orientación de la costa.

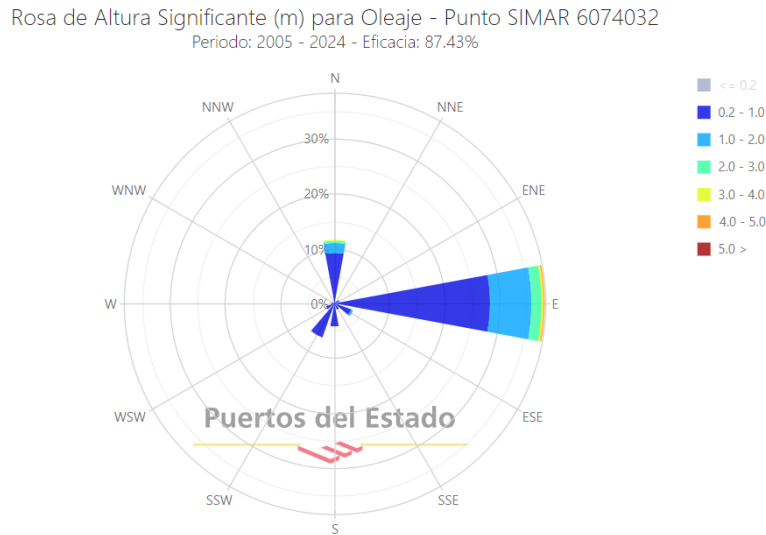


Figura 33. Rosa de oleaje punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

Atendiendo a la altura de ola significativa, las alturas medias más frecuentes oscilan entre 0,2 y 1 metro.

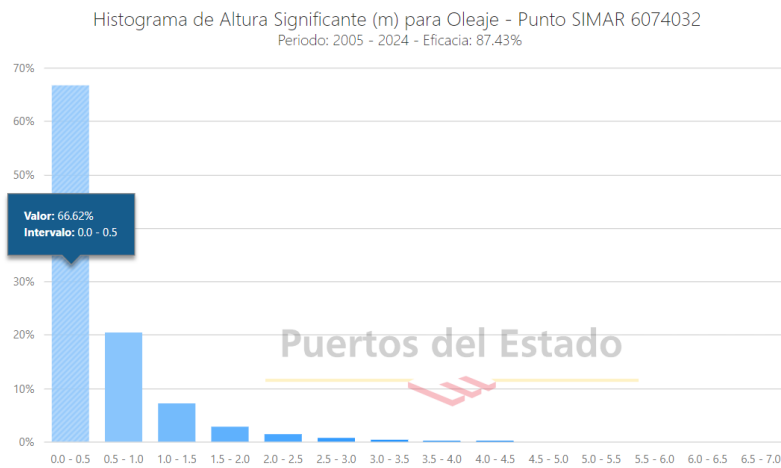


Figura 34. Histograma de altura significativa de ola (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 35/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



Analizando la variación estacional, se observa que, al igual que ocurría con los datos registrados por la boya, verano es el periodo más tranquilo, frente a primavera e invierno, que alcanzan alturas de ola mayores, aunque en ocasiones puntuales. En este caso, el punto SIMAR muestra una mayor proporción de oleaje por debajo de un metro de altura para todo el año, de manera que las alturas de ola por encima de este valor son menos frecuentes cerca de costa que en mar abierto.

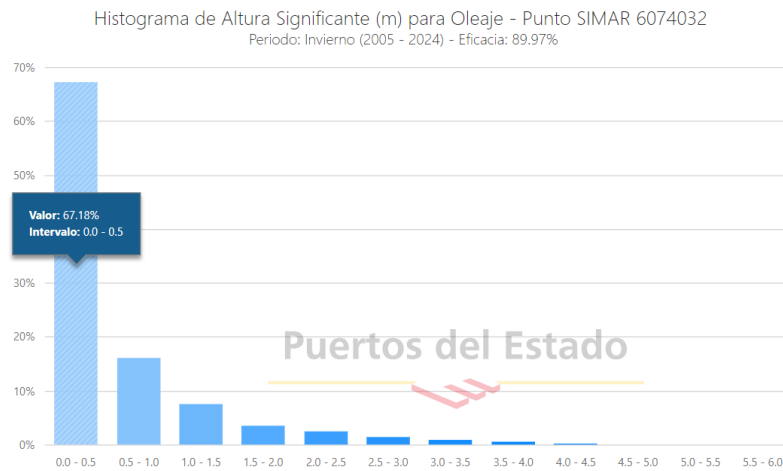


Figura 35. Histograma de altura significativa de ola. Invierno (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

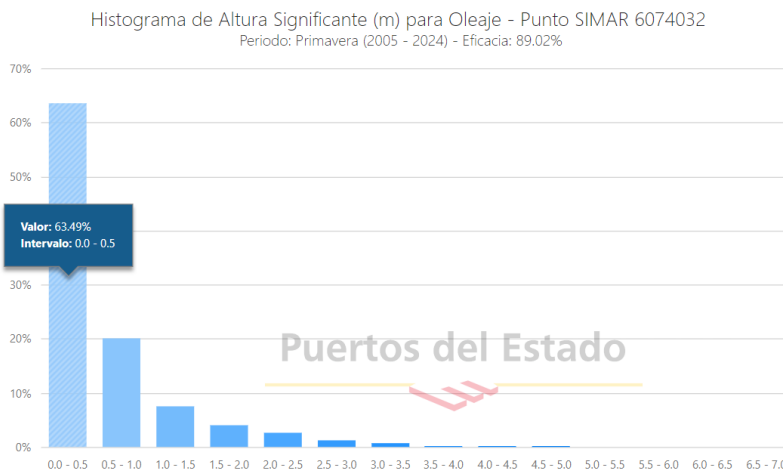



Figura 36. Histograma de altura significativa de ola. Primavera (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 36/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

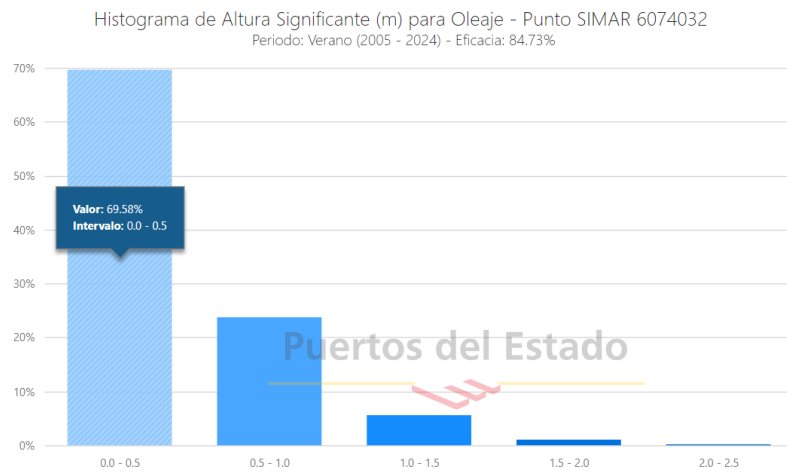


Figura 37. Histograma de altura significativa de ola. Verano (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

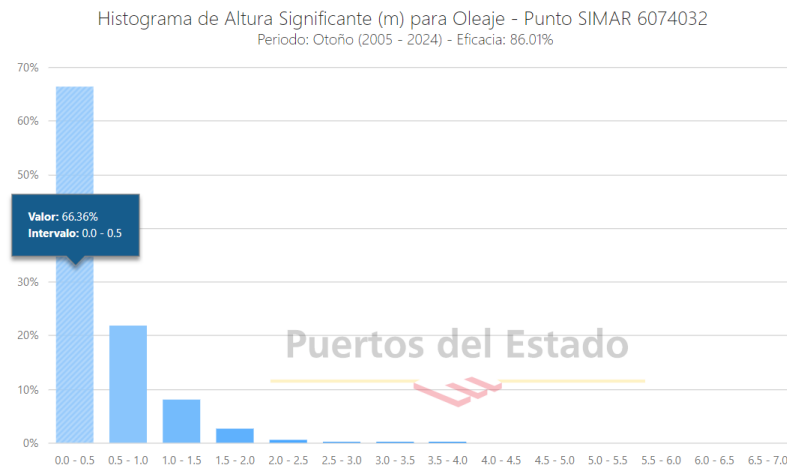


Figura 38. Histograma de altura significativa de ola. Otoño (2005-2024). Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

En cuanto a los valores máximos de altura significativa de ola, siguen la misma tendencia que los registrados por la boya de Alborán, con medias en torno a 0,5 metros y máximos entre 1 y 4 metros, sobrepasando este último valor puntualmente. Así, la altura máxima de ola obtenida se corresponde con 6,55 metros en octubre de 2008.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 37/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



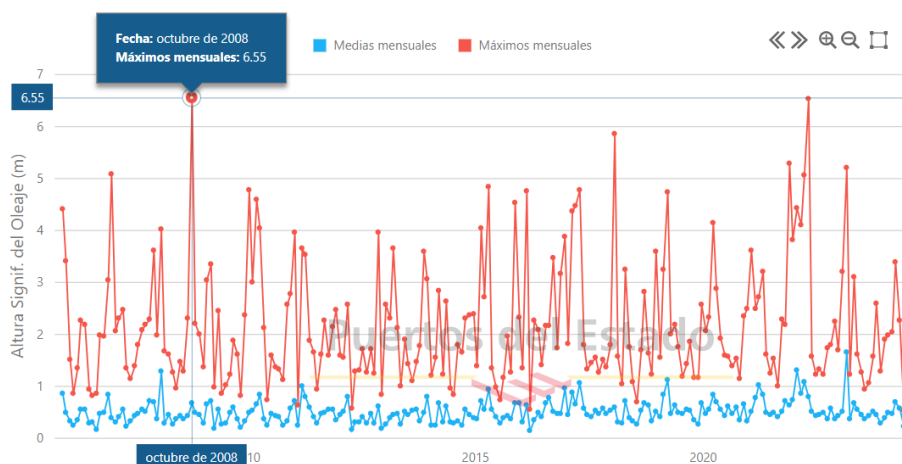


Figura 39. Gráfico de altura significativa de ola máxima y media mensual para un periodo comprendido entre 2005 y 2024. Punto SIMAR 6074032. Puertos del Estado.

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 40, se representa el régimen medio del oleaje calculado por Puertos del Estado para la Boya de Alborán. El periodo analizado es global entre los años 1997 y 2006. 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 3,00 metros. No obstante, la probabilidad de alcanzar alturas por encima de 1,30 metros es muy pequeña, encontrándose, en el 90 % de los casos, valores por debajo de este umbral.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 38/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

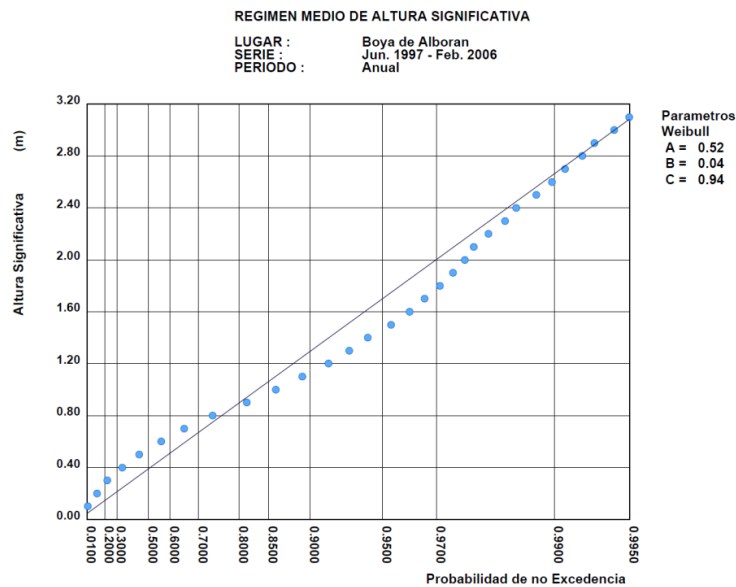


Figura 40. Régimen medio del oleaje. Boya de Alborán. Puertos del Estado

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 (Figura 41).

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 39/77
VERIFICACIÓN	PEGVENTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLEAJE

LUGAR : Alborán
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Jun. 1997 - Feb. 2006
 PROFUNDIDAD : 530.0

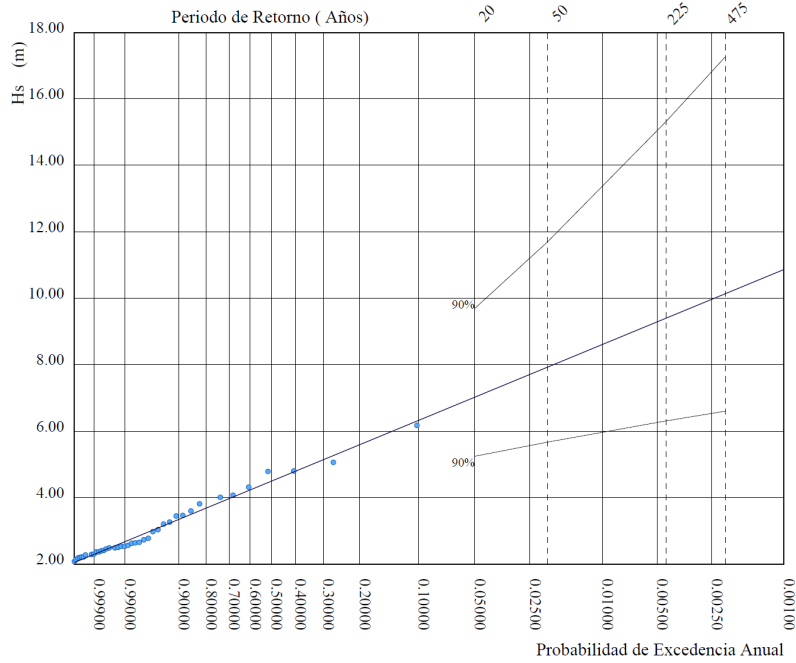


Figura 41. Régimen Extremal de Oleaje. Boya de Alborán. Puertos del Estado

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	7,00
50	7,87

Tabla 3. Estimaciones del Régimen Extremal. Puertos del Estado



6.4 COTA DE INUNDACIÓN

El régimen de inundación alcanzado por una playa por acción de la dinámica marina y meteorológica es un fenómeno especialmente complejo, tanto por el gran número de elementos que intervienen en el proceso de inundación, como por la interacción entre dichos elementos.

El fenómeno de inundación en una playa puede ser representado de acuerdo al siguiente esquema (Figura 42). En un instante determinado, la playa está caracterizada por un nivel de marea (NM) compuesto por la marea astronómica y la marea meteorológica (MA+MM) y una batimetría. Sobre dicho nivel de marea se encuentra el oleaje que, en función de sus características y de la batimetría de la playa, se propaga hacia la costa. Al alcanzar la costa, el oleaje rompe en la playa, produciéndose un movimiento de ascenso de la masa de agua a lo largo del perfil de playa run-up (RU). Todos estos factores están relacionados entre sí. Además de la interacción entre los elementos (oleaje-batimetría-nivel de marea-ascenso), el fenómeno de la inundación presenta la complicación añadida de que algunos de los factores (oleaje, viento...) son variables aleatorias y, por tanto, su presentación está sujeta a una determinada probabilidad.

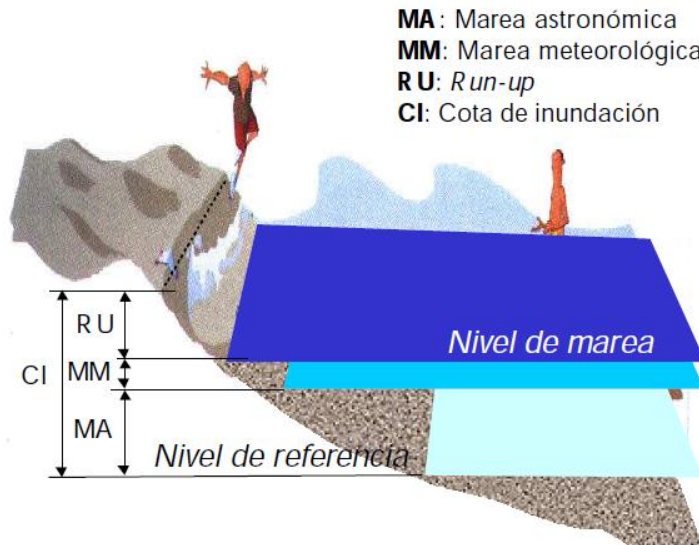


Figura 42. Factores que afectan a la cota de inundación. Fuente: Atlas de Inundación.

Por consiguiente, la determinación de la cota de inundación es un problema estocástico de extremos. Una de las consecuencias de que sea un problema

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 41/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



estocástico, es que **no existe un “límite determinista al que llegan las olas durante el peor temporal”**, sino que cada nivel tendrá “una probabilidad de ser sobrepasado en un temporal determinado”. Por lo tanto, el objetivo que se plantea es la obtención de la función de distribución de la cota de inundación.

Así, para la simulación de la cota de inundación en la unidad fisiográfica objeto de estudio se ha utilizado como referencia el Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español. Este trabajo desarrolla una metodología para simular la *Cota de inundación* (S_{CI}), la cual se puede expresar como la suma de las siguientes componentes:

$$S_{CI}(t) = S_{MA}(t) + S_{MM}(t) + R_U(t)$$

Donde:

$S_{CI}(t)$: Cota de Inundación

S_{MA} : Marea astronómica

S_{MM} : Marea meteorológica

R_U : Run-up

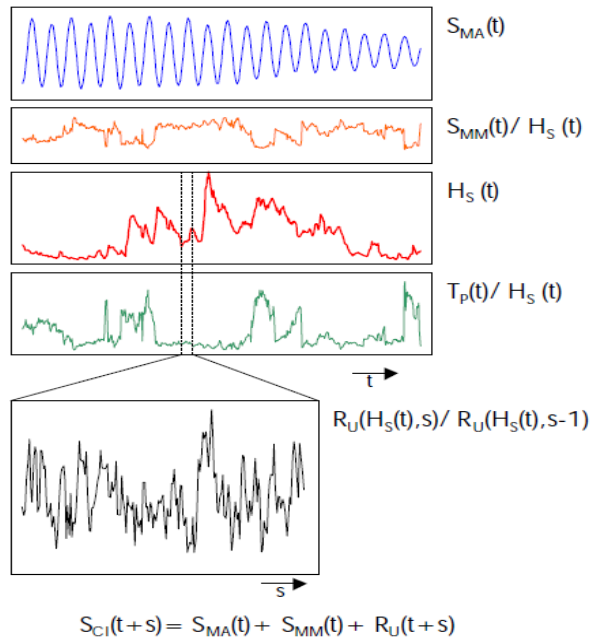


Figura 43. Componentes de SCI. Atlas de Inundación.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 42/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



La S_{CI} es, por tanto, la suma del efecto de ascenso del nivel del mar en la playa debido al efecto de la marea astronómica (S_{MA}), la marea meteorológica (S_{MM}) y el run-up (R_U).

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 en torno 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 Inundación del Litoral Peninsular Español.

I. Zonificación:

El Atlas de Inundación 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

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 43/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



La unidad fisiográfica de estudio se encuentra en el “AREA V”. Al tener en cuenta las variaciones del efecto de la marea astronómica, éste área queda dividida en dos subzonas, de las cuáles la “SUBZONA a” es la que se encuadra la zona de estudio.

En la Figura 44 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 Algeciras, el Mareógrafo de Málaga, y por otro lado los registrados de oleaje por la Boya de Málaga (Figs. 45-46).

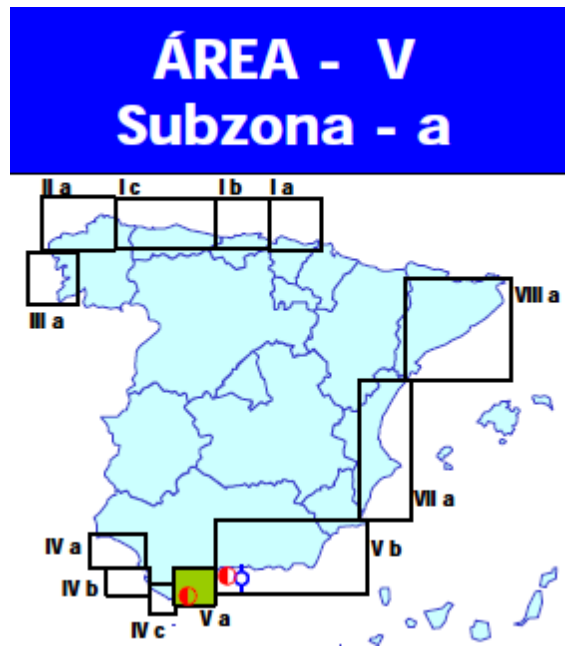


Figura 44. Ubicación del área V y subzona a. Atlas de Inundación.


	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 44/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			



Figura 45. Localización de la Información Instrumental. Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español

INFORMACIÓN ANALIZADA			
MAREA ASTRONÓMICA		OLEAJE	
Mareógrafo	Algeciras	Boya	Málaga
Situación	36°07' N 05°26' W	Situación	36°41'30"N 04°25'W
Período medida	1993	Profundidad	25 m
		Período medida	1992 / 1997
MAREA METEOROLÓGICA		OBSERVACIONES VISUALES	
Residuo Nivel del Mar del Mareógrafo de Málaga		Cuadrícula: 35°N - 37°N 2°W - 5,6°W	
		Período medida: 1950-1985	

Figura 46. Información analizada. Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español

II. Orientación de la Playa de Cala Sardina

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 Inundación para todas las playas en función de su orientación.

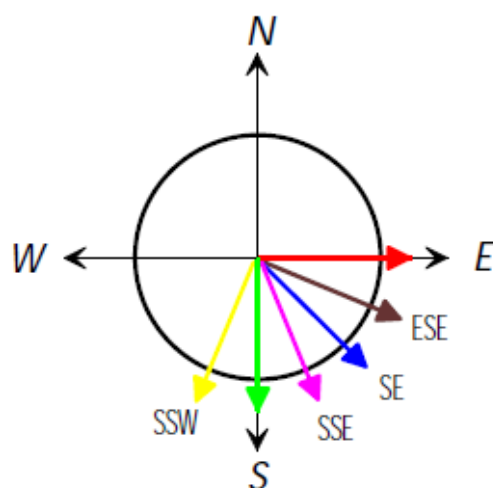


Figura 47. Orientaciones significativas. Atlas de Inundación.

Se presenta la orientación para la Playa de Cala Sardina, objeto de este estudio, con el fin de poder posteriormente compararla con los regímenes del Atlas de Inundación.

Nombre de la playa	Orientación	Concordancia con orientaciones significativas*	Color de referencia
CALA SARDINA	NNE-SSW	ESE	

Tabla 4. Orientación de la Playa de Cala Sardina

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

El cálculo de la pendiente de la playa Tan β , 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 0,0579 mientras que la pendiente sumergida ($\tan \alpha$) es de 0,0188.

La playa de Cala Sardina 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.

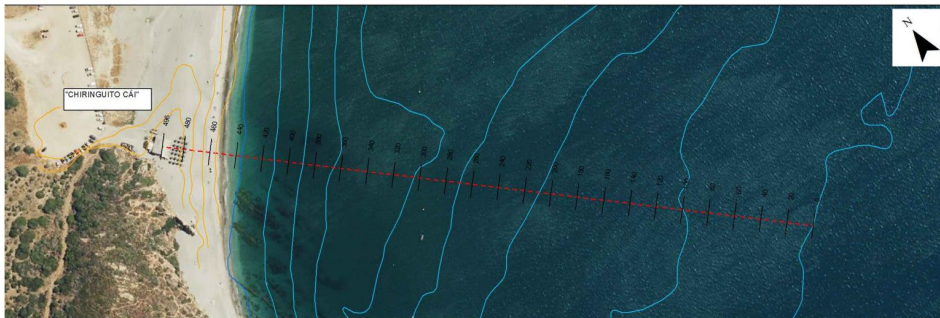


Figura 48. Planta batimétrica y topográfica de la playa de estudio. Fuente: REDIAM.

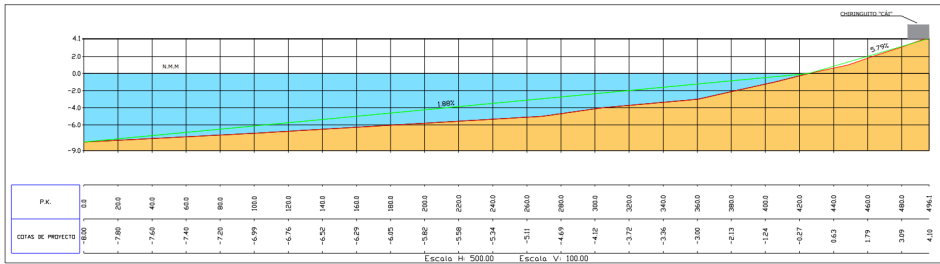


Figura 49. Perfil Longitudinal de la playa de estudio.

En cualquier caso, hay que poner de manifiesto que el perfil de playa anterior resulta teórico y se trata de un perfil medio, pero los perfiles de playa son dinámicos y varían en función de la energía recibida por el oleaje y los temporales.

En una playa encajonada, afectada por contornos terrestres, bajos rocosos, las irregularidades a media escala (del orden de centenares de metros) y de pequeña escala (del orden de decenas de metros), están asociadas a las migraciones de las barras en los distintos estados de la playa, en continuo equilibrio entre las fuerzas constructoras y erosivas del oleaje. Las barras emigran hacia tierra o hacia el mar



dependiendo de las condiciones de oleaje, modificando el perfil de la playa y dando lugar a lo que se conoce como perfil de invierno o de tormenta y perfil de verano o de acreción (Figura 50).

De este modo, existe un movimiento estacional del material, que se distribuye de distinta manera originando diferentes interacciones entre el oleaje incidente y la arena. En una playa en equilibrio, la cantidad de arena es la misma a lo largo de todo el año, aunque se distribuya de manera desigual. En verano, la playa es más ancha, acumulándose la arena en la parte superior. En invierno, la playa es más estrecha y parte del material se coloca en la parte sumergida, formando la barra de arena. Estas barras migratorias actúan como una reserva temporal de arena, además de como una barrera flexible contra las olas y las corrientes por ellas inducidas. La interacción entre las barras y el campo de oleaje/ corrientes da lugar a cambios característicos en la topografía de la playa y de las propias barras.

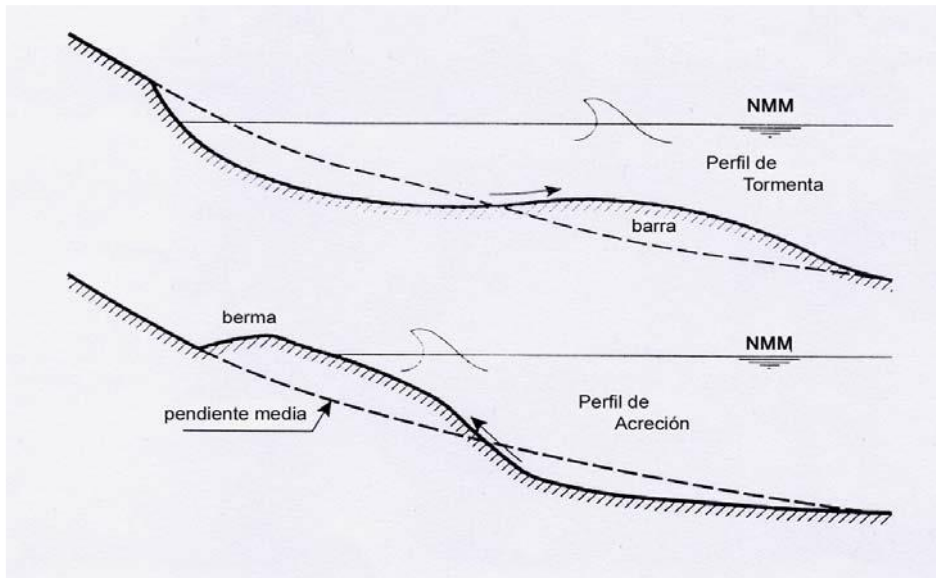


Figura 50. Perfil de tormenta y perfil de acreción (VAN RIJN, L.C. 1998)

- III. **Determinación de S_{Cl} 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.**

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 48/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



RÉGIMEN EXTREMAL DE COTA DE INUNDACIÓN EN UNA PLAYA ABIERTA

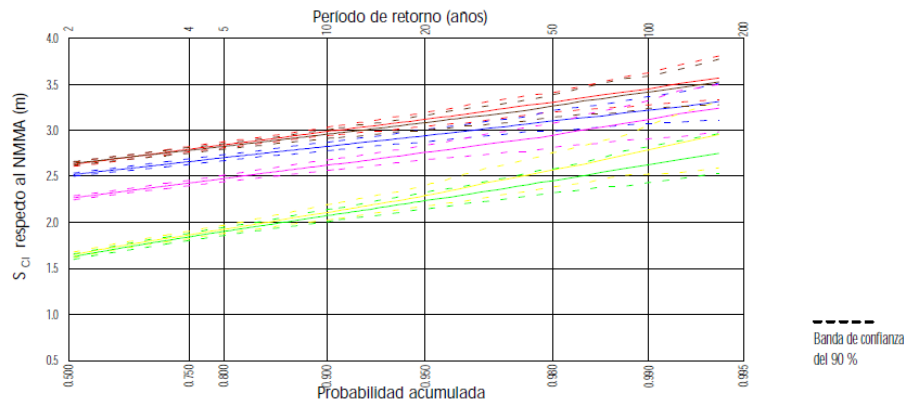


Figura 51. Régimen Extremal de Cota de Inundación para una playa abierta, área V subzona a. Atlas de Inundación.

La metodología utilizada para el cálculo del régimen de niveles de cota de inundación presentada en el Atlas de Inundación 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 Inundación, 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 a continuación:

$S_{CI5}(m)$	$S_{CI10}(m)$	$S_{CI50}(m)$
2,82	2,95	3,27

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 Inundación no se alcanzaría la cota a la que se encuentra el establecimiento (+4,1 m) para ningún período de retorno.

Por otro lado, es importante recordar que los cálculos realizados son resultados teóricos basados en la información procedente del Atlas de Inundación, en los que se asumen necesariamente simplificaciones, tales como un talud de playa indefinido. En cualquier caso, y aunque exista un margen de error, los resultados obtenidos permiten inducir que la cota de la instalación sólo se puede ver alcanzada en circunstancias muy excepcionales.

Asimismo, cabe recordar que lo que se valora en este estudio es la afección que pudiera ocasionar la presencia de la instalación a la dinámica litoral y no al revés, esto es, no se valora la afección que pudiera producirse sobre la instalación en caso de que sea alcanzada por la lámina de agua.

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

La Playa de Cala Sardina presenta un régimen mesomareal, de periodicidad semidiurna.

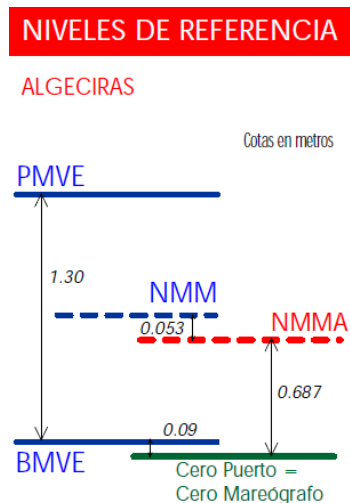


Figura 52. Niveles de referencia área V. Subzona a. Atlas de Inundación.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 50/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



RÉGIMEN EXTREMAL DE NIVEL DE MAREA

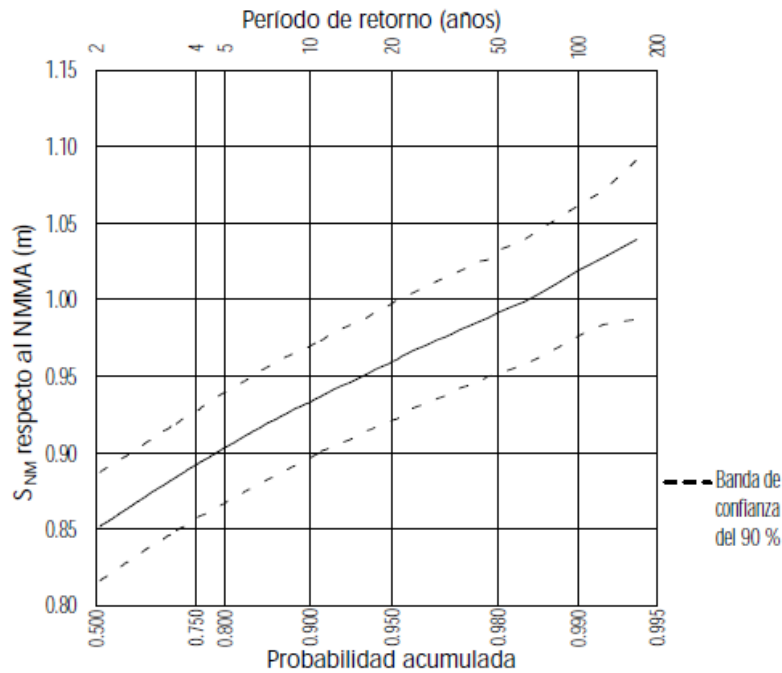


Figura 53. Régimen extremal NM. Área V, subzona a, Atlas de Inundación.

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 (Figura 53. Régimen extremal NM. Área V, subzona a, Atlas de Inundación.), para un periodo de retorno de 5, 10 y 50 años (Tabla 6).

SNM ₅	SNM ₁₀	SNM ₅₀
0,90	0,93	0,99

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

Así, considerando sólo el efecto de la marea, el nivel del mar no alcanzaría la cota a la que se encuentra el establecimiento (+4,1 m), muy por encima de los niveles obtenidos en todos los casos.

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 (Hs), y el periodo de pico (Tp), 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 54 se representa de forma esquemática la relación entre ellos.

Para el cálculo de los regímenes de Hs-Tp 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.

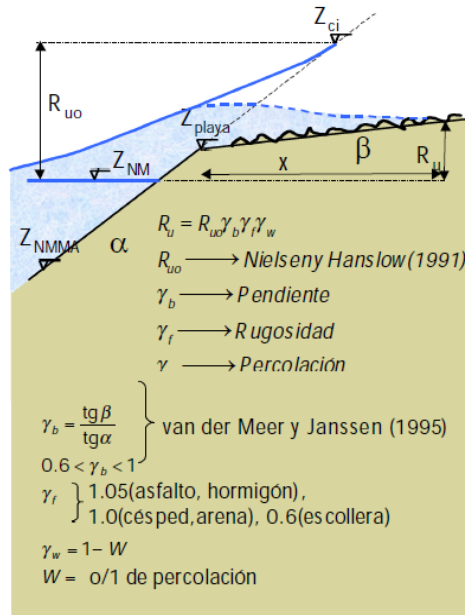


Figura 54. Parámetros incluidos en la formulación de Van der Meer y Janssen (1995). Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español.

Para estimar el run up utilizaremos la fórmula de Van der Meer y Janssen (1995), la cual nos permite calcular Ru 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.

$$R_{U0} = S_{CI}(t) - S_{NM}(t)$$

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 52/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

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_{Cl} . En una primera aproximación, si S_{Cl} 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 estos 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 1,92 m, a cinco años de periodo de retorno, y 2,28 m a 50 años. A mayor periodo de retorno, mayor es la cota de inundación por oleaje, siendo la superficie de la playa inundada proporcionalmente creciente.

Periodo de retorno	R_{U0}	R_U	X
5	1,92	1,92	33,16
10	2,02	2,02	34,89
50	2,28	2,28	39,38

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

De acuerdo con los resultados teóricos, la superficie de playa inundada alcanza un máximo teórico de 39,38 metros, **no llegando a alcanzar la ubicación de la instalación**, situada a aproximadamente 57,21 metros de distancia a la línea de costa.

6.5 CAMBIO CLIMÁTICO

Al tratarse de una instalación fija es necesaria la aportación de un estudio de Cambio Climático tal como hace referencia el nuevo Reglamento de Costas, que acompañe al presente Estudio de Dinámica. Estas son sus principales apreciaciones y conclusiones.

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.


Un leve pero significativo cambio climático puede llegar a generar, además de una posible ligera variación en la posición del nivel del mar, una acusada modificación de la dinámica de vientos y corrientes litorales, desencadenando fuertes transformaciones en el paisaje costero (Gracia Prieto, J. y col., 2012). Por tanto, toda ocupación de la línea de costa es susceptible de verse afectada por estas variaciones, 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.

Las observaciones históricas y las proyecciones indican que el calentamiento global y la presión ejercida por las personas están alterando y creando cambios y desequilibrios en la costa que conocemos. Entender estos cambios y planificar para afrontarlos son cuestiones de gran importancia y urgencia para España, su sociedad y sus valores naturales costeros (Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española, 2017).

Por ello, el Servicio de Apoyo a las Reformas Estructurales de la Comisión Europea encomendó a Coastal & Marine Union (EUCC), el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria), la Universidad de Cádiz y MedCities, desarrollar las Estrategias para la protección de la costa en las provincias de Cádiz, Málaga y Almería considerando los efectos del cambio climático (de ahora en adelante Estrategias de Protección), en respuesta a la petición del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

Esta estrategia divide el litoral de las provincias indicadas en Unidades Costeras y de Gestión, haciendo un intenso estudio de comportamiento actual y proyección futura sobre riesgos por erosión e inundación, proponiendo, así mismo medidas de protección frente a ellos. El ámbito de estudio se incluye en la **Unidad Costera-CA23 San Roque** que ha sido segmentada en dos Unidades de Gestión:

- UG-CA23.1 que contiene las playas de Torrecarbonera y de Guadalquítón.
- UG-CA23.2 que contiene la playa de Sotogrande.
- UG-CA23.3 que contiene la playa del Puerto de Sotogrande.
- UG-CA23.4A que contiene la playa de Torreguadario.
- UG-CA23.4B que contiene la playa de Torreguadario.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 54/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

- UG-CA23.5 que contiene las calas encajadas en acantilado y la **playa del Cabrero**.

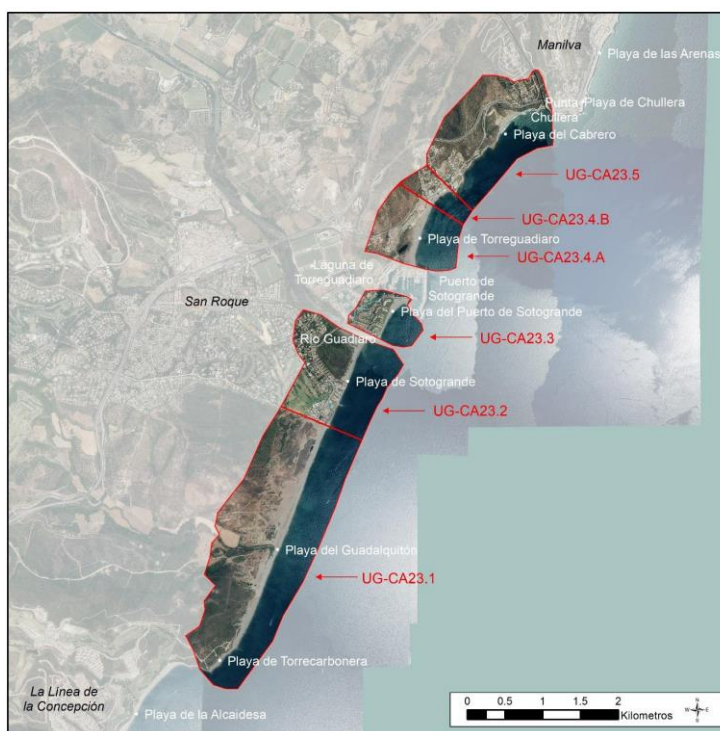


Figura 55. UG de la UC-CA23.5.

Sobre dicha unidad costera, centrado en su extremo superior -donde se ubica el chiringuito- se realiza el Estudio de Cambio Climático que acompaña al presente Estudio de Dinámica Litoral. A continuación, de forma esquemática, las conclusiones del mismo:

- Se produce un **aumento cierto** del nivel mar.
- Los elementos que definen la morfodinámica de la playa (viento y oleaje) no varían de forma significativa en el tiempo.
- La temperatura superficial del agua está en claro aumento.
- Se espera un **incremento de los temporales costeros** en el corto plazo y pueden producirse **tarde en la primavera o pronto en el otoño**. Los últimos grandes temporales ya han afectado esta playa.
- La Unidad Costera donde se encuentra Cala Sardina presenta **riesgo moderado de erosión e inundación en la actualidad** y en todos los escenarios salvo de altas emisiones sin gestión en el largo plazo.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 55/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



- Esto se traduce en un riesgo integrado muy bajo en la actualidad y bajo en el largo plazo, derivando una intervención prioritaria en el largo plazo y, con ello, una recomendación de medidas de protección a partir de 2045, según el MITECO.
- Esta playa tiene una zona de dunas que aumenta la resiliencia del entorno.
- Se recomienda, sobre todo, realizar **actividades de prevención y sensibilización**, contribuir a la conservación de las dunas y conocer el avance y comportamiento de la playa.


Se concluye que el chiringuito puede verse afectado *a futuro* tanto por la inundación debida al aumento del nivel del mar como a los efectos de los temporales costeros. No hay motivo para desaconsejar la ampliación de la concesión, siempre que se cumpla con las recomendaciones.

6.6 BATIMETRÍA

Las curvas batimétricas frente a la playa Cala Sardina se disponen paralelas a la línea de costa, que disminuyen desde la línea 0 hasta los 5 m de profundidad en aproximadamente unos 100 m.

El perfil de la playa sumergida es por tanto suave, y desaparece casi por completo en una amplia zona asociada a los 5 m de profundidad, en la que se desarrolla una llanura sólo interrumpida por tres depresiones de pequeño diámetro. La más grande de ellas desciende hasta los 6 m de profundidad.

Una vez superada esta zona de llanura, la profundidad vuelve a descender de manera más suave.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 56/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

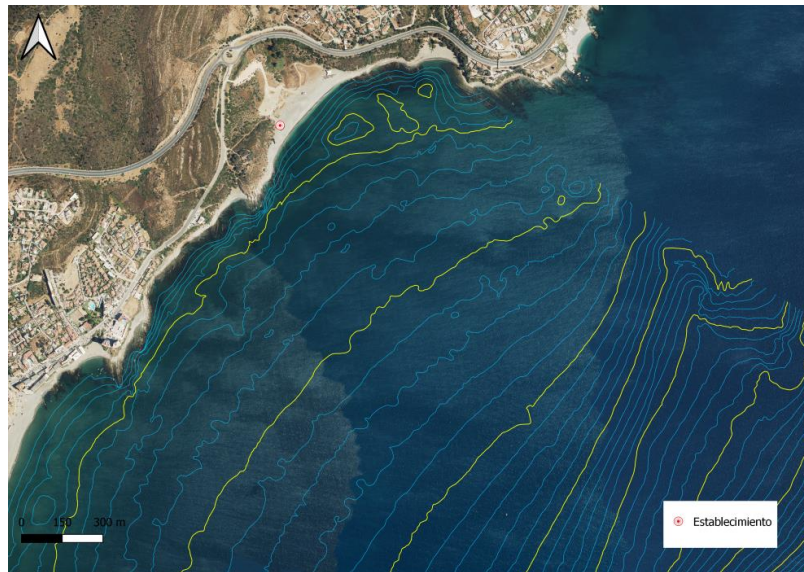



Figura 56. Batimetría de la zona de estudio. Estudio Ecocartográfico de la Provincia de Cádiz.

6.7 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

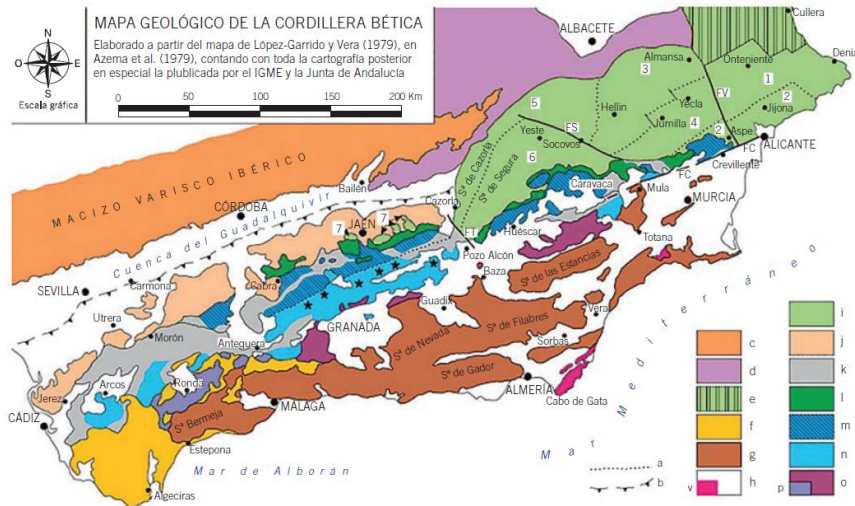
A escala histórica (miles de años) la evolución morfológica de la línea de costa atlántica gaditana ha estado controlada por las oscilaciones del nivel del mar (también llamadas “eustáticas”) y por los movimientos tectónicos recientes. Para periodos cronológicos de menor duración (cientos de años), los cambios costeros se ven condicionados por la influencia que las oscilaciones climáticas han tenido sobre los procesos físicos litorales (oleaje, corrientes, mareas, vientos, etc.) y continentales (erosión hídrica y aportes sedimentarios fluviales a la costa, etc.), en paralelo a los cuales no se pueden olvidar los efectos generados por la neotectónica local y, puntualmente, por fenómenos físicos de muy alta energía y de origen diverso, tanto climático (temporales marítimos), como geológico (tsunamis) (Gracia Prieto, J. y col., 2012).

6.7.1 Complejo del Campo de Gibraltar

Estos materiales se distribuyen fundamentalmente por los sectores meridional y oriental de la provincia estando formados exclusivamente por rocas cuya edad está comprendida entre el Cretácico (135 MA) y el Mioceno inferior (23,5 MA) y cuyo origen paleogeográfico se encuentra relacionado con la sedimentación en un importante surco turbidítico situado originalmente entre las Zonas Internas y Externas de las

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 57/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

Cordilleras Béticas. Tectónicamente, tiende a ocupar la zona estructural superior, sobre todas las restantes unidades de la cordillera. Su estructura es muy compleja formada por tres mantos o láminas elementales que reposan alóctonas sobre los sedimentos asociados al Subbético.



Leyenda: a.- Límites entre las unidades morfoestructurales delimitadas en el Prebético y límite entre dominios paleogeográficos del Subbético, cuando no coincida con un límite tectónico. b.- Frente norte del Complejo Olistostrómico del Guadalquivir detectado en el subsuelo. c.- Macizo Ibérico. d.- Cobertera Tabular. e.- Cordillera Ibérica. f.- Complejo del Campo de Gibraltar. g.- Zonas Internas Béticas. h.- Cuencas Neógenas postorogénicas (v.- rocas volcánicas neógenas). i-p: Zonas Externas Béticas. i.- Prebético (1.- Prebético de Onteniense-Denia. 2.- Prebético de Aspe-Jijona-Alicante. 3.- Prebético de Hellín-Almansa. 4.- Prebético de Jumilla-Yecla. 5.- Prebético de las Sierras de Cazorla y Alcaraz. 6.- Prebético de la Sierra de Segura. 7.- Prebético de Jaén). j.- Afloramientos del Complejo Olistostrómico del Guadalquivir. k.- Complejos Caóticos Subbéticos (Subbético con estructura interna caótica). l.- Dominio Intermedio. m.- Subbético Externo. n.- Subbético Medio (asteriscos: principales afloramientos de rocas volcánicas jurásicas). o.- Subbético Interno (p.- Penibético). Abreviaturas de estructuras geológicas: FC.- Falla de Crevillente. FS.- Falla de Socovos. FT.- Falla de Tíscar. FV.- Falla del Vinalopó.

Figura 57. Mapa geológico del ámbito de estudio. Fuente: Atlas hidrogeológico de la provincia de Cádiz.

En la descripción que se realiza a continuación, se exponen las distintas unidades cartografiadas.

Rocas del Sistema Cretácico (135 a 65 MA)

Los terrenos del Cretácico comprenden tres formaciones, la inferior denominada Areniscas de los Nogales, la intermedia, Arcillas de Facinas y la superior denominada Unidad de Almarchal. Las dos primeras unidades cartográficas están datadas como Cretácico inferior mientras que la tercera se incluye en el Cretácico superior llegando incluso a la base del Paleoceno.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 58/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



Las Areniscas de los Nogales (unidad cartográfica 1) están constituidas desde el punto de vista litológico por dos conjuntos. El inferior formado por arcillas y margas arcillosas grises con intercalaciones de niveles de areniscas verdes, margocalizas y niveles de microbrechas con un espesor visible de unos 100 m. El conjunto litológico superior está formado por una masa areniscosa de 200 m de espesor, de tonos ocres, estratificadas en bancos gruesos con intercalaciones de niveles de arcillas y margas de tonos amarillentos y más esporádicamente de conglomerados de naturaleza calcárea.

Las Arcillas de Facinas (unidad cartográfica 2), representan el nivel estratigráfico inferior de los reconocidos en el Complejo del Campo de Gibraltar. Se trata de un conjunto de arcillas rojas y verdes con finas intercalaciones de areniscas de grano muy fino. Las superficies de estratificación son plano-parallelas aunque se encuentran afectadas frecuentemente por procesos de “boudinage”.


La Unidad de Almarchal (unidad cartográfica 3), se ha considerado como una unidad tectónica independiente denominándose diferentemente según la localización geográfica de su afloramiento dentro de la provincia, como unidad de Almarchal (Didon, 1969), unidad del Algarrobo (Chauve, 1968) y unidad de Ubrique. Litológicamente, está constituida por un conjunto de baja permeabilidad formado por una alternancia de margas y arcillas verdosas con margocalizas y calizas bioclásticas con intercalaciones de microbrechas calcáreas con cantos del Jurásico. El espesor de esta unidad cartográfica es muy variable, ya que se encuentra muy afectada por los intensos procesos tectónicos que ha sufrido este tipo de materiales.

Rocas del Sistema Terciario (65 a 1,8 MA)

Paleógeno

Dentro de este sistema se han cartografiado varias unidades, todas ellas de carácter turbidítico. En el Paleoceno y Eoceno, se han diferenciado dos unidades cartográficas (4 y 5) fundamentalmente de naturaleza calcárea y con cierto interés hidrogeológico, mientras que en el Oligoceno se han distinguido tres niveles cartográficos (6, 7 y 8) esencialmente de naturaleza margosa y arcillosa, con baja permeabilidad.

En el muro de este sistema aflora un conjunto denominado “Formación de Calizas de Microcodium” (unidad cartográfica 4) formado por calcarenitas de grano fino a muy fino alternando, en algunos sectores, con niveles de arcillas rojas y verdes. Son

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 59/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

materiales resistentes a la erosión, con una gran extensión superficial de afloramiento, aunque de escaso espesor, alrededor del centenar de metros.

Sobre los niveles anteriores y en aparente concordancia con ellos se observa una alternancia constituida por calcarenitas bioclásticas en bancos decimétricos y arcillas rojas (unidad cartográfica 5). En este mismo nivel cartográfico, se ha incluido un conjunto de conglomerados con cantos de caliza y de sílex, distribuidos en bancos gruesos, que afloran únicamente en el sector oriental de la provincia. El espesor de esta unidad es muy variable, oscilando entre 100 y 200 m, aunque en ciertos sectores no superan los 10 m. Este conjunto se ha denominado “Formación Tarifa” formando parte de la Unidad Tectónica de La Línea.

En los sectores próximos incluidos en la Unidad Tectónica de La Línea, el tránsito entre los niveles esencialmente calcáreos descritos anteriormente y los niveles margosos y arcillosos del Oligoceno se realiza mediante un conjunto de arcillas y margas de tonos rojos (unidad cartográfica 7) con pequeñas intercalaciones, de menos de 10 cm de espesor, de niveles de areniscas y calizas arenosas. El espesor de esta unidad cartográfica es muy variable, llegando a alcanzar valores medios de unos 150 m, no aflorando en algunos sectores, posiblemente por causas tectónicas.

En la Unidad tectónica del Aljibe, este tránsito se realiza mediante la unidad cartográfica 8 formada en el muro por un conjunto de arcillas rojas y verdes con pequeñas intercalaciones de niveles de areniscas finas ferruginosas que continúan, hacia techo, con un conjunto litológico formado por calcarenitas y arcillas limosas rojas. Este conjunto presenta espesores muy variables, generalmente más de 100 m. En los sectores, en que predominan las facies más calcareníticas sobre las arcillosas, esta unidad se denomina Formación Benaiza.

En las zonas en que no ha sido posible separar cartográficamente estos términos, se ha empleado una unidad cartográfica compresiva que agrupa a todos los niveles del Paleógeno descritos anteriormente.

Por último, hay que indicar que el techo del Oligoceno, en la Unidad Tectónica de La Línea, está formado por una sucesión de margas y pelitas margosas alternando con niveles de areniscas micáceas de grano fino a muy fino (unidad cartográfica 9), con espesores de capa que no sobrepasan los 40 cm. Intercalados entre este conjunto se observan niveles más potentes, con espesores comprendidos entre 1 y 30 m, de areniscas micáceas de grano grueso (megaturbiditas). En el Puerto del Bujeo, en la sucesión turbidítica elemental compuesta por una alternancia de margas y areniscas

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 60/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



micáceas se observan intercalaciones de areniscas, similares en facies a las Numídicas o del Aljibe, y de niveles de turbiditas calcáreas y margas blancas

Neógeno


En el dominio paleogeográfico del Surco Turbidítico, los materiales del Neógeno se restringen al Mioceno inferior, (23,5 a 16 MA), periodo en el que se producen las principales fases tectónicas alpinas que dan lugar a importantes reestructuraciones en las cuencas sedimentarias, en donde se depositan sedimentos fundamentalmente de naturaleza detrítica, en facies muy variadas, presentando algunos de ellos una gran similitud litológica con algunos de los niveles descritos anteriormente, dificultando su cartografía e interpretación geológica.

La unidad del Aljibe o Numídica (unidad cartográfica 10), está constituida por una serie de areniscas con un alto contenido en cuarzo (más del 90 %), con granos siempre bien redondeados, de tamaño variable, cemento cuarcítico y matriz arcillosa. Este conjunto, en facies similares, presenta una gran dispersión geográfica, extendiéndose desde el norte de África hasta Calabria, con espesores variables que llegan a alcanzar el orden de los 1000 m.

Sobre los niveles descritos anteriormente y en aparente continuidad sedimentaria, aunque también implicados en los intensos procesos tectónicos que afectan a este conjunto, se observa una serie de pequeño espesor, que no sobrepasa el centenar de metros, formada por arcillas y margas marrones con intercalaciones de niveles decimétricos de areniscas cuarzo-micáceas cementadas (unidad cartográfica 11).

En las proximidades de Algeciras, se ha cartografiado un conjunto de arcillas y margas de color tabaco con frecuentes intercalaciones de margas y areniscas silíceas (unidad cartográfica 13) en facies similares a las descritas para las Areniscas del Aljibe.

En unos pequeños afloramientos situados entre La Línea y Punta Chullera, se puede diferenciar cartográficamente un conjunto de materiales arcillo-margosos, con tonos rojizos y verdosos, de aspecto esquistoso con intercalaciones de niveles de calizas y areniscas silíceas de tipo Aljibe y de areniscas micáceas. Este conjunto incluye bloques de diverso tamaño y de naturaleza fundamentalmente calcárea (unidad cartográfica 12). Se ha incluido en este mismo nivel cartográfico, el pequeño afloramiento existente en las proximidades del Cerro del Pulido (Hoja 1:50.000 de Tarifa) en el que se observa, una alternancia de areniscas micáceas y de margas

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 61/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

marrones con intercalaciones de calizas bioclásticas, en facies similares a las descritas para el nivel cartográfico 9.

Según el mapa geológico de la provincia de Cádiz, el ámbito de estudio se sitúa sobre Areniscas del Aljibe, definida en la unidad cartográfica 10, formada por areniscas de alto contenido en cuarzo con niveles o capas de arcillas intercaladas. Entre estos afloramientos, mayoritarios en extensión, aparecen bandas irregulares de arcillas versicolores (arcillas rojas y verdes satinadas, de aspecto esquistoso) y, sobre todo hacia el Suroeste (en los amplios valles litorales que se desarrollan entre las sierras de Fates, la Plata y Retín), margas y arcillas con niveles de margocalizas.

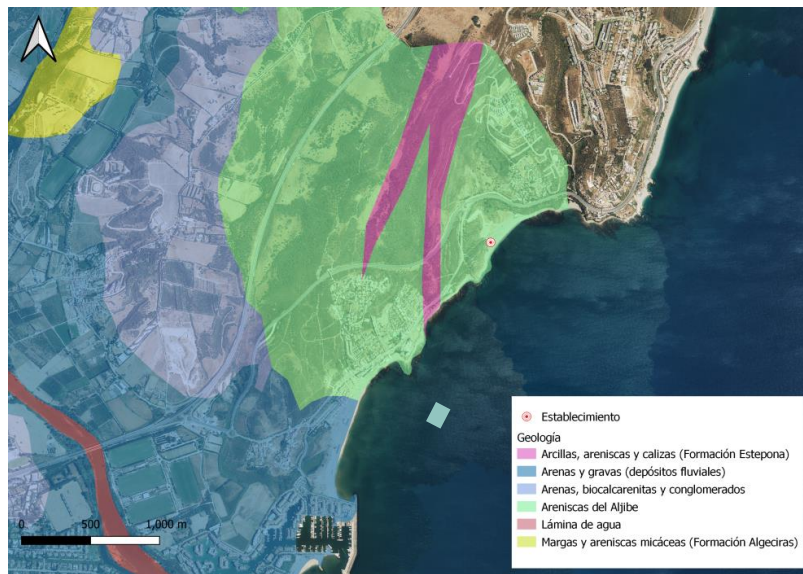



Figura 58. Mapa geológico del ámbito de estudio. Fuente: Diputación Provincial de Cádiz.

Las arenas oscuras y heterogéneas que forman las playas del T.M de San Roque son depósitos procedentes de los macizos metamórficos de la Serranía de Ronda, destacando entre los anaranjados de las areniscas que conforman el entorno circundante

6.8 TRANSPORTE LITORAL Y BALANCE SEDIMENTARIO

6.8.1 Consideraciones previas

La Playa de Cala Sardina es una playa encajada entre acantilados que cuenta con un sistema dunar en su trasdós, de perfil disipativo, característico de playas de arena fina y/o niveles de energía elevado.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 62/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

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 en la playa seca, transportando la arena, el aerosol salino y los detritos y enterrando la vegetación.

En función de la dirección en que se produce, se distinguen:

- El transporte transversal, que se produce a lo largo del perfil de la playa y que está controlado por factores como el oleaje, presencia de reflujos o corrientes de resaca, variaciones del nivel del mar o pendiente del fondo. Tiene lugar de mar a costa y viceversa (Figura 59).

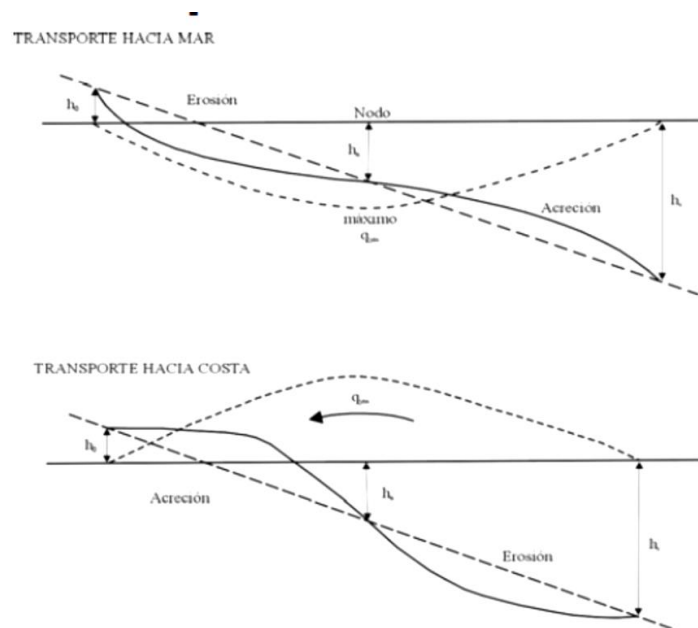


Figura 59. Transporte transversal hacia mar y hacia costa. Fuente: Universidad de Cádiz.

- El transporte longitudinal, que es el que se produce paralelo a la línea de costa y depende, en cierta medida, del tipo de rompiente. Al incidir el oleaje con un cierto ángulo, la corriente de flujo asciende por la pendiente de la playa con ese ángulo, mientras que el reflujo desciende con una dirección

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 63/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



prácticamente perpendicular a la línea de costa. Esto es lo que se conoce como *Deriva de playa* o *Beach drift* (Figura 60).

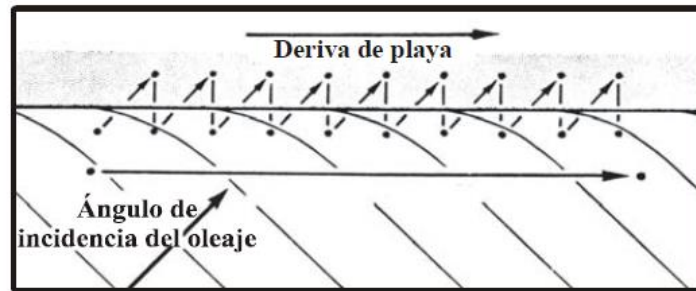


Figura 60. Deriva de playa o *Beach drift*. Fuente: Universidad de Cádiz.

El transporte longitudinal de sedimentos para una playa es el factor que determina la constitución en planta de la misma. Normalmente, su disminución, interrupción o desvío, dan lugar a grandes cambios en la playa, visibles a medio-largo plazo (años). Viene dirigido por una corriente longitudinal, paralela a costa, cuya dirección está condicionada por las características hidrodinámicas de la zona costera.

La Playa de Cala Sardina es una playa encajada con elementos en su morfología que dan lugar a la difracción del oleaje. Para una playa con estas características, el comportamiento esperado para el transporte longitudinal se resume en la figura.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 64/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



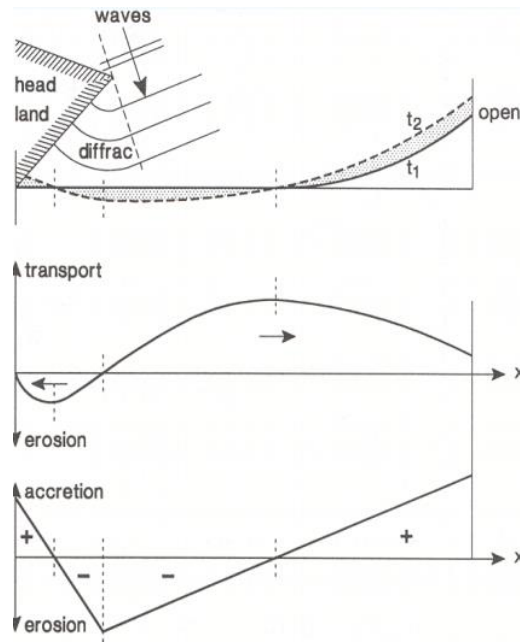


Figura 61. Esquema del comportamiento del transporte longitudinal para una playa confinada. Fuente: Universidad de Cádiz

En el tramo costero objeto de estudio, presenta transporte litoral generalizado hacia el sur de unos 20.000 m³/año.

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.

Las Estrategias para la protección de la costa definen un modelo morfodinámico simplificado de funcionamiento de las playas existentes en cada una de las Unidades Costeras propuestas en Cádiz. Así, en la UC-CA23 San Roque, unidad que comprende la playa de Cala Sardina (denominada en este documento Playa del Cabrero), los resultados de este modelo morfodinámico establecen que:

- En el sur, la playa de Torrecarboneras se encuentra en acreción con una tasa de avance de la línea de costa de 1.5 m/año (históricamente en equilibrio).
- Las playas del Guadalquítón y de Sotogrande presentan unas de las mayores tasas de erosión de la provincia, de 4.5 y 7 m/año respectivamente.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 65/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



Históricamente la playa del Guadalquítón presentaba avances de la línea de costa de 0.5 m/año y la de Sotogrande retrocesos de 4.5 m/año, lo que demuestra que el problema de falta de aporte sedimentario por parte del río Guadiaro se está agravando y extendiéndose a playas más al sur.

- El resto de playas de la unidad se encuentran en equilibrio actualmente, aunque históricamente, la playa del Puerto de Sotogrande retrocedía 3 m/año, mientras que las playas de Torreguadiaro y del Cabrero al norte de esta unidad, se encontraban en equilibrio.

Playa	Tasa erosión actual (m/año)
Playa de Torrecarbonera	En acreción
Playa del Guadalquítón	4.5
Playa de Sotogrande	7
Playa de Torreguadiaro	0
Playa del Cabrero	0

Tabla 8. Tasas de erosión en UC-CA23. Fuente: Estrategias para la protección de la costa.

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.

Las fuentes de sedimento de la unidad UC-CA23 San Roque son:


- Naturales: El aportado por el río Guadiaro, que se ha visto reducido en gran medida afectando a las playas al sur de la desembocadura.
- Artificiales: No se observan.

Al límite sur de la unidad se observa un sumidero de la unidad

En el Estudio de cambio climático se recogen las proyecciones a futuro de la erosión.

Asimismo, la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible 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.

CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 66/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



La Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) dispone de información sobre las tasas de erosión de las playas andaluzas:

- Tasas de erosión históricas. Se incluyen las tasas de erosión de los periodos 1956-2013, 1956-1977, 1977-2013 en puntos distribuidos cada 50 metros a lo largo de la costa y representando cada uno de los tres periodos a lo largo de tres líneas separadas del frente costero 500, 850 y 1200 metros respectivamente, facilitando así la lectura cartográfica de los datos (Figura 62). La playa de Cala Sardina presenta tasas de erosión históricas neutras con tasas negativas y positivas según el periodo y el tramo.
- Tasas de erosión recientes. Se incluyen las tasas de erosión de los periodos 2009-2013, 2009-2011, 2011-2013 en puntos distribuidos cada 50 metros a lo largo de la costa y representando cada uno de los tres periodos a lo largo de tres líneas separadas del frente costero 500, 850 y 1200 metros respectivamente (Figura 63). Al igual que en el caso de las tasas históricas, las tasas de erosión obtenidas varían en función del tramo de playa. En el caso del tramo de playa en el que se ubica el establecimiento, la playa se encuentra en equilibrio con un tramo positivo para todo el periodo estudiado.

En azul se representan los puntos de avance, en rojo los puntos de retroceso y en blanco los puntos neutros.

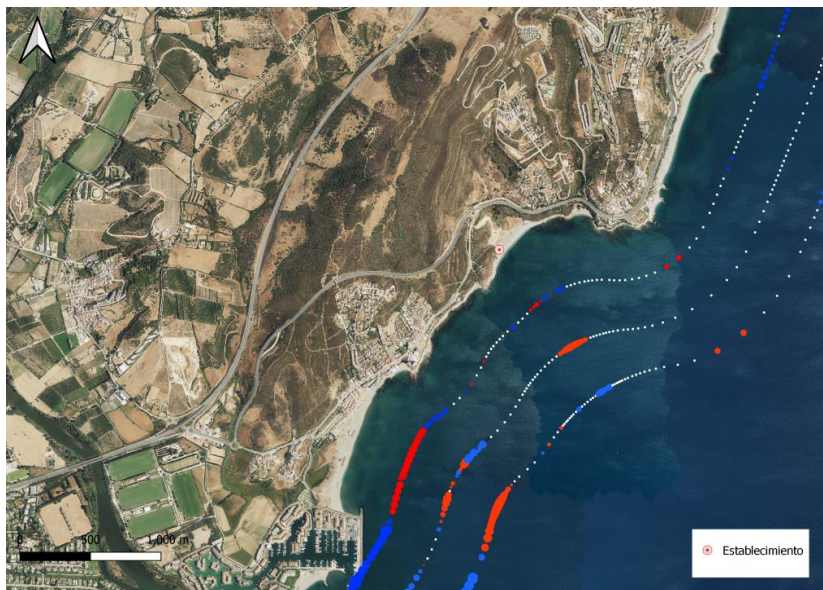



Figura 62. Tasas de erosión históricas en el ámbito de estudio. Fuente: Red de información ambiental de Andalucía.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 67/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

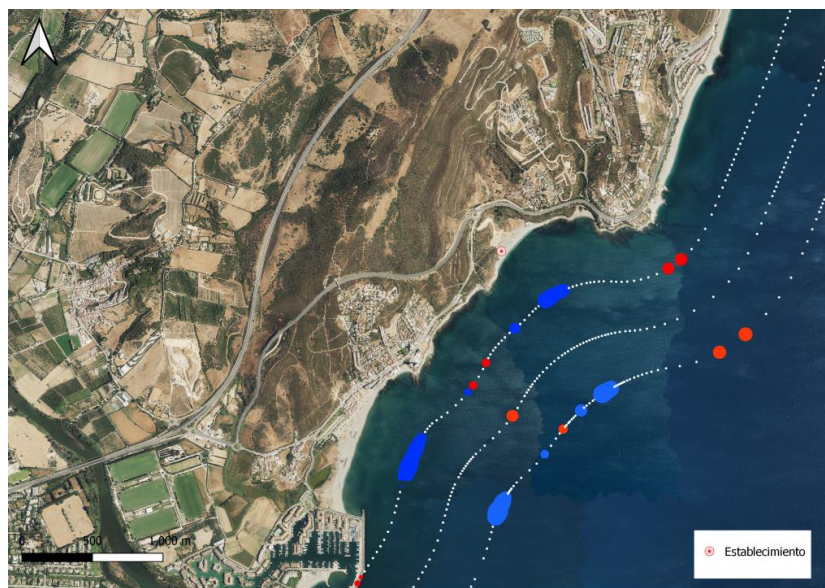


Figura 63. Tasas de erosión recientes en el ámbito de estudio. Fuente: Red de información ambiental de Andalucía.

6.8.3 Evolución de la Línea de Costa

Mediante la superposición de la línea de costa establecida en las ortofotos históricas disponibles del PNOA de la zona de estudio, se puede observar la tendencia de evolución en la zona de instalación del chiringuito (Figura 64). Cabe mencionar que la observación de la línea de costa a partir de este método sólo aporta una aproximación a la realidad y que no sirve para establecer evoluciones de poca magnitud, aunque sí para detectar grandes cambios. Las pequeñas variaciones observadas pueden estar producidas en parte por los diferentes periodos estacionales en los que han sido tomadas las ortofotografías aéreas.

Así, en el tramo de playa objeto de estudio se observa como desde 1977 hasta 2010 se ha producido cierto retroceso. Esta tendencia podría indicar una modificación sustancial en el régimen de aportes sedimentarios en cauces de ríos situados más hacia el norte, así como una intensificación de la ocupación urbana. Sin embargo, este efecto de retroceso se ha ido equilibrando con el tiempo, y como ya se ha comentado en apartados anteriores, la condición de encajonamiento y la orientación de la playa con respecto a la corriente de deriva litoral y oleaje incidente, dan a entender que el propio sistema se encuentra en equilibrio, adaptándose a las nuevas condiciones sedimentarias.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 68/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



En general, todo el periodo estudiado presenta retrocesos y avances de poca magnitud, por lo que puede concluirse que la variación en la línea de costa es prácticamente nula.



Figura 64. Evolución de la línea de costa en el ámbito del Chiringuito, entre 1977 y 2022.

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. De este modo, es posible detectar afecciones sobre el sistema de la dinámica litoral provocadas por dichos usos, en este caso, la ocupación mediante instalación fija en el tramo inferior (SE) de la Playa de Cala Sardina.

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.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 69/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



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 fija expendedora de comida y bebidas al servicio de la playa (tipo chiringuito) en D.P.M.T del término de San Roque, en la playa de Cala Sardina (Cádiz).
- 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, cuestión esta última que, en caso de producirse, se asumiría por parte del promotor. En cualquier caso, la valoración de una posible afección a la instalación queda fuera del objeto de este estudio.
- La playa de Cala Sardina se localiza en el término municipal de San Roque, en la provincia de Cádiz, en el litoral mediterráneo y en el límite con la provincia de Málaga. Presenta una longitud de unos 862 metros y una anchura media de 47 metros, aunque variable. De acuerdo con el mapa de unidades fisiográficas del

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 70/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

litoral andaluz, se ubica en formaciones sedimentarias litorales (playa seca, backshore) y su parte trasera con formaciones dunares. Los límites de la línea de costa de esta playa, tanto al norte como al sur, están catalogados como plataformas de abrasión.

- La ZSP en la trasera del chiringuito se clasifica como Área Urbanas con Frentes Residenciales Ordenados y el DPMT como muy sensible, según el inventario de tramos homogéneos para la gestión de ZSP del litoral andaluz.
- El régimen de vientos se sitúa preferentemente en el eje E-W, superando con frecuencia los 8 m/s. Dado que para la removilización de la arena se considera necesaria una velocidad mínima de 4 m/s, las condiciones necesarias para el transporte eólico sedimentario se cumplen con frecuencia.
- En relación a la altura significativa de ola, la más frecuente se encuentra entre 0-0.5 metros, con el verano como periodo más tranquilo. En cuanto a las alturas máximas de ola, los valores no suelen sobrepasar el metro de altura, alcanzando los 4-5 metros en ocasiones excepcionales y tan sólo dos registros de 6 metros en los últimos 15 años.
- Analizando los resultados obtenidos de los cálculos relativos al ascenso del nivel del mar debido al oleaje incidente, se observa que los datos obtenidos para la distancia inundada son relativamente elevados.
- El incremento del nivel del mar producido por el oleaje incidente para condiciones extremas (R_u) está entre 1,92 metros (a cinco años de periodo de retorno), y 2,28 metros (a 50 años).
- La superficie de playa inundada por efecto del oleaje alcanza un máximo teórico de 39,38 metros, no llegando a alcanzar la ubicación de la instalación, situada a aproximadamente 57,21 metros de distancia a la línea de costa.
- Considerando la suma de la subida del nivel del mar por efecto del oleaje (R_u) y por efecto mareal (SNM), esto es, la cota de inundación (SCI), se obtiene que la cota a la que se encuentra el establecimiento (+4,1 metros) no sería alcanzada para ningún período de retorno, puesto que alcanzaría los +2,82 metros para periodos de retorno de 5 años, los +2,95 cada 10 años y llegando hasta los 3,27 cada 50 años. No obstante, es importante recordar que este resultado es teórico y se basa en la información procedente del Atlas de Inundación, a partir del cual


CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779		05/03/2025 14:16	PÁGINA 71/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

se han calculado los valores de cota de inundación, realizado con limitaciones en los datos y/o admitiendo una serie de simplificaciones.

- Desde el punto de vista del transporte sedimentario, la playa de Cala Sardina se encuentra en equilibrio.

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:

- Los cálculos realizados en torno a la cota de inundación indican que, en circunstancias extremas, con fuertes temporales y/o coeficientes de marea elevados, la lámina de agua no alcanzaría la instalación para ningún periodo de retorno. No obstante, es necesario recordar el carácter teórico del cálculo realizado.
- En los casos en que la lámina de agua pudiese entrar en contacto con la estructura, la presencia de ésta no se considera significativa de cara a modificar la hidrodinámica. Es decir, en caso de que se produjese contacto entre la lámina de agua y la instalación proyectada, ésta no supondría un obstáculo suficiente como para modificar la dirección y/o intensidad de la dinámica natural.
- En resumen, **la presencia de la instalación 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 Cala Sardina, así como el análisis de la evolución de la línea de costa en, aproximadamente, los últimos cincuenta años, se observan retrocesos poco significativos desde 1977 hasta 2010. A partir de esa fecha se aprecian pequeños avances y retrocesos. El balance global se considera neutro y las fuentes consultadas permiten concluir que la playa de Cala Sardina se encuentra en equilibrio sedimentario.
- En relación con 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.

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 72/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

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

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

- Se recomienda la estacionalidad del establecimiento, con apertura desde Semana Santa a octubre.
- 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.

AUTORÍA

Revisión y visto bueno,
Carmen Tornero Pinilla

Blanca Pérez Durán
Lda. Ciencias del Mar

Manuel A. Guerrero
Redondo
Ldo. Ciencias Ambientales

Firmado por ***3108** CARMEN
TORNERO (R:***7677*) el día
20/02/2025 con un certificado
emitido por AC Representación
Atlántida Medio Ambiente S.L.
B-72176779


Lda. Ciencias Ambientales
Colegiada COAMBA Nº
1299

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 73/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



7 BIBLIOGRAFÍA

- *Atlas de inundación en el litoral peninsular español*. Universidad de Cantabria, Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOC). Ministerio de Medio Ambiente, DG de Costas.
- *Clima medio de oleaje*. *Boya de Alborán*. 2006. Área de Medio Físico. Puertos del Estado.
- *Estrategias para la protección de la costa en las provincias de Cádiz, Málaga y Almería considerando los efectos del cambio climático*. 2020. IHCantabria y Universidad de Cádiz. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- *Extremos máximos de oleaje por direcciones (altura significativa)*. *Boya de Alborán*. 2006. Área de Medio Físico. Puertos del Estado.
- García de Domingo, A. 2005. *Geología de la provincia de Cádiz*. *Atlas hidrogeológico de la provincia de Cádiz*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y Diputación de Cádiz.


	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 74/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			

8 ANEXO CARTOGRÁFICO

Plano nº1. Situación.

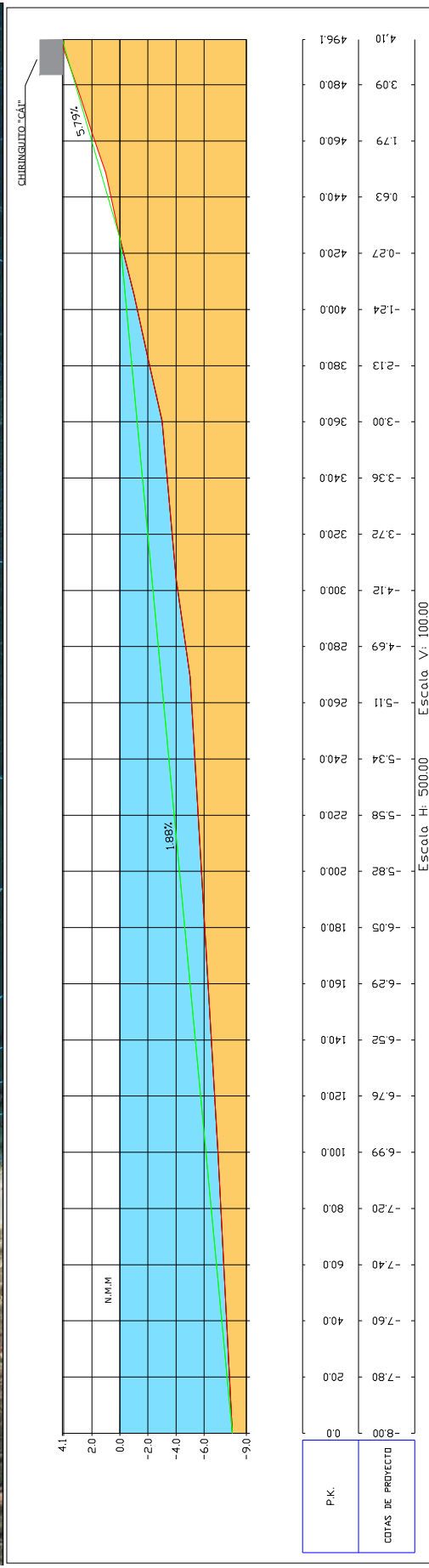
Plano nº2. Planta batimétrica.


Nº Reg. Entrada: 202599902538640. Fecha/Hora: 05/03/2025 14:16:59

	CARMEN TORNERO PINILLA cert. elec. repr. B72176779	05/03/2025 14:16	PÁGINA 75/77
VERIFICACIÓN	PEGVEMTS56AMLSS2HYCDN6NDAWJUP7	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	
			



PROMOTOR SILVIA MARÍA LUJAN SCOLARI	CONSULTOR  MANUEL GUERRERO	ESCALA VARIAS <small>Fuente: original (INE43)</small>	FECHA JUNIO 2024 MODIFICADO	TÍTULO DEL ESTUDIO ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL PARA EL ESTABLECIMIENTO EXPENDEDOR DE COMIDAS AL SERVICIO DE LA PLAYA, UBICADO EN LA PLAYA DE CALA SARDINA, T.M. SAN ROQUE (CÁDIZ)	Nº DE PLANO 1
				TÍTULO DEL PLANO SITUACIÓN	HOJA 1 DE 1



PROMOTOR SILVIA MARIA LUJÁN SCOLARI.	CONSULTOR  MANUEL GUERRERO	ESCALA 1:2.000 Formato original LINE-A	FECHA JUNIO 2024 MODIFICADO	TÍTULO DEL ESTUDIO ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL PARA EL ESTABLECIMIENTO EXPENDEDOR DE COMIDAS AL SERVICIO DE LA PLAYA, UBICADO EN LA PLAYA DE CALA SARDINA, T.M. SAN ROQUE (CÁDIZ)	Nº DE PLANO 2
			TÍTULO DEL PLANO PLANTA BATIMÉTRICA, TOPOGRÁFICA Y PERFIL LONGITUDINAL DE LA PLAYA	HOJA 1 DE 1	