

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL DEL “PROYECTO DE PASARELAS TRANSVERSALES DUNARES EN LA COSTA DE OLIVA (T.M. OLIVA, VALENCIA)”



Mayo de 2024



ÍNDICE

1	ANTECEDENTES, OBJETO Y LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	1
2	MARCO NORMATIVO Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS.....	2
3	DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA	5
4	ACTUACIONES PARA LAS QUE SE EMITE EL ESTUDIO	6
5	CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ACTUACIÓN Y SU UNIDAD FISIAGRÁFICA	7
5.1	CONTEXTO GEOGRÁFICO Y MORFODINÁMICO	7
5.2	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	10
5.3	LITOLOGÍA Y SEDIMENTOLOGÍA	13
5.4	TOPO-BATIMETRÍA.....	18
5.5	MEDIO AMBIENTE	24
5.5.1	LIC Dunas de La Safor.....	26
5.5.2	Especies protegidas	31
6	EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA (ELC).....	38
6.1	ACTUACIONES EN LA COSTA	38
6.2	ESTUDIO CUANTITATIVO DE ELC.....	39
6.2.1	Puerto de Oliva – Desembocadura Río Racons.....	39
6.2.2	Acequia de Piles – Puerto de Oliva	45
7	CLIMA MARÍTIMO Y PROPAGACIÓN DEL OLEAJE.....	49
7.1	OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS.....	49
7.1.1	Fuentes de datos y su calibración	49
7.1.2	Distribución sectorial del oleaje.....	51
7.1.3	Régimen Medio Escalar.....	53
7.1.4	Caracterización Extremal del oleaje en aguas profundas	55
7.2	NIVEL DEL MAR	60
7.2.1	Fuente de datos	60
7.2.2	Caracterización	62
7.2.3	Régimen medio de nivel del mar	63
7.2.4	Régimen extremal del nivel del mar	64
7.3	PROPAGACIÓN DEL OLEAJE	66
7.3.1	Introducción.....	66
7.3.2	Metodología.....	66
7.4	OLEAJE EN LA COSTA.....	74
7.4.1	Selección de puntos objetivo para la reconstrucción del clima.....	74
7.4.2	Reconstrucción del clima marítimo en la costa	76
8	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	84
8.1	METODOLOGÍA	84



8.2	ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA.....	85
8.2.1	Material transportado desde la costa de Gandía	85
8.2.2	Aportes de origen fluvial.....	86
8.2.3	Aportes de origen antrópico	86
8.2.4	Volumen procedente de erosión dunar	87
8.3	MODELO DE TRANSPORTE	89
8.3.1	Planteamiento.....	89
8.3.2	Limitaciones del modelo de transporte	90
8.3.3	Resultados del modelo de transporte.....	91
8.4	VARIABILIDAD TEMPORAL DE LAS TASAS MEDIAS DE TRANSPORTE.....	97
8.5	CONCLUSIÓN	100
9	ANÁLISIS A LARGO PLAZO DE LAS PLAYAS: CONDICIONES DE EQUILIBRIO	102
9.1	PERFIL DE EQUILIBRIO DE PLAYA	102
9.1.1	Introducción.....	102
9.1.2	Profundidad de cierre del perfil de playa	103
9.1.3	Perfil de equilibrio de Dean	114
9.2	FORMA EN PLANTA	115
9.2.1	Flujo Medio de Energía	115
9.2.2	Forma en planta de equilibrio.....	119
10	DINÁMICAS RESULTANTES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO	123
11	PROPUESTA DE MEDIDAS MEDIOAMBIENTALES Y SU VIGILANCIA	123
11.1	MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS	124
11.1.1	Medidas de protección de la calidad atmosférica	124
11.1.2	Medidas de protección de la naturaleza.....	124
11.1.3	Medidas de protección de las aguas.....	125
11.1.4	Medidas de protección del suelo.....	125
11.1.5	Medidas para la correcta gestión de materiales y residuos	125
11.1.6	Medidas de protección de la población.....	126
11.1.7	Medidas para salvaguardar el paisaje.....	126
11.2	PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	126
11.2.1	Previo inicio de las obras	126
11.2.2	Durante la fase de obra	127
11.2.3	Al finalizar las tareas constructivas.....	128
12	RESUMEN Y CONCLUSIONES	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Sistemas dunares del litoral de Oliva declarados parte del LIC “Dunas de La Safor. Fuente: Visor del Banco de Datos de la Naturaleza, MITECO.....	2
Figura 2	Deslinde del DPMT de la zona norte del objeto de actuación. Fuente: Visor DPMT del MITECO.	3

Figura 3	Deslinde del DPMT de la zona central objeto de actuación. Fuente: Visor DPMT del MITECO.	4
Figura 4	Deslinde del DPMT de la zona sur objeto de actuación. Fuente: Visor DPMT del MITECO.	4
Figura 5	Ejemplo de pasarela transversal de madera existente en la Playa de L'Aigua Blanca, Oliva.	6
Figura 6	Unidad fisiográfica del Golfo de Valencia.	7
Figura 7	Zonificación de la cosa sur de Valencia y localización en ella de la zona de actuación. Fuente: estrategia de actuación en la costa sur de Valencia. (CEDEX, 2015).....	8
Figura 8	Distribución de las playas del litoral objeto de estudio.....	9
Figura 9	Geomorfología tipo de la costa de Oliva	11
Figura 10	Entorno litoral del área de estudio	12
Figura 11	Cordón litoral en la playa de Oliva con el Montgó al fondo.	12
Figura 12	Localización del Marjal de Pego - Oliva	13
Figura 13	Llanura litoral con la marjal de Pego-Oliva al fondo.....	13
Figura 14	Historia geológica de los materiales presentes en la zona de estudio. Fuente: "Estudio de las descargas de agua subterráneas submarinas en el sector sur del Golfo de Valencia". David Vicente Vicente.....	14
Figura 15	Extracto del Mapa Geológico de España a escala 1/50.000 MAGNA, de La hoja 796. Fuente: IGME.	16
Figura 16	Unión de planos de reconocimiento 2 – 3 y 3 – 3. Fuente: ECOLEVANTE.....	17
Figura 17	Plano de caracterización de sedimentos en costa de Oliva. Fuente: ECOLEVANTE.	18
Figura 18	Topo-batimetría de la región norte de la zona en estudio. Fuente: ECOLEVANTE.	20
Figura 19	Topo-batimetría de la región central de la zona en estudio. Fuente: ECOLEVANTE.	21
Figura 20	Topo-batimetría de la región central de la zona en estudio. Fuente: ECOLEVANTE.	22
Figura 21	Topo-batimetría de la región sur de la zona en estudio. Fuente: ECOLEVANTE.	23
Figura 22	Ubicación de los Espacios Naturales Protegidos existentes en las inmediaciones del tramo de costa objeto de estudio.	25
Figura 23	Ámbito de distribución geográfica del LIC Dunas de La Safor.	26
Figura 24	Ámbito de distribución geográfica del LIC Dunas de La Safor dentro del tramo en estudio.	27
Figura 25	Sistemas dunares presentes en el borde litoral objeto de estudio incluidos en el LIC "Dunas de La Safor"	31
Figura 26	Cuadrículas consultadas del Banco de Datos de la Biodiversidad de la GVA.	32
Figura 27	Ammocloa palaestina.	35
Figura 28	Ejemplar de chorlito patinegro (izq.) y puesta de huevos en una playa (dcha.).	35
Figura 29	Distribución observada de Chorlito patinegro en el III Atlas (2014-2018). Las cuadrículas UTM de 10 x 10 km marcadas como «Reproductor» incluye reproducción posible,	



	probable o segura.	36
Figura 30	Enebro marino. Autor: J.C. Moreno (izq.).....	36
Figura 31	Pareja de aviones zapadores en nido. Fuente: SEO Birdlife.	37
Figura 32	Transectos para el análisis de la evolución cuantitativa de la línea de costa.....	42
Figura 33	Variación anual por metro lineal de costa en el periodo de estudio (1956-2012). Puerto de Oliva-Río Vedat	43
Figura 34	Variación anual por metro lineal de costa en el periodo de estudio (1956-2012). Río Vedat-Río Racons.....	44
Figura 35	Transectos para el análisis de la evolución cuantitativa de la costa norte de Oliva y LC restituídas. En la imagen inferior éstos se presentan sobre fotografía aérea de 2022.....	46
Figura 36	Evolución de las superficies medidas por tramo.	47
Figura 37	Evolución temporal de las tasas de avance y retroceso de la línea de costa en el litoral norte de Oliva.	48
Figura 38	Localización de las distintas fuentes del Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado	50
Figura 39	Proceso de calibración de los datos simulados SIMAR y WANA	50
Figura 40	Serie de Hs y Tp de SIMAR y WANA calibradas y unificadas en aguas profundas (1958-2012).....	51
Figura 41	Rosa de oleaje y estadísticos básicos de Hs de la serie SIMAR y WANA calibrada correspondiente al nodo 2049031 (1958-2012).....	52
Figura 42	Histograma y función de distribución de la variable Hs de la serie SIMAR y WANA 2049031 calibrada (1958-2012).....	52
Figura 43	Rosa del periodo de pico del oleaje y estadísticos básicos de la variable Tp de la serie SIMAR y WANA 2049031 calibrada (1958-2012).....	53
Figura 44	Histograma y función de distribución de Tp.....	53
Figura 45	Régimen Medio de altura de ola significativa (Hs). Ajuste mediante función de distribución Log-normal.....	54
Figura 46	Régimen Medio de periodo de pico (Tp). Ajuste mediante función de distribución Weibull de mínimos.	55
Figura 47	Ajuste de extremos de Hs mediante la función de distribución de Gumbel.	56
Figura 48	Ajuste de extremos de Hs mediante la función de distribución GEV.	56
Figura 49	Ajuste de extremos distribución de GEV. Direccipnes NNE (izq.) y NE (dcha.)	57
Figura 50	Ajuste de extremos distribución de GEV. Direcciones ENE (izq.) y E (dcha.).....	57
Figura 51	Ajuste de extremos distribución de GEV. Dirección ESE	57
Figura 52	IRE y vida útil mínima en función del tipo de obra para áreas litorales	58
Figura 53	ISA y probabilidad conjunta de fallo en función del tipo de obra para áreas litorales	59
Figura 54	Ubicación del mareógrafo de Gandia con respecto a la zona en estudio. Fuente: Puertos del Estado.	61

Figura 55	Esquema del datum del Mareógrafo Gand. Cotas en metros. Fuente: Puertos del Estado.	61
Figura 56	Series de marea meteorológica (MM), marea astronómica (MA) y nivel del mar (NM) del mareógrafo de Gandía.	62
Figura 57	Esquema de datums para los niveles del registro.	63
Figura 58	Régimen medio de los Niveles Altos de las aguas (Niv.A, cm).	63
Figura 59	Régimen medio de los Niveles Bajos de las aguas (Niv.B, cm).	64
Figura 60	Régimen extremal de los Niveles altos de las aguas.	65
Figura 61	Régimen extremal de los Niveles Bajos de las aguas.	65
Figura 62	Carta náutica nº48 del Instituto Hidrográfico de la Marina.	68
Figura 63	Carta Náutica nº47 del Instituto Hidrográfico de la Marina.	69
Figura 64	Carta Náutica 476 del Instituto Hidrográfico de la Marina.	69
Figura 65	Carta Náutica nº 476 del Instituto Hidrográfico de la Marina.	70
Figura 66	Detalle de la topo-batimetría del tramo litoral objeto de estudio.	70
Figura 67	Familia de mallas . Encadenamiento para direcciones de oleaje NNE y NE (izq.) y ENE, E y ESE (dcha.)	73
Figura 68	Malla de detalle para la propagación de oleajes de NNE y NE.	73
Figura 69	Malla de detalle para la propagación de oleajes de ENE, E y ESE.	73
Figura 70	Localización del nodo objetivo en la costa.	74
Figura 71	Mapa de vectores (sup.) e isolíneas de Hs (inf.) de un oleaje medio procedente del NE. Familia de mallas 1.	76
Figura 72	Regímenes medios de Hs (izq.) y Tp (dcha.) en el nodo 1.	77
Figura 73	Regímenes medios de Hs (izq.) y Tp (dcha.) en el nodo 2.	77
Figura 74	Regímenes medios de Hs (izq.) y Tp (dcha.) en el nodo 3.	78
Figura 75	Rosas de altura de ola significativa en la costa.	79
Figura 76	Ajuste de extremos de Hs mediante la función de distribución GEV para los nodos 1 (izq.) y 2 (dcha.).	80
Figura 77	Ajuste de extremos de Hs mediante la función de distribución GEV para el nodo 3.	80
Figura 78	Esquema de cálculo del balance sedimentario en el tramo i	90
Figura 79	Transporte neto promediado ($m^3/año$) en el periodo 1956-1972	92
Figura 80	Transporte neto promediado ($m^3/año$) en el periodo 1972-1981.	93
Figura 81	Transporte neto promediado ($m^3/año$) en el periodo 1956-1981	94
Figura 82	Transporte neto promediado ($m^3/año$) en el periodo 1981-1996	95
Figura 83	Serie de oleaje SIMAR&WANA en aguas profundas desde 1996 hasta 2006.	96
Figura 84	Registro de altura de ola significativa. Temporal de noviembre de 2001.	96
Figura 85	Temporal 11 de noviembre de 2001 (izda.) y Temporal 15 de noviembre de 2001 (dcha.)	96



Figura 86	Transporte neto promediado ($\text{m}^3/\text{año}$) en el periodo 2006-2012	97
Figura 87	Bandas de dispersión del transporte anual promediado ($p=15$ y 85%). Periodo 1956-1972	99
Figura 88	Bandas de dispersión del transporte anual promediado ($p=15$ y 85%). Periodo 1972-1981	99
Figura 89	Bandas de dispersión del transporte anual promediado ($p=15$ y 85%). Periodo 1981-1996	99
Figura 90	Bandas de dispersión del transporte anual promediado ($p=15$ y 85%). Periodo 1996-2006	100
Figura 91	Bandas de dispersión del transporte anual promediado ($p=15$ y 85%). Periodo 2006-2012	100
Figura 92	Patrón direccional de la dinámica litoral en la costa Oliva-Denia	101
Figura 93	Tasas de transporte neto en el periodo 1956-1981	102
Figura 94	Tasas de transporte neto en el periodo 2006-2012	102
Figura 95	Modelo parabólico de perfil de equilibrio, Dean (1977).	103
Figura 96	Planta de trazado de perfiles en la Playa de L'Aigua Blanca (Oliva).	105
Figura 97	Planta de trazado de perfiles en la Playa de Les Deveses (Oliva).	105
Figura 98	Variación de la profundidad (Δh) del perfil norte de la playa de l'Aigua Blanca nov'07 a mayo'12.	106
Figura 99	Variación de la profundidad (Δh) del perfil central de la playa de l'Aigua Blanca nov'07 a mayo'12.	107
Figura 100	Variación de la profundidad (Δh) del perfil sur de la playa de l'Aigua Blanca nov'07 a mayo'12.	108
Figura 101	Variación de la profundidad (Δh) del perfil central de la playa de Les Deveses (Zona 1 de Oliva) nov'07 a mayo'12.	109
Figura 102	Variación de la profundidad (Δh) del perfil sur de la playa de Les Deveses (Zona 1 de Oliva) nov'07 a mayo'12.	110
Figura 103	Ajuste del perfil teórico a los perfiles naturales del terreno. Playas de Pau-Pí (P1), L'Aigua Blanca (P2), y Les Deveses (P3 y P4).	114
Figura 104	Ejemplo de ajuste del perfil teórico de aporte $D_{50} = 0.202$ mm al perfil del terreno.....	115
Figura 105	Ajuste del perfil teórico a la batimetría del terreno	115
Figura 106	Dirección del FME en los Nodos 1 a 4 (en rojo) y ortogonal a la orientación de la costa (en verde).	117
Figura 107	FME obtenidos a la -2 m en el tramo entre el Puerto de Oliva y la desembocadura del Río Vedat.	118
Figura 108	FME obtenidos a la -2 m en el tramo entre la desembocadura del Río Vedat y la del Río Racons.	119
Figura 109	Forma en planta de equilibrio en playas abiertas de Oliva (en magenta). Tramo al N del	

Puerto.	120
Figura 110 Forma en planta de equilibrio en playas abiertas de Oliva (en magenta). Tramo al S del Puerto hasta el Río Vedat.	120
Figura 111 Forma en planta de equilibrio en playas abiertas de Oliva (en magenta). Tramo entre el Río Vedat y el Río Racons.....	121
Figura 112 Esquema de la forma en planta de una playa en equilibrio (González y Medina, 2001)	121
Figura 113 Formas en planta de equilibrio de playas encajadas y semiencajadas del frente litoral de Oliva.	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales características de las playas que componen el tramo litoral de estudio	8
Tabla 2. Clasificación y sucesión de depósitos del Cuaternario en función de su naturaleza y cronología. IGME	11
Tabla 3. Tamaño medio de grano de los sedimentos de la costa litoral de Oliva.	16
Tabla 4. Clasificación granulométrica de Friedman y Sander	16
Tabla 5. Tamaño medio de grano de los sedimentos de la playa Terranova, sector norte (Oliva).	17
Tabla 6. Tamaño medio de grano de los sedimentos de la playa Terranova, sector central (Oliva).	17
Tabla 7. Tamaño medio de grano de los sedimentos de la playa Terranova, sector sur (Oliva).....	18
Tabla 8. Tipos de hábitats presentes en LIC “Dunas de La Safor”.	28
Tabla 9. Evaluación del lugar en función de los distintos tipos de hábitats presentes en él.	29
Tabla 10. Especies presentes en las dunas de la Safor.....	29
Tabla 11. Especies prioritarias con potencial presencia en el entorno litoral de Oliva. Fuente: BDB de la GVA.....	34
Tabla 12. Histórico de actuaciones de movimientos de arena en el T.M. de Oliva (al sur del puerto). Fuente: Demarcación de Costas de Valencia.....	39
Tabla 13. Información disponible para el estudio de evolución de la línea de costa del presente estudio.	40
Tabla 14. Principales límites y división preliminar de los subtramos de estudio.....	41
Tabla 15. Tabla resumen de resultados de la medición de la variación temporal en la posición de la orilla entre el Puerto de Oliva y la desembocadura del río Vedat.....	43
Tabla 16. Tabla resumen de resultados de la medición de la variación temporal en la posición de la orilla entre las desembocaduras de los ríos Vedat y Racons.....	44
Tabla 17. Tasas de erosión y acreción por metro lineal de costa (m ² /año.ml) en el periodo de estudio	45
Tabla 18. Fotografías aéreas y su origen consideradas en el presente estudio de ELC.	45
Tabla 19. Superficies medidas por año y tramo considerados.....	47



Tabla 20.	Variación de la línea de costa en términos de superficies de acreción y erosión.....	48
Tabla 21.	Tasas de variación de la línea de costa a lo largo del tiempo y del tramo analizado.....	48
Tabla 22.	Periodos de retorno para los distintos tramos de obra en áreas litorales.....	59
Tabla 23.	Alturas de ola direccional asociada al periodo de retorno $T_R=68$ años.....	60
Tabla 24.	Alturas de ola direccional asociada al periodo de retorno $T_R=143$ años.....	60
Tabla 25.	Alturas de ola direccional asociada al periodo de retorno $T_R=238$ años.....	60
Tabla 26.	Oleaje extremal (H_s , T_p) asociado al periodo de retorno de diseño.....	60
Tabla 27.	Niveles del mar en régimen medio en el Puerto de Gandia.....	64
Tabla 28.	Niveles extremales de marea referidos al NMMA.....	66
Tabla 29.	Casos de altura de ola y periodos a propagar en cada una de las direcciones, NNE, NE, ENE, E, y ESE, y para cada uno de los tramos de la costa.....	72
Tabla 30.	Coordenadas del nodo objetivo en la costa.....	74
Tabla 31.	Casos de oleajes propagados representados gráficamente.....	75
Tabla 32.	Valores de H_s y T_p obtenidos del régimen medio.....	78
Tabla 33.	H_{s12} (m) y T_{p12} (s) para cada dirección de oleaje y nodo analizados.....	79
Tabla 34.	Alturas de ola escalares en la costa asociadas a un T_R de 68 años.....	81
Tabla 35.	Alturas de ola escalares en la costa asociadas a un T_R de 143 años.....	81
Tabla 36.	Alturas de ola escalares en la costa asociadas a un T_R de 238 años.....	81
Tabla 37.	Alturas de ola en la costa asociadas a un T_R de 68 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo 1.....	81
Tabla 38.	Alturas de ola en la costa asociadas a un T_R de 68 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo 2.....	82
Tabla 39.	Alturas de ola en la costa asociadas a un T_R de 68 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo 3.....	82
Tabla 40.	Alturas de ola en la costa asociadas a un T_R de 143 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo1.....	82
Tabla 41.	Alturas de ola en la costa asociadas a un T_R de 143 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo2.....	82
Tabla 42.	Alturas de ola en la costa asociadas a un T_R de 143 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo3.....	82
Tabla 43.	Alturas de ola en la costa asociadas a un T_R de 238 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo1.....	83
Tabla 44.	Alturas de ola en la costa asociadas a un T_R de 238 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo2.....	83
Tabla 45.	Alturas de ola en la costa asociadas a un T_R de 238 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo3.....	83
Tabla 46.	Correspondencia tramos-transectos para el análisis de transporte.....	85
Tabla 47.	Aportaciones-Extracciones de origen fluvial y antrópico, por tramo y período.....	87



Tabla 48.	Variación de superficie de cordón dunar y volúmenes de erosión estimados. Tramo Barranco de Alfadalí-río Vedat	88
Tabla 49.	Variación de superficie de cordón dunar y volúmenes de erosión estimados. Tramo río Vedat-río Racons.....	88
Tabla 50.	Variación de volumen medido anual por tramo y periodo. (Valores positivos acreción y valores negativos erosión	89
Tabla 51.	Aportes y extracciones totales anuales por tramo y periodo.....	89
Tabla 52.	Avances y retrocesos promediados temporalmente ($m^2/año.ml$)	91
Tabla 53.	Transporte promediado temporalmente ($m^3/año$).....	91
Tabla 54.	Caracterización de los temporales históricos y periodo de retorno asociado	96
Tabla 55.	Desviaciones estándar en los intervalos 1956-1972, 1972-1981, 1981-1996, 1996-2006 y 2006-2012	98
Tabla 56.	Transporte neto asociado a una probabilidad de no excedencia del 85% ($m^3/año$)	98
Tabla 57.	Profundidad de cierre en el tramo de actuación.....	104
Tabla 58.	Estudio de variabilidad del perfil sumergido de los perfiles de la playa de L'Aigua Blanca (Zona 2 de Oliva) según las variables L (m) y S (m^2).....	112
Tabla 59.	Estudio de variabilidad del perfil sumergido de los perfiles de la playa de Les Deveses (Zona 1 de Oliva) según las variables L (m).....	113
Tabla 60.	Parámetros de ajuste de los perfiles teóricos de Dean a la batimetría del terreno.....	114
Tabla 61.	Parámetros de ajuste de los perfiles teóricos a la batimetría del terreno.....	114
Tabla 62.	Parámetros de ajuste del Perfil General de Dean a la batimetría del terreno.....	115
Tabla 63.	Dirección FME en los nodos de control, orientación de la costa y ángulo relativo entre ambos	116
Tabla 64.	Resumen de las condiciones de equilibrio de la costa de estudio	118
Tabla 65.	Parámetros de diseño de las formas en planta de equilibrio de playas encajadas y semiencajadas del frente litoral de Oliva.	122
Tabla 66.	Extrapolación de las variaciones en la costa de Oliva	123
Tabla 67.	Extrapolación de los impactos en la costa de Oliva.....	123
Tabla 68.	Prospección prevista de flora y fauna.....	127



1 ANTECEDENTES, OBJETO Y LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los sistemas dunares costeros constituyen uno de los ecosistemas terrestres más complejos. Son formas de acumulación de arena por el viento que ocupan una franja relativamente angosta junto a la playa. Tanto su formación como su mantenimiento y conservación dependen de la existencia de un equilibrio entre los aportes sedimentarios y las corrientes marinas. La alteración de esta dinámica produce cambios que afectan no sólo a la conservación del sistema dunar sino también a su entorno.

Las dunas, como un tipo particular de ambiente costero, son especialmente hostiles para la vegetación, en cuanto que presentan una serie de condicionantes ambientales que dificultan la colonización por las plantas. Entre ellas destacan: el viento y sus múltiples efectos, la deficiencia en nutrientes y la estructura particular suelta del suelo, la escasez de agua, la alta insolación, la salinidad del medio, etc. A pesar de ello existen diferentes especies vegetales que se han adaptado a sobrevivir en estos ambientes y que ejercen un papel muy importante en la retención de sedimentos, a través de sus raíces y por la modificación de la velocidad del viento junto al suelo, de forma que reducen la tensión sobre los sedimentos y hacen caer la partículas puestas en suspensión.

El fuerte impacto turístico al que se ha visto sometido el litoral mediterráneo ha supuesto el deterioro y en muchas ocasiones, la desaparición de ecosistemas de gran valor ecológico, como es el caso de las dunas litorales.

La importancia de las dunas costeras radica en que protegen a la costa frente a la erosión, son una reserva de arena para la propia regeneración natural de las playas, son elementos del paisaje de enorme valor ecológico y poseen una riqueza de fauna y de vegetación exclusiva.

El litoral de Oliva, a lo largo de sus 8,8 km de costa, es uno de los enclaves de la costa valenciana donde se conservan estos ecosistemas dunares, que, por su alto valor ecológico, han sido declarados como parte del Lugar de Interés Comunitario (LIC) "Dunas de La Safor" de la Red Natura 2000 (véase Figura 1).

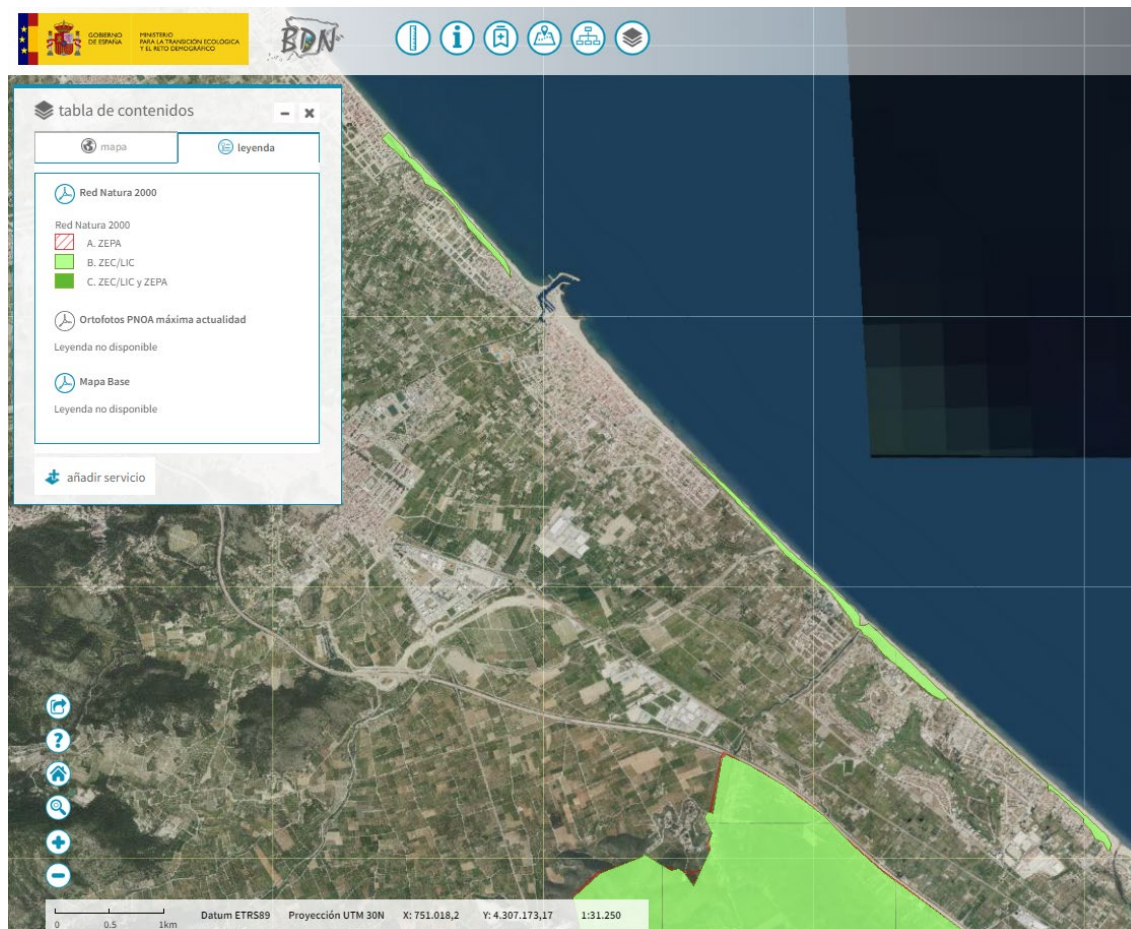


Figura 1 *Sistemas dunares del litoral de Oliva declarados parte del LIC "Dunas de La Safor. Fuente: Visor del Banco de Datos de la Naturaleza, MITECO.*

Sin embargo, el alto tránsito de personas por su interior está poniendo en riesgo su preservación, por lo que, con miras a evitarlo y conservar su buen estado, se va a proceder a la instalación de pasarelas de madera transversales que canalicen el paso peatonal a través de las mismas conectando la playa con los terrenos en su trasdós sin dañar las dunas. De este modo se busca garantizar, por un lado, la correcta Servidumbre de Acceso público y gratuito al Mar (según lo estipulado en el artículo 28 de la Ley 22/1988 de Costas), y por otro, la conservación de un Espacio Natural Protegido.

2 MARCO NORMATIVO Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS

Se redacta el presente documento de acuerdo con lo dispuesto por el Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas, y Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

En concreto, el Reglamento General de Costas (en adelante, RGC), en su artículo 91.3 establece:

Cuando el proyecto contenga la previsión de actuaciones en el mar o en la zona marítimo-terrestre (caso, este último, de la actuación proyectada), 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 (artículo 44.3 de la Ley 22/1988, de 28 de julio).

En este sentido, la siguiente imagen obtenida del Visor de Dominio Público Marítimo-Terrestre (DPMT) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, muestra la disposición de las líneas de dominio (verde) y servidumbre de protección (magenta) de la zona objeto de actuación, corroborando la necesidad de acometer el presente estudio.

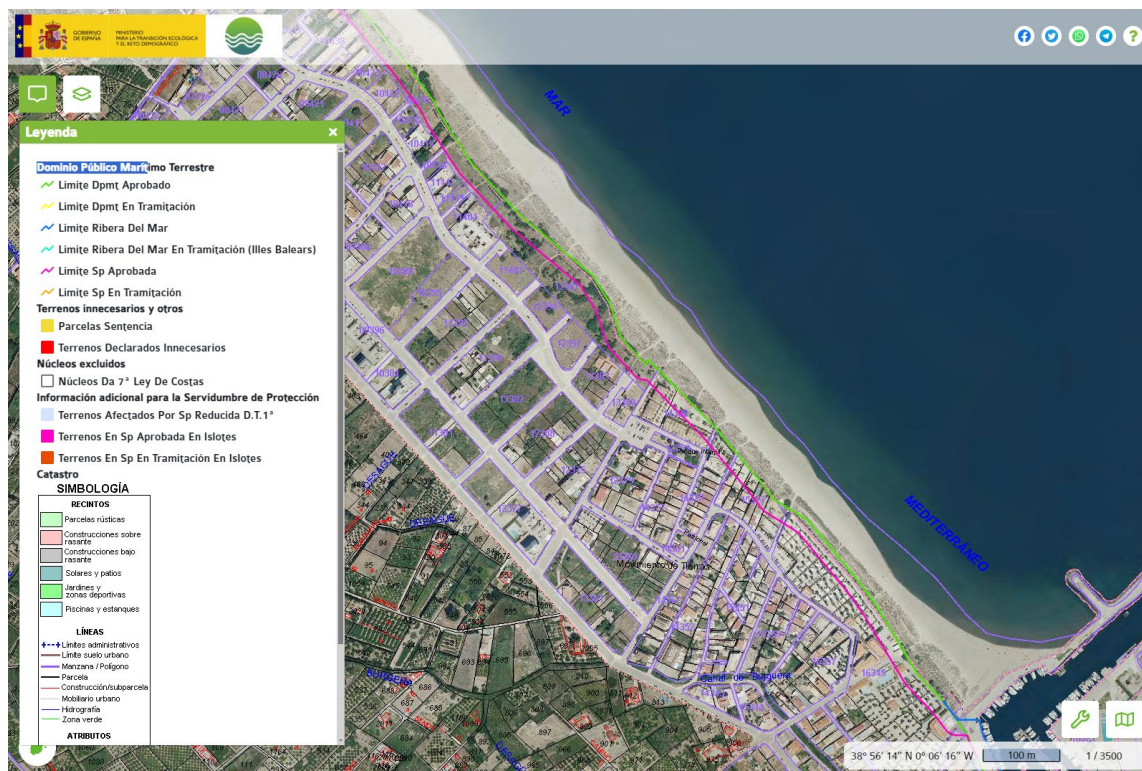


Figura 2 Deslinde del DPMT de la zona norte del objeto de actuación. Fuente: Visor DPMT del MITECO.

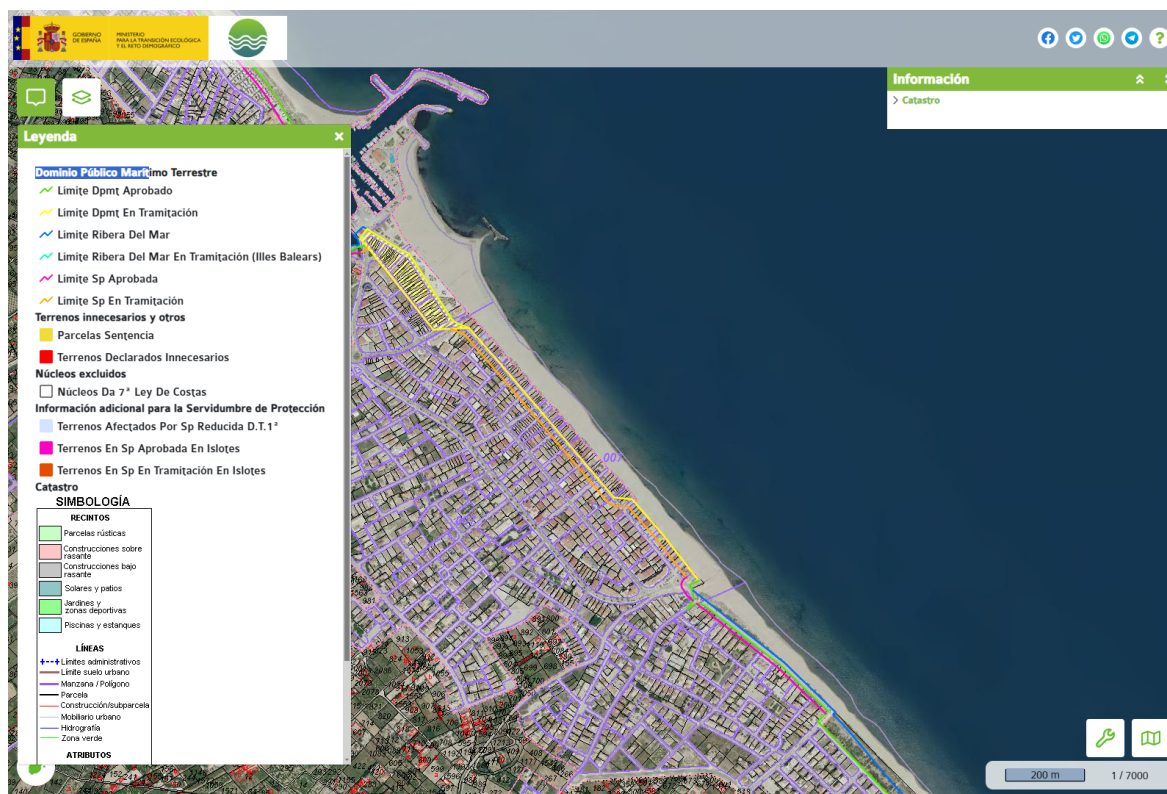


Figura 3 Deslinde del DPMT de la zona central objeto de actuación. Fuente: Visor DPMT del MITECO.

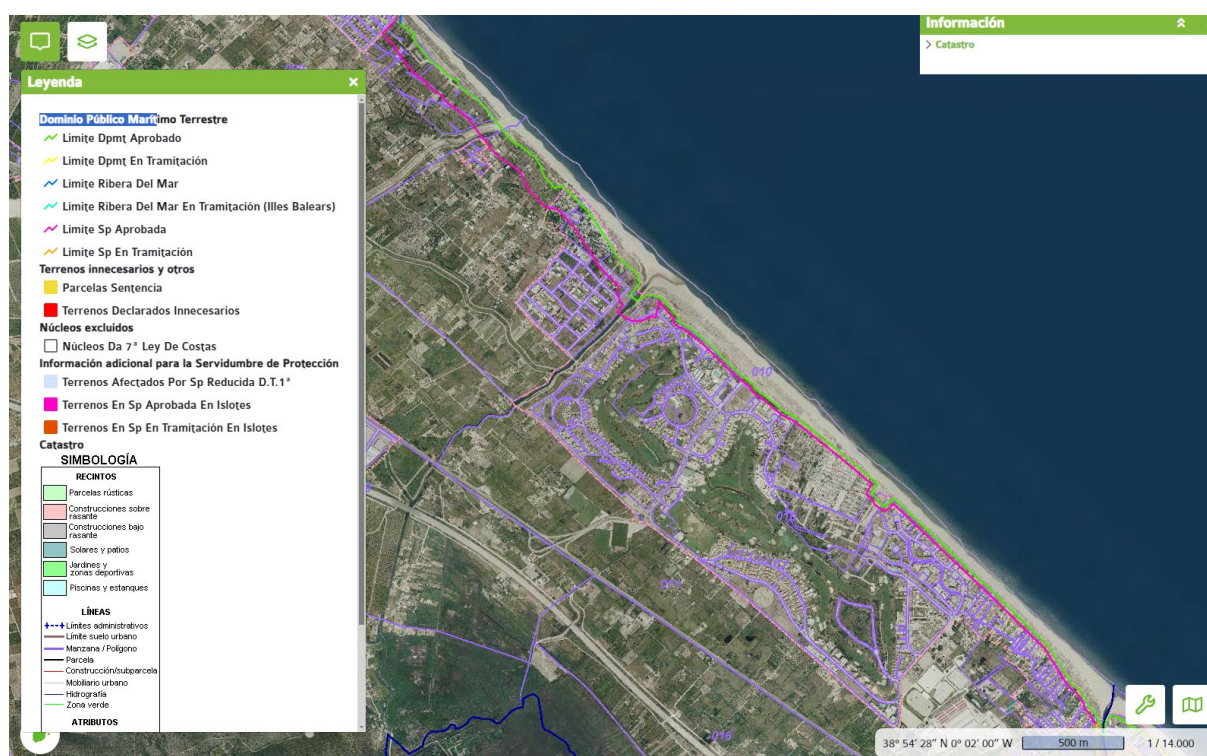


Figura 4 Deslinde del DPMT de la zona sur objeto de actuación. Fuente: Visor DPMT del MITECO.

El alcance de dicho estudio, y por ende el del presente trabajo, queda así contenido en el mencionado artículo 93, que especifica:

El estudio básico de dinámica litoral a que se refiere el artículo 91.3 de este reglamento se acompañará

como anejo a la Memoria, y comprenderá los siguientes aspectos:

- a) *Estudio de la capacidad de transporte litoral.*
- b) *Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.* → Dado que la actuación a acometer no modifica las condiciones hidrodinámicas de la zona, ni interfiere en el transporte litoral de sedimentos o lleva a cabo aportes de éstos, se desestima que la obra vaya a alterar la línea de costa, por lo que este punto del estudio únicamente recogerá la ELC anterior.
- c) *Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escalares.*
- d) *Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático.* → Este estudio ha sido llevado a cabo de forma independiente al presente estudio y los resultados obtenidos del mismo se han incorporado al apartado 10 del presente documento.
- e) *Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, y forma de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado.*
- f) *Naturaleza geológica de los fondos.*
- g) *Condiciones de la biosfera submarina y efectos sobre la misma de las actuaciones previstas en la forma que señala el artículo 88 e) de este reglamento.* → Puesto que las obras planteadas son meramente terrestres, no se producirá afección alguna sobre las biocenosis submarinas presentes en su entorno, careciendo de sentido la realización de este apartado.
- h) *Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arenas.* → Como parte de la actuación proyectada no se prevé la explotación ni de yacimientos ni de canteras, ni la realización de dragados o trasvases de arenas, dado que consiste meramente en la colocación de pasarelas de madera.
- i) *Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.*
- j) *Propuesta para la minimización, en su caso, de la incidencia de las obras y posibles medidas correctoras y compensatorias.*

3 DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

Para la realización del estudio se cuenta con la siguiente información de partida:

- “Estudio de Soluciones para el Tramo de Costa comprendido entre el Puerto Oliva y el Puerto de Denia” realizado por la consultora Iberport Consulting en 2011-2012 para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar.
- “Estudios de dinámica litoral, defensa y propuestas de mejora en las playas con problemas erosivos, considerando los efectos del cambio climático: Estrategia de actuación en la costa sur de Valencia (Puerto de Valencia – Puerto de Denia) llevado a cabo en 2015 mediante colaboración de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) a petición de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio de Agricultura.

- *Estudio de Soluciones para la recuperación del tramo de costa situado entre la desembocadura del río Serpis y el puerto de Oliva (Valencia)*”, elaborado en el año 2012 por HIDTMA para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar.
- “Estudio ecocartográfico del litoral de las provincias de Alicante y Valencia, Provincia de Valencia”, llevado a cabo en 2007 por las empresas HIDTMA e Iberinsa para la Dirección General de Costas. Estudio conocido como ECOLEVANTE.

4 ACTUACIONES PARA LAS QUE SE EMITE EL ESTUDIO

La actuación propuesta se localiza sobre la costa litoral del termino municipal de Oliva, provincia de Valencia, teniendo un ámbito de actuación de aproximadamente unos 8,80 km de longitud, en la que se va a proceder a la colocación de pasarelas transversales de madera a distintas alturas de la misma para brindar acceso al mar y proteger del pisoteo a los sistemas dunares existentes.



Figura 5 Ejemplo de pasarela transversal de madera existente en la Playa de L'Aigua Blanca, Oliva.

Las dunas son formaciones geomorfológicas costeras muy atractivas para uso recreativo, pero el principal efecto de la presión humana en el entorno dunar es el derivado del pisoteo indiscriminado al que se ve sometida la vegetación. Normalmente, el paso de las personas a través de un sistema dunar se debe a la existencia de un aparcamiento, una carretera o camino, etc. en la parte trasera de la duna, la cual hay que cruzar para acceder a la playa. El simple hecho de que se atravesase la duna para ir a la playa provoca un fuerte impacto, ya que, según numerosos estudios, el deambular de los visitantes tiende a fragmentar el cordón dunar mediante la creación de pasillos, que favorecen la acción erosiva del viento, dando lugar a la formación de brechas en los cordones dunares que fragmentan el sistema dunar y aumentan su vulnerabilidad.¹

¹ “Manual de restauración de dunas costeras.” 2007. Ministerio de Medio Ambiente.

5 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ACTUACIÓN Y SU UNIDAD FISIAGRÁFICA

5.1 CONTEXTO GEOGRÁFICO Y MORFODINÁMICO

El tramo costero objeto de estudio se sitúa en la fachada costera del Golfo de Valencia, en el Mediterráneo Occidental, concretamente, en su extremo meridional, en el límite entre las provincias de Valencia (Oliva) y Alicante (Denia).

Este Golfo, también conocido como Óvalo Valenciano, entre el Delta del Ebro (al N) y el Cabo de San Antonio (al S), véase Figura 6, constituye una unidad fisiográfica global de 1^{er} orden, en la que los sedimentos disponibles tienen su fuente y sumidero en la unidad, por lo que se puede considerar nulo el flujo de sedimento a través de las secciones transversales de ésta y su funcionamiento dinámico independiente del exterior.

En ella se distinguen distintos accidentes geográficos (cabos o deltas) y estructuras marítimas (fundamentalmente puertos y espigones) que constituyen a su vez barreras al transporte longitudinal de menor envergadura que las anteriores y que dividen dicha unidad global en subunidades más pequeñas o tramos litorales con un comportamiento morfodinámico independiente.

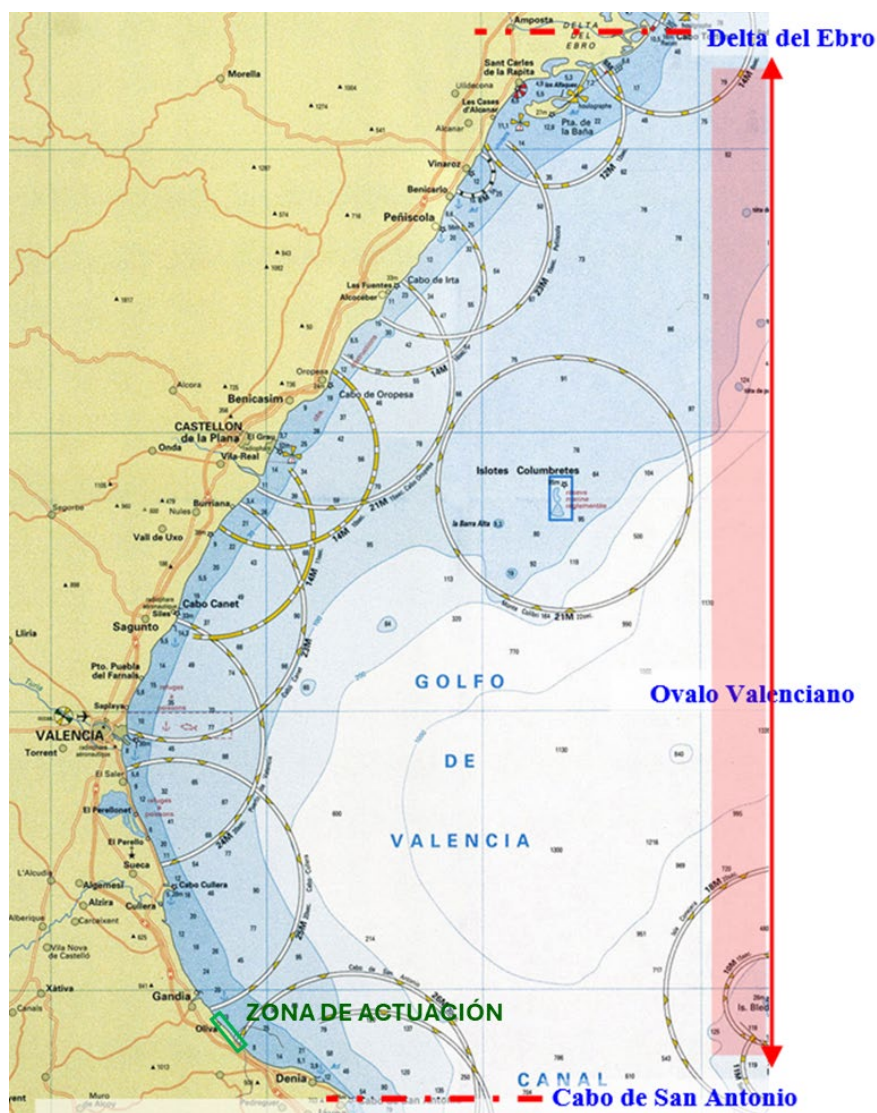


Figura 6 *Unidad fisiográfica del Golfo de Valencia.*

Así, el borde marítimo de Oliva objeto de actuación, se localiza en la subunidad fisiográfica, denominada Unidad Fisiográfica Sur, conformada entre el Cabo de Cullera y el Puerto de Denia, que actúan de barreras totales al transporte, y en la que, los Puertos de Oliva y Denia conforman otra subunidad menor en la que se desarrolla gran parte del ámbito de actuación. Ver Figura 7.

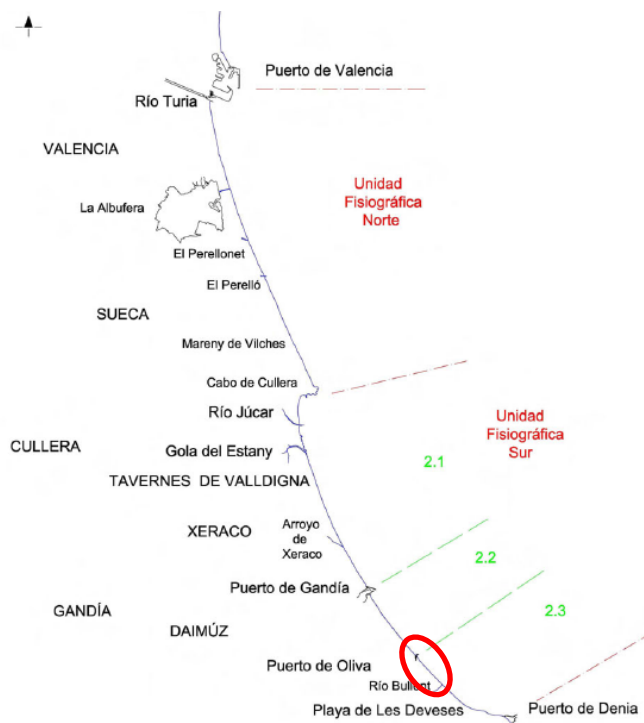


Figura 7 Zonificación de la costa sur de Valencia y localización en ella de la zona de actuación.
Fuente: estrategia de actuación en la costa sur de Valencia. (CEDEX, 2015).

Se trata de un tramo costero arenoso eminentemente abierto al mar de orientación NW-SE, en el que la deriva litoral se produce en este sentido en la mayor parte del tramo, donde se ve interrumpida por la presencia del Puerto de Oliva sin que éste llegue a constituir una barrera para el paso de los sedimentos, y se invierte en la región sur.

Las playas que conforman este borde litoral son, de norte a sur: Terranova, Pau Pí, L'Aigua Blanca, Rabdells y Les Deveses, cuyas principales características se adjuntan en la tabla siguiente y su ubicación y distribución en la Figura 8.

Nombre	Tipo de playa	Longitud (m)	Anchura máxima (m)	Anchura mínima (m)	Ancho medio (m)	D ₅₀ (mm)	Pendiente media	Dunas
Playa de Terranova	Abierta, salvo extremo S → Pto. Oliva	1670	65	20	35	0.202	1.2	Sí (formando cordones)
Playa de Pau Pi	Abierta, salvo extremo N → Pto. Oliva	1374	149	1.5	64	0.212	1.57	sí (de forma intermitente)
Playa de L'Aigua Blanca	Abierta	1722	114.5	42	86	0.196	1.80	sí (formando cordones)
Playa de Rabdells	Abierta	1017	158	12	90	0.222	1.79	sí (muy degradados en alguna zona)
Playa L'Aigua Morta-Les Deveses	Abierta	3112	193.5	1.5	112	0.240	1.61	sí (formando cordones)

Tabla 1. Principales características de las playas que componen el tramo litoral de estudio

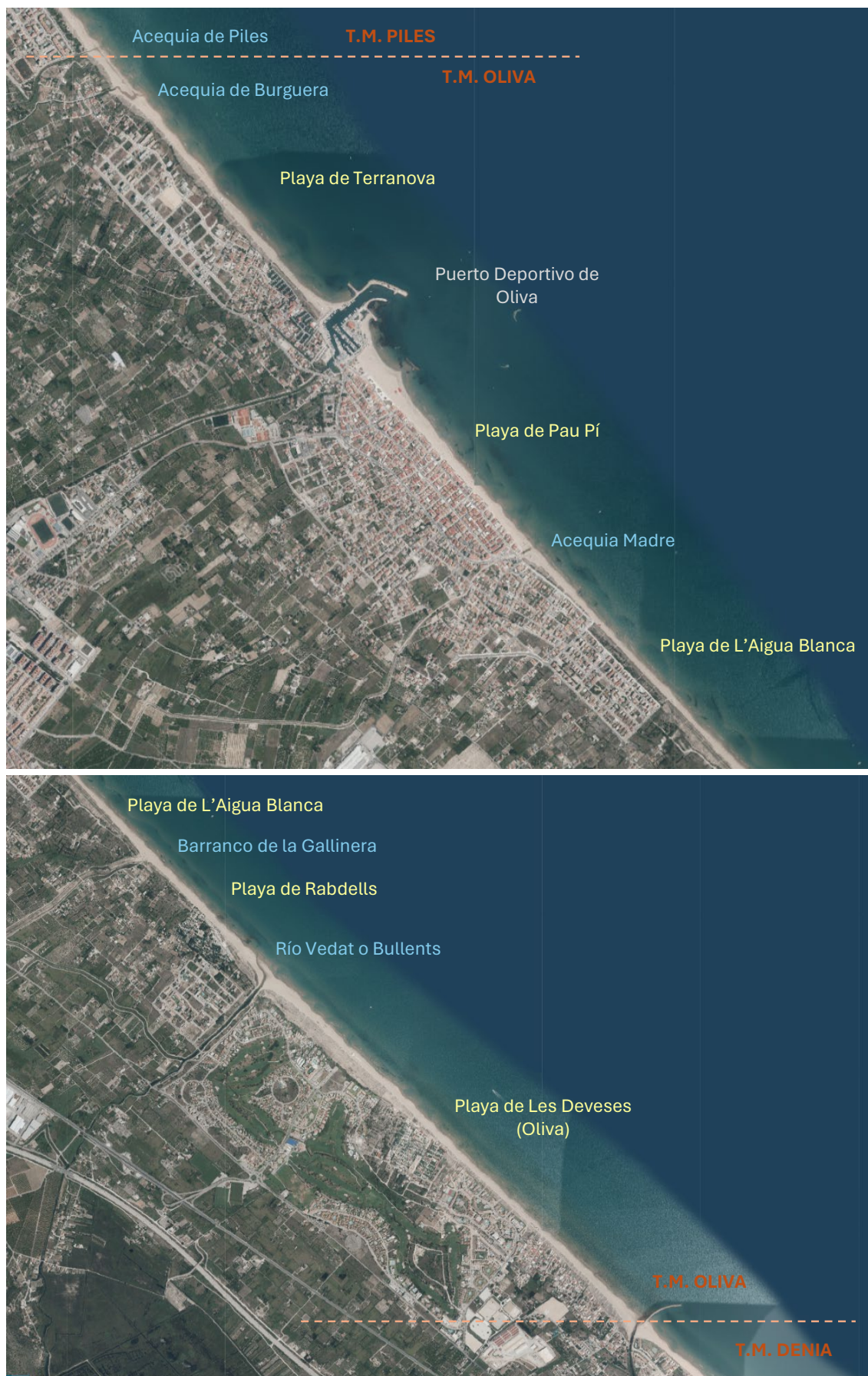


Figura 8 Distribución de las playas del litoral objeto de estudio.

Como elementos de rigidización costera con incidencia en la hidrodinámica costera, en el tramo se hallan: el Puerto de Oliva, el dique exento existente en la playa de Pau-Pí y el reciente espigón construido en la desembocadura del Río Racons entre Oliva y Denia. Por otra parte, tan sólo las playas de Pau Pi y L'Aigua Blanca poseen paseo marítimo.

Los tipos de sedimentos son arenas finas-muy finas, coincidiendo esta característica en todo el tramo de estudio.

5.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La zona de Estudio se localiza en el límite meridional del Óvalo de Valencia, entre las estribaciones de los sistemas Ibérico y Bético, con una mayor influencia de éste último. El relieve continental se caracteriza por una costa baja y la plataforma continental interna, que se extiende hasta los 40 m de profundidad, presenta elevadas tasas de subsidencia y un margen tipo progradante de amplio desarrollo.

El Cuaternario es la formación más extensa de la zona y constituye la llanura litoral valenciana, extendiéndose prácticamente hasta la cota 100 y rellenando el Neógeno deprimido hasta profundidades de 200 m. Estos materiales se han depositado a costa de las aportaciones de los ríos Turia, Júcar y su afluente el Magro, y la serie de barrancos que, con dirección E-W, vierten sus sedimentos en la llanura litoral.

En el Plioceno el litoral estuvo retranqueado respecto al actual. Durante el Pleistoceno, en los períodos pluviales, tuvo lugar un proceso recesivo en el que se produce la sedimentación de los materiales de glaciares, pie de monte y terrazas fluviales. El mar dejaría depósitos marinos sobre la antigua superficie formada por la transgresión anterior. La excavación y erosión se llevaría a cabo durante los períodos interpluviales coincidentes con la transgresión marina. Durante la transgresión Flandriense, el mar penetró en el continente con un amplio golfo que fue colmatándose por los aportes de los ríos Turia y Júcar, que debieron formar barras de estuario cerrando el golfo en la montaña de El Puig al N y en la Cullera al S. Movimientos ascensionales recientes hicieron emerger la barra. La formación de la restinga data de una edad no superior a los 6000 años, quedando la Albufera aislada del mar hace unos 3000 años.

PERIODO	TIPO DE DEPÓSITO		
	CONTINENTALES	MIXTOS	MARINOS
HOLOCENO	Q ₂ AL Aluvial Q ₂ AL Aluvial-Col Q ₂ C Coluviones	Q ₂ Sa Sedimentos antrópicos Q ₂ D Dunas Q ₂ I Limos pardos Q ₂ A Albufera	Q ₂ Playa CL Cordón litoral
PLEISTOCENO	Superior		
	Medio		
	Inferior		
PLIOCENO	TG Calizas		
	TSGI Arcillas rojas		

Tabla 2. Clasificación y sucesión de depósitos del Cuaternario en función de su naturaleza y cronología. IGME

Desde el punto de vista morfogenético, el borde litoral objeto de estudio está representado desde el mar hacia el interior por un cordón litoral y una llanura o zona deprimida como consecuencia de los fenómenos de subsidencia característicos del óvalo valenciano que han perdurado desde el Pleistoceno y Holoceno, donde se identifican sistemas deposicionales correspondientes a antiguas formaciones litorales restinga-albufera, de las que sólo queda como representación la Marjal de Oliva-Pego.

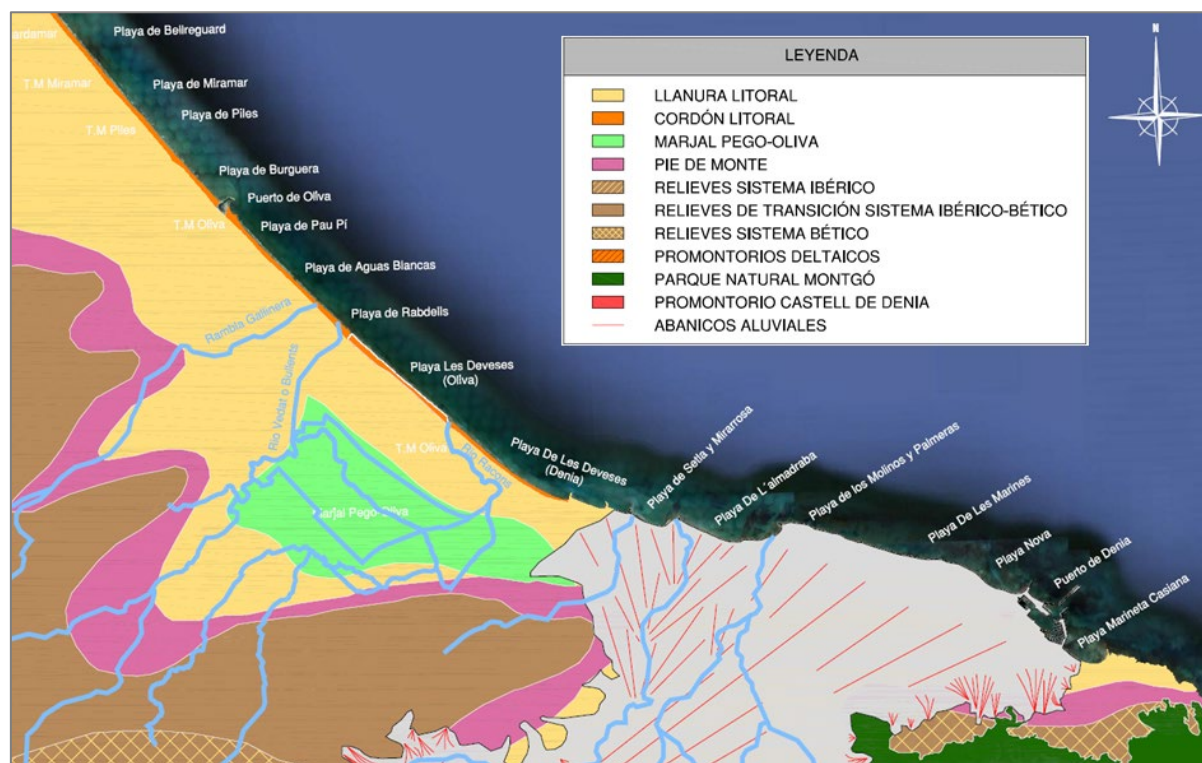


Figura 9 Geomorfología tipo de la costa de Oliva

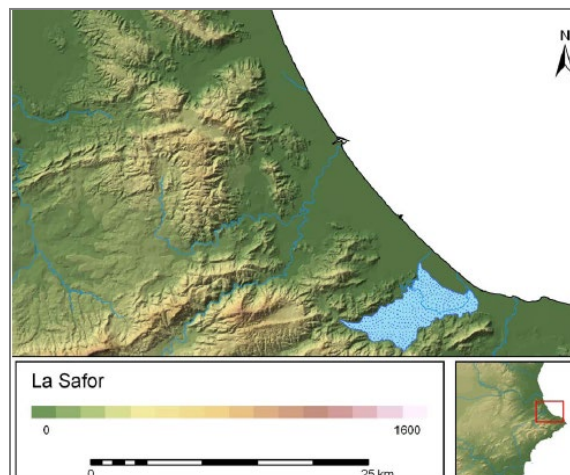


Figura 10 Entorno litoral del área de estudio

A modo resumen, se citan los elementos geomorfológicos característicos de zona a estudio añadiendo una explicación de aquellas que resultan más relevantes en la génesis de los procesos que han condicionado la actual morfología costera y el funcionamiento de la dinámica litoral.

- El cordón litoral, que se presenta prácticamente continuo en la costa de Oliva
- La llanura litoral, que limita tierra adentro el cordón litoral.
- El marjal de Pego-Oliva.
- Los glasis de acumulación, como enlace entre las zonas de montaña y las llanuras litorales y formaciones costeras.
- Los cauces fluviales de los ríos Vedat y Racons.

El cordón litoral se prolonga a lo largo de 10 km, desde el Puerto de Oliva hasta el final de la playa de les Deveses (tramo de Denia), donde queda estrangulado. Actualmente constituye una única alineación orientada en dirección NW-SE, de escasa amplitud (10-15 m) y cuyas alturas máximas rondan los 5 m. Su génesis es debida a los aportes históricos vertidos al mar, procedentes de una densa red fluvial que fueron transportados y distribuidos por la corriente de deriva, conformando sucesivas barras submarinas y flechas litorales, que aislaron antiguas bahías y lagunas salobres, algunas de ellas hoy en día colmatadas por los aportes aluviales.



Figura 11 Cordón litoral en la playa de Oliva con el Montgó al fondo.

En el interior del litoral de Oliva destaca el marjal de Pego-Oliva, protegido desde el año 1994, con la figura de Parque Natural. Los datos más antiguos que se conocen de la zona se remontan al Paleolítico, en esta época el marjal se trata de una bahía marina, destinada a la pesca marina. Durante el Neolítico

se produce el cierre del marjal, debido al último ascenso eustático. El humedal, de carácter permanente, se mantuvo prácticamente intacto hasta el siglo XVIII y no es hasta finales del siglo XIX cuando se produce la gran expansión del cultivo de arroz que prevalece hoy en día. Actualmente, no existe una conexión importante en el funcionamiento hidrológico del marjal y la dinámica marina.



Figura 12 Localización del Marjal de Pego - Oliva

La llanura litoral se extiende como una franja litoral, de anchura variable, ligeramente inclinada hacia el mar, en el tramo costero de Oliva y Denia septentrional, tramo en el que se presenta muy estrecha, hasta quedar estrangulada por el Montgó. Su formación se debe a procesos de acumulación de materiales terrígenos, aportados por la erosión de los relieves mesozoicos o por los aportes de sedimentos marinos, durante el Cuaternario. La dificultad de drenaje superficial por la morfología plana y baja permeabilidad de los materiales, ha hecho frecuentes los fenómenos de encharcamiento en el litoral de Oliva.



Figura 13 Llanura litoral con la marjal de Pego-Oliva al fondo.

El régimen hidrológico de los ríos Vedat y Racons, no resulta trascendente para el funcionamiento de la dinámica litoral en cuanto a entradas al sistema.

5.3 LITOLOGÍA Y SEDIMENTOLOGÍA

Los materiales originarios se encuentran estrechamente relacionados con la geomorfología de la zona que se estudia ya que tanto su procedencia, tamaño como composición depende de los procesos de

erosión, transporte y sedimentación.

En el estudio estratigráfico y litológico de los materiales presentes en los diferentes accidentes que conforman la geomorfología del área de estudio aparecen de forma especial los materiales del Cuaternario.

La sucesión de diferentes tipos de climas a lo largo del periodo Cuaternario ha dejado herencias morfológicas tales como tipologías cársticas muy desarrolladas y depósitos de vertiente de episodios fríos del Pleistoceno. Las formas cársticas superficiales tales como lapiaces (surcos o acanaladuras de disolución) y arcillas rojizas de descalcificación que rellenan las oquedades y grietas están bien desarrolladas gracias a la profusión de diaclasas y fracturas en los afloramientos calizos o dolomíticos masivos.

Los materiales del cuaternario continental se identifican desde los relieves calcáreos descendiendo en suave pendiente hacia el mar, formando depósitos de origen continental (glacis de acumulación), cuyo frente lado mar está recortado por una zona de marjal (como en el caso de la marjal de Pego-Oliva) o de antiguas marjales desecadas que constituyen la llanura litoral. También aparecen representados en abanicos aluviales en una gran extensión superficial y alcanzan espesores superiores a 100 m.

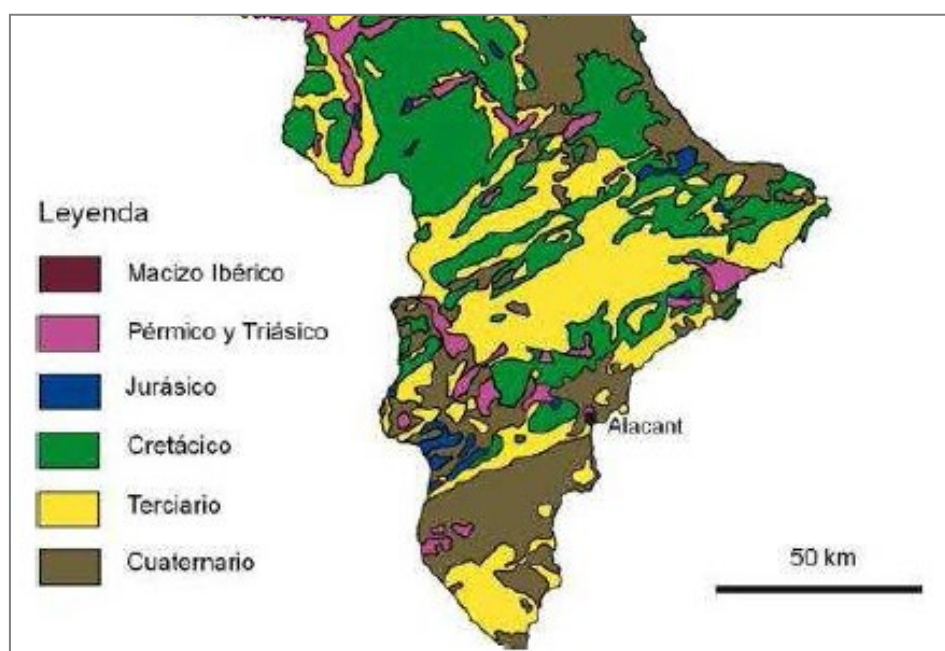


Figura 14 Historia geológica de los materiales presentes en la zona de estudio. Fuente: "Estudio de las descargas de agua subterráneas submarinas en el sector sur del Golfo de Valencia". David Vicente Vicente

- Cerdón litoral

Formado por arenas y depósitos eólicos, tipo dunas, que dan lugar a un sedimento de granulometría variable, con predominio de fracciones más finas en la franja costera valenciana y más gruesas y heterogéneas en la costa alicantina. En las costas de Denia, sobre el sustrato del cordón litoral es frecuente encontrar restos de Posidonia y Cymodocea muertas.

- Marjal Pego-Oliva

La sedimentación en estas zonas es muy compleja. La naturaleza de los materiales sobre los que

se asienta el marjal parece proceder de un Cuaternario marino predominante sobre los sedimentos continentales que da como resultado suelos de naturaleza detrítica caracterizados por turbas y fangos orgánicos, combinación de un aporte arcilloso procedente de los glaciares sobre el que está instalado el marjal y la vegetación propia del mismo. En general, la potencia de estos materiales es de unos 4-6 m; en las zonas más profundas puede alcanzar los 8-10 m. El sustrato de estos materiales son unas arcillas rojas compactas.

Los niveles litológicos presentan distintas permeabilidades, en función del nivel de arcillas. Así, los niveles de más alta permeabilidad corresponden con los depósitos cuaternarios de los abanicos aluviales que unen los relieves calcáreos montañosos con las zonas topográficamente más bajas donde se ubica el humedal. Los depósitos correspondientes a sistemas de glaciares son menos permeables al contener una mayor proporción de arcilla.

▪ Llanura litoral

Constituye una zona geológicamente deprimida y subsidente, hundida desde el Holoceno y rellenada con aluviones cuaternarios. El relieve actual de la llanura ha quedado integrado por lechos de materiales aluvionarios de relleno que incluyen gravas, arenas, arcillas y limos depositados horizontalmente formando lentejones sobre un estrato arcilloso potente situado tierra adentro del cordón litoral y bordeando el área de marjal.

Así, conforme a lo reflejado en la hoja 796 del Mapa Geológico Nacional, los materiales presentes en la zona de proyecto son de influencia cuaternaria, en su mayoría del pleistoceno superior aunque también hay presencia de materiales del holoceno:

- 35 : Playa: Arenas con conchas y cordón litoral
- 33: Aluvial: Depósitos de fondo de rambla
- 23 y 24: Limos eólicos: Limos grises con "poupées calcaires"
- 26: Depósitos de Albufera: Fangos y turba
- 27: Abanico aluvial: Arenas arcillosas con cantos redondeados

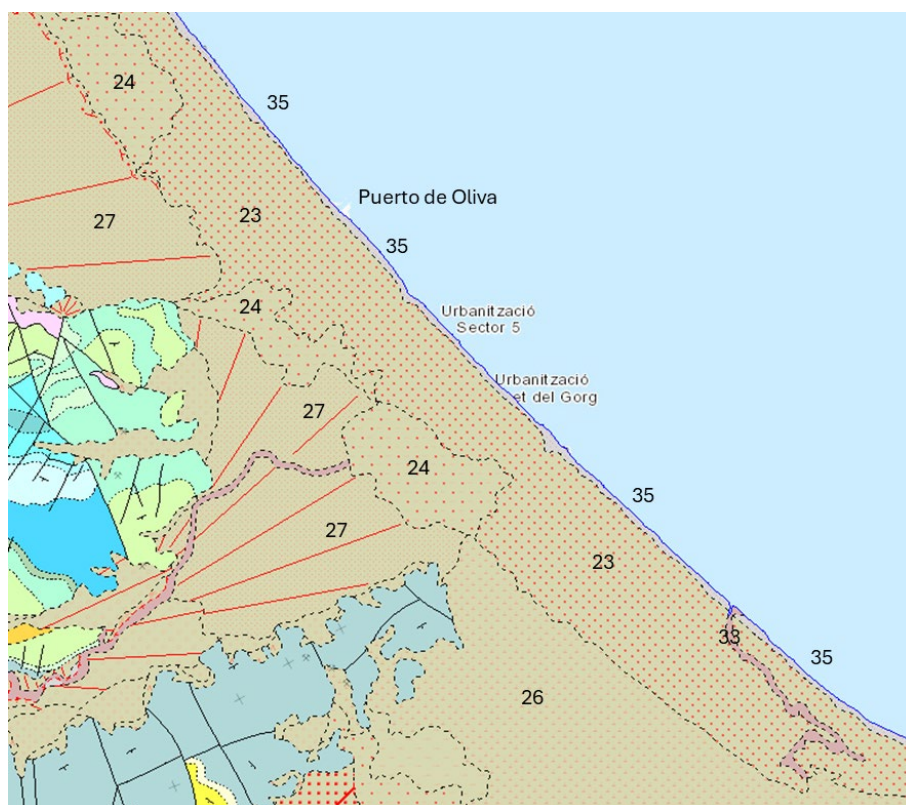


Figura 15 Extracto del Mapa Geológico de España a escala 1/50.000 MAGNA, de La hoja 796. Fuente: IGME.

Las playas del litoral de Oliva, son playas abiertas con un tamaño de arena fina de $D_{50} = 0,2$ mm en general, tal y como puede observarse en la tabla a continuación que recoge los resultados del análisis granulométrico realizado a las muestras de estas playas como parte de los trabajos del ECOLEVANTE.

Tramo Playa	D ₅₀ (mm)		Clasificación (Friedman y Sanders, 1978)
	Individual	Promedio	
Playa de Terranova – Puerto de Oliva	0.202	0.214	Arenas Finas
Playa de Oliva - Pau Pi	0.212		
Playa de Oliva - L'aigua Blanca	0.196		
Playa de Oliva - Rabdells	0.222		
Playa de L'Aigua Morta - Les Deveses	0.24		

Tabla 3. Tamaño medio de grano de los sedimentos de la costa litoral de Oliva.

La clasificación de los sedimentos por tamaño es la siguiente, que sigue la clasificación granulométrica de Friedman y Sander (1978) pudiéndose observar su distribución en la zona de estudio en la Figura 17:

SEDIMENTOS	TAMAÑO
Finos (F)	< 0,125mm
Arena fina (AF)	0,125mm - 0,25mm
Arena media (AM)	0,25mm - 0,50mm
Arena gruesa (AG)	0,50mm - 1,00mm
Arena muy gruesa (AMG)	1,00mm - 2,00mm
Gravas (G)	> 2,00mm
Bolos (B)	> 5,00mm
Cantos (C)	> 10,00mm

Tabla 4. Clasificación granulométrica de Friedman y Sander

Concretamente para la zona Norte al Puerto de Oliva, la correspondiente a la Playa de Terranova, se han analizado 3 perfiles diferentes, como se puede observar en la siguiente imagen, siendo el número 1 el situado más al norte y el 3 el más próximo al Puerto. Con ello se han obtenido los siguientes resultados:

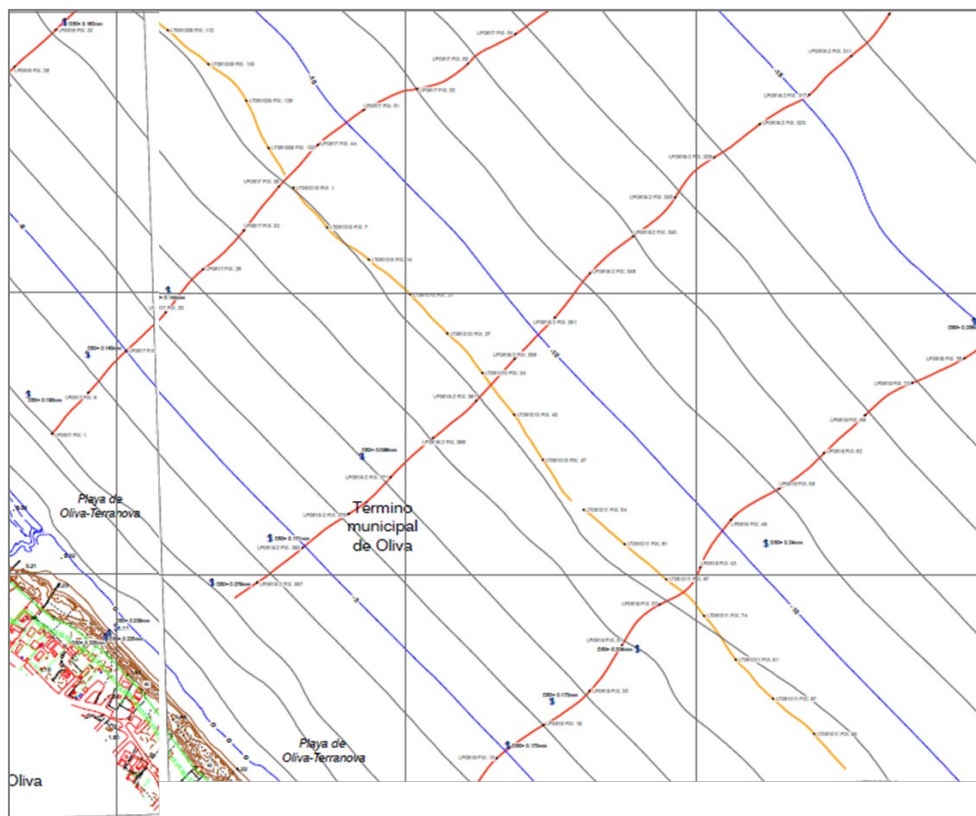


Figura 16 Unión de planos de reconocimiento 2 – 3 y 3 – 3. Fuente: ECOLEVANTE.

Perfil	Muestreo Pl. Terranova		Tamaño medio D ₅₀ (mm)		Clasificación (Friedman y Sanders, 1978)			
	Zona playa	Cota (m)	individual	promedio				
1	PLAYA EMERGIDA	2	0.279	0.239	0.203	Arenas medias	Arenas finas	Arenas finas
		1	0.198			Arenas finas		
		0	0.241			Arenas finas		
	PLAYA SUMERGIDA	-3	0.193	0.167		Arenas finas	Arenas finas	
		-4	0.163			Arenas finas		
		-6.5	0.144			Arenas finas		

Tabla 5. Tamaño medio de grano de los sedimentos de la playa Terranova, sector norte (Oliva).

Perfil	Muestreo Pl. Terranova		Tamaño medio D ₅₀ (mm)		Clasificación			
	Zona playa	Cota (m)	individual	promedio	(Friedman y Sanders, 1978)			
2	PLAYA EMERGIDA	2	0.225	0.220	0.201	Arenas finas	Arenas finas	Arenas finas
		3	0.225			Arenas finas		
		0	0.209			Arenas finas		
	PLAYA SUMERGIDA	-3	0.279	0.182		Arenas medias	Arenas finas	
		-4.7	0.171			Arenas finas		
		-7	0.096			Arenas muy finas		

Tabla 6. Tamaño medio de grano de los sedimentos de la playa Terranova, sector central (Oliva).

Perfil	Muestreo Pl. Terranova		Tamaño medio D ₅₀ (mm)		Clasificación (Friedman y Sanders, 1978)			
	Zona playa	Cota (m)	individual	promedio				
3	PLAYA EMERGIDA	2	0.279	0.239	0.202	Arenas medias	Arenas finas	Arenas finas
		1	0.198			Arenas finas		
		0	0.241			Arenas finas		
	PLAYA SUMERGIDA	-4	0.144	0.175		Arenas finas	Arenas finas	
		-5	0.173			Arenas finas		
		-6.5	0.173			Arenas finas		
		-7.8	0.208			Arenas finas		

Tabla 7. Tamaño medio de grano de los sedimentos de la playa Terranova, sector sur (Oliva).

A pesar de que en el número 1 y 3 la cota 2 se clasifica como arenas medias, al igual que en el perfil 2 en la cota -3, se puede concluir que la playa posee un D₅₀ general de 0.2 mm, siendo clasificada finalmente como arenas finas.

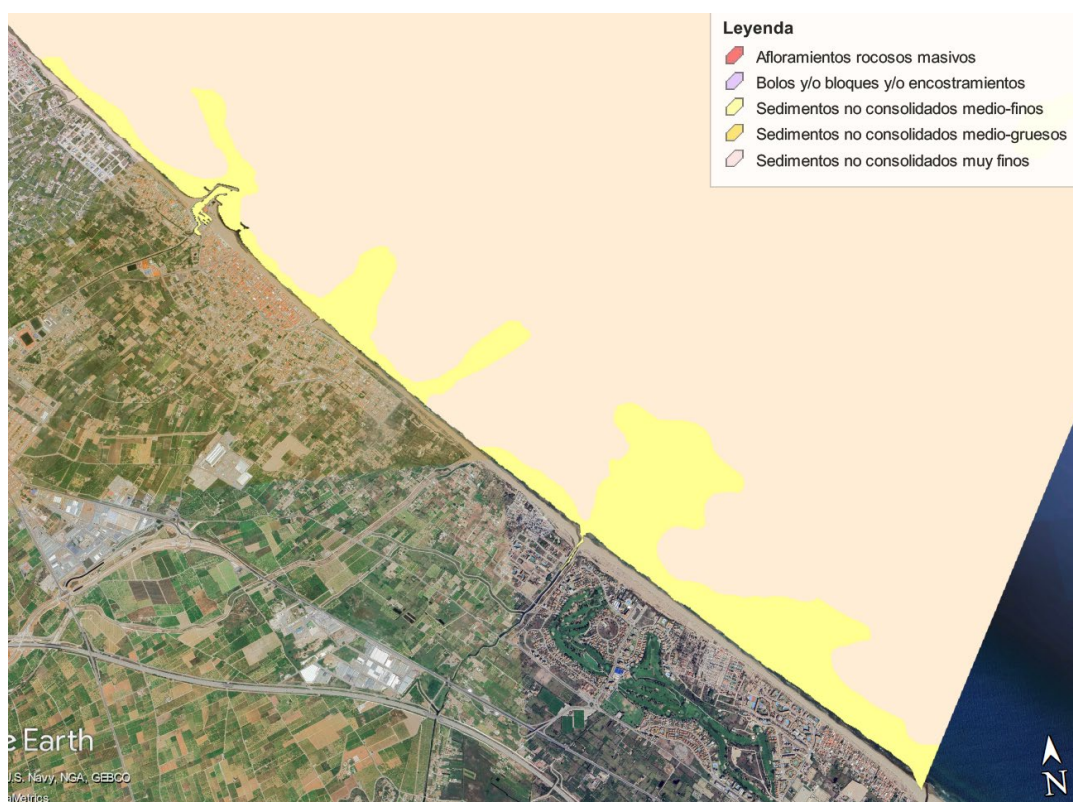


Figura 17 Plano de caracterización de sedimentos en costa de Oliva. Fuente: ECOLEVANTE.

5.4 TOPO-BATIMETRÍA

La plataforma interna del área de estudio presenta un comportamiento tectónico – estratigráfico similar al del Golfo de Valencia.

Las morfologías submarinas muestran un predominio de fondos planos de gradiente suave (<0.5%), donde la isóbata de -35 m se alcanza a unos 8 km de la costa. Así, el espacio sumergido en el área presenta una batimetría muy regular de forma convexa y aplacerada, debido a la importancia de sedimentos no consolidados de origen detrítico.

Con objeto del “Estudio ecocartográfico del litoral de las provincias de Alicante y Valencia, Provincia de Valencia”, llevado a cabo en 2007 por las empresas HIDTMA e Iberinsa para la *Dirección General de Costas*, se elaboró y editó una topografía y batimetría en continuo de la franja costera y los fondos



marinos del litoral valenciano a escala 1:1.000, hasta una profundidad de la -40 m, que sirven de base para la caracterización del relieve costero de la zona de actuación.

Los trabajos batimétricos consistieron en el mapeo del fondo marino mediante el uso de dos sondas multihaz y una monohaz. Mientras que la parte terrestre fue levantada a partir de la restitución fotogramétrica de un vuelo aéreo costero en color a escala 1/5.000 y topografía básica (mediciones in situ mediante GPS de doble frecuencia y precisión centimétrica durante campañas de campo).

En los planos obtenidos como resultado de estos trabajos, las posiciones están referidas al elipsoide ED50, proyección UTM, huso 30 N. Las isobatas se presentan en metros, con curvas cada metro, referidas al NMMA.

En los planos a continuación se presenta el detalle de la topo-batimetría costera de la zona de actuación.

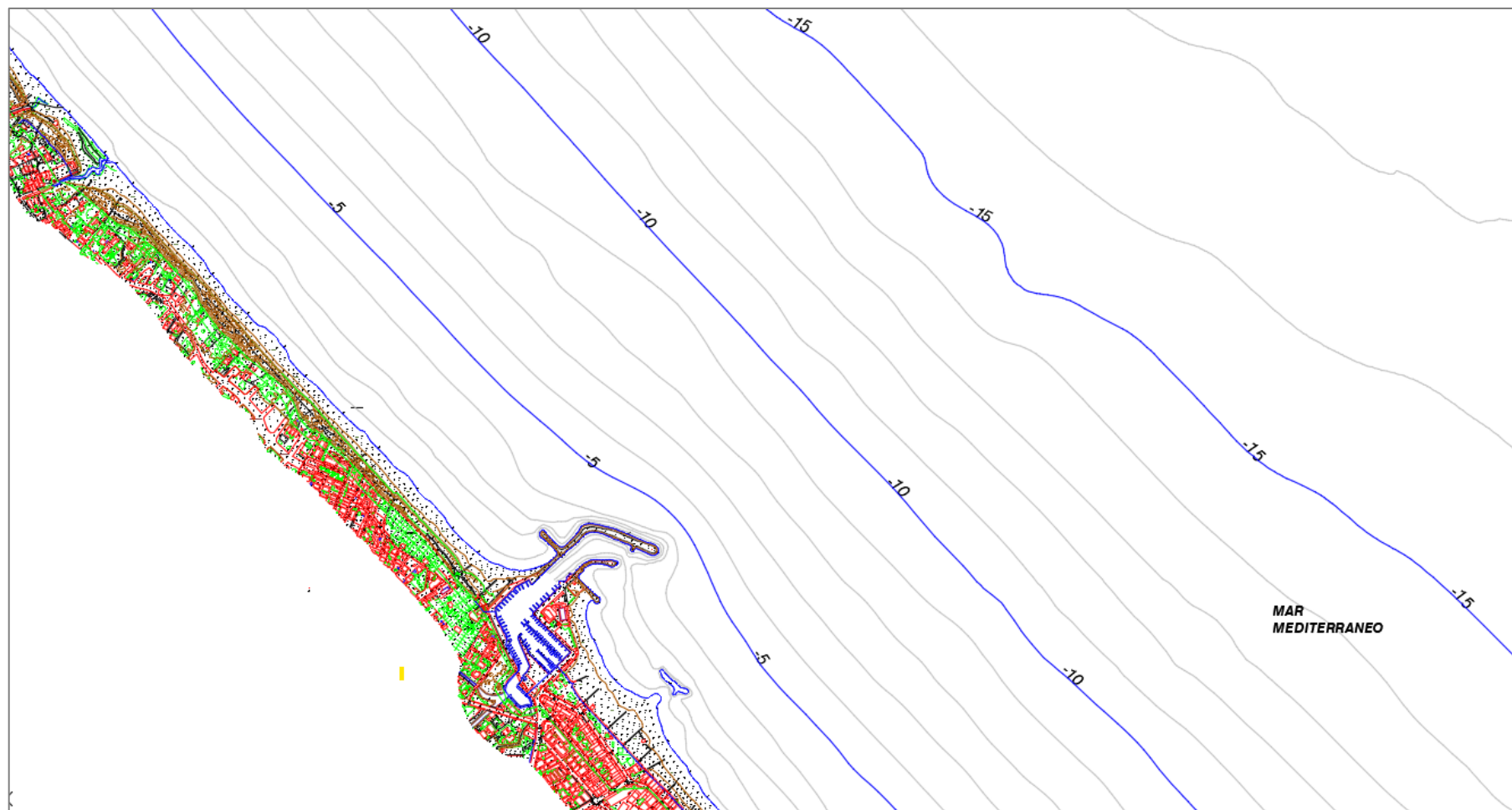


Figura 18 Topo-batimetría de la región norte de la zona en estudio. Fuente: ECOLEVANTE.

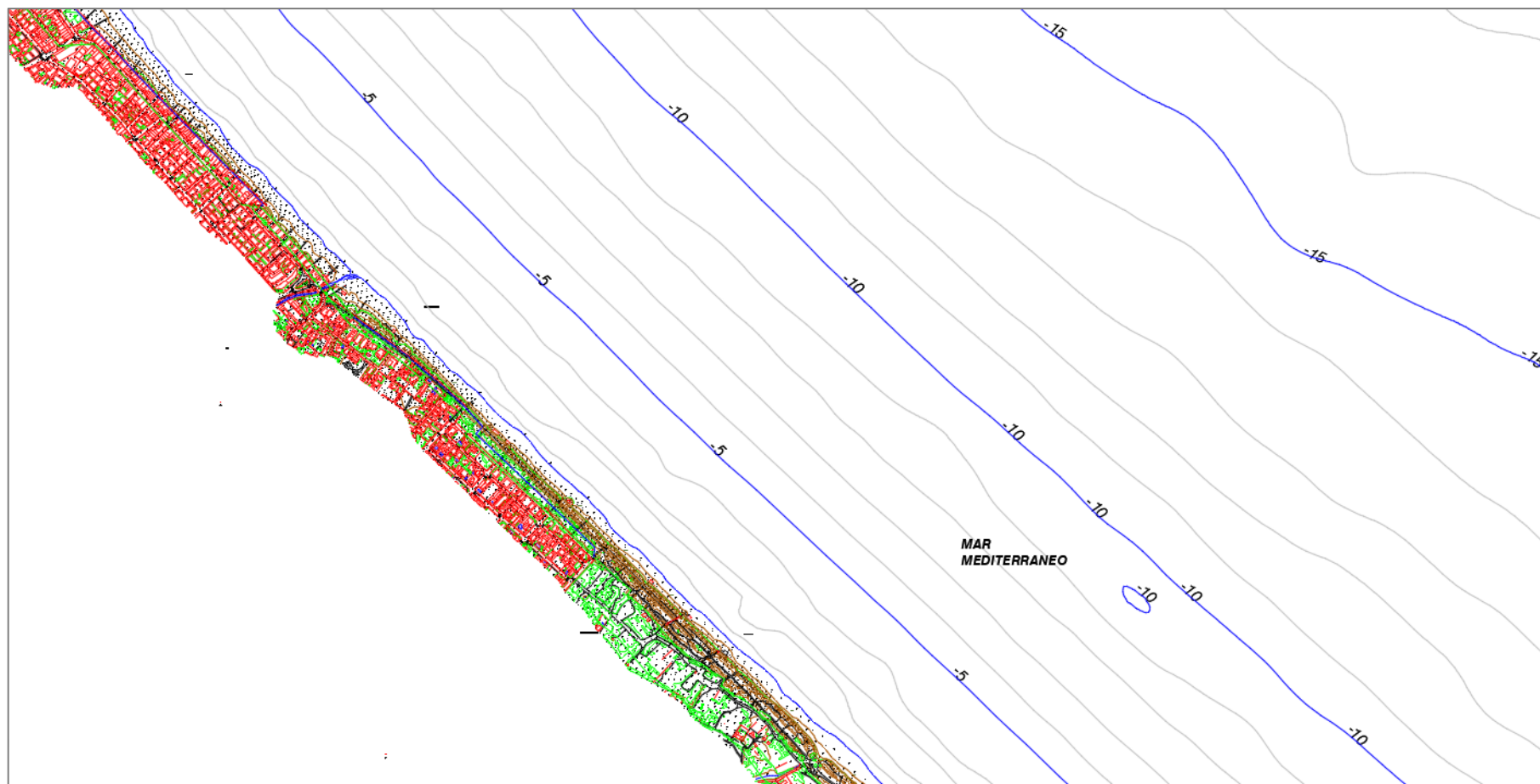


Figura 19 Topo-batimetría de la región central de la zona en estudio. Fuente: ECOLEVANTE.

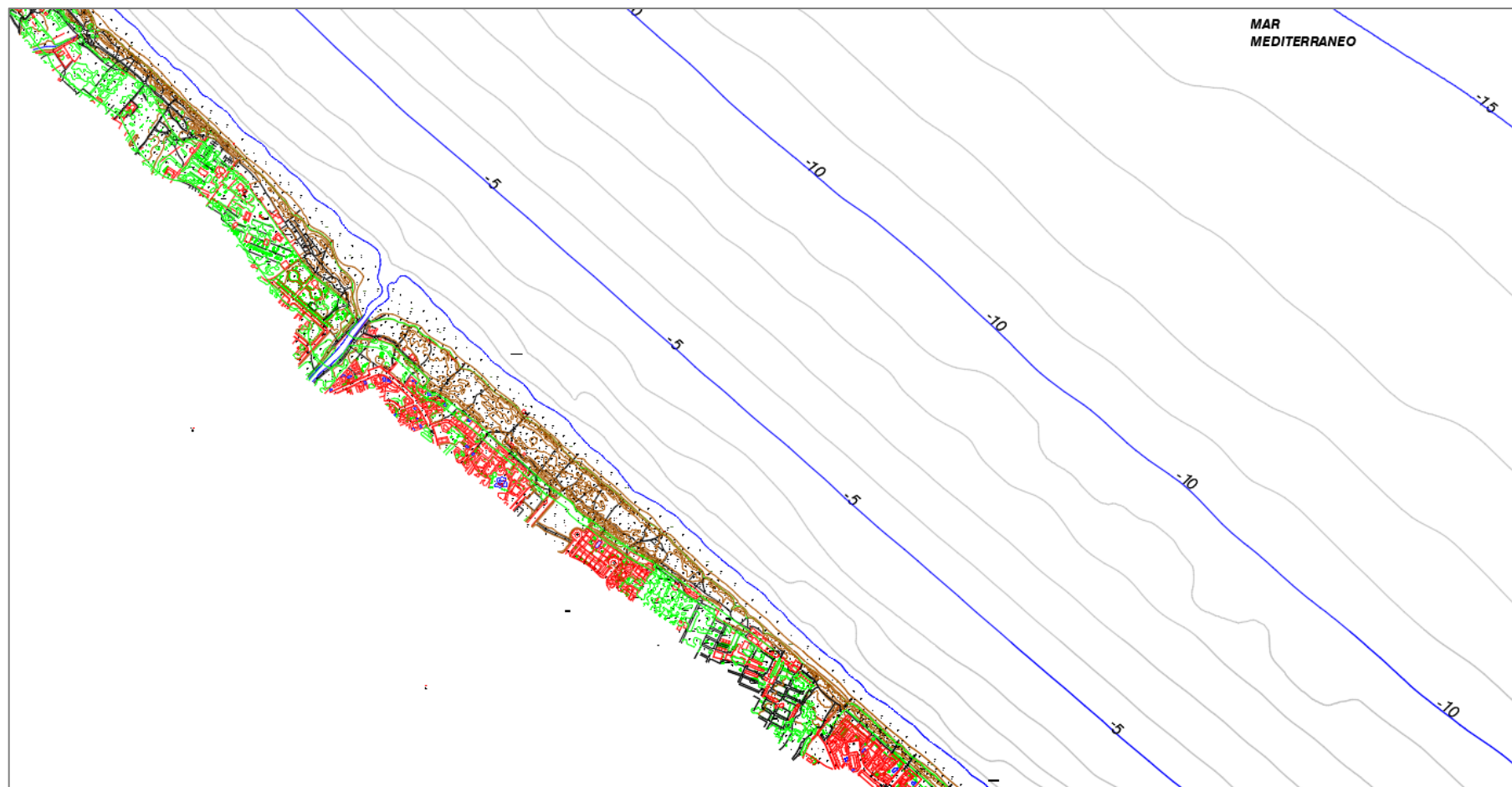


Figura 20 Topo-batimetría de la región central de la zona en estudio. Fuente: ECOLEVANTE.

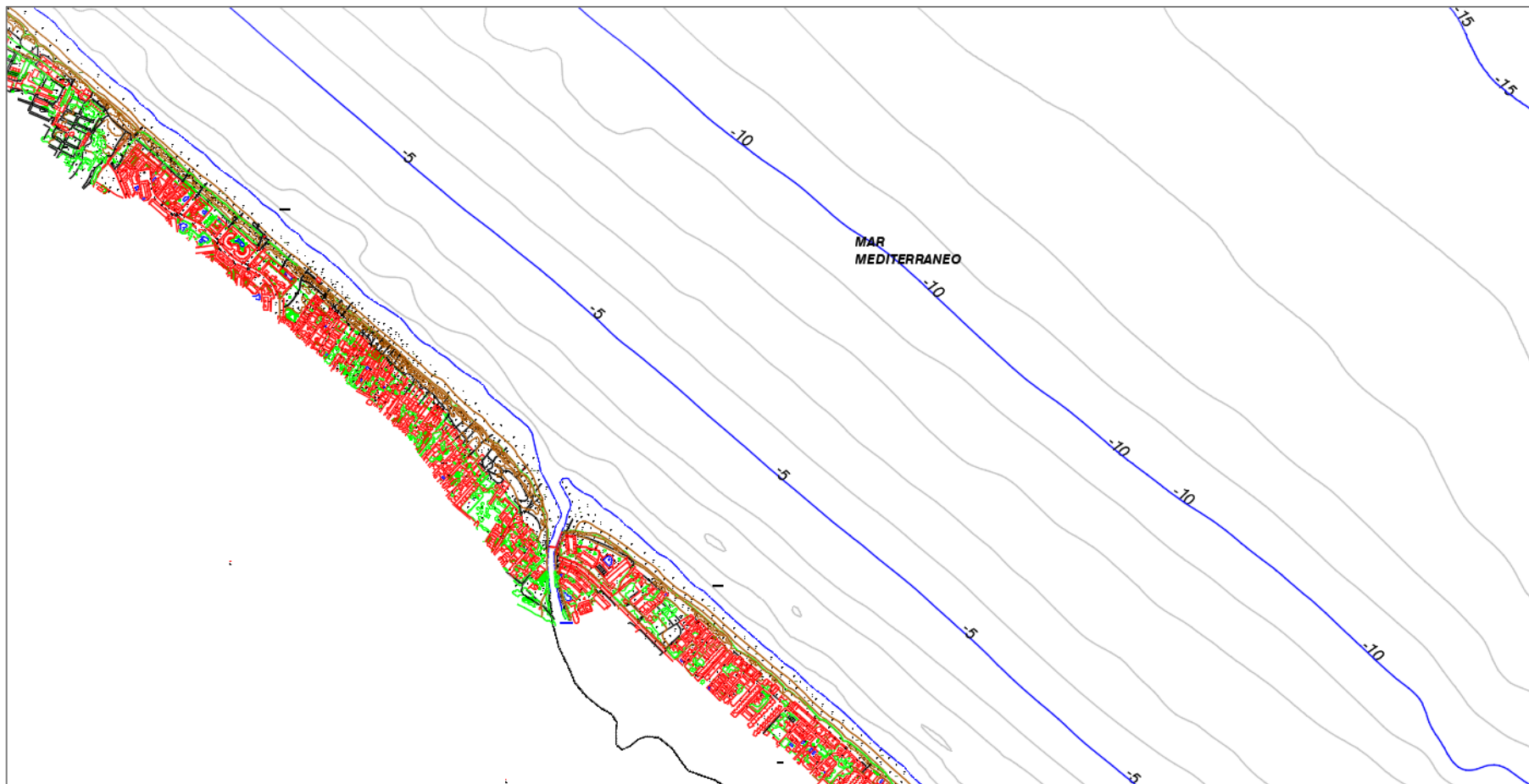


Figura 21 Topo-batimetría de la región sur de la zona en estudio. Fuente: ECOLEVANTE.



5.5 MEDIO AMBIENTE

Dentro del borde litoral objeto de estudio se distinguen 4 zonas de especial protección: las “Dunas de La Safor”, el “Marjal de Pego-Oliva”, la “Desembocadura del Río Bullent”, la “Desembocadura y frente litoral del Río Racons”.

Se procede a continuación a la descripción del LIC “Dunas de La Safor” por tratarse del Espacio Natural Protegido (ENP) donde se desarrollan las actuaciones proyectadas, comprendiendo los cordones dunares de todo el litoral en estudio, salvo aquellos presentes en las playas del núcleo urbano aguas abajo del Puerto de Oliva, tal y como puede observarse en la Figura 24.



Figura 22 Ubicación de los Espacios Naturales Protegidos existentes en las inmediaciones del tramo de costa objeto de estudio.

5.5.1 LIC Dunas de La Safor

Este espacio natural protegido de 66.08 ha de superficie, ubicado entre los municipios valencianos de Tavernes de la Valldigna, Xeraco, Xeresa, Daimús, Guardamar, Bellreguard, Piles y Oliva, fue designado **Lugar de Importancia Comunitaria (LIC)** como parte de la **Red Natura 2000**, con el fin de albergar todos los restos de cordones dunares aún existentes en la comarca de La Safor y que se encontraban en riesgo de desaparición por su estado de degradación.

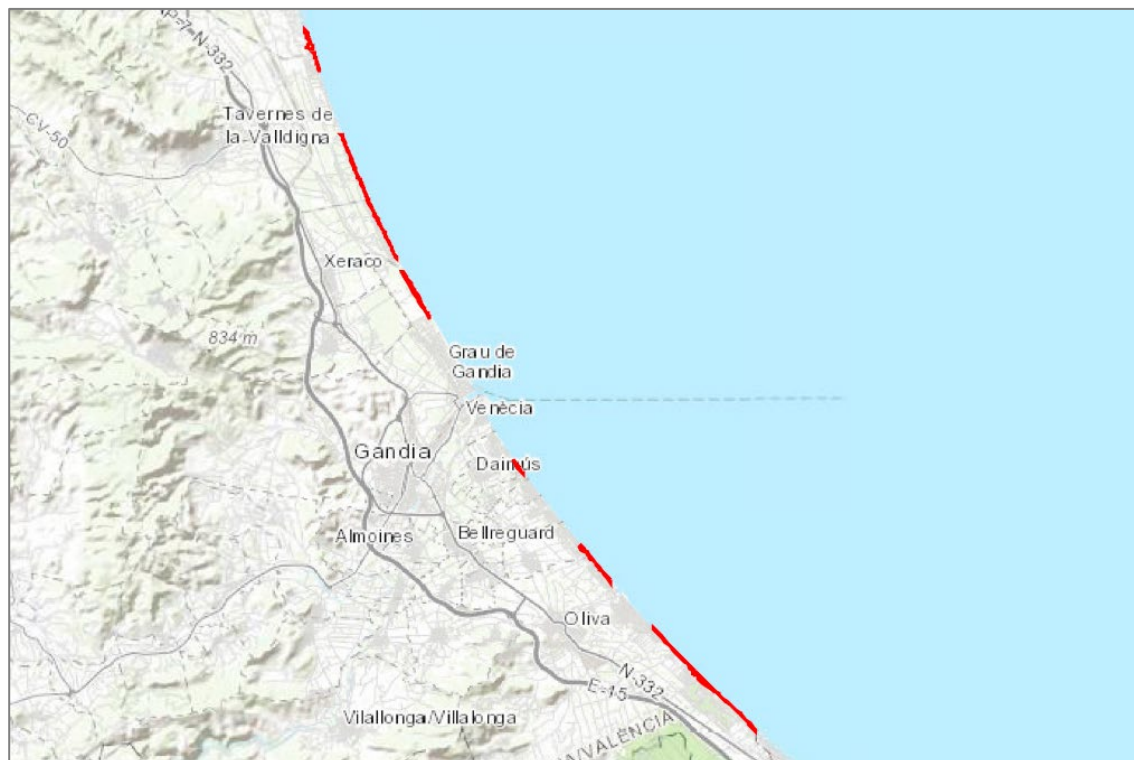


Figura 23 Ámbito de distribución geográfica del LIC Dunas de La Safor.

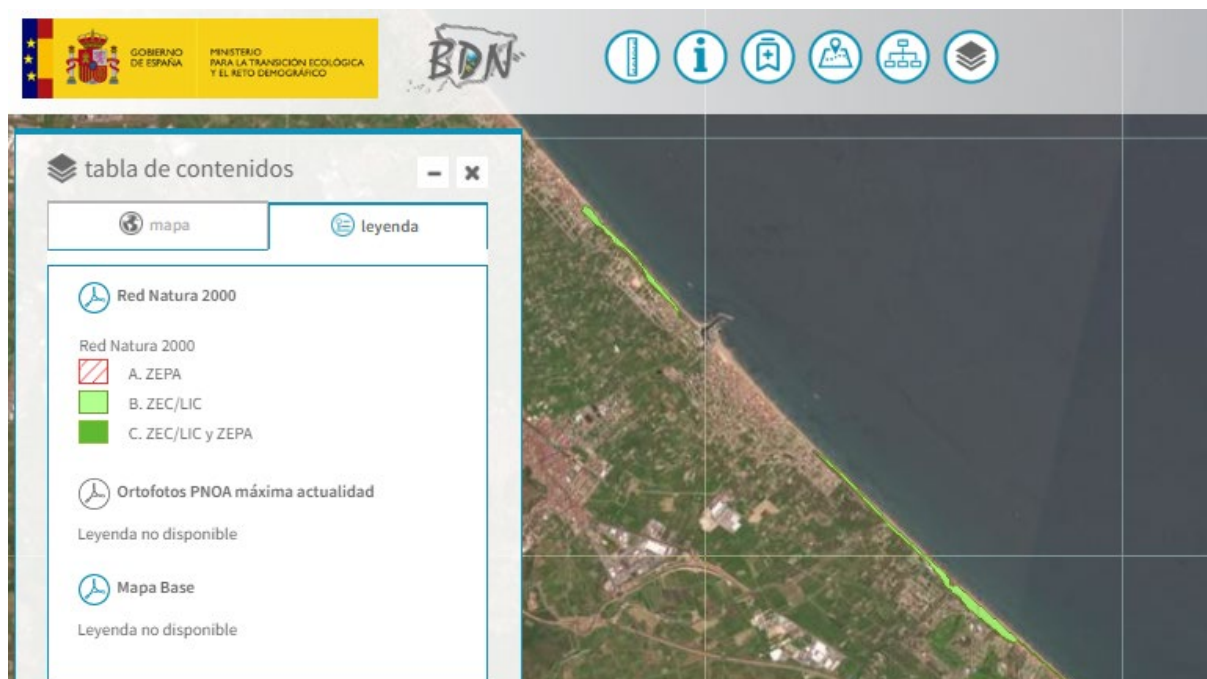


Figura 24 *Ámbito de distribución geográfica del LIC Dunas de La Safor dentro del tramo en estudio.*

Natura 2000, es una red ecológica europea, de áreas de conservación de la biodiversidad. Consta de “Zonas Especiales de Conservación” (ZEC), designadas de acuerdo con la Directiva Hábitats (Directiva 92/43/CEE), así como de “Zonas de Especial Protección para las Aves” (ZEPA) establecidas en virtud de la Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 relativa a la conservación de las aves silvestres.

Su principal objetivo es asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los hábitats más amenazados de Europa, contribuyendo a detener la pérdida de biodiversidad ocasionada por el impacto adverso de las actividades humanas. Es el principal instrumento para la conservación de la naturaleza en la Unión Europea.

Se entiende por Zona de Especial Conservación (ZEC), según la Directiva 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992, del Consejo, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora Silvestres, aquel Lugar de Importancia Comunitaria que ha sido designado por los Estados miembros mediante un acto reglamentario, administrativo y/o contractual, en el cual se apliquen las medidas de conservación necesarias para el mantenimiento o el restablecimiento, en un estado de conservación favorable, de los hábitats naturales y/o de las poblaciones de las especies para las cuales se haya designado el lugar.

Un Lugar de Importancia Comunitaria (LIC), según la Directiva Hábitats, es aquel que, en la región o regiones biogeográficas a las que pertenece, contribuye de forma apreciable a mantener o restablecer un tipo de hábitat natural de los que se citan en el Anexo I de la Directiva o una especie de las que se enumeran en el Anexo II, en un estado de conservación favorable y que puede de esta forma contribuir de modo apreciable a la coherencia de Natura 2000 y/o contribuya de forma apreciable al mantenimiento de la diversidad biológica en la región o regiones biogeográficas de que se trate.

En la presente Directiva y en relación a los proyectos de ingeniería de costas, resulta relevante el artículo 6.3, que especifica que cualquier plan o proyecto que, sin tener relación directa con la gestión del lugar,

pueda afectar de forma apreciable a los citados lugares en dicha directiva, se someterá a una adecuada evaluación de sus repercusiones en el lugar, teniendo en cuenta los objetivos de conservación de dicho lugar. Las autoridades nacionales competentes sólo se declararán de acuerdo con dicho plan o proyecto tras haberse asegurado de que no causará perjuicio a la integridad del lugar en cuestión y, si procede, tras haberlo sometido a información pública.

Las dunas de La Safor, forman parte de un sistema geomorfológico mayor de tipo “isla barrera-lagoon”, conformado por una restinga o cordón litoral, al que pertenecen las dunas como parte del subsistema playa-duna, que cerró una antigua bahía litoral aislándola casi en su totalidad del mar, la albufera de la Marjal de Pegó-Oliva.

La presencia de este LIC en el tramo de costa objeto de estudio se da en el trasdós de las playas de Terranova, Aguas Blancas, Rabdells, y Les Deveses, del término municipal de Oliva. Ver Figura 24.

Los hábitats que han llevado a su catalogación como LIC, con predominancia, como es lógico, de los asociados a los cordones dunares, se presentan en la siguiente tabla:

CÓDIGO	TIPO DE HÁBITAT		
2110	Dunas móviles embrionarias	Dunas marítimas de las costas atlánticas, del mar del Norte y Báltico	Dunas marítimas y continentales
2120	Dunas móviles de litoral con Ammophila arenaria		
2210	Dunas fijas de litoral del Crucianellion maritimae	Dunas marítimas de las costas mediterráneas	
2230	Dunas con céspedes del Malcomietalia		
2260	Dunas con vegetación esclerófila de Cisto-Lavanduletalia		
1210	Vegetación anual sobre desechos marinos acumulados.	Acantilados marítimos y playas de guijarros	Hábitats costeros y vegetación halófila

Tabla 8. Tipos de hábitats presentes en LIC “Dunas de La Safor”.

La evaluación de los hábitats citados se efectúa en función de los siguientes parámetros:

- Ha Cobertura
- Calidad de los datos:
 - G = Buena, basada en fuentes
 - M = Moderada, con un poco de extrapolación de datos
 - P = Estimada
- Representatividad: excelente (A), buena (B), significativa (C), o no significativa (D).
- Superficie relativa: $100\% > S > 15\%$ (A), $15\% > S > 2\%$ (B), o $2\% > S > 0\%$ (C).
- Estado de conservación:
 - Excelente (A): Estructura excelente, con independencia de la categorización de los dos subcriterios restantes. O estructura bien conservada y excelentes perspectivas, con independencia de la categorización del tercer subcriterio.

- Buena (B): Estructura bien conservada y buenas perspectivas, independientemente de la categorización del tercer subcriterio. O estructura bien conservada, perspectivas regulares y quizás desfavorables y restauración fácil o posible con un esfuerzo medio. O estructura mediana o parcialmente degradada, perspectivas excelentes y restauración fácil o posible con un esfuerzo medio. O estructura mediana o parcialmente degradada, perspectivas buenas y restauración fácil.
 - Intermedia o escasa (C): Todas las demás combinaciones.
- Evaluación global: excelente (A), bueno (B), significativo (C).

Y su resultado se presenta a continuación:

CÓDIGO	COBERTURA (ha)	CALIDAD DE DATOS	REPRESNTATIVIDAD	SUPERFICIE RELATIVA	ESTADO DE CONSERVACIÓN	EVALUACIÓN GLOBAL
2110	11.3	G	B	C	C	C
2120	6.2	G	B	C	B	B
2210	7.9	G	A	C	B	B
2230	4.95	G	B	C	B	B
2260	0.8	G	B	C	B	B
1210	0	M	A	C	C	C

Tabla 9. Evaluación del lugar en función de los distintos tipos de hábitats presentes en él.

Se trata de una zona con una gran fragilidad debido a su masivo uso recreativo y a la presión urbanística en su entorno inmediato. En estos sistemas dunares se están introduciendo especies exóticas procedentes de los jardines cercanos que acaban extendiéndose como invasoras; constituyen una grave amenaza para la supervivencia de las especies y comunidades autóctonas.

Las especies de especial protección en el lugar, son:

ESPECIES			POBLACIÓN EN LA ZONA					
G	CÓDIGO	NOMBRE CIENTIFICO	TIPO	TAMAÑO		UNIDAD	ABUNDANCIA	CALIDAD DE LOS DATOS
				MIN	MAX			
B	A138	<i>Charadrius alexandinus</i>	P	0	0		P	
P	1581	<i>Kosteletzkya pentacarpus</i>	p	12	12	i		G

Tabla 10. Especies presentes en las dunas de la Safor.

En este caso la evaluación de las especies en la zona se realiza siguiendo los siguientes parámetros:

- Grupo : G
 - A = Anfibios
 - B = Pájaros
 - F = Peces



- I = Invertebrados
 - M = Mamíferos
 - P = Plantas
 - R = Reptiles
- Tipo: permanente (p), reproduciendo (r), concentrada (c), invernación (w) (Para plantas y especies no migratorias permanentes) .
- Unidad : i = individuales, p = parejas de otras unidades acordes al la lista estandar de las unidades poblacionales y códigos en concordancia al articulo 12 y 17
- Abundancia:
 - C = Común
 - R = Raro
 - V = Muy raro
 - P = Presente
- Calidad de los datos:
 - G = Buena, basada en fuentes
 - M = Moderada, con un poco de extrapolación de datos
 - P = Estimada
 - VP = muy mala. Usar solo si la información de talla no se encontre realizada, en ese caso las casillas de tallas pueden encontrarse vacias pero la categoría de abundancia debe de estar rellena.

Las fotos a continuación muestran distintos tramos de los cordones litorales del T.M. de Oliva.



Figura 25 Sistemas dunares presentes en el borde litoral objeto de estudio incluidos en el LIC "Dunas de La Safor".

5.5.2 Especies protegidas

En consulta del Banco de Datos de la Biodiversidad de la Comunidad Valenciana (en adelante, BDB), para las cuadrículas 1x1 km mostradas en la Figura 26 donde se ubica la zona de actuación de las obras, se obtiene el siguiente listado de especies protegidas de distribución costera (Tabla 11), cuya conservación se considerada prioritaria (*).



Figura 26 Cuadrículas consultadas del Banco de Datos de la Biodiversidad de la GVA.

Especie	Nombre castellano	Nombre valenciano	Estado legal	Taxonomía
<i>Ammochloa palaestina</i>	Ammocloa		Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas: Anexo II. Protegidas no catalogadas Lista roja de Flora Vascular: Vulnerable	Genero:Ammochloa Familia:Poaceae Orden:Poales Clase:Liliopsida Phylum:Magnoliophyta Reino:Plantae
<i>Aphanius iberus</i>	Fartet	Fartet	Catálogo Español de Especies Amenazadas: En peligro de extinción Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas: Anexo I - En peligro de extinción Categoría UICN: En peligro Convenio de Berna: Anexo III Directiva de Hábitats: Anexo II Protocolo sobre biodiversidad y ZEPIM: Anexo II	Genero:Aphanius Familia:Cyprinodontidae Orden:Cyprinodontiformes Clase:Actinopterygii Phylum:Chordata Reino:Animalia

Especie	Nombre castellano	Nombre valenciano	Estado legal	Taxonomía
<i>Charadrius alexandrinus</i>	Chorlitejo patinegro	Corriol camanegre	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas: Anexo I - Vulnerable Categoría UICN: Vulnerable Convenio de Berna: Anexo II Convenio de Bonn: Anexo II Directiva de Aves: Anexo I Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (LESRPE)	Genero:Charadrius Familia:Charadriidae Orden:Charadriiformes Clase:Aves Phylum:Chordata Reino:Animalia
<i>Cobitis paludica</i>	Colmilleja	Raboseta	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas: Anexo II - Protegidas Categoría UICN: Vulnerable Directiva de Hábitats: Anexo II	Genero:Cobitis Familia:Cobitidae Orden:Cypriniformes Clase:Actinopterygii Phylum:Chordata Reino:Animalia
<i>Emys orbicularis</i>	Galápago europeo	Tortuga d'aigua europea	Catálogo Español de Especies Amenazadas: Vulnerable Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas: Anexo I - En peligro de extinción Convenio de Berna: Anexo II Directiva de Hábitats: Anexo II y Anexo IV LESRPE	Genero:Emys Familia:Emydidae Orden:Testudines Clase:Reptilia Phylum:Chordata Reino:Animalia
<i>Himantoglossum robertianum</i>			Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas: Anexo II. Protegidas no catalogadas	Genero:Himantoglossum Familia:Orchidaceae Orden:Orchidales Clase:Liliopsida Phylum:Magnoliophyta Reino:Plantae
<i>Ixobrychus minutus</i>	Avetorillo común	Gomet	Convenio de Berna: Anexo II Directiva de Aves: Anexo I LESRPE	Genero:Ixobrychus Familia:Ardeidae Orden:Ciconiiformes Clase:Aves Phylum:Chordata Reino:Animalia
<i>Juniperus oxycedrus ssp. macrocarpa</i>	Enebro marino		Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas: Anexo II. Protegidas no catalogadas	Especie:oxycedrus Genero:Juniperus Familia:Cupressaceae Orden:Cupressales Clase:Pinopsida Phylum:Pinophyta Reino:Plantae

Especie	Nombre castellano	Nombre valenciano	Estado legal	Taxonomía
<i>Riparia riparia</i>	Avión zapador	Parpalló	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas: Anexo I - Vulnerable Convenio de Berna: Anexo II LESRPE	Genero:Riparia Familia:Hirundinidae Orden:Passeriformes Clase:Aves Phylum:Chordata Reino:Animalia
<i>Salaria fluviatilis</i>	Blenio de río	Bavosa de riu	Catálogo Español de Especies Amenazadas: Vulnerable Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas: Anexo I - Vulnerable Categoria UICN: En peligro Convenio de Berna: Anexo III	Genero:Salaria Familia:Blenniidae Orden:Perciformes Clase:Actinopterygii Phylum:Chordata Reino:Animalia
<i>Utricularia australis</i>	Utricularia (común)		Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas: Anexo Ia. En Peligro de Extinción	Genero:Utricularia Familia:Lentibulariaceae Orden:Lamiales Clase:Rosopsida Phylum:Magnoliophyta Reino:Plantae
<i>Valencia hispanica</i>	Samaruc	Samaruc	Catálogo Español de Especies Amenazadas: En peligro de extinción Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas: Anexo I - En peligro de extinción Categoria UICN: En peligro	Genero:Valencia Familia:Valenciidae Orden:Cyprinodontiformes Clase:Actinopterygii Phylum:Chordata Reino:Animalia

Tabla 11. Especies prioritarias con potencial presencia en el entorno litoral de Oliva. Fuente: BDB de la GVA.

De las cuales, tan sólo las siguientes, son susceptibles de hallarse presentes en el entorno costero de actuación, por ser propias de playas y dunas:

- Ammocloa
- Chorlitejo patinegro
- Enebro marino
- Avión zapador

Cuya descripción se lleva a cabo a continuación.

5.5.2.1 Hierba de la arena (*Ammochloa palaestina*)

Planta herbácea, anual, en años secos de muy pequeño tamaño e inconspicua (apenas visible), con órgano subterráneo formado por un huso de numerosas y muy finas raíces, que profundizan con longitud similar a la parte aérea. Hojas abundantes, que dan aspecto cespitoso, lineares, acanaladas, estriadas, de hasta 4 cm. Inflorescencias más bajas que las hojas, con frecuencia aparentando que parten del suelo, de tipo espiga, comprimida, aplanada, con 11-17 flores, de lemas ovadas, mucronadas (finalizadas en punta corta) y de margen escarioso (casi transparente). Fruto de tipo cariopsis, de hasta aproximadamente 2

mm.



Figura 27 *Ammocloa palaestina*.

Crece en herbazales de plantas anuales, en terrenos abiertos y muy térmicos, sobre sustratos arenosos de arenales costeros, fondos de rambla, etc. Planta sáhara-arábica y del mediterráneo meridional, con localidades dispersas por las provincias de levante y Almería. En la Región de Murcia se conoce puntualmente de la franja litoral, en los municipios de Águilas y Cartagena.

5.5.2.2 *Chorlitejo patinegro (Charadrius alexandrinus)*

Descripción: ave limícola de pequeño tamaño, unos 16 cm de longitud y de 40 a 60 g de peso, y patas negruzcas. Los adultos tienen las partes superiores de color pardo pálido y las partes inferiores blancas. Se caracterizan por mostrar una banda pectoral incompleta y un antifaz de color negro en los machos y pardo en las hembras. Las alas presentan una banda blanca en vuelo. Los inmaduros se parecen a las hembras adultas.



Figura 28 Ejemplar de chorlitejo patinegro (izq.) y puesta de huevos en una playa (dcha.).

Hábitat: nidifica en playas arenosas y en lagunas saladas del interior, en emplazamientos con poca cobertura vegetal. Las densidades más elevadas de nidos se dan sobre suelos arenosos con vegetación arbustiva muy rala y dispersa, así como en playas sin vegetación, pero con abundantes restos depositados por las mareas.

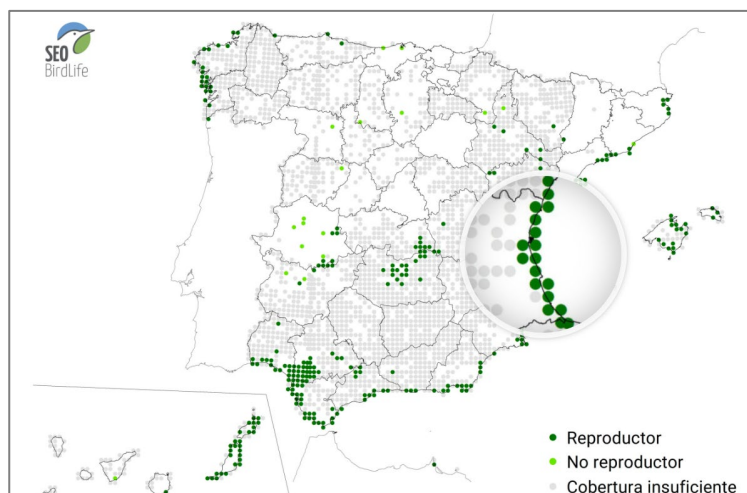


Figura 29 Distribución observada de Chorlitejo patinegro en el III Atlas (2014-2018). Las cuadrículas UTM de 10 x 10 km marcadas como «Reproductor» incluye reproducción posible, probable o segura.

Reproducción: en nuestro territorio, la mayoría de las parejas de chorlitejo patinegro se reproduce entre abril y agosto, generalmente en junio. No es infrecuente que efectúen dos puestas, la primera en abril o comienzos de mayo y la segunda entre finales de mayo y junio. También son habituales las puestas de reposición, dado el nivel de pérdidas que soporta la especie. Puede nidificar en solitario o en agrupaciones más bien dispersas. El nido se ubica en el suelo —frecuentemente en las proximidades del agua y siempre en áreas abiertas o con poca vegetación— y consiste en una depresión poco profunda, delimitada por guijarros, algas o fragmentos de conchas. En estos someros emplazamientos, la hembra deposita habitualmente tres huevos muy crípticos, que serán incubados durante 24-27 días. Los pollos, como sucede con la generalidad de las limícolas, son muy activos nada más nacer y pueden desplazarse y alimentarse por sí mismos, a pesar de lo cual son atendidos por ambos progenitores durante aproximadamente un mes.

5.5.2.3 Enebro marino (*Juniperus oxycedrus ssp. macrocarpa*)

Arbusto postrado o erecto, de hasta 3 (5) m, muy ramoso, dioico; copa amplia. Tronco pardo-grisáceo de corteza fibrosa. Hojas 20-25 x 2-2,5 mm, en verticilos de tres, aciculares, rígidas, atenuadas desde la base hasta el ápice punzante, patentes, con dos franjas estomáticas blancas en el haz. Conos masculinos axilares, de hasta 6 mm, globosos, subsésiles. Conos femeninos axilares, de hasta 3 mm, truncados en el ápice, subsésiles. Gálbulo 12-15 (25) mm, globoso o piriforme, pruinoso de joven y castaño purpúreo al madurar.



Figura 30 Enebro marino. Autor: J.C. Moreno (izq.).

Distribuida por la franja litoral de las regiones mediterránea e irano-turánica. En España aparece en las costas de Cádiz y Huelva; puntualmente en las de Castellón, Alicante, Valencia, Mallorca e Ibiza. Vive en comunidades de matorral sobre dunas litorales más o menos estables, con marcada influencia marina, en el piso termomediterráneo y ombrotipo seco o subhúmedo.

La principal amenaza es la urbanización del litoral, que provoca la destrucción irreversible de las poblaciones y su fragmentación en núcleos muy reducidos. Está protegida en todas las autonomías donde existe, excepto en Baleares. Parte de las poblaciones peninsulares se encuentran en el P. Nacional de Doñana y en parques naturales de Andalucía y Valencia. Se conocen los procesos relacionados con la germinación de las semillas y la instalación y supervivencia de las plántulas¹⁻³. Se han realizado reforzamientos en algunos núcleos poblacionales.²

5.5.2.4 Avión zapador (*Riparia riparia*)

El avión zapador es el menor de nuestros aviones y golondrinas, aunque sólo es ligeramente más pequeño que el resto. Exhibe partes superiores de color pardo mate e inferiores blanquecinas, con límites netos entre ambas. Posee alas largas y apuntadas, que en vuelo destacan por su parte inferior y anterior más oscura. Tiene cola corta levemente ahorquillada, patas cortas sin emplumar, boca muy ancha, y pico corto, plano y negro. Resulta característica la ancha banda transversal de color pardo en el pecho. Ambos sexos son iguales. Los jóvenes, muy similares a los adultos, presentan la cabeza, el cuello y el bajo vientre teñidos de color cremarrojizo, en tanto que las plumas del dorso y la cabeza muestran bordes pálidos.

El avión zapador suele observarse en grupos, tanto en vuelo como posado en taludes y cables, y está más ligado al agua que otros aviones y golondrinas.

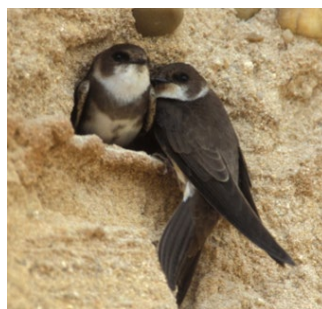


Figura 31 Pareja de aviones zapadores en nido. Fuente: SEO Birdlife.

Para nidificar, el avión zapador requiere de taludes de arena o arcilla, un sustrato inestable que lo obliga a cambiar de lugar casi cada año. Se asienta en las riberas de cursos fluviales anchos y en graveras, que en algunas regiones constituyen prácticamente el único medio utilizado. A veces nidifica en muros de piedra, malecones de puertos y montones artificiales de arena.

Aunque en España resulta más común en riberas de llanura por debajo de los 500 metros de altitud, cría desde el nivel del mar hasta los 1.650 metros.

El periodo de cría del avión zapador se extiende entre marzo-abril y agosto-septiembre. Efectúa dos

² Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España.

puestas anuales. Aunque se trata de un ave monógama, es frecuente la paternidad fuera de la pareja: un tercio de las nidadas y un 15-25% de los pollos. Nidifica en colonias de tamaño variable, con 50-200 nidos como promedio, aunque a veces constan de varios miles. El nido, iniciado por el macho y terminado en unos cinco días por ambos miembros de la pareja, consiste en un túnel de 50-100 centímetros, acabado en una cámara de cría. Suele construir nidos nuevos cada año, habitualmente en el tercio superior del talud y muy próximos entre sí. Pone cuatro o cinco huevos, de color blanco, que incuban ambos sexos durante unos 14 días. Los pollos, cebados con mucha frecuencia, asoman a la boca del nido con 15 días de edad y vuelan con unos 19-22 días.

6 EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA (ELC)

6.1 ACTUACIONES EN LA COSTA

Las actuaciones en el litoral de Oliva tuvieron su inicio en la década de los 80 con la construcción del puerto de Oliva. En esta misma década, y para paliar las previsibles erosiones que se produciría aguas abajo del mismo, se ejecuta un dique exento de baja cota de coronación de 85-90 m.

El calado teórico en la bocana está dragado a 2,5 m, son frecuentes los movimientos de arena por el río que desemboca en la cabecera del puerto.

Las actuaciones costeras en este tramo de costa se han limitado fundamentalmente a movimientos de arena de poca cuantía (3.000 m³) procedentes del dragado de la bocana del puerto de Oliva, que desde el año 2000 hasta la actualidad, se han llevado a cabo anualmente. El material fue vertido en todos los casos a 1.5 km al sur del puerto.

La mayor aportación a este frente se realizó en el año 1993 con motivo de las obras de acondicionamiento de la playa de L'Aigües Blanques y ascendió a un total de 64.171 m³. En esta misma playa se aportaron 44.000 m³ de arena para la regeneración de su cordón dunar. Con posterioridad, en el año 2002, se llevó a cabo la rehabilitación y recuperación ambiental de la fachada litoral de esta playa mediante el vertido de 12.000 m³ de arena.

Otra actuación destacada fue la llevada a cabo en el año 2008, el dragado de 20.000 m³ de la bocana y dársena del puerto y el vertido del material extraído a 1,5 km al sur.

HISTÓRICO DE ACTUACIONES AL SUR DEL PUERTO DE OLIVA (VALENCIA)							
AÑO	EXP	EXPEDIENTE	PRESTAMO	VERTIDO	TIPO	VOLUMEN	
1986		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
1989		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	5000	m3
1992		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	5000	m3
1993	V-105	Regeneración de dunas en Aigües Blanques.Oliva	Oliva	Oliva.Aigües Blanques	arena	44033	m3
1993	V-126	Acondicionamiento de un tramo de la playa de Oliva	Oliva.Gola El Vedat	Oliva.Aigües Blanques	arena	64171	m3
1994	V-141	Demolición Venturi y acondicionamiento desembocadura rio Vedat	Oliva.Gola El Vedat	Oliva.Gola El Vedat	arena	1153	m3
1996	V-172	Recuperación ambiental partida Aigües Blanques.Oliva	Desmorte traza paseo.	Oliva.Aigües Blanques	arena	8095	m3
2000		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
2001	V-197	Adecuación de la fachada en la partida Aigües Blanques.Oliva	Desmorte traza paseo.	Regeneracion dunas.Aigües Blanques	arena	280	m3
2001		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
2002	V-246	Rehabilitación y recuperación ambiental de la fachada en la partida Aigües Blanques.Oliva		Regeneracion dunas.Aigües Blanques	arena	12000	m3
2002		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
2003		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
2004		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
2005		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
2006		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
2007		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
2008		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	20000	m3
2009		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
2010		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
2011		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3
2012		Dragado puerto Oliva	Puerto de Oliva	1500 ml.al sur del puerto	arena	3000	m3

*Tabla 12. Histórico de actuaciones de movimientos de arena en el T.M. de Oliva (al sur del puerto).
Fuente: Demarcación de Costas de Valencia.*

6.2 ESTUDIO CUANTITATIVO DE ELC

6.2.1 Puerto de Oliva – Desembocadura Río Racons

6.2.1.1 Material y métodos

La obtención de líneas de costa mediante su restitución a partir de fotografías aéreas y su posterior comparación permite el conocimiento indirecto de las variaciones en la posición de la costa a través de

escalas temporales largas (periodo entre 1956 y 2009) y amplias zonas, resultando útil para estimar tendencias generales de evolución.

Las series de fotografías aéreas de las que parte este estudio, proporcionadas por la *Demarcación de Costas de Valencia* para su realización, pertenecen a los vuelos litorales de los años 1956 (en blanco y negro y con una escala de 1:330.00), 1981 (ya en color y con escala 1:12.000), 1986 (escala 1:12.000), 1990 (escala 1:12.000), 1992, 1994, 1996, 1998, 2006, 2007, y 2009. Todas ellas digitalizadas, pero tan sólo georeferenciadas las pertenecientes a los años 2006, 2007 y 2009. El sistema de coordenadas al que están referidas es el UTM y la proyección ED50 en el Huso 30. El resto de fotografías, correspondientes a vuelos anteriores, se han posicionado en el citado sistema de coordenadas corrigiendo, en la medida de lo posible, las posibles variaciones debidas a la inclinación del avión en el momento de tomar la imagen y la distorsión debida a la proyección cónica sobre una superficie plana, adoptando para ello referencias fijas de coordenadas conocidas, cuya ubicación y dimensiones no ha variado en el periodo de tiempo considerado, comparando el primer vuelo y el último, y en atención a éstas se han posicionado las fotografías para, finalmente, restituir las líneas de orilla identificando el contacto entre la tierra y el mar.

Se dispone, además, de las líneas de orilla restituidas por el CEDEX, correspondientes a los vuelos de 1956, 1965, 1972, 1977 1981, 1994 y 2000, proporcionadas por la *Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient de la Generalitat Valenciana*. La comparativa de éstas y de fotografías oblicuas de los mismos años pone de manifiesto desajustes en la línea del años 1981 y anteriores.

Como información más reciente se cuenta con la posición de la línea de agua resultado de la campaña topobatrímica finalizada en septiembre de 2012 para el *Servicio Provincial de costas de Valencia*.

Años	Línea restituida por el CEDEX	ORTOFOTOS
1956	SI	SI
1965	SI	NO
1972	SI	SI
1977	SI	NO
1981	SI	SI
1986	NO	SI
1990	NO	SI
1992	NO	SI
1994	SI	SI
1996	NO	SI
1998	NO	SI
2000	SI	NO
2006	NO	SI
2007	NO	SI
2009	NO	SI
2012	SI	NO

Tabla 13. Información disponible para el estudio de evolución de la línea de costa del presente estudio.

Para cuantificar los avances y retrocesos experimentados por la costa, se han comparado paulatinamente las líneas correspondientes a épocas sucesivas, dando como resultado los siguientes periodos simples de análisis:

1956-1965, 1965-1972, 1972-1977, 1977-1981, 1981-1986, 1986-1990, 1990-1992, 1992-1994, 1994-1996, 1996-1998, 1998-2006, 2006-2007, 2007-2009 y 2009-2012.

Para la determinación de las variaciones de superficie en cada uno de los periodos establecidos se ha discretizado la costa en transectos de 300 m, perpendiculares a la orilla, con lo que resulta un total de 18 subtramos.

Límite Norte	Límite Sur	Nº de Transectos	Longitud media (m)
Puerto de Oliva	Desemboadura del río Vedat	T1-T10	3.000
Desemboadura del río Vedat	Desembocadura río Racons	T11-T18	2.100

Tabla 14. Principales límites y división preliminar de los subtramos de estudio.

La agrupación de subtramos que presentan la misma tendencia evolutiva y la relación del avance o retroceso de la costa con las actuaciones costeras llevadas a cabo permitirán analizar los resultados y elaborar una zonificación final sobre la que efectuar un diagnóstico de la génesis de los fenómenos erosivos y de los motivos que la han llevado a la situación actual, que puede no coincidir con la establecida en la fase previa a la obtención de resultados.

Los valores numéricos de la medición de variaciones de superficie se muestran inicialmente para cada uno de los transectos (cada 300 m de costa) en tablas que corresponden con los subtramos en los que se ha dividido el borde litoral de estudio y en cada uno de los periodos de análisis. La posición de los citados transectos se muestra en la Figura 32.

A la hora de analizar los resultados, cabe tener en cuenta que el método presenta ciertas limitaciones, a pesar de que se aporte mucha información acerca de los procesos históricos y variaciones de la cosa en el frente costero de estudio. Dichas limitaciones son:

- La posible distorsión de las fotografías según la escala y la calidad de la fotografía original, puede dar lugar a errores de precisión a la hora de digitalizar las líneas de orilla.
- La dificultad para establecer con seguridad la posición de la orilla en zonas con marea. Esta oscilación de la línea de orilla consecuencia de la marea se acota, para el tramo en estudio, en un máximo ± 5 m, dada una carrera de marea astronómica de 0.5 m y una pendiente de playa asumida constante de 1/20.
- La posición de la orilla puede verse afectada por factores estacionales y/o meteorológicos, que pueden producir variaciones significativas en la posición de la orilla, en función del momento de toma de las fotografías.
- Errores de restitución como consecuencia ya que a pesar de tratarse de vuelos verticales, las fotografías aéreas pueden presentar cierta oblicuidad.



Figura 32 Transectos para el análisis de la evolución cuantitativa de la línea de costa.

6.2.1.2 Resultados

En este apartado se procede al estudio de la evolución temporal de las variaciones de las superficies en términos de acreciones (valores positivos) y erosiones (valores negativos), en los periodos simples considerados y para la división zonal inicial establecida en la Tabla 14.

Los resultados de mediciones de variaciones de superficie se transforman finalmente en valores anuales unitarios por metro lineal de costa, considerando la longitud de cada tramo.

PUERTO DE OLIVA - DESEMBOLCADURA DEL RÍO VEDAT

Años	Puerto de Oliva- Desembocadura del río Vedat						
	Superficie (m ²)	Periodos de medición	Tiempo transcurrido (años)	ΔS (m ²)	Longitud subtramo(m)	Balance en periodo erosión/acreción (m)	Balance anual erosión/acreción (m/año)
1956	4936301	----	0	0	3000	0	0
1965	4947935	1956-1965	9	11634	3000	4	0
1972	4952840	1965-1972	7	4905	3000	2	0
1977	5009918	1972-1977	5	57078	3000	19	4
1981	4996467	1977-1981	4	-13451	3000	-4	-1
1986	4964503	1981-1986	5	-31964	3000	-11	-2
1990	4987521	1986-1990	4	23018	3000	8	2
1992	4994111	1990-1992	2	6590	3000	2	1
1994	5011723	1992-1994	2	17612	3000	6	3
1996	5007467	1994-1996	2	-4256	3000	-1	-1
1998	5024868	1996-1998	2	17401	3000	6	3
2000	5050252	1998-2000	2	25384	3000	8	4
2006	4973154	2000-2006	6	-77098	3000	-26	-4
2007	4978568	2006-2007	1	5414	3000	2	2
2009	5000384	2007-2009	2	21816	3000	7	4
2012	5020339	2009-2012	3	19955	3000	7	2

Tabla 15. Tabla resumen de resultados de la medición de la variación temporal en la posición de la orilla entre el Puerto de Oliva y la desembocadura del río Vedat

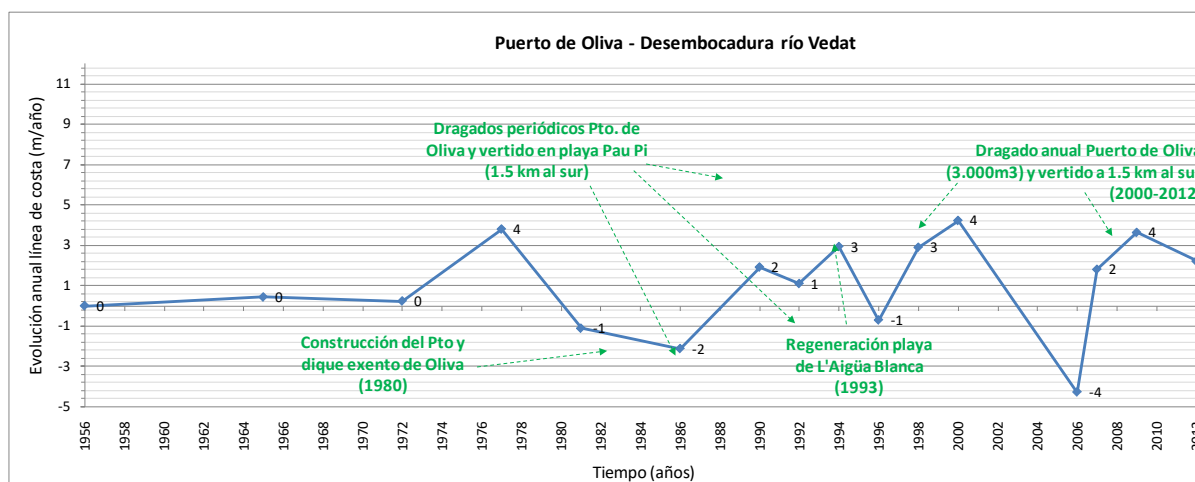


Figura 33 Variación anual por metro lineal de costa en el periodo de estudio (1956-2012). Puerto de Oliva-Río Vedat

DESEMBOCADURA DEL RÍO VEDAT – DESEMBOCADURA RÍO RACONS

Años	Desembocadura del río Vedat - Desembocadura río Racons						
	Superficie (m ²)	Periodos de medición	Tiempo transcurrido (años)	ΔS (m ²)	Longitud subtramo(m)	Balance en periodo erosión/acreción (m)	Balance anual erosión/acreción (m/año)
1956	7019293	----	0	0	2100	0	0
1965	7042969	1956-1965	9	23676	2100	11	1
1972	7066629	1965-1972	7	23660	2100	11	2
1977	7064520	1972-1977	5	-2109	2100	-1	0
1981	7083707	1977-1981	4	19187	2100	9	2
1986	7069899	1981-1986	5	-13808	2100	-7	-1
1990	7075862	1986-1990	4	5963	2100	3	1
1992	7072647	1990-1992	2	-3215	2100	-2	-1
1994	7050627	1992-1994	2	-22020	2100	-10	-5
1996	7061688	1994-1996	2	11061	2100	5	3
1998	7083421	1996-1998	2	21733	2100	10	5
2000	7090633	1998-2000	2	7212	2100	3	2
2006	7054976	2000-2006	6	-35657	2100	-17	-3
2007	7055579	2006-2007	1	603	2100	0	0
2009	7063509	2007-2009	2	7930	2100	4	2
2012	7069634	2009-2012	3	6125	2100	3	1

Tabla 16. Tabla resumen de resultados de la medición de la variación temporal en la posición de la orilla entre las desembocaduras de los ríos Vedat y Racons

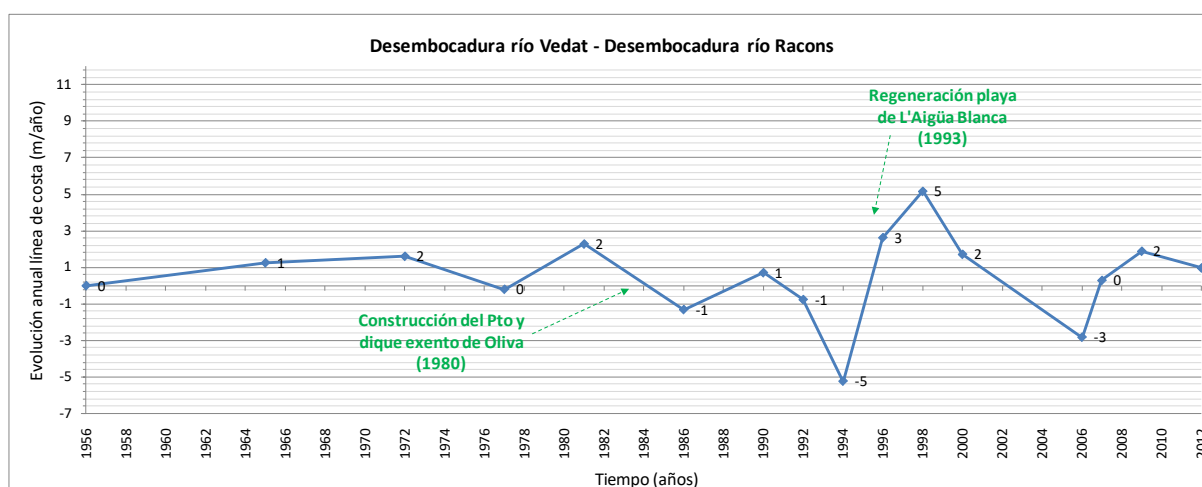


Figura 34 Variación anual por metro lineal de costa en el periodo de estudio (1956-2012). Río Vedat-Río Racons

6.2.1.3 Conclusiones

La costa de Oliva se mantuvo históricamente en una situación de estabilidad-acreción hasta la construcción del puerto de Oliva en el año 1980-1981. A partir de este año comenzó un proceso erosivo al sur que se propagó aguas abajo hasta las proximidades de la desembocadura del río Racons y que perduró hasta el año 1986. Desde este momento, los dragados periódicos de la boca del puerto y su incorporación al sur, unida a la regeneración y restauración dunar de la playa de L'Aigüa Blanca han mantenido la costa en una situación favorable hasta la actualidad.

Períodos	ΔS (m ² /año.ml)	
	Pto Oliva - Rio Vedat	Rio Vedat - Rio Racons
1956 - 1972	0.3	1.2
1972 - 1981	1.6	0.8
1956 - 1981	1	1
1981 - 1996	0	0.3
1996 - 2006	3	2.1
2006 - 2012	2.6	0.9

Tabla 17. Tasas de erosión y acreción por metro lineal de costa (m²/año.ml) en el periodo de estudio

Las tasas obtenidas en la costa de Oliva constatan la tendencia acumulativa de este frente costero desde los periodos más antiguos hasta la actualidad. Esta tendencia sólo se vio invertida en los primeros años tras la construcción del Puerto de Oliva (principios de la década de los 80) o como consecuencia de grandes episodios de temporal como el del noviembre de 2001. Hoy en día la costa sigue manifestándose como estable con tendencia a la acumulación.

6.2.2 Acequia de Piles – Puerto de Oliva

6.2.2.1 Material y métodos

Con objeto de completar el estudio anterior con la evolución experimentada por la costa en el tramo litoral desde el límite entre los Términos Municipales de Oliva y Denia, situado a la altura de la Acequia de Piles, hasta el Puerto de Oliva, se ha procedido a la nueva recopilación de fotografías aéreas disponibles en este tramo, la restitución de sus líneas de orilla y al análisis comparativo de las mismas en épocas sucesivas.

Las fuentes de información consultadas para la recopilación de las fotografías aéreas son el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) del Instituto Geográfico Nacional y el Visor del Instituto Cartográfico Valenciano (GVA).

Las fotografías de partida tomadas para el estudio, son:

Año	Nombre	Fuente
1956	Vuelo Americano	Visor Cartográfico CVA
1977	Vuelo Interministerial 1973-1986	CNIG (IGN)
1985	Vuelo Nacional 1980-1986	CNIG (IGN)
1997	OLISTAT	CNIG (IGN)
2000	Ortofoto de 2000 del este de la provincia de Valencia	Instituto Cartográfico GVA
2008	Ortofoto de 2008 PNOA de la provincia de Valencia	Instituto Cartográfico GVA
2017	Ortofoto de 2017 de la Comunidad Valenciana	Instituto Cartográfico GVA
2022	Ortofoto de 2022 de la Comunidad Valenciana	Instituto Cartográfico GVA

Tabla 18. Fotografías aéreas y su origen consideradas en el presente estudio de ELC.

Para la determinación de las variaciones de superficie en cada uno de los periodos establecidos se ha discretizado la costa norte de Oliva, de unos 1700 m de longitud, en transectos de 300 m, perpendiculares a la orilla, con lo que resulta un total de 6 subtramos, numerados de norte a sur (NW a SE). Ver Figura 35.

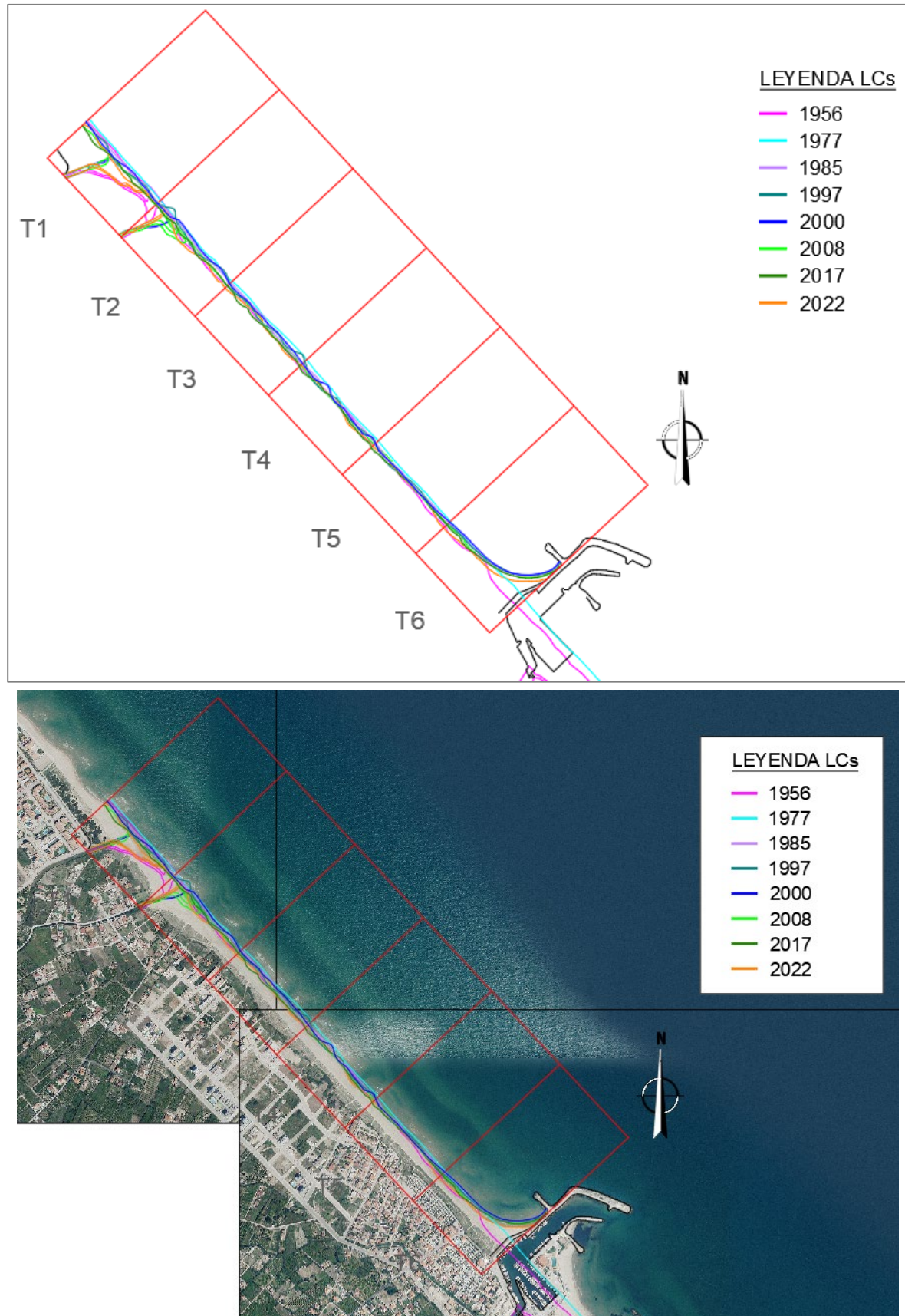


Figura 35 Transectos para el análisis de la evolución cuantitativa de la costa norte de Oliva y LC restituidas. En la imagen inferior éstos se presentan sobre fotografía aérea de 2022.

6.2.2.2 Resultados

La tabla y gráfica a continuación recogen las superficies medidas para los distintos años estudiados por cada subtramo, así como para el global del tramo.

Tramos	Superficies por año y tramo considerados (m ²)							
	1956	1977	1985	1997	2000	2008	2017	2022
T1	44,724	46,226	43,106	42,012	42,301	40,174	38,951	39,491
T2	37,883	43,342	41,636	41,457	42,173	39,009	38,326	36,565
T3	37,062	43,228	39,691	39,380	40,198	37,982	35,965	36,393
T4	36,596	41,400	38,360	37,107	37,970	36,074	35,280	35,997
T5	34,284	39,884	37,146	36,050	36,592	36,021	35,012	34,924
T6	32,750	39,689	40,860	40,735	42,120	39,595	38,282	35,063
Total	223,298	253,769	240,799	236,741	241,355	228,856	221,816	218,434

Tabla 19. Superficies medidas por año y tramo considerados.

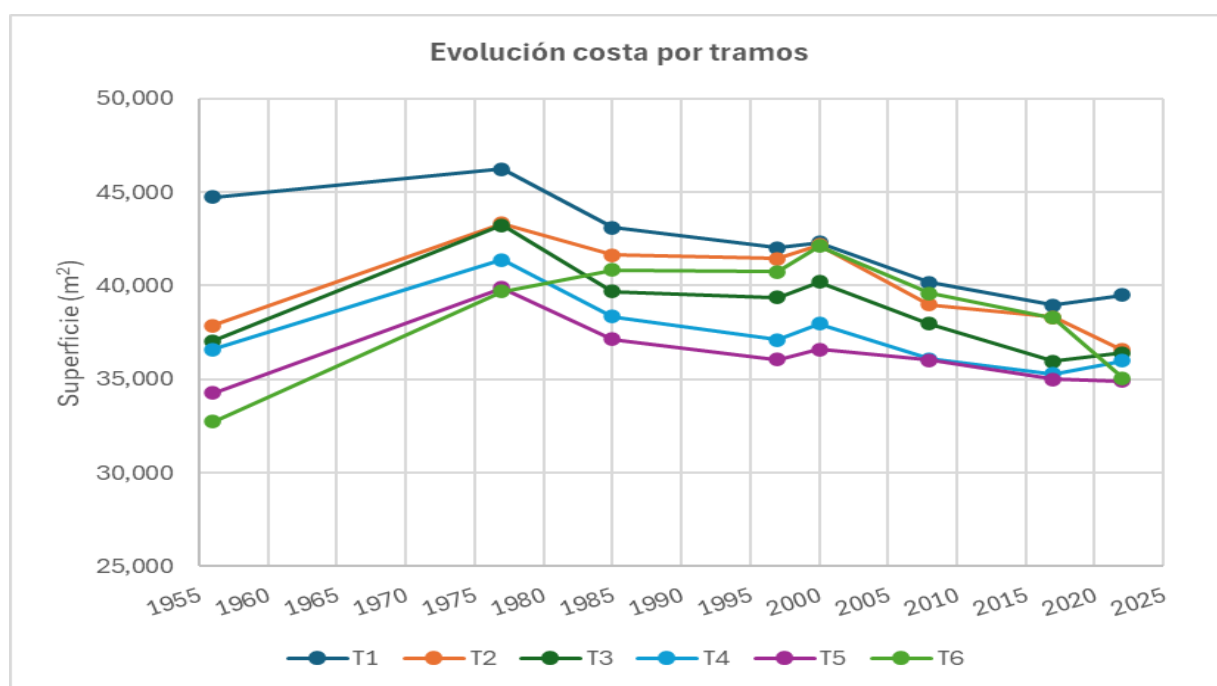


Figura 36 Evolución de las superficies medidas por tramo.

Restando las superficies medidas de periodos sucesivos se obtiene la variación experimentada por la línea de costa en términos de superficies de acreción (en verde) y erosión (en rojo), para cada tramo.

Tramos	Variación superficies (m ²)							
	1956-1977	1977-1985	1985-1997	1997-2000	2000-2008	2008-2017	2017-2022	1956-2022
T1	1,502	-3,120	-1,094	289	-2,127	-1,224	540	-5,233
T2	5,459	-1,706	-179	716	-3,165	-683	-1,761	-1,318
T3	6,166	-3,537	-311	818	-2,215	-2,018	428	-669
T4	4,804	-3,039	-1,253	863	-1,896	-794	717	-598
T5	5,600	-2,738	-1,096	542	-571	-1,009	-88	640
T6	6,940	1,171	-125	1,386	-2,525	-1,313	-3,219	2,314

Tramos	Variación superficies (m ²)							
	1956-1977	1977-1985	1985-1997	1997-2000	2000-2008	2008-2017	2017-2022	1956-2022
Total	30,471	-12,970	-4,059	4,614	-12,499	-7,040	-3,382	-4,864

Tabla 20. Variación de la línea de costa en términos de superficies de acreción y erosión.

Finalmente, para un análisis adimensional de los fenómenos acaecidos, se han independizado las variaciones de superficie de playa, obtenidas para los distintos periodos comparados, del tiempo transcurrido entre mediciones, y expresado los resultados en términos de avances y/o retrocesos por metro lineal de costa, obteniéndose las tasas de cambio de cada tramo y periodo estudiados.

Periodos	Tiempo transcurrido (años)	Tasas de Variación de la LC (m ² /año/ml)						Global
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	
1956-1977	21	0.24	0.87	0.98	0.76	0.89	1.10	0.81
1977-1985	8	-1.30	-0.71	-1.47	-1.27	-1.14	0.49	-0.90
1985-1997	12	-0.30	-0.05	-0.09	-0.35	-0.30	-0.03	-0.19
1997-2000	3	0.32	0.80	0.91	0.96	0.60	1.54	0.85
2000-2008	8	-0.89	-1.32	-0.92	-0.79	-0.24	-1.05	-0.87
2008-2017	9	-0.45	-0.25	-0.75	-0.29	-0.37	-0.49	-0.43
2017-2022	5	0.36	-1.17	0.29	0.48	-0.06	-2.15	-0.38
1956-2022	66	-0.26	-0.07	-0.03	-0.03	0.03	0.12	-0.04

Tabla 21. Tasas de variación de la línea de costa a lo largo del tiempo y del tramo analizado.

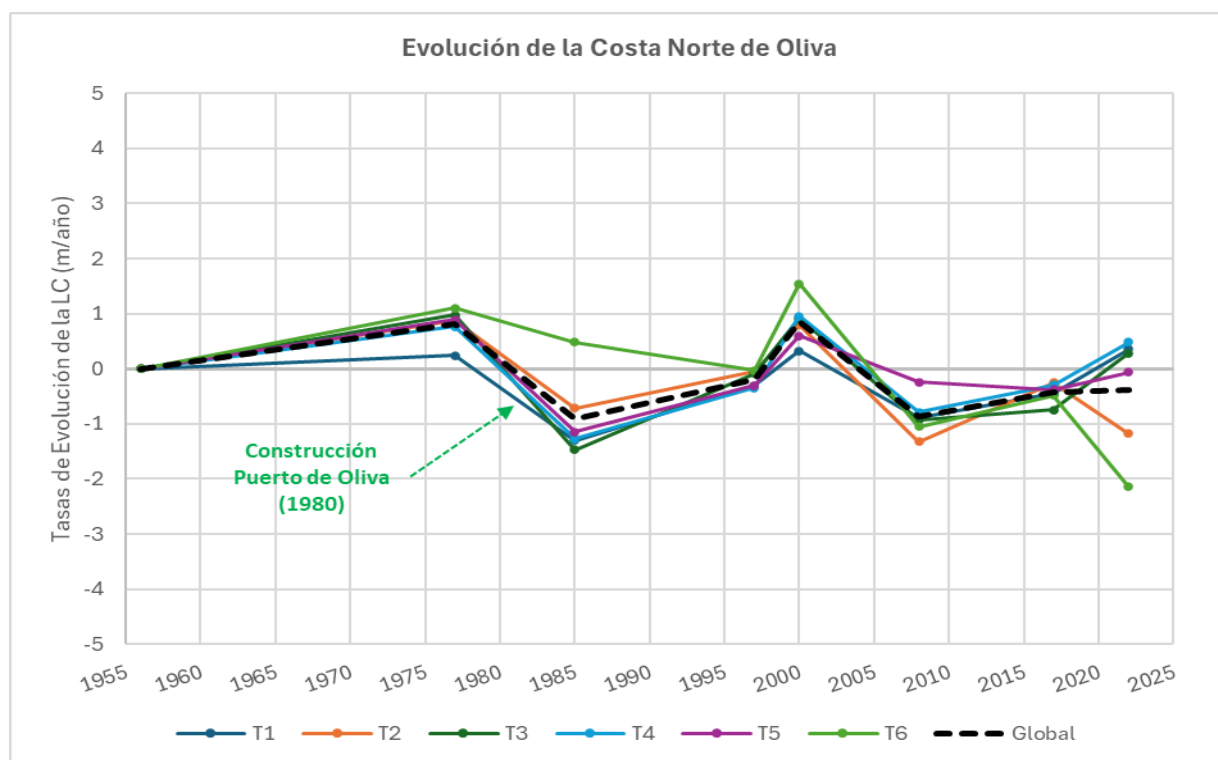


Figura 37 Evolución temporal de las tasas de avance y retroceso de la línea de costa en el litoral norte de Oliva.

6.2.2.3 Conclusiones

La construcción del Puerto de Oliva en 1980 supuso en un primer momento la erosión, casi generalizada de este borde litoral, a excepción del tramo inmediatamente al norte del mismo que a causa de la barrera interpuesta y del basculamiento de la playa por la difracción del oleaje en el tacón del dique de abrigo, experimentó una acreción. Esta erosión parece estabilizarse en los años siguientes, y a finales de los 90 se invierte la tendencia, produciéndose un aumento global de la superficie de playa a lo largo de todo el tramo. Tras este periodo, la costa vuelve a erosionarse, especialmente en la primera década de los 2000 (2000-2008), tendiendo a estabilizarse posteriormente y hasta la actualidad, salvo para los tramos 2 y 6 en que han continuado las erosiones. Éstas son más visibles en el sector de playa apoyada junto al dique de abrigo en que la orilla alcanzaba el tacón del contradique en el año 2000 y en fotografías sucesivas se ve como la playa ha ido desapareciendo en esta zona, hasta la actualidad en que la orilla se sitúa a la altura del arranque del escollerao del dique.

De forma global y en términos netos, desde el año 1956 hasta la actualidad se ha producido una erosión de la costa estimada en unos 4.865 m² de playa, que por metro lineal supone un retroceso global de la orilla de 2,7 m.

Todas las tasas de variación de la línea de costa obtenidas en los distintos periodos para el tramo litoral norte de Oliva, oscilan dentro de los $\pm 2,5$ m de avance/retroceso anual de ésta, con una tasa promedio general de -0,2 m/año. Teniendo en cuenta que las playas son elementos dinámicos que experimentan cambios intra-anales (estados morfodinámicos como los perfiles de invierno-verano) y que el nivel del mar es cambiante (mareas astronómica y meteorológica), la magnitud de estas tasas reflejan el comportamiento de una playa estable en equilibrio dinámico.

7 CLIMA MARÍTIMO Y PROPAGACIÓN DEL OLAJE

7.1 OLAJE EN AGUAS PROFUNDAS

7.1.1 Fuentes de datos y su calibración

Partiendo de las fuentes de datos disponibles (véase Figura 38), pertenecientes a la Base de Datos Oceanográficos del Ente Público Puertos del Estado, se escogen las series de oleaje SIMAR-44 (1958-2001) y WANA (1996-2012) del nodo 2049031 (de coordenadas 38,88° N y 0,13° E), por su representatividad (cubriendo un largo periodo de registro, de 1958 a 2011, 54 años de datos), continuidad (sin saltos significativos en las series) y cadencia horaria.



Figura 38 Localización de las distintas fuentes del Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado

Para la fusión de las series, de modo que se obtenga una serie global de oleaje en aguas profundas desde 1958 hasta 2012 (mostrada en la Figura 40), se llevó a cabo un proceso de calibración del WANA con respecto al SIMAR en el periodo conjunto de ambas series a través de ajuste probabilístico con gráficos cuantil-cuantil (QQ-plots), discretizando los datos por sectores direccionales e intensidades del oleaje.

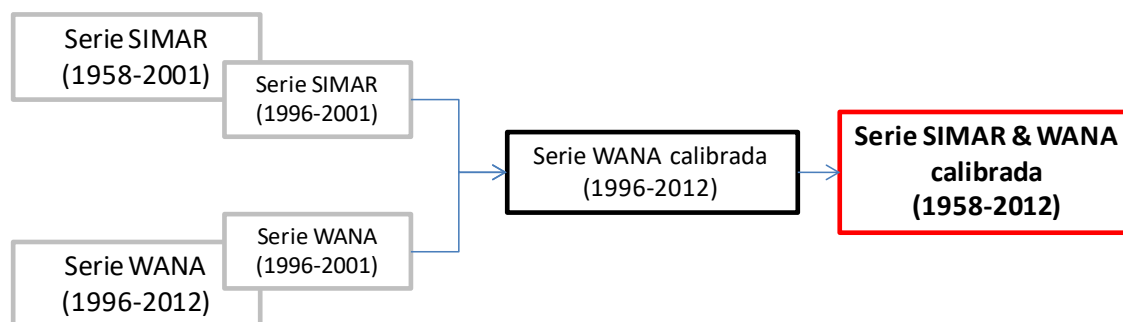


Figura 39 Proceso de calibración de los datos simulados SIMAR y WANA

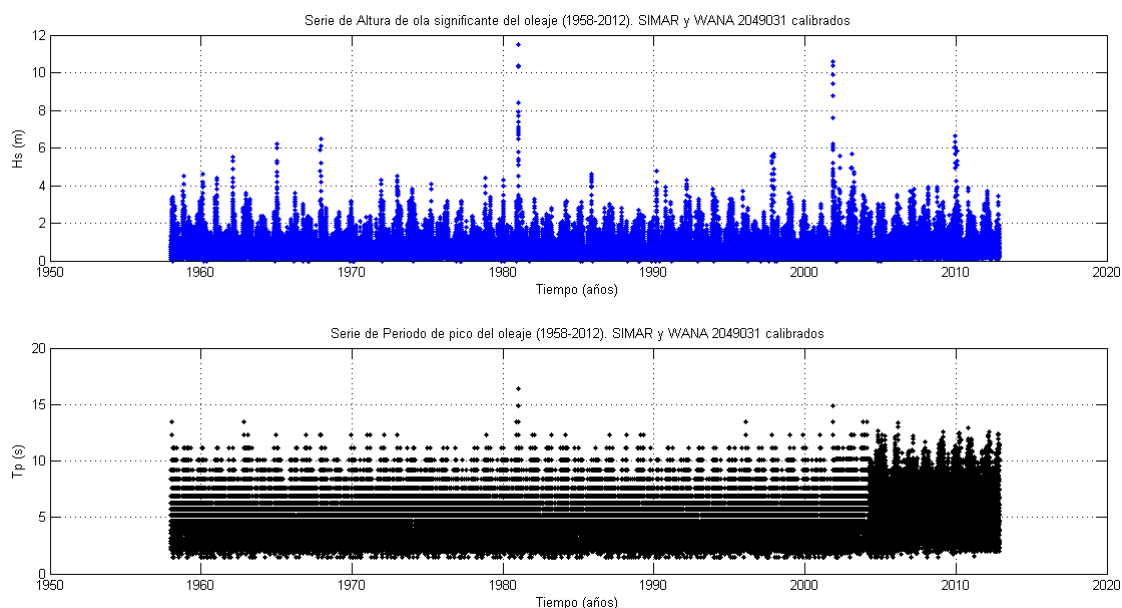


Figura 40 Series de Hs y Tp de SIMAR y WANA calibradas y unificadas en aguas profundas (1958-2012).

La correcta utilización de la serie generada requiere su validación con datos reales procedentes de registros instrumentales. Para ello, en los apartados siguientes se contrastarán los regímenes medio y extremal obtenidos, con los que proporciona la Boya Valencia 1617, cercana a los nodos SIMAR y WANA 2049031.

7.1.2 Distribución sectorial del oleaje

7.1.2.1 Altura de ola

El análisis de la distribución sectorial del oleaje permite determinar las direcciones significativas de los oleajes que afectan al tramo litoral objeto de estudio.

La Figura 41 representa la rosa exterior de oleaje de los datos SIMAR y WANA calibrados en el nodo 2049031, correspondiente al periodo 1958-2012, así como la información correspondiente a los estadísticos básicos de la variable altura de ola significativa de este registro de datos, con la probabilidad de ocurrencia asociada a cada una de las direcciones de procedencia del oleaje.

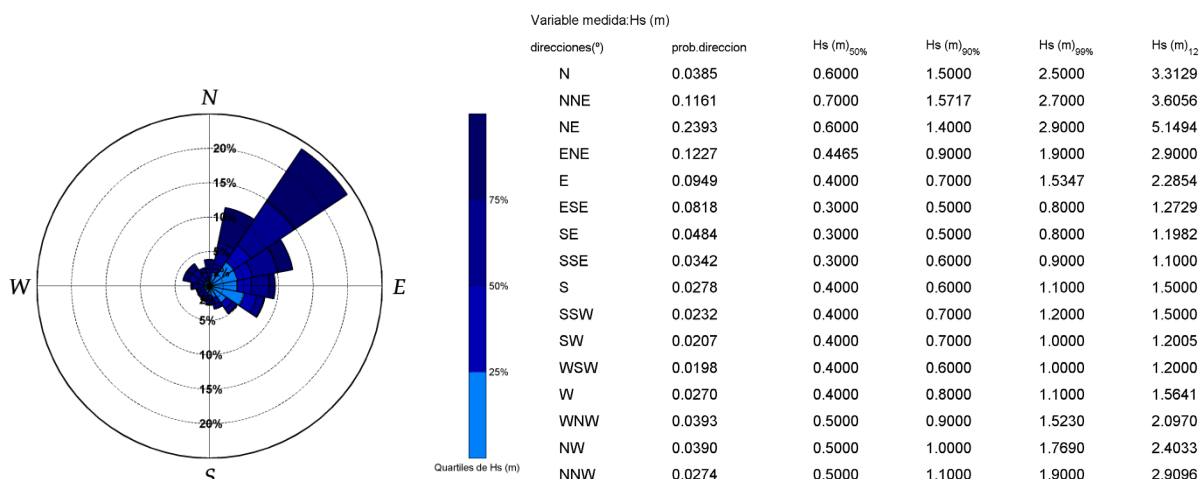


Figura 41 Rosa de oleaje y estadísticos básicos de Hs de la serie SIMAR y WANA calibrada correspondiente al nodo 2049031 (1958-2012).

Para disponer de un análisis direccional completo, por la configuración de la costa y el fetch de los oleajes, se han considerado como direcciones de oleaje que pueden afectar al área de estudio las provenientes del abanico NNE-ESE. Esto es, las direcciones: NNE, NE, ENE, E, y ESE.

El oleaje reinante en el área de estudio es el NE, y éste, junto con los oleajes procedentes del NNE, los de mayor intensidad o dominantes.

Como se puede observar en la rosa, la mayoría de los oleajes se agrupan en torno a la dirección de levante. En concreto, los sectores que abarcan las direcciones NNE a ESE reúnen el 65.5% del registro total de la serie.

Para la variable direccional altura de ola significativa, Hs, se han obtenido, además, otros descriptores básicos como el histograma y la función de distribución empírica, extrayéndose de esta última que la mitad del tiempo los oleajes en aguas profundas del litoral objeto de estudio presentan alturas de ola entorno 0,45 m.

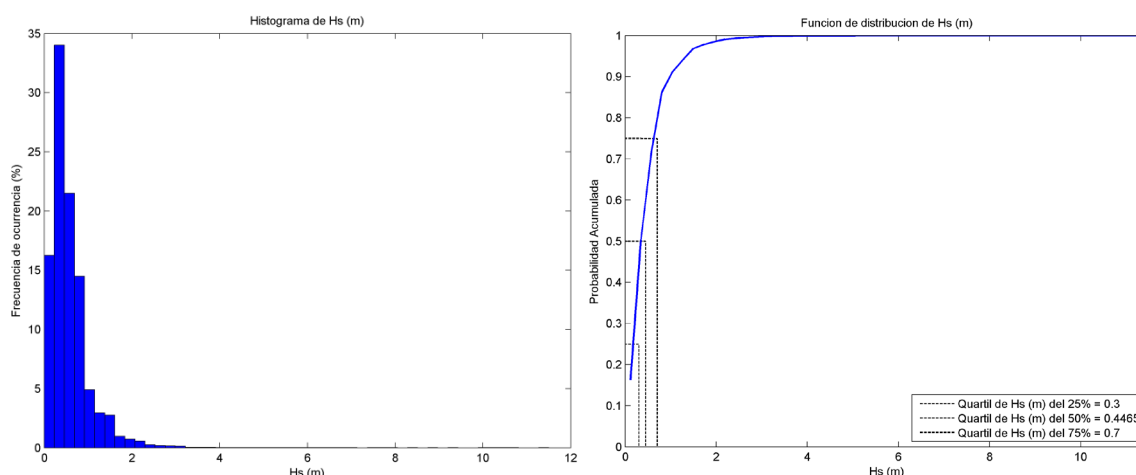


Figura 42 Histograma y función de distribución de la variable Hs de la serie SIMAR y WANA 2049031 calibrada (1958-2012).

7.1.2.2 Periodo

Análogamente se representa la distribución sectorial del periodo pico del oleaje por direcciones, así como sus estadísticos básicos.

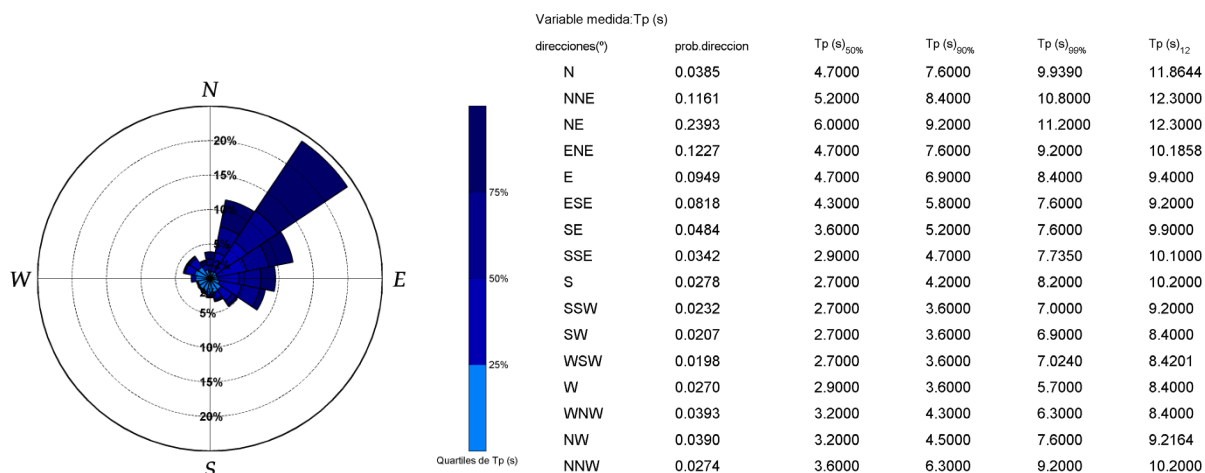


Figura 43 Rosa del periodo de pico del oleaje y estadísticos básicos de la variable Tp de la serie SIMAR y WANA 2049031 calibrada (1958-2012).

Asimismo se representa el histograma de periodo de pico y su función de distribución empírica (Figura 44).

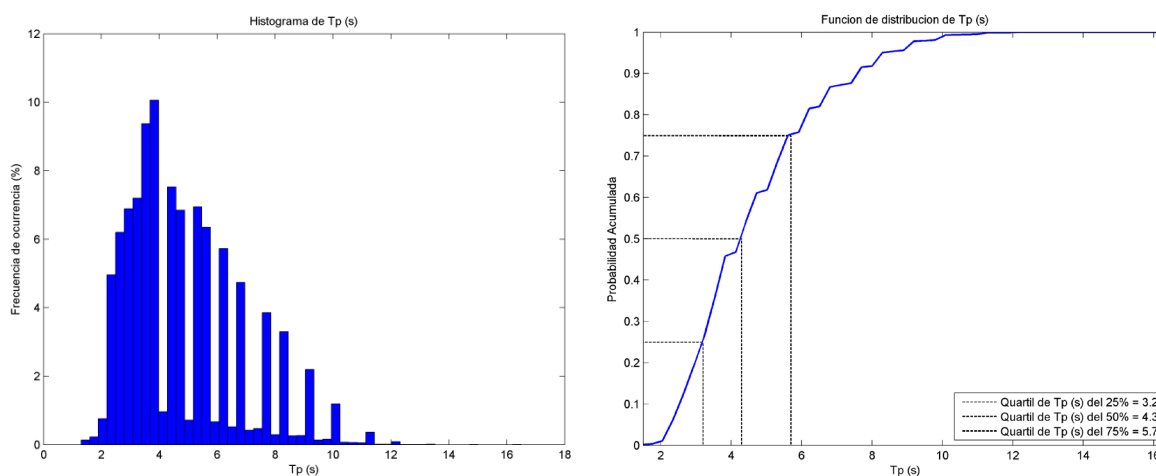


Figura 44 Histograma y función de distribución de Tp

7.1.3 Régimen Medio Escalar

El objetivo principal de este análisis es reproducir las condiciones más frecuentes o reinantes del oleaje, para lo cual se ha analizado estadísticamente el conjunto de datos SIMAR & WANA calibrado en el nodo 2049031, a través del programa CAROL v1.0, del Grupo de Ingeniería Oceanográfica y Costas de la Universidad de Cantabria (hoy en día "IH Cantabria").

Como resultado se obtiene la altura de ola significativa de la serie de oleaje del área de estudio, la cual se distribuye siguiendo una distribución Log - Normal medio (Figura 45)

$$y = F(x) = \phi\left(\frac{\log(x) - \mu^*}{\sigma^*}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^*} \int_{-\infty}^x \frac{1}{x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(x) - \mu^*}{\sigma^*}\right)^2\right] dx; -\infty < x < \infty$$

Siendo

$\Phi(z)$ es la distribución de la variable z normal estándar $N(0,1)$

μ^* es la media de la distribución normal original (parámetro de localización)

σ^* es la desviación típica de la distribución normal original (parámetro de escala)

El ajuste de la variable H_s mediante la función de distribución estadística log-normal se considera adecuado, con un índice de correlación $R^2=99,69\%$.

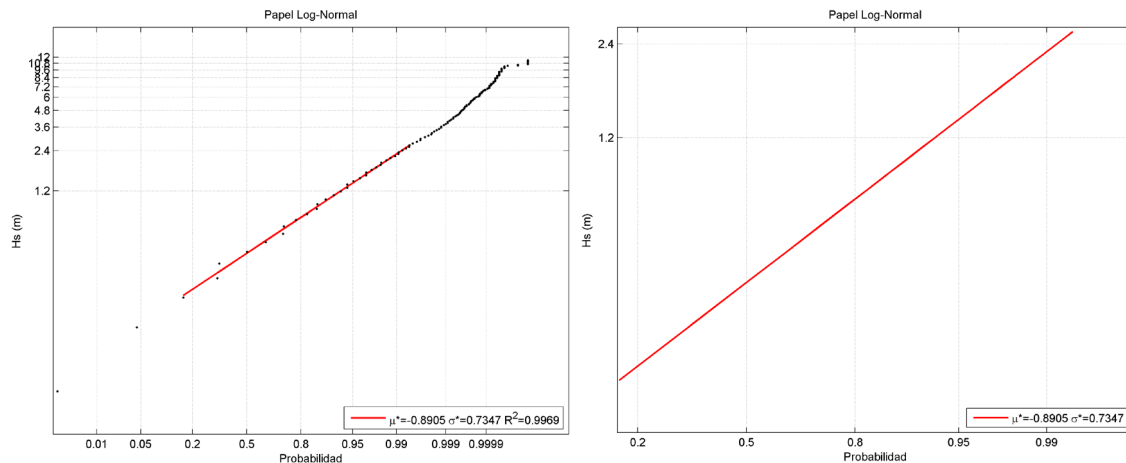


Figura 45 Régimen Medio de altura de ola significativa (H_s). Ajuste mediante función de distribución Log-normal.

Mientras que los datos de periodo de pico del oleaje presentan un mayor ajuste a una distribución de tipo Weibull de Mínimos, con un índice de correlación mayor al 99,19%. Ver Figura 46.

$$y = F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{(x - \lambda)}{\delta}\right)^\beta\right]; -\infty < x \leq \lambda$$

donde:

λ es el parámetro de localización (es el menor valor posible de la variable aleatoria x)

δ es el parámetro de escala

β es el parámetro de forma

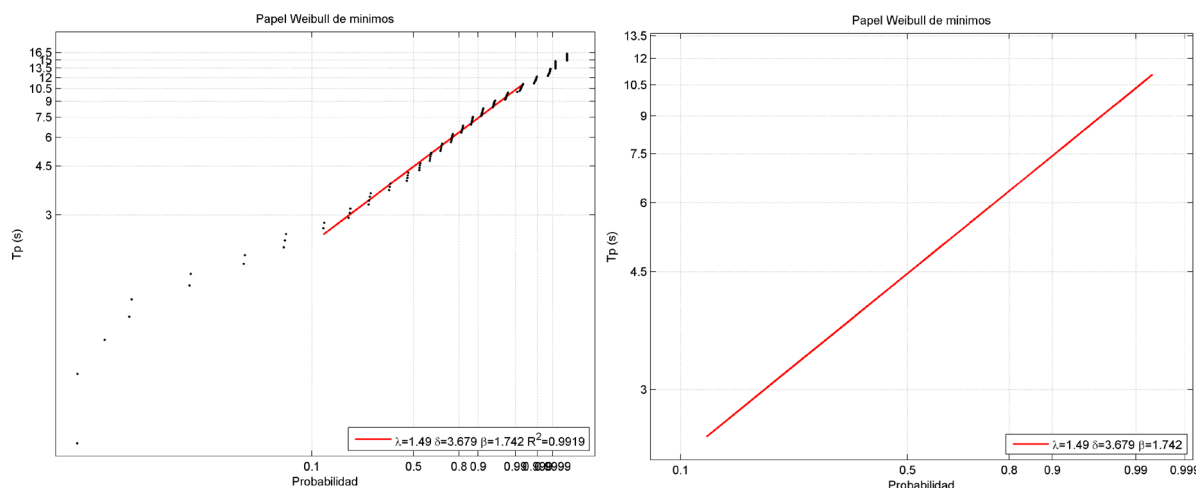


Figura 46 Régimen Medio de periodo de pico (T_p). Ajuste mediante función de distribución Weibull de mínimos.

7.1.4 Caracterización Extremal del oleaje en aguas profundas

Para obtener el oleaje extremo en aguas profundas se ha analizado estadísticamente la serie de datos de 1958 a 2012 mediante el método clásico de selección de valores extremos de máximos anuales, ajustando la serie a la función de distribución biparamétrica Gumbel de máximos, y a la función de distribución triparamétrica General de Valores Extremos (GEV), con la finalidad de analizar la conveniencia de utilizar una u otra distribución.

El proceso anterior se lleva a cabo a través del programa CAROL v1.0 del Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas de la Universidad de Cantabria aplicando en primer lugar al registro escalar de oleaje, y posteriormente, a los distintos sectores direccionales.

7.1.4.1 Régimen extremal escalar

En las figuras a continuación, se muestran los ajustes obtenidos de la variable altura de ola significativa máxima anual del registro escalar de datos a las funciones de distribución Gumbel de máximos y GEV, respectivamente.

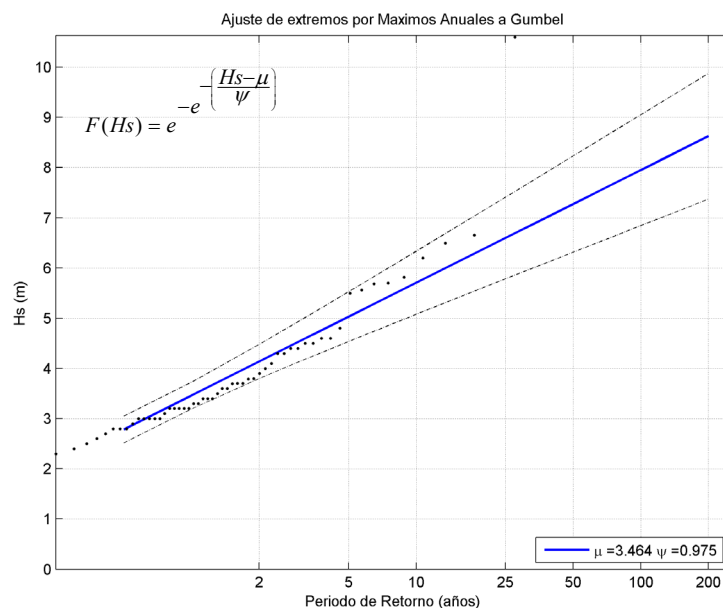


Figura 47 Ajuste de extremos de H_s mediante la función de distribución de Gumbel.

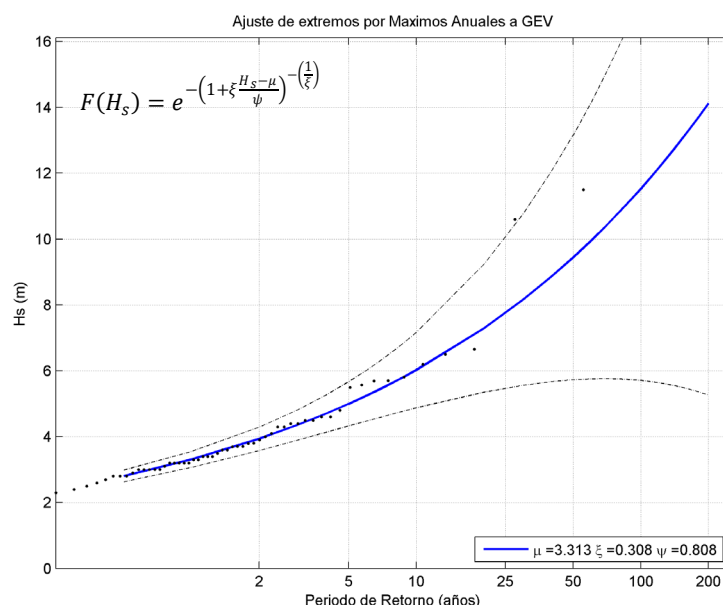


Figura 48 Ajuste de extremos de H_s mediante la función de distribución GEV.

Como resultado, la función triparamétrica GEV ofrece un mejor ajuste de la serie de datos, al incorporar un parámetro de forma que le aporta flexibilidad, y por tanto, capacidad para modelizar valores excepcionalmente extremos que, sin embargo, Gumbel no recoge. No obstante, siempre que se consideren oleajes con periodos de retorno muy grandes, habrá que tener en cuenta que las bandas de confianza del ajuste aumentan, y por lo tanto, el grado de incertidumbre en la exactitud de los valores de H_s asociados es mayor.

7.1.4.2 Régimen extremal direccional

El análisis direccional de los valores extremos proporciona, de forma análoga, un ajuste más preciso mediante la distribución triparamétrica.

Las gráficas de ajuste direccional se presentan en la figuras a continuación.

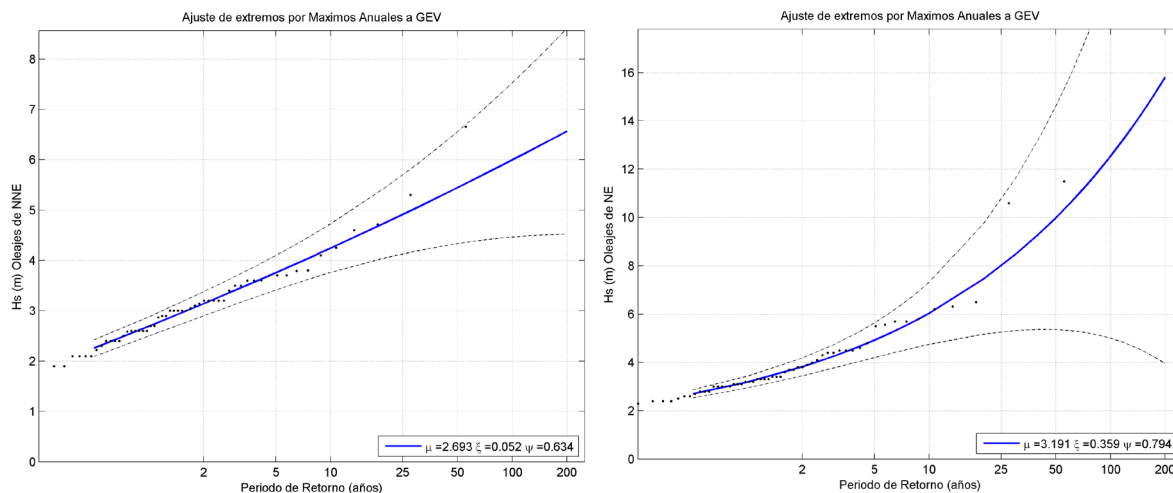


Figura 49 Ajuste de extremos distribución de GEV. Direccipnes NNE (izq.) y NE (dcha.).

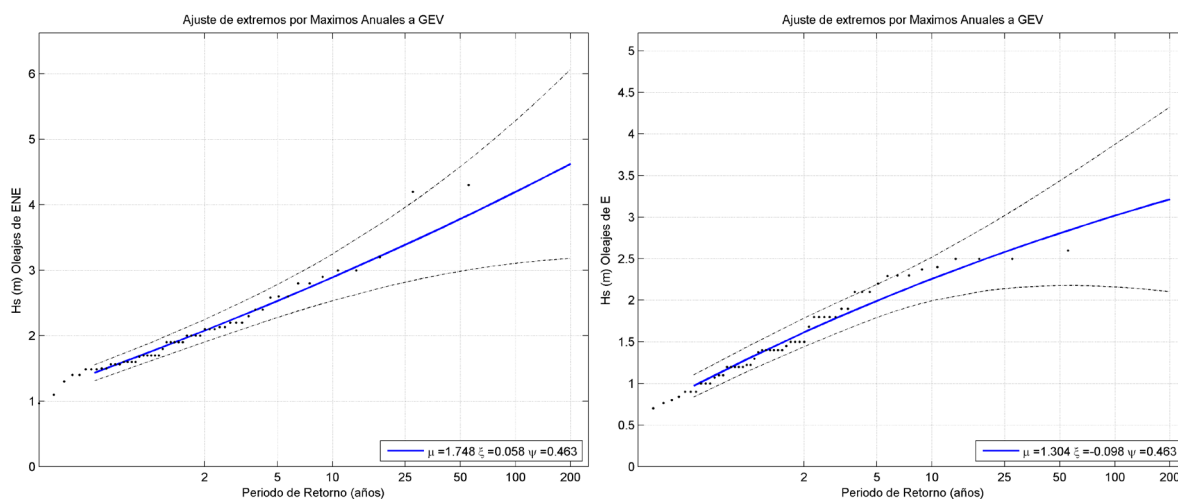


Figura 50 Ajuste de extremos distribución de GEV. Direcciones ENE (izq.) y E (dcha.).

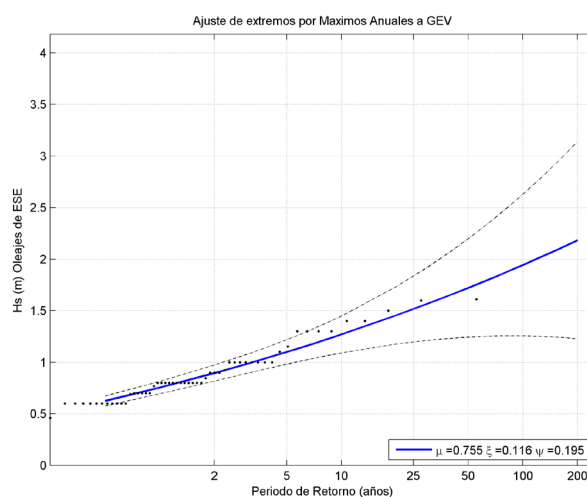


Figura 51 Ajuste de extremos distribución de GEV. Dirección ESE

7.1.4.3 Periodos de Retorno de diseño

El periodo de retorno para la caracterización del oleaje extremal en aguas profundas, en cada uno de los tramos que componen el borde litoral objeto del Estudio, se determina en función de la vida útil y de la probabilidad de fallo para la que se diseñan las actuaciones en los citados tramos, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$T_R = \frac{1}{1 - (1 - P_f)^{1/V_m}}$$

Donde:

T_R : Período de retorno (años)

V_m : Vida útil (años)

P_f : Probabilidad de fallo frente a los modos de fallo

En el apartado 2.8 de la *ROM 1.0 Descripción de los agentes climáticos en las obras marítimas y bases para el diseño de los diques de abrigo* se recomiendan los valores de los índices de repercusión económica (IRE) y de repercusión social y ambiental (ISA) para los tipos de actuación posibles en áreas litorales.

TIPO DE AREA ABRIGADA O PROTEGIDA			INDICE IRE ⁷⁾		VIDA UTIL MI-NIMA (V_m) ⁷⁾ (años)
AREAS PORTUARIAS	PUERTO CO-MERCIAL	Puertos abiertos a todo tipo de tráficos	r_3	Alto	50
		Puertos para tráficos especializados	r_2 (r_3) ¹⁾	Medio (alto) ¹⁾	25 (50) ¹⁾
	PUERTO PESQUERO		r_2	Medio	25
	PUERTO NAUTICO-DEPORTIVO		r_2	Medio	25
	INDUSTRIAL		r_2 (r_3) ¹⁾	Medio (Alto) ¹⁾	25 (50) ¹⁾
	MILITAR		r_3 (r_3) ²⁾	Medio (Alto) ²⁾	25 (50) ²⁾
	PROTECCION DE RELLENOS O DE MARGENES		r_2 a r_3 ³⁾	Medio a Alto ³⁾	25 a 50 ³⁾
	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES ⁴⁾		r_3	Alto	50
	PROTECCION DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		r_3 (r_3) ⁵⁾	Medio (Alto) ⁵⁾	25 (50) ⁵⁾
AREAS LITORALES	PROTECCION Y DEFENSA DE MARGENES		r_1 (r_3) ⁶⁾	Bajo (Alto) ⁵⁾	15 (50) ⁷⁾
	REGENERACION Y DEFENSA DE PLAYAS		r_1	Bajo	15

1) El índice IRE se elevará a r_3 cuando el tráfico esté asociado con el suministro energético o con materias primas minerales estratégicas y no se disponga de instalaciones alternativas adecuadas para su manipulación y/o almacenamiento.
2) El índice IRE se elevará a r_3 cuando la instalación militar se considere esencial para la defensa nacional.
3) En obras de protección de rellenos o de defensa de márgenes se tomará un índice IRE igual al señalado para el área portuaria en que se localiza.
4) Se entiende como dique de defensa ante grandes inundaciones, aquéllos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.
5) El índice IRE se elevará a r_3 cuando la toma de agua o el punto de vertido esté asociado con el abastecimiento de agua para uso urbano o con la producción energética.
6) El índice IRE se elevará a r_3 cuando en su zona de afección se localicen edificaciones o instalaciones industriales.
7) Los índices inferiores a r_1 de la tabla se elevarán un grado por cada 30 M€ de coste de inversión inicial de la obra de abrigo.

Figura 52 IRE y vida útil mínima en función del tipo de obra para áreas litorales

TIPO DE AREA ABRIGADA O PROTEGIDA				INDICE ISA		P _{REL}	P _{EL}
AREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique ¹⁾	Mercancías peligrosas ²⁾	s ₃	Alto	0.01	0.07
			Pasajeros y Mercancías no peligrosas	s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s ₁	No significativo	0.20	0.20
	PUERTO PESQUERO	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₁	No significativo	0.20	0.20
	PUERTO NAUTICO DEPORTIVO	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₁	No significativo	0.20	0.20
	PUERTO INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique ¹⁾	Mercancías peligrosas ²⁾	s ₃	Alto	0.01	0.07
			Mercancías no peligrosas	s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o adosadas al dique		s ₁	No significativo	0.20	0.20
PUERTO MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique ¹⁾		s ₃	Alto	0.01	0.07	
	Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₁	No significativo	0.20	0.20	
PROTECCION DE RELLENOS O MARGENES	Con zona de almacenamiento adosada al dique ¹⁾	Mercancías peligrosas ²⁾	s ₃	Alto	0.01	0.07	
		Mercancías no peligrosas	s ₂	Bajo	0.10	0.10	
AREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES ³⁾			s ₄	Muy Alto	0.0001	0.07
	PROTECCION DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO			s ₂ (s ₃) ⁴⁾	Bajo (Alto) ⁴⁾	0.10 (0.001)	0.10 (0.07)
	PROTECCION Y DEFENSA DE MARGENES			s ₂ (s ₄) ⁵⁾	Bajo (Muy alto) ⁵⁾	0.10 (0.0001)	0.10 (0.07)
	REGENERACION Y DEFENSA DE PLAYAS			s ₁	No significativo	0.20	0.20

1)

En el caso de que en la superficie adosada al dique esté previsto que se ubiquen edificaciones (p.e. estaciones marítimas, lonjas,...), depósitos o silos que pudieran resultar afectados en el caso de fallo de la obra de abrigo, se considerará un índice ISA muy alto (s₄) (p_{REL}=0.0001; p_{EL}=0.07)

2)

Se considerarán mercancías peligrosas los grupos de sustancias prioritarias incluidas en el anexo X de la Directiva Marco del Agua (Decisión 2455/2001/CEE), en el inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER: Decisión 2000/479/CE), y en el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas (Real Decreto 145/1989) . (Ver ROM 5.1.)

3)

Se entiende como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquéllos que en caso de fallo se podrían producir importantes inundaciones en el territorio.

4)

El índice ISA se elevará a s₃ cuando la toma de agua o el punto de vertido esté asociado con el abastecimiento de agua para uso urbano o industrial o con la producción energética.

5)

El índice ISA se elevará a s₄ cuando en caso de fallo pudieran resultar afectadas edificaciones u otras instalaciones industriales.

Figura 53 ISA y probabilidad conjunta de fallo en función del tipo de obra para áreas litorales

De acuerdo con los valores determinados en los puntos anteriores, se obtienen, de forma genérica, los posibles períodos de retorno para los distintos tramos de Estudio (Tabla 22).

TRAMO DE OBRA	VIDA ÚTIL	P _f	PERIODO DE RETORNO
PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO	25	0,10	238 años
PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES	15	0,10	143 años
REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS	15	0,20	68 años

Tabla 22. Períodos de retorno para los distintos tramos de obra en áreas litorales

Los regímenes extremos direccionales de oleaje, para los posibles periodos de retorno se incluyen en las Tablas a continuación:

Sector direccional	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	H_s (m)
NNE	2,693	0,634	0,052	5,679
NE	3,191	0,794	0,359	11,013
ENE	1,748	0,463	0,058	3,957
E	1,304	0,463	-0,098	2,902
ESE	0,755	0,195	0,116	1,814

Tabla 23. Alturas de ola direccional asociada al periodo de retorno $T_R=68$ años

Sector direccional	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	H_s (m)
NNE	2,693	0,634	0,052	6,28
NE	3,191	0,794	0,359	14,10
ENE	1,748	0,463	0,058	4,41
E	1,304	0,463	-0,098	3,12
ESE	0,755	0,195	0,116	2,06

Tabla 24. Alturas de ola direccional asociada al periodo de retorno $T_R=143$ años

Sector direccional	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	H_s (m)
NNE	2,693	0,634	0,052	6,70
NE	3,191	0,794	0,359	16,74
ENE	1,748	0,463	0,058	4,73
E	1,304	0,463	-0,098	3,26
ESE	0,755	0,195	0,116	2,24

Tabla 25. Alturas de ola direccional asociada al periodo de retorno $T_R=238$ años

Los valores escalares quedan recogidos en la siguiente tabla:

La determinación de los periodos de pico asociados a los niveles de altura de ola de temporal se realiza mediante la relación que proporciona la Boya Valencia 1617 entre el periodo de pico y la altura de ola significativa, $T_p \approx 5,16.H_s^{0,47}$, dando como resultado:

Sector direccional	$T_R=68$ años		$T_R=143$ años		$T_R=238$ años	
	H_s (m)	T_p (s)	H_s (m)	T_p (s)	H_s (m)	T_p (s)
NNE	5,68	11,67	6,28	12,24	6,70	12,62
NE	11,01	15,93	14,10	17,90	16,74	19,40
ENE	3,96	9,85	4,41	10,36	4,73	10,71
E	2,90	8,51	3,12	8,81	3,26	9,00
ESE	1,81	6,83	2,06	7,25	2,24	7,55

Tabla 26. Oleaje extremal (H_s , T_p) asociado al periodo de retorno de diseño

7.2 NIVEL DEL MAR

7.2.1 Fuente de datos

Se toma, como datos de partida para el análisis de las oscilaciones del nivel del mar en el área de estudio,

la serie histórica del nivel del mar en el Puerto de Gandía (2008-2024) de Puertos del Estado (PE). Esta serie ha sido construida por PE a partir de los registros del mareógrafo "Gand", de tipo Rádar modelo Miros.

El mareógrafo "Gandia", actualmente en servicio y al que está referida la serie histórica, se sitúa en la esquina noroeste de la peana del faro, concretamente en la coordenada (0,15° W, 38,99° N).

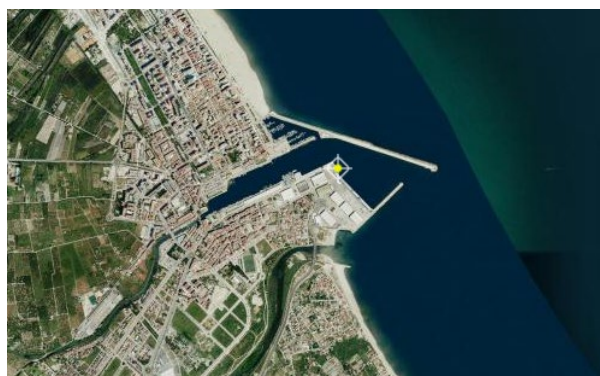
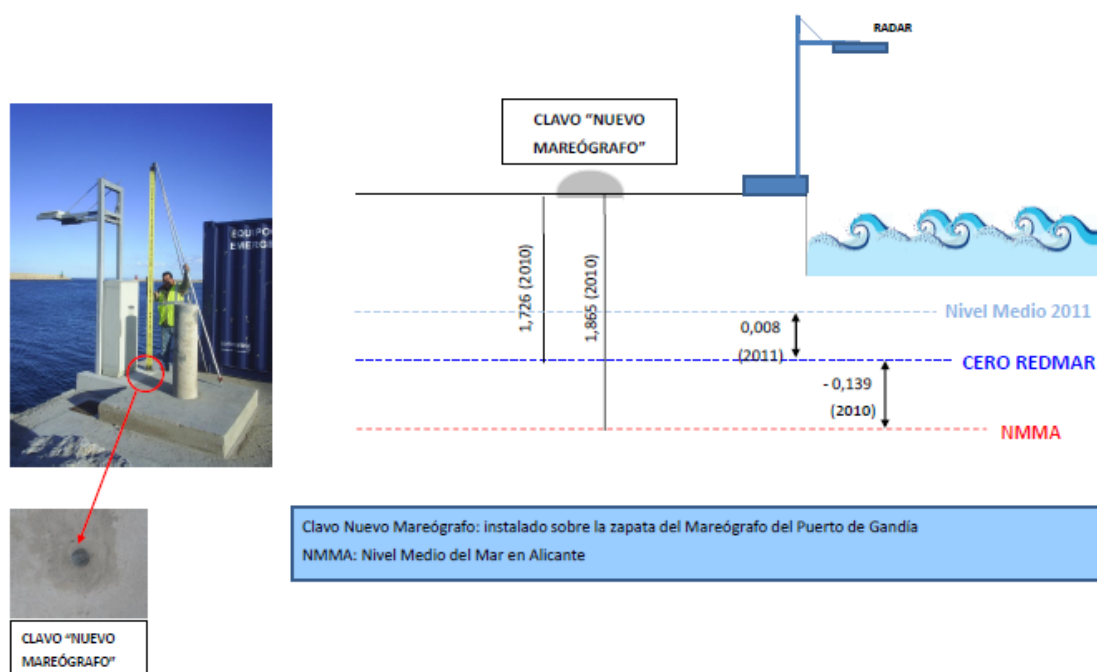


Figura 54 Ubicación del mareógrafo de Gandia con respecto a la zona en estudio. Fuente: Puertos del Estado.

Los datos de la serie están referidos al Cero REDMAR, coincidente con el Cero del Puerto de Gandia, la imagen a continuación recoge el esquema del datum de este mareógrafo:

ESQUEMA DATUM MAREÓGRAFO REDMAR GANDÍA (cotas en metros)



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

Figura 55 Esquema del datum del Mareógrafo Gand. Cotas en metros. Fuente: Puertos del Estado.

Para la transformación de los Ceros de Referencia de los datos de la serie, la página web de Puertos del

Estado indica:

- Para referir al cero geodésico nacional (IGN) = NMMA: nivel + 0,139 m

7.2.2 Caracterización

El nivel de marea, marea total o nivel del mar, NM, se obtiene como suma de las variables marea astronómica (MA), componente determinista de la marea resultante de la atracción gravitatoria del sistema tierra-luna-sol, y marea meteorológica (MM), componente aleatoria reflejo de las condiciones de presión atmosférica reinantes, tal que: $MA+MM=NM$. Estas componentes astronómica y meteorológica, así como el nivel total de las aguas para el Puerto de Gandía, y sus máximos y mínimos, se representan en la siguiente gráfica, con los datos de 2008 a 2024.

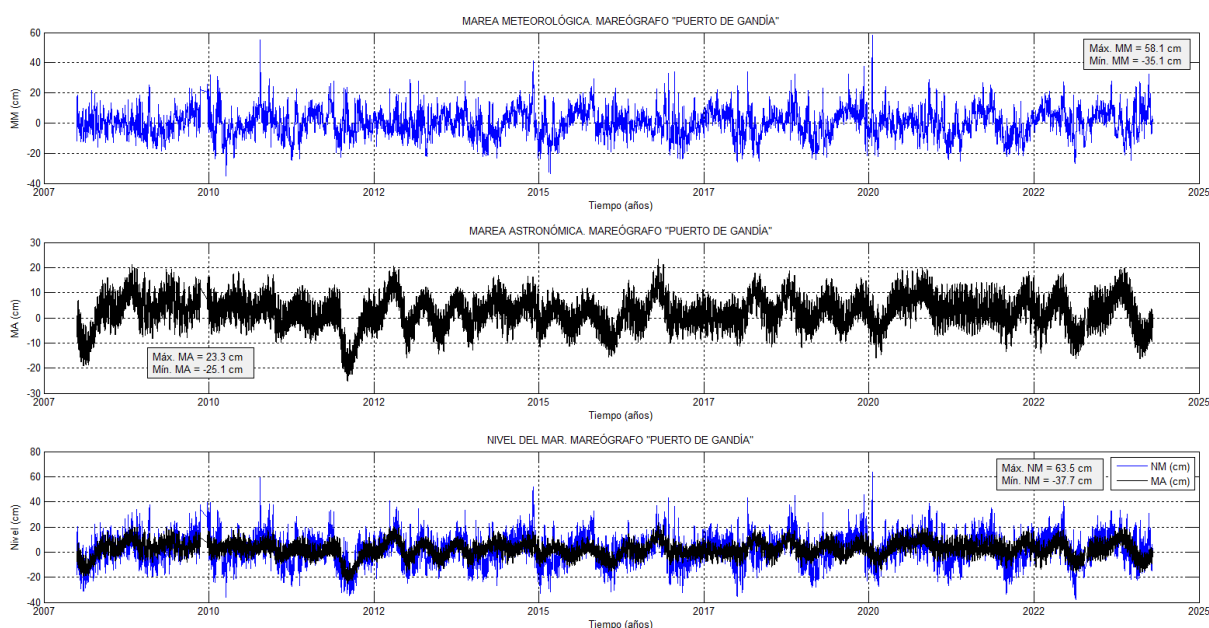


Figura 56 Series de marea meteorológica (MM), marea astronómica (MA) y nivel del mar (NM) del mareógrafo de Gandía.

En relación a la marea astronómica, ésta presenta un régimen mixto, con predominancia diurna, y carrera micromareal.

Para la obtención de los niveles de mar de cálculo, se ha calculado el Nivel Medio del Mar (NMM) de la serie (2008-2023), se han referenciado los valores de nivel medidos por el mareógrafo a dicho valor, y se han obtenido: la Serie de Niveles Altos de las aguas (valores positivos por encima del NMM) y la Serie de Niveles Bajos de las aguas (valores negativos por debajo del NMM). A partir de estas series de datos se lleva a cabo la caracterización estadística, obtención de los regímenes medios y extremales.

El NMM en Gandía, promedio de los datos de la serie, se sitúa a +0,02 m del Cero REDMAR, y a 0,139 m del NMMA.

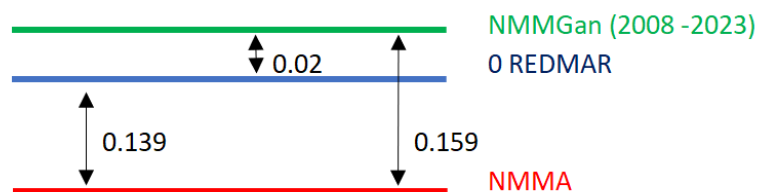


Figura 57 Esquema de datums para los niveles del registro.

7.2.3 Régimen medio de nivel del mar

Los valores de nivel del mar (cm) de las series de Niveles Altos (Niv.A) y Niveles Bajos (Niv. B) han sido ajustados a distintas funciones de distribución, presentadno un bien ajuste a la función de Weibull de mínimos.

La función de distribución Weibull de mínimos de una variable aleatoria x es:

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right)^{\beta} \right]$$

Donde:

λ : es el parámetro de localización

δ : es el parámetro de escala

β : es el parámetro de forma

A continuación se muestra el ajuste realizado con los valores de los parámetros.

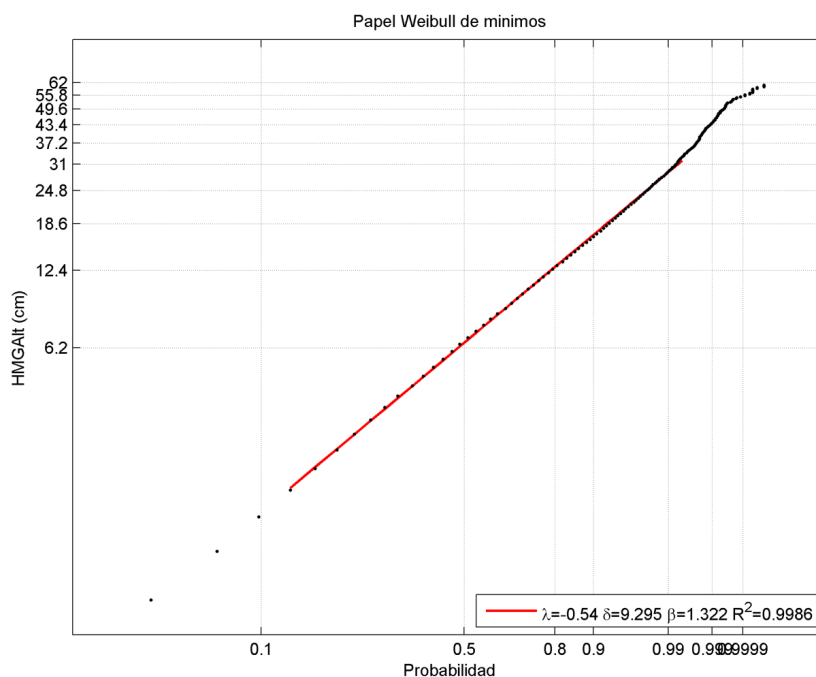


Figura 58 Régimen medio de los Niveles Altos de las aguas (Niv.A, cm).

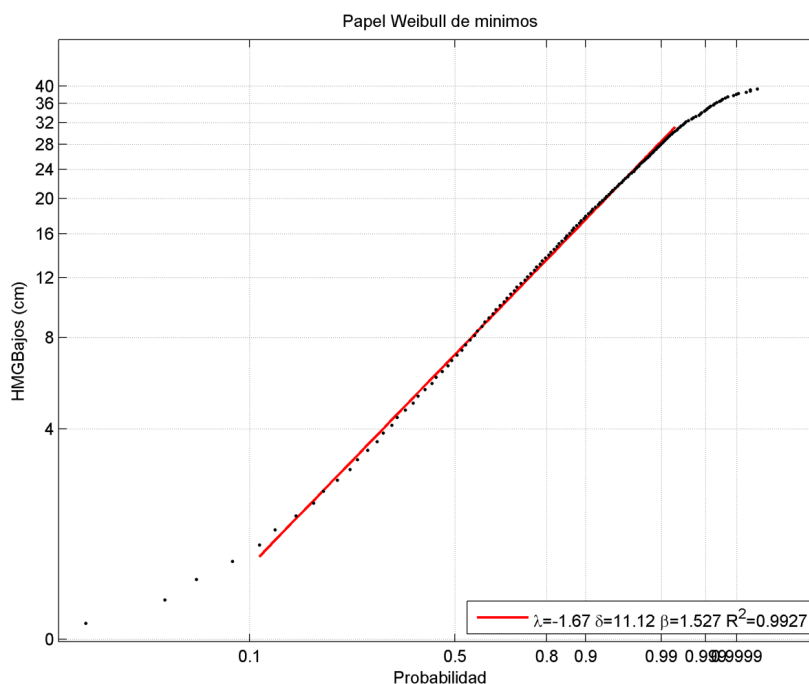


Figura 59 Régimen medio de los Niveles Bajos de las aguas (Niv.B, cm).

La tabla de continuación recoge los valores representativos del régimen medio del nivel del mar estimados a partir de los niveles de agua en el Puerto de Gandía, expresados respecto al nivel medio del mar en el puerto (NMM Gandía) y al NMMA (cero de referencia del proyecto), combinada marea astronómica-meteorológica.

Nivel de las Aguas	Niveles en RM (cm NMM Gandía)			Niveles en RM (m NMM Gandía)			Niveles en RM (m NMMA)		
	0.5	0.85	0.999	0.5	0.85	0.999	0.5	0.85	0.999
Nivel Alto	6,50	14,55	39,56	0,07	0,15	0,40	0,22	0,30	0,55
Nivel Bajo	-7,08	-15,24	-37,75	-0,07	-0,15	-0,38	-0,23	-0,31	-0,54

Tabla 27. Niveles del mar en régimen medio en el Puerto de Gandía.

7.2.4 Régimen extremal del nivel del mar

En este caso, los valores altos se han ajustado a una distribución de excedencia sobre un umbral, siendo una función Generalizada de Valores Extremos (POT) y los bajos a una Gumbel de máximos anuales.

La función Gumbel de máximos para una variable x se corresponde a:

$$H(x; \mu, \psi) = \exp \left\{ -\exp \left[-\left(\frac{x - \mu}{\psi} \right) \right] \right\}$$

Siendo

μ el parámetro de localización

ψ el parámetro de escala

Por otro lado, la función Generalizada de Valores Extremos para una variable x se corresponde a:

$$G(y; \sigma, \xi) = 1 - \left(1 + \frac{y}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}}$$

Siendo

σ el parámetro de escala

ξ el parámetro de forma

A continuación se muestra el ajuste realizado con los valores de los parámetros.

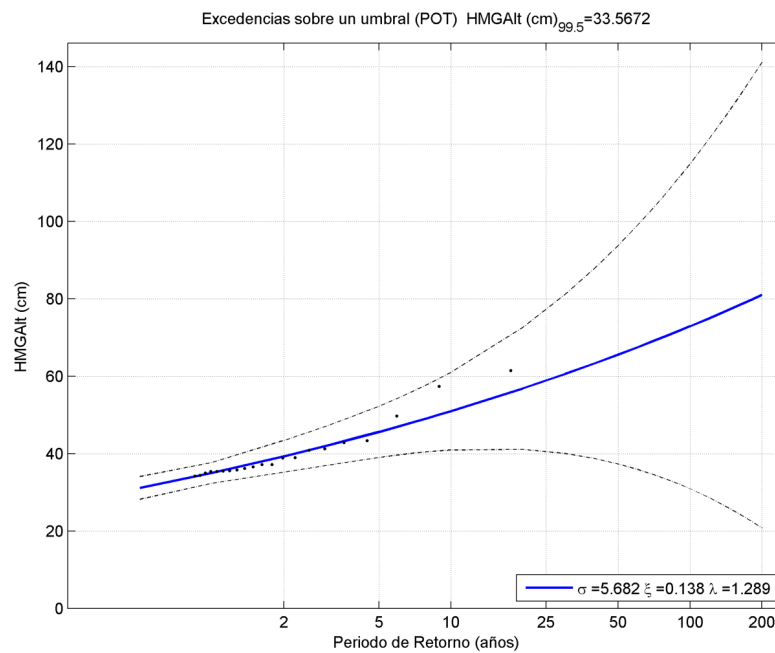


Figura 60 Régimen extremal de los Niveles altos de las aguas.

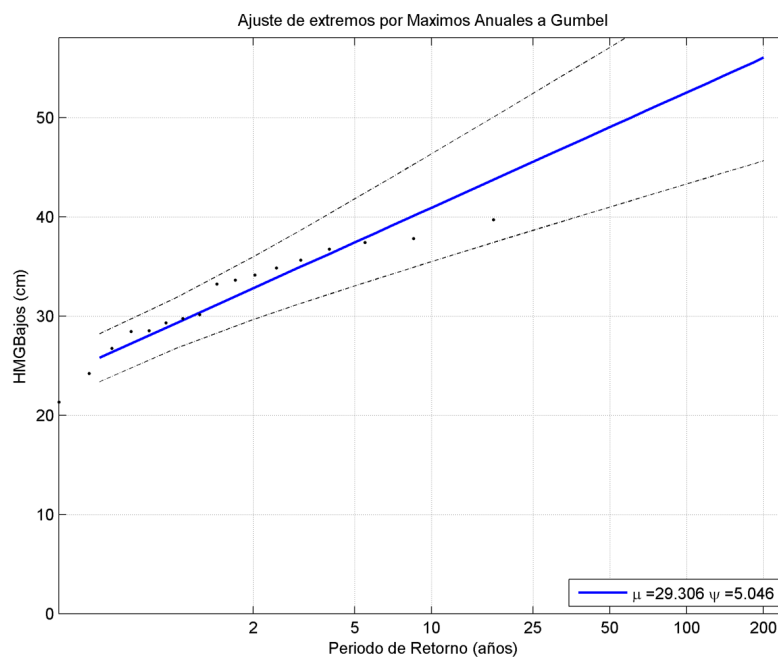


Figura 61 Régimen extremal de los Niveles Bajos de las aguas.

Del mismo modo que para el régimen medio, la siguiente tabla recoge los valores del nivel de las aguas en condiciones extremas para los distintos periodos de retorno considerados.

Nivel de las Aguas	Niveles de RE (m NMM Gandía) - F (T_R en años)					Niveles de RE (cm NMM Alicante) - F (T_R en años)				
	5	68	143	238	689	5	68	143	238	689
Nivel Alto	0,45	0,69	0,77	0,83	0,97	0,61	0,85	0,93	0,99	1,13
Nivel Bajo	0,37	0,51	0,54	0,57	0,62	0,53	0,66	0,70	0,73	0,78

Tabla 28. Niveles extremales de marea referidos al NMMA

7.3 PROPAGACIÓN DEL OLEAJE

7.3.1 Introducción

A medida que el oleaje se aproxima hacia la costa sufre una serie de fenómenos que llevan a su transformación, como son: el asomeramiento, resultado del cual aumenta la altura de ola y disminuye la longitud de onda; la refracción, giro del frente de onda dado por la diferencia de celeridades entre distintas profundidades; o la difracción, cesión lateral de energía perpendicularmente a la dirección de propagación entre una zona de incidencia del oleaje y una zona de sombra resguardada de éste.

Cuando la altura alcanzada por la onda coincide aproximadamente con la profundidad, el perfil de la onda deja de ser estable y rompe disipando una gran cantidad de energía, fundamentalmente en forma de turbulencia. Esta rotura en combinación con los gradientes de altura de ola y la incidencia oblicua del oleaje, producen corrientes costeras que transportan agua y sedimentos y que, de los distintos tipos de corrientes (marea, viento, etc.), son las más importantes en el desarrollo de la línea de costa.

Así, en este punto y subsiguientes del documento se aborda el análisis de estas dinámicas y procesos litorales en la costa objeto de actuación, analizándose los cambios sufridos por el oleaje en su camino hacia la costa a través de su propagación desde aguas indefinidas hasta ésta con el modelo numérico OLUCA implementado en el "Sistema de Modelado Costero" desarrollado por el *Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOC)* de la Universidad de Cantabria, así como de las corrientes de playa generadas (modelo COPLA), tanto para régimen extremal como para régimen medio.

También, como parte integrante de este estudio, se efectúa la reconstrucción del clima marítimo en nodos de control frente al tramo de costa objeto de estudio mediante la técnica del Hipercubo, que permite la obtención de la serie completa SIMAR&WANA de oleaje propagado en la costa.

7.3.2 Metodología

7.3.2.1 Descripción del modelo de propagación empleado

El OLUCA-SP pertenece al grupo de modelos de propagación del oleaje que propagan un espectro de energía asociado a un oleaje irregular aleatorio, es un modelo espectral no dispersivo que resuelve la fase, aplicable sobre batimetrías complejas en dirección a la costa.

Este modelo y el OLUCA-RD (monocromático) están basados en los modelos REF/DIF1 y REF/DIF S desarrollados por el *Center for Applied Coastal Research, Department of Civil Engineering, Newark, Delaware (USA)* (Kirby et al., 1986b y 1994), con base en la formulación no-lineal de la aproximación

parabólica de la refracción-difracción, con interacción oleaje-corriente, formulación propuesta por Kirby (1986a), los cuales fueron posteriormente mejorados por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOCO) de la Universidad de Cantabria.

El OLUCA-SP es un modelo parabólico de refracción/difracción débilmente no lineal basado en un desarrollo de Stokes de las ecuaciones que definen el problema de las ondas en el agua y obtenido a partir de las formulaciones de pendiente suave ("*Mild slope equation*", Berkhoff, 1972), aproximación parabólica que se resuelve por medio de una técnica de diferencias finitas para la amplitud de la onda (técnica de Crank-Nicolson), resultando un sistema en matrices tridiagonales.

Condiciones iniciales:

- Estado de mar:
 - Espectro frecuencial TMA (*Bouws et al.*, 1985). Los parámetros que lo definen son:
 - h (m): profundidad del agua
 - H_s (m): altura de ola significativa
 - f_p (Hz): frecuencia de pico = $1/T_p$
 - γ : factor de ensanchamiento del pico ($\gamma=8\sim 10$ oleajes tipo Swell, $\gamma=2\sim 4$ oleajes tipo Sea)
 - Función de dispersión direccional (Borgman, 1984), definida por los siguientes parámetros:
 - θ_m (°): dirección media del oleaje
 - σ_m : parámetro que determina el ancho de la dispersión direccional ($\sigma_m=5$ espectro estrecho y $\sigma_m=30$ espectro ancho)
- Dominio espacial:

La batimetría del área de estudio debe ser introducida en los nodos de una malla (x,y) rectangular, con incrementos en metros entre nodos de: D_x , D_y .

7.3.2.2 Modelo de corrientes de rotura, COPLA – SP

El modelo COPLA–SP resuelve las ecuaciones de flujo (ecuaciones de Navier-Stokes y de cantidad de movimiento integradas en la profundidad y promediadas en un periodo de tiempo) debido a la rotura del oleaje espectral (SP) en la zona de rompientes, tomando como datos de entrada los datos de salida del campo de oleaje calculado a partir del modelo Oluca-SP.

Para resolver el sistema de ecuaciones bidimensional de movimiento, se emplea un método implícito de dirección alterna usado por Leendertse (1970), que emplea un esquema centrado con dos niveles de tiempo para resolver las ecuaciones linealizadas del movimiento escritas en forma de matriz, resultando una aproximación de segundo orden en espacio y tiempo.

Condiciones iniciales:

Los dos parámetros importantes que influyen en el movimiento de las corrientes son: la rugosidad del fondo, expresada por el "número de Chézy", c ($m^{1/2}/s$) y la viscosidad de remolino "*Eddy viscosity*", ε .

Además, se incluye también como dato de entrada en el modelo, el intervalo de tiempo (Δt), el cual debe

cumplir la relación de estabilidad de Courant.

7.3.2.3 Modelización del terreno

Para la constitución del modelo digital del terreno (MDT) necesario para llevar a cabo la propagación del oleaje desde aguas indefinidas hasta la costa, se superpone mediante el módulo de modelado del terreno del SMC la información batimétrica y cartográfica disponible de la zona de actuación, previo estudio de su compatibilidad y homogeneidad en cotas (sistema de referencia altimétrico) y coordenadas (sistema de referencia planimétrico y proyección).

A continuación se exponen las batimetrías empleadas a tal fin, de la más general a la más detallada.

Información en aguas profundas → Cartas Náuticas del Instituto Hidrográfico de la Marina:

- Carta Náutica nº 48 del Instituto Hidrográfico de la Marina. De cabo de la Nao a Barcelona con las Islas Baleares. Posiciones referidas al Sistema Geodésico Mundial WGS-84. Proyección Mercator. Sondas y altitudes en metros, referidas las primeras a la mayor bajamar y las segundas al nivel medio del mar. Escala 1:425.000. (El levantamiento de la zona objeto de estudio fue realizado en el año 2002).

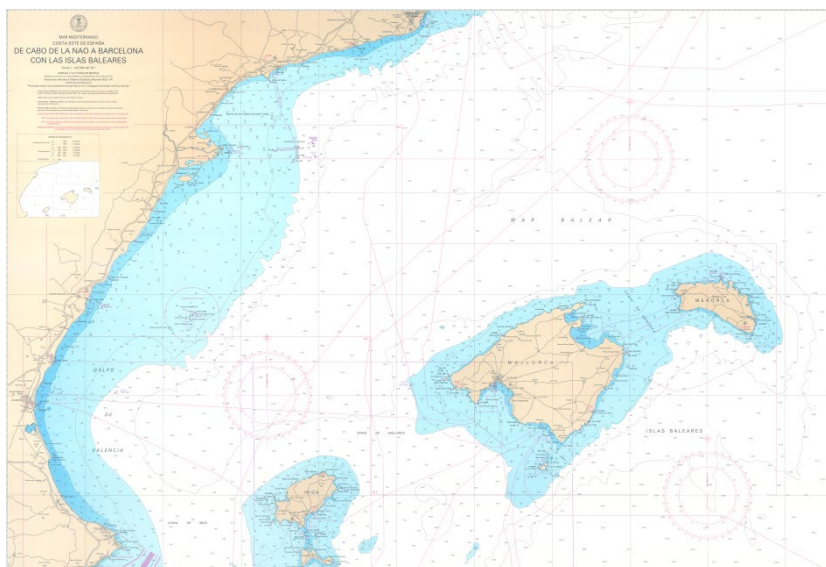


Figura 62 Carta náutica nº48 del Instituto Hidrográfico de la Marina.

- Carta Náutica nº47 del Instituto Hidrográfico de la Marina. De Cabo Tiñoso a Cabo Canet con las Islas Ibiza, Formentera, Cabrera y Costa Sudoeste de Mallorca. Proyección de Mercator (UTM, huso 30), Datum Europeo. Sondas y altitudes en metros, referidas las primeras a la mayor bajamar y las segundas al nivel medio del mar. Escala 1:350.000.

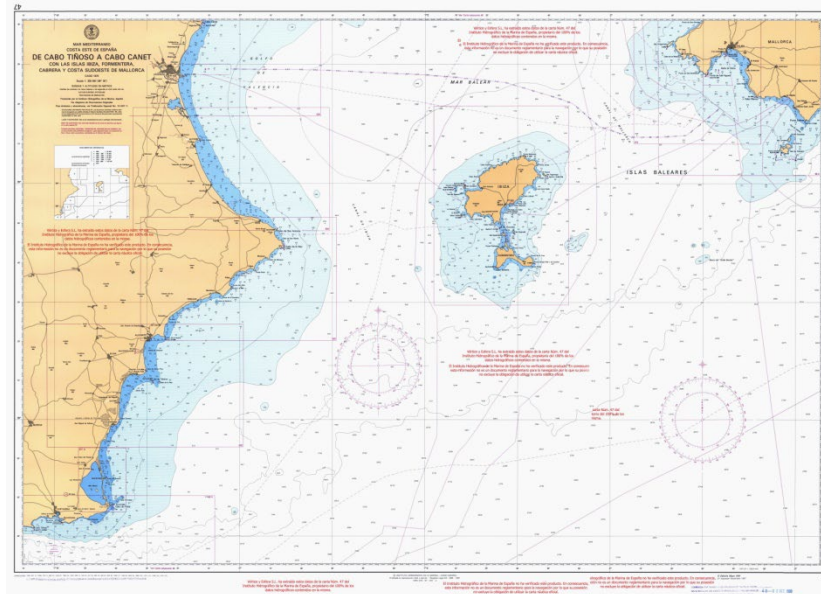


Figura 63 Carta Náutica nº47 del Instituto Hidrográfico de la Marina.

- Carta Náutica 476 del Instituto Hidrográfico de la Marina. Del Cabo Cullera al Puerto de Valencia. Posiciones referidas al Sistema geodésico Mundial WGS-84. Proyección Mercator. Sondas y altitudes en metros, referidas las primeras a la mayor bajamar y las segundas al nivel medio del mar. Escala 1:50.000. Levantamientos realizados durante los años 2004-2005.



Figura 64 Carta Náutica 476 del Instituto Hidrográfico de la Marina.

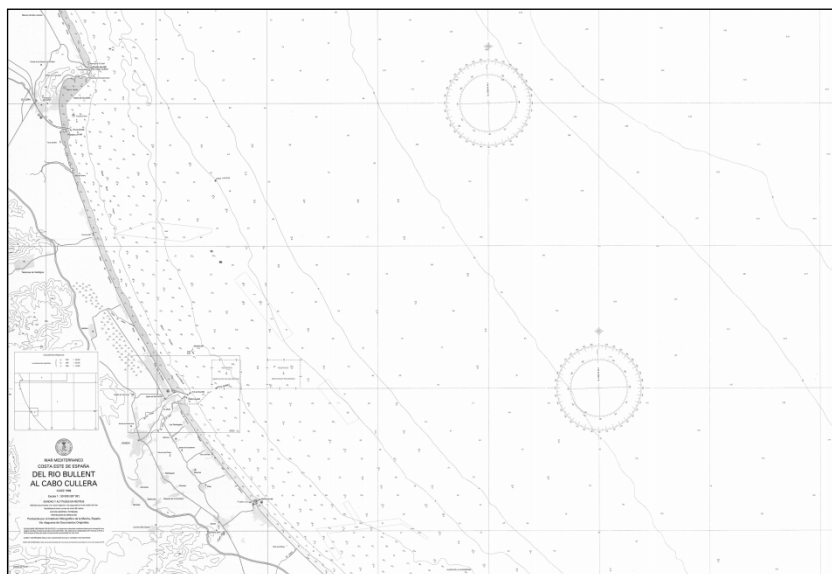


Figura 65 Carta Náutica nº 476 del Instituto Hidrográfico de la Marina.

- Planos de topobatimetría en formatos GIS y AutoCAD de la zona de actuación obtenidos en el “Estudio ecocartográfico del litoral de las provincias de Alicante y Valencia”, realizado en 2006-2007 para la Dirección General de Costas por las empresas HDTMA e Iberinsa. Dichos trabajos batimétricos, junto con la restitución del vuelo y la topografía básica, han permitido elaborar y editar una topografía y batimetría en continuo de la franja costera y los fondos marinos, hasta una profundidad de la -40 m.

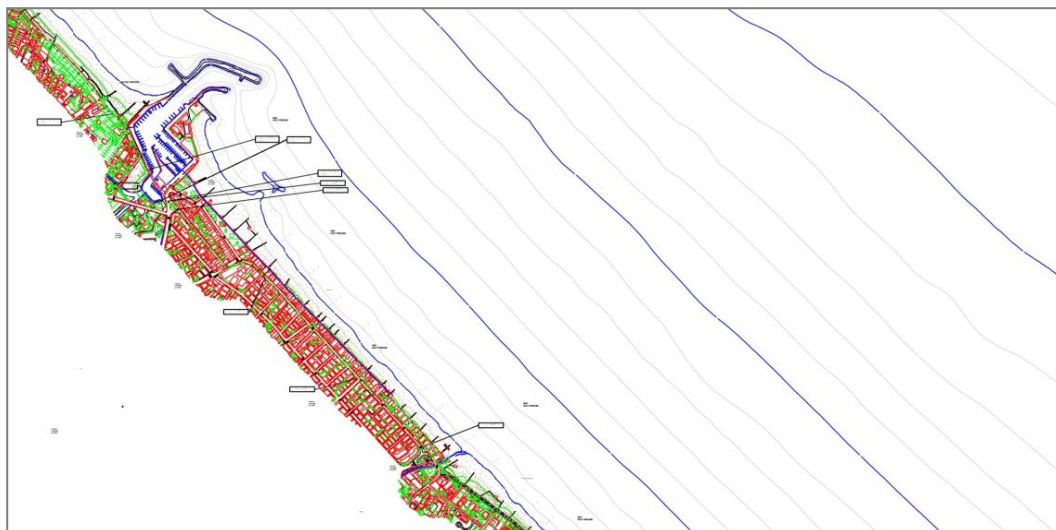


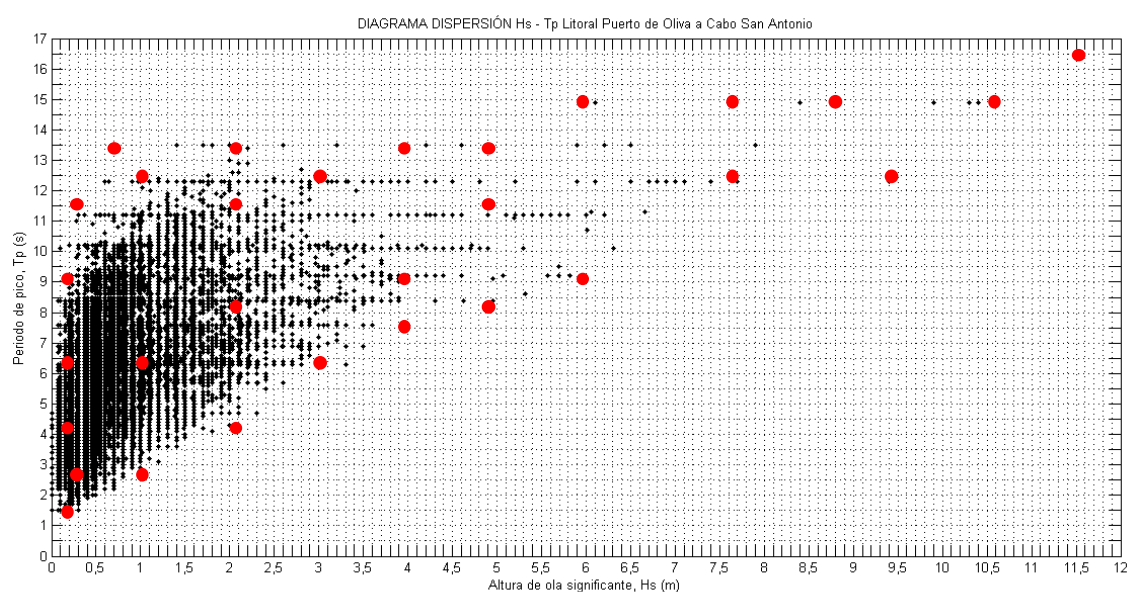
Figura 66 Detalle de la topo-batimetría del tramo litoral objeto de estudio.

7.3.2.4 Oleaje de diseño

Para el estudio del oleaje en la costa, se llevará a cabo la reconstrucción del clima marítimo en la misma mediante la Técnica del Hiper cubo, desarrollada por el *Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas*

(GIOC) de la Universidad de Cantabria en 2004, que recibe este nombre por sus cuatro parámetros de actuación: altura de ola (H_s), periodo (T_p), dirección y nivel del mar. Esta técnica se basa en el empleo de los coeficientes de asomeramiento y refracción resultantes de la propagación del total de casos a escoger que resulten representativos de la serie SIMAR-WANA en aguas profundas, para, mediante interpolación, obtener esta serie propagada en puntos objetivo de profundidad reducida frente al borde litoral objeto de estudio.

Para la selección de estos casos de oleaje a propagar, se representa el diagrama de dispersión altura de ola significativa - periodo de pico de la serie numérica calibrada (1958-2012) y sobre éste, se marcan los puntos de intersección H_s - T_p elegidos como los estados de mar característicos del oleaje en la zona de estudio, para cada una de las direcciones del oleaje susceptibles de incidir en ésta: NNE, NE, ENE, E y ESE (ver *Cap. 4.1 Clima Marítimo*).



H _s (m)	T _p (s)	H _s (m)	T _p (s)
0,2	1,5	3	12,5
0,2	4	4	7,5
0,2	6,5	4	9
0,2	9	4	13,5
0,3	2,5	4,9	8,5
0,3	11,5	4,9	11,5
0,7	13,5	4,9	13,5
1	2,5	6	9
1	6,5	6	15
1	12,5	7,7	12,5
2	4	7,7	15
2	8,5	8,8	15
2	11,5	9,5	12,5
2	13,5	10,6	15
3	6,5	11,5	16,5

Tabla 29. Casos de altura de ola y periodos a propagar en cada una de las direcciones, NNE, NE, ENE, E, y ESE, y para cada uno de los tramos de la costa.

7.3.2.5 Diseño de mallas de cálculo

La zona de estudio, se ha analizado mediante 1 familia de 3 mallas encadenadas, conformada a su vez por dos grupos de mallas de diferente orientación dependiente de la dirección de procedencia del oleaje, el primero, para los oleajes de componentes NNE y NE, y el segundo para los oleajes del ENE, E y ESE.

Los encadenamientos de mallas permiten diferentes pasos de malla en función del periodo a propagar, de modo que las mallas exteriores tienen un paso de malla de 200 m, las intermedias de 40 m y las de detalle 20 m.

Las mallas se ubican de modo que el contorno desde el cual se inicia la propagación se encuentre en aguas profundas en la medida de lo posible. Puesto que la profundidad considerada como aguas profundas depende del periodo, para periodos intermedios es posible partir de la malla intermedia (periodos de 4 s y 6,5 s) y para periodos pequeños, es posible empezar la propagación directamente desde la malla de detalle (periodos de 1,5 s y 2,5 s).

Así, los 30 estados de mar seleccionados, se propagan para las 5 direcciones del oleaje incidente, y en las mallas diseñadas, resultando un total de 150 casos de propagación.

En las siguientes figuras se presenta la familia de mallas con su distinta orientación según direccionalidad de los oleajes a propagar.

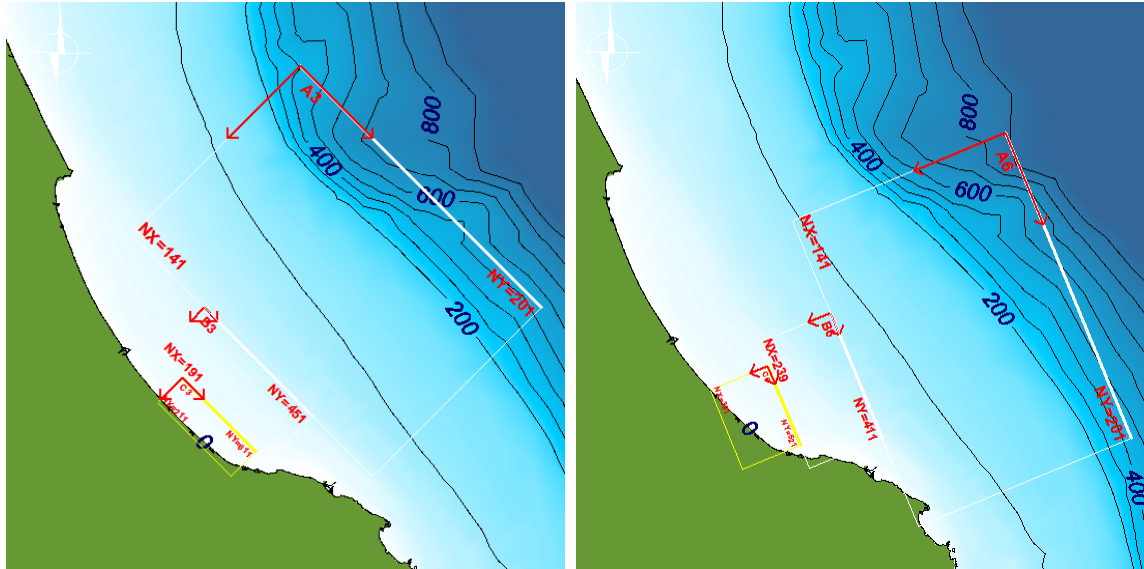


Figura 67 Familia de mallas . Encadenamiento para direcciones de oleaje NNE y NE (izq.) y ENE, E y ESE (dcha.)

Las mallas de detalla cubren la totalidad del tramo de estudio tal y como se puede apreciar en las siguientes imágenes:

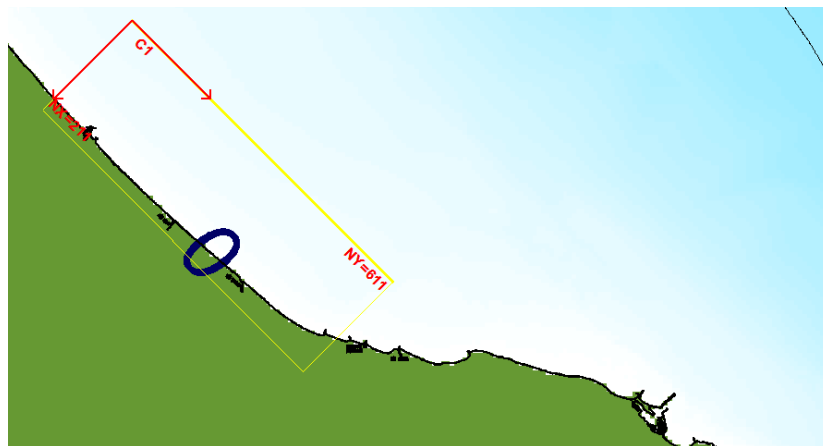


Figura 68 Malla de detalle para la propagación de oleajes de NNE y NE.

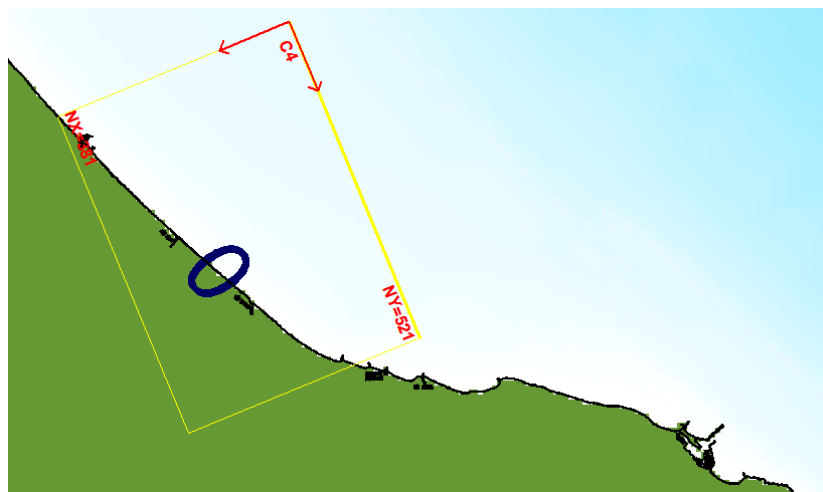


Figura 69 Malla de detalle para la propagación de oleajes de ENE, E y ESE.

7.4 OLAJE EN LA COSTA

7.4.1 Selección de puntos objetivo para la reconstrucción del clima

Para el análisis del oleaje en la propia zona de estudio se escogen, en primer lugar, tres nodos de control en profundidades reducidas emplazados en áreas de interés frente a la costa analizada, donde se obtendrán los resultados de los oleajes propagados.

En la siguiente tabla se presentan los puntos de control escogidos para la reconstrucción del clima marítimo y el posterior cálculo de la dirección del flujo medio de energía (*Apartado 8*).

Nodos	COORDENADAS UTM ED50		COORDENADAS UTM ETRS89		Profundidad
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	730638,48	4375173,07	730528,85	4374964,02	-5
2	755178.867	4310695.76	755069,39	4310487,38	-5
3	756903.665	4309199.04	756794,21	4308990,67	-5

Tabla 30. Coordenadas del nodo objetivo en la costa.

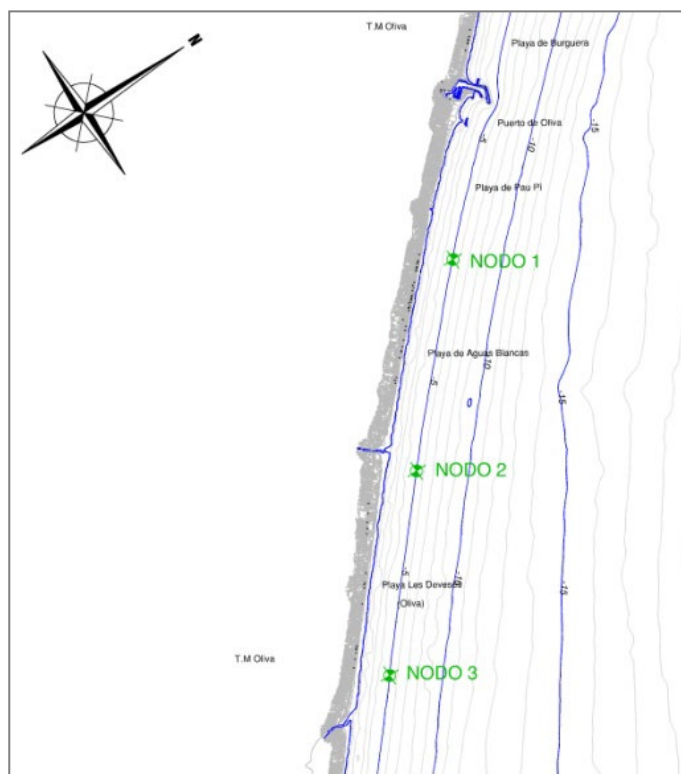


Figura 70 Localización del nodo objetivo en la costa.

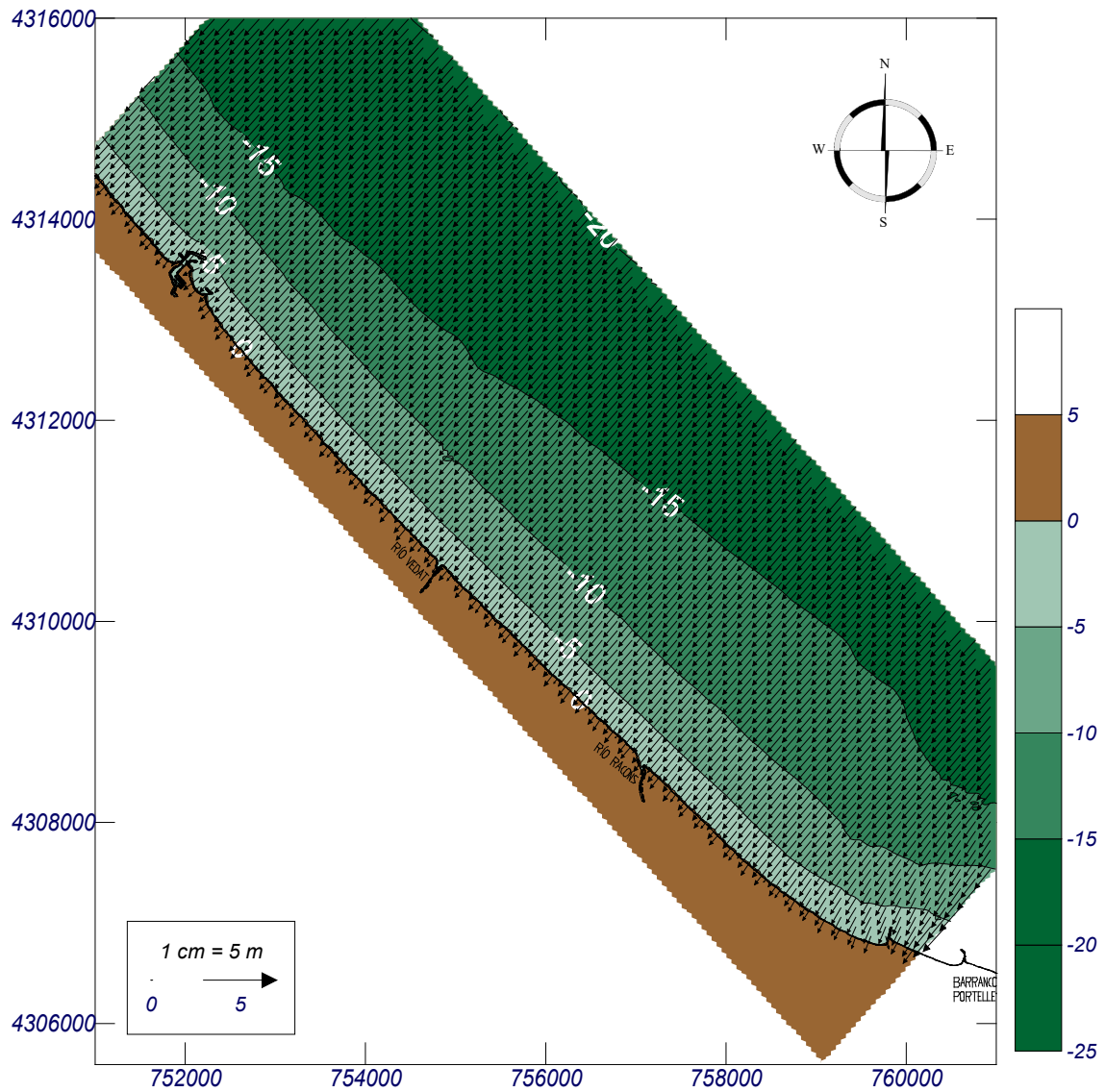
Dado que la orientación presentada por la costa y la batimetría, hasta los 10 m de profundidad, es muy similar en el tramo de costa aguas arriba del Puerto de Oliva (playa de Terranova o Burguera) que aguas debajo de éste, los resultados de reconstrucción del clima obtenidos en el nodo 1 se emplean para analizar el equilibrio de la playa en la zona norte.

Como ejemplo de propagación, se muestran los resultados de vectores de oleaje e isolíneas de altura de ola en la malla de detalle de un caso representativos del régimen medio del oleaje reinante, dirección NE, ver Figura 71.

En la siguiente tabla se presentan los datos de altura de ola, periodo y dirección de los casos representados gráficamente en la malla de detalle, obteniendo un oleaje reinante de dirección NE.

malla	CASOS		
	H_s (m)	T_p (s)	Dirección
1	1	6,5	NE

Tabla 31. Casos de oleajes propagados representados gráficamente



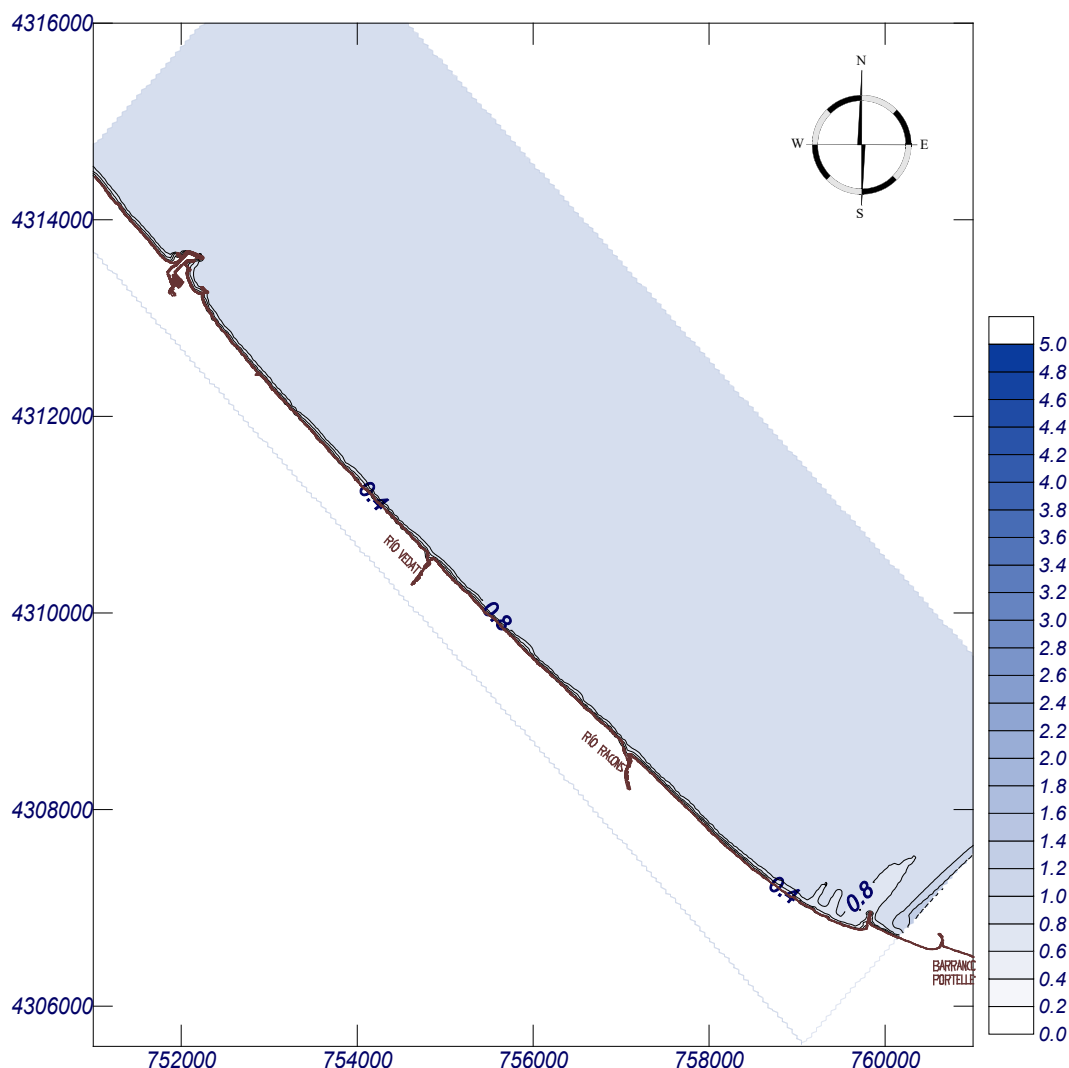


Figura 71 Mapa de vectores (sup.) e isolíneas de H_s (inf.) de un oleaje medio procedente del NE.
Familia de mallas 1

Una vez obtenidas las series de oleaje SIMAR&WANA en los tres nodos de control cercanos a la costa, mediante la Técnica de interpolación del Hipercubo, se procede a su análisis estadístico con el programa CAROL, para la obtención de las rosas de oleaje y la determinación del Régimen Medio y el Régimen Extremal en la costa.

7.4.2 Reconstrucción del clima marítimo en la costa

7.4.2.1 Régimen medio escalar

La distribución que presenta un mejor ajuste a los datos de altura de ola en costa, es la distribución Gumbel de Máximos.

La función de distribución Gumbel de Máximos de una variable aleatoria x es:

$$F(x) = \exp \left[- \exp \left(\frac{-(x - \lambda)}{\delta} \right) \right]; -\infty < x < \infty$$

Donde:

λ es el Parámetro de localización (moda de la distribución)

δ es el Parámetro de escala (proporcional a la desviación típica de la distribución, $\sigma^2 = \pi^2 \delta^2 / 6$)

Y a los datos de periodo de pico, la distribución Weibull de mínimos.

$$y = F(x) = 1 - \exp[-((x - \lambda)/\delta)^\beta]; -\infty < x \leq \lambda$$

donde:

λ es el parámetro de localización (es el menor valor posible de la variable aleatoria x)

δ es el parámetro de escala

β es el parámetro de forma

Se ha obtenido el ajuste del régimen medio en cada uno de los tres puntos de control ubicados en el litoral objeto de estudio, mostrándose a continuación, los gráficos de ajuste de los datos de H_s y T_p a las distribuciones Gumbel de máximos y Weibull de mínimos, respectivamente.

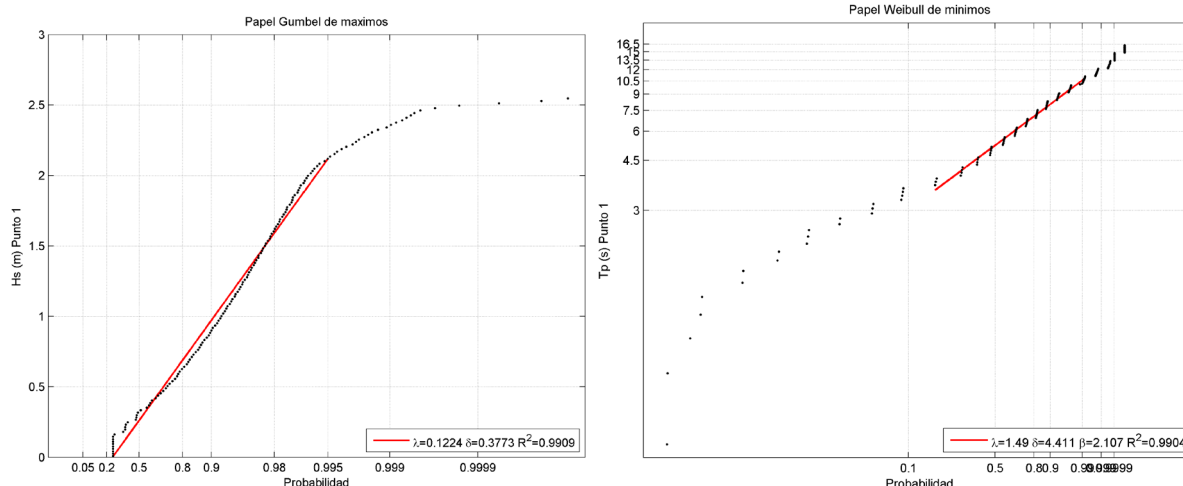


Figura 72 Regímenes medios de H_s (izq.) y T_p (dcha.) en el nodo 1.

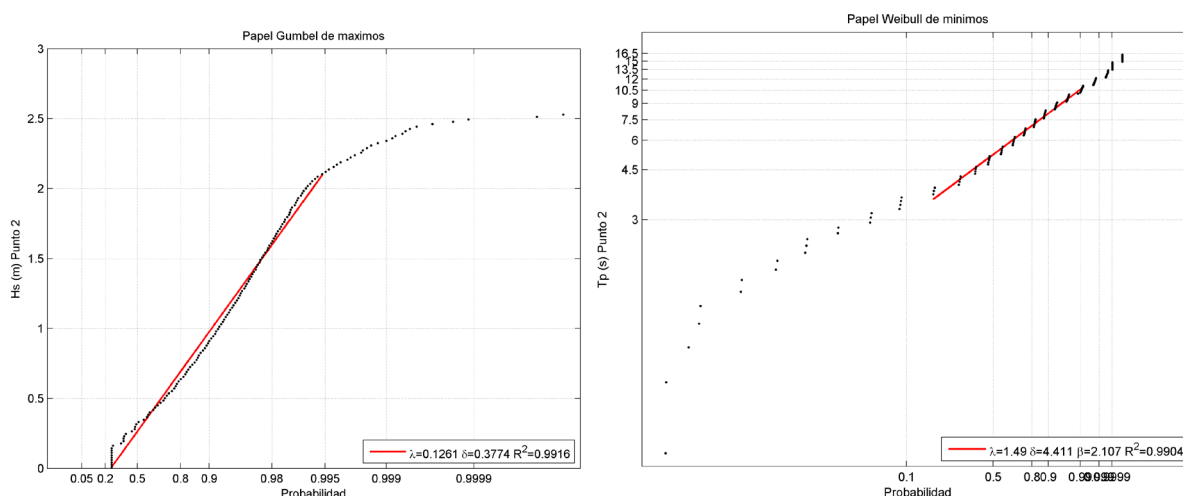


Figura 73 Regímenes medios de H_s (izq.) y T_p (dcha.) en el nodo 2.

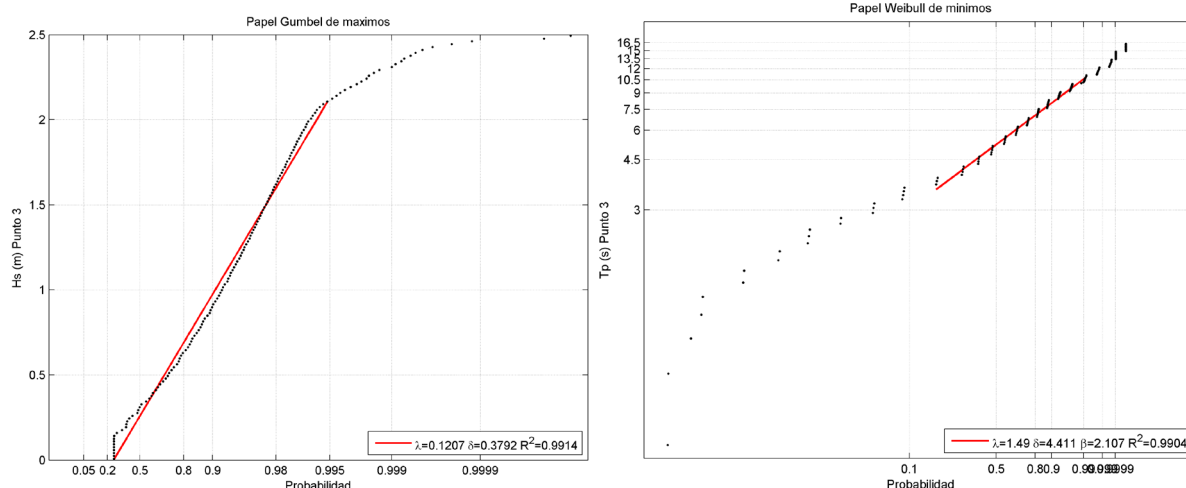


Figura 74 Régimenes medios de Hs (izq.) y Tp (dcha.) en el nodo 3.

A partir de los ajustes se obtienen los siguientes valores:

NODO	RÉGIMEN MEDIO				
	Hs _{50%} (m)	Tp _{50%} (s)	Hs _{75%} (m)	Tp _{75%} (s)	Porcentaje de Calmas
1	0,26	5,2	0,59	6,64	26%
2	0,26	5,2	0,60	6,64	26%
3	0,26	5,2	0,59	6,64	26%

Tabla 32. Valores de Hs y Tp obtenidos del régimen medio

Los oleajes medios son muy similares para la mayoría de los puntos analizados, con alturas de 0,26 m a una profundidad de 5 m el 50% del tiempo.

7.4.2.2 Régimen medio direccional

Las rosas de oleaje correspondientes a los 3 puntos objetivos en la costa se presentan a continuación superpuestas sobre la batimetría de la zona.

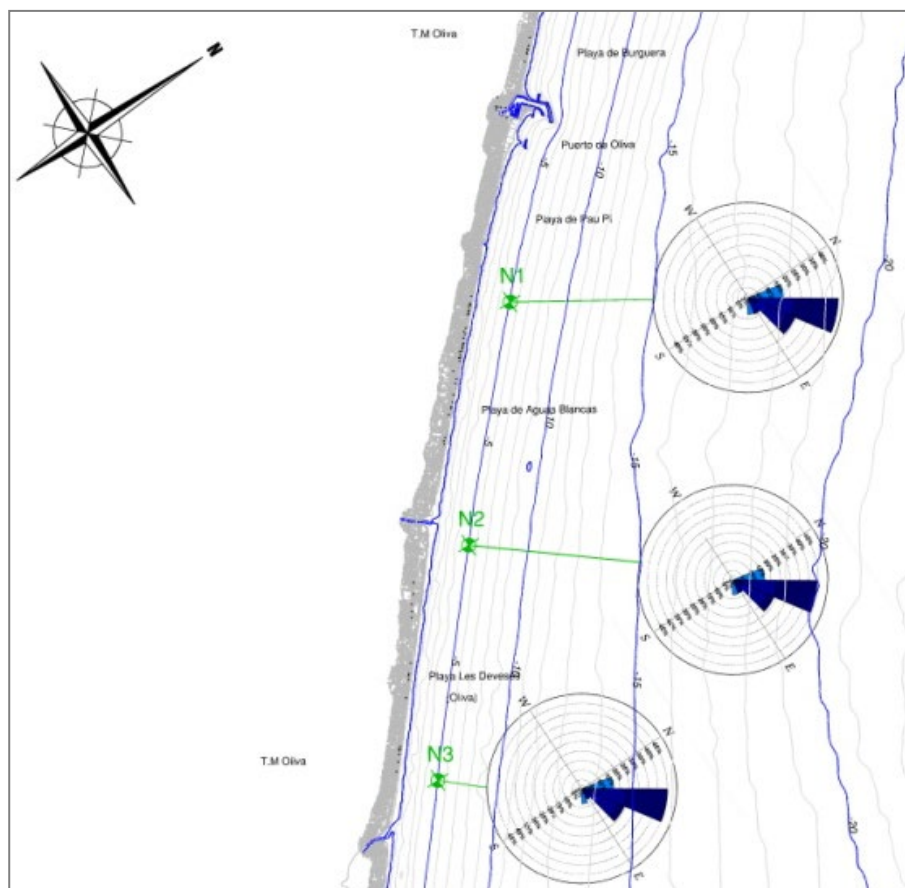


Figura 75 Rosas de altura de ola significativa en la costa.

Esta representación permite analizar la variación direccional de los oleajes que llegan a la costa objeto de estudio tras su propagación desde aguas profundas (véase Figura 41).

Como cabía esperar, la distribución direccional de los oleajes que alcanzan los nodos 1, 2 y 3, abanico NNE-ESE con predominancia de oleajes de componente NE, se mantiene prácticamente constante a lo largo de la costa de Oliva, dada la homogénea orientación de la misma, la batimetría recta y paralela de sus fondos, y la ausencia de focos importantes de difracción del oleaje.

De los oleajes anteriormente citados, se calculan y presentan en las siguientes tablas las alturas de ola significativa que son excedidas 12 horas al año (H_{s12}) con su periodo asociado (T_{p12}).

Dirección	NODO 1		NODO 2		NODO 3	
	H_{s12}	T_{p12}	H_{s12}	T_{p12}	H_{s12}	T_{p12}
NNE	-	-	-	-	-	-
NE	2,43	12,30	2,42	12,30	2,39	12,30
ENE	1,72	9,70	1,62	9,41	1,55	9,30
E	0,72	9,20	0,71	9,26	0,62	9,40
ESE	-	-	-	-	-	-

Tabla 33. H_{s12} (m) y T_{p12} (s) para cada dirección de oleaje y nodo analizados.

7.4.2.3 Régimen extremal escalar

La distribución que presenta un mejor ajuste a los datos mayores de altura de ola significativa correspondientes a los temporales de la serie, es la función de distribución triparamétrica General de Valores Extremos (GEV), cuya expresión es:

$$F(x) = \exp \left\{ - \left(1 + \xi \frac{x - \mu}{\psi} \right)_+^{-1/\xi} \right\}$$

Donde:

μ es el parámetro de localización

ψ es el parámetro de escala

ξ es el parámetro de forma

En las siguientes gráficas se presentan los ajustes a esta función de los valores extremos de la serie SIMAR&WANA interpolada en los 3 nodos de estudio a lo largo del borde litoral.

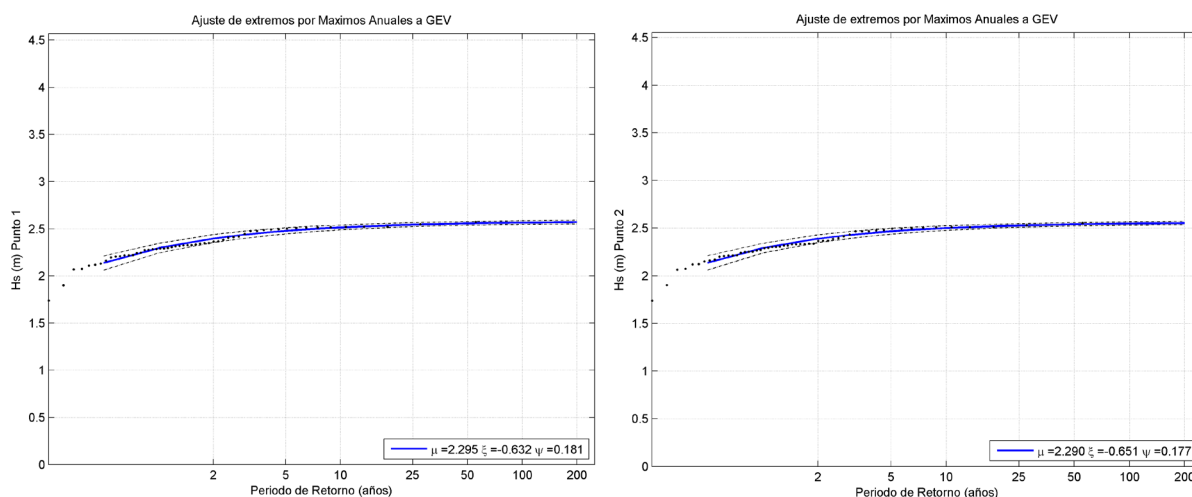


Figura 76 Ajuste de extremos de Hs mediante la función de distribución GEV para los nodos 1 (izq.) y 2 (dcha.).

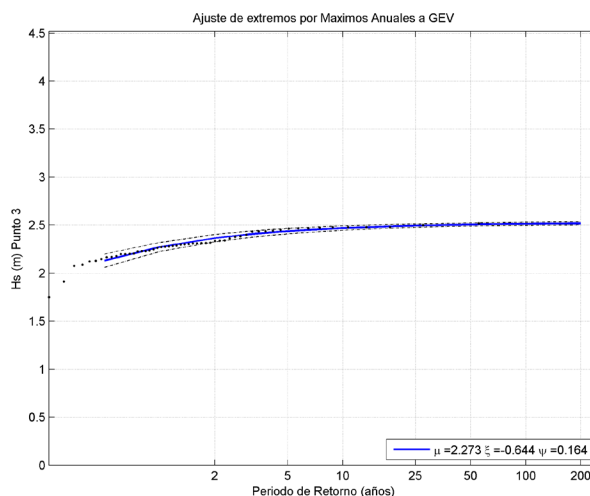


Figura 77 Ajuste de extremos de Hs mediante la función de distribución GEV para el nodo 3

Dados estos ajustes de los datos extremos, las alturas de ola de diseño en cada uno de los nodos para los diferentes periodos de retorno contemplados, 68, 143 y 238 años, son:

NODOS	RÉGIMEN EXTREMAL ESCALAR ($T_R = 68$ años)			
	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	Hs (m)
1	2,295	0,181	-0,632	2,56
2	2,29	0,177	-0,651	2,54
3	2,273	0,164	-0,644	2,51

Tabla 34. ...Alturas de ola escalares en la costa asociadas a un T_R de 68 años.

NODOS	RÉGIMEN EXTREMAL ESCALAR ($T_R = 143$ años)			
	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	Hs (m)
1	2,295	0,181	-0,632	2,57
2	2,29	0,177	-0,651	2,55
3	2,273	0,164	-0,644	2,52

Tabla 35. ... Alturas de ola escalares en la costa asociadas a un T_R de 143 años.

NODOS	RÉGIMEN EXTREMAL ESCALAR ($T_R = 238$ años)			
	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	Hs (m)
1	2,295	0,181	-0,632	2,57
2	2,29	0,177	-0,651	2,55
3	2,273	0,164	-0,644	2,52

Tabla 36. ... Alturas de ola escalares en la costa asociadas a un T_R de 238 años.

7.4.2.4 Régimen extremal direccional

Discretizando la serie SIMAR&WANA interpolada en cada uno de los nodos a lo largo del borde litoral en estudio, en función de los diferentes sectores direccionales de procedencia del oleaje desde aguas profundas (NNE, NE, ENE, E y ESE), y ajustando los máximos anuales de cada uno de estos sectores a la función de distribución GEV, se obtienen, a partir de los parámetros de ajuste, las alturas de ola de diseño, por nodo y dirección, asociadas a los periodos de retorno de diseño de 68, 143 y 238 años. Los resultados obtenidos se presentan en las tablas siguientes.

NODO 1 ("PLAYA DE TERRANOVA- RÍO VEDAT")				
Direcciones	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	Hs (m)
NNE	1,609	0,453	-0,447	2,47
NE	2,285	0,195	-0,66	2,56
ENE	1,425	0,315	-0,156	2,40
E	0,985	0,308	-0,07	2,11
ESE	0,52	0,123	0,137	1,22

Tabla 37. ... Alturas de ola en la costa asociadas a un T_R de 68 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo 1.

NODO 2 ("RÍO VEDAT - RÍO RACONS")				
Direcciones	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	Hs (m)
NNE	1,63	0,455	-0,471	2,46
NE	2,279	0,192	-0,68	2,55
ENE	1,428	0,311	-0,188	2,33
E	0,997	0,309	-0,075	2,11

NODO 2 ("RÍO VEDAT - RÍO RACONS")				
Direcciones	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	H_s (m)
ESE	0,52	0,123	0,16	1,26

Tabla 38. Alturas de ola en la costa asociadas a un TR de 68 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo 2.

NODO 3 ("RÍO VEDAT - RÍO RACONS")				
Direcciones	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	H_s (m)
NNE	1,637	0,452	-0,497	2,43
NE	2,262	0,177	-0,672	2,51
ENE	1,423	0,311	-0,181	2,34
E	0,963	0,296	-0,051	2,08
ESE	0,493	0,116	0,155	1,18

Tabla 39. Alturas de ola en la costa asociadas a un TR de 68 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo 3.

NODO 1 ("PLAYA DE TERRANOVA- RÍO VEDAT")				
Direcciones	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	H_s (m)
NNE	1,609	0,453	-0,447	2,51
NE	2,285	0,195	-0,66	2,57
ENE	1,425	0,315	-0,156	2,51
E	0,985	0,308	-0,07	2,28
ESE	0,52	0,123	0,137	1,39

Tabla 40. Alturas de ola en la costa asociadas a un TR de 143 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo1.

NODO 2 ("RÍO VEDAT - RÍO RACONS")				
Direcciones	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	H_s (m)
NNE	1,63	0,455	-0,471	2,50
NE	2,279	0,192	-0,68	2,55
ENE	1,428	0,311	-0,188	2,43
E	0,997	0,309	-0,075	2,28
ESE	0,52	0,123	0,16	1,45

Tabla 41. Alturas de ola en la costa asociadas a un TR de 143 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo2.

NODO 3 ("RÍO VEDAT - RÍO RACONS")				
Direcciones	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	H_s (m)
NNE	1,637	0,452	-0,497	2,47
NE	2,262	0,177	-0,672	2,52
ENE	1,423	0,311	-0,181	2,44
E	0,963	0,296	-0,051	2,26
ESE	0,493	0,116	0,155	1,36

Tabla 42. Alturas de ola en la costa asociadas a un TR de 143 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo3.

NODO 1 ("PLAYA DE TERRANOVA - RÍO VEDAT")				
Direcciones	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	Hs (m)
NNE	1,609	0,453	-0,447	2,53
NE	2,285	0,195	-0,66	2,57
ENE	1,425	0,315	-0,156	2,58
E	0,985	0,308	-0,07	2,38
ESE	0,52	0,123	0,137	1,52

Tabla 43. Alturas de ola en la costa asociadas a un TR de 238 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo1.

NODO 2 ("RÍO VEDAT - RÍO RACONS")				
Direcciones	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	Hs (m)
NNE	1,63	0,455	-0,471	2,52
NE	2,279	0,192	-0,68	2,55
ENE	1,428	0,311	-0,188	2,49
E	0,997	0,309	-0,075	2,38
ESE	0,52	0,123	0,16	1,60

Tabla 44. Alturas de ola en la costa asociadas a un TR de 238 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo2.

NODO 3 ("RÍO VEDAT - RÍO RACONS")				
Direcciones	Localización (μ)	Escala (Ψ)	Forma (ξ)	Hs (m)
NNE	1,637	0,452	-0,497	2,49
NE	2,262	0,177	-0,672	2,52
ENE	1,423	0,311	-0,181	2,50
E	0,963	0,296	-0,051	2,38
ESE	0,493	0,116	0,155	1,49

Tabla 45. Alturas de ola en la costa asociadas a un TR de 238 años por dirección de procedencia del oleaje. Nodo3.

8 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

El Transporte Litoral de sedimentos está compuesto por las componentes normal y paralela del transporte, que reciben los nombres de Transporte Transversal y Transporte Longitudinal, respectivamente.

El principal motor de este transporte litoral es el oleaje y los fenómenos asociados al mismo, que junto al medio físico del entorno (batimetría, contornos laterales, acantilados, etc.) y la fuente principal del sedimento y características morfológicas y granulométricas de éste, definen la morfología de las playas.

A pesar de que el transporte normal a la costa puede mover grandes cantidades de arena, las distancias de transporte son cortas y los sedimentos son recuperables cuando dejan de actuar los oleajes más intensos causantes de su movimiento, siempre y cuando éstos no hayan salido de la unidad fisiográfica.

Es el transporte a lo largo de la costa o transporte longitudinal, el proceso costero más importante en el control de la morfología de las playas, pues es responsable de la migración de sedimentos a grandes distancias de su lugar de origen y determina en gran parte los periodos de erosión, acreción, o estabilización de la costa³, siendo su estudio el objeto del presente apartado.

Para la estimación del transporte de sedimentos en el área de estudio se emplea el método de Evolución de la línea de costa (ELC), a partir de los resultados del apartado 6 de este mismo documento.

A continuación, se presenta la metodología seguida para la aplicación de los diferentes modelos, sus resultados y unas conclusiones de diagnóstico en base a los citados resultados.

8.1 METODOLOGÍA

Para la determinación de las tasas de transporte neto se ha llevado a cabo la segmentación de la línea de orilla cada 300 m, resultando un total de 18 subtramos en cada uno de los cuales se ha llevado a cabo un balance sedimentario, teniendo en cuenta la variación de volumen experimentada por la costa y las entradas y salidas al subtramo. El balance se ha llevado a cabo cada dos años consecutivos del periodo de estudio (1956-2012).

La determinación de la ley de transporte cada 300 metros de costa permite acotar espacialmente la zona dónde se anula el transporte neto e invierte su sentido. Su análisis evolutivo desde el año 1956 hasta la actualidad muestra dónde se han producido históricamente las mayores erosiones, cómo ha sido su progresión espacial y temporal y permite valorar la eficacia de las actuaciones costeras llevadas a cabo.

Los resultados de transporte obtenidos en los 18 subtramos se han agrupado en 2 tramos, cuyos límites son las discontinuidades en la línea de costa, tales como encauzamientos o desembocaduras, espigones o instalaciones portuarias, con la finalidad de obtener una visión simplificada de la tendencia global de tramos más extensos de costa (Tabla 46).

³ Coastal Engineering Manual (CEM). USACE

TRAMOS	TRANSECTOS
Pto Oliva - Río Vedat	T1 a T10
Río Vedat - Río Racons	T11 a T18

Tabla 46. Correspondencia tramos-transectos para el análisis de transporte

Para laminar posibles errores que quedan implícitos en la metodología de restitución de la línea de orilla, los resultados de transporte se presentan promediados en los 5 intervalos temporales siguientes: (1) 1956-1972; (2) 1972-1981, (3) 1981-1996, (4) 1996-2006 y, por último (5) 2006-2012. Los valores de transporte promediados temporalmente se consideran representativos de su valor medio.

8.2 ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA

Como parte previa del análisis se identifican las posibles entradas y salidas de sedimento al sistema.

- Entradas al sistema: (1) Material que viaja en dirección NW-SE desde la costa de Gandía, (2) Material procedente de la erosión de los acantilados y plataformas de abrasión y fondos rocosos frente a la costa de Denia, (3) Aportes de origen fluvial, (4) Aportes de origen antrópico y (5) Volumen procedente de la erosión de los sistemas dunares.
- Salidas del sistema: (1) Pérdidas transversales y (2) Extracciones antrópicas en playas y cauces.

Merece especial atención el hecho de que el balance de transporte cuantifica únicamente el volumen movilizado en sentido longitudinal a la costa, no incluyendo, por tanto, las pérdidas de sedimentos que pueden tener lugar transversalmente

En los siguientes apartados se detallan y cuantifican los parámetros que intervienen en el balance sedimentario.

8.2.1 Material transportado desde la costa de Gandía

La condición de contorno inicial del balance sedimentario al primer subtramo de estudio la constituye el material que viaja sentido NW-SE y alcanza el puerto de Oliva desde las costas de Gandía. Para establecer el valor del transporte medio anual en el puerto de Oliva se adopta como referencia el valor estimado en el “*Estudio de Soluciones para la recuperación del tramo de costa situado entre la desembocadura del río Serpis y el puerto de Oliva (Valencia)*”, elaborado en el año 2012 por HIDTMA para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar.

La metodología de determinación de las tasas de transporte, mediante estudio de las variaciones históricas de la posición de la orilla y la aplicación del modelo numérico LITPACK se considera adecuada y suficientemente precisa. Los valores de transporte oscilan entre 15.000 y 20.000 m³/año en la costa comprendida entre el puerto de Gandía y el puerto de Oliva, más próximas a 15.000 m³/año en el último sector más próximo al puerto de Oliva. Este valor se ve incrementado hasta 20.000-38.000 m³/año cuando se modeliza el transporte mediante el software LITPACK.

Con la referencia anterior, el presente estudio considera con anterioridad a la construcción del puerto de Oliva (1980-1981) y tras su saturación, a finales de los años 80, y hasta la actualidad, una tasa de transporte medio de 15.000 - 20.000 m³/año. En el periodo intermedio (1980-1986) se ha modelizado la progresiva saturación de los diques del puerto.

8.2.2 Aportes de origen fluvial

Del análisis de los sistemas de explotación, cuyo funcionamiento ha repercutido, o repercute en la actualidad, en el volumen de sedimentos de origen fluvial que accede al sistema litoral se concluye que la única cuenca cuyos aportes puede tener relevancia en la dinámica costera entre Oliva y Denia, es la del Río Girona, cuyas aguas desembocan en la costa de Denia.

El volumen final de aportes de origen fluvial que interviene en el balance sedimentario marino está directamente relacionado con los episodios de lluvia torrencial y las características de longitud y pendiente del cauce, junto con la orografía y naturaleza del terreno por el que discurre. Esta cuenca no regulada es la responsable de entradas de origen fluvial al entorno litoral, fuente de sedimentos para la constitución de playas y dunas.

El volumen que potencialmente puede acceder al balance litoral desde esta cuenca es de unos 3.720 m³/año, por lo que se concluye que la capacidad de arrastre de sedimentos del río Girona, alimentado por los procesos erosivos del lecho y taludes de su cauce, ha sido, y es relevante en el funcionamiento de la dinámica marina del litoral Oliva.

8.2.3 Aportes de origen antrópico

En el punto 6 de Evolución Histórica de la línea de costa se dedica un apartado a la descripción de las actuaciones llevadas a cabo en el litoral de Oliva a lo largo de todo el periodo de estudio. Por lo tanto, este apartado se limita a resumir en una tabla el histórico de actuaciones y aportaciones/extracciones llevadas a cabo cronológicamente en el tramo de estudio. Esta información fue proporcionada por la Demarcación de Costas de Valencia y el Servicio Provincial de Costas de Alicante con objeto del "Estudio de soluciones de la actuación de recuperación del tramo de costa entre los Puertos de Oliva y Denia (provincias de Alicante y Valencia)" (Iberport, 2012).

Estas actuaciones y el periodo histórico en el que ocurrieron se tienen en cuenta a la hora de interpretar los resultados en los periodos temporales en los que se obtendrán tasas de transporte finales promediadas.

A modo resumen, en el siguiente cuadro se muestra el balance de aportaciones y extracciones, tanto de origen fluvial como antrópico, que se incorpora por tramo y período en el balance de transporte, en relación con la zona estudiada.

Intervalos de tiempo	APORTES Y EXTRACCIONES (m ³ /año)	
	Pto Oliva - Río Vedat	Río Vedat - Río Racons
1956 1972	0	0
1972 1981	0	0
1981 1986	1600	0
1986 1990	0	0
1990 1992	0	0
1992 1994	39210	0
1994 1996	0	0
1996 1998	0	0
1998 2000	1500	0
2000 2006	3000	0

Intervalos de tiempo	APORTES Y EXTRACCIONES (m ³ /año)	
	Pto Oliva - Río Vedat	Río Vedat - Río Racons
2006 2007	3000	0
2007 2009	13800	0
2009 2012	3600	0

Tabla 47. Aportaciones-Extracciones de origen fluvial y antrópico, por tramo y período.

8.2.4 Volumen procedente de erosión dunar

Para cuantificar el volumen procedente de la erosión de los cordones dunares como consecuencia de la regresión de la línea de costa o de la ocurrencia de eventos de temporal, se ha realizado una identificación visual de los cordones dunares existentes partiendo de las fotografías históricas aéreas en el periodo de estudio que ha sido completada con la información de la línea de pie de duna más reciente (2012) proporcionada por el Servicio Provincial de Costas de Valencia.

Las fotografías aéreas de los años 1956 y 1972 aportan una información muy valiosa por reflejar el estado más originario de los sistemas dunares, anterior al inicio de las actuaciones costeras y a los mayores procesos de ocupación litoral. Sin embargo, la interpretación de las mismas presenta limitaciones ya que se trata de fotografías en blanco y negro a una escala elevada (año 1956 a escala 1:33.000 y año 1972 a escala 1:18.000).

Como resultado de la inspección visual de las fotografías en el periodo temporal de estudio (1956-2012), se produjo en la costa de Oliva un fenómeno de degradación dunar.

Del análisis se han identificado un total de 2 sistemas dunares, los dos primeros continuos y el último de ellos ya discontinuo en el inicio del estudio: (1) Cordón dunar limitado por el barranco de Alfadali y el río Vedat [T4 a T10], (2) Cordón dunar que se extiende desde este último río hasta la desembocadura del río Racons [T11 a T18]

La variación de volumen dunar erosionado se ha estimado, medida desde su pie, entre los años que limitan cada periodo de estudio. La cubicación se ha realizado considerando una cota de coronación de los cordones en el año inicial de medición (año 1956) de +5,00 m, y una cota de pie de duna de +2,50 m.

Como sedimento que entra a formar parte de la dinámica de transporte, los volúmenes erosionados se han incorporado al sistema en el periodo y subtramo correspondiente. Considerando que la duna se ha erosionado uniformemente, el reparto en los subtramos se ha realizado de la misma manera.

Las tablas siguientes incluyen los volúmenes de erosión dunar resultantes de la medición en cada uno de los periodos de estudio.

	Cordón dunar bco. Alfadalí - río Vedat		
PERIODOS	ΔS (m2)	ΔV (m3)	ΔV (m3/año)
1956-1972	0	0	0
1972-1981	0	0	0
1981-1986	0	0	0
1986-1990	0	0	0
1990-1992	1585	-1981	-991
1992-1994	0	0	0
1994-1996	8192	-10240	-5120
1996-1998	7660	-9575	-4788
1998-2006	1811	-2264	-283
2006-2007	626	-783	-391
2007-2009	0	0	0
2009-2012	1106	-1383	-461

Tabla 48. Variación de superficie de cordón dunar y volúmenes de erosión estimados. Tramo Barranco de Alfadalí-río Vedat

	Cordón dunar río Vedat- río Racons		
PERIODOS	ΔS (m2)	ΔV (m3)	ΔV (m3/año)
1956-1972	0	0	0
1972-1981	10059	-12574	-1397
1981-1986	7009	-8761	-1752
1986-1990	0	0	0
1990-1992	1664	-2080	-1040
1992-1994	4366	-5458	-2729
1994-1996	4925	-6156	-3078
1996-1998	378	-472	-236
1998-2006	4706	-5883	-735
2006-2007	1442	-1802	-901
2007-2009	0	0	0
2009-2012	1147	-1434	-478

Tabla 49. Variación de superficie de cordón dunar y volúmenes de erosión estimados. Tramo río Vedat-río Racons

En el primer cordón, afectado inicialmente por el núcleo urbano de Oliva y su paseo marítimo, no se observan erosiones hasta el periodo 1990-1992. Hasta este momento el deterioro del cordón desde el barranco de Alfadalí hasta el río Vedat se atribuye únicamente al desarrollo urbanístico en el litoral. En el año 1993 se llevó a cabo la regeneración de las dunas en Aiguës Blanques, con vertido de 44.000 m³ de arena. Entre los años 1994-1996 se produjo el mayor retroceso del pie del cordón dunar de este tramo, estimado en unos 10.200 m³. En los años siguientes la regresión de este cordón se estabilizó progresivamente. En el año 2002 se efectuaron tareas de recuperación ambiental de esta zona con vertido de arena de 12.000 m³ para la regeneración dunar.

Al sur del río Vedat la afección de los sistemas dunares tuvo su inicio en el periodo 1972-1981, en el que se obtienen los mayores valores observados de todo el periodo de estudio. En el segundo cordón, comprendido entre las desembocaduras del río Vedat y el río Racons, se estima en unos 12.000 m³. En el periodo 1990-2006 la regresión de este cordón se situó entre 1.000 y 3.000 m³ anuales y ha seguido esta tendencia hasta la actualidad.

8.3 MODELO DE TRANSPORTE

8.3.1 Planteamiento

Para determinar la ley de transporte en el tramo de estudio se ha realizado el balance sedimentario en los 18 subtramos en los que se ha dividido la costa de Oliva y se han cuantificado las variaciones de la línea de orilla en el periodo 1956-2012 (ver apartado 6 Evolución de la línea de costa).

Para la estimación de la variación de volumen a partir de las variaciones de superficie medidas, se ha considerado una altura del perfil activo de 7,5 m como resultado de sumar a la profundidad de cierre obtenida ($\approx -6,0$ m, ver punto 9.1.2) una altura de la berma media de 1,5 m (ver Tabla 50).

Períodos	$\Delta V_m (m^3)$	
	Pto Oliva-Río Vedat	río Vedat-río Racons
1956-1972	7236	20710
1972-1981	33932	13283
1981-1986	-44750	-19331
1986-1990	40282	10435
1990-1992	23065	-11253
1992-1994	61642	-77070
1994-1996	-14896	38714
1996-1998	60904	76066
1998-2000	88844	25242
2000-2006	-89948	-41600
2006-2007	37898	4221
2007-2009	76356	27755
2009-2012	46562	14292

Tabla 50. Variación de volumen medido anual por tramo y periodo. (Valores positivos acreción y valores negativos erosión)

La Tabla 51 incluye las aportaciones y extracciones que intervienen en el balance.

	APORTES Y EXTRACCIONES (m ³ /año)	
	Pto Oliva-Río Vedat	río Vedat-río Racons
1956-1972	0	0
1972-1981	0	0
1981-1986	1600	0
1986-1990	0	0
1990-1992	-991	0
1992-1994	39210	0
1994-1996	-5120	0
1996-1998	-4788	0
1998-2000	1217	0
2000-2006	3000	0
2006-2007	2609	0
2007-2009	13800	0
2009-2012	3139	0

Tabla 51. Aportes y extracciones totales anuales por tramo y periodo

Se ha empleado la siguiente ecuación de balance para determinar el volumen de salida/entrada (transporte) en cada uno de los tramos:

$$V_{S,i} = V_{S,i-1} + V_{1,i}$$

Siendo:

$V_{S,i}$ es el volumen de salida del tramo i ($m^3/año$).

$V_{1,i}$ es una variable intermedia que tiene en cuenta las aportaciones/extracciones al tramo i y el volumen de sedimento acumulado/erosionado ($V_{m,i}$) en este tramo, medido mediante la metodología de ELC.

Su valor está condicionado por:

$$Si \Delta V < 0 \text{ y } V_{m,i} > \Delta V_i \rightarrow V_{1,i} = \Delta V_i + V_{m,i} ; Si \Delta V > 0 \rightarrow V_{1,i} = -\Delta V_i + V_{m,i}$$

Donde:

$V_{m,i}$ es el volumen de material medido en cada tramo, y ΔV es la variable que considera los aportes y extracciones al sistema y la erosión dunar.

ΔV variable que considera los aportes y extracciones al sistema y la erosión dunar.

La Figura 78 explica de forma esquemática las variables que interviene en la formulación de estimación del balance sedimentario en cada celda de estudio:

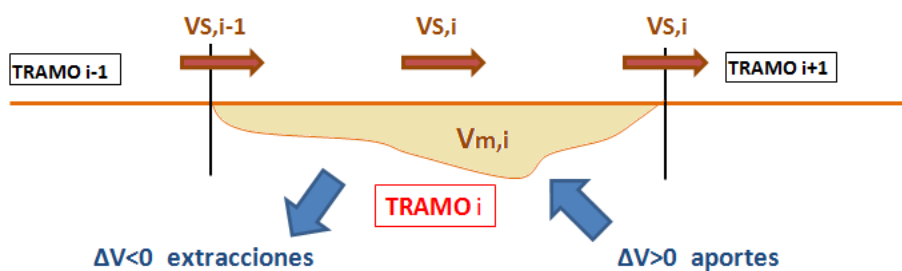


Figura 78 Esquema de cálculo del balance sedimentario en el tramo i

8.3.2 Limitaciones del modelo de transporte

La metodología de cálculo del transporte basada en la evolución de la línea de orilla cuenta con la principal ventaja de contener información muy valiosa de las variaciones históricas de la línea de orilla a lo largo de un extenso periodo temporal que permite obtener una fiel representación del volumen erosionado que es transportado por la dinámica litoral. Los valores de transporte promediados en cada uno de los intervalos finales considerados proporcionan una buena estimación de las tasas medias de transporte en cada uno de los tramos de estudio.

Ahora bien, deben tenerse presentes las siguientes limitaciones implícitas en la metodología del modelo de cálculo:

- Error en la digitalización de la línea de orilla para su restitución por efectos de escala, que puede traducirse en un volumen importante de arenas dada la extensión del área de tratamiento.
- Variabilidad del momento estacional de toma de las fotografías aéreas.
- Suposición de un perfil de playa teórico constante que avanza o retrocede con la línea de orilla.
- Los resultados del balance de sedimentos definido son representativos de las condiciones de transporte medias, debiendo considerarse su variabilidad interanual, tal y como se verá al final del apartado, que permita asignar una banda de confianza del sedimento movilizado.

8.3.3 Resultados del modelo de transporte

Se ha realizado el balance sedimentario en las 64 celdas en dirección NW-SE, de las cuales 18 forman parte de la costa de Oliva objeto de estudio, adoptando como primera celda de cálculo la localizada inmediatamente aguas abajo del puerto de Oliva y como valor de entrada un transporte medio de entre 15.000 y 20.000 m³/año de la zona al norte de éste.

Como resultado se han obtenido los valores de transporte promediado en los tres intervalos temporales siguientes: (1) 1956-1972, (2) 1972-1981, (3) 1956-1981, (4) 1981-1996, (5) 1996-2006 y (6) 2006-2012, considerando como positivo el transporte en dirección NW-SE y negativo cuando se invierte su sentido.

Los dos primeros periodos (1956-1972 y 1972-1981) resultan representativos de las condiciones de transporte más originarias de la línea de orilla, anteriores al inicio de los procesos de ocupación y antropización del litoral. La tendencia de ambos periodos se ha agrupado en el periodo 1956-1981.

Los datos de variación de superficie por año y metro lineal de costa se pueden asemejar al valor medio de erosión o acreción de cada uno los tramos. Los avances y retrocesos de la línea de costa promediados en los mismos intervalos temporales se incluyen en la Tabla 52.

Periodos	ΔS (m ² /año.ml)	
	Pto Oliva-Río Vedat	río Vedat-río Racons
1956-1972	0.3	1.2
1972-1981	1.6	0.8
1956-1981	1.0	1.0
1981-1996	0.0	0.3
1996-2006	3.0	2.1
2006-2012	2.6	0.9

Tabla 52. Avances y retrocesos promediados temporalmente (m²/año.ml)

En la Tabla 53 se incluyen los valores de transporte en términos anuales promediados en los 6 intervalos temporales finales.

Periodos	Transporte (m ³ /año)	
	Pto Oliva-Río Vedat	río Vedat-río Racons
1956-1972	14114	4244
1972-1981	779	-24155
1956-1981	7446	-9956
1981-1996	2605	10214
1996-2006	-6003	-46834
2006-2012	-1746	-26402

Tabla 53. Transporte promediado temporalmente (m³/año).

A continuación, se presentan los resultados gráficos del transporte cada 300 m de costa promediado en los seis intervalos temporales establecidos, lo que permite conocer su evolución espacial y establecer el patrón o ley del transporte a lo largo del frente de estudio. Estos gráficos se presentan para la totalidad del litoral entre Oliva y Denia como unidad fisiográfica completa en la que se emplaza la costa de Oliva objeto de actuación.

■ Periodo 1956-1972

La capacidad de transporte en la costa de Oliva parte de un valor próximo a los 20.000 m³/año. En los primeros 1.500 m de costa se produce la acumulación de sedimentos que se refleja en un ligero descenso de las tasas a valores de transporte en torno a 10.000-15.000 m³/año que se mantienen hasta las proximidades de la desembocadura del río Racons. El tramo T13 al T18 se muestra acumulativo, con tasas de transporte decrecientes que se anulan a unos 500 m del río Racons, invirtiendo su sentido de NW-SE a SE-NW.

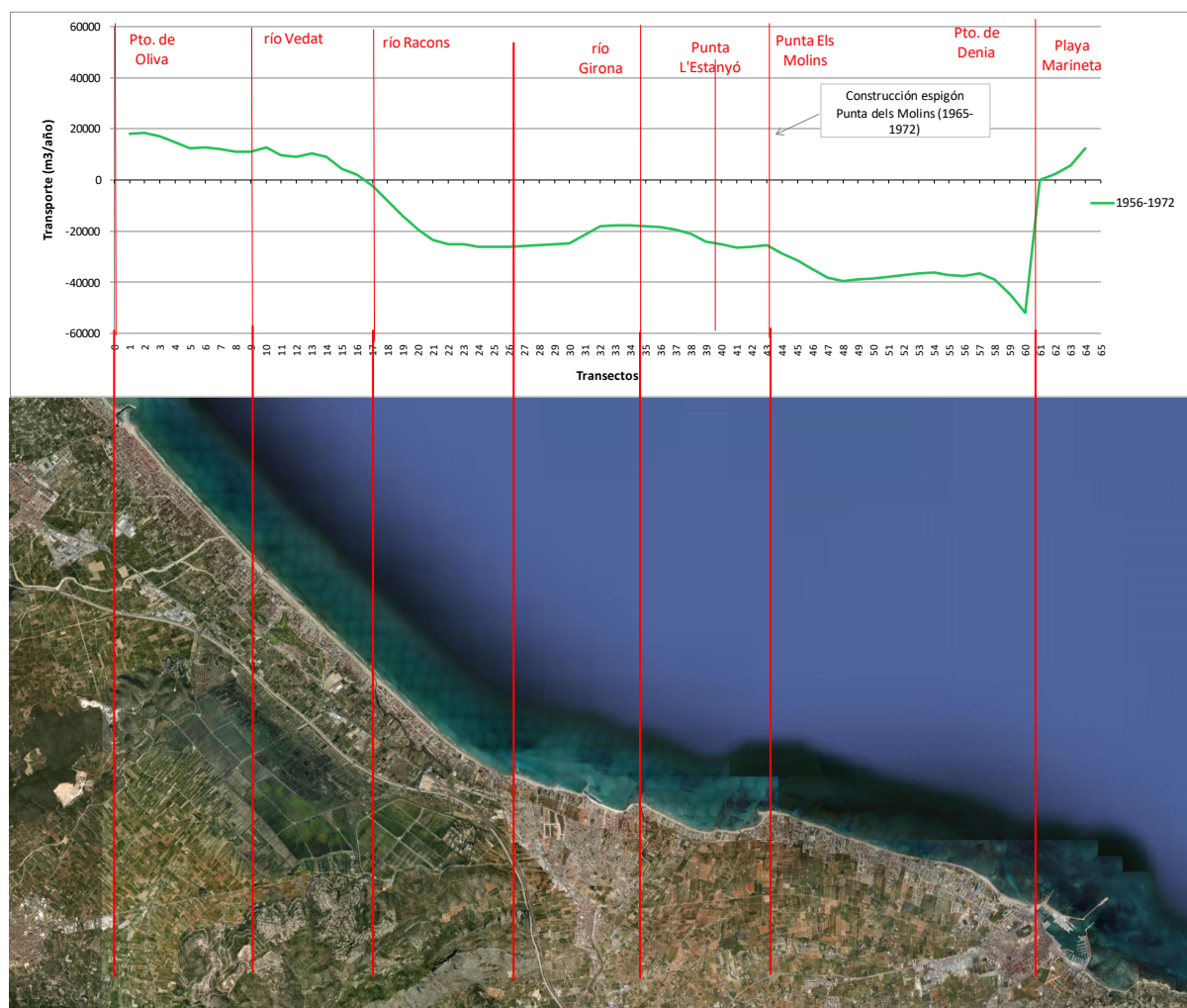


Figura 79 Transporte neto promediado (m³/año) en el periodo 1956-1972

■ Periodo (1972-1981)

La costa de Oliva presenta una clara tendencia acumulativa con transportes que descienden respecto al periodo anterior con tasas por debajo de los 10.000 m³/año. El sentido del transporte se invierte aguas arriba del río Vedat (transecto T6-T7). El proceso acumulativo se propaga desde la costa de Oliva hasta final del tramo estudiado.

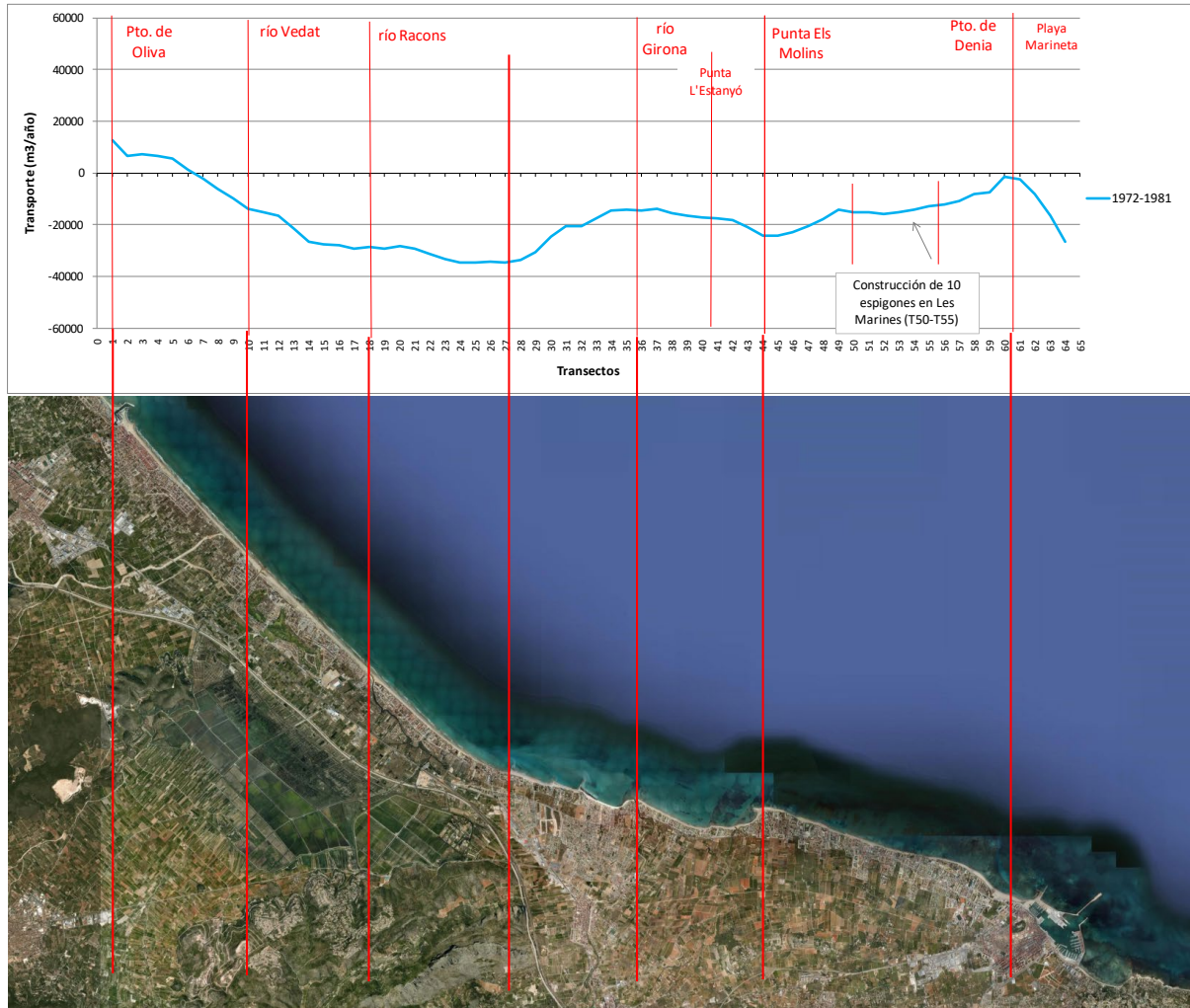


Figura 80 Transporte neto promediado ($m^3/año$) en el periodo 1972-1981

■ Periodo (1956-1981)

Como resumen de la tendencia del frente costero de estudio en el periodo anterior a la ejecución de la mayor parte de actuaciones costeras se muestra la gráfica de valores de transporte en el periodo 1956-1981, que incluye los dos periodos analizados.

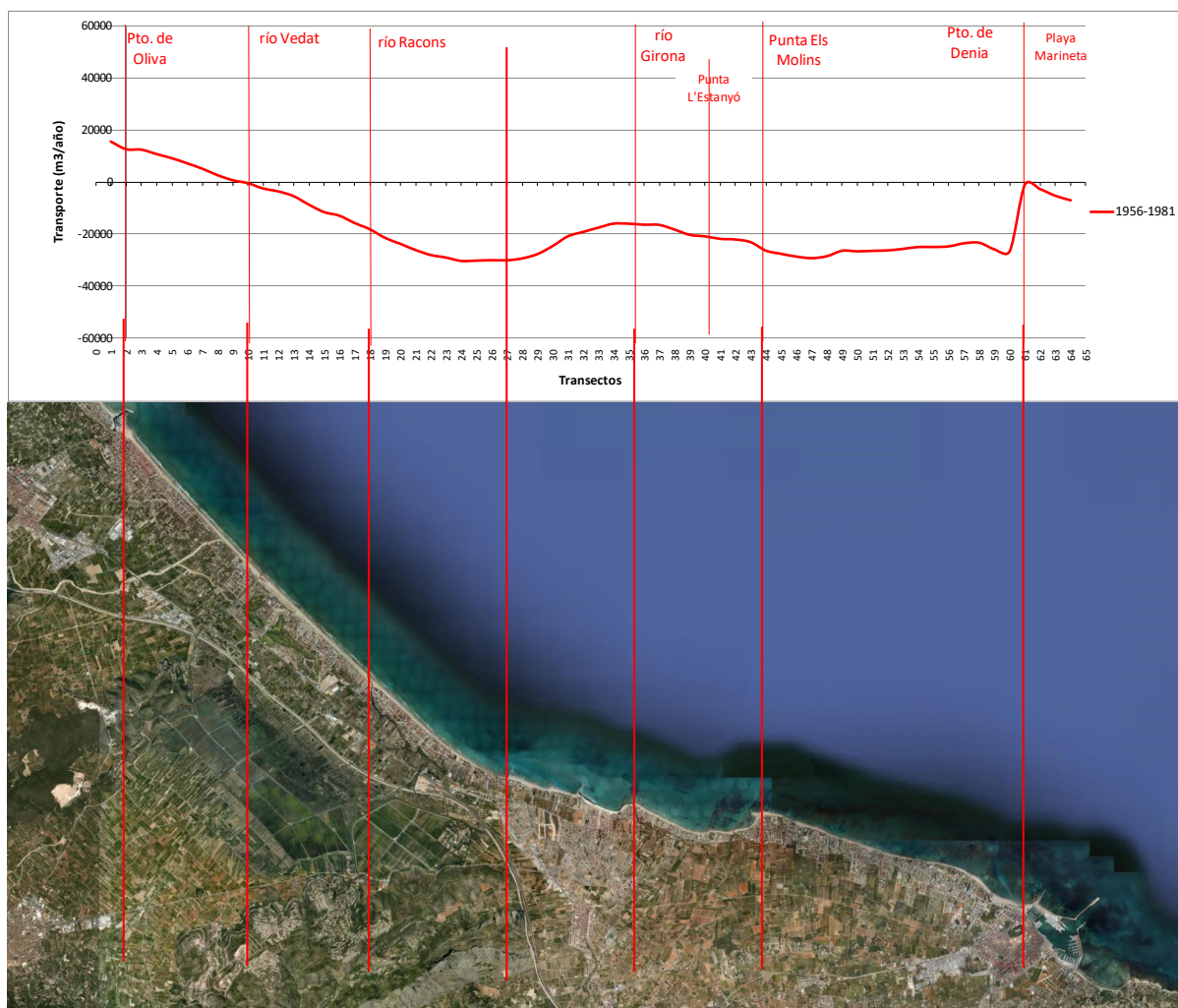


Figura 81 Transporte neto promediado ($\text{m}^3/\text{año}$) en el periodo 1956-1981

Se puede concluir que en el periodo anterior a la década de los 80, la costa de Oliva se manifestaba estable-acumulativa, con tasas de transporte por debajo de los $20.000 \text{ m}^3/\text{año}$ e inversión del sentido de movimiento del sedimento de NW-SE a SE-NW.

■ Periodo (1981-1996)

La fiabilidad de los resultados en este intervalo temporal está limitado por el gran número de actuaciones de ingeniería costera incluidas en este periodo. En Oliva se construyó su puerto y el dique exento adyacente

En el litoral de Oliva se distingue un primer tramo acumulativo por efecto del dique exento y un segundo tramo de carácter erosivo que se inicia aproximadamente a 1 km del puerto y se propaga unos 3 km hasta el transecto T14, a partir del cual se invierte esta tendencia pasando a registrarse acumulaciones que reflejan un descenso del transporte y el cambio del sentido de transporte NW-SE a SE-NW pasada la desembocadura del río Racons, donde se anula. En todo este tramo, desde el puerto de Oliva hasta la punta de L'Estanyó los valores de transporte se sitúan por debajo de $20.000 \text{ m}^3/\text{año}$.

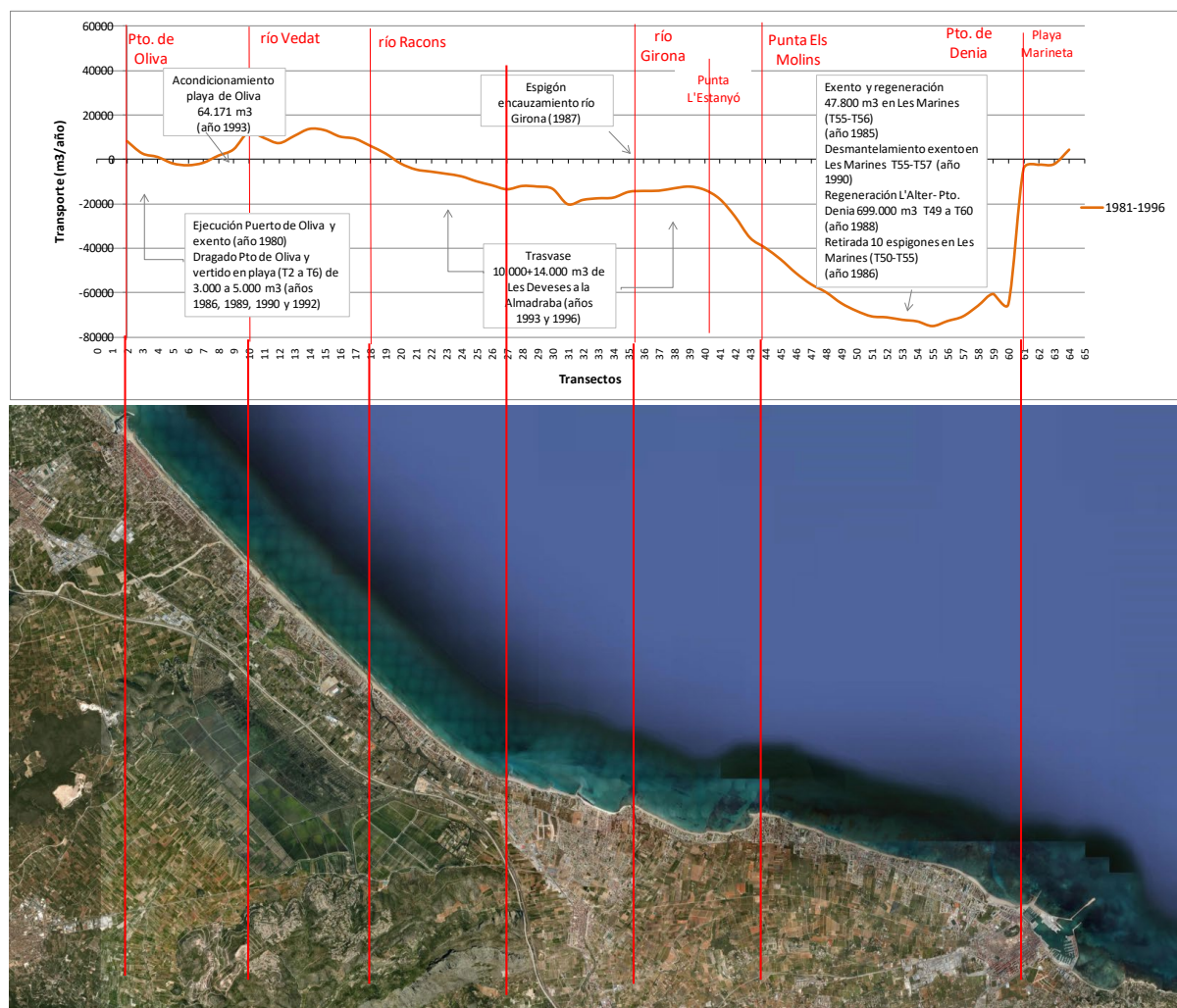


Figura 82 Transporte neto promediado (m³/año) en el periodo 1981-1996

■ **Periodo (1996-2006)**

Se muestra una marcada tendencia acumulativa y se extiende desde el puerto de Oliva hasta el final de los tramos estudiados.

En el periodo 1996-2006 se aprecia un aumento brusco en las tasas de transporte que se atribuye a la variabilidad del clima. En el registro global de datos de la serie SIMAR&WANA calibrada, se identifican un total de 2 situaciones en las que la energía asociada al oleaje es claramente superior a la habitual.

En la Figura 83 se representa el registro de altura de ola en el periodo 1996-2006, donde se observa un número significativo de eventos superiores a una altura de ola umbral del 99.5% de 2.8 m (línea roja en la Figura 83).

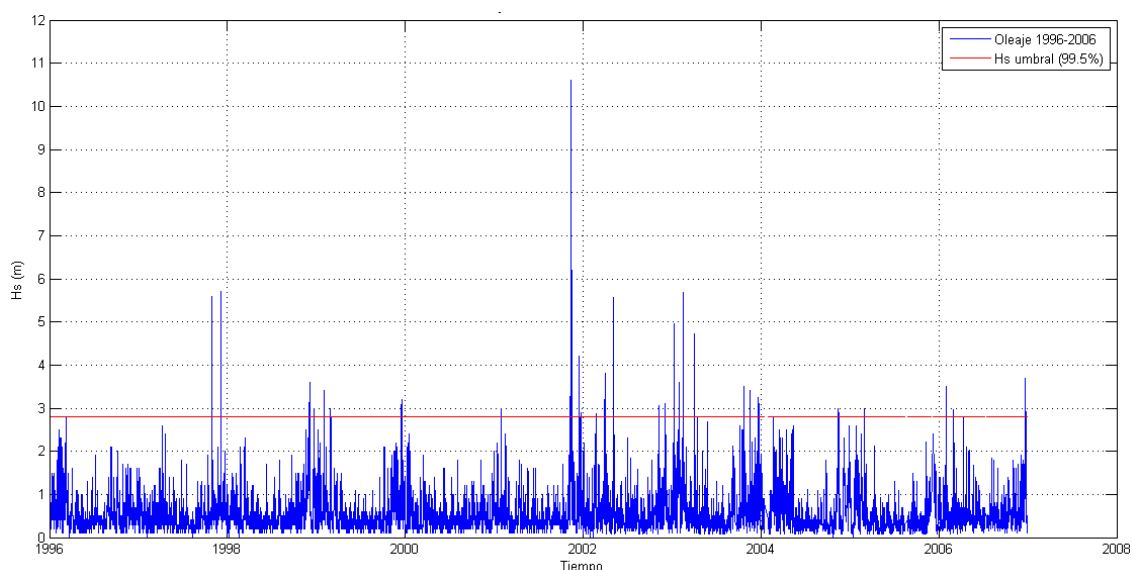


Figura 83 Serie de oleaje SIMAR&WANA en aguas profundas desde 1996 hasta 2006.

De entre ellos, destaca por su intensidad, el temporal ocurrido en noviembre de 2001, el cual puede ser a su vez desglosado en dos eventos independientes dado el intervalo de tiempo transcurrido entre los picos (véase Figura 84), un primer temporal más energético entre los días 10 y 11, y un segundo evento entre los días 15 y 16.

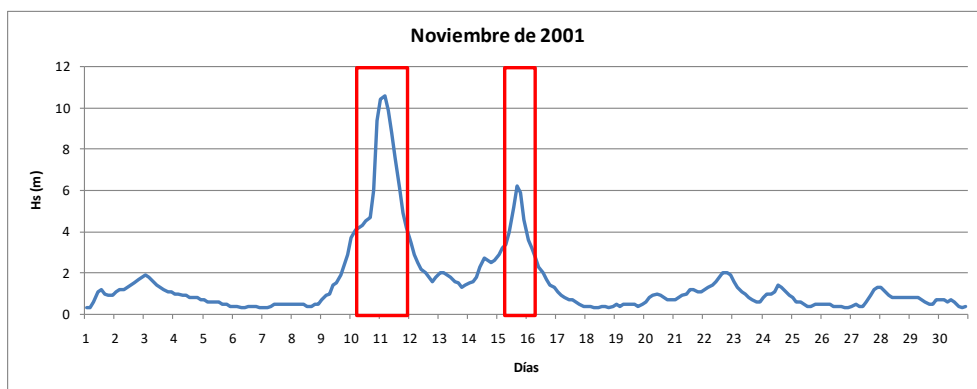


Figura 84 Registro de altura de ola significativa. Temporal de noviembre de 2001.

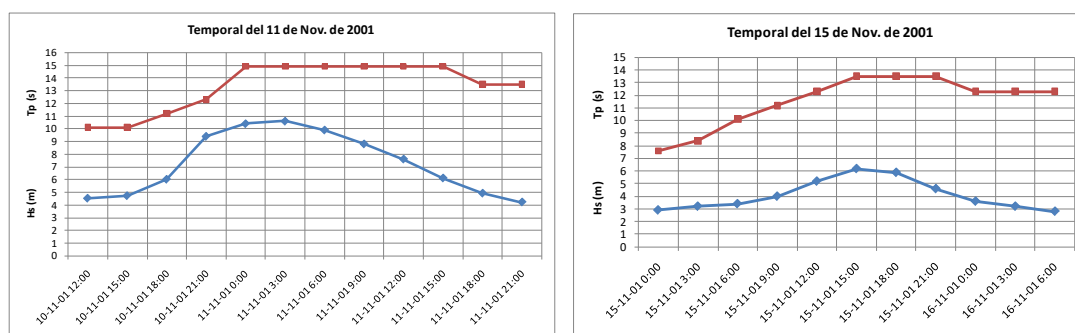


Figura 85 Temporal 11 de noviembre de 2001 (izda.) y Temporal 15 de noviembre de 2001 (dcha.)

TEMPORAL NOVIEMBRE DE 2001	Hs pico (m)	Tp (s)	Duración (h)	DIRECCIÓN (º)	PERIODO DE RETORNO (años)
11/11/2001	10,6	14,9	33	39 (NE)	75
15/11/2001	6,2	13,5	30	39 (NE)	12

Tabla 54. Caracterización de los temporales históricos y periodo de retorno asociado

■ Periodo 2006-2012

El último periodo considerado resulta representativo de las condiciones de transporte actuales del frente costero de Oliva. La ley de transporte manifiesta una tendencia similar a la observada en los periodos anteriores.

En la costa de Oliva la dinámica litoral se dirige hacia el SE en los primeros 1.000 metros, tras los cuales se invierte y viaja en sentido SE-NW. El valor inicial de transporte en el puerto de Oliva se sitúa en torno a 15.000-20.000 m³/año (NW-SE). La costa valenciana presenta un comportamiento acumulativo, desde el puerto de Oliva hasta la desembocadura del Racons, donde la tasa de transporte SE-NW se eleva hasta los 35.000 m³/año.

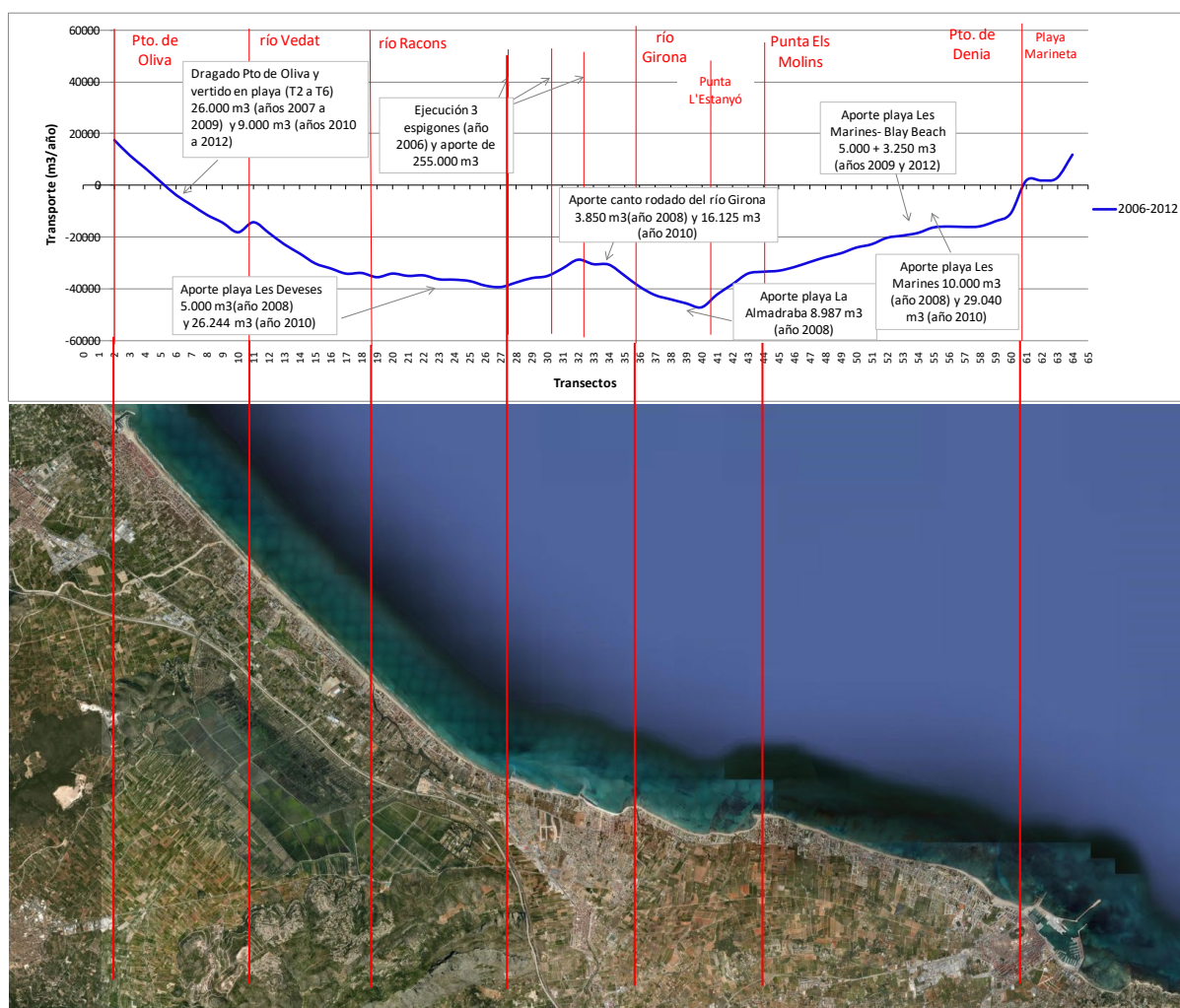


Figura 86 Transporte neto promediado (m³/año) en el periodo 2006-2012

8.4 VARIABILIDAD TEMPORAL DE LAS TASAS MEDIAS DE TRANSPORTE

El objetivo del presente apartado es realizar una estimación de la variabilidad temporal y espacial de las tasas medias de transporte obtenidas mediante el estudio de ELC, como consecuencia de las limitaciones implícitas en la metodología de cálculo a las que se hace referencia en el apartado 8.3.2, la variabilidad del clima y la importancia que presenta la componente transversal de transporte en el frente de estudio.

La dispersión del transporte medio anual se ha estudiado en los 2 tramos de costa incluidos en la Tabla

46 y en los 5 intervalos temporales considerados (1956-1972, 1972-1981, 1981-1996, 1996-2006 y 2006-2012), ajustando los valores de transporte obtenidos cada 300 m de costa a una función de distribución Normal $Q_{ij} \approx N(\mu_{ij}, \sigma_{ij})$, siendo i cada uno de los tramos y j el intervalo temporal considerado.

Los ajustes se realizan mediante el software informático CAROL v1.0.

La dispersión de los valores de transporte promedio se mide a través de la desviación típica estándar σ_{ij} , pudiendo asignar probabilidades a los valores umbral de transporte ($Q_{ij} + \sigma_{ij}$).

Desviación, σ_{ij}	Puerto de Oliva - Río Vedat	Río Vedat - Río Racons
1956-1972	3240	3899
1972-1981	4207	6840
1981-1996	6112	2752
1996-2006	11640	16150
2006-2012	7724	9582

Tabla 55. Desviaciones estándar en los intervalos 1956-1972, 1972-1981, 1981-1996, 1996-2006 y 2006-2012

Las bandas de confianza ($Q_{mij} \pm \sigma_{ij}$) agrupan aproximadamente el 68% de los datos, estando la cota superior del transporte ($Q_{mij} + \sigma_{ij}$) asociada a una probabilidad de no excedencia del 85%.

La mayoría de ajustes presentan coeficientes de correlación R^2 elevados, lo que confirma el acierto en la elección de los periodos finales en los que se dan las tasas de transporte promediadas

Transporte neto $p=85\%$ ($Q_m + \sigma$) ($m^3/año$)		
Intervalos temporales	Puerto de Oliva - Río Vedat	Río Vedat - Río Racons
1956-1972	17354	8143
1972-1981	4986	-17315
1981-1996	8717	12966
1996-2006	5637	-30684
2006-2012	5978	-16820

Tabla 56. Transporte neto asociado a una probabilidad de no excedencia del 85% ($m^3/año$)

Las mayores desviaciones en relación al valor del transporte promediado por tramo de costa y periodo temporal, se producen en los periodos y tramos en que se ejecutaron un mayor número de actuaciones de regeneración de la costa.

A continuación se representan las bandas de confianza con probabilidades de no excedencia de los valores de transporte anuales promediados $p=15\%$ y $p=85\%$.

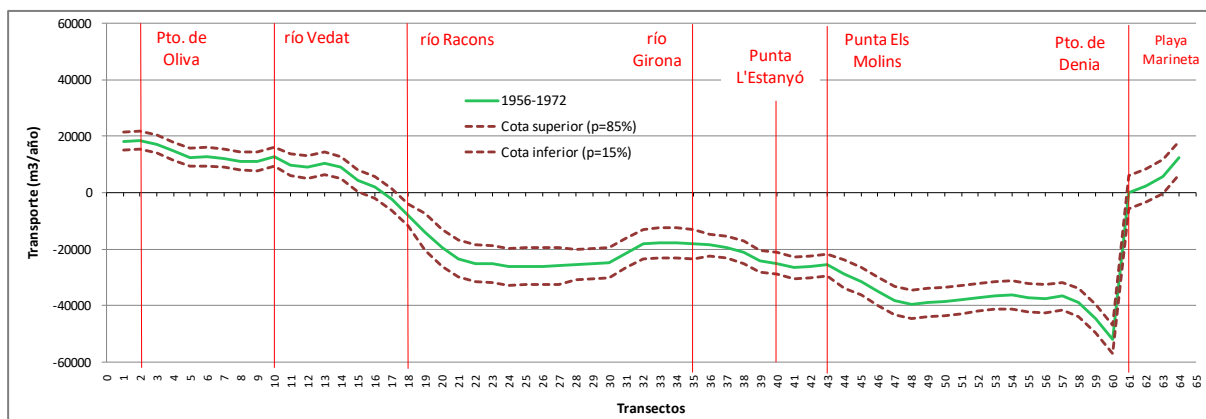


Figura 87 Bandas de dispersión del transporte anual promediado ($p=15$ y 85%). Periodo 1956-1972

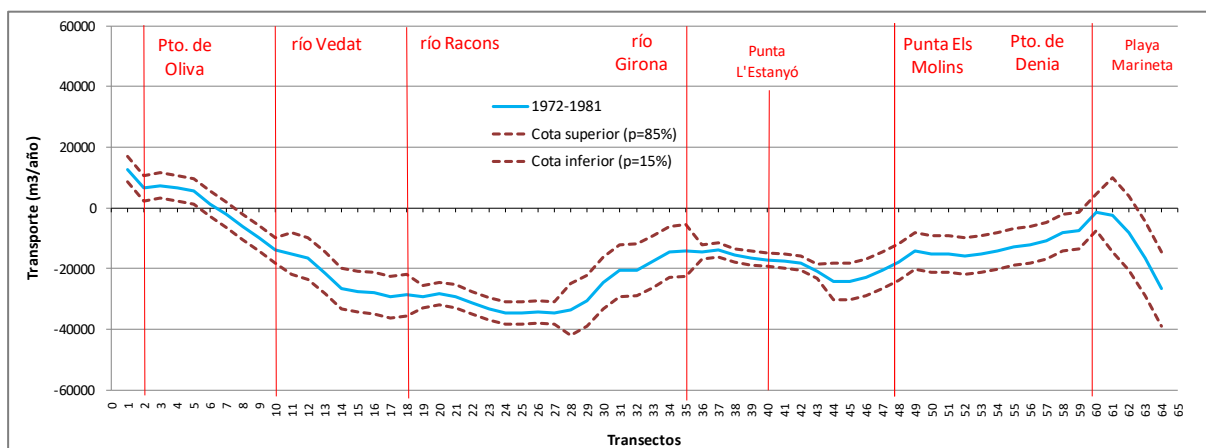


Figura 88 Bandas de dispersión del transporte anual promediado ($p=15$ y 85%). Periodo 1972-1981

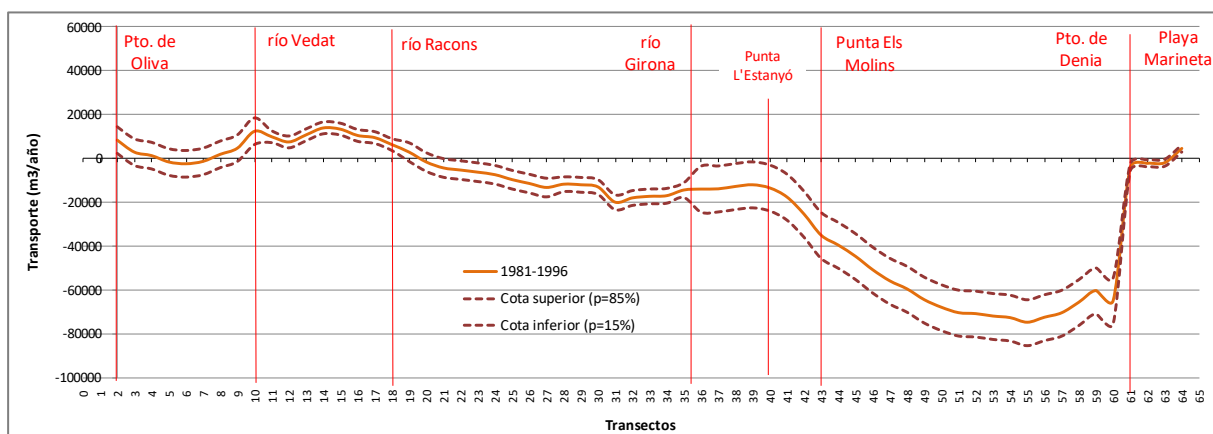


Figura 89 Bandas de dispersión del transporte anual promediado ($p=15$ y 85%). Periodo 1981-1996

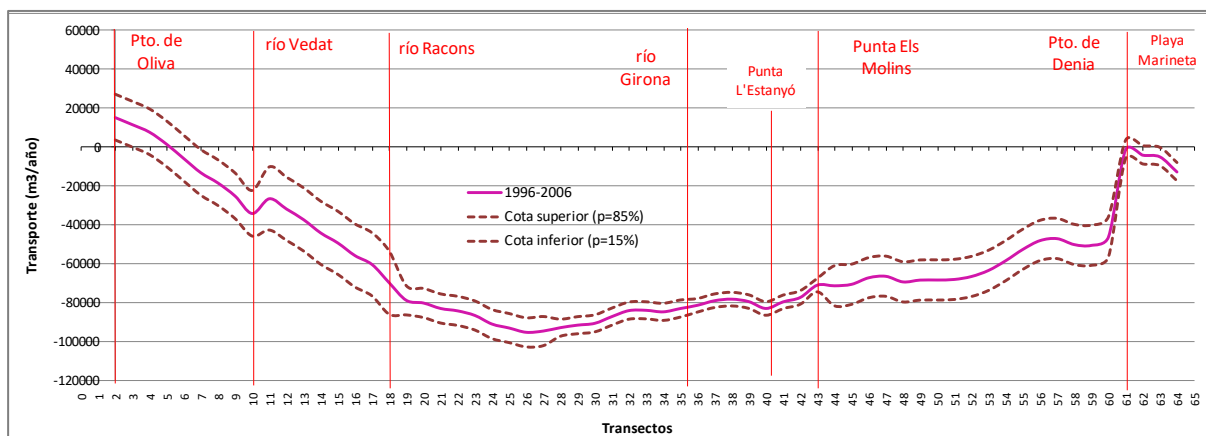


Figura 90 Bandas de dispersión del transporte anual promediado ($p=15$ y 85%). Periodo 1996-2006

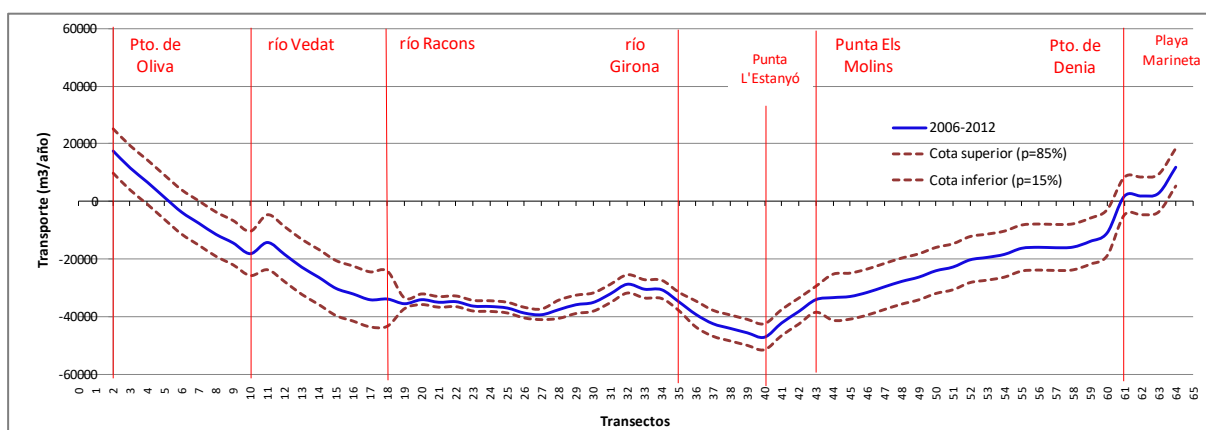


Figura 91 Bandas de dispersión del transporte anual promediado ($p=15$ y 85%). Periodo 2006-2012

De forma contradictoria, en el sector de la costa más próximo al Puerto de Oliva, y de forma más notable en los periodos 1996-2006 y 2006-2012, se obtienen desviaciones elevadas. Esto sucede como consecuencia de la gran variabilidad de las tasas de transporte que pasan de adoptar valores positivos (NW-SE) a negativos (SE-NW) en este tramo, que condiciona el cálculo de su desviación (σ). Sin embargo, los resultados del estudio de evolución histórica de esta zona litoral indican que presenta carácter estable y tendencia acumulativa por lo que el ensanchamiento de la banda de confianza no disminuye la fiabilidad de los resultados de transporte obtenidos.

8.5 CONCLUSIÓN

El sentido del transporte longitudinal de sedimentos, que en la mayor parte del Óvalo Valenciano se produce de norte a sur, NW-SE aguas arriba del Puerto de Oliva (playa de Terranova), se invierte en el litoral de Oliva aguas abajo del puerto, pasando a tomar una dirección SE-NW. La zona en la que se anulan las tasas de transporte neto y se produce el cambio del sentido de transporte es variable de un periodo a otro como consecuencia de la variabilidad del clima, en función de la dirección de los oleajes incidentes en el año medio. Esta zona está acotada entre el transecto T6 (a unos 1.800 m del puerto de Oliva) y el transecto T21 (a 600 m al SE del río Racons), situándose con mayor frecuencia en las proximidades del río Vedat.



Figura 92 Patrón direccional de la dinámica litoral en la costa Oliva-Denia

Existen multitud de evidencias morfológicas a lo largo del litoral de estudio que avalan los resultados anteriores. Recorriendo la costa, de NW a SE, destaca la variabilidad de la dirección en la que se orientan las desembocaduras de los ríos Vedat y Racons, fundamentalmente del primero, a lo largo del periodo de estudio.

Obtenidos del balance sedimentario desde el año 1956 hasta la actualidad permite concluir que la costa de Oliva ha mantenido una tendencia estable-progresiva.

En los primeros años tras la ejecución del puerto de Oliva (1980) la costa de Oliva manifiesta un proceso regresivo, que queda reflejado en el periodo 1981-1996 con erosiones que se propagan más allá de la desembocadura del río Vedat. A finales de la década de los 80 el puerto de Oliva deja de constituir una barrera al transporte longitudinal y vuelve a experimentar un comportamiento acumulativo. En el periodo más reciente, 2006-2012, el material circula con tasas máximas de 20.000 m³/año (NW-SE) del sedimento que viaja por las costas de Gandía y de entre 20.000 y 40.000 m³/año (SE-NW) del procedente de la costa alicantina.



Figura 93 Tasas de transporte neto en el periodo 1956-1981



Figura 94 Tasas de transporte neto en el periodo 2006-2012

9 ANÁLISIS A LARGO PLAZO DE LAS PLAYAS: CONDICIONES DE EQUILIBRIO

9.1 PERFIL DE EQUILIBRIO DE PLAYA

9.1.1 Introducción

Se denomina perfil de equilibrio al perfil final que presenta una playa con un tamaño de grano determinado, expuesta a unas condiciones constantes de oleaje, en el que el balance de fuerzas en cada uno de sus puntos es tal que el transporte neto es nulo, por lo que el perfil no experimenta ningún cambio neto con el tiempo (Larson, 1991).

A lo largo del tiempo, han sido propuestos distintos modelos para la determinación del perfil de equilibrio, siendo el más empleado en la actualidad, y por tanto el utilizado en el presente estudio, el desarrollado por Dean en 1977 a partir de la formulación del perfil de equilibrio de Brunn (1954). Dean ajusta el perfil de una playa a través de una expresión potencial donde la única variable es el parámetro dimensional de forma A, que Dean (1987) definió como una función de la velocidad de caída de grano, la cual se conoce con el nombre de expresión parabólica y es consistente con la hipótesis de que la disipación de energía por unidad de volumen en la zona de rompientes es constante:

$$h = Ax^{2/3} \quad A = Kw_s^{0.44}$$

Donde:

- h: profundidad del agua
- x: distancia desde la costa
- A: parámetro de forma
- w_s : velocidad de caída de grano
- K: constante adimensional

De manera aproximada, y para arenas de densidad $\rho_s=2.65 \text{ tn/m}^3$, la velocidad de caída de grano puede obtenerse a partir del tamaño de grano (D) como:

- $w_s(m/s) = 1.1 \cdot 10^6 D^2(m) \quad D < 0.1 \text{ mm}$
- $w_s(m/s) = 273 D^{1.1}(m) \quad 0.1 < D < 1 \text{ mm}$
- $w_s(m/s) = 4.36 D^{0.5}(m) \quad D > 1 \text{ mm}$

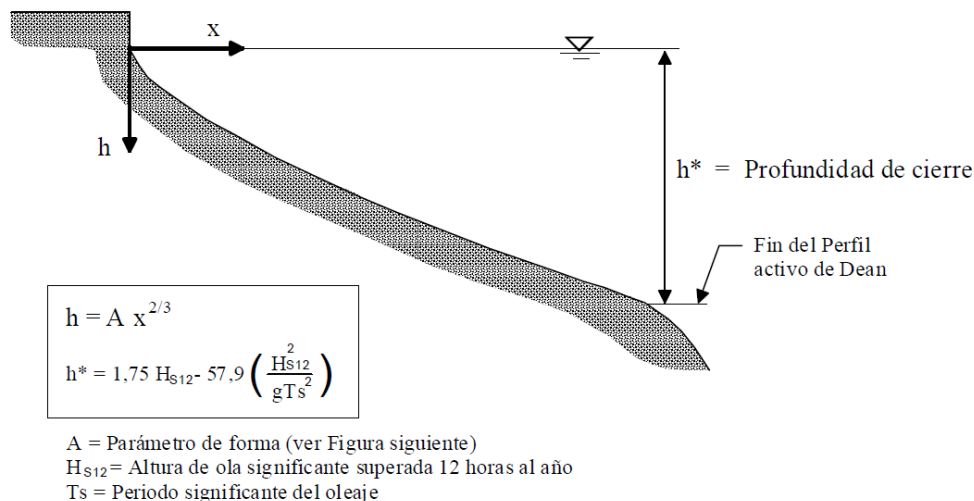


Figura 95 Modelo parabólico de perfil de equilibrio, Dean (1977).

9.1.2 Profundidad de cierre del perfil de playa

La profundidad de cierre del perfil de playa (h^*) ha sido calculada mediante aplicación de las formulaciones teóricas de Hallermeier (1981) y Birkemeier (1985), y posteriormente cotejados los valores obtenidos mediante estudio comparativo de perfiles de playas medidos en campañas de campo en distintas épocas.

9.1.2.1 Estimación teórica

Las formulaciones teóricas empleadas para el cálculo analítico de la profundidad de cierre son:

Hallermeier (1981)

$$h_* = 2.28 \cdot H_{s12} - 68.5 \cdot \left(\frac{H_{s12}^2}{g \cdot T_s^2} \right)$$

Birkemeier (1985)

$$h_* = 1.75 \cdot H_{s12} - 57.9 \cdot \left(\frac{H_{s12}^2}{g \cdot T_s^2} \right)$$

En las formulaciones presentadas, la profundidad hasta la cual se produce el movimiento longitudinal del material, y a partir de la cual las variaciones verticales del perfil a lo largo del tiempo se estabilizan (h_*), es dependiente de las condiciones energéticas del oleaje incidente en la zona de estudio, concretamente de la altura de ola significativa que es superada 12 horas al año, H_{s12} , y su periodo asociado.

La determinación de dicha altura de ola se ha llevado a cabo a partir de la interpolación, mediante la técnica del Hipercubo, de la serie de oleaje SIMAR&WANA (1958-2012) de aguas profundas, en un total de 3 nodos de profundidad reducida frente a la costa objeto de estudio.

La profundidad a la que se han posicionado estos nodos se ha llevado a cabo por un procedimiento de tanteo, hasta hacer converger la profundidad hasta la que se ha propagado la H_{s12} con la profundidad de cierre obtenida. Habiéndose tomado como referencia inicial para su localización la $h^* = -4$ m, recomendada para la fachada litoral valenciana por la ROM 0.3-91 en el “Documento temático de Regeneración de playas” del GIOC y el Ministerio de Medio Ambiente, fueron finalmente situados a una profundidad de -5 m.

Los resultados obtenidos, según Hallermeier y Birkemeier para los distintos nodos, oscilan entre 3,55 y 4,66 m de profundidad, siendo mayores los resultantes de la expresión de Hallermeier que los de Birkemeier. El valor que más se aproxima a la profundidad a la que la H_{s12} propagada ataca al perfil es la obtenida mediante Hallermeier (≈ 5 m).

NODOS				Características del oleaje		Profundidad de cierre (h^*)	
Nº	x	y	z	H_{s12} (m)	T_{p12} (s)	Hallermeier	Birkemeier
1	753445.583	4312319.04	-5	2.19	10.06	4.66	3.55
2	755178.867	4310695.76	-5	2.19	10.02	4.66	3.55
3	756903.665	4309199.04	-5	2.17	10.14	4.64	3.53

Tabla 57. Profundidad de cierre en el tramo de actuación.

9.1.2.2 Estimación empírica

Para constatar la idoneidad de los valores teóricos del cierre obtenidos al comportamiento de los perfiles naturales del terreno, se han aplicado dos metodologías de estudio de los perfiles reales procedentes de las campañas de seguimiento de las playas de “L’Aigua Blanca” y “Les Deveses” en Oliva.

En las campañas de seguimiento de la playas de la Provincia de Valencia, que forman parte de los “Trabajos de topobatimetría en la costa de la provincia de Valencia” realizados por las empresas

Mediterráneo Servicios marinos y Metrocuadratotopografía, se levantaron 3 perfiles (norte, central y sur) transversales a la costa y equidistantes entre sí 500 m, durante diversas campañas de campo efectuadas entre noviembre de 2007 y mayo de 2012.

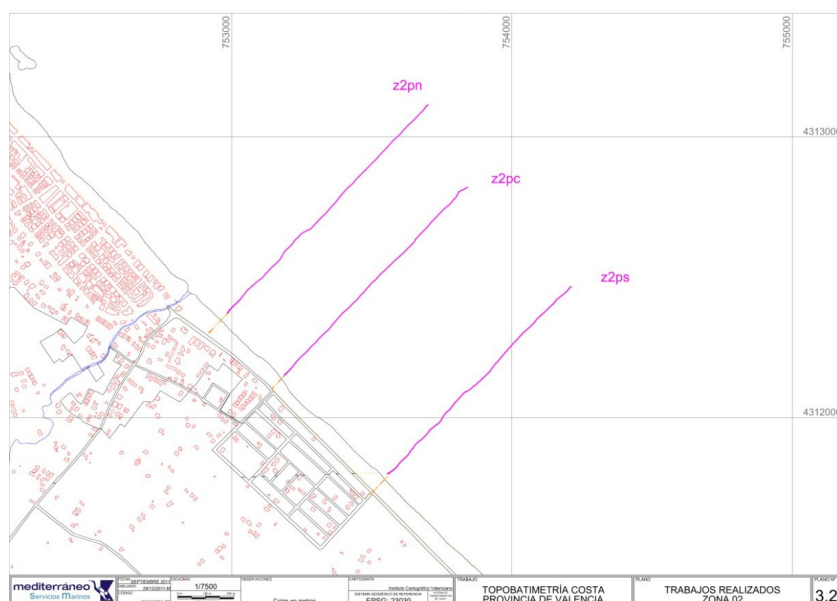


Figura 96 Planta de trazado de perfiles en la Playa de L'Aigua Blanca (Oliva).

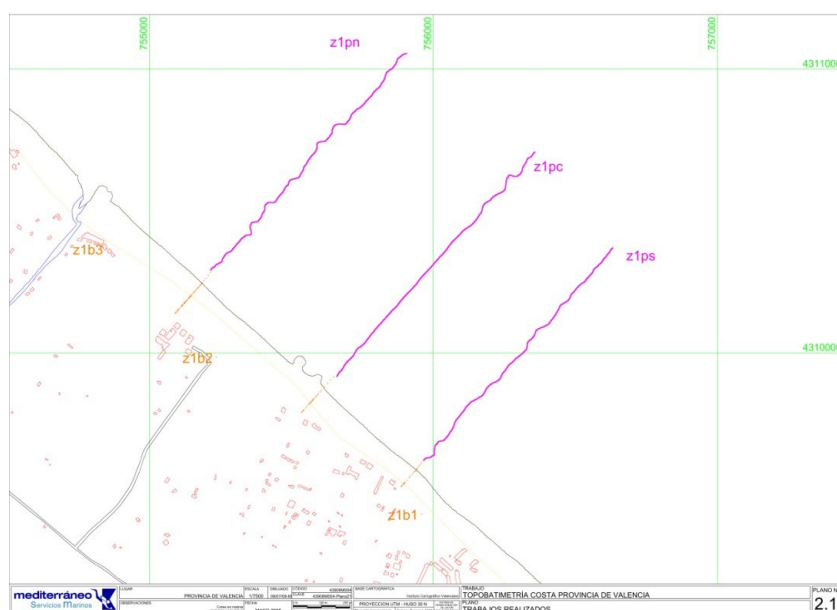


Figura 97 Planta de trazado de perfiles en la Playa de Les Deveses (Oliva).

■ Metodología de variación de H

La comparación de perfiles de distintas épocas permite establecer la profundidad a partir de la cual las variaciones verticales del perfil dejan de ser distinguibles de los errores de medida, correspondiente con la profundidad de cierre del perfil, a partir de la representación gráfica de las diferencias de profundidad (h) existentes entre éstos.

De este modo, las oscilaciones del perfil activo observadas en las playas de Oliva, playas de L'Aigua Blanca (Figuras de la 14 a la 16, se estabilizan entre los 4 y 6 m de profundidad para la mayor parte de las campañas de seguimiento contrastadas, a excepción de la comparativa entre octubre de 2009 y

junio de 2010 en que éstas no se atenúan hasta los -7 m.

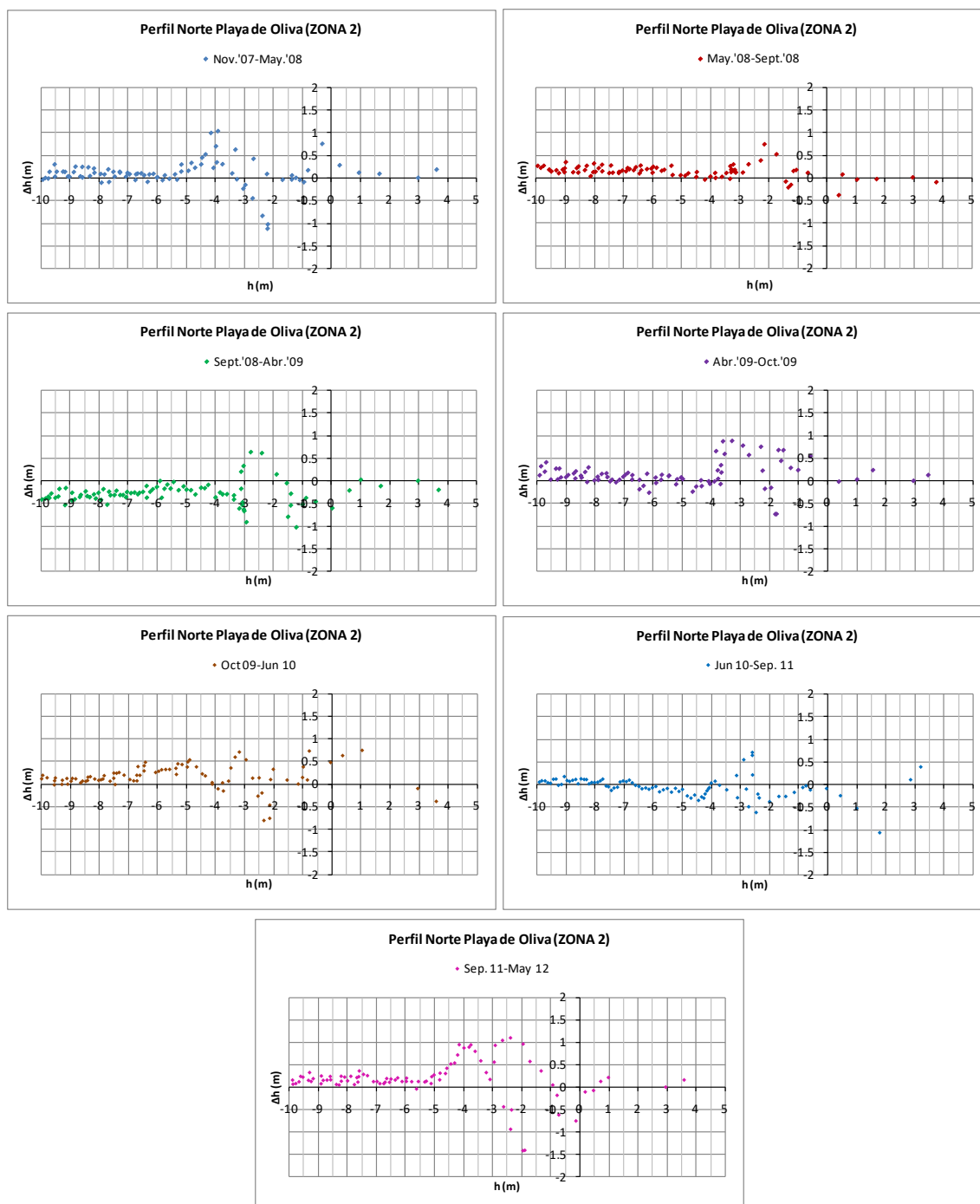


Figura 98 Variación de la profundidad (Δh) del perfil norte de la playa de l'Aigua Blanca nov'07 a mayo'12.

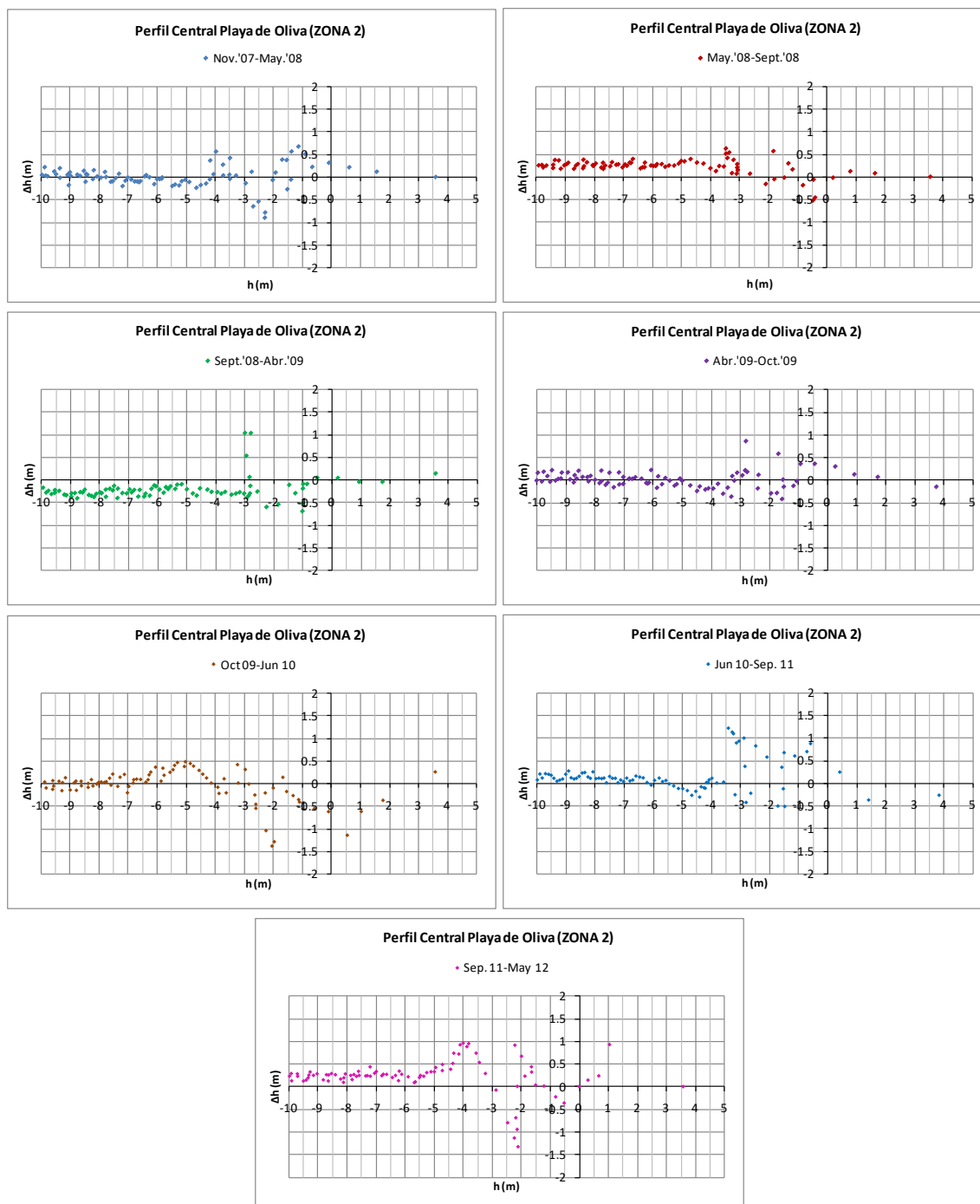


Figura 99 Variación de la profundidad (Δh) del perfil central de la playa de l'Aigua Blanca nov'07 a mayo'12.

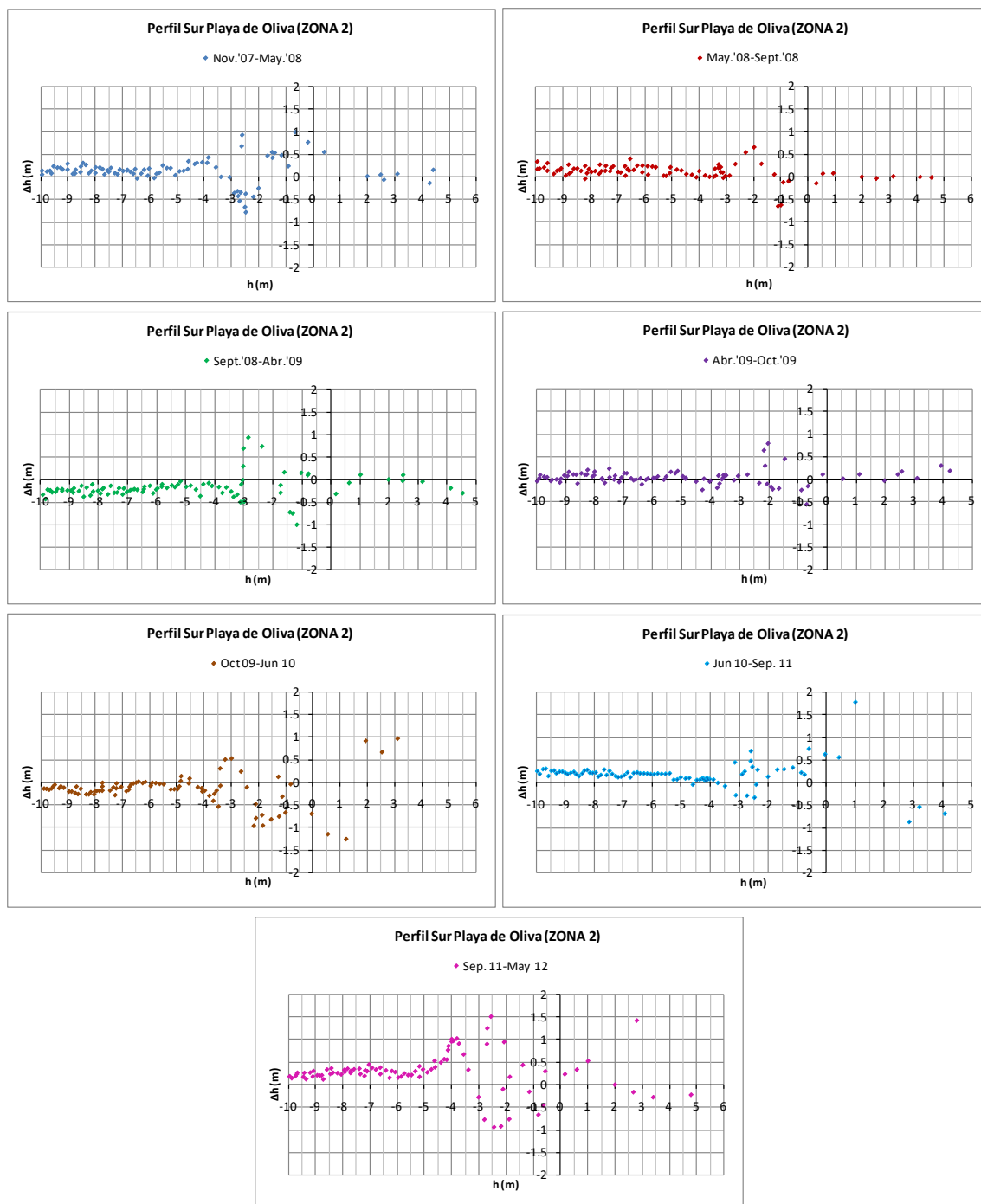


Figura 100 Variación de la profundidad (Δh) del perfil sur de la playa de l'Aigua Blanca nov'07 a mayo'12.

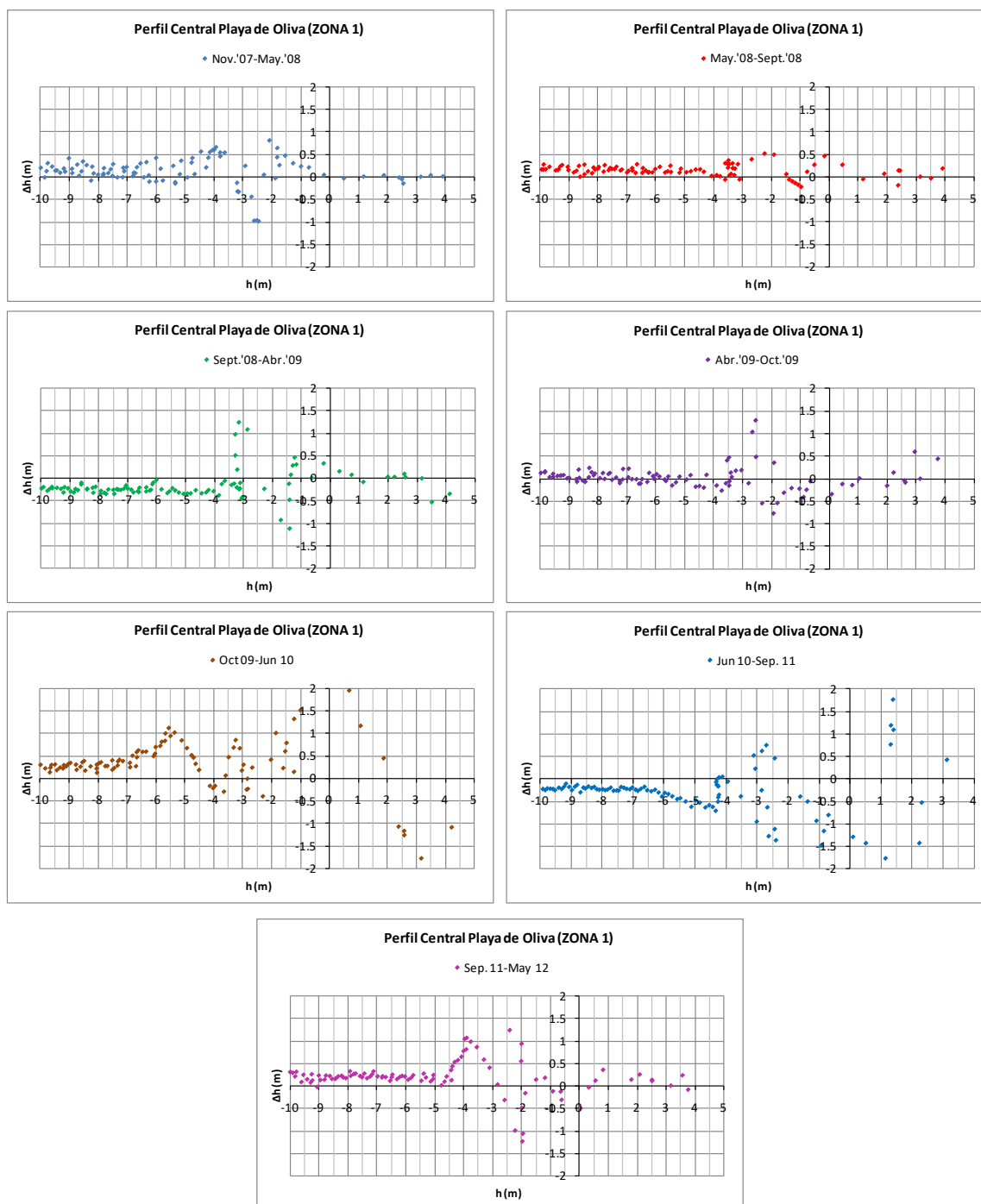


Figura 101 Variación de la profundidad (Δh) del perfil central de la playa de Les Deveses (Zona 1 de Oliva) nov'07 a mayo'12.

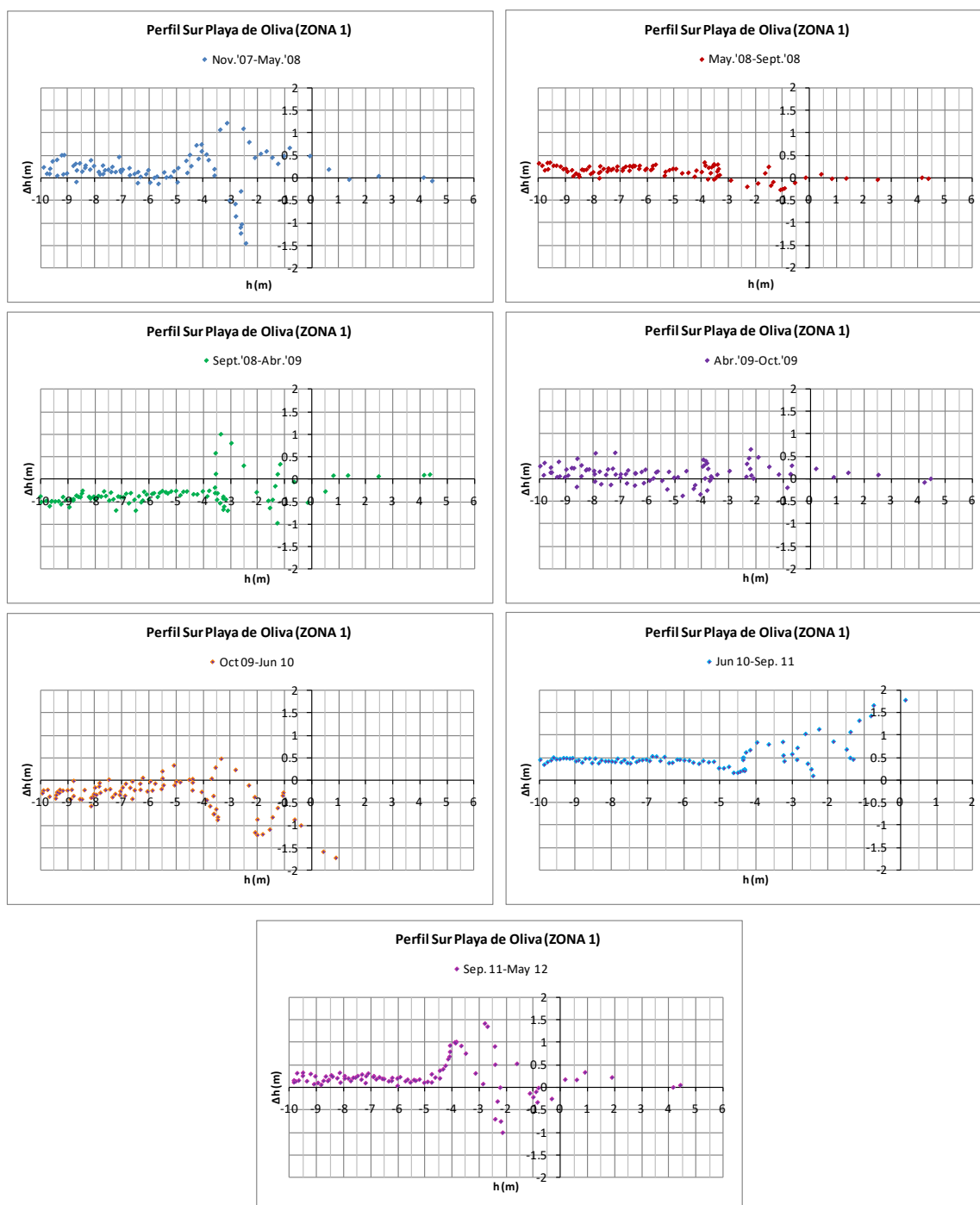


Figura 102 Variación de la profundidad (Δh) del perfil sur de la playa de Les Deveses (Zona 1 de Oliva) nov'07 a mayo'12.

■ Metodología de variación de S,L

En este caso, las variables que sirven de referencia para analizar la variabilidad de los perfiles y acotar su parte activa son la superficie encerrada bajo el perfil cada metro de profundidad (S) y la longitud correspondiente (L). La media y desviación típica de estas variables a lo largo de todos los perfiles medidos, para cada metro de profundidad, y su cociente, como parámetro adimensional final, permite identificar la cota a partir de la cual el resultado tiende a un valor asintótico, que en este caso señala variaciones del orden del 10% en el estudio de ambas variables, longitud y superficie, estableciéndose la profundidad de cierre entre los 5 y los 6 m de profundidad en las playas de Oliva (Tablas 38 y 39).



A la vista de los resultados, se observa un comportamiento diferenciado del perfil de playa a lo largo del tramo de costa en estudio, de gran heterogeneidad, estrechamente relacionado éste con el tamaño de los materiales que lo conforman. Así, se distingue que entre el Puerto de Oliva y la Playa de Les Deveses la **profundidad de cierre son 6 m de profundidad**, con dominancia de los sedimentos tipo arenas.

PERFIL NORTE PLAYA DE OLIVA (ZONA 2)																		
Intervalo cotas (m)	Nov. 2007		May. 2008		Sept. 2008		Abr. 2009		Oct. 2009		Jun. 2010		Sept. 2011		May. 2012		Longitud	Superficies
	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	Desv./Media	Desv./Media
Duna	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Playa seca	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0 a -1	29.1308	10.1368	12.9632	5.0052	30.3541	9.9277	14.4437	4.8796	40.4969	9.91	31.5843	6.49	32.3044	9.62	33.8108	5.77	0.34	0.31
-1 a -2	51.6085	33.0223	59.037	40.4912	61.8639	35.6198	69.8232	28.3379	29.3594	21.05	74.02	48.32	44.3465	15.35	64.6523	42.63	0.26	0.34
-2 a -3	69.7977	37.157	37.337	16.5027	24.6822	10.755	52.771	32.3371	89.4313	44.59	96.3197	28.17	82.6988	35.11	85.0969	19.78	0.39	0.41
-3 a -4	92.053	32.7598	141.6194	94.32	143.1175	104.4695	102.1668	35.037	72.2467	34.62	56.5387	83.5717	67.1747	27.51	87.041	50.9	0.34	0.54
-4 a -5	67.3325	30.3441	53.2694	28.3727	62.9534	28.597	77.6317	39.6833	75.19	35.11	68.7773	33.54	81.91	43.63	66.0983	29.94	0.13	0.17
-5 a -6	81.5376	38.8445	67.6248	41.712	81.3967	38.736	82.1695	36.8552	91.7271	40.72	94.0272	44.39	89.847	44.76	85.1805	41.48	0.10	0.07
-6 a -7	96.2489	51.8339	119.6554	67.8673	102.6481	53.9768	76.6802	41.2103	85.3362	40.78	110.2156	53.84	86.058	44.86	100.9867	49.7	0.15	0.17
-7 a -8	108.5964	54.9202	99.447	49.7384	110.4218	55.7567	111.1586	60.5729	102.8135	50.46	109.1511	58.91	111.775	49.55	97.87	52.52	0.05	0.08
-8 a -9	98.9817	51.5275	109.3	57.836	106.4034	53.0317	108.5764	51.8517	117.1112	57.37	98.408	49.58	109.9484	54.65	103.7825	52.05	0.06	0.05
-9 a -10	101.3349	55.5766	94.376	51.9014	98.1367	48.9512	95.1742	45.3071	99.4214	49.94	127.1709	56.38	106.0091	49.01	103.47	50.51	0.10	0.07

PERFIL CENTRAL PLAYA DE OLIVA (ZONA 2)																		
Intervalo cotas (m)	Nov. 2007		May. 2008		Sept. 2008		Abr. 2009		Oct. 2009		Jun. 2010		Sept. 2011		May. 2012		Longitud	Superficies
	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	Desv./Media	Desv./Media
Duna	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Playa seca	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0 a -1	25.2942	9.119	42.6165	21.0133	63.6465	8.8271	19.4196	8.178	18.9028	8.68	22.06	7.09	24.7529	9.88	18.4621	4.42	0.54	0.51
-1 a -2	75.4134	35.054	51.2253	23.9027	29.9591	15.1301	75.565	38.9256	64.7785	30.31	60.23	28.96	58.9159	21.94	80.2079	50.38	0.26	0.36
-2 a -3	60.8902	28.4415	20.1208	11.1192	97.7517	22.8841	68.6319	24.926	77.8944	41.09	58.17	20.32	78.2814	58.62	76.8739	13.24	0.34	0.57
-3 a -4	78.256	34.0115	137.0025	93.9622	67.8499	36.1133	79.4033	41.2697	60.7233	28.67	87.83	53.58	58.502	25.63	91.6435	57.42	0.30	0.48
-4 a -5	70.7146	37.5039	58.3217	29.8683	56.734	29.3165	61.3375	31.2924	63.0867	34.07	107.89	66.8	95.233	45.74	68.294	32.14	0.26	0.33
-5 a -6	78.8654	37.9154	72.642	36.0475	86.8487	43.3041	81.174	39.6304	81.83	41.01	72	35.16	82.5386	40.92	81.5038	37.59	0.06	0.07
-6 a -7	101.3801	50.7216	94.2397	56.6888	106.4118	54.4701	96.7124	49.1205	101.235	49.32	85.7	41.29	89.7202	42.05	89.7763	49.09	0.07	0.11
-7 a -8	98.2455	49.6985	114.4073	66.1856	101.5422	51.7279	103.2116	51.3573	103.7136	51.4	105.28	52.45	104.7162	55.37	112.315	51.69	0.05	0.10
-8 a -9	105.0127	51.5656	110.9939	58.834	108.0633	58.796	107.4293	54.8566	116.1481	56.03	105.53	52.52	99.8878	53.1	95.649	54.27	0.06	0.05
-9 a -10	105.4117	51.477	99.2935	52.2361	101.4863	53.2921	103.87	51.2982	99.0883	48.58	103.62	50.31	99.1002	52.96	121.0193	50.98	0.07	0.03

PERFIL SUR PLAYA DE OLIVA (ZONA 2)																		
Intervalo cotas (m)	Nov. 2007		May. 2008		Sept. 2008		Abr. 2009		Oct. 2009		Jun. 2010		Sept. 2011		May. 2012		Longitud	Superficies
	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	Desv./Media	Desv./Media
Duna	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Playa seca	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0 a -1	26.8097	10.5288	39.1381	10.0785	28.1254	8.4241	33.091	11.8802	13.0046	6.57	35.53	12.39	31.2246	9.94	9.3053	3.39	0.39	0.32
-1 a -2	49.7585	28.7342	42.2089	24.2917	64.8013	34.3557	45.1899	14.8244	59.6741	39.86	34.88	17.85	43.7425	16.7	78.8434	39.96	0.27	0.38
-2 a -3	121.1006	55.2965	28.5784	13.1708	24.0843	8.9626	60.7257	44.0143	65.632	32.18	95.2	41.9	73.5805	39.15	80.7674	21.2	0.47	0.51
-3 a -4	47.9325	21.7303	135.405	92.4666	137.9061	97.8252	98.19	44.771	92.3405	47.87	53.88	27.22	66.4048	26.66	103.6901	60.44	0.37	0.56
-4 a -5	74.9685	36.1379	60.0186	35.1646	61.6229	32.3112	76.83	42.0527	74.375	35.54	110.89	69.21	108.7122	60.49	53.6497	32.72	0.28	0.33
-5 a -6	71.846	34.2716	77.746	38.0615	83.568	41.5726	69.3967	34.6017	85.486	39.51	76.66	38.74	82.005	38.28	100.1638	42.88	0.12	0.08
-6 a -7	106.1414	49.4113	98.1497	51.6455	107.567	53.7646	105.9778	51.8799	92.244	44.48	90.33	43.64	87.2683	45.71	87.6587	49.21	0.09	0.08
-7 a -8	102.6815	45.8105	110.0356	60.7266	106.1749	52.8687	91.7786	46.5654	104.8915	51.25	99.77	48.79	107.0667	54.64	102.9781	50.93	0.05	0.09
-8 a -9	101.1789	51.5757	110.8987	59.09	106.2	55.679	118.1605	63.5269	104.2731	54.22	105.75	53.29	111.85	50.61	109.061	50.55	0.05	0.08
-9 a -10	90.3463	50.9395	96.8115	46.4738	104.6734	51.538	93.6993	49.1958	106.9351	52.03	104.68	52.25	94.6793	47.32	105.4435	47.86	0.06	0.05

Tabla 58. Estudio de variabilidad del perfil sumergido de los perfiles de la playa de L'Aigua Blanca (Zona 2 de Oliva) según las variables L (m) y S (m2).

PERFIL NORTE PLAYA DE OLIVA (ZONA 1)																		
Intervalo cotas (m)	Nov. 2007		May. 2008		Sept. 2008		Abr. 2009		Oct. 2009		Jun. 2010		Sept. 2011		May. 2012		Longitud	Superficies
	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	Desv./Media	Desv./Media
Duna	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Playa seca	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0 a -1	35.6723	12.87	33.8337	11.2851	21.9375	10.3669	26.1156	9.9111	33.3366	10.39	24.6	7.42	26.3487	7.61	21.8892	5.43	0.20	0.26
-1 a -2	47.0524	26.3164	49.9774	32.6508	71.4673	46.8447	45.1209	28.4634	59.9418	26.68	58.96	38.99	66.191	27.34	75.7141	44.41	0.19	0.25
-2 a -3	62.4934	41.7785	28.3988	13.4051	91.8808	19.5178	82.8333	45.0415	56.3826	26.12	67.68	32.63	52.168	31.84	108.4074	34.84	0.36	0.35
-3 a -4	72.4217	28.0657	150.3635	110.317	85.195	46.2616	101.3087	39.0871	98.1151	50.3	58.18	35.57	58.1143	22.15	68.7228	36.52	0.35	0.60
-4 a -5	95.2287	47.2019	64.228	36.5784	66.84	31.2598	72.138	32.6402	70.5007	33.25	145.09	81.02	127.287	77.55	81.1013	36.86	0.34	0.44
-5 a -6	83.945	35.5054	83.4205	43.3093	86.448	38.9125	68.9316	31.4237	79.4869	40.5	69.76	34.06	90.518	43.01	90.4175	39.44	0.10	0.11
-6 a -7	108.4379	43.4667	119.5817	56.8742	119.8545	53.9835	104.7703	55.6087	111.5062	56.91	91.98	44.11	87.3625	47.16	107.9411	52.36	0.11	0.11
-7 a -8	111.4227	36.1755	115.6457	51.2979	108.2773	48.9078	116.6547	60.482	117.9228	57.44	111.69	55.43	119.76	56.57	101.5314	55.39	0.05	0.14
-8 a -9	106.0564	47.8727	104.9354	48.6685	104.6261	54.3197	112.8313	55.7893	100.9013	57.87	108.26	54.45	119.8132	57.7	116.55	59.23	0.06	0.08
-9 a -10	101.2617	44.3561	106.1024	51.0868	110.394	58.463	97.9309	52.7227	109.2094	57.42	109.67	55.68	110.5998	56.16	108.99	54.87	0.04	0.08

PERFIL CENTRAL PLAYA DE OLIVA (ZONA 1)																		
Intervalo cotas (m)	Nov. 2007		May. 2008		Sept. 2008		Abr. 2009		Oct. 2009		Jun. 2010		Sept. 2011		May. 2012		Longitud	Superficies
	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	Desv./Media	Desv./Media
Duna	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Playa seca	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0 a -1	22.8543	8.0383	38.7479	15.8083	28.7841	10.9488	37.2562	11.1782	19.2333	9.06	33.1	7.25	27.0543	10.24	32.2085	7.2	0.23	0.28
-1 a -2	75.1739	25.125	60.7414	28.6564	78.1457	48.5647	31.8425	18.6371	83.755	45.5	25.11	16.92	71.5768	19.94	58.8155	40.64	0.36	0.42
-2 a -3	62.9844	23.4262	21.1799	10.4723	18.896	38.8885	78.0416	51.557	72.3461	21.55	90.46	33.76	49.7183	26.57	96.0833	30.45	0.48	0.42
-3 a -4	71.432	31.5337	159.971	89.954	156.5434	314.4062	103.2492	56.1198	81.4089	51.14	39.91	26.08	69.8426	28.21	86.5117	51.2	0.44	1.19
-4 a -5	95.1872	46.6961	58.224	27.9527	63.3567	30.7251	64.3542	30.8188	60.665	31.76	148.84	92.18	115.2881	61.55	78.464	37.47	0.38	0.49
-5 a -6	79.1343	32.6452	79.7472	36.9742	86.0014	41.402	77.4681	34.8926	86.001	39.75	70.46	33.36	85.4386	42.21	82.7774	43.32	0.07	0.11
-6 a -7	108.7241	38.2185	119.864	55.7143	115.0216	58.6275	111.9185	53.1401	111.4715	54.01	95.5	46.83	97.8739	50.32	117.1319	53.37	0.08	0.12
-7 a -8	118.5038	53.9085	108.9848	50.6796	116.9454	59.6154	111.028	56.3524	138.4775	61.09	114.38	56.94	115.9696	58.49	104.2442	51.16	0.09	0.07
-8 a -9	110.784	48.4726	117.454	55.5319	105.313	55.4365	112.9344	60.7292	104.965	55.98	113.15	55.25	115.1229	56.18	106.1529	53.21	0.04	0.06
-9 a -10	100.719	48.3187	112.8884	48.8214	114.3419	60.6213	113.9406	60	110.07	170.58	111.3	55.57	115.664	56.67	121.3374	59.19	0.05	0.58

PERFIL SUR PLAYA DE OLIVA (ZONA 1)																		
Intervalo cotas (m)	Nov. 2007		May. 2008		Sept. 2008		Abr. 2009		Oct. 2009		Jun. 2010		Sept. 2011		May. 2012		Longitud	Superficies
	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	L (m)	S (m2)	Desv./Media	Desv./Media
Duna	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Playa seca	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0 a -1	20.2625	6.5523	33.9426	11.666	19.2758	9.3168	32.434	10.1873	22.8205	9.6	23.06	47.18	43.15	9.59	31.5843	6.49	0.29	0.98
-1 a -2	46.9673	23.4838	60.1187	34.4929	72.4061	44.0145	28.934	14.3136	89.5389	36.73	58.08	33.79	23.2269	15.31	74.02	48.32	0.40	0.40
-2 a -3	100.657	46.4803	20.0404	10.4465	21.3788	10.9865	75.7039	55.7207	27.6102	29.04	73.72	107.42	98.5623	59.22	96.3197	28.17	0.55	0.73
-3 a -4	77.2816	20.8441	164.8845	73.3758	163.6399	96.8362	128.19	32.7944	103.1412	47.91	54.26	34.69	59.8433	23.14	56.5387	83.5717	0.46	0.56
-4 a -5	86.5193	43.0866	53.0433	24.9252	63.8414	32.5509	60.6982	28.9229	73.7571	32.91	147.4	84.92	122.4918	70.68	68.7773	33.54	0.39	0.50
-5 a -6	80.3553	44.8489	78.8958	38	92.2286	43.0288	77.2319	37.2192	92.5415	42.26	73.66	35.86	85.4557	43.51	94.0272	44.39	0.09	0.09
-6 a -7	103.7908	54.4662	114.5709	59.876	118.1351	59.8994	89.1648	49.695	106.64	49.61	95.12	45.95	104.5889	51.71	110.2156	53.84	0.09	0.09
-7 a -8	114.0158	45.7716	125.69	61.1295	114.1346	55.404	137.1851	70.339	128.3018	57.25	116.28	56.43	112.5731	59.16	109.1511	58.91	0.08	0.12
-8 a -9	111.4224	63.4017	108.9	54.6295	111.3074	55.9684	107.226	50.6451	112.8044	57.33	108.56	53.95	118.803	56.37	98.408	49.58	0.05	0.08
-9 a -10	109.9664	41.9692	105.0725	51.0498	106.2962	53.8987	101.92	54.8938	106.8822	55.48	113.09	58.01	111.7968	56.1	127.1709	56.38	0.07	0.09

Tabla 59. Estudio de variabilidad del perfil sumergido de los perfiles de la playa de Les Deveses (Zona 1 de Oliva) según las variables L (m).

9.1.3 Perfil de equilibrio de Dean

La siguiente tabla incluye los parámetros del perfil teórico de Dean (1977) ajustado a los perfiles de la playa en estudio (batimetría de ECOLEVANTE).

Zona de la costa	Playa	Perfil	K	D ₅₀	w	A
Puerto de Oliva - Río Vedat	Pau-Pí	P1	0.580	0.185	0.0214	0.1068
	L'Aigual Blanca	P2	0.590	0.185	0.0214	0.1087
Río Vedat - Río Racons	Les Deveses	P3	0.510	0.234	0.0277	0.1052
		P4	0.520	0.234	0.0277	0.1073

Tabla 60. Parámetros de ajuste de los perfiles teóricos de Dean a la batimetría del terreno.

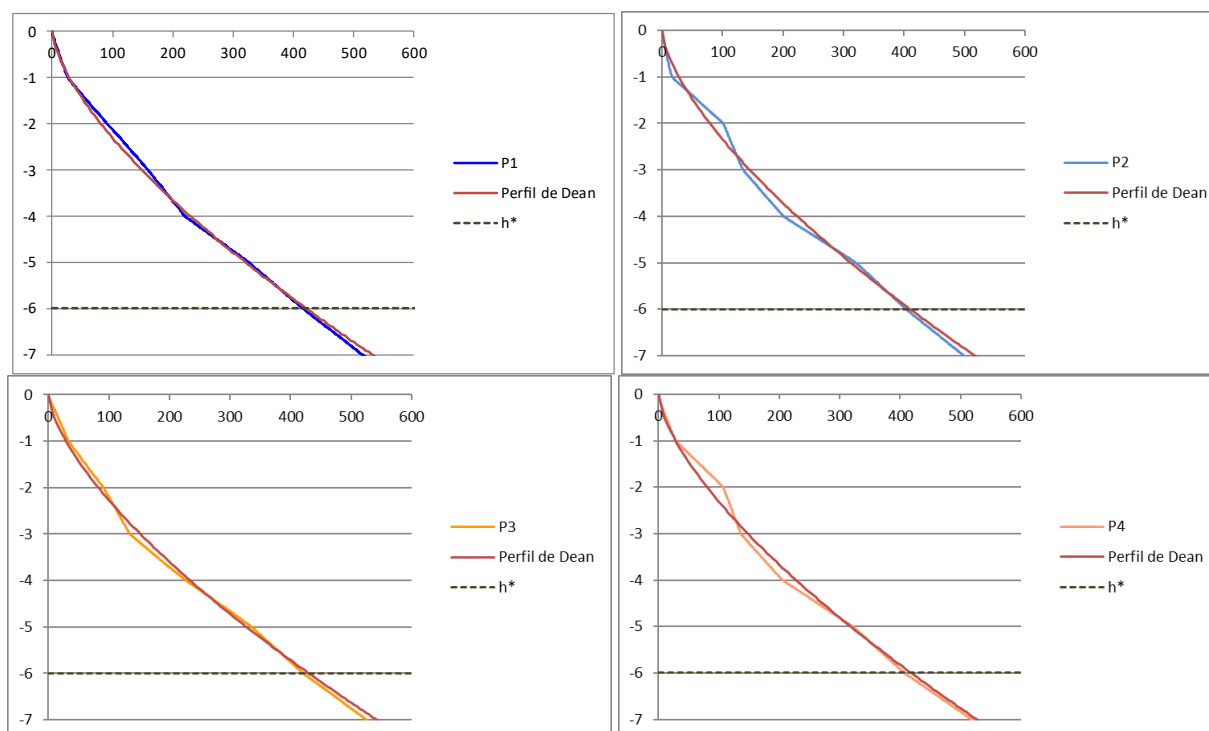


Figura 103 Ajuste del perfil teórico a los perfiles naturales del terreno. Playas de Pau-Pí (P1), L'Aigua Blanca (P2), y Les Deveses (P3 y P4).

A continuación se presenta el ajuste del perfil de Dean a los perfiles del terreno de la playa de Terranova ubicada al Norte del Puerto de Oliva.

Zona de la Costa	Perfil	K	D ₅₀ (mm)	w	A
Terranova	1	0.51	0.203	0.0237	0.0982
	2	0.51	0.201	0.0234	0.0978
	3	0.51	0.202	0.0236	0.098

Tabla 61. Parámetros de ajuste de los perfiles teóricos a la batimetría del terreno

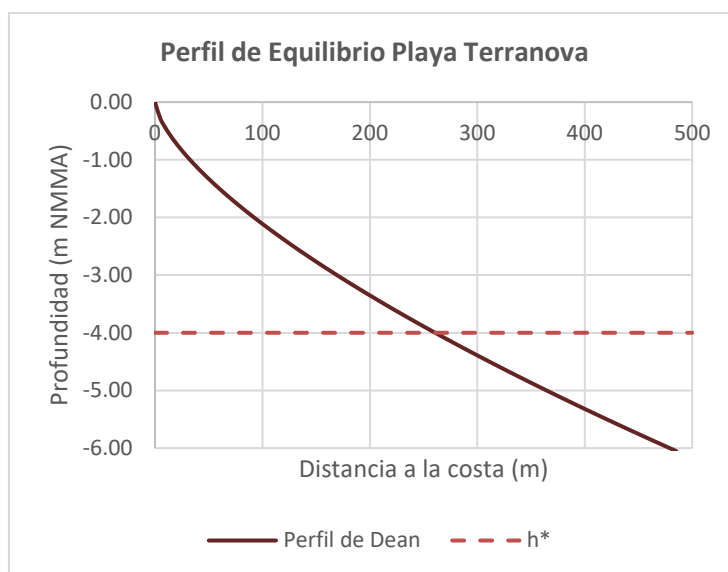


Figura 104 Ejemplo de ajuste del perfil teórico de aporte $D_{50} = 0.202$ mm al perfil del terreno

Para ajustar un perfil a la batimetría del terreno se escoge uno situado en la zona de Terranova representativo a los 3 seleccionados.

Zona de la Costa	Perfil	K	D_{50} (mm)	w	A
Terranova	General	0.54	0.202	0.0236	0.1

Tabla 62. Parámetros de ajuste del Perfil General de Dean ala batimetría del terreno

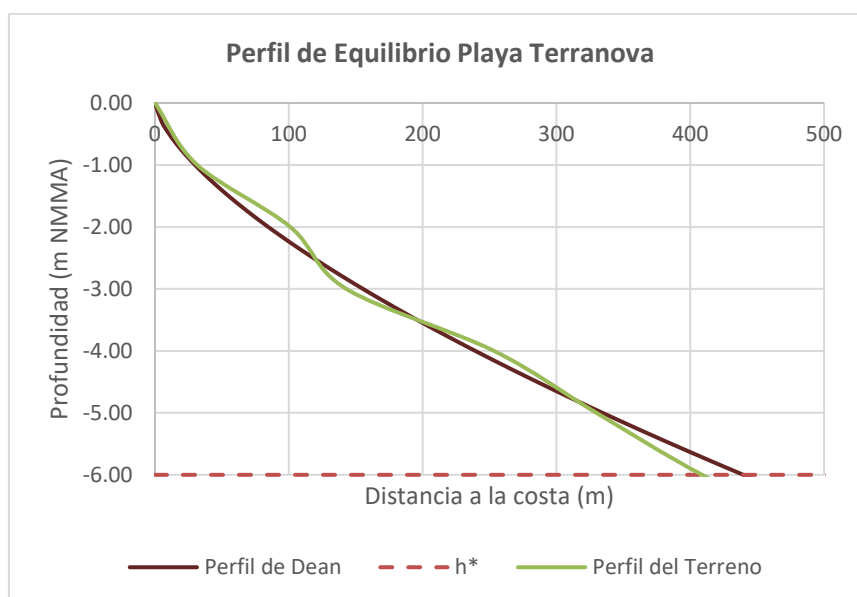


Figura 105 Ajuste del perfil teórico a la batimetría del terreno

9.2 FORMA EN PLANTA

9.2.1 Flujo Medio de Energía

La cuantificación del flujo medio de energía, en adelante FME, tiene un doble interés; por un lado posibilita la estimación de la capacidad de transporte potencial del oleaje y por otro permite obtener la forma en planta teórica de equilibrio a largo plazo de la costa bajo las condiciones hidrodinámicas reinantes.

Como primera aproximación a las condiciones de equilibrio morfodinámico de la costa, se lleva a cabo el cálculo del FME en el nodo de control localizado en la batimetría de -5 m en el que se ha obtenido de forma previa la reconstrucción del clima marítimo. Posteriormente, el cálculo se realiza en una serie de puntos de control establecidos a lo largo de la costa, a la profundidad de -2 m, suficientemente próximos entre sí, como para poder establecer pequeños tramos de dirección perpendicular a la dirección del vector flujo medio en los citados puntos. La mayor o menor oblicuidad de estas ortogonales respecto a la orientación de la línea de orilla frente al nodo de control permitirá identificar desequilibrios en las condiciones de la línea de costa.

Para el cálculo del FME se realiza la composición vectorial del oleaje generado en los citados puntos, considerando la probabilidad de presentación asociada a cada uno de estos oleajes.

9.2.1.1 FME a -5 m de profundidad

Como resultado del cálculo se obtienen las direcciones reflejadas en la Tabla 63, donde se incluye, además, la orientación de la ortogonal a la alineación media de la costa en la ubicación de cada nodo y el ángulo relativo entre ésta y la dirección del FME. El ángulo de 0° indicaría una situación de equilibrio estático en la que el transporte sería nulo.

La mayor o menor oblicuidad con que el vector oleaje medio alcanza la costa proporciona información acerca de la magnitud del transporte longitudinal potencial y, por tanto, de cómo evolucionará la línea de orilla en situación de largo plazo.

Nodo	Sector costero	Dirección Flujo Medio (°)	Orientación tramo de costa (°)	Ángulo entre el FME y la ortogonal a la costa (°)
1	N Pto. Oliva	N45.3E	N47E	1.4
	S Pto. Oliva		N44.4E	0.9
2	Río Vedat	N43.5E	N42.1E	1.4
3	N Río Racons	N43.9E	N40.2E	3.7

Tabla 63. Dirección FME en los nodos de control, orientación de la costa y ángulo relativo entre ambos



Figura 106 Dirección del FME en los Nodos 1 a 4 (en rojo) y ortogonal a la orientación de la costa (en verde).

En la costa de Oliva el FME incide en dirección prácticamente ortogonal a la línea de orilla. Esto indica una tendencia de la costa al equilibrio y una baja capacidad de transporte en sentido longitudinal. Teniendo en cuenta que el posible error implícito en la metodología de estimación de la dirección del vector oleaje medio es de ± 2 grados, el sentido de movimiento del sedimento en los dos primeros nodos, no está claramente definido, pudiendo ser NW-SE o bien SE-NW en función de la dirección de los oleajes que alcancen la costa en un año determinado.

9.2.1.2 FME en la batimétrica -2 m

En este apartado se realiza una aproximación a la posición teórica de equilibrio estático de la costa con el objetivo de detectar los tramos donde se producen mayores desequilibrios y, por tanto, están asociados a zonas de erosión/acumulación de sedimentos.

Puesto que la costa de forma natural tiende a orientarse en perpendicular a la dirección del flujo medio de energía del oleaje, la representación de las perpendiculares a cada una de las direcciones obtenidas en los distintos puntos a -2 m y su posterior proyección hasta la costa permite obtener la forma en planta de equilibrio de la línea de orilla de cada uno de los tramos objeto de estudio.

Como resultado de la aplicación de esta metodología es posible diferenciar, dentro de cada uno de los tramos de actuación, a una escala de mayor detalle que la que resulta del análisis anterior, las zonas que permanecen estables y las que presentan desequilibrios morfodinámicos locales.

Para facilitar la interpretación de los resultados éstos se han agrupado en tramos, cuyos límites están determinados por discontinuidades de la línea de costa o por variaciones en su orientación.

De forma cualitativa, teniendo en cuenta que el error en la estimación de los vectores FME está acotado en ± 3 grados, se ha aplicado el siguiente criterio cualitativo: ángulos entre 0-3 grados \rightarrow Equilibrio o situación próxima al equilibrio; ángulos entre 3-6 grados \rightarrow Situación de ligero desequilibrio; ángulos entre 6-10 grados \rightarrow Situación de desequilibrio; ángulos mayores de 10 grados \rightarrow Situación de fuerte desequilibrio.

Tramo	Dirección Flujo Medio ($^{\circ}$)	Valor medio del FME ₋₂	Ángulo relativo (OLC – FME ₋₂)	Condición de equilibrio
Hasta el río Vedat	N45.3E	47.5	-1.2	Equilibrio
Río Vedat – Río Racons	N43.7E	45.4	0.3	Equilibrio

Tabla 64. Resumen de las condiciones de equilibrio de la costa de estudio

De la aplicación de esta metodología se puede concluir que desde el punto de vista del transporte longitudinal de sedimentos, la costa de Oliva se encuentra en una posición muy próxima al equilibrio estático.

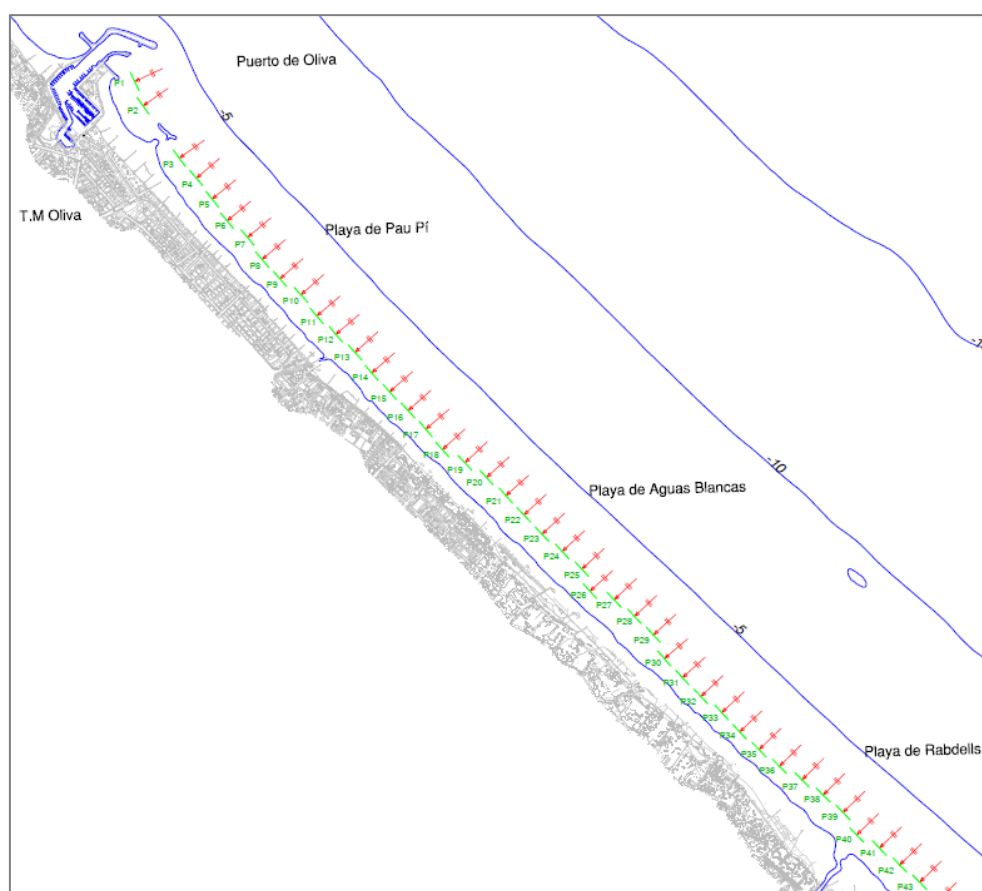


Figura 107 FME obtenidos a la -2 m en el tramo entre el Puerto de Oliva y la desembocadura del Río Vedat.

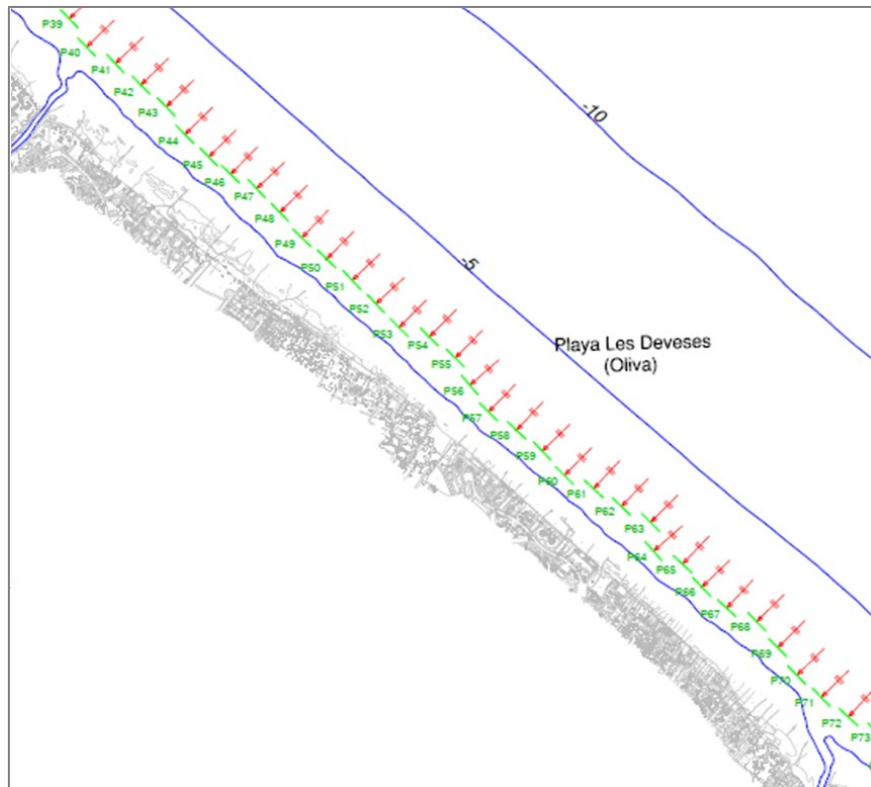


Figura 108 FME obtenidos a la -2 m en el tramo entre la desembocadura del Río Vedat y la del Río Racons.

Por tanto, se puede concluir que en la costa de Oliva, la posición de la costa muestra una situación muy próxima al equilibrio estático, con movimiento de sedimento variable NW-SE y SE-NW entre el puerto y el río Racons.

En este tramo, el análisis muestra un gradiente entre la dirección del FME_{-2m} y la alineación de la costa creciente de NW a SE, con valores que van de 0,9º a 3,7º.

Así, se puede concluir que sus playas son de tipología abierta y que se encuentran en equilibrio dinámico. Destacar la dirección del transporte de sedimentos que producen una zona de transporte neto o nulo, ya que presenta la dirección NW – SE que siguiendo la línea de costa cambia de dirección a SE – NW.

9.2.2 Forma en planta de equilibrio

En el tramo objeto de estudio se distinguen dos tipos de formas en planta de playa:

- (1) Los tramos de playa abierta, que predominan en el frente costero analizado, en el que la línea de orilla tiende a orientarse perpendicularmente a la dirección del flujo medio de energía del oleaje → Orientación de equilibrio en playas abiertas.
- (2) Las zonas de la costa donde la presencia de estructuras de rigidización costera actúan produciendo la difracción de los oleajes generando formas en planta parabólicas al abrigo de éstas. → Forma en planta de equilibrio en playas encajadas y semiencajadas.

9.2.2.1 Orientación de equilibrio en playas abiertas

A partir de la dirección de los flujos medios obtenidos a -5 m se representa, en las imágenes a continuación, la orientación de equilibrio a largo plazo de la costa (en magenta) a lo largo del frente

litoral de Oliva.

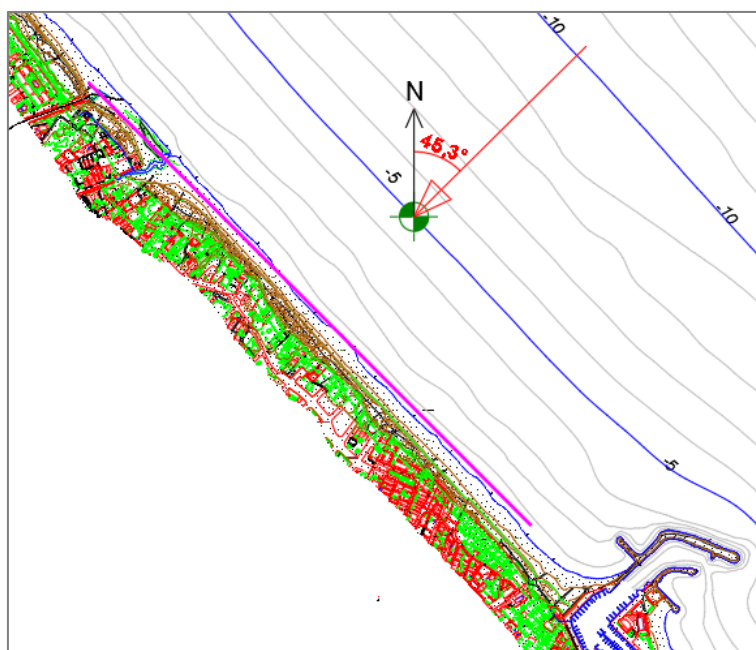


Figura 109 Forma en planta de equilibrio en playas abiertas de Oliva (en magenta). Tramo al N del Puerto.

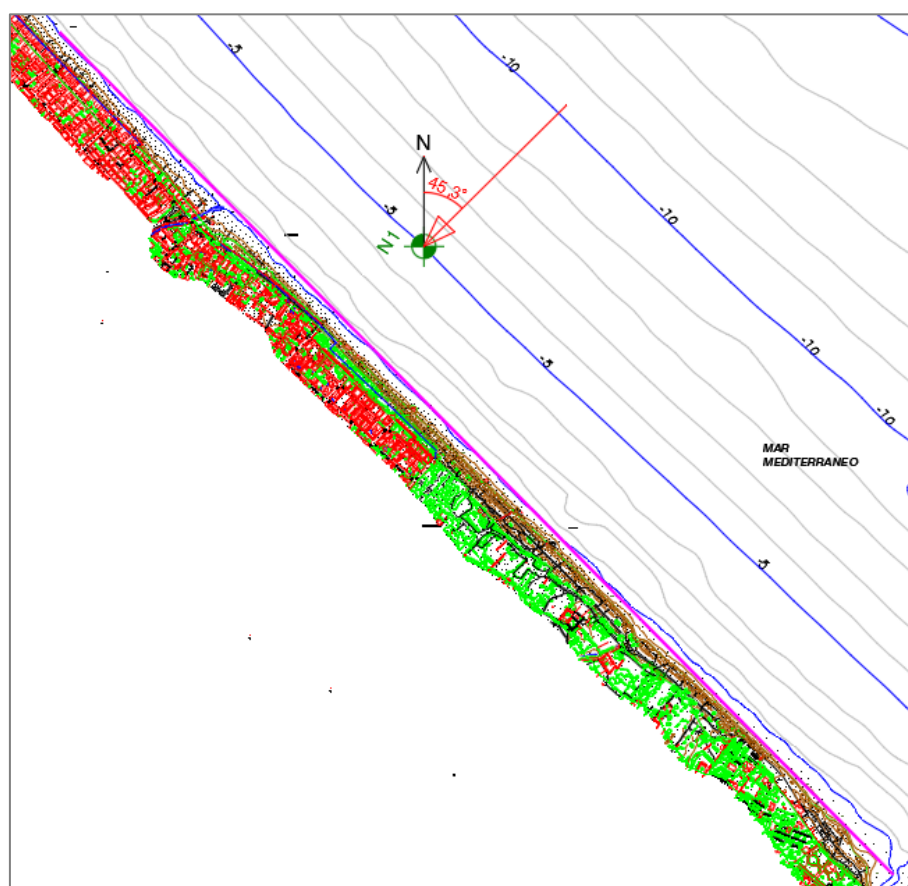


Figura 110 Forma en planta de equilibrio en playas abiertas de Oliva (en magenta). Tramo al S del Puerto hasta el Río Vedat.

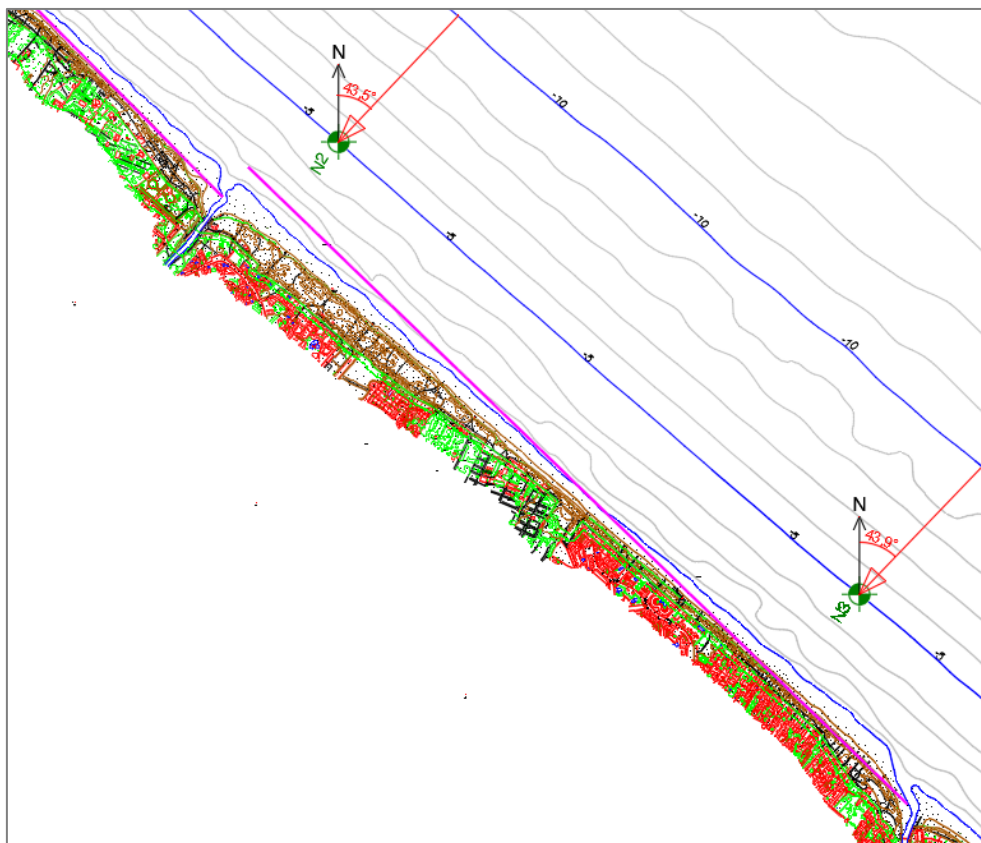


Figura 111 Forma en planta de equilibrio en playas abiertas de Oliva (en magenta). Tramo entre el Río Vedat y el Río Racons.

Con un mayor grado de detalle, en el apartado 9.2.1.2, las figuras Figura 107 y Figura 108, representan la posición de equilibrio de la playa (líneas en verde) en nodos a la -2 m equidistados entre sí unos 100 m.

9.2.2.2 Forma en planta de equilibrio de playas encajadas o semiencajadas

Para el diseño de la forma en planta de equilibrio de las playas, gobernada por la difracción del oleaje alrededor de las estructuras, se aplica el procedimiento propuesto por González y Medina (2001) en el SMC a partir de los trabajos de Hsu y Evans (1989) (ver Figura 112).

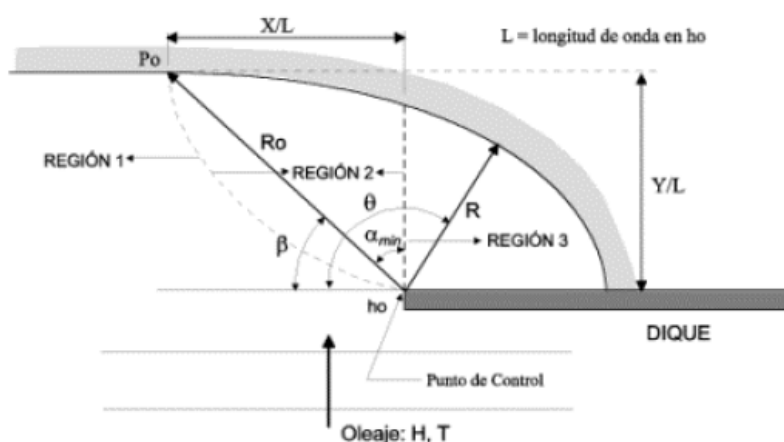


Figura 112 Esquema de la forma en planta de una playa en equilibrio (González y Medina, 2001)

Los parámetros para el diseño de estas formas en planta de playa quedan recogidos en la tabla a

continuación:

Playa	Ubicación	Punto Difracción	FME (º)	T (s)	hd (m)
1	Norte Puerto Oliva (playa de Terranova)	Tacón dique abrigo puerto	N46E	12.3	3
2	Sur Puerto Oliva (Playa de Pau Pí)	Dique y contradique Puerto Oliva	N47E	12.3	3
3	Sur Puerto Oliva / Norte dique exento (Playa de Pau Pí)	Morro N del dique exento	N47E	12.3	2
4	Sur dique exento (Playa de Pau Pí)	Morro S del dique exento	N47E	12.3	2

Tabla 65. Parámetros de diseño de las formas en planta de equilibrio de playas encajadas y semiencajadas del frente litoral de Oliva.

Y su ajuste en la siguiente imagen:

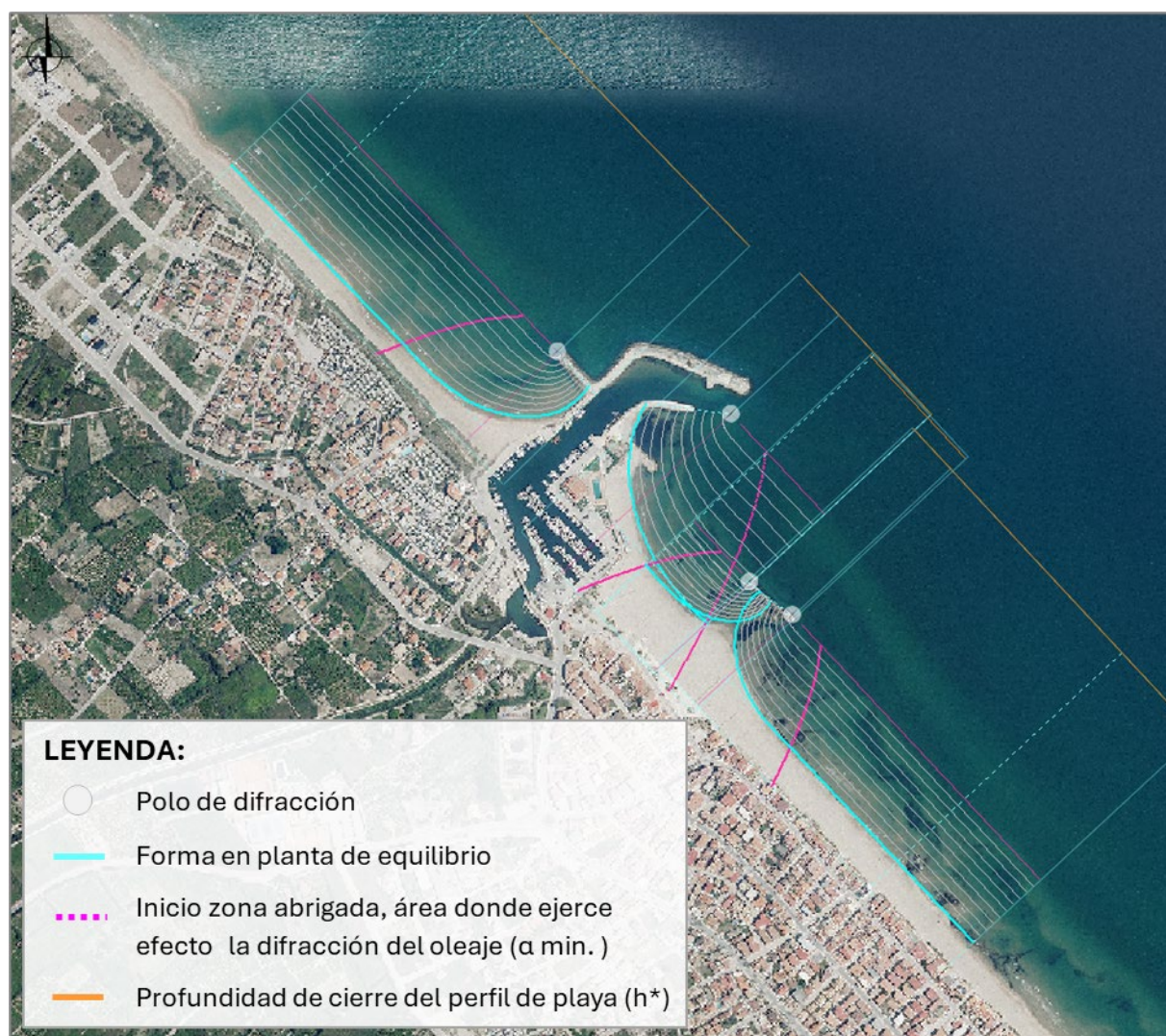


Figura 113 Formas en planta de equilibrio de playas encajadas y semiencajadas del frente litoral de Oliva.

10 DINÁMICAS RESULTANTES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

En cumplimiento del artículo 92 del Reglamento General de Costas, el efecto del cambio climático en la costa estudiada ha sido evaluado como parte de estudio independiente al presente documento, mostrándose los resultados obtenidos en las siguientes tablas:

VARIACIONES	EXTRAPOLACIÓN				
	2020	2030	2040	2040-2070	2070-2100
Hs (m)	-0.022	-0.028	-0.33	-0.002	-0.003
DIR FE (°)	0.118	0.146	0.174	0.818	1.186
NMM (m) (MLS)	1.272	2.895	4.553	-	-

Tabla 66. Extrapolación de las variaciones en la costa de Oliva

IMPACTOS	EXTRAPOLACIÓN		
	2020	2030	2040
Retroceso playa NMM	0.627	1.426	2.422
CI (m)	0.28	0.629	0.979
CI Total (m)	0.907	2.055	3.401

Tabla 67. Extrapolación de los impactos en la costa de Oliva

Siendo:

- Hs (m): Altura de ola significativa
- Dir. FE (°): Dirección del Flujo medio de Energía
- NMM (cm): Sobre elevación del NMM
- Retroceso previsto de la playa debido a la subida del NMM
- CI (cm): Cota de inundación
- NMM (cm): Sobre elevación

11 PROPUESTA DE MEDIDAS MEDIOAMBIENTALES Y SU VIGILANCIA

Dado que la zona de actuación para las actuaciones previstas de instalación de pasarelas transversales de madera de acceso a las playas de Oliva se halla inmersa en el ámbito de protección del Lugar de Interés Comunitario de la Red Natura 2000 "Dunas de La Safor", teniendo en cuenta los Hábitats de Interés Comunitario existentes en el lugar y las especies de especial protección potencialmente presentes en el mismo, se ha procedido al planteamiento de una serie de medidas medioambientales encaminadas a la protección de estos elementos del entorno de relevancia ecológica durante la ejecución de los trabajos.

11.1 MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS

11.1.1 Medidas de protección de la calidad atmosférica

- Toda la maquinaria de la obra dispondrá de los distintivos correspondientes a su emisión sonora, de acuerdo con la legislación correspondiente (RD 212/2002⁴ y RD 524/2006), y se realizará un mantenimiento preventivo y regular de la misma, ya que así se evitarán los ruidos procedentes de elementos desajustados que trabajan con altos niveles de vibración.
- Todos los vehículos que circulen por viales públicos tendrán en regla las revisiones establecidas por la legislación de referencia (Inspección Técnica de Vehículos).
- Se limitará la velocidad de circulación de la maquinaria y vehículos implicados en la obra a su paso por núcleos urbanos a 40 km/h y, siempre que sea posible, se evitará que ésta se produzca en hora punta para reducir molestias al tráfico.
- En lugares sin pavimentar, se limitará la velocidad de los vehículos a 30 km/h para minimizar la proyección de partículas a la atmósfera a su paso.
- En cuanto a los vehículos con motores de combustión, se garantizará en todo caso los programas de revisión y mantenimiento especificados por el fabricante, limitando los valores límite de los contaminantes potenciales (NxOy y CO) (RD 102/2011⁵).

11.1.2 Medidas de protección de la naturaleza

- Previo inicio de las obras, se informará al personal de obra sobre el valor ambiental del entorno donde se van a desarrollar las actuaciones, y especialmente de la fragilidad de los sistemas dunares a su pisoteo y de la posible presencia de nidos de las aves protegidas chorlito patinegro y avión zapador.
- Para la identificación de estos nidos, y también antes del comienzo de las obras, se efectuará un reconocimiento exhaustivo de la zona, tanto del área de actuación, como de la de tránsito de la maquinaria y el personal de obra, y en caso de hallarse, éstos serán balizados para su protección.
- Durante la prospección, se comprobará además que no se va a afectar a ejemplares de las especies de flora protegidas (*Kosteletzkya pentacarpos*, *Ammochloa palaestina* y *Juniperus oxycedrus ssp. macrocarpa*). De encontrarse algún ejemplar, éste será jalonado para su protección, y en caso de verse puesta en entredicha su supervivencia, se valorará su trasplante a otra zona próxima.
- Se prohibirá el paso de personal y maquinaria a través del sistema dunar. Para ello, se dispondrá de un plano con los accesos y recorridos permitidos. La maquinaria de obra sólo podrá acceder por los accesos establecidos, y una vez en la playa, sólo podrá circular por la zona de arena mojada junto a la orilla, hasta alcanzar la altura de las obras, accediendo a las pasarelas a reparar/installar en perpendicular, de modo que su tránsito por la playa sea el menor posible.
- Este recorrido podrá ser modificado en función de los resultados obtenidos de la prospección de

⁴ Real Decreto 212/2000, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

⁵ Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

fauna y flora.

- Los trabajos se realizarán, en la medida de lo posible, desde el lado de la playa, y en caso de requerirse el trabajo en el lado de las dunas, se extremarán las precauciones para no pisotear ni las dunas ni la vegetación.

11.1.3 Medidas de protección de las aguas

- Queda prohibido realizar vertidos de cualquier material o naturaleza al medio marino ni a los cursos fluviales que desembocan en el litoral objeto de actuación, dándose constancia de ello a todos los trabajadores de la obra para el correcto cumplimiento de esta medida.
- Se evitarán las operaciones de repostaje y mantenimiento de maquinaria de obra en la zona de actuación, considerándose más conveniente para evitar riesgos de vertidos y episodios de contaminación su realización en recintos especializados (parques de maquinaria, talleres y gasolineras).
- En caso de que, por fuerza mayor, estas tareas tuvieran que llevarse a cabo en la obra, éstos serán llevados a cabo fuera del ámbito costero propiamente dicho (fuera de playas y dunas), en superficie pavimentada, y se contará con todas las medidas necesarias para evitar derrames, y en caso de producirse, para contenerlos, como disponer de materiales impermeabilizantes y absorbentes tipo sepiolita.

11.1.4 Medidas de protección del suelo

- Se controlará que la maquinaria de obra circule únicamente por los accesos y recorridos especificados, reduciendo sus movimientos a lo estrictamente necesario y así los efectos de compactación del terreno.
- Como ya se ha mencionado, el mantenimiento y repostaje de la maquinaria se llevará a cabo en lugares adecuados para el mismo y fuera del ámbito de los terrenos declarados espacio natural protegido.
- En caso de vertido accidental de alguna sustancia considerada tóxica y/o peligrosa, el suelo afectado será considerado como residuo peligroso, a retirar con las debidas precauciones y gestionar como tal por gestor autorizado.

11.1.5 Medidas para la correcta gestión de materiales y residuos

- El empleo de materiales y la producción de residuos en la obra se regirá, siempre que sea posible, por la regla de las 3 "R": reducir, reutilizar, y reciclar.
- Siempre que no se esté empleando la maquinaria de obra, ésta permanecerá apagada, de modo que se optimice el consumo de combustible y se reduzca la emisión de gases y ruidos.
- Queda totalmente prohibido tirar basuras o desperdicios en el entorno objeto de actuación.
- Se pondrán los medios adecuados para llevar a cabo una clasificación separativa de los residuos generados en la obra, así como de cualquier otro imprevisto, y, cuando no sea posible su reutilización, se garantizará su gestión por gestor autorizado por la Conselleria de Medio Ambiente,

Agua, Infraestructuras y Territorio de la Generalitat Valenciana (RD 105/2008⁶).

- Para facilitar esta gestión, en obra se destinarán zonas diferentes a acopio de materiales y almacenamiento de los residuos, claramente señalizadas y separadas entre sí.

11.1.6 Medidas de protección de la población

- Se delimitará, balizará y señalizará correctamente toda la zona afectada por la obra.
- Las actuaciones previstas serán realizadas preferentemente fuera de la temporada alta de uso de las playas (junio-septiembre).
- La maquinaria de obra extremará la atención durante sus recorridos por la playa para evitar riesgos o molestias sobre sus usuarios.
- Se ajustarán las limitaciones horarias de las obras a lo establecido en la normativa vigente⁷.

11.1.7 Medidas para salvaguardar el paisaje

- La maquinaria sólo permanecerá en la zona de actuación, el tiempo necesario para el desempeño de su labor, retirándola una vez terminada.
- Una vez finalizadas las obras, se procederá a la recogida y retirada de todos los elementos ligados a éstas, materiales sobrantes, restos, residuos de cualquier naturaleza, balizamiento, carteles de obra, etc.

11.2 PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL

En el presente apartado se exponen los procedimientos a seguir para controlar la correcta implantación de las medidas propuestas en obra, de modo que los impactos ambientales que se produzcan en su desarrollo sean los mínimos posibles.

11.2.1 Previo inicio de las obras

11.2.1.1 Prospección de fauna y flora

Dada la temporalidad de la posible presencia en la zona de nidos de chorlitejo patinegro y avión zapador (en cualquier momento entre marzo y septiembre), y puesto que éstos podrían verse afectados por las actuaciones de instalación de las pasarelas, esta inspección pormenorizada del tramo costero objeto de actuación debe realizarse previo inicio de las obras, tanto para el reconocimiento de nidos como para la identificación de las especies de flora protegida con potencial presencia en el entorno dunar (*Kosteletzkya pentacarpos*, *Ammochloa palaestina* y *Juniperus oxycedrus ssp. macrocarpa*), de modo que los resultados obtenidos sean reflejo de la situación real en esos momentos.

Para ello, se llevará a cabo, por técnico ambiental, una batida de toda la zona, que incluye las áreas de instalación de las pasarelas, así como la franja de playa de acceso de la maquinaria.

⁶ Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

⁷ Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.

LOCALIZACIÓN OBRAS		ACTUACIÓN	PROSPECCIÓN		
T.M.	Zona		Superficie o distancia a batir	Especies a identificar	
OLIVA	Todo el litoral (8,8 km)	"Proyecto de pasarelas transversales dunares en la costa de Oliva"	Áreas de instalación de las pasarelas transversales de madera de acceso al mar en un tramo costero de unos 8,80 km	FLORA	<i>Kosteletzkya pentacarpos</i>
					<i>Ammochloa palaestina</i>
					<i>Juniperus oxycedrus ssp. macrocarpa</i>
				AVIFAUNA	Chorlitejo patinegro - nidos de abril a agosto
					Avión zapador - nidos de marzo/abril a agosto/septiembre

Tabla 68. Prospección prevista de flora y fauna.

En caso de localizarse su presencia, se tomarán las medidas mencionadas en el apartado correspondiente, y se dará constancia de ello a todo el personal de la obra.

11.2.1.2 Plano de accesos y recorridos

Antes del inicio de los trabajos el contratista presentará, para su aprobación por la Dirección de obra, un plano con los accesos y recorridos permitidos para la circulación de maquinaria y personal de obra, claramente identificados y definidos.

11.2.1.3 Formación ambiental del personal de obra

Se comprobará que los empleados reciben formaciones de sensibilidad ambiental y de cuidado y respeto del entorno de las obras, y que conocen las medidas medioambientales especificadas en el presente documento, entre ellas: la prohibición de tránsito por las dunas y de pisoteo de la vegetación, prohibición de tirar basuras y realizar vertidos de cualquier índole, accesos permitidos, etc.

11.2.1.4 Balizamiento

Previamente al comienzo de los trabajos, se balizará convenientemente la zona de obras y se realizará un seguimiento del encintado de esta área de ocupación, ello con el fin de garantizar que el tránsito de maquinaria y las instalaciones auxiliares se realizarán dentro de las zonas previstas.

De haberse encontrado nidos o matas vegetales de especial protección, éstos serán jalonados para su clara identificación y protección.

11.2.1.5 Comprobaciones iniciales

Además de lo ya expuesto, se comprobará que: las zonas destinadas a acopio de materiales y residuos han sido correctamente identificadas, que las tareas de repostaje y mantenimiento de la maquinaria van a llevarse a cabo fuera del entorno costero y en lugar específico para ello, y que el contratista dispone de los pertinentes certificados de materiales y maquinaria (ruidos, emisiones, ITV).

11.2.2 Durante la fase de obra

Se establece un seguimiento quincenal, durante el período de realización de las actividades consideradas, de forma que se comprobará la correcta aplicación de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias establecidas. Se llevará un registro de estos controles y se elaborará el correspondiente informe de seguimiento.

Asimismo, y dado el amplio periodo de nidificación de las ave protegidas chorlitejo patinegro y avión

zapador, se verificará, como parte de este seguimiento, la no existencia de nidos en las zonas donde éstos podrían verse dañados por las obras.

11.2.3 Al finalizar las tareas constructivas

Se llevará a cabo un reconocimiento de la zona de obras para comprobar que ésta ha sido correctamente devuelta a su estado natural y no quedan elementos ajenos.

Se verificará que la gestión de los residuos generados en la obra han sido correctamente gestionados por gestor autorizado tal y como se explica en las medidas para ello.

Se evaluará el estado de conservación de los sistemas dunares junto a las obras y de aquellos ejemplares de especial protección que hayan podido ser identificados en la prospección inicial.

Se elaborará un informe final de valoración de resultados en el que se analizarán los datos obtenidos del seguimiento ambiental con el fin de valorar la evolución de los hábitats y especies presentes y su posible relación con la ejecución de los trabajos.

12 RESUMEN Y CONCLUSIONES

La costa mediterránea que abarca el término municipal de Oliva, de unos 8,8 km de longitud, forma parte de la unidad fisiográfica del Óvalo Valenciano, limitada por el Delta del Ebro y el Cabo de San Antonio. Concretamente se sitúa en su límite meridional entre los sistemas Ibérico y Bético, siendo más influenciada por éste último.

Morfológicamente la costa de Oliva se caracteriza por ser una costa baja con playas de arenas de tipología principalmente abierta y con una orientación NW - SE, en la cual se encuentran subsistentes los materiales cuaternarios.

El espacio sumergido presenta un predominio de fondos marinos planos de gradiente suave ($<0.5\%$), con una batimetría muy regular y convexa. Así mismo, los sedimentos se catalogan como arenas finas y medias, las cuales rondan los 0,20 mm de tamaño medio y se obtiene una profundidad de cierre de la zona activa de playa de 6 m de profundidad.

La presencia de cordones dunares a lo largo del litoral olivense es prácticamente constante, estando catalogados por su importancia como Lugar de Importancia Comunitaria de la Red Natura 2000.

Para la determinación del clima marítimo se emplean las series SIMAR y WANA, correspondientes al nodo 2049031, calibradas en el periodo 1958 – 2012. Como resultado de ello, se concluye que los oleajes significativos en aguas profundas del área de estudio son los que abarcan las direcciones NNE a ESE, siendo el reinante el NE.

El oleaje se propaga de manera similar en toda la costa de Oliva, ya que presenta una batimetría recta y paralela de sus fondos y no hay focos importantes de difracción del oleaje. Lo único que podría dar pie a obstruir la dirección del oleaje y, por tanto, el transporte de sedimentos, sería el Puerto de Oliva en el cual se apoya la playa de Terranova, pero éste no actúa como una barrera total al transporte longitudinal de sedimentos y por ello no afecta de manera transcendente. Con todo ello, se presenta un abanico NNE – ESE, con predominancia de oleajes de componente NE (orientación ésta del flujo medio de energía en la costa, FME).

Dado a las características sobre el oleaje mencionadas en el párrafo anterior (y en concreto, a los flujos medios de energía obtenidos), se puede concluir que la costa de Oliva presenta en planta una condición próxima al equilibrio en todo su litoral.

El sentido del transporte longitudinal de sedimentos, que en la mayor parte del Óvalo Valenciano se produce de norte a sur, NW-SE aguas arriba del Puerto de Oliva (playa de Terranova), se invierte en el litoral de Oliva aguas abajo del puerto, pasando a tomar una dirección SE-NW. La zona en la que se anulan las tasas de transporte neto y se produce el cambio del sentido de transporte es variable de un periodo a otro como consecuencia de la variabilidad del clima, en función de la dirección de los oleajes incidentes en el año medio. Esta zona se sitúa con mayor frecuencia en las proximidades del río Vedat.

Del estudio de transporte realizado puede concluirse que se trata de una costa en estado de equilibrio dinámico con tendencia acumulativa.

Finalmente, cabe resaltar que la actuación prevista de instalación de pasarelas transversales de madera de acceso a las playas, no supondrá ninguna incidencia negativa sobre la dinámica litoral vista en el presente estudio, puesto que no alterará en ningún caso la hidrodinámica de la zona al tratarse de una obra terrestre. Es más, la canalización del tráfico peatonal a través de las mismas, supondrá una mejora en las condiciones de protección de los cordones dunares existentes, que son altamente vulnerables al pisoteo de su vegetación fijadora.

Es por ello que, vista la importancia ecológica de estos sistemas dunares del litoral de Oliva, catalogados como Lugar de Importancia Comunitario (LIC) y hábitat natural de varias especies protegidas, se plantean una serie de medidas medioambientales encaminadas a evitar su posible afección durante la ejecución de los trabajos, y una propuesta de plan de vigilancia ambiental para garantizar su correcta implantación y eficacia.

Valencia, 30 de mayo de 2024.

Autores:

Marta Velasco Carrau
Licenciada en Ciencias del Mar
Máster GIZC – IH Cantabria

Joaquín Garrido Checa
Dr. Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos