



ANEXO PROYECTO TÉCNICO DE EXTENSIÓN DE RED BAJA
TENSIÓN PARA REFUERZO DE LA RED EXISTENTE EN PLAYA LA
FONTANILLA DESDE EL C.T FONTANILLA 1(Nº 0090) EN CONIL DE
LA FRONTERA (CÁDIZ)

INGENIERO REDACTOR: José Lorenzo Amaya Rosado (Ingeniero de
Camino Canales y Puertos), colegiado 29.323 de la demarcación de
Andalucía.
lorenzo@augustaingenieros.com

EXPEDIENTE Nº: CNC02/25/CA/0002

PETICIONARIO: Electra Conilense

FECHA: Marzo 2025.

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso
a la dirección <https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/> indicando el código de VERIFICACIÓN

FIRMADO POR

MARIA TERESA ROMERO DEL POZO

04/04/2025

VERIFICACIÓN

PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3

PÁG. 1/41



SUBSANACIÓN DE DOCUMENTACIÓN (EXPTE. CNC02/25/CA/0002)

En relación a la solicitud de ocupación de bienes de Dominio Público Marítimo Terrestre asociada al “PROYECTO TÉCNICO DE EXTENSIÓN DE RED BAJA TENSIÓN PARA REFUERZO DE LA RED EXISTENTE EN PLAYA LA FONTANILLA DESDE EL C.T FONTANILLA 1(Nº 0090) EN CONIL DE LA FRONTERA (CÁDIZ)”, se solicita por parte de la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente – Delegación Territorial en Cádiz y en cumplimiento del artículo 152 del Reglamento General de Costas de subsanación de documentación (Expte. CNC02/25/CA/0002).

Es objeto del presente informe anexo al proyecto referido la redacción de:

- Evaluación de la influencia de las obras proyectadas sobre la costa y los posibles efectos de regresión de ésta.
- Estudio básico de dinámica litoral.
- Justificación de adaptación de las obras al entorno en que se encuentren situadas.

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 2/41	

INDICE

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS OBRAS PROYECTADAS SOBRE LA COSTA Y LOS POSIBLES EFECTOS DE REGRESIÓN DE ÉSTA.....	3
1 VALORACIÓN.....	4
ESTUDIO BÁSICO DE LA DINÁMICA LITORAL.....	5
1 CONTENIDO DEL ESTUDIO	6
2 CLIMA MARÍTIMO	6
2.1 FUENTE DE DATOS	6
3 OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS.....	11
3.1 REGIMEN MEDIO DE OLEAJE	11
3.2 REGIMEN EXTREMAL DE OLEAJE	16
4 ANALISIS DEL NIVEL DEL MAR.....	18
4.1 FUENTE DE DATOS	18
4.2 COMPONENTES DEL NIVEL DEL MAR	19
4.3 REGISTRO DE NIVELES.....	22
5 TRANSPORTE LITORAL Y EVOLUCIÓN DE LA COSTA	23
6 COTAS DE INUNDACIÓN Y CONSIDERACIONES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	25
6.1 COTA DE INUNDACIÓN	26
6.2 INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO	26
6.3 COTA DE INUNDACIÓN CONSIDERANDO LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y OLEAJE MEDIANTE IOLE	27
7 NATURALEZA GEOLOGICA DE LOS FONDOS.....	29
8 BIOSFERA SUBMARINA	30
8.1 PRADERAS MARINAS	30
8.2 DESCRIPCIÓN DE LA PESQUERÍA EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	35
9 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	35
10 CONCLUSIONES.....	36
JUSTIFICACIÓN DE ADAPTACIÓN DE LAS OBRAS AL ENTORNO EN QUE SE ENCUENTREN SITUADAS	39
1 VALORACIÓN.....	40

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/> indicando el código de VERIFICACIÓN

FIRMADO POR

MARIA TERESA ROMERO DEL POZO

04/04/2025

VERIFICACIÓN

PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3

PÁG. 3/41



Nº Reg. Entrada: 202599904002210. Fecha/Hora: 04/04/2025 09:00:21

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS OBRAS
PROYECTADAS SOBRE LA COSTA Y LOS POSIBLES
EFECTOS DE REGRESIÓN DE ÉSTA.

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 4/41	

1 VALORACIÓN

El contenido del proyecto deberá prever la adaptación de las obras al entorno en que se encuentren situadas y, en su caso, la influencia de la obra sobre la costa y los posibles efectos de regresión de ésta (artículo 44.2 de la Ley 22/1988, de 28 de julio).

Debido a la propia naturaleza de las obras proyectadas estas no afectarán a la costa ni a posibles efectos en la regresión de esta, ya que la traza de la red de baja tensión se proyecta soterrada y discurre por un ámbito fuera del alcance directo del oleaje y de la dinámica natural de arrastre de sedimentos tal y como se demuestra a continuación en el estudio de dinámica litoral.

Nº Reg. Entrada: 202599904002210. Fecha/Hora: 04/04/2025 09:00:21

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 5/41	

Nº Reg. Entrada: 202599904002210. Fecha/Hora: 04/04/2025 09:00:21

ESTUDIO BÁSICO DE LA DINÁMICA LITORAL

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 6/41	

Es copia auténtica de documento electrónico

1 CONTENIDO DEL ESTUDIO

De acuerdo con el artículo 91 del Reglamento General de Costas, aprobado por Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, cuando un proyecto contenga la previsión de actuaciones en el mar o en la zona marítimo-terrestre, deberá comprender un Estudio básico de Dinámica Litoral (en adelante EBDL) referido a la unidad fisiográfica costera correspondiente y de los efectos de las actuaciones previstas, que se acompañará como anejo a la Memoria del Proyecto, y que comprenderá los siguientes aspectos (de acuerdo al artículo 93 de dicho Reglamento):

- Estudio de la capacidad de transporte litoral.
- Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.
- Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales escalares.
- Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático.
- Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, y forma de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado.
- Naturaleza geológica de los fondos.
- Condiciones de biosfera submarina y efectos sobre la misma de las actuaciones previstas en la forma que señala el artículo 88 e) del susodicho reglamento.
- Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.
- Propuesta para la minimización, en su caso, de la incidencia de las obras y posibles medidas correctoras y compensatorias.

2 CLIMA MARÍTIMO

2.1 FUENTE DE DATOS

En la elaboración del presente anejo se tomará información del banco de datos oceanográficos del ente público Puertos del Estado, así como se hará uso del programa de Modelado del Sistema Costero (SMC) elaborado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar.

2.1.1 CONJUNTO DE DATOS REDCOS

El conjunto de datos REDCOS está formado por las medidas procedentes de la Red de Boyas Costeras de Puertos del Estado. Esta red actualiza la antigua red de boyas escalares REMRO. Su objetivo es complementar las medidas de oleaje de la red exterior en lugares de especial interés para las actividades portuarias o para la validación de modelos de oleaje. Por ello el despliegue de las boyas se puede ver modificado a lo largo del tiempo. Las boyas de esta red se caracterizan por estar ubicadas en las proximidades de instalaciones portuarias, estando fondeadas a menos de 100 metros de profundidad.

En la mayoría de los casos, las medidas están perturbadas tanto por el perfil de la costa, como por los efectos del fondo sobre el oleaje. Por lo tanto, las boyas de la Red Costera son representativas, sólo, de condiciones locales. Por este motivo es necesario utilizar con prudencia dichos datos a la hora de extraer conclusiones sobre el oleaje en zonas alejadas del área de medida.



Esta red históricamente ha estado compuesta principalmente por dos tipos de boyas: boyas con sensores escalares de oleaje, del tipo Waverider (Datawell) y boyas direccionales, del tipo Triaxys (Axys). Desde el año 2012 la red se ha visto inmersa en un plan de optimización de costes de mantenimiento que se ha centrado, fundamentalmente, en la reducción del número de estaciones y en la sustitución de las boyas escalares remanentes por equipos disponibles direccionales. Así pues, la Red Costera se compone en la actualidad de equipos direccionales Triaxys salvo las estaciones de Langosteira y Algeciras que cuentan con boyas multiparamétricas de mayor envergadura (Watchmate y Watchkeeper, respectivamente).

Para la obtención de datos en la elaboración de este estudio, utilizaremos:

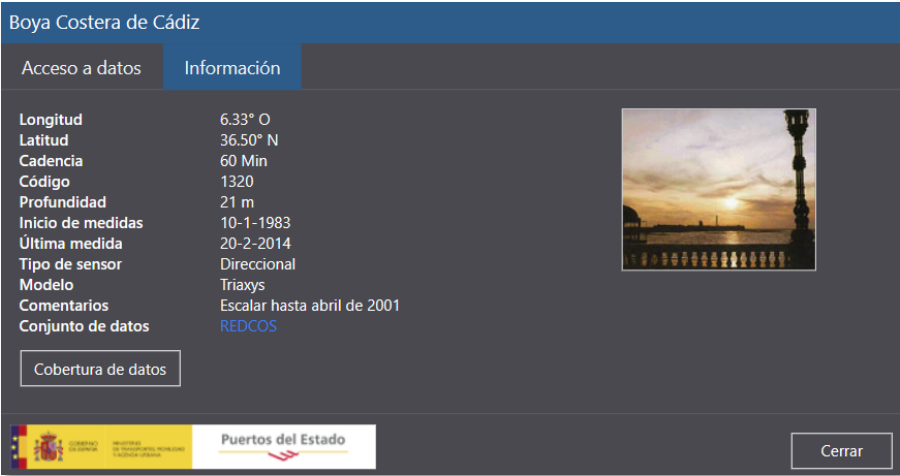


Fig. Nº1 – Información Boya Costera de Cádiz.

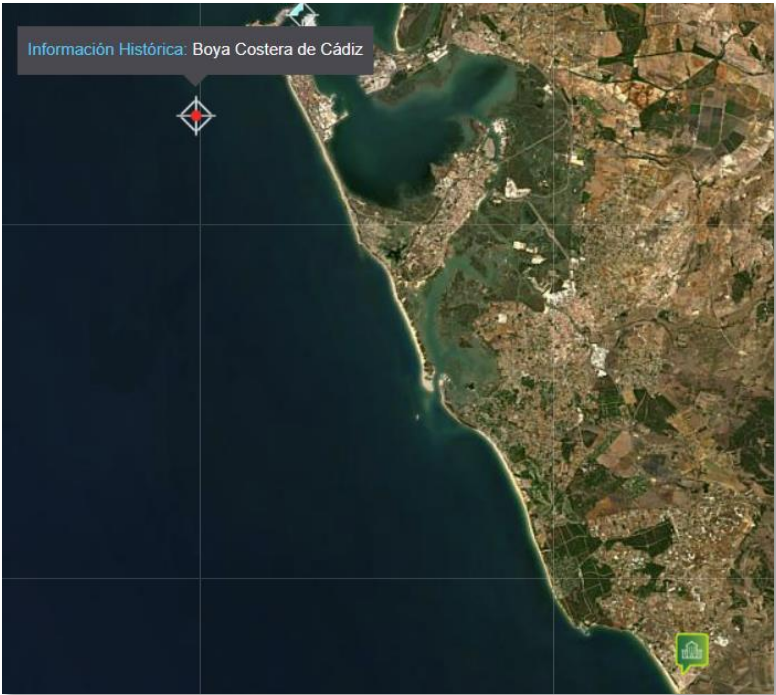


Fig. Nº2 – Localización Boya Costera de Cádiz.

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVBX3	PÁG. 8/41	

2.1.2 CONJUNTO DE DATOS REDMAR

El conjunto de datos REDMAR está formado por las medidas procedentes de la Red de Mareógrafos de Puertos del Estado. Tiene como finalidad primordial medir, grabar, analizar y almacenar de forma continua el nivel del mar en los puertos, siendo el acceso a los datos en tiempo real uno de sus aspectos primordiales. Las estaciones más antiguas proporcionan datos desde Julio de 1992.

En la actualidad esta red cuenta con más de 30 estaciones en funcionamiento. El dato de nivel del mar en tiempo real es utilizado para la realización de dragados o para la navegación en el interior de algunos puertos. Las series históricas que la red de mareógrafos proporciona permiten afrontar el estudio del regímenes extremal y medio, que sirven de referencia a la hora de proyectar una obra en la costa; seguimiento del cero del puerto o nivel de referencia, obtención de constantes armónicas más precisas para la realización de las tablas de marea (o predicción de marea astronómica), conocimiento de la componente meteorológica del nivel del mar en caso de tormenta, estudio de la evolución del nivel medio del mar, calibración de modelos numéricos de corrientes y mareas, calibración de datos de altimetría espacial, etc.

Un problema fundamental a la hora de definir el nivel del mar es el nivel de referencia o cero. Lo más conveniente es utilizar un nivel oficial de manera que se introduzca la menor confusión posible. El Instituto Geográfico Nacional (IGN) utiliza el origen de altitudes, que en la Península corresponde al Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA) en la década 1870-1880. A él se refieren las altitudes geométricas de las señales geodésicas distribuidas por la geografía peninsular española y constituye la referencia nacional terrestre. En las islas el IGN utiliza normalmente como cero el nivel medio del mar local.

Las cotas sobre el NMMA que utiliza Puertos del Estado fueron proporcionadas por el IGN, que realiza una nivelación cada uno de los mareógrafos en el momento de su instalación. Cada puerto, por su parte, define un nivel de referencia o cero conveniente para la realización de obras, dragados, etc.; que se conoce con el nombre de cero del puerto. Los mareógrafos de la REDMAR están en general referidos al cero del puerto.

Para la obtención de datos en la elaboración de este estudio, utilizaremos:

Fig. Nº3 – Información mareógrafo de Tarifa.



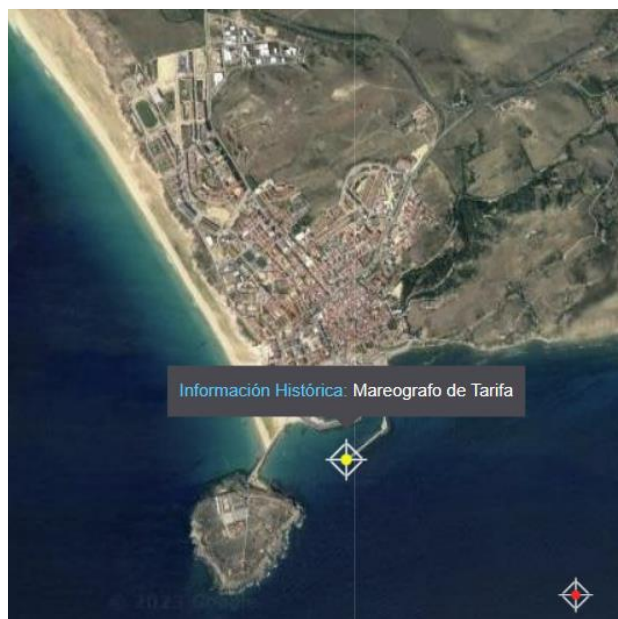


Fig. Nº4 – Localización Mareógrafo de Tarifa.

2.1.3 CONJUNTO DE DATOS SIMAR

El conjunto de datos SIMAR está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico. Son, por tanto, datos simulados y no proceden de medidas directas de la naturaleza. Las series SIMAR surgen de la concatenación de los dos grandes conjuntos de datos simulados de oleaje con los que tradicionalmente ha contado Puertos del Estado: SIMAR-44 y WANA.

El objetivo es el de poder ofrecer series temporales más extensas en el tiempo y actualizadas diariamente. De este modo, el conjunto SIMAR ofrece información desde el año 1958 hasta la actualidad. Este trabajo de fusión se ha aprovechado para ampliar también la cobertura espacial, ampliando considerablemente el lote de puntos disponibles tanto en el Mar Mediterráneo como en el Océano Atlántico, en aguas abiertas como en costa. Para la obtención de datos en la elaboración de este estudio, utilizaremos:

Punto SIMAR: (6022032)

Acceso a datos

Información

Longitud

Latitud

Código modelo

Cadencia

Malla

Conjunto de datos

6.13° O

36.28° N

6022032

60 min

AIB

Punto SIMAR

Cerrar

Fig. Nº5 – Información Punto SIMAR.



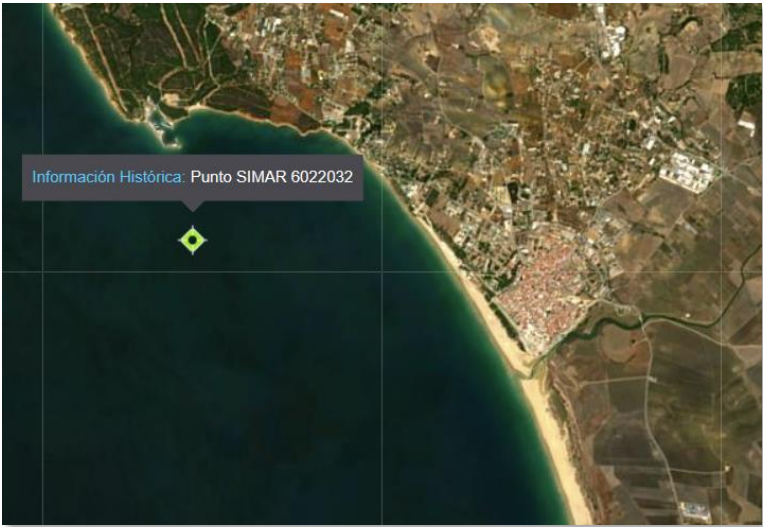


Fig. N°6 – Localización Punto SIMAR.

2.1.4 CONJUNTO DE DATOS: REDEXT

El conjunto de datos REDEXT está formado por las medidas procedentes de la Red de Boyas de Aguas Profundas (Red Exterior). Esta red unifica, amplía y actualiza las antiguas redes RAYO y EMOD.

Las boyas de esta red se caracterizan por estar fondeadas lejos de la línea de costa a gran profundidad (más de 200 metros de profundidad). Por tanto, las medidas de oleaje de estos sensores no están perturbadas por efectos locales. Por ello, cada boya proporciona observaciones representativas de grandes zonas litorales.

La Red Exterior está compuesta por boyas de tipo Wavescan y SeaWatch. Las boyas de tipo SeaWatch miden tanto Oleaje como parámetros Atmosféricos y Oceanográficos. Las boyas de tipo Wavescan solo miden Oleaje y variables Atmosféricas. Para la obtención de datos en la elaboración de este estudio, utilizaremos:

Boya de Golfo de Cádiz

Acceso a datos

Información

Longitud

6.96° O

Latitud

36.49° N

Cadencia

60 Min

Código

2342

Profundidad

450 m

Inicio de medidas

27-8-1996

Última medida

8-5-2023

Tipo de sensor

Direccional Oce-Met

Modelo

SeaWatch

Conjunto de datos

REDEXT

Cobertura de datos

Cerrar

Fig. N°7 – Información Punto REDEXT.

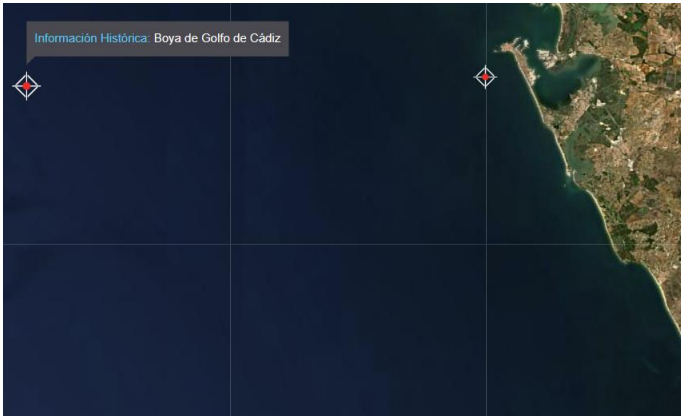


Fig. N°8 – Localización Punto REEXT.

3 OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS

3.1 REGIMEN MEDIO DE OLEAJE

3.1.1 DIRECCIONES

Se puede definir como régimen medio de una serie temporal al conjunto de estados de oleaje que con mayor probabilidad nos podemos encontrar. Habitualmente se describe mediante una distribución teórica de los datos. La distribución elegida para realizar esta descripción es la de Weibull (si bien en algún caso se emplea la de Fréchet).

Las condiciones de oleaje características de la zona de estudio son resultado del régimen de oleaje en profundidades indefinidas y la propagación del mismo hasta dicha zona. Por lo que respecta a la dirección del oleaje, hay que tener en cuenta que no todas las direcciones de la rosa pueden incidir en la zona de estudio. El abanico de direcciones viene limitado por la configuración geométrica de la costa, tal y como puede apreciarse en la Figura N°9. En consecuencia los únicos oleajes susceptibles de incidir en la zona son los procedentes de las direcciones W, WNW y WSW.

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 12/41	

Rosa de Altura Significante (m) para Oleaje - Punto SIMAR 315047108
Periodo: 2015 - 2025 - Eficacia: 91.38%

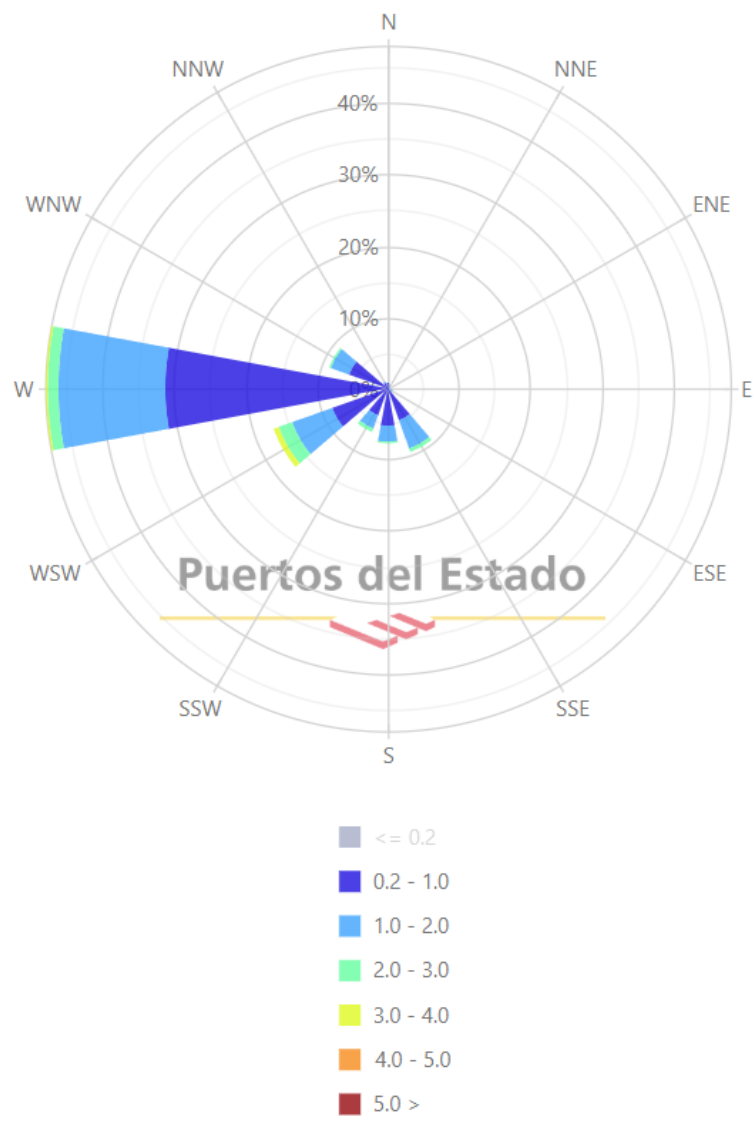


Fig. Nº9 – Rosa de oleaje anual. Período 1996-2023.

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 13/41	

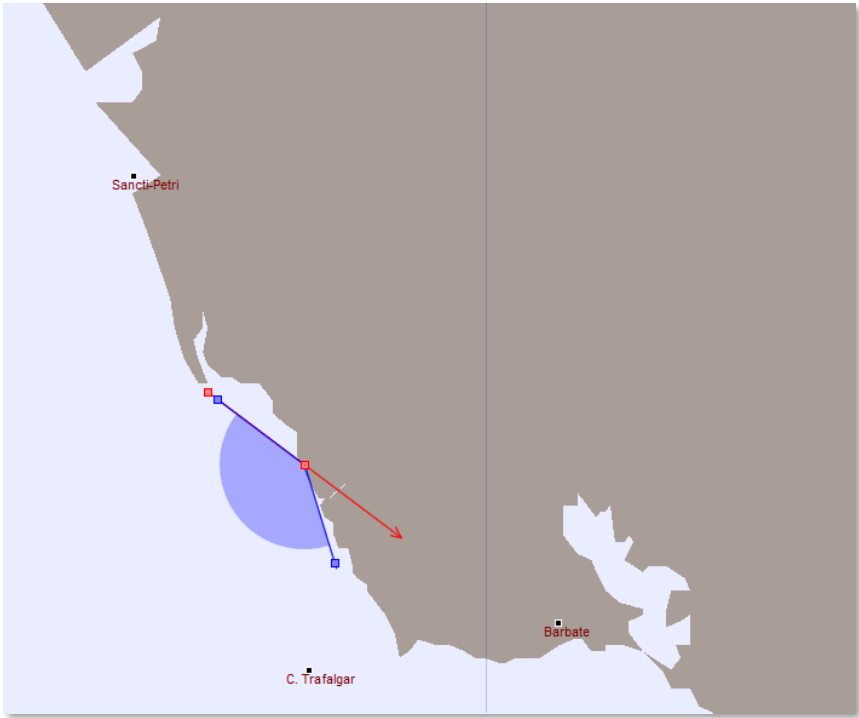


Fig. Nº10 – Interfaz gráfica ODIN, programa SMC

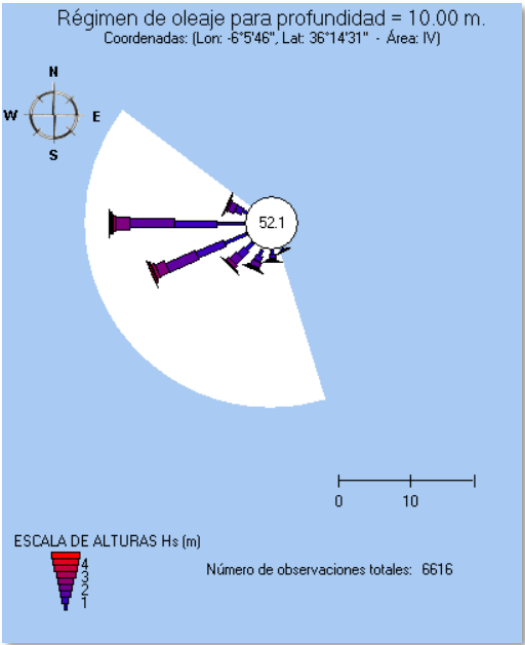


Fig. Nº11 – Interfaz gráfica ODIN, programa SMC

Nº Reg. Entrada: 202599904002210. Fecha/Hora: 04/04/2025 09:00:21

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 14/41	

3.1.2 ALTURA DE OLA

Como se mencionaba anteriormente, los regímenes medios anuales de la altura de ola significativa pueden ser ajustados a unas distribuciones triparamétricas de Weibull cuya expresión es:

$$F(H) = P(H \leq H_s) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{H - B}{C} \right)^c \right]$$

El parámetro B es conocido como parámetro de centrado y su valor ha de ser menor que el menor de los valores ajustados, A es el parámetro de escala y ha de ser mayor que 0, y finalmente C es el parámetro de forma y suele moverse entre 0,5 y 3.5.

El régimen medio, generalmente se representa de una forma gráfica mediante un histograma acumulado y el correspondiente ajuste teórico, todo ello en una escala especial en la que Weibull aparece representada como una recta

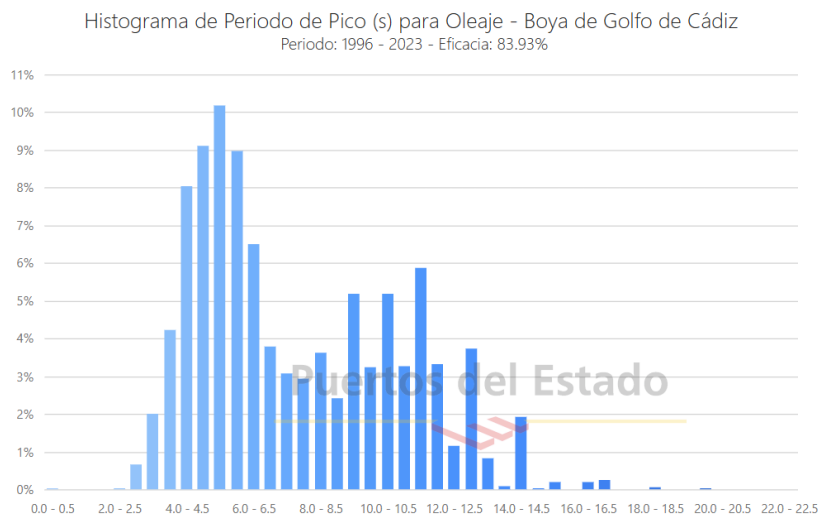
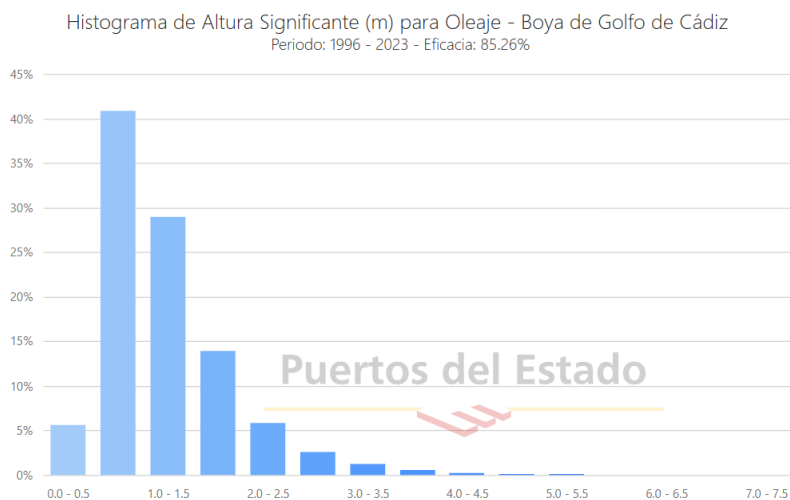


Fig. Nº12 – Distribución conjunta de Periodo de Pico y Altura Significativa.



Eficacia: 83.93%		Periodo de Pico (s)											Total
		<= 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.0 >	
Altura Significante (m)	<= 0.5	0.039	0.001	0.245	0.774	0.828	0.344	0.340	0.540	0.583	1.007	0.826	5.527
	1.0	-	-	0.448	5.794	9.825	5.002	1.427	2.546	2.647	6.379	7.367	41.435
	1.5	-	-	-	0.728	6.437	7.262	2.123	1.024	1.047	2.787	7.405	28.813
	2.0	-	-	-	0.003	0.963	3.594	3.344	0.651	0.407	0.965	3.647	13.573
	2.5	-	-	-	-	0.036	0.789	2.178	0.654	0.235	0.404	1.523	5.820
	3.0	-	-	-	-	0.000	0.100	0.756	0.636	0.153	0.251	0.715	2.610
	3.5	-	-	-	-	-	0.006	0.126	0.408	0.124	0.165	0.363	1.191
	4.0	-	-	-	-	-	-	0.013	0.165	0.075	0.112	0.180	0.543
	4.5	-	-	-	-	-	-	0.000	0.042	0.056	0.077	0.079	0.254
	5.0	-	-	-	-	-	-	-	0.011	0.022	0.036	0.071	0.141
	5.0 >	-	-	-	-	-	-	-	0.000	0.006	0.028	0.058	0.093
Total		0.039	0.001	0.693	7.299	18.090	17.097	10.306	6.677	5.355	12.210	22.233	100%

Fig. Nº13 – Tabla Periodo Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %.

Eficacia: 99.92%			Altura Significante (m)												Total
			<= 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.0 >	
Dir *	N	0.0	-	0.046	0.674	0.548	0.034	-	-	-	-	-	-	-	1.302
	NE	45.0	-	0.046	0.765	1.828	1.062	0.126	0.034	-	-	-	-	-	3.862
	E	90.0	-	0.011	0.468	0.423	0.137	0.057	-	-	-	-	-	-	1.097
	SE	135.0	-	0.091	5.621	10.522	6.055	2.456	0.526	0.377	0.263	0.206	0.069	-	26.185
	S	180.0	-	0.446	4.044	1.702	0.343	0.080	0.354	0.057	-	-	-	-	7.026
	SW	225.0	-	0.697	3.759	1.440	1.268	0.697	0.468	0.343	0.069	-	-	-	8.740
	W	270.0	-	1.622	17.651	10.876	4.684	2.251	0.743	0.560	0.114	0.080	0.011	-	38.592
	NW	315.0	-	0.366	5.130	5.952	1.451	0.206	0.091	-	-	-	-	-	13.195
	Total	-	-	3.325	38.113	33.291	15.035	5.872	2.216	1.337	0.446	0.286	0.080	-	100%

Fig. Nº14 – Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de procedencia en %.

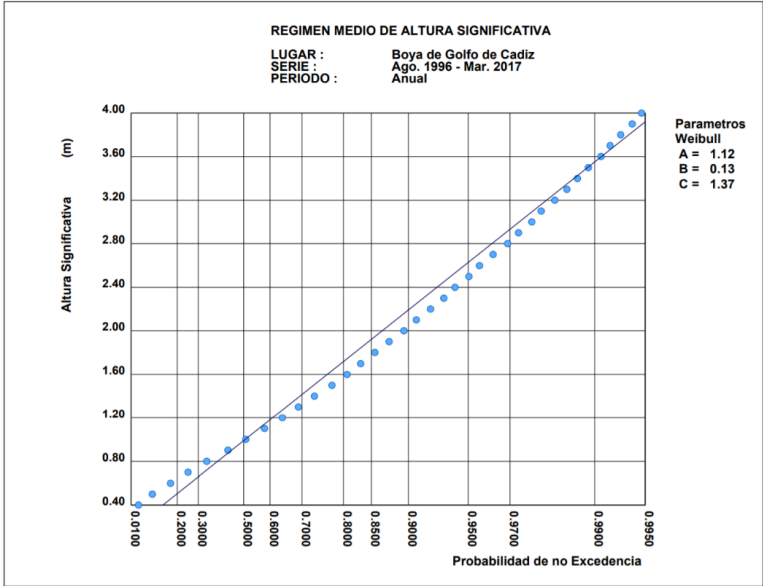


Fig. Nº12 – Régimen medio anual de Hs.



Podemos comprobar que la dirección del oleaje de componente W, predomina desde aguas más profundas sin verse afectada por la morfología costera en la zona de estudio. Sin embargo, es la componente direccional SE la que tiene un elevado índice de incidencia en aguas profundas y nula afección como componente directa en la unidad litoral objeto, tal y como se muestra en la Fig. 11.

3.2 REGIMEN EXTREMAL DE OLAJE

La seguridad y la operatividad de una instalación en la costa pueden estar condicionada por la acción del oleaje en situación de temporal, es decir, en situaciones donde la altura del oleaje alcanza una intensidad poco frecuente.

Con el fin de acotar el riesgo que corre una instalación, debido a la acción del oleaje, es necesario tener una estimación de la frecuencia o probabilidad con la que se presentan temporales que superen una cierta altura significativa de ola. Un régimen extremal de oleaje es, precisamente, un modelo estadístico que describe la probabilidad con la que se puede presentar un temporal de una cierta altura de ola.

En el diseño de estructuras marítimas se utilizan estados de mar extremos con una intensidad tal que solo exista una pequeña probabilidad de que esa intensidad sea superada en la vida prevista de la estructura. Como la vida prevista suele exceder con mucho el periodo de tiempo cubierto por los datos, es necesario realizar extrapolaciones en las funciones de distribución estimadas a partir de las frecuencias de ocurrencia.

Según las recomendaciones ROM 1.0-09 las obras de defensa y regeneración de playa deben diseñarse para una vida útil mínima $V = 15$ años y para una Probabilidad de fallo tanto en Estado Límite Último como en Estado Límite de Servicio $Pf_{ELU} = Pf_{ELS} = 0,20$. Esto significa un período de retorno $R = Tr = 67,72$ años.

La altura de ola significativa en aguas profundas asociada a un determinado periodo de retorno en una dirección determinada puede obtenerse a partir de los resultados instrumentales disponibles, a través de la siguiente ecuación (ROM 0.2-90):

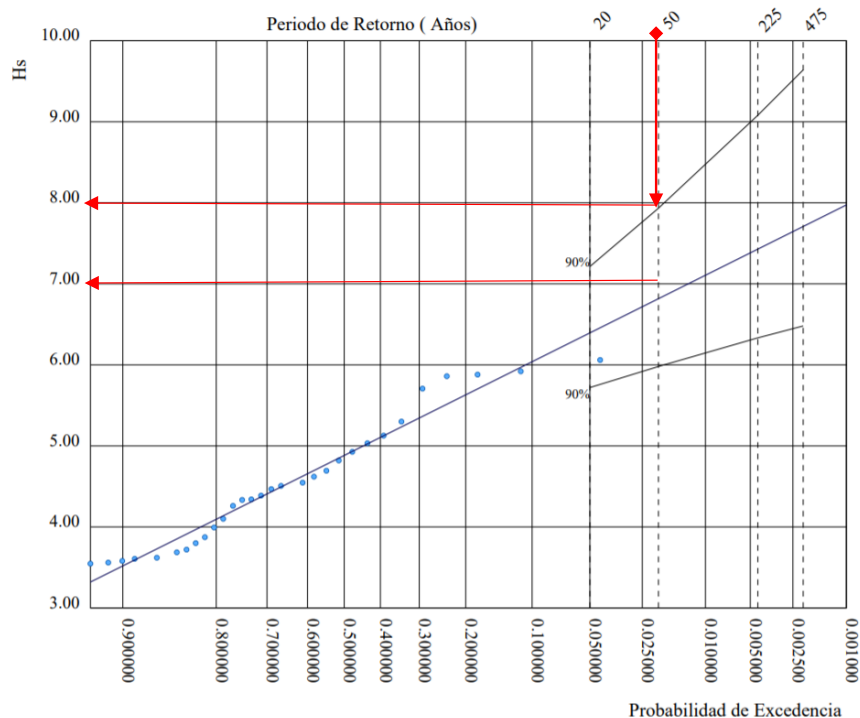
$$H_{S,O} = H_{S,R} \cdot \frac{K_{\alpha}}{K_R}$$

- $H_{S,O}$: Altura de ola significativa en aguas profundas asociada a un periodo de retorno, para una dirección determinada.
- $H_{S,R}$: Altura de ola significativa asociada a un periodo de retorno obtenida del régimen extremal escalar instrumental (boya).
- K_{α} : Coeficiente de direccionalidad para la dirección considerada.
- K_R : Coeficiente de refracción-shoaling en el punto de medida (boya) para la dirección considerada, y el periodo asociado a dicha altura de ola. A falta de información específica, en este caso consideraremos $K_R = 1$.

Dado que el régimen mostrado es escalar, para obtener información direccional es necesario recurrir, tal como recomienda la ROM 0.3 – 91, a los coeficientes de direccionalidad K_{α} , es decir, aquellos coeficientes que tienen en cuenta la intensidad de los temporales en cada dirección. Multiplicando el valor de H_s obtenido de la función de distribución extremal escalar por cada valor de K_{α} se obtiene la altura de ola extremal en cada dirección.



LUGAR : Cádiz SECTOR : W (247.5:292.5)
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : May. 2003 - Nov. 2017
 PROFUNDIDAD : 450.0m



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	6.39	6.81	7.43	7.71
Banda Sup. 90% Hs	7.22	7.93	9.08	9.64
Valor Esperado de Tp (s)	10.76	11.06	11.49	11.68
Prob. de Exc. en 20 Años	0.63	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.63	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	3.50 (m)	Parametros de la	Alfa = 3.14
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 1.51
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	2.51	de Excedencias	Gamma = 1.77

Fig. Nº13 – Regimen extremal direccional del oleaje. Sector direccional W.

Valorando como sector direccional W, como el más desfavorable desde el punto de vista del diseño de la instalación objeto de este estudio, y considerando el periodo de retorno de 50 años, prácticamente coincidente con el establecido en la ROM 0.3-91, se concluye con una altura de ola significativa de diseño $H_{S,0} = 6,81 \text{ m}$. (Estima central del régimen extremal) y $H_{S,0} = 7,93 \text{ m}$. (Límite superior de la banda de confianza del 90% del régimen extremal), así como un periodo de pico asociado $T_p = 11,06 \text{ s}$.



4 ANALISIS DEL NIVEL DEL MAR

4.1 FUENTE DE DATOS

La obtención de registros de mareas se obtiene del mareógrafo de Tarifa, de la red de mareógrafos de puertos del estado (REDMAR), situado en el Morro del Dique del sagrado corazón, en el puerto de Tarifa. Dicho mareógrafo, tiene como cero de referencia, el cero del puerto.

Mareografo de Tarifa

Acceso a datos

Información

Ceros - Referencias

Ubicación

Longitud

Latitud

Cadencia

Código

Inicio de medidas

Última medida

Tipo de sensor

Modelo

Comentarios

Conjunto de datos

Situado en el morro del dique del Sagrado Corazón.

5.60° O

36.01° N

1 Min

3540

22-7-2009

8-5-2023

Radar

Miros

Presión desde 6-10-2010

REDMAR

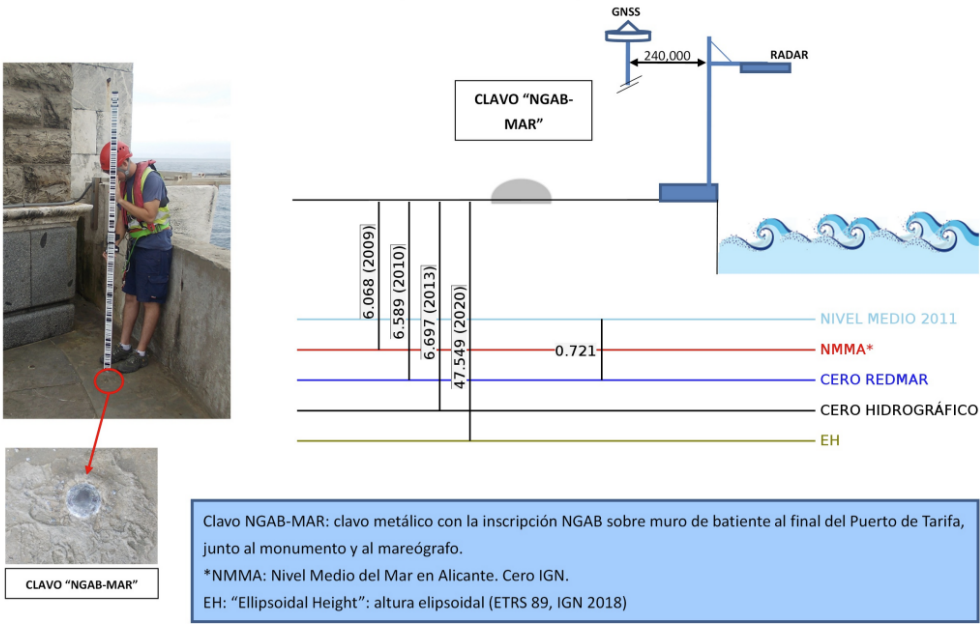


 MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENCIA URBANA



Cerrar

ESQUEMA DATUM MAREÓGRAFO REDMAR TARIFA
(cotas en metros)



Nota: La posición relativa de Clavo y Mareógrafo está simplificada.

Fig. Nº14 – Ceros de referencia.

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/> indicando el código de VERIFICACIÓN

FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVBX3	PÁG. 19/41



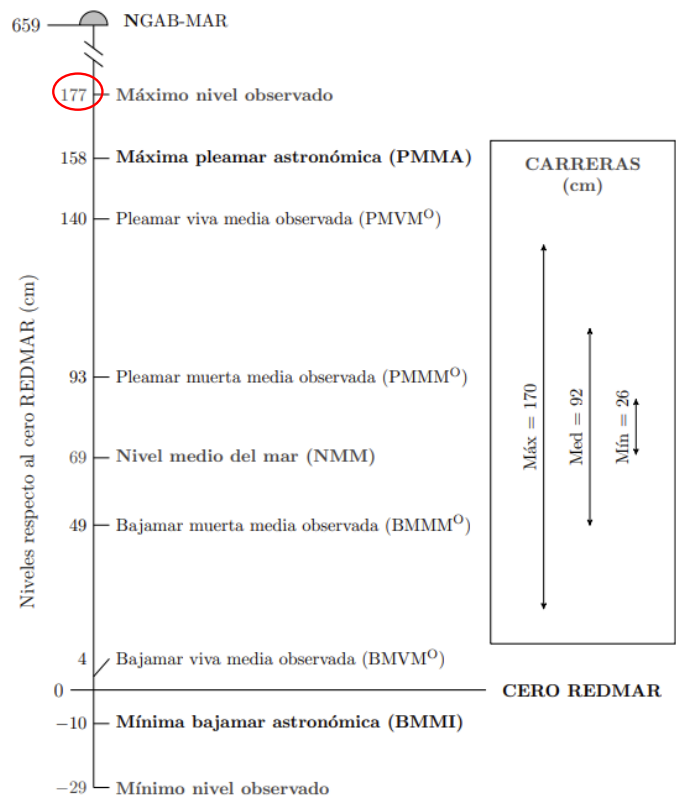


Fig. Nº15 – Principales referencias del nivel del mar calculadas sobre todo el periodo de datos disponibles.

	Niveles (cm)							
	Observados				Marea astronómica			
	Máx	Mín	Med	D.E.	Máx	Mín	Med	D.E.
Pleamar	177	69	118	17	158	79	115	15
Bajamar	68	-29	26	17	67	-10	28	14
Pleamar viva	177	113	140	12	158	113	135	10
Bajamar viva	52	-29	4	12	23	-10	9	8
Pleamar muerta	120	69	93	10	108	79	95	7
Bajamar muerta	68	26	49	10	67	34	49	7

Fig. Nº16 – Estadísticas de pleamares y bajamares observadas y astronómicas.

4.2 COMPONENTES DEL NIVEL DEL MAR

Los registros de datos del mareógrafo objeto de estudio, muestran en puntos porcentuales, las distribuciones de frecuencia relativa del nivel del mar y de las dos componentes en las que se descompone: marea astronómica y residuo. Estas distribuciones se extraen, respectivamente, de la serie de nivel horario observado, de la serie de nivel horario astronómico y de la de residuos meteorológicos horarios. Únicamente contribuyen a este cálculo los datos de años cuya cobertura alcance el 75 % de datos. La unidad es, en todos los casos, el centímetro.

ANEXO PROYECTO TÉCNICO DE EXTENSIÓN DE RED BAJA TENSIÓN PARA REFUERZO DE LA RED EXISTENTE EN PLAYA LA FONTANILLA DESDE EL C.T FONTANILLA 1(Nº 0090) EN CONIL DE LA FRONTERA (CÁDIZ)

La comparación entre los gráficos de las distribuciones de las tres variables permite obtener visualmente una idea de la contribución relativa de cada una de las dos componentes (marea y residuo) a la variabilidad total del nivel del mar.

Tal y como se explica en Serie de residuos meteorológicos horarios, el residuo incluye fundamentalmente efectos de la presión atmosférica o el viento, por lo que se le suele llamar marea meteorológica. Sin embargo, también contiene otros efectos como la componente estérica, la variación (a largo plazo) del nivel medio del mar y, en definitiva, todos aquellos que no tienen una clara componente armónica asociada a un periodo determinado.

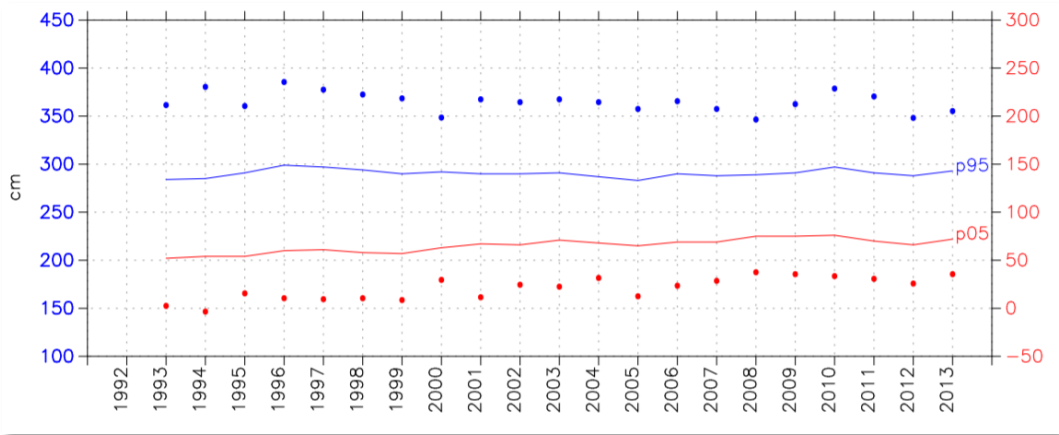


Fig. N°17 – Históricos de extremos observados.

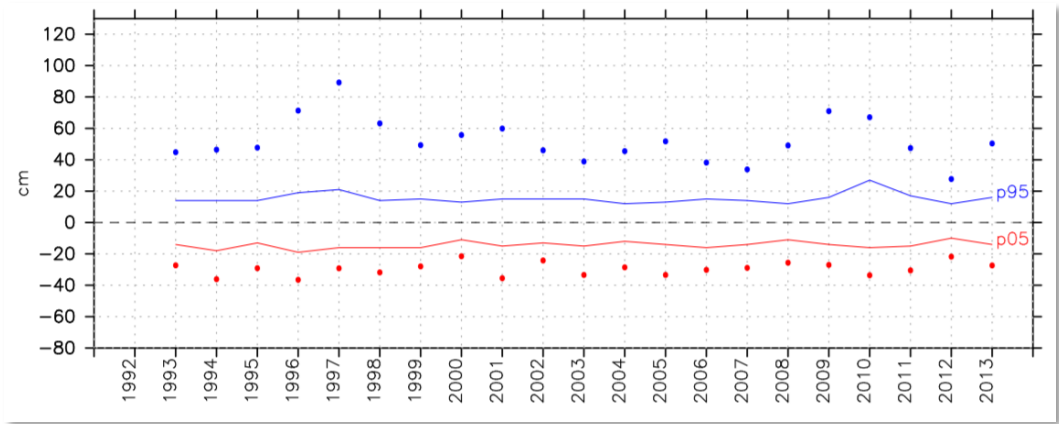


Fig. N°18 – Evolución de extremos de residuos meteorológicos.

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 21/41	

Nº Reg. Entrada: 202599904002210. Fecha/Hora: 04/04/2025 09:00:21

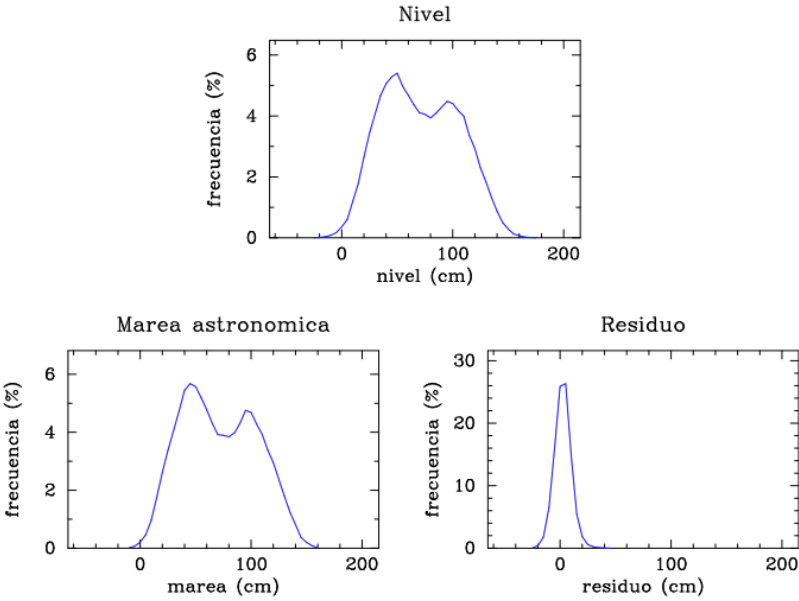


Fig. Nº19 – Distribución de frecuencia relativa de nivel del mar horario observado (grafico superior), marea astronómica horaria (grafico inferior-izquierda) y residuo meteorológico horario (grafico inferior-derecha). La frecuencia se proporciona en puntos porcentuales y la unidad de nivel observado, marea y residuo es el centímetro.

Percentiles de la serie de pleamares observadas

(% pleamares por debajo de un nivel dado)

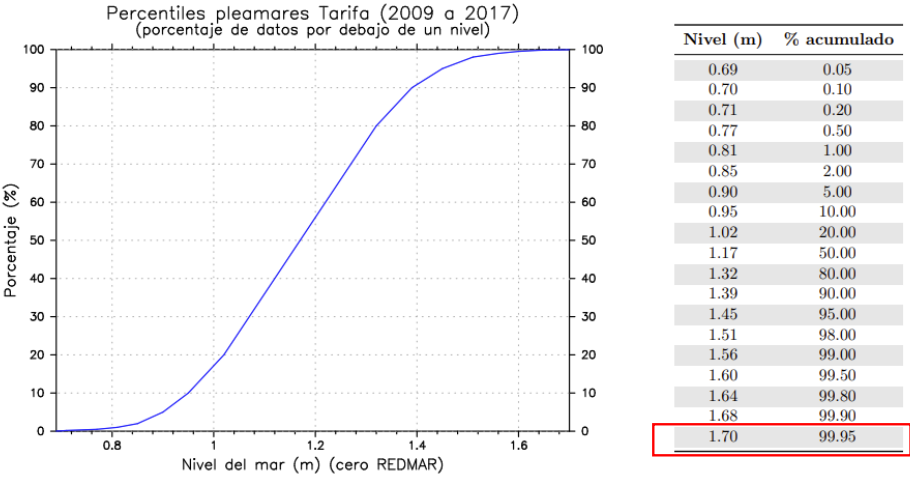


Fig. Nº20 – Distribución de frecuencia relativa acumulada (izquierda) y tabla de perceptiles (derecha) de pleamares observadas. La frecuencia se proporciona en puntos porcentuales y la unidad del nivel es el metro.

4.3 REGISTRO DE NIVELES

Analizados los históricos de máximos niveles registrados se debe reseñar el último episodio con numerosos daños registrados en todo el litoral gaditano que tuvo lugar entre el 28 de febrero y el 1 de marzo de 2018, donde se alcanzó 1,71 metros sobre el cero REDMAR (cero del Puerto), nivel muy próximo al máximo observado en el Puerto de Tarifa de 1,77 metros.

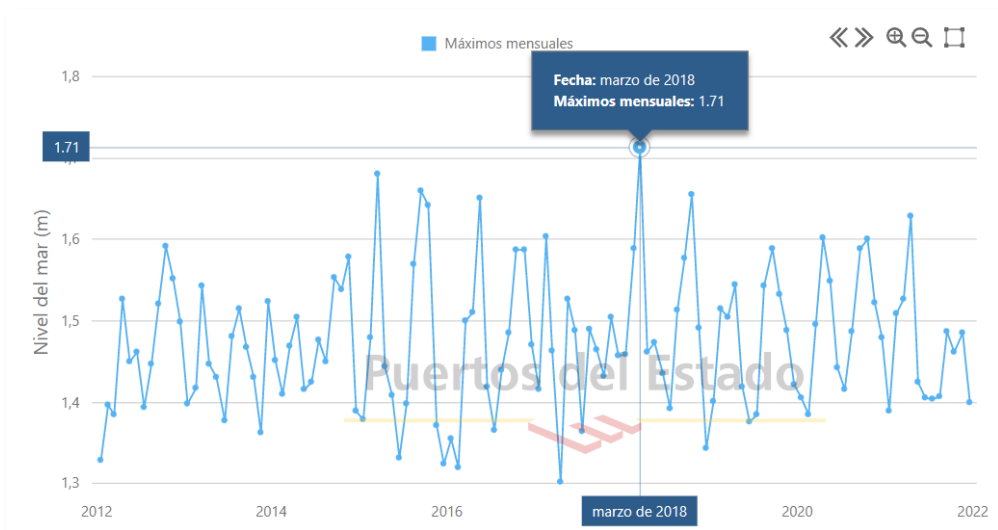


Fig. Nº20 – Gráficas de series temporales.

Fecha (GMT)	Nivel (cm)											
	00'	05'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'
2018-02-28 00h	141.1	141.6	141.6	141.3	142.3	141.4	140.6	140.2	139.7	138.3	137.8	137.5
2018-02-28 01h	136.3	135.1	134.6	133	130.9	129.2	128.3	126	124.4	121.8	119.9	118.2
2018-02-28 02h	115.6	113.6	110.3	108.1	107	105.5	103.7	101.9	99.4	96.6	95	92.1
2018-02-28 03h	90.3	88.8	86.6	85.5	81.6	78.5	75.9	73.3	70.8	68.4	65.9	63
2018-02-28 04h	61	58.4	56.1	52.5	51.4	49.9	48.5	46.7	44.8	43.6	43.2	43.2
2018-02-28 05h	41.9	41.6	40.9	42.4	41.7	43.2	43.7	43.3	43.2	41	40.6	40.8
2018-02-28 06h	40.3	39.2	39	37.9	38.3	39	39.6	40.7	40.9	41.6	41.6	42.4
2018-02-28 07h	42.5	43.2	43.2	43.4	43	43.6	43.9	44.3	44.7	44.5	44.5	45.6
2018-02-28 08h	47.1	48.3	49	49.2	49.8	50.4	52.3	55.1	57.3	60.2	63.1	64.9
2018-02-28 09h	66.6	69.2	70.8	73.4	77.3	79.6	81.9	84.7	87.1	88.8	90.6	93.5
2018-02-28 10h	96.7	99.4	103.1	104.6	107.2	109.4	111.6	114.5	116.9	118.6	121.4	123.6
2018-02-28 11h	125.5	127.5	129.8	132.9	134.2	136.2	138.9	139.8	141.5	143.6	144.6	146.4
2018-02-28 12h	149.6	149.9	150.4	153.7	154.1	155.1	155.9	157.6	157.6	157.9	158.8	158.6
2018-02-28 13h	158.2	157.9	157.3	155.8	154.6	154.1	151.2	151.1	148.9	147.1	145.7	143.6
2018-02-28 14h	141.9	140.7	139.6	137.8	135.4	135.6	133.3	132.1	129.5	126.9	121.5	119.8
2018-02-28 15h	117.8	115.4	113	108.9	106.3	104.1	100.4	97.4	94.6	91.9	90.3	86.8
2018-02-28 16h	83.4	80.9	77.8	73.3	72.9	68.6	64.9	62.7	56.1	55.8	52.7	51.3
2018-02-28 17h	48.5	46.8	44.8	44.2	41	39.4	37.5	35.7	36.7	35.1	32.5	31.7
2018-02-28 18h	30.5	28.9	28.7	29.7	31.6	30.9	30.5	30.8	31.6	31.8	32.6	34.7
2018-02-28 19h	35.7	36.7	37.1	38	39.7	40.5	42.3	41.8	43.7	42.8	44.3	45.6
2018-02-28 20h	45.4	45.4	46	46.6	47.2	48.6	49.2	52.2	53.2	56.7	58.8	59.1
2018-02-28 21h	59.4	62.3	63.9	66.5	69.7	72.8	74.4	75.1	78.1	79	80.8	83.9
2018-02-28 22h	86.4	87.7	91.7	95.2	97.3	99.1	103	105.3	109.3	113.6	114.8	117.9
2018-02-28 23h	121.1	123.8	126.2	129.1	131	133.6	135.9	138.1	141.6	143.4	145.7	148



Fecha (GMT)	Nivel (cm)											
	00'	05'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'
2018-03-01 00h	150.8	153.6	154.7	156.6	159.5	160.4	160.6	161.6	161.5	161.4	163.4	162.6
2018-03-01 01h	163.7	165.5	165.7	164.8	163.9	163.2	161.6	161.4	161.7	160.8	159.3	157.4
2018-03-01 02h	157.4	154.7	152.1	150.6	148.6	145.9	144.8	143.7	141.9	138.2	136.5	135
2018-03-01 03h	133.3	130.9	126.6	125.6	123.8	120.9	117.4	114.6	111.2	106.3	106.6	103.2
2018-03-01 04h	99.7	99.4	95.1	91.9	89.2	88.2	84	82.1	79.8	75.2	63.6	62.9
2018-03-01 05h	59.7	57.3	57.7	54.5	54.4	54.2	51.2	48.2	47.2	45.5	42.9	43.1
2018-03-01 06h	43.6	44.3	45.1	44.8	47.3	48.2	50.1	50.8	48.6	47.1	44.3	43
2018-03-01 07h	44.2	41.7	43.1	43.6	44.8	48.9	50.4	50.9	51.6	53.8	53.5	52.3
2018-03-01 08h	53.1	54.2	54.3	57.4	59.2	58.9	57.9	59.7	58.4	59.8	60.4	63.1
2018-03-01 09h	65.5	65.8	67.4	67.2	67.5	67.7	69.4	71.1	72.4	75.1	76.6	78.1
2018-03-01 10h	81.5	84.1	87.4	89.2	92	95.4	97.1	99	102.9	102.8	106.5	109
2018-03-01 11h	111.6	116.2	117	120.6	123.4	126.1	129	133.5	134	137.3	143.4	145
2018-03-01 12h	144.3	149.1	149.8	151.6	156.1	158.5	155.8	162.9	161.7	163.6	163.8	168.7
2018-03-01 13h	168.7	168.1	169.9	168.6	169.8	169.4	169.4	168.3	171.3	171.2	170.5	170.7
2018-03-01 14h	168.1	168.4	163.5	165.1	160.1	159.1	156.8	158.1	154.5	152.8	149.5	146.5
2018-03-01 15h	143	138.1	138.8	136.2	131.9	132.1	128	126.7	121.1	118.2	115	107.9
2018-03-01 16h	107	105.1	98	96.8	95.8	91.1	86.9	85.3	78.8	75.3	75.8	69
2018-03-01 17h	67	62.9	59.9	56.4	53.4	49.4	49.4	47.9	45.8	42.9	38.9	35
2018-03-01 18h	34.5	32.6	30.9	27.2	25.1	23.6	23.4	21.7	22.9	21.2	20.5	24.3
2018-03-01 19h	25.2	25.2	25.8	24.2	26.6	25	23.2	24.3	23.9	23.7	24.8	25.5
2018-03-01 20h	24.8	26.6	26.9	27.6	30	29	31.1	33.8	34.9	36.2	38.4	39.6
2018-03-01 21h	40.8	42.3	42.8	43.3	45.7	46.4	48.1	49.1	51.2	53.4	55.8	56
2018-03-01 22h	59.1	60.9	62	63.7	66.2	68.5	70.9	73.4	75.9	77.3	79.3	84.2
2018-03-01 23h	85.9	89.5	93	95.3	97.1	100.1	104.6	108.4	111	116.1	118.5	120.3

5 TRANSPORTE LITORAL Y EVOLUCIÓN DE LA COSTA

El oleaje al propagarse e incidir en la costa hace mover el material que forma la franja litoral. A este movimiento se le conoce como transporte sólido litoral, y es uno de los responsables de la transformación de la costa; en definitiva, que exista una dinámica litoral.

Cuando el oleaje incide oblicuamente sobre la costa, genera dos tipos de corrientes: una longitudinal paralela a la línea de costa, y otra transversal perpendicular a la línea de costa. Al igual que forma corriente, el oleaje provoca el movimiento del sedimento que forma la costa en las mismas dos direcciones: paralela y perpendicular a la línea de costa. El movimiento del sedimento paralelo a la línea de costa se le denomina *transporte sólido litoral longitudinal* (Q_l), o simplemente transporte longitudinal. El movimiento del sedimento perpendicular a la línea de costa se le conoce con el nombre de *transporte sólido litoral transversal* (Q_t), o simplemente transporte transversal.

Para obtener la capacidad de transporte del oleaje, existen los siguientes procedimientos de cálculo:

- La medida directa, “in situ”.
- La cubicación de volúmenes retenidos por obras (diques, espigones) situados en los alrededores.
- La determinación de erosiones y acumulaciones en la línea de costa mediante fotografías aéreas a lo largo del tiempo.
- Ensayos a escala reducida.
- Empleo de formulaciones analíticas.
- Estudio mediante modelos matemáticos.



El primer método, el de medida directa, no se utiliza debido al elevado coste que supone llevarlo a cabo y el excesivo plazo de tiempo que es necesario invertir.

La cubicación de volúmenes retenidos por las obras de defensa es un método de gran utilidad y muy utilizado a pesar de que no siempre es posible aplicarlo debido a la inexistencia de obstáculos naturales suficientemente próximos a la zona de estudio o por no disponer de levantamientos topográficos y batimétricos con suficiente precisión para analizar su evolución temporal.

La cuantificación del transporte sólido a partir de las variaciones producidas en la línea de costa debido a las erosiones y acumulaciones del material de las playas mediante restituciones fotogramétricas de fotografías aéreas es un método que resulta aceptable en muchos casos debido a la simplicidad del proceso y a los resultados bastante aceptables. No obstante, el método presenta diversos inconvenientes. Por un lado, las restituciones fotogramétricas se realizan sin tener en cuenta ni los efectos de las mareas astronómica y meteorológica, ni el oleaje, ni la época en la que se realizó la fotografía, por lo tanto, no se tiene en cuenta las diferencias en la línea de orilla debidas al cambio de estación. Por otro lado, dichas restituciones no tienen información acerca del fondo marino ni acerca de las batimétricas, además de introducir los errores propios de la restitución fotogramétrica, que pueden cifrarse en variaciones de la línea de costa de ± 3 m o incluso mucho más.

Los ensayos a escala reducida en piscinas de oleaje presentan el inconveniente de que resultan muy costosos y además se debe tener especial cuidado con el mantenimiento de una correcta similitud de las escalas de ensayo, sin embargo, son muy útiles para establecer cálculos en cuanto a estabildades.

El empleo de formulaciones analíticas es probablemente el método más empleado por su sencillez y rápida implementación. Además, existen numerosas formulaciones que pueden ser empleadas con objeto de obtener un cierto rango de variabilidad.

El cálculo del transporte de sedimentos mediante modelos matemáticos es una herramienta muy potente y relativamente poco costosa que permite una obtención rápida y fiable de la capacidad teórica de transporte, que de todas formas debe ser calibrada correctamente.

Dada la magnitud y los medios disponibles en la elaboración del estudio de dinámica objeto del presente proyecto, se optará, por la utilización del cálculo teórico del transporte longitudinal (el cual será el único que analicemos), llamado método del flujo de energía; esto es, la asunción de que el volumen de sedimento transportado a lo largo de la costa es proporcional al flujo de energía de la ola.

$$Q_l = 210 \cdot E^{0,8}$$

Savage (1962) desarrollo una fórmula partiendo de datos de laboratorio que fue adoptada por el manual de costas del U.S Army Corps of Engineers de 1966 y fue el inicio de la fórmula conocida como fórmula **CERC**. Finalmente, en las ediciones de 1977 y 1984 del famoso *Shore Protection Manual* adoptaron la fórmula revisada de 1966 en base a los estudios de Inman y Komar:

$$P_b = (E \cdot C_g)_b \cdot \cos \alpha_b$$

Siendo E_b la energía de la ola en rotura y C_{GB} la celeridad de grupo de la ola que se pueden expresar como:

$$E_b = \frac{\rho \cdot g \cdot H_b^2}{8}$$



$$C_{gb} = \sqrt{g \cdot d_b} = \sqrt{g \cdot \frac{H_b}{k}}$$

Desarrollando, obtenemos:

$$Q_l = K \frac{\rho \sqrt{g}}{16 \sqrt{k(\rho_s - \rho)(1 - \rho)}} \cdot H_b^{\frac{5}{2}} \cdot \text{sen } 2\alpha_b$$

Partiendo de una idea similar a la formulación de CERC y basándose en un análisis dimensional y calibraciones con datos de laboratorio y de campo, **KAMPHUIS** (1991) propuso la siguiente expresión para el cálculo del transporte longitudinal:

$$Q_1 = \frac{0,0013}{(1 - n)(\rho_s - \rho)} \cdot \frac{\rho \cdot H_{s,br}^3}{T_p} \cdot \tan^{0,5} \beta_{br} \left(\frac{H_{s,br}}{L_o} \right)^{-1,25} \cdot \left(\frac{H_{s,br}}{D_{50}} \right)^{0,25} \cdot \sin^{0,6}(2 \cdot \theta_{br}) \quad (m^3/s)$$

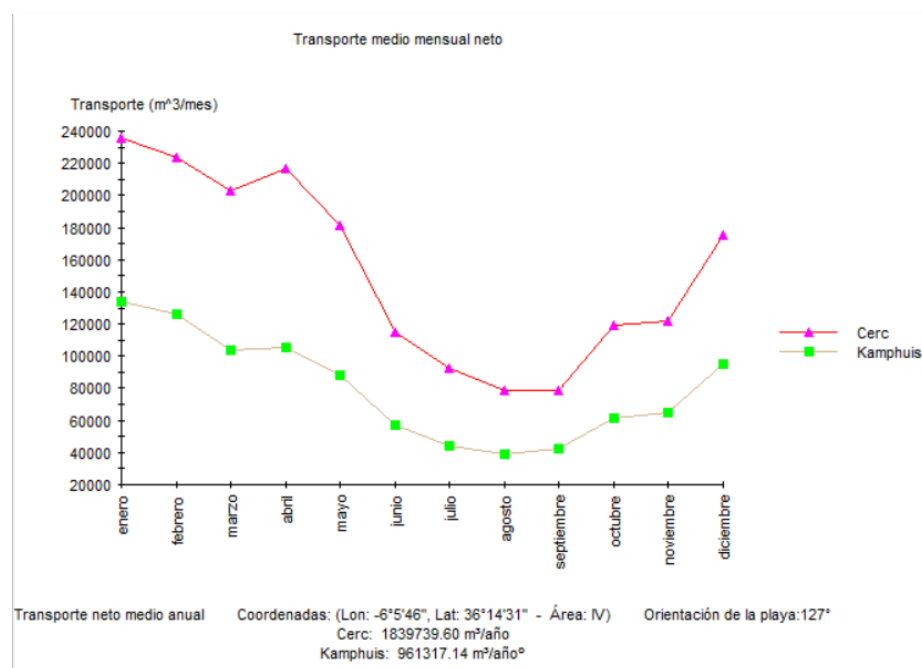


Fig. Nº21 – Transporte medio mensual bruto. Interfaz ODIN del programa SMC.

Se calcula el transporte potencial bruto (transporte total sin atender a su sentido a lo largo de la línea de costa) y el neto (realizando el balance del transporte por sentidos). El valor del transporte neto a finales de diciembre da una idea del transporte litoral de sedimentos en un año medio.

6 COTAS DE INUNDACIÓN Y CONSIDERACIONES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Con la entrada en vigor del Reglamento General de Costas, aprobado por el Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, se exige la necesidad de incorporar una evaluación de los efectos del Cambio Climático en la redacción de Proyectos y en la supervisión de los mismos, para el periodo de concesión de las



obras diseñadas, y en cualquier caso, para aquellas actuaciones que incidan o queden afectadas por la Dinámica Litoral.

6.1 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 en un instante determinado por, la playa que está caracterizada por un nivel de marea (NM) compuesto por la marea astronómica más 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.

6.2 INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Estudios recientes muestran que los cambios observados en el sistema climático están siendo más rápidos de lo esperado. La tasa de aumento del nivel medio del mar observado ha variado entre 1,5 y 1,9 mm/año entre 1900 y 2010 y entre 2,8 y 3,6 mm/año entre 1993 y 2010 (IPCC-AR5).

El aumento del nivel del mar no es igual a lo largo de todas las costas del mundo. En España se han llevado a cabo numerosos estudios sobre el aumento en el nivel del mar en la costa española, obteniéndose tasas de aumento de entre 1-3 mm/año. Los extremos de nivel del mar se han estudiado a través de la sobreelevación originada por el viento y la presión atmosférica, obteniéndose una disminución generalizada de estos eventos.

El oleaje es una de las principales dinámicas susceptibles de cambio que afectan a nuestra costa. En los últimos años se han observados aumentos en la intensidad del oleaje en el Cantábrico y disminución en el Mediterráneo y Canarias. El comportamiento encontrado es similar en alta mar y en aguas costeras, aunque los efectos de propagación sobre el oleaje hacen que los cambios sean más suaves en el litoral.

Otros factores como la acidificación de los océanos, la temperatura del agua del mar o la aportación de caudales de agua dulce han experimentado cambios en los últimos años. En el caso de las contribuciones de agua dulce, el cambio en los usos del suelo ha sido un factor decisivo en los cambios experimentados.

Factores no climáticos como la hipoxia, desvío de caudales, retención de sedimentos o pérdida de hábitat, la mayoría de origen antropogénico, potencian los impactos de cambio climático en la costa.

La subsidencia natural de las llanuras costeras (especialmente de los deltas) potencia la subida del nivel del mar, al disminuir la cota del terreno. Además, acciones antropogénicas como la extracción de recursos del subsuelo o la urbanización masiva contribuyen a aumentar la tasa de subsidencia. En España las zonas con mayor subsidencia son el Delta del Ebro y la desembocadura del Guadalquivir.



En los últimos años se han producido notables cambios en los usos del suelo, produciéndose un crecimiento urbanístico descontrolado en la costa que ha dado lugar a la rigidización de gran parte del litoral.

Entre los factores de cambio de origen climático se encuentran: cambios en el nivel del mar relativo, cambios en la temperatura del océano en superficie, cambios en las tormentas/temporales (oleaje, viento), en los extremos de nivel del mar, en la concentración de CO2 en el océano y en las contribuciones de agua dulce al mar o la acidificación del océano.

6.3 COTA DE INUNDACIÓN CONSIDERANDO LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y OLEAJE MEDIANTE iOLE

Para analizar el efecto del cambio climático y oleaje conjuntamente a la cota de inundación se ha basado el estudio en los trabajos realizados por el Instituto de Hidráulica Ambiental "IH Cantabria" de la Universidad de Cantabria junto con la Oficina española de Cambio Climático. En concreto, se aplican los datos y procedimientos del proyecto CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COSTA ESPAÑOLA: C3E (<http://c3e.ihcantabria.es>), así como en el programa para la evaluación de las cotas de inundación para todo el litoral español iOLE.

En la web <http://c3e.ihcantabria.es> se tienen datos de la dinámica del oleaje en toda la costa española cada 200 m, incluyendo las proyecciones de cambio climático. Esta información se ha tenido en cuenta para la aplicación concreta a la evaluación de los efectos del Cambio Climático en el tramo de costa considerado. En cualquier caso, los datos obtenidos pueden ser procesados mediante el programa iOLE, que ofrece entre otros datos una tabla EXCEL de resumen de los datos de clima marítimo, inundabilidad y efectos derivados del cambio climático estudiados hasta el año 2040. Cada tramo de costa de 200 metros se asimila a una de las diferentes tablas modeladas de los datos característicos antes descritos, siendo en el caso de la zona de estudio el perfil nº22418 y caracterización de clima marítimo nº87:

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/> indicando el código de VERIFICACIÓN

FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 28/41



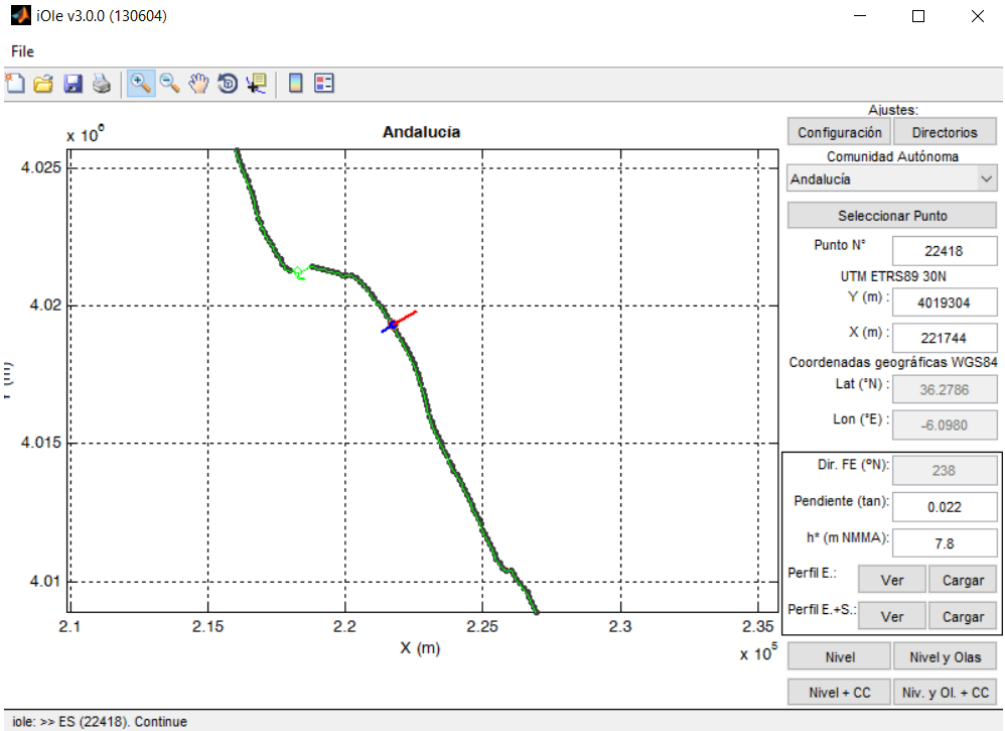


Fig. Nº22 – Identificador de punto seleccionado en programa iOle v3.

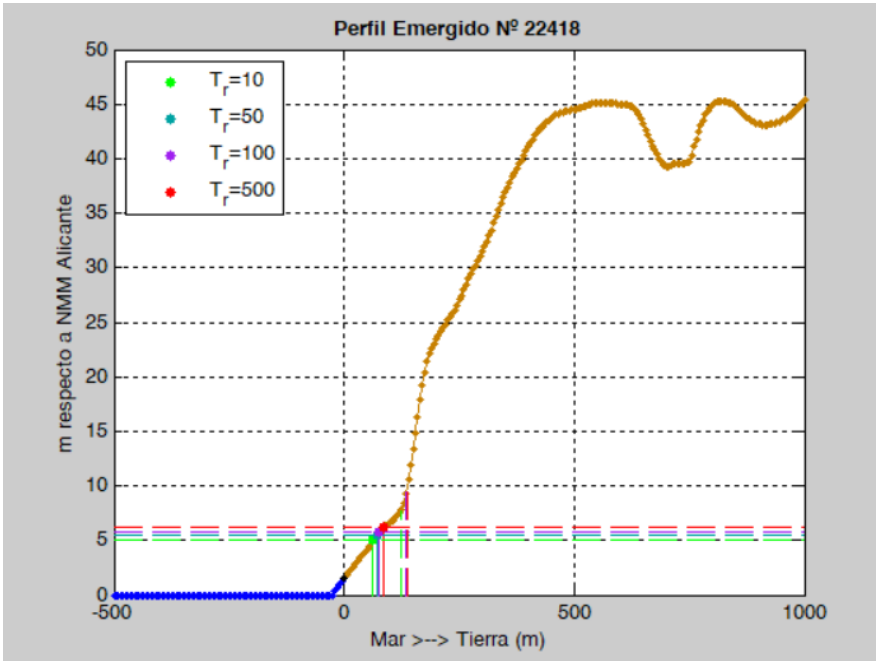


Fig. Nº22 – Interfaz de resultados programa iOle v3.

Podemos observar que el programa detecta un perfil de acantilado, tal y como ocurre en la realidad en la zona de estudio pero sin llegar a confinar el avance provocado por el oleaje. No obstante para un



periodo de retorno $T=50$ años la cota de inundación alcanza los 5,50 m respecto del nivel medio en mar de Alicante (NMMA).

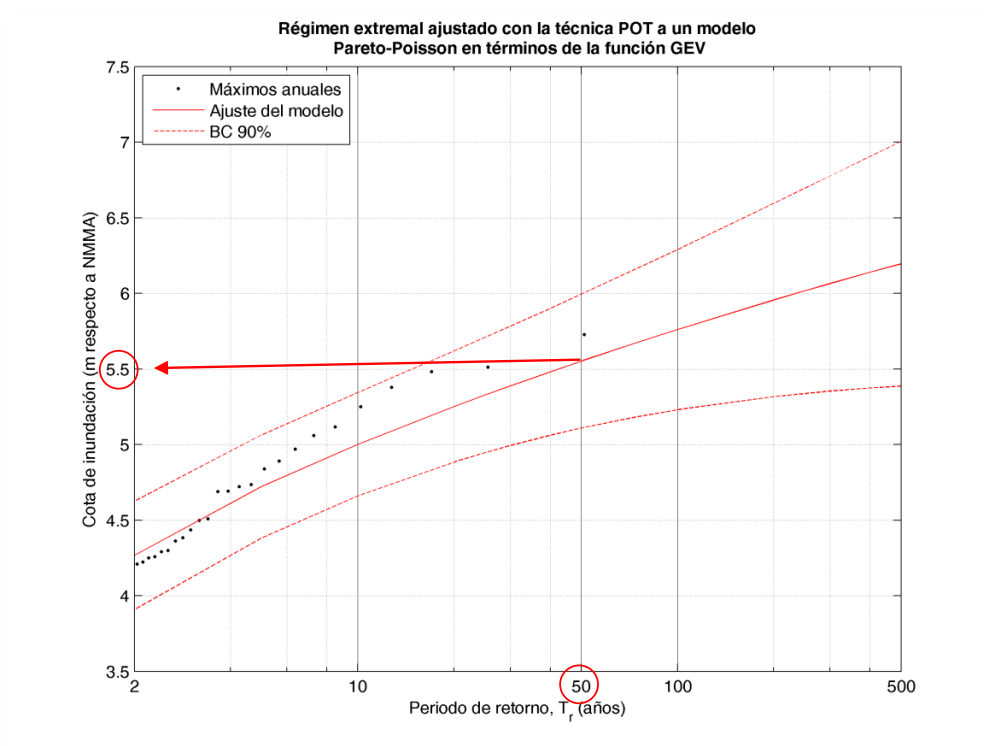


Fig. Nº23 – Interfaz de resultados programa iOle v3.

7 NATURALEZA GEOLOGICA DE LOS FONDOS

La región litoral de Andalucía se sitúa en el contacto entre la placa africana y europea, marcada por los procesos tectónicos más destacados de la Península Ibérica. Esta actividad, todavía inconclusa, se distingue por los eventos sísmicos (maremotos) que acontecen con diferente frecuencia e intensidad, y fallas activas con sectores subsidentes o tendentes a la elevación, que condicionan a grandes rasgos su disposición actual.

La configuración del relieve en el sur de Andalucía se debe principalmente al sistema Bético. La singularidad orográfica apenas se reconoce en la fachada atlántica, la cual se desarrolla sobre las formaciones postorogénicas del relleno de la Depresión del Guadalquivir. En el entorno del Estrecho de Gibraltar comienza la elevación de la orografía propia de la cordillera Bética. En la fachada mediterránea se desarrollan plenamente los relieves montañosos béticos. Esta configuración continúa en la plataforma continental, que aparece extensa y tendida en el Golfo de Cádiz y estrecha y abrupta en el Mar de Alborán.

El litoral atlántico andaluz se asienta sobre un sustrato litológico formado fundamentalmente por materiales de relleno de la Depresión Bética. En el sector meridional de las costas de Cádiz se localizan materiales del subbético y de las unidades del Campo de Gibraltar (flyschs). A grandes rasgos, se aprecian tres tramos costeros diferenciados; costa Onubense, costa septentrional de Cádiz y costa meridional de Cádiz

La costa onubense se desarrolla en el tramo final de la Depresión del Guadalquivir y en ella desembocan ríos medianos que la drenan y favorecen en parte su desmantelamiento, particularmente el



Guadalquivir. La costa septentrional de Cádiz, entre el río Guadalquivir y Barbate, se desarrolla también sobre materiales postorogénicos de la Depresión Bética, reduciéndose el sistema fluvial al río Guadalete. Abundan materiales detríticos, tanto pliocuaternarios marinos (calcarenitas, calizas, “piedra ostionera”, etc.) como terrígenos (glacis y formaciones fluvio-coluviales). Finalmente, la costa meridional de Cádiz, de Barbate a Gibraltar, se desarrolla sobre materiales del Complejo Campo de Gibraltar (calizas, areniscas, arcillas, etc.). En esta costa drenan algunos ríos de cierta relevancia (Barbate, Gudarranque, Palmones, etc.) junto con pequeños arroyos.

La diferenciación de la vertiente atlántica en tres tramos costeros se refleja en la conformación de la plataforma continental. Así, la mayor extensión de la misma, superior a los 30 Km, se localiza en el tramo onubense y septentrional gaditano consecuencia de la naturaleza tendida de la Depresión Bética. Más al sur, el gradiente de profundidad aumenta rápidamente y la plataforma continental disminuye hacia el Estrecho.

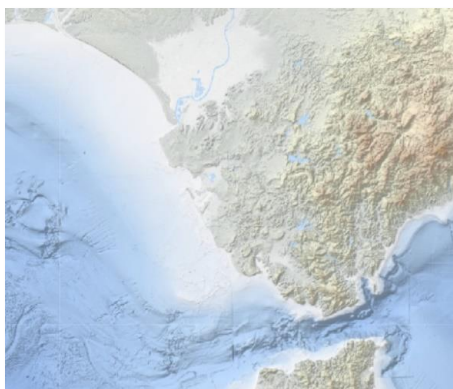


Fig. Nº25 – Visor cartográfico marino.

8 BIOSFERA SUBMARINA

8.1 PRADERAS MARINAS

8.1.1 INTRODUCCIÓN

En Andalucía existen praderas de las cuatro especies de angiospermas marinas autóctonas de las costas europeas: Posidonia oceánica, Cymodocea nodosa, Zostera noltii (Nanocosmos noltii) y Zostera marina, si bien ésta última ha sufrido una severa disminución de sus poblaciones, de forma que actualmente su presencia en el litoral andaluz es casi testimonial.

Además de estas especies estrictamente marinas, en Andalucía pueden encontrarse otras asociadas a los sistemas costeros que también viven en medio acuático, aunque en este caso habitan en aguas salobres, ricas en sales propias de marismas, estuarios, rías, saladares y lagunas endorreicas del interior. Entre éstas se encuentran Ruppia marítima, Ruppia cirrhosa y Ruppia drepanensis, todas ellas localizadas en Andalucía. Respecto a la primera especie, se reconocen dos variedades diferentes, R. marítima var. marítima y R. marítima var. brevirostris, aunque sólo la primera de ellas se encuentra presente en la Comunidad Autónoma (Cirujano & García-Murillo, 1992; García-Murillo & Talavera, 2010).

8.1.2 CYMODECEA NODOSA

En la provincia de Cádiz, C. nodosa se encuentra presente en el entorno del Parque Natural del Estrecho y de la Bahía de Cádiz, y en menor medida en otras localidades como el Parque Natural de la Breña y



Marismas del Barbate, Corrales de Rota o la playa de Cortadura. Su extensión total es cerca de 12,9 km2. A pesar de las prospecciones realizadas en los últimos años, en la provincia de Huelva no hay constancia actual de la presencia de esta especie, aunque sí la hubo hasta 2008 en el río Piedras.



Fig. Nº26 – Pradera Cymodocea Nodosa

8.1.3 ZOSTERA MARINA

En la costa atlántica gaditana, en ocasiones también se observan restos de plantas arrojados a la costa que sugieren la existencia de praderas submareales de esta especie todavía desconocidas. Las más recientes corresponden a arribazones frescos de esta especie observados en enero de 2014 en la ensenada de Bolonia (Peralta, obs. pers.) y en mayo de 2014 en Rota (De la Rosa, obs. pers.). En el saco interno de la bahía de Cádiz coexiste una pequeña población mezclada con las praderas de *C. nodosa* y *Z. noltii* (Hernández et al., 2010a). Para la provincia de Huelva pese a los muestreos realizados en todo su litoral, no se ha detectado en ningún lugar.

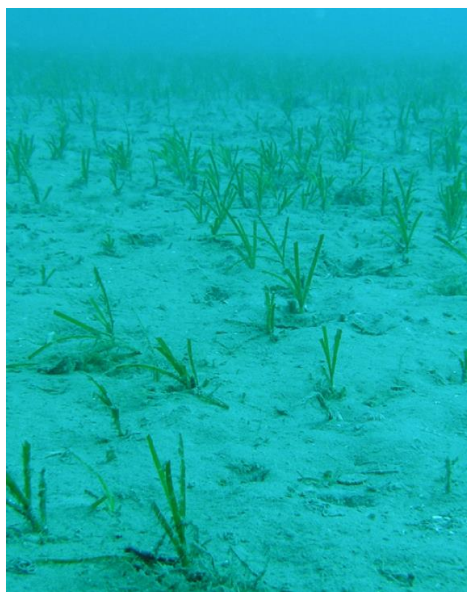


Fig. Nº27 – Pradera Zostera Marina

FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVBX3	PÁG. 32/41



8.1.4 ZOSTERA NOLTII

Esta especie eurihalina y bien adaptada a soportar elevadas temperaturas, fuerte irradiancia y pérdidas de agua por evaporación (Pérez-Lloréns, 2004c), se encuentra tanto en las costas andaluzas atlánticas como en las mediterráneas.

Con relativa frecuencia en las costas atlánticas andaluzas, *Z. noltii* aparece en áreas intermareales poco expuestas, sobre sustratos arenosos, limosos o fangosos, enriquecidos en materia orgánica. Por tanto, las praderas están generalmente asociadas a los estuarios y marismas de los grandes ríos. En la actualidad hay algo más de 4 km² cartografiados de esta especie en el litoral atlántico andaluz (Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente, 2013), a las que habría que añadir las de la bahía de Cádiz. En el litoral onubense presenta una distribución claramente intermareal, repartida entre los estuarios del Odiel, del Guadiana y en la ría de Huelva, con una extensión total que supera casi 0,8 km². Prácticamente toda la superficie se encuentra en el paraje natural marismas del Odiel y en sus proximidades, donde en determinados puntos de la punta del Burro o de torre Arenilla pueden encontrarse praderas con valores de cobertura media (entre el 50 y 75%) y moderada densidad de haces (por encima de 700 haces/m²).

El resto del área ocupada por *Z. noltii* corresponde a pequeñas extensiones de menos de 1 ha, situadas en la desembocadura del río Guadiana y en los parajes naturales de marismas de Isla Cristina y de marismas del río Piedras y Flecha del Rompido.

En el litoral gaditano, la especie se distribuye fundamentalmente en el entorno de la bahía de Cádiz (donde existen manchas muy densas), en el caño de Sancti Petri y en la bahía de Algeciras (desembocadura del río Palmones), en la que existen pequeñas praderas de observación casi persistente tras la fuerte pérdida experimentada en la década de los 90 (Pérez-Lloréns & Niell, 1993; Hernández et al., 1997). Sin embargo, en algunas localidades como en el río San Pedro las densas praderas de antaño (Brun et al., 2003) se dan hoy por desaparecidas.



Fig. Nº28 – Pradera Zostera Noltii

FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVBX3	PÁG. 33/41



8.1.5 RUPIA MARITIMA

Por lo que respecta a la provincia de Cádiz, su presencia está descrita en lagunas de Grazalema y Algeciras (Talavera & García, 1987). También es posible encontrarla en charcas aisladas con alta salinidad de la bahía de Cádiz, aunque es menos abundante que *R. cirrhosa* y *R. drepanensis*, también presentes en la bahía (Hernández et al., 2010b). En Huelva por otro lado, ha sido observada en fondos fangosos de la ría de Huelva (Consejería de Medio Ambiente, 2010) y en la comarca de Doñana (García-Murillo et al., 2006; Valdés et al., 2010).

8.1.6 RUPIA CIRRHOSA

Es en general bastante abundante en algunas zonas de la bahía de Cádiz (zona de Camposoto, península del Trocadero, zona de Santibáñez), sobre todo en caños o esteros abandonados donde las condiciones ambientales son más o menos estables durante todo el año y se mantienen siempre con agua (Hernández et al., 2010b). Posiblemente a esta misma especie correspondan otras observaciones realizadas en los tramos finales de cauces en los ríos Jara (Tarifa) y Cachón (Zahara de los Atunes) (I. Hernández, com. pers.). Adicionalmente, en la provincia de Huelva, *R. cirrhosa* ha sido la especie de este género más frecuentemente observada, se ha encontrado en fondos fangosos de la ría de Huelva y de las marismas de Isla Cristina (Consejería de Medio Ambiente, 2010).

8.1.7 RUPIA DREPANENSIS

R. drepanensis (Tineo ex Guss) en Andalucía se encuentra sobre todo en las provincias más occidentales (Talavera & García, 1987; García-Murillo & Talavera, 2010), aunque también se ha constatado su presencia en algunas lagunas del norte de la provincia de Málaga (Ortega et al., 2002; Conde-Álvarez et al., 2009). Sin embargo, en la provincia de Cádiz, *R. drepanensis* es especialmente abundante en los esteros de la bahía de Cádiz que se secan durante el verano (esteros en la zona de Santibáñez) en los que quedan depositadas las semillas que germinarán en la época de lluvias (Hernández et al., 2010b). En la provincia de Huelva hasta ahora sólo ha sido citada en la comarca de Doñana (Valdés et al., 2010), donde parece ser uno de los macrófitos más abundantes de las marismas (García-Murillo et al., 2006).



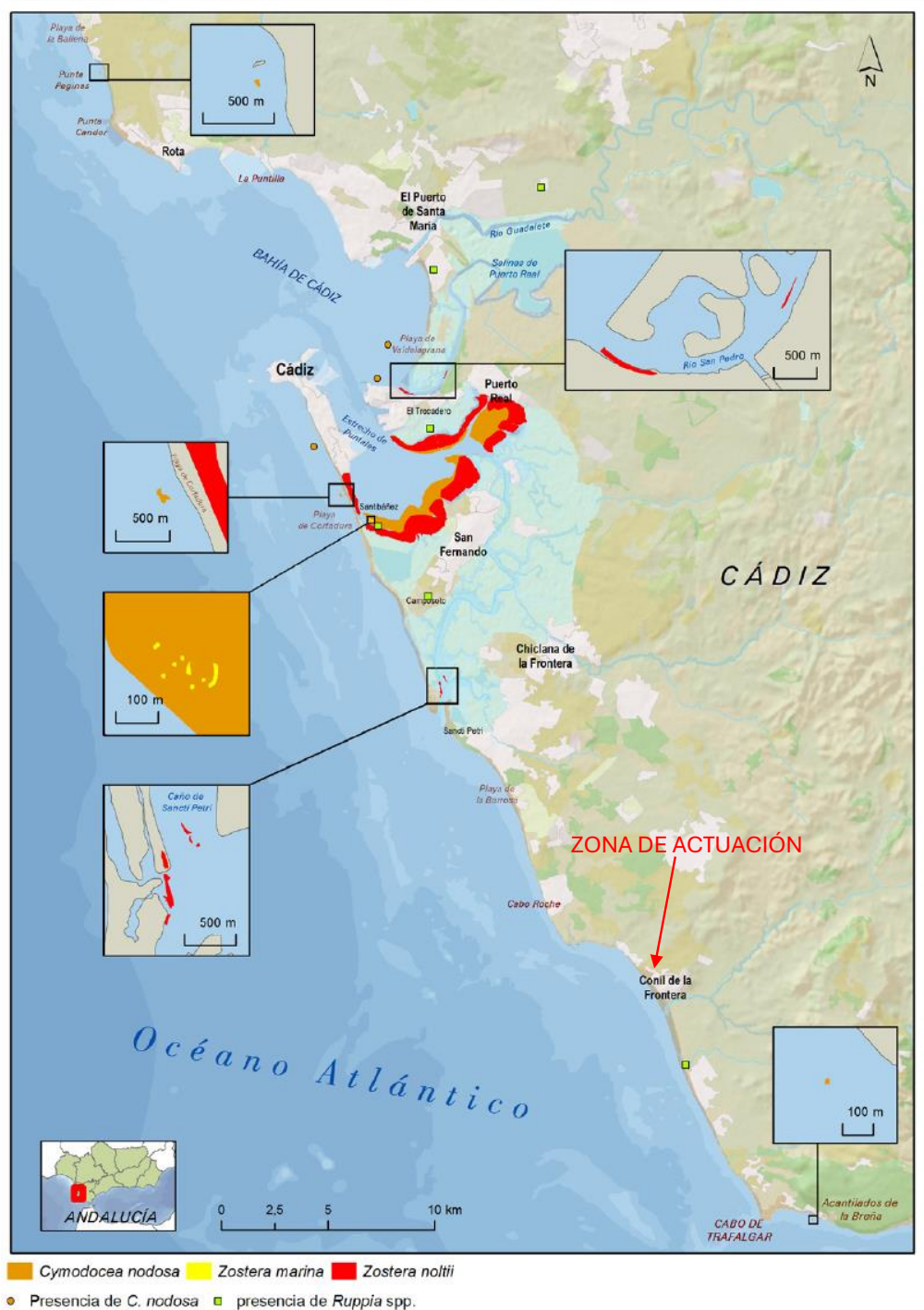


Fig. Nº29 – Distribución praderas marinas Bahía de Cádiz

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/> indicando el código de VERIFICACIÓN

FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVBX3	PÁG. 35/41



8.2 DESCRIPCIÓN DE LA PESQUERÍA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Conil de la frontera es un pueblo marinero situado en la Costa de la Luz, en el suroeste de la provincia de Cádiz, forma parte de la mancomunidad de municipios de la Janda. Su flota faena en los caladeros situados entre Cádiz y Punta Camarinal.

Las artes pesqueras predominantes son el enmalle (trasmallo, red de breca, red de choco y piquera), el palangre de fondo y la almadraba. La comercialización y la distribución se realiza a través de la lonja pesquera.

Las principales especies comerciales son el bocinegro, el borriquete, la urta, la corvina, el salmonete, el sargo, el cazón, la dorada, el voraz, el choco, el pez sable, la vieja, etc.

9 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se obtienen mediante levantamiento topográfico las cotas de las arquetas de la traza de la red de baja tensión proyectada.



Fig. Nº30 – Levantamiento topográfico de la traza de la red de baja tensión proyectada.

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección <https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/> indicando el código de VERIFICACIÓN

FIRMADO POR

MARIA TERESA ROMERO DEL POZO

04/04/2025

VERIFICACIÓN

PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVBX3

PÁG. 36/41



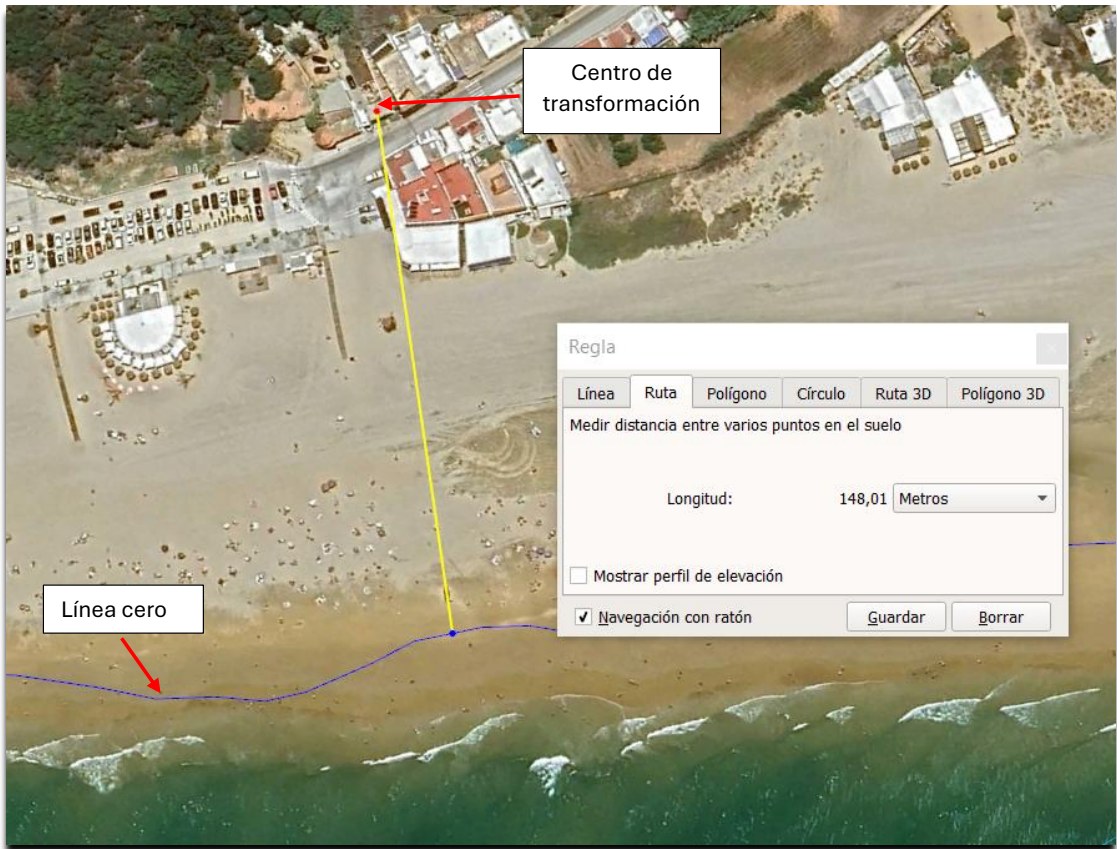
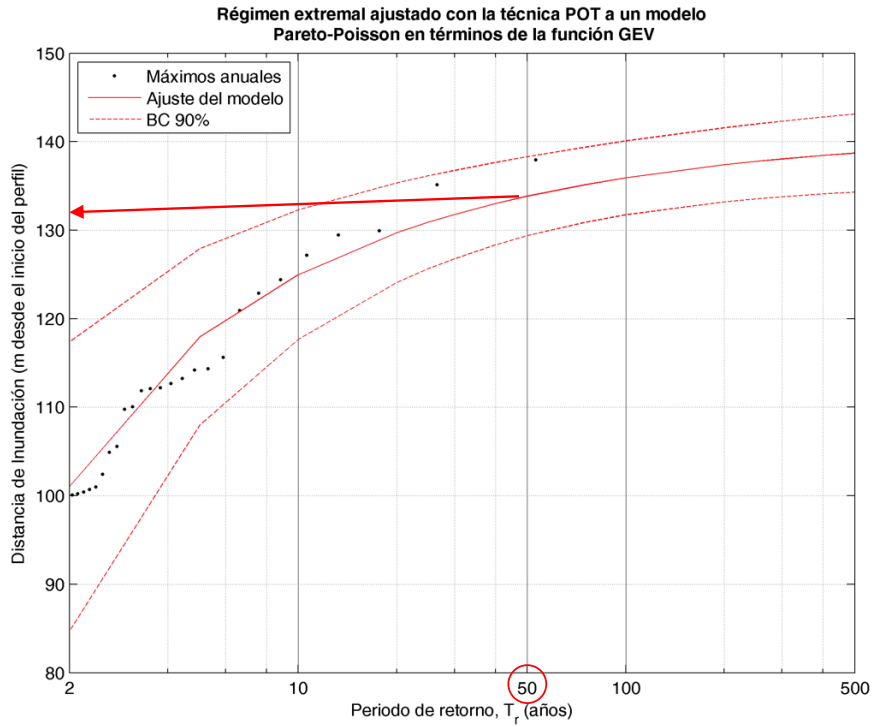
ELEMENTO	X	Y	COTA (NMMA)
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN			5.00 m
1º ARQUETA	221692	4019559	5.00 m
2º ARQUETA	221682	4019569	5.27 m
3º ARQUETA	221673	4019592	7.00 m
4º ARQUETA	221649	4019630	8.10 m
5º ARQUETA	221629	4019670	7.40 m
6º ARQUETA	221602	4019701	8.46 m
7º ARQUETA	221580	4019726	10.13 m
CAJA DE DISTRIBUCIÓN	221570	4019728	6.23 m

10 CONCLUSIONES

Una vez analizado el contenido del estudio básico de dinámica litoral, según establece el artículo 93 del Reglamento de Costas, se concluye que:

- Definido el balance sedimentario en la unidad fisiográfica de estudio, se establece que la red de baja tensión proyectada para refuerzo de la existente objeto del proyecto no afecta a dicho balance ni a la evolución de la línea de costa, al tratarse de una instalación soterrada que no interfiere en el flujo bruto normal de transporte sólido litoral.
- Para analizar los niveles del mar se han obtenido los datos del mareógrafo ubicado en el Puerto de Tarifa. Se hace mención del último episodio con registros de importantes destrozos en todo el litoral gaditano ocurrido entre el 28 de febrero y 1 de marzo de 2018, donde se alcanzó 1,71 m. sobre el cero REDMAR (cero del puerto), nivel muy próximo al máximo observado.
Para analizar el efecto del cambio climático conjuntamente con el oleaje (run-up) a la cota de inundación se ha basado el estudio en los trabajos realizados por el Instituto de Hidráulica Ambiental "IH Cantabria" de la Universidad de Cantabria junto con la Oficina española de Cambio Climático. En concreto, se ha aplicado el programa para la evaluación de las cotas de inundación para todo el litoral español iOLE. Se ha obtenido como resultado para un régimen extremal y periodo de retorno T=50 años una cota de inundación de **+5,50 metros** respecto del NMMA. Se comprueba por tanto mediante levantamiento topográfico que la cota respecto del NMMA de las arquetas del trazado de la red de baja tensión objeto se ubican por encima de la cota de inundación referida, excepto en el inicio de la traza desde el Centro de Transformación existente ya que este se encuentra a la cota +5,00 metros. No obstante se comprueba también mediante software iOle la distancia de inundación desde el inicio del perfil, resultando esta de **133 metros**, distancia menor a la que se encuentra el centro de transformación (+148.01 metros).





Por tanto queda demostrada la no afección de la red de baja proyectada con la cota de inundación para un periodo de retorno T=50 años teniendo en cuenta los efectos del cambio climático y el oleaje (run-up).

- La instalación proyectada no afectará a la naturaleza geológica de los fondos ni a las condiciones de la biosfera submarina.
- Analizadas las estadísticas de oleajes y temporales direccionales se observa que son predominantes las de componente oeste (W).

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 39/41	

Nº Reg. Entrada: 202599904002210. Fecha/Hora: 04/04/2025 09:00:21

JUSTIFICACIÓN DE ADAPTACIÓN DE LAS OBRAS AL ENTORNO EN QUE SE ENCUENTREN SITUADAS

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 40/41	

1 VALORACIÓN

Las obras proyectadas al tratarse de una línea de baja tensión soterrada se adaptan de forma adecuada al entorno, no provocando incidencia directa con el normal desarrollo de la dinámica litoral, ya que no provocan alteración en el balance sedimentario ni en el ámbito de acción del oleaje tal y como se ha demostrado en apartados anteriores.

La traza de la red proyectada se ha adaptado a la alineación del pie del talud existente buscando con ello una mayor cota respecto al NMMA y la menor afección posible a la zona de aparcamiento e itinerario vehicular.

En Conil de la frontera a 20 de marzo de 2025



Fdo.: Lorenzo Amaya Rosado
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
Nº Colegiado 29.323

AMAYA
ROSADO JOSE
LORENZO -
48967650Y

Firmado digitalmente
por AMAYA ROSADO
JOSE LORENZO -
48967650Y
Fecha: 2025.03.21
10:17:38 +01'00'

Puede verificar la integridad de una copia de este documento mediante la lectura del código QR adjunto o mediante el acceso a la dirección https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/ indicando el código de VERIFICACIÓN			
FIRMADO POR	MARIA TERESA ROMERO DEL POZO	04/04/2025	
VERIFICACIÓN	PEGVEJK97M6THDSULWFCX6URHVVBX3	PÁG. 41/41	