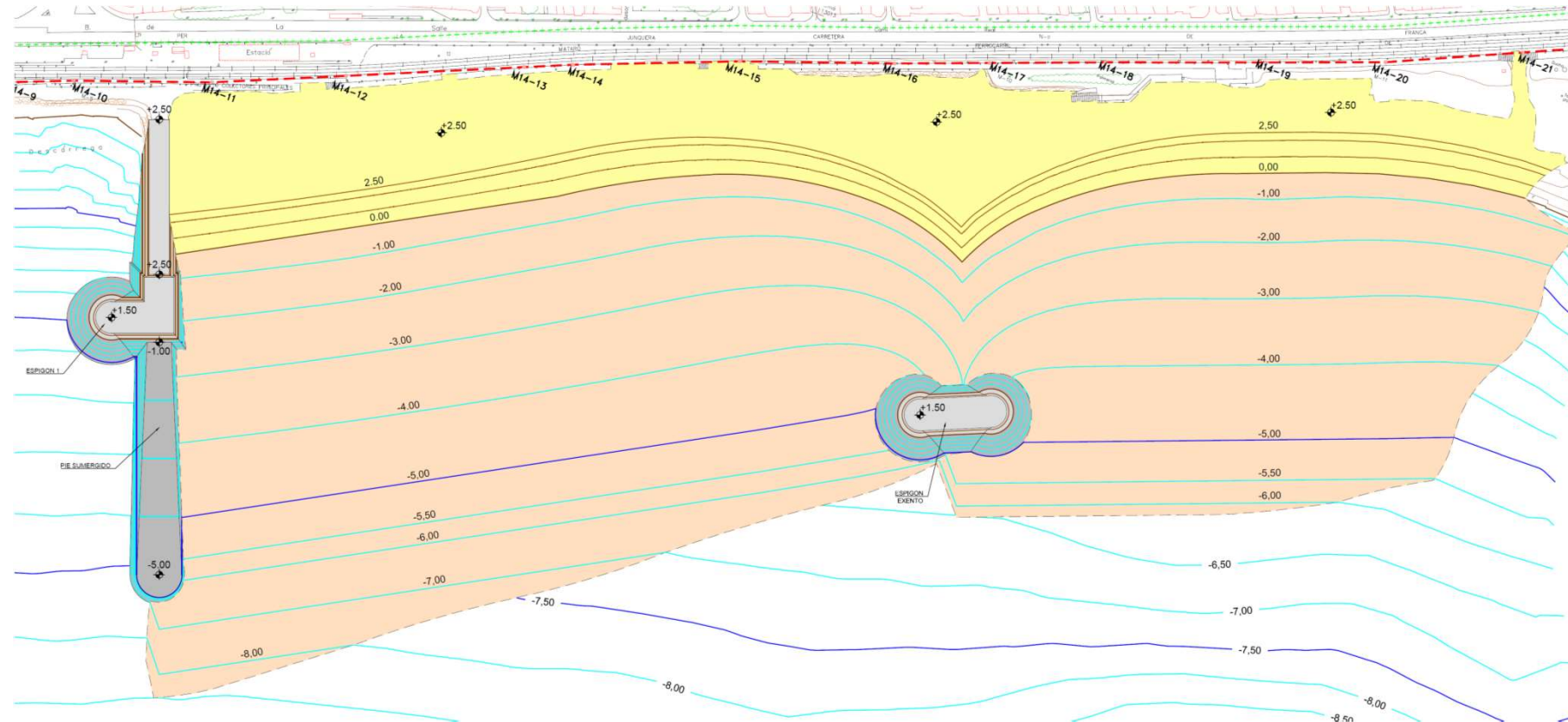


PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LAS PLAYAS DE PREMIÀ DE MAR A PONIENTE DE SU PUERTO; T.M. DE PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)



**TOMO I. DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS; DOCUMENTO Nº 2: PLANOS;
DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES Y DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO**

ENERO DE 2018

Director del Proyecto

Autor del Proyecto

Empresa Consultora

ANA M. CASTAÑEDA FRAILE
Dra. Ing. de Caminos, Canales y Puertos
Jefa del Servicio de Proyectos y Obras
Demarcación de Costas en Cataluña

F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA
Ing. de Caminos, Canales y Puertos
Colegiado nº 11.275



ÍNDICE DEL PROYECTO

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS

- Anejo n° 1. Caracterización de las zonas de vertido y extracción: topografía, batimetría, sedimentos y medioambiente
- Anejo n° 2. Estudio de Clima Marítimo
- Anejo n° 3. Estudio de propagación del oleaje y corrientes
- Anejo n° 4. Estudio de Dinámica Litoral
- Anejo n° 5. Reportaje fotográfico
- Anejo n° 6. Estudio de disponibilidad de materiales
- Anejo n° 7. Estudio de alternativas
- Anejo n° 8. Dimensionamiento de las obras
- Anejo n° 9. Justificación de Precios
- Anejo n° 10. Estudio de Seguridad y Salud
- Anejo n° 11. Programa de trabajos
- Anejo n° 12. Estudio de Gestión de Residuos

DOCUMENTO N° 2: PLANOS

- 1. Situación y emplazamiento
- 2. Estado actual. Topografía y batimetría
- 3. Planta general
- 4. Planta de replanteo
- 5. Afecciones, demoliciones y accesos provisionales
- 6. Aportación de arena
 - 6.1. Planta general y de ubicación de las secciones tipo
 - 6.2. Sección tipo
 - 6.3. Planta de ubicación de los perfiles
 - 6.4. Perfiles de medición

7. Espigón

- 7.1. Planta general y de ubicación de las secciones tipo
- 7.2. Secciones tipo
- 7.3. Planta de ubicación de los perfiles
- 7.4. Perfiles de medición

8. Zona de procedencia de las arenas

DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTO

Mediciones

Mediciones auxiliares

Cuadro de Precios n° 1

Cuadro de Precios n° 2

Presupuestos Parciales

Presupuesto Total

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	1
2. OBJETO DEL PROYECTO	2
3. NIVEL DE REFERENCIA	2
4. SITUACIÓN ACTUAL.....	2
5. PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES.....	4
6. PLANTEAMIENTO DE LA ACTUACIÓN Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	4
6.1 OBJETIVO DE LA ACTUACIÓN	4
6.2 ALTERNATIVAS PLANTEADAS	5
6.2.1 ALTERNATIVA 0. NO ACTUACIÓN	5
6.2.2 ALTERNATIVA 1. RECRECIMIENTO DEL ACTUAL ESPIGÓN Y APOORTE DE ARENA.....	5
6.2.3 ALTERNATIVA 2. RECRECIMIENTO DEL ACTUAL ESPIGÓN, APOORTE DE ARENA Y NUEVO ESPIGÓN EXENTO	6
6.2.4 ALTERNATIVA 3. RECRECIMIENTO DEL ACTUAL ESPIGÓN Y APOORTE DE ARENA Y NUEVO ESPIGÓN PERPENDICULAR A LA PLAYA	7
6.2.4.1 Estudio comparativo de alternativas	8
7. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	10
7.1 APORTACIÓN DE ARENA MARINA PARA REGENERACIÓN DE LAS PLAYAS.....	10
7.2 ESPIGONES.....	11
7.2.1 ESPIGÓN 1 O DE PONIENTE	11
7.2.2 ESPIGÓN EXENTO	13
7.3 OBRAS AUXILIARES: ADECUACIÓN DE ACCESOS	13
8. OCUPACIÓN DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE.....	13
9. EXPROPIACIONES, DISPONIBILIDAD DE LOS TERRENOS, AFECCIONES E INDEMNIZACIONES	14
10. OBRA COMPLETA	14
11. DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE COSTAS	14
12. SEGURIDAD Y SALUD.....	14
13. GESTIÓN DE RESIDUOS.....	14
14. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES	14
15. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	15
16. REVISIÓN DE PRECIOS.....	15
17. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA	15
17.1 CARACTERÍSTICAS DEL CONTRATO.....	15
17.2 CLASIFICACIONES EXIGIBLES	15
18. PRESUPUESTO DE LA OBRA	16
18.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM).....	16
18.2 PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL)	16
19. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO	16

Índice de figuras

Figura 1.-	Ubicación de los tramos de litoral con mayores problemas erosivos (Fuente: elaboración propia)	1
Figura 2.-	Propuestas de actuación en el tramo entre los puertos de El Masnou y Premià sugeridas en el informe del CEDEX. (Fuente: CEDEX).....	1
Figura 3.-	Alternativa de la actuación 1 con espigón exento sugerida en el informe del CEDEX. (Fuente: CEDEX).....	2
Figura 4.-	Sección tipo transversal de las alimentaciones propuestas en el informe del CEDEX. (Fuente: CEDEX).....	2



Figura 5.- Alcance de los trabajos de campo, que incluye la zona de extracción de la arena, marcada por un rectángulo de color rojo (Fuente: elaboración propio / Tecnoambiente)3

Figura 6.- Topografía y batimetría de la zona de actuación (Fuente: elaboración propio / Tecnoambiente)3

Figura 7.- Batimetría de la zona de extracción de la arena (Fuente: elaboración propio / Tecnoambiente).....3

Figura 8.- Caracterización geomorfológica de los fondos (Fuente: elaboración propio / Tecnoambiente)3

Figura 9.- Plano de isopacas de los sedimentos superficiales susceptibles de ser empleados como arena de préstamo (Fuente: elaboración propia / Tecnoambiente).....4

Figura 10.- Ubicación de las muestras de sedimento (Fuente: elaboración propia / Tecnoambiente)4

Figura 11.- Límite de la zona de procedencia de arena marina (Fuente: elaboración propia)4

Figura 12.- Forma de equilibrio en planta de la playa de Bellamar (Fuente: elaboración propia)5

Figura 13.- Planta de la alternativa 1A de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia).....5

Figura 14.- Zona en la que se produce un adelantamiento de la escollera de protección en la transición entre las playas de Bellamar y Pla de l'Ós. (Fuente: Elaboración propia)6

Figura 15.- Planta de la alternativa 1B de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia).....6

Figura 16.- Planta de la alternativa 2A de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia).....7

Figura 17.- Planta de la alternativa 2B de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia)7

Figura 18.- Planta de la alternativa 3A de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia).....8

Figura 19.- Planta de la alternativa 3B de la actuación 1 (Fuente: elaboración)8

Figura 20.- Planta de las obras (Fuente: elaboración propia) 11

Figura 21.- Sección tipo de la aportación de arena correspondiente al perfil de equilibrio (Fuente: elaboración propia)..... 11

Figura 22.- Diferencias entre el perfil de playa tras la regeneración y el de equilibrio al cual tenderá la playa a corto/medio plazo (Fuente: elaboración propia)..... 11

Figura 23.- Secciones tipo del espigón 1 o de poniente (Fuente: elaboración propia)..... 12

Figura 24.- Secciones tipo del espigón exento. Las secciones C-C y D-D se muestran en la Figura 23.- (Fuente: elaboración propia)..... 13

Índice de tablas

Tabla 1.- Comparación de las diferentes alternativas propuestas de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia)9

Tabla 2.- Presupuesto de las alternativas (Fuente: elaboración propia)10

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Históricamente el litoral de la comarca del Maresme, situada al norte de Barcelona, entre la desembocadura del río Tordera y el municipio de Montgat consistía en una playa continua con una considerable anchura. No obstante la construcción de la línea de ferrocarril costera en el siglo XIX y especialmente a partir de la década 40 del siglo XX de los diversos puertos que jalonan este tramo costero (de norte a sur, Arenys, El Balía, Mataró, Premià y El Masnou) junto con la pérdida de eficacia de las fuentes que suministraban arena a la playa (el río Tordera y los numerosos torrentes existentes en esta zona) como consecuencia de la urbanización de sus cauces provocaron el inicio de un proceso erosivo. Desde hace más de 40 años se han venido realizando actuaciones en este tramo costero con el objeto de frenar dicho proceso erosivo, entre las cuales cabe destacar la construcción de espigones en la década de los 70 en el tramo a poniente del puerto de Arenys, la regeneración de playas con aportaciones masivas de sedimento de origen marino a partir en los años 80 y 90 –especialmente en las playas de El Masnou, Premià y el tramo entre los puertos de Arenys y El Balís-. En los últimos años las actuaciones han sido más concentradas en aquellos tramos en peor estado.

En la actualidad el estado del litoral del Maresme sigue siendo preocupante ya que existen muchos tramos en los que la playa seca ha desaparecido y la línea de costa ha pasado a ser la escollera longitudinal que protege la línea de ferrocarril. En la Figura 1.- se muestran las zonas en las que el estado erosivo es más intenso.



Figura 1.- Ubicación de los tramos de litoral con mayores problemas erosivos (Fuente: elaboración propia)

Por todo ello y con objeto de disponer de una estrategia de todo el sector la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCyM) encargó al Centro de Puertos y Costas (CEPYC) del CEDEX) el estudio "Estrategia de actuación en el Maresme (Informe final)", con clave CEDEX: 22-410-5-001. En dicho informe, tras analizar el estado actual de todo el tramo litoral de la comarca del Maresme y diagnosticar los principales problemas, se plantearon una serie de actuaciones, incluyendo

una priorización. En particular en el tramo entre los puertos de El Masnou y Premià proponía la sectorización en cinco celdas, para lo que eran necesarias las siguientes actuaciones, que se reflejan en la Figura 2.- .

- Actuación 1. Recrecimiento del espigón que separa las playas de L'Ós y La Descàrrega y vertido de 350.000 m³ de arena en las playas de L'Ós y de Bellamar. Esta actuación presentaba 2 alternativas: i] construyendo un espigón exento entre las playas de Bellamar y de L'Ós (ver Figura 3.-) y ii] sin incluir dicho espigón exento.
- Actuación 2. Recrecimiento del espigón que separa las playas de La Descàrrega y de Ponent y vertido de 134.000 m³ de arena en la playa de La Descàrrega.
- Actuación 3. Construcción de un nuevo espigón con forma de L a poniente de la playa de Ponent de Premià (situado a unos 800 m del actualmente existente y cuyo recrecido se plantea en la actuación 2) y vertido de 460.000 m³ de arena en la playa de La Descàrrega.
- Actuación 4. Construcción de un nuevo espigón con forma de L a levante de la playa de Ocata de El Masnou (situado a unos 890 m a poniente del nuevo espigón que se plantea en la actuación 3) y vertido de 500.000 m³ de arena entre ambos espigones.
- Actuación 5. Retroalimentación de arena apoyada en el dique del puerto de El Masnou, dejando una anchura de playa seca en el entorno de 60 m y vertiendo el material sobrante en la mitad oriental de dicha celda (que finaliza 1.200 m a levante del dique del puerto de El Masnou) y el resto de material en la celda situada inmediatamente a levante (la de la actuación 4).
- Actuación 6. Construcción de un espolón adosado al dique del Puerto de El Masnou que controle el nivel de avance de la playa apoyada en él.



Figura 2.- Propuestas de actuación en el tramo entre los puertos de El Masnou y Premià sugeridas en el informe del CEDEX. (Fuente: CEDEX)



Figura 3.- Alternativa de la actuación 1 con espigón exento sugerida en el informe del CEDEX. (Fuente: CEDEX)

En dicho informe se comenta que la idea final es mantener una playa con una cierta estabilidad de una anchura de playa seca en torno a 60 m (ver Figura 4.-) y que será necesario prever un mantenimiento mediante la gestión de la arena para intentar que las zonas con anchuras inferiores a 30 m no existan. Por tanto debe procurarse una retroalimentación dentro de cada celda y, en su caso, dentro del subsector entre ambos puertos.

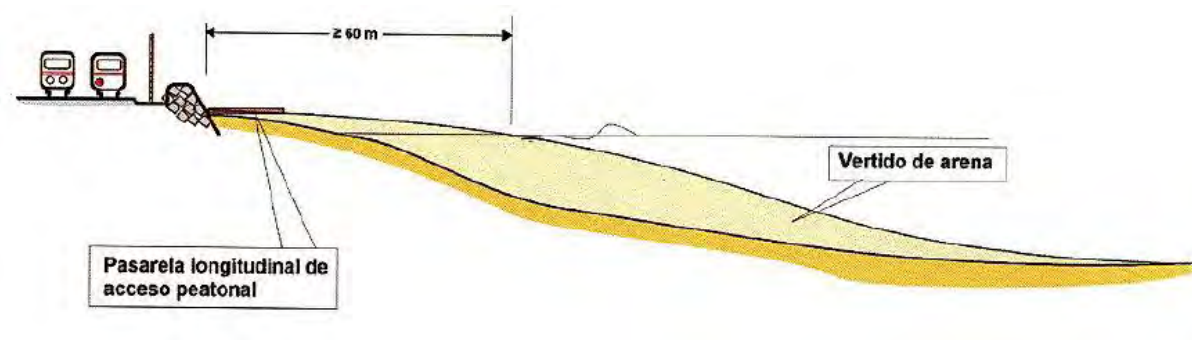


Figura 4.- Sección tipo transversal de las alimentaciones propuestas en el informe del CEDEX. (Fuente: CEDEX)

Dicho documento ha pasado a formar parte de la línea programática de las actuaciones de la DGSCM y de hecho inició el procedimiento para la licitación de la Asistencia Técnica para la redacción del "Proyecto de actuaciones en el Maresme; T.M. de El Masnou – Premià de Mar (Barcelona)" que debía desarrollar las actuaciones número 1, 5 y 6 y que fue adjudicada a la empresa MARCIGLOB Consultancy Solutions, S.L. (en adelante MARCIGLOB).

De acuerdo al Pliego de Bases de dicha Asistencia Técnica, los nombres de dichas actuaciones son los siguientes:

- Actuación 1. Estabilización de las playas de Premià de Mar a poniente de su puerto (que coincide con la actuación 1 del informe del CEDEX).
- Actuación 2. Retroalimentación de las playas de El Masnou a levante de su puerto (que coincide con la actuación 5 del informe del CEDEX).
- Actuación 3. Construcción de un dique de apoyo en la playa de Ocata de El Masnou (que coincide con la actuación 6 del informe del CEDEX).

Cada una de estas actuaciones será desarrollada en un proyecto constructivo independiente, siendo el presente el que desarrolla la actuación nº 1: "Proyecto de estabilización de las playas de Premià de Mar a poniente de su puerto; T.M. de Premià de Mar (Barcelona)".

2. OBJETO DEL PROYECTO

El presente Proyecto Constructivo tiene por objeto la definición de las características de las obras propuestas para solucionar la problemática existente en las playas de L'Ós y de Bellamar (T.M. de Premià de Mar), su descripción y justificación de las obras, la extensión de la zona de Dominio Público Marítimo Terrestre a ocupar, así como el Estudio de Dinámica Litoral, la inclusión de los criterios básicos del proyecto, el dimensionamiento de las obras, el programa de ejecución de los trabajos y procedimiento constructivo, la información fotográfica y gráfica necesaria, además de los Estudios de Gestión de Residuos, Estudio de Seguridad y Salud, Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y el Presupuesto completo de las obras.

Como documento independiente pero ligado al proyecto se ha desarrollado el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental, con el contenido especificado en la Ley 21/2013.

3. NIVEL DE REFERENCIA

Las coordenadas (x, y) del levantamiento topográfico y batimétrico empleado en este proyecto están referidos a la proyección UTM, sistema de coordenadas ETRS89 zona 31N y las cotas o niveles están referidas al Nivel Medio del Mar del Mar en Alicante (NMMA) o Cero de Alicante (CA), que coincide con el cero de referencia del IGN (Instituto Geográfico Nacional) para efectuar los levantamientos topográficos en península.

4. SITUACIÓN ACTUAL

La situación actual de la zona de obras es la obtenida a partir de los levantamientos topográfico, batimétrico y geofísico realizados ex profeso para este proyecto (ver Anejo nº 1) y de las fotografías tomadas durante las visitas efectuadas (ver Anejo nº 5). El alcance de dichos trabajos de campo incluye toda la playa (seca y sumergida) entre los puertos de Premià de Mar y de El Masnou, así como la zona de extracción de la arena marina se muestra en la Figura 5.-



Figura 5.- Alcance de los trabajos de campo, que incluye la zona de extracción de la arena, marcada por un rectángulo de color rojo (Fuente: elaboración propio / Tecnoambiente)

En la Figura 6.- y Figura 7.- se presenta el resultado de los levantamientos topográfico y batimétrico en la zona de actuación y en la zona de extracción.

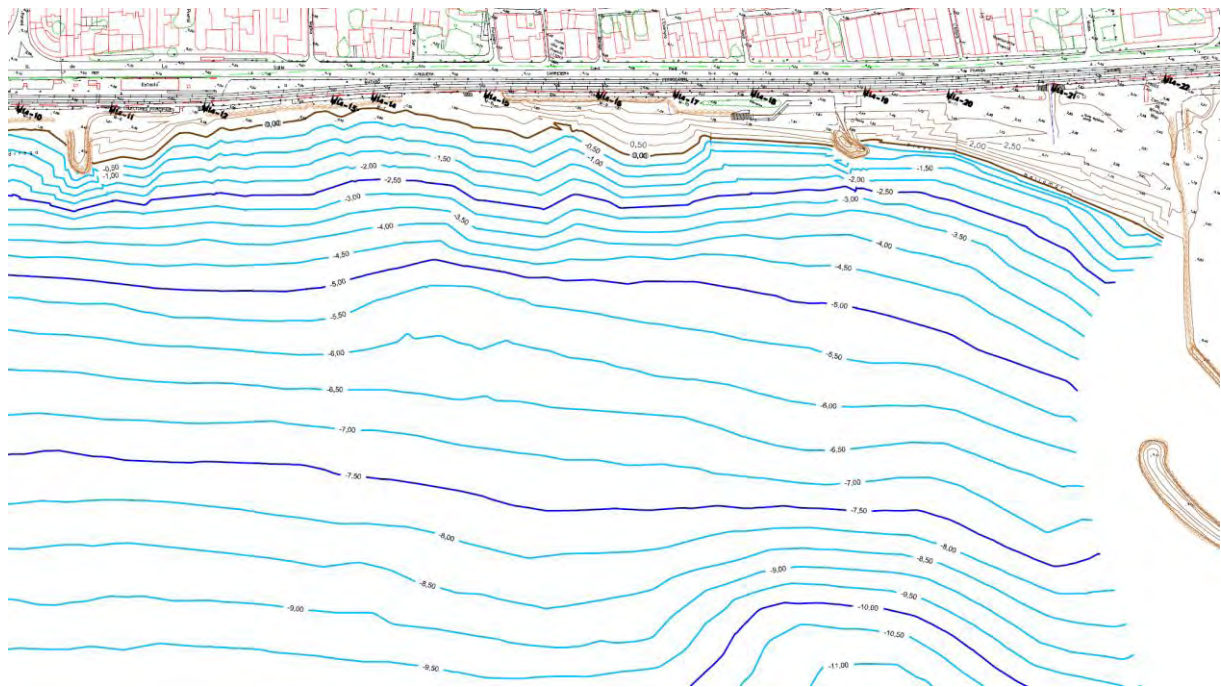


Figura 6.- Topografía y batimetría de la zona de actuación (Fuente: elaboración propio / Tecnoambiente)

En la Figura 9.- se muestra el resultado del levantamiento geofísico realizado con Sónar de Barrido Lateral (SBL) en el que puede apreciarse la presencia mayoritaria de arenas finas y de arenas con ripples. También existen unas pequeñas manchas dispersas de *Cymocodaea Nodosa*.

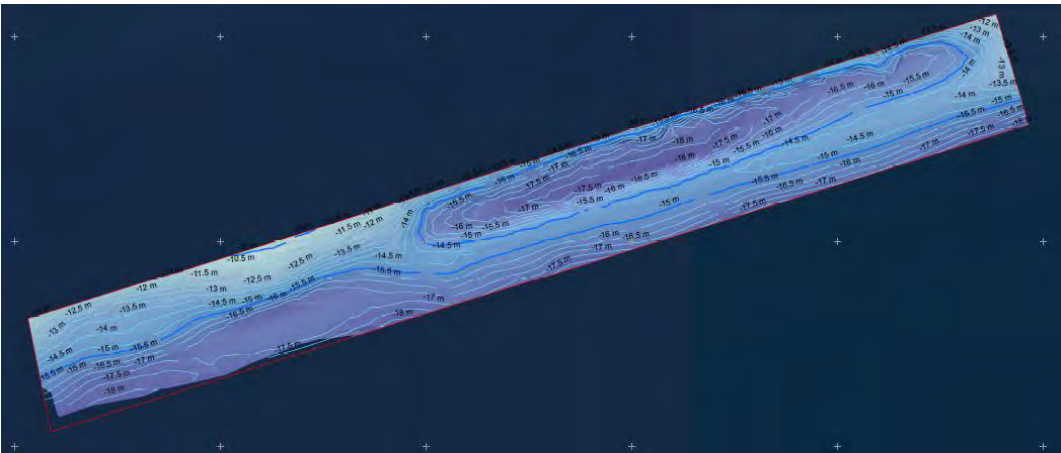


Figura 7.- Batimetría de la zona de extracción de la arena (Fuente: elaboración propio / Tecnoambiente)



Figura 8.- Caracterización geomorfológica de los fondos (Fuente: elaboración propio / Tecnoambiente)

En la Figura 9.- se muestra el resultado del levantamiento geofísico realizado con Perfilador, que permite determinar el espesor de sedimentos superficiales susceptibles de ser empleados como arena de préstamo en forma de isopacas (curvas de igual espesor de sedimento).

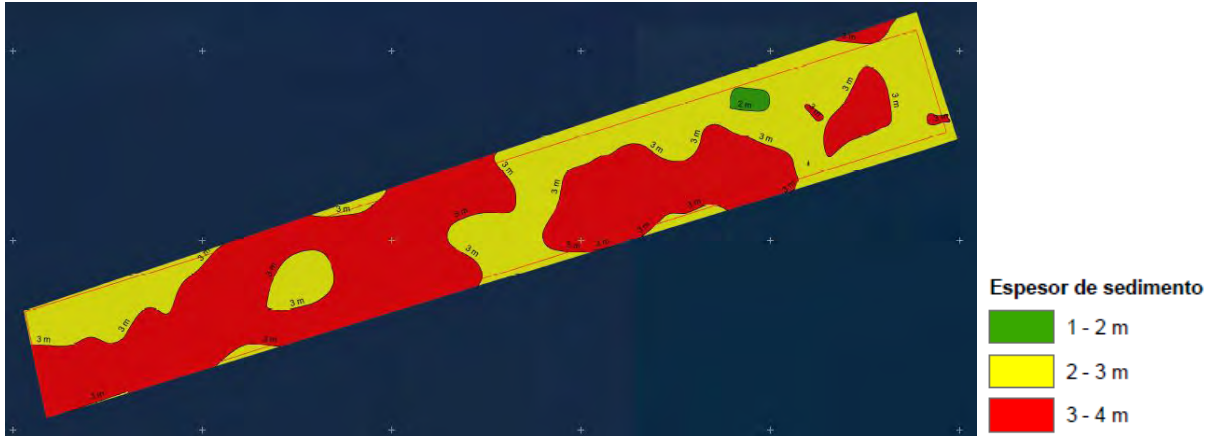


Figura 9.- Plano de isopacas de los sedimentos superficiales susceptibles de ser empleados como arena de préstamo (Fuente: elaboración propia / Tecnoambiente)

Finalmente se efectuó una campaña de toma de sedimentos del fondo que permitió realizar la caracterización granulométrica (ver Figura 10.-).



Figura 10.- Ubicación de las muestras de sedimento (Fuente: elaboración propia / Tecnoambiente)

La muestra mezcla obtenida de las muestras ubicadas en los dos perfiles más orientales, coincidentes con la zona de actuación (muestras MG8, MG9, MG17, MG18, MG26, MG27, MG35 y MG 36) tiene un tamaño medio $D_{50} = 0,471$ mm, mientras que la muestra mezcla obtenida de las muestras MGD-1, MGD-2, MGD-3, MG-D4, MGD-5 y MG-D6 (que corresponde a la zona finalmente seleccionada como de extracción) tiene un tamaño medio $D_{50} = 0,471$ mm. Es decir, en ambos casos se trata de arena media (AM).

5. PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES

En el Anejo nº 6 se analiza las características granulométricas del sedimento en la zona propuesta inicialmente para la extracción de arena. La existencia de una zona de mayor profundidad (empleada en el pasado para extraer arena) en el extremo NE y la presencia de arenas más finas en la mitad oriental (muestras MGD-7, MF-8 y MGD-9) han obligado a reducir el área de dragado a una superficie algo menor que se muestra en la Figura 11.-.

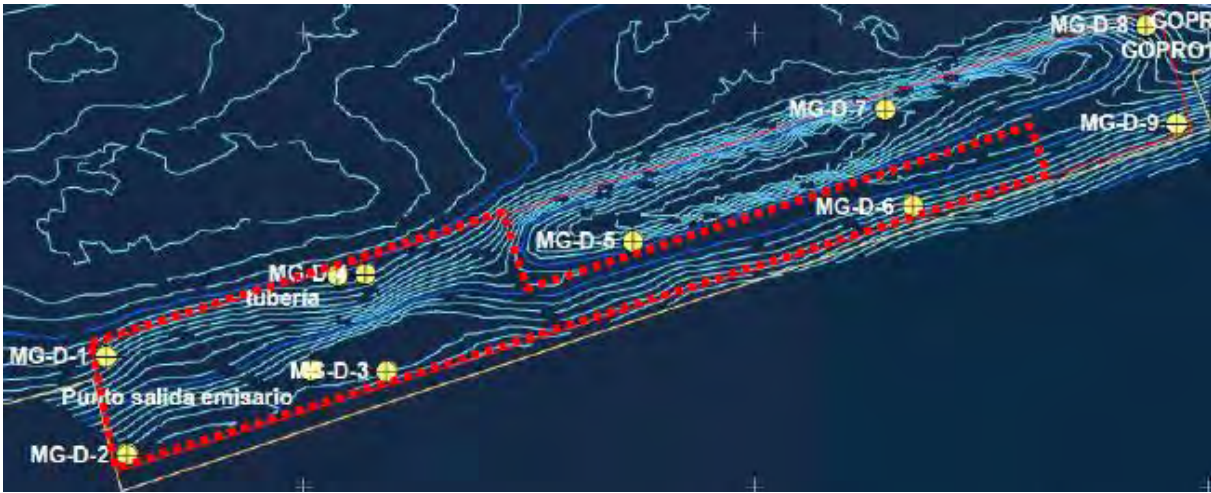


Figura 11.- Límite de la zona de procedencia de arena marina (Fuente: elaboración propia)

Por lo que respecta a la escollera necesaria para la construcción del espigón procederá de alguna de las canteras autorizadas que existen en el entorno de la obra (ver Anejo nº 6).

6. PLANTEAMIENTO DE LA ACTUACIÓN Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En el Anejo nº 7 se presenta un completo estudio de Alternativas, que a continuación se resume.

6.1 OBJETIVO DE LA ACTUACIÓN

De acuerdo con el informe del CEDEX de 2014, el objetivo de esta actuación es controlar la erosión que se aprecia en las playas, aguas abajo del puerto de Premià y mejorar las obras existentes, De este modo se incrementará el volumen de arena en la zona, que resulta prácticamente imprescindible, dado su estado actual.

La actuación consiste en el recrecimiento del espigón que separa las playas de L'Ós y de La Descàrrega, con una forma en planta en L, así como el vertido de unos 350.000 m³ de arena. Se plantea la opción adicional de construir un espigón exento entre las playas de Bellamar y de l'Ós. Asimismo se debe incluir el mantenimiento de la playa durante dos años con la recarga de arena en las dos sucesivas temporadas posteriores a la finalización de los trabajos del proyecto principal.

6.2 ALTERNATIVAS PLANTEADAS

Se plantearán las siguientes alternativas

- Alternativa 0. No actuación
- Alternativa 1. Recrecimiento del actual espigón y aporte de arena
- Alternativa 2. Recrecimiento del actual espigón, aporte de arena y nuevo espigón exento
- Alternativa 3. Recrecimiento del actual espigón y aporte de arena y nuevo espigón perpendicular a la playa

A continuación se detallan cada una de estas alternativas.

6.2.1 ALTERNATIVA 0. NO ACTUACIÓN

La no realización de esta actuación implicará que la playa de Pla de l'Ós continúe perdiendo arena hacia el SW, por lo que seguirá siendo necesaria la aportación periódica de sedimento (como por ejemplo la procedente del trasvase de arenas del Puerto de Premià). Por su parte la playa de Bellamar, encajada entre el contradique del Puerto de Premià y un pequeño escollero, seguirá con una forma en planta relativamente estable, ya que toda ella está bajo el efecto sombra provocado por el polo situado en el extremo del dique de Puerto de Premià, tal como se puede comprobar en la Figura 12.-, extraída del Anejo nº 4 (puede comprobarse que el punto de control 1, que marca el límite de afección de dicho polo se sitúa precisamente en el pequeño escollero existente en esa zona). No obstante seguirá sufriendo los avances y retrocesos cíclicos de su línea de orilla que han sido observados en los últimos años (ver Figura 45 del Anexo nº 4).



Figura 12.- Forma de equilibrio en planta de la playa de Bellamar (Fuente: elaboración propia)

6.2.2 ALTERNATIVA 1. RECRECIMIENTO DEL ACTUAL ESPIGÓN Y APOORTE DE ARENA

Variante 1A

Por lo que respecta a la playa de Bellamar su forma en planta será obtenida de acuerdo a la formulación de Hsu y Evans con una dirección del flujo medio de energía de oleaje 161,1° N (valor obtenido en el punto E para los datos de oleaje SIMAR, ver Anejo nº 4). Como condicionante se ha adoptado no adelantar la línea de costa en su extremo oriental, junto al puerto de Premià, para evitar problemas de aterramiento de su bocana. El punto de control de dicha playa coincidirá con el arranque de la nueva forma en planta de la playa del Pla de l'Ós. En este tramo la playa tendrá una forma en planta perpendicular al flujo medio de energía de oleaje, que tal como se vio en el Anejo nº 4 es 151,4° N (valor obtenido en el punto D para los datos de oleaje SIMAR). Esta playa se apoya en el actual espigón que separa las playas de Pla de l'Ós y de La Descàrrega, que será recrecido (con forma de "L"), de manera que su nuevo extremo llegue hasta la nueva línea de costa; asimismo se prolongará con un tramo sumergido que alcance la profundidad -5,50 m de la nueva playa, valor que coincide aproximadamente con la profundidad activa, de manera que suponga una barrera total al transporte longitudinal de sedimentos y la arena vertida en esa celda no salga de ella. La Figura 13.- muestra la planta de las actuaciones.

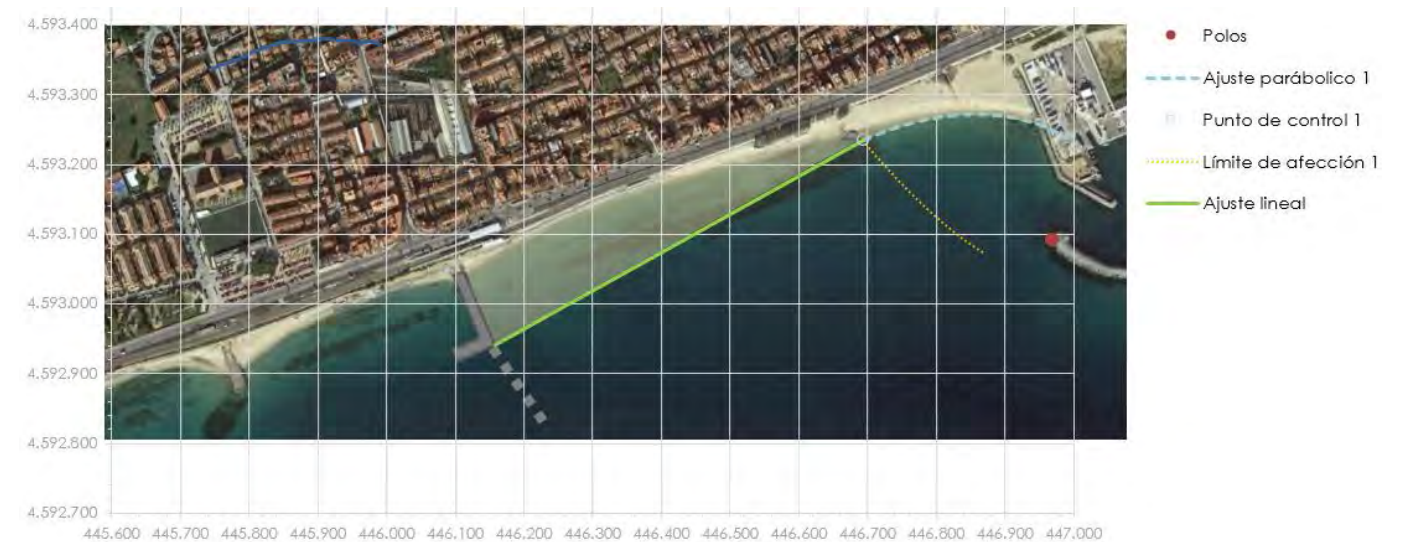


Figura 13.- Planta de la alternativa 1A de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia)

En la zona de transición entre el tramo curvo y el rectilíneo no se cumple la anchura mínima de playa seca de 60 m recomendada en el estudio de CEDEX (medida entre la nueva línea +0 y el extremo lado tierra, dado por la escollera longitudinal existente) y que en este caso es de 50 m. El motivo es la existencia de una zona urbanizada de uso recreacional que produce un adelantamiento de la escollera longitudinal de protección y por tanto una reducción "artificial" de la anchura de playa seca (ver Figura 14.-).

Para conseguir en esta zona una anchura de 60 m se debería adelantar más la playa de Bellamar respecto a lo propuesto, lo cual podría provocar problemas de aterramientos en el Puerto de Premià, Esto no se considera

viable, por lo que la anchura mínima de playa seca obtenida en este punto (50 m) será un punto débil que requerirá atención por parte de la DGSCM para conseguir el mantenimiento de la anchura de la playa.

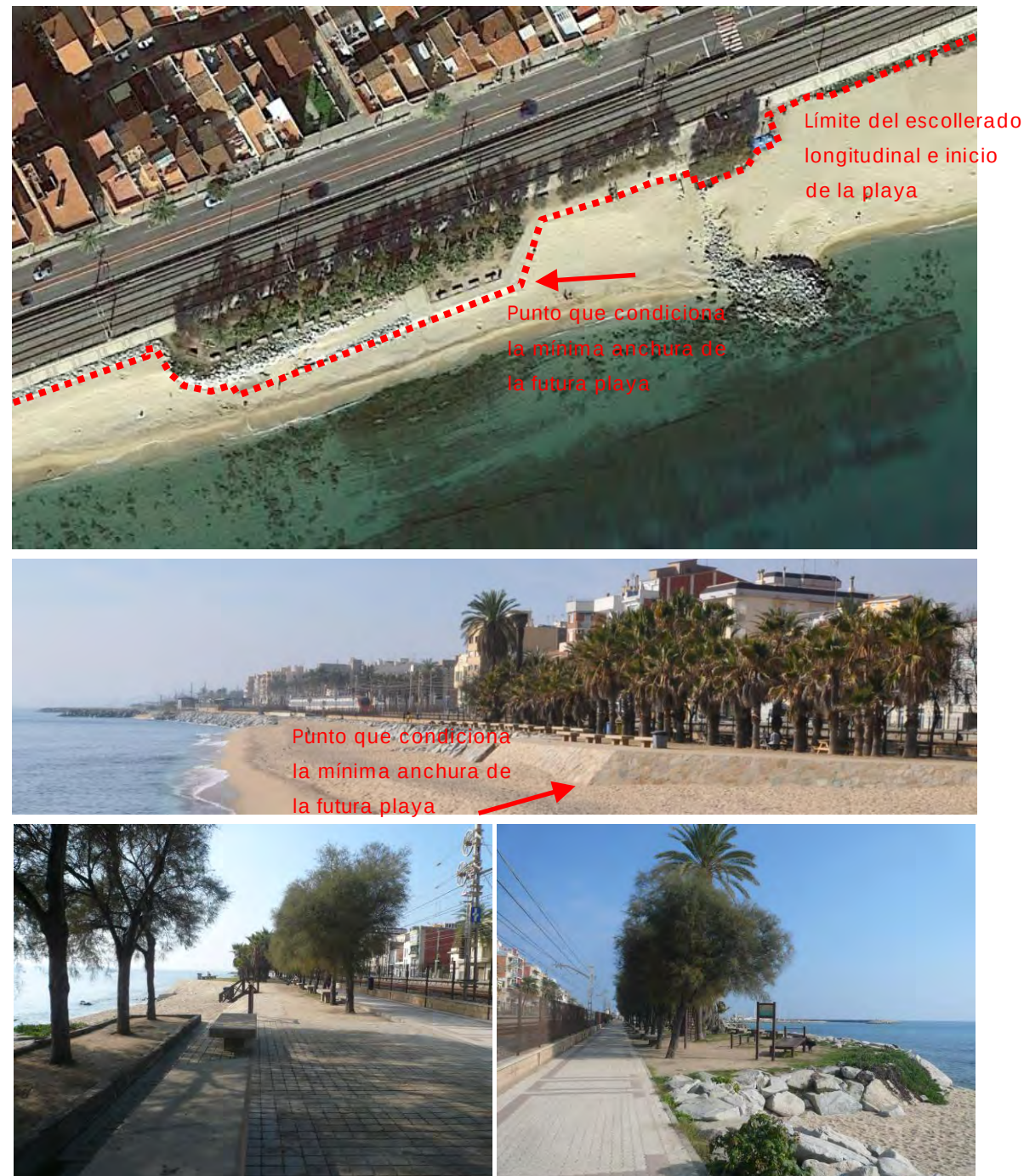


Figura 14.- Zona en la que se produce un adelantamiento de la escollera de protección en la transición entre las playas de Bellamar y Pla de l'Ós. (Fuente: Elaboración propia)

En el extremo de poniente de la actuación se supera ampliamente la anchura mínima de 60 m, llegando a los 137 m, valor que no parece adecuado, pues se genera una playa excesivamente ancha que requiere gran

volumen de arena para su formación. Además para que el recrecimiento del espigón sea efectivo y retenga toda la arena, deberá prolongarse un pie sumergido que alcance hasta la -5,50 m del nuevo perfil de playa, lo cual encarece todavía más la actuación.

Variante 1B

Con objeto de solventar la problemática descrita anteriormente se propone una variante B (para ésta y el resto de alternativas de la actuación 1) en la cual la actual zona recreacional es demolida y trasladada al extremo oriental de la actuación, junto al nuevo espigón en L. De este modo la anchura mínima de playa seca pasa a ser de 60 m, con lo que se cumplen las recomendaciones del CEDEX.

La Figura 15.- muestra la planta de las actuaciones de esta alternativa 1. La trama rallada con líneas de color rojo indica la zona a demoler y la trama de color verde su reubicación.

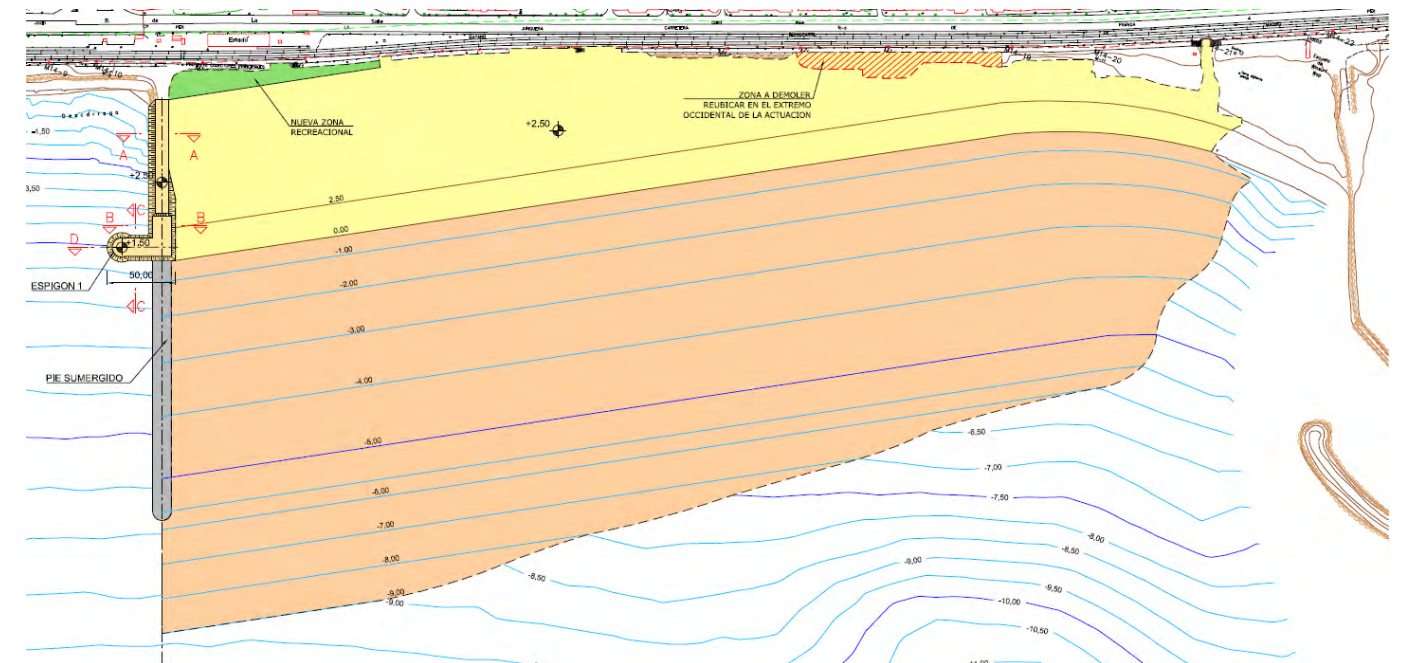


Figura 15.- Planta de la alternativa 1B de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia)

6.2.3 ALTERNATIVA 2. RECRECIMIENTO DEL ACTUAL ESPIGÓN, APOORTE DE ARENA Y NUEVO ESPIGÓN EXENTO

Variante 2A

En este caso además del recrecimiento del actual espigón que separa las playas de Pla de L'Ós y de La Descàrrega por encima de la profundidad de -5,50 m se propone en un punto intermedio entre dicho espigón y el contradique del puerto de Premià la construcción de un nuevo espigón exento en el entorno de esta isóbata con una longitud de 65 metros.

Por lo que respecta a la playa de Bellamar se propone la misma actuación que en la alternativa 1, es decir, un mantenimiento de la actual línea de costa en su extremo oriental. Su forma en planta (línea discontinua en la Figura 16.-) se ha obtenido con la formulación de Hsu y Evans considerando el polo de difracción en el morro del dique del puerto y una dirección del flujo medio de energía de $161,1^\circ$ N.

En cuanto a la playa de Pla de l'Ós el nuevo espigón exento generará un hemitómbolo cuya forma en planta se ha obtenido con la formulación de Hsu y Evans considerando los polos de difracción en los morros de dicho espigón y unas direcciones del flujo medio de energía de $161,1^\circ$ N para la mitad oriental (doble línea continua en la Figura 16.-) y $151,4^\circ$ N para la mitad occidental (línea continua en la Figura 16.-), con lo cual se tiene en cuenta la variación de dicho flujo en este tramo costero.

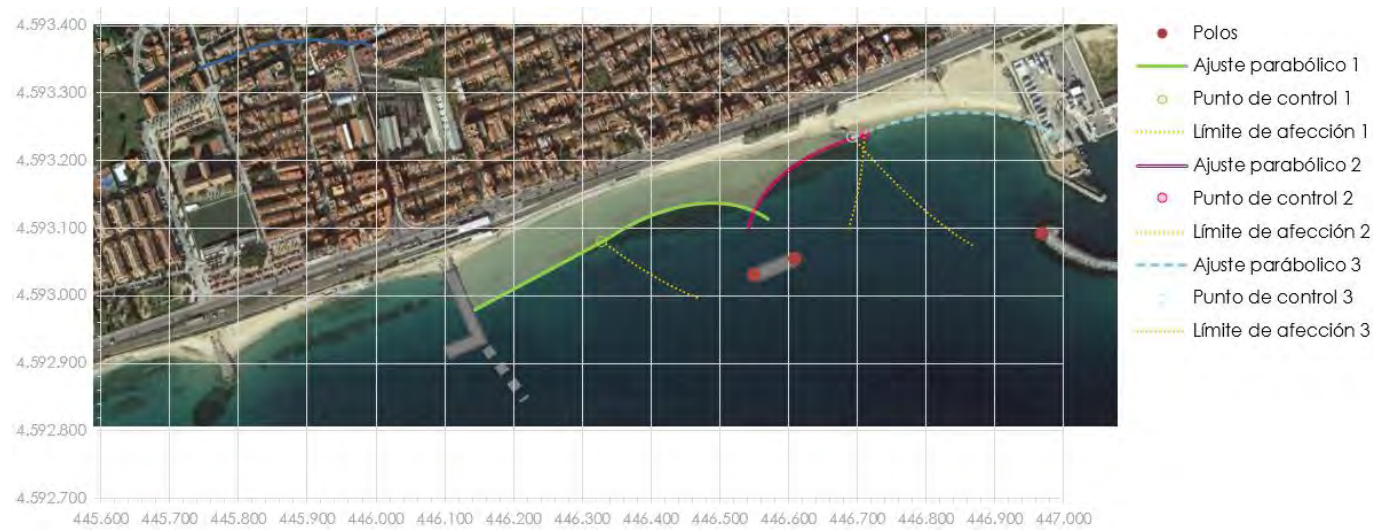


Figura 16.- Planta de la alternativa 2A de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia)

Con esta configuración la anchura mínima de playa seca de la mitad occidental de la playa de Pla de l'Ós pasa a ser 58 m (en la zona abrigada por el espigón exento) y la máxima anchura 90 m (junto a la prolongación del espigón), de manera que se reduce considerablemente respecto a la alternativa 1 (en la que se alcanzaban los 137 m). En su extremo oriental (en la zona de contacto con la playa de Bellamar) existe una zona puntual en la que anchura se reduce hasta los 44 m como consecuencia de la existencia de la zona urbanizada que produce un adelantamiento de la escollera longitudinal de protección y por tanto una reducción "artificial" de la anchura de playa seca (ver Figura 14.-). Para conseguir una anchura mayor se debería adelantar toda la línea de costa de la nueva playa creada entre el contradique del puerto y el espigón exento, lo cual podría provocar problemas de aterramiento en el puerto, por lo que se ha descartado. Éste será, por tanto, un punto crítico que requerirá atención por parte de la DGSCM para conseguir el mantenimiento de la anchura de la playa, si bien en este caso a playa será más estable que en la alternativa 1 pues su forma en planta está controlada por dos polos de difracción.

Variante 2B

Del mismo modo que se efectuó con la alternativa 1, se propone una variante en la cual la actual zona recreacional es demolida y trasladada al extremo oriental de la actuación, junto al nuevo espigón en L. De

este modo la anchura mínima de playa seca pasa a ser de 60 m, con lo que se cumplen las recomendaciones del CEDEX.

La Figura 17.- muestra la planta de las actuaciones de esta alternativa 1. La trama rallada con líneas de color rojo indica la zona a demoler y la trama de color verde su reubicación.

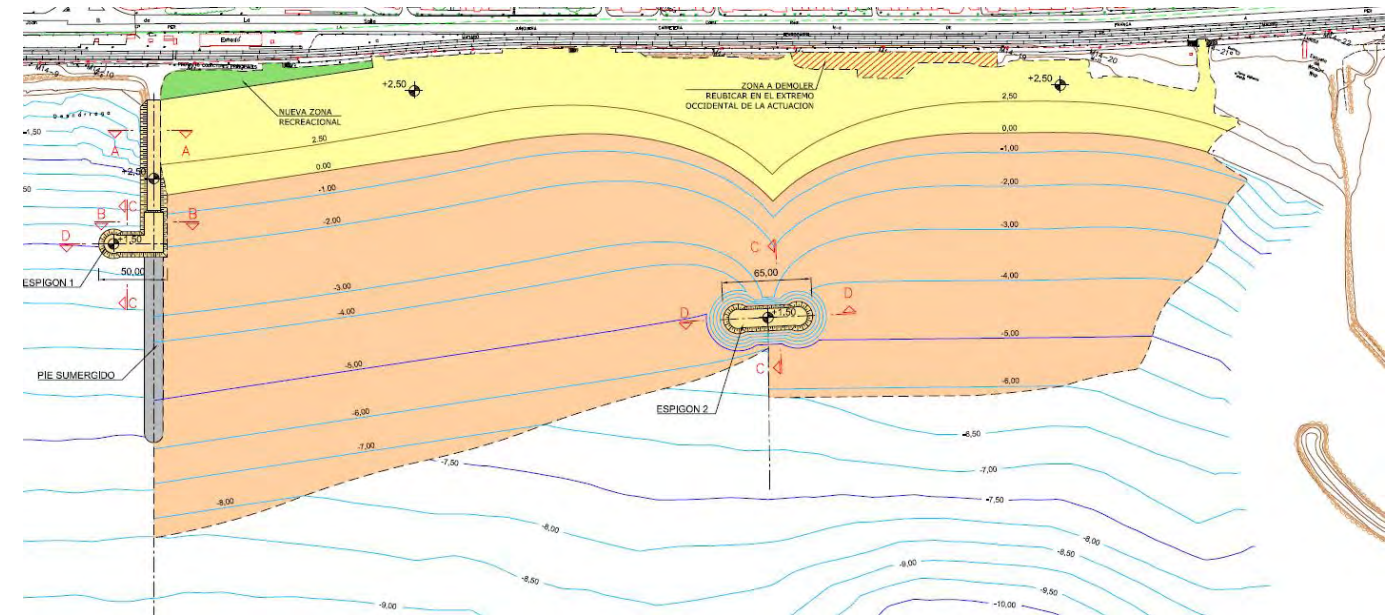


Figura 17.- Planta de la alternativa 2B de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia)

6.2.4 ALTERNATIVA 3. RECRECIMIENTO DEL ACTUAL ESPIGÓN Y APOORTE DE ARENA Y NUEVO ESPIGÓN PERPENDICULAR A LA PLAYA

Variante 3A

Esta propuesta intenta corregir uno de los principales problemas de la alternativa 1: la excesiva anchura en su extremo occidental. Para ello se plantea dividir el tramo rectilíneo de playa en dos mediante un espigón perpendicular que permita retranquear el tramo de poniente hasta conseguir unas anchuras más moderadas.

Por consiguiente además del recrecimiento del actual espigón que separa las playas del Pla de l'Ós y de La Descàrrega por encima de la profundidad de -5,50 m se propone en un punto intermedio de la playa del Pla de l'Ós la construcción de un nuevo espigón perpendicular a la costa, pero con un morro situado a la profundidad de -1 m ya que el objetivo no es compartimentar esta playa en dos sub-tramos (actuación no prevista en el documento del CEDEX) sino permitir el retranqueo de la mitad occidental de la playa. Por consiguiente este espigón será rebasable por las arenas.

La playa apoyada en este nuevo espigón tendrá una forma en planta perpendicular al flujo medio de energía de oleaje, que tal como se vio en el Anejo nº 4 es $151,4^\circ$ N (línea continua en la Figura 18.-).

La playa apoyada en el espigón más occidental tendrá en su extremo oriental una forma en planta controlada por el morro del nuevo espigón y en el resto una forma rectilínea perpendicular al flujo medio de energía de oleaje (151,4° N). Se ha obtenido mediante la formulación de Hsu y Evans (doble línea continua en la Figura 18.-).

Por lo que respecta a la playa de Bellamar se propone la misma actuación que en las alternativas 1 y 2, es decir, el mantenimiento de la actual línea de costa. Su forma en planta (línea discontinua en la Figura 18.-) se ha obtenido con la formulación de Hsu y Evans considerando el polo de difracción en el morro del dique del puerto y una dirección del flujo medio de energía de 161,1° N.

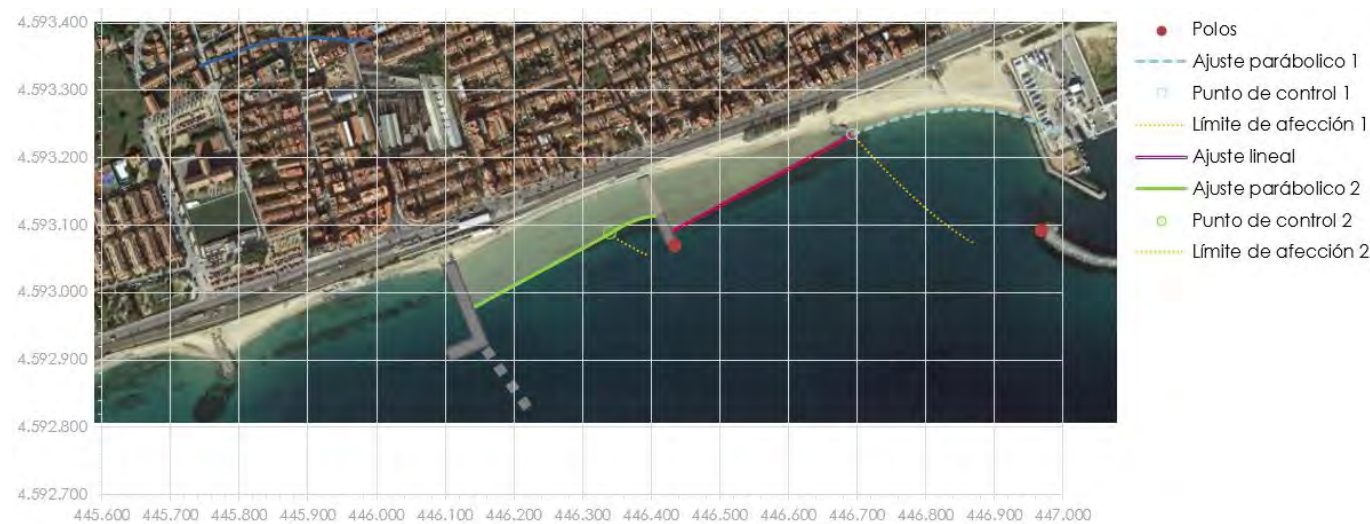


Figura 18.- Planta de la alternativa 3A de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia)

Con esta configuración la anchura mínima de playa seca de la mitad occidental de la playa de Pla de l'Ós pasa a ser 64 metros y la máxima anchura 89 metros (junto a la prolongación del espigón), de manera que se reduce considerablemente respecto a la alternativa 1 (en la que se alcanzaban los 137 m). En su mitad oriental la máxima anchura es 110 m y la mínima es de 52 m en la zona de contacto con la playa de Bellamar, donde, como ya se ha comentado en las alternativas 1 y 2 existe un adelantamiento de la escollera longitudinal de protección y por tanto una reducción "artificial" de la anchura de playa seca (ver Figura 14.-).

Para conseguir una anchura mayor se debería adelantar toda la línea de costa de la nueva playa creada entre el contradique del puerto y el espigón perpendicular, lo cual podría provocar problemas de aterramiento en el puerto, por lo que se ha descartado. Éste será, por tanto, un punto crítico que requerirá atención por parte de la DGSCM para conseguir el mantenimiento de la anchura de la playa. Una opción para controlar mejor las eventuales erosiones en este punto es mantener el pequeño espigón existente (ver Figura 14.-) ya que su extremo lado mar estará alineado con la nueva línea de orilla.

Variante 3B

Tal como se planteó con las alternativas 1 y 2, se propone una variante en la cual la actual zona recreacional es demolida y trasladada al extremo oriental de la actuación, junto al nuevo espigón en L. De este modo la

anchura mínima de playa seca pasa a ser de 60 m, con lo que se cumplen las recomendaciones del CEDEX.

La Figura 19.- muestra la planta de las actuaciones de esta alternativa. La trama rallada con líneas de color rojo indica la zona a demoler y la trama de color verde su reubicación.

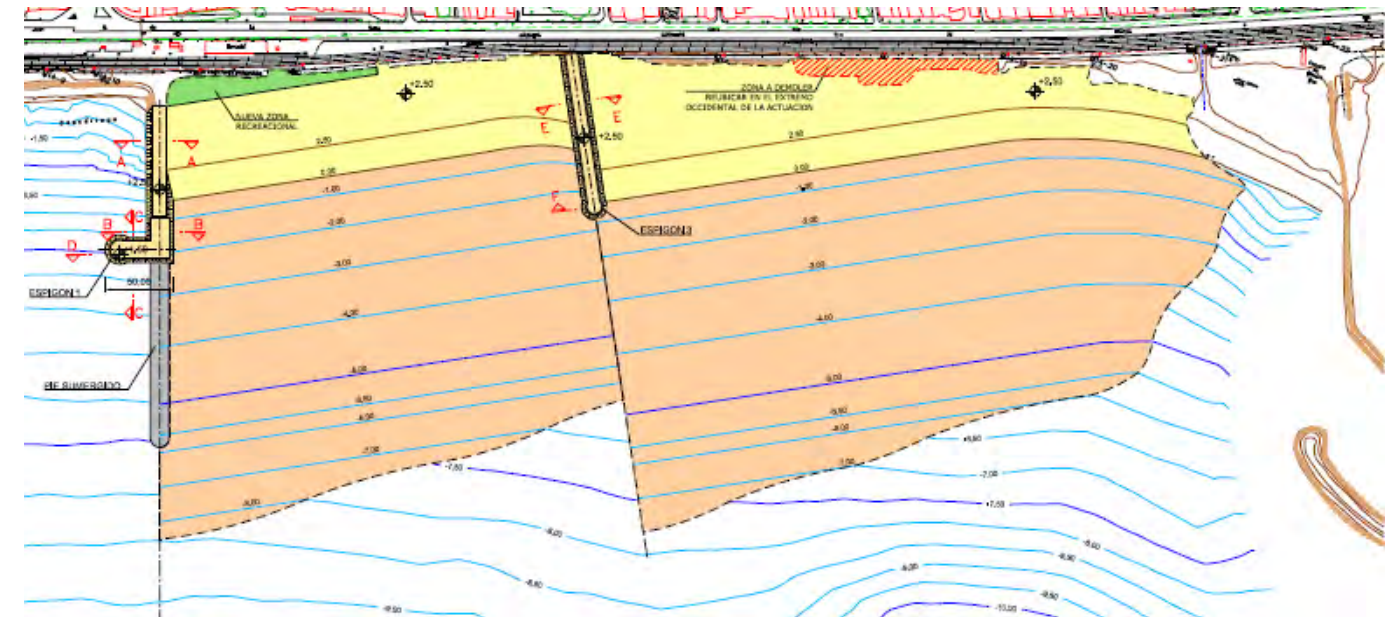


Figura 19.- Planta de la alternativa 3B de la actuación 1 (Fuente: elaboración)

6.2.4.1 Estudio comparativo de alternativas

Se ha efectuado una comparativa entre las diferentes soluciones (incluyendo la Alternativa 0 consistente en no efectuar ninguna actuación), para lo que se han considerado los siguientes aspectos, a los cuales se les ha aplicado diferentes coeficientes de ponderación p_i (de manera que $\sum p_i = 1,0$):

- Aspectos técnicos (grado de funcionalidad); $p = 0,30$
- Impacto ambiental; $p = 0,30$
- Aspectos económicos, distinguiendo entre Inversión; $p = 0,25$ y Costes de mantenimiento; $p = 0,15$

Cada alternativa ha sido valorada en función de los anteriores aspectos entre 0 (muy negativa o impacto muy alto) y 3 (muy positiva o impacto muy bajo o nulo), incluyendo una gama de colores entre el rojo (para un valor 0) y el verde intenso (para un valor 3). Todo ello se muestra en la Tabla 1.- . Los escalones considerados son los siguientes:

1. Impacto nulo, muy bajo o muy positivo: 0,0 a 0,75 puntos
2. Impacto bajo o positivo: 0,76 a 1,5 puntos
3. Impacto medio/bajo: 1,51 a 1,75 puntos
4. Impacto medio: 1,76 a 2,0 puntos

- 5. Impacto medio/alto: 2,01 a 2,5 puntos
- 6. Impacto alto o negativo: 2,51 a 3,75 puntos
- 7. Impacto muy alto o muy negativo: 2,76 a 3,0 puntos

Los criterios seguidos en la puntuación de cada aspecto se indican a continuación:

- Aspectos técnicos. Se ha tenido en cuenta el grado de solución con lo que cada alternativa resuelve la problemática erosiva de la playa. Así se considera que las Alternativas 1, 2 y 3 (tanto la variante A como la B) resuelven los problemas a medio y largo plazo de un modo muy similar, si bien a la 2 se le ha otorgado el mayor puntaje [3,0] ya que soluciona mejor la erosión en la zona de transición entre las playas de Bellamar y Pla de l'Ós; las propuestas 1 y 3 han sido valoradas con [2,5] puntos, mientras que la Alternativa 0 al no solucionar en absoluto la problemática ha sido puntuada con [0] puntos.
- Impacto ambiental. Se han considerado 3 aspectos (ocupación de superficie del fondo marino, impacto paisajístico y empleo de recursos naturales –arena y escollera–) a los que se ha dado la misma ponderación. Estos aspectos han sido valorados de [0] a [3] para cada alternativa y posteriormente ponderados por un factor $f = 1/3$, de manera que pueda obtenerse un máximo de [3] y un mínimo de [0].
 - Ocupación de superficie del fondo marino: la Alternativa 0, que no ocupa superficie ha sido valorado con [3,0] puntos, la Alternativa 3A es la que ocupa una superficie menor ha sido valorada con [2,0] puntos, la Alternativa 2A con [1,75] puntos, ya que ocupa una superficie similar, algo mayor debida al espigón exento, mientras que la Alternativa 1A ha sido valorada con [1] ya que es la que ocupa una mayor superficie. Por lo que respecta a las alternativas 1B, 2B y 3B en su puntuación se ha descontado [0,25] puntos como consecuencia de la intervención en la actual zona recreativa y su posterior reubicación.
 - Impacto paisajístico: la Alternativa 0 al no incluir ninguna actuación tiene impacto nulo, por lo que se ha valorado con [3,0] puntos; el resto han sido valoradas inversamente proporcional a la longitud de espigones: la Alternativa 1 ha sido valorada con [2,5] puntos, la Alternativa 2 con [2] puntos ya que incluye un espigón exento alejado de la costa y de baja cota de coronación y la Alternativa 3 con [1,5] puntos ya que incluye un segundo espigón en medio de la playa de considerable impacto. Esta puntuación es tanto válida para las variantes A como para las B, ya que se considera que en estas últimas la zona recreacional y ajardinada existente será sustituida por una de características similares.
 - Empleo de recursos: la Alternativa 0 al no incluir ninguna actuación no necesita recursos, por lo que se ha valorado con [3] puntos; el resto han sido valoradas inversamente proporcional al volumen de material requerido (escollera para espigones y arena para la alimentación), resultando la Alternativa 1 con [1,0] punto, y las Alternativas 2 y 3 con [2] puntos. Por lo que respecta a las alternativas 1B, 2B y 3B en su puntuación se ha descontado [0,25] puntos como consecuencia de los recursos adicionales que requerirá la nueva zona recreacional.
- De esa manera la puntuación por impacto ambiental de las alternativas queda del siguiente modo: Alternativa 0 = $(3 + 3 + 3) / 3 = [3,0]$ puntos; Alternativa 1A = $(1,0 + 2,5 + 1,0) / 3 = [1,5]$ puntos; Alternativa 1B = $(0,75 + 2,5 + 0,75) / 3 = [1,33]$ puntos; Alternativa 2A = $(1,75 + 2,0 + 2,0) / 3$

= [1,92] puntos; Alternativa 2B = $(1,5 + 2,0 + 1,75) / 3 = [1,75]$ puntos; Alternativa 3A = $(2,0 + 1,5 + 2,0) / 3 = [1,83]$ puntos y Alternativa 3B = $(1,75 + 1,5 + 1,75) / 3 = [1,67]$ puntos.

- Inversión: la Alternativa 0 al no incluir ninguna actuación tiene una inversión nula, por lo que se ha puntuado con [3,00]; la diferencia del resto de propuestas es pequeña (con un P.E.M. entre 2,3 y 3,0 millones de euros, como puede apreciarse en la Tabla 2.- de ahí que se hayan puntuado de manera inversamente proporcional a su presupuesto, valorando la más costosa con [1,0] y la de menor inversión con [2,0]. De este modo la Alternativa 1A ha sido valorada con [1,3] puntos, la Alternativa 1B con [1,0] puntos, la Alternativa 2A con [1,49] puntos, la Alternativa 2B con [1,19] puntos, la Alternativa 3A con [2,0] puntos y la Alternativa 3B con [1,7] puntos.
- Coste de mantenimiento. En este caso la valoración ha sido más cuantitativa, dando un puntaje mínimo [0,00] a la Alternativa 0 ya que, al no solucionar los problemas, requerirá actuaciones periódicas conforme la playa siga erosionándose, otorgando un puntaje similar a las otras 3 propuestas ya que su requerimientos serán similares, si bien serán menores para la Alternativa 2, que se valora con [2,5] puntos y mayores para la Alternativa 1, que ha sido valorada con [2,0] puntos, mientras que la Alternativa 3 ha sido valorada con un valor intermedio de [2,25] puntos. Por lo que respecta a las alternativas 1B, 2B y 3B en su puntuación se ha añadido [0,25] puntos como consecuencia de la ganancia de playa seca por la demolición y traslado de la actual zona recreacional, lo cual permitirá tener que efectuar menos aportaciones e esta zona.

Tabla 1.- Comparación de las diferentes alternativas propuestas de la actuación 1 (Fuente: elaboración propia)

Alternativa	Aspectos Técnicos (p = 0,30)	Aspectos ambientales (p = 0,30)				Coste de Inversión (p = 0,25)	Coste de Mantenimien- to (p = 0,15)	PUNTUACIÓN TOTAL
		Subtotal	Superficie ocupada	Impacto paisajístico	Empleo de recursos			
0	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	1,65
1A	2,50	1,50	1,00	2,50	1,00	1,30	2,00	1,83
1B	2,50	1,33	0,75	2,50	0,75	1,00	2,25	1,74
2A	3,00	1,92	1,75	2,00	2,00	1,49	2,50	2,22
2B	3,00	1,75	1,50	2,00	1,75	1,19	2,75	2,13
3A	2,50	1,83	2,00	1,50	2,00	2,00	2,25	2,14
3B	2,50	1,67	1,75	1,50	1,75	1,70	2,50	2,05

[0,00-0,75]	Nulo / Muy bajo / Muy positiv o	[2,01-2,50]	Medio / Alto
[0,76-1,50]	Bajo / Positiv o	[2,51-2,75]	Alto / Negativ o
[1,51-1,75]	Medio / Bajo	[2,76-3,00]	Muy alto / Muy negativ o
[1,76-2,00]	Medio		

Tabla 2.- Presupuesto de las alternativas (Fuente: elaboración propia)

		ALTERNATIVA 1A	ALTERNATIVA 2A	ALTERNATIVA 3A
1. APORTACIÓN DE ARENA				
m3 Dragado y vertido de arena	Prec. Unit.	6,00	6,00	6,00
	Medición	387.000,00	267.660,00	280.800,00
	Presupuesto	2.322.000,00	1.605.960,00	1.684.800,00
	SUBTOTAL 1	2.322.000,00	1.605.960,00	1.684.800,00
2.1 ESPIGÓN 1 (DE PONENT)				
t Vertido de todo uno	Prec. Unit.	10,00	10,00	10,00
	Medición	17.896,16	17.896,16	17.896,16
	Presupuesto	178.961,61	178.961,61	178.961,61
t Retirada de todo uno	Prec. Unit.	6,00	6,00	6,00
	Medición	3.661,27	3.661,27	3.661,27
	Presupuesto	21.967,64	21.967,64	21.967,64
t Colocac. Escollera >3.500 kg	Prec. Unit.	14,00	14,00	14,00
	Medición	6.348,51	6.348,51	6.348,51
	Presupuesto	88.879,20	88.879,20	88.879,20
t Colocac. Escollera >5.000 kg	Prec. Unit.	16,00	16,00	16,00
	Medición	7.784,45	7.784,45	7.784,45
	Presupuesto	124.551,12	124.551,12	124.551,12
t Colocac. Escollera >6.000 kg	Prec. Unit.	18,00	18,00	18,00
	Medición	2.375,12	2.375,12	2.375,12
	Presupuesto	42.752,17	42.752,17	42.752,17
	SUBTOTAL 2.1	457.111,74	457.111,74	457.111,74
2.2. ESPIGÓN 2 (EXENTO)				
t Vertido de todo uno	Prec. Unit.	10,00	10,00	10,00
	Medición	0,00	29.225,66	0,00
	Presupuesto	0,00	292.256,61	0,00
t Retirada de todo uno	Prec. Unit.	6,00	6,00	6,00
	Medición	0,00	19.491,44	0,00
	Presupuesto	0,00	116.948,63	0,00
t Colocac. Escollera >3.500 kg	Prec. Unit.	14,00	14,00	14,00
	Medición	0,00	1.188,70	0,00
	Presupuesto	0,00	16.641,82	0,00
t Colocac. Escollera >5.000 kg	Prec. Unit.	16,00	16,00	16,00
	Medición	0,00	5.098,76	0,00
	Presupuesto	0,00	81.580,11	0,00
t Colocac. Escollera >6.000 kg	Prec. Unit.	18,00	18,00	18,00
	Medición	0,00	4.750,24	0,00
	Presupuesto	0,00	85.504,35	0,00
	SUBTOTAL 2.2	0,00	592.931,52	0,00
2.3. ESPIGÓN 3 (PLA DE L'ÓS)				
t Vertido de todo uno	Prec. Unit.	10,00	10,00	10,00
	Medición	0,00	0,00	6.674,86
	Presupuesto	0,00	0,00	66.748,64
t Retirada de todo uno	Prec. Unit.	6,00	6,00	6,00
	Medición	0,00	0,00	1.271,62
	Presupuesto	0,00	0,00	7.629,73
t Colocac. Escollera >2.500 kg	Prec. Unit.	12,00	12,00	12,00
	Medición	0,00	0,00	6.365,72
	Presupuesto	0,00	0,00	76.388,69
t Colocac. Escollera >5.000 kg	Prec. Unit.	16,00	16,00	16,00
	Medición	0,00	0,00	1.904,46
	Presupuesto	0,00	0,00	30.471,43
	SUBTOTAL 2.3	0,00	0,00	181.238,48
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (€)		2.779.111,74	2.656.003,26	2.323.150,22

		ALTERNATIVA 1B	ALTERNATIVA 2B	ALTERNATIVA 3B
1. COSTE DE LA ALTERNATIVA 'A'				
	SUBTOTAL 1	2.779.111,74	2.656.003,26	2.323.150,22
2. DEMOLICIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE ZONA RECREACIONAL EXISTENTE				
PA Demolición y reconstrucción	Prec. Unit.	200.000,00	200.000,00	200.000,00
	Medición	1,00	1,00	1,00
	Presupuesto	200.000,00	200.000,00	200.000,00
	SUBTOTAL 2	200.000,00	200.000,00	200.000,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (€)		2.979.111,74	2.856.003,26	2.523.150,22

Puede comprobarse que la solución mejor resulta ser la Alternativa 2A (consistente en la aportación de arena, la prolongación del espigón que separar las playas del Pla de l'Ós y La Descàrrega y un espigón exento en el centro de la playa del Pla de l'Ós) con una puntuación de 2,22 puntos y por tanto ha sido la desarrollada en el proyecto.

7. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Los elementos más significativos de la actuación propuesta son:

- Recarga de las playas de Bellamar y de l'Ós con arena marina extraída de la zona situada al sur del Puerto de Premià de Mar y vertida a través de una tubería flotante.
- Construcción de dos espigones
 - El espigón 1 o de Poniente cuya misión es efectuar el apoyo lateral de la arena vertida ya que en esta zona el transporte litoral tiene dirección de NE a SW.
 - El espigón exento situado aproximadamente en medio de la zona de actuación y cuya finalidad es crear un hemitómbolo en la playa e incrementar su estabilidad en planta.
- Obras auxiliares que permitan el acceso de la maquinaria terrestre a la playa.

La Figura 20.- y el plano nº 3 del Documento nº 2 muestran la planta general de las obras.

La descripción de las obras se presenta en los siguientes apartados.

7.1 APORTACIÓN DE ARENA MARINA PARA REGENERACIÓN DE LAS PLAYAS

Las playas de Bellamar y de l'Ós serán regenerada mediante arena de origen marino con un tamaño medio equivalente D₅₀ = 0,471 mm, obtenida mediante una draga de succión en las proximidades de la obra (al sur del Puerto de Premià).

La sección tipo de la aportación de arena ha sido obtenida a partir del perfil teórico de equilibrio con estrán lineal coronado a la cota +2,50, tal como se explica en el Anejo nº 8 y se muestra en la Figura 21.- .

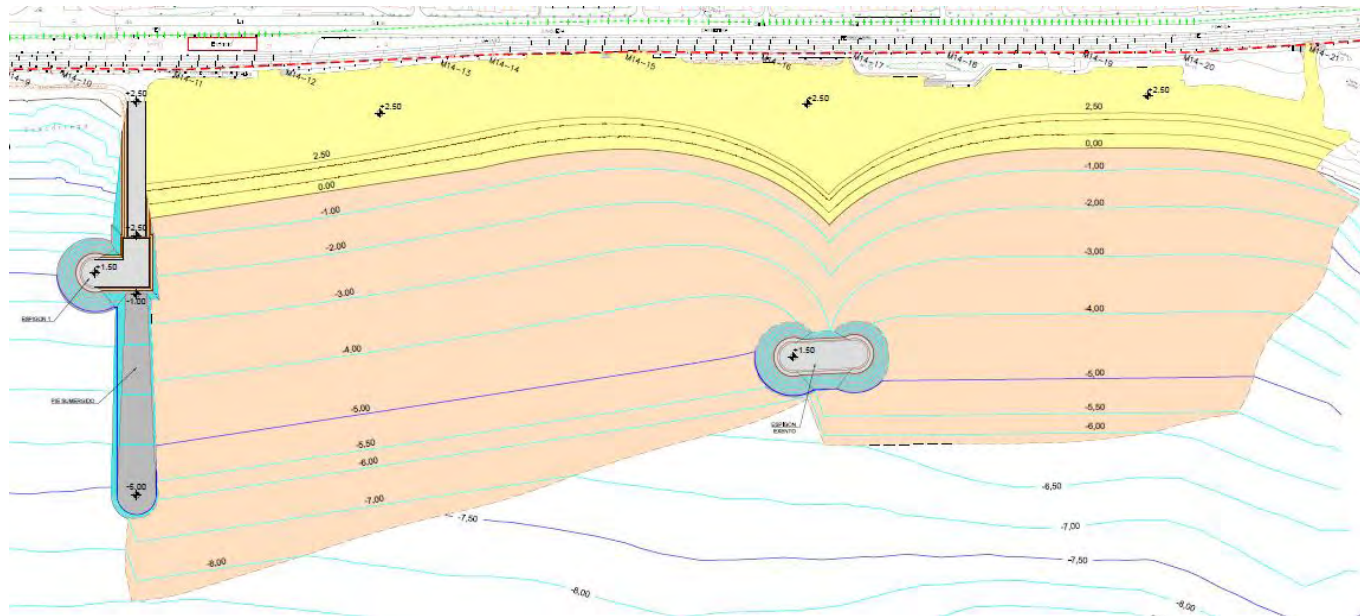


Figura 20.- Planta de las obras (Fuente: elaboración propia)

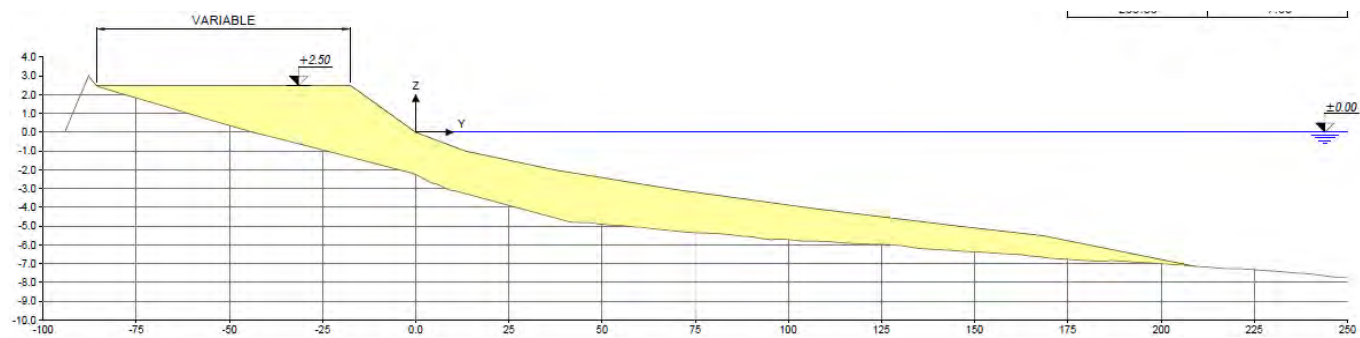


Figura 21.- Sección tipo de la aportación de arena correspondiente al perfil de equilibrio (Fuente: elaboración propia)

Debe remarcarse que, por lo tanto, esta sección tipo es teórica, pues corresponde a una situación futura de equilibrio, y ha sido empleada fundamentalmente para determinar el volumen de arena realmente necesario para crear una playa de las características de diseño (en cuanto a la posición de la futura nueva línea de orilla +0,0 y el tipo de arena a emplear para su formación). Por consiguiente, tras el vertido y posterior extensión de la arena el perfil de la playa tendrá una mayor pendiente que la dibujada en los planos lo que significará una mayor superficie seca inicial, a corto plazo y por tanto una línea +0 avanzada respecto a la dibujada en los planos. Pero con el paso del tiempo y la acción del oleaje el perfil de playa tenderá a adoptar la forma del perfil de equilibrio de la Figura 21.-, y por lo tanto a incrementar su pendiente, de manera que parte de la arena de la playa seca será transportada hasta zonas más profundas y la línea +0 irá retrocediendo hacia su posición de equilibrio mostrada en los planos. Eso se explica de un modo esquemático en la Figura 22.-

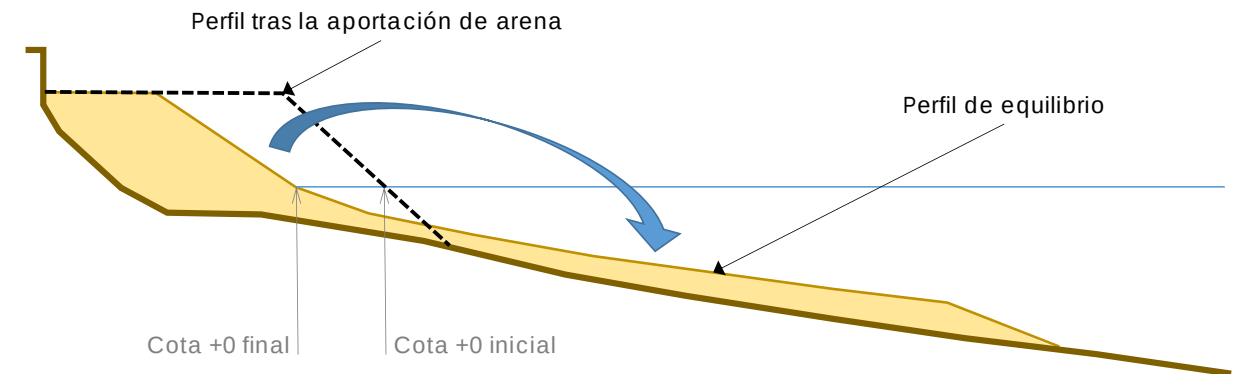


Figura 22.- Diferencias entre el perfil de playa tras la regeneración y el de equilibrio al cual tenderá la playa a corto/medio plazo (Fuente: elaboración propia)

El volumen total de aportación se ha obtenido a partir de las cubicaciones mediante dicho perfil de equilibrio (que se muestran en los planos nº 6 del Documento nº 2) y de la aplicación del factor de sobrellenado R_A y resulta ser de 346.932,53 m³.

Como se ha dicho, la arena será obtenida mediante una draga de succión, transportada en su cántara y vertida mediante bombeo a través de una tubería flotante. Finalmente se procederá a la extensión de la playa mediante una pala.

7.2 ESPIGONES

7.2.1 ESPIGÓN 1 O DE PONIENTE

Con objeto de garantizar que la arena vertida tenga un soporte lateral por el extremo de poniente (de manera que se evite la pérdida de sedimento como consecuencia de las corrientes litorales longitudinales con dirección NE a SW) se prevé la construcción de un espigón de escollera con forma de 'L' en planta. El espigón es una prolongación del actualmente existente y que separa las playas de L'Ós y de La Descàrrega y arranca con una cota de coronación +2,50 m C.A. (la misma que la berma de la playa) y posteriormente su cota se disminuye hasta la +1,50 m C.A., a la cual transcurre el resto de la primera alineación, así como la segunda alineación (paralela a la costa) y cuyo pie discurre aproximadamente por la actual isóbata -5,50 m espigón. Asimismo como continuación de la primera alineación se dispone un tramo sumergido (que arranca a la cota -1,00 m CA y finaliza a la -5,00 m CA) que mantiene un resguardo vertical de al menos 1 metro respecto al perfil de la playa una vez regenerada.

Las diferentes secciones tipo del espigón, que se muestran en la Figura 23.- y en plano 7.2 del Documento nº 2 se describen a continuación.

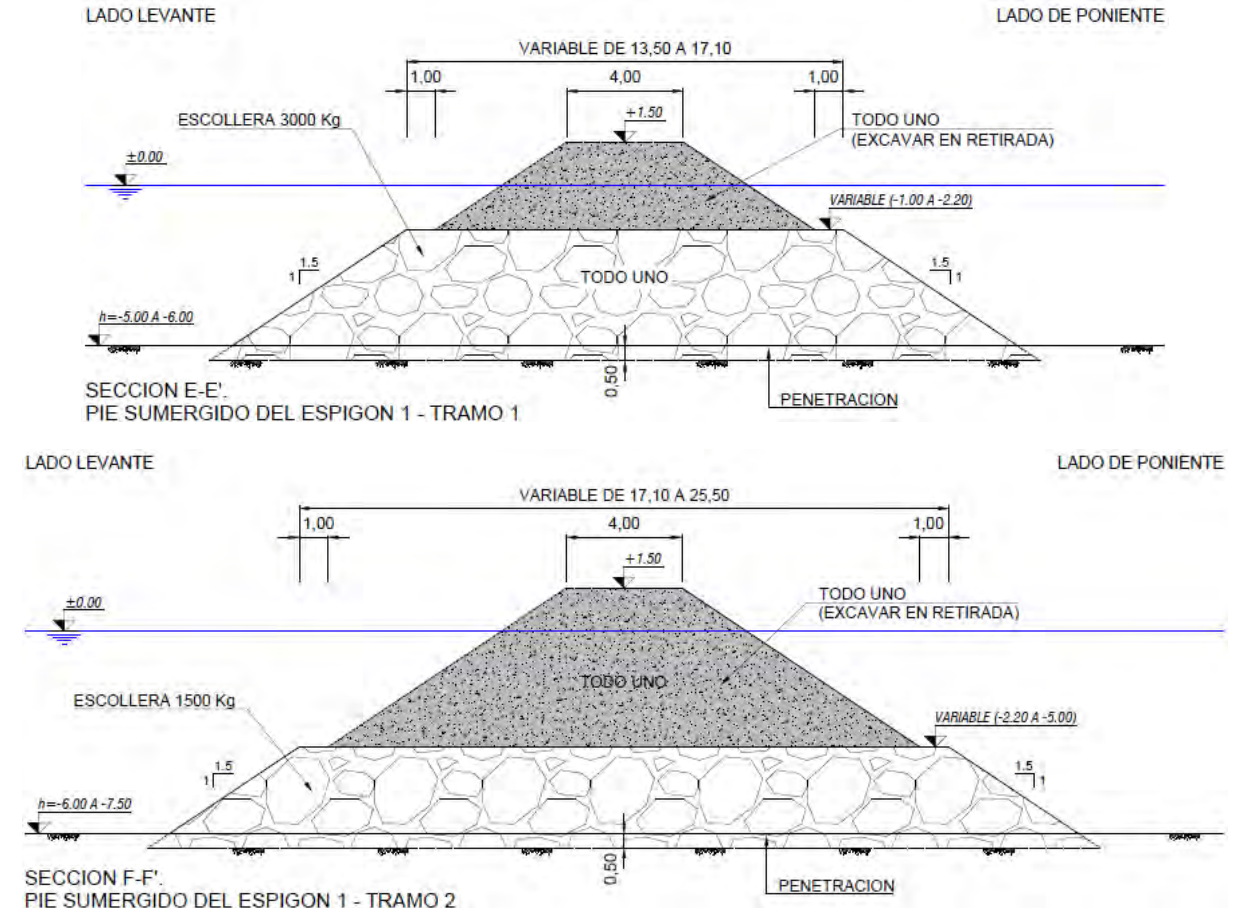
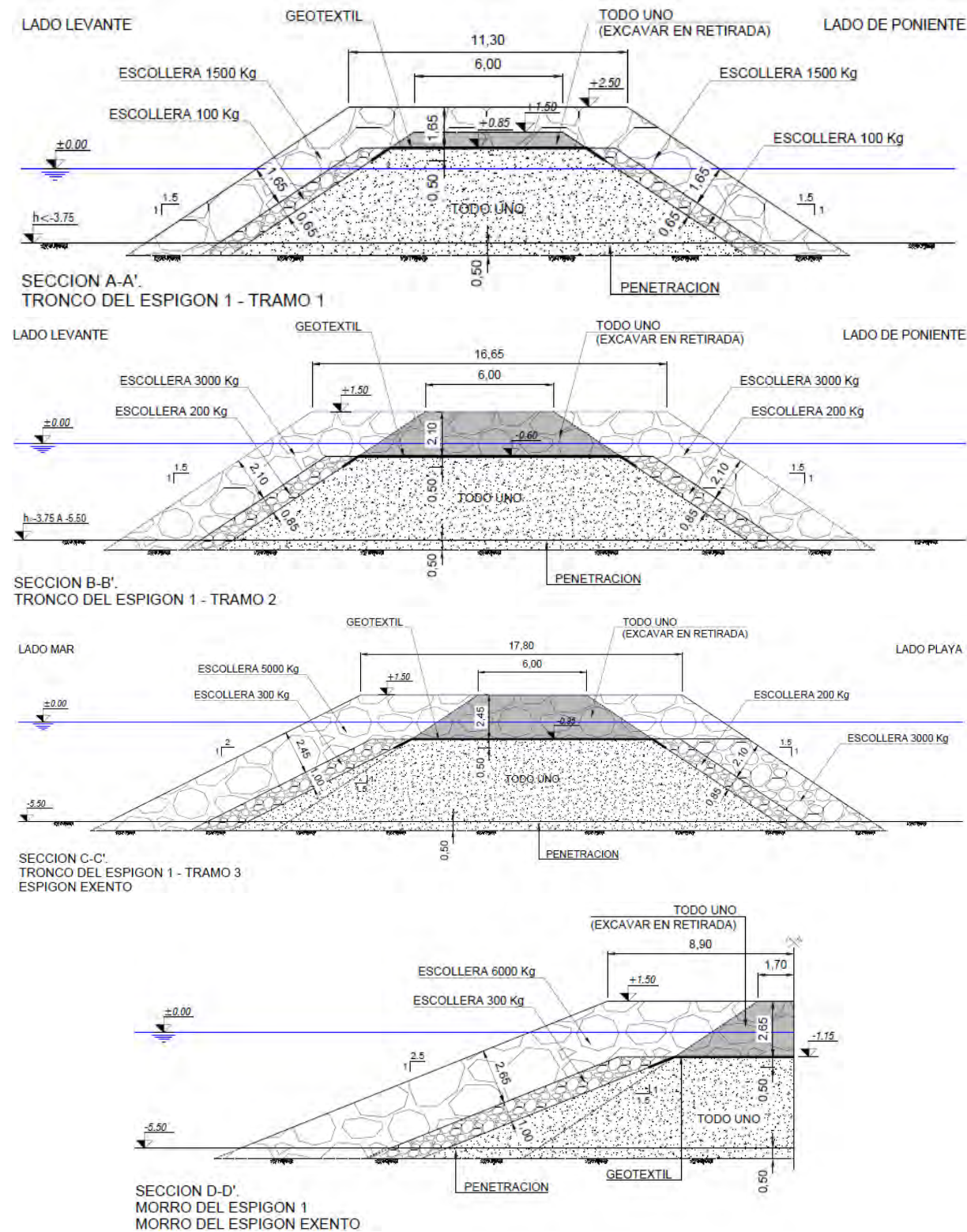


Figura 23.- Secciones tipo del espigón 1 o de poniente (Fuente: elaboración propia)

- Sección tipo A-A: corresponde al primer tramo de la primera alineación y alcanza una profundidad de -3,75 m C.A. Consiste en una sección trapezoidal formada por un núcleo de todo con una anchura de coronación de 6,00 m a la cota +1,50 m y taludes 1V:1,5H, protegidos por un filtro formada por una doble capa de cantos de escollera con una masa media de 100 kg y un manto exterior formada por una doble capa de cantos de escollera con una masa media de 1.500 kg y que corona a la cota +2,50 m CA (con una anchura de 11,30 m). En la coronación la transición entre el núcleo y el manto exterior se soluciona mediante una capa de geotextil y el todo uno por encima de la cota +0,85 m CA debe ser excavado en retirada antes de la colocación del manto exterior.
- Sección tipo B-B: corresponde al segundo tramo de la primera alineación y alcanza una profundidad de -5,50 m C.A. En este caso el núcleo de todo con una anchura de coronación de 6,00 m a la cota +1,50 m y taludes 1V:1,5H está protegido por un filtro formada por una doble capa de cantos de escollera con una masa media de 200 kg y un manto exterior formada por una doble capa de cantos de escollera con una masa media de 3.000 kg y que corona a la cota +1,50 m CA (con una anchura de 16,65 m). En la coronación la transición entre el núcleo y el manto exterior se soluciona mediante una capa de geotextil y el todo uno por encima de la cota -0,60 m CA debe ser excavado en retirada antes de la colocación del manto exterior.

- Sección tipo C-C: corresponde al tronco de la segunda alineación y alcanza una profundidad de -5,50 m C.A. En este caso el núcleo de todo con una anchura de coronación de 6,00 m a la cota +1,50 m tiene unos taludes 1V:2H por el lado mar y 1V:1,5H por el lado tierra. Está protegido por un filtro formada por una doble capa de cantos de escollera con una masa media de 300 kg (talud lado mar) y de 200 kg (talud lado tierra) y un manto exterior formada por una doble capa de cantos de escollera con una masa media de 5.000 kg (talud lado mar y coronación a la cota +1,50 m CA, con una anchura de 17,80 m) y de 3.000 kg (talud lado tierra). En la coronación la transición entre el núcleo y el manto exterior se soluciona mediante una capa de geotextil y el todo uno por encima de la cota -0,95 m CA debe ser excavado en retirada antes de la colocación del manto exterior.
- Sección tipo D-D: se trata de una sección de revolución que corresponde al morro del espigón (segunda alineación) y alcanza una profundidad de -5,50 m C.A. En este caso el núcleo de todo con una anchura de coronación de 6,00 m a la cota +1,50 m tiene un talud 1V:2,5H y está protegido por un filtro formada por una doble capa de cantos de escollera con una masa media de 300 kg y un manto exterior formada por una doble capa de cantos de escollera con una masa media de 6.000 kg y que corona a la cota +1,50 m CA (con una anchura de 8,90 m). En la coronación la transición entre el núcleo y el manto exterior se soluciona mediante una capa de geotextil y el todo uno por encima de la cota -0,95 m CA debe ser excavado en retirada antes de la colocación del manto exterior.
- Sección tipo E-E: corresponde al primer tramo del pie sumergido y alcanza una profundidad de -6,00 m C.A. Consiste en una sección trapezoidal formada por cantos de escollera con una masa media de 3.000 kg con una anchura de coronación variable entre 13,50 y 17,10 m a una cota variable entre la -1,00 y la -2,20 m CA y taludes 1V:1,5. Para su ejecución por medios terrestres y permitir el acceso de la maquinaria hasta el final del pie sumergido resulta necesario construir encima de la sección un camino de acceso formado por todo con una anchura de coronación de 4,00 m a la cota +1,50 m y taludes 1V:1,5H. Este camino de todo uno debe ser excavado en retirada.
- Sección tipo F-F: corresponde al tramo final del pie sumergido y alcanza una profundidad de -7,50 m C.A. Consiste en una sección trapezoidal formada por cantos de escollera con una masa media de 1.500 kg con una anchura de coronación variable entre 17,10 y 25,50 m a una cota variable entre la -2,20 y la -5,00 m CA y taludes 1V:1,5. Para su ejecución por medios terrestres y permitir el acceso de la maquinaria hasta el final del pie sumergido resulta necesario construir encima de la sección el camino de acceso de las mismas características que en la sección E-E y que debe ser excavado en retirada una vez finalizado el vertido de la escollera de 1.000 kg.

7.2.2 ESPIGÓN EXENTO

Con objeto de crear un hemitóbolo en la playa e incrementar su estabilidad en planta se incluye un espigón exento con una longitud de 65 m (medidos a la cota +0,00 m CA) y que corona a la cota 1,50 m CA.

Las diferentes secciones tipo del espigón, que se muestran en la Figura 24.- y en plano 7.2 del Documento nº 2 se describen a continuación.

- Sección tipo C-C: corresponde al tronco del espigón y es exactamente igual a la sección C-C del espigón 1 descrita en el apartado 7.2.1.
- Sección tipo D-D: corresponde a los morros del espigón y es exactamente igual a la sección D-D del espigón 1 descrita en el apartado 7.2.1.
- Sección G-G: corresponde al camino de acceso provisional necesario para que la maquinaria pueda acceder al espigón exento. Consiste en una sección trapezoidal formada por un núcleo de todo con una anchura de coronación de 4,00 m a la cota +1,50 m y taludes 1V:1,5H.

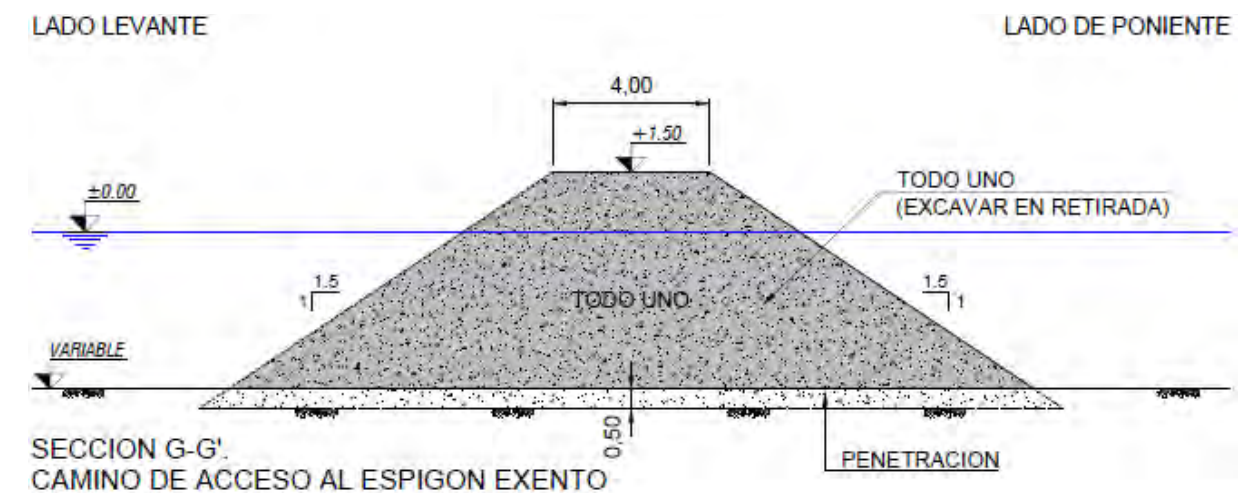


Figura 24.- Secciones tipo del espigón exento. Las secciones C-C y D-D se muestran en la Figura 23.- (Fuente: elaboración propia)

7.3 OBRAS AUXILIARES: ADECUACIÓN DE ACCESOS

Para permitir el acceso de la maquinaria terrestre a la playa desde el paseo se deberá construir un camino para su tránsito a base de arena tipo sablón (conocida localmente como "sauló"). La anchura del camino será de 7 m y transcurrirá por la parte trasera de la playa (ver plano nº 5).

Una vez finalizadas las obras el "sauló" será excavado y repartido por la playa.

8. OCUPACIÓN DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE

La superficie total de Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) ocupada por las obras es de 207.084,32 m², repartidas del siguiente modo:

- Playa emergida (por encima de la cota +0,00) : 50.393,37 m²
- Playa sumergida (por debajo de la cota +0,00) : 143.525,42 m²
- Espigones emergidos (por encima de la cota +0,00) : 4.322,33 m²
- Espigones sumergidos (por debajo de la cota +0,00) : 8.843,20 m²

9. EXPROPIACIONES, DISPONIBILIDAD DE LOS TERRENOS, AFECCIONES E INDEMNIZACIONES

Todas las obras descritas en el proyecto se desarrollan en Dominio Público Marítimo Terrestre y no resulta necesaria la realización de expropiaciones.

Se ha constatado que existe una disponibilidad efectiva de los terrenos para la ejecución de las obras proyectadas. Por lo que respecta a la accesibilidad de la maquinaria a la zona de obras deberán acceder por el Puerto de Premià (objeto de una concesión administrativa), por lo que se deberá negociar un acuerdo con el concesionario.

Tampoco se afecta a las zonas de servidumbre de tránsito y de servidumbre de protección, salvo temporalmente durante la ejecución de las obras, ya que la zona deberá ser vallada por motivos de prevención de riesgos laborales. Las servidumbres serán repuestas tras la finalización de las obras.

Asimismo por cuestiones de seguridad durante la realización de las obras estará prohibida la presencia de bañistas u otros usuarios en la playa y solamente se permitirá el acceso al personal relacionado con las obras.

No se prevé ninguna afección a los servicios existentes.

Se ha contemplado la demolición y reposición de la parte de los pavimentos que eventualmente sean afectados por el paso de la maquinaria de obra.

Por consiguiente en el proyecto no se incluyen indemnizaciones por afectaciones directas o indirectas a terceros.

10. OBRA COMPLETA

De acuerdo con lo establecido en el artículo 125 del Reglamento de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, se manifiesta expresamente que el presente proyecto se refiere a una obra completa, en el sentido de que es susceptible de ser entregada al uso público, sin perjuicio de las ampliaciones de que posteriormente pueda ser objeto.

11. DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE COSTAS

Conforme al artículo 44.7 de la Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, y el artículo 97 del Reglamento General de Costas, aprobado por Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, se declara expresamente que este proyecto cumple las disposiciones de la citada Ley de Costas, así como las normas generales y específicas que se dicten para su desarrollo y aplicación.

12. SEGURIDAD Y SALUD

En el Anejo nº 10 se presenta el Estudio de Seguridad y Salud redactado en conformidad con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, así como con el resto de Normativa de obligatorio cumplimiento.

13. GESTIÓN DE RESIDUOS

En el Anejo nº 12 se presenta el Estudio de Gestión de Residuos redactado en conformidad con el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

14. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

El artículo 11 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental establece que *“corresponde al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente¹ ejercer las funciones atribuidas por esta ley al órgano ambiental cuando se trate de la evaluación ambiental de planes, programas o proyectos que deban ser adoptados, aprobados o autorizados por la Administración General del Estado y los organismos públicos vinculados o dependientes de ella”*.

Por consiguiente los órganos sustantivo y ambiental en este caso son:

- Órgano sustantivo: Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).
- Órgano ambiental: Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (DGCEM) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).

Dado que el órgano ambiental pertenece a la Administración General del Estado, será de aplicación la legislación ambiental estatal, en particular la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, la cual establece en su artículo 7 que:

- “1. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental ordinaria los siguientes proyectos:*
- a) Los comprendidos en el anexo I, así como los proyectos que, presentándose fraccionados, alcancen los umbrales del anexo I mediante la acumulación de las magnitudes o dimensiones de cada uno de los proyectos considerados.*
 - b) Los comprendidos en el apartado 2, cuando así lo decida caso por caso el órgano ambiental, en el informe de impacto ambiental de acuerdo con los criterios del anexo III. (...)*
 - d) Los proyectos incluidos en el apartado 2, cuando así lo solicite el promotor.*
- 2. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada:*
- a) Los proyectos comprendidos en el anexo II”.*

¹ Antigua denominación del actual Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA)

b) Los proyectos no incluidos ni en el anexo I ni el anexo II que puedan afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a Espacios Protegidos Red Natura 2000."

El Anexo I (proyectos que han de ser sometidos a evaluación ordinaria) incluye, entre otros proyectos, los siguientes:

"Grupo 9. Otros proyectos.
a) Los siguientes proyectos cuando se desarrollen en Espacios Naturales Protegidos, Red Natura 2000 y Áreas protegidas por instrumentos internacionales, según la regulación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad: (...)
4.º Dragados fluviales cuando el volumen extraído sea superior a 20.000 metros cúbicos anuales, y dragados marinos cuando el volumen extraído sea superior a 20.000 metros cúbicos anuales."

El Anexo II (proyectos que han de ser sometidos a evaluación simplificada) incluye, entre otros proyectos, los siguientes:

"Grupo 3. Perforaciones, dragados y otras instalaciones mineras e industriales. (...)
d) Extracción de materiales mediante dragados marinos excepto cuando el objeto del proyecto sea mantener las condiciones hidrodinámicas o de navegabilidad. (...)"
"Grupo 7. Proyectos de infraestructuras. (...)
e) Obras de alimentación artificial de playas cuyo volumen de aportación de arena supere los 500.000 metros cúbicos o bien que requieran la construcción de diques o espigones. (...).
h) Obras costeras destinadas a combatir la erosión y obras marítimas que puedan alterar la costa, por ejemplo, por la construcción de diques, malecones, espigones y otras obras de defensa contra el mar, excluidos el mantenimiento y la reconstrucción de tales obras y las obras realizadas en la zona de servicio de los puertos."

Por consiguiente de acuerdo con la legislación estatal se está en los supuestos de los apartados d) del Grupo 2 y e) y h) del Grupo 7 del Anexo II, lo que implicaría la necesidad de someter el proyecto a evaluación de impacto ambiental simplificada, en cuyo caso el Promotor ha de presentar un Documento Ambiental.

No existe legislación autonómica específica para evaluación de impacto ambiental de proyectos que contradiga o matice lo anterior.

No obstante, teniendo en cuenta la presencia en las proximidades de la obra de una especie protegida (*Cymodocea Nodosa*) y de un Espacio Natural Protegido de la Red Natura 2000 se propone, en virtud de lo establecido en el artículo 7.1.d de la Ley 21/2013, que el proyecto sea sometido al procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinaria.

El presente Proyecto Constructivo incluye como documento independiente el Estudio de Impacto Ambiental, con el contenido especificado en la Ley 21/2013.

El presupuesto para la realización del Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental (PVA) ha sido incluido en el presupuesto del presente proyecto.

15. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Se prevé un plazo de ejecución de las obras de OCHO (8) MESES, de acuerdo con el programa de obra que se incluye en el Anejo nº 11.

16. REVISIÓN DE PRECIOS

Como el plazo previsto para la ejecución de las obras es inferior al año, no son de aplicación las fórmulas de revisión de precios.

17. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

17.1 CARACTERÍSTICAS DEL CONTRATO

A los efectos de lo previsto en el artículo 36 y concordantes del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (aprobado por RD 1098/2001, de 12 de octubre, en su última versión actualizada con fecha de 15/05/2009), el presente Proyecto presenta las siguientes características:

- Tipo de Contrato: OBRAS
- Presupuesto Base de Licitación (sin IVA): 4.364.314,79 €
- Plazo de ejecución: 8 MESES
- Anualidad Media: 6.546.472,19 €

17.2 CLASIFICACIONES EXIGIBLES

En virtud de los datos que se deducen de la naturaleza de las obras y de los importes resultantes deducidos en el Documento nº 4. Presupuesto, se obtiene la siguiente clasificación exigible:

- Grupo F. Obras Marítimas
 - Subgrupo 1. Dragados
 - Subgrupo 2. Escolleras
 - Categoría f

18. PRESUPUESTO DE LA OBRA

En el Documento nº 4 de este Proyecto se presenta el presupuesto de las obras previstas.

18.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

Asciende el presente Presupuesto de Ejecución Material a la cantidad de TRES MILLONES QUINIENTOS SETENTA Y SIETE MIL TRESCIENTOS SIETE EUROS CON VEINTIÚN CÉNTIMOS (3.577.307,21€). Su desglose se presenta a continuación.

CAPÍTULO 1. OBRAS AUXILIARES. ADECUACION DE ACCESOS	100.189,50 €
CAPÍTULO 2. MOVIMIENTO DE TIERRAS. ESPIGONES	1.489.524,41 €
CAPÍTULO 3. MOVIMIENTO DE TIERRAS. REGENERACION DE LA PLAYA	1.850.964,29 €
CAPÍTULO 4. BALIZAMIENTO MARINO	3.522,88 €
CAPÍTULO 5. VARIOS	133.106,13€
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	3.577.307,21 €

18.2 PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL)

Si se incrementa el Presupuesto de Ejecución Material en un 16 % en concepto de Gastos Generales y un 6 % en concepto de Beneficio Industrial se obtienen un subtotal de CUATRO MILLONES TRESCIENTOS SESENTA Y CUATRO MIL TRESCIENTOS CATORCE EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (4.364.314,79 €).

El Presupuesto Base de Licitación se ha obtenido incrementando el subtotal anterior un 21 % en concepto de Impuesto sobre el Valor Añadido (I.V.A.) resultando finalmente un total de CINCO MILLONES DOSCIENTOS OCHENTA MIL OCHOCIENTOS VEINTE EUROS CON NOVENTA CENTIMOS (5.280.820,90 €).

19. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

PROYECTO CONSTRUCTIVO

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS

- Anejo nº 1. Caracterización de las zonas de vertido y extracción: topografía, batimetría, sedimentos y medioambiente
- Anejo nº 2. Estudio de Clima Marítimo
- Anejo nº 3. Estudio de propagación del oleaje y corrientes
- Anejo nº 4. Estudio de Dinámica Litoral

- Anejo nº 5. Reportaje fotográfico
- Anejo nº 6. Estudio de disponibilidad de materiales
- Anejo nº 7. Estudio de alternativas
- Anejo nº 8. Dimensionamiento de las obras
- Anejo nº 9. Justificación de Precios
- Anejo nº 10. Estudio de Seguridad y Salud
- Anejo nº 11. Programa de trabajos y procedimientos constructivos
- Anejo nº 12. Estudio de Gestión de Residuos

DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

- 1. Situación y emplazamiento
- 2. Estado actual. Topografía y batimetría
- 3. Planta de obras
- 4. Planta de replanteo
- 5. Afecciones, demoliciones y accesos provisionales
- 6. Aportación de arena
 - 6.1. Planta general y de ubicación de las secciones tipo
 - 6.2. Sección tipo
 - 6.3. Planta de ubicación de los perfiles
 - 6.4. Perfiles de medición
- 7. Espigón
 - 7.1. Planta general y de ubicación de las secciones tipo
 - 7.2. Secciones tipo
 - 7.3. Planta de ubicación de los perfiles
 - 7.4. Perfiles de medición
- 8. Zona de procedencia de las arenas

DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO

- Mediciones
- Cuadro de Precios nº 1
- Cuadro de Precios nº 2
- Presupuestos Parciales
- Presupuesto Total

DOCUMENTO Nº 5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL



Barcelona, enero de 2018

El Director del Proyecto

El Autor del Proyecto

Ana María Castañeda Fraile

F. Javier Escartín García

Dra. Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefa del Servicio de Proyectos y Obras

Colegiado nº 11.275

Demarcación de Costas en Cataluña

ÍNDICE DE ANEJOS

- Anejo nº 1. Caracterización de las zonas de vertido y extracción:
topografía, batimetría, sedimentos y medioambiente
- Anejo nº 2. Estudio de Clima Marítimo
- Anejo nº 3. Estudio de propagación del oleaje y corrientes
- Anejo nº 4. Estudio de Dinámica Litoral
- Anejo nº 5. Reportaje fotográfico
- Anejo nº 6. Estudio de disponibilidad de materiales
- Anejo nº 7. Estudio de alternativas
- Anejo nº 8. Dimensionamiento de las obras
- Anejo nº 9. Justificación de Precios
- Anejo nº 10. Estudio de Seguridad y Salud
- Anejo nº 11. Programa de trabajos
- Anejo nº 12. Estudio de Gestión de Residuos

**ANEJO N° 1. CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS DE VERTIDO Y EXTRACCIÓN:
TOPOGRAFÍA, BATIMETRÍA, SEDIMENTOS Y MEDIOAMBIENTE**

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ALCANCE.....	1
3.	ÁMBITO DE ESTUDIO	1
4.	RESULTADOS	1
4.1	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO	1
4.1.1	BATIMETRÍA	1
4.1.1.1	Equipos.....	1
4.1.1.2	Sistemas de referencia.....	2
4.1.1.3	Metodología	2
4.1.2	TOPOGRAFÍA	3
4.1.2.1	Equipos.....	3
4.1.2.2	Sistemas de referencia.....	3
4.1.2.3	Metodología	3
4.1.3	RESULTADOS	4
4.2	LEVANTAMIENTO GEOFÍSICO	4
4.2.1	GEOMORFOLOGÍA MARINA	4
4.2.1.1	Zona de préstamo	5
4.2.1.2	Zona de aportación	6
4.2.2	SISMOESTRATIGRAFÍA	8
4.3	CARACTERIZACIÓN DE SEDIMENTOS MARINOS	9
4.3.1	ZONA DE PRÉSTAMO	9
4.3.1.1	Caracterización granulométrica	9
4.3.1.2	Caracterización química	10
4.3.2	ZONA DE APORTACIÓN.....	10
4.4	COMUNIDADES PLANCTÓNICAS.....	12
4.5	COMUNIDADES BENCTÓNICAS	12

4.5.1	HÀBITATS DE ARENAS Y ARENAS FANGOSAS INFRALITORALES (030402)	13
4.5.2	HÀBITAT DE SEDIMENTOS INFRALITORALES CON CYMODOCEA NODOSA	13
4.6	ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS	13
4.7	ELEMENTOS ANTRÓPICOS.....	14
4.8	PATRIMONIO CULTURAL	14

Apéndice 1. Listado de elementos antrópicos detectados en la zona de estudio

Apéndice 2. Planos

Índice de figuras

Figura 1.-	Ámbito de estudio: zona de préstamo (color rojo) y de aportación (color verde) (Fuente: elaboración propia).....	1
Figura 2.-	Referencia del mareógrafo Redmar Barcelona 2 (Fuente: Puertos del Estado).....	2
Figura 3.-	Resultados del levantamiento topográfico y batimétrico (Fuente: Tecnoambiente)	4
Figura 4.-	Perfiles batimétricos en la zona de préstamo (Fuente: Tecnoambiente).....	4
Figura 5.-	Proyecto de líneas realizado (Fuente: Tecnoambiente).....	4
Figura 6.-	Mosaico de los datos de sonar de barrido lateral en la zona de estudio (Fuente: Tecnoambiente)	5
Figura 7.-	Interpretación geomorfológica a partir de datos de SBL (Fuente: Tecnoambiente)	5
Figura 8.-	Interpretación geomorfológica de la zona de préstamo (Fuente: Tecnoambiente)	5
Figura 9.-	Elementos antrópicos detectados (Fuente: Tecnoambiente)	5
Figura 10.-	Imagen del elemento lineal 020 (Fuente: Tecnoambiente).....	6
Figura 11.-	Objetos antrópicos (buffers 100 m en tubería y 50 m en ONI) y límites del surco hallado (Fuente: Tecnoambiente)	6
Figura 12.-	Sonografía de arenas con ripples (Fuente: Tecnoambiente)	6
Figura 13.-	Imagen de fondos de arenas con ripples (Fuente: Tecnoambiente)	6
Figura 14.-	Sonografía de arenas finas (Fuente: Tecnoambiente).....	7
Figura 15.-	Imagen de fondos de arenas finas (Fuente: Tecnoambiente).....	7
Figura 16.-	Sonografía de arenas finas con Cymodocea nodosa dispersa (Fuente: Tecnoambiente)	7

Figura 17.-	Imagen de fondos de arenas finas con Cymodocea nodosa dispersa (Fuente: Tecnoambiente).....	7
Figura 18.-	Elementos antrópicos detectados (Fuente: Tecnoambiente)	8
Figura 19.-	Registro del perfilador de fondo en la zona de desnivel dragada previamente (Fuente: Tecnoambiente).....	8
Figura 20.-	Plano de isopacas en la zona de dragado (Fuente: Tecnoambiente).....	8
Figura 21.-	Plano de isopacas en el tramo superficial de la zona de dragado (Fuente: Tecnoambiente).....	9
Figura 22.-	Estaciones en la zona de dragado (Fuente: Tecnoambiente)	9
Figura 23.-	Distribución de las estaciones de muestreo (Fuente: Tecnoambiente)	10
Figura 24.-	Ubicación del LIC Costes del Maresme (ES5110017) (Fuente: Generalitat de Catalunya)	14
Figura 25.-	Ubicación del LIC Serres del litoral septentrional (ES5110011) (Fuente: Generalitat de Catalunya)	14

Índice de tablas

Tabla 1.-	Tipología de fondos y superficie ocupada. (Fuente: Tecnoambiente)	6
Tabla 2.-	Resultados de la caracterización granulométrica en la zona de dragado (Fuente: Tecnoambiente).....	9
Tabla 3.-	Resultados de la caracterización química en la zona de dragado (Fuente: Tecnoambiente).....	10
Tabla 4.-	Resultados de la caracterización granulométrica en la zona de vertido (cota +1,5 m) (Fuente: Tecnoambiente).....	11
Tabla 5.-	Resultados de la caracterización granulométrica en la zona de vertido (cota 0 m) (Fuente: Tecnoambiente).....	11
Tabla 6.-	Resultados de la caracterización granulométrica en la zona de vertido (cota -2,5 m) (Fuente: Tecnoambiente)	11
Tabla 7.-	Resultados de la caracterización granulométrica en la zona de vertido (cota -5 m) (Fuente: Tecnoambiente).....	11
Tabla 8.-	Inventario español de hábitats marinos (Fuente: Tecnoambiente)	13

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se muestran los trabajos de caracterización de las zonas de vertido y extracción y que han consistido en el levantamiento topográfico, batimétrico, geomorfológico, caracterización de sedimentos y análisis de las comunidades naturales.

Estos trabajos de campo han sido realizados por la empresa TECNOAMBIENTE.

La memoria explicativa del presente anejo se complementa con los siguientes planos que se muestran en el Apéndice 2.

- A1.1. Situación del estudio.
- A1.2. Ámbito del estudio.
- A1.3.1. Topo-batimetría general.
- A1.3.2. Batimetría en la zona de dragado.
- A1.4.1. Proyecto de líneas para SSS y SBP.
- A1.4.2. Mosaico de sonografías de SSS.
- A1.4.3. Geomorfología de fondo.
- A1.4.4. Geomorfología de fondo en la zona de dragado.
- A1.4.5. Elementos antrópicos observados en SSS.
- A1.4.6. Elementos antrópicos observados en el mapa geomorfológico.
- A1.5.1. Espesor de sedimento total en la zona de dragado.
- A1.5.2. Espesor de sedimento arenoso en la zona de dragado.
- A1.6. Estaciones de muestreo.

2. ALCANCE

El alcance del estudio ha sido definido acorde a las necesidades del proyecto de regeneración de las playas del Maresme en el tramo entre los puertos de El Masnou y de Premià. Para ello los trabajos realizados han sido los siguientes:

- Caracterización del medio físico:
 - Topo-batimetría de la zona objeto de estudio
- Exploración mediante técnicas geofísicas para la descripción geomorfológica y geológica del fondo, así como para la detección e identificación de riesgos de origen natural y antrópico:
 - Sónar de Barrido Lateral (SBL) también conocido por su nombre inglés *Side Scan Sonar* (SSS).
 - Perfilador de Fondo (en inglés *Sub Bottom Profiler*).
- Caracterización físico-química de los sedimentos presentes
- Caracterización ambiental

3. ÁMBITO DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra entre los puertos deportivos de El Masnou y de Premià, en una franja de aproximadamente 4.400 m. La zona de aportación de sedimento comprende toda la zona somera, mientras que la zona de extracción, en la zona de préstamo anteriormente utilizada por el MAPAMA, comprende un polígono de 2500 m x 300 m.

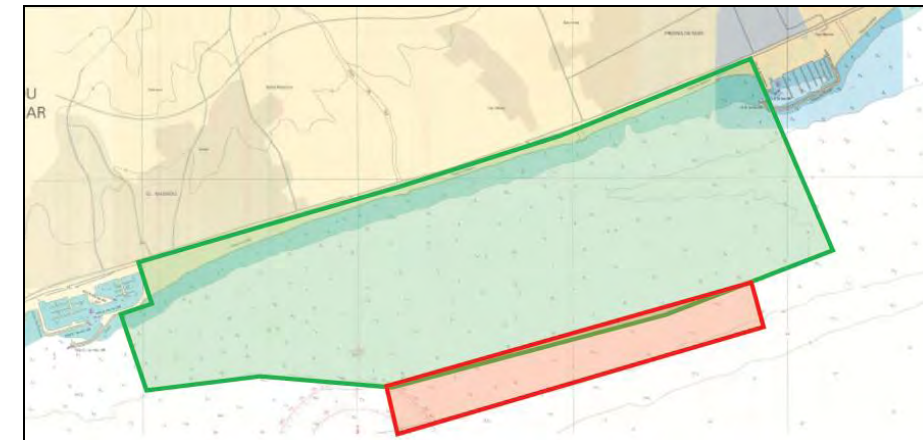


Figura 1.- Ámbito de estudio: zona de préstamo (color rojo) y de aportación (color verde) (Fuente: elaboración propia).

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de los diferentes estudios realizados.

4.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO

4.1.1 BATIMETRÍA

La campaña batimétrica para adquirir la información de la zona de extracción y aportación se ha realizado durante el mes de mayo de 2016 ya que los temporales de inicio de año alteraron substancialmente la morfología habitual de la playa, extrayendo arena de las zonas donde habitualmente está acumulada y depositándola en zonas habitualmente erosionadas, por lo que no era representativa del estado actual de la playa y no cumplía uno de sus objetivos: servir de información de base para el modelado numérico de corrientes y transporte de sedimentos.. El área de préstamo comprende una zona de 2.500 m de longitud por 330 m de anchura (es decir, un total de 82,5 Ha). El área de la zona de aportación prospectada ha sido de 4.400 m de longitud y 1.250 m de ancho aproximadamente (es decir, un total de 550 Ha).

4.1.1.1 Equipos

Se han utilizado los siguientes equipos:

Receptor GNSS de doble frecuencia (L1/L2) Leica Viva GS14, con correcciones RTK vía GPRS

Leica GS14 es el receptor GNSS más potente y compacto. Incorpora un módulo de comunicaciones móviles integrado y módem UHF para adaptarse a cualquier tarea de medición.

Ecosonda monohaz Reson NaviSound 420 de doble frecuencia (210/33 KHz)

Este modelo de ecosonda monohaz se caracteriza por tener doble frecuencia simultánea (33 y 210 KHz). De dimensiones ligeras, puede operar hasta profundidades de 1200 m y dispone de numerosas configuraciones en función de la tipología de fondo a prospectar. Las especificaciones técnicas del transductor son las siguientes:

- Frecuencia de haces: 33 y 210 KHz
- Precisión:
- Haz de 210 KHz: 0.12% de la escala +/- 1 cm
- Haz de 33 KHz: 0.12% de la escala +/- 7 cm
- Ancho del Haz: 4,5° @ 210 kHz y 9,5° @ 33kHz

Perfilador de velocidad de sonido para la columna de agua Midas SVP Valeport

Para la corrección de la profundidad medida, es imprescindible conocer el perfil de velocidad del sonido del agua de mar (señal acústica) de la zona estudiada. Para ello se ha empleado el equipo SVP (Sound Velocity Profiler) de la firma Valeport, MiniSVP así como Valeport's DataLog Express software para su interpretación.

Software Hypack 2014 para la adquisición de datos

HYPACK provee todas las herramientas necesarias para efectuar campañas hidrográficas. Dispone de herramientas para diseñar la campaña, adquirir los datos, aplicar correcciones a las sondas, calcular volúmenes, generar contornos, generar mosaicos de sónar, etc.

4.1.1.2 Sistemas de referencia

Posicionamiento planimétrico

Según requerimientos del proyecto, se ha realizado las campañas en base al sistema de referencia ETRS89, sistema oficial en la actualidad, que en Cataluña tiene asociado el geoide EGM08D595.

Para la obtención de posicionamiento absoluto durante las campañas de adquisición de datos se ha hecho uso del servicio CATNET, ofrecido por el ICGC y que permite recibir correcciones RTK vía GPRS en el sistema de referencia ETRS89 en todo el territorio catalán.

Datum vertical

Desde un punto de vista altimétrico, el datum vertical requerido es el Cero Alicante (CA) o Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA). Este datum vertical está vinculado en Catalunya al geoide EGM08D595.

Para la corrección de marea en los datos batimétricos con monohaz, se han empleado los valores registrados por el mareógrafo BCN2 durante la realización de las batimetrías restándoles un offset de 0,179 m. Esta corrección permite pasar del nivel de referencia REDMAR empleado por el mareógrafo al nivel del Cero de Alicante (ver Figura 2.-).



Figura 2.- Referencia del mareógrafo Redmar Barcelona 2 (Fuente: Puertos del Estado)

4.1.1.3 Metodología

Proyecto de líneas

Los transectos son coincidentes con los transectos de topografía, de forma que se pueda realizar un buen enlace entre las dos técnicas de prospección.

Inicialmente se definen de forma detallada los transectos perpendiculares a la costa a realizar por la embarcación, que coincidirán con los transectos de topografía realizados en la playa. En el plan de líneas se ha realizado transectos cada 100 metros y perfiles transversales de cierre en las cotas -2,5 -8 y -12 m. aproximadamente

Perfil de velocidad del sonido en la columna de agua

Antes de comenzar la adquisición de los datos es necesario realizar un perfil de velocidad del sonido. Este perfil es empleado como apoyo al cálculo de la profundidad por parte de la ecosonda. Es importante realizar dicho perfil en la zona de máxima profundidad del área de estudio, así como en áreas donde el perfil puede variar debido a la influencia de aguas con carácter térmico y salino diferentes.

Debido a la duración de la campaña y al tamaño del área se realizan tres perfiles de velocidad del sonido por día. Uno al empezar, uno a la mitad de la campaña, y otro al acabar. La metodología para

la obtención del perfil de velocidad del sonido en la columna de agua es sencilla. Para ello se sumerge el perfilador SVP hasta el fondo y después de izarlo se introducen los datos cada 0,5 m de la velocidad del sonido en el software de adquisición, para que el interpolate los datos recibidos con esta velocidad.

Corrección de mareas

La corrección de la marea se realiza mediante los datos de marea del mareógrafo de la red REDMAR de Puertos del Estado instalado en el Puerto de Barcelona, en el muelle 140 de la Planta ENAGAS. A estos datos se le aplica el diferencial de 0,179 m para referenciar las sondas al 0 de Alicante.

Calibración de ecosonda

Dado que se toman los perfiles de velocidad del sonido en el agua, las correcciones necesarias en este aspecto se realizan en la fase de edición y procesado de los datos. No obstante se han calibrado otros aspectos importantes a la hora de hacer el levantamiento, como son el calado dinámico y la latencia entre ecosonda y GPS.

Latencia Sonda-GPS

Es probable que exista un pequeño retardo en tiempo cuando el GPS calcula una posición hasta el momento de transmitirlo al puerto serie, por lo que si esto no se corrige, la profundidad medida por la ecosonda no se corresponde con la coordenada marcada por el GPS.

Para comprobar si existe latencia entre los dos equipos, se realizan dos o más líneas de levantamiento reciprocas perpendiculares a la pendiente y en sentidos opuestos sobre una característica del fondo conocida o fácilmente identificable, como una roca o un talud. Si no hay un problema de latencia, los perfiles se solaparán exactamente uno sobre el otro, mientras que si hubiera un error, los perfiles se desplazarían. El programa Single Beam Latency de HYPACK cambia el marcado de tiempo para determinar el mejor ajuste por latencia.

Calado dinámico

El calado dinámico es el movimiento vertical del transductor desde su posición estática, y se debe a un movimiento hacia abajo de la embarcación durante el avance causado por una onda de presión al frente de la embarcación, y por una rotación de la embarcación causada por la aplicación de fuerza. Para determinar la variación de calado de la embarcación al ponerse en movimiento, se toman datos sobre una misma línea a distintas velocidades para determinar la diferencia de calado de la embarcación. El software HYPACK permite la corrección del calado dinámico de la embarcación tanto durante la adquisición como en el procesado posterior.

Adquisición de datos

Los transectos prediseñados se cargan en el programa de navegación HYPACK con objeto de seguir los transectos definidos mientras se visualiza la posición en tiempo real y se registran los datos XYZ. La

embarcación sigue una derrota prefijada para los transectos definidos en el área de estudio a una velocidad aproximada de 3 nudos. La disposición del transductor del ecosonda es vertical con respecto al fondo marino y se corrigen los offset (distancias X, Y y Z, entre la posición del transductor y la antena). Durante la adquisición de los datos, se realiza la sincronización de los datos adquiridos por los equipos y periféricos.

4.1.2 TOPOGRAFÍA

La campaña topográfica de la zona de aportación se ha realizado en el mes de mayo de 2016. Además de la campaña se realiza el posterior análisis tridimensional y modelado de la playa, así como la realización de una serie de perfiles transversales para conocer las variaciones del terreno en las zonas de mayor interés.

4.1.2.1 Equipos

Para los trabajos de campo se ha empleado el mismo receptor GNSS de doble frecuencia (L1/L2) empleado en los trabajos batimétricos, Leica Viva GS14, con correcciones RTK vía GPRS.

4.1.2.2 Sistemas de referencia

Posicionamiento planimétrico

Según requerimientos del proyecto se ha empleado el sistema de referencia ETRS89 asociado al geoide EGM08D595. Para la obtención de posicionamiento absoluto se ha empleado el servicio CATNET (ICGC) con correcciones RTK recibidas vía GPRS.

Datum vertical

Dado que la finalidad del proyecto es obtener modelos topo-batimétricos donde quede representada tanto la parte emergida de la playa como la sumergida, los datos obtenidos mediante topografía terrestre no se han modificado, puesto que CATNET utiliza como geoide de referencia el EGM08D595 y como datum el NMMA.

4.1.2.3 Metodología

Para llevar a cabo la realización de un trabajo topográfico se debe determinar el tipo de levantamiento topográfico más apropiado para la zona de estudio. En este caso se ha optado por realizar el mismo proyecto de líneas que para la batimetría pero extrapolándolas hacia tierra dentro. Una vez determinado el tipo de levantamiento se crea el proyecto de topografía en el software TCP-GPS de Topcom, determinando asimismo el sistema de referencia geodésico.

Se ha realizado el levantamiento de la cota +0 en la playa de Sant Sebastià, la playa contigua y la escollera exenta. Asimismo se ha intensificado la densidad de cotas para obtener información del "escalón" existente en la playa seca. Se han realizado perfiles cada 40 metros, coincidentes con los transectos de batimetría monohaz, de forma que se pueda realizar un buen enlace entre las dos

técnicas de prospección. Los transectos perpendiculares a la costa se han realizado entre el límite superior de la playa marcado por los elementos limitadores de la playa (escolleras, viales, vegetación limitante, etc.) hasta la zona de transición para enlazar con la batimetría, introduciéndose el topógrafo en el agua hasta poder marcar la cota -1 m.

4.1.3 RESULTADOS

El levantamiento resultante se muestra en la Figura 3.- y en el Apéndice 2. Planos, y comprende tanto la zona de préstamo como la zona de aportación.



Figura 3.- Resultados del levantamiento topográfico y batimétrico (Fuente: Tecnoambiente)

De forma general se observa la distribución topográfica y batimétrica resultante al finalizar la primavera. La distribución en planta permite apreciar la situación habitual en las playas del Maresme, con acumulación de sedimentos a levante de las estructuras que interrumpen el transporte sedimentario, en este caso el puerto de Masnou, y pérdida de sedimento a poniente de tales barreras, en este caso el puerto de Premià.

En cuanto a la zona de dragado se aprecian los efectos de dragados anteriores, con un desnivel pronunciado (de 4 a 6 m) en el cuadrante NE, como se observa en la Figura 4.- .

4.2 LEVANTAMIENTO GEOFÍSICO

En base a los registros obtenidos con el sónar de barrido lateral y al perfilador de fondo se ha realizado una cartografía morfológica de detalle del fondo marino. En la Figura 5.- se muestra el plan de líneas realizado con los equipos del sónar de barrido lateral y el perfilador de fondo (en rojo). Para la

cobertura total de la zona se ha realizado un proyecto de líneas con una separación de 75-100 m por banda.

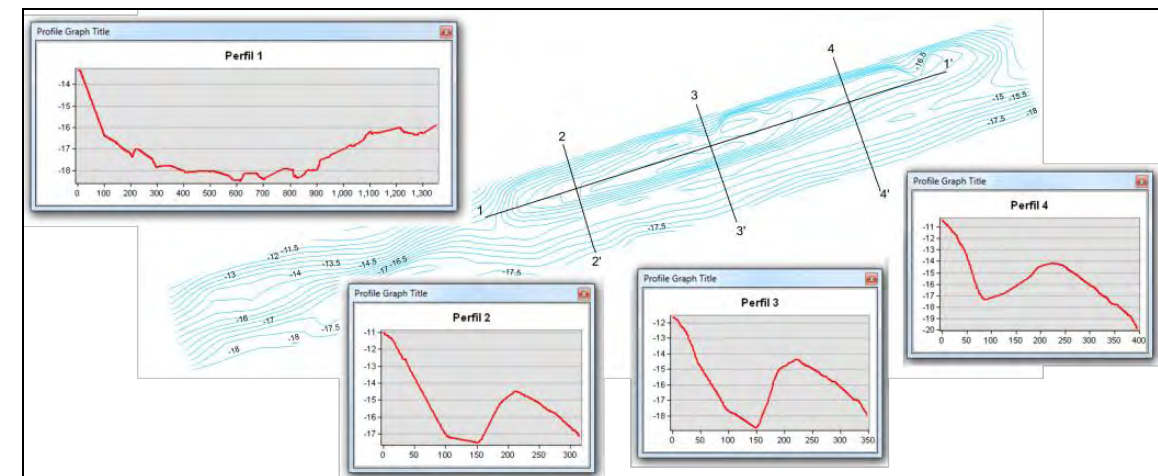


Figura 4.- Perfiles batimétricos en la zona de préstamo (Fuente: Tecnoambiente)

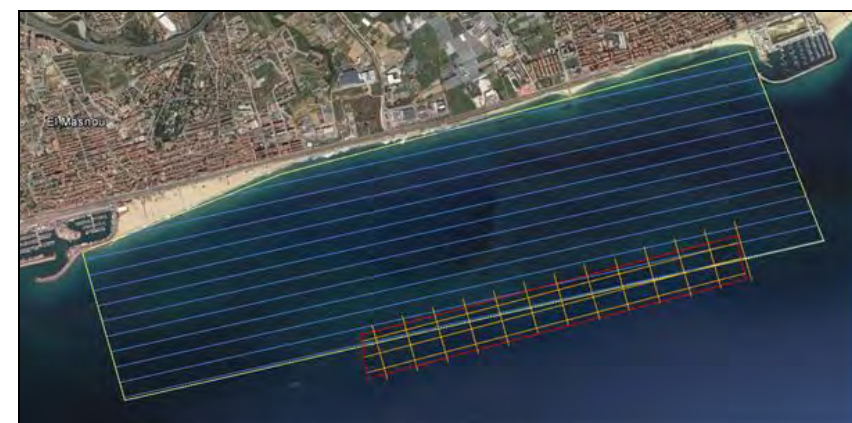


Figura 5.- Proyecto de líneas realizado (Fuente: Tecnoambiente)

4.2.1 GEOMORFOLOGÍA MARINA

A continuación se presenta el estudio geomorfológico, mediante el que se han actualizado los datos geomorfológicos del entorno de la zona de aportación, en las playas del Masnou y de Premià y la zona de dragado.

Mediante los datos del sónar de barrido lateral y su procesado se ha obtenido una cobertura total del fondo marino del área de estudio. Estos datos proporcionan información de detalle de los tipos de sedimento según la reflectividad, rugosidad de los fondos, comunidades naturales, así como la detección de elementos antrópicos ubicados en el lecho marino. En primer lugar se ha llevado a cabo el montaje de un mapa-mosaico con todos los datos de sónar en un mismo plano (ver Figura 6.-).



Figura 6.- Mosaico de los datos de sonar de barrido lateral en la zona de estudio (Fuente: Tecnoambiente)

A partir de la interpretación de los datos de sonar de barrido lateral se ha caracterizado la geomorfología de la zona de estudio y a continuación se han detectado diferentes tipos de fondo así como elementos antrópicos (ver Figura 7.-)



Figura 7.- Interpretación geomorfológica a partir de datos de SBL (Fuente: Tecnoambiente)

A continuación se presentan por separado los resultados en la zona de préstamo y en la zona de aportación,

4.2.1.1 Zona de préstamo

Se han detectado dos tipos de fondo predominantes: arenas finas (color gris en la Figura 8.-) y arenas con *ripples* (color ocre). Los fondos de arenas finas se distribuyen en parches, probablemente recubriendo surcos dragados previamente, mientras que las arenas con *ripples* representan la matriz del área. No se ha detectado presencia de *Cymodocea nodosa* en la zona de préstamo.

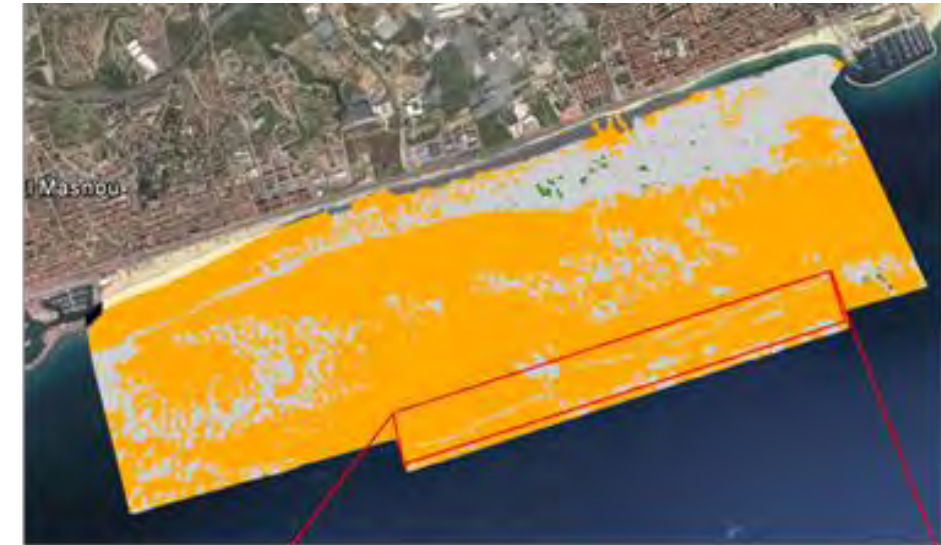


Figura 8.- Interpretación geomorfológica de la zona de préstamo (Fuente: Tecnoambiente)

En la zona de dragado se detectan dos objetos de posible origen antrópico, señalados como elementos lineales 020 y ONI 012 en la Figura 9.- .

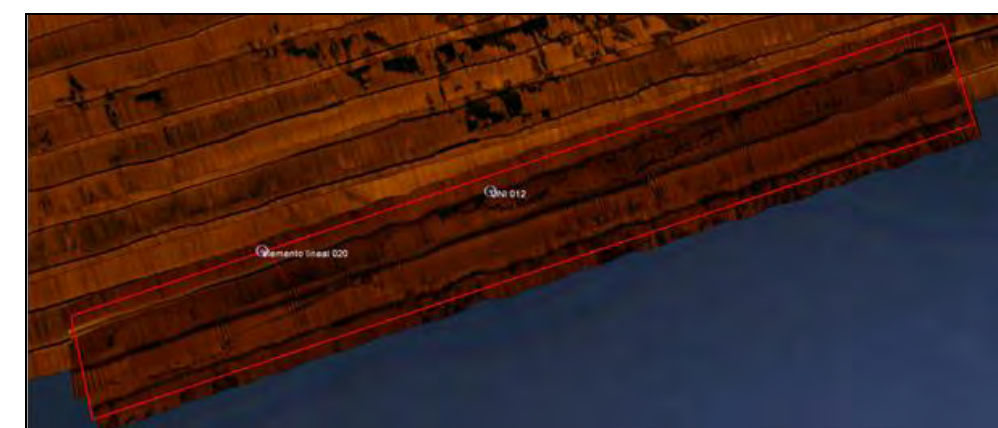


Figura 9.- Elementos antrópicos detectados (Fuente: Tecnoambiente)

En la Figura 10.- se puede observar el elemento lineal 020 detectado, confirmando la presencia de una tubería sobre el lecho marino.

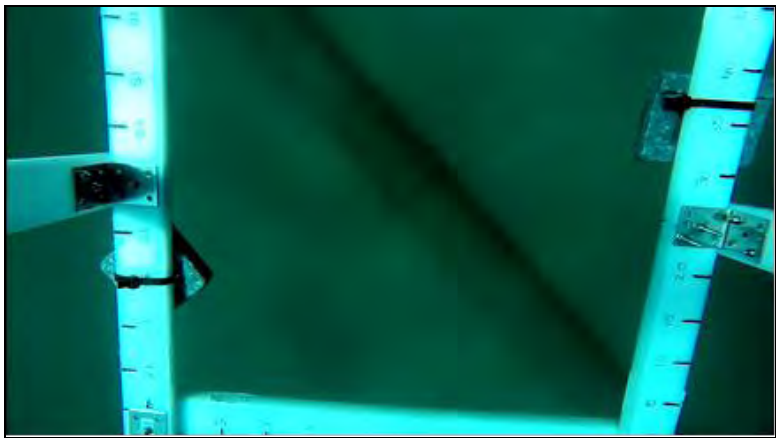


Figura 10.- Imagen del elemento lineal 020 (Fuente: Tecnoambiente)

Finalmente en la Figura 11.- se resume la presencia de posibles obstáculos en la zona que podrían ser afectados por el dragado, habiéndose establecido una distancia de seguridad de 100 m para la tubería y 50 m para el ONI.

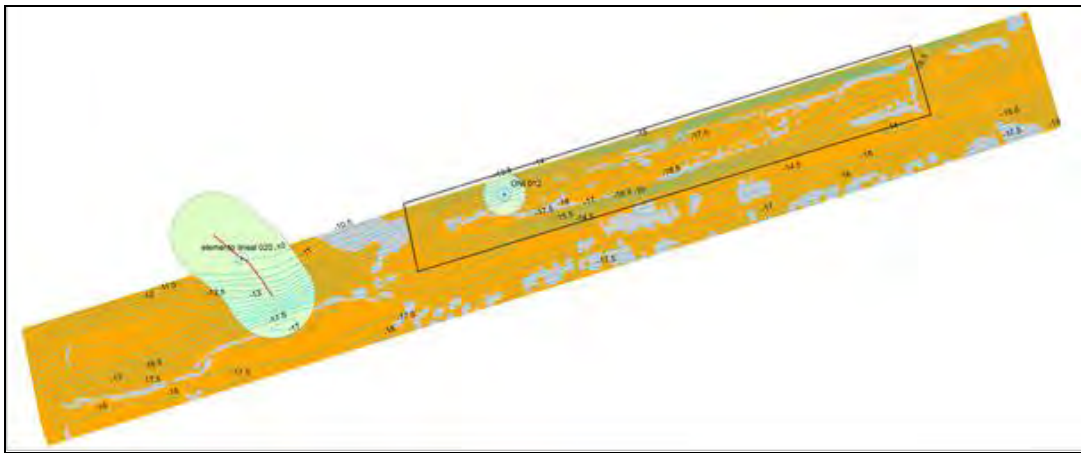


Figura 11.- Objetos antrópicos (buffers 100 m en tubería y 50 m en ONI) y límites del surco hallado (Fuente: Tecnoambiente)

4.2.1.2 Zona de aportación

A partir de los datos obtenidos con el SBL, su procesado y posterior interpretación se ha identificado tipos de fondo como arenas finas, arenas con *ripple marks* (surcos) y presencia de *Cymodocea nodosa*. También se han determinado los límites con la playa emergida, los distintos espigones y los rellenos de los mismos. En la Tabla 1.- se detalla la tipología de fondo y superficie en el área de estudio.

A continuación se detallan cada uno de estos tipos de fondo

Tabla 1.- Tipología de fondos y superficie ocupada. (Fuente: Tecnoambiente)

Tipo de fondo	Superficie (ha)	Superficie (%)
Arenas con <i>ripples</i>	417,01	70,5
Arenas finas (AF)	158,47	26,8
AF con <i>Cymodocea nodosa</i>	1,33	0,2
Espigón (antrópico)	0,61	0,1
Límite de playa emergida (antrópico)	4,33	0,7
Relleno espigón (antrópico)	9,46	1,6

Arenas con *ripples*

Esta tipología de fondo se caracteriza por dar una señal acústica homogénea, de intensidad media pero con variaciones constantes en la fluctuación de las arenas (ver Figura 12.-). Estas particulares morfologías presentan una altura generalmente inferior a 0,5 m, pueden ser simétricas o asimétricas y suelen caracterizarse por la ausencia de vegetación (ver Figura 13.-). Este tipo de fondo se encuentra distribuido de forma mayoritaria en la zona de estudio.

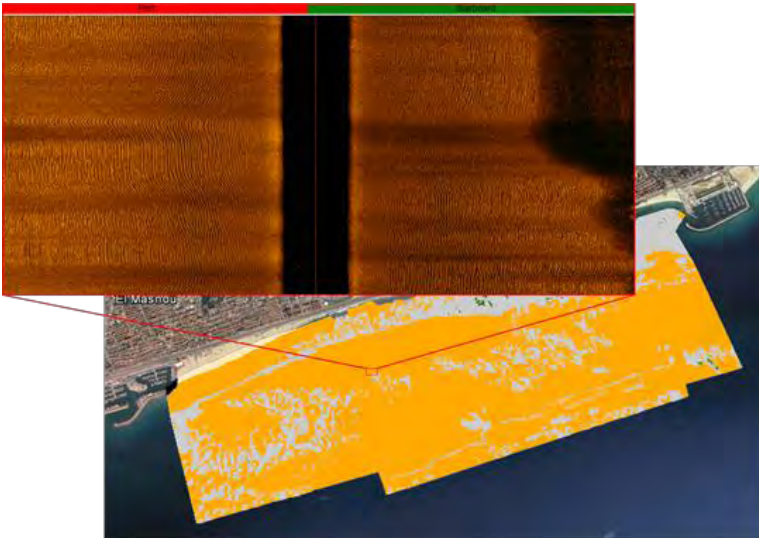


Figura 12.- Sonografía de arenas con ripples (Fuente: Tecnoambiente)



Figura 13.- Imagen de fondos de arenas con ripples (Fuente: Tecnoambiente)

Arenas finas

Este tipo de fondo se identifica por una baja intensidad de la señal acústica y por un grado de reflectividad notablemente homogéneo que dan lugar a un nivel acústico continuo a nivel superficial y a una imagen del mosaico bastante homogénea (ver Figura 14.-). En la zona de estudio esta tipología de fondo se encuentra distribuida de forma irregular, de manera concentrada y continua en distintos tramos, destacando la zona próxima a poniente del puerto de Premià.



Figura 14.- Sonografía de arenas finas (Fuente: Tecnoambiente)



Figura 15.- Imagen de fondos de arenas finas (Fuente: Tecnoambiente)

Arenas finas con *Cymodocea nodosa*

Este tipo de fondo se caracteriza por tener una alta intensidad de la señal acústica y una morfología espicular muy característica (ver Figura 16.-). La presencia de *Cymodocea nodosa* en la zona de aportación es escasa (0,2%), distribuida en su mayor parte en forma de parches en la zona de arenas

finas más continuas cercanas a la playa, entre las cotas -6 y -10 m (ver Figura 17.-). Se observa una pequeña concentración de este tipo de fondo al NE de la zona de dragado, alrededor de la cota -12 m.

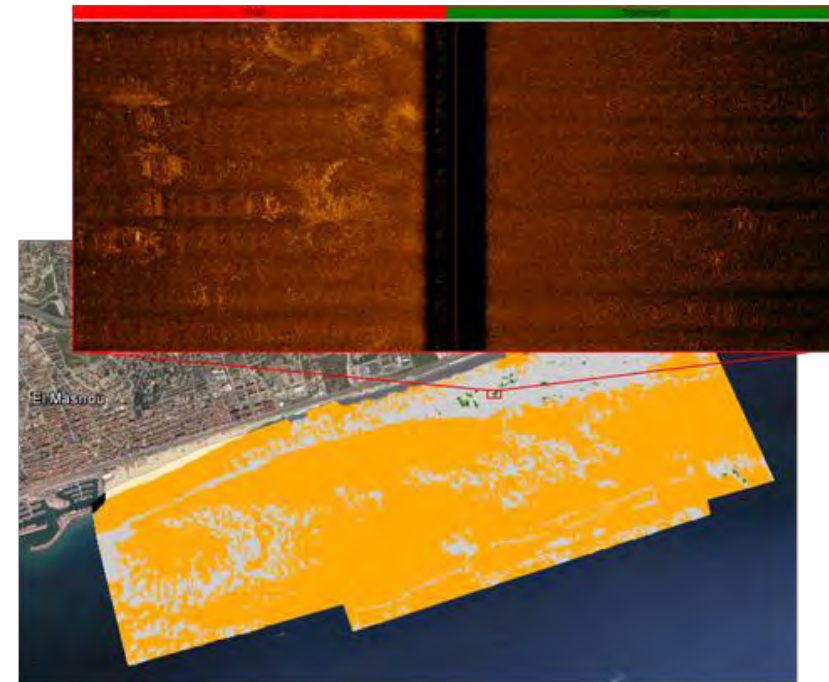


Figura 16.- Sonografía de arenas finas con *Cymodocea nodosa* dispersa (Fuente: Tecnoambiente)

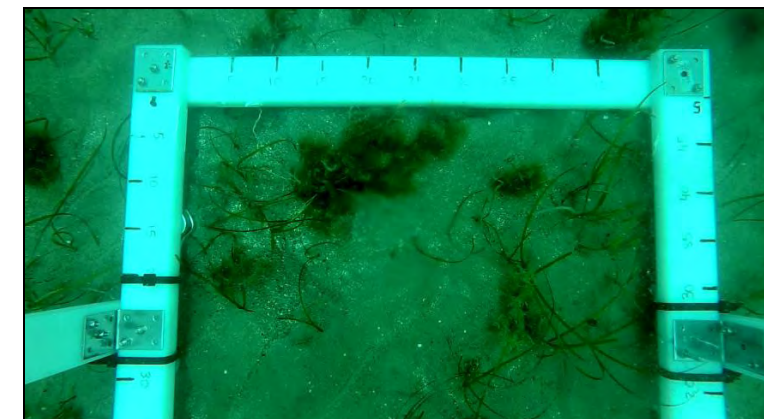


Figura 17.- Imagen de fondos de arenas finas con *Cymodocea nodosa* dispersa (Fuente: Tecnoambiente)

Elementos antrópicos:

A partir de la interpretación de los datos del sonar de barrido lateral se ha llevado a cabo la identificación de posibles elementos antrópicos que se han observado en la superficie del fondo marino a lo largo de toda la zona prospectada (ver Figura 18.-).

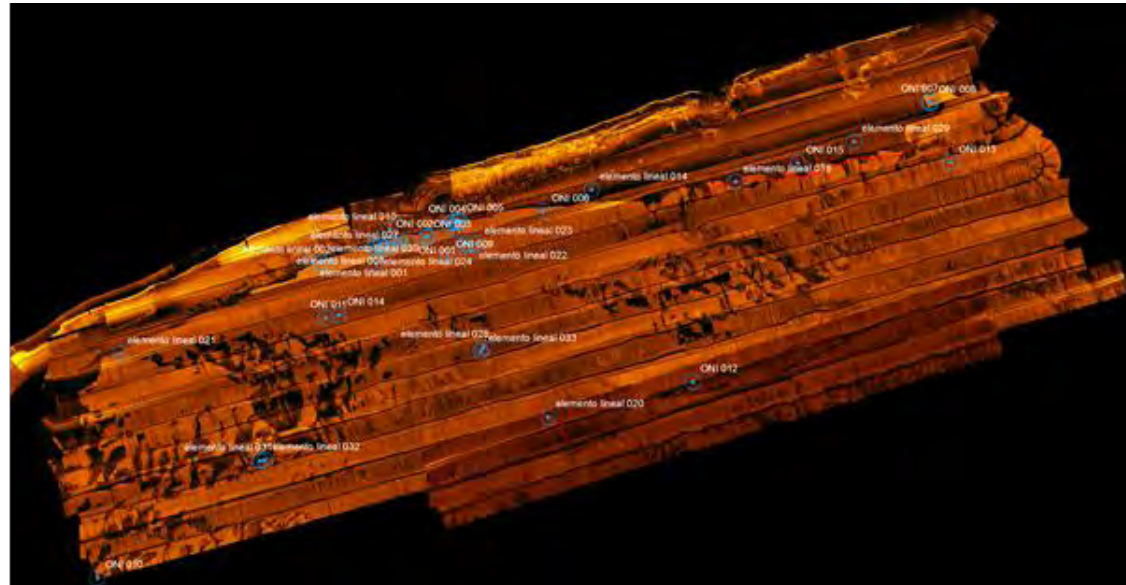


Figura 18.- Elementos antrópicos detectados (Fuente: Tecnoambiente)

A partir de los datos obtenidos con sonar de barrido lateral se ha detectado un total de 48 elementos antrópicos en toda la zona de estudio, con presencia de restos de tuberías y bloques de hormigón para fondeo, cuya descripción se incluye en el Apéndice 1.

4.2.2 SISMOESTRATIGRAFÍA

El estudio del yacimiento de áridos se centra en el polígono de dragado previsto (2500 m x 300 m). Para la elaboración de los planos de líneas de mismo espesor de sedimento (isopacas), ha sido necesario identificar y localizar la profundidad en la que se encuentra el basamento acústico. En este sentido se asume que corresponde al material más antiguo detectado, a partir del cual se produce un apantallamiento o atenuación gradual de la señal acústica que impide la penetración de la misma.

El material sedimentario no consolidado detectado queda limitado a muro por el reflector que se interpreta como basamento acústico y a techo por el reflector correspondiente al actual lecho marino (ver Figura 19.-).

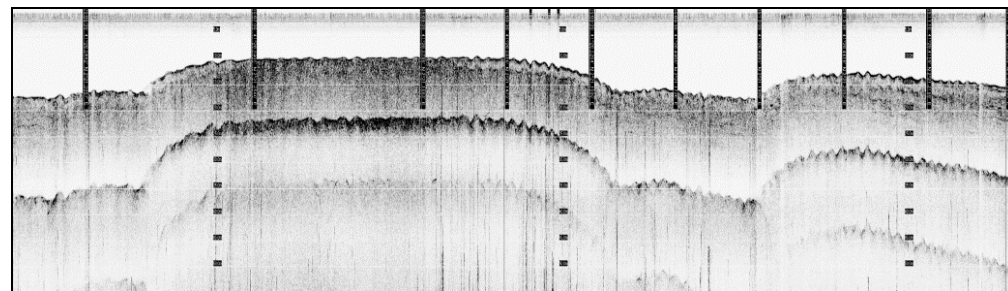


Figura 19.- Registro del perfilador de fondo en la zona de desnivel dragada previamente (Fuente: Tecnoambiente)

En la Figura 20.- se presenta el plano de isopacas confeccionado a partir de la interpretación de los registros geofísicos obtenidos.

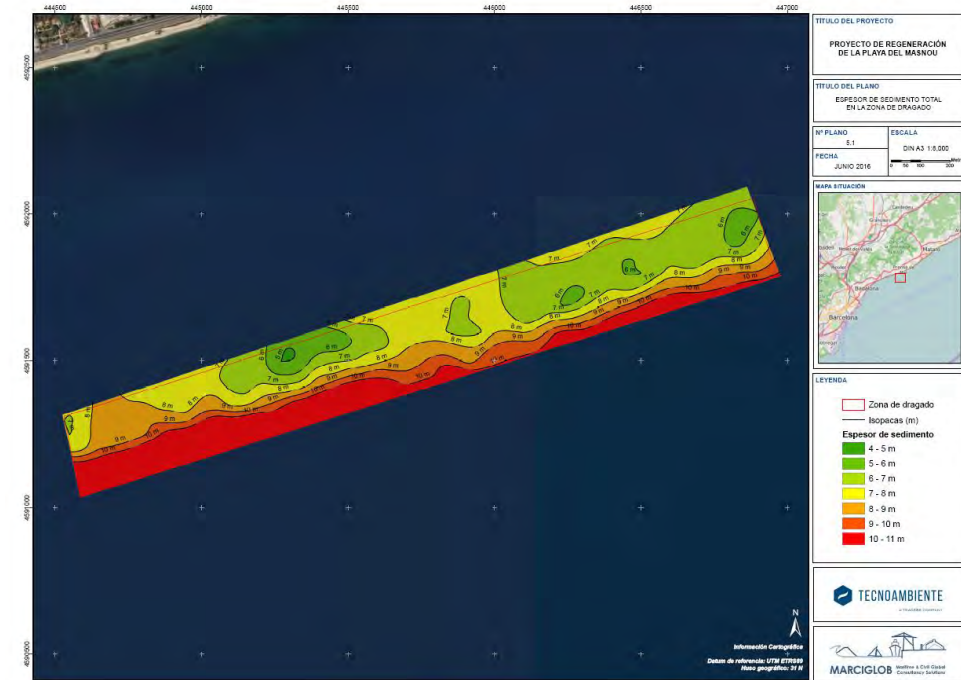


Figura 20.- Plano de isopacas en la zona de dragado (Fuente: Tecnoambiente)

Una vez procesados los registros sísmicos se observa un paquete sedimentario no consolidado bastante importante, con puntos donde el basamento acústico se sitúa a unos 15 m por debajo del lecho marino.

En toda la zona prospectada no se observa ningún afloramiento rocoso, los espesores sedimentarios detectados son bastante homogéneos y que oscilan entre 6 y 15 metros. De manera general a mayor profundidad se detecta un mayor espesor, coincidiendo con una batimetría con un talud relativamente pronunciado en relación a la batimetría general de la zona. En la zona más profunda se encuentran los espesores más importantes, que alcanzan 15 metros.

En general el sedimento no consolidado detectado en los registros presenta características geofísicas de tipo arenoso (arenas, arenas fangosas y fangos arenosos en lo más profundo de la secuencia detectada). Esta posible interpretación viene dada por las características estratigráficas internas de los reflectores y su grado de impedancia, así como la presencia de formas de fondo sobre el lecho marino, característico de medios arenosos bajo hidrodinámica de importancia.

Para focalizar los datos hacia los objetivos reales del estudio, se ha generado otro plano complementario de isopacas centrado en los primeros metros de la columna de sedimentos detectados, con el fin de determinar el espesor de sedimento arenoso susceptible de ser de interés para el dragado de acopio programado en la zona (ver Figura 21.-).

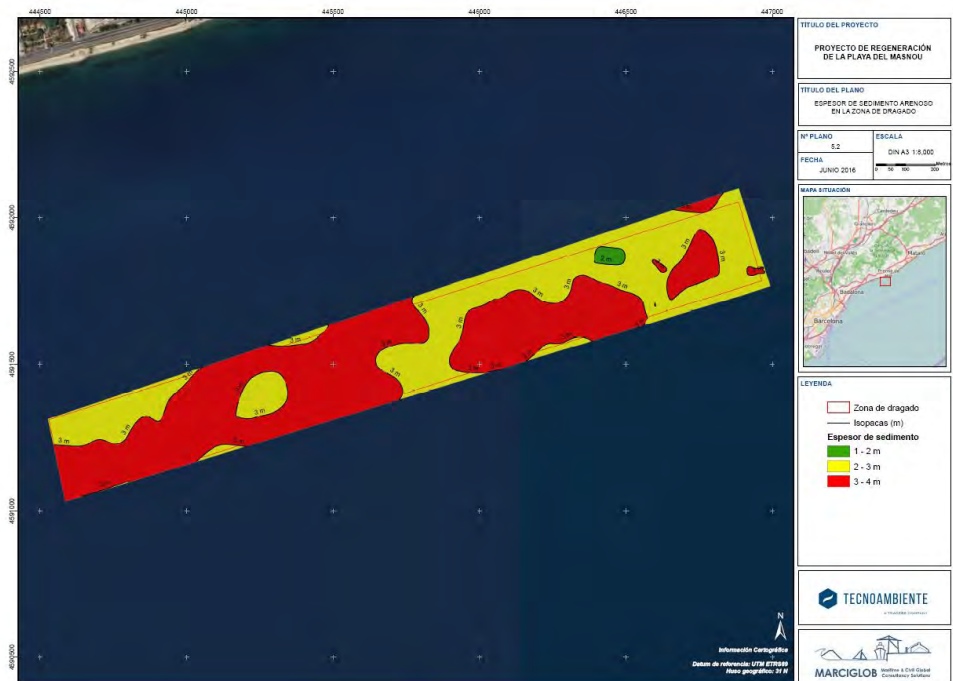


Figura 21.- Plano de isopacas en el tramo superficial de la zona de dragado (Fuente: Tecnoambiente)

Este plano de isopacas se ha elaborado bajo criterios de características geo sismicas internas de las arenas así como la homogeneidad de la misma en vertical en los primeros metros de la columna general detectada.

4.3 CARACTERIZACIÓN DE SEDIMENTOS MARINOS

La caracterización de los sedimentos se ha realizado según las indicaciones contenidas en la Guía Metodológica para la elaboración de estudios de impacto ambiental de las extracciones de arenas para la regeneración de playas (CEDEX, 2004), atendiendo a las Directrices para la gestión ambiental de las extracciones marinas para la obtención de arena (MAGRAMA, 2010).

Para la caracterización físico-química de los sedimentos se han realizado muestreos específicos tanto de la zona de aportación como de la zona de dragado, mediante muestras superficiales obtenidas con draga *Van Veen*.

4.3.1 ZONA DE PRÉSTAMO

Se han recogido 9 muestras para caracterizar la zona de dragado (MG-D-1 a MG-D-9). En la imagen se muestra la distribución de las estaciones de sedimento de la zona de dragado, distribuyéndose prácticamente todas entre las cotas batimétricas de 10 a 16 metros.



Figura 22.- Estaciones en la zona de dragado (Fuente: Tecnoambiente)

4.3.1.1 Caracterización granulométrica

En la Tabla 2.- se presentan los resultados de la caracterización granulométrica.

Tabla 2.- Resultados de la caracterización granulométrica en la zona de dragado (Fuente: Tecnoambiente)

Tipo	Unidad	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Tamiz 2,00 mm	%	1,5	1,2	1,4	1	0,8	1,6	0,8	1,2	<0,5
Tamiz 1,40-2,00 mm	%	9	1,1	1,2	0,7	0,9	1,2	0,9	0,6	0,7
Tamiz 1,0-1,40 mm	%	33,4	2	2,9	0,8	2	1,5	3,2	1,1	0,7
Tamiz 0,71-1,0 mm	%	45,5	9,8	12,6	2,4	12,6	5,5	18,4	0,7	1,8
Tamiz 0,60-0,71 mm	%	7,1	15,5	11,7	4,6	15,3	8,2	16,2	5,5	1,8
Tamiz 0,50-0,60 mm	%	1,5	25,5	14,8	12,7	20,1	18,1	16,8	7,8	3,9
Tamiz 0,35-0,50 mm	%	<0,5	27,9	23	27,4	24	33,6	19,2	20,1	16
Tamiz 0,25-0,35 mm	%	<0,5	11,7	21,3	25,4	13,8	21,3	14,4	29,1	32,3
Tamiz 0,18-0,25 mm	%	<0,5	3,5	6,8	20	5,2	5,6	7	25,8	26,7
Tamiz 0,12-0,18 mm	%	<0,5	0,7	1,9	4	1,1	2,1	2	6,6	10,6
Tamiz 0,063-0,12 mm	%	<0,5	0,5	1,1	0,7	0,7	1,7	0,7	0,8	5,2
Tamiz <0,063 mm	%	0,5	0,7	1,3	0,5	3,5	<0,5	<0,5	0,7	<0,5
Moda	-	AG	AG	AM	AM	AG	AM	AG	AM	AM
D50	mm	0,96	0,52	0,47	0,35	0,51	0,44	0,54	0,31	0,27

Como se aprecia en los resultados el tipo de arenas que aparecen de forma mayoritaria son arenas medias (AM, 0,25-0,50mm) y arenas gruesas (AG, 0,5-1mm). El tamaño medio de partícula (D_{50}) en el conjunto de sedimentos del yacimiento se sitúa en torno a 0,43 mm, en el rango de arenas medias.

4.3.1.2 Caracterización química

Tal y como se indica en las Directrices de la DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, los materiales a extraer no deberán estar afectados por ningún tipo de contaminación de origen antrópico. Para ello, se ha llevado a cabo la caracterización química de los sedimentos, y se ha analizado la concentración de los metales pesados de la materia orgánica presente en las muestras de sedimento procedentes de la zona de dragado.

En la Tabla 3.- se muestran los resultados obtenidos de los análisis para detección de contaminación por metales y biológica.

Tal y como indica la DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, los materiales a dragar pueden incluir en su composición mineralógica de forma natural una cierta cantidad de elementos generalmente considerados como contaminantes, por ello y para valorar el grado de contaminación presente en los sedimentos.

Según las Directrices de la DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, no se consideran adecuados para su aporte a playas de baño aquellos materiales cuya concentración media supera para alguno de los parámetros en más de un 20% los límites de los BACs y los niveles de acción establecidos por el CEDEX (Guía Metodológica para la elaboración de estudios de impacto ambiental de las extracciones de arenas para la regeneración de playas, 2004).

Tabla 3.- Resultados de la caracterización química en la zona de dragado (Fuente: Tecnoambiente)

Tipo	Unidad	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Materia orgánica	%	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Arsénico	mg/kg	10,0	9,33	9,13	9,69	7,98	9,47	10,1	9,77	9,74
Cadmio	mg/kg	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Cobre	mg/kg	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	2,72
Cromo	mg/kg	<2,5	<2,5	<2,5	4,04	2,5	3,49	<2,5	3,35	5,0
Mercurio	mg/kg	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Níquel	mg/kg	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	2,97
Plomo	mg/kg	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	3,15
Zinc	mg/kg	11,4	9,68	10,9	15,1	10,4	15,8	13,8	14,6	20,6
Coliformes fecales	UFC/g	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Estreptococos fecales	UFC/g	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2

En este caso las concentraciones de los metales pesados en las muestras analizadas son muy inferiores a los límites de calidad propuestos.

Respecto a la contaminación microbiológica no se ha detectado ningún rastro de contaminación fecal en las muestras analizadas, siendo todos los valores encontrados inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado para su determinación (2 UFC/g).

Por lo tanto, se puede considerar que las muestras analizadas se encuentran exentas de contaminación y que los materiales que conforman el lecho marino de la zona de estudio son aptos para la alimentación de playas.

4.3.2 ZONA DE APORTACIÓN

Se han recogido 36 muestras para caracterizar la zona de aportación (MG-1 a MG-36). Las estaciones de muestreo se han distribuido en las cotas de 1,5 m (estaciones 1 a 9), 0 m (estaciones 10 a 18), -2,5 m (estaciones de 19 a 27) y -5 m (estaciones de 28 a 36), tal como aparece en la Figura 23.-



Figura 23.- Distribución de las estaciones de muestreo (Fuente: Tecnoambiente)

En la Tabla 4.- a 0se presentan los resultados de la caracterización granulométrica.

Tabla 4.- Resultados de la caracterización granulométrica en la zona de vertido (cota +1,5 m) (Fuente:
Tecnambiente)

Tipo	Unidad	MG1	MG2	MG3	MG4	MG5	MG6	MG7	MG8	MG9
Tamiz 2,00 mm	%	1,5	10,6	2,5	<0,5	<0,5	15,1	7,4	2,6	5,4
Tamiz 1,40-2,00 mm	%	9	25,6	9,9	2,6	3,5	22,7	12,8	6,7	9,5
Tamiz 1,0-1,40 mm	%	33,4	29,5	18,3	13,5	8,8	28,1	21,1	19,9	20
Tamiz 0,71-1,0 mm	%	45,5	22	27,1	42,1	19,7	21,6	29,6	39,2	30,5
Tamiz 0,60-0,71 mm	%	7,1	6,2	18,2	18,9	14,4	5,4	13,1	16,6	12,9
Tamiz 0,50-0,60 mm	%	1,5	3,2	14,9	12,3	18,4	3,6	9,2	9,2	9,8
Tamiz 0,35-0,50 mm	%	<0,5	0,9	7,1	7,6	23,5	1,9	4,9	4	8
Tamiz 0,25-0,35 mm	%	<0,5	<0,5	<0,5	1,1	8,2	<0,5	0,6	<0,5	1,9
Tamiz 0,18-0,25 mm	%	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tamiz 0,12-0,18 mm	%	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tamiz 0,063-0,12 mm	%	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tamiz <0,063 mm	%	1,4	1,8	1,5	1,6	2	1,5	1,2	1,7	1,9
Moda	-	AG	AMG	AG	AG	AG	AMG	AG	AG	AG
D50	mm	0,96	1,2	0,79	0,77	0,58	1,2	0,91	0,85	0,86

Tabla 5.- Resultados de la caracterización granulométrica en la zona de vertido (cota 0 m) (Fuente:
Tecnambiente)

Tipo	Unidad	MG10	MG11	MG12	MG13	MG14	MG15	MG16	MG17	MG18
Tamiz 2,00 mm	%	6,6	7,4	1,8	2,1	2,4	5	7,7	0,9	4
Tamiz 1,40-2,00 mm	%	12,5	13,9	3,6	5,5	6,4	6,6	14,2	5,3	17,3
Tamiz 1,0-1,40 mm	%	22,1	26,5	13,8	15,7	19,5	15,3	25	21,8	45,5
Tamiz 0,71-1,0 mm	%	33,2	34,5	39,4	32,8	33,9	34,6	27,7	49	21,7
Tamiz 0,60-0,71 mm	%	14,2	10,3	18,4	16,2	15	19,4	10,7	14,5	3,3
Tamiz 0,50-0,60 mm	%	8,3	4,8	13	12,4	11,5	12,5	7,8	5,5	2,5
Tamiz 0,35-0,50 mm	%	2,3	1,2	7,4	10,4	7,8	5,4	5,4	2,2	3,3
Tamiz 0,25-0,35 mm	%	<0,5	<0,5	<0,5	2,5	1,3	0,6	0,8	<0,5	1,9
Tamiz 0,18-0,25 mm	%	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tamiz 0,12-0,18 mm	%	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tamiz 0,063-0,12 mm	%	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tamiz <0,063 mm	%	0,7	1,1	2	2,2	2,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Moda	-	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AMG
D50	mm	0,92	0,98	0,77	0,76	0,81	0,81	0,97	0,87	1,1

Tabla 6.- Resultados de la caracterización granulométrica en la zona de vertido (cota -2,5 m) (Fuente:
Tecnambiente)

Tipo	Unidad	MG19	MG20	MG21	MG22	MG23	MG24	MG25	MG26	MG27
Tamiz 2,00 mm	%	0,7	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,7	1,1	0,7
Tamiz 1,40-2,00 mm	%	1,5	0,9	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,1
Tamiz 1,0-1,40 mm	%	2,8	1	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	1,3
Tamiz 0,71-1,0 mm	%	18,5	2,1	0,8	1,7	<0,5	0,6	5,6	<0,5	1,1
Tamiz 0,60-0,71 mm	%	35	3,2	1	2	<0,5	0,6	11,2	<0,5	1,5
Tamiz 0,50-0,60 mm	%	31,6	8,4	2,8	5,4	2,9	0,9	22,7	0,8	1,9
Tamiz 0,35-0,50 mm	%	8,8	31,3	13,5	23,5	3,6	3	33,3	2,1	6,4
Tamiz 0,25-0,35 mm	%	0,6	33,4	34,5	44,1	25,2	5,8	16,6	4,5	14,8
Tamiz 0,18-0,25 mm	%	<0,5	15,3	40,5	19,9	57,5	41	7	23,1	35,8
Tamiz 0,12-0,18 mm	%	<0,5	2,7	4,9	1,4	3,2	28,3	1,5	40,8	23,7
Tamiz 0,063-0,12 mm	%	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	3,7	18,7	<0,5	23,5	10,9
Tamiz <0,063 mm	%	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,7	0,6	<0,5	2,4	0,9
Moda	-	AG	AM	AM	AM	AF	AF	AM	AF	AF
D50	mm	0,63	0,35	0,26	0,32	0,23	0,18	0,46	0,16	0,21

Tabla 7.- Resultados de la caracterización granulométrica en la zona de vertido (cota -5 m) (Fuente:
Tecnambiente)

Tipo	Unidad	MG28	MG29	MG30	MG31	MG32	MG33	MG34	MG35	MG36
Tamiz 2,00 mm	%	<0,5	0,6	<0,5	1,2	1,4	1	<0,5	1,1	<0,5
Tamiz 1,40-2,00 mm	%	1	<0,5	<0,5	0,7	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	<0,5
Tamiz 1,0-1,40 mm	%	1,1	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tamiz 0,71-1,0 mm	%	3,6	2,7	1,1	0,6	0,7	0,6	<0,5	1	<0,5
Tamiz 0,60-0,71 mm	%	6,1	4,2	1,8	1	0,8	<0,5	<0,5	1,2	<0,5
Tamiz 0,50-0,60 mm	%	17,9	9,5	4,6	2,6	2,5	<0,5	<0,5	2,2	0,9
Tamiz 0,35-0,50 mm	%	40,5	32,5	15	12	10	0,6	1,5	4,8	3,5
Tamiz 0,25-0,35 mm	%	21,9	31	21,8	21,2	16,5	1,3	3,6	7	8,7
Tamiz 0,18-0,25 mm	%	6	13,9	32,4	34,7	25,9	4,2	15,2	13,7	19
Tamiz 0,12-0,18 mm	%	0,9	3,2	17,9	18,1	29,3	48,3	49,4	36,5	27,2
Tamiz 0,063-0,12 mm	%	<0,5	<0,5	4,5	6,4	11,4	40,6	27,2	30,7	37,7
Tamiz <0,063 mm	%	<0,5	0,9	0,6	1	0,7	1,6	0,8	1,3	1,5
Moda	-	AM	AM	AF	AF	AF	AF	AF	AF	AF
D50	mm	0,43	0,36	0,24	0,23	0,2	0,13	0,15	0,15	0,15

Como se observa en los resultados, aparece una graduación en las distribuciones según la cota. En la cota +1,5 m de playa seca aparece una proporción mayoritaria de gravas a arenas gruesas, componiendo prácticamente la totalidad de la muestra, con una moda media de 0,90 mm. En la cota de 0 m, en la línea de agua, esta proporción mayoritaria se reparte entre arenas gruesas y muy gruesas, con una moda media de grano similar a playa seca de 0,89 mm. Según aumenta la profundidad de las estaciones las muestras incrementan las proporciones de la parte más fina de grano, con una moda media de 0,31 mm en la cota de -2,5 m. Finalmente en el tramo más profundo estudiado, cota de -5 m, se encuentra una moda media de 0,23 mm.

4.4 COMUNIDADES PLANCTÓNICAS

El fitoplancton está compuesto por las especies de algas microscópicas y constituye la puerta de entrada de energía solar en el ecosistema pelágico, además de ser la base de su mantenimiento por la constante transferencia de energía hacia otros niveles tróficos (bentos, por ejemplo). En relación a la producción, que también será comentada en este capítulo, los factores que la limitan suelen ser los elementos nutritivos y la luz. En cuanto a la composición específica, en total hay identificadas del orden de unas 500 especies pertenecientes a los grupos Flagelados, Dinoflagelados, Diatomeas, Silicoflagelados, Cianofíceas y Cocolitoforales.

Los parámetros definidores del fitoplancton (biomasa y producción) presentan variabilidad anuales relacionadas con la disponibilidad de nutrientes. En invierno existe una fase de descanso, con valores bajos de producción que da paso en primavera a la época más productiva. En verano desciende el número de células, la clorofila y la producción hasta entrar en invierno, con un segundo máximo relativo.

Finalmente, y en relación al ciclo anual, éste responde a las características estacionales ya comentadas para la calidad del agua. En otoño, en un momento dado, se produce la rotura de la termoclina, el agua se mezcla verticalmente y debido fundamentalmente al aporte de nutrientes (nitratos y fosfatos) tiene lugar una proliferación de diatomeas. Hacia el mes de enero se produce una interrupción en el aumento de fitoplancton.

La principal proliferación de fitoplancton en el ciclo anual tiene lugar entre mediados de febrero y mediados de marzo y, en general, aparece relacionada con la presencia de un afloramiento propiciado, según parece, por la acción del viento y la intercalación de aguas frías en profundidad. Al avanzar la estación, tiene lugar una discontinuidad hidrográfica y el plancton se hace súbitamente muy pobre. En los meses de abril y mayo la composición florística mayoritaria corresponde a las Diatomeas y a continuación la estratificación estival, marcada por intensos gradientes y un empobrecimiento casi absoluto en nutrientes de las aguas superficiales, con predominio en este caso de Dinoflagelados.

El zooplancton tiene a su cargo, como primer nivel de consumidores el concentrar la materia y la energía producidas por el fitoplancton que, debido a sus reducidas dimensiones y a su dispersión en el medio, requeriría un consumo de energía desproporcionado a su valor nutritivo si tuviese que ser

explotado por los peces directamente. El grupo más abundante es el de los Copépodos. Desde el punto de vista del funcionamiento de la red trófica, herbívoros y omnívoros componen entre el 70 y 95% de los grupos, en función de la época del año.

4.5 COMUNIDADES BENTÓNICAS

La cartografía bionómica se ha obtenido haciendo uso de las diferentes metodologías aplicadas, que en resumen, ha consistido en la integración de 4 fuentes principales de información: los resultados de la prospección de sónar de barrido lateral, el registro videográfico, el muestreo directo sobre los poblamientos bentónicos, y la consulta de otras cartografías procedentes de fuentes bibliográficas de la zona.

Para establecer la nomenclatura de los hábitats marinos, se ha seguido la clasificación jerárquica del "Inventario Español de Hábitats y Especies marinos (IEHEM)". El Inventario se constituye como el instrumento para recoger la distribución, abundancia, estado de conservación y la utilización de patrimonio natural, con especial atención a los elementos que precisen medidas específicas de conservación o hayan sido declarados de interés comunitario.

Tal y como prevé la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, el Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos forma parte de otro global denominado Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, regulado a través del Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, para el desarrollo del Inventario español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

De manera que se han identificado un total de 2 hábitats, y se incluyen en los hábitats del piso infralitoral y circalitoral sedimentario (0304).

Hábitats del Piso Supralitoral sedimentario (0102):

Arenas medias supralitorales (01020104)

Hábitats del Piso Mediolitoral sedimentario (0202):

Arenas finas y medias mediolitorales (02020208)

Hábitats del Piso Infralitoral y circalitoral sedimentario (0304):

Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales (030402)

Arenas medias y finas infralitorales de zonas batidas (03040219)

Arenas finas infralitorales bien calibradas (03040220)

Hábitats de Praderas de fanerógamas (0305):

Praderas mediterráneas de Cymodocea Nodosa de zonas abiertas, profundas, sobre arenas (030509)

En la tabla siguiente se enumeran los hábitats marinos identificados y el rango batimétrico del área de estudio en el que se localizan.

Tabla 8.- Inventario español de hábitats marinos (Fuente: Tecnoambiente)

Inventario Español de hábitats marinos		
Código Hábitat	Descripción	Rango batimétrico
PISO SUPRALITORAL SEDIMENTARIO (0102)		
01020104	Arenas medias supralitorales.	>+0,5 m
PISO MEDIOLITORAL SEDIMENTARIO (0202)		
02020208	Arenas finas y medias mediolitorales.	+0,5 / +0 m
PISOS INFRAITORAL Y CIRCALITORAL SEDIMENTARIOS (0304)		
03040219	Arenas medias y finas infralitorales de zonas batidas	+0 / -5 m
03040220	Arenas finas infralitorales bien calibradas	-5 / -18m
PRADERAS DE FANERÓGAMAS (0305)		
030509	Praderas mediterráneas de <i>Cymodocea Nodosa</i> de zonas abiertas, profundas, sobre arenas	-6 / -9 m
Fuente: Guía interpretativa del Inventario Español de Hábitats Marinos http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/GUIA_INTERP_HABITATS_WEB_tcm7-270736.pdf		

4.5.1 HÁBITATS SEDIMENTARIOS SUPRALITORALES (0102) Y MEDIOLITORALES (0202)

En la parte superior de las playas barridas por las mareas o por la influencia de las olas, y de las llanuras sedimentaria se encuentran depósitos sedimentarios, que dependiendo de su granulometría pueden variar desde fangos, en las zonas más resguardadas, como estuarios y medios lagunares, a arenas, gravas y guijarros, en las zonas más abiertas. Se trata de uno de los ambientes de mayor uso recreativo. Desde el punto de vista biológico se caracteriza por la casi total ausencia de especies de la fauna y flora, debido a la inestabilidad de los sedimentos y las condiciones adversas de insolación y desecación. Sólo los restos vegetales arrojados a la playa, que aportan materia orgánica y humedad, permiten la presencia de especies detritívoras y, más raramente carroñeras. En la zona de estudio se encuentran las denominadas “arenas medias supralitorales” (01020104).

Ya en la parte más baja de las playas, batida por las olas, aumenta el número de especies, principalmente poliquetos, anfípodos y algunos bivalvos. En la zona de estudio se encuentran las denominadas “Arenas finas y medias mediolitorales” (02020208).

4.5.2 HÁBITATS DE ARENAS Y ARENAS FANGOSAS INFRAITORALES (030402)

En general, las arenas superficiales sometidas a la acción del oleaje, aparecen en un primer nivel batimétrico –franja de los 3 ó 4 primeros metros de profundidad–, constituyendo las denominadas “arenas medias y finas infralitorales de zonas batidas” (03040219). En este tipo de fondos no existen

macrófitos y las especies dominantes suelen ser principalmente moluscos bivalvos de las familias *Veneridae*, *Donacidae* y *Tellinidae*.

Por debajo de estos fondos de arenas finas superficiales, donde el oleaje deja de tener un efecto directo, aparecen unas arenas muy homogéneas de origen terrígeno poco enfangadas; en el Mediterráneo, son las denominadas “arenas finas infralitorales bien calibradas” (03040220). Ocupan grandes extensiones, a una profundidad de entre 5 y 20 m. La fauna de este tipo de fondos está constituida mayoritariamente por moluscos (bivalvos y gastrópodos), crustáceos, equinodermos y peces, con ausencia de algas y escasez de organismos suspensívoros.

Este hábitat se encuentra representado en todo el ámbito de estudio.

4.5.3 HÁBITAT DE PRADERAS MEDITERRÁNEAS DE *CYMODOCEA NODOSA* DE ZONAS ABIERTAS, PROFUNDAS, SOBRE ARENAS (030509)

Esta fanerógama, de un tamaño notablemente inferior al de *Posidonia Oceanica*, presenta un desarrollo marcadamente estacional, cuyo crecimiento se produce entre mayo y octubre, siendo muy acusado en los meses de verano. Durante el invierno puede llegar a perder la totalidad de las hojas, persistiendo sólo los rizomas. *Cymodocea Nodosa* es, después de *Posidonia Oceanica*, la segunda fanerógama marina en importancia en el Mediterráneo, por su envergadura y por la extensión que ocupan sus praderas. Es una planta típicamente colonizadora o pionera, con una amplia tolerancia ambiental. Crece desde las aguas superficiales hasta unos 30 m de profundidad. Se encuentra muy diseminada y ocupa generalmente pequeñas extensiones, casi siempre sobre sustratos arenosos o arenoso-fangosos y, más raramente, rocosos.

En la mitad oriental de la zona de estudio se ha detectado la presencia de esta fanerógama en algunas zonas muy puntuales de entre las cotas de -6 y -9 m de profundidad y entre la -11 y la -12,5. Aparece como manchas muy dispersas y con una cobertura muy poco densa, tal como se ha podido comprobar en la Figura 17.- .

4.6 ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

En el entorno de la zona del proyecto se localizan los siguientes espacios naturales protegidos (ver Figura 25.-):

- LIC Costes del Maresme (ES5110017). Se trata de un espacio marino con una superficie de 2906,36 Ha situado en la costa del Maresme frente a Mataró (ver Figura 24.-), que presenta un elevado interés de conservación ya que alberga una importante pradera de *Posidonia Oceanica*, fanerógama que genera los ecosistemas más importantes del Mediterráneo. Muchas especies encuentran los nutrientes necesarios para su supervivencia así como el hábitat adecuado entre los brotes de posidonia y sus rizomas, que llegan a constituir un enorme entramado recubierto de sedimentos donde se alojan multitud de individuos. Los hábitats de interés comunitario (Anejo II de la Directiva 92/43 de Hábitats) presentes en el espacio son el

1120. Algares de posidonia y el 1170. Fondos marinos rocosos y concreciones biogénicas sublitorales. La única especie de interés comunitario (Anejo II de la Directiva 92/43 de Hábitats) de presencia probable en el espacio es la 1.224 *Caretta caretta*.

- LIC Serres del litoral septentrional (ES510011). Se trata de un conjunto fisiográfico complejo con una superficie de 19.463,2 Ha integrado por varias unidades, de las cuales la más cercana a la zona de proyecto es La Conreria - Serra de Sant Mateu - muntanyes de Céllecs (ver Figura 25.-), con predominio de materiales graníticos y esquistosos. Se trata de un espacio característico del país del encinar litoral donde tienen gran importancia las pinedas litorales del pino piñonero; su fauna es la característica de los ambientes mediterráneos, sólo con algunas penetraciones extra-mediterráneas en los enclaves más húmedos.

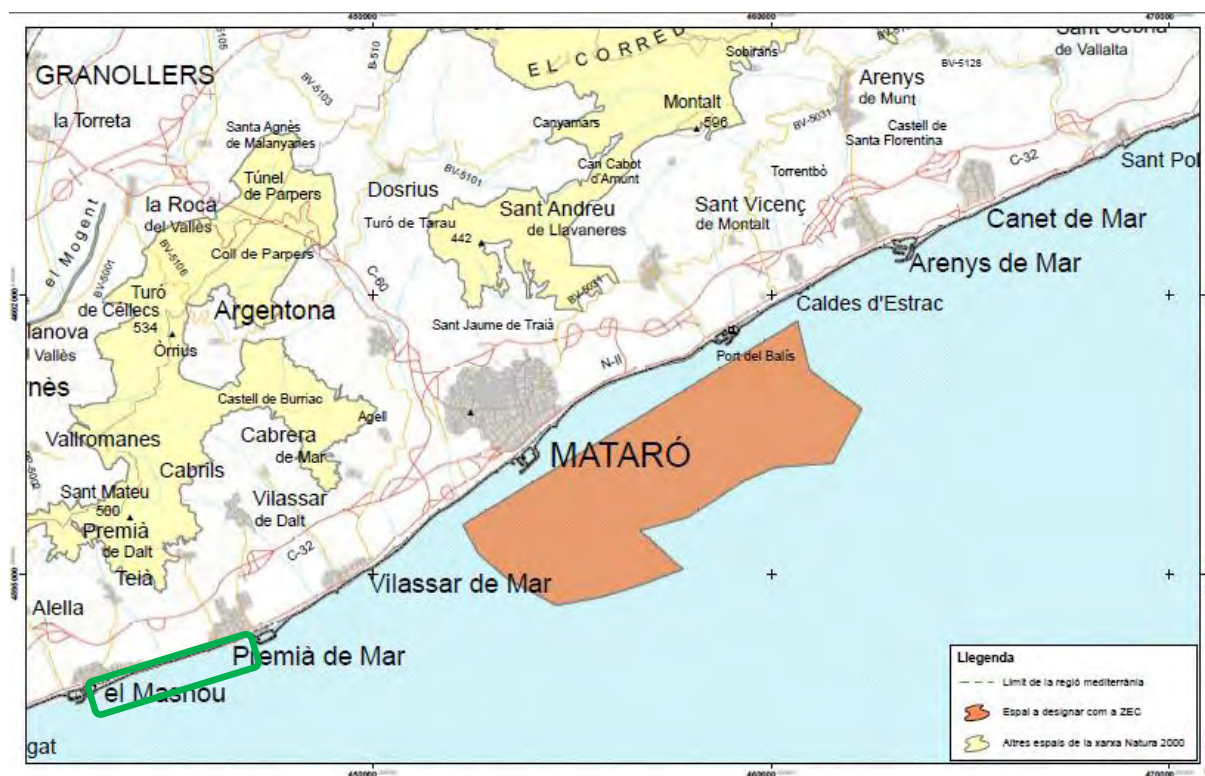


Figura 24.- Ubicación del LIC Costes del Maresme (ES510017) (Fuente: Generalitat de Catalunya)

4.7 ELEMENTOS ANTRÓPICOS

El listado de elementos antrópicos detectado en la zona de actuación se muestra en el Apéndice 1.

4.8 PATRIMONIO CULTURAL

No se han detectado elementos a tener en consideración en este capítulo.

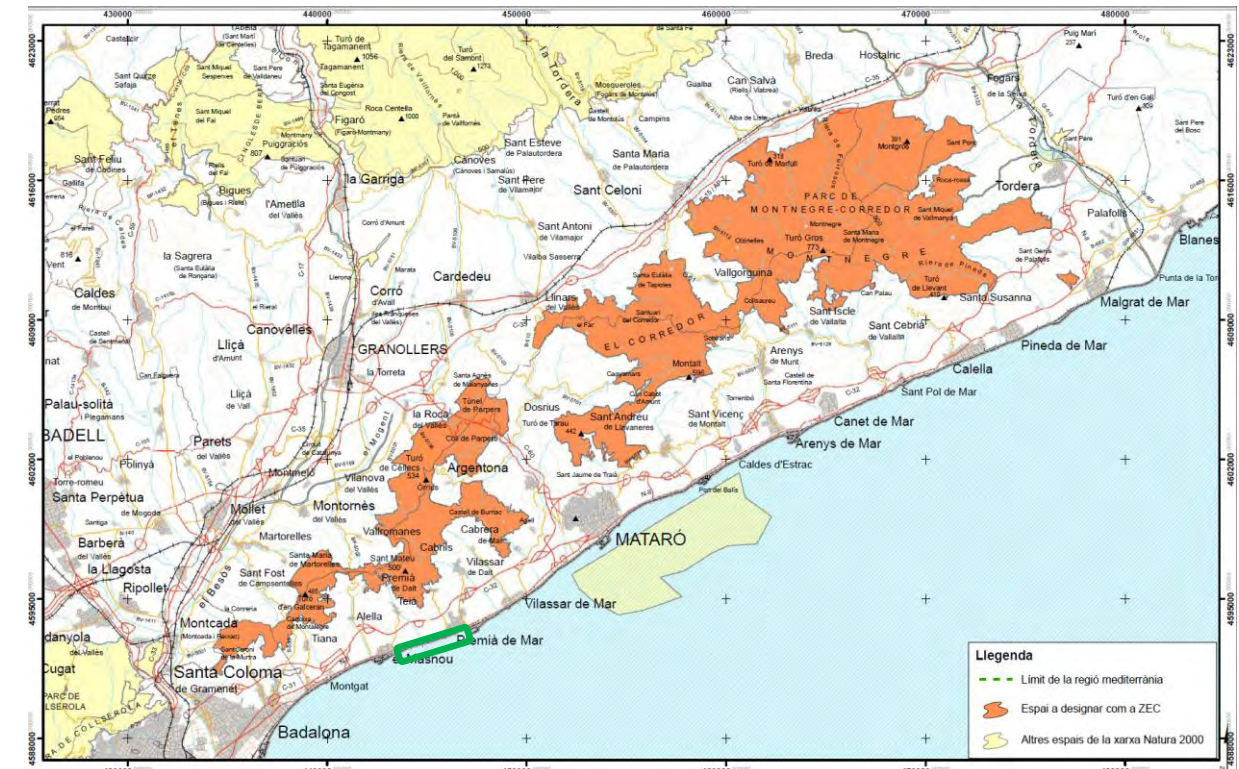
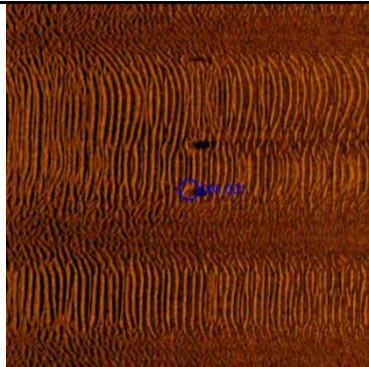
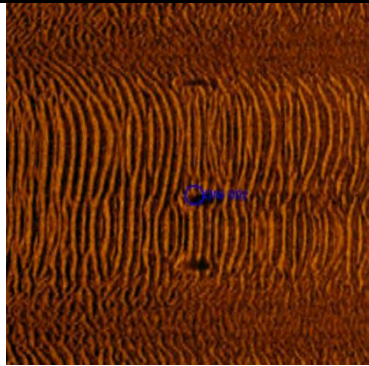
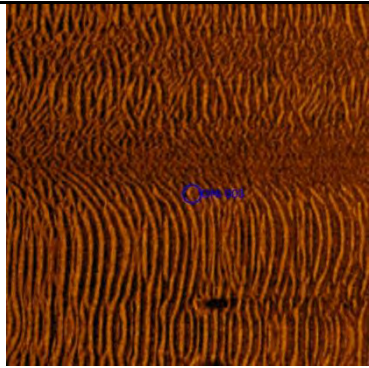
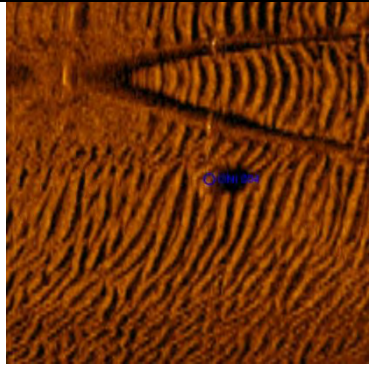
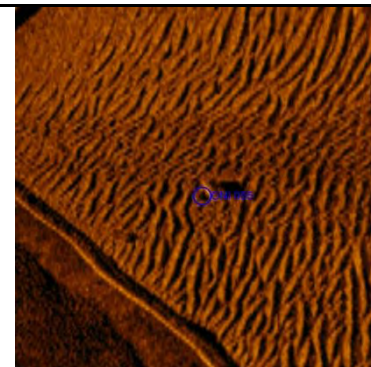
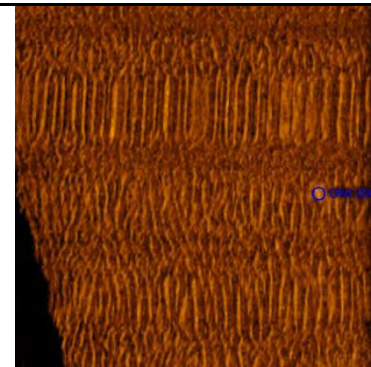
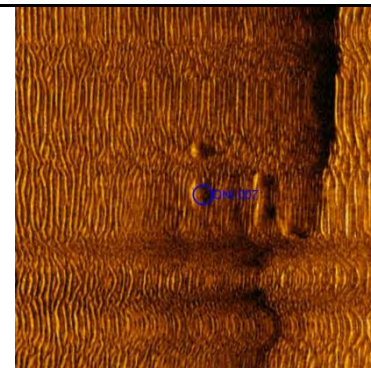
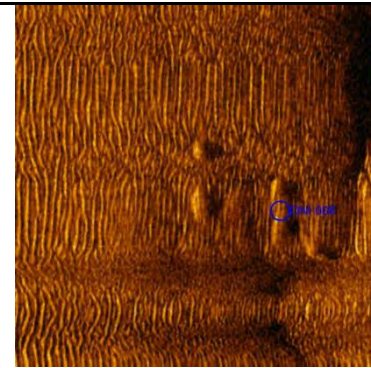
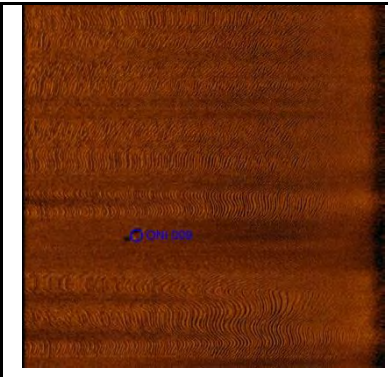
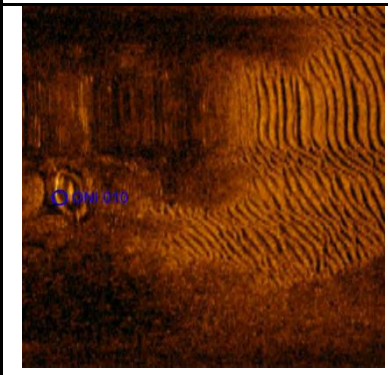
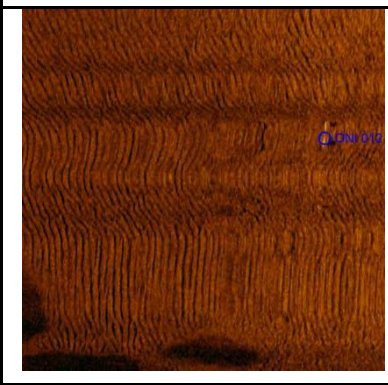


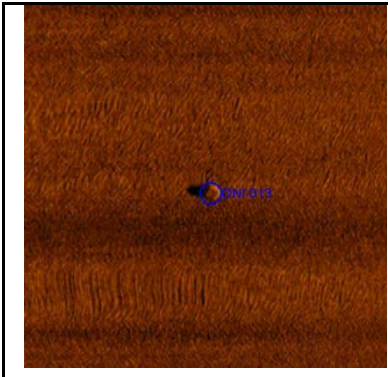
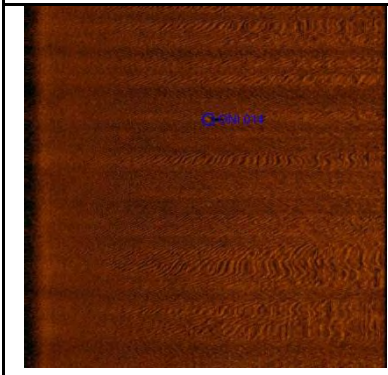
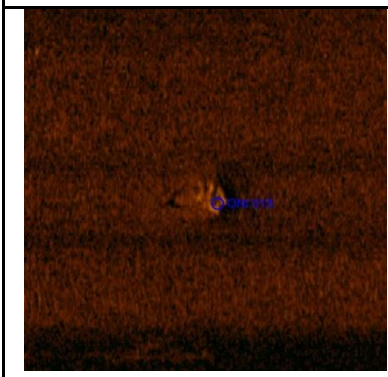
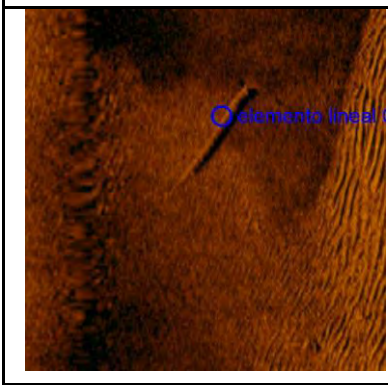
Figura 25.- Ubicación del LIC Serres del litoral septentrional (ES510011) (Fuente: Generalitat de Catalunya)

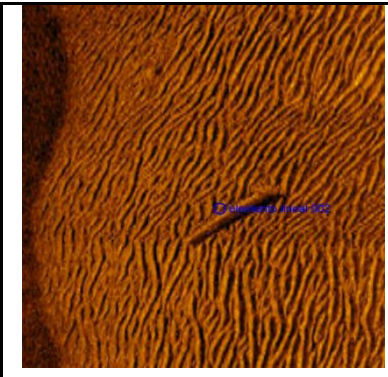
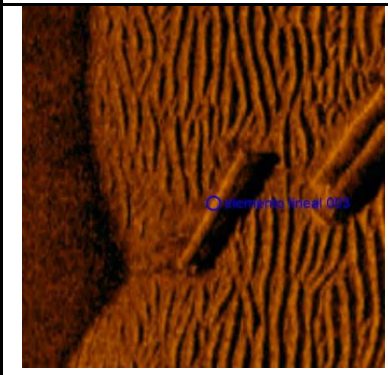
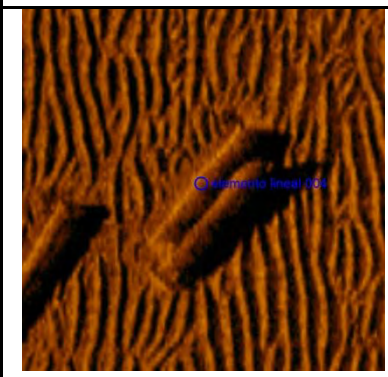
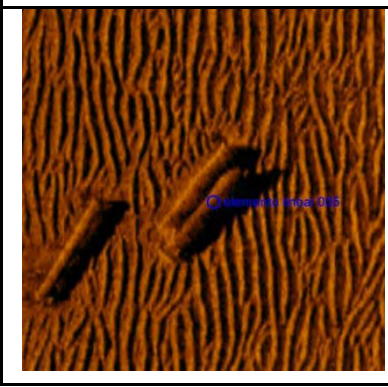
APÉNDICE 1. LISTADO DE ELEMENTOS ANTRÓPICOS DETECTADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

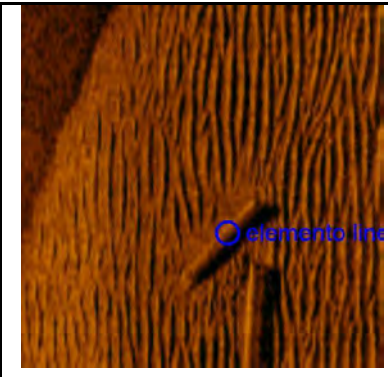
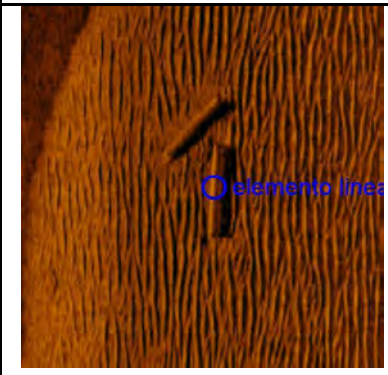
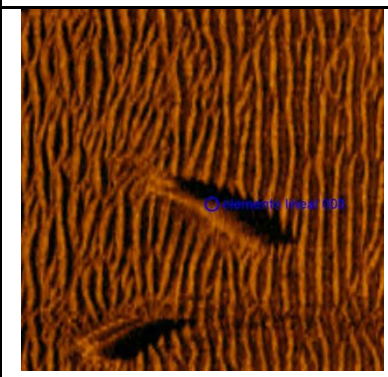
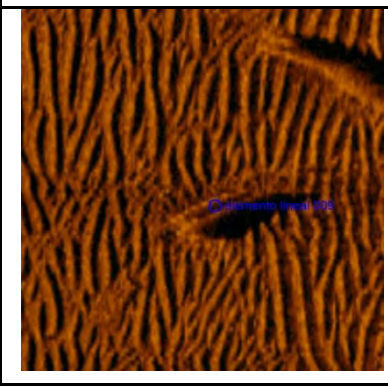
Imagen del blanco	Información del blanco	Dimensiones y atributos
	ONI 001 • Posición clic 41,4799163868 2,3356561341 (WGS84) (X) 444534,74 (Y) 4592247,55 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,80 (m) • Longitud del blanco: 1,03 (m) • Sombra del blanco: 1,14 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	ONI 002 • Posición clic 41,4798916229 2,3355931723 (WGS84) (X) 444529,46 (Y) 4592244,84 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,41 (m) • Longitud del blanco: 1,23 (m) • Sombra del blanco: 1,31 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	ONI 003 • Posición clic 41,4798754894 2,3355129860 (WGS84) (X) 444522,75 (Y) 4592243,10 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,30 (m) • Longitud del blanco: 0,24 (m) • Sombra del blanco: 1,50 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	ONI 004 • Posición clic 41,4804670876 2,3371054754 (WGS84) (X) 444656,21 (Y) 4592307,76 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,91 (m) • Longitud del blanco: 0,81 (m) • Sombra del blanco: 1,45 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal junto a objeto lineal,

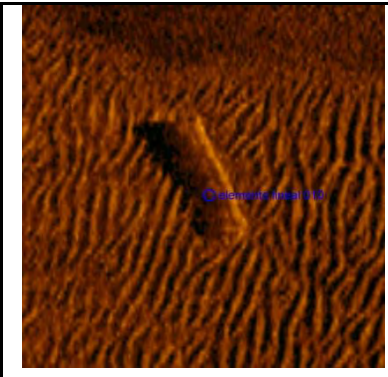
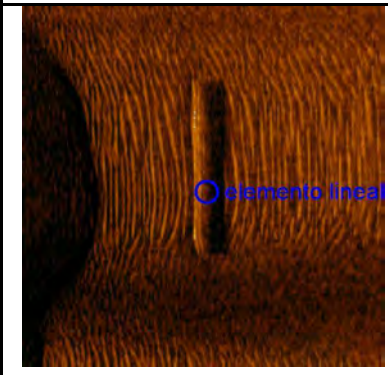
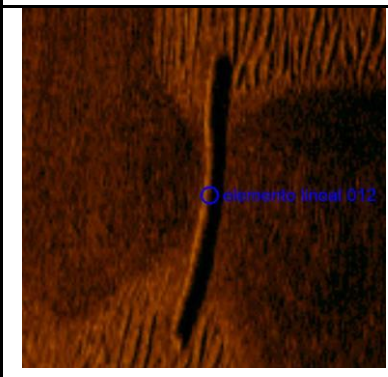
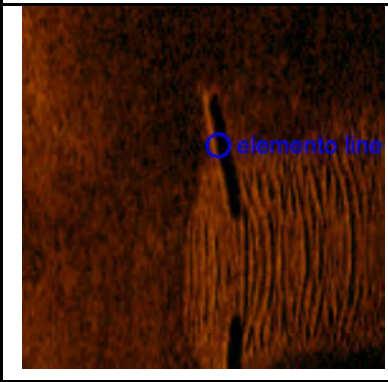
	ONI 005 • Posición clic 41,4805158064 2,3371667292 (WGS84) (X) 444661,37 (Y) 4592313,13 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,39 (m) • Longitud del blanco: 0,78 (m) • Sombra del blanco: 1,02 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	ONI 006 • Posición clic 41,4809012057 2,3415328994 (WGS84) (X) 445026,22 (Y) 4592353,14 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,61 (m) • Longitud del blanco: 1,15 (m) • Sombra del blanco: 2,71 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	ONI 007 • Posición clic 41,4852322410 2,3612274796 (WGS84) (X) 446674,03 (Y) 4592821,64 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,68 (m) • Longitud del blanco: 2,57 (m) • Sombra del blanco: 0,95 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	ONI 008 • Posición clic 41,4851889953 2,3612590625 (WGS84) (X) 446676,63 (Y) 4592816,82 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,56 (m) • Longitud del blanco: 5,05 (m) • Sombra del blanco: 1,03 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,

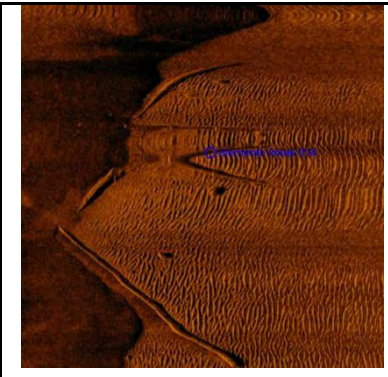
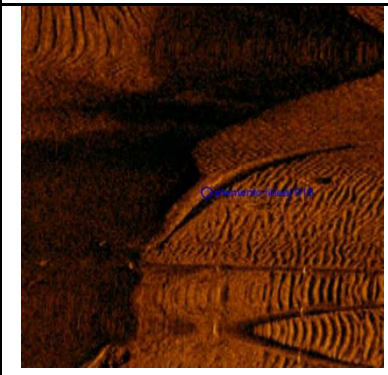
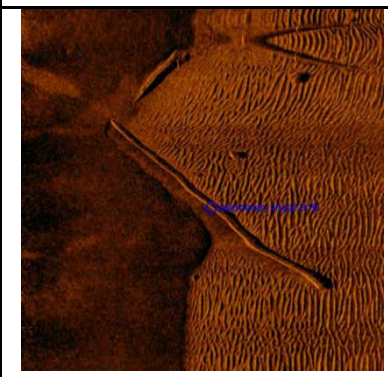
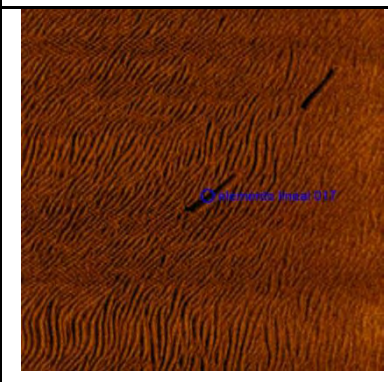
	ONI 009 • Posición clic 41,4791186699 2,3366539022 (WGS84) (X) 444617,36 (Y) 4592158,35 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,00 (m) • Longitud del blanco: 0,00 (m) • Sombra del blanco: 0,00 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	ONI 010 • Posición clic 41,4667041276 2,3188689106 (WGS84) (X) 443121,64 (Y) 4590791,63 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 2,17 (m) • Longitud del blanco: 3,38 (m) • Sombra del blanco: 0,00 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	ONI 011 • Posición clic 41,4767627004 2,3304298410 (WGS84) (X) 444095,69 (Y) 4591900,80 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 1,04 (m) • Longitud del blanco: 2,07 (m) • Sombra del blanco: 2,79 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	ONI 012 • Posición clic 41,4744037045 2,3491972959 (WGS84) (X) 445660,68 (Y) 4591626,94 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,00 (m) • Longitud del blanco: 2,81 (m) • Sombra del blanco: 0,00 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal, dentro de la zona de dragado,

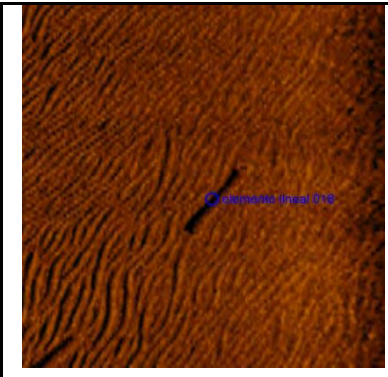
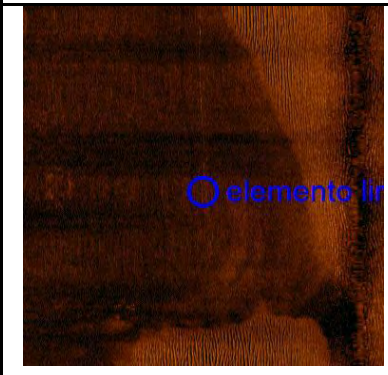
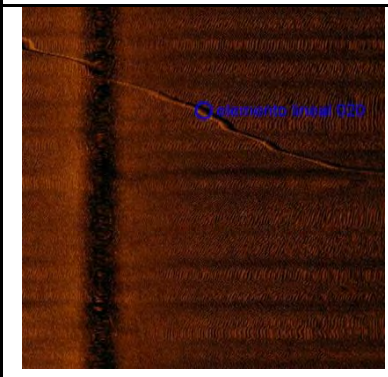
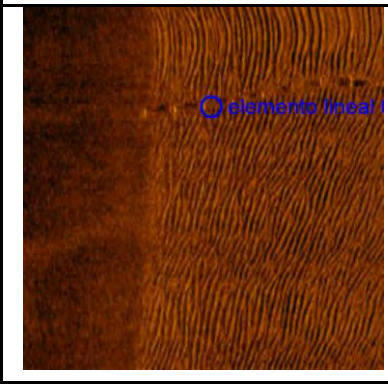
	ONI 013 • Posición clic 41,4828938096 2,3623274912 (WGS84) (X) 446763,95 (Y) 4592561,35 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 1,05 (m) • Longitud del blanco: 0,94 (m) • Sombra del blanco: 1,48 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	ONI 014 • Posición clic 41,4768630686 2,3311104757 (WGS84) (X) 444152,60 (Y) 4591911,50 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,00 (m) • Longitud del blanco: 0,00 (m) • Sombra del blanco: 0,00 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	ONI 015 • Posición clic 41,4828289634 2,3545189020 (WGS84) (X) 446111,99 (Y) 4592558,98 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 1,29 (m) • Longitud del blanco: 1,00 (m) • Sombra del blanco: 0,40 (m) • Descripción: Objeto no identificado de morfología irregular no lineal,
	Elemento lineal 001 • Posición clic 41,4789097363 2,3297247443 (WGS84) (X) 444038,67 (Y) 4592139,62 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,56 (m) • Longitud del blanco: 9,55 (m) • Sombra del blanco: 0,27 (m) • Descripción: Posible tubería

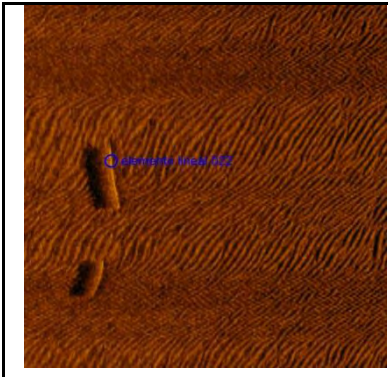
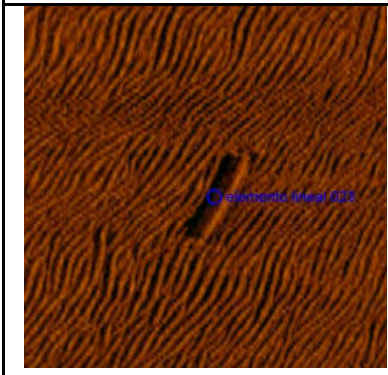
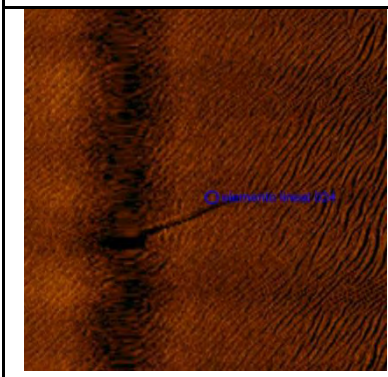
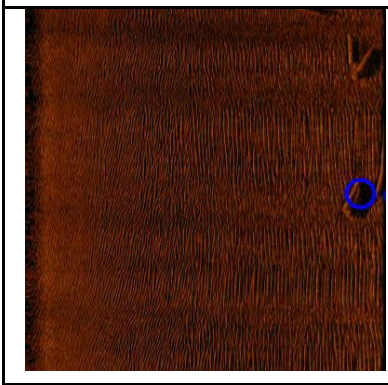
	Elemento lineal 002 - Posición clic 41,4788766026 2,3301963090 (WGS84) (X) 444078,01 (Y) 4592135,63 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,54 (m) - Longitud del blanco: 6,33 (m) - Sombra del blanco: 0,23 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 003 - Posición clic 41,4795043377 2,3329175458 (WGS84) (X) 444305,74 (Y) 4592203,57 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,42 (m) - Longitud del blanco: 6,15 (m) - Sombra del blanco: 1,11 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 004 - Posición clic 41,4794390958 2,3328788723 (WGS84) (X) 444302,46 (Y) 4592196,35 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,79 (m) - Longitud del blanco: 5,13 (m) - Sombra del blanco: 1,11 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 005 - Posición clic 41,4794334546 2,3328947476 (WGS84) (X) 444303,78 (Y) 4592195,71 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,74 (m) - Longitud del blanco: 5,77 (m) - Sombra del blanco: 1,80 (m) - Descripción: Posible tubería

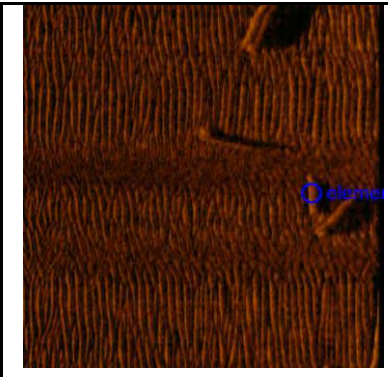
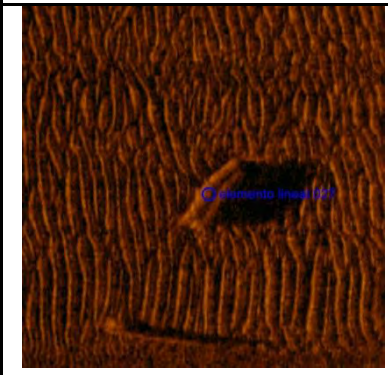
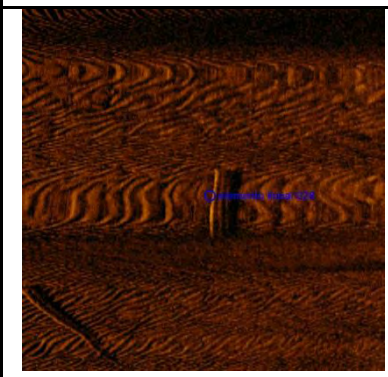
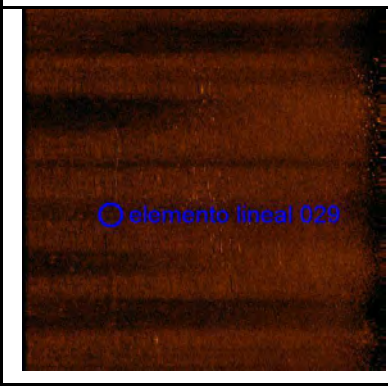
	Elemento lineal 006 - Posición clic 41,4795320094 2,3331876842 (WGS84) (X) 444328,32 (Y) 4592206,47 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,56 (m) - Longitud del blanco: 6,24 (m) - Sombra del blanco: 1,08 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 007 - Posición clic 41,4795308971 2,3332554830 (WGS84) (X) 444333,98 (Y) 4592206,30 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,79 (m) - Longitud del blanco: 7,11 (m) - Sombra del blanco: 1,08 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 008 - Posición clic 41,4795013018 2,3335333792 (WGS84) (X) 444357,16 (Y) 4592202,83 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,83 (m) - Longitud del blanco: 5,53 (m) - Sombra del blanco: 1,45 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 009 - Posición clic 41,4795638917 2,3336362483 (WGS84) (X) 444365,80 (Y) 4592209,72 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,63 (m) - Longitud del blanco: 2,64 (m) - Sombra del blanco: 1,94 (m) - Descripción: Posible tubería

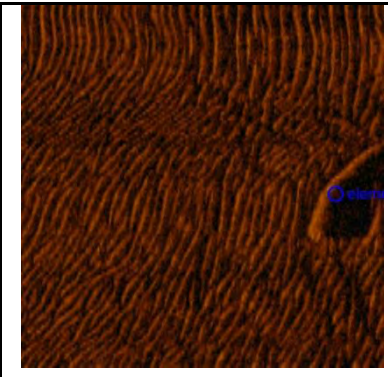
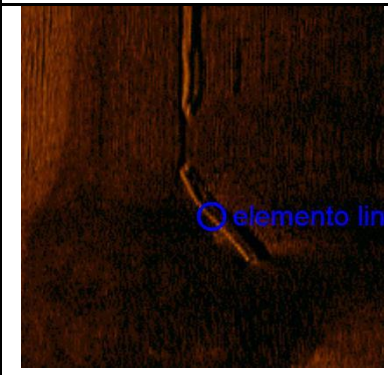
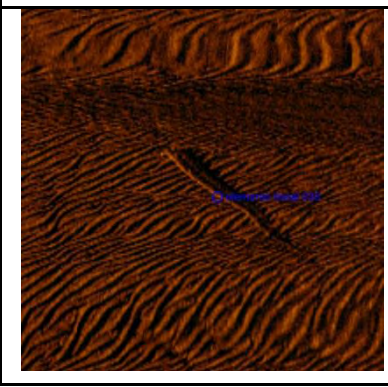
	Elemento lineal 010 - Posición clic 41,4801455969 2,3336727005 (WGS84) (X) 444369,34 (Y) 4592274,27 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 1,23 (m) - Longitud del blanco: 4,48 (m) - Sombra del blanco: 1,24 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 011 - Posición clic 41,4801630372 2,3368878702 (WGS84) (X) 444637,79 (Y) 4592274,15 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 1,40 (m) - Longitud del blanco: 14,07 (m) - Sombra del blanco: 1,06 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 012 - Posición clic 41,4804885924 2,3369109300 (WGS84) (X) 444639,99 (Y) 4592310,28 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,34 (m) - Longitud del blanco: 13,29 (m) - Sombra del blanco: 0,56 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 013 - Posición clic 41,4804262703 2,3366909443 (WGS84) (X) 444621,57 (Y) 4592303,50 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,50 (m) - Longitud del blanco: 7,83 (m) - Sombra del blanco: 0,94 (m) - Descripción: Posible tubería

	Elemento lineal 014 - Posición clic 41,4817563517 2,3439836634 (WGS84) (X) 445231,55 (Y) 4592446,52 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,00 (m) - Longitud del blanco: 0,00 (m) - Sombra del blanco: 0,00 (m) - Descripción: Posible tubería, Imagen deformada,
	Elemento lineal 015 - Posición clic 41,4805038973 2,3372681054 (WGS84) (X) 444669,82 (Y) 4592311,75 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,46 (m) - Longitud del blanco: 14,25 (m) - Sombra del blanco: 0,72 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 016 - Posición clic 41,4805102435 2,3372606579 (WGS84) (X) 444669,20 (Y) 4592312,45 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,63 (m) - Longitud del blanco: 30,26 (m) - Sombra del blanco: 0,65 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 017 - Posición clic 41,4795529141 2,3374464005 (WGS84) (X) 444683,90 (Y) 4592206,05 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,71 (m) - Longitud del blanco: 4,47 (m) - Sombra del blanco: 0,70 (m) - Descripción: Posible tubería

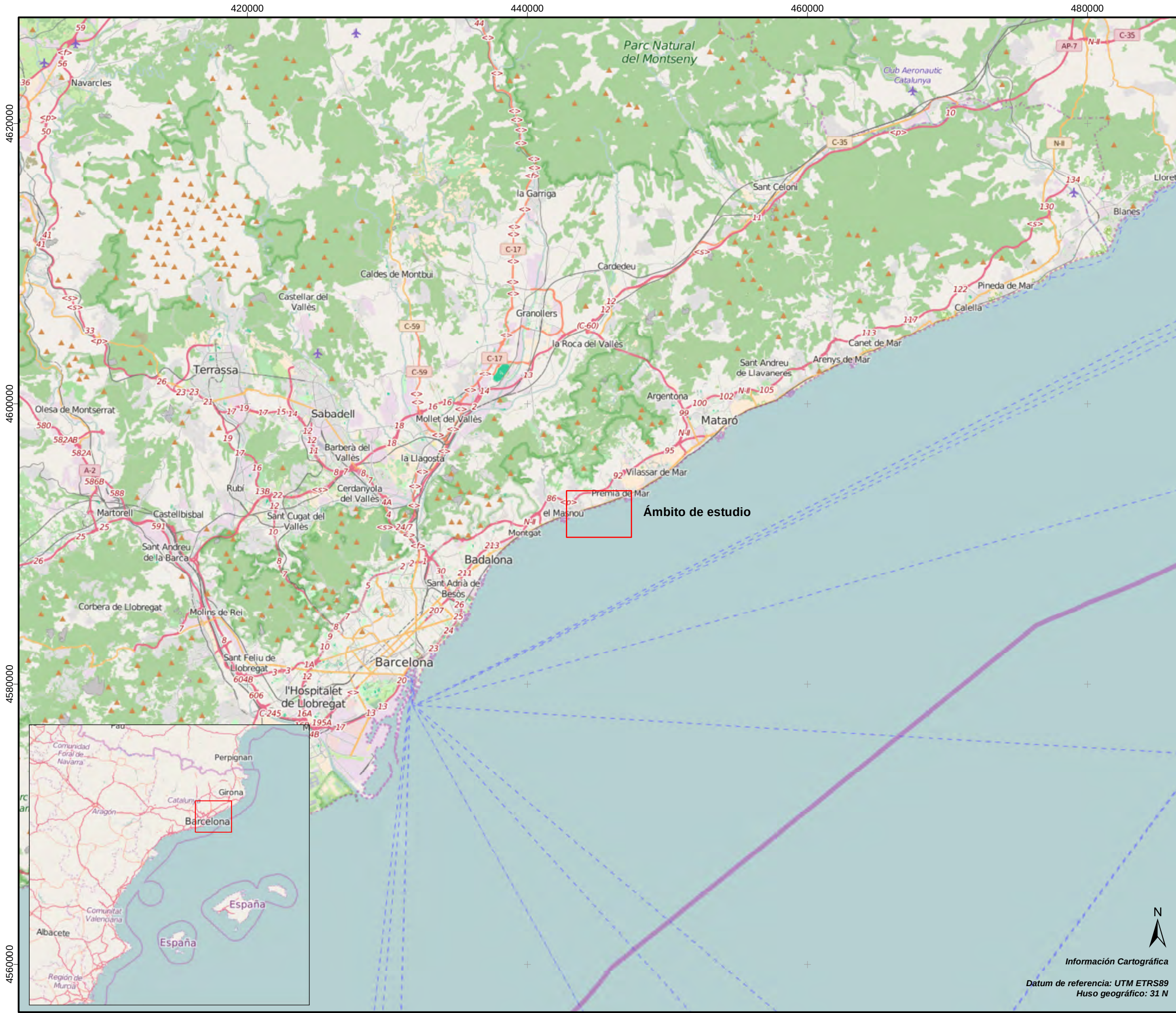
	Elemento lineal 018 • Posición clic 41,4796571126 2,3375535040 (WGS84) (X) 444692,93 (Y) 4592217,55 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,48 (m) • Longitud del blanco: 3,88 (m) • Sombra del blanco: 0,33 (m) • Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 019 • Posición clic 41,4821001741 2,3513360933 (WGS84) (X) 445845,66 (Y) 4592480,06 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 49,36 (m) • Longitud del blanco: 0,00 (m) • Sombra del blanco: 0,00 (m) • Descripción: Posible cabo
	Elemento lineal 020 • Posición clic 41,4730140753 2,3418484370 (WGS84) (X) 445045,90 (Y) 4591477,31 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,88 (m) • Longitud del blanco: 78,94 (m) • Sombra del blanco: 1,32 (m) • Descripción: Posible tubería dentro de la zona de dragado
	Elemento lineal 021 • Posición clic 41,4753196902 2,3199348773 (WGS84) (X) 443218,17 (Y) 4591747,43 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,58 (m) • Longitud del blanco: 22,86 (m) • Sombra del blanco: 0,00 (m) • Descripción: Posible tubería con bloques de anclaje

	Elemento lineal 022 • Posición clic 41,4793837427 2,3378535041 (WGS84) (X) 444717,74 (Y) 4592187,01 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,96 (m) • Longitud del blanco: 5,51 (m) • Sombra del blanco: 0,99 (m) • Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 023 • Posición clic 41,4796409763 2,3381204426 (WGS84) (X) 444740,25 (Y) 4592215,40 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,43 (m) • Longitud del blanco: 5,18 (m) • Sombra del blanco: 0,77 (m) • Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 024 • Posición clic 41,4788414527 2,3330094883 (WGS84) (X) 444312,85 (Y) 4592129,91 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 0,72 (m) • Longitud del blanco: 9,49 (m) • Sombra del blanco: 0,17 (m) • Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 025 • Posición clic 41,4796238684 2,3338824589 (WGS84) (X) 444386,41 (Y) 4592216,22 (Coordenadas proyectadas) • Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos • Ancho del blanco: 1,39 (m) • Longitud del blanco: 7,28 (m) • Sombra del blanco: 3,48 (m) • Descripción: Posible tubería

	Elemento lineal 026 - Posición clic 41,4796872886 2,3342473133 (WGS84) (X) 444416,92 (Y) 4592223,02 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,90 (m) - Longitud del blanco: 4,12 (m) - Sombra del blanco: 1,28 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 027 - Posición clic 41,4796948862 2,3345256577 (WGS84) (X) 444440,17 (Y) 4592223,69 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,93 (m) - Longitud del blanco: 4,84 (m) - Sombra del blanco: 3,88 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 028 - Posición clic 41,4756741742 2,3384982882 (WGS84) (X) 444768,43 (Y) 4591774,77 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,28 (m) - Longitud del blanco: 6,27 (m) - Sombra del blanco: 1,57 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 029 - Posición clic 41,4836800802 2,3573697576 (WGS84) (X) 446350,70 (Y) 4592651,70 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,00 (m) - Longitud del blanco: 0,00 (m) - Sombra del blanco: 0,00 (m) - Descripción: Posible cabo

	Elemento lineal 030 - Posición clic 41,4789105393 2,3306385019 (WGS84) (X) 444114,96 (Y) 4592139,11 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,89 (m) - Longitud del blanco: 10,60 (m) - Sombra del blanco: 2,78 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 031 - Posición clic 41,4712534333 2,3271453449 (WGS84) (X) 443816,70 (Y) 4591291,29 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,51 (m) - Longitud del blanco: 11,47 (m) - Sombra del blanco: 1,99 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 032 - Posición clic 41,4712767458 2,3273584642 (WGS84) (X) 443834,51 (Y) 4591293,74 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 1,01 (m) - Longitud del blanco: 15,28 (m) - Sombra del blanco: 1,00 (m) - Descripción: Posible tubería
	Elemento lineal 033 - Posición clic 41,4755238637 2,3383875179 (WGS84) (X) 444759,05 (Y) 4591758,15 (Coordenadas proyectadas) - Proyección del mapa: UTM84-31N	Dimensiones y atributos - Ancho del blanco: 0,38 (m) - Longitud del blanco: 9,66 (m) - Sombra del blanco: 1,47 (m) - Descripción: Posible tubería

APÉNDICE 2. PLANOS



TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE ACTUACIONES EN EL
MARESME; T.M. DE EL MASNOU
PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)

CLIENTE



TÍTULO DEL PLANO

SITUACIÓN DEL ESTUDIO

Nº PLANO

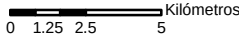
A1.1

FECHA

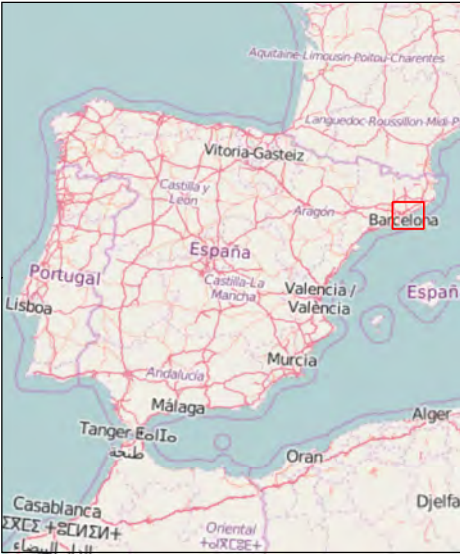
JUNIO 2016

ESCALA

DIN A3 1:250,000



MAPA SITUACIÓN



LEYENDA

Ámbito de estudio



Información Cartográfica

Datum de referencia: UTM ETRS89
Huso geográfico: 31 N



TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE ACTUACIONES EN EL
MARESME; T.M. DE EL MASNOU
PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)

CLIENTE



TÍTULO DEL PLANO

ÁMBITO DE ESTUDIO

Nº PLANO

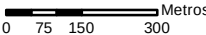
A1.2

FECHA

JUNIO 2016

ESCALA

DIN A3 1:15,000



MAPA SITUACIÓN



LEYENDA

- Zona de dragado
- Zona de estudio



Información Cartográfica

Datum de referencia: UTM ETRS89
Huso geográfico: 31 N



TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE ACTUACIONES EN EL
MARESME; T.M. DE EL MASNOU
PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)

CLIENTE



TÍTULO DEL PLANO

TOPO-BATIMETRÍA GENERAL

Nº PLANO

A1.3.1

FECHA

JUNIO 2016

ESCALA

DIN A3 1:15,000

0 75 150 300 Metros

MAPA SITUACIÓN



LEYENDA

Topografía:

- Isóbatas (0.5 m)
- Isóbatas (1 m)
- Linea de costa (cota 0)

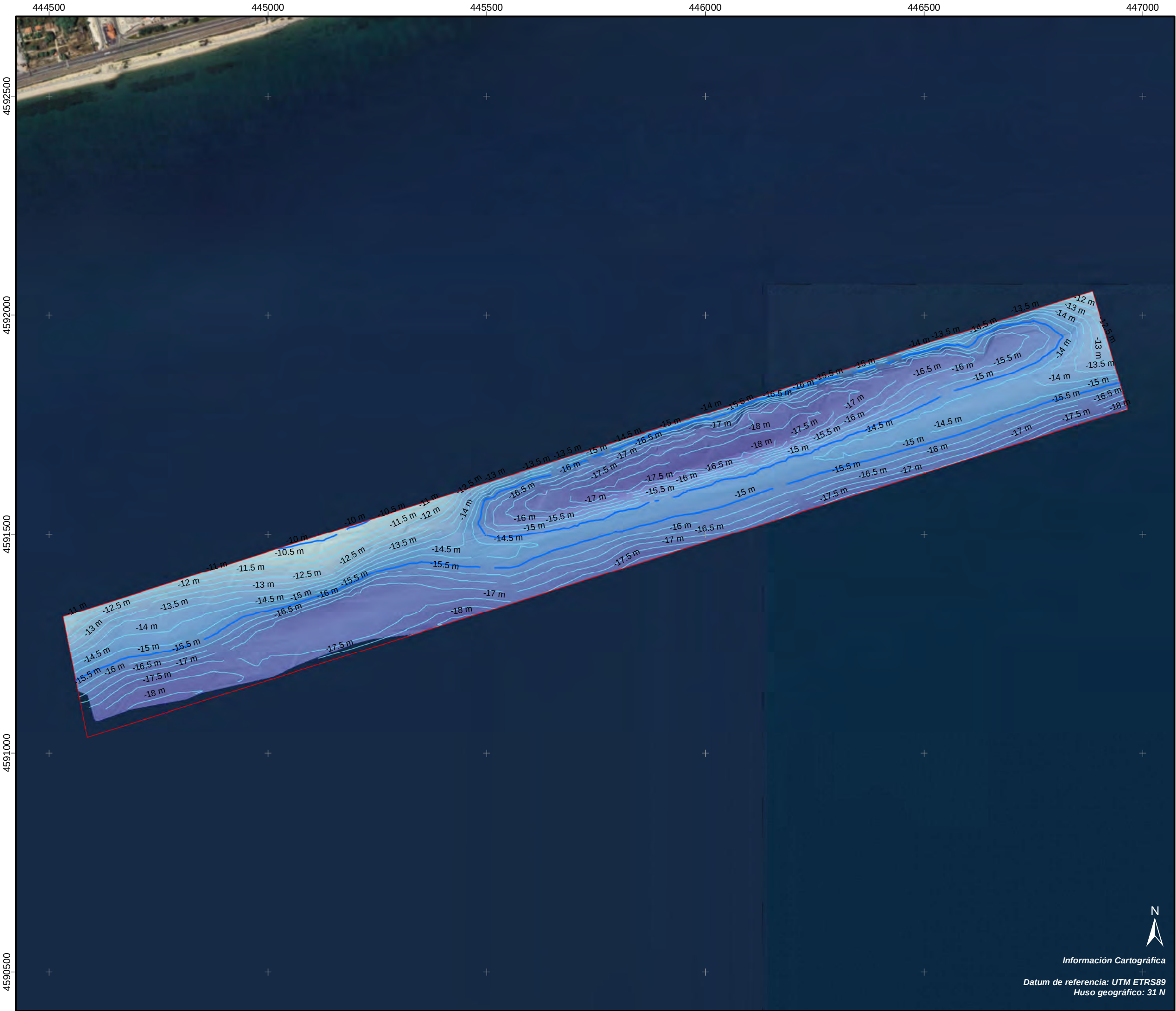
Batimetría:

- Isóbatas (1 m)
- Isóbatas (5 m)

Información Cartográfica

Datum de referencia: UTM ETRS89
Huso geográfico: 31 N





TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE ACTUACIONES EN EL
MARESME; T.M. DE EL MASNOU
PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)

CLIENTE



TÍTULO DEL PLANO

BATIMETRÍA EN LA ZONA DE DRAGADO

Nº PLANO

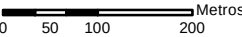
A1.3.2

FECHA

JUNIO 2016

ESCALA

DIN A3 1:8,000



MAPA SITUACIÓN



LEYENDA

Zona de dragado

Batimetría:

Isóbatas (1 m)

Isóbatas (5 m)

Información Cartográfica

Datum de referencia: UTM ETRS89
Huso geográfico: 31 N





TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE ACTUACIONES EN EL
MARESME; T.M. DE EL MASNOU
PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)

CLIENTE



TÍTULO DEL PLANO

PROYECTO DE LÍNEAS PARA SSS Y SBP

Nº PLANO

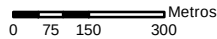
A1.4.1

FECHA

JUNIO 2016

ESCALA

DIN A3 1:15,000



MAPA SITUACIÓN



LEYENDA

- Zona de dragado
- Zona de estudio
- Lineas SBP zona dragado
- Lineas SSS
- Lineas SBP y SSS zona dragado



Información Cartográfica

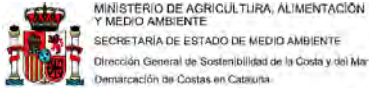
Datum de referencia: UTM ETRS89
Huso geográfico: 31 N



TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE ACTUACIONES EN EL
MARESME; T.M. DE EL MASNOU
PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)

CLIENTE



TÍTULO DEL PLANO

MOSAICO DE SONOGRAFÍAS DE SSS

Nº PLANO

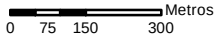
A1.4.2

FECHA

JUNIO 2016

ESCALA

DIN A3 1:15,000



MAPA SITUACIÓN



LEYENDA



Información Cartográfica

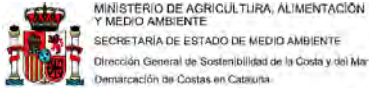
Datum de referencia: UTM ETRS89
Huso geográfico: 31 N



TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE ACTUACIONES EN EL
MARESME; T.M. DE EL MASNOU
PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)

CLIENTE



TÍTULO DEL PLANO

GEOMORFOLOGÍA DE FONDO

Nº PLANO

A1.4.3

FECHA

JUNIO 2016

ESCALA

DIN A3 1:15,000

0 75 150 300 Metros

MAPA SITUACIÓN



LEYENDA

- Arenas con ripples
- Arenas finas
- Pradera de Cymodocea nodosa
- Espigón
- Playa emergida
- Relleno espigón



Información Cartográfica

Datum de referencia: UTM ETRS89
Huso geográfico: 31 N



TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE ACTUACIONES EN EL
MARESME; T.M. DE EL MASNOU
PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)

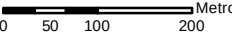
CLIENTE



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar
Demarcación de Costas en Cataluña

TÍTULO DEL PLANO

GEOMORFOLOGÍA DE FONDO EN LA
ZONA DE DRAGADO

Nº PLANO	ESCALA
A1.4.4	DIN A3 1:8,000
FECHA	
JUNIO 2016	



LEYENDA



Zona de dragado



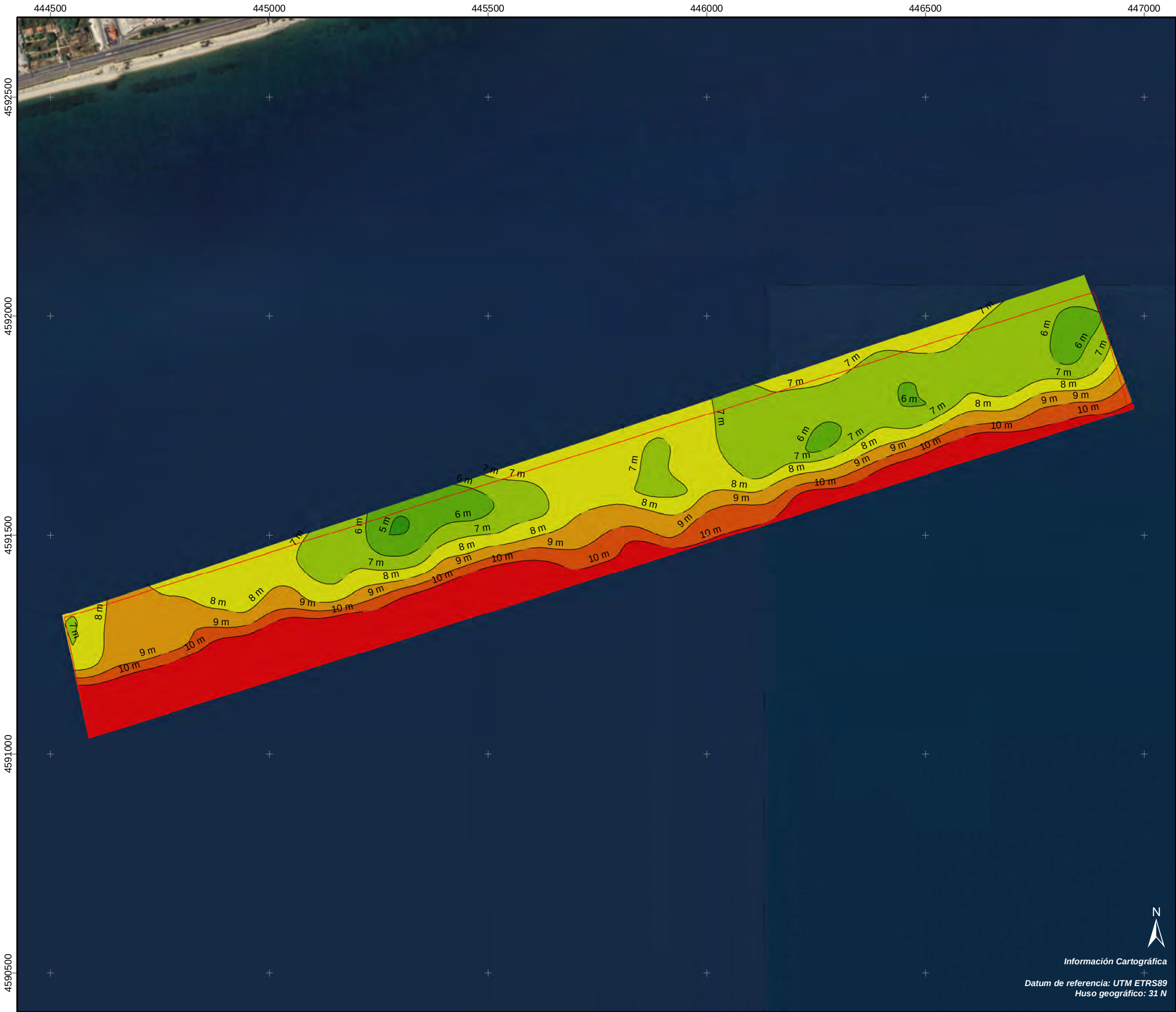
Arenas con ripples



Arenas finas



Información Cartográfica
Datum de referencia: UTM ETRS89
Huso geográfico: 31 N



TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE ACTUACIONES EN EL
MARESME; T.M. DE EL MASNOU
PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)

CLIENTE



TÍTULO DEL PLANO

ESPESOR DE SEDIMENTO TOTAL
EN LA ZONA DE DRAGADO

Nº PLANO

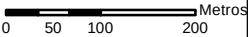
A1.5.1

FECHA

JUNIO 2016

ESCALA

DIN A3 1:8,000



MAPA SITUACIÓN

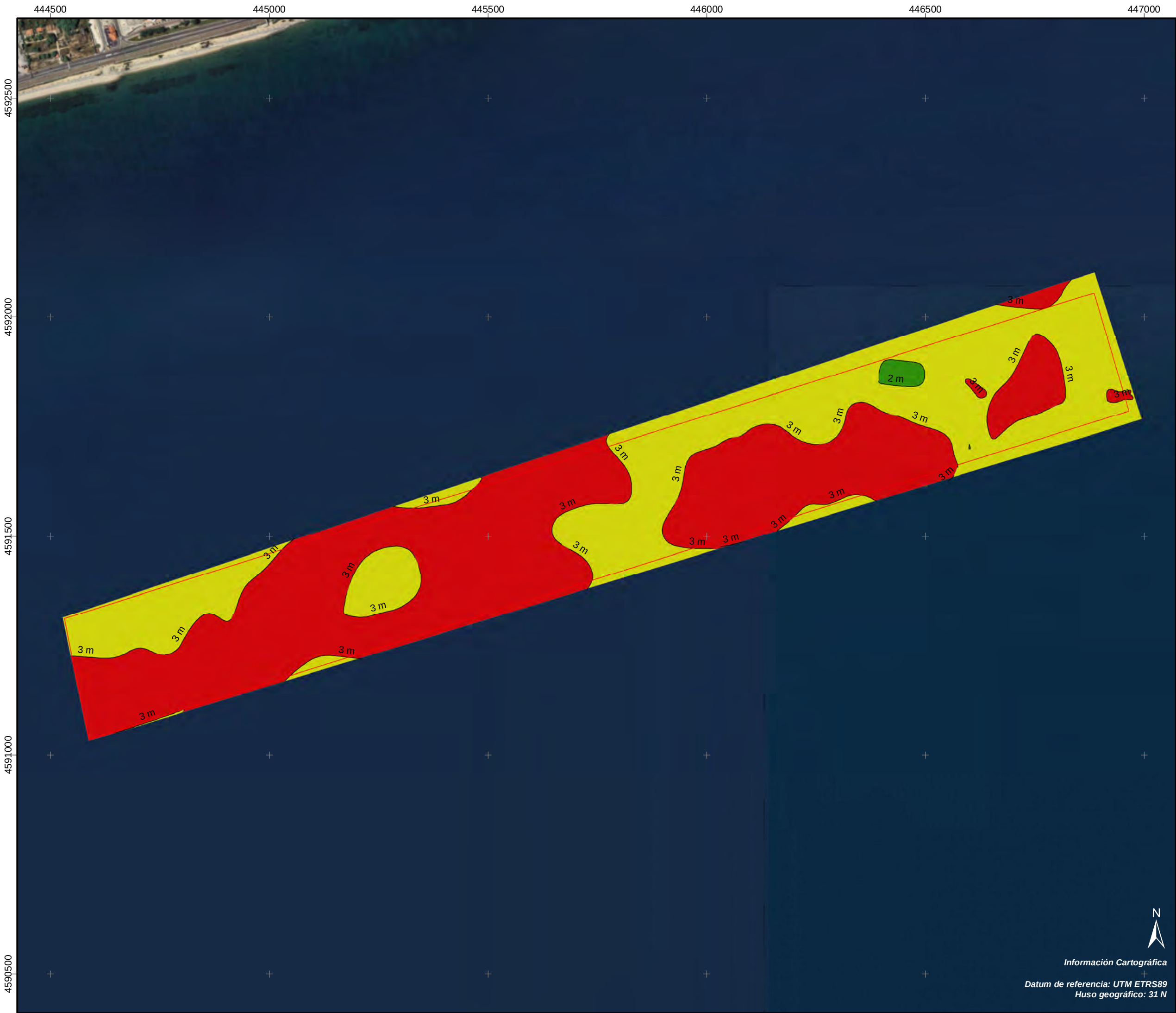


LEYENDA

- Zona de dragado
- Isopacas (m)
- Espesor de sedimento**
 - 4 - 5 m
 - 5 - 6 m
 - 6 - 7 m
 - 7 - 8 m
 - 8 - 9 m
 - 9 - 10 m
 - 10 - 11 m



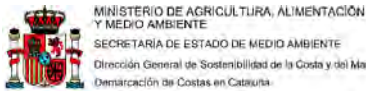
Información Cartográfica
Datum de referencia: UTM ETRS89
Huso geográfico: 31 N



TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE ACTUACIONES EN EL
MARESME; T.M. DE EL MASNOU
PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)

CLIENTE



TÍTULO DEL PLANO

ESPESOR DE SEDIMENTO ARENOSO
EN LA ZONA DE DRAGADO

Nº PLANO

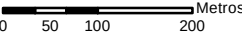
A1.5.2

FECHA

JUNIO 2016

ESCALA

DIN A3 1:8,000



MAPA SITUACIÓN



LEYENDA

Zona de dragado

Isopacas (m)

Espesor de sedimento

1 - 2 m

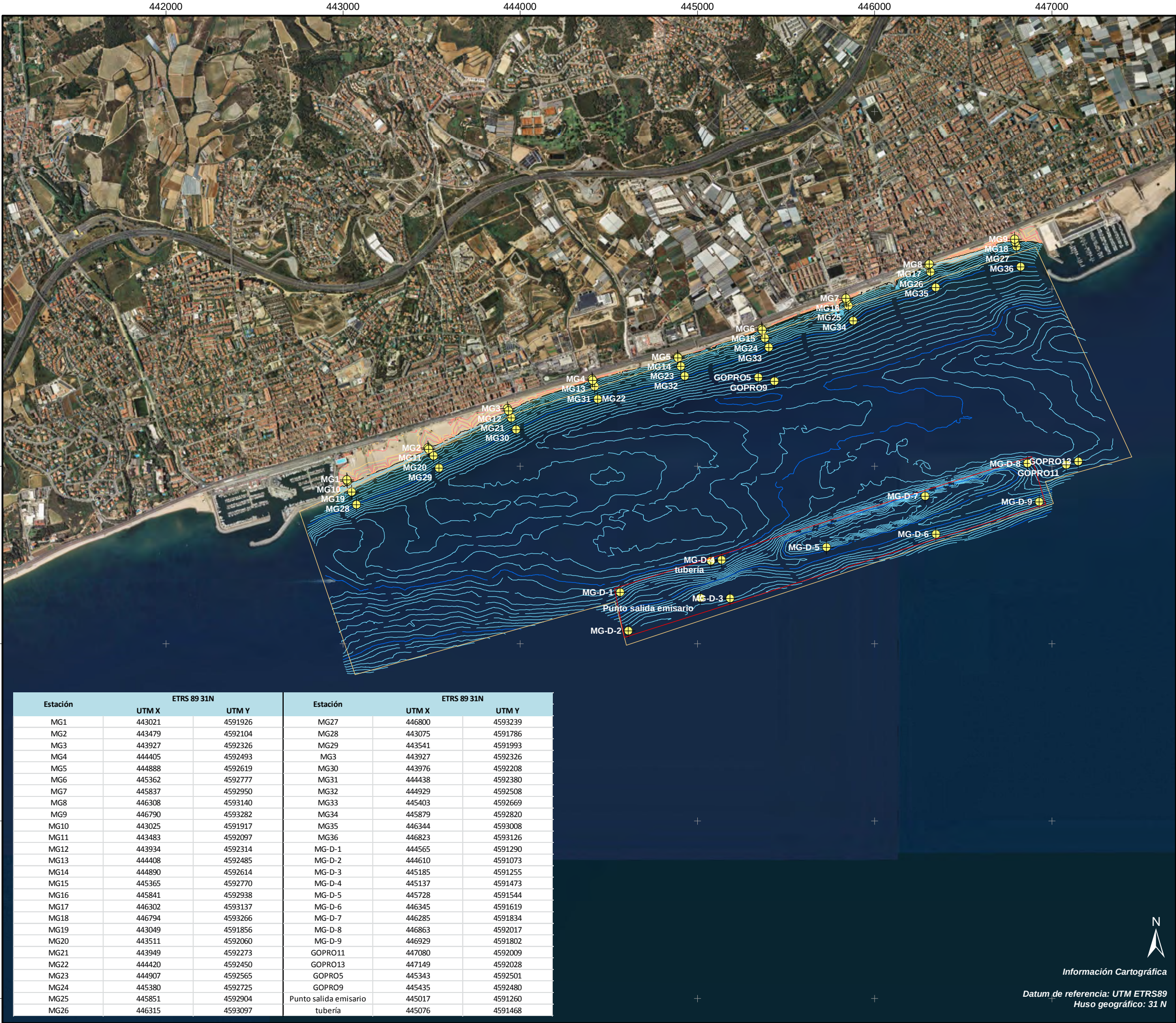
2 - 3 m

3 - 4 m

Información Cartográfica

Datum de referencia: UTM ETRS89
Huso geográfico: 31 N





Estación	ETRS 89 31N		Estación	ETRS 89 31N	
	UTM X	UTM Y		UTM X	UTM Y
MG1	443021	4591926	MG27	446800	4593239
MG2	443479	4592104	MG28	443075	4591786
MG3	443927	4592326	MG29	443541	4591993
MG4	444405	4592493	MG3	443927	4592326
MG5	444888	4592619	MG30	443976	4592208
MG6	445362	4592777	MG31	444438	4592380
MG7	445837	4592950	MG32	444929	4592508
MG8	446308	4593140	MG33	445403	4592669
MG9	446790	4593282	MG34	445879	4592820
MG10	443025	4591917	MG35	446344	4593008
MG11	443483	4592097	MG36	446823	4593126
MG12	443934	4592314	MG-D-1	444565	4591290
MG13	444408	4592485	MG-D-2	444610	4591073
MG14	444890	4592614	MG-D-3	445185	4591255
MG15	445365	4592770	MG-D-4	445137	4591473
MG16	445841	4592938	MG-D-5	445728	4591544
MG17	446302	4593137	MG-D-6	446345	4591619
MG18	446794	4593266	MG-D-7	446285	4591834
MG19	443049	4591856	MG-D-8	446863	4592017
MG20	443511	4592060	MG-D-9	446929	4591802
MG21	443949	4592273	GOPRO11	447080	4592009
MG22	444420	4592450	GOPRO13	447149	4592028
MG23	444907	4592565	GOPRO5	445343	4592501
MG24	445380	4592725	GOPRO9	445435	4592480
MG25	445851	4592904	Punto salida emisario	445017	4591260
MG26	446315	4593097	tubería	445076	4591468

TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE ACTUACIONES EN EL
MARESME; T.M. DE EL MASNOU
PREMIÀ DE MAR (BARCELONA)

CLIENTE



TÍTULO DEL PLANO

ESTACIONES DE MUESTREO

Nº PLANO

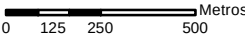
A1.6

FECHA

JUNIO 2016

ESCALA

DIN A3 1:20,000



MAPA SITUACIÓN



LEYENDA

- Zona de dragado
- Zona de estudio
- Estaciones de muestreo

Topografía:

- Isóbatas (0.5 m)
- Isóbatas (1 m)
- Linea de costa (cota 0)

Batimetría:

- Isóbatas (1 m)
- Isóbatas (5 m)



Información Cartográfica

Datum de referencia: UTM ETRS89
Huso geográfico: 31 N

ANEJO N° 2. ESTUDIO DE CLIMA MARÍTIMO

ÍNDICE

1.	ANÁLISIS DEL NIVEL DEL MAR	1
1.1	FUENTES DE DATOS.....	1
1.2	RÉGIMEN DE MAREAS	1
1.3	NIVELES DE MAR DE CÁLCULO	2
2.	ANÁLISIS DEL OLEAJE EN ALTA MAR	3
2.1	FUENTES DE DATOS.....	3
2.1.1	DATOS DE BOYAS.....	3
2.1.2	DATOS NUMÉRICOS PROCEDENTES DE RETROANÁLISIS HISTÓRICO.....	3
2.2	RÉGIMEN MEDIO DE OLEAJE	3
2.2.1	DIRECCIONES	4
2.2.2	ALTURA DE OLA	5
2.2.2.1	Registros de la boya de Llobregat.....	5
2.2.2.2	Registros de la boya Barcelona II.....	6
2.2.2.3	Datos SIMAR-44 (Punto 2068051)	7
2.2.2.4	Datos WANA (Punto 2114138).....	9
2.2.2.5	Comparación entre las diferentes fuentes de datos	10
2.2.3	PERÍODO DE OLEAJE	10
2.2.3.1	Frecuencias de presentación.....	10
2.2.3.2	Funciones de correlación $H_s - T_p$	11
2.2.4	OLEAJE MORFOLÓGICO	13
2.2.5	FLUJO MEDIO DE ENERGÍA	13
2.2.6	OLEAJE ASOCIADO A UNA EXCEDENCIA DE 12 HORAS/AÑO	14
2.2.7	CONCLUSIONES SOBRE EL RÉGIMEN MEDIO	14
2.3	RÉGIMEN EXTREMAL DE OLEAJE.....	15
2.3.1	INTRODUCCIÓN	15

2.3.2	RÉGIMEN EXTREMAL EN LAS BOYAS.....	15
2.3.3	COEFICIENTES DE DIRECCIONALIDAD	16
2.3.4	RÉGIMEN EXTREMAL EN AGUAS PROFUNDAS	16

Índice de figuras

Figura 1.-	Ubicación de los mareógrafos del Puerto de Barcelona (Fuente: Puertos del Estado, PPEE)	1
Figura 2.-	Niveles medios y extremos del mar en Barcelona (Fuente: PPEE)	1
Figura 3.-	Relación ente el cero REDMAR y el cero del GEOIDE -2013- (Fuente: Autoridad Portuaria de Barcelona)	1
Figura 4.-	Distribución de la frecuencia relativa acumulada del nivel del mar respecto el 0 REDMAR (Fuente: PPEE).....	2
Figura 5.-	Función de distribución extremal del nivel del mar -marea total- (Fuente: PPEE)	2
Figura 6.-	Localización de los datos empleados (Fuente: elaboración propia).....	3
Figura 7.-	Direcciones de incidencia del oleaje (Fuente: elaboración propia)	4
Figura 8.-	Comparación de la información direccional de las diferentes fuentes de oleaje (Fuente: elaboración propia)	4
Figura 9.-	Rosas de oleaje: superior izquierda: boya Llobregat (2004-2007); superior derecha: boya Llobregat (2007-2011); central: boya Barcelona II; inferior izquierda: SIMAR 2068051, inferior derecha: WANA 2114138 (Fuente: Generalitat de Catalunya / PPEE).....	5
Figura 10.-	Funciones de distribución medias escalar y direccionales de H_s de la boya de Llobregat (Fuente: CIIRC).....	6
Figura 11.-	Función de distribución media escalar de H_s de la boya Barcelona II (Fuente: PPEE)	6
Figura 12.-	Funciones de distribución media de H_s (direcciones ENE y E, boya Barcelona II) (Fuente: PPEE)	7
Figura 13.-	Funciones de distribución media de H_s (direcciones ESE y SE, boya Barcelona II) (Fuente: PPEE).....	7
Figura 14.-	Funciones de distribución media de H_s (direcciones SSE y S, boya Barcelona II) (Fuente: PPEE)	7
Figura 15.-	Funciones de distribución media de H_s (direcciones SSW y SW, boya Barcelona II) (Fuente: PPEE)	7

Figura 16.-	Régimen medio de oleaje del punto SIMAR 2068051 (Fuente: PPEE).....	8
Figura 17.-	Funciones de distribución media de Hs (direcciones ENE y E, SIMAR 2068051) (Fuente: PPEE).....	8
Figura 18.-	Funciones de distribución media de Hs (direcciones ESE y SE, SIMAR 2068051) (Fuente: PPEE).....	8
Figura 19.-	Funciones de distribución media de Hs (direcciones SSE, S, SSW y SW, SIMAR 2068051) (Fuente: PPEE).....	9
Figura 20.-	Régimen medio de oleaje del punto WANA 2114138 (Fuente: PPEE)	9
Figura 21.-	Funciones de distribución media de Hs (direcciones ENE y E, WANA 2114138) (Fuente: PPEE).....	10
Figura 22.-	Funciones de distribución media de Hs (direcciones ESE y SE, WANA 2114138) (Fuente: PPEE).....	10
Figura 23.-	Funciones de distribución media de Hs (direcciones SSE y S, WANA 2114138) (Fuente: PPEE).....	10
Figura 24.-	Funciones de distribución media de Hs (direcciones SSW y SW, WANA 2114138) (Fuente: PPEE).....	10
Figura 25.-	Funciones de distribución medias escalares de Hs (Fuente: elaboración propia)	11
Figura 26.-	Frecuencias de presentación de Tp. Izquierda: boya Barcelona II; centro: SIMAR 2068051; derecha; WANA 2114138 (Fuente: elaboración propia).....	11
Figura 27.-	Funciones de correlación lineal y exponencial Hs – Tp,10%, Hs – Tp,50% y Hs – Tp,90% de la Boya Barcelona II, punto SIMAR y punto WANA (Fuente: elaboración propia).....	12
Figura 28.-	Funciones de correlación lineal y exponencial Hs – Tp,50% (Fuente: elaboración propia)	12
Figura 29.-	Variación de Hs,morfológica en aguas profundas en función de la dirección (Fuente: elaboración propia).....	13
Figura 30.-	Frecuencias direccionales relativas de presentación del oleaje (Fuente: elaboración propia)	14
Figura 31.-	Variación de Hs12 en aguas profundas en función de la dirección (Fuente: elaboración propia)	14
Figura 32.-	Régimen extremal escalar de Hs de las boyas Llobregat (superior) y Barcelona II (inferior) (Fuente: CIIRC / APB)	15
Figura 33.-	Coeficientes direccionales K_d obtenidos de los registros de la boya Barcelona II y Llobregat(Fuente: elaboración propia)	16

Índice de tablas

Tabla 1.-	Frecuencias de presentación direccionales del oleaje (Fuente: elaboración propia)	4
Tabla 2.-	Parámetros de los ajustes a funciones Weibull (boya Llobregat) (Fuente: CIIRC).....	5
Tabla 3.-	Tabla de encuentros Hs – Dirección (boya Barcelona II) (Fuente: PPEE)	6
Tabla 4.-	Parámetros de los ajustes a funciones Weibull (boya Barcelona II) (Fuente: elaboración propia).....	7
Tabla 5.-	Tabla de encuentros Hs – Dirección (SIMAR 2068051) (Fuente: PPEE).....	8
Tabla 6.-	Parámetros de los ajustes a funciones Weibull (SIMAR 2068051) (Fuente: elaboración propia).....	8
Tabla 7.-	Tabla de encuentros Hs – Dirección (WANA 2114138) (Fuente: PPEE)	9
Tabla 8.-	Parámetros de los ajustes a funciones Weibull (WANA 2114138) (Fuente: elaboración propia).....	10
Tabla 9.-	Tabla de encuentros Hs – Tp . Superior: boya Barcelona II, central: SIMAR 2068051; inferior: WANA 2114138 (Fuente: PPEE).....	11
Tabla 10.-	Características del oleaje morfológico en alta mar (Fuente: elaboración propia)	13
Tabla 11.-	Direcciones del flujo medio de energía del oleaje en aguas profundas.....	13
Tabla 12.-	Características del oleaje en alta mar asociado a una probabilidad de excedencia de 12 h/año (Fuente: elaboración propia).....	14
Tabla 13.-	Alturas de olas de diseño en las boyas (Fuente: Elaboración propia).....	16
Tabla 14.-	Coeficientes direccionales K_d obtenidos de los registros de la boya Barcelona II y Llobregat(Fuente: elaboración propia)	16
Tabla 15.-	Alturas de ola de diseño. Tr = 67,72 años, Estima central (Fuente: elaboración propia)	17

1. ANÁLISIS DEL NIVEL DEL MAR

1.1 FUENTES DE DATOS

La información de mareas empleada en este ha sido obtenida de los siguientes documentos:

- Informe “Extremos máximos de nivel del mar (nivel medio horario). Mareógrafo de Barcelona”, editado por Puertos de Estado (PPEE). Empleó los registros del mareógrafo BARC (ver Figura 1.-) entre 1992 y 2005.
- Informe “Resumen de parámetros relacionados con el nivel del mar y la marea que afectan a las condiciones de diseño y explotación portuaria. Puerto de Barcelona” editado por Puertos del Estado en octubre de 2014. Empleó los registros de los mareógrafos BARC (hasta diciembre de 2007) y BAR2 (desde enero de 2008). La ubicación de dichos mareógrafos se muestra en la Figura 1.- .



Figura 1.- Ubicación de los mareógrafos del Puerto de Barcelona (Fuente: Puertos del Estado, PPEE)

1.2 RÉGIMEN DE MAREAS

A partir de los registros del mareógrafo se ha obtenido la información sobre los niveles medios y extremos mostrada en la Figura 2.- . Estos niveles están referidos al nivel REDMAR. El Cero de Alicante (CA) o Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA), según el Geoide de 2013, se sitúa 0,10 m por encima del cero REDMAR, tal como se muestra en la Figura 3.- , suministrada por la APB.

Por consiguiente los niveles de marea astronómica más representativos en la zona próxima a Barcelona son:

- Máxima Pleamar Astronómica : PMMA = +0,50 m (r/REDMAR) = +0,40 m (r/NMMA)
- Nivel Medio del Mar : NMM = +0,29 m (r/REDMAR) = +0,19 m (r/NMMA)
- Mínima Bajamar Astronómica : BMMI = + 0,07 m (r/REDMAR) = -0,03 m (r/NMMA)

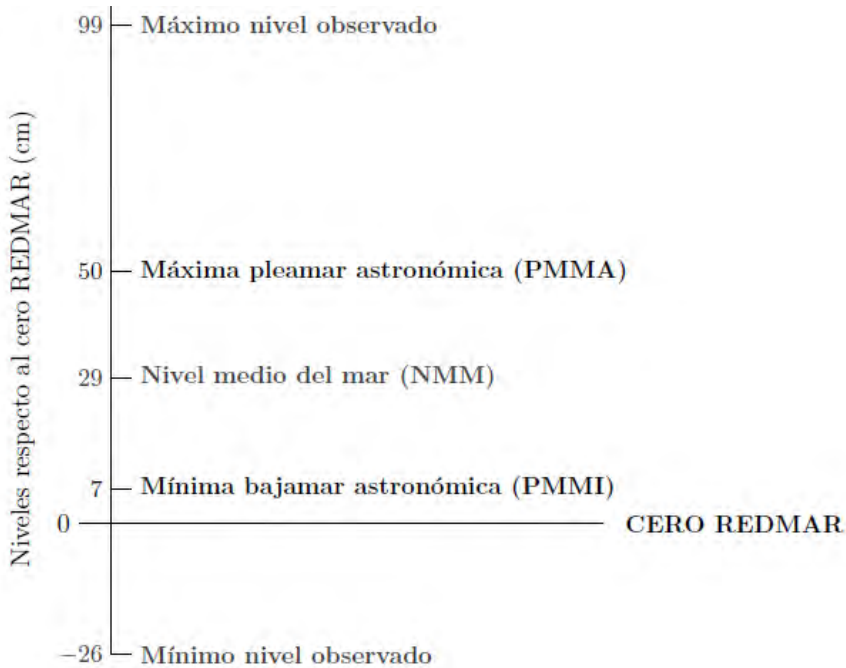


Figura 2.- Niveles medios y extremos del mar en Barcelona (Fuente: PPEE)

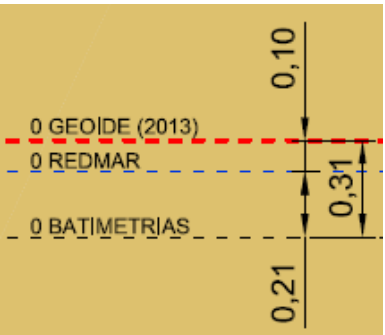


Figura 3.- Relación entre el cero REDMAR y el cero del GEOIDE -2013- (Fuente: Autoridad Portuaria de Barcelona)

Por su parte la Figura 4.- muestra las frecuencias relativas acumuladas de la marea total (nivel horario) que permite determinar los niveles de mar asociados a unas determinadas probabilidades medias de no excedencia. Así, por ejemplo, el nivel del mar asociado a una probabilidad de no excedencia del 99,50 % (o lo que es lo mismo, asociado a una probabilidad de excedencia del 0,50 %) es +0,64 m (REDMAR) = +0,54 m (GEOIDE).

Finalmente la Figura 5.- , obtenida del Informe de extremos de Puertos del Estado, muestra la función de distribución extremal del nivel del mar, siendo el nivel de referencia el REDMAR. Se presenta tanto la Estima Central (EC), es decir, el valor más probable asociado a un determinado período de retorno, como la Banda de Confianza del 90 % (BC90), es decir, el intervalo de valores dentro del cual estaría el valor asociado a un determinado período de retorno con una probabilidad del 90 %.

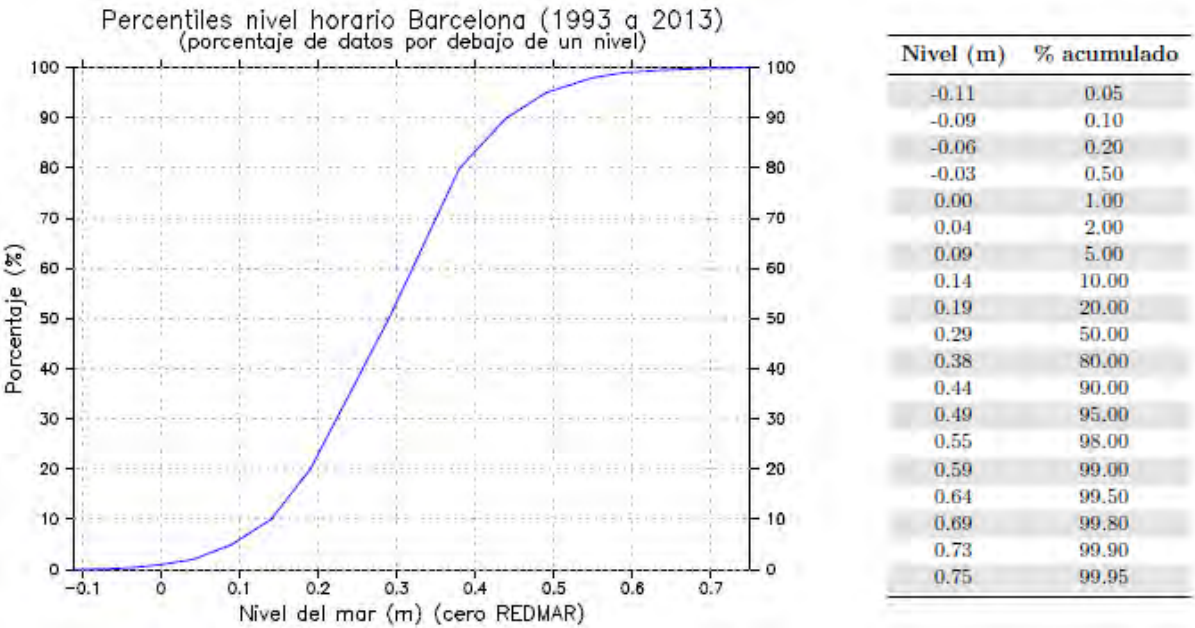


Figura 4.- Distribución de la frecuencia relativa acumulada del nivel del mar respecto el 0 REDMAR (Fuente: PPEE)

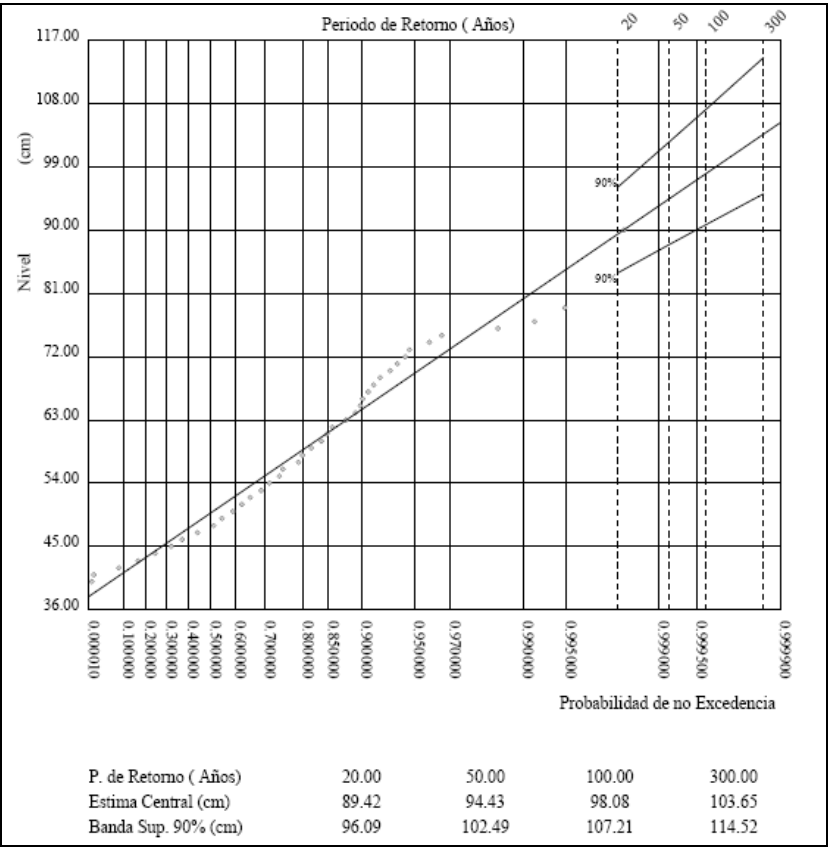


Figura 5.- Función de distribución extrema del nivel del mar a mareja total- (Fuente: PPEE)

De este modo los niveles de mar asociados al período de retorno de diseño, $T_r = 67,7$ años (ver Anejo nº 8) son

- NMAX (EC) = + 0,85 m (r/NMMA)
- NMAX (LSBC90%) = + 0,94 m (r/NMMA)

1.3 NIVELES DE MAR DE CÁLCULO

Generalmente el nivel de mar más desfavorable para el cálculo de obras marítimas es el nivel máximo ya que produce mayores rebases y máximas alturas de olas en el caso que el oleaje rompa por fondo. No obstante para algunas partes de las obras (especialmente las sumergidas) el nivel más desfavorable puede ser el mínimo (especialmente si el oleaje no rompe por fondo, como es el caso), ya que la influencia del oleaje es mayor.

Por todo ello se considerarán los siguientes niveles de mar de cálculo:

- Nivel máximo, NMAX = +0,85 m (r/NMMA)
- Nivel medio, NMM = +0,19 m (r/NMMA)
- Nivel mínimo, NMIN = BMMI = -0,03 m (r/NMMA)

Es cierto que se han registrado niveles por debajo de la BMMI pero estos valores están asociados con sobreelevaciones meteorológicas negativas (descensos del nivel del mar), que son producidas por frentes anticiclónicos, y por tanto incompatibles con las fuertes borrascas que provocan los oleajes de diseño.

2. ANÁLISIS DEL OLAJE EN ALTA MAR

2.1 FUENTES DE DATOS

Los datos de oleaje utilizados para el área de interés proceden de dos fuentes diferentes: datos instrumentales de boyas registradoras de oleaje y datos obtenidos a partir de información meteorológica mediante modelos de generación de oleaje.

La información de oleaje empleada en este estudio ha sido obtenida de los siguientes documentos:

- Informes realizados por Puertos del Estado (PPEE) sobre datos instrumentales y datos obtenidos mediante modelos de generación de oleaje.
- “*Llibre verd de l'estat de la zona costanera a Catalunya*”, realizado por el CIIRC por encargo de la Generalitat de Catalunya.

A continuación se describe brevemente las características de cada una de estas fuentes de datos.

2.1.1 DATOS DE BOYAS

En las proximidades de la zona del proyecto existen dos boyas registradoras de oleaje (ver Figura 6.-).

- La boya Llobregat perteneciente a la red del XIOM (*Xarxa d'Instruments Oceanogràfics i Meteorològics*) de la Generalitat de Catalunya, que posee registros desde mayo de 1984. Esta boya se encuentra fondeada a una longitud 2° 8,48' Este, latitud 41° 16,69' Norte y a una profundidad de 45 m. Inicialmente era escalar, pero a partir de 2004 pasó a ser direccional.
- La boya Barcelona II perteneciente a la red costera de Puertos del Estado, que es direccional y posee registros desde mayo de 2004. Esta boya se encuentra fondeada a una longitud 2,20° Este, latitud 41,32° Norte, y a una profundidad de 68 m.

2.1.2 DATOS NUMÉRICOS PROCEDENTES DE RETROANÁLISIS HISTÓRICO

Dado que la duración de registros direccionales de las boyas es limitado (del orden de 10 años) y que están relativamente alejadas de la zona de estudio, se ha decidido buscar una información adicional, por lo que se emplearán datos procedentes de retro-análisis numérico del oleaje. Son, por tanto, datos simulados por ordenador, que no proceden de medidas directas de la naturaleza pero que en su obtención han sido calibrados con medidas de oleaje reales (boyas, radares...). Las más empleadas actualmente en España son las siguientes:

- Base de datos SIMAR-44, generada por Puertos del Estado en el marco del Proyecto Europeo HIPOCAS, que cubre un amplio periodo temporal: 1958 - 2002 (es decir, 44 años) con un dato cada 3 horas. Para este estudio se ha utilizado información correspondiente al punto SIMAR 2068051, situado a una longitud 2,5° Este y latitud 41,375° Norte, en profundidades indefinidas (ver Figura 6.-).

- Base de datos WANA, generada por Puertos del Estado y que va actualizando los datos de manera continuada desde 1996. Por ello también se empleará el punto WANA 2114138, situado a una longitud 2,5° Este y latitud 41,5° Norte, muy próximo al punto SIMAR seleccionado.

La ubicación de estos puntos se presenta también en la Figura 6.-.



Figura 6.- Localización de los datos empleados (Fuente: elaboración propia)

2.2 RÉGIMEN MEDIO DE OLAJE

Se puede definir como régimen medio de una serie temporal al conjunto de estados de oleaje que más probablemente se puede encontrar. Habitualmente se describe mediante una distribución teórica de los datos. La distribución elegida para realizar esta descripción es la de Weibull (si bien en algún caso se emplea la de Fréchet). Las condiciones de oleaje características de la zona de estudio son resultado del régimen de oleaje en profundidades indefinidas y la propagación del mismo hasta dicha zona.

Por lo que respecta a la dirección del oleaje, hay que tener en cuenta que no todas las direcciones de la rosa pueden incidir en la zona de estudio. El abanico de direcciones viene limitado por la configuración geométrica de la costa, tal como puede apreciarse en la Figura 7.-. En este caso el delta del Tordera limita los oleaje en el extremo septentrional y el Puerto de Barcelona en el extremo meridional. En consecuencia los únicos oleajes susceptibles de incidir en la zona son los procedentes de las direcciones ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW y SW. Si bien podría parecer que el Puerto de Barcelona limita los oleajes de componente sur a la orientación 217,1° N, debe tenerse en cuenta que por efecto de la refracción todos los oleajes del sector SW incidirán en la zona de estudio tras refractarse en su propagación hacia la costa.



Figura 7.- Direcciones de incidencia del oleaje (Fuente: elaboración propia)

2.2.1 DIRECCIONES

La Tabla 1.- y la Figura 8.- muestran las frecuencias de cada sector direccional del oleaje para las diferentes fuentes de datos, así como el intervalo temporal de los registros empleados en los cálculos. Cabe comentar que los datos direccionales de la boya Llobregat han sido extraídos de dos informes: i) el “*Llibre verd de l'estat de la zona costanera a Catalunya*” que cubre el período 2004-07 y ii) uno realizado por el IH Cantabria por encargo de la APB y que cubre el período 2007-11. Por ello se han considerado ambos períodos por separado así como uno total (2004-11) como promedio de los anteriores, si bien el año 2007 estará considerado por duplicado ya que está incluido en ambos intervalos y no se dispone de los registros para poder hacer el procesado común.

Tabla 1.- Frecuencias de presentación direccionales del oleaje (Fuente: elaboración propia)

Dirección	Boya Llobregat (2004-07)	Boya Llobregat (2007-11)	Boya Llobregat (2004-11)	Boya Barcelona II	SIMAR 2068051	WANA 2114138
ENE	11,42%	6,97%	9,19%	7,315%	9,606%	12,299%
E	15,49%	22,85%	19,17%	18,742%	7,125%	9,884%
ESE	12,12%	13,94%	13,03%	15,717%	6,910%	8,785%
SE	9,91%	13,64%	11,78%	13,654%	6,892%	7,689%
SSE	6,65%	7,52%	7,09%	9,770%	4,210%	5,755%
S	9,41%	10,07%	9,74%	12,652%	6,161%	7,991%
SSW	20,35%	15,37%	17,86%	12,630%	18,173%	15,578%
SW	9,41%	8,22%	8,81%	1,042%	7,489%	5,841%

Puede apreciarse que

- Las rosas para ambas boyas son similares, lo cual parece lógico teniendo en cuenta su proximidad (ver Figura 6.-), siendo el sector E el reinante (el de mayor frecuencia), seguido del SSW.

- La rosa de los puntos SIMAR y WANA presentan gran similitud pese a que su intervalo temporal es muy diferente. La principal diferencia es que en el punto SIMAR el sector reinante (de mayor frecuencia) es el NE mientras que en el punto WANA es el ENE. Esto es debido a la posición del punto SIMAR, más al sur, que permite la incidencia de los oleajes de NE sin que el delta del Tordera los limite (ver Figura 7.- , en la que también aparecen los puntos de obtención de datos de oleaje).

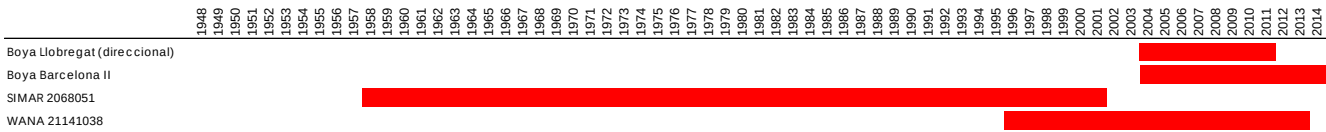
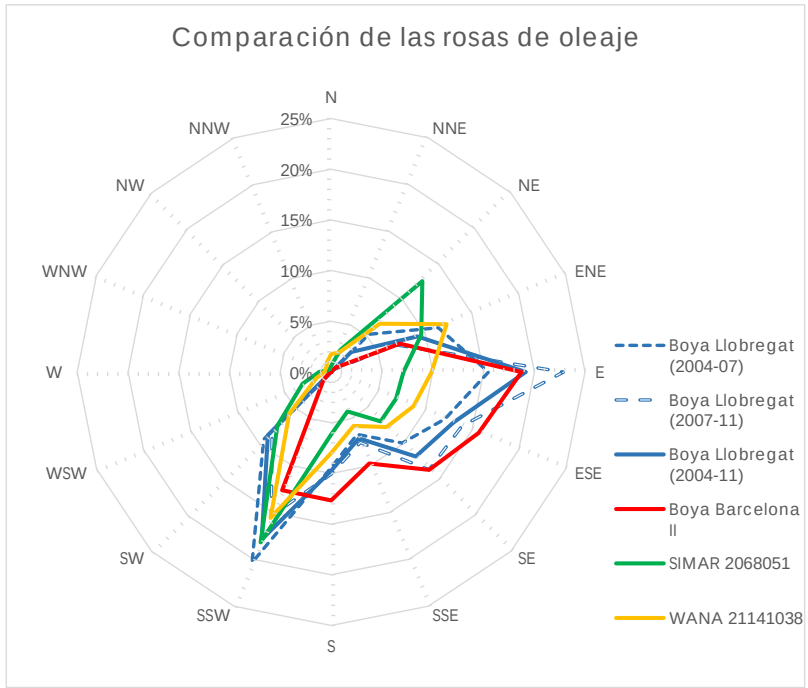


Figura 8.- Comparación de la información direccional de las diferentes fuentes de oleaje (Fuente: elaboración propia)

- Si se comparan las rosas de las boyas con las de los puntos SIMAR y WANA se observa que la principal diferencia radica en que el sector reinante en ambas boyas pasa a ser el E. Mientras que los puntos SIMAR y WANA se han obtenido en aguas profundas, las boyas se ubican en aguas intermedias, de manera que el oleaje registrado por éstas se ha refractado en su propagación hacia la costa que en este caso consiste en un giro horario (pasando de ENE a E). Así si se calcula la frecuencia conjunta de los sectores ENE + E los valores son de 29,82% y 26,06% en las boyas y 22,18% en el punto WANA, es decir, muy similares. Algo similar sucede con la dirección SSW y S: en los puntos SIMAR y WANA y la boya Llobregat el % asociado al SSW es bastante superior al de la boya Barcelona II, ya que la refracción hace que el oleaje gire del SSW al S. La frecuencia conjunta de los sectores S+SSW es del 25,44 % en la boya Llobregat, del 25,28 % en la boya Barcelona II, 23,57 % en el punto WANA y 24,33% en el punto SIMAR, es decir, valores muy similares).

En la Figura 9.- se muestran las rosas de oleaje completas de las 4 fuentes de datos.

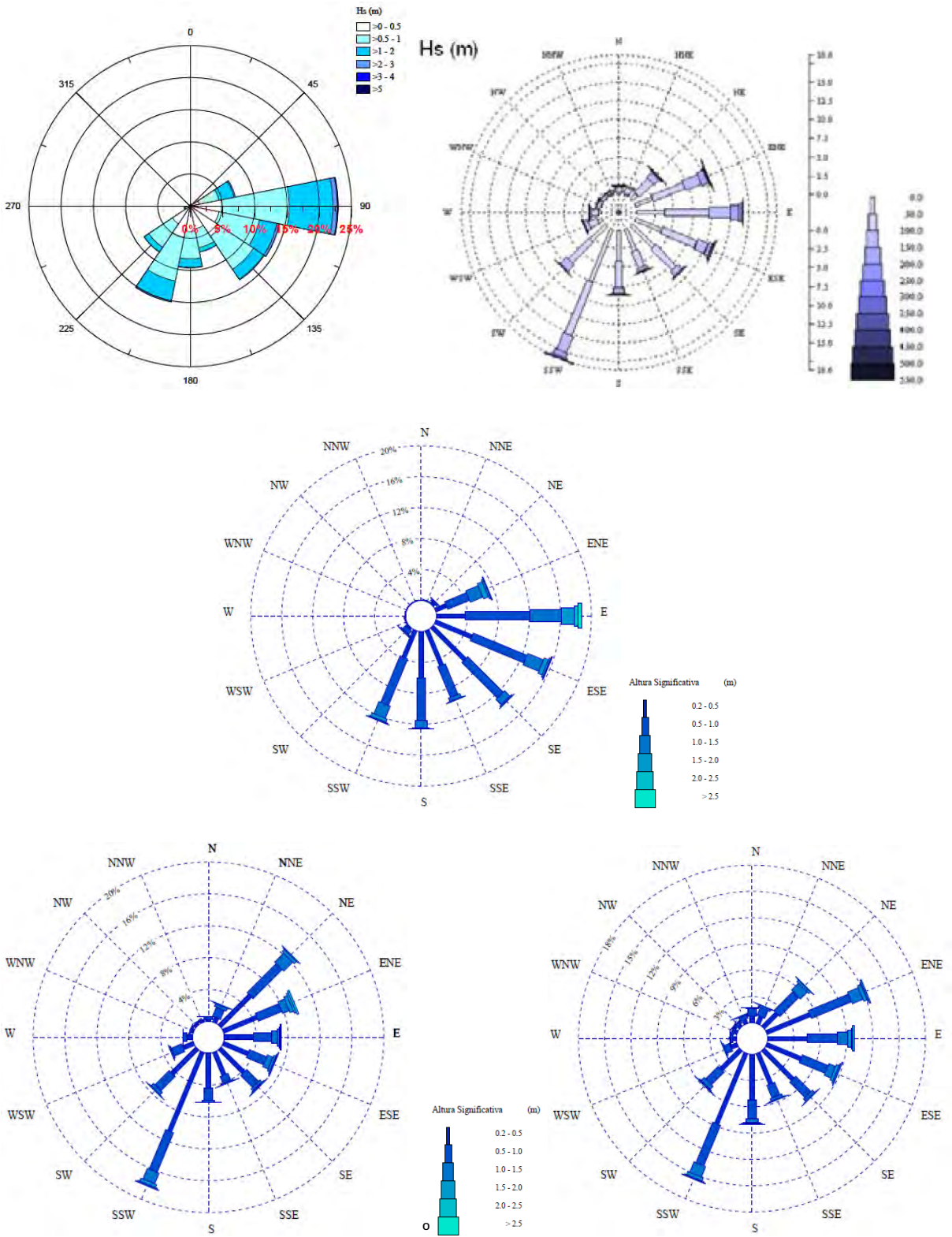


Figura 9.- Rosas de oleaje: superior izquierda: boya Llobregat (2004-2007); superior derecha: boya Llobregat (2007-2011); central: boya Barcelona II; inferior izquierda: SIMAR 2068051, inferior derecha: WANA 2114138 (Fuente: Generalitat de Catalunya / PPEE)

Se concluye, por tanto, que los datos SIMAR y WANA son bastante coherentes con los registros de las boyas, y al tener mayor duración de datos (especialmente los datos SIMAR) resultan aptos para su empleo.

2.2.2 ALTURA DE OLA

Pese a lo comentado anteriormente se van a analizar los datos de las cinco fuentes consideradas.

2.2.2.1 Registros de la boya de Llobregat

En general, los regímenes medios anuales de la altura de ola significativa pueden ser ajustados a unas distribuciones triparamétricas de Weibull cuya expresión es:

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

Régimen escalar

En cuanto a los datos de esta boya se cuenta con la información del “*Llibre Verd*”. Los parámetros obtenidos en su ajuste han sido A = 0,793, B = 0 y C = 1,335. La Figura 10.- muestra la gráfica de la distribución de Weibull.

Regímenes direccionales

La información para obtener los regímenes medios direccionales ha sido obtenida también del “*Llibre Verd*”.

En la Tabla 2.- se exponen los parámetros de las distribuciones Weibull de los mejores ajustes (en los que B = 0).

Tabla 2.- Parámetros de los ajustes a funciones Weibull (boya Llobregat) (Fuente: CIIRC)

	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
A	1.015896	1.039053	0.989785	0.831560	0.831560	0.583173	0.624609	0.735438
C	1.829435	1.482352	1.580309	1.509081	1.509081	1.325323	1.274620	1.267723
R ²	0.986225	0.985119	0.998290	0.996462	0.998729	0.997964	0.992016	0.998051

La Figura 10.- muestra la gráfica de estas distribuciones Weibull.

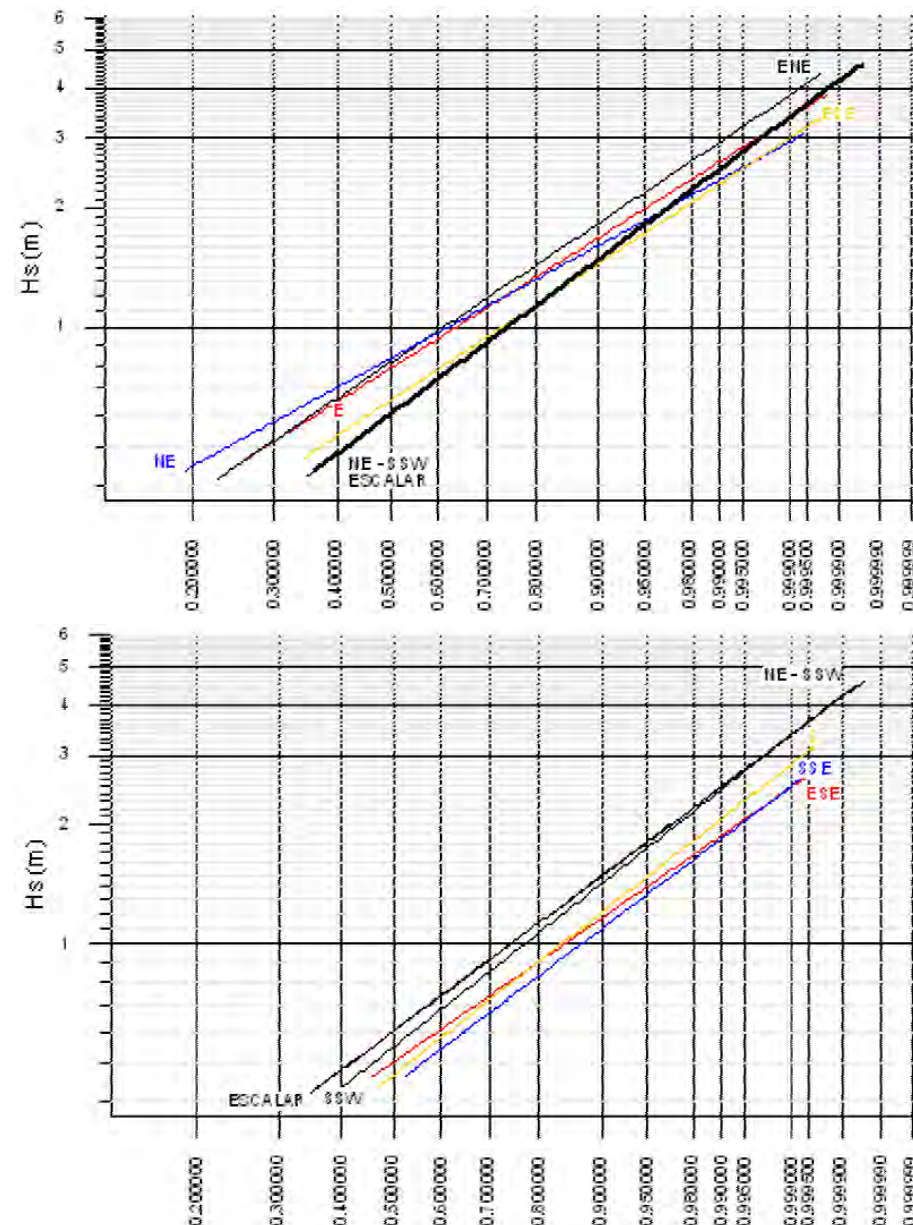


Figura 10.- Funciones de distribución medias escalar y direccionales de H_s de la boya de Llobregat (Fuente: CIIRC)

2.2.2.2 Registros de la boya Barcelona II

Régimen escalar

En cuanto a los datos de esta boya se cuenta con la información facilitada por Puertos del Estado. Los resultados proporcionados para dicha boya son los que figuran a continuación. Ya se ha comentado que el régimen medio escalar anual de altura de ola significante puede ser ajustado a una función de distribución Weibull. Los parámetros obtenidos en el ajuste son $A = 0,59$, $B = 0,09$ y $C = 1,12$. La Figura 16.- muestra la gráfica de la distribución de Weibull.

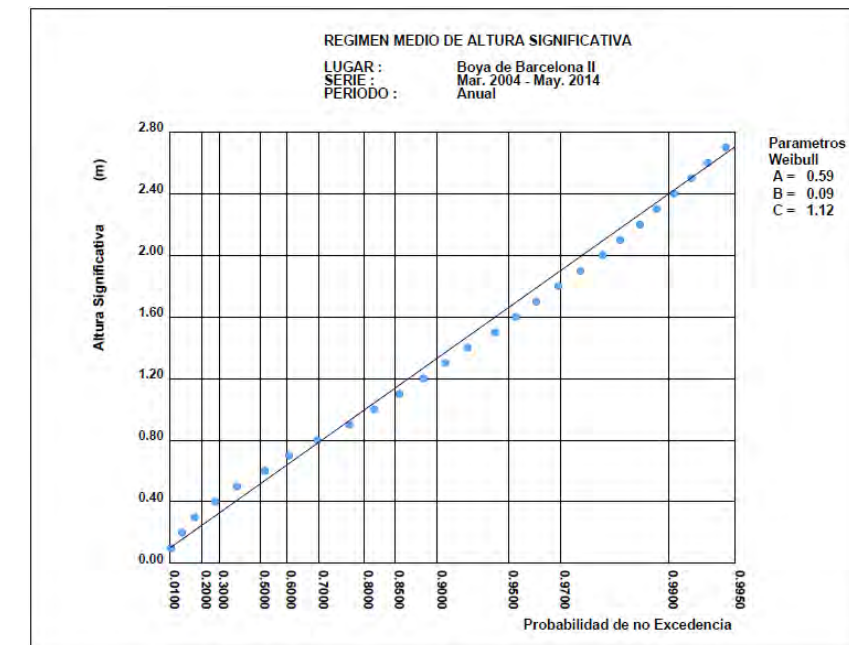


Figura 11.- Función de distribución media escalar de H_s de la boya Barcelona II (Fuente: PPEE)

Regímenes direccionales

La información para obtener los regímenes medios direccionales ha sido obtenida por Puertos del Estado. La relación entre frecuencias, altura de ola y direcciones se muestra en la Tabla 3.-.

Tabla 3.- Tabla de encuentros H_s – Dirección (boya Barcelona II) (Fuente: PPEE)

Dirección	H_s (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	7.556												7.556
N 0.0		.022	-	.004	-	-	-	-	-	-	-	-	.027
NNE 22.5		.067	.004	.004	-	-	-	-	-	-	-	-	.076
NE 45.0		.325	.227	.045	-	-	-	-	-	-	-	-	.597
ENE 67.5		1.532	3.034	1.746	.691	.200	.089	.022	-	-	-	-	7.315
E 90.0		3.729	8.357	4.094	1.577	.490	.209	.178	.080	.022	.004	-	18.742
ESE 112.5		5.083	7.515	2.192	.593	.209	.098	.027	-	-	-	-	15.717
SE 135.0		5.996	6.482	.993	.156	.027	-	-	-	-	-	-	13.654
SSE 157.5		4.914	4.286	.481	.049	.040	-	-	-	-	-	-	9.770
S 180.0		6.019	5.542	.918	.165	.004	.004	-	-	-	-	-	12.652
SSW 202.5		3.805	6.504	1.715	.432	.134	.031	.009	-	-	-	-	12.630
SW 225.0		.258	.584	.160	.031	.009	-	-	-	-	-	-	1.042
WSW 247.5		.053	.067	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	.129
W 270.0		.022	.027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.049
WNW 292.5		.004	.013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.018
NW 315.0		.018	.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.022
NNW 337.5		-	.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.004
Total	7.556	31.848	42.652	12.362	3.693	1.114	.432	.236	.080	.022	.004	-	100 %

En la Tabla 4.- se exponen los parámetros de las distribuciones Weibull de los mejores ajustes.

Tabla 4.- Parámetros de los ajustes a funciones Weibull (boya Barcelona II) (Fuente: elaboración propia)

Direcciones	Parámetros de la distribución Weibull		
	A	B	C
ENE	0,85	0,18	1,48
E	0,80	0,20	1,21
ESE	0,64	0,15	1,29
SE	0,38	0,23	1,22
SSE	0,29	0,24	1,04
S	0,50	0,14	1,51
SSW	0,60	0,18	1,38
SW	0,59	0,21	1,57

A continuación se presentan las gráficas correspondientes a dichos ajustes (Figura 12.- a Figura 15.-).

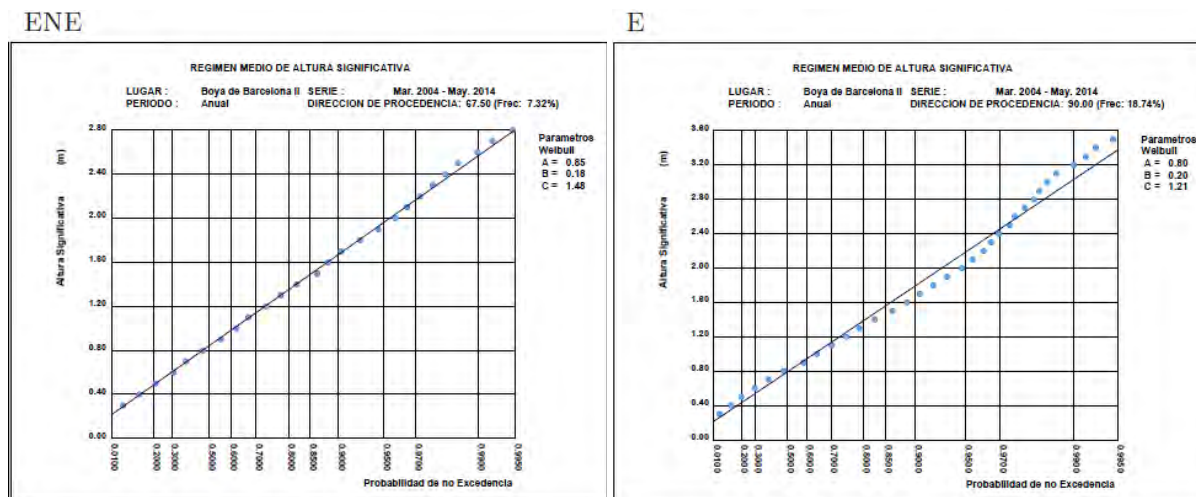


Figura 12.- Funciones de distribución media de H_s (direcciones ENE y E, boya Barcelona II) (Fuente: PPEE)

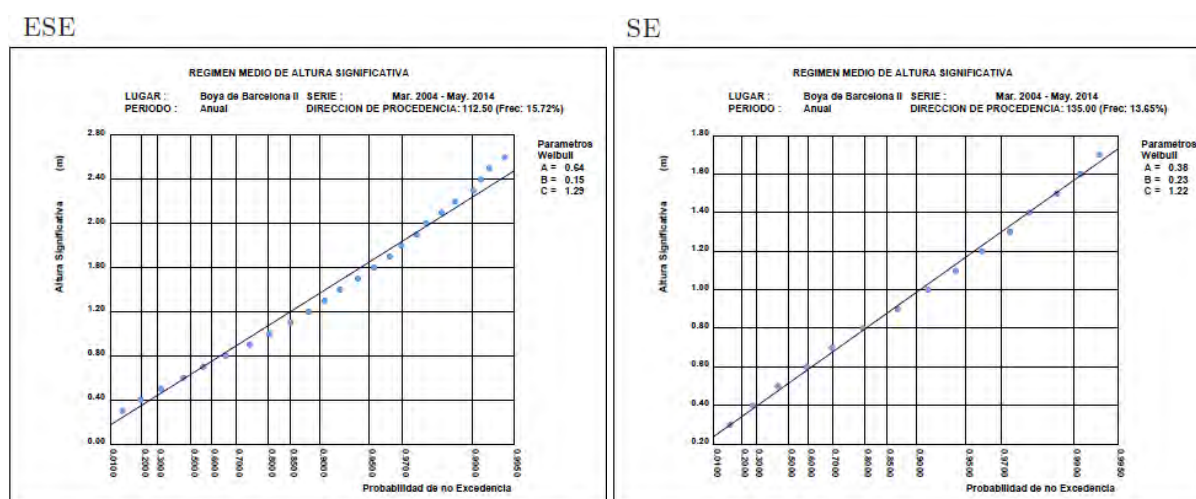


Figura 13.- Funciones de distribución media de H_s (direcciones ESE y SE, boya Barcelona II) (Fuente: PPEE)

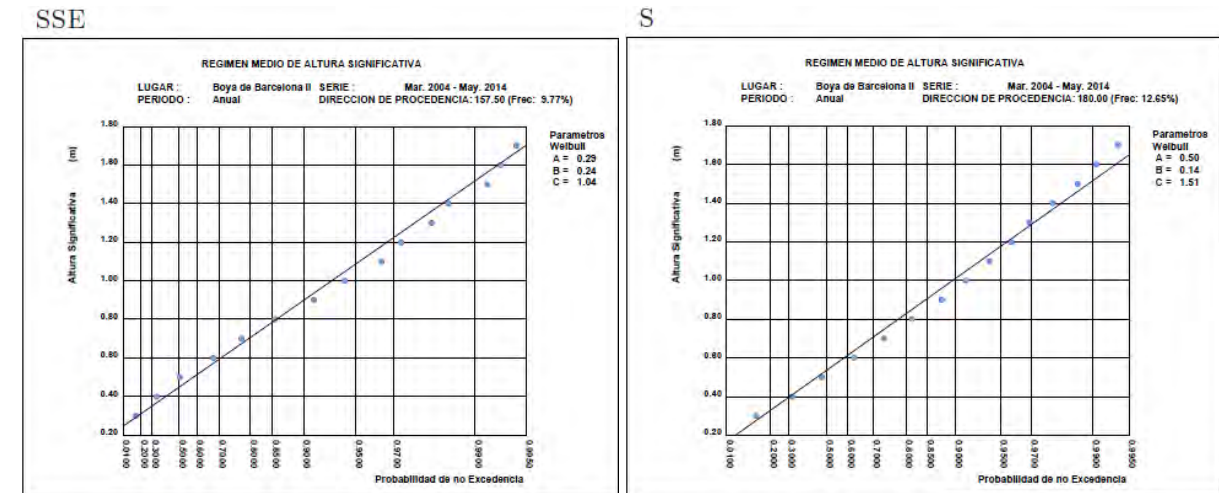


Figura 14.- Funciones de distribución media de H_s (direcciones SSE y S, boya Barcelona II) (Fuente: PPEE)

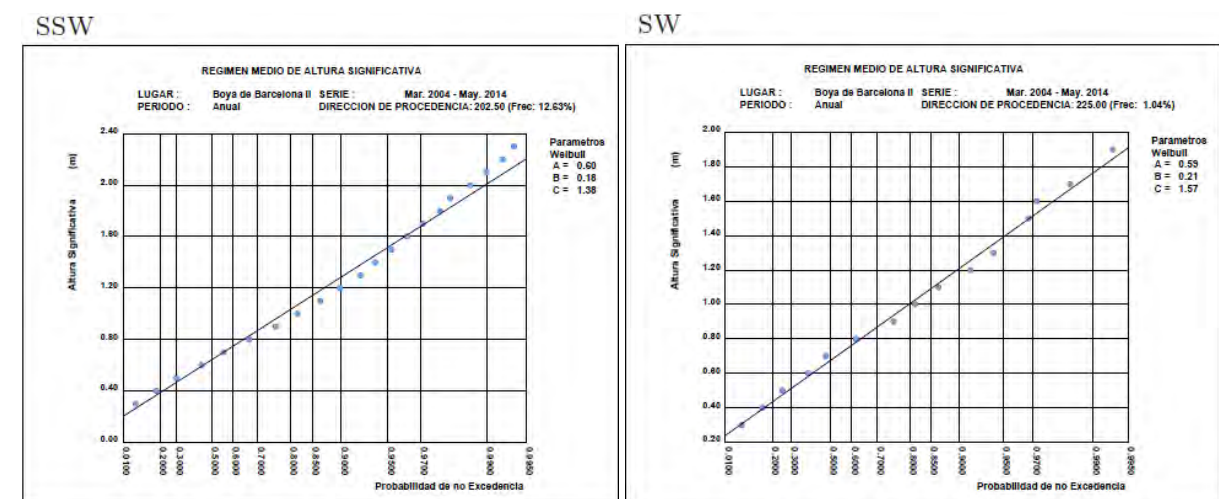


Figura 15.- Funciones de distribución media de H_s (direcciones SSW y SW, boya Barcelona II) (Fuente: PPEE)

2.2.2.3 Datos SIMAR-44 (Punto 2068051)

Régimen escalar

En cuanto a los datos SIMAR se cuenta con la información facilitada por Puertos del Estado. Los parámetros obtenidos en el ajuste de la distribución triparamétrica de Weibull son $A = 0,16$, $B = 0,33$ y $C = 0,64$. La Figura 16.- muestra la gráfica de la distribución de Weibull.

Regímenes direccionales

La información para obtener los regímenes medios direccionales ha sido facilitada por Puertos del Estado. La relación entre frecuencias, altura de ola y direcciones se muestra en la Tabla 5.-.

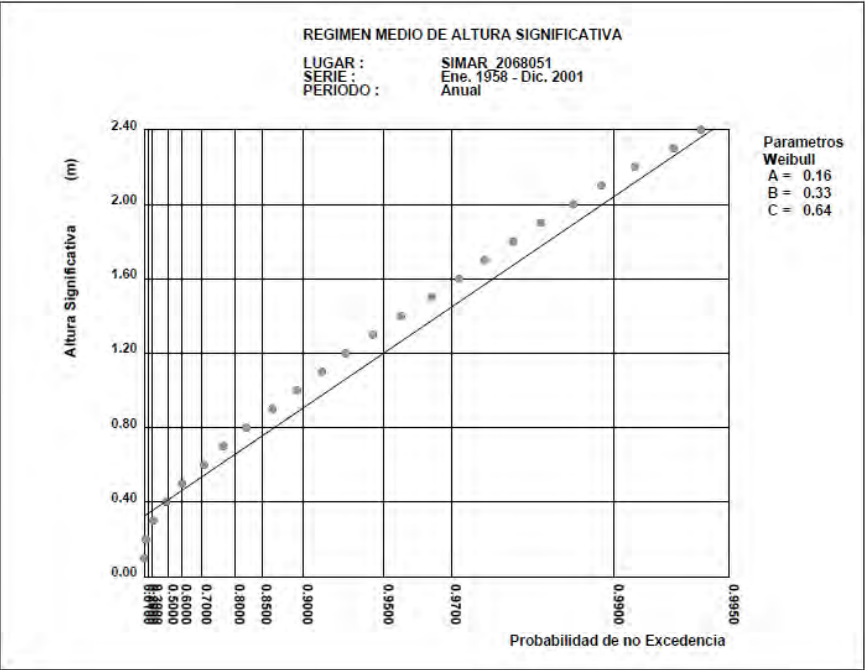


Figura 16.- Régimen medio de oleaje del punto SIMAR 2068051 (Fuente: PPEE)

Tabla 5.- Tabla de encuentros Hs – Dirección (SIMAR 2068051) (Fuente: PPEE)

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	12.446												12.446
N 0.0		.261	.300	.043	.008	-	-	-	-	-	-	-	.612
NNE 22.5		.645	1.250	.365	.079	.012	.002	-	-	-	-	-	2.353
NE 45.0		5.396	5.172	1.604	.383	.105	.016	.003	-	-	-	-	12.681
ENE 67.5		4.575	3.175	.914	.461	.257	.101	.058	.027	.016	.005	.017	9.606
E 90.0		3.701	2.276	.635	.292	.151	.053	.012	.002	-	.002	-	7.125
ESE 112.5		3.360	2.323	.780	.265	.104	.063	.011	.004	-	-	-	6.910
SE 135.0		4.244	2.120	.371	.126	.022	.005	-	.002	-	-	-	6.892
SSE 157.5		3.116	.934	.131	.021	.005	.002	-	-	-	-	-	4.210
S 180.0		4.318	1.576	.210	.033	.019	.005	-	-	-	-	-	6.161
SSW 202.5		10.762	5.391	1.429	.394	.142	.040	.009	.002	.003	-	-	18.173
SW 225.0		4.429	2.564	.409	.072	.012	.003	-	-	-	-	-	7.489
WSW 247.5		1.446	1.403	.171	.022	-	-	-	-	-	-	-	3.041
W 270.0		.752	.406	.028	-	-	-	-	-	-	-	-	1.187
WNW 292.5		.269	.170	.011	-	-	-	-	-	-	-	-	.450
NW 315.0		.182	.145	.004	.002	-	-	-	-	-	-	-	.332
NNW 337.5		.176	.146	.009	-	-	-	-	-	-	-	-	.332
Total	12.446	47.632	29.352	7.114	2.160	.829	.290	.095	.037	.021	.007	.018	100 %

En la Tabla 6.- se exponen los parámetros de las distribuciones Weibull de los mejores ajustes.

Tabla 6.- Parámetros de los ajustes a funciones Weibull (SIMAR 2068051) (Fuente: elaboración propia)

Direcciones	Parámetros de la distribución Weibull		
	A	B	C
ENE	0,44	0,19	0,78
E	0,60	0,08	1,13
ESE	0,79	-0,05	1,37
SE	0,29	0,21	0,93
SSE	0,21	0,20	0,87
S	0,32	0,11	1,01
SSW	0,40	0,15	1,00
SW	0,37	0,16	1,16

A continuación se presentan las gráficas correspondientes a dichos ajustes (Figura 17.- a Figura 19.-).

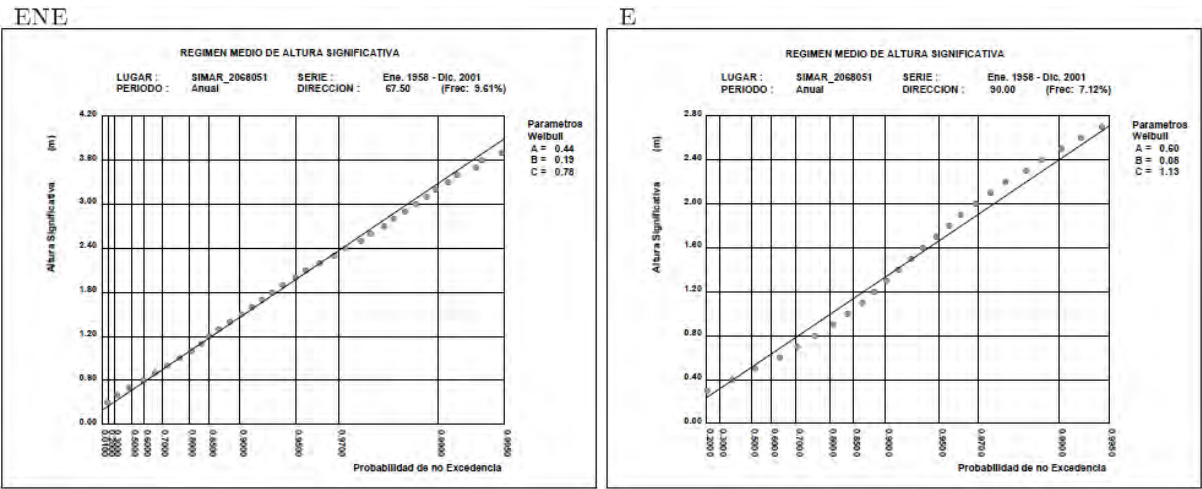


Figura 17.- Funciones de distribución media de Hs (direcciones ENE y E, SIMAR 2068051) (Fuente: PPEE)

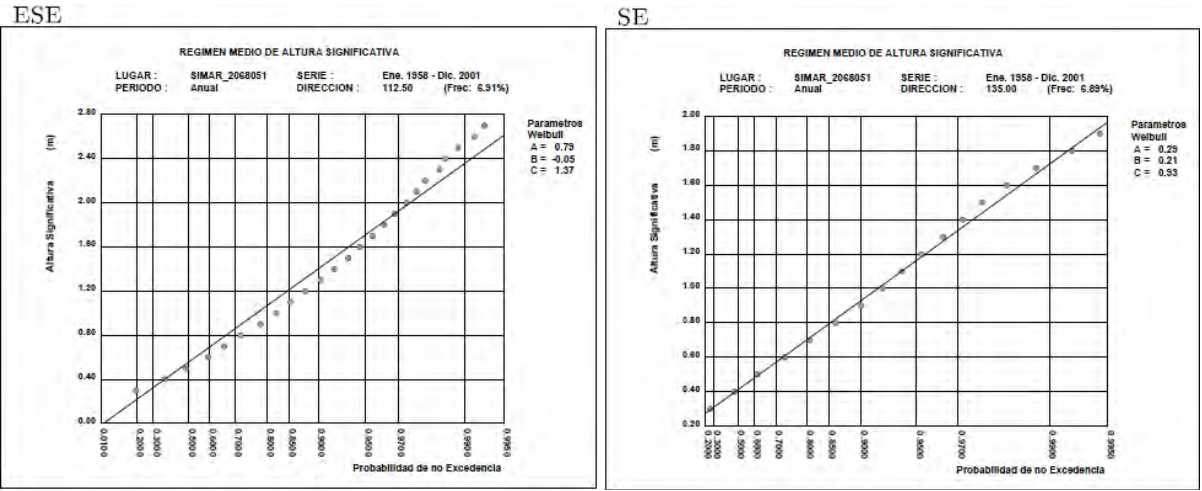


Figura 18.- Funciones de distribución media de Hs (direcciones ESE y SE, SIMAR 2068051) (Fuente: PPEE)

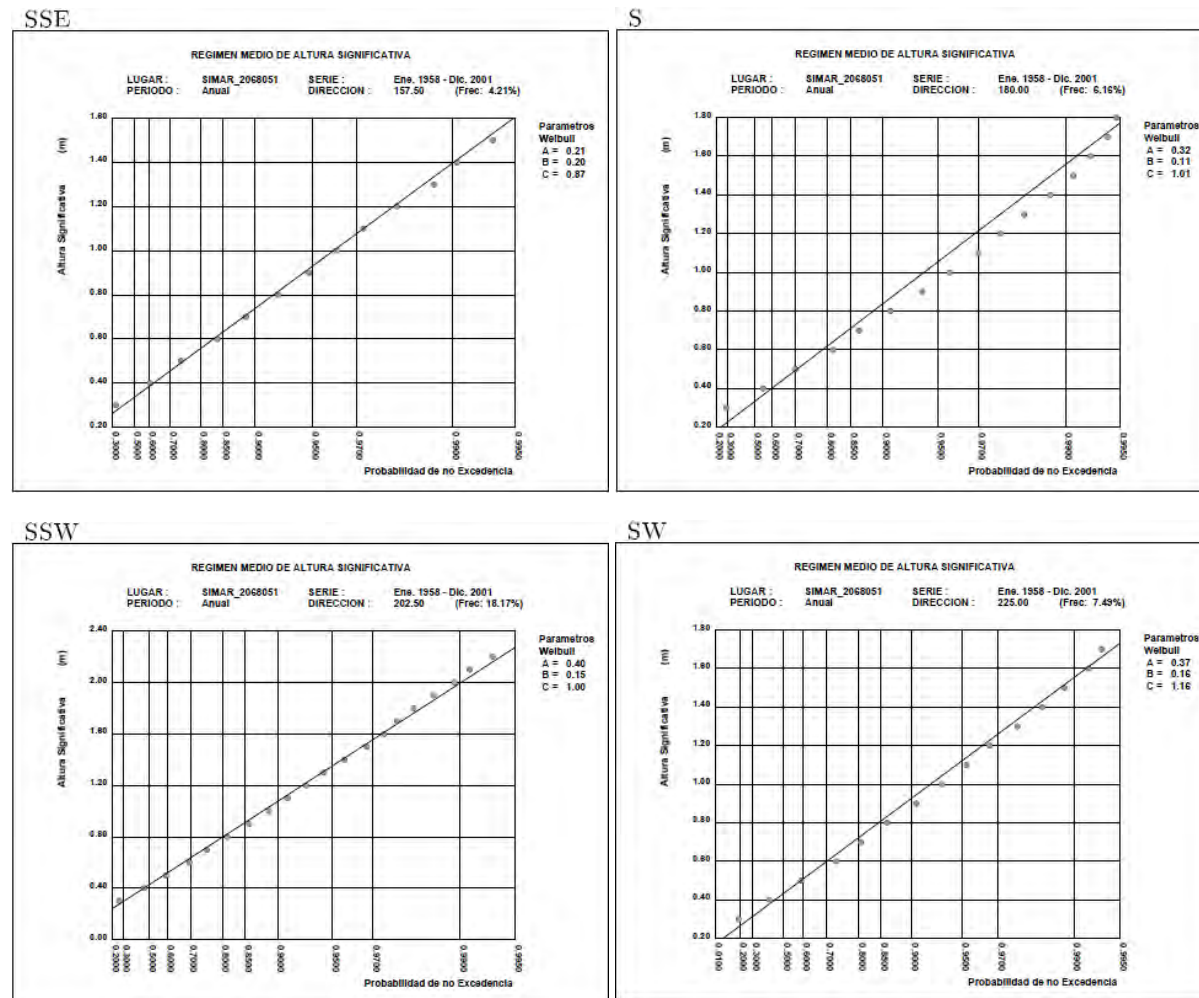


Figura 19.- Funciones de distribución media de H_s (direcciones SSE, S, SSW y SW, SIMAR 2068051) (Fuente: PPEE)

2.2.2.4 Datos WANA (Punto 2114138)

Régimen escalar

En cuanto a los datos WANA se cuenta también con la información facilitada por Puertos del Estado. Los parámetros obtenidos en el ajuste de la distribución triparamétrica de Weibull son $A = 0,29$, $B = 0,21$ y $C = 0,81$. La Figura 20.- muestra la gráfica de la distribución de Weibull.

Regímenes direccionales

La información para obtener los regímenes medios direccionales ha sido facilitada por Puertos del Estado. La relación entre frecuencias, altura de ola y direcciones se muestra en la Tabla 7.- .

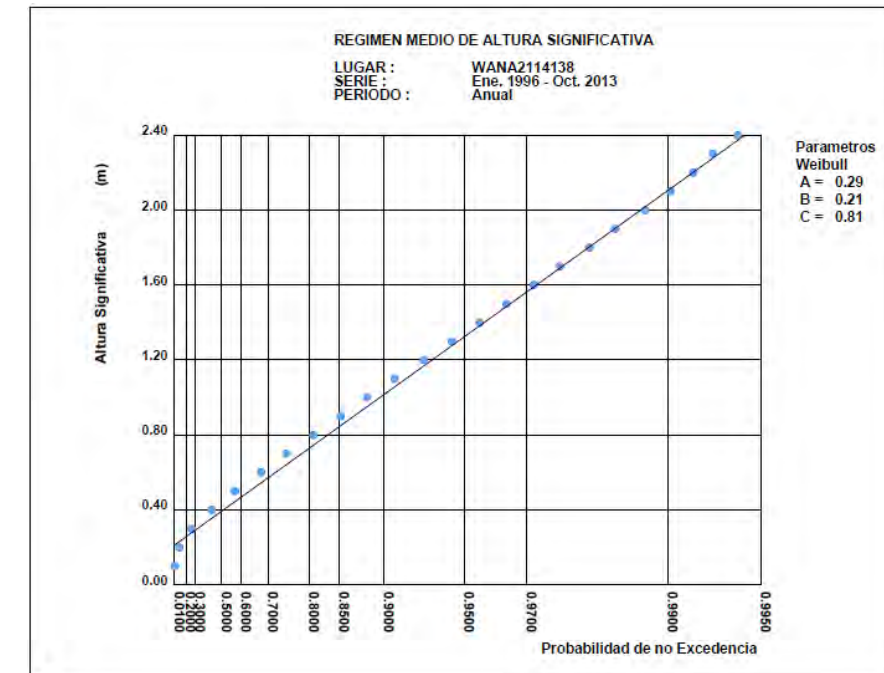


Figura 20.- Régimen medio de oleaje del punto WANA 2114138 (Fuente: PPEE)

Tabla 7.- Tabla de encuentros H_s – Dirección (WANA 2114138) (Fuente: PPEE)

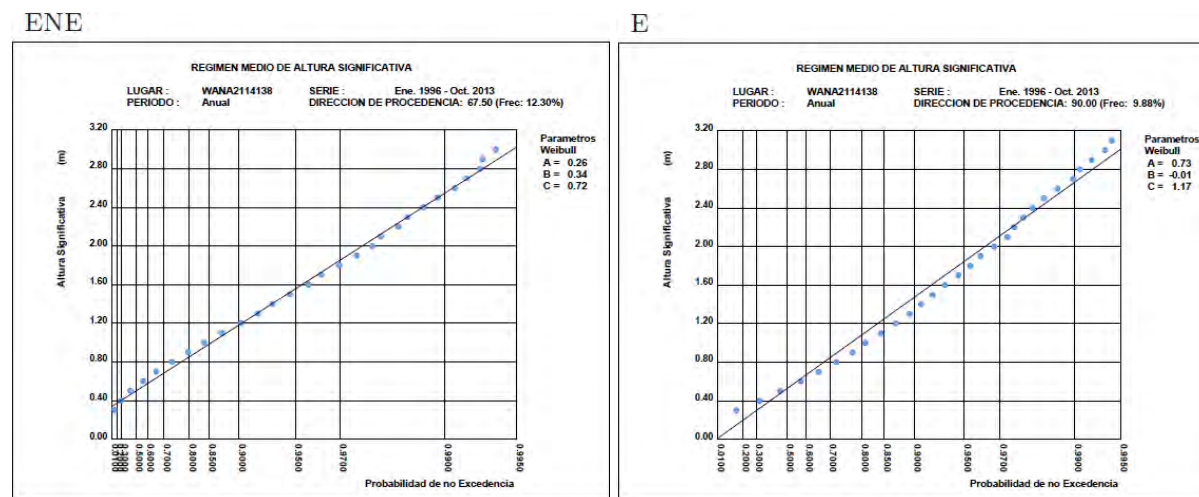
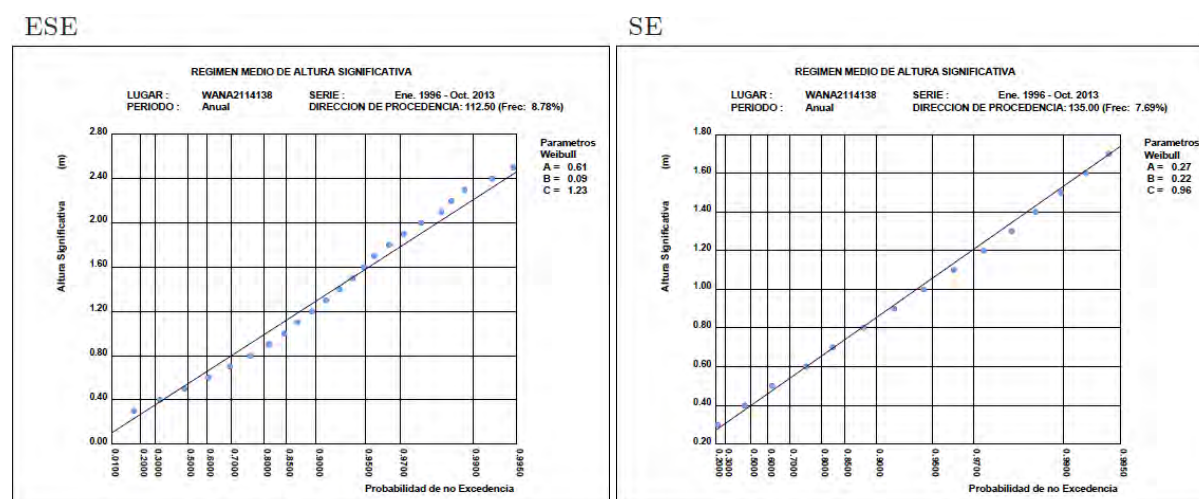
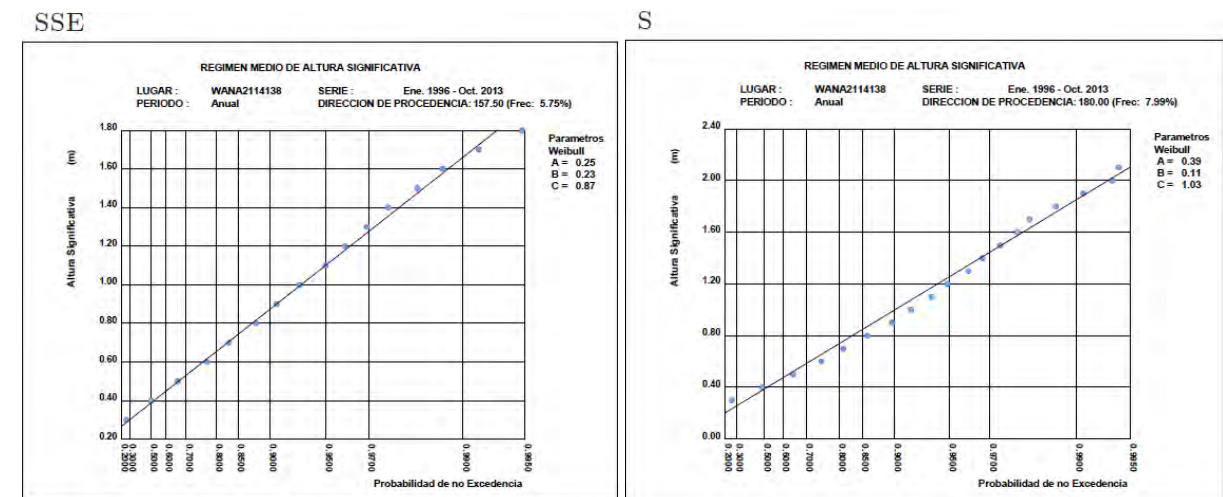
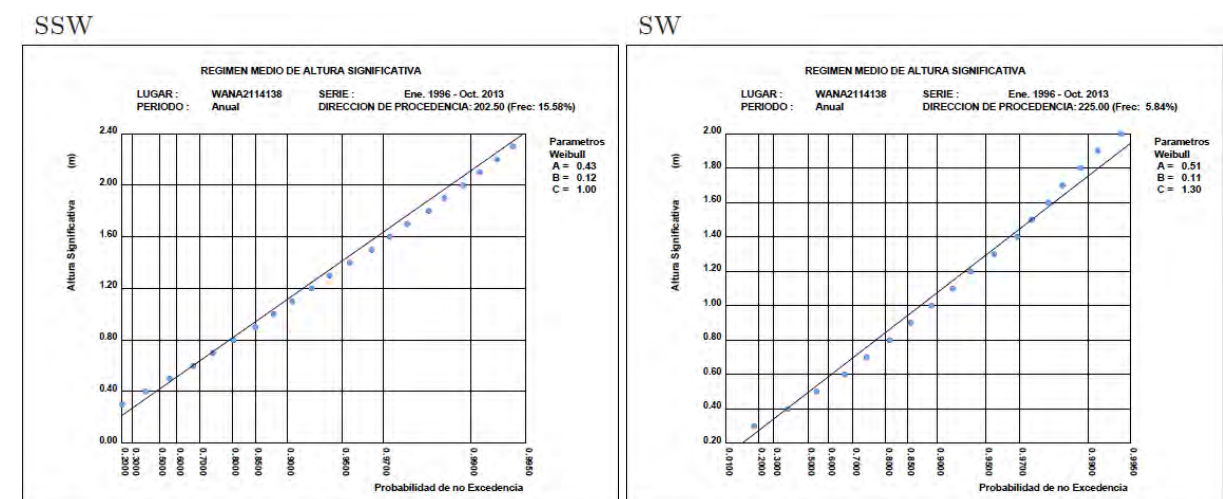
Dirección		Hs (m)											Total	
		≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		> 5.0
CALMAS		10.964											10.964	
N	0.0		.720	.878	.144	.012	.002	-	-	-	-	-	-	1.756
NNE	22.5		.886	.952	.232	.033	-	.002	.004	-	-	-	-	2.109
NE	45.0		2.214	3.090	1.114	.258	.037	.027	.004	.002	-	-	-	6.746
ENE	67.5		5.355	4.963	1.323	.396	.127	.057	.047	.014	.004	.002	.010	12.299
E	90.0		4.557	3.434	1.120	.447	.166	.094	.031	.027	.006	.002	-	9.884
ESE	112.5		4.237	3.196	.819	.336	.148	.041	.008	-	-	-	-	8.785
SE	135.0		4.776	2.482	.349	.055	.025	.002	-	-	-	-	-	7.689
SSE	157.5		3.806	1.549	.300	.074	.016	.010	-	-	-	-	-	5.755
S	180.0		5.168	2.169	.441	.160	.029	.023	.002	-	-	-	-	7.991
SSW	202.5		8.729	4.996	1.311	.367	.109	.035	.016	.012	.002	-	-	15.578
SW	225.0		3.174	2.031	.488	.111	.033	.004	-	-	-	-	-	5.841
WSW	247.5		.786	.648	.146	.021	.002	-	-	-	-	-	-	1.602
W	270.0		.357	.226	.072	.021	-	-	-	-	-	-	-	.675
WNW	292.5		.316	.222	.080	.006	.002	-	-	-	-	-	-	.626
NW	315.0		.289	.265	.072	.031	-	-	-	-	-	-	-	.657
NNW	337.5		.531	.408	.080	.021	.002	.002	-	-	-	-	-	1.044
Total		10.964	45.900	31.508	8.089	2.349	.698	.297	.113	.055	.012	.004	.010	100 %

En la Tabla 8.- se exponen los parámetros de las distribuciones Weibull de los mejores ajustes.

Tabla 8.- Parámetros de los ajustes a funciones Weibull (WANA 2114138) (Fuente: elaboración propia)

Direcciones	Parámetros de la distribución Weibull		
	A	B	C
ENE	0,26	0,34	0,72
E	0,73	-0,01	1,17
ESE	0,61	0,09	1,23
SE	0,27	0,22	0,96
SSE	0,25	0,23	0,87
S	0,39	0,11	1,03
SSW	0,43	0,12	1,00
SW	0,51	0,11	1,30

A continuación se presentan las gráficas correspondientes a dichos ajustes (Figura 21.- a Figura 24.-).

Figura 21.- Funciones de distribución media de H_s (direcciones ENE y E, WANA 2114138) (Fuente: PPEE)Figura 22.- Funciones de distribución media de H_s (direcciones ESE y SE, WANA 2114138) (Fuente: PPEE)Figura 23.- Funciones de distribución media de H_s (direcciones SSE y S, WANA 2114138) (Fuente: PPEE)Figura 24.- Funciones de distribución media de H_s (direcciones SSW y SW, WANA 2114138) (Fuente: PPEE)

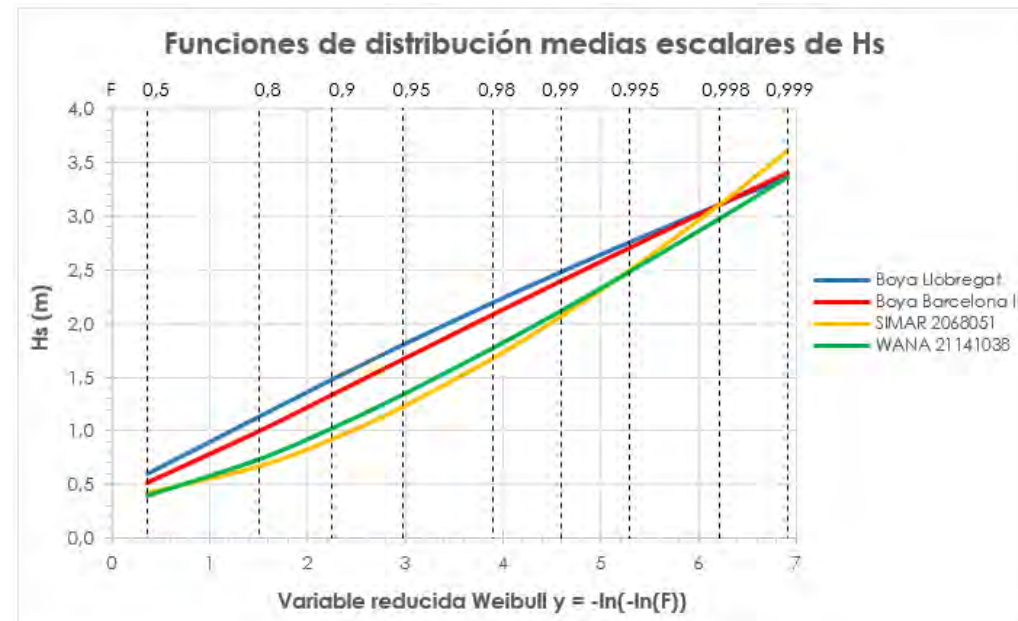
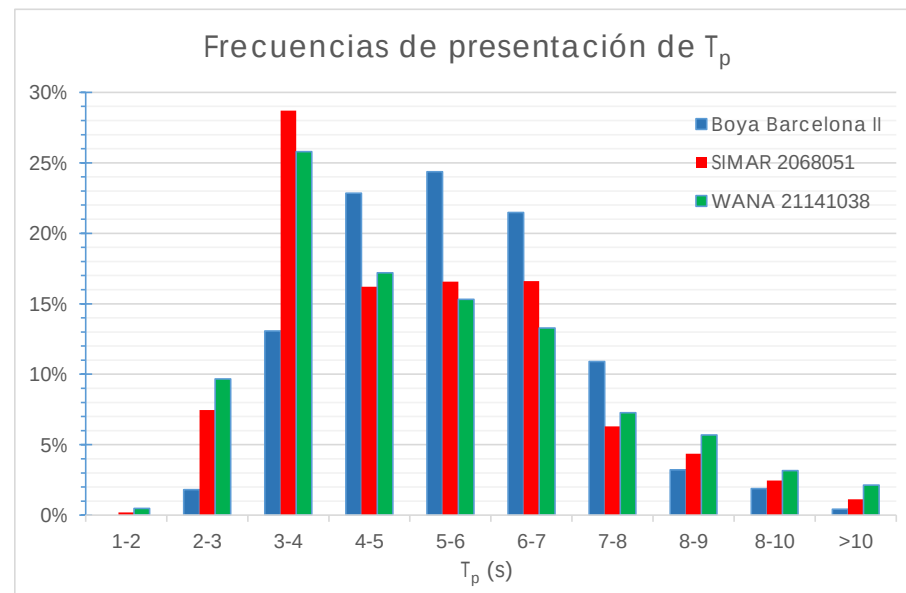
2.2.2.5 Comparación entre las diferentes fuentes de datos

En la Figura 25.- se presenta la comparación de las funciones medias de distribución escalares de H_s obtenidas para las 4 fuentes de datos. Puede apreciarse que los datos se encuentran en una franja del entorno de 0,50 m en el intervalo $0,50 \leq F \leq 0,999$, lo que implica una gran consistencia entre ellos, siendo las alturas registradas por las boyas ligeramente superiores para $F < 0,998$.

2.2.3 PERÍODO DE OLAJE

2.2.3.1 Frecuencias de presentación

La Figura 26.- muestra las frecuencias de diferentes intervalos del período pico T_p para la boya Barcelona II y los datos SIMAR y WANA. Estos dos últimos tienen gran similitud (con un máximo entre los 3 y 4 s) mientras que la boya presenta frecuencias mayores en el intervalo de 4 a 8 s y frecuencias menores en el resto.

Figura 25.- Funciones de distribución medias escalares de H_s (Fuente: elaboración propia)Figura 26.- Frecuencias de presentación de T_p . Izquierda: boya Barcelona II; centro: SIMAR 2068051; derecha: WANA 2114138 (Fuente: elaboración propia)

2.2.3.2 Funciones de correlación $H_s - T_p$

A partir de la tabla de encuentro $H_s - T_p$ correspondientes a los registros de la boya Barcelona II, del punto SIMAR 2068051 y del punto WANA 2114138 (ver 0) se han obtenido las funciones de correlación entre la altura de ola significativa y el periodo de pico $H_s - T_p$ (ver Figura 27.- y Figura 28.-). Estas funciones han sido calculadas como los mejores ajustes lineal y exponencial de los pares de puntos definidos por el valor central de cada intervalo de H_s (filas en las tablas anteriores) y los valores de T_p

asociados a un 10%, 50% y 90% de dichos intervalos. Así, $T_{p,50\%}$ representa el valor de T_p más probable asociado a H_s , $T_{p,90\%}$ representa el valor de T_p asociado a H_s con un 10% de excedencia y $T_{p,10\%}$ representa el valor de T_p asociado a H_s con un 90% de excedencia.

Tabla 9.- Tabla de encuentros $H_s - T_p$. Superior: boya Barcelona II, central: SIMAR 2068051; inferior: WANA 2114138 (Fuente: PPEE)

H_s (m)	T_p (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	-	1.443	8.236	10.640	9.010	6.681	2.077	0.620	0.337	0.128	39.172
1.0	-	-	0.363	4.662	10.476	11.915	9.568	3.976	0.890	0.469	0.208	42.528
1.5	-	-	-	0.164	1.621	2.891	3.976	2.674	0.828	0.363	0.004	12.522
2.0	-	-	-	0.004	0.111	0.478	0.974	1.466	0.443	0.314	0.009	3.799
2.5	-	-	-	-	-	0.080	0.226	0.483	0.239	0.137	0.013	1.178
3.0	-	-	-	-	-	-	0.053	0.142	0.106	0.146	0.013	0.460
3.5	-	-	-	-	-	-	0.004	0.071	0.071	0.071	0.018	0.235
4.0	-	-	-	-	-	-	-	0.009	0.018	0.049	0.004	0.080
4.5	-	-	-	-	-	-	-	0.004	-	-	0.018	0.022
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	0.004
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	-	1.807	13.066	22.847	24.375	21.483	10.901	3.215	1.886	0.421	100 %

H_s (m)	T_p (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	.202	7.260	26.074	11.284	7.879	5.564	1.372	.378	.053	.007	60.073
1.0	-	-	.209	2.609	4.852	7.889	8.061	2.721	1.992	.874	.148	29.355
1.5	-	-	-	.027	.078	.776	2.523	1.509	1.043	.822	.336	7.115
2.0	-	-	-	-	.002	.019	.425	.542	.557	.359	.255	2.160
2.5	-	-	-	-	-	-	.033	.135	.296	.210	.155	.829
3.0	-	-	-	-	-	-	-	.013	.081	.102	.093	.290
3.5	-	-	-	-	-	-	-	.002	.014	.024	.054	.095
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.006	.030	.037
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.020	.021
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.007	.007
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.018	.018
Total	-	.202	7.469	28.710	16.216	16.564	16.607	6.294	4.362	2.451	1.124	100 %

H_s (m)	T_p (s)											Total
	≤ 1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	> 10.0	
≤ 0.5	-	0.476	8.960	19.654	10.930	7.758	4.584	2.195	1.645	0.521	0.137	56.860
1.0	-	-	0.706	5.872	5.199	5.993	6.397	2.934	2.142	1.424	0.843	31.511
1.5	-	-	0.002	0.261	0.931	1.247	1.687	1.529	1.194	0.657	0.583	8.090
2.0	-	-	-	0.002	0.133	0.289	0.478	0.421	0.462	0.345	0.220	2.349
2.5	-	-	-	-	0.004	0.021	0.115	0.131	0.166	0.107	0.154	0.698
3.0	-	-	-	-	-	0.004	0.023	0.057	0.062	0.064	0.088	0.298
3.5	-	-	-	-	-	-	0.002	0.008	0.018	0.031	0.053	0.113
4.0	-	-	-	-	-	-	-	0.002	-	0.006	0.039	0.055
4.5	-	-	-	-	-	-	-	0.002	-	-	0.008	0.012
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	0.004
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	0.008	0.010
Total	-	0.476	9.668	25.788	17.198	15.312	13.289	7.275	5.696	3.160	2.138	100 %

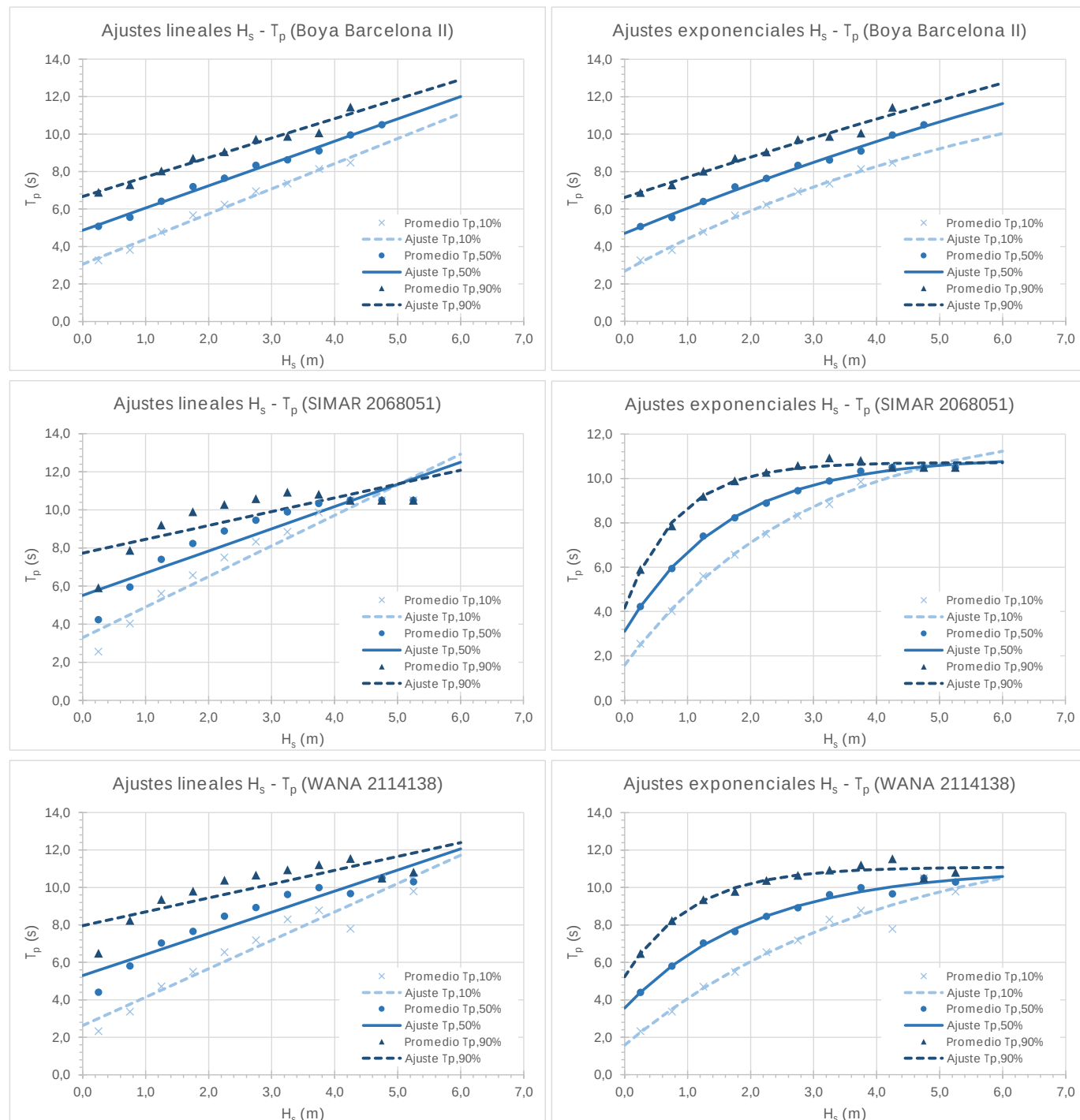


Figura 27.- Funciones de correlación lineal y exponencial $H_s - T_{p,10\%}$, $H_s - T_{p,50\%}$ y $H_s - T_{p,90\%}$ de la Boya Barcelona II, punto SIMAR y punto WANA (Fuente: elaboración propia)

Puede apreciarse que en el caso de $T_{p,50\%}$ las funciones lineales son muy similares para las tres fuentes de datos pero que las exponenciales presentan mayores diferencias. Dado que las funciones exponenciales se ajustan mejor a los datos, se opta por escogerlas. Sus expresiones se presentan a continuación:

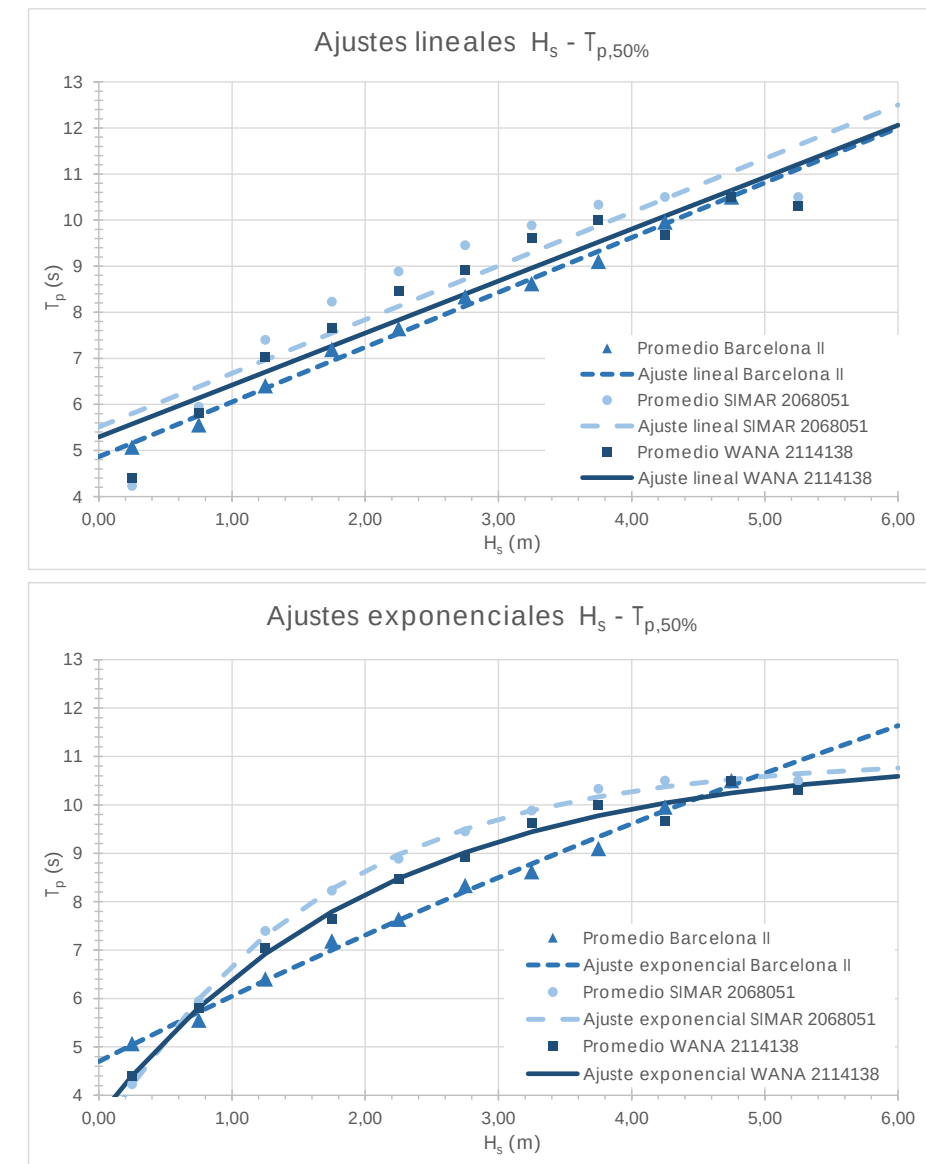


Figura 28.- Funciones de correlación lineal y exponencial $H_s - T_{p,50\%}$ (Fuente: elaboración propia)

Boya Barcelona II:	$T_{p,50\%} = -21,754 \cdot \exp(-0,064 \cdot H_s) + 26,453$
SIMAR 2068051:	$T_{p,50\%} = -7,860 \cdot \exp(-0,612 \cdot H_s) + 10,960$
WANA 2114138:	$T_{p,50\%} = -7,446 \cdot \exp(-0,480 \cdot H_s) + 11,008$

Boya Barcelona II:	$T_{p,90\%} = -38,295 \cdot \exp(-0,029 \cdot H_s) + 44,909$
SIMAR 2068051:	$T_{p,90\%} = -6,562 \cdot \exp(-1,183 \cdot H_s) + 10,716$
WANA 2114138:	$T_{p,90\%} = -5,869 \cdot \exp(-0,955 \cdot H_s) + 11,094$

Boya Barcelona II:	$T_{p,10\%} = -12,293 \cdot \exp(-0,152 \cdot H_s) + 14,975$
SIMAR 2068051:	$T_{p,10\%} = -10,979 \cdot \exp(-0,352 \cdot H_s) + 12,550$
WANA 2114138:	$T_{p,10\%} = -11,669 \cdot \exp(-0,242 \cdot H_s) + 13,244$

2.2.4 OLEAJE MORFOLÓGICO

En Ingeniería de Costas es habitual emplear el concepto de “oleaje morfológico”, que se define como aquel estado de mar que para un determinado sector direccional tiene la misma energía que todos los oleajes incidentes en dicho sector. Es decir, se trata de reemplazar todos los estados de mar correspondientes a un determinado sector direccional por uno único (caracterizado por una altura de ola significativa $H_{s,morf}$, un período pico $T_{p,morf}$ y la dirección media de dicho sector, D_m) de tal manera que su energía sea la misma.

El flujo de la energía de oleaje es proporcional a $E \cdot c_g$, siendo E la energía del oleaje y c_g la celeridad de grupo. De acuerdo a la teoría de Airy, E es proporcional a H^2 , mientras que cerca de la zona de rotura se tiene que $c_g = (g \cdot h_b)^{1/2}$, siendo h_b la profundidad en la zona de rotura. Como $H_b = \gamma \cdot h_b$, se tiene que el flujo de energía cerca de la zona de rotura (del cual depende el transporte de sedimentos) es proporcional a $H^{5/2}$. Por consiguiente, si la altura de ola morfológica es aquella que energéticamente es equivalente a todas las olas de un determinado sector direccional ‘j’, se podrá obtener mediante la fórmula

$$H_{smorfj} = \left(\frac{\sum_{i,j} (H_{s,ij}^{5/2} \cdot f_{ij})}{f_j} \right)^{2/5}$$

donde

- $H_{s,ij}$ es la altura de la significativa del intervalo ‘i’ en el sector direccional ‘j’,
- f_{ij} es la frecuencia del intervalo ‘i’ de H_s en el sector direccional ‘j’, es decir, $H_{s,ij}$,
- f_j es la frecuencia total del sector direccional ‘j’, ($f_j = \sum f_{ij}$)

A partir de las tablas de encuentros H_s – dirección de las diferentes fuentes de información¹ se han calculado los valores de $H_{s,morf}$ en los sectores direccionales de interés (ENE a SW), que se muestran en la Tabla 10.- . Asimismo se incluye el período pico asociado a $H_{s,morf}$ obtenido a partir de las correlaciones H_s – $T_{p,50\%}$ exponenciales obtenidas en el apartado 2.2.3.

Tabla 10.- Características del oleaje morfológico en alta mar (Fuente: elaboración propia)

Dirección		ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW
Boya Barcelona II	$H_{s,0}$	1,16 m	1,22 m	0,94 m	0,73 m	0,68 m	0,72 m	0,90 m	0,89 m
	T_p	6,2 s	6,3 s	6,0 s	5,7 s	5,6 s	5,7 s	5,9 s	5,9 s
SIMAR 2068051	$H_{s,0}$	1,10 m	0,92 m	0,93 m	0,70 m	0,58 m	0,61 m	0,77 m	0,67 m
	T_p	7,0 s	6,5 s	6,5 s	5,8 s	5,4 s	5,5 s	6,0 s	5,7 s
WANA 2114138	$H_{s,0}$	0,94 m	1,00 m	0,88 m	0,65 m	0,67 m	0,71 m	0,80 m	0,75 m
	T_p	6,3 s	6,4 s	6,1 s	5,6 s	5,6 s	5,7 s	5,9 s	5,8 s

¹ No se incluye la boya Llobregat ya que o ha podido obtenerse su tabla de encuentros H_s – dirección

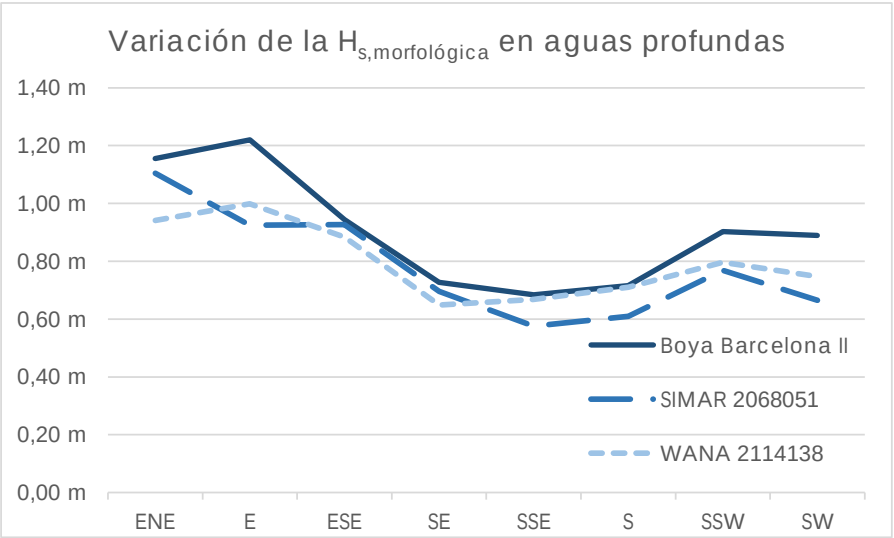


Figura 29.- Variación de $H_{s,morf}$ en aguas profundas en función de la dirección (Fuente: elaboración propia)

2.2.5 FLUJO MEDIO DE ENERGÍA

Otro parámetro comúnmente empleado en Ingeniería de Costas es el flujo medio de la energía del oleaje, $\vec{F}_p$, que se obtiene como la suma vectorial ponderada de los flujos de energía asociados a todas las componentes del oleaje y puede representarse como

$$\vec{F}_p = \frac{\sum_{ij} (\vec{F}_{i,j} \times p_{i,j})}{\sum_{ij} p_{i,j}}$$

donde $\vec{F}_{i,j}$ es el flujo de energía del oleaje asociado al intervalo de altura ‘i’ del sector direccional ‘j’ y $p_{i,j}$ es el peso asociado, en este caso su probabilidad o frecuencia de presentación (ver Tabla 3.- , Tabla 5.- y Tabla 7.-). Tal como se ha comentado en el apartado anterior el flujo de energía es proporcional a H^2 en aguas profundas y a $H^{2,5}$ en aguas someras. A partir de los valores de p_{ij} presentados en las tablas anteriores y restringiendo el cálculo a los sectores de interés (ENE a SW) se obtienen las siguientes direcciones del flujo medio de energía en aguas profundas.

Tabla 11.- Direcciones del flujo medio de energía del oleaje en aguas profundas

Origen de los datos	Boya Barcelona II	SIMAR 2068051	WANA 2114138
Considerando H^2	118,47° N	132,94° N	129,42° N
Considerando $H^{2,5}$	113,83° N	123,49° N	124,58° N

La diferencia entre el valor obtenido de la boya Barcelona II y de los datos SIMAR o WANA radica en el menor peso que en el primer caso tienes los oleajes del tercer cuadrante (SW), tal como se comentó

en el apartado 2.2.1, y como puede comprobarse en la Figura 30.- , en la que se presentan las frecuencias direccionales relativas² de presentación del oleaje, donde puede apreciarse unos % claramente inferiores de la boya en los oleajes del SSW y unos % mayores en los oleajes del E.

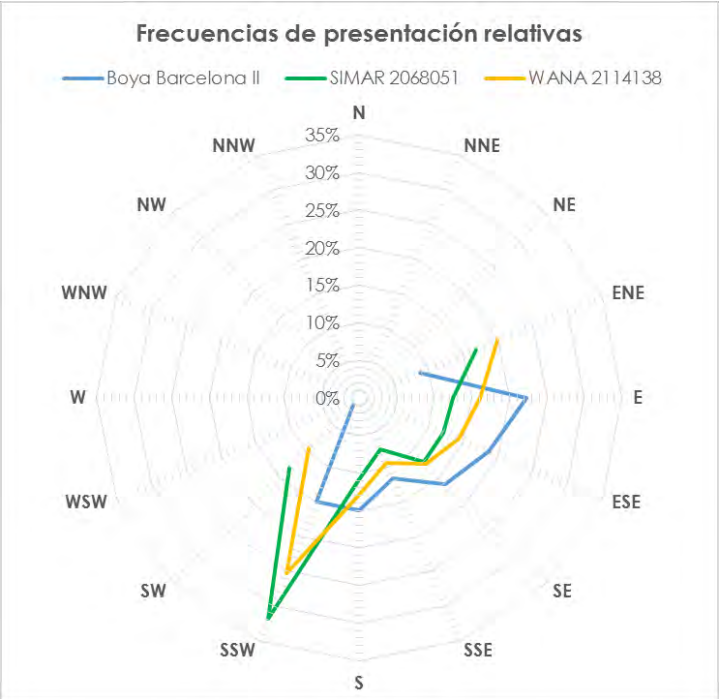


Figura 30.- Frecuencias direccionales relativas de presentación del oleaje (Fuente: elaboración propia)

Teniendo en cuenta la posición de la boya y de los puntos SIMAR y WANA, así como la de la zona de proyecto (en la que el oleaje de del cuarto cuadrante sí puede incidir tras refractarse), se considera que los valores obtenidos de estos últimos serán más similares a los reales en la zona de estudio.

2.2.6 OLAJE ASOCIADO A UNA EXCEDENCIA DE 12 HORAS/AÑO

Otro parámetro que también se emplea de modo habitual en Ingeniería de Costas es la altura de ola asociada a una probabilidad media de excedencia de 12 h/año, ya que es representativa del oleaje correspondiente a un temporal de carácter anual y además es empleada en el cálculo de la profundidad activa³.

A partir de las tablas de encuentros H_s – dirección de las diferentes fuentes de información se han calculado los valores de H_{s12} en los sectores direccionales de interés (ENE a SW), que se muestran en la

² En este caso el término 'relativo' significa que la suma de todas las frecuencias expresadas en las gráficas suman el 100% para las 3 bases de datos sin tener en cuenta las frecuencias correspondientes a los sectores direccionales no representados (del W al ENE).

³ Es decir, la profundidad a partir de la cual el transporte longitudinal de sedimentos (es decir, paralelo a la línea de costa) deja de ser significativo.

Tabla 12.- y en la Figura 31.- . Asimismo se incluye el período pico asociado a H_{s12} obtenido a partir de las correlaciones $H_s - T_p$ exponenciales obtenidas en el apartado 2.2.3.

Tabla 12.- Características del oleaje en alta mar asociado a una probabilidad de excedencia de 12 h/año (Fuente: elaboración propia)

Boya Barcelona II			SIMAR 2068051			WANA 2114138		
Dirección	$H_{s12,0}$	T_{p12}	Dirección	$H_{s12,0}$	T_{p12}	Dirección	$H_{s12,0}$	T_{p12}
ENE	3,22 m	8,8 s	ENE	5,13 m	10,6 s	ENE	3,91 m	9,9 s
E	4,00 m	9,6 s	E	3,26 m	9,9 s	E	3,65 m	9,7 s
ESE	2,91 m	8,4 s	ESE	3,08 m	9,8 s	ESE	2,92 m	9,2 s
SE	2,01 m	7,3 s	SE	2,41 m	9,2 s	SE	2,15 m	8,3 s
SSE	2,02 m	7,3 s	SSE	2,04 m	8,7 s	SSE	2,41 m	8,7 s
S	1,88 m	7,2 s	S	2,18 m	8,9 s	S	2,54 m	8,8 s
SSW	2,53 m	8,0 s	SSW	2,79 m	9,5 s	SSW	2,96 m	9,2 s
SW	2,17 m	7,5 s	SW	2,04 m	8,7 s	SW	2,29 m	8,5 s

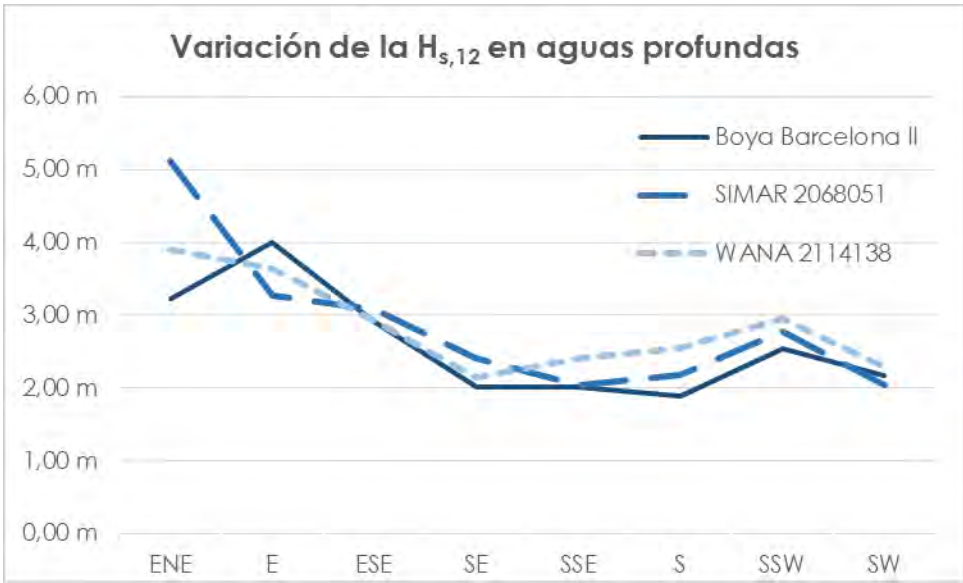


Figura 31.- Variación de H_{s12} en aguas profundas en función de la dirección (Fuente: elaboración propia)

2.2.7 CONCLUSIONES SOBRE EL RÉGIMEN MEDIO

A partir de los resultados anteriores, se concluye que se descarta la boya Llobregat como representativa del oleaje medio (ya que no se dispone de suficiente información) y la boya Llobregat II ya que está ubicada en una posición (aguas intermedias y protegida respecto al SW) tal que modifica el oleaje registrado respecto al de aguas profundas (p.e. puntos SIMAR y WANA). Por tanto estas dos últimas fuentes de datos parecen las más representativas del oleaje medio. Entre estas dos se ha comprobado que los datos SIMAR infravaloran los valores de H_s en el intervalo por debajo de los 2,5 m, por lo que se recomienda, a priori, el empleo de los datos WANA, si bien en algún caso se emplearán simultáneamente las 3 fuentes de datos.

2.3 RÉGIMEN EXTREMAL DE OLAJE

2.3.1 INTRODUCCIÓN

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

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

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

Tal como se comenta en el Anejo nº 7, según las recomendaciones ROM 1.0-09 las obras de defensa y regeneración de playa deben diseñarse para una vida útil mínima $V = 15$ años y para una Probabilidad de fallo tanto en Estado Límite Último como en Estado Límite de Servicio $P_{fELU} = P_{fELS} = 0,20$. Esto significa un período de retorno $R = T_r = 67,72$ años,

2.3.2 RÉGIMEN EXTREMAL EN LAS BOYAS

En el caso de las boyas Llobregat y Barcelona II (ubicadas en aguas intermedias), la altura de ola significativa en aguas profundas asociada a un determinado periodo de retorno en una dirección determinada, puede obtenerse a partir de los resultados instrumentales disponibles, a través de la siguiente ecuación (ROM 0.2-90):

$$H_{s,0} = H_{s,R} \cdot K_{\alpha} / K_R$$

siendo:

- $H_{s,0}$: Altura de ola significativa en aguas profundas asociada a un periodo de retorno, para una dirección determinada.
- $H_{s,R}$: Altura de ola significativa asociada a un periodo de retorno obtenida del régimen extremal escalar instrumental (boya).
- K_{α} : Coeficiente de direccionalidad para la dirección considerada.
- K_R : Coeficiente de refracción-*shoaling* en el punto de medida (boya) para la dirección considerada, y el periodo asociado a dicha altura de ola. A falta de información específica, en este caso consideraremos $K_R = 1$.

Los valores extremales de las series de oleaje se ajustan generalmente bastante bien a la distribución de probabilidad de Weibull. De la información extraída a partir de esta función, dado su carácter escalar obtenemos únicamente datos referentes a altura de ola asociada a un determinado periodo de retorno. La Figura 32.- muestra las funciones de distribución Weibull extremales de H_s en las boyas Llobregat y Barcelona II, que ajustan bastante bien los valores extremos obtenidos, asociados a los picos de temporales que superan un determinado valor umbral (por lo que el método de obtención se denominad del Pico sobre umbral o *Peak Over Threshold –POT–*).

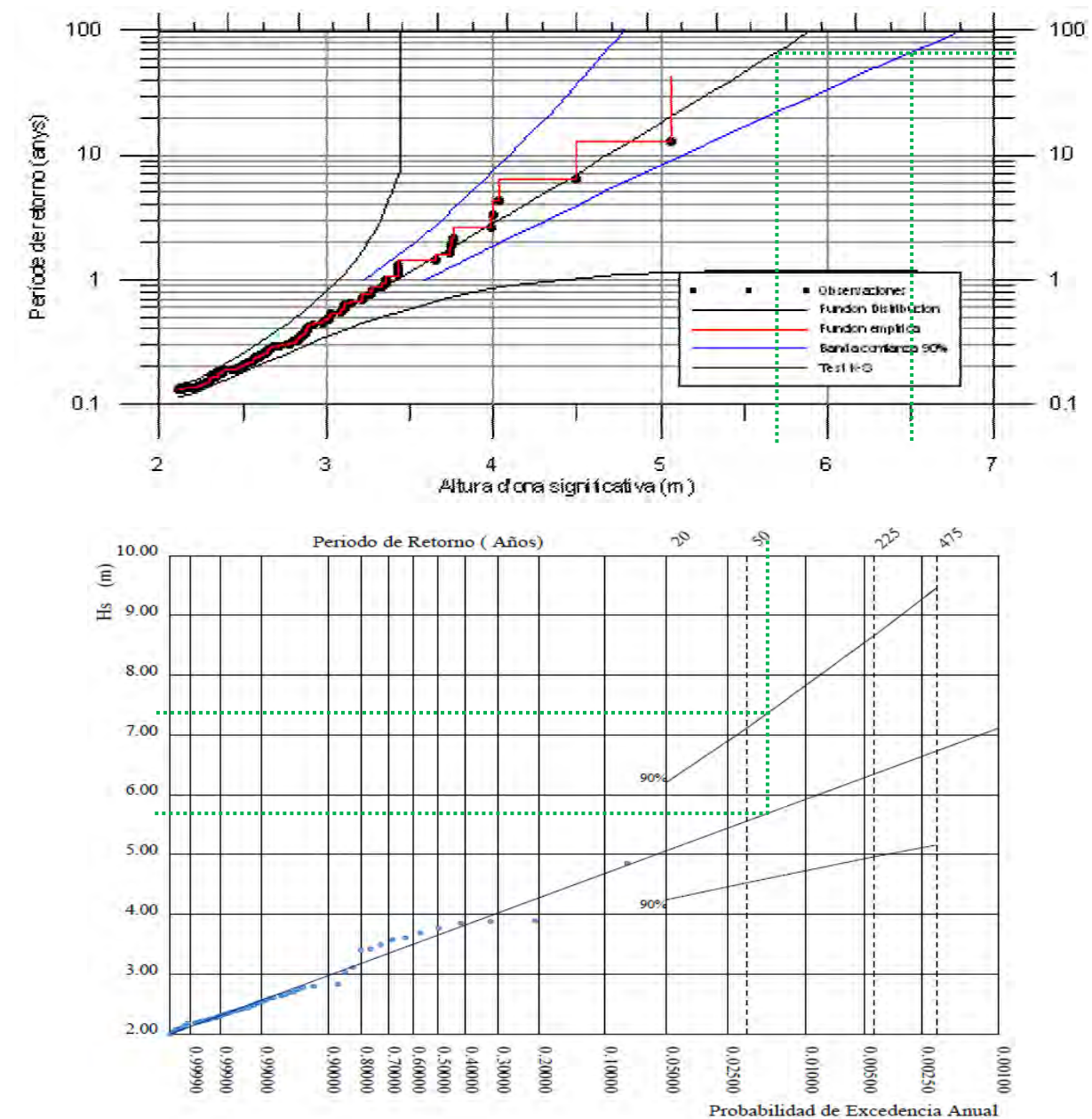


Figura 32.- Régimen extremal escalar de H_s de las boyas Llobregat (superior) y Barcelona II (inferior) (Fuente: CIIRC / APB)

Puede comprobarse que la boya Barcelona II ofrece valores algo superiores de H_s en todo el rango de períodos de retorno (y en particular para el de diseño) tanto para la Estima Central (EC) como para el Límite Superior de la Banda de Confianza del 90 % (LSBC90)⁴. Por todo ello para estar del lado de la seguridad se tomarán los valores obtenidos de la boya Barcelona II.

Tabla 13.- Alturas de olas de diseño en las boyas (Fuente: Elaboración propia)

Fuente	Boya Llobregat	Boya Barcelona II
Estima Central:	$H_{s,R} = 5,65 \text{ m}$	$H_{s,R} = 5,73 \text{ m}$
Límite Superior de la Banda de Confianza del 90 %:	$H_{s,R} = 6,52 \text{ m}$	$H_{s,R} = 7,30 \text{ m}$

2.3.3 COEFICIENTES DE DIRECCIONALIDAD

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

Para la obtención de dichos coeficientes, la ROM 0.3 – 91 propone varios métodos. En este caso se utilizará la obtención de unas alturas de ola representativas, H_s^* , de la cola superior de los regímenes medios direccionales obtenidos en la boya; en particular dicha altura de ola representativa se obtendrá como promedio de las H_s asociadas a unas probabilidades no excedencia de 0,99 y 0,999. Las direcciones consideradas son: NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW y SW, ya que son las que pueden incidir más directamente en las boyas. Según la ROM 0.3 – 91 los coeficientes de direccionalidad se obtendrán dividiendo el valor de H_s^* de cada dirección entre el mayor de todos, al cual se le asignará un valor $K_\alpha = 1$ (la dirección pésima), tal como se muestra en la última columna de la Tabla 14.-. En el caso de la boya Llobregat se han empleado los valores de K_α incluidos en el estudio del CIIRC.

Puede apreciarse que salvo para la dirección E la boya Llobregat ofrece siempre valores mayores de K_α . Por todo ello se tomará finalmente para cada dirección el máximo de los dos valores de K_α , y que en la Tabla 14.- se presenta en negrita.

En la Figura 33.- puede apreciarse que salvo para la dirección E la boya Llobregat ofrece siempre valores mayores de K_α . Por todo ello se tomará finalmente para cada dirección el máximo de los dos valores de K_α , y que en la Tabla 14.- se presenta en negrita.

⁴ La Banda de Confianza del 90% indica el intervalo de valores entre los cuales se encontrará, con un 90% de probabilidad, la H_s asociada a un determinado período de retorno.

Tabla 14.- Coeficientes direccionales K_α obtenidos de los registros de la boya Barcelona II y Llobregat(Fuente: elaboración propia)

Dirección	BOYA				
	Barcelona II				Llobregat
	$H_s (F=0,99)$	$H_s (F=0,999)$	H_s^*	K_α	K_α
NE	1,19	1,44	1,31	0,366	0,78
ENE	2,57	3,32	2,94	0,820	1,00
E	3,03	4,15	3,59	1,000	0,89
ESE	2,24	3,01	2,63	0,732	0,78
SE	1,56	2,08	1,82	0,507	0,78
SSE	1,50	2,10	1,80	0,501	0,65
S	1,51	1,94	1,73	0,481	0,73
SSW	1,99	2,61	2,30	0,642	0,87
SW	1,77	2,23	2,00	0,557	0,74 ⁵

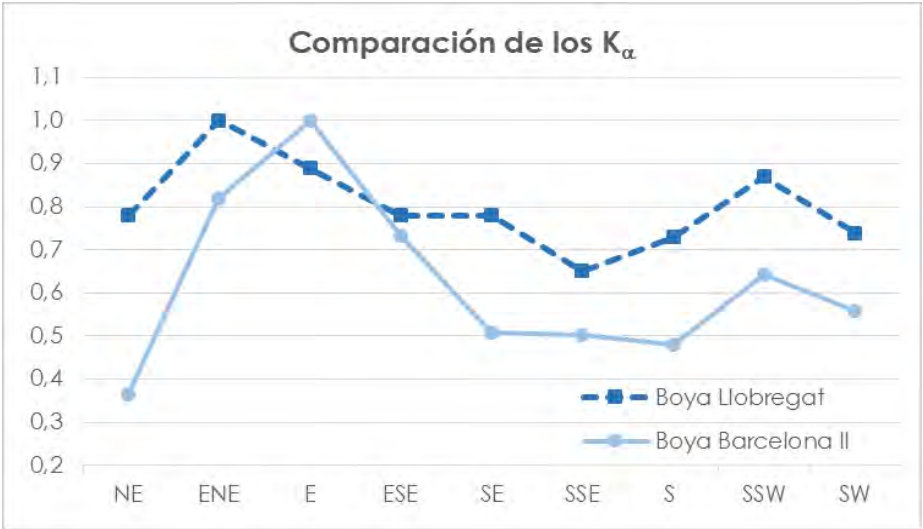


Figura 33.- Coeficientes direccionales K_α obtenidos de los registros de la boya Barcelona II y Llobregat(Fuente: elaboración propia)

2.3.4 RÉGIMEN EXTREMAL EN AGUAS PROFUNDAS

En la Tabla 15.- se presentan los valores de las alturas de ola H_s asociadas al periodo de retorno de diseño ($T_r = 67,72$ años), para la Estima Central y para el Límite Superior de la Banda de Confianza del

⁵ En el caso de la dirección SW, la fuente original (estudio del CIIRC) no ofrecía valor de K_α , por lo que se ha optado por obtener su valor a partir del coeficiente direccional del sector SSW y aplicándole una reducción similar (85%) a la obtenida en la boya Barcelona II ($K_\alpha = 0,642$ y $0,557$ respectivamente). Esta reducción es también coherente con la relación entre las alturas de ola H_{s12} en los sectores SSW y SW de los datos SIMAR y WANA (ver Tabla 12.-).

90% . Los períodos pico asociados son los obtenidos a partir de la función de correlación exponencial

$T_p - H_s$ de la boya Barcelona II (ver apartado 2.2.3.2).

Tabla 15.- Alturas de ola de diseño. $T_r = 67,72$ años, Estima central (Fuente: elaboración propia)

Estima central:

Dirección	$H_{s,R}$ (m)	K_α	$H_{s,R,dir}$ (m)	T_p (s)	K_r	$H_{s,0}$ (m)
ENE	5,73	1,00	5,73	11,4	1,00	5,73
E	5,73	1,00	5,73	11,4	1,00	5,73
ESE	5,73	0,78	4,47	10,1	1,00	4,47
SE	5,73	0,78	4,47	10,1	1,00	4,47
SSE	5,73	0,65	3,72	9,3	1,00	3,72
S	5,73	0,73	4,18	9,8	1,00	4,18
SSW	5,73	0,87	4,99	10,6	1,00	4,99
SW	5,73	0,74	4,24	9,9	1,00	4,24

Límite Superior de la Banda de Confianza del 90%:

Dirección	$H_{s,R}$ (m)	K_α	$H_{s,R,dir}$ (m)	T_p (s)	K_r	$H_{s,0}$ (m)
ENE	7,30	1,00	7,30	12,8	1,00	7,30
E	7,30	1,00	7,30	12,8	1,00	7,30
ESE	7,30	0,78	5,69	11,3	1,00	5,69
SE	7,30	0,78	5,69	11,3	1,00	5,69
SSE	7,30	0,65	4,75	10,4	1,00	4,75
S	7,30	0,73	5,33	11,0	1,00	5,33
SSW	7,30	0,87	6,35	12,0	1,00	6,35
SW	7,30	0,74	5,40	11,1	1,00	5,40

Por consiguiente se concluye que las direcciones pésimas, desde el punto de vista del diseño, son el ENE y el E, para las cuales la altura significativa de diseño será $H_{s,0} = 5,73$ m (Estima Central del régimen extremal) y $H_{s,0} = 7,30$ m (Límite Superior de la Banda de Confianza del 90% del régimen extremal). De este modo la altura de ola de diseño en aguas profundas (alta mar) y su período de pico asociado son:

	E.C.	L.S.B.C.90%
$H_{s,0}$ diseño	5,73 m	7,30 m
T_p diseño	11,4 s	12,8 s
Dirección de procedencia	N67,5° (ENE) / N90° (E)	N67,5° (ENE) / N90° (E)

No obstante en el estudio de propagación se analizarán diferentes direcciones de procedencia para comprobar si como consecuencia de los fenómenos de refracción durante la propagación del oleaje hasta la costa se obtiene una altura local mayor asociada a una dirección diferente de las anteriores.

ANEJO N° 3. ESTUDIO DE PROPAGACIÓN DEL OLEAJE Y CORRIENTES

ÍNDICE

1. PROPAGACIÓN DE OLAJE.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 MODELO UTILIZADO	1
1.3 PARÁMETROS DE CÁLCULO	3
1.3.1 DATOS DE OLAJE UTILIZADOS.....	3
1.3.2 BATIMETRÍA UTILIZADA.....	4
1.3.3 MALLAS DE CÁLCULO EMPLEADAS	5
1.4 RESULTADOS OBTENIDOS.....	6
2. CORRIENTES.....	10
2.1 INTRODUCCIÓN	10
2.2 SISTEMA DE CORRIENTES LITORALES EN LA PLAYA OBJETO DE ESTUDIO	11

Apéndice 1. Resultados gráficos

Índice de figuras

Figura 1.- Mapa de situación de la zona de estudio junto con sus principales oleajes de afección (Fuente: Elaboración propia)	3
Figura 2.- Batimetría general utilizada de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)	4
Figura 3.- Batimetría de detalle utilizada de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)	4
Figura 4.- Representación batimétrica resultante o de salida del modelo SMC (Fuente: Elaboración propia)	5
Figura 5.- Mapa de situación de la zona de estudio junto con sus principales oleajes de afección Batimetría de detalle de la zona de estudio (MOPLA), y mallas de aproximación (BB) y de detalle (B1) utilizadas para las propagaciones del E y SE (Fuente: Elaboración propia)	5
Figura 6.- Mapa de situación de la zona de estudio junto con sus principales oleajes de afección Batimetría de detalle de la zona de estudio (MOPLA), y mallas de aproximación (CC) y	

de detalle (C1) utilizadas para las propagaciones del S y SSW (Fuente: Elaboración propia).....

Figura 7.- Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (vectores) para los casos de altura de ola morfológica del E (superior izquierda), SE (superior derecha), S (inferior izquierda) y SSW (inferior derecha)(Fuente: Elaboración propia)	6
Figura 8.- Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (isolíneas de altura de ola) para los casos de altura de ola morfológica del E (superior izquierda), SE (superior derecha), S (inferior izquierda) y SSW (inferior derecha)(Fuente: Elaboración propia).....	7
Figura 9.- Ubicación de los puntos donde se ha calculado Kp y Dlocal. (Fuente: elaboración propia).....	7
Figura 10.- Coeficientes de propagación a lo largo de la zona de estudio a una profundidad de 5 m (Fuente: elaboración propia).....	8
Figura 11.- Direcciones locales del oleaje a lo largo de la zona de estudio a una profundidad de 5 m (Fuente: elaboración propia).....	8
Figura 12.- Giros locales del oleaje a lo largo de la zona de estudio a una profundidad de -5 m (Fuente: elaboración propia)	9
Figura 13.- Comparación de Kp a lo largo de la costa en los 5 puntos analizados. (Fuente: elaboración propia)	9
Figura 14.- Gráfica de diferentes sistemas circulatorios en playas (Fuente: Losada, M.A)	11
Figura 15.- Detalle gráfico de los vectores de corriente para los casos de altura de ola morfológica del E (superior izquierda), SE (superior derecha), S (inferior izquierda) y SSW (inferior derecha)(Fuente: Elaboración propia).....	11
Figura 16.- Detalle gráfico de los vectores de corriente para los casos de Hs,12, De izquierda a derecha y de arriba abajo : E, SE, S y SSW. (Fuente: Elaboración propia).....	12

Índice de tablas

Tabla 1.- Datos de entrada de las propagaciones de altura de ola morfológica (Fuente: elaboración propia)	3
Tabla 2.- Datos de entrada de las propagaciones para Hs12 (Fuente: elaboración propia)	4
Tabla 3.- Datos de entrada de las propagaciones para oleaje de diseño (Fuente: elaboración propia).....	4

1. PROPAGACIÓN DE OLAJE

1.1 INTRODUCCIÓN

Tras la definición de oleaje en aguas profundas (procedentes del Anejo nº 2. Estudio de Clima Marítimo) resulta necesario efectuar una propagación del oleaje hasta profundidades reducidas (borde costero entre los puertos de El Masnou y Premià), para lo cual se recurre a modelos numéricos capaces de incluir los diferentes fenómenos intervinientes, tales como refracción, difracción, asomeramiento, fricción con fondo y rotura de la onda.

El avance en las técnicas numéricas de resolución de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales ha permitido en los últimos años desarrollar una gama de modelos que permiten resolver la propagación de oleaje. La mayoría de ellos proporciona la solución numérica, integrada en la componente vertical, de las ecuaciones de conservación de la masa y cantidad de movimiento en dos direcciones, considerando un fluido incompresible y densidad constante.

1.2 MODELO UTILIZADO

Para el estudio de la propagación del oleaje desde aguas profundas hasta profundidades reducidas se ha utilizado el “Modelo Integral de Propagación de Oleaje, Corrientes y Morfodinámica en Playas” (MOPLA), herramienta para el estudio del oleaje, corrientes y fenómenos sedimentarios, incluido en el programa SMC (Sistema de Modelado Costero) desarrollado por la Universidad de Cantabria para la antigua Dirección General de Costas. El programa MOPLA integra una serie de modelos numéricos que permiten llevar a cabo el análisis a corto plazo de playas.

El MOPLA es una herramienta que permite realizar las siguientes tareas.

- Propagación de oleajes monocromáticos o espectrales desde profundidades indefinidas hasta zonas de playa en la costa. incluyendo las transformaciones debidas a la refracción, asomeramiento, difracción, disipación por fondo, por rotura y post-rotura.
- Caracterización de los oleajes de una zona litoral.
- Cálculo de los regímenes medios direccionales del oleaje en zonas costeras.
- Propagación de eventos de oleaje extraordinarios, los cuales permiten definir las alturas de olas de diseño para obras en el litoral.
- Caracterización del sistema circulatorio de corrientes en playas.
- Determinación de las magnitudes de corrientes en playas, condicionada a una calibración previa con información medida en campo.
- Determinación del campo de corrientes para el cálculo de transporte de sedimentos.
- Cálculo del transporte de sedimentos debido al oleaje y a las corrientes.
- Determinación de la tendencia inicial de las zonas de erosión / sedimentación en playas.
- Evolución bidimensional y horizontal de una playa frente a un evento temporal.

El MOPLA se compone de seis módulos numéricos, los cuales se han organizado en dos grupos: por un lado aquellos que modelan los procesos asociados a la propagación de un tren de ondas monocromáticas, y por otro, los que modelan la propagación de un estado de mar, representado mediante un espectro de energía del oleaje.

- OLUCA-MC: Modelo parabólico de propagación de oleaje monocromático.
- COPLA-MC: Modelo de Corrientes en playas inducidas por la rotura de ondas monocromáticas.
- EROS-MC: Modelo de erosión – sedimentación y evolución de la batimetría en playas a partir de oleaje monocromático.
- OLUCA-SP: Modelo parabólico de propagación de oleaje espectral.
- COPLA-SP: Modelo de Corrientes en playas inducidas por la rotura del oleaje espectral.
- EROS-SP: Modelo de Erosión – sedimentación y evolución de la batimetría en playas (debido al oleaje espectral).

Estos modelos numéricos se fundamentan en modelos teóricos que tienen una serie de restricciones derivadas de las hipótesis en las cuales están basados.

Hipótesis del modelo parabólico de “Propagación de ondas” (OLUCA-MC/SP)

- Fluido:
 - No viscoso.
 - Incompresible.
 - Densidad constante.
- Flujo:
 - Irrotacional.
 - Estacionario.
- Dinámicas:
 - Presión constante en la superficie libre.
 - No se considera la acción del viento.
 - No se considera la acción de la aceleración de Coriolis.
- Contornos:
 - Fondo con pendiente suave.
 - El desarrollo matemático de las ecuaciones del modelo, se plantean con la hipótesis de que las variaciones del fondo con las coordenadas horizontales son pequeñas en comparación con la longitud de onda. Para el modelo lineal, Berkhoff (1982) realizó una comparación entre un modelo numérico exacto y el de la ecuación de pendiente suave para ondas propagándose sobre una playa. Encontró que hasta pendientes del fondo de 1:3 el modelo

de la pendiente suave es exacto y que para pendientes mayores predice adecuadamente las tendencias.

- Propagación:

- No linealidad débil.
- Dependencia débil de la ecuación de la dispersión con la amplitud de la onda (monocromático) o la altura de olas significativa (espectral); modelo no lineal Stokes – Hedges.
- Aproximación parabólica.
- Las ondas se propagan en una dirección principal (x), con lo cual se desprecian términos $\partial^2(\)/\partial x^2$. La solución es tanto más aproximada cuanto menor variación haya respecto a la dirección x.

- Limitaciones de aplicación del modelo:

- Las pendientes del fondo deben ser menores que 1:3, para garantizar la condición de pendiente suave.
- El ángulo de propagación en la primera fila (x = 0) de la malla, debe estar dentro del rango $\pm 55^\circ$, con respecto al eje de propagación principal, eje x.
- Se debe tener especial cuidado para que la zona de estudio no se encuentre dentro de ángulos de propagación mayores a $\pm 55^\circ$ con respecto al eje x, dado que los errores comienzan a ser importantes para estos ángulos.
- El modelo ha sido diseñado principalmente para ser aplicado en zonas costeras y playas, donde los fenómenos de propagación dominantes son la refracción, asomeramiento, difracción y rotura en playas. No es aplicable en casos donde la reflexión es un fenómeno importante, como es el caso de resonancia y agitación en puertos.
- Evitar cambios bruscos de profundidad en la batimetría (pendientes mayores a 1:3), principalmente en la zona de estudio.
- En la primera fila en (x = 0) se definen las condiciones iniciales del oleaje. En esta primera fila se asume el oleaje incidente igual para todos los puntos (amplitud, período y dirección), en la medida de lo posible se debe tratar que las profundidades en dicha fila no presenten variaciones muy fuertes.
- Como en todos los modelos numéricos, es necesario imponer unas condiciones de contorno laterales, estas condiciones nunca son perfectas e involucran ruidos numéricos en el sistema. El modelo Mopla impone unas condiciones de contorno laterales reflejantes o abiertas aplicando la ley de Snell, por lo que se debe intentar mantener el efecto de los contornos laterales lo más alejado posible de la zona de estudio y dentro de lo posible, intentar que la batimetría en dichos contornos sea lo más paralela al eje (y).
- Evitar los contornos laterales que alternan agua-tierra-agua, porque pueden generar ruidos numéricos en la ejecución.

- Debido a limitaciones del modelo numérico en los contornos, el modelo propaga las ondas en profundidades mayores a 0.30 m. Intentar modelar ensayos de laboratorio con profundidades menores a ésta, da lugar a errores numéricos.
- Por efectos del modelo numérico, internamente el programa limita las batimétricas en tierra a (-7.0 m).

Existen limitaciones en los tamaños máximos y mínimos de los elementos (Dx, Dy) en las mallas del dominio de cálculo. Se debe de tener especial cuidado en las cercanías de diques exteriores, en grandes profundidades (h > 20 m), donde existe un tamaño mínimo de malla relacionado también con el período del oleaje y la profundidad.

Hipótesis del modelo bidimensional de “Corrientes en playas” (COPLA-MC/SP)

- Fluido:

- Fluido homogéneo.
- Incompresible.
- Densidad constante.

- Flujo:

- La variación del fondo del mar con respecto a la horizontal es lenta (aceleraciones verticales muy pequeñas), lo que implica que las principales características del sistema de corrientes en playas estén contenidos en la variación horizontal de las propiedades integradas en la profundidad, por lo que la velocidad de corriente (U, V) es independiente de la profundidad.
- Los movimientos asociados a las corrientes de playa son permanentes, permitiendo esto promediar las ecuaciones que los representan en el tiempo (período del oleaje), lo cual significa que para períodos de tiempo mayores al del período del oleaje las variaciones temporales son despreciables. Cada tren de ondas incidente crea su propio sistema circulatorio de corrientes.
- Los efectos de viscosidad molecular son débiles, excepto en contornos, en consecuencia, se puede admitir que el movimiento oscilatorio es esencialmente irrotacional, Longuet – Higgins y Stewart (1962).
- Las fluctuaciones turbulentas debidas al oleaje son despreciables.
- Las corrientes son suficientemente débiles como para considerarse su interacción con el tren de ondas.

- Dinámicas:

- Presión constante en la superficie libre.
- No se considera la acción del viento.
- No se considera la acción de la aceleración de Coriolis.

- Contornos:

- Dado que los modelos COPLA-(MC/SP) se ejecutan a partir de los resultados del modelos OLUCA-(MC/SP), éste emplea como contornos los mismos definidos en la malla de propagación.
- Limitaciones por dimensionamiento del código del programa de corrientes:
 - Dado que el Copla se encuentra ligado al OLUCA; este último define las dimensiones máximas de las mallas. Existiendo versiones con dimensiones de nodos de malla semejantes a los descritos anteriormente.

La técnica de resolución numérica utilizada es la de diferencias finitas y, específicamente, esquemas de tipo implícito, dado que éstos reducen las inestabilidades numéricas.

El modelo resuelve las ecuaciones del movimiento y de continuidad integradas en vertical sobre una malla y como resultado se obtienen niveles y las dos componentes horizontales de la velocidad.

1.3 PARÁMETROS DE CÁLCULO

1.3.1 DATOS DE OLAJE UTILIZADOS

A partir de la caracterización del clima marítimo en aguas profundas se han obtenido los datos de entrada para las modelizaciones del oleaje.

Las direcciones consideradas se corresponden con aquellos sectores del oleaje (con amplitud de 22,5°) que realmente pueden llegar al tramo de litoral objeto del estudio y que en este caso son ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW y SW, tal como se puede observar en la Figura 1.-

De todo este abanico de direcciones de oleaje en aguas profundas ENE-SW, las que se han seleccionado (bien por presentar una mayor probabilidad o ser representativas de diferentes escenarios climáticos) y que darán una idea del comportamiento morfodinámico del sistema ante los estados más típicos de "Levantes" y "Ponientes", son las siguientes (los resultados para el resto de direcciones podrán ser obtenidos a partir de interpolaciones o extrapolaciones.):

- E (90°N), con una frecuencia de presentación del 9,88 % (según los datos WANA).
- SE (135°N), con una frecuencia de presentación del 7,69 %.
- S (180°N), con una frecuencia de presentación del 7,99 %.
- SSW (202,5°N), con una frecuencia de presentación del 15,58 %.

Para estas cuatro direcciones se han propagado 3 tipos de oleaje: el oleaje morfológico (es decir, aquel que tiene la misma energía que todos los oleajes de un determinado sector direccional), el asociado a una probabilidad de excedencia de 12 h/año ($H_{s,12}$) y que puede considerarse un temporal de carácter anual y el oleaje de diseño y, cuyos valores de H_s y T_p fueron obtenidos en el estudio de clima marítimo.



Figura 1.- Mapa de situación de la zona de estudio junto con sus principales oleajes de afección (Fuente: Elaboración propia)

Inicialmente, para el desarrollo de la caracterización del oleaje en la zona de estudio, se ha utilizado como referencia la altura de ola morfológica, aquella que concentra el total de la energía del oleaje. Su cálculo pasa por realizar una discretización del dominio de influencia del oleaje sobre la zona de estudio, tanto en dirección como en magnitud, en función de las probabilidades de ocurrencia de cada oleaje. De esta manera se obtiene una determinada altura de ola característica para cada dirección de incidencia, que contiene toda la energía del oleaje en ese sector. Los datos de entrada al modelo correspondientes a estas propagaciones se presentan en la Tabla 1.- ,

Tabla 1.- Datos de entrada de las propagaciones de altura de ola morfológica (Fuente: elaboración propia)

DIRECCIÓN	H_{s0} (m)	T_p (s)	Frec. (Hz)	Nombre del caso
E	1,00	6,4	0,1562500	B103
SE	0,65	5,6	0,1785714	B106
S	0,71	5,7	0,1754386	C109
SSW	0,80	5,9	0,1694915	C112

Por otra parte, se han propagado los oleajes asociados a una frecuencia de presentación anual de 12 h al año ($H_{s,12}$), cuyos valores de altura de ola y periodo de pico pueden verse en la Tabla 2.- . Dichos oleajes representan aproximadamente el comportamiento en la zona de rompientes de un temporal de una presentación de tipo anual y sirve para analizar la morfodinámica ante eventos más energéticos que el oleaje medio,

Tabla 2.- Datos de entrada de las propagaciones para H_{s12} (Fuente: elaboración propia)

DIRECCIÓN	H_{s12} (m)	T_p (s)	Frec. (Hz)	Nombre del caso (propagada altura de ola unitaria)	Nombre del caso (propagada altura de ola real)
E	3,65	9,7	0,10309278	B105	B115
SE	2,15	8,3	0,12048193	B108	B116
S	2,54	8,8	0,11363636	C111	C117
SSW	2,96	9,2	0,10869565	C114	C118

Finamente se ha realizado la propagación del oleaje extremal desde aguas profundas hasta una profundidad somera en las cercanías de la zona de estudio, para identificar el comportamiento hidrodinámico ante estadios energéticos importantes (temporales de diseño). Para estos casos, cuyos resultados son importantes fundamentalmente para el dimensionamiento de las obras que se definan en el proyecto, se han empleado alturas de ola unitarias en lugar de las H_s de diseño, para inhibir el efecto de la rotura del oleaje, el cual será analizado a posteriori a partir de fórmulas empíricas. La Tabla 3.- describe los datos de oleaje utilizados para esta modelización extremal.

Tabla 3.- Datos de entrada de las propagaciones para oleaje de diseño (Fuente: elaboración propia)

DIRECCIÓN	H_{s0} (m)	H_{s0} propagada (m)	T_p (s)	Frec. (Hz)	Nombre del caso
E	5,73	1	11,4	0,0877193	B104
SE	4,47	1	10,1	0,0990099	B107
S	4,18	1	9,8	0,1020408	C110
SSW	4,99	1	10,6	0,0943396	C113

1.3.2 BATIMETRÍA UTILIZADA

La batimetría base utilizada es la procedente del levantamiento realizado *ex profeso* para este proyecto complementada con las cartas náuticas 48C, 49A y 4892 del Instituto Hidrográfico de la Marina. El conjunto se muestra en la Figura 2.- , Figura 3.- y Figura 4.-

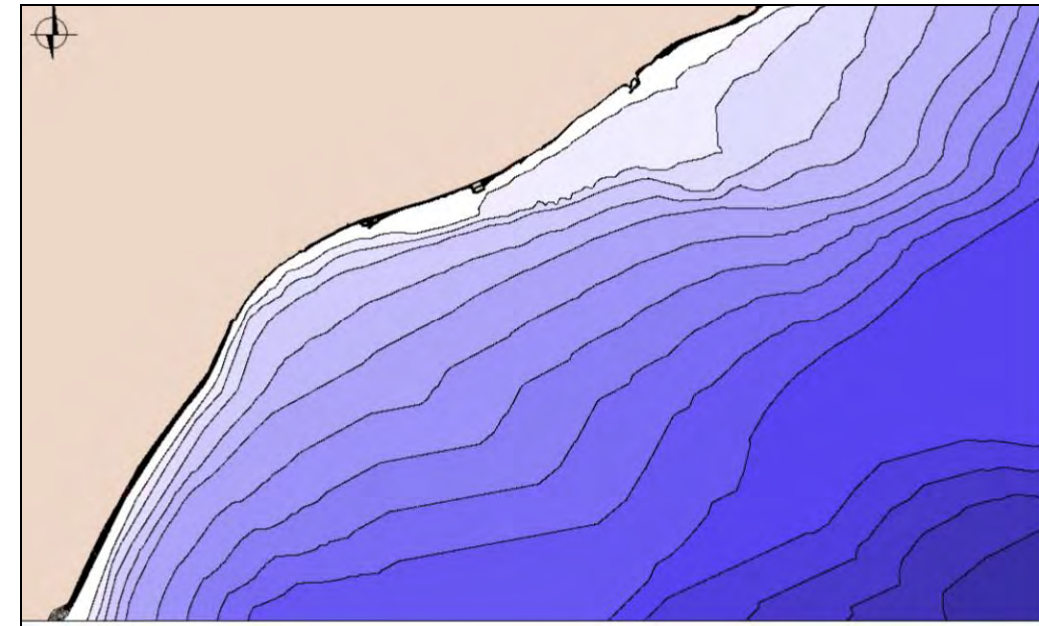


Figura 2.- Batimetría general utilizada de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

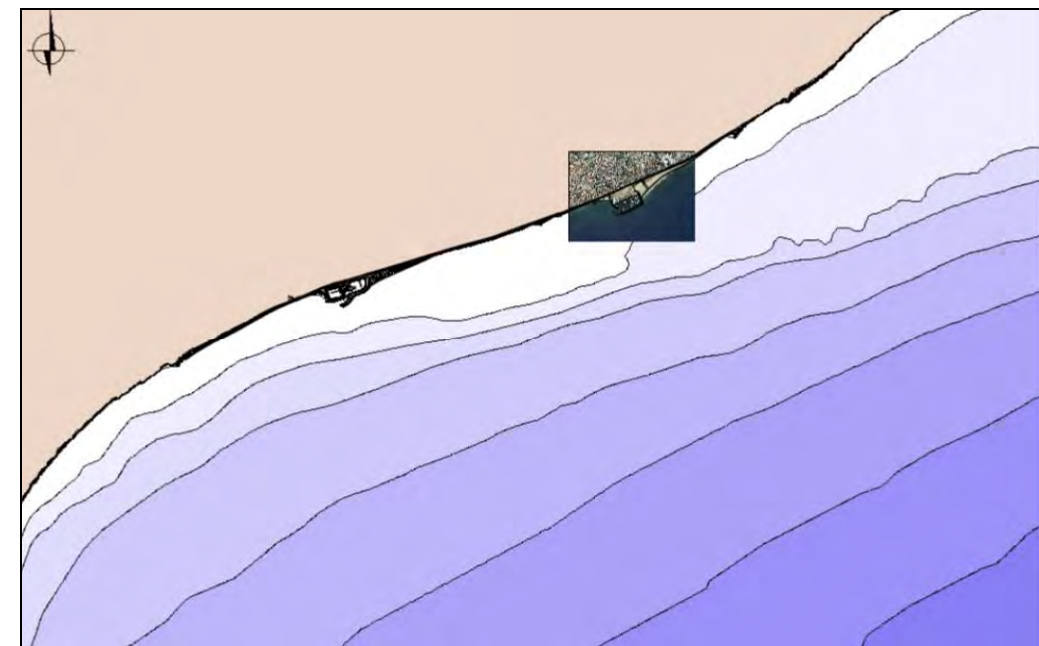


Figura 3.- Batimetría de detalle utilizada de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

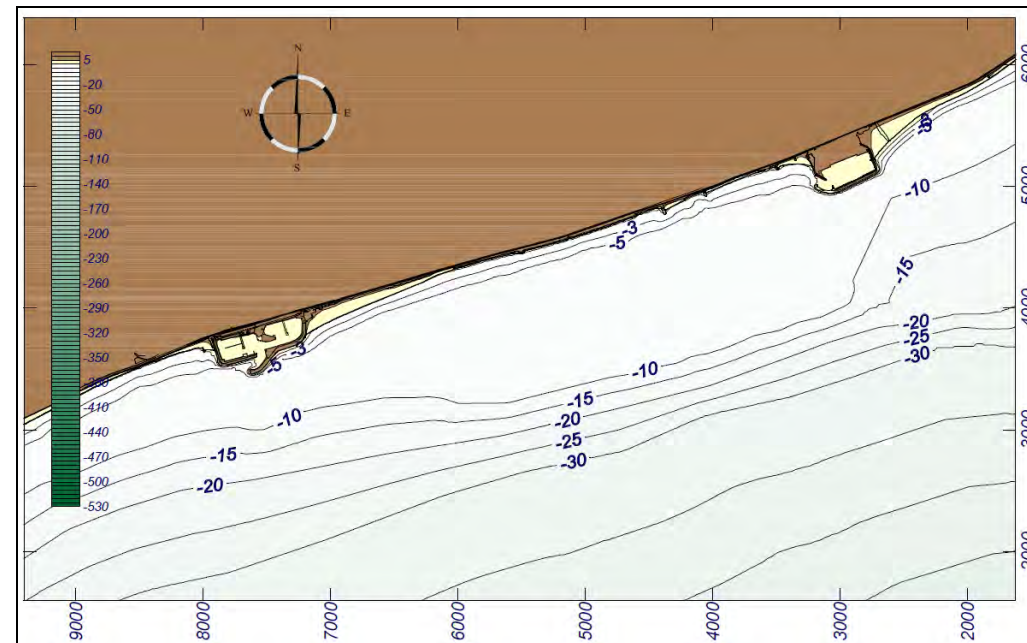


Figura 4.- Representación batimétrica resultante o de salida del modelo SMC (Fuente: Elaboración propia)

Todas las profundidades se han referenciado al cero hidrográfico y las coordenadas X, Y está referido al sistema ETRS89.

1.3.3 MALLAS DE CÁLCULO EMPLEADAS

Tras realizar un análisis de las condiciones de partida, se ha considerado que la mejor opción es utilizar dos mallas encadenadas para el conjunto de propagaciones, intentando minimizar por un lado el ángulo formado entre la orientación de la malla (eje X) y la perpendicular a las curvas batimétricas de la playa, y por otro, el ángulo formado entre la orientación de la malla (eje X) y la dirección del frente de oleaje a propagar.

Los dos pares de mallas anidadas utilizadas tienen las características que se detallan a continuación. En primer lugar, para las mallas de propagación de los oleajes del E y SE (BB y B1):

- Malla de aproximación BB:
 - Origen (x,y): 465643.72, 4591864.76
 - 178 filas equiespaciadas 64,83 metros por 291 columnas equiespaciadas 64,34 metros.
 - Orientación de la malla respecto a su eje x (ref. modelo para rumbos Este): 140°.
- Malla de detalle B1 (encadenada a la malla BB):
 - Origen (x,y): 452718.12, 4594311.49
 - 524 filas equiespaciadas 16,01 metros por 629 columnas equiespaciadas 16,09 metros.
 - Orientación de la malla respecto a su eje x (ref. modelo para rumbos Este): 140°.

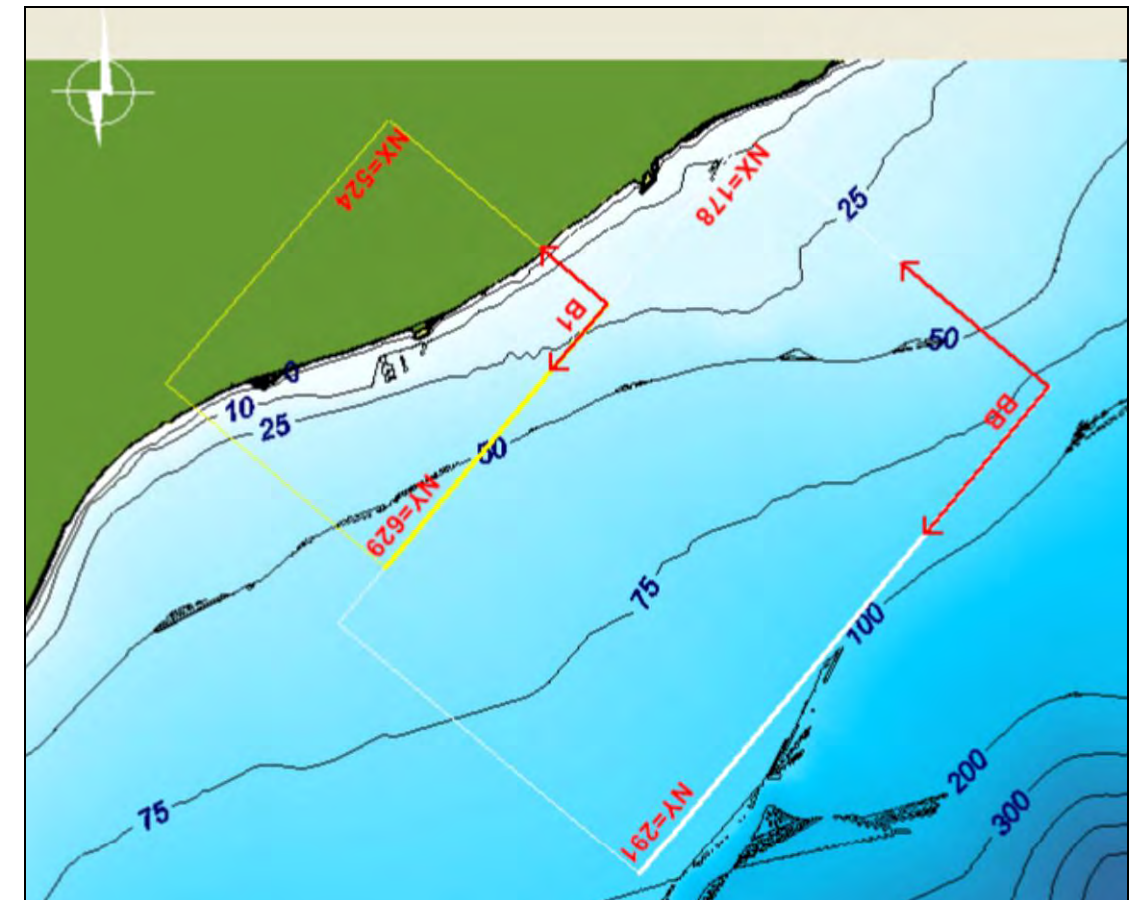


Figura 5.- Mapa de situación de la zona de estudio junto con sus principales oleajes de afección Batimetría de detalle de la zona de estudio (MOPLA), y mallas de aproximación (BB) y de detalle (B1) utilizadas para las propagaciones del E y SE (Fuente: Elaboración propia)

En el caso de las mallas de propagación de los oleajes del S y SSW (CC y C1):

- Malla de aproximación CC:
 - Origen (x,y): 453512.31, 4575259.58
 - 202 filas equiespaciadas 64,87 metros por 242 columnas equiespaciadas 64,98 metros.
 - Orientación de la malla respecto a su eje x (ref. modelo para rumbos Este): 90°.
- Malla de detalle C1 (encadenada a la malla CC):
 - Origen (x,y): 450263.44, 4588298.28
 - 439 filas equiespaciadas 16,01 metros por 685 columnas equiespaciadas 16,24 metros.
 - Orientación de la malla respecto a su eje x (ref. modelo para rumbos Este): 90°.

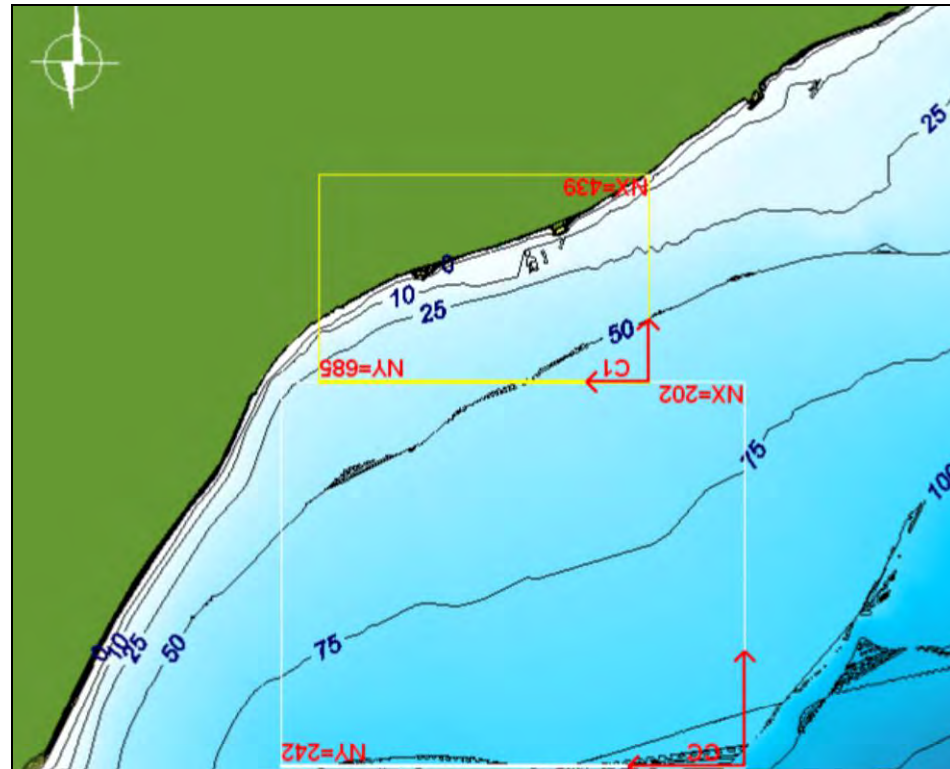


Figura 6.- Mapa de situación de la zona de estudio junto con sus principales oleajes de afección Batimetría de detalle de la zona de estudio (MOPLA), y mallas de aproximación (CC) y de detalle (C1) utilizadas para las propagaciones del S y SSW (Fuente: Elaboración propia)

1.4 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos en las propagaciones del oleaje morfológico y oleaje asociado a las 12 h/año son los vectores de los frentes del oleaje, las gráficas de isolíneas de altura de ola y los vectores de las corrientes inducidas por la rotura del oleaje. En el caso de las propagaciones de oleaje extremal los resultados se restringen a los gráficos de vectores y de isolíneas de altura de ola.

En el Apéndice 1 de este Anejo se muestran los resultados gráficos obtenidos.

Tal como se presenta de manera gráfica en la Figura 7.- y Figura 8.- los efectos de asomeramiento, refracción y difracción conviven de diferente manera según la procedencia del oleaje en aguas profundas, desde el oleaje del E (el más modificado hasta llegar a la playa), o el SSW (en segundo lugar), siendo el S y SE los más inalterados. Independientemente de que este comportamiento es bastante regular y uniforme en todo el frente litoral, tal como se analiza en profundidad a lo largo de este capítulo por medio de 5 puntos de control, merece la pena señalar el efecto de concentración energética que se produce entre los puntos C y D, que si bien no alteran esa dinámica regular en el frente, sí suponen ciertas alteraciones locales del patrón que pueden generar efectos o episodios erosivos puntualmente. Lo mismo sucede en lo referente a la altura de ola a pie de playa en esta zona de concentración, lo que se traduce en incrementos puntuales asociados en los valores de K_p .

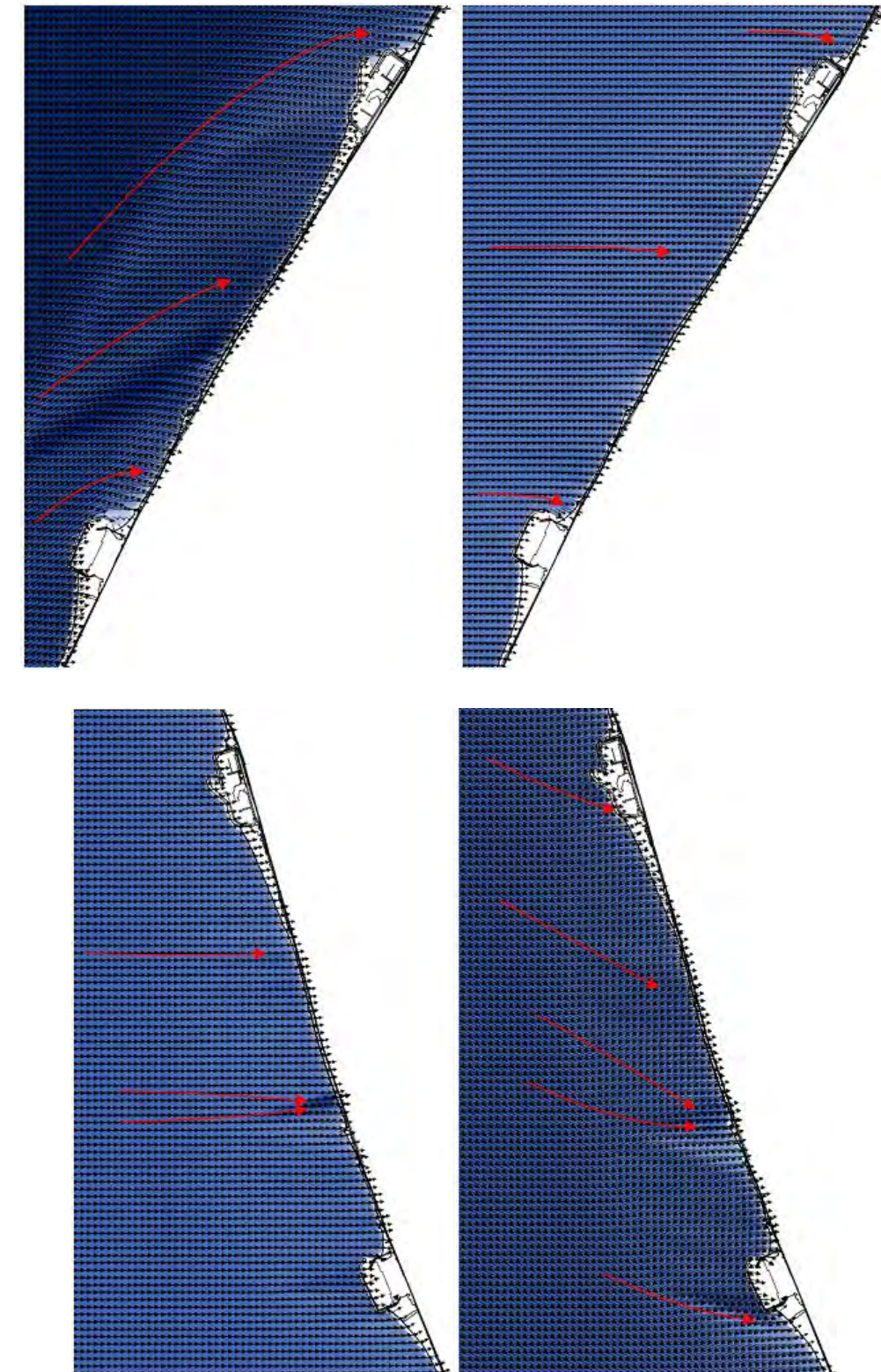


Figura 7.- Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (vectores) para los casos de altura de ola morfológica del E (superior izquierda), SE (superior derecha), S (inferior izquierda) y SSW (inferior derecha)(Fuente: Elaboración propia)

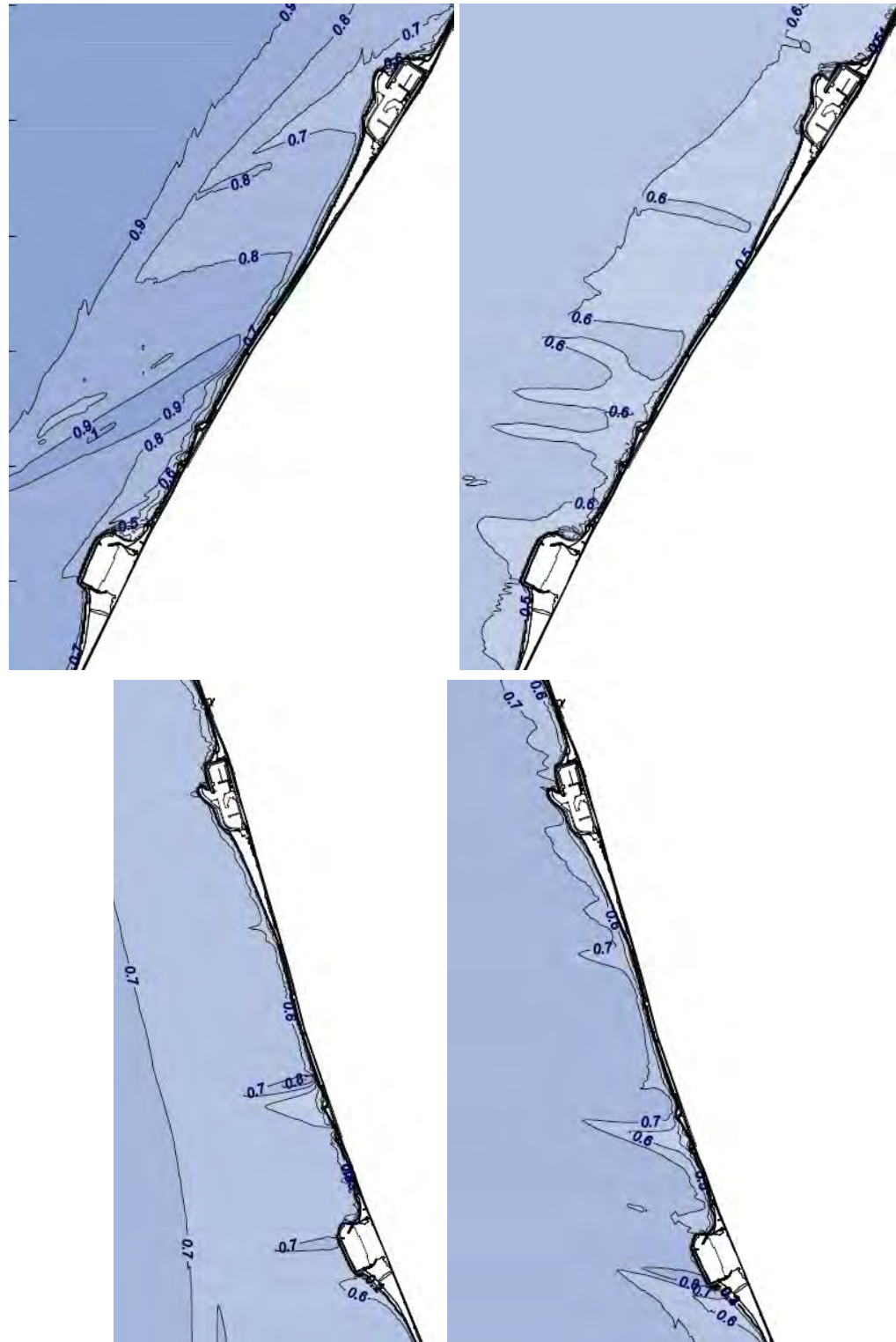


Figura 8.- Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (isolíneas de altura de ola) para los casos de altura de ola morfológica del E (superior izquierda), SE (superior derecha), S (inferior izquierda) y SSW (inferior derecha) (Fuente: Elaboración propia)

Se han obtenido los coeficientes de propagación K_p (es decir relación entre la altura local y la altura en aguas profundas) y las direcciones locales del oleaje en cinco puntos a lo largo de la zona de estudio a una profundidad de -5 metros (ver Figura 9.-).



Figura 9.- Ubicación de los puntos donde se ha calculado K_p y D_{local} . (Fuente: elaboración propia)

Los resultados gráficos se muestran en la Figura 10.- a Figura 12.- .

En cuanto a los valores de K_p se aprecia que los valores mínimo se obtienen para la dirección E y los máximos para la dirección SE o S según el punto de análisis. Asimismo los valores de K_p son mínimos en las direcciones SE, S y SSW para los valores menores de T_p , mientras que para la dirección E sucede lo contrario (mínimos valores de K_p para los mayores períodos, salvo en el punto D).

Por lo que respecta a las direcciones locales, los oleajes que más cambian su dirección (es decir, que más giran) son los del E, seguidos de los de SSW y los que menos el SE y el S. Asimismo los giros máximos en cada dirección se producen para los valores mayores de T_p .

En la Figura 13.- se muestra la comparación de K_p a lo largo de la costa en los 5 puntos analizados para las diferentes direcciones de incidencia. Puede apreciarse que las diferencias son poco significativas salvo para la dirección E, en la que llega a haber diferencias superiores al 15%, siendo el punto C el que registra valores de K_p superiores.

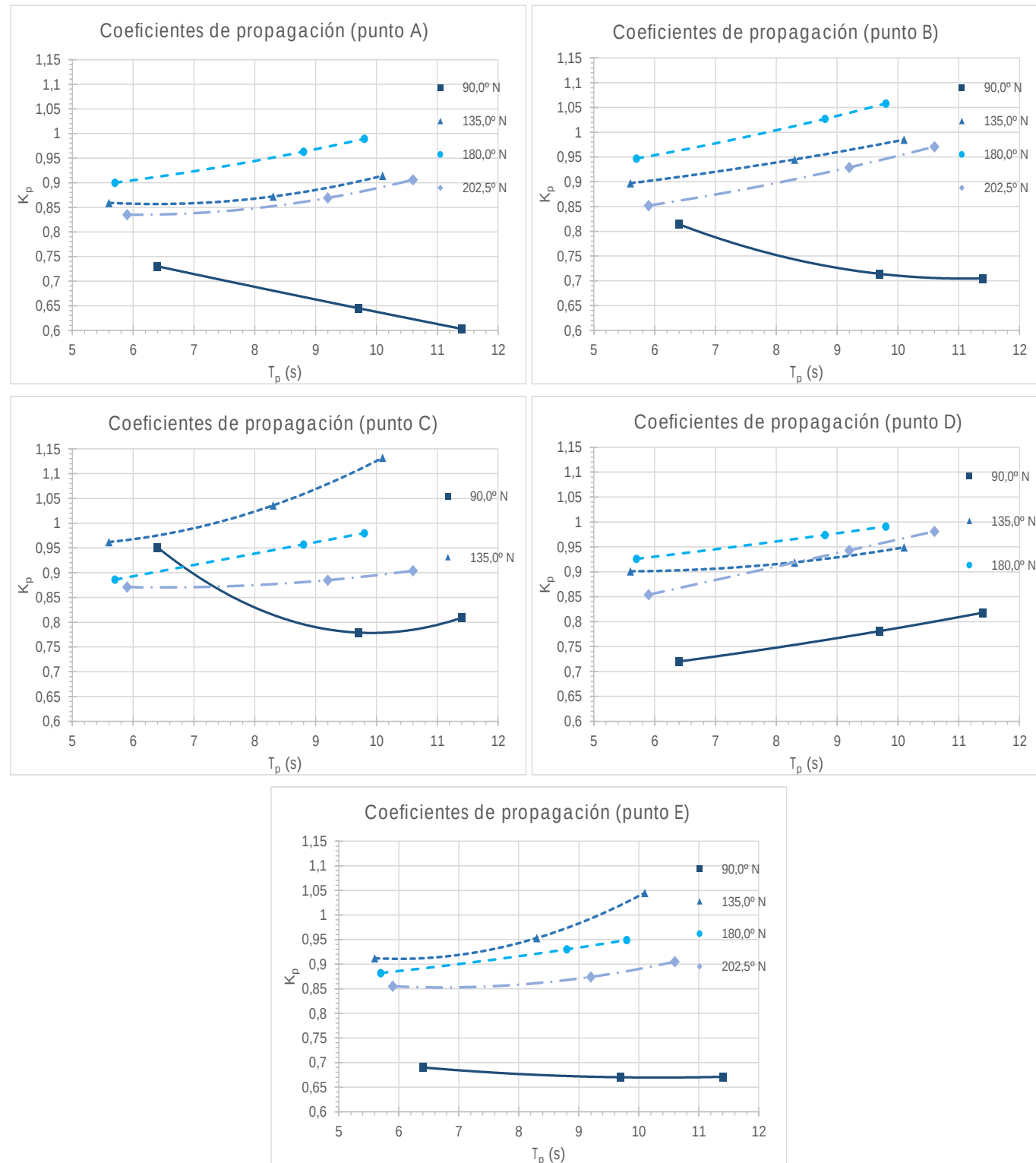


Figura 10.- Coeficientes de propagación a lo largo de la zona de estudio a una profundidad de -5 m (Fuente: elaboración propia)

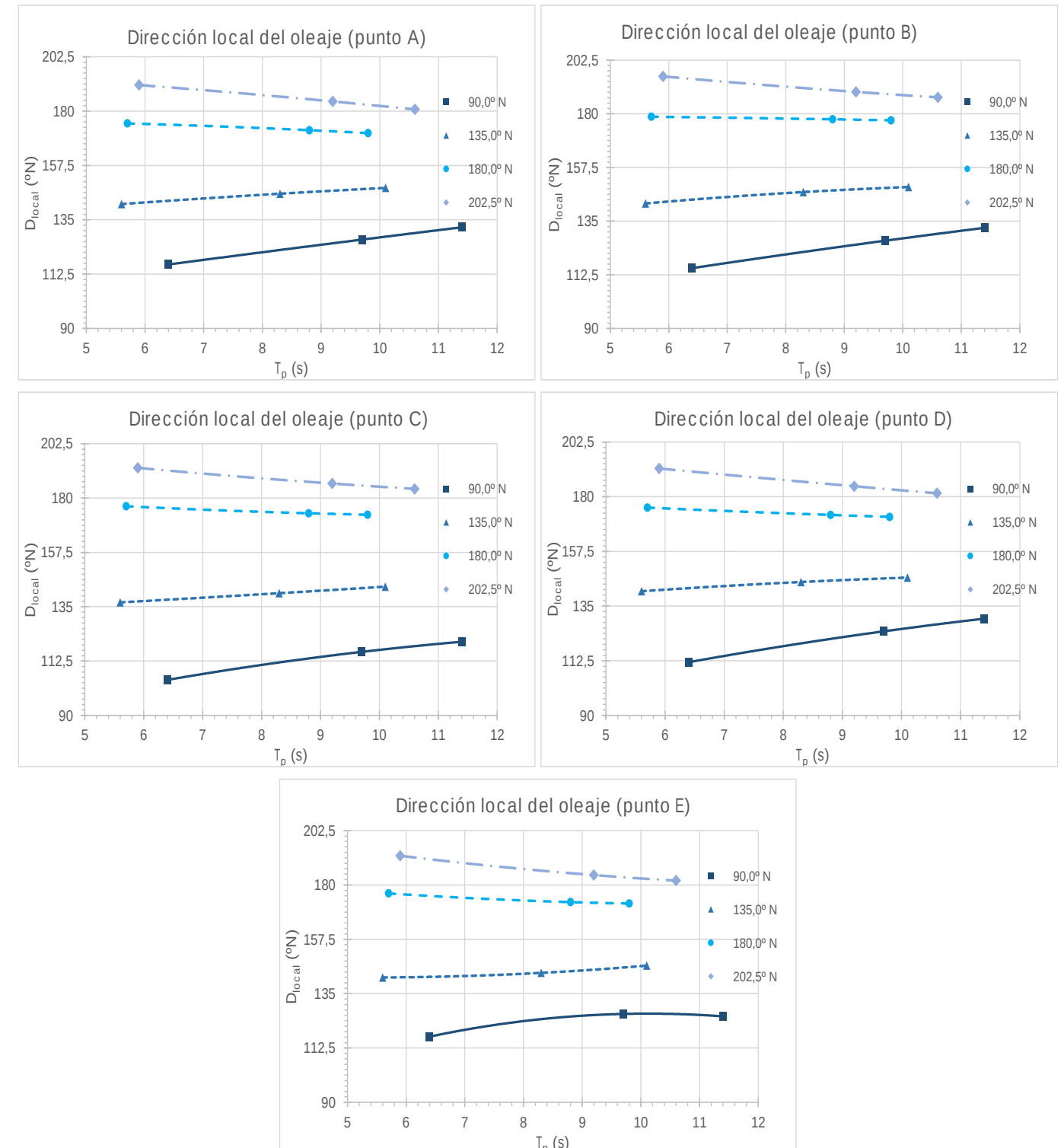


Figura 11.- Direcciones locales del oleaje a lo largo de la zona de estudio a una profundidad de -5 m (Fuente: elaboración propia)

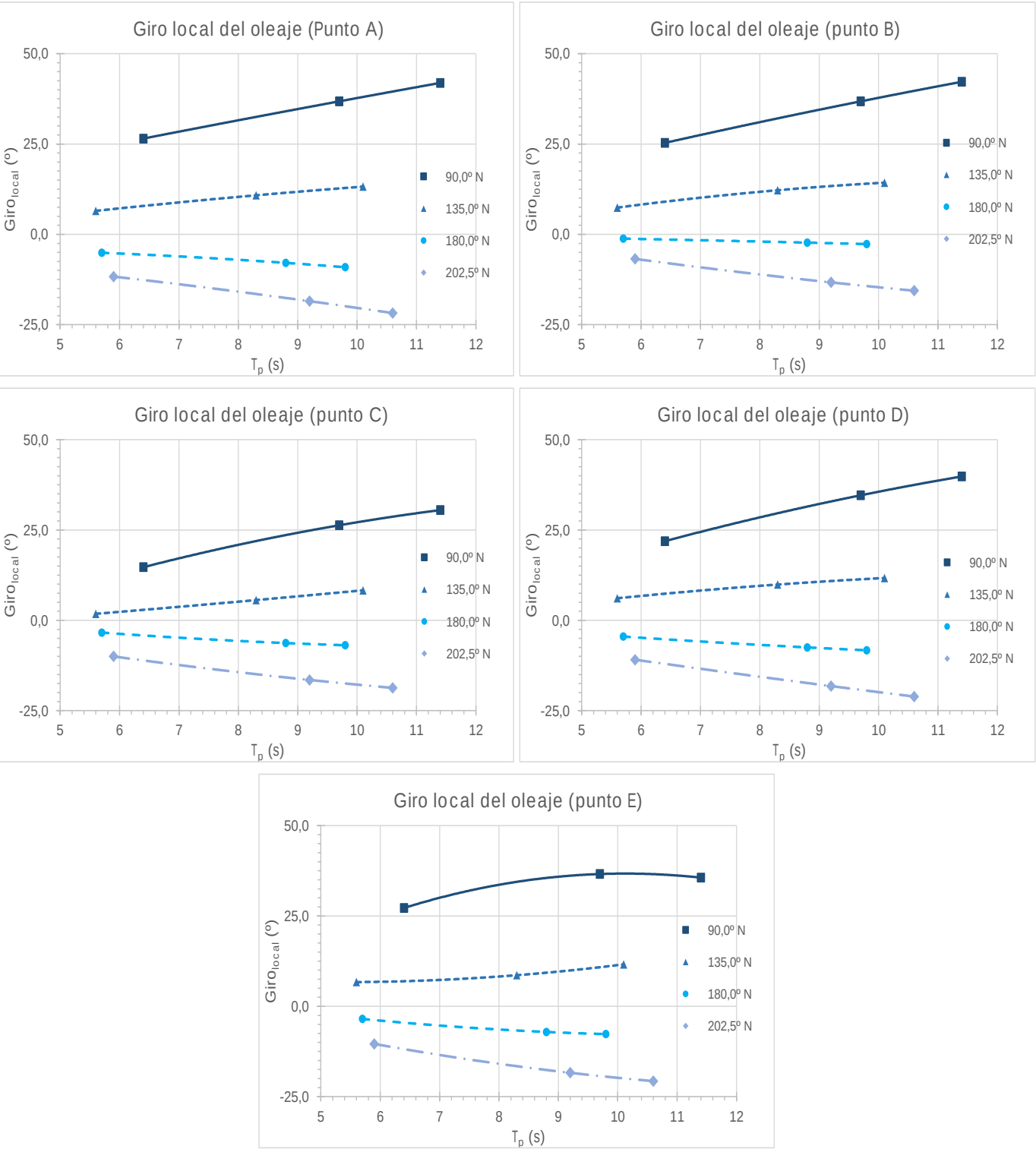


Figura 12.- Giros locales del oleaje a lo largo de la zona de estudio a una profundidad de -5 m (Fuente: elaboración propia)

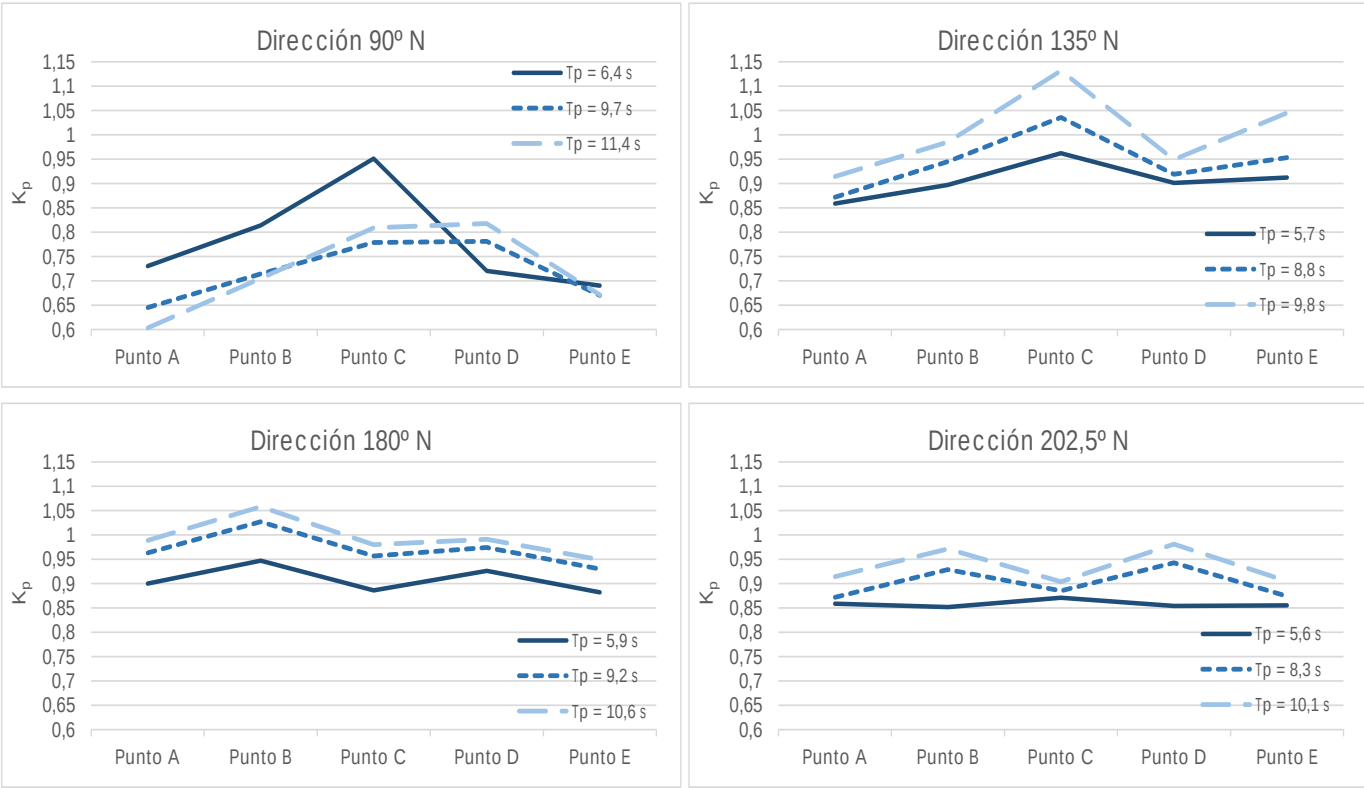


Figura 13.- Comparación de K_p a lo largo de la costa en los 5 puntos analizados. (Fuente: elaboración propia)

2. CORRIENTES

2.1 INTRODUCCIÓN

Las corrientes son movimientos generalmente no periódicos, de masas de agua de mar. Estos movimientos pueden tener lugar en distintas capas a diferentes profundidades o bien entre ellas.

Los agentes generadores de las corrientes marinas son diversos: la acción del viento sobre la superficie del agua, las diferentes densidades de masas líquidas en contacto (especialmente en estuarios y en general en salidas al mar de aguas continentales), las sobreelevaciones locales del nivel medio, la influencia de la topografía costera...

Atendiendo al proceso de generación se pueden clasificar las corrientes en cinco tipos:

- Corrientes generales.
- Corrientes locales inducidas por el viento.
- Corrientes inducidas por el oleaje.
- Corrientes de marea.
- Corrientes inducidas por la desembocadura de aguas continentales.

La determinación de las intensidades de las corrientes es sumamente difícil debido a las múltiples variaciones en tiempo y profundidad. Únicamente es posible obtener un valor medio significativo tras una campaña especial con instrumentación precisa, o bien a través de complejos modelos numéricos que para su calibrado necesitan de todos modos resultados de una campaña.

Los parámetros principales que definen las características de una corriente son su dirección o rumbo, que indican el lugar hacia donde se dirigen y la deriva o velocidad diaria.

Desde el punto de vista de la ingeniería de costas y puertos, las corrientes más importantes son las que tienen lugar en la zona próxima a la costa, dado que son las únicas susceptibles de afectar sensiblemente a las playas, bahías, estuarios y a las obras en ellas presentes. Las corrientes generales (de gran escala) y las inducidas por la desembocadura de aguas continentales carecen de importancia por tanto en este proyecto. Los otros tres tipos se describen en los siguientes puntos.

Los únicos agentes capaces de producir corrientes importantes en esta zona son las corrientes locales inducidas por el viento y las inducidas por el oleaje. Sin embargo, la intensidad de las primeras es poco notoria en lo relativo a la dinámica litoral ya que se limitan a la parte superior de la columna de agua. En cambio, las producidas por el oleaje son aquí más importantes.

Las corrientes de rotura, afectan de manera importante a la evolución y al estado actual de equilibrio de una playa, en cuanto a su forma en planta y en perfil (especialmente respecto a la primera). La

rotura del oleaje genera unas corrientes, fundamentalmente paralelas a la playa, que están condicionadas por el ángulo con que el oleaje incide en la playa y por los gradientes longitudinales de altura de ola a lo largo de la playa.

Su importancia radica en la alta capacidad que este tipo de corrientes tiene de transportar y movilizar, en dirección paralela a costa, sedimentos que el oleaje ha puesto previamente en suspensión en la zona de rotura (por efecto de la turbulencia). De esta forma, son unos agentes de peso a la hora de modelar la forma de una playa y proporcionarle cierta estabilidad.

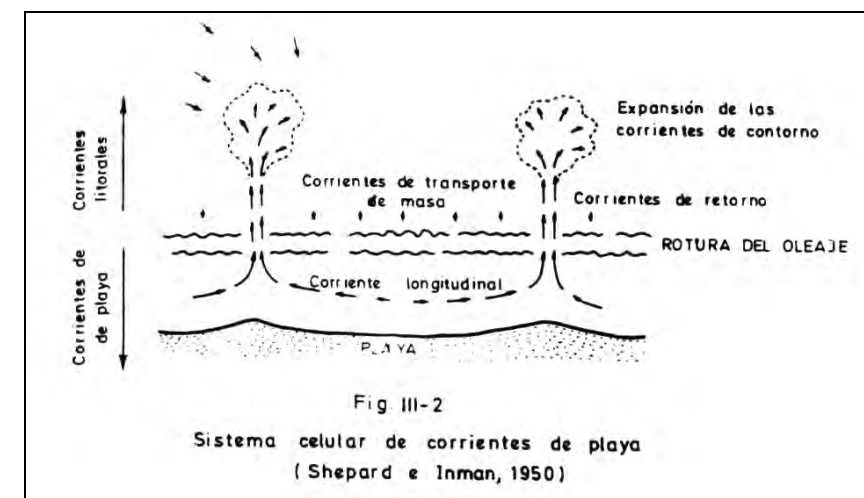
Para que una forma en planta esté en equilibrio es necesario, o bien que no existan corrientes longitudinales, o bien que el gradiente del transporte generado por éstas sea nulo.

Para la determinación de estas corrientes longitudinales, se pueden utilizar ciertas expresiones analíticas, en el caso de que las geometrías de playa sean simples. De no ser así, como es el caso, la utilización de modelos numéricos se muestra como la única alternativa razonable.

Fundamentalmente, para este proyecto, se ha utilizado el COPLA, un modelo de cálculo numérico de corrientes en playas, desarrollado por el GIOG; éste se basa en la determinación del tensor de radiación del oleaje, a partir de los resultados obtenidos en la propagación del mismo desde aguas profundas; así, calcula el campo de corrientes y niveles debido a dichos tensores de radiación, mediante un modelo no lineal que resuelve las ecuaciones integradas de Navier – Stokes.

El concepto de tensor de radiación, fue introducido por Longuet – Higgins y Stewart, en 1962, y se define como el exceso de flujo medio de cantidad de movimiento debido a la presencia de la onda, en la dirección de avance de la misma. La variación del tensor de radiación en la dirección x (perpendicular a la línea de costa), está balanceada por una variación del nivel medio del mar.

En la Figura 14.- se presentan unos esquemas de los sistemas circulatorios más característicos en playas.



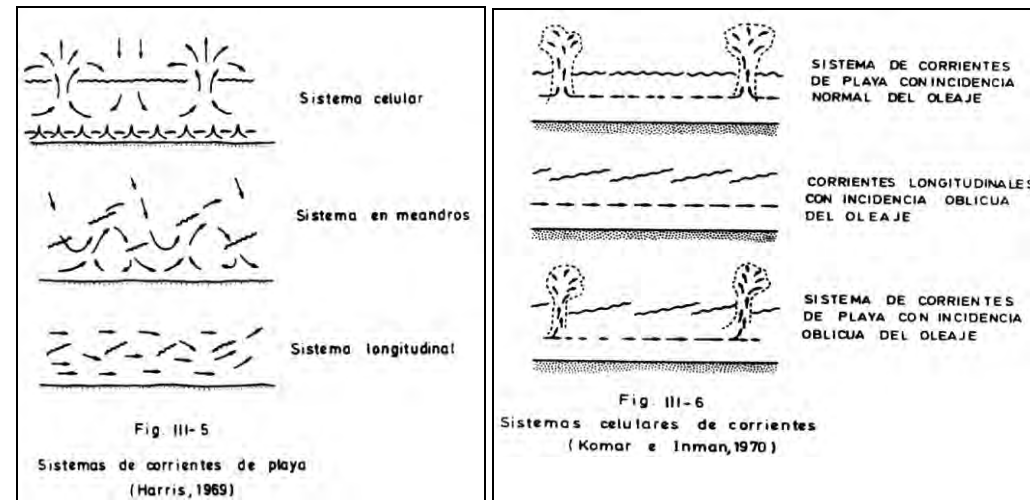


Figura 14.- Gráfica de diferentes sistemas circulatorios en playas (Fuente: Losada, M.A)

2.2 SISTEMA DE CORRIENTES LITORALES EN LA PLAYA OBJETO DE ESTUDIO

Para cada caso de oleaje morfológico y oleaje asociado a 12 h/año se calcularon las corrientes de rotura correspondientes. Los resultados se muestran en el Apéndice 1 de este anejo. Para el primer análisis se han utilizado las alturas de ola morfológicas, puesto que, tal como se comentó, recogen toda la energía de los oleajes incidentes. En los cuatro casos modelizados de ola morfológica, se aprecia el siguiente patrón y magnitudes (ver Figura 15.-):

- corriente en sentido E a W a lo largo de todo el frente litoral del orden de 0,04 a 0,05 m/s para oleajes del E, llegando puntualmente a valores máximos de 0,08 m/s.
- para oleajes del SE, se aprecia una corriente en sentido E a W, salvo inversión de sentido local (de W a E) por la parte exterior del primer tramo del dique de Levante del puerto de El Masnou, y de manera más regular (de W a E) a Poniente de dicho puerto. En general, las magnitudes son inferiores a 0,03 m/s, incrementándose a Poniente del puerto de El Masnou hasta 0,05 a 0,06 m/s.
- para los oleajes del S y SSW, se produce una corriente longitudinal por todo el frente litoral de W a E, salvo la existencia de una zona local de divergencia de corrientes producida por la concentración de energía entre los puntos de análisis C y D. Magnitudes inferiores a 0,03 m/s en todo el ámbito para oleajes del S y algo superiores (del orden de 0,05 m/s) para los del SSW.

En los casos de los oleajes asociados a H_{s12} , el patrón de corrientes cambia considerablemente respecto a las condiciones simuladas de oleaje morfológico tan solo para los oleajes del SE, en los que el sentido de la corriente se invierte a Poniente del puerto de El Masnou (sentido hacia el E) y a Levante del puerto de Premià (sentido hacia el W). En el tramo comprendido entre ambos puertos se mantiene básicamente hacia el Oeste (ver Figura 16.-). Se puede observar también en las figuras como en el caso del S, el incremento en la intensidad energética de la corriente hacia el E "barre" los dos pequeños bucles que se formaban a nivel local en la zona de concentración energética situada entre los puntos de análisis C y D.

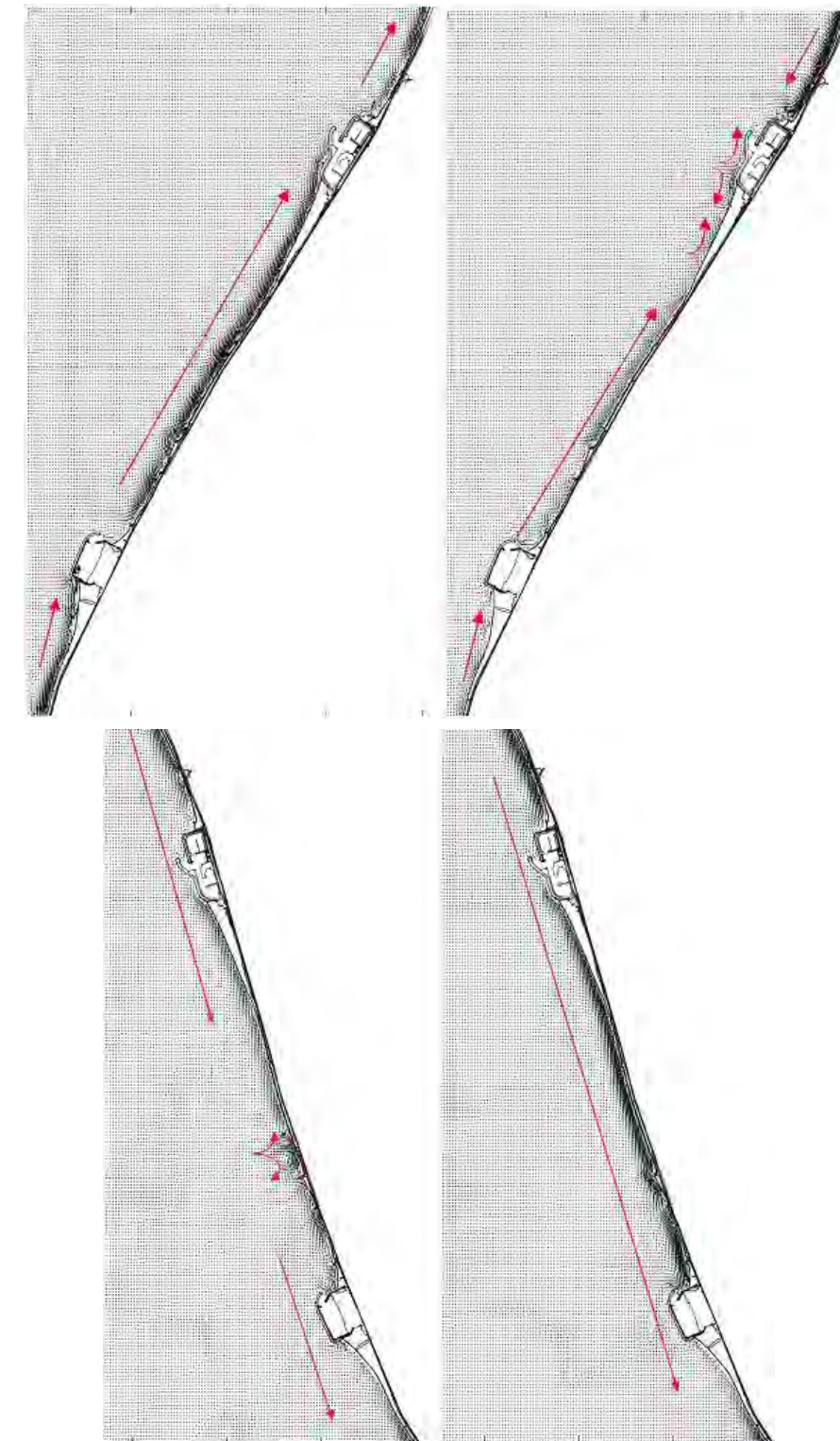


Figura 15.- Detalle gráfico de los vectores de corriente para los casos de altura de ola morfológica del E (superior izquierda), SE (superior derecha), S (inferior izquierda) y SSW (inferior derecha)(Fuente: Elaboración propia)



Figura 16.- Detalle gráfico de los vectores de corriente para los casos de $H_{s,12}$. De izquierda a derecha y de arriba abajo : E, SE, S y SSW. (Fuente: Elaboración propia)

APÉNDICE 1. RESULTADOS GRÁFICOS DE LA PROPAGACIÓN DEL OLEAJE Y CORRIENTES

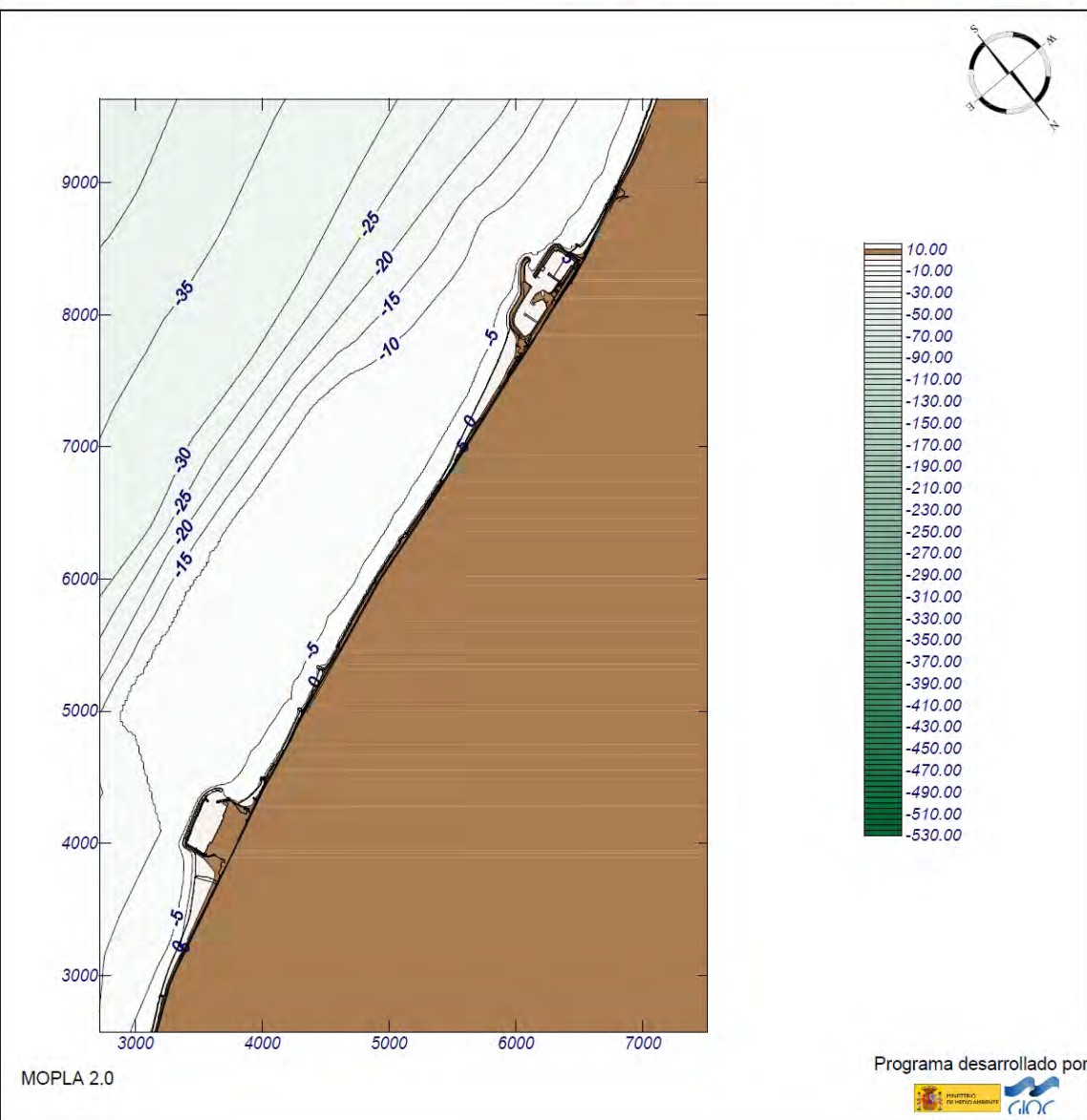
Se presenta a continuación un listado de las salidas gráficas extraídas del modelo numérico:

- Topografía 2D correspondiente al sistema de mallas BB/B1(Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (Este, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (Este, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (Este, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (Este, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (Este, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (Este, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (Este, altura de ola de diseño) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (Este, altura de ola de diseño) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (SE, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (SE, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (SE, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (SE, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (SE, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (SE, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (SE, altura de ola de diseño) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (SE, altura de ola de diseño) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Topografía 2D correspondiente al sistema de mallas CC/C1(Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (Sur, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (Sur, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (Sur, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (Sur, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (Sur, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (Sur, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (Sur, altura de ola de diseño) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (Sur, altura de ola de diseño) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (SSW, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (SSW, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (SSW, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (SSW, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (SSW, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (SSW, Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (SSW, altura de ola de diseño) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (SSW, altura de ola de diseño) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)

Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Topografía 2D (mallas BB/B1)

B1: malla detalle Levantes



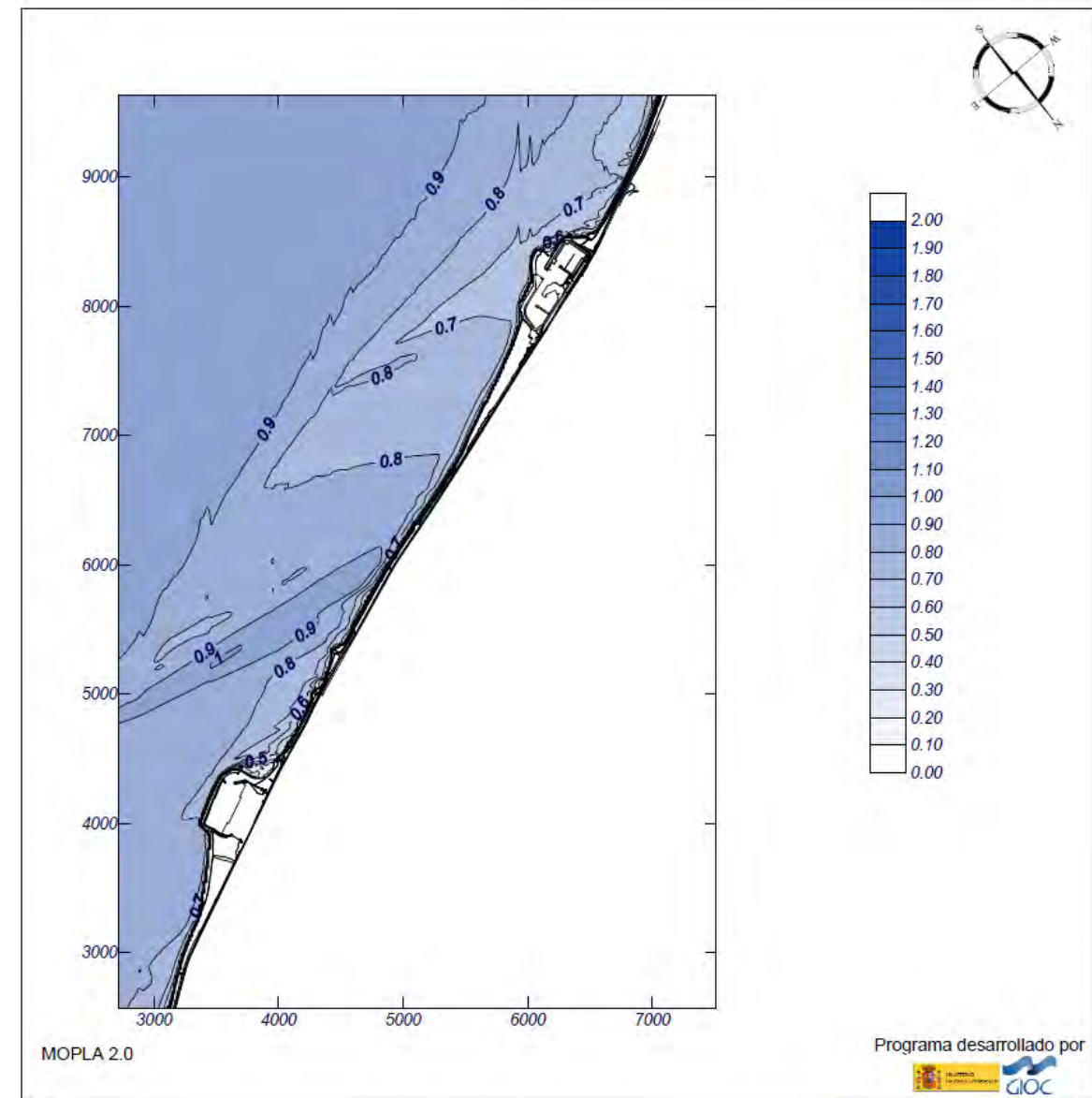
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B103
B1: detalle levantes
03: Hs morf E

Características de la simulación

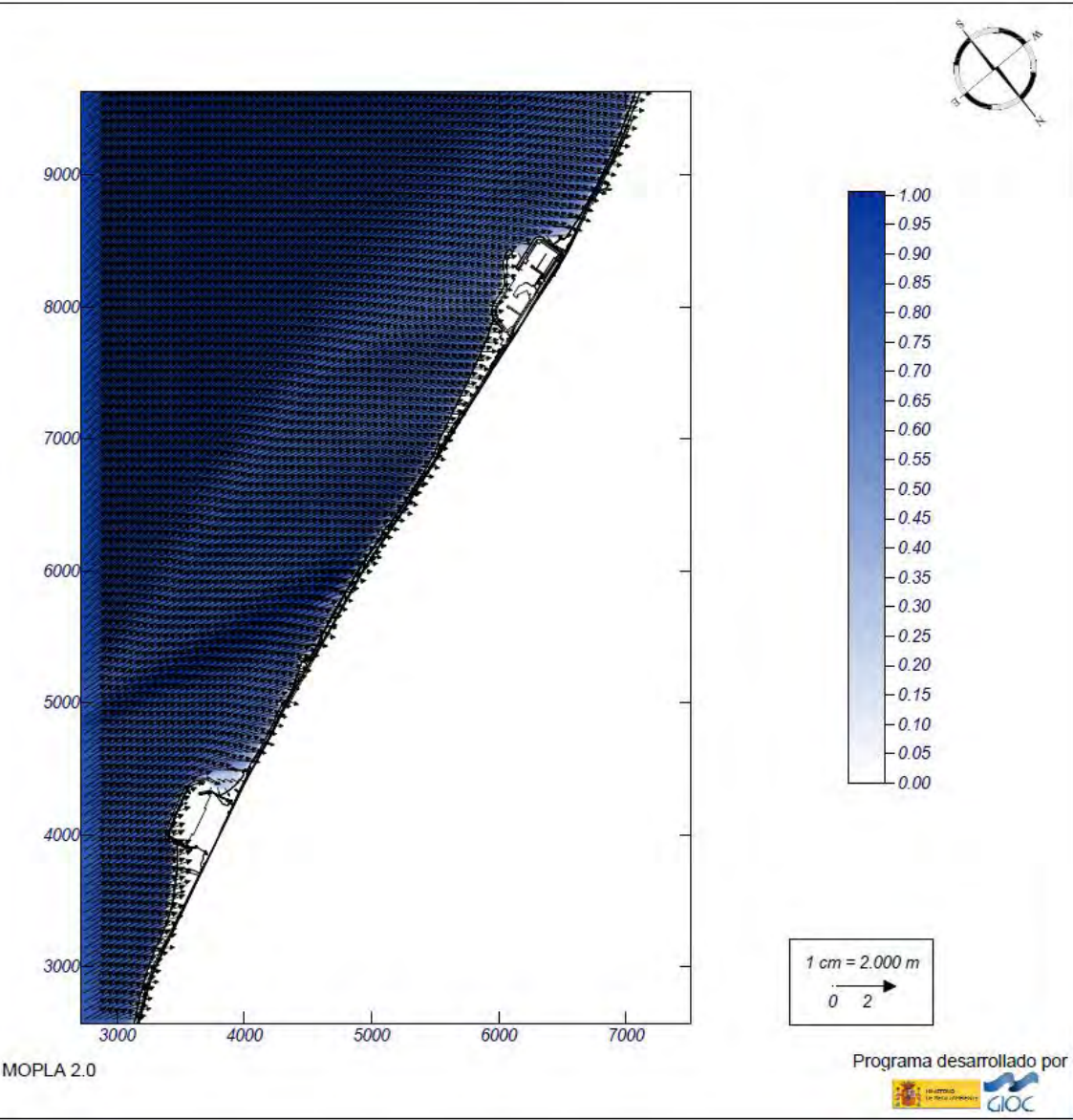
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.15625 Hz (Tp: 6.4 s) y: 3.3 Nº Comp.: 7 Espectro direccional θm: 40° (E) α: 5° - Nº Comp.: 5		



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

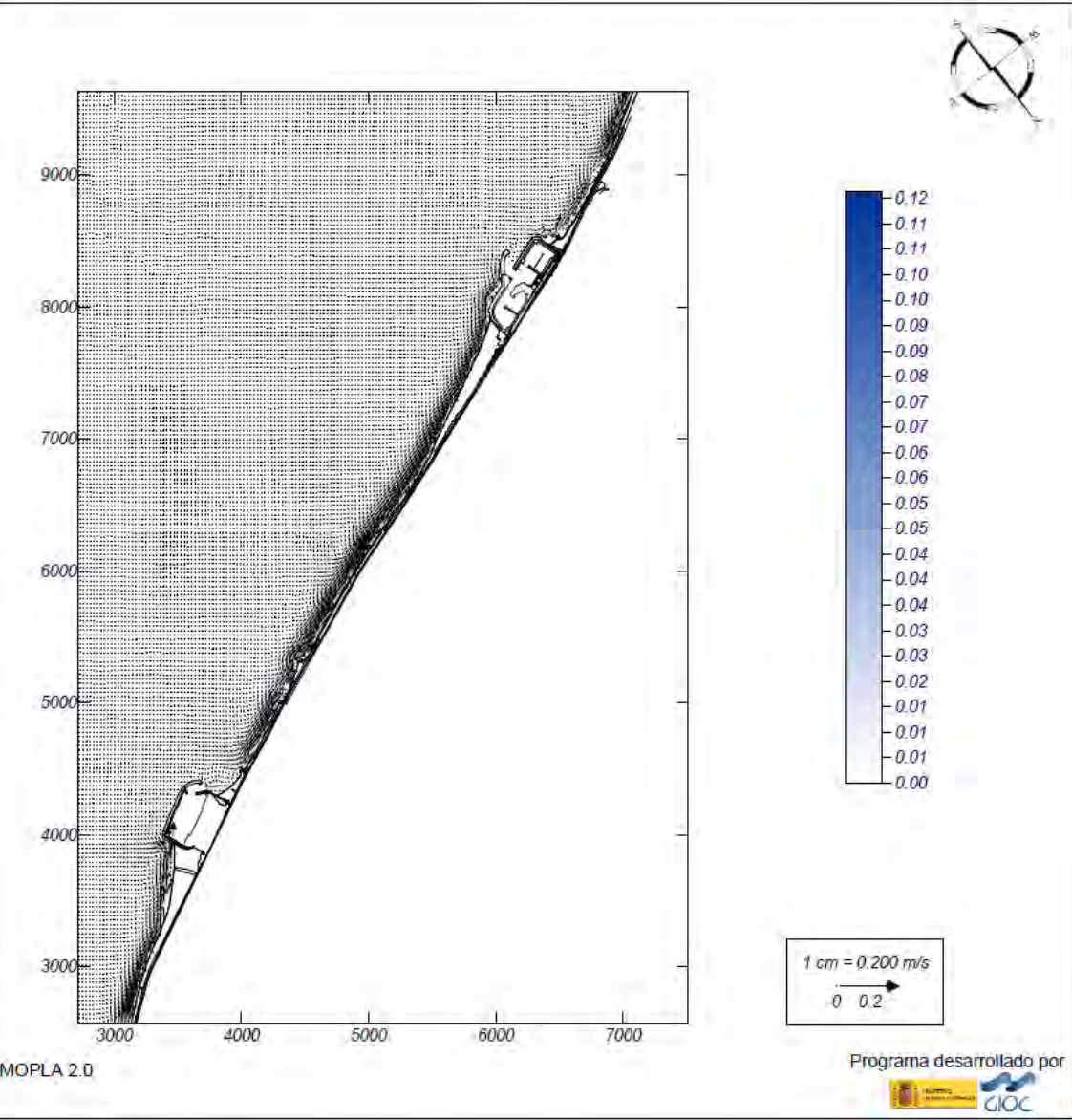
Caso espectral: B103 B1: detalle levantes 03: Hs morf E	Características de la simulación		
	OLUCA-SP Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.15825 Hz (Tp: 6.4 s) y: 3.3 Nº Comp.: 7 Espectro direccional θm: 40° (E) σ: 5° - Nº Comp.: 5	COPLA-SP	MOPLA-SP



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: B103 B1: detalle levantes 03: Hs morf E	Características de la simulación		
	OLUCA-SP Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.15825 Hz (Tp: 6.4 s) y: 3.3 Nº Comp.: 7 Espectro direccional θm: 40° (E) σ: 5° - Nº Comp.: 5	COPLA-SP Rugosidad de Nikuradse Ksw: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	MOPLA-SP

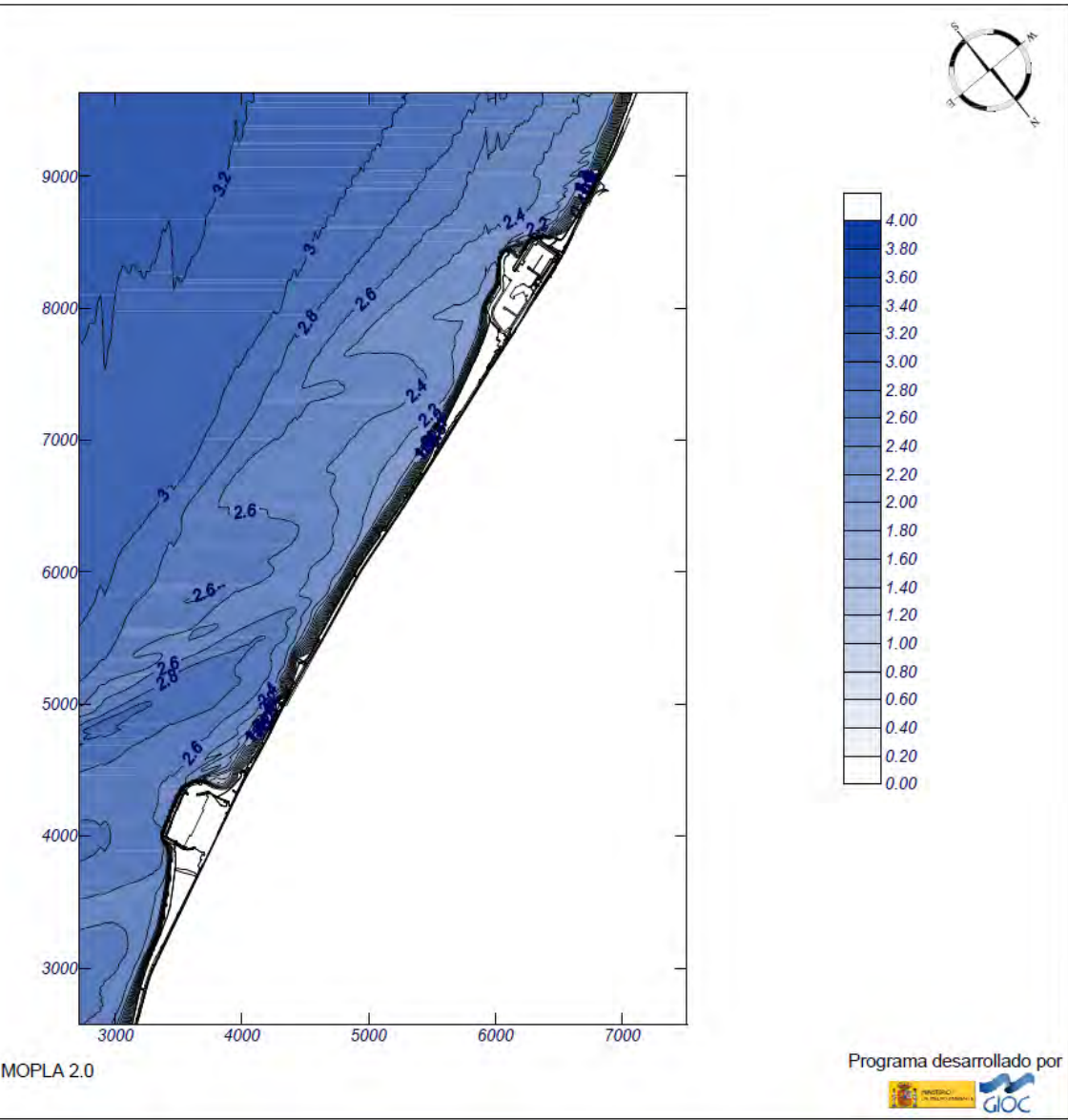


Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B115
B1: detalle levantes
15: Hs12 E

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 3.65 m h: 10 m fp: 0.103093 Hz (Tp: 9.70001 s) y: 3.3 Nº Comp.: 7 Espectro direccional θ_m : 40° (E) σ : 5° - Nº Comp.: 5		

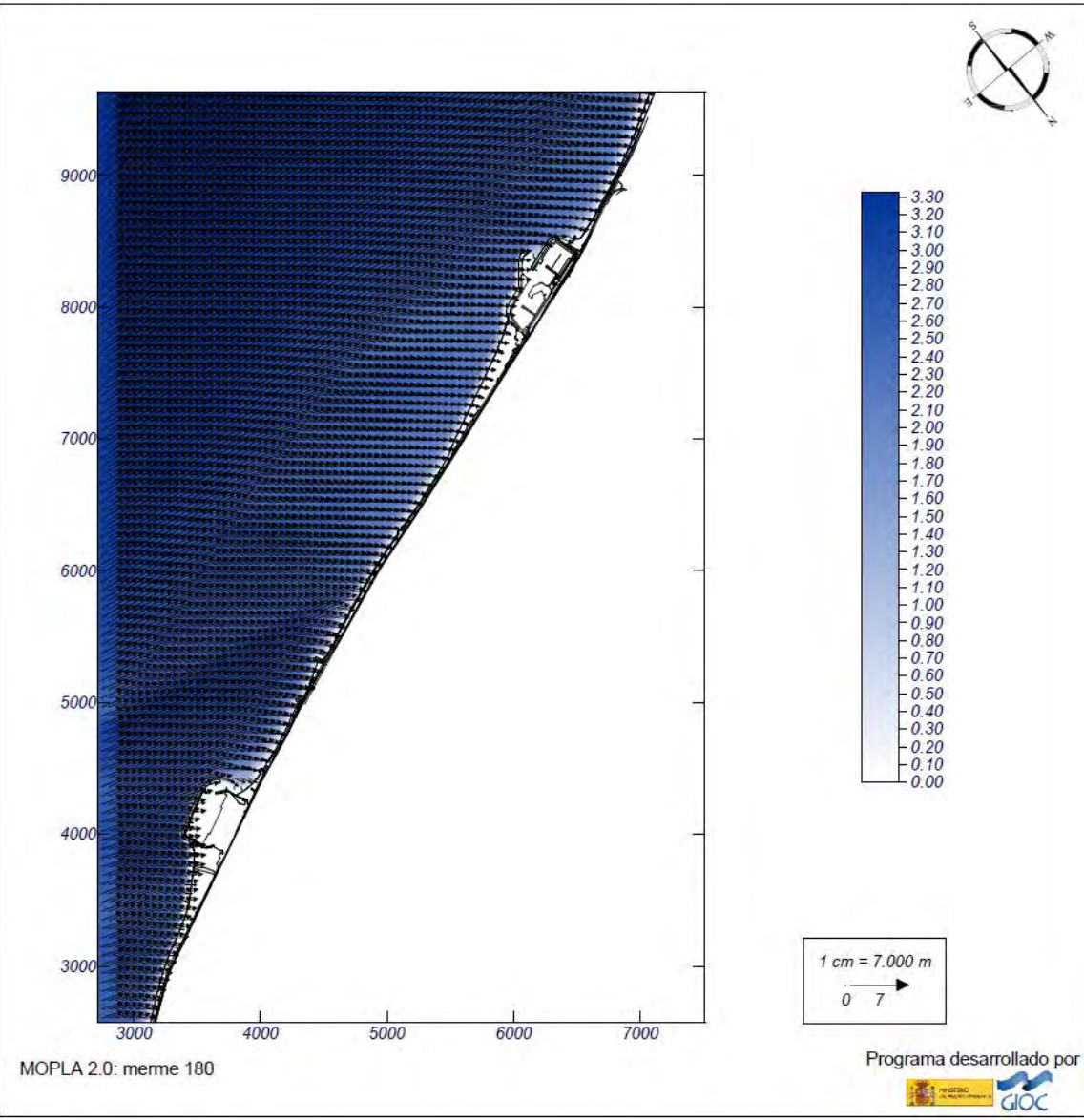


Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B115
B1: detalle levantes
15: Hs12 E

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 3.65 m h: 10 m fp: 0.103093 Hz (Tp: 9.70001 s) y: 3.3 Nº Comp.: 7 Espectro direccional θ_m : 40° (E) σ : 5° - Nº Comp.: 5		

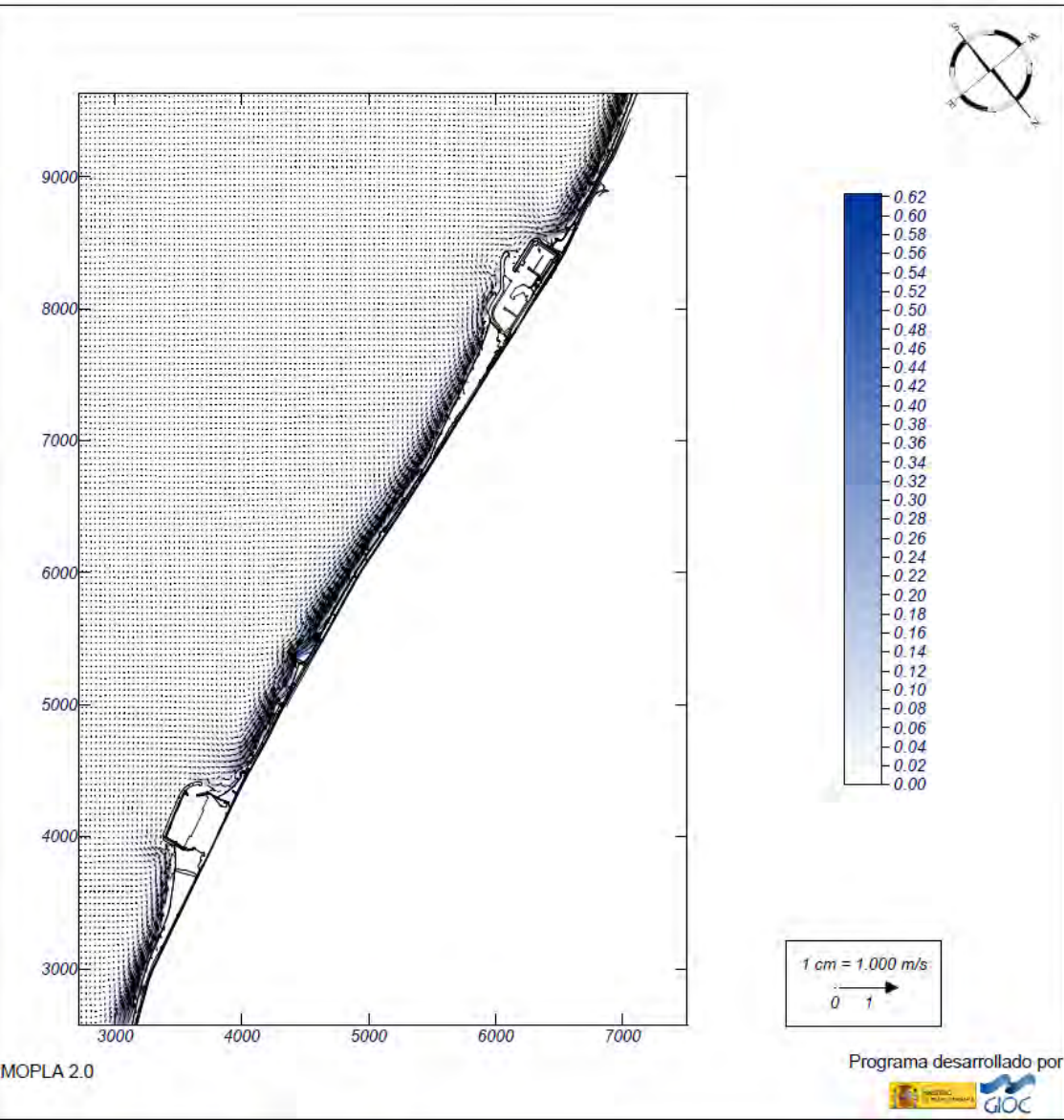


Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: B115
B1: detalle levantes
15: Hs12 E

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 3.65 m h: 10 m fp: 0.103093 Hz (Tp: 9.70001 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 7 Espectro direccional θm: 40° (E) σ: 5° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m²/s	

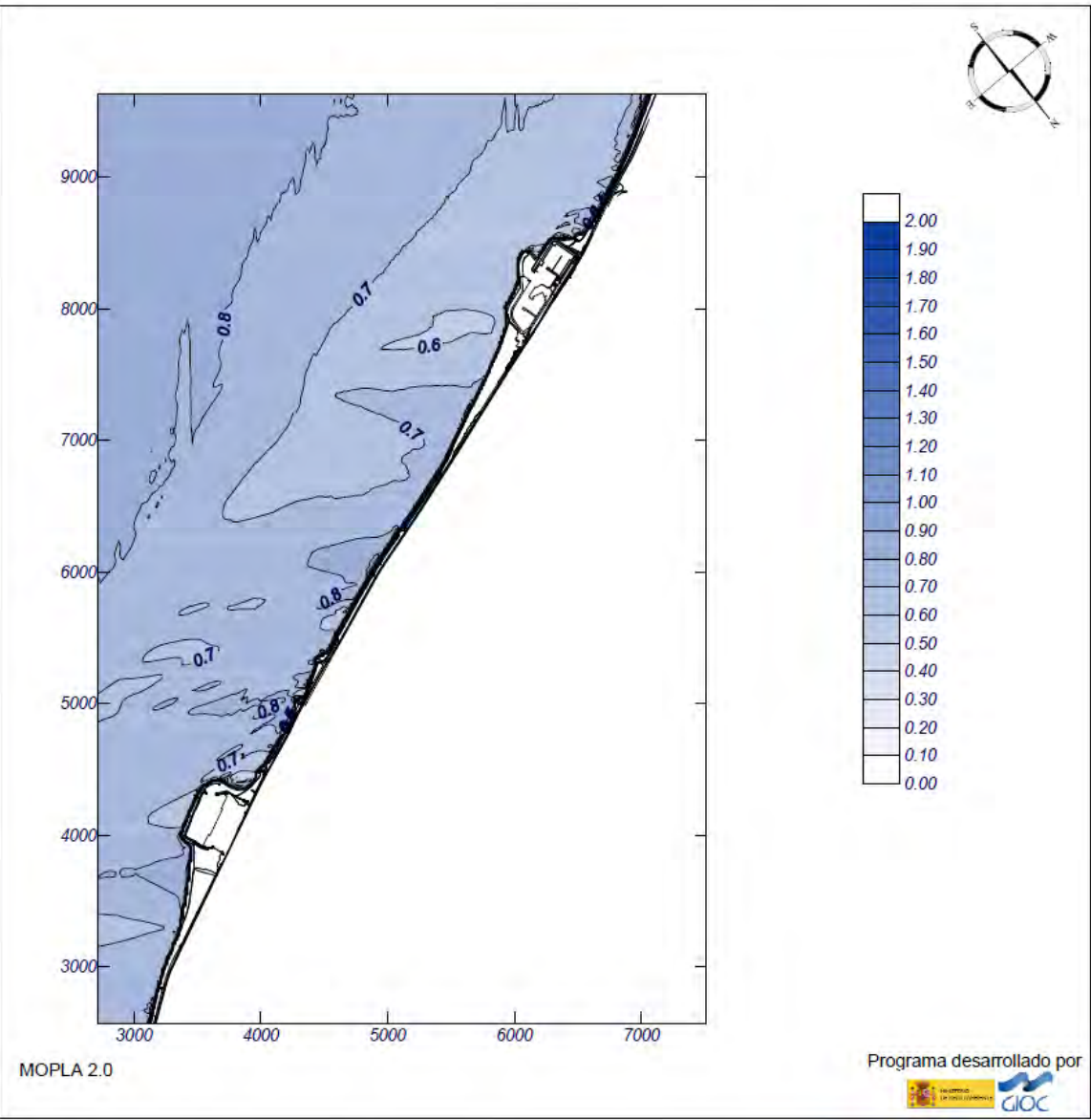


Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B104
B1: detalle levantes
04: Hs dis E

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.08772 Hz (Tp: 11.3999 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 7 Espectro direccional θm: 40° (E) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



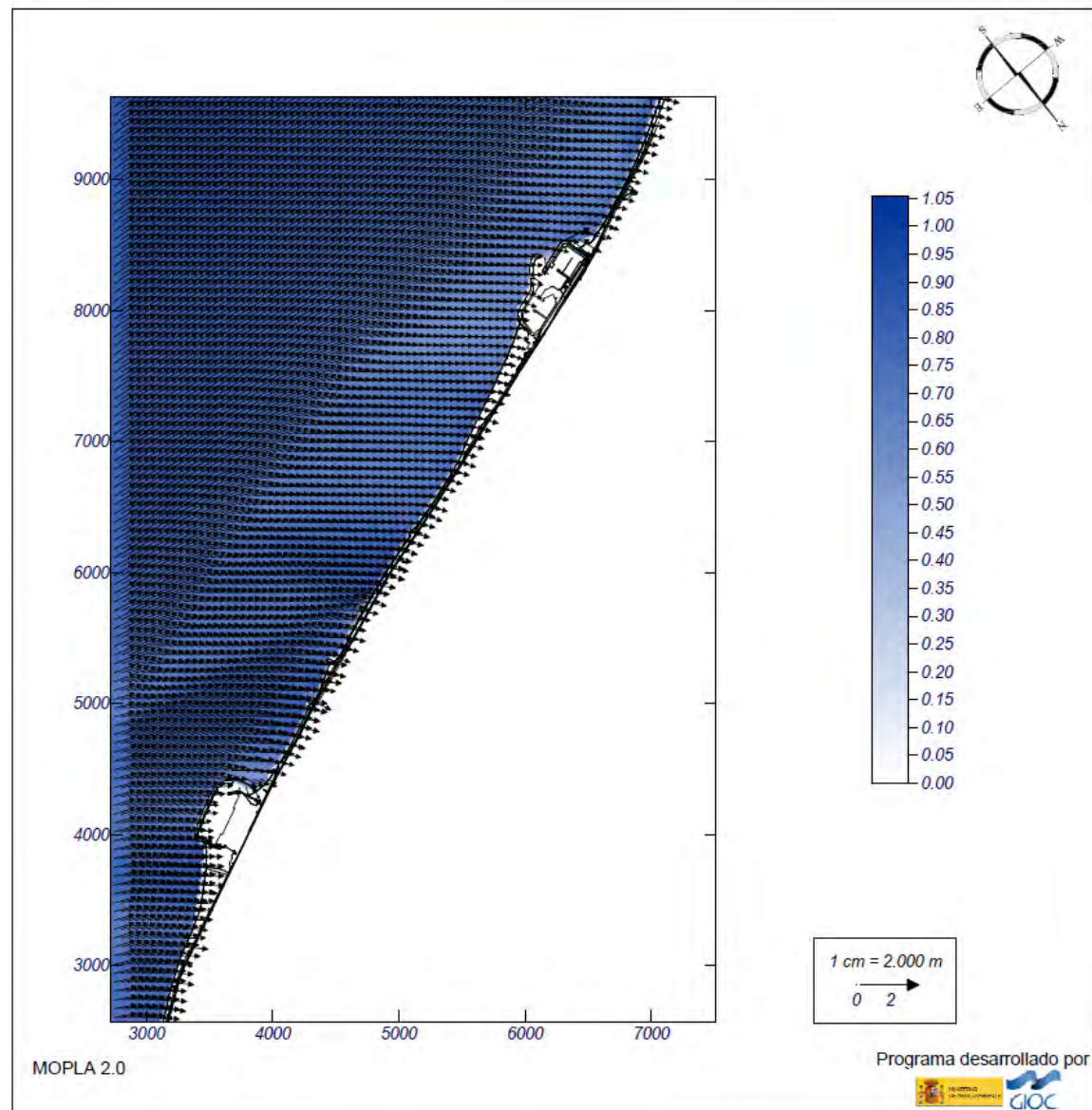
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B104
B1: detalle levantes
04: Hs dis E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.08772 Hz (Tp: 11.3999 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 7 Espectro direccional θm: 40° (E) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



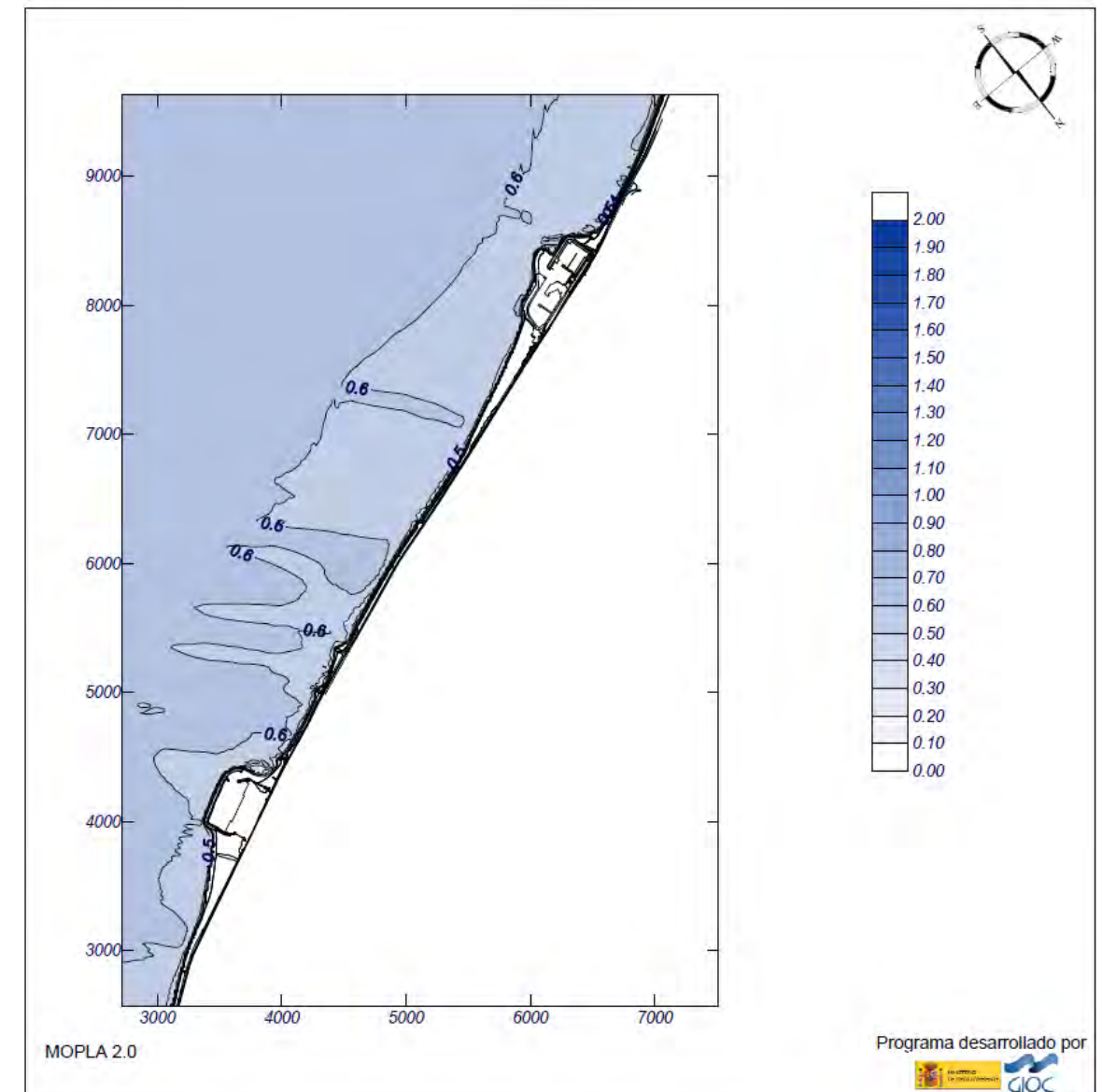
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B106
B1: detalle levantes
06: Hs morf SE

Características de la simulación

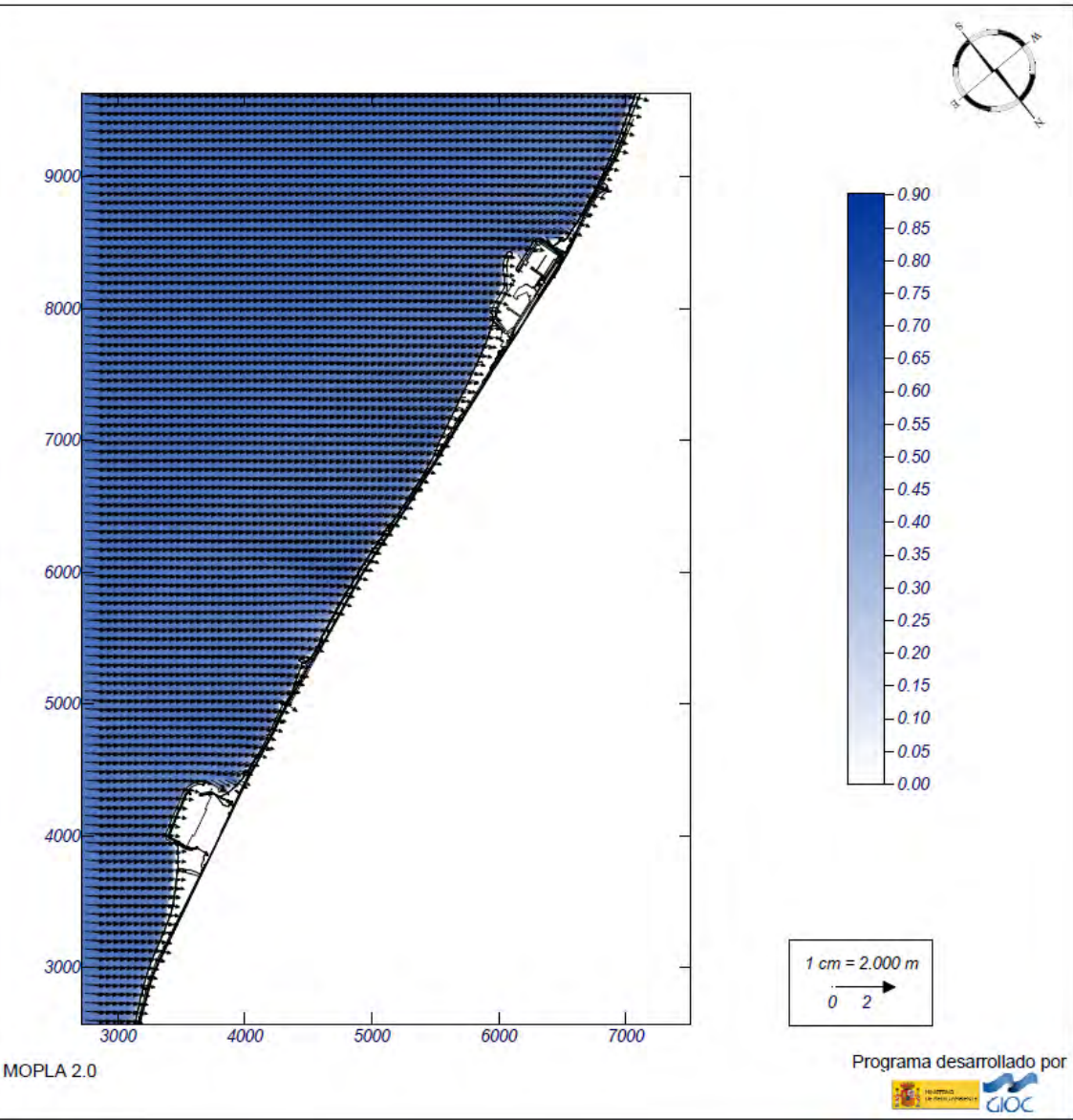
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.85 m h: 10 m fp: 0.178571 Hz (Tp: 5.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -5° (S45.0E) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

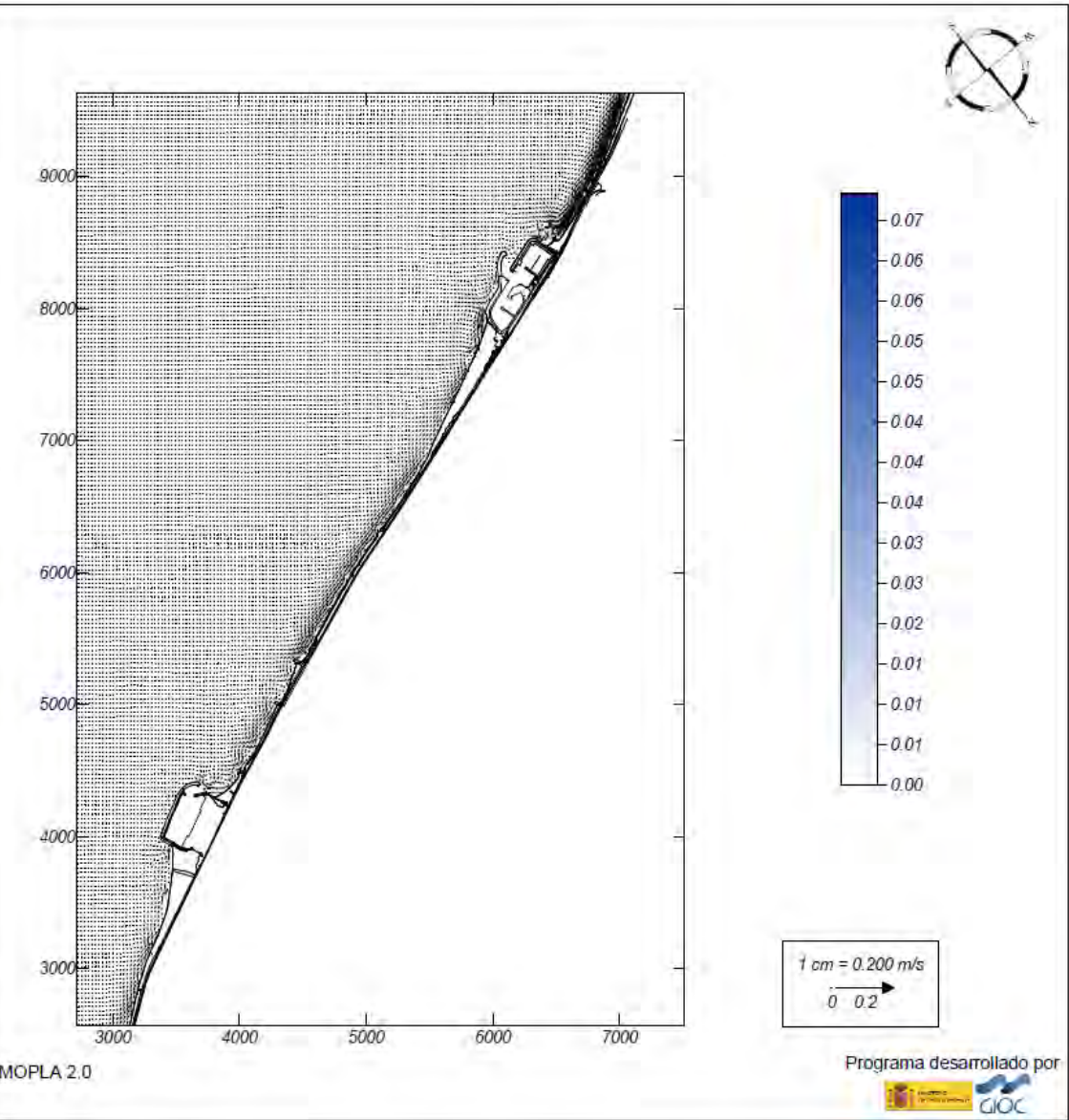
Caso espectral: B106 B1: detalle levantes 06: Hs morf SE	Características de la simulación		
	OLUCA-SP Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.65 m h: 10 m fp: 0.178571 Hz (Tp: 5.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -5° (S45.0E) σ: 5° - Nº Comp.: 5	COPLA-SP	MOPLA-SP



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: B106 B1: detalle levantes 06: Hs morf SE	Características de la simulación		
	OLUCA-SP Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.65 m h: 10 m fp: 0.178571 Hz (Tp: 5.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -5° (S45.0E) σ: 5° - Nº Comp.: 5	COPLA-SP Rugosidad de Nikuradse: Kswc: 1 m Viscosidad de remolino: ν: 8 m²/s	MOPLA-SP

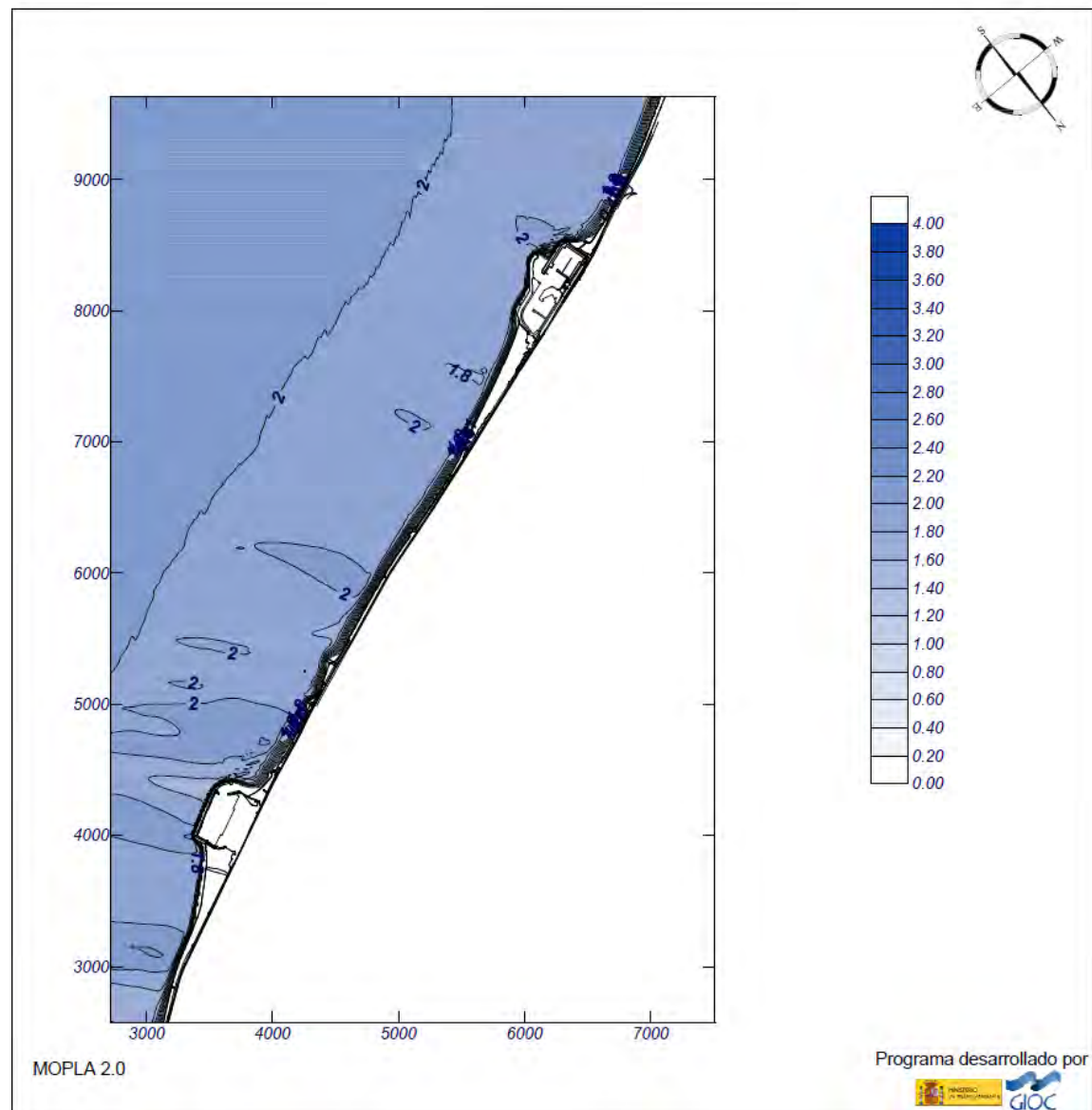


Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B116
B1: detalle levantes
16: Hs12 SE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.15 m h: 10 m fp: 0.120482 Hz (Tp: 8.3 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -5° (S45.0E) σ: 5° - Nº Comp.: 5		

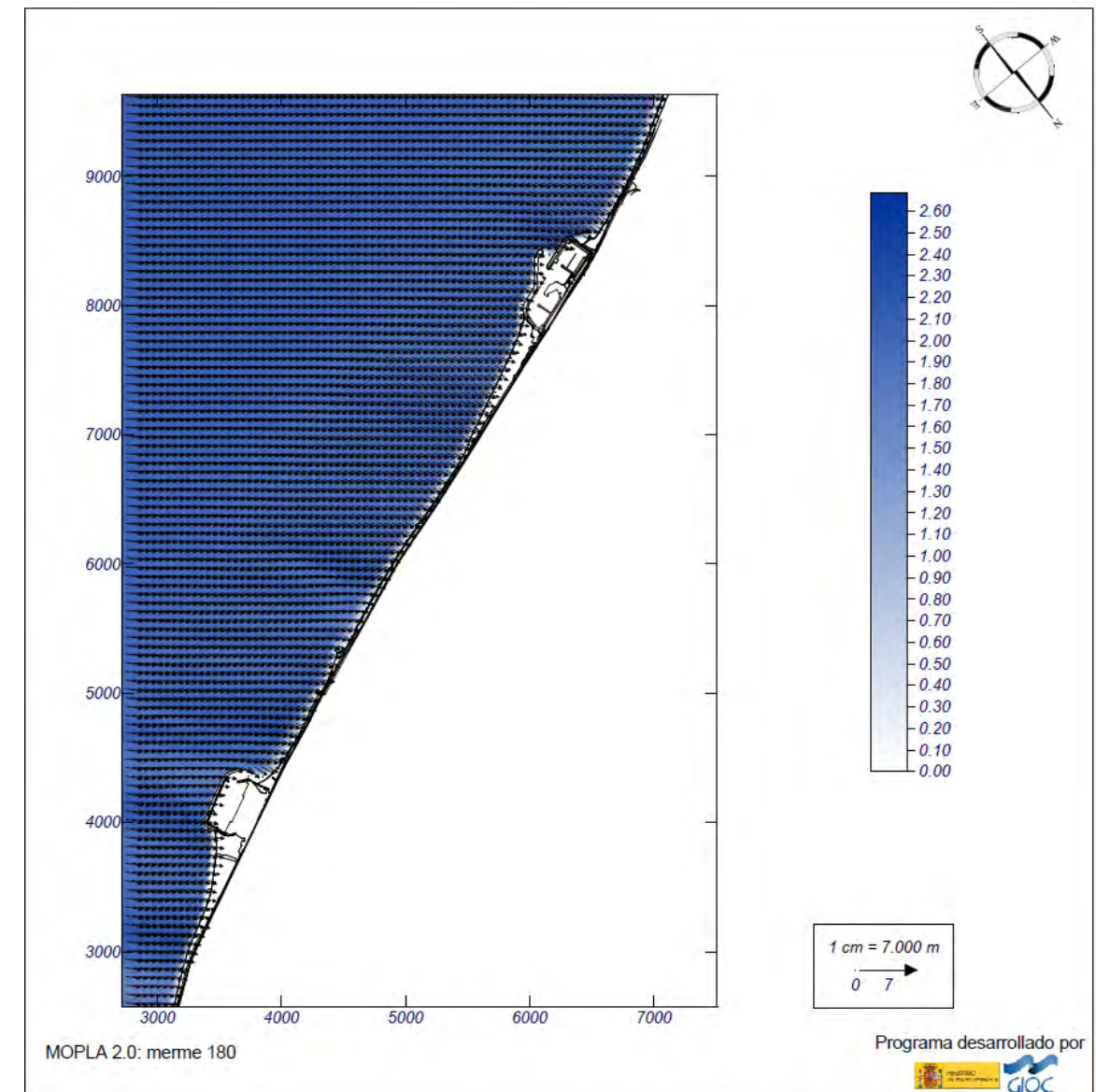


Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B116
B1: detalle levantes
16: Hs12 SE

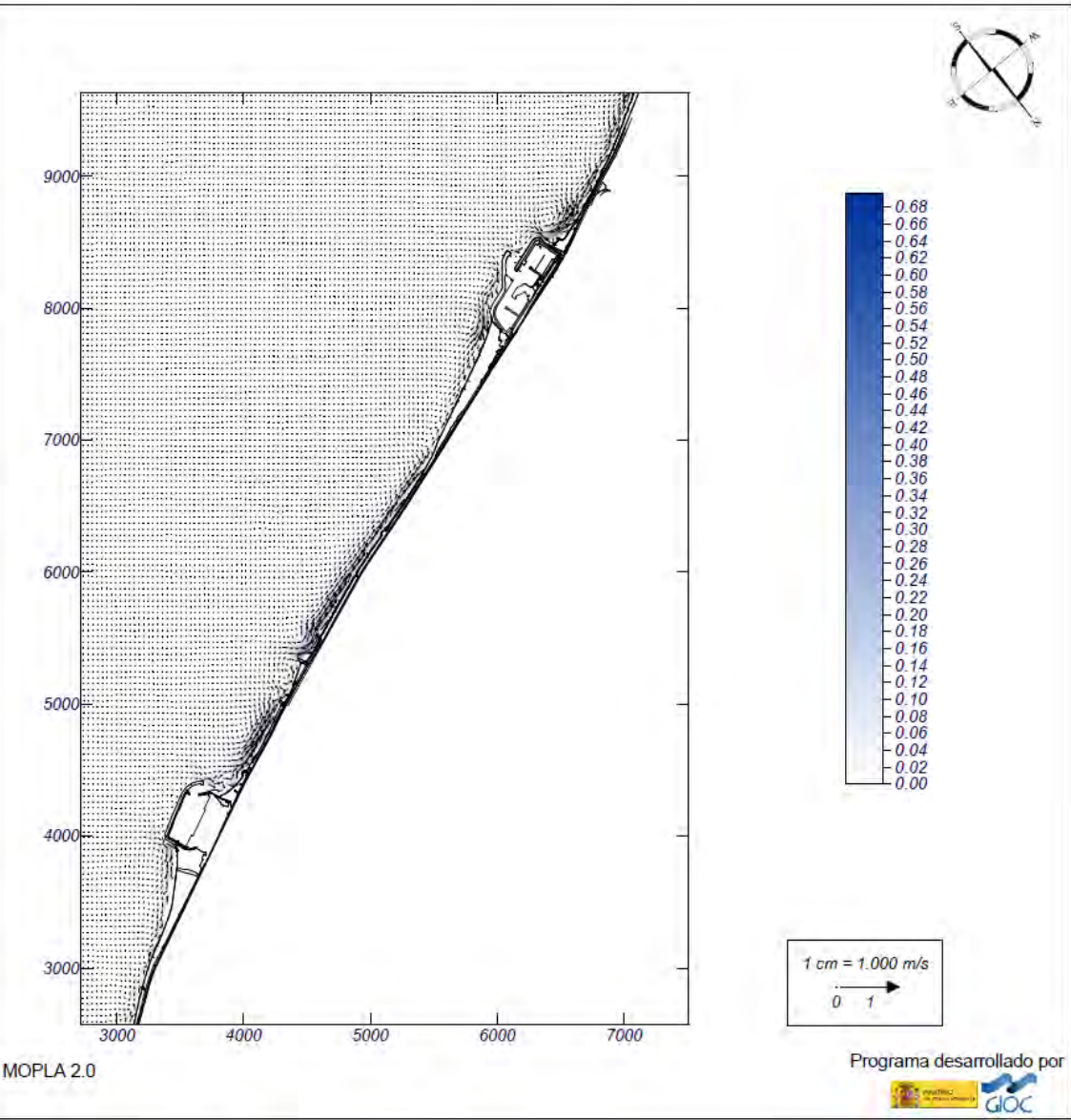
Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.15 m h: 10 m fp: 0.120482 Hz (Tp: 8.3 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -5° (S45.0E) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores corriente

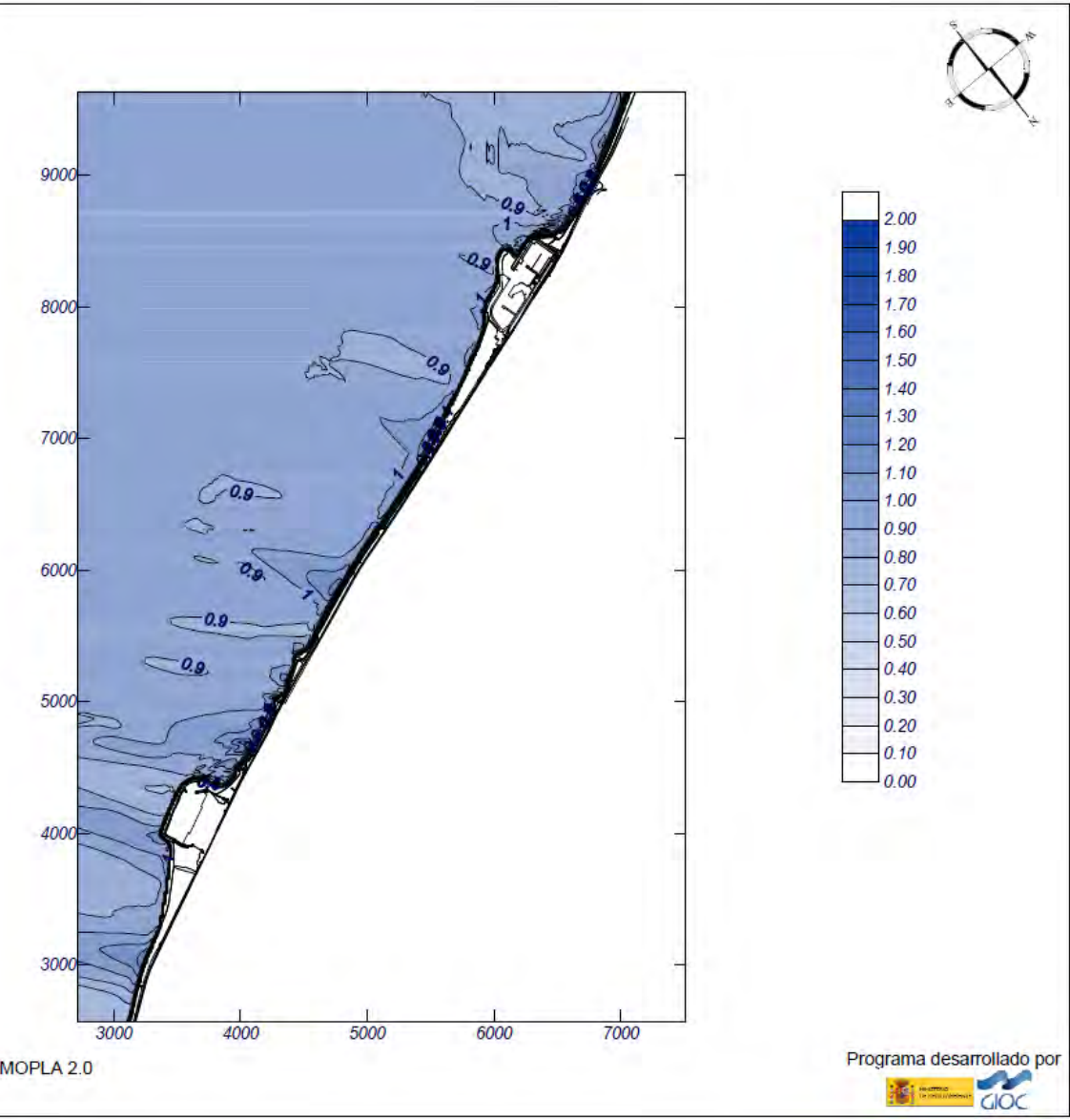
Caso espectral: B116 B1: detalle levantes 16: Hs12 SE	Características de la simulación		
	OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
	Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.15 m h: 10 m fp: 0.120482 Hz (Tp: 8.3 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -5° (S45.0E) σ: 5° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B107 B1: detalle levantes 07: Hs dis SE	Características de la simulación		
	OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
	Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.0990099 Hz (Tp: 10.1 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -5° (S45.0E) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



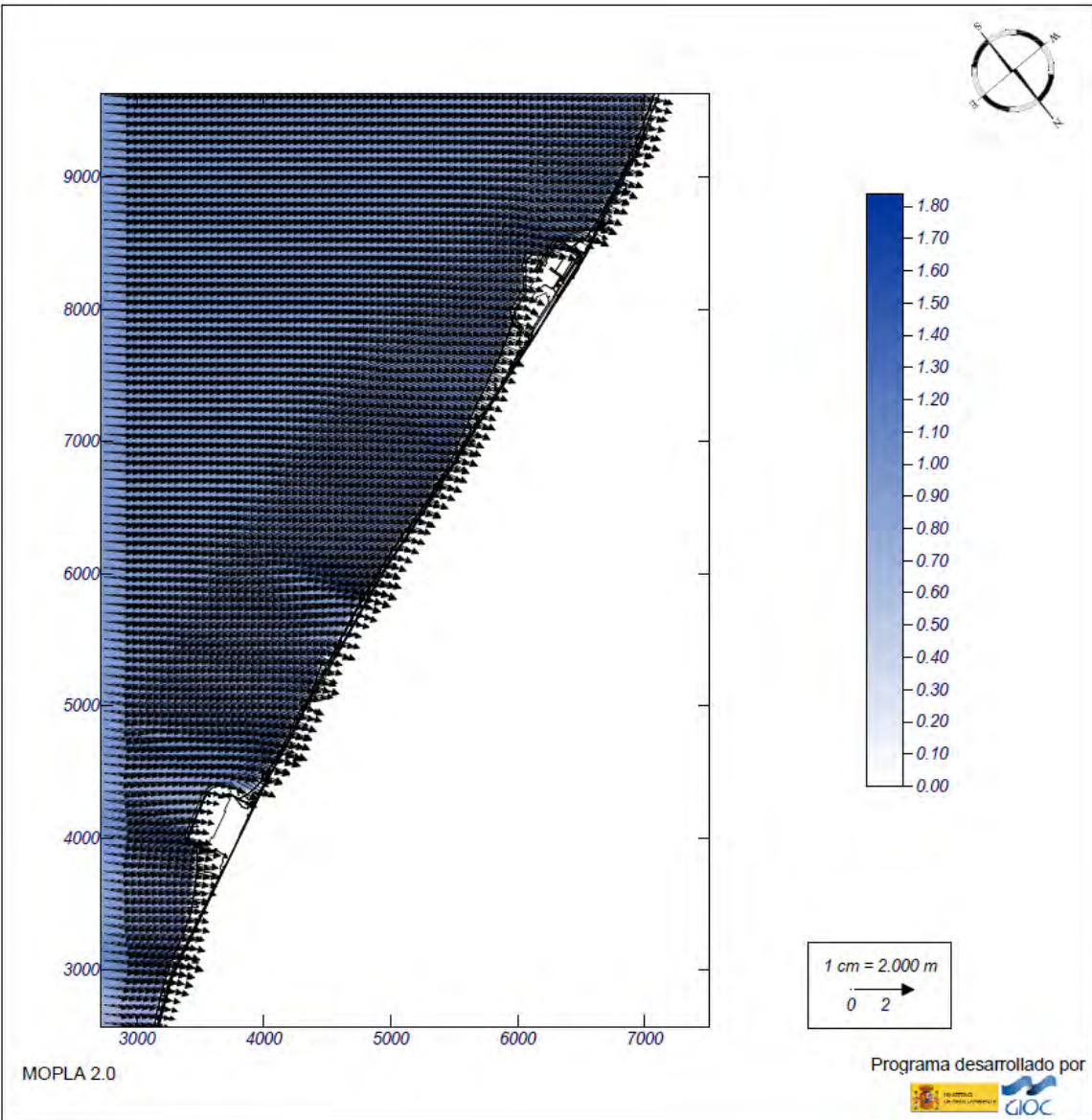
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B107
B1: detalle levantes
07: Hs dis SE

Características de la simulación

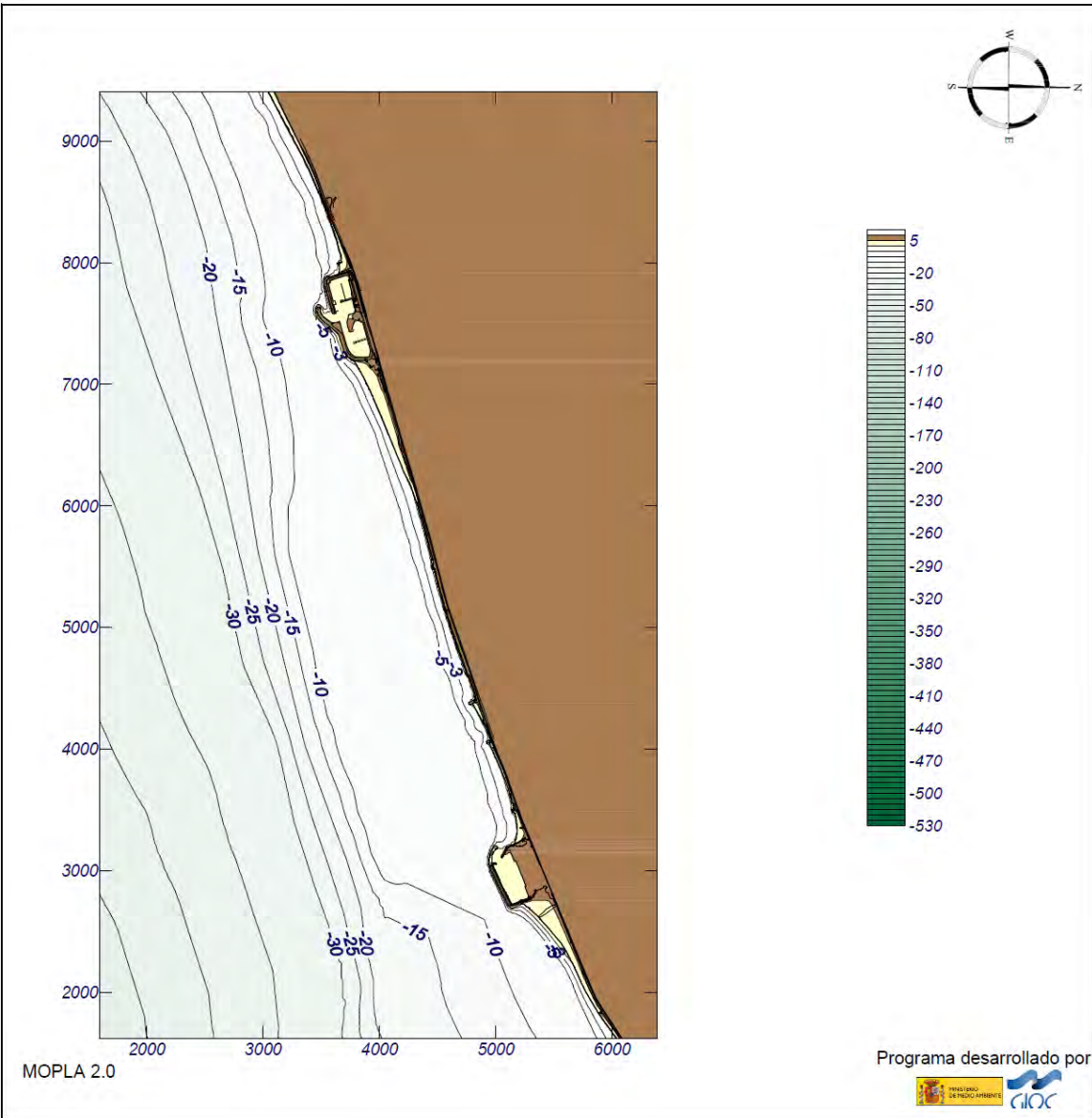
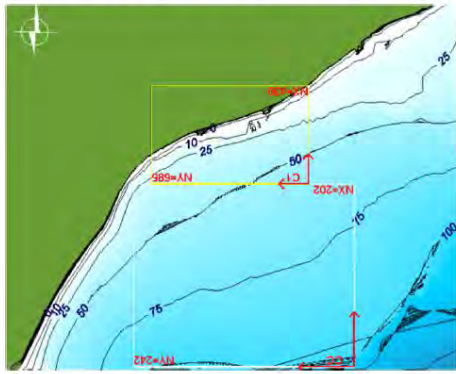
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.0900099 Hz (Tp: 10.1 s) γ: 3.3 N° Comp.: 5 Espectro direccional θm: -5° (S45.0E) σ: 5° - N° Comp.: 5		



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Topografía 2D (mallas CC/C1)

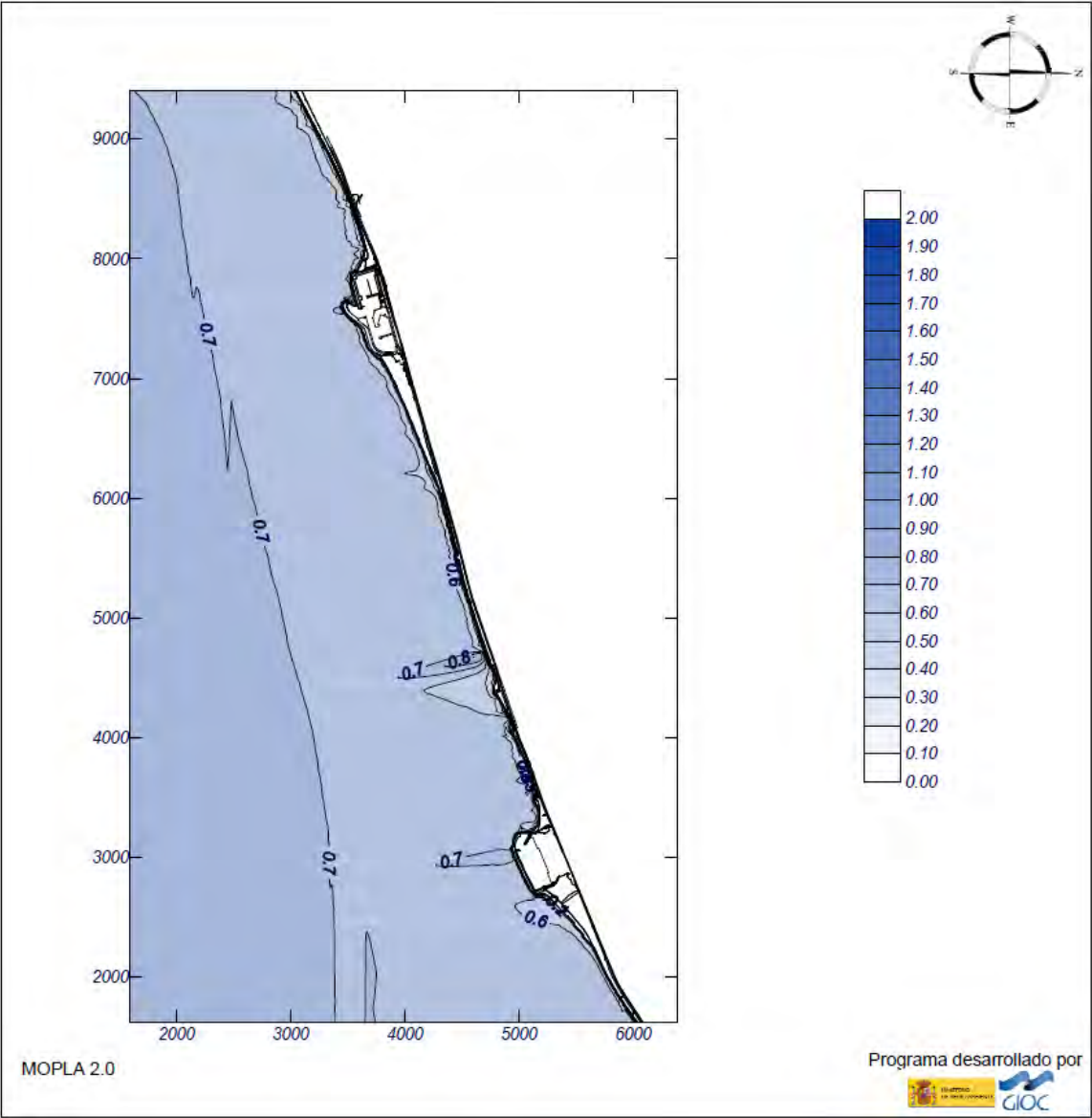
C1: malla detalle Ponientes



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

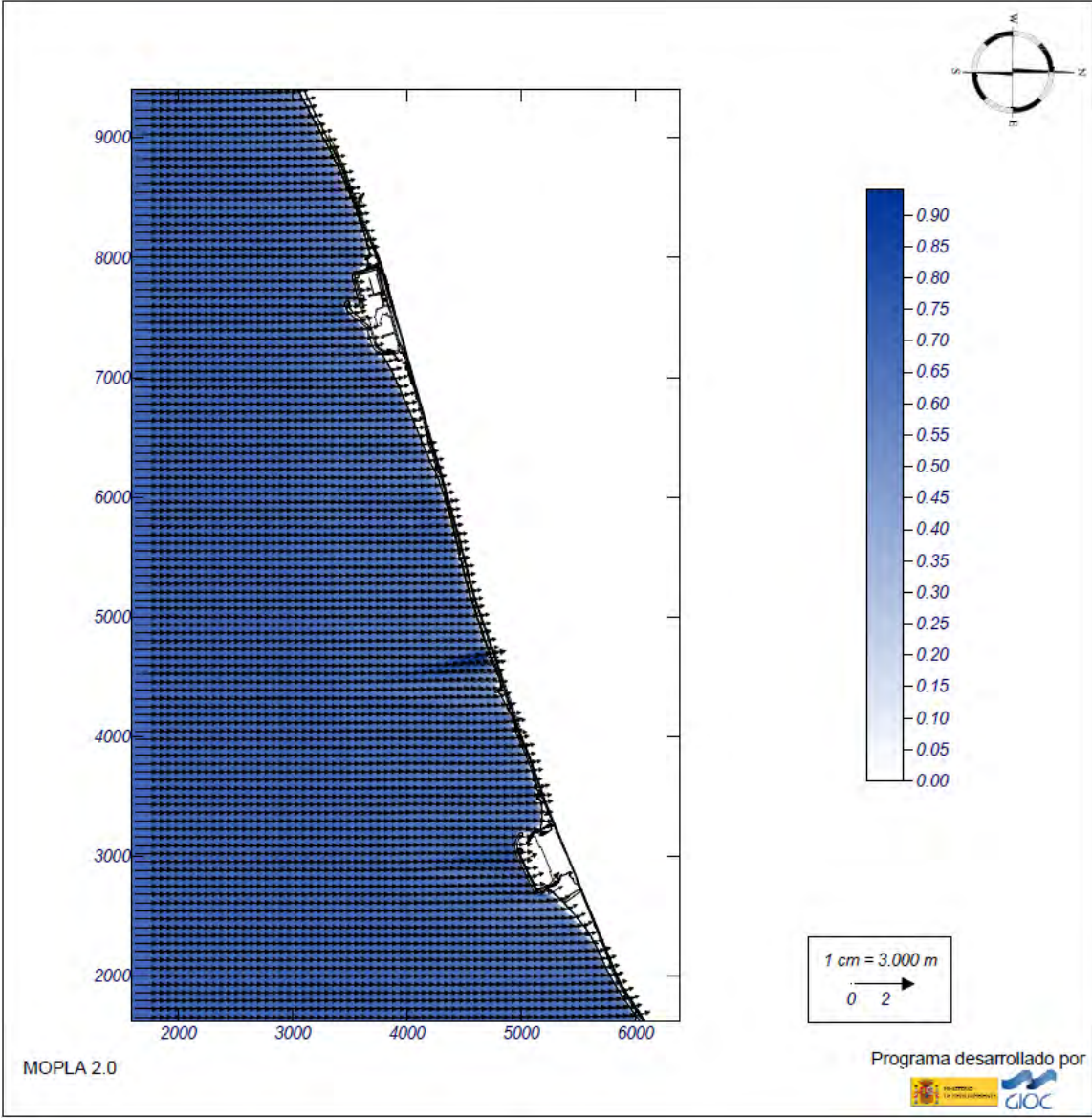
Caso espectral: C109 C1: detalle ponientes 09: Hs morf S	Características de la simulación		
	OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
	Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.71 m h: 10 m fp: 0.175439 Hz (Tp: 5.7 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: 0° (S) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: C109 C1: detalle ponientes 09: Hs morf S	Características de la simulación		
	OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
	Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.71 m h: 10 m fp: 0.175439 Hz (Tp: 5.7 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: 0° (S) σ: 5° - Nº Comp.: 5		

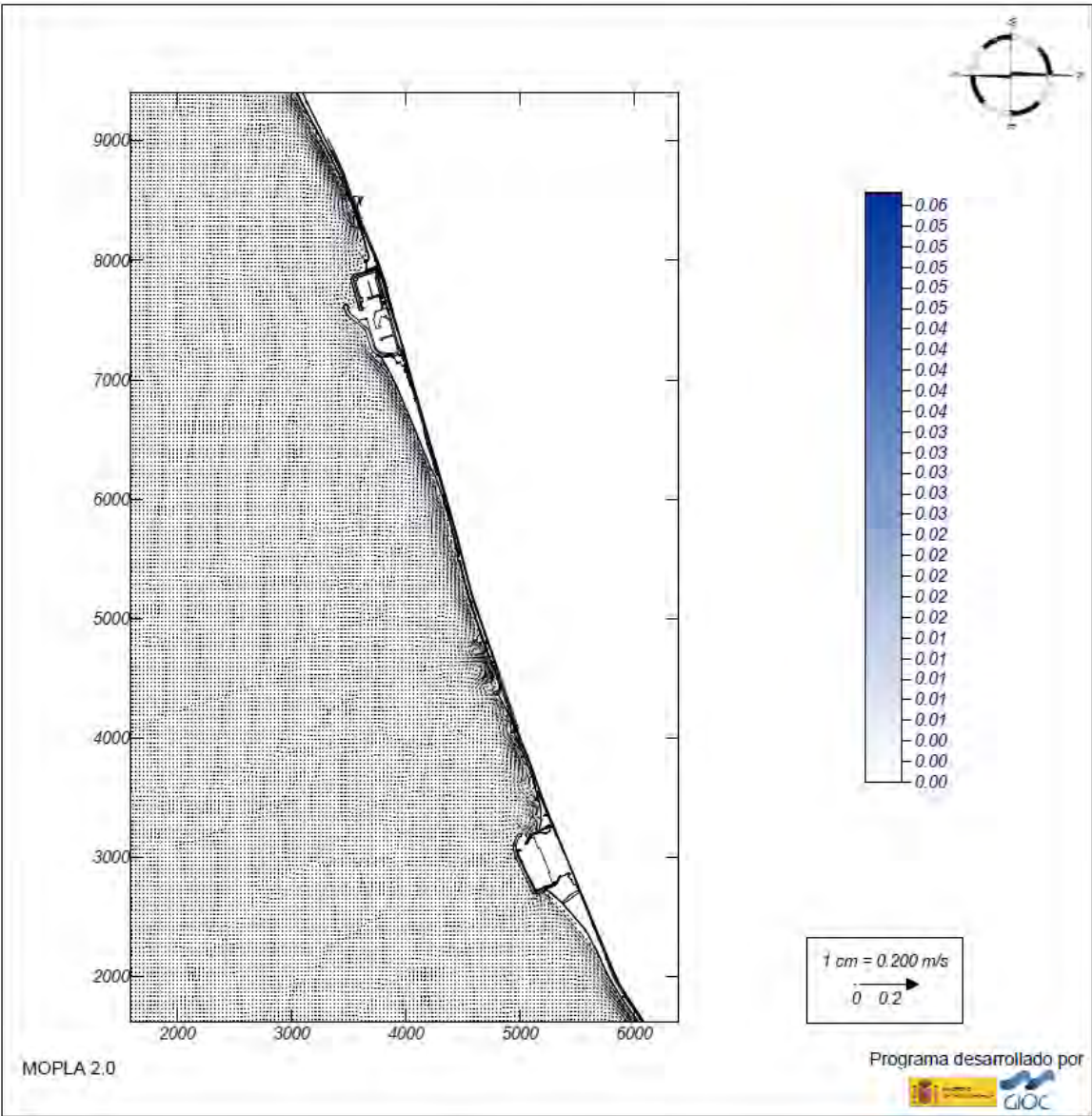


Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: C109
C1: detalle ponientes
09: Hs morf S

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.71 m h: 10 m fp: 0.175439 Hz (Tp: 5.7 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: 0° (S) α: 5° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Ksw: 1 m Viscosidad de remolino ν: 8 m ² /s	

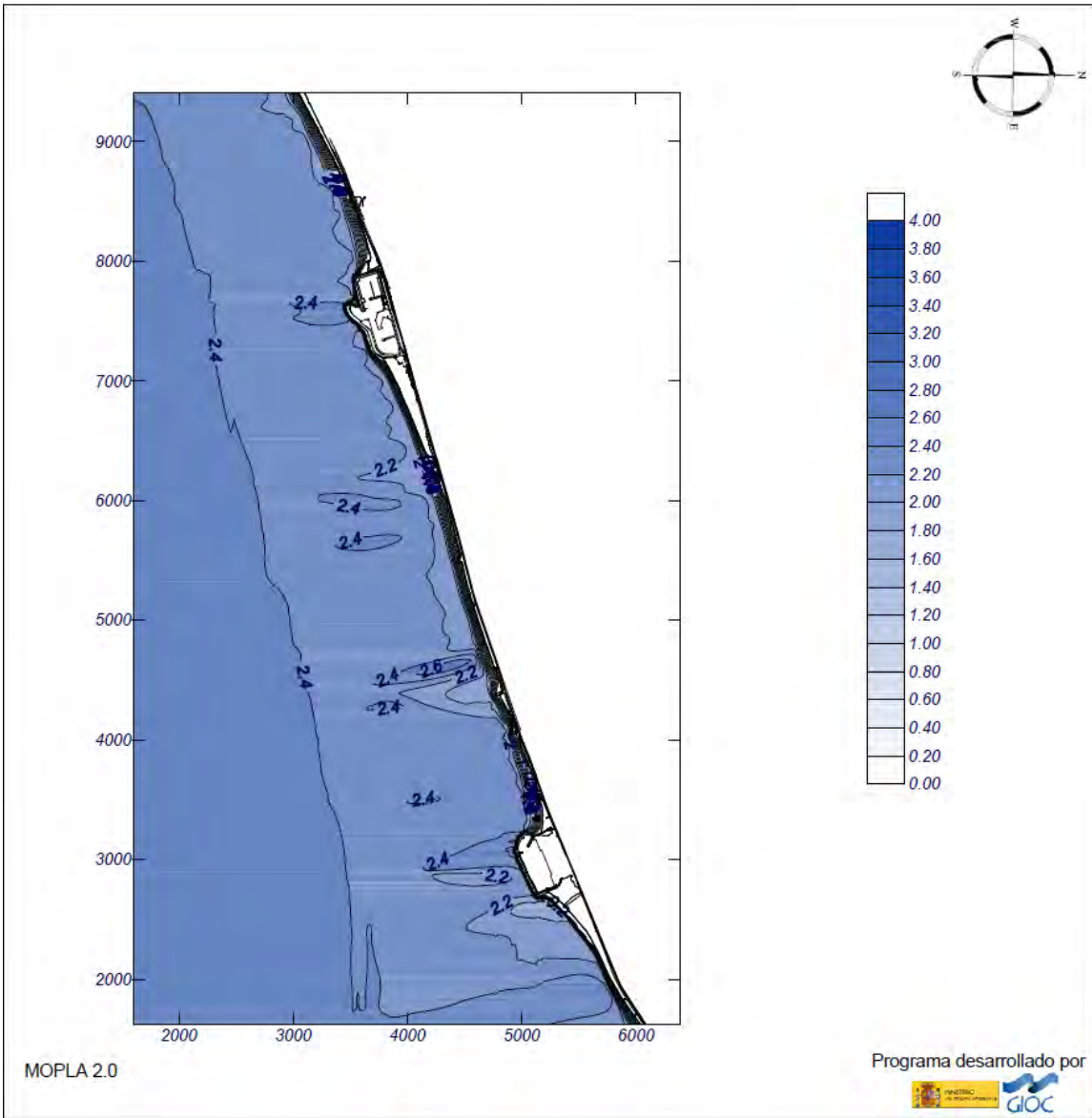


Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: C117
C1: detalle ponientes
17: Hs12 S

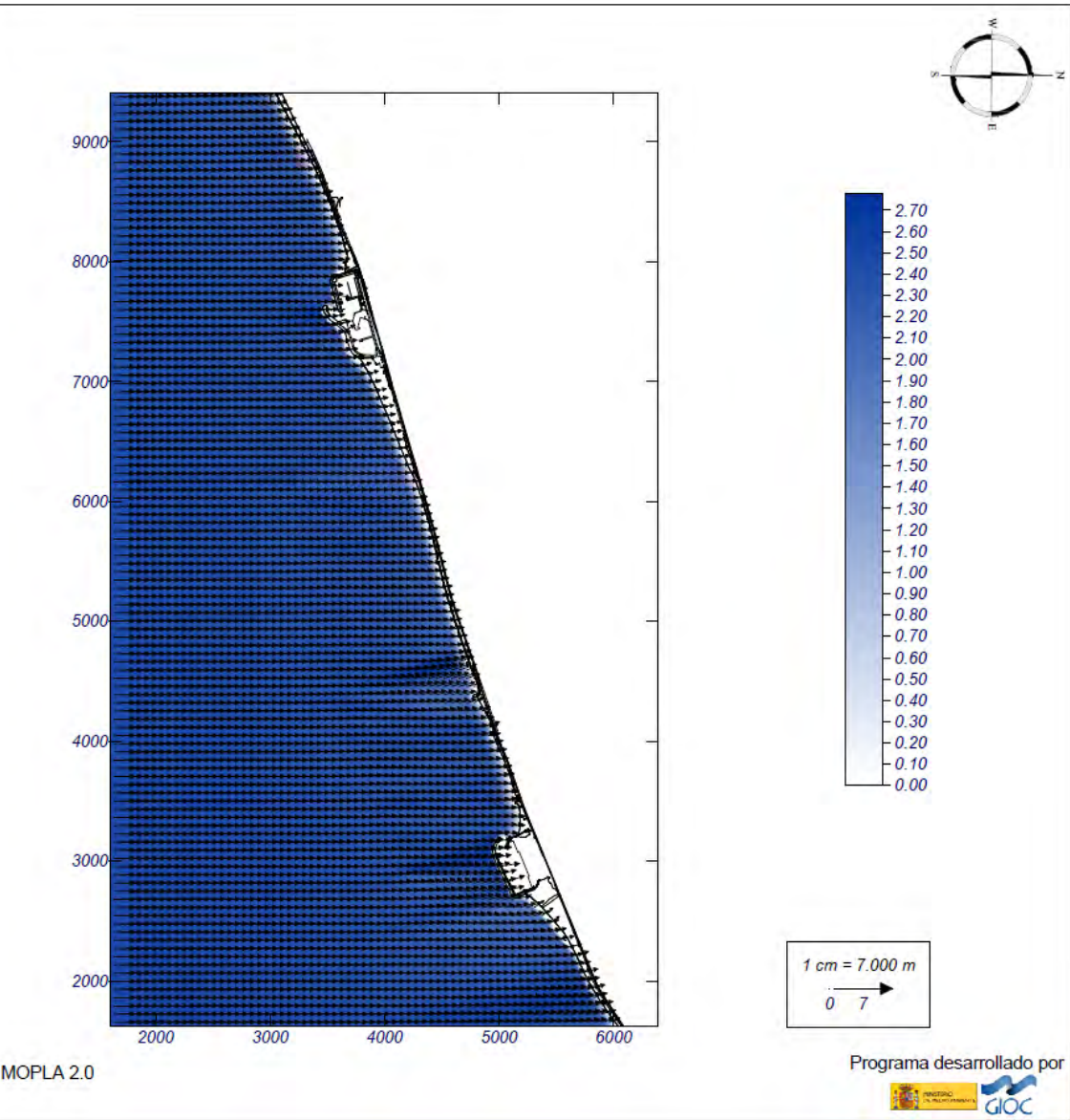
Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.54 m h: 10 m fp: 0.113636 Hz (Tp: 8.80003 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: 0° (S) α: 5° - Nº Comp.: 5		



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

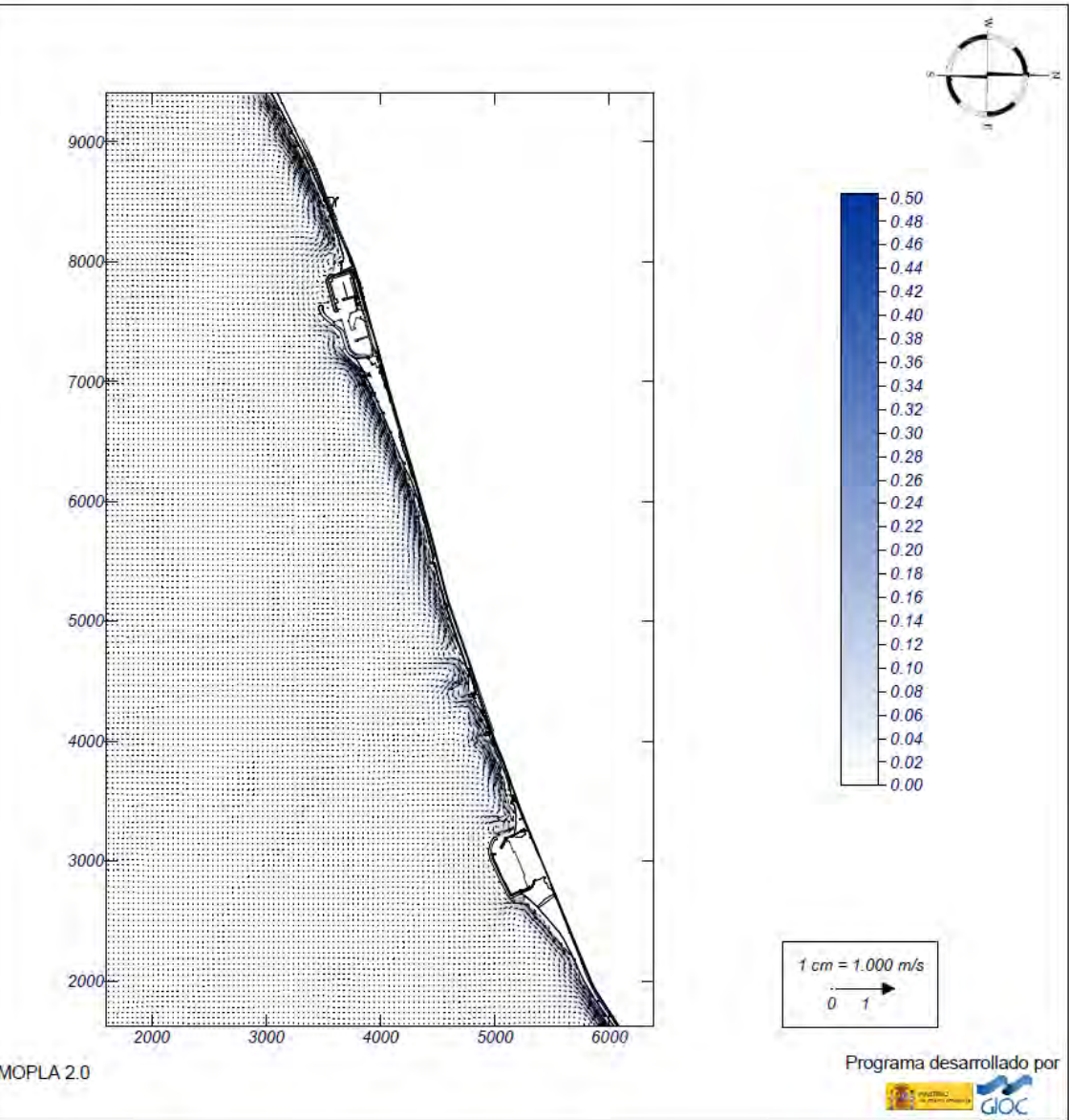
Caso espectral: C117 C1: detalle ponientes 17: Hs12 S	Características de la simulación		
	OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
	Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.54 m h: 10 m fp: 0.113636 Hz (Tp: 8.80003 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: 0° (S) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: C117 C1: detalle ponientes 17: Hs12 S	Características de la simulación		
	OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
	Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.54 m h: 10 m fp: 0.113636 Hz (Tp: 8.80003 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: 0° (S) σ: 5° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



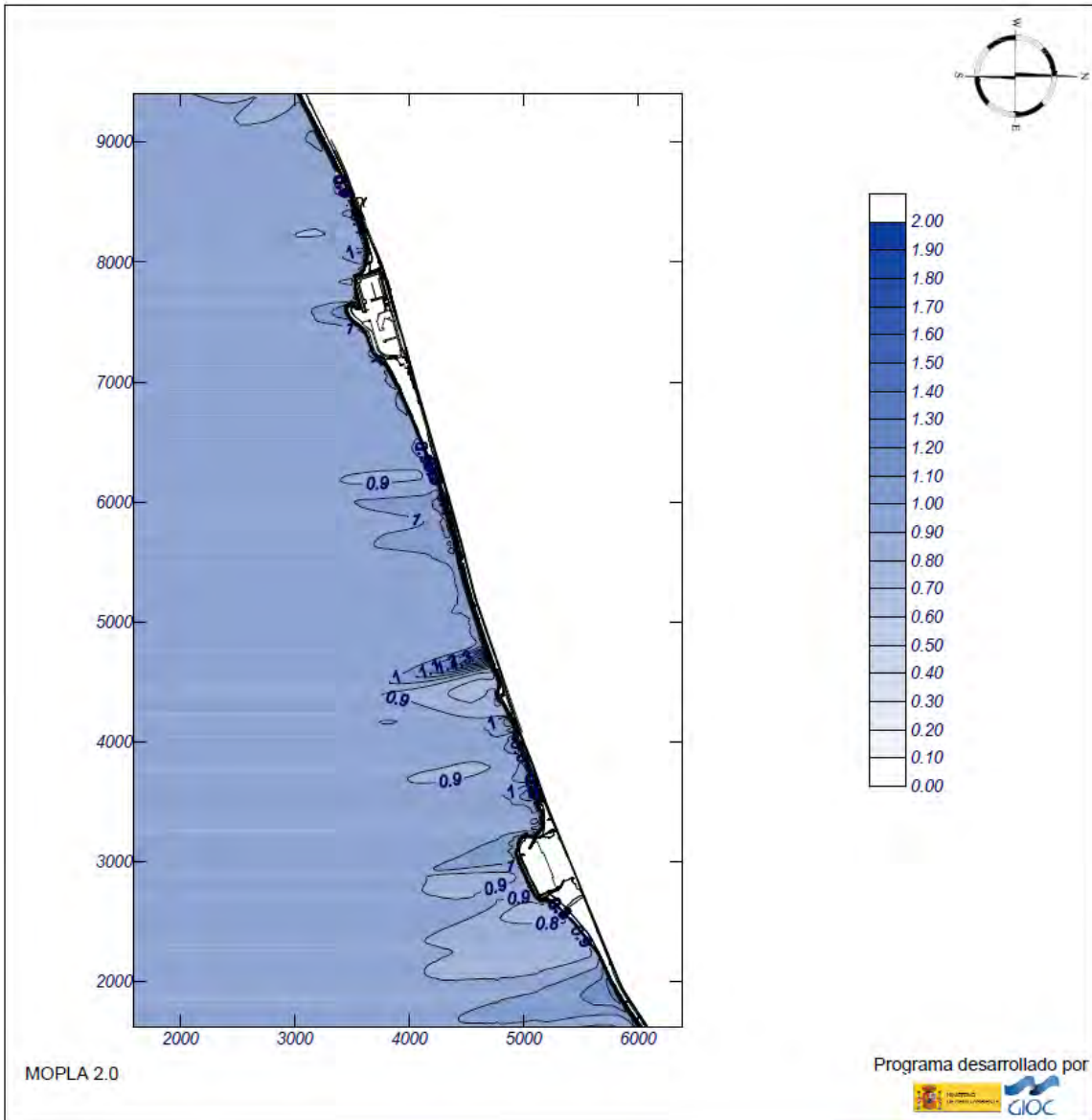
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: C110
C1: detalle ponientes
10: Hs dis S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.102041 Hz (Tp: 9.8 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: 0° (S) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



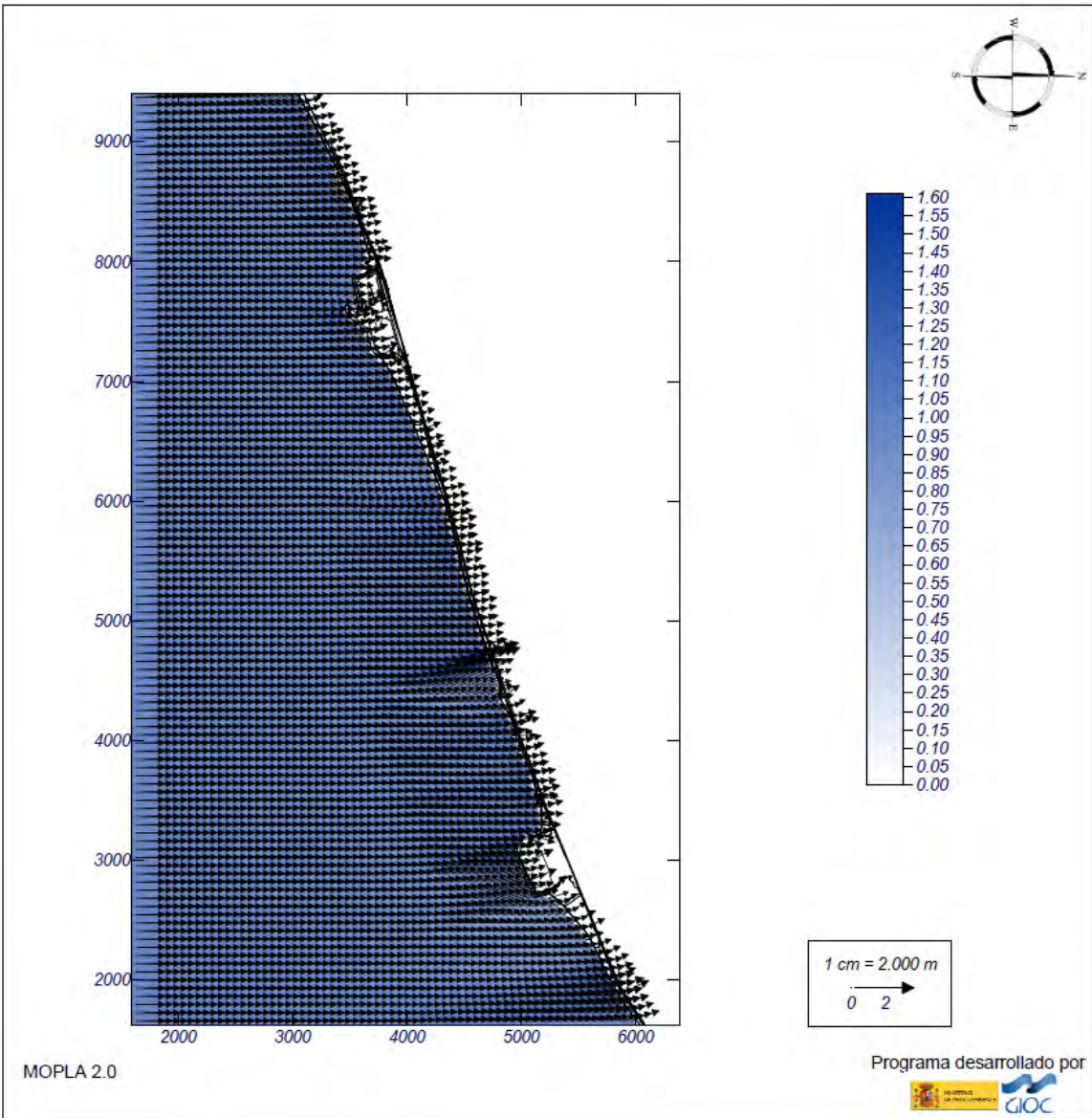
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: C110
C1: detalle ponientes
10: Hs dis S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.102041 Hz (Tp: 9.8 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: 0° (S) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



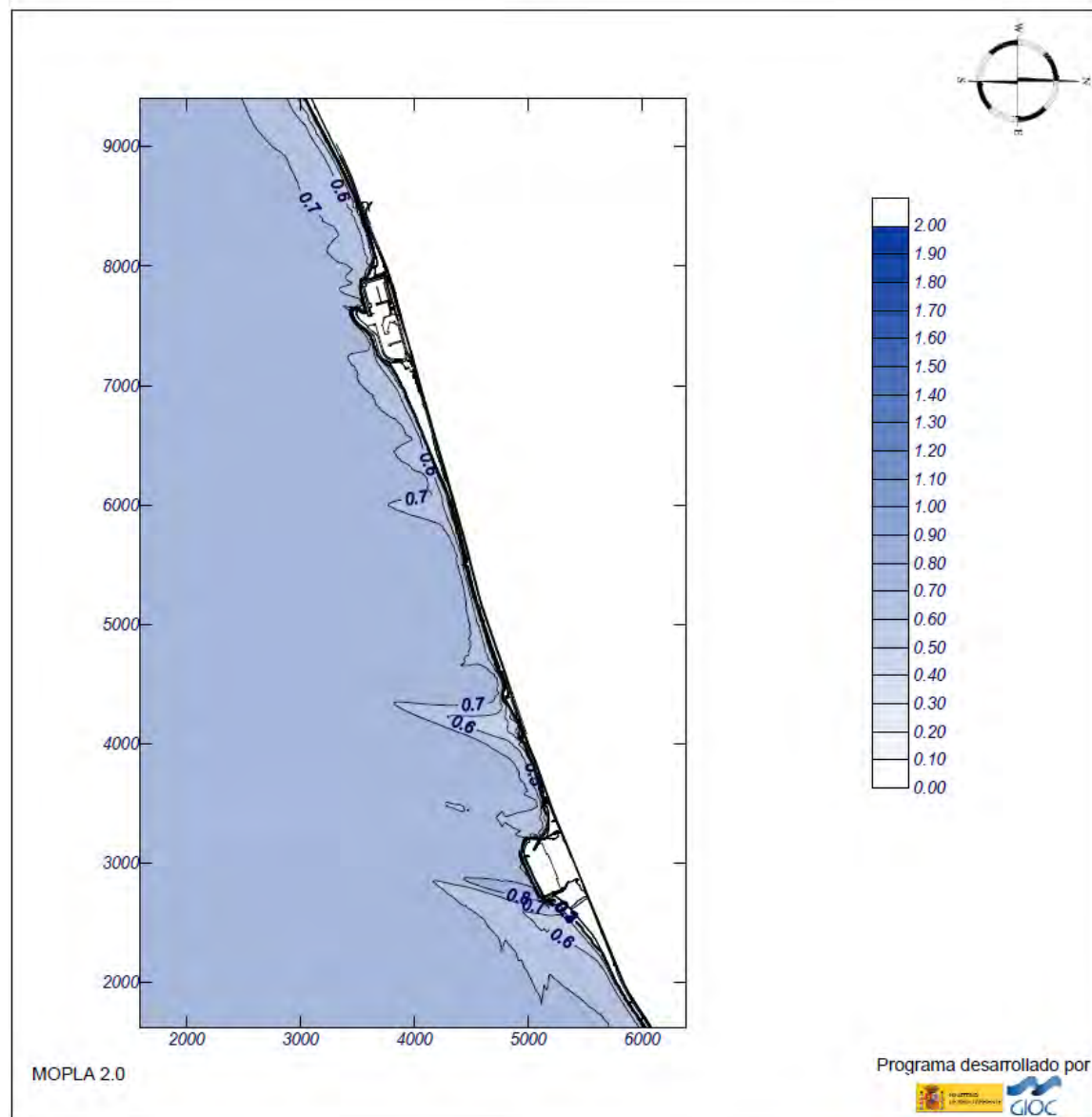
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: C112
C1: detalle ponientes
12: Hs morf SSW

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.8 m h: 10 m fp: 0.169491 Hz (Tp: 5.9 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -22.5° (S22.5W) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



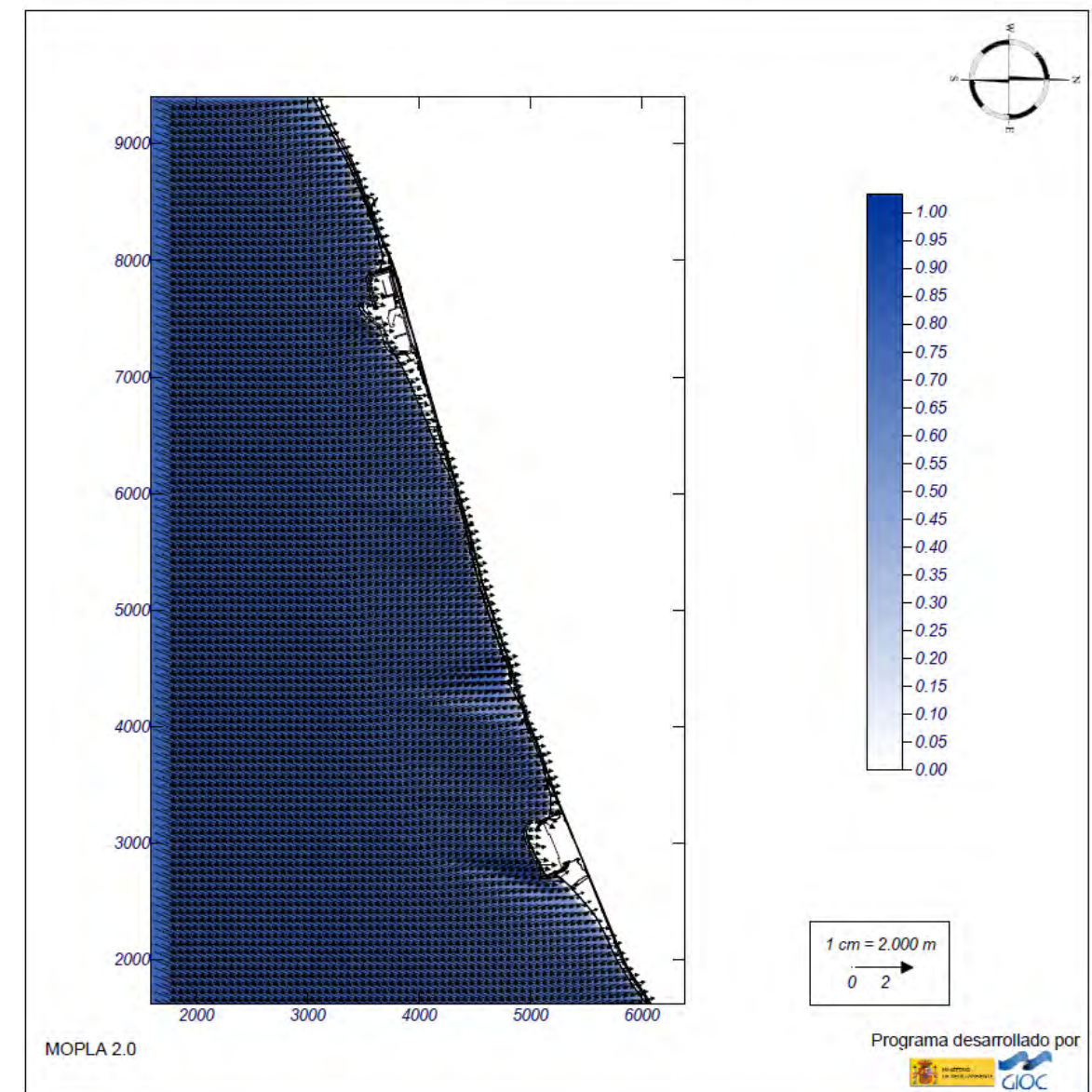
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: C112
C1: detalle ponientes
12: Hs morf SSW

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.8 m h: 10 m fp: 0.169491 Hz (Tp: 5.9 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -22.5° (S22.5W) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



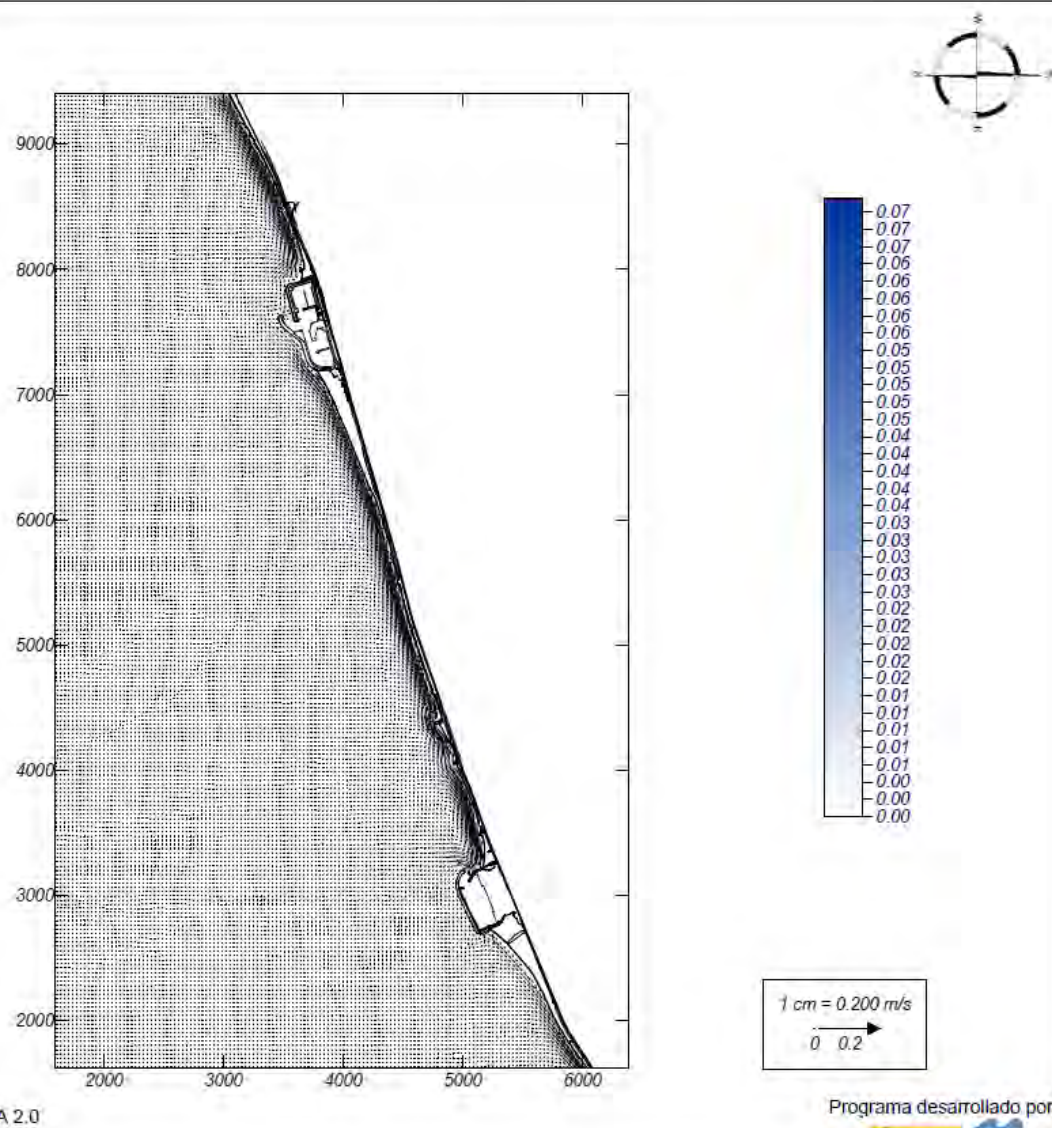
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: C112
C1: detalle ponientes
12: Hs morf SSW

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.8 m T: 10 m fp: 0.169491 Hz (Tp: 5.9 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -22.5° (S22.5W) σ: 5° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino s: 8 m ² /s	



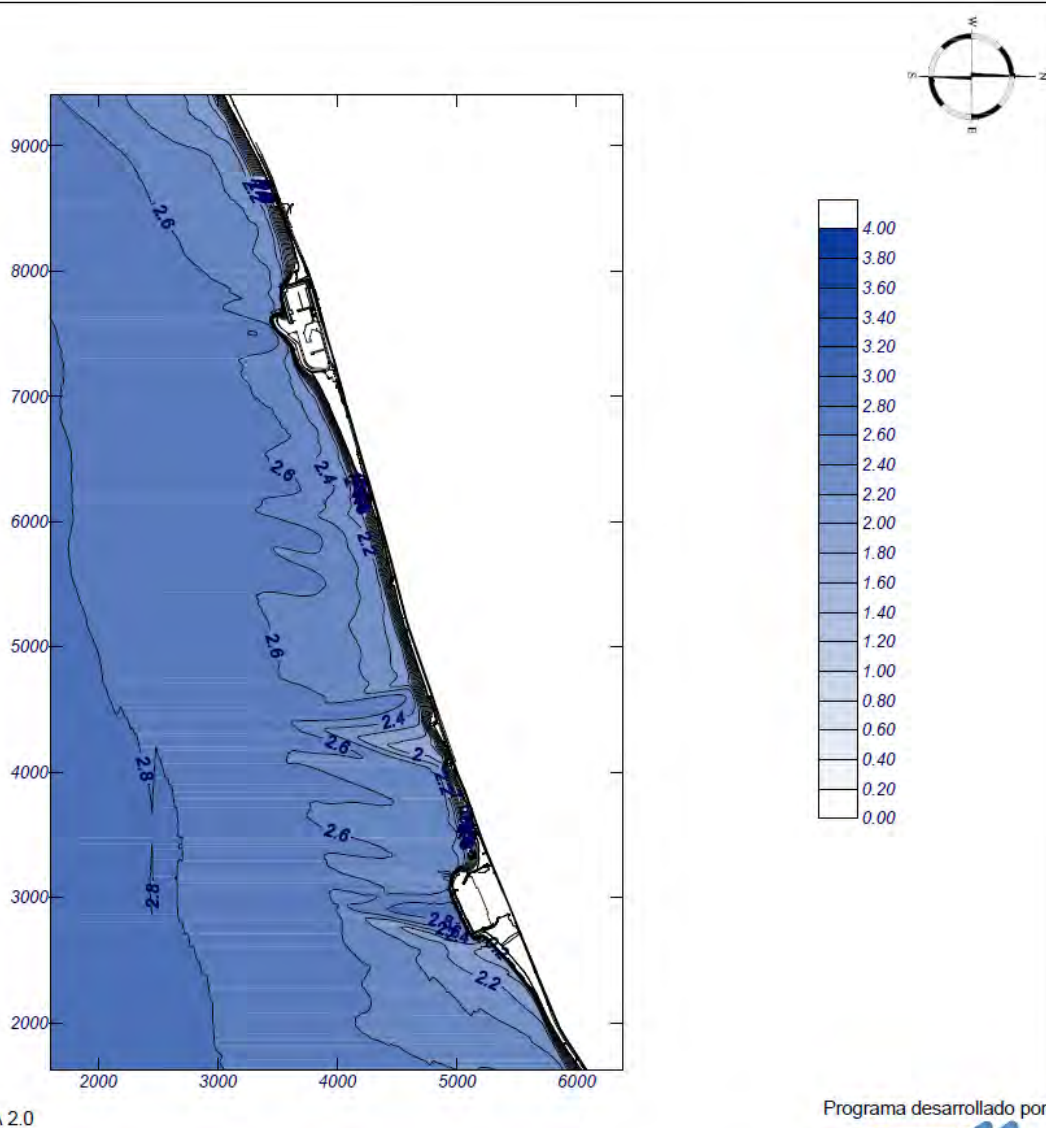
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: C118
C1: detalle ponientes
18: Hs12 SSW

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.96 m T: 10 m fp: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -22.5° (S22.5W) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



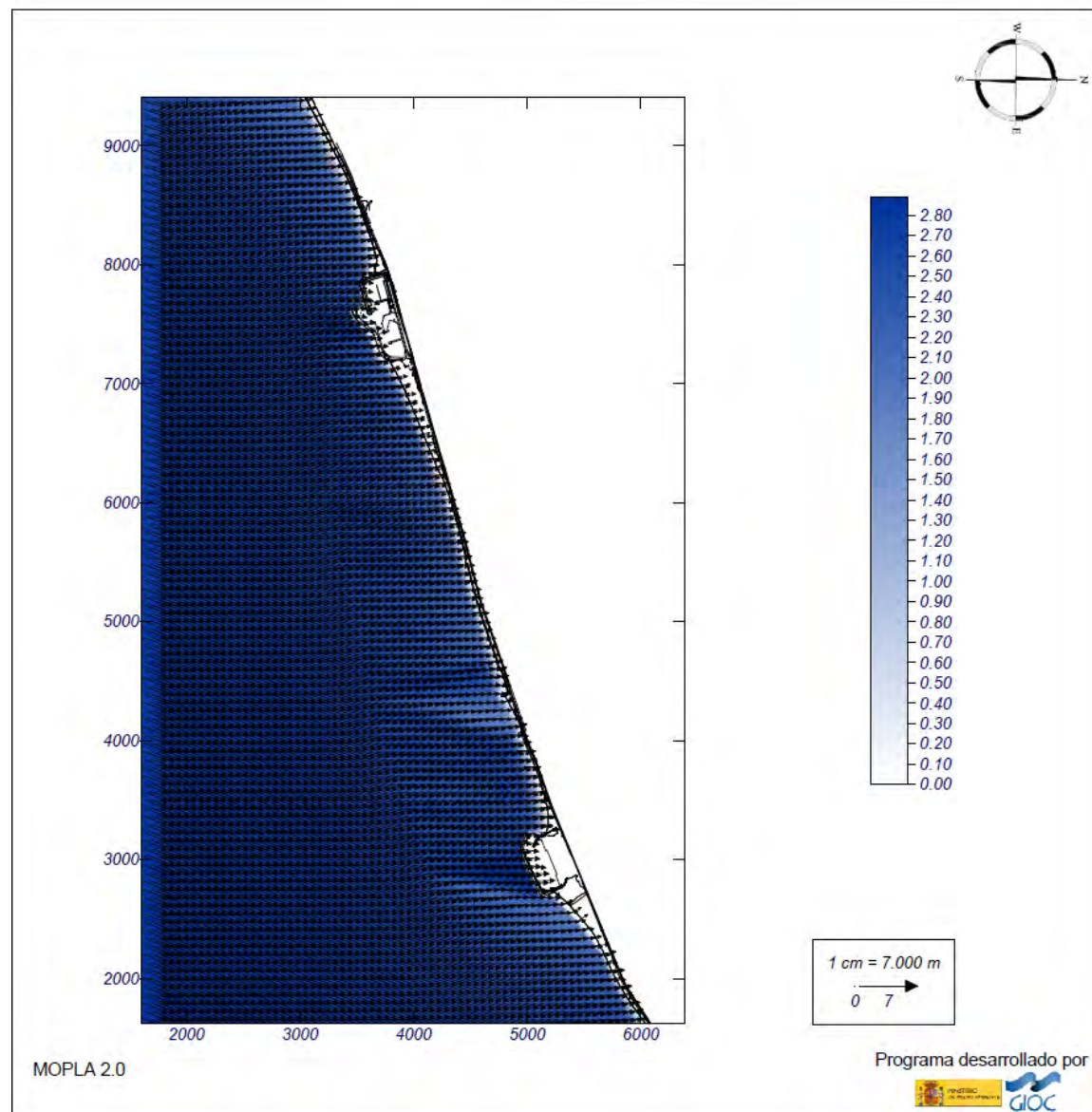
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: C118
C1: detalle ponientes
18: Hs12 SSW

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.96 m h: 10 m fp: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -22.5° (S22.5W) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



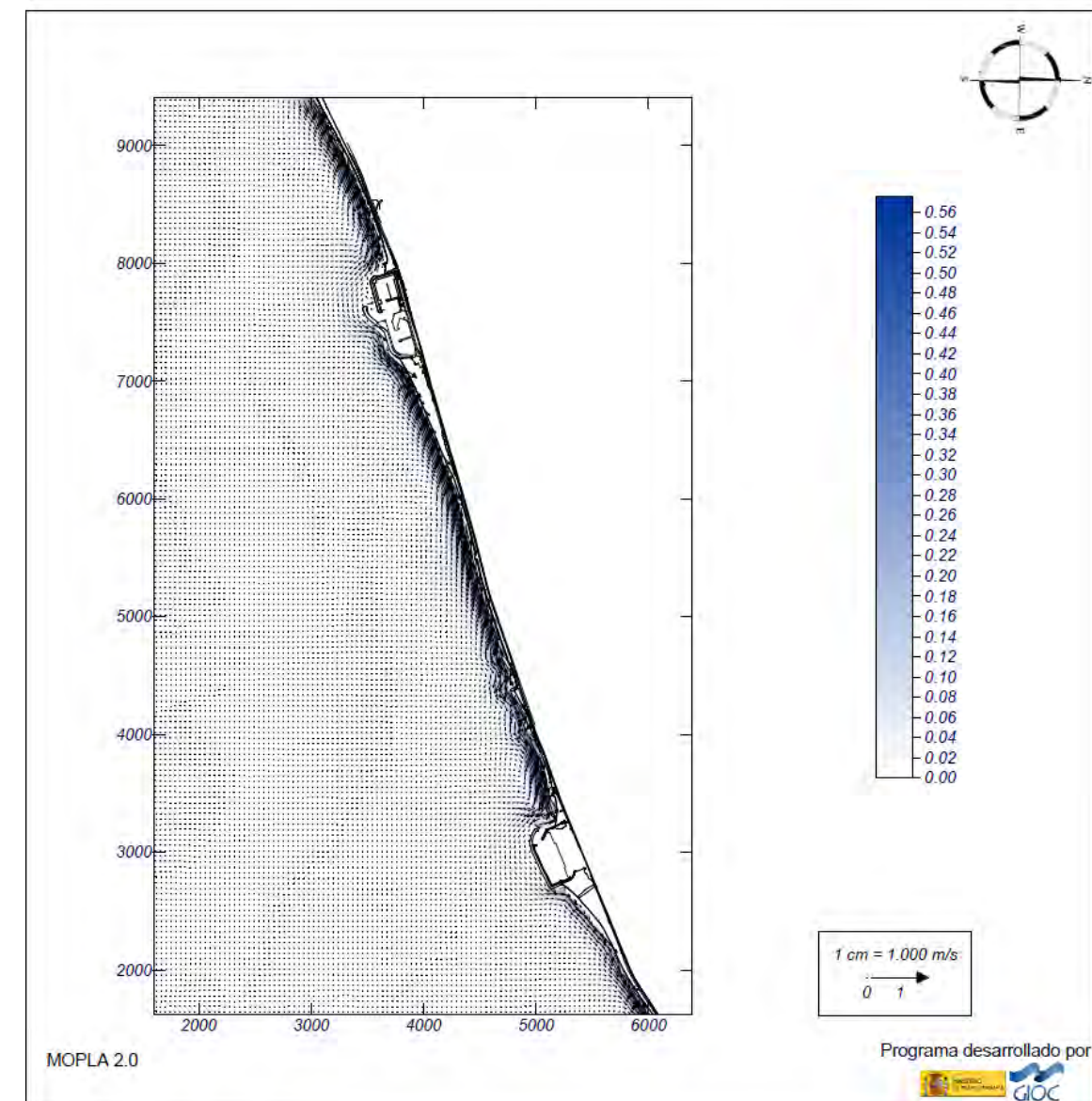
Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: C118
C1: detalle ponientes
18: Hs12 SSW

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.96 m h: 10 m fp: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -22.5° (S22.5W) σ: 5° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Ksw: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m²/s	

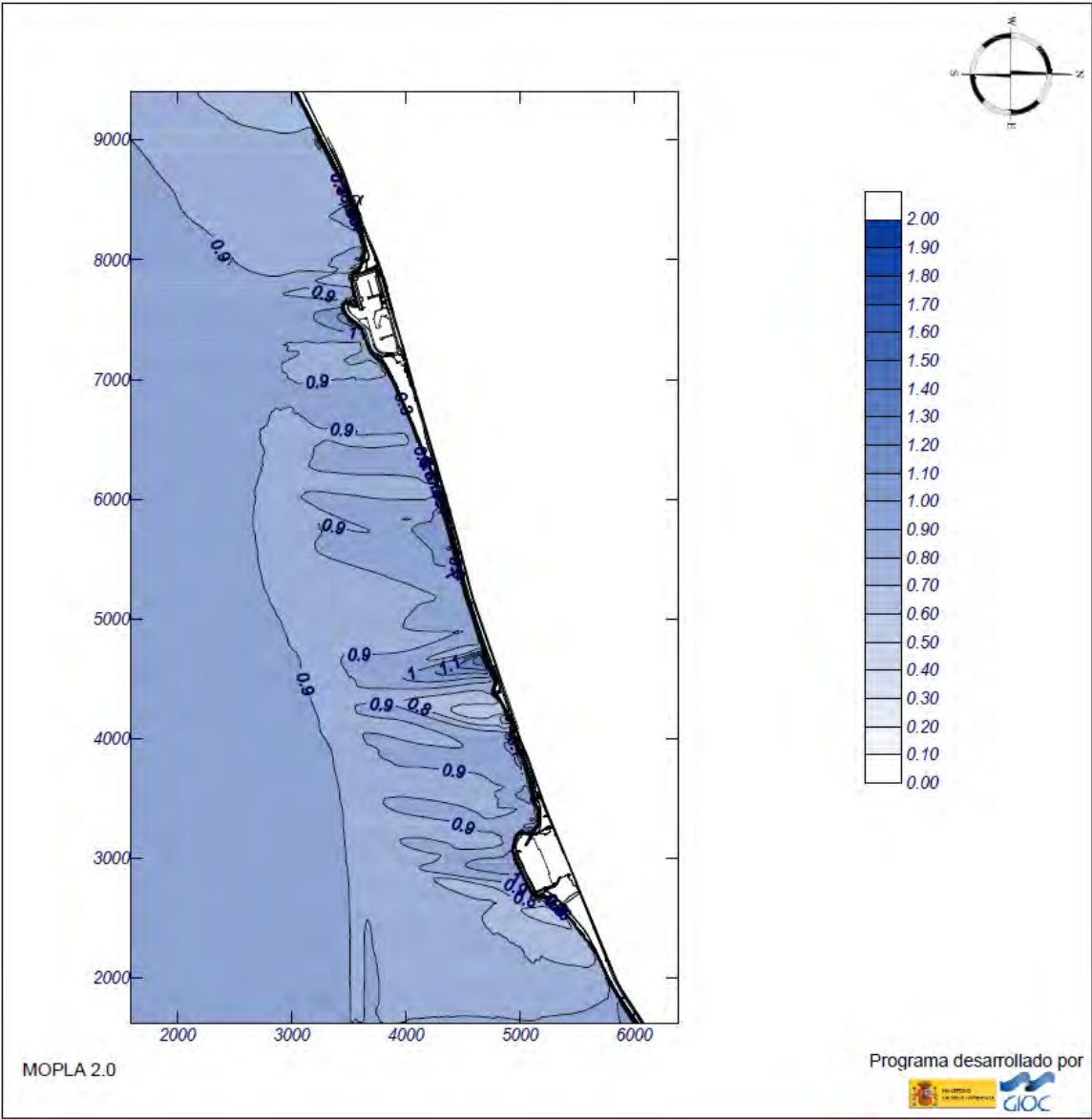


Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: C113
C1: detalle ponientes
13: Hs dis SSW

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.0943396 Hz (Tp: 10.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -22.5° (S22.5W) σ: 5° - Nº Comp.: 5		



Proyecto: Tramo de playa Port Masnou-Port Premià

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: C113
C1: detalle ponientes
13: Hs dis SSW

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.0943396 Hz (Tp: 10.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: -22.5° (S22.5W) σ: 5° - Nº Comp.: 5		

