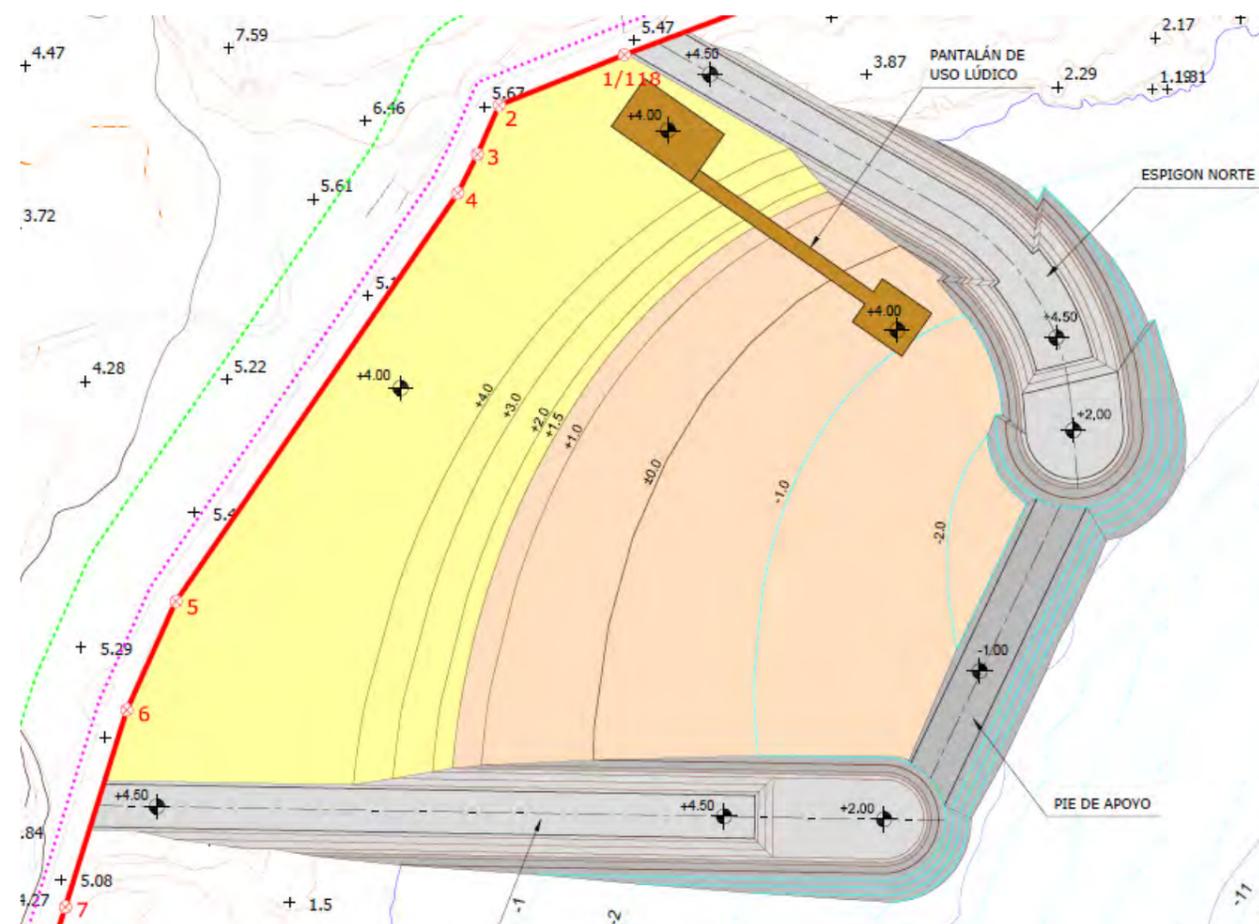


PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)



TOMO I. DOCUMENTO N° 1: MEMORIA Y ANEJOS, DOCUMENTO N° 2: PLANOS Y DOCUMENTO N° 3: PRESUPUESTO

SEPTIEMBRE DE 2017

Autor del Proyecto

F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA
Ing. de Caminos, C. y P.; Col. nº 11.275

Empresa Consultora



ÍNDICE DEL PROYECTO

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS

- Anejo n° 1. Reportaje fotográfico
- Anejo n° 2. Topografía, batimetría y geomorfología
- Anejo n° 3. Estudio de Clima Marítimo
- Anejo n° 4. Estudio de Dinámica Litoral
- Anejo n° 5. Estudio de procedencia de la arena
- Anejo n° 6. Estudio de alternativas
- Anejo n° 7. Dimensionamiento de las obras
- Anejo n° 8. Programa de trabajos
- Anejo n° 9. Estudio económico-financiero (en tomo aparte)

DOCUMENTO N° 2: PLANOS

- 1. Situación y emplazamiento
- 2. Situación actual
- 3. Planta general de obras
- 4. Planta de relación con el DPMT
- 5. Aportación de arena
 - 5.1. Planta general
 - 5.2. Planta de ubicación de los perfiles
 - 5.3. Perfiles de medición

6. Espigones

- 6.1. Planta general y de ubicación de las secciones tipo
- 6.2. Secciones tipo
- 6.3. Planta de ubicación de los perfiles
- 6.4. Perfiles de medición

7. Planta de ordenación

8. Pantalán de uso lúdico

- 8.1. Planta y perfil longitudinal
- 8.2. Sección tipo y detalles

DOCUMENTO N° 3: PRESUPUESTO

Mediciones

Mediciones auxiliares

Cuadro de Precios n° 1

Presupuestos Parciales

Presupuesto Total

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (en tomo aparte)

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

Revisión	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado
0	15-09-17	Edición final	JEG	OPF	JEG
B	23-06-17	Emisión para Comentarios del Cliente	JEG	OPF	JEG
A	14-06-17	Emisión para Comentarios Internos	JEG	OPF	JEG

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
2. OBJETO DEL PROYECTO BÁSICO.....	2
3. NIVEL DE REFERENCIA	2
4. SITUACIÓN ACTUAL	2
5. PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES	3
6. PLANTEAMIENTO DE LA ACTUACIÓN Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	3
7. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	4
7.1 ESPIGONES Y PIE DE PLAYA	4
7.2 APORTACIÓN DE ARENA	6
7.3 PANTALÁN PARA USO LÚDICO	6
8. OCUPACIÓN DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE.....	7
9. ACOMETIDAS DE SERVICIOS PREVISTAS.....	7
10. OBRA COMPLETA	7
11. DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE COSTAS	7
12. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES	7
13. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	7
14. PRESUPUESTO DE LA OBRA	7
14.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM).....	7
14.2 PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL)	8
15. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO	8

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La empresa TOURINEUROPEO, S.A. (en adelante TOURINEUROPEO o el PROMOTOR) tiene intención de construir un hotel en primera línea de la costa del extremo norte de la zona turística conocida popularmente como "Costa Teguisse", el T.M. de Teguisse (isla de Lanzarote). En la actualidad ese tramo de costa, con una longitud de unos 200 metros, es un acantilado bajo formado por cantos rodados y bolos y no presenta una playa apta para el baño. La Figura 1.- muestra su ubicación.

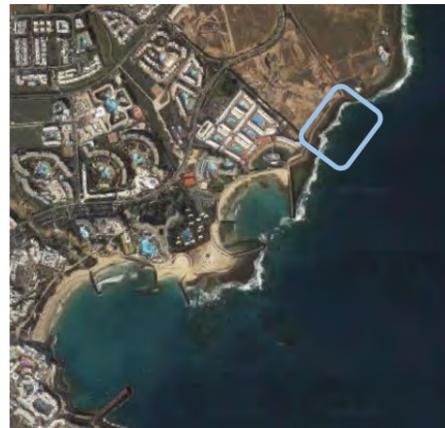


Figura 1.- Ubicación del tramo de vista donde se ubicará el hotel (Fuente: Google Maps)

Dado que la existencia de una playa apta para el baño sería un valor para el nuevo hotel, y la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (en adelante la DGSCyM) no tiene previsto efectuar una actuación en dicha zona, TOURINEUROPEO se está planteando construir una playa frente a la parcela que ocupará dicho recinto hotelero.

Esta actuación (que de un modo resumido consiste en la aportación de arena terrestre procedente del Sáhara y en la construcción de unos espigones de escollera para su estabilización y por tanto no incluye dragado del fondo marino) se desarrolla en Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT), por lo que de acuerdo con el artículo 131 del Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas (RD 876/2014) requiere la solicitud por parte del Promotor de una concesión para la ocupación de los bienes de dicho DPMT, la cual deberá ser otorgado, en su caso, por la Administración General del Estado, en este caso la DGSCyM del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).

El artículo 85.1 del RD 876/2014 establece que "para que la Administración competente resuelva sobre la ocupación o utilización del dominio público marítimo-terrestre, se formulará el correspondiente proyecto básico, en el que se fijarán las características de las instalaciones y obras, la extensión de la zona de dominio público marítimo-terrestre a ocupar o utilizar y las demás especificaciones que se determinan en el artículo 88 de este reglamento". Según el artículo 88 del RD 876/2014, el Proyecto Básico debe tener, al menos, el siguiente contenido:

- a) Memoria justificativa y descriptiva con anejos, en su caso, que deberá contener la declaración a que se refiere el artículo 97 del RD 876/2014 (declaración expresa de que cumplen las disposiciones de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas), así como las especificaciones señaladas en el artículo 85 del RD 876/2014 y otros datos relevantes, tales como los criterios básicos del proyecto, el programa de ejecución de los trabajos y, en su caso, el sistema de evacuación de aguas residuales.
- b) Planos: De situación, a escala conveniente de emplazamiento, con representación del deslinde y de la zona a ocupar, a escala no inferior a 1/5.000 con la clasificación y usos urbanísticos del entorno, topográfico del estado actual, a escala no inferior a 1/1.000; de planta general, en que se representen las instalaciones y obras proyectadas, que incluirá el deslinde y la superficie a ocupar o utilizar en el dominio público marítimo-terrestre, líneas de orilla, zonas de servidumbre de tránsito, protección y accesos y, cuando proceda, restablecimiento de las afectadas y terrenos a incorporar al dominio público marítimo-terrestre; de alzados y secciones características, cuando resulten necesarios para su definición, con la geometría de las obras e instalaciones.
- c) Información fotográfica de la zona.
- d) Presupuesto con la valoración de las unidades de obra y partidas más significativas.
- e) Determinación de la posible afección a espacios de la Red Natura 2000 o cualesquiera otros dotados de figuras de protección ambiental. En aquellos proyectos en que se pueda producir la citada afección, el proyecto incluirá el necesario estudio bionómico referido al ámbito de la actuación prevista.

Asimismo el artículo 87 del RD 876/2014 se establece que "cuando no se trate de utilización por la Administración, se acompañará un estudio económico-financiero cuyo contenido será el definido en el artículo 89 de este reglamento y el presupuesto estimado de las obras emplazadas en el dominio público marítimo-terrestre". Dicho artículo 89 establece que el estudio económico-financiero "desarrollará la evolución previsible de la explotación, considerando diversas alternativas de plazo de amortización acordes con las disposiciones de este reglamento, y contendrá:

- a) Relación de ingresos estimados, con tarifas a abonar por el público y, en su caso, descomposición de sus factores constitutivos como base para futuras revisiones.
- b) Relación de gastos, incluyendo los de proyectos y obras y los de cánones y tributos a satisfacer, así como los de conservación, consumos energéticos, de personal y otros necesarios para la explotación. Además se incluirán, cuando éstos existan, los costes derivados de las medidas correctoras a imponer, así como los gastos derivados del plan de seguimiento para la comprobación de la efectividad de dichas medidas.
- c) Evaluación de la rentabilidad neta, antes de impuestos".

Por otro lado 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

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

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".

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:
- 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.
 - 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. (...)
 - Los proyectos incluidos en el apartado 2, cuando así lo solicite el promotor.
2. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada:
- Los proyectos comprendidos en el anexo II".

Dicho Anexo II incluye, entre otros proyectos, los siguientes:

- "Grupo 7. Proyectos de infraestructuras. (...)
- 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. (...).
 - 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 se está en los supuestos de los apartados e) y h) del Grupo 7 del Anexo II, lo que implicaría la necesidad de someter el proyecto a evaluación de impacto ambiental simplificada.

No obstante como el proyecto se desarrolla dentro de un LIC perteneciente a la Red Natura 2000, según la Ley de la C.A. de Canarias 14/2014, debería ser sometido a evaluación de impacto ambiental ordinaria, en cuyo caso el Promotor ha de presentar un Estudio de Impacto Ambiental.

Por todo ello finalmente el promotor, en virtud de lo establecido en el artículo 7.1.d de la Ley 21/2013, ha decidido someter el proyecto al procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinaria.

TOURINEUROPEO adjudicó a la empresa MARCIGLOB Consultancy Solutions, S.L. (en adelante MARCIGLOB) la redacción del "Proyecto Básico y Documentación ambiental para la construcción de una nueva playa en la zona norte de 'Costa Teguisse'; T.M. de Teguisse", que se han desarrollado de acuerdo a la legislación vigente anteriormente mencionada.

2. OBJETO DEL PROYECTO BÁSICO

El presente Proyecto Básico tiene por objeto la definición de las características de las instalaciones y obras propuestas por el promotor, la descripción y justificación de las obras, la extensión de la zona de Dominio Público Marítimo Terrestre a ocupar, así como la inclusión de los criterios básicos del proyecto, el Estudio de Dinámica Litoral, el programa de ejecución de los trabajos y la información fotográfica y gráfica necesaria, además del presupuesto de las actuaciones y el Estudio Económico-Financiero.

Como documento independiente pero ligado al proyecto Básico 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 han sido referenciadas al sistema de coordenadas WGS84 (World Geodetic System 1984) y el Datum empleado (o nivel de referencia al que se refieren las cotas) es el Cero Hidrográfico (C.H.), que está situado 1,51 m por debajo del nivel de referencia topográfico del IGN (el Nivel Medio del Mar en Arrecife, o NMMAr).

4. SITUACIÓN ACTUAL

La situación actual de la zona de obras es la obtenida a partir de los levantamientos topográficos y batimétricos disponibles. En el plano 2 del Documento nº 2 se presenta el resultado de dichos levantamientos. Se trata de una zona de acantilado bajo formado por cantos rodados y bolos limitada por el lado de tierra por el murete de un paseo marítimo que discurre por la Zona de Servidumbre de tránsito, tal como se muestra en las Figura 2.- y Figura 3.- .



Figura 2.- Panorámica desde el extremo suroeste de la playa en la que puede apreciarse en la mitad izquierda la zona de cantos rodados y bolos y en la mitad izquierda el paseo marítimo limitado por sendos muretes (Fuente: elaboración propia)

Finalmente como el perfil de la nueva playa (asociado a un tamaño medio de arena $D_{50} = 0,35 \text{ mm}$) no intersecta con el fondo natural resulta necesario añadir un espigón sumergido que actúe de pie de apoyo de la arena vertida.

Con objeto de efectuar una propuesta que satisfaga las necesidades del Promotor, optimice los recursos necesarios y minimice los impactos sobre el medio ambiente se ha efectuado un completo Estudio de Alternativas, que se incluye en el Anejo nº 6. En la Figura 5.- se presenta la planta de las tres alternativas estudiadas, cuya diferencia fundamental radica en la forma en planta del espigón norte. La propuesta 1 es la que tiene el extremo de dicho espigón más desplazado al norte, lo cual significa un basculamiento del extremo sur de la playa (que ha obligado a la inclusión de un espigón intermedio que permita dividir la playa en dos y retranquear una mitad respecto a la otra), mientras que la propuesta 3 es la que tiene el extremo de dicho espigón más desplazado al sur, lo que implica un basculamiento del extremo norte de la playa; en cambio la alternativa 2 es la que permite alcanzar un mejor equilibrio entre los 2 extremos de la playa.

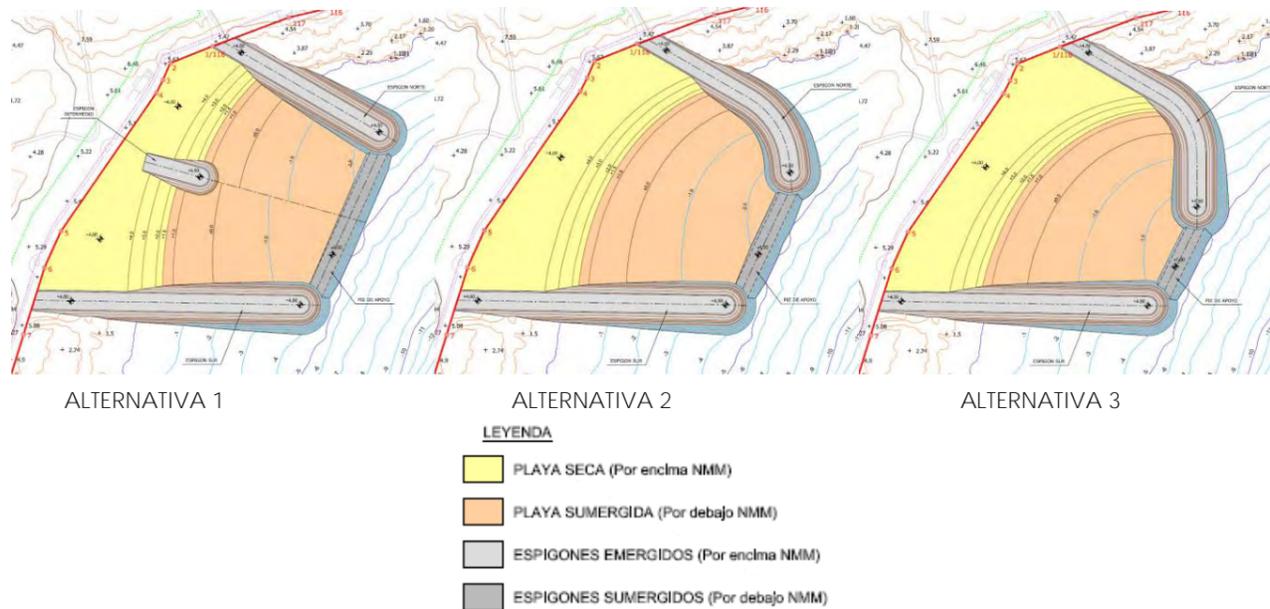


Figura 5.- Plantas detalladas de la Alternativas 1, 2 y 3 (Fuente: Elaboración propia)

Tras un análisis comparativo en el que se han tenido en cuenta los aspectos técnicos, medioambientales y económicos se ha concluido que la solución óptima (con una mayor puntuación global) era la alternativa 2, pese a no ser la más económica. Esta propuesta ha sido la desarrollada en el presente Proyecto Básico.

7. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Los elementos más significativos de la actuación propuesta son:

- Creación de una nueva playa mediante arena de origen terrestre extraída procedente de un yacimiento situado en el Sáhara.
- Construcción de dos espigones en los extremos norte y sur con objeto de estabilizar la arena vertida y de un pie sumergido (coronado a la cota -1,00 m CH) para contener el perfil sumergido que formará la arena vertida
- Construcción de un pantalán para el uso lúdico de los bañistas.

La Figura 6.- y el Plano 3 del Documento nº 2 muestran la planta general de las obras.

A continuación se describen los elementos más significativos de la actuación.

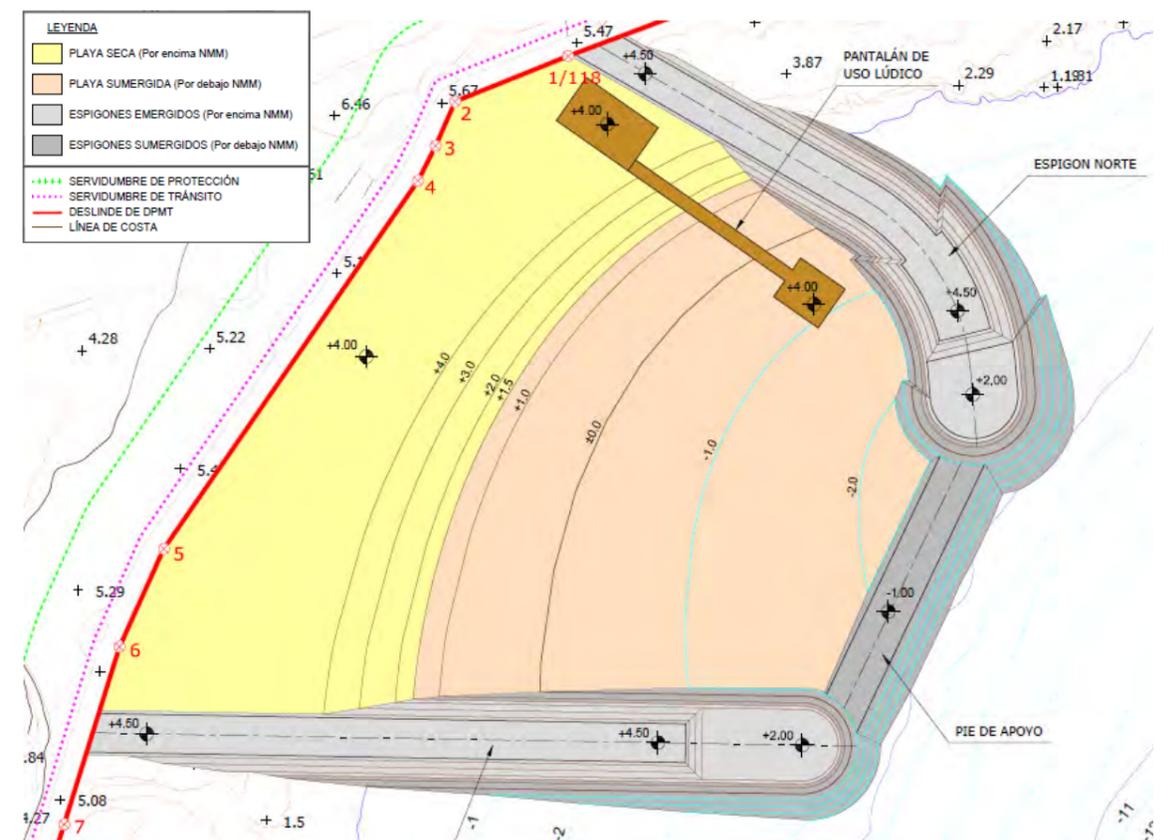


Figura 6.- Planta general de las obras (Fuente: elaboración propia)

7.1 ESPIGONES Y PIE DE PLAYA

A continuación se describen las secciones tipo de los espigones y pie de playa:

- Espigón situado al norte de la playa. Está formado por 4 secciones tipo:

- Sección tipo A: corresponde al arranque y alcanza una profundidad de hasta -1,50 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +2,70 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 2.000 kg en el talud exterior (con pendiente 1,5H:1V) y en la coronación (con una anchura de 8,86 m a la cota +4,50 m) y por dos capas de escollera de 1.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V)
- Sección tipo B: corresponde al tronco entre las profundidades -1,50 y -3,00 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +1,90 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 6.000 kg en el talud exterior (con pendiente 1,75H:1V) y en la coronación (con una anchura de 11,94 m a la cota +4,50 m) y dos capas de escollera de 4.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V).
- Sección tipo C: corresponde al tronco entre las profundidades -3,00 y -4,00 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,90 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota -0,60 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 6.000 kg en el talud exterior (con pendiente 2H:1V) y en la coronación (con una anchura de 20,06 m a la cota +2,00 m) y por dos capas de escollera de 4.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V).
- Sección tipo D: corresponde al morro. La sección de revolución está formada por un núcleo de todo uno coronado a la cota +0,35 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de bloques cúbicos de hormigón de 10,5 toneladas (1,65 x 1,65 x 1,65 m³) en el talud exterior (con pendiente 2H:1V) y una capa de bloques en la coronación (con una semianchura de 10,03 m a la cota +2,00 m).

• Pie de playa. Está formado por 1 sección tipo:

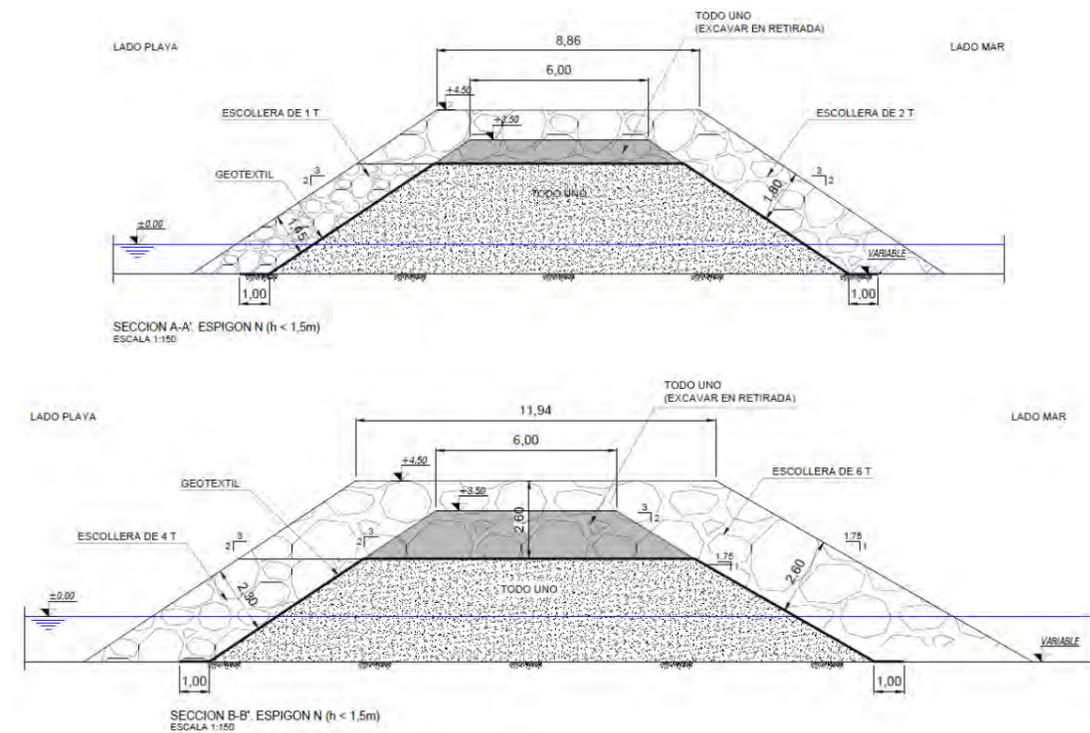
- Sección tipo E. La sección está formada por escollera de 6.000 kg que corona a la cota -1,00 m con una anchura de 10 m y con unos taludes 1,75H:1V por el lado mar y 1,5H:1V por el lado tierra. En la zona de contacto con la arena vertida se dispone un filtro de geotextil.

• Espigón situado al sur de la playa. Está formado por 3 secciones tipo:

- Sección tipo F: corresponde al arranque y alcanza una profundidad de hasta -3,00 m. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +2,70 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 2.000 kg en el talud exterior (con pendiente 1,5H:1V) y en la coronación (con una anchura de 8,86 m a la cota +4,50 m) y por dos capas de escollera de 1.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V)

- Sección tipo G: corresponde al tronco entre las profundidades -3,00 y -4,00 m CH. La sección está formada por un núcleo de todo uno con una coronación en la fase de construcción de 6,00 m de anchura a la cota +3,50 m, que posteriormente en retirada es excavado hasta la cota +0,20 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de escollera de 2.000 kg en el talud exterior (con pendiente 2H:1V) y en la coronación (con una anchura de 16,36 m a la cota +2,00 m) y por dos capas de escollera de 1.000 kg en el talud interior (con pendiente 1,5H:1V).
- Sección tipo H: corresponde al morro. La sección de revolución está formada por un núcleo de todo uno coronado a la cota +0,35 m. El núcleo está cubierto por un filtro de geotextil que está protegido por un manto exterior formado por dos capas de bloques cúbicos de hormigón de 10,5 toneladas (1,65 x 1,65 x 1,65 m³) en el talud exterior (con pendiente 1,5H:1V) y una capa de bloques en la coronación (con una semianchura de 8,20 m a la cota +2,00 m).

En la Figura 7.- y en el plano 6.2 del Documento nº 2 se presentan estas secciones tipo.



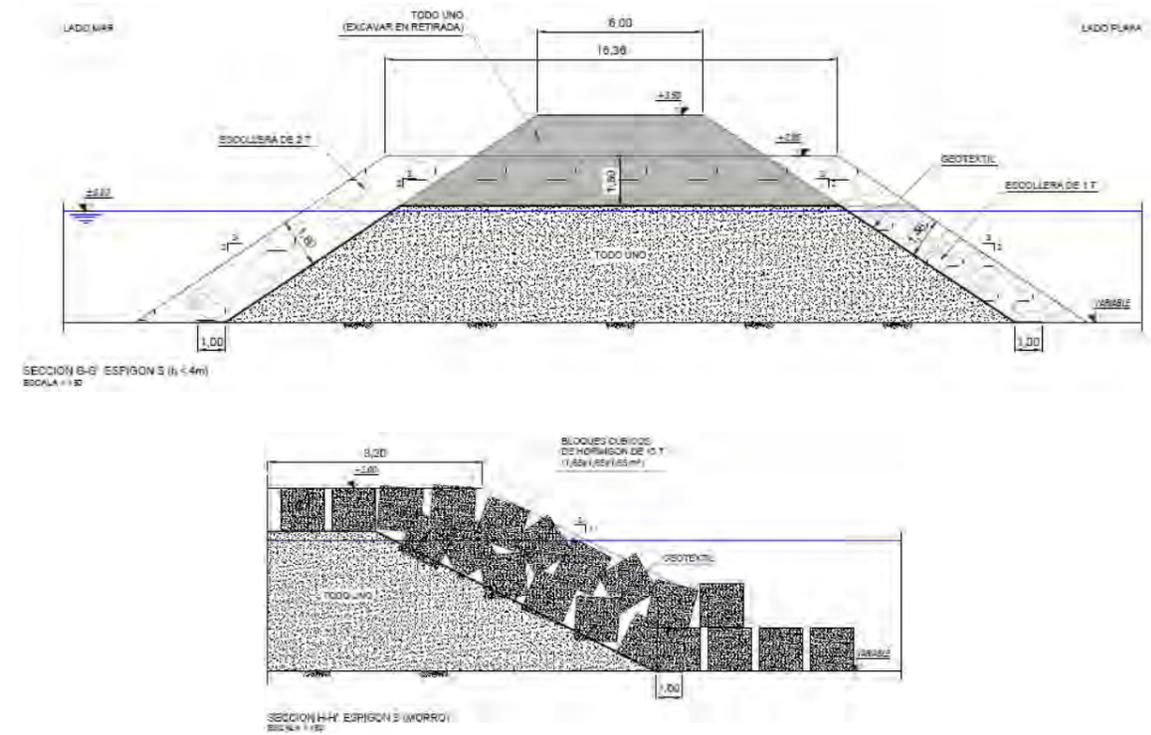
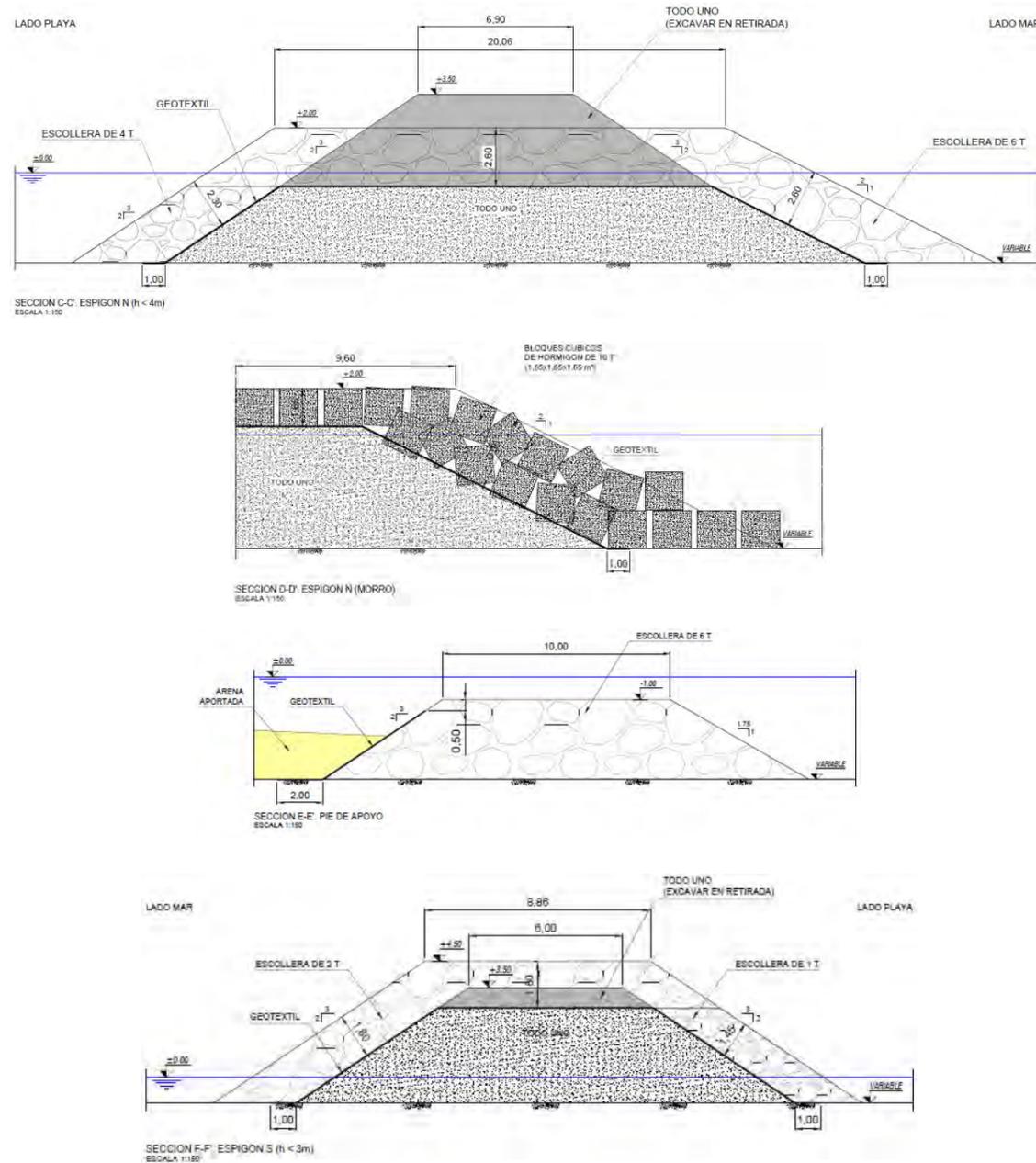


Figura 7.- Secciones tipo de los espigones (Fuente: elaboración propia)

7.2 APORTACIÓN DE ARENA

La nueva playa será creada mediante arena de aportación de origen terrestre (de un yacimiento del Sáhara) con un tamaño medio $D_{50} = 0,35$ mm. El volumen de aportación ha sido obtenido a partir del perfil teórico de equilibrio con estrán lineal coronado a la cota +4,00 m y teniendo en cuenta el incremento de la pendiente conforme la playa está más protegida por el espigón norte. Por consiguiente a lo largo de la playa el perfil va cambiando, como puede apreciarse en la planta (ver Figura 6.-) o en el plano de perfiles de la playa (plano 5.3).

7.3 PANTALÁN PARA USO LÚDICO

El pantalán, situado junto al espigón norte, tiene una anchura de 3 m y una longitud de 43,75 m. Arranca en la berma superior de la nueva playa, donde se dispone una plataforma de madera tratada de 12,00 x 20,00 m² y se adentra hacia el mar, hasta llegar aproximadamente a la profundidad actual de -1,75 m (-1,00 m de la nueva playa), donde es rematado por una plataforma de 12,40 x 10,60 m². La cota de coronación superior de esta estructura es la +4,00, coincidente con la de la berma de la nueva playa.

El tablero del pantalán y de la plataforma final está formado por unas vigas de hormigón armado HA-35 de forma "pi" (π) con un canto de 0,60 m y una longitud de 10,00 m, encima de las cuales se dispone una capa de compresión de espesor $e = 20$ cm de hormigón HA-35. Sobre esta capa se

dispone un entarimado de madera tratada con un espesor total de 0,25 m, que permita el uso y tránsito peatonal.

Las vigas se apoyan sobre unas pilas con una sección de 1,80 x 2,50 m² formadas por bloques de hormigón en masa HM-30 cimentados sobre unas banquetas de escollera de 1.000 kg con unas dimensiones en coronación de 2,80 x 3,50 m², enrasadas con grava. La cota de cimentación de cada pila es variable entre al +1,50 y la -0,50 en función de la profundidad existente en la zona.

En la Figura 8.- y en el plano 8 del Documento nº 2 se presentan la sección tipo y alzado del pantalán.

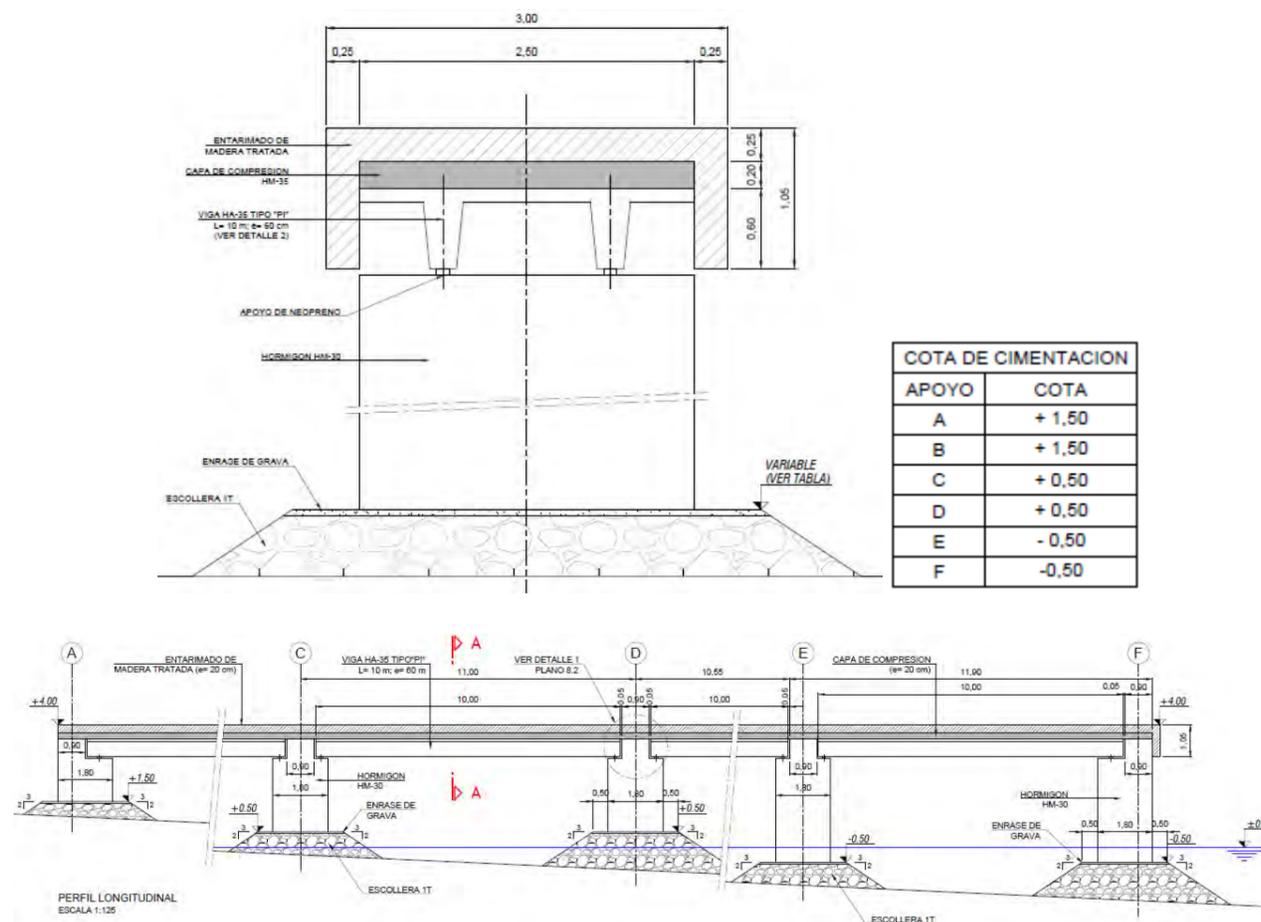


Figura 8.- Sección tipo y alzado del pantalán (Fuente: elaboración propia)

8. OCUPACIÓN DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE

La superficie total de Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) ocupada por las obras es de 26.615 m² de acuerdo a lo especificado en el plano 4 del Documento nº 2.

En el proyecto no está prevista la afección a servicios existentes ni la realización de expropiaciones.

9. ACOMETIDAS DE SERVICIOS PREVISTAS

En el proyecto no está prevista la acometida de ningún servicio.

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. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

El presente Proyecto Básico 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 Ambiental (PVA) ha sido incluido en el presupuesto del presente proyecto.

13. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Se prevé un plazo de ejecución de las obras de CUATRO (4) MESES, de acuerdo con el programa de obra que se incluye en el Anejo nº 9.

14. PRESUPUESTO DE LA OBRA

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

14.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

Asciende el presente Presupuesto de Ejecución Material a la cantidad de UN MILLÓN SEISCIENTOS CUARENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (1.648.652,79 €). Su desglose se presenta a continuación.

CAPÍTULO 1. ESPIGONES	858.354,56 €
CAPÍTULO 2. APORTACIÓN DE ARENA	576.584,25 €
CAPÍTULO 3. PANTALÁN	111.413,98 €
CAPÍTULO 4. OBRAS Y UNIDADES AUXILIARES	17.500,00 €
CAPÍTULO 5. VARIOS	84.800,00 €
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	1.648.652,79 €

- 4. Planta de relación con el DPMT
- 5. Aportación de arena
 - 5.1. Planta general
 - 5.2. Planta de ubicación de los perfiles
 - 5.3. Perfiles de medición
- 6. Espigones
 - 6.1. Planta general y de ubicación de las secciones tipo
 - 6.2. Secciones tipo
 - 6.3. Planta de ubicación de los perfiles
 - 6.4. Perfiles de medición
- 7. Planta de ordenación
- 8. Pantalán de uso lúdico
 - 8.1. Planta y perfil longitudinal
 - 8.2. Sección tipo y detalles

14.2 PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL)

Si se incrementa el Presupuesto de Ejecución Material en un 13 % en concepto de Gastos Generales y un 6 % en concepto de Beneficio Industrial se obtienen un subtotal de UN MILLÓN NOVECIENTOS SESENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS (1.961.896,82 €).

El Presupuesto Base de Licitación se ha obtenido incrementando el subtotal anterior un 7 % en concepto de Impuesto General de las Islas Canarias (I.G.I.C.) resultando finalmente un total de DOS MILLONES NOVENTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS VEINTINUEVE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS (2.099.229,60 €).

15. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS

- Anejo nº 1. Reportaje fotográfico
- Anejo nº 2. Topografía, batimetría y geomorfología
- Anejo nº 3. Estudio de Clima Marítimo
- Anejo nº 4. Estudio de Dinámica Litoral
- Anejo nº 5. Estudio de procedencia de la arena
- Anejo nº 6. Estudio de alternativas
- Anejo nº 7. Dimensionamiento de las obras
- Anejo nº 8. Programa de trabajos
- Anejo nº 9. Estudio económico-financiero (en tomo aparte)

DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

- 1. Situación y emplazamiento
- 2. Situación actual
- 3. Planta general de obras

DOCUMENTO Nº 3: PRESUPUESTO

Mediciones

Cuadro de Precios

Presupuestos Parciales

Presupuesto Total

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (en tomo aparte)

Arrecife, septiembre de 2017

El Autor del Proyecto

F. Javier Escartín García
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Colegiado nº 11.275

ÍNDICE DE ANEJOS

- Anejo nº 1. Reportaje fotográfico
- Anejo nº 2. Topografía, batimetría y geomorfología
- Anejo nº 3. Estudio de Clima Marítimo
- Anejo nº 4. Estudio de Dinámica Litoral
- Anejo nº 5. Estudio de procedencia de la arena
- Anejo nº 6. Estudio de alternativas
- Anejo nº 7. Dimensionamiento de las obras
- Anejo nº 8. Programa de trabajos
- Anejo nº 9. Estudio económico-financiero (en tomo aparte)

ANEJO N° 1. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

0	15-09-17	Edición final	JEG	OPF	JEG
B	07-04-17	Emisión para Comentarios del Cliente	JEG	OPF	JEG
A	05-04-17	Emisión para Comentarios Internos	JEG	OPF	JEG
Revisión	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado

ÍNDICE

1. FOTOGRAFÍAS ACTUALES DESDE TIERRA	1
2. FOTOGRAFÍAS AÉREAS.....	7

Índice de figuras

Figura 1.- Ubicación de las fotografías (Fuente: Elaboración propia).....	1
---	---

Índice de fotografías

Fotografía 1.- Panorámica desde el extremo suroeste de la playa (Fuente: elaboración propia)	2
Fotografía 2.- Panorámica desde el extremo noreste de la playa (Fuente: elaboración propia).....	2
Fotografía 3.- Desagüe existente en el extremo sur de la playa (Fuente: elaboración propia)	3
Fotografía 4.- Detalle del desagüe existente en el extremo sur de la playa (Fuente: elaboración propia).....	3
Fotografía 5.- Panorámica desde el extremo norte (Fuente: elaboración propia)	3
Fotografía 6.- Vista aérea de la zona central de estudio (Fuente: Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar).....	7
Fotografía 7.- Vista aérea de la zona situada al sur (Fuente: Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar).....	7
Fotografía 8.- Vista aérea de la zona situada al norte (Fuente: Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar).....	7

1. FOTOGRAFÍAS ACTUALES DESDE TIERRA

En la Figura 1.- se muestra la ubicación de las diferentes fotografías tomadas desde la zona de proyecto



Figura 1.- Ubicación de las fotografías (Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 1.- Panorámica desde el extremo suroeste de la playa (Fuente: elaboración propia)



Fotografía 2.- Panorámica desde el extremo noreste de la playa (Fuente: elaboración propia)



Fotografía 3.- Desagüe existente en el extremo sur de la playa (Fuente: elaboración propia)



Fotografía 4.- Detalle del desagüe existente en el extremo sur de la playa (Fuente: elaboración propia)



Fotografía 5.- Panorámica desde el extremo norte (Fuente: elaboración propia)

2. FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Su ubicación también se muestra en la Figura 1.- .



Fotografía 6.- Vista aérea de la zona central de estudio (Fuente: Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar)



Fotografía 8.- Vista aérea de la zona situada al norte (Fuente: Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar)



Fotografía 7.- Vista aérea de la zona situada al sur (Fuente: Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar)

ANEJO N° 2. TOPOGRAFÍA, BATIMETRÍA, GEOMORFOLOGÍA Y BIOCENOSIS

0	15-09-17	Edición final	JEG	OPF	JEG
B	29-03-17	Emisión para Comentarios del Cliente	JEG	OPF	JEG
A	27-03-17	Emisión para Comentarios Internos	JEG	OPF	JEG
Revisión	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado

ÍNDICE

<p>1. TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA 1</p> <p> 1.1 INFORMACIÓN DE PARTIDA 1</p> <p> 1.2 TOPOGRAFÍA 1</p> <p> 1.2.1 ANTECEDENTES 1</p> <p> 1.2.2 SÍNTESIS DE LOS TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA 1</p> <p> 1.2.2.1 Red Costera Principal 1</p> <p> 1.2.2.2 Red Costera Secundaria 2</p> <p> 1.3 BATIMETRÍA 2</p> <p> 1.3.1 ANTECEDENTES 2</p> <p> 1.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA BATIMETRÍA LOCAL 3</p> <p>2. GEOMORFOLOGÍA Y BIOCENOSIS 5</p> <p> 2.1 INFORMACIÓN DE PARTIDA 5</p> <p> 2.2 GEOMORFOLOGÍA DE LOS FONDOS 5</p> <p> 2.2.1 ANTECEDENTES 5</p> <p> 2.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA LOCAL DE LOS FONDOS 5</p> <p> 2.3 BIOCENOSIS DE LOS FONDOS 6</p> <p> 2.3.1 ANTECEDENTES 6</p> <p> 2.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA BIOCENOSIS LOCAL 6</p>	<p>Figura 3.- Batimetría general de la zona de actuación (Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGC) 4</p> <p>Figura 4.- Batimetría general de la zona de actuación (Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGC) 4</p> <p>Figura 5.- Geomorfología de los fondos en la zona de actuación (Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGC) 5</p> <p>Figura 6.- Biocenosis de los fondos en la zona de actuación (Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGC) 6</p> <p>Figura 7.- Mapa bionómico que indica las comunidades marinas en el entorno de la zona de obras detectadas en los trabajos de campo (Fuente: Elaboración propia) 7</p>
---	---

Apéndice 1. Planos

Índice de figuras

Figura 1.-	Cartografía general de la zona del proyecto (Fuente: DGC) 2	2
Figura 2.-	Localización de los puntos de instalación de los mareógrafos (Fuente: DGC) 3	3

1. TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

1.1 INFORMACIÓN DE PARTIDA

La información topográfica y batimétrica empleada en este proyecto ha sido obtenida del "Estudio Ecocartográfico del litoral de las Islas de Lanzarote, Graciosa y Alegranza" (2002) realizado por la antigua Dirección General de Costas (DGC).

El "Estudio Ecocartográfico del litoral de las Islas de Lanzarote, Graciosa y Alegranza" en la provincia de Las Palmas, tuvo como objetivo fundamental la realización de un soporte cartográfico detallado de la costa de Lanzarote y sus islotes adyacentes y una descripción desde el punto de vista medioambiental de sus comunidades naturales, paisaje y elementos patrimoniales tanto terrestres como marinos. El trabajo planteado buscaba obtener una perspectiva global de los recursos naturales del litoral de Lanzarote y conocer su estructura, su estado, sus magnitudes y sus relaciones mutuas para orientar decisivamente los planeamientos de ámbito general y local.

De este informe detallado se ha tenido en cuenta la siguiente información:

- Información batimétrica del litoral sumergido con una precisión adecuada a los requisitos de la información biológica, geomorfológica, etc. cartografiada a escala 1:1.000.
- Restitución topográfica detallada del terreno emergido que pertenece al Dominio Público Marítimo-Terrestre, incluyendo bordes costeros rocosos, playas, dunas, zonas marismas y encharcadas, etc, restituida a escala 1:1.000. Como razón de ésta actuación se considera la escasez general de información topográfica detallada de la franja terrestre inmediata al mar.
- Medición del cero topográfico e hidrográfico (cota mínima de la bajamar viva equinoccial), en una serie de estaciones que jalonan todo el contorno litoral. Ésta actuación buscaba resolver las deficiencias que hoy en día existen en las cotas topográficas próximas al mar y dar solución a los graves problemas de precisión que tienen las estimas del cero hidrográfico cuando estas se obtienen trasladando el cero desde un puerto -patrón relativamente lejano. Cabe recordar que en la marea existen dos componentes: la astronómica (debida a la interacción de Tierra, Luna y Sol) y la meteorológica (fundamentalmente debida a cambios en la presión atmosférica asociados a anticiclones y borrascas).

1.2 TOPOGRAFÍA

1.2.1 ANTECEDENTES

El objetivo básico y principal de las tareas de topografía consistió en la restitución topográfica detallada del terreno emergido a escala 1:1.000 que pertenece al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Lanzarote y el archipiélago Chinijo, incluyendo bordes costeros rocosos, playas, dunas, zonas marismas y encharcadas, etc.

Además se pretendió obtener una optimización en la valoración de los resultados de las tareas realizadas incorporando un vuelo en color a escala 1:5.000 y ortofoto digital de toda la zona de actuación.

Tras la planificación previa de los trabajos a realizar estos se desarrollaron en las siguientes fases:

- Trabajos de campo
- Trabajos de gabinete

1.2.2 SÍNTESIS DE LOS TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA

La metodología seguida en la elaboración del trabajo fue la convencional en las labores de topografía.

La secuencia seguida fue básicamente la siguiente:

- a) Reconocimiento previo en el campo de la zona a estudiar y recopilación de toda la información cartográfica existente.
- b) Establecimiento de la Red Básica Topográfica y observación mediante técnicas de G.P.S. (Posicionamiento Global por Satélite), en modo relativo estático, con grabación simultánea de datos en un punto de coordenadas conocidas.
- c) Apoyo topográfico de los pares de vuelo, con señalización y medida de puntos básicos de Red Costera que habrán de ofrecer las máximas garantías de permanencia y estabilidad.
- d) La restitución exclusivamente de forma digital, utilizando equipos digitales que permitan, mediante los oportunos medios informáticos, archivar magnéticamente las coordenadas de cada uno de los puntos que componen el plano, registrándose la información al tiempo que se obtiene el proceso de restitución.
- e) Revisión en campo de la cartografía, donde se completa y corrige la información cartográfica a restituir y en la que se realizan diversos levantamientos topográficos para definir zonas concretas y áreas oscuras.

Los trabajos de campo se llevaron a cabo con sujeción a la "Instrucción para el deslinde y amojonamiento del dominio público marítimo – terrestre" de la Dirección General de Costas y otras circulares referentes a deslindes, cartografía y ficheros informáticos.

Por todo ello en el presente proyecto se considerarán los siguientes niveles de mar de cálculo:

1.2.2.1 Red Costera Principal

Esta red fue una densificación de la Red Geodésica existente en la zona. Para ello, se realizó una planificación de la ubicación de los vértices que la componen y, para la observación de los vértices de la Red, se utilizaron receptores GPS de uso Geodésico – Topográfico de doble frecuencia.

Las observaciones se realizaron en el modo Rápido-Estático, colocando como base fija en uno de los vértices geodésicos a observar uno de los receptores y desplazando los otros dos móviles a los otros vértices a medir, cuidando de que el tiempo de observación común entre ambos fuera al menos de 15 minutos. Todo el proceso de cálculo de vectores o Baselines se ha realizado con el software de TRIMBLE, GPSURVEY.

Con la obtención de la totalidad de los Vectores (Baselines) que componen la Red Trigonométrica, y por tanto de la composición de sus triángulos, utilizando el módulo de ajuste de redes, TRIMNET de TRIMBLE se procedió al ajuste de toda la Red, para lo que se utilizaron como Puntos fijos de coordenadas los vértices de la Red Geodésica Nacional existente en la zona de trabajo.

Como origen altimétrico, en el cálculo y ajuste de dicha Red, inicialmente se utilizan como Cotas Fijas las de aquellos puntos pertenecientes a la Red de Nivelación Precisión del IGN existentes en la isla de Lanzarote. Con posterioridad, las cotas de todos los Vértices de la Red Principal Costera, de los Vértices de la Red Secundaria, Puntos de Apoyo y de todos los trabajos topográficos realizados, se refirieron a la cota del clavo del Mareógrafo de Arrecife calculada y determinada por Hidtma. Este clavo fue medido utilizando la misma metodología que para el resto de los vértices, fue calculado y ajustado con la Red Principal Costera, determinando por tanto, el incremento de cotas que afectaría a todos los vértices que intervinieron en este proyecto y que anteriormente estaban referidos a la Red de Nivelación de Precisión del IGN.

1.2.2.2 Red Costera Secundaria

Para la observación de la Red Costera Secundaria se han empleado los mismos equipos GPS y el mismo método que en la observación de la Red Principal Costera, este es el modo Rápido-Estático.

Con la obtención de la totalidad de los Vectores (Baselines) que componen la Red Secundaria y los Puntos de Apoyo observados, y añadiéndole los vectores de la Red Principal, utilizando el módulo de ajuste de redes, Trimnet de Trimble, se ha procedido al cálculo y ajuste de toda la Red, para lo que se han utilizado como Puntos Fijos de coordenadas los mismos puntos fijos que intervenían en el cálculo de la Red Básica, para de esta manera transmitir a los vértices de la Red Secundaria y a los Puntos de Apoyo medidos, los mismos parámetros de ajuste utilizados en el cálculo de los vértices de la Red Principal Costera.

Para el cálculo altimétrico, el proceso seguido es el mismo que en la obtención de las cotas de los vértices de la Red Principal Costera, utilizando inicialmente como Cotas Fijas las de aquellos puntos pertenecientes a la Red de Nivelación Precisión del IGN, refiriéndose en un segundo cálculo a la cota del clavo del Mareógrafo de Arrecife calculada y determinada previamente.

Para obtener el valor de las cotas de todos los Vértices de la Red Secundaria y de los Puntos de Apoyo referidas al mareógrafo de Arrecife, fue necesario incrementar las cotas ortométricas en 1,777 metros, obteniendo de esta manera las cotas referidas a la B.M.V.E. del Puerto de Arrecife (materializada a través del clavo de la arqueta que tiene una cota +4,343 metros r/B.M.V.E.

Por tanto, el nivel de referencia del levantamiento fue el Cero Hidrográfico (C.H.), que está situado 1,51 m por debajo del nivel de referencia topográfico del IGN (el Nivel Medio del Mar en Arrecife, o NMMAr).



Figura 1.- Cartografía general de la zona del proyecto (Fuente: DGC)

1.3 BATIMETRÍA

1.3.1 ANTECEDENTES

El objetivo fue la realización de una batimetría completa de la plataforma costera sumergida, hasta la cota de -50 metros o cuando menos a 1 km de distancia de costa.

La batimetría se realizó con sonda tipo Multihaz y solape de datos prácticamente total, lo cual dio lugar a obtener una batimetría muy detallada en la que no se produce interpolación de datos realizándose todo el curvado sobre una nube de datos reales muy densa.

La planificación de los recorridos de la embarcación se diseñó por medio del sofisticado software de navegación instalado en la embarcación, de tal forma que las zonas sondadas se fueran solapando.

El equipo de toma de datos es un sistema completo de batimetría, totalmente actualizado, con sonda multihaz, compensador de oleaje, giroscópica, medidor de velocidad del sonido, GPS diferencial corregido por satélite y otros.

La toma de datos requirió un total de cuatro meses de trabajo embarcados, generando un elevado volumen de datos. En total se obtuvieron del orden de 10.000 archivos ocupando los mismos más de 65.000 megabytes. El nivel de detalle de la batimetría es tal, que se estima que como media se han recogido un total de 4 a 8 puntos de sonda por metro cuadrado, llegando en zonas someras (profundidades menores de 6 – 8 metros) a una media de 80 – 120 puntos de sonda por metro cuadrado. Esta elevada densidad de puntos permite recrear los relieves submarinos con una gran precisión y definición.

La creación de estas nubes de puntos con cobertura casi total, permite la obtención de datos batimétricos fiables a lo largo de toda la zona cubierta, esto implica que se pueden obtener perfiles de profundidad en cualquier posición y orientación, al contrario que en las batimetrías tradicionales en las que únicamente existen datos fiables a lo largo de los recorridos de la embarcación. Asimismo, en las batimetrías con sonda multihaz no se realiza interpolación de datos alguna, si no una reducción de los datos obtenidos con el fin de conseguir una nube de puntos de un tamaño adecuado para su proceso.

En definitiva lo que se obtiene con este tipo de toma de datos, sonda multihaz y solape total, es un modelo digital del fondo marino que nos permite tener conocimiento de los fondos con un detalle impensable con los datos obtenidos con una sonda tradicional o con la metodología clásica de toma de datos por lineales e interpolación posterior en el proceso de datos.

La explotación posterior del modelo del fondo marino obtenido nos permite obtener todo tipo de perfiles, cubicaciones, detalles morfológicos y otros posibles usos dado el detalle y definición de la malla de puntos que se ha obtenido.

Las visitas realizadas a la isla en los meses previos y diversas personas contactadas, que participaron posteriormente en algunas fases del trabajo, permitió la contratación del barco y la planificación subsiguiente de los trabajos.

Para su ejecución se dividió la Isla de Lanzarote en 4 grandes sectores: NO, NE, SE y SO tal y como se muestra en la figura 1. Estos sectores se subdividieron en mallas de menor tamaño de cara a ordenar e identificar los archivos de datos generados.

Para la corrección por marea se seleccionaron ocho puntos de instalación de mareógrafos (ver Figura 2.-): Arrecife, Arrieta, Graciosa, Alegranza, La Santa, El Golfo, Playa Blanca y Puerto Calero. La descripción completa de su localización, así como los resultados pueden verse en el apartado correspondiente del "Estudio Ecocartográfico del litoral de las Islas de Lanzarote, Graciosa y Alegranza".

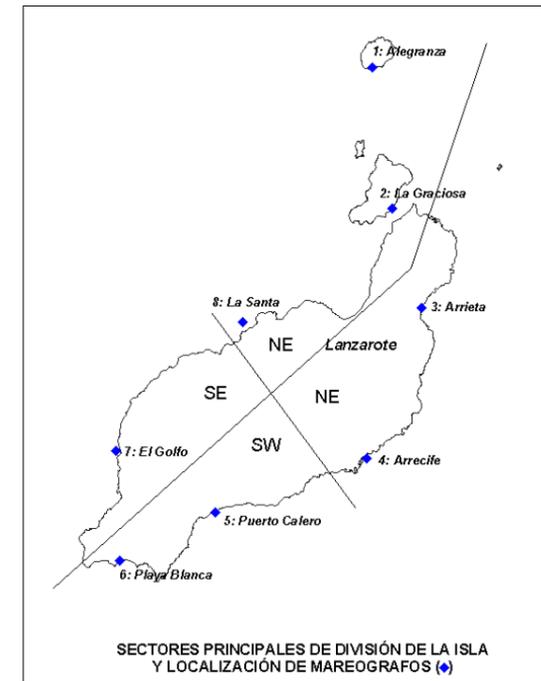


Figura 2.- Localización de los puntos de instalación de los mareógrafos (Fuente: DGC)

1.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA BATIMETRÍA LOCAL

De acuerdo a la información presentada, se pueden hacer algunas valoraciones acerca de las características de la batimetría del área afectada por el proyecto.

La zona de interés presenta una batimetría típica de las Islas Canarias, esto se traduce en la existencia de una corta plataforma continental y de una complicada configuración de las líneas batimétricas.

En la zona de proyecto (representada con un rectángulo de color rojo en la Figura 3.-) la batimetría presenta una fuerte pendiente que se reduce hacia el sur, frente a la playa de las Cucharas donde la batimetría viene condicionada por la presencia de una gran laja rocosa que genera un bajo de grandes dimensiones, 2 km x 1,5 km (marcada con una línea de color verde discontinua en la Figura 3.-). Este elemento condiciona de manera importante la dinámica litoral de la zona.

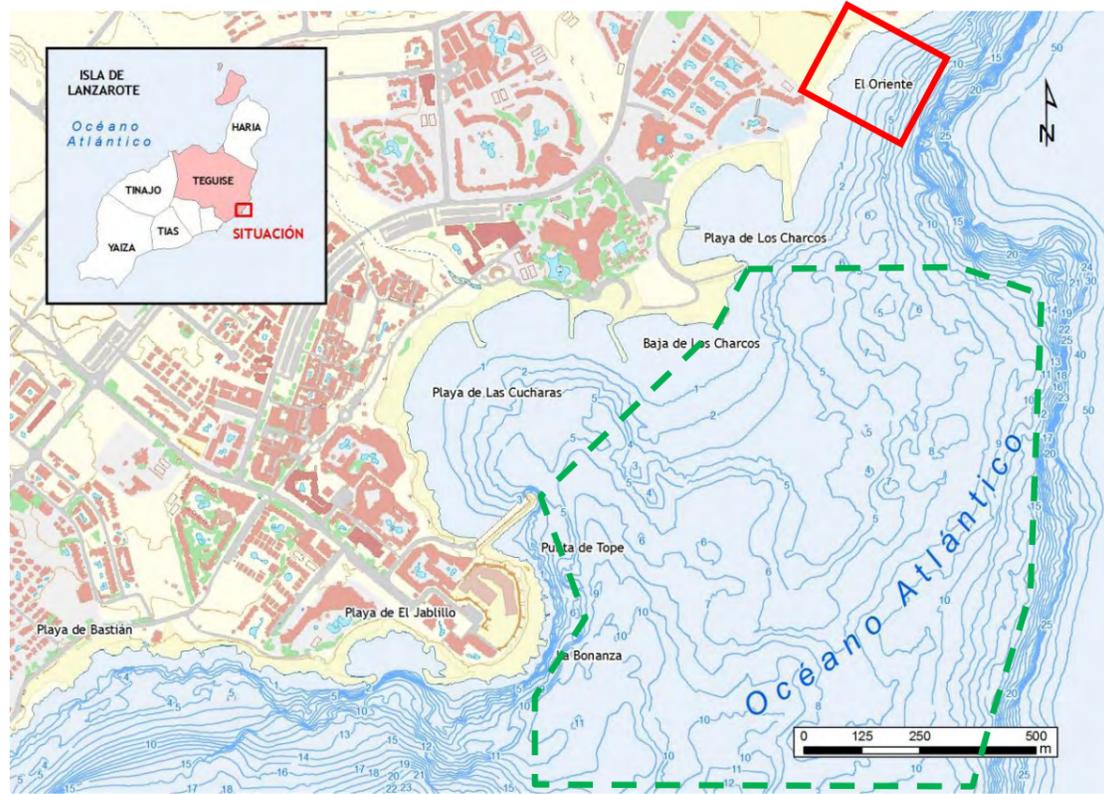


Figura 3.- Batimetría general de la zona de actuación (Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGC)

En la Figura 4.- y en el plano A2.1 se muestra la topografía y batimetría de la zona de estudio.

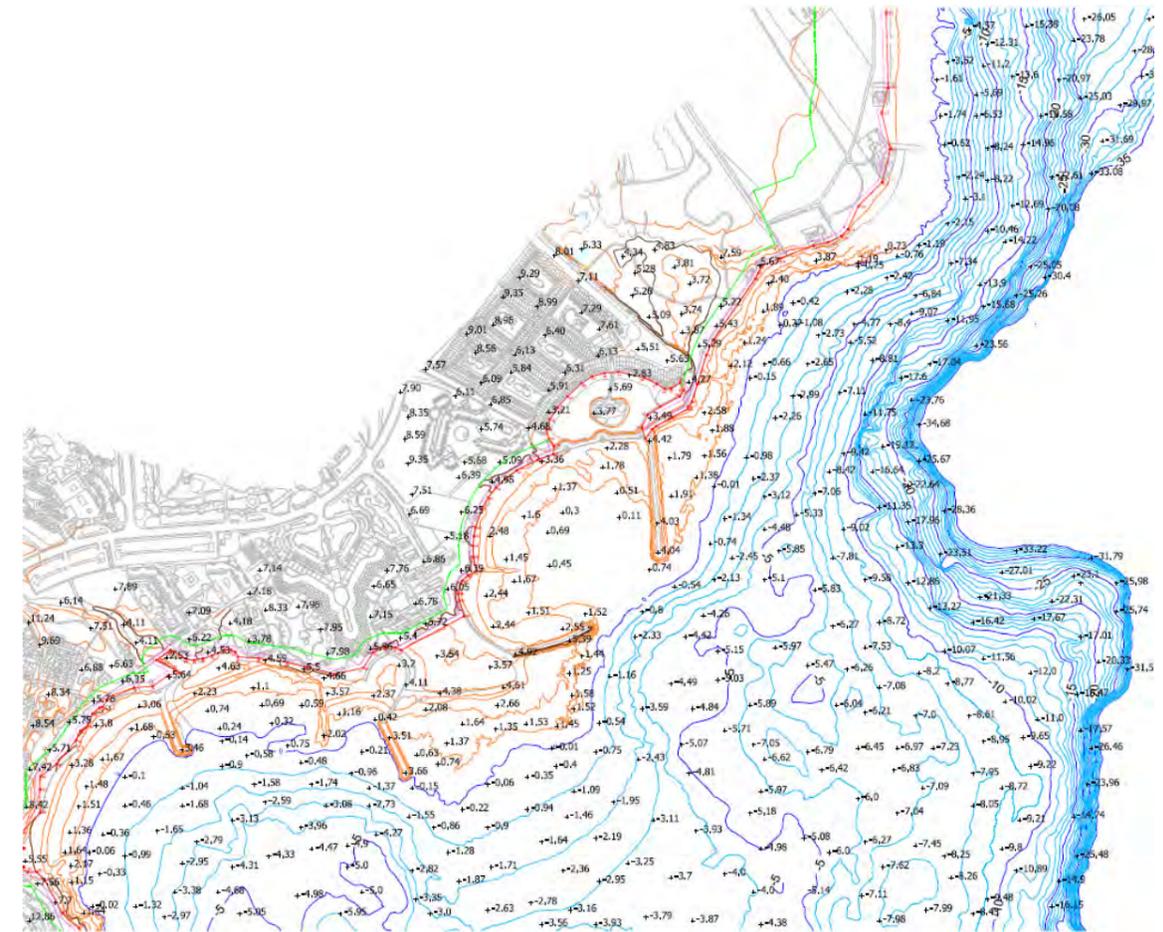


Figura 4.- Batimetría general de la zona de actuación (Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGC)

2. GEOMORFOLOGÍA Y BIOCENOSIS

2.1 INFORMACIÓN DE PARTIDA

La información geomorfológica empleada en este proyecto ha sido obtenida también del "Estudio Ecocartográfico del litoral de las Islas de Lanzarote, Graciosa y Alegranza" además de los trabajos de campo específicos realizados para este proyecto.

Las fuentes de información usadas en dicho estudio para poder definir la naturaleza de los fondos marinos y su biocenosis fueron las siguientes:

- Estudios previos de geofísica marina realizados por la DGC.
- Fotografías aéreas (ortofotos).
- Prospección con Sonar de barrido Lateral (SBL).
- Prospecciones submarinas con TV submarina y con buzos.
- Muestreos con dragas foster en la infralitoral.
- Muestreos directos sobre la zona intermareal de sedimentos. fauna y flora.
- Prospección in situ de la costa para la caracterización de las comunidades florísticas y faunísticas presentes (cartografía bionómica terrestre).

2.2 GEOMORFOLOGÍA DE LOS FONDOS

2.2.1 ANTECEDENTES

Como resultado del estudio anteriormente mencionado se presentaron una serie de planos morfológicos en los que se distinguían los siguientes sustratos:

- Roca: fondos de alta reflectividad registrados por el sonar de barrido lateral y que se refiere fundamentalmente a fondos compuestos por rocas volcánicas, coladas de lava, grandes cantos y bolos.
- Arenas gruesas y muy gruesas que reúnen suelos de alta reflectividad sónica y que integran desde arenas gruesas hasta cantos rodados.
- Arenas medias agrupa fondos sedimentarios de mediana reflectividad sónica y que están compuestas por arenas de origen bioclasticas o volcánicas
- Arenas finas. Fondos de baja reflectividad
- Fondos de *Lithothamnion*. Fondos de origen biogénico constituido por algas calcáreas del género *Lithothamnion*.
- Zonas recomendadas de investigación: reúnen aquellas zonas así nombradas en los estudios de geofísica previos y que se incorporan a esta cartografía.

2.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA LOCAL DE LOS FONDOS

Tal como muestra la Figura 5.-, en la zona de proyecto destaca la presencia de roca en la zona supramareal, intermareal y en la zona sumergida hasta una profundidad inferior a los -35 m CH. Por debajo de esta profundidad (a una distancia de unos 350 metros de la línea de costa) aparece un estrato de arenas finas de grandes dimensiones y que parece extenderse por todo el litoral oriental de la isla. Más al sur puede apreciarse la presencia de la laja rocosa a la altura de la playa de las Cucharas, tal como se comentaba en el apartado 1.3.2.

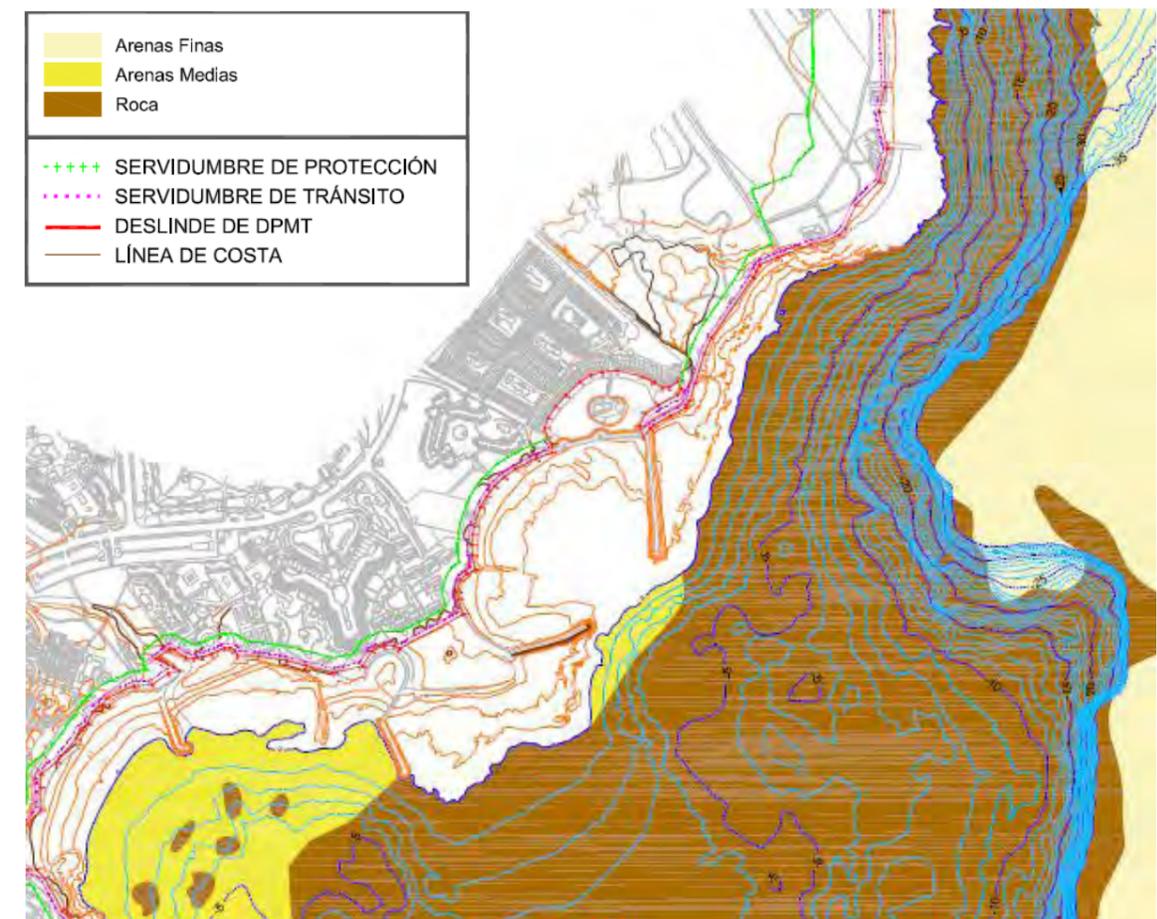


Figura 5.- Geomorfología de los fondos en la zona de actuación (Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGC)

La presencia de dicho estrato rocoso en el ámbito de estudio ha podido ser comprobada en las prospecciones subacuáticas realizadas expresamente por MARCIGLOB para el presente proyecto.

En el plano A2.2 se muestra la geomorfología de los fondos de la zona de estudio.

2.3 BIOCENOSIS DE LOS FONDOS

2.3.1 ANTECEDENTES

La finalidad del Estudio ecocartográfico fue llevar a cabo una cartografía bentónica del medio intermareal y submareal, hasta la batimetría de - 50 m, con objeto de:

- Definir bionómicamente los fondos sedimentarios y rocosos, estimando la importancia biológico/ecológica de las comunidades, así como su grado de vulnerabilidad ante factores adversos.
- Conseguir una valoración biológico/ecológica del medio litoral, en su conjunto y más concretamente por tramos zonales; a través de las biocenosis sedimentarias y comunidades rocosas presentes
- Obtener un listado de especies de flora y fauna que albergan estos fondos, considerando su importancia biológica/ecológica y las medidas de protección que puedan presentar.

Una vez recopilada y analizada toda la información disponible, tanto bibliográfica como procedente de los muestreos efectuados, se obtuvo una relación de las biocenosis y comunidades que habitan el medio supramareal, intermareal y submareal, tanto sedimentario como rocoso. Asimismo se estimó su valor ecológico, vulnerabilidad y medidas de protección de las especies que la caracterizan. La representación cartográfica de las mismas comportó la definición bionómica de todo el litoral.

Tal como muestra la Figura 6.-, en la zona de proyecto se aprecia la presencia de los siguientes tipos de biocenosis y comunidades, presentados desde el más próximo a la costa hasta el más alejado:

- Horizonte multiespecífico sobre roca (los primeros 50 m en planta, medidos desde la isóbata +0).
- Horizonte de *Padina pavonica* sobre roca (los siguientes 25 m)
- Comunidad de blanquiazul (los siguientes 225 m)
- Horizonte de *caulerpa* +anguilas jardineras sobre arenas finas (a una distancia de 300 m desde la isóbata +0)

Más al norte, pero fuera de la zona de actuación, el tramo rocoso más cercano a la costa pasa a estar caracterizado por la presencia del Horizonte de *Stypocaulum scoparium* sobre roca.

En el plano A2.3 se muestra la biocenosis de los fondos de la zona de estudio.

2.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA BIOCENOSIS LOCAL

Con objeto de verificar la presencia de todas estas comunidades en el ámbito de estudio, MARCIGLOB efectuó unas prospecciones subacuáticas realizadas exprofeso para el presente proyecto. La metodología empleada así como los resultados obtenidos se muestran con detalle en el apartado 2.6. ESTUDIO DE BIONOMÍA Y BIOCENOSIS EXISTENTES. COMUNIDADES NATURALES del Documento Ambiental ligado al presente proyecto.

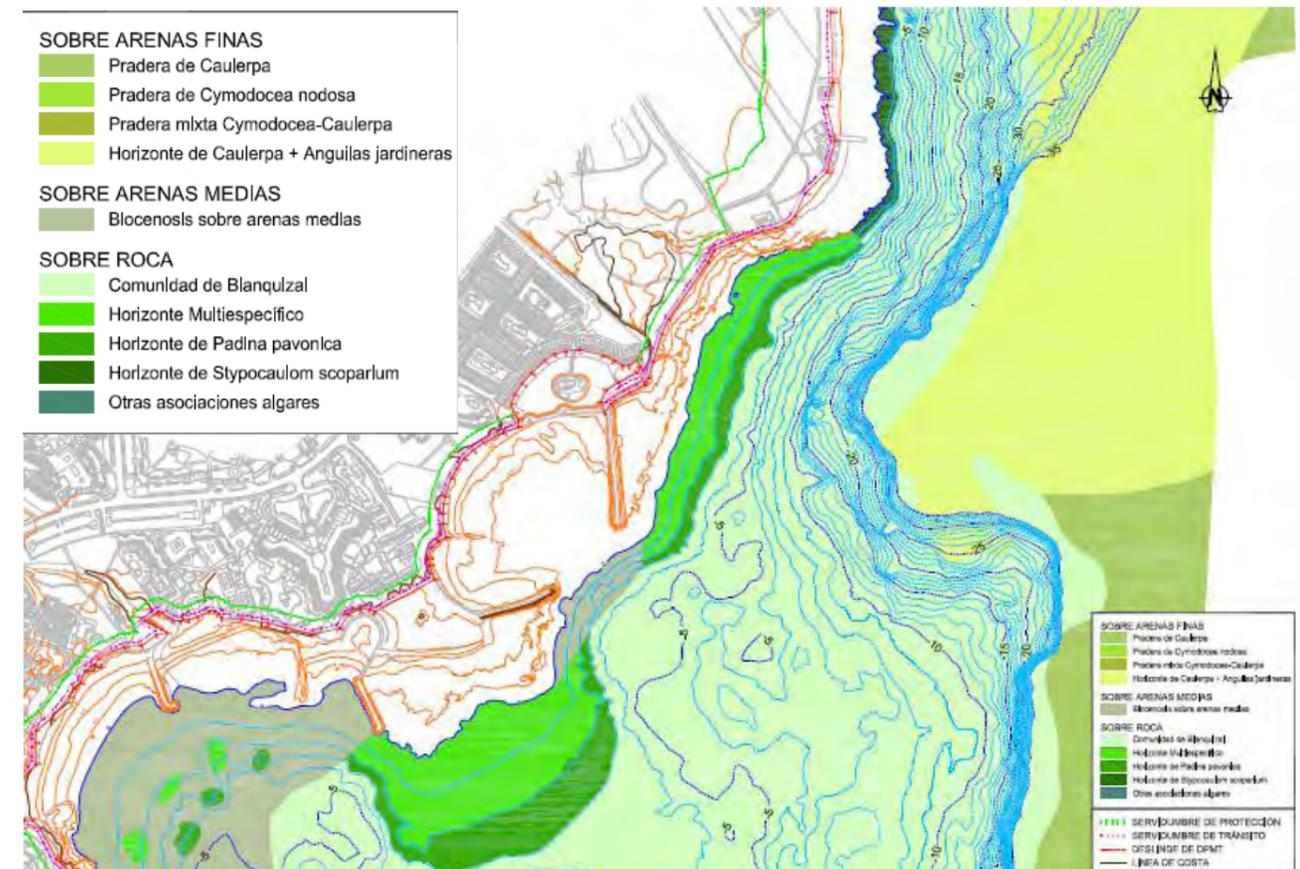
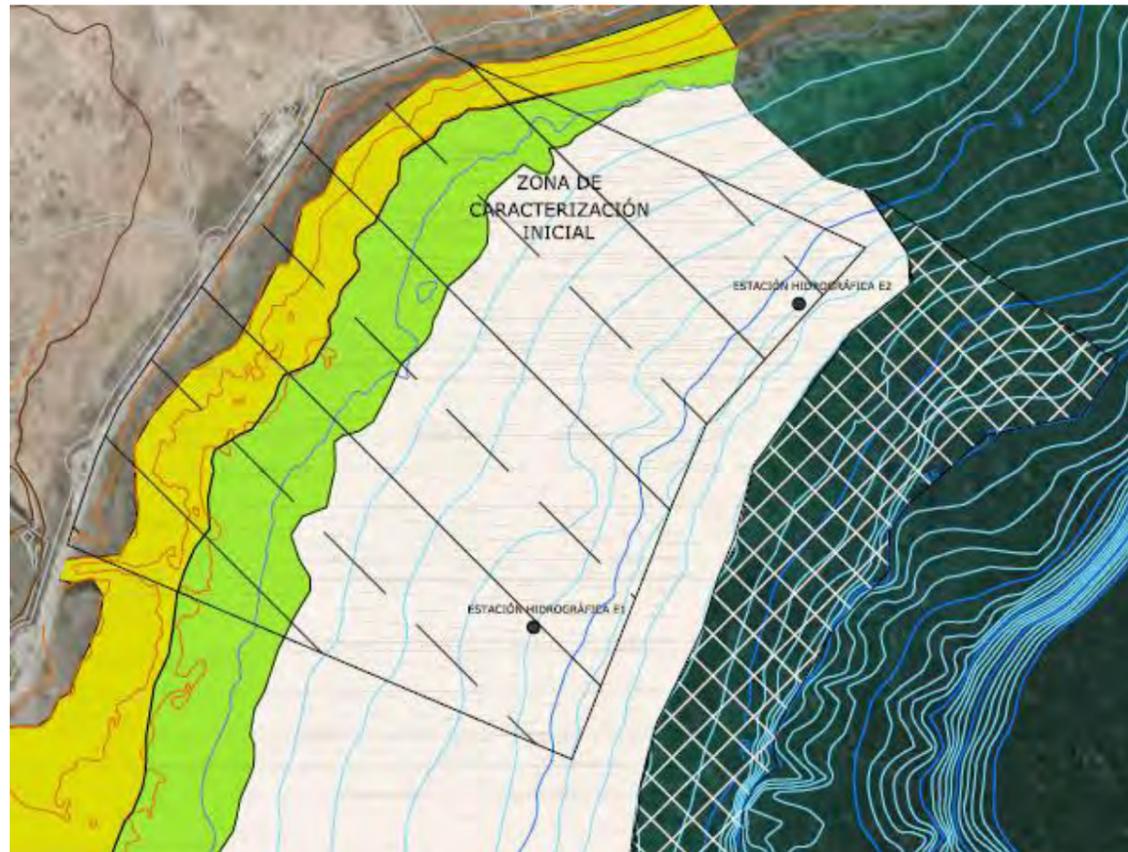


Figura 6.- Biocenosis de los fondos en la zona de actuación (Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGC)

Dichos trabajos confirman fundamentalmente lo mostrado en la figura anterior, si bien con algunas consideraciones adicionales, tal como se aprecia en la Figura 7.- y en el plano A2.4:

- Se confirma la presencia de blanquiazul en profundidades intermedias, que es la biocenosis dominante en cuanto a superficie ocupada.
- En la zona más próxima a la costa se matiza la presencia de *Padina pavonica* y en su lugar se define un horizonte más multiespecífico y variado consistente en un conjunto de biocenosis de algas fotófilas infralitorales sobre sustrato duro y un conjunto de biocenosis de algas fotófilas intermareales sobre sustrato duro (entre las cuales sí aparece con cierta frecuencia la especie *Padina pavonica*).

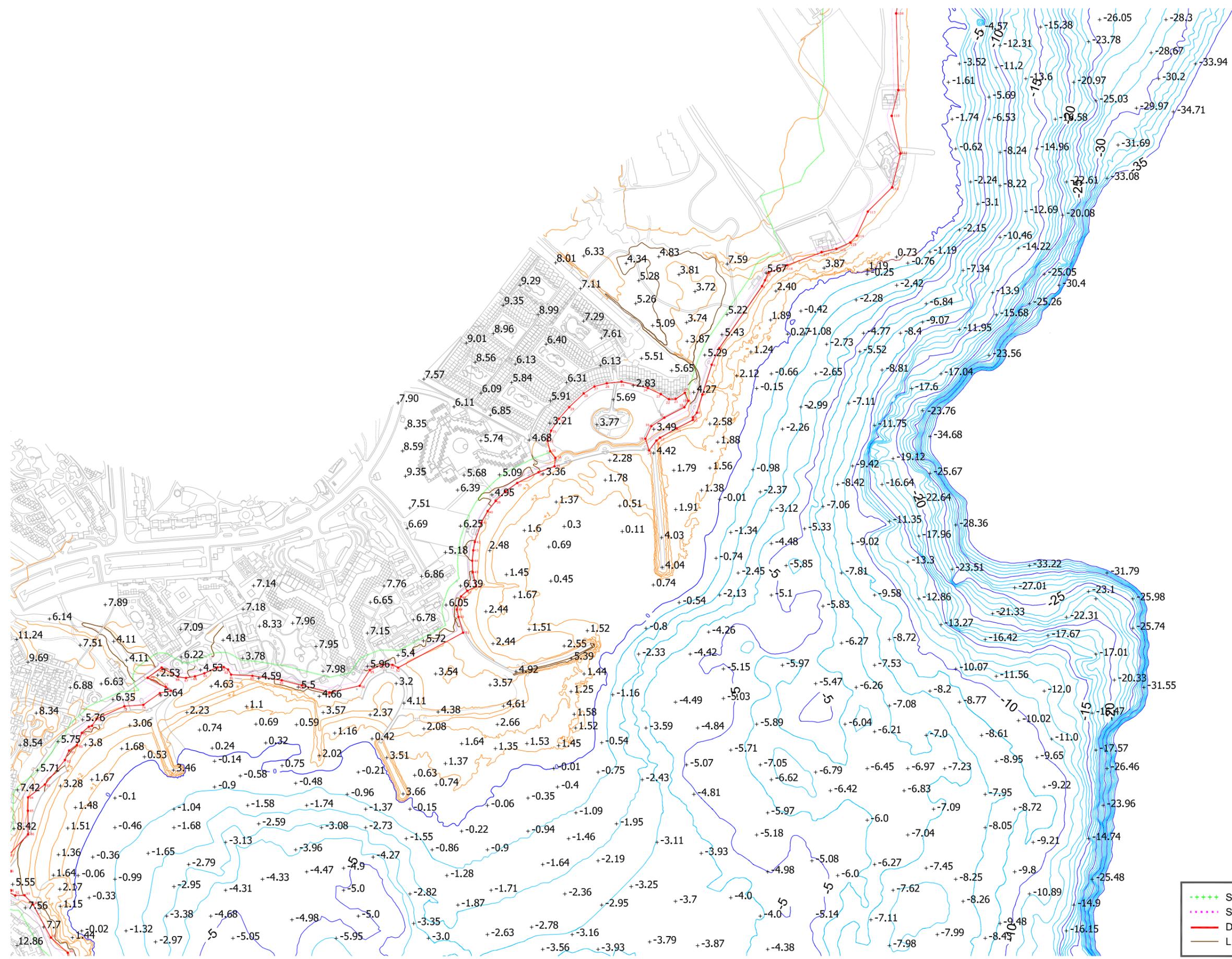


LEYENDA

-  Comunidad Intermareal (Biocenosis de algas fotófilas Intermareales sobre sustrato duro)
-  Conjunto de Biocenosis de algas fotófilas infralitorales sobre sustrato duro
-  Biocenosis de Blanquial de *Diadema africanum* en estado maduro
-  Biocenosis de Blanquial de *Diadema africanum* en estado maduro (prolongación del Blanquial fuera de la zona de estudio)

Figura 7.- Mapa bionómico que indica las comunidades marinas en el entorno de la zona de obras detectadas en los trabajos de campo (Fuente: Elaboración propia)

APÉNDICE 1. PLANOS

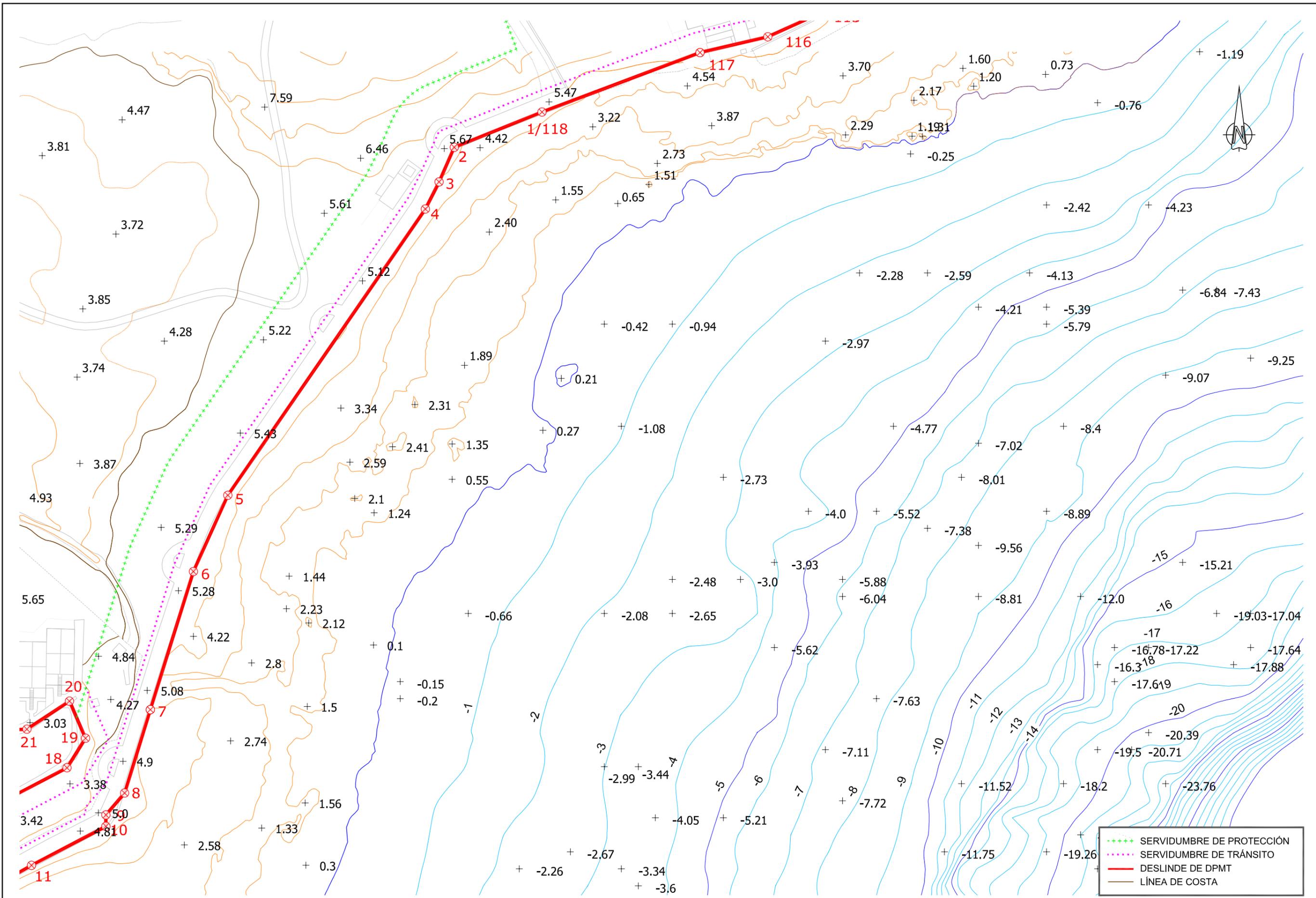


- ++++ SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
- SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
- DESLINDE DE DPMT
- LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-F010.dwg

PROMOTOR: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Tourin Europeo</div>	EMPRESA CONSULTORA: MARCIGLOS <small>Topografía y Obras Civiles</small> F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA <small>I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</small>	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 5000 	TÍTULO DEL PLANO TOPOGRAFIA Y BATIMETRIA	Nº DE PLANO A2.1 Nº HOJA 1 DE 2
--	---	---	---	--	--	--



- SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
- SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
- DESLINDE DE DPMT
- LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-F010.dwg

PROMOTOR: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> Tourin Europeo </div>	EMPRESA CONSULTORA: <div style="text-align: center;"> MARCIGLOS </div>	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO TOPOGRAFIA Y BATIMETRIA	Nº DE PLANO A2.1 Nº HOJA 2 DE 2
--	--	---	---	------------------------	---------------------------------	---	--

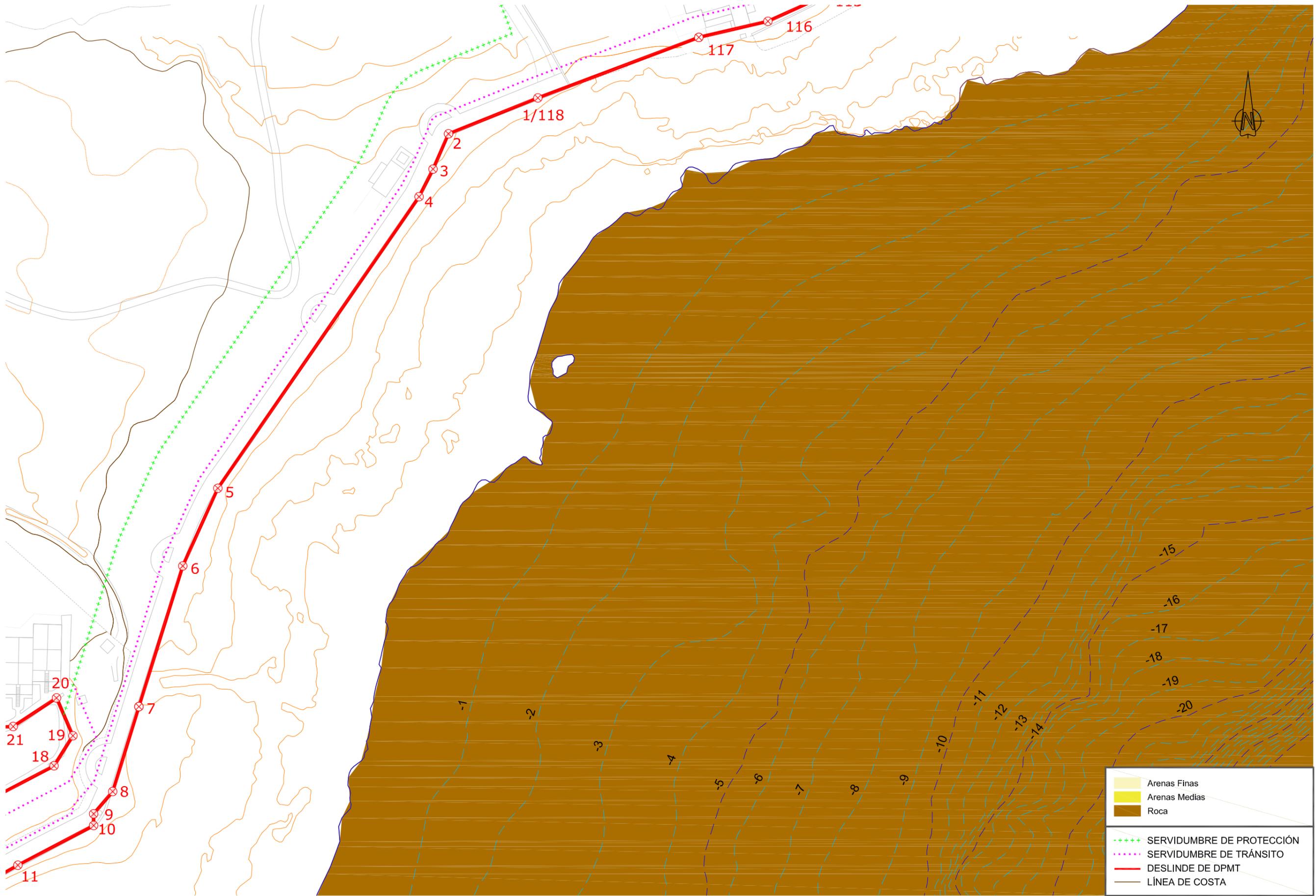


	Arenas Finas
	Arenas Medias
	Roca
	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
	SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
	DESLINDE DE DPMT
	LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-F020.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO 	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 5000 	TÍTULO DEL PLANO GEOMORFOLOGIA DE FONDOS Nº DE PLANO A2.2 Nº HOJA 1 DE 2
--	--	--	---	------------------------	--	---

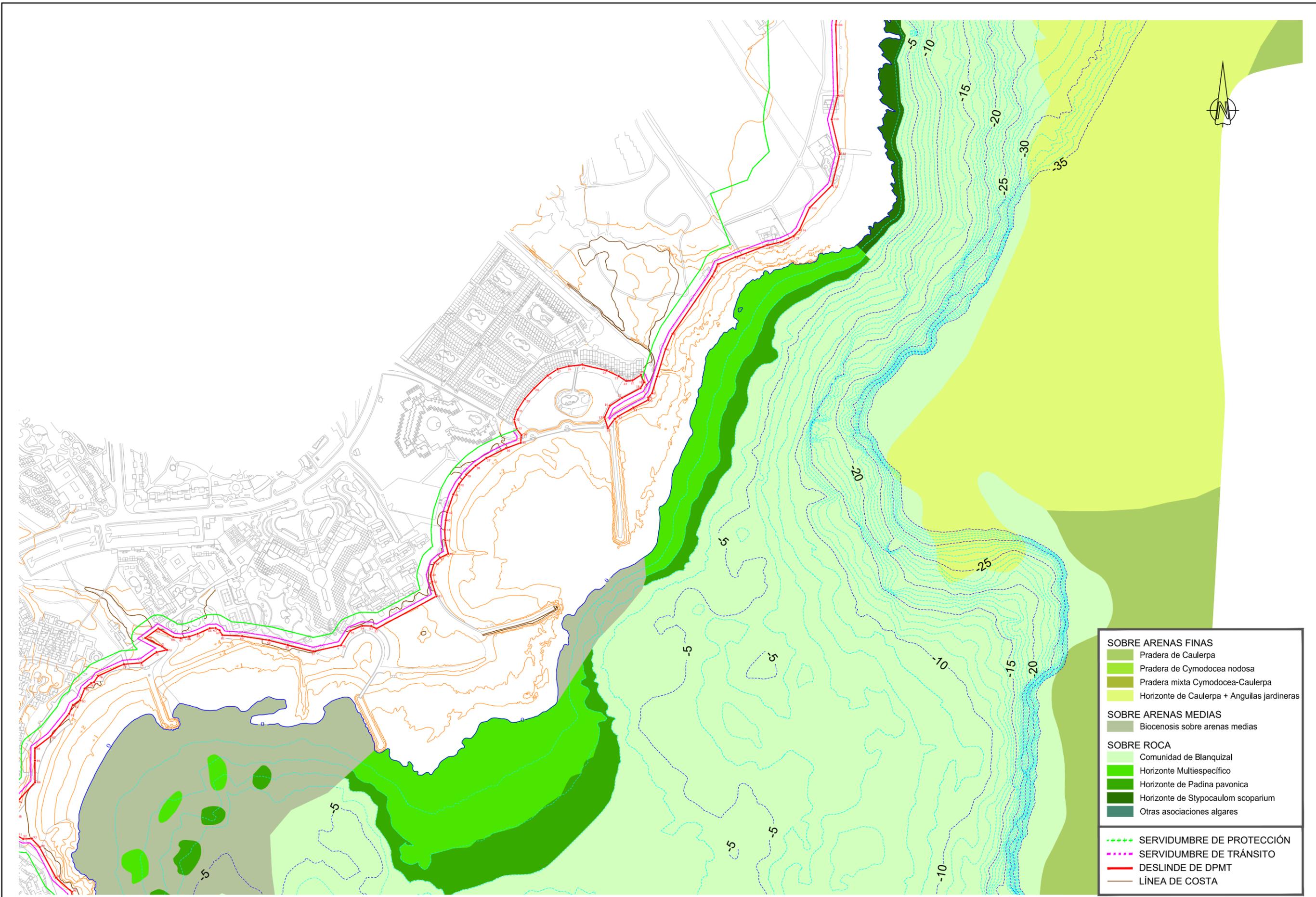


	Arenas Finas
	Arenas Medias
	Roca
	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
	SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
	DESLINDE DE DPMT
	LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-F020.dwg

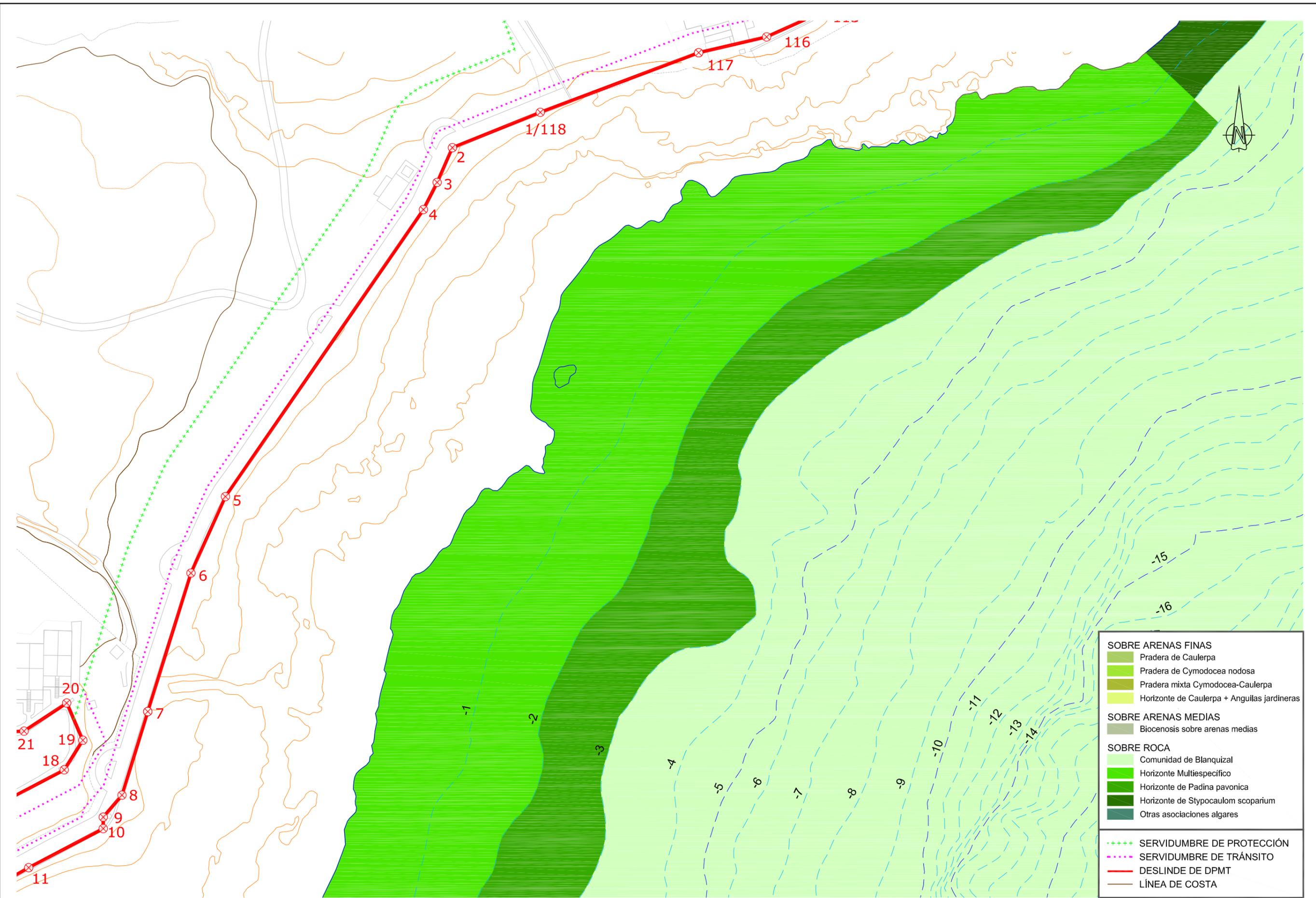
PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO GEOMORFOLOGIA DE FONDOS	Nº DE PLANO A2.2 Nº HOJA 2 DE 2
---------------	--	---	------------------------	---------------------------------	---	--



NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-P030.dwg

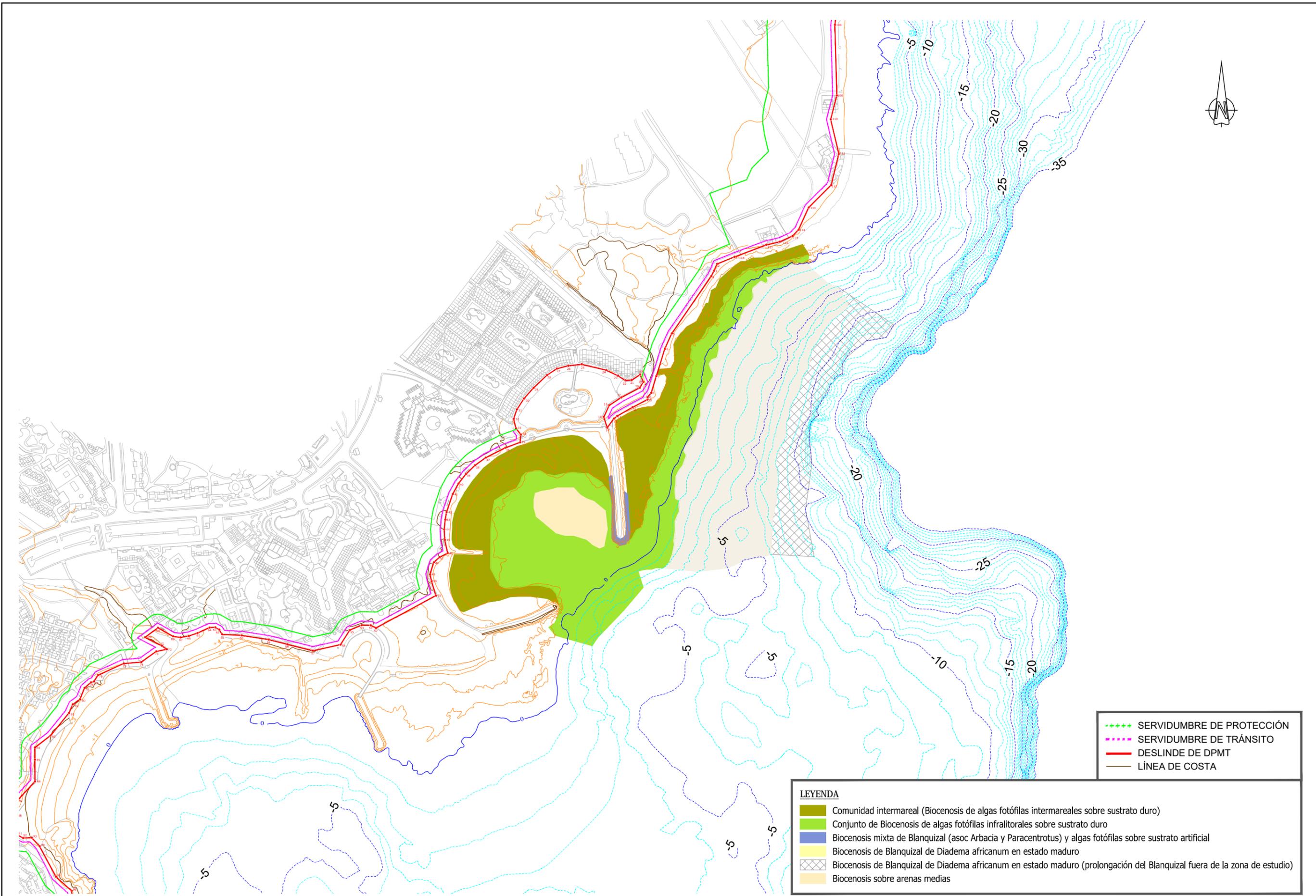
PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 5000 	TÍTULO DEL PLANO BIOCENOSIS (FUENTE: ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO)	Nº DE PLANO A2.3 Nº HOJA 1 DE 2
---------------	-------------------------	--	---	------------------------	---------------------------------	---	--



NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-F030.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO BIOCENOSIS Nº DE PLANO A2.3 Nº HOJA 2 DE 2
---------------	-------------------------	--	---	------------------------	---------------------------------	--



NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

LEYENDA	
	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
	SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
	DESLINDE DE DPMT
	LÍNEA DE COSTA
	Comunidad intermareal (Biocenosis de algas fotófilas intermareales sobre sustrato duro)
	Conjunto de Biocenosis de algas fotófilas infralitorales sobre sustrato duro
	Biocenosis mixta de Blanquizal (asoc Arbacia y Paracentrotus) y algas fotófilas sobre sustrato artificial
	Biocenosis de Blanquizal de Diadema africanum en estado maduro
	Biocenosis de Blanquizal de Diadema africanum en estado maduro (prolongación del Blanquizal fuera de la zona de estudio)
	Biocenosis sobre arenas medias

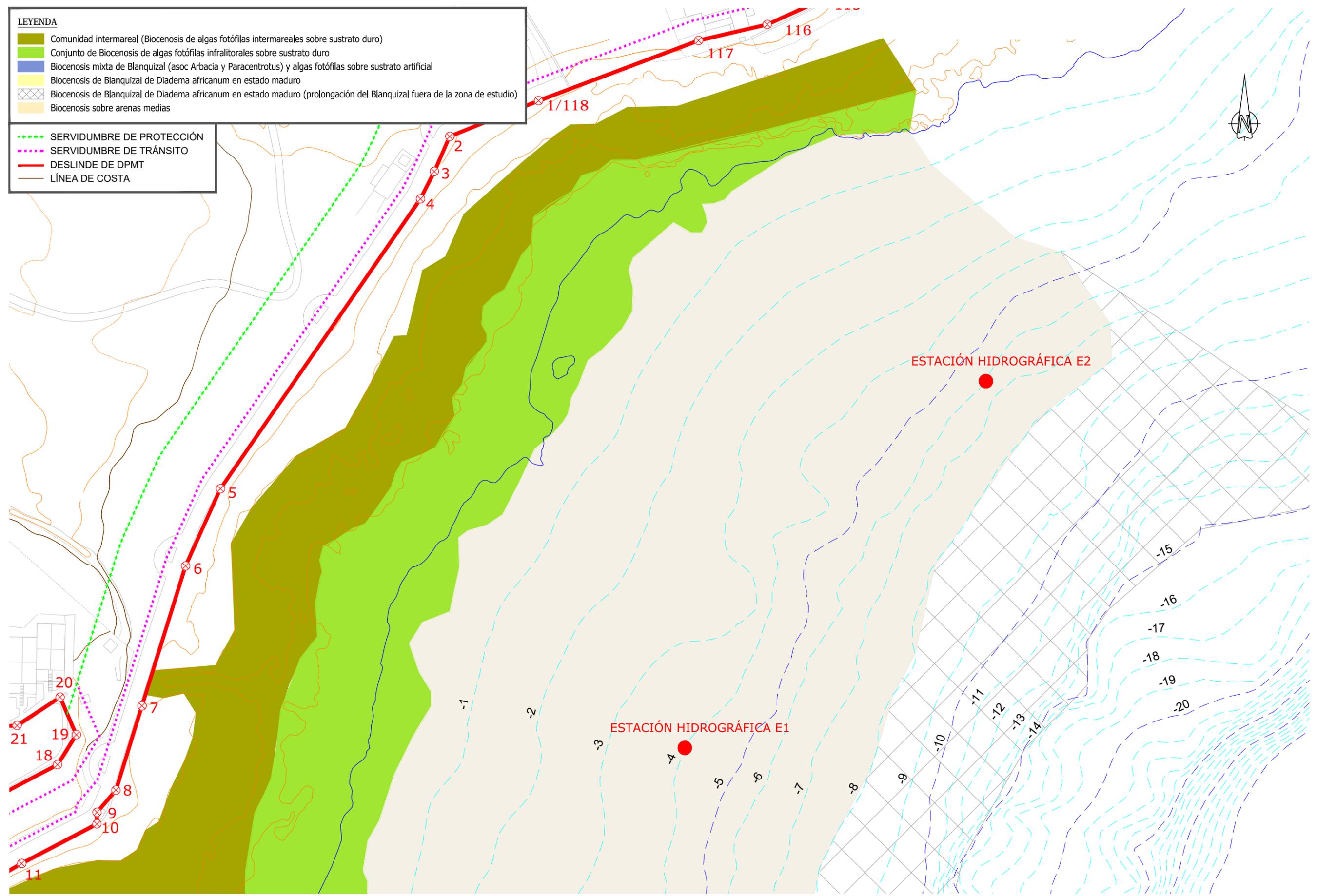
P1702-F1-A02-P040.dwg

PROMOTOR: Tourin Europeo	EMPRESA CONSULTORA: MARCIGLOB Maritime & Civil Global Consultancy Solutions	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 5000 0 25 50 75 100 125m	TÍTULO DEL PLANO MAPA BIONOMICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	Nº DE PLANO A2.4 Nº HOJA 1 DE 2
------------------------------------	---	---	--	--------------------------------	---	--	--

LEYENDA

- Comunidad intermareal (Biocenosis de algas fotófilas intermareales sobre sustrato duro)
- Conjunto de Biocenosis de algas fotófilas infralitorales sobre sustrato duro
- Biocenosis mixta de Blanquiazal (asoc Arbacia y Paracentrotus) y algas fotófilas sobre sustrato artificial
- Biocenosis de Blanquiazal de Diadema africanum en estado maduro
- Biocenosis de Blanquiazal de Diadema africanum en estado maduro (prolongación del Blanquiazal fuera de la zona de estudio)
- Biocenosis sobre arenas medias

- SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
- SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
- DESLINDE DE DPMT
- LÍNEA DE COSTA



NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A02-P040.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO 	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO MAPA BIONOMICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	Nº DE PLANO A2.4 Nº HOJA 2 DE 2
--	--	--	---	------------------------	--	--	--

ANEJO N° 3. ESTUDIO DE CLIMA MARÍTIMO

0	15-09-17	Edición final	OPF	JEG	JEG
B	07-04-17	Emisión para Comentarios del Cliente	OPF	JEG	JEG
A	05-04-17	Emisión para Comentarios Internos	OPF	JEG	JEG
Revisión	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado

ÍNDICE

1. ANÁLISIS DEL NIVEL DEL MAR 1	3.2 MODELO UTILIZADO 13
1.1 FUENTES DE DATOS..... 1	3.3 PARÁMETROS DE CÁLCULO..... 15
1.2 RÉGIMEN DE MAREAS..... 1	3.3.1 ESCENARIOS DE OLEAJE A ESTUDIAR 15
1.3 NIVELES DE MAR DE DISEÑO 3	3.3.2 BATIMETRÍA UTILIZADA 16
2. ANÁLISIS DEL OLEAJE EN ALTA MAR 4	3.3.2.1 Información utilizada..... 16
2.1 FUENTES DE DATOS..... 4	3.3.2.2 Mallas de cálculo 16
2.2 RÉGIMEN MEDIO DE OLEAJE 4	3.3.3 RESULTADOS 18
2.2.1 DIRECCIONES 5	3.3.3.1 Comportamiento cualitativo..... 18
2.2.2 ALTURA DE OLA 5	3.3.3.2 Comportamiento cuantitativo 19
2.2.2.1 Frecuencias de presentación..... 5	4. ANÁLISIS DEL VIENTO 22
2.2.2.2 Funciones de distribución 5	4.1 FUENTES DE DATOS 22
2.2.3 PERÍODO DE OLEAJE 6	4.2 RÉGIMEN MEDIO DEL VIENTO 22
2.2.3.1 Frecuencias de presentación..... 6	4.2.1 DIRECCIONES..... 22
2.2.3.2 Funciones de correlación $H_s - T_p$ 6	4.2.2 VELOCIDAD DEL VIENTO 22
2.2.4 OLEAJE MORFOLÓGICO 8	5. ESTUDIO DE CORRIENTES..... 23
2.2.5 FLUJO MEDIO DE ENERGÍA 9	5.1 INTRODUCCIÓN..... 23
2.2.6 OLEAJE ASOCIADO A UNA EXCEDENCIA DE 12 HORAS/AÑO 9	5.2 MODELADO DE CORRIENTES LITORALES..... 24
2.3 RÉGIMEN EXTREMAL DE OLEAJE..... 10	5.2.1 CORRIENTES DE VIENTO Y MAREA..... 24
2.3.1 INTRODUCCIÓN 10	5.2.2 CORRIENTES DE ROTURA DEL OLEAJE..... 25
2.3.2 RÉGIMEN EXTREMAL EN EL PUNTO SIMAR 10	
2.3.3 COEFICIENTES DE DIRECCIONALIDAD 11	
2.3.4 PERÍODO DEL OLEAJE EXTREMAL..... 12	
2.3.5 RÉGIMEN EXTREMAL EN AGUAS PROFUNDAS 12	
3. PROPAGACIÓN DEL OLEAJE HASTA LA COSTA 13	
3.1 INTRODUCCIÓN 13	

Apéndice 1. Resultados gráficos de la propagación del oleaje y corrientes

Índice de figuras

Figura 1.-	Ubicación del mareógrafo ARRE en el Puerto de Arrecife (Fuente: Puertos del Estado, PPEE) 1	1
Figura 2.-	Niveles medios y extremos del mar en Lanzarote (Fuente: PPEE) 1	1
Figura 3.-	Relación ente el cero REDMAR y el NMMAr (Fuente: PPEE)..... 2	2

Figura 4.-	Distribución de la frecuencia del residuo meteorológico (Fuente: PPEE)2	Figura 24.-	Batimetría de detalle de la zona de estudio utilizada en el SMC (Fuente: Elaboración propia)..... 17
Figura 5.-	Distribución de la frecuencia relativa acumulada del nivel del mar respecto el 0 REDMAR (Fuente: PPEE)2	Figura 25.-	Representación batimétrica resultante o de salida del modelo (Fuente: Elaboración propia)..... 17
Figura 6.-	Localización de los datos empleados (Fuente: elaboración propia)4	Figura 26.-	Mallas de aproximación (M1) y de detalle (M3) utilizadas para las propagaciones del NNE (Fuente: Elaboración propia) 17
Figura 7.-	Direcciones de incidencia del oleaje (Fuente: elaboración propia)4	Figura 27.-	Mallas de aproximación (A1) y de detalle (A2) utilizadas para las propagaciones del NE y E (Fuente: Elaboración propia) 18
Figura 8.-	Rosa de oleaje en el punto SIMAR 4060020 (Fuente: PPEE)5	Figura 28.-	Mallas de aproximación (B1) y de detalle (B2) utilizadas para las propagaciones del SE y S (Fuente: Elaboración propia) 18
Figura 9.-	Funciones de distribución medias escalar y direccionales de Hs de la boya de Llobregat (Fuente: Elaboración propia)6	Figura 29.-	Fotografías aéreas de situación "aguas arriba" de la zona de estudio en relación a los oleajes de afección del primer cuadrante. Imagen orientada hacia el Sur (Fuente: Google Earth)..... 19
Figura 10.-	Funciones de distribución medias escalar y direccionales de Hs de la boya de Llobregat (Fuente: Elaboración propia)6	Figura 30.-	Detalles gráficos de las propagaciones de oleaje (vectores) para los casos de oleaje morfológico NNE (izquierda) y S (derecha)(Fuente: Elaboración propia) 19
Figura 11.-	Frecuencias de presentación de Tp. (Fuente: elaboración propia)7	Figura 31.-	Detalles gráficos de las propagaciones de oleaje (vectores) para los casos de oleaje morfológico NE (izquierda) y E (derecha)(Fuente: Elaboración propia)..... 19
Figura 12.-	Funciones de correlación lineal, potencial y exponencial Hs – Tp,10%, Hs – Tp,50% y Hs – Tp,90% (Fuente: elaboración propia).....7	Figura 32.-	Detalles gráficos de las propagaciones de oleaje (vectores) para los casos de oleaje morfológico SE (izquierda) y S (derecha)(Fuente: Elaboración propia) 19
Figura 13.-	Funciones de correlación lineal y potencial Hs – Tp,10%, Hs – Tp,50% y Hs – Tp,90% (Fuente: elaboración propia).....8	Figura 33.-	Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (isolíneas de altura de ola) para los casos de altura de ola morfológica del NNE (Fuente: Elaboración propia)20
Figura 14.-	Variación de Hs,morfológica en aguas profundas en función de la dirección (Fuente: elaboración propia)9	Figura 34.-	Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (isolíneas de altura de ola) para los casos de altura de ola morfológica del NE (Fuente: Elaboración propia)20
Figura 15.-	Variación de Hs12 en aguas profundas en función de la dirección (Fuente: elaboración propia) 10	Figura 35.-	Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (isolíneas de altura de ola) para los casos de altura de ola morfológica del E (Fuente: Elaboración propia)20
Figura 16.-	Valores máximos de Hs de los mayores temporales anuales (Fuente: elaboración propia) 10	Figura 36.-	Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (isolíneas de altura de ola) para los casos de altura de ola morfológica del Sur (iza) y SSW (dcha)(Fuente: Elaboración propia)20
Figura 17.-	Régimen extremal escalar de Hs obtenida de los datos del punto SIMAR 4060020 (Fuente: Elaboración propia) 11	Figura 37.-	Posición de los puntos de control utilizados (Fuente: Elaboración propia).....20
Figura 18.-	Coefficientes direccionales K_{θ} obtenidos de los datos del punto SIMAR (Fuente: elaboración propia)..... 12	Figura 38.-	Coefficientes de propagación K_p y direcciones de oleaje en los puntos 1 y 2 (Fuente: elaboración propia)21
Figura 19.-	Distribución direccionales de los máximos temporales anuales (Fuente: elaboración propia) 12	Figura 39.-	Rosa de viento en el punto SIMAR 4060020 (Fuente: PPEE)22
Figura 20.-	Coefficientes direccionales K_{θ} finalmente seleccionados (Fuente: elaboración propia) ... 12	Figura 40.-	Frecuencias de presentación escalares de Vv (Fuente: PPEE)22
Figura 21.-	Pares de valores (Hs Tp) asociados a los máximos temporales anuales Fuente: elaboración propia)..... 13	Figura 41.-	Función de distribución escalar de Vv (Fuente: elaboración propia)23
Figura 22.-	Batimetría general de la zona de estudio utilizada en el SMC (Fuente: Elaboración propia) 16		
Figura 23.-	Detalle de la batimetría de la zona de estudio utilizada en el SMC (Fuente: Elaboración propia) 16		

Figura 42.- Esquema de la circulación noratlántica y las principales corrientes marinas superficiales	24	Tabla 12.- Coeficientes direccionales K_{\square} obtenidos de los datos del punto SIMAR (Fuente: elaboración propia)	11
Figura 43.- Detalle de la dirección de la corriente de Canarias, junto con los principales vientos generadores	24	Tabla 13.- Alturas de ola de diseño. Tr = 67,72 años, Estima central (Fuente: elaboración propia)	13
Figura 44.- Gráficas que muestran diferentes sistemas circulatorios en playas (Fuente: Losada, M.A.)	25	Tabla 14.- Datos de entrada de las propagaciones del oleaje morfológico (Fuente: elaboración propia)	15
Figura 45.- Campo de corrientes generado por un viento del NE con una $V_v = 9$ m/s en situación de bajamar en la costa este de la isla (Fuente: DGC)	25	Tabla 15.- Datos de entrada de las propagaciones del oleaje extremal (Fuente: elaboración propia)	15
Figura 46.- Detalle gráfico de las corrientes generadas por la rotura del oleaje morfológico del NNE (izquierda superior), NE (derecha superior), E (izquierda centro), SE (derecha centro) y S (inferior) (Fuente: Elaboración propia)	26	Tabla 16.- Datos de entrada de las propagaciones del oleaje Hs12 (Fuente: elaboración propia)	16
Figura 47.- Detalle gráfico de las corrientes generadas por la rotura del oleaje asociado a Hs,12 del NNE (izquierda superior), NE (centro superior), E (derecha superior), SE (izquierda inferior) y S (derecha inferior) (Fuente: Elaboración propia)	26	Tabla 17.- Datos de entrada de las propagaciones para casos adicionales (Fuente: elaboración propia)	16
		Tabla 18.- Coeficientes de propagación K_p y direcciones de oleaje en el punto 1 (Fuente: elaboración propia)	21
		Tabla 19.- Coeficientes de propagación K_p y direcciones de oleaje en el punto 2 (Fuente: elaboración propia)	21

Índice de tablas

Tabla 1.- Niveles de mar astronómicos en Lanzarote (Fuente: elaboración propia)	2
Tabla 2.- Niveles de mar en el puerto de Las Palmas (Fuente: ROM 2.0-11)	3
Tabla 3.- Niveles de mar de diseño en Lanzarote (Fuente: elaboración propia)	3
Tabla 4.- Frecuencias de presentación direccionales del oleaje en el punto SIMAR 4060020 (Fuente: elaboración propia)	5
Tabla 5.- Frecuencias de presentación de la altura de ola significativa (Fuente: elaboración propia)	5
Tabla 6.- Parámetros de los ajustes a funciones Weibull direccionales (Fuente: elaboración propia)	6
Tabla 7.- Tabla de encuentros Hs – Tp (Fuente: elaboración propia)	7
Tabla 8.- Características del oleaje morfológico en alta mar (Fuente: elaboración propia)	9
Tabla 9.- Direcciones del flujo medio de energía del oleaje en aguas profundas (Fuente: elaboración propia)	9
Tabla 10.- Características del oleaje en alta mar asociado a una probabilidad de excedencia de 12 h/año (Fuente: elaboración propia)	9
Tabla 11.- Alturas de olas de diseño en las boyas (Fuente: Elaboración propia)	11

1. ANÁLISIS DEL NIVEL DEL MAR

1.1 FUENTES DE DATOS

La información de mareas empleada en este ha sido obtenida del 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 Arrecife (Lanzarote)", editado por Puertos de Estado (PPEE). Empleó los registros del mareógrafo ARRE del Puerto de Arrecife (ver Figura 1.-) entre 2009 y 2013.

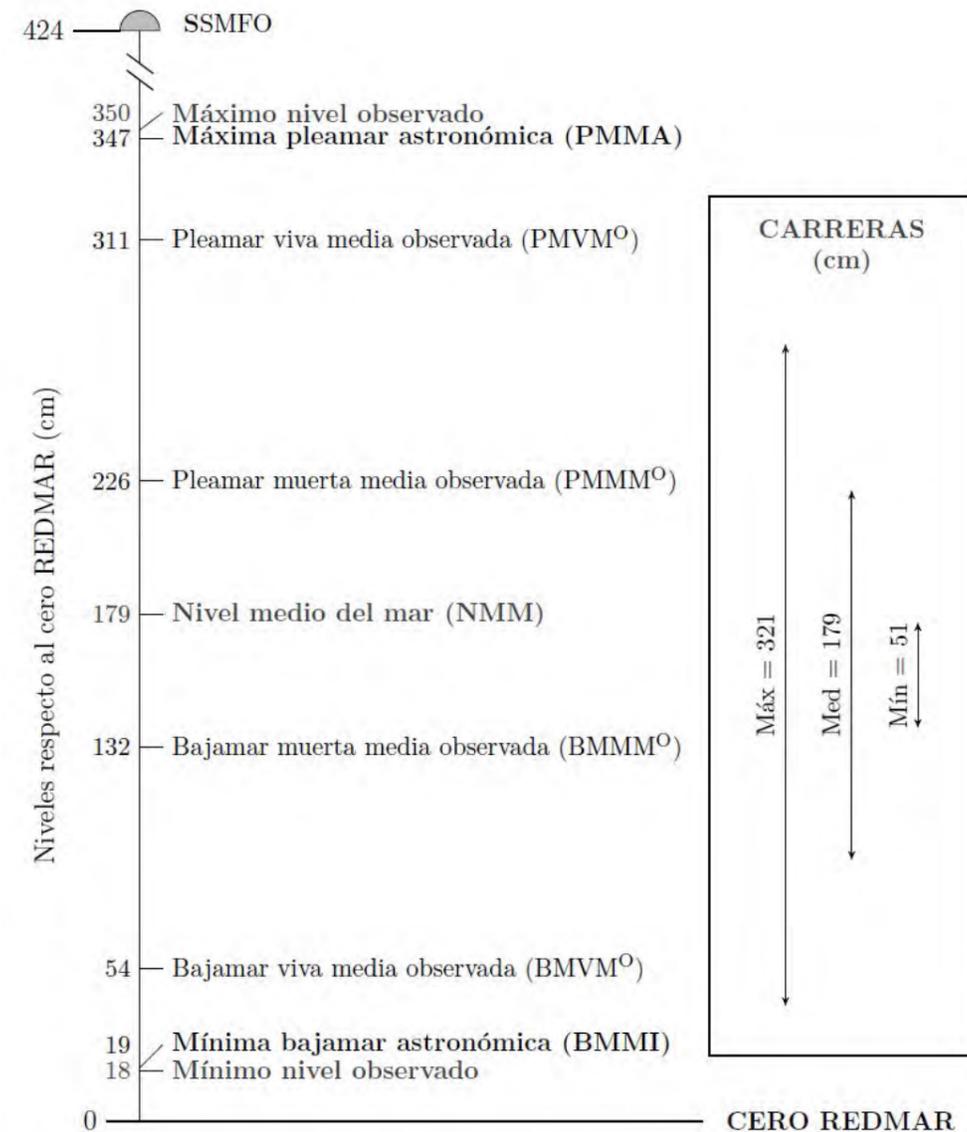


Figura 1.- Ubicación del mareógrafo ARRE en el Puerto de Arrecife (Fuente: Puertos del Estado, PPEE)

1.2 RÉGIMEN DE MAREAS

Cabe recordar que en la marea existen dos componentes: la astronómica (debida a la interacción de Tierra, Luna y Sol) y la meteorológica (fundamentalmente debida a cambios en la presión atmosférica asociados a anticiclones y borrascas).

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 (nivel de referencia de la red de mareógrafos de PPEE). El nivel de referencia topográfico del IGN para la isla de Lanzarote es el denominado Nivel Medio del Mar en Arrecife (NMMar) que se sitúa 1,713 m por encima del cero REDMAR, tal como se muestra en la Figura 3.-. Finalmente el Cero Hidrográfico (C.H.) se sitúa 0,20 m por encima del REDMAR, o lo que es lo mismo 1,513 m por debajo del NMMar.



	Niveles (cm)							
	Observados				Marea astronómica			
	Máx	Mín	Med	D.E.	Máx	Mín	Med	D.E.
Pleamar	350	192	269	29	347	195	268	29
Bajamar	158	18	90	28	160	19	91	27
Pleamar viva	350	276	311	18	346	276	309	17
Bajamar viva	113	18	54	18	87	19	55	16
Pleamar muerta	266	192	226	13	252	195	224	12
Bajamar muerta	158	110	132	11	160	110	133	11

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

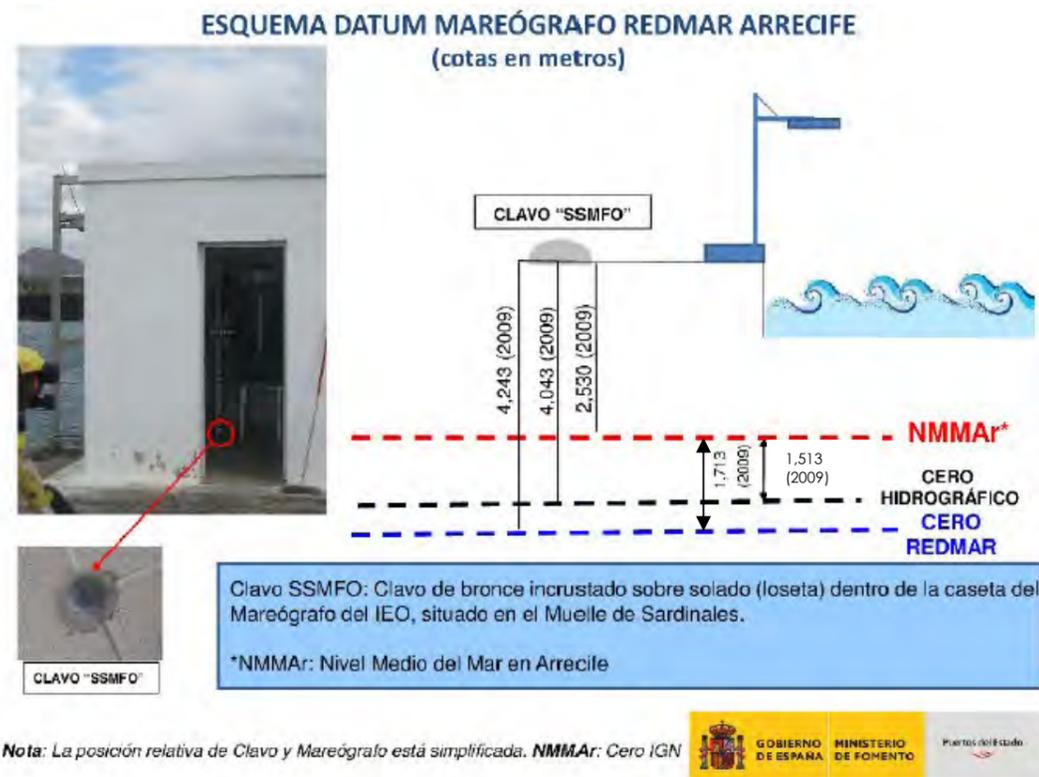


Figura 3.- Relación ente el cero REDMAR y el NMMAr (Fuente: PPEE)

Los niveles de **marea astronómica** más representativos en la zona próxima a la zona de proyecto son los siguientes, que se muestran respecto a los 3 niveles de referencia comentados: REDMAR, CH y NMMAr. En el presente proyecto se empleará como nivel de referencia el Cero Hidrográfico (CH), ya que es el nivel al cual está referenciada la base topo-batimétrica que va a ser empleada.

Tabla 1.- Niveles de mar astronómicos en Lanzarote (Fuente: elaboración propia)

Nivel del mar	r/REDMAR	r/CH	r/NMMAr
Máxima Pleamar Astronómica : PMMA =	+3,47 m	+3,27 m	+1,76 m
Pleamar Media: PM =	+2,68 m	+2,48 m	+0,97 m
Nivel Medio del Mar: NMM =	+1,79 m	+1,59 m	+0,08 m
Bajamar Media: BM	+0,91 m	+0,71 m	-0,80 m
Mínima Bajamar Astronómica : BMMI =	+0,19 m	-0,01 m	-1,52 m

La Figura 4.- muestra las frecuencias relativas acumuladas del **residuo meteorológico (RM)**, es decir, la diferencia entre la marea total y la componente astronómica, que permite determinar el residuo asociado a unas determinadas probabilidades medias de no excedencia. Así, por ejemplo, el residuo asociado a una probabilidad de no excedencia del 99,90 % (o lo que es lo mismo, asociado a una probabilidad de excedencia del 0,10 %) es 0,16 m. Puede apreciarse que una cota superior del residuo máxima es $RM_{max} = 0,20$ m.

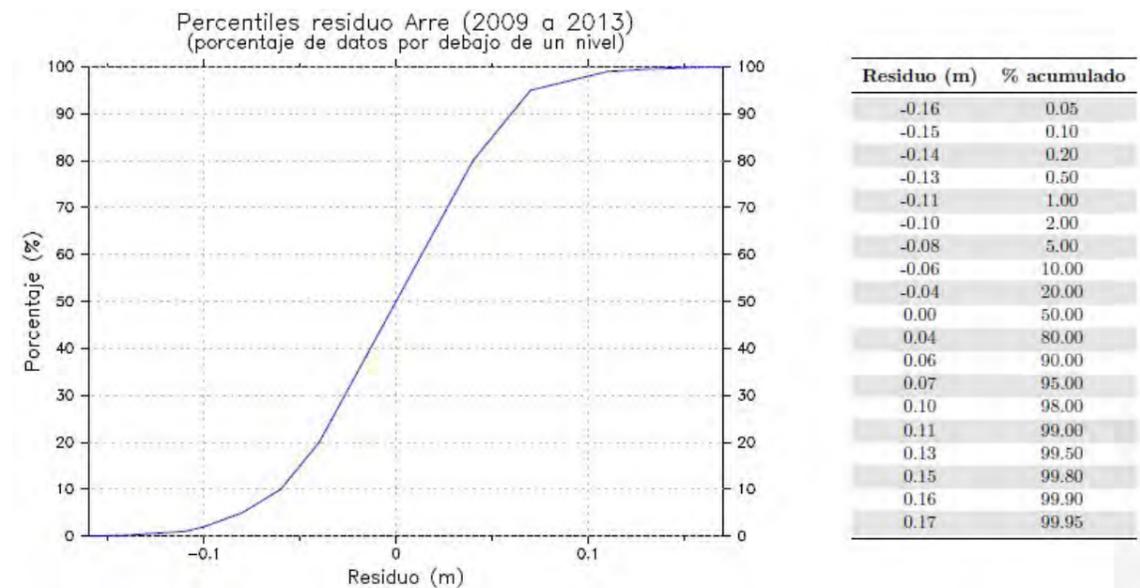


Figura 4.- Distribución de la frecuencia del residuo meteorológico (Fuente: PPEE)

Finalmente la Figura 5.- 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 +3,18 m (REDMAR).

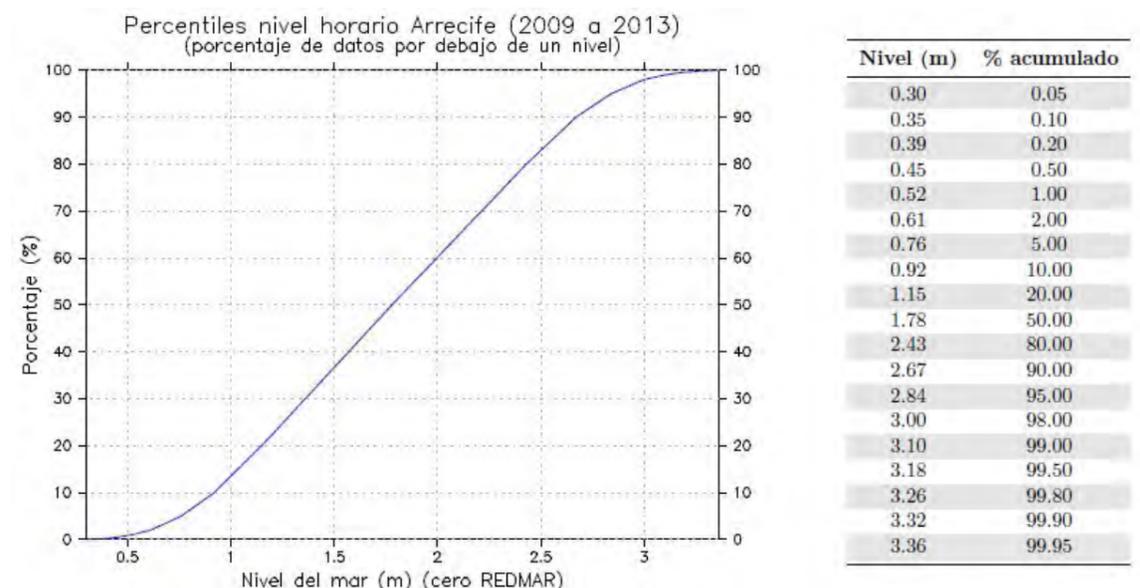


Figura 5.- Distribución de la frecuencia relativa acumulada del nivel del mar respecto el 0 REDMAR (Fuente: PPEE)

1.3 NIVELES DE MAR DE DISEÑO

Generalmente el nivel de mar más desfavorable para el cálculo de obras marítimas es el nivel máximo (NMAX) ya que produce mayores rebases y máximas alturas de olas en el caso que el oleaje rompa por fondo, y que se corresponde a una situación de máxima marea astronómica y máximo residuo meteorológico. No obstante para algunas partes de las obras (especialmente las sumergidas) el nivel más desfavorable puede ser el nivel mínimo NMIN (especialmente si el oleaje no rompe por fondo), ya que la influencia del oleaje es mayor, y que se corresponde con la mínima bajamar astronómica y el máximo residuo negativo (si bien debe de tenerse presente que esta situación se corresponde a un frente local de altas presiones que en muchas ocasiones es incompatible con las situaciones de borrasca que generar los temporales marítimos).

El análisis probabilístico conduce a emplear niveles de mar asociados a un diferente período de retorno que ya tengan en cuenta conjuntamente las componentes astronómica y meteorológica de la marea (es decir, la marea total).

Dado que no se dispone de información extremal del nivel del mar en Arrecife, se empleará la información del mareógrafo del Puerto de Las Palmas disponible en la ROM 2.0-11 y que se muestra en la Tabla 2.-

Tabla 2.- Niveles de mar en el puerto de Las Palmas (Fuente: ROM 2.0-11)

PUERTO	NIVEL DE LAS AGUAS	VALORES EXTREMALES			VALORES MEDIOS		Altura del Nivel Medio del Mar respecto del Cero del Puerto (m) ²
		$T_R = 500$ años	$T_R = 50$ años	$T_R = 5$ años	Probabilidad de no excedencia del 85%	Probabilidad de no excedencia del 50%	
LAS PALMAS	Nivel alto	+1,80	+1,71	+1,63	+1,18	+0,92	+1,39
	Nivel bajo	-1,75	-1,68	-1,60	-1,18	-0,92	
	Máximo rango de variación de la marea astronómica ³⁾	3,01 (UA = 1,28)					

En dicha tabla se muestran los niveles de mar superior e inferior (es decir, pleamar y bajamar) asociados a diferentes períodos de retorno ($T_R = 5, 50$ y 500 años), así como el máximo rango de marea astronómica, es decir, la diferencia entre los niveles máximos y mínimo debidos a dicha marea (PMMA y BMMI). La diferencia entre la pleamar asociada a un determinado valor de T_R (PM_{Tr}) y la PMMA y entre la bajamar asociada a un determinado valor de T_R (BM_{Tr}) y la BMMI obtenidas de dicha tabla se considerarán también válidas para Lanzarote de manera que sumándolas a los niveles PMMA y BMMI mostrados en la Tabla 1.- se obtendrán los niveles de mar asociados a diferentes valores de T_R . De esta manera se obtienen los valores que se presentan en la Tabla 3.-

En el Anejo nº 7 se justificará que niveles de mar deben ser considerados en los cálculos.

Tabla 3.- Niveles de mar de diseño en Lanzarote (Fuente: elaboración propia)

Nivel	Máximo astronómico	$T_R = 5$ años	$T_R = 50$ años	$T_R = 500$ años
Pleamar	+3,27 m r/CH	+3,40 m r/CH	+3,48 m r/CH	+3,57 m r/CH
Bajamar	-0,01 m r/CH	-0,10 m r/CH	-0,18 m r/CH	-0,25 m r/CH

2. ANÁLISIS DEL OLAJE EN ALTA MAR

2.1 FUENTES DE DATOS

En general los datos de oleaje 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.

En el caso de la isla de Lanzarote no existen registros instrumentales de oleaje, por lo que se ha empleado los datos procedentes de retro-análisis numérico del oleaje (*hindcast* en inglés). 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...).

En particular se ha empleado la base de datos SIMAR generada por Puertos del Estado en el marco del Proyecto Europeo HIPOCAS, que inicialmente cubría un amplio periodo temporal, 1958 - 2002 (es decir, 44 años), con un dato cada 1 hora y que posteriormente ha sido actualizada de manera continua. Para este estudio se ha utilizado la información correspondiente al punto SIMAR 4060020, situado a una longitud 13,50° Oeste y latitud 28,92° Norte, en profundidades indefinidas (ver Figura 6.-) entre los años 1958 y 2016, lo que corresponde a un intervalo de 59 años.



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 la Punta de Tope limita los oleaje en el extremo septentrional y la Punta de Las Crucitas en el extremo meridional, de manera que a priori los únicos oleajes susceptibles de incidir en la zona serían los procedentes de las direcciones NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S y SSW. No obstante teniendo en cuenta el giro que sufre el oleaje durante su proceso de propagación hacia la costa los oleajes del NNE y SW también pueden incidir en la zona de estudio, si bien con una altura de ola inferior debido a la pérdida de energía por refracción.



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

2.2.1 DIRECCIONES

La Tabla 4.- y la Figura 8.- muestran las frecuencias de cada sector direccional del oleaje. Puede apreciarse que hay un claro predominio de los sectores NNE y NE, ya que entre ambos suman una frecuencia anual superior al 76 %, mientras que los sectores ENE, E y ESE suman un 7 %.

Tabla 4.- Frecuencias de presentación direccionales del oleaje en el punto SIMAR 4060020 (Fuente: elaboración propia)

Dirección	Frecuencia
NNE	25,507 %
NE	50,949 %
ENE	3,129 %
E	2,741 %
ESE	1,311 %
SE	0,345 %
SSE	0,188 %
S	0,329 %
SSW	0,985 %
SW	1,004 %

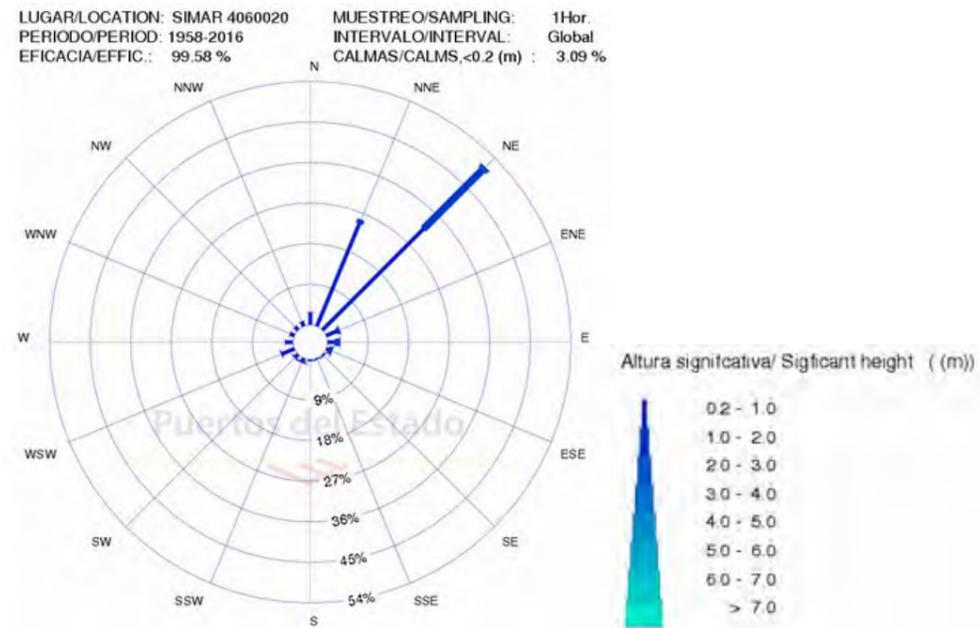


Figura 8.- Rosa de oleaje en el punto SIMAR 4060020 (Fuente: PPEE)

2.2.2 ALTURA DE OLA

2.2.2.1 Frecuencias de presentación

En la Tabla 5.- se muestran las frecuencias de presentación de la altura de ola significativa (H_s) por direcciones.

Tabla 5.- Frecuencias de presentación de la altura de ola significativa (Fuente: elaboración propia)

Dirección	0,0-0,2	0,2-0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	Total (%)
N		2,1162	0,6330	0,0219	0,0002						2,771
NNE		12,7954	11,8465	0,8232	0,0419						25,507
NE		6,3059	25,3877	14,5547	3,8369	0,7399	0,1024	0,0179	0,0033		50,949
ENE		0,7639	1,7887	0,5051	0,0649	0,0056	0,0006				3,129
E		0,3247	1,2998	0,7909	0,2635	0,0474	0,0117	0,0025			2,741
ESE		0,1183	0,4184	0,4491	0,2498	0,0651	0,0082	0,0016	0,0010		1,311
SE		0,0563	0,1729	0,0785	0,0293	0,0072	0,0008				0,345
SSE		0,0294	0,1197	0,0318	0,0062	0,0010					0,188
S		0,0431	0,2059	0,0614	0,0114	0,0066	0,0004				0,329
SSW		0,1300	0,4984	0,2413	0,0944	0,0171	0,0027	0,0010			0,985
SW		0,2246	0,5536	0,1921	0,0256	0,0058	0,0023				1,004
WSW		1,4013	1,4669	0,1705	0,0111	0,0012					3,051
W		1,2027	0,4879	0,0217	0,0012						1,713
WNW		0,6530	0,2643	0,0070	0,0010						0,925
NW		0,6553	0,2391	0,0088	0,0002						0,903
NNW		0,7801	0,2668	0,0086	0,0002						1,056
Escalar	3,092	27,600	45,650	17,967	4,638	0,897	0,129	0,023	0,004	0,000	100,000

2.2.2.2 Funciones de distribución

A partir de las frecuencias de presentación anteriores pueden obtenerse las funciones de distribución medias de la altura de ola H_s (también conocidas como regímenes medios anuales de H_s), habitualmente representadas como $F(H_s)$, es decir las probabilidades de no excedencia: $F(H_s^*) = P(H_s \leq H_s^*)$. En general, los regímenes medios anuales de la altura de ola significativa pueden ser ajustados a unas distribuciones triparamétricas de Weibull cuya expresión es:

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

Régimen escalar

En el caso de considerar todas las frecuencias independientemente de su dirección de procedencia se obtienen el régimen escalar. En este caso los parámetros obtenidos en su ajuste han sido $A = 0,242$, $B = 0,581$ y $C = 1,351$. La Figura 9.- muestra la gráfica de esta distribución de Weibull.

Regímenes direccionales

En la Tabla 6.- se exponen los parámetros de las distribuciones Weibull de los mejores ajustes para cada dirección de interés (entre NNE y SW).

Las Figura 9.- y Figura 10.- muestran las gráficas de estas distribuciones Weibull.

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

Dirección	A	B	C
NNE	0,230	0,333	1,143
NE	0,656	0,335	1,471
ENE	0,470	0,309	1,413
E	0,715	0,321	1,497
ESE	1,134	0,156	1,983
SE	0,712	0,267	1,541
SSE	0,416	0,402	1,229
S	0,443	0,418	1,171
SSW	0,661	0,334	1,418
SW	0,419	0,375	1,145

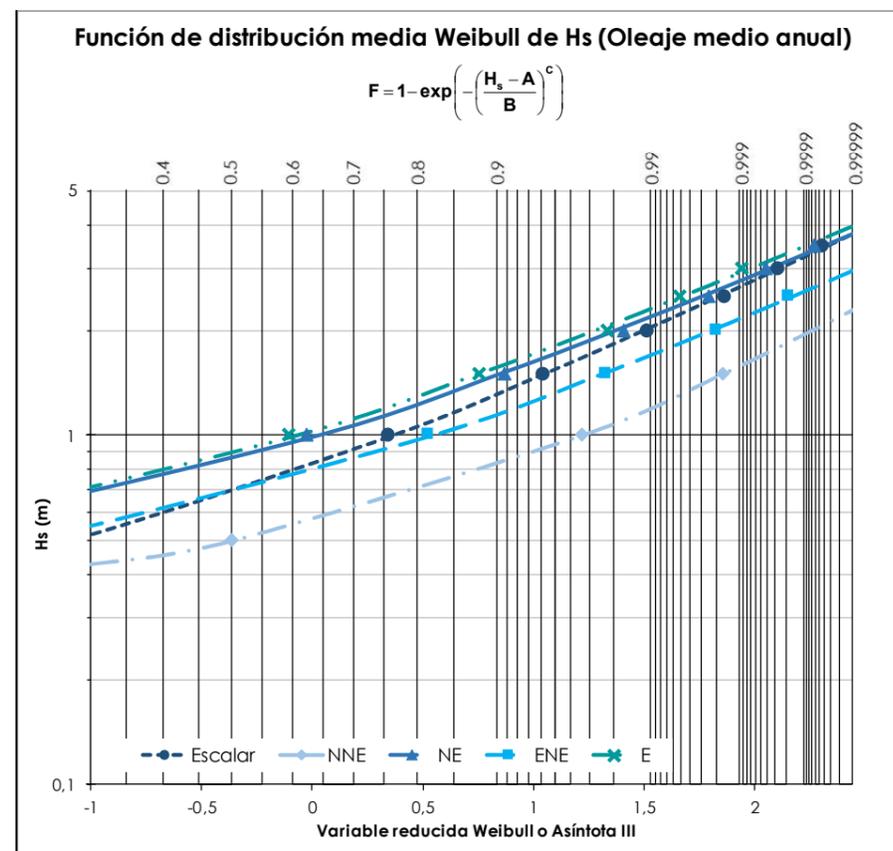


Figura 9.- Funciones de distribución medias escalar y direccionales de H_s de la boya de Llobregat (Fuente: Elaboración propia)

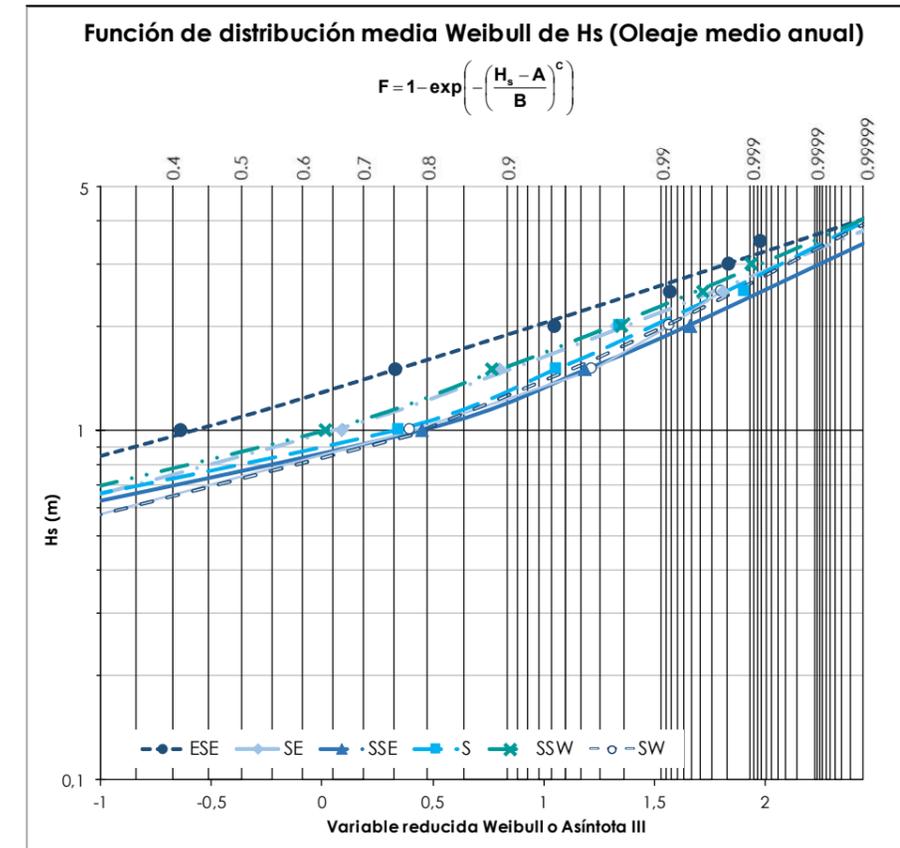


Figura 10.- Funciones de distribución medias escalar y direccionales de H_s de la boya de Llobregat (Fuente: Elaboración propia)

La dirección que presenta mayores alturas de ola es la ESE mientras que las direcciones con menores alturas de ola son la NNE y ENE. El resto de direcciones presentan valores de H_s similares con un rango de ±0,25 m alrededor del régimen escalar.

2.2.3 PERÍODO DE OLAJE

2.2.3.1 Frecuencias de presentación

La Figura 11.- muestra las frecuencias de diferentes intervalos del período pico T_p. Puede apreciarse que el intervalo entre 6 s y 8 s es el que presenta una mayor frecuencia de presentación, con casi el 40%.

Asimismo en la Tabla 7.- se muestra la tabla de encuentros H_s - T_p, es decir, las frecuencias de presentación conjuntas altura de ola - período de oleaje.

2.2.3.2 Funciones de correlación H_s - T_p

A partir de dicha tabla se han obtenido las funciones de correlación entre la altura de ola significativa y el periodo de pico H_s - T_p (ver Figura 12.-).

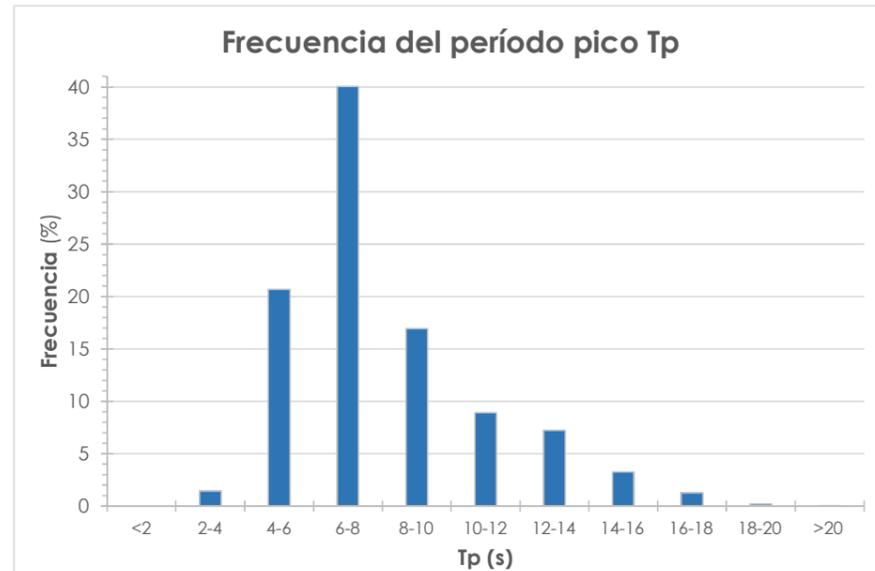


Figura 11.- Frecuencias de presentación de T_p . (Fuente: elaboración propia)

Tabla 7.- Tabla de encuentros $H_s - T_p$ (Fuente: elaboración propia)

H_s (m)	T_p (s)											TOTAL (%)
	<2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	>20	
<0.5		0,824	6,486	6,532	6,349	5,753	3,19	1,028	0,406	0,084	0,01	30,662
0,5-1,0		0,623	11,508	19,307	5,097	2,807	3,722	1,814	0,66	0,095	0,023	45,656
1,0-1,5		0,004	2,161	11,997	2,658	0,247	0,31	0,373	0,195	0,023	0,009	17,977
1,5-2,0			0,495	1,995	2,086	0,025	0,011	0,021	0,018	0,002		4,653
2,0-2,5			0,026	0,199	0,631	0,04						0,896
2,5-3,0				0,024	0,088	0,017						0,129
3,0-3,5				0,004	0,009	0,01						0,023
3,5-4,0						0,003						0,003
4,0-4,5												0,000
TOTAL (%)	0,000	1,451	20,676	40,058	16,918	8,902	7,233	3,236	1,279	0,204	0,042	100,000

Estas funciones han sido calculadas como los mejores ajustes lineal, potencial 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.

Puede apreciarse que los ajustes potencial y exponencial dar lugar a resultados muy similares y en ambos casos valores poco realistas del período pico para alturas de ola significantes $H_s > 4,50$ m ($T_{p,50\%} > 14$ s y $T_{p,90\%} > 25$ s). Por todo ello se considerarán solamente las funciones de correlación lineales.

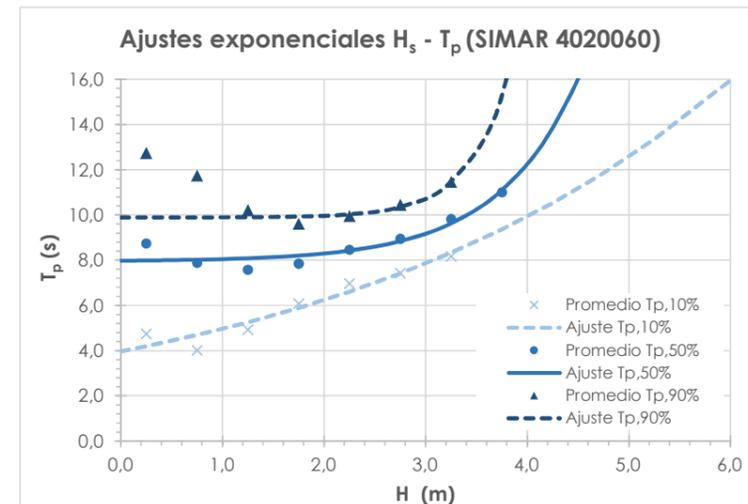
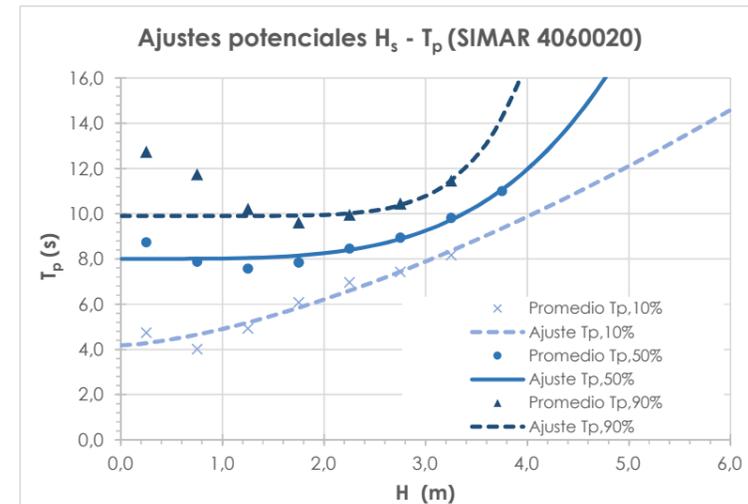
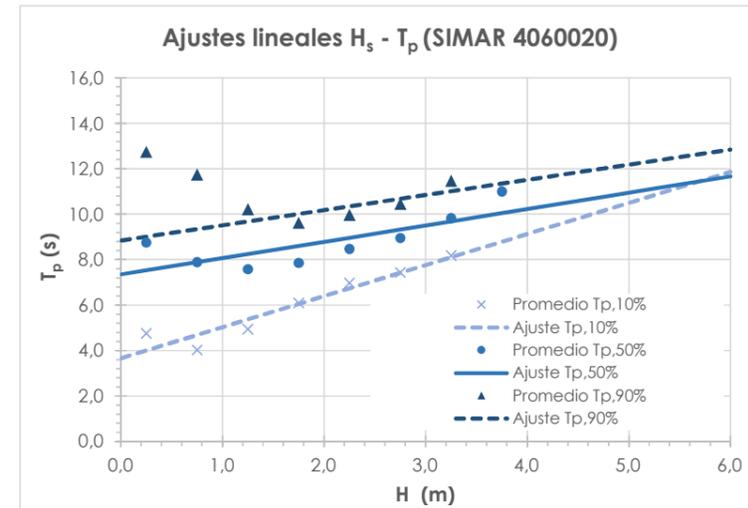


Figura 12.- Funciones de correlación lineal, potencial y exponencial $H_s - T_{p,10\%}$, $H_s - T_{p,50\%}$ y $H_s - T_{p,90\%}$ (Fuente: elaboración propia)

De todos modos puede apreciarse que ninguno de los ajustes analizados encaja bien en la zona con $H_s < 1,50$ m ya que los valores de $T_{p,50\%}$ y $T_{p,90\%}$ son descendientes con la altura de ola (cosa poco habitual). Por tal motivo se ha repetido el ajuste ajustado considerando 2 curvas, una para $H_s < 1,50$ m y otra para $H_s > 1,50$ m y que se muestran en la Figura 13.-.

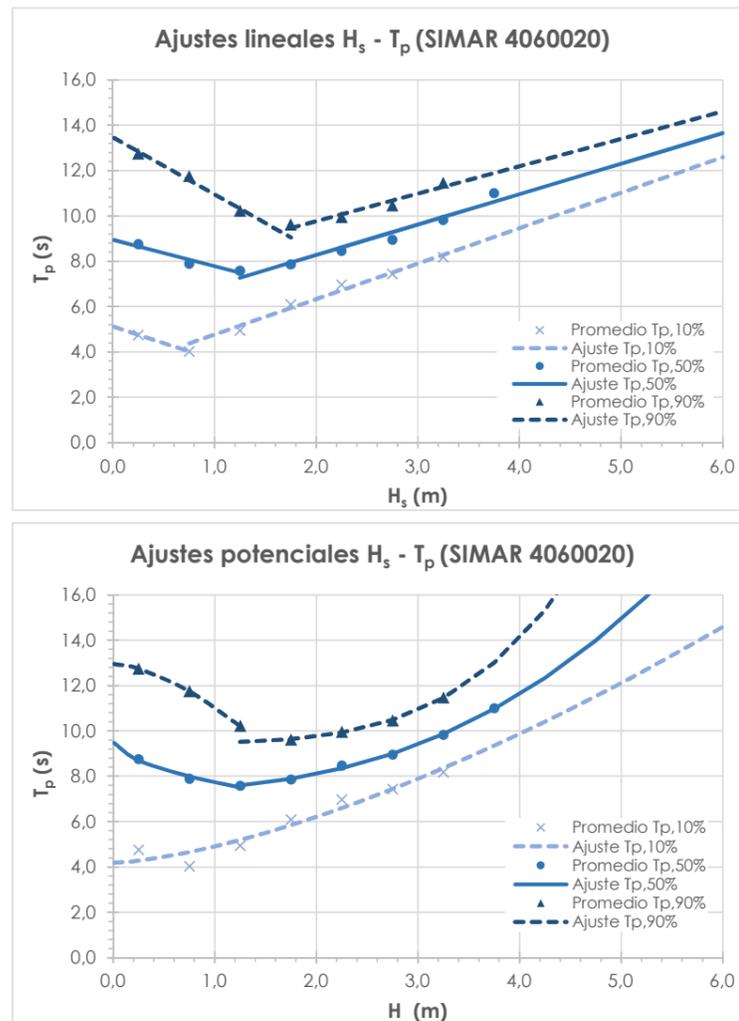


Figura 13.- Funciones de correlación lineal y potencial $H_s - T_{p,10\%}$, $H_s - T_{p,50\%}$ y $H_s - T_{p,90\%}$ (Fuente: elaboración propia)

En el caso de los ajustes potenciales de $T_{p,50\%}$ y $T_{p,90\%}$ para alturas de ola significantes $H_s > 5,0$ m siguen obteniéndose valores del período pico demasiado altos, por lo que finalmente se considerarán para este proyecto las correlaciones lineales de la Figura 13.-. Sus expresiones se presentan a continuación:

$$T_{p,10\%} = -1,465 \cdot H_s + 5,114 \quad (H_s \leq 0,63 \text{ m})$$

$$T_{p,10\%} = 1,564 \cdot H_s + 3,201 \quad (H_s \geq 0,63 \text{ m})$$

$$T_{p,50\%} = -1,168 \cdot H_s + 8,945 \quad (H_s \leq 1,34 \text{ m})$$

$$T_{p,50\%} = 1,343 \cdot H_s + 5,586 \quad (H_s \geq 1,34 \text{ m})$$

$$T_{p,90\%} = -2,524 \cdot H_s + 13,464 \quad (H_s \leq 1,64 \text{ m})$$

$$T_{p,90\%} = 1,209 \cdot H_s + 7,352 \quad (H_s \geq 1,64 \text{ m})$$

Cabe comentar que las relaciones anteriores no tienen en cuenta la direccionalidad del oleaje pues han sido obtenidas a partir de todos los datos disponibles. Tal como se comenta en el apartado 2.3.4 la dirección asociada a unos mayores períodos pico (y coincidentes con los escalares) es la NE (y NNE), mientras que para los sectores E a SSW los períodos pico son unos 2 s inferiores, como consecuencia del menor fetch¹. Por todo ello, las relaciones anteriores solamente podrán ser aplicadas directamente a los sectores NNE y NE, mientras que para los sectores E, ESE, SE, SSE, S, SSW y SW al resultado obtenido se le deberá restar 2 s, y para el sector ENE al resultado obtenido se le deberá restar 1 s.

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, permite 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

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

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, $H_{s,ij}$,

¹ Se conoce por *fetch* a la longitud de generación del oleaje, de modo que cuanto mayor es ésta, mayores son las alturas de ola y períodos de oleaje

- f_j es la frecuencia total del sector direccional 'j', ($f_j = \sum f_{ij}$)

A partir de la tabla de encuentros H_s – dirección (Tabla 5.-) se han calculado los valores de $H_{s,morf}$ en los sectores direccionales de interés (NNE a SW), que se muestran en la Tabla 8.- y en la Figura 14.-. Asimismo se incluye el período pico asociado a $H_{s,morf}$ obtenido a partir de las correlaciones $H_s - T_p$ lineales obtenidas en el apartado 2.2.3.

Tabla 8.- Características del oleaje morfológico en alta mar (Fuente: elaboración propia)

	Dirección									
	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW
$H_{s,0}$	0,61 m	1,03 m	0,82 m	1,08 m	1,28 m	1,02 m	0,88 m	0,94 m	1,05 m	0,87 m
T_p	8,2 s	7,7 s	7,0 s	5,7 s	5,5 s	5,8 s	5,9 s	5,9 s	5,7 s	5,9 s

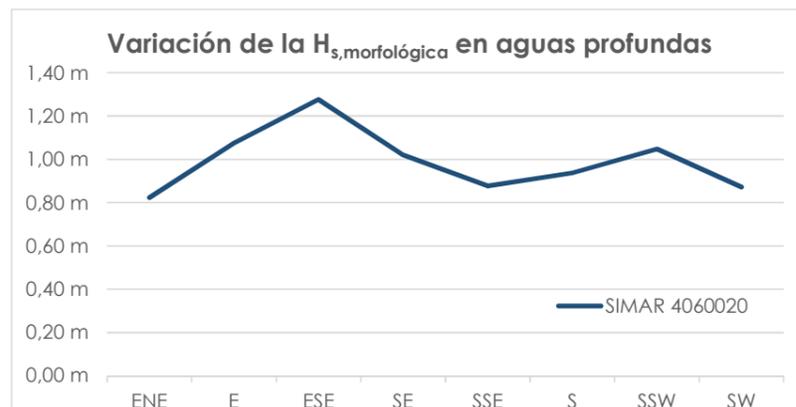


Figura 14.- Variación de $H_{s,morf}$ en aguas profundas en función de la dirección (Fuente: elaboración propia)

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 5.-). 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 la tabla anterior y

restringiendo el cálculo a los sectores de interés (NNE a SW) se obtienen las direcciones del flujo medio de energía en aguas profundas mostradas en la Tabla 9.-. De todos modos teniendo en cuenta las consideraciones indicadas en el apartado 2.2.1 acerca de la incidencia de los sectores NNE y SW en la zona de proyecto (ver Figura 7.-) se ha calculado también el flujo medio sin considerar estos sectores. Puede apreciarse que la exclusión del sector SW es muy poco significativa en el resultado ($< 0,1^\circ$) mientras que la exclusión del sector NNE es más destacada, si bien sólo se produce una diferencia máxima de 4° .

Tabla 9.- Direcciones del flujo medio de energía del oleaje en aguas profundas (Fuente: elaboración propia)

	NNE-SW	NNE-SSW	NE-SW	NE-SSW
Considerando H^2	47,1° N	47,1° N	51,1° N	51,0° N
Considerando $H^{2.5}$	48,1° N	48,1° N	51,3° N	51,2° N

2.2.6 OLEAJE 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 12h/año, ya que es representativa del oleaje correspondiente a un temporal de carácter anual y además es empleada en el cálculo de la profundidad activa (la profundidad a partir de la cual el transporte longitudinal de sedimentos (es decir, paralelo a la línea de costa) deja de ser significativo).

A partir de las funciones de distribución (ver apartado 2.2.2.2) se han calculado los valores de H_{s12} en los sectores direccionales de interés (NNE a SW), que se muestran en la Tabla 10.- y en la Figura 15.-. Asimismo se incluye el período pico asociado a H_{s12} obtenido a partir de las correlaciones $H_s - T_p$ lineales obtenidas en el apartado 2.2.3.

Tabla 10.- Características del oleaje en alta mar asociado a una probabilidad de excedencia de 12 h/año (Fuente: elaboración propia)

SIMAR 4060020

Dirección	$H_{s12,0}$	T_{p12}
NNE	1,53 m	7,6 s
NE	2,70 m	9,2 s
ENE	2,09 m	7,4 s
E	2,84 m	7,4 s
ESE	3,09 m	7,7 s
SE	2,69 m	7,2 s
SSE	2,33 m	6,7 s
S	2,64 m	7,1 s
SSW	2,83 m	7,4 s
SW	2,55 m	7,0 s

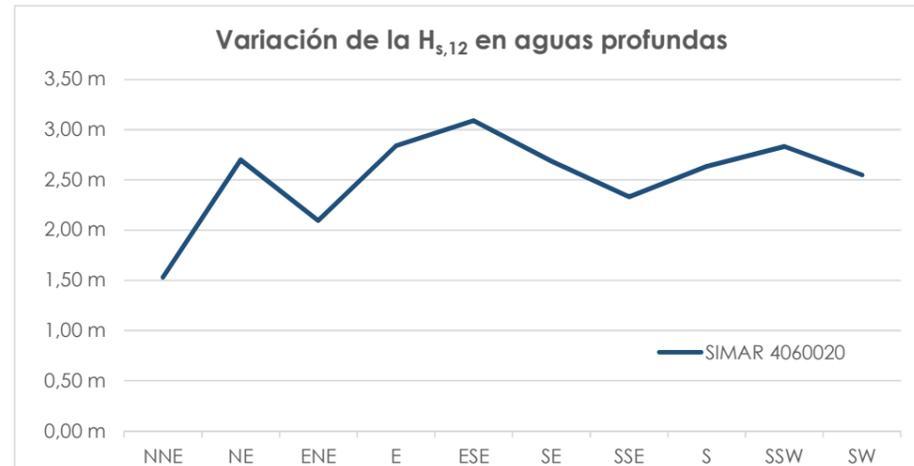


Figura 15.- Variación de H_{s,12} en aguas profundas en función de la dirección (Fuente: elaboración propia)

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 periodo de retorno $R = T_r = 67,72$ años,

2.3.2 RÉGIMEN EXTREMAL EN EL PUNTO SIMAR

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):

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

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 (en este caso datos SIMAR).
- K_α: Coeficiente de direccionalidad para la dirección considerada.
- K_R: Coeficiente de refracción-shoaling en el punto de medida para la dirección considerada, y el periodo asociado a dicha altura de ola. En este caso al haber empleado los datos SIMAR ubicados en alta mar se considera K_R = 1.

Los valores extremales de las series de oleaje se ajustan generalmente bastante bien a las distribuciones de probabilidad de Weibull o de Gumbel. En este caso se emplean los valores pico o máximo de la altura de ola H_s de los mayores temporales de cada año (por lo que el método de obtención se denomina de Máximos Anuales) y que se presentan en la Figura 16.- .

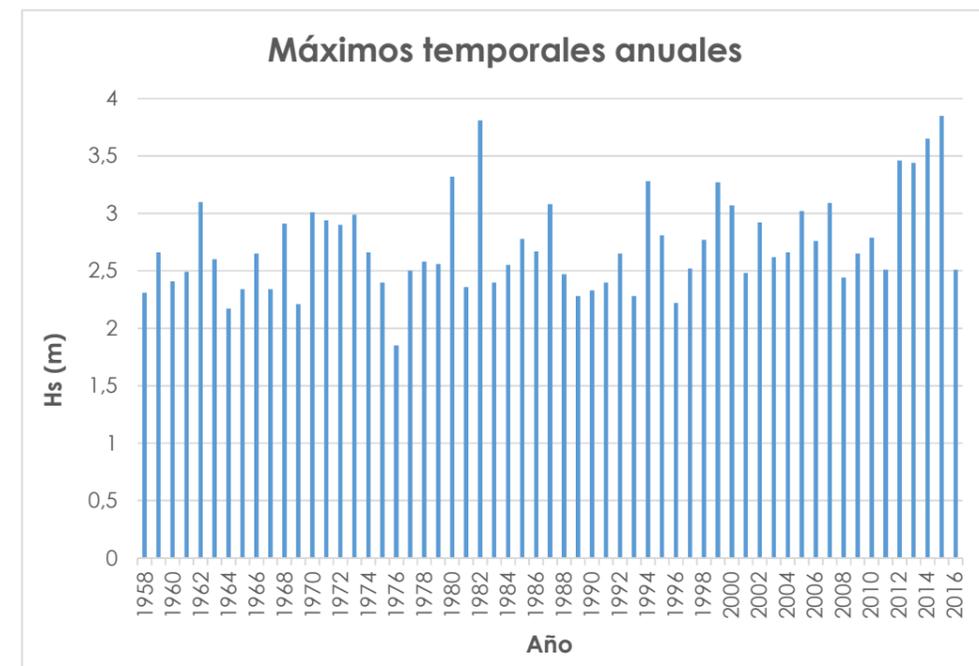


Figura 16.- Valores máximos de H_s de los mayores temporales anuales (Fuente: elaboración propia)

En este caso el mejor ajuste a una función Weibull triparamétrica da lugar a un coeficiente de correlación $r = 0,99212$, mientras que el ajuste a una función Gumbel ofrece un coeficiente de correlación $r = 0,99256$, es decir, ligeramente superior. Por tanto se escogerá la función Gumbel, que se muestra en la Figura 17.- y en la que se presenta tanto la Estima Central (E.C.) del ajuste –línea continua– como Límite Superior e Inferior de la Banda de Confianza del 90 % (L.S.B.C.90% y L.S.B.I.90%)² –líneas discontinuas–.

De la información extraída a partir de esta función, dado su carácter escalar, se obtiene únicamente datos referentes a altura de ola asociada a un determinado periodo de retorno.

En la Tabla 11.- se muestran los valores de las alturas de ola de diseño en aguas profundas (asociadas a un período de retorno $T_r = 67,72$ años, tal como se comentó).

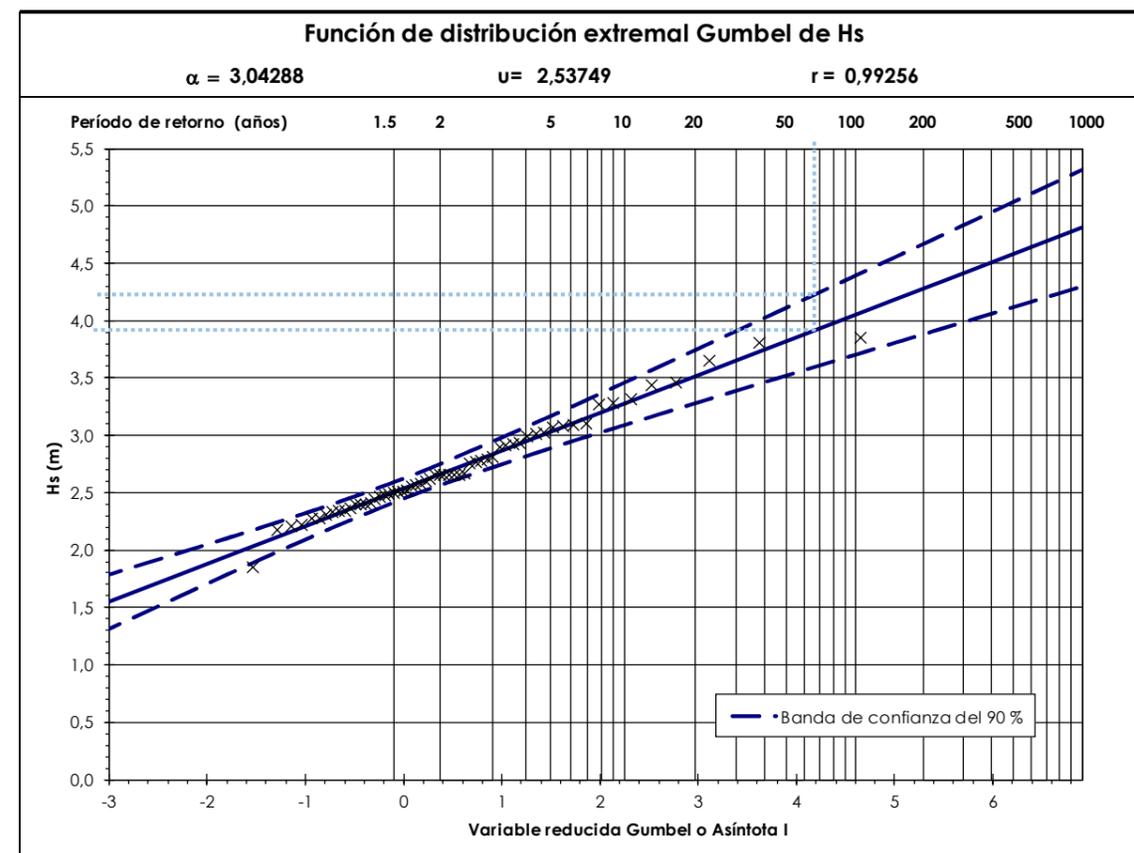


Figura 17.- Régimen extremal escalar de H_s obtenida de los datos del punto SIMAR 4060020 (Fuente: Elaboración propia)

² 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 periodo de retorno.

Tabla 11.- Alturas de olas de diseño en las boyas (Fuente: Elaboración propia)

Fuente	SIMAR 4060020
Estima Central (E.C.)	$H_{s,0} = 3,92 \text{ m}$
Límite Superior de la Banda de Confianza del 90 % (L.S.B.C.90%)	$H_{s,0} = 4,24 \text{ m}$

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 0,999 y 0,9999. Las direcciones consideradas son: NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW y SW, ya que son las que pueden incidir en el punto SIMAR. 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 12.- .

En la Figura 18.- 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 12.- se presenta en negrita.

Tabla 12.- Coeficientes direccionales K_α obtenidos de los datos del punto SIMAR (Fuente: elaboración propia)

SIMAR 4060020				
Dirección	$H_s (F=0,999)$	$H_s (F=0,9999)$	H^*	K_α
NNE	1,58 m	1,94 m	1,76 m	0,518
NE	2,78 m	3,30 m	3,04 m	0,895
ENE	2,15 m	2,57 m	2,36 m	0,696
E	2,92 m	3,47 m	3,20 m	0,941
ESE	3,16 m	3,63 m	3,40 m	1,000
SE	2,76 m	3,27 m	3,02 m	0,889
SSE	2,41 m	2,94 m	2,67 m	0,787
S	2,73 m	3,37 m	3,05 m	0,897
SSW	2,92 m	3,50 m	3,21 m	0,945
SW	2,64 m	3,29 m	2,96 m	0,873

Llama la atención que para el sector NE (el de mayor frecuencia) el valor de K_α se sitúe en el entorno de 0,90 (lo que supone una altura de ola un 10% inferior) cuando es el sector con mayor frecuencia de

presentación de alturas $H_s > 3,5$ m (como puede verse en la Tabla 5.-). El motivo está en que los coeficientes de direccionalidad se basan, como se ha dicho, en los regímenes medios, siendo el pésimo el del sector ESE ese a tener una frecuencia anual de presentación de 1,3 %.

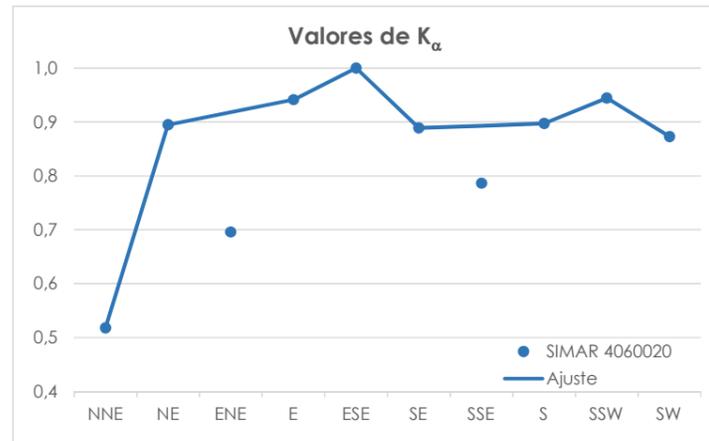


Figura 18.- Coeficientes direccionales K_α obtenidos de los datos del punto SIMAR (Fuente: elaboración propia)

Por ello en la Figura 19.- se ha representado la distribución direccional de los 59 máximos anuales empleados en la obtención del régimen extremal de H_s . Así puede apreciarse que es en el sector NE donde se presenta el mayor temporal en los 59 años (con $H_s = 3,85$ m) y además hay 10 máximos anuales por encima del umbral $H_s = 3$ m, mientras que en el sector ESE se produce el segundo mayor temporal (con $H_s = 3,81$ m) pero sólo este máximo anual está sobre $H_s = 3$ m; en el sector E hay dos temporales con H_s por encima de 3 m (siendo el máximo $H_s = 3,07$ m), mientras que en el sector SSW sólo hay un temporal con H_s sobre 3 m ($H_s = 3,44$ m),

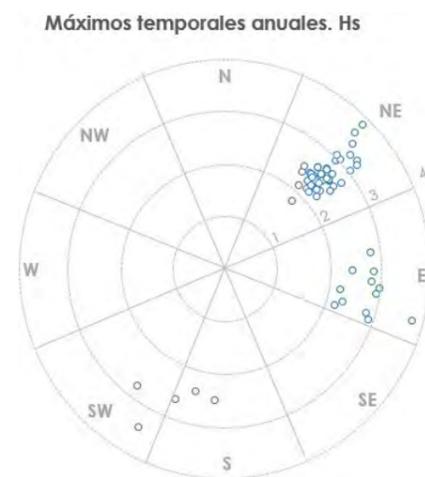


Figura 19.- Distribución direccionales de los máximos temporales anuales (Fuente: elaboración propia)

Por todo ello se ha decidido incrementar hasta $K_\alpha = 1$ el coeficiente del sector NE, de manera que los coeficientes direccionales que finalmente van a emplearse serán los mostrados en la Figura 20.- .

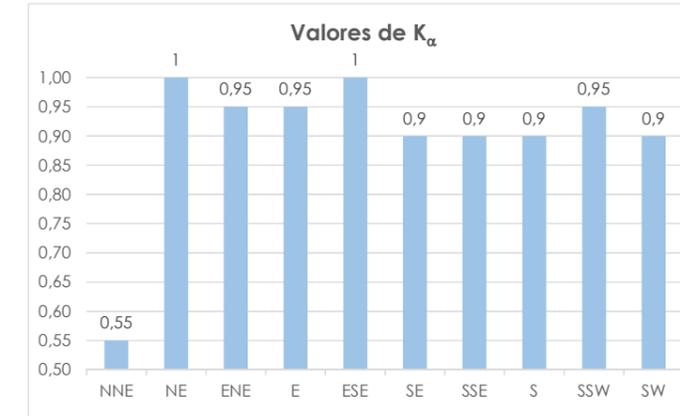


Figura 20.- Coeficientes direccionales K_α finalmente seleccionados (Fuente: elaboración propia)

2.3.4 PERÍODO DEL OLAJE EXTREMAL

Pese a que en el apartado se han obtenido las funciones de correlación $H_s - T_p$ asociadas al régimen medio, se considera adecuado analizar específicamente los períodos de oleaje asociados a los temporales.

En la Figura 21.- se muestran los pares de valores (H_s, T_p) correspondientes a los 59 máximos temporales anuales considerados en la obtención del régimen extremal de H_s . En la gráfica se ha distinguido la dirección de procedencia pudiéndose apreciar dos tendencias: el sector NE, en el que se registran los mayores períodos (ya que los fetchs de estos oleajes son superiores) y los sectores E, ESE, S y SSW en los que los períodos son unos 2 s inferiores. En dicha figura también se muestran las ecuaciones de los ajustes lineales para el sector NE y los sectores E + ESE + S + SW. Puede apreciarse que la ecuación del sector NE es prácticamente idéntica a la correlación escalar $H_s - T_{p,50\%}$ obtenida en el apartado 2.2.3.2, lo cual por un lado es coherente ya que el sector NE junto al ENE son los reinantes (con una frecuencia anual superior al 76%) y por tanto controlan completamente el régimen medio y por otro lado muestra consistencia ya que dos metodologías diferentes de correlacionar H_s y T_p dan resultados similares.

2.3.5 RÉGIMEN EXTREMAL EN AGUAS PROFUNDAS

En la Tabla 13.- se presentan los valores de 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 90%. Los períodos pico asociados son los obtenidos a partir de la función $H_s - T_p$ obtenida en el apartado 2.2.3.2.

Por consiguiente se concluye que las direcciones pésimas, desde el punto de vista del diseño, son el NE y el ESE, para la cual la altura significativa de diseño será $H_{s,0} = 3,92$ m (Estima Central del régimen extremal) y $H_{s,0} = 4,24$ m (Límite Superior de la Banda de Confianza del 90% del régimen extremal). No obstante en el estudio de propagación se analizarán diferentes direcciones de procedencia ya que es posible que debido a la refracción la altura local asociada a la dirección del NE se vea reducida por el fenómeno de la refracción y sea otra dirección la que da lugar a alturas de ola locales mayores.

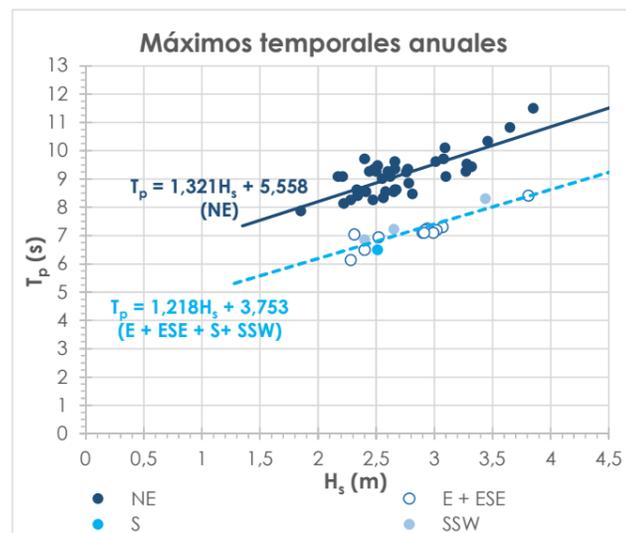


Figura 21.- Pares de valores (H_s, T_p) asociados a los máximos temporales anuales Fuente: elaboración propia)

Tabla 13.- Alturas de ola de diseño. Tr = 67,72 años, Estima central (Fuente: elaboración propia)

Estima Central (EC)

Dirección	H _{s,R} (m)	K _α	H _{s,dif} (m)	T _p (s)	K _r	H _{s,0} (m)
NNE	3,92	0,55	2,16	8,5	1,00	2,16
NE	3,92	1,00	3,92	10,9	1,00	3,92
ENE	3,92	0,95	3,72	9,6	1,00	3,72
E	3,92	0,95	3,72	8,6	1,00	3,72
ESE	3,92	1,00	3,92	8,9	1,00	3,92
SE	3,92	0,90	3,53	8,3	1,00	3,53
SSE	3,92	0,90	3,53	8,3	1,00	3,53
S	3,92	0,90	3,53	8,3	1,00	3,53
SSW	3,92	0,95	3,72	8,6	1,00	3,72
SW	3,92	0,90	3,53	8,3	1,00	3,53

Límite Superior de la Banda de Confianza del 90% (L.S.B.C.90%):

Dirección	H _{s,R} (m)	K _α	H _{s,dif} (m)	T _p (s)	K _r	H _{s,0} (m)
NNE	4,24	0,55	2,33	8,7	1,00	2,33
NE	4,24	1,00	4,24	11,3	1,00	4,24
ENE	4,24	0,95	4,03	10,0	1,00	4,03
E	4,24	0,95	4,03	9,0	1,00	4,03
ESE	4,24	1,00	4,24	9,3	1,00	4,24
SE	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82
SSE	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82
S	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82
SSW	4,24	0,95	4,03	9,0	1,00	4,03
SW	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82

3. PROPAGACIÓN DEL OLAJE HASTA LA COSTA

3.1 INTRODUCCIÓN

Una vez definido el oleaje en alta mar o aguas profundas resulta necesario efectuar su propagación hasta la zona de estudio (borde costero de Costa Teguisse), para lo cual se recurre a modelos numéricos capaces de incluir refracción, difracción, asomeramiento, fricción y rotura de la onda, fenómenos hidrodinámicos que producen una alteración de las principales características del oleaje (altura de ola y dirección).

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 analizan y estudian 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.

3.2 MODELO UTILIZADO

Para el estudio de la propagación del oleaje desde aguas profundas hasta profundidades reducidas se ha utilizado la herramienta para el estudio del oleaje y corrientes **MOPLA** (Modelo Integral de Propagación de Oleaje, Corrientes y Morfodinámica en Playas) integrado en el programa **SMC** (Sistema de Modelado Costero). El modelo MOPLA integra una serie de módulos que permiten llevar a cabo un análisis a corto plazo en playas. En particular el MOPLA permite realizar las siguientes tareas.

- Propagar oleajes monocromáticos o espectrales desde profundidades indefinidas hasta zonas de playa en la costa, incluyendo las modificaciones debido a la refracción, asomeramiento, difracción, disipación por rotura y pos-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.
- El cálculo inicial de transporte de sedimentos debido al oleaje y a las corrientes.
- Determinación de zonas de erosión / sedimentación en playas.
- Evolución bidimensional y horizontal de una playa frente a un evento temporal.

El MOPLA se compone de seis modelos 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.
- EROS-MC: Modelo de Erosión – sedimentación y evolución de la batimetría en playas.
- OLUCA-SP: Modelo parabólico de propagación de oleaje espectral.
- COPLA-SP: Modelo de Corrientes en playas inducidas por la rotura del oleaje espectral.
- ERO-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)

1. Fluido:
 - No viscoso.
 - Incompresible.
 - Densidad constante.
2. Flujo:
 - Irrotacional.
 - Estacionario.
3. Dinámicas:
 - Presión constante en la superficie libre.
 - No se considera la acción del viento.
 - No se considera la acción de la aceleración de Coriolis.
4. 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.
5. 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.
6. 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)

1. Fluido:
 - Fluido homogéneo.
 - Incompresible.
 - Densidad constante.
2. 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.
3. Dinámicas:
- Presión constante en la superficie libre.
 - No se considera la acción del viento.
 - No se considera la acción de la aceleración de Coriolis.
4. 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.
5. 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, especialmente, 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.

3.3 PARÁMETROS DE CÁLCULO

3.3.1 ESCENARIOS DE OLAJE A ESTUDIAR

En el apartado 2.2 se comentó que las direcciones de oleaje en alta mar susceptibles de incidir en la zona de estudio son NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW y SW, si bien la primera y la última dada su elevada oblicuidad sufrirán una gran pérdida de energía (que se traducirá en una importante reducción de la altura de ola).

En la Tabla 4.- se incluyen las frecuencias de presentación de cada sector direccional en la que destacan las direcciones NNE y NE que entre ambas acumulan un 76,46 %. Por todo ello las direcciones seleccionadas para el estudio de propagación son las siguientes.

- NNE (22,5° N), con una probabilidad de presentación del 25,51%.
- NE (45° N), con una probabilidad de presentación del 50,95%.
- E (90° N), con una probabilidad de presentación del 2,74%.
- SE (135° N), con una probabilidad de presentación del 0,35%.
- S (180°N), con una probabilidad de presentación del 0,33%.

Los resultados para el resto de direcciones podrán ser obtenidos mediante interpolación o extrapolación.

Para estas cinco direcciones se han propagado 3 tipos de oleaje:

- el oleaje morfológico, es decir, aquél que concentra la energía del conjunto de oleajes de un determinado sector direccional,
- el oleaje con una probabilidad de excedencia de 12 h/año (asociado a la $H_{s,12}$), que representan aproximadamente el comportamiento en la zona de rompientes de un temporal con una presentación de tipo anual y
- el oleaje de diseño que permita realizar el dimensionamiento de las obras

Adicionalmente se ha hecho una nueva serie de simulaciones para evaluar periodos más largos (con mayor período) para las cinco direcciones y otra para periodos más cortos (con menor período) para las direcciones NNE y NE, con objeto de cubrir todo el espectro frecuencial del oleaje incidente en la zona de estudio.

Los datos de entrada al modelo de propagaciones correspondientes a los escenarios de oleaje anteriores se presentan en la Tabla 14.- a Tabla 17.- :

Tabla 14.- Datos de entrada de las propagaciones del oleaje morfológico (Fuente: elaboración propia)

DIRECCIÓN	H _{s0} (m)	T _p (s)	Frec. (Hz)	Nombre del caso
NNE	0,61	8,2	0,121951	M323
NE	1,03	7,7	0,129870	A202
E	1,08	5,7	0,175439	A203
SE	1,02	5,8	0,172414	B204
S	0,94	5,9	0,169492	B205

Tabla 15.- Datos de entrada de las propagaciones del oleaje extremal (Fuente: elaboración propia)

DIRECCIÓN	H _{s0} (m)	T _p (s)	Frec. (Hz)	Nombre del caso
NNE	1	8,7	0,114943	M341
NE	1	11,3	0,088496	A242
E	1	9	0,111111	A243
SE	1	8,7	0,114943	B244
S	1	8,7	0,114943	B245

Tabla 16.- Datos de entrada de las propagaciones del oleaje Hs₁₂ (Fuente: elaboración propia)

DIRECCIÓN	H _{so} (m)	T _p (s)	Frec. (Hz)	Nombre del caso
NNE	1,53	7,6	0,131579	M331
NE	2,7	9,2	0,108696	A232
E	2,84	7,4	0,135135	A233
SE	2,69	7,2	0,138889	B234
S	2,64	7,1	0,140845	B235

Tabla 17.- Datos de entrada de las propagaciones para casos adicionales (Fuente: elaboración propia)

DIRECCIÓN	H _{so} (m)	T _p (s)	Frec. (Hz)	Nombre del caso	H _{so} (m)	T _p (s)	Frec. (Hz)	Nombre del caso
NNE	1	13	0,076923	M351	1	5	0,200000	M361
NE	1	13	0,076923	A252	1	5	0,200000	A262
E	1	11	0,090909	A253				
SE	1	11	0,090909	B254				
S	1	11	0,090909	B255				

Todos los casos han sido propagados para el nivel medio del mar, NMM = +1,59 m r/CH.

3.3.2 BATIMETRÍA UTILIZADA

3.3.2.1 Información utilizada

La batimetría base utilizada es la procedente de la digitalización de las cartas náuticas 502 y 503 del Instituto Hidrográfico de la Marina, y de la batimetría de detalle cuya fuente de procedencia se ha explicado en el Anejo nº 2. Todas las profundidades se han referenciado al Cero Hidrográfico (CH), que se corresponde aproximadamente con la mínima bajamar astronómica. El conjunto topo-batimétrico está referido al sistema ETRS89/WGS84.

En la Figura 22.- a Figura 25.- se muestra la batimetría general y detalle sucesivos en la zona de actuación.

3.3.2.2 Mallas de cálculo

Tras realizar un análisis de las condiciones de partida, se ha considerado que la mejor opción es utilizar tres sistemas de 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.

Se muestran a continuación la Figura 26.- a Figura 28.- donde se representa cada uno de estos tres sistemas o pares de mallas anidadas utilizadas y se detallan sus características.

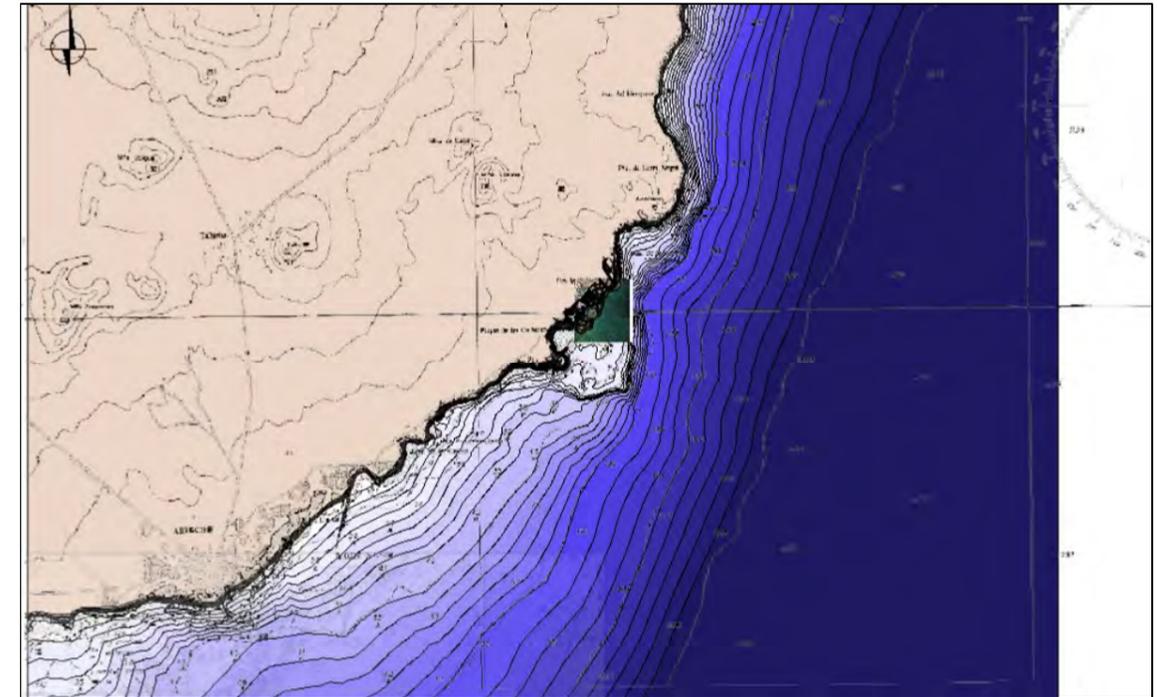


Figura 22.- Batimetría general de la zona de estudio utilizada en el SMC (Fuente: Elaboración propia)

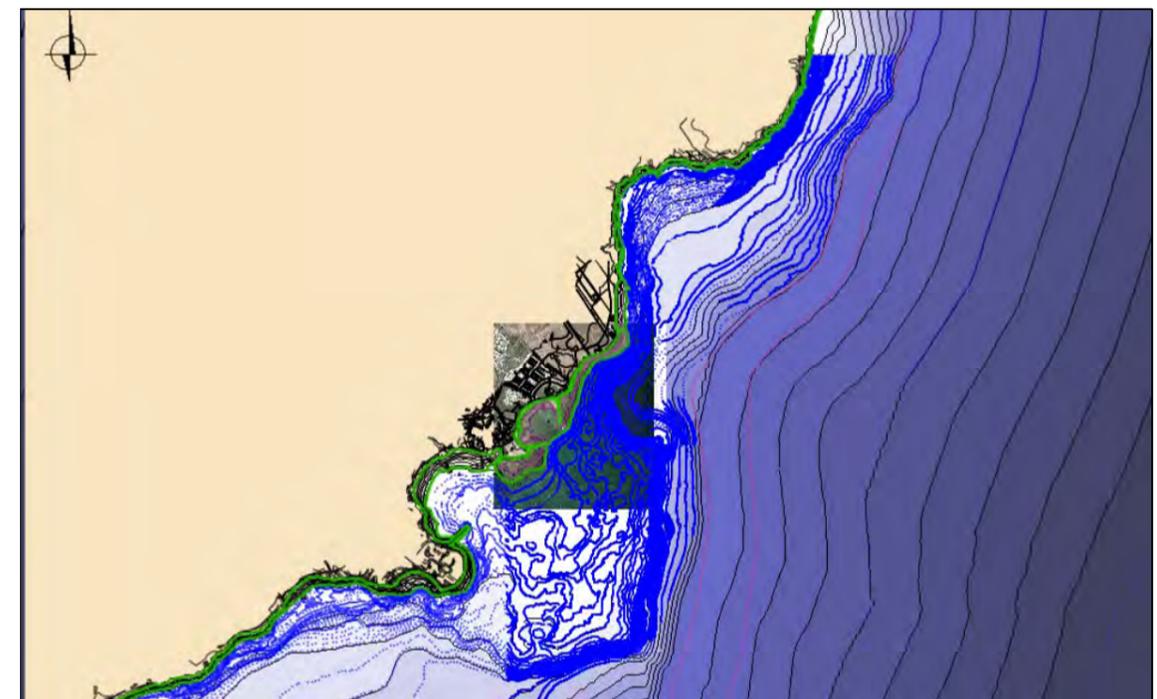


Figura 23.- Detalle de la batimetría de la zona de estudio utilizada en el SMC (Fuente: Elaboración propia)

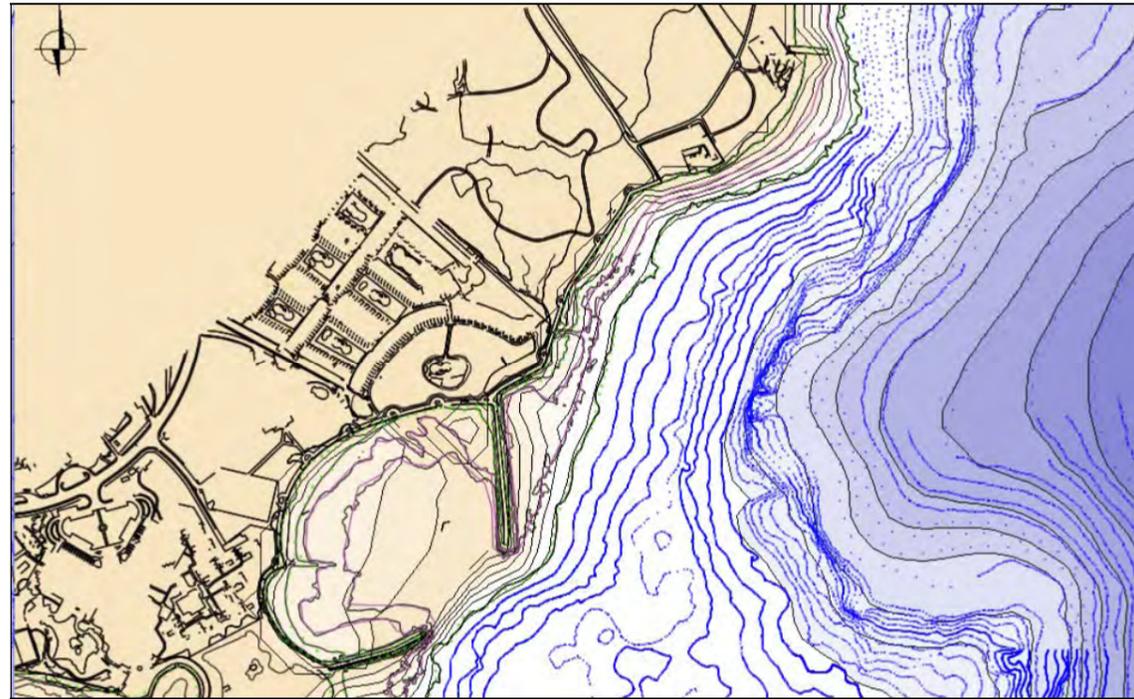


Figura 24.- Batimetría de detalle de la zona de estudio utilizada en el SMC (Fuente: Elaboración propia)

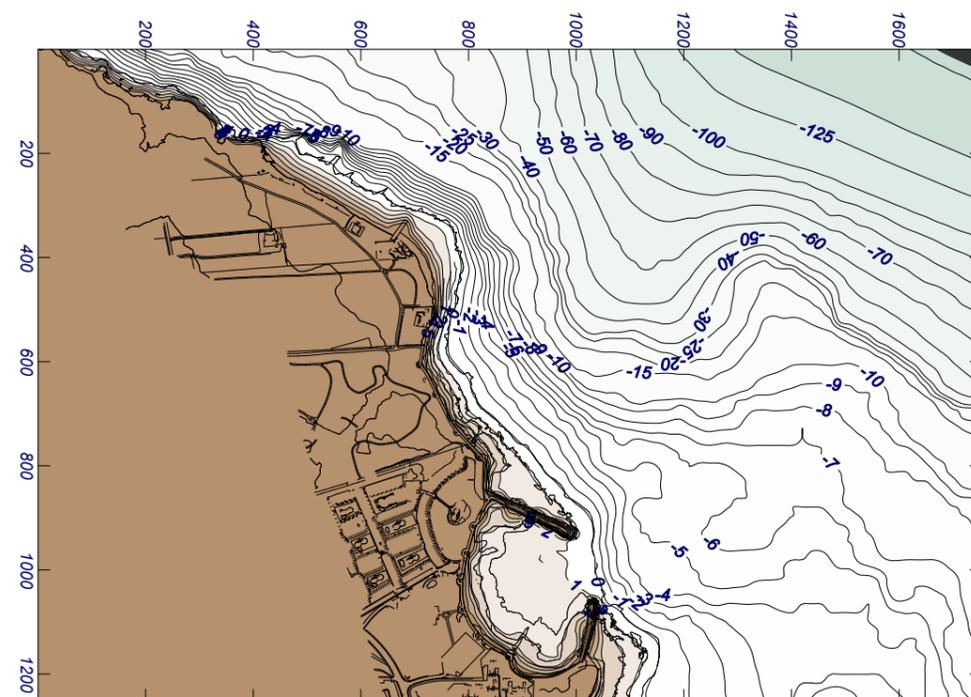


Figura 25.- Representación batimétrica resultante o de salida del modelo (Fuente: Elaboración propia)

En primer lugar, para las mallas de propagación de los oleajes del NNE (M1 y M3):

- Malla de aproximación M1:
 - Origen (x,y): 650716.07, 3214016.93;
 - 56 filas equiespaciadas 69.39 metros, por 47 columnas equiespaciadas 72.66 metros;
 - Orientación de la malla respecto a su eje x (ref. modelo para rumbos Este): -153°;
- Malla de detalle M3 (encadenada a la malla M1):
 - Origen (x,y): 648404.32, 3210148.02;
 - 76 filas equiespaciadas 15.00 metros, por 66 columnas equiespaciadas 14.53 metros;
 - Orientación de la malla respecto a su eje x (ref. modelo para rumbos Este): -153°;

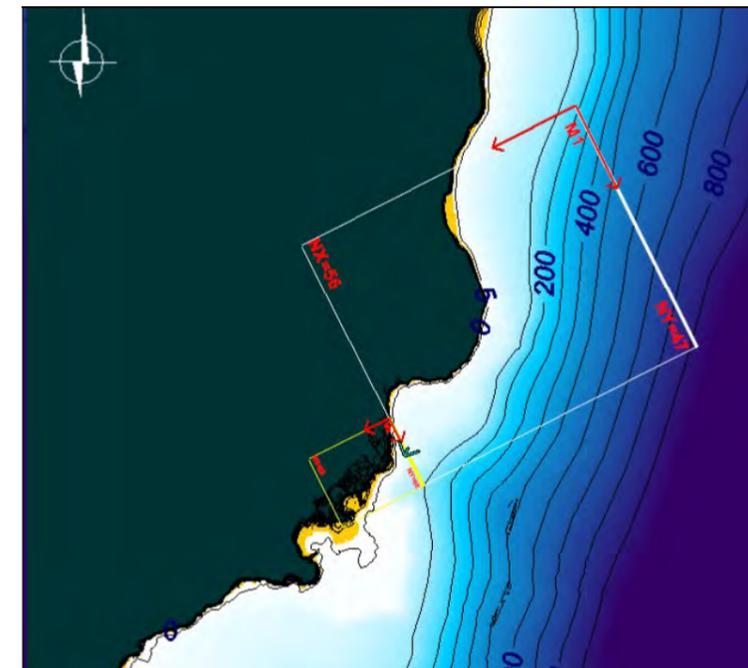


Figura 26.- Mallas de aproximación (M1) y de detalle (M3) utilizadas para las propagaciones del NNE (Fuente: Elaboración propia)

En el caso de las mallas de propagación de los oleajes del NE y E (A1 y A2):

- Malla de aproximación A1:
 - Origen (x,y): 650056.23, 3212334.83;
 - 36 filas equiespaciadas 69.39 metros, por 64 columnas equiespaciadas 70.15 metros;
 - Orientación de la malla respecto a su eje x (ref. modelo para rumbos Este): -150°;
- Malla de detalle A2 (encadenada a la malla A1):

- Origen (x,y): 648373.86, 3210391.54;
- 75 filas equiespaciadas 16.91 metros, por 101 columnas equiespaciadas 17.54 metros;
- Orientación de la malla respecto a su eje x (ref. modelo para rumbos Este): -150°;

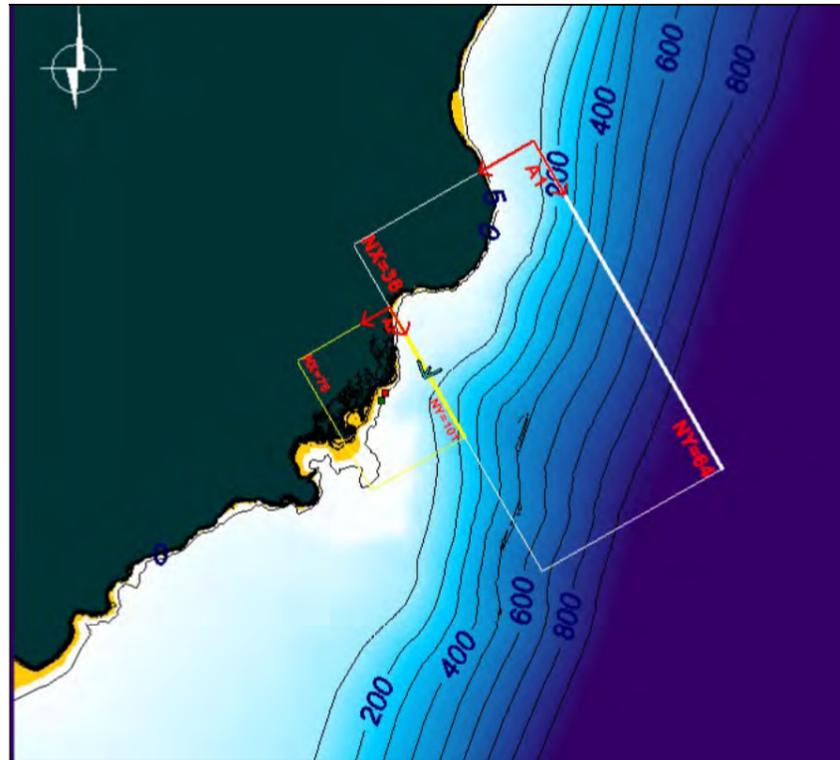


Figura 27.- Mallas de aproximación (A1) y de detalle (A2) utilizadas para las propagaciones del NE y E (Fuente: Elaboración propia)

En el caso de las mallas de propagación de los oleajes del SE y S (B1 y B2):

- Malla de aproximación B1:
 - Origen (x,y): 652256.94, 3207252.72;
 - 34 filas equiespaciadas 70.27 metros, por 69 columnas equiespaciadas 70.45 metros;
 - Orientación de la malla respecto a su eje x (ref. modelo para rumbos Este): 130°;
- Malla de detalle B2 (encadenada a la malla B1):
 - Origen (x,y): 650172.64, 3208531.00;
 - 166 filas equiespaciadas 16.97 metros, por 141 columnas equiespaciadas 17.61 metros;
 - Orientación de la malla respecto a su eje x (ref. modelo para rumbos Este): 130°.

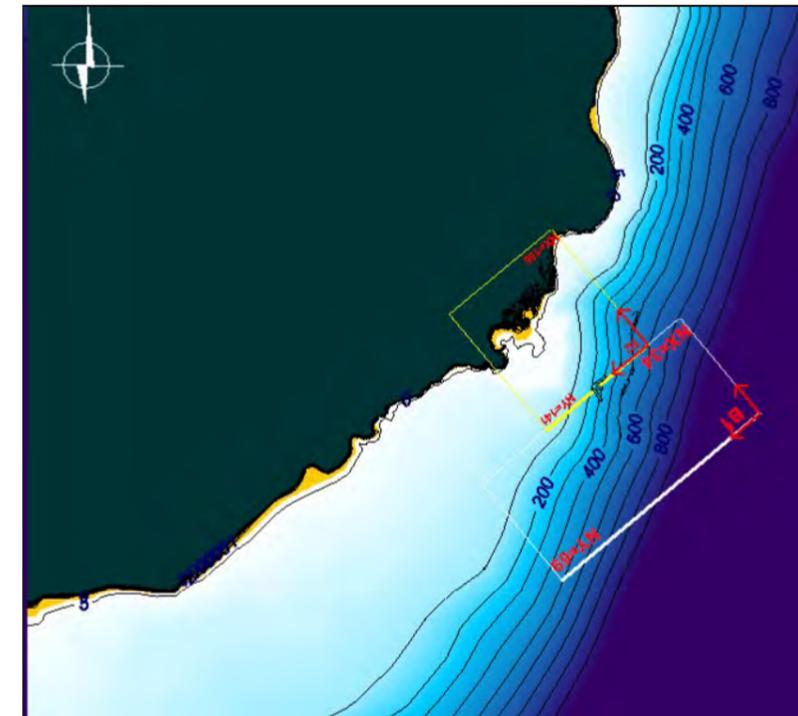


Figura 28.- Mallas de aproximación (B1) y de detalle (B2) utilizadas para las propagaciones del SE y S (Fuente: Elaboración propia)

3.3.3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en las propagaciones del oleaje son los vectores de los frentes del oleaje y las gráficas de isolíneas de altura de ola, que se muestran en el Apéndice 1 de este anejo.

3.3.3.1 Comportamiento cualitativo

Tal como se muestra en la Figura 29.- y Figura 30.-, los oleajes del primer cuadrante (NNE y NE) inciden en la playa tras sufrir importantes efectos de refracción y difracción, tanto por la propia configuración de la costa desde el norte de la isla, como por el considerable giro que sufren los frentes bordeando el saliente en la zona de Los Ancones.

En estos detalles de las salidas gráficas de las simulaciones en el tramo costero objeto de estudio, se puede apreciar que los efectos de asomeramiento, refracción y difracción se producen de diferente manera según la procedencia del oleaje en aguas profundas, desde el oleaje del NNE o del S (los más modificados hasta llegar a la playa) hasta los E y SE (los más inalterados).



Figura 29.- Fotografías aéreas de situación "aguas arriba" de la zona de estudio en relación a los oleajes de afección del primer cuadrante. Imagen orientada hacia el Sur (Fuente: Google Earth)

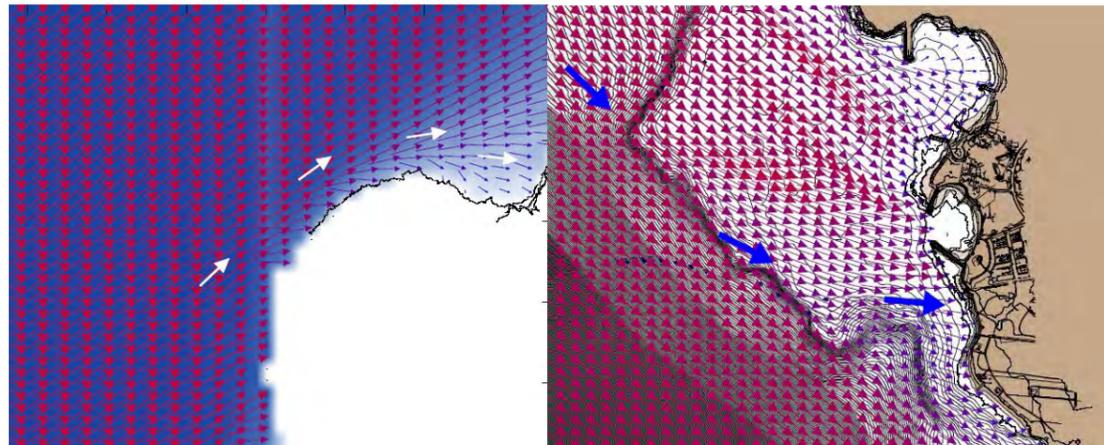


Figura 30.- Detalles gráficos de las propagaciones de oleaje (vectores) para los casos de oleaje morfológico NNE (izquierda) y S (derecha)(Fuente: Elaboración propia)

En la Figura 31.- y Figura 32.- (procedentes de las propagaciones del oleaje morfológico que se presentan completas en el Apéndice 1) se puede apreciar cómo para las direcciones E y SE (segunda y tercera gráfica) el flujo de oleaje mantiene su dirección original casi hasta las inmediaciones de la playa, mientras que para las direcciones NE y S (primera y cuarta gráfica) el flujo se expande. Este comportamiento obviamente marcará el esquema de gradientes de altura de ola y el consiguiente patrón de corrientes en la playa.

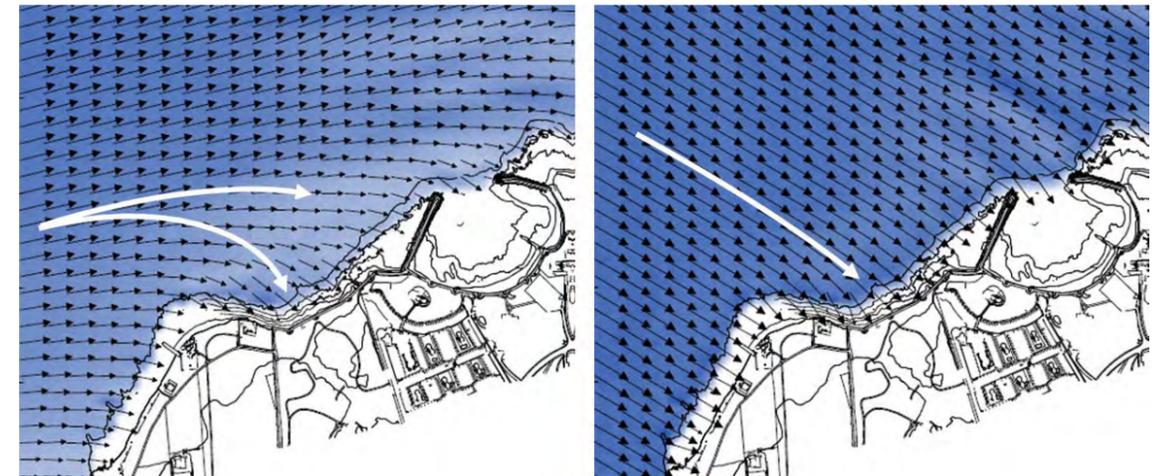


Figura 31.- Detalles gráficos de las propagaciones de oleaje (vectores) para los casos de oleaje morfológico NE (izquierda) y E (derecha)(Fuente: Elaboración propia)

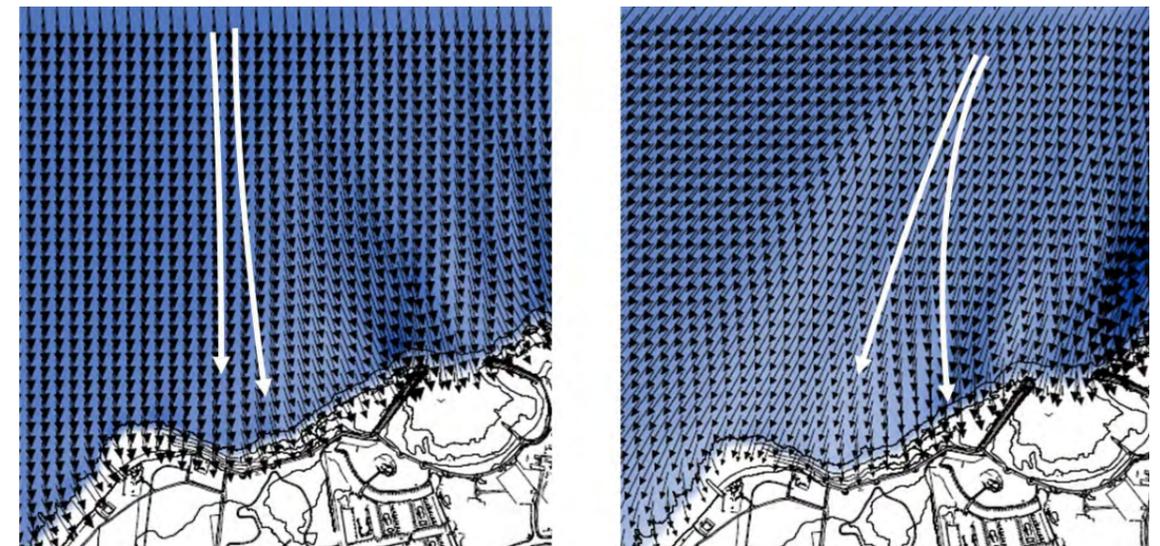


Figura 32.- Detalles gráficos de las propagaciones de oleaje (vectores) para los casos de oleaje morfológico SE (izquierda) y S (derecha)(Fuente: Elaboración propia)

3.3.3.2 Comportamiento cuantitativo

La altura de ola a pie de playa se reduce en el caso de la ola morfológica hasta 0,2-0,3 m en el caso de los oleajes del NNE (lo que supone unos coeficientes de propagación K_p en el área de playa (es decir, la relación entre la altura de ola local y la altura de ola en alta mar) del orden de 0,4. Para los oleajes del NE y S las alturas en el tramo de playa son del orden de 0,5-0,6 lo que supone un coeficiente de propagación K_p aproximado de 0,6, siendo los oleajes del E y SE los que presentan unos coeficientes de propagación K_p mayores, entre 0,8-1,0 lo cual origina unas alturas aproximadas de 0,8-0,9 m.



Figura 33.- Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (isolíneas de altura de ola) para los casos de altura de ola morfológica del NNE (Fuente: Elaboración propia)



Figura 34.- Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (isolíneas de altura de ola) para los casos de altura de ola morfológica del NE (Fuente: Elaboración propia)



Figura 35.- Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (isolíneas de altura de ola) para los casos de altura de ola morfológica del E (Fuente: Elaboración propia)



Figura 36.- Detalle gráfico de las propagaciones de oleaje (isolíneas de altura de ola) para los casos de altura de ola morfológica del Sur (iza) y SSW (dcha)(Fuente: Elaboración propia)

Los coeficientes de propagación son ligeramente superiores para los oleajes asociados a $H_{s,12}$, obteniéndose un valor máximo para el E (1,0, el más inalterado), seguido del SE (0,75), NE (0,6), S (0,5) y de aproximadamente 0,4 para NNE (el más alterado).

Se ha efectuado un análisis más detallado en 2 puntos de control situados sobre la batimétrica -5, P1 (en la zona Norte de la playa de estudio) y P2 (en la zona Sur), tal como se representa en la Figura 37.-, utilizando los ficheros de salida del modelo numérico.

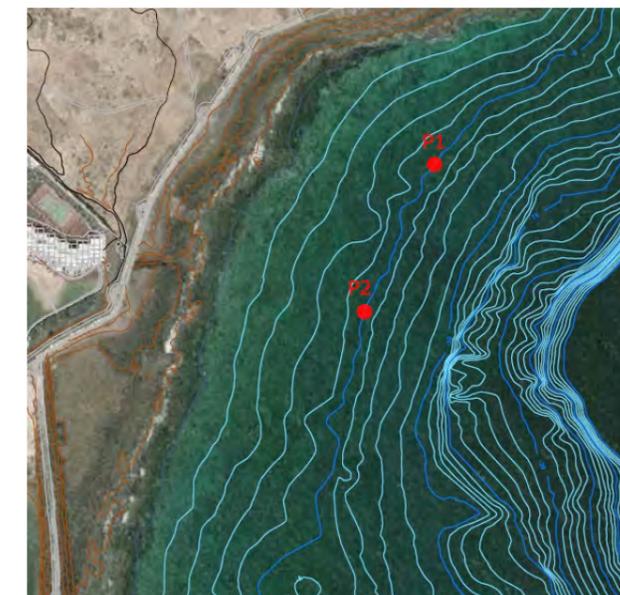


Figura 37.- Posición de los puntos de control utilizados (Fuente: Elaboración propia)

Los resultados detallados se muestran en la Tabla 18.- y Tabla 19.- y en la Figura 38.-

Tabla 18.- Coeficientes de propagación K_p y direcciones de oleaje en el punto 1 (Fuente: elaboración propia)

Coeficientes de propagación						Direcciones locales					
Tp	Dir,0					Tp	Dir,0				
	22,5° N	45,0° N	90,0° N	135,0° N	180,0° N		22,5° N	45,0° N	90,0° N	135,0° N	180,0° N
5	0,365					5	51,5° N				
7,6	0,422					7,6	71,1° N				
8,2	0,404					8,2	71,8° N				
8,7	0,425					8,7	72,2° N				
13	0,235					13	74,0° N				
5		0,597				5		68,6° N			
7,7		0,588				7,7		83,3° N			
9,2		0,608				9,2		84,3° N			
11,3		0,601				11,3		78,8° N			
13		0,548				13		76,6° N			
5,7			0,848			5,7			97,9° N		
7,4			1,013			7,4			97,0° N		
9			1,096			9			95,8° N		
11			1,099			11			91,4° N		
5,8				0,847		5,8				131,8° N	
7,2				0,795		7,2				130,1° N	
8,7				0,753		8,7				128,6° N	
11				0,701		11				125,9° N	
5,9					0,596	5,9					158,7° N
7,1					0,505	7,1					158,8° N
8,7					0,44	8,7					152,6° N
11					0,442	11					143,3° N

Tabla 19.- Coeficientes de propagación K_p y direcciones de oleaje en el punto 2 (Fuente: elaboración propia)

Coeficientes de propagación						Direcciones locales					
Tp	Dir,0					Tp	Dir,0				
	22,5° N	45,0° N	90,0° N	135,0° N	180,0° N		22,5° N	45,0° N	90,0° N	135,0° N	180,0° N
5	0,449					5	42,3° N				
7,6	0,410					7,6	57,6° N				
8,2	0,385					8,2	60,4° N				
8,7	0,375					8,7	59,9° N				
13	0,231					13	54,0° N				
5		0,702				5		62,3° N			
7,7		0,586				7,7		71,6° N			
9,2		0,533				9,2		73,5° N			
11,3		0,504				11,3		68,6° N			
13		0,544				13		65,4° N			
5,7			0,849			5,7			93,6° N		
7,4			0,850			7,4			95,5° N		
9			0,893			9			92,7° N		
11			0,960			11			87,3° N		
5,8				0,741		5,8				124,7° N	
7,2				0,693		7,2				119,8° N	
8,7				0,674		8,7				115,3° N	
11				0,646		11				109,1° N	
5,9					0,629	5,9					152,5° N
7,1					0,524	7,1					152,6° N
8,7					0,457	8,7					147,5° N
11					0,430	11					129,6° N

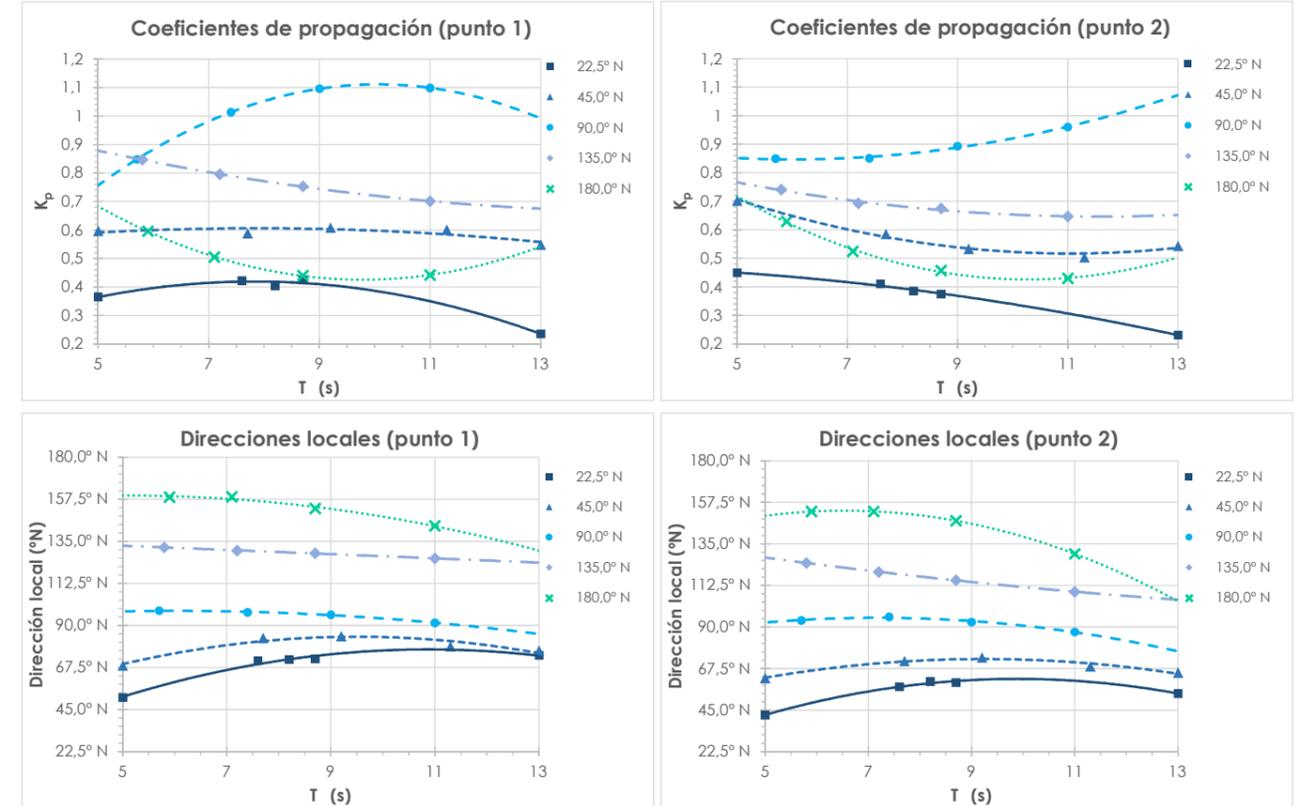


Figura 38.- Coeficientes de propagación K_p y direcciones de oleaje en los puntos 1 y 2 (Fuente: elaboración propia)

4. ANÁLISIS DEL VIENTO

4.1 FUENTES DE DATOS

En general los datos de viento proceden de dos fuentes diferentes: datos instrumentales de estaciones meteorológicas y datos obtenidos a partir de información meteorológica de las presiones atmosféricas mediante modelos numéricos.

En este caso se ha decidido emplear la fuente de información de viento utilizada para la obtención de la base de datos de oleaje (ver apartado 2.1). Se trata, 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 estaciones reales.

En particular se ha empleado la información de viento disponible en la base de datos SIMAR generada por Puertos del Estado en el marco del Proyecto Europeo HIPOCAS, que inicialmente cubría un amplio periodo temporal, 1958 - 2002 (es decir, 44 años), con un dato cada 1 hora y que posteriormente ha sido actualizada de manera continua. Para este estudio se ha utilizado la información correspondiente al punto SIMAR 4060020, situado a una longitud 13,50° Oeste y latitud 28,92° Norte, en profundidades indefinidas (ver Figura 6.-) entre los años 1958 y 2016, lo que corresponde a un intervalo de 59 años. Tal como se ha comentado, es el mismo punto empleado para el análisis de oleaje realizado en el apartado 2.

4.2 RÉGIMEN MEDIO DEL VIENTO

4.2.1 DIRECCIONES

La Figura 39.- muestra en forma de rosa de vientos, las frecuencias de presentación del viento en cada sector direccional. Puede apreciarse que hay un claro predominio del sector NNE, seguido del N y del NE, ya que entre ambos suman una frecuencia anual superior al 68 %. Este patrón es muy similar al del oleaje en alta mar como puede comprobarse en la Figura 8.- .

4.2.2 VELOCIDAD DEL VIENTO

En la Figura 40.- se muestran las frecuencias de presentación de la velocidad media del viento (V_v) escalar (es decir, si tener en cuenta su dirección de procedencia).

A partir de las frecuencias de presentación anteriores se ha obtenido la función de distribución media escalar de la velocidad del viento V_v (también conocida como régimen medio anual de V_v), habitualmente representada como $F(V_v)$, es decir las probabilidades de no excedencia: $F(V_v^*) = P(V_v \leq V_v^*)$ y que se muestra en la Figura 41.- .

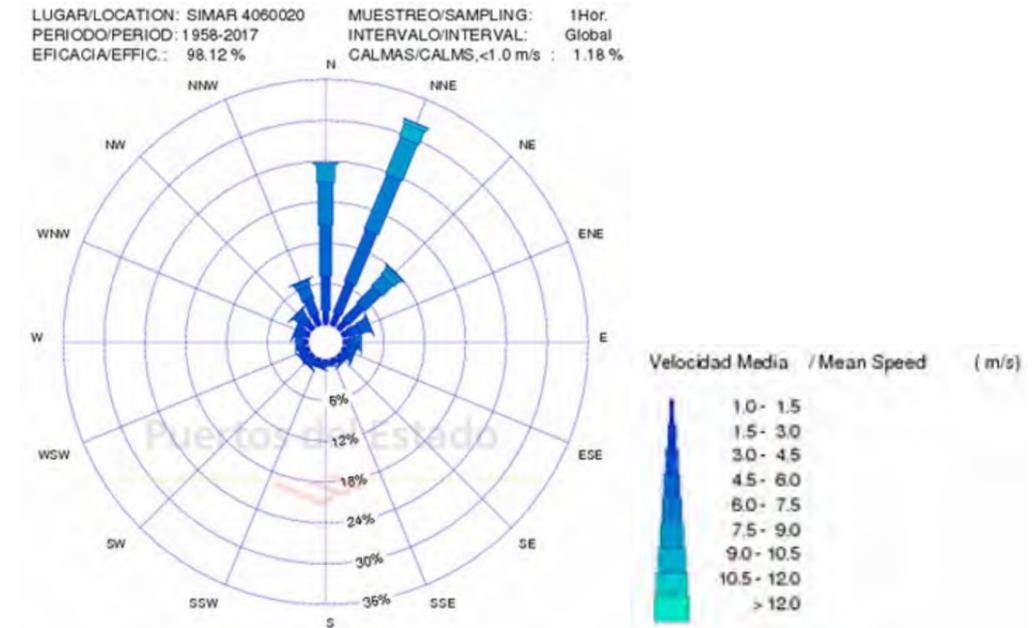


Figura 39.- Rosa de viento en el punto SIMAR 4060020 (Fuente: PPEE)

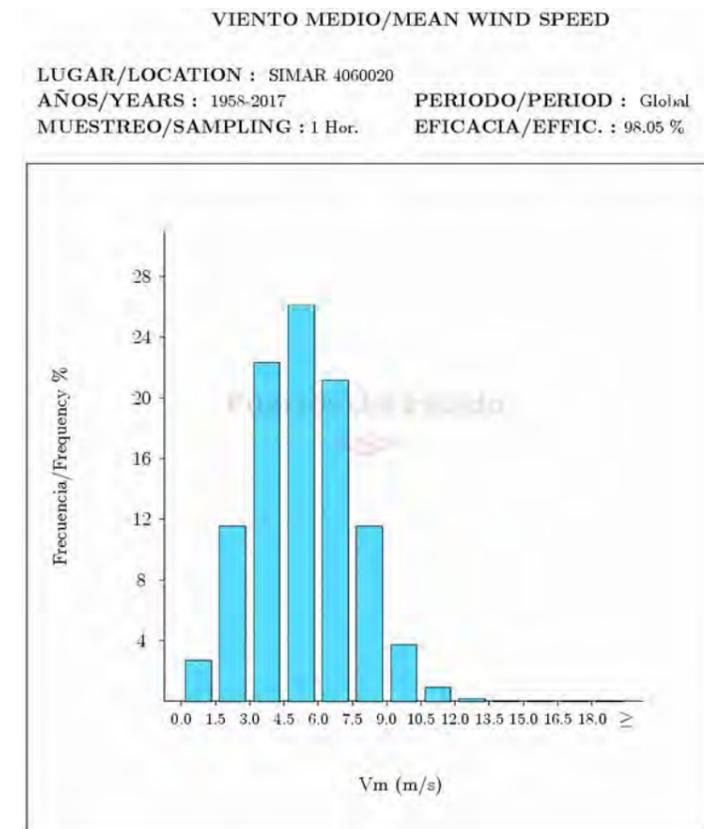


Figura 40.- Frecuencias de presentación escalares de V_v (Fuente: PPEE)

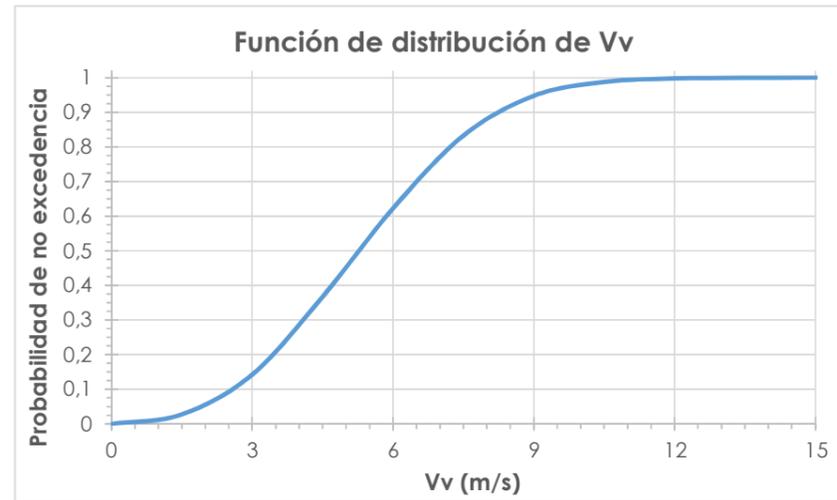


Figura 41.- Función de distribución escalar de V_v (Fuente: elaboración propia)

De dicha función de distribución se desprende que la velocidad media del viento con una probabilidad de excedencia del 50 % es $V_v = 5,25$ m/s y que la velocidad con una probabilidad de excedencia del 10 % es $V_v = 8,25$ m/s.

5. ESTUDIO DE CORRIENTES

5.1 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 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 sobreellevaciones 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 locales 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, no obstante se efectuará una descripción de las corrientes generales. Los otros tres tipos (debidas a viento, oleaje y marea) se describen en los siguientes puntos.

Lanzarote, al igual que el resto de islas del archipiélago canario, está situada en el paso de la rama descendente de la corriente del golfo, conocida como la corriente fría de canarias, que fluye en dirección sur-suroeste y transporta aguas relativamente septentrionales (ver Figura 42.- y Figura 43.-).

Es más intensa en invierno, con valores que exceden los 65 cm/s, en su centro, manteniéndose fuerte en primavera y disminuyendo en verano, para alcanzar el mínimo en otoño (Molina, 1976). En las proximidades de la costa la regularidad del movimiento de las masas de agua se altera por la influencia de las mareas y la topografía, originándose variaciones locales en la intensidad y dirección.

A este sistema se suman las circulaciones de masas de agua en forma de remolinos que se originan al sur de las islas, a consecuencia del paso de la corriente. Estos pueden tener sentido anticiclónico ó ciclónico, generando situaciones de baja ó alta productividad biológica respectivamente, debido al descenso ó ascenso de las masas de agua que provocan.

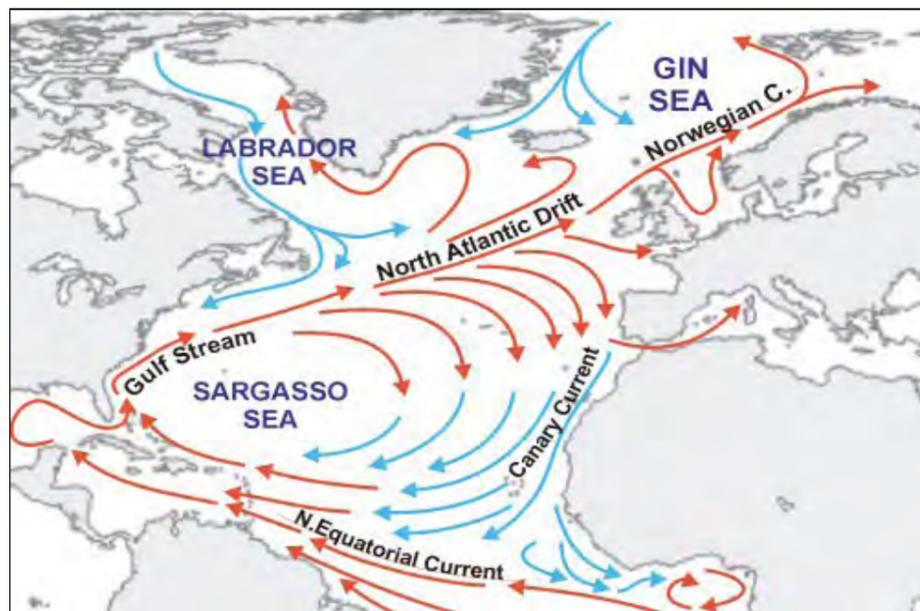


Figura 42.- Esquema de la circulación noratlántica y las principales corrientes marinas superficiales



Figura 43.- Detalle de la dirección de la corriente de Canarias, junto con los principales vientos generadores

Como se ha comentado, los únicos agentes capaces de producir corrientes importantes en esta zona son las corrientes locales inducidas por el viento, por las mareas y las inducidas por el oleaje. En general las corrientes inducidas por el viento son de poca magnitud y las corrientes de marea solamente tienen relevancia en zonas donde se produce un angostamiento, como por ejemplo estuarios, canales entre islas, etc. En cambio, las producidas por la rotura del oleaje son más importantes en zonas expuestas, como es el caso.

Las corrientes debidas a la rotura del oleaje afectan de manera importante a la evolución y al estado de equilibrio de las playas, en cuanto a su forma en planta y en perfil (especialmente respecto a la primera). Así, 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 playa tenga una forma en planta 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.

En la Figura 44.- se presentan unos esquemas de los sistemas circulatorios más característicos en playas.

5.2 MODELADO DE CORRIENTES LITORALES

A continuación se presentan los resultados del modelado numérico de corrientes litorales.

5.2.1 CORRIENTES DE VIENTO Y MAREA

Tal como se ha comentado previamente estas corrientes son en este caso de poca importancia, por lo que no se ha considerado necesario su modelado. No obstante en la Figura 45.- se recogen un resultado de un modelado realizado en el "Estudio Ecocartográfico del litoral de las Islas de Lanzarote, Graciosa y Alegranza" (2002) realizado por la antigua Dirección General de Costas (DGC)".

Dicha gráfica muestra el campo de corrientes generado por un viento del NNE (el de mayor frecuencia de presentación, como puede comprobarse en la Figura 39.-) con una velocidad de 9 m/s (representante de la cola alta de la distribución, ya que está asociada a una probabilidad de excedencia del 5 %, como puede verse en la Figura 40.-) en situación de bajamar en la costa este de la isla.

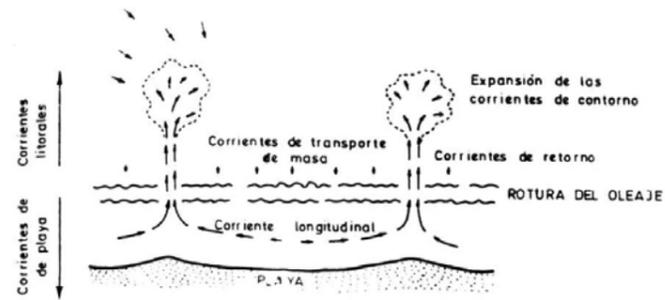


Fig III-2
Sistema celular de corrientes de playa
(Shepard e Inman, 1950)

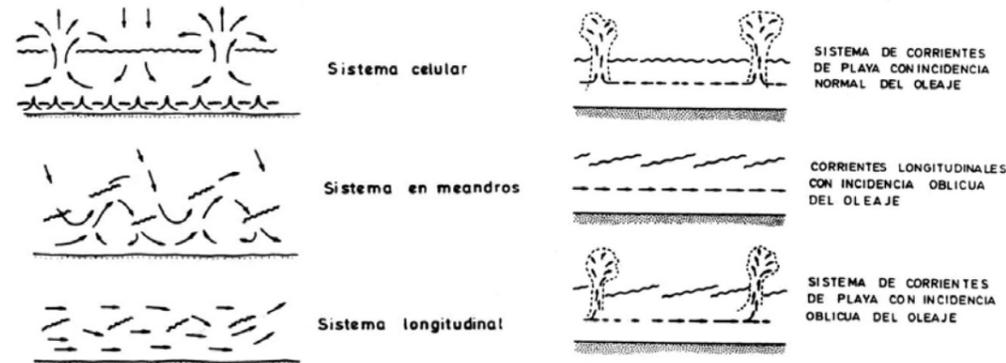


Fig. III-5
Sistemas de corrientes de playa
(Harris, 1969)

Fig III-6
Sistemas celulares de corrientes
(Komar e Inman, 1970)

Figura 44.- Gráficas que muestran diferentes sistemas circulatorios en playas (Fuente: Losada, M.A.)

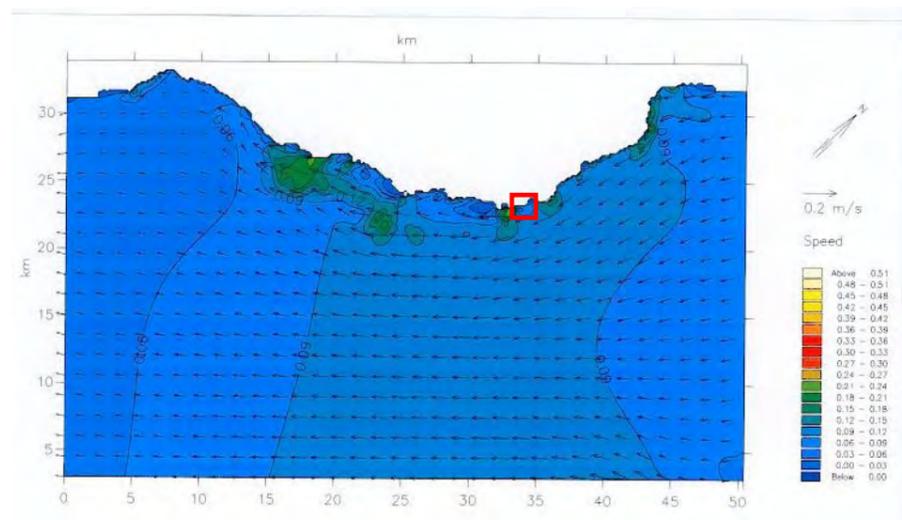


Figura 45.- Campo de corrientes generado por un viento del NE con una $V_v = 9$ m/s en situación de bajamar en la costa este de la isla (Fuente: DGC)

Puede comprobarse que en las proximidades a la zona de proyecto la velocidad media de la corriente es $V_c = 0,06$ m/s, es decir, de escasa intensidad.

5.2.2 CORRIENTES DE ROTURA DEL OLAJE

Para la modelación de las corrientes generadas por la rotura del oleaje se ha utilizado el modelo COPLA, un modelo de cálculo numérico de corrientes en playas, desarrollado por el GIOC y que se integra en el sistema SMC (Sistema de Modelado Costero). El modelo 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.

Las gráficas expuestas en el Apéndice 1 de este anejo, muestran las corrientes de rotura asociadas a los gradientes de altura de ola correspondientes a los escenarios de oleaje morfológico y de oleaje asociado a $H_{s,12}$ en la zona de estudio.

Tal como se muestra en la Figura 46.-, exceptuando el caso del NNE (en el que el oleaje llega tan refractado con una altura de ola tan pequeña que las corrientes son mínimas), la distribución de las corrientes y su intensidad queda muy condicionada por la oblicuidad de los frentes que acceden a la playa de estudio, así como por la variación de dicha oblicuidad a lo largo de la misma.

Por otra parte se puede apreciar que en el tramo de estudio las magnitudes se ven reducidas respecto a los tramos adyacentes cercanos al saliente Norte que lo protege y al espigón N de la playa de los Charcos al Sur, lo que dicho de otra manera nos da ciertos indicios de que está algo más "abrigada" que los tramos colindantes.

Analizando las magnitudes de esta corriente longitudinal para las simulaciones de oleaje morfológico, podemos observar que se produce:

- corriente en sentido N a S muy débil para el NNE (0,010 a 0,015 m/s). Las magnitudes son tan bajas que la escala de intensidad de los gráficos para esta dirección tiene un orden menos que para el resto de direcciones;
- corriente en sentido N a S inferiores a 0,10 m/s para el NE, concentrándose en la zona Norte;
- corrientes inferiores a 0,10 m/s para el E, en sentido N a S en la zona Norte, y en sentido S a N (bucle contrario) en la zona Sur;
- corriente débil centrada en sentido S a N inferiores a 0,05 m/s para el SE;
- corriente en sentido S a N del orden de 0,05 a 0,10 m/s para el S, concentrada en el tramo más meridional.

Tal como se puede comprobar en la Figura 47.- para los oleajes asociados a $H_{s,12}$, el patrón de corrientes en sí apenas cambia en principio más allá de la magnitud de las mismas asociada al estado energético del oleaje (lo que influye tanto la rotura como la extensión del sistema circulatorio). Tan sólo se destacar que para el caso de oleaje del E, la tendencia de la corriente hacia el S ocupa toda la playa de estudio, desapareciendo el bucle en sentido horario que para el oleaje morfológico se daba en el tramo más cercano a la playa de Los Charcos. El efecto contrario tiene lugar para el SE, apareciendo un bucle antihorario en el extremo septentrional de la zona de estudio en el caso de oleaje asociado a $H_{s,12}$.

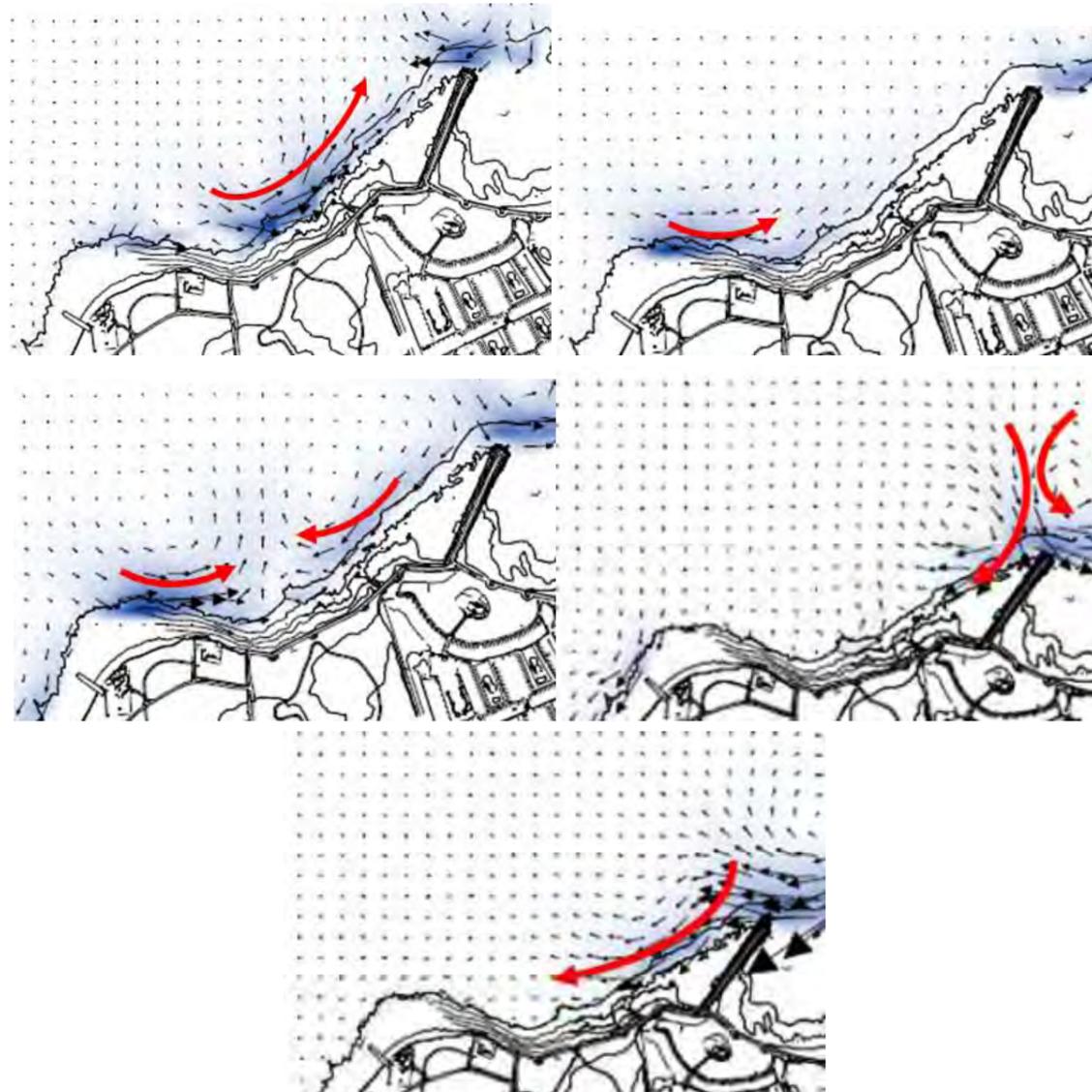


Figura 46.- Detalle gráfico de las corrientes generadas por la rotura del oleaje morfológico del NNE (izquierda superior), NE (derecha superior), E (izquierda centro), SE (derecha centro) y S (inferior)(Fuente: Elaboración propia)

Las magnitudes siguen siendo muy bajas para el oleaje del NNE (máximos de 0,03 m/s en el tramo central de la playa), y bajas para el SE (0,10 m/s).

Para los otros tres casos (NE, E y S) las magnitudes oscilan entre 0,25 a 0,35 m/s, quedando las mayores intensidades concentradas respectivamente en la zona central (caso del NE), en la zona Norte (caso del E) y en la zona Sur (caso del S).

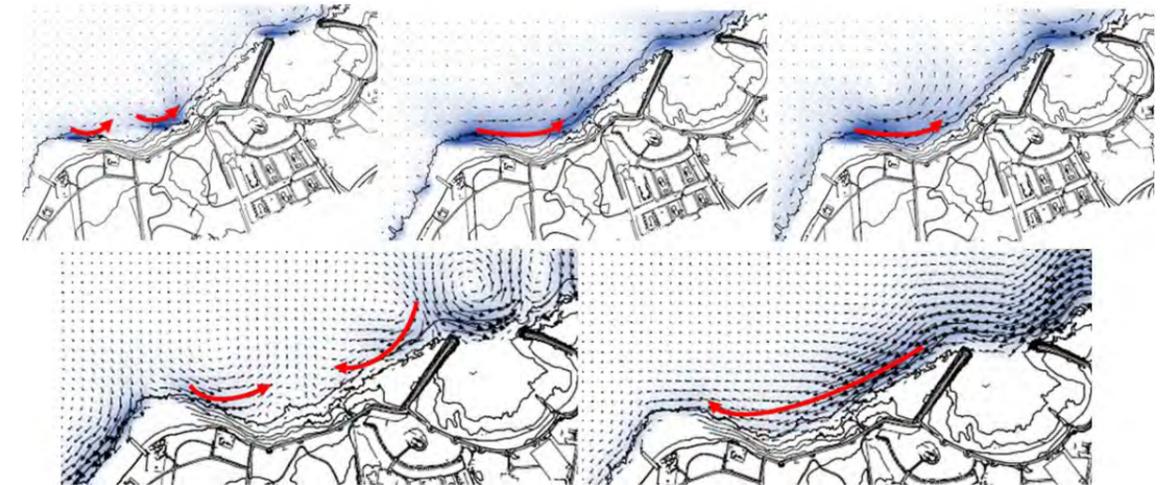


Figura 47.- Detalle gráfico de las corrientes generadas por la rotura del oleaje asociado a $H_{s,12}$ del NNE (izquierda superior), NE (centro superior), E (derecha superior), SE (izquierda inferior) y S (derecha inferior) (Fuente: Elaboración propia)

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

Proyecto Básico de una nueva playa en la zona norte de 'Costa Tegise'; T.M. de Tegise (isla de Lanzarote)

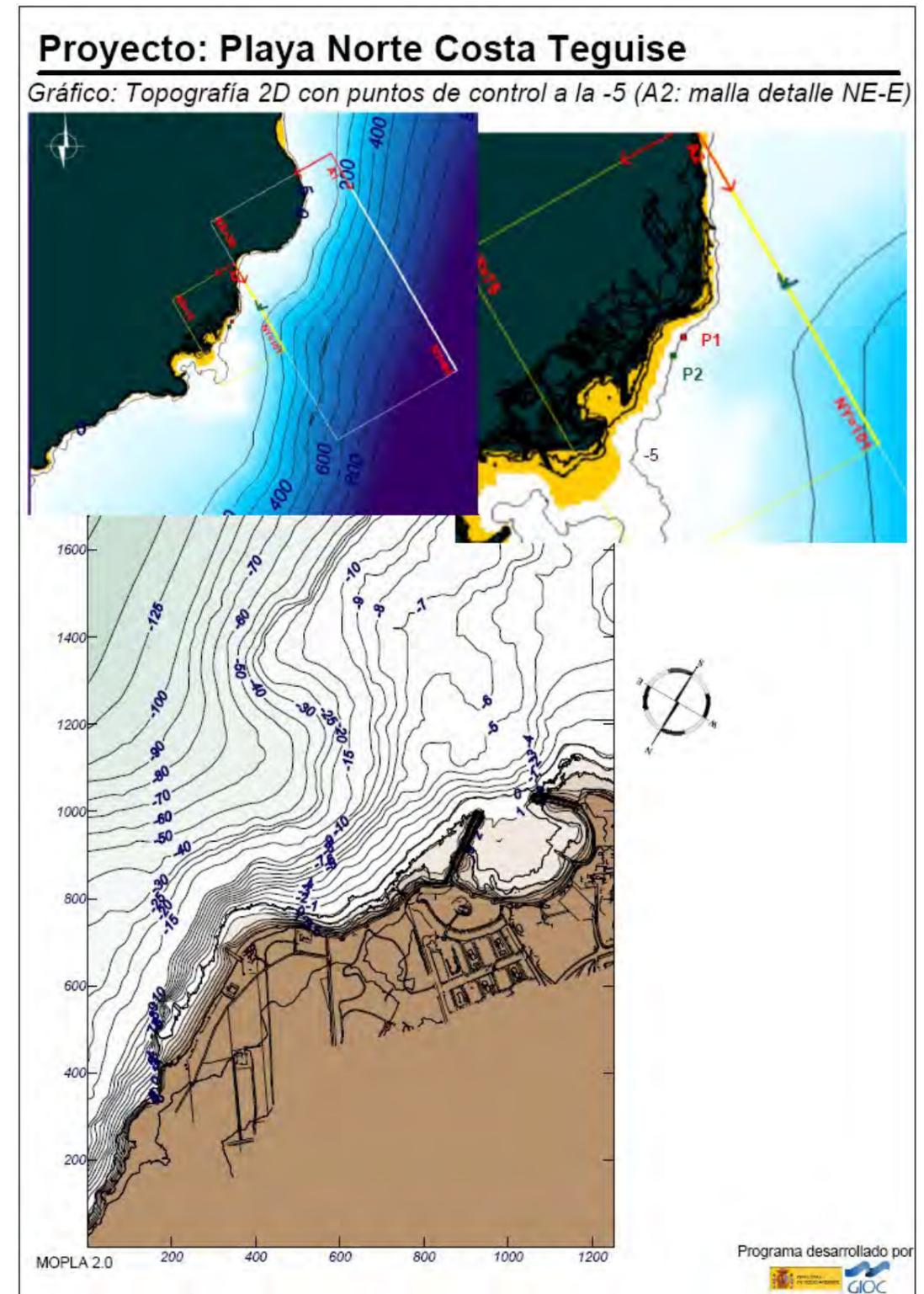
Anejo nº 3. Estudio de Clima Marítimo. Apéndice 1: Resultados gráficos de la propagación del oleaje y corrientes



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

- Topografía 2D correspondiente al sistema de mallas A1/A2 (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Topografía 2D correspondiente al sistema de mallas B1/B2 (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Topografía 2D correspondiente al sistema de mallas M1/M3 (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NNE, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NNE, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (NNE, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NE, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NE, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (NE, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (E, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (E, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (E, altura de ola morfológica) (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 (S, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (S, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (S, altura de ola morfológica) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NNE, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NNE, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (NNE, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NE, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NE, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (NE, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (E, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (E, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (E, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (SE, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (SE, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (SE, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (S, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (S, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (S, H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NNE, altura de ola extremal) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NNE, altura de ola extremal) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NE, altura de ola extremal) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NE, altura de ola extremal) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (E, altura de ola extremal) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (E, altura de ola extremal) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (SE, altura de ola extremal) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (SE, altura de ola extremal) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (S, altura de ola extremal) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (S, altura de ola extremal) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NNE, altura de ola con periodos largos H_2) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NNE, altura de ola con periodos largos H_2) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NE, altura de ola con periodos largos H_2) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NE, altura de ola con periodos largos H_2) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (E, altura de ola con periodos largos H_2) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (E, altura de ola con periodos largos H_2) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (SE, altura de ola con periodos largos H_2) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (SE, altura de ola con periodos largos H_2) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (S, altura de ola con periodos largos H_2) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)

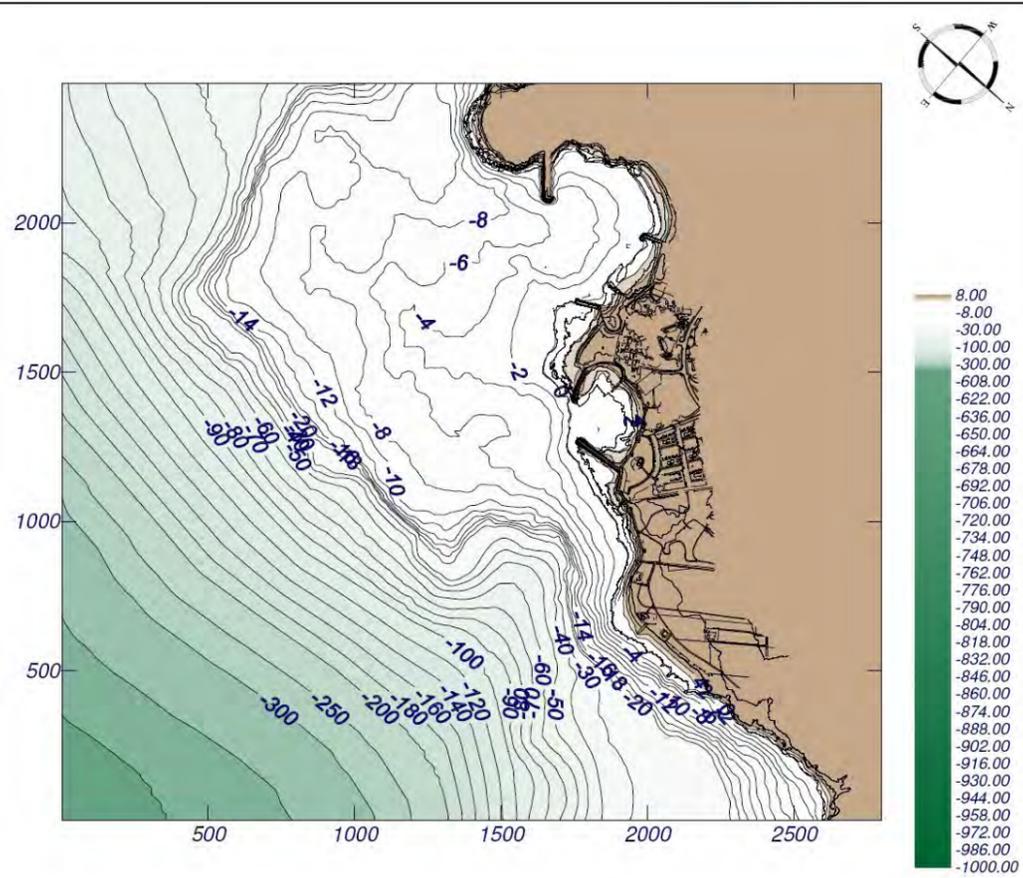
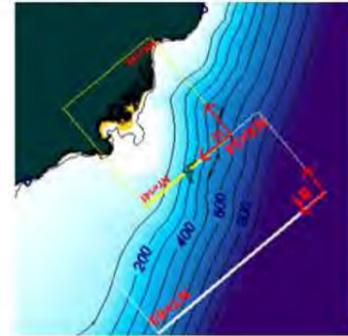
- Vectores de altura de ola significativa (S, altura de ola con periodos largos H2) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NNE, altura de ola con periodos cortos H3) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NNE, altura de ola con periodos cortos H3) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NE, altura de ola con periodos cortos H3) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NE, altura de ola con periodos cortos H3) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)



Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Topografía 2D

B2: malla detalle SE-S



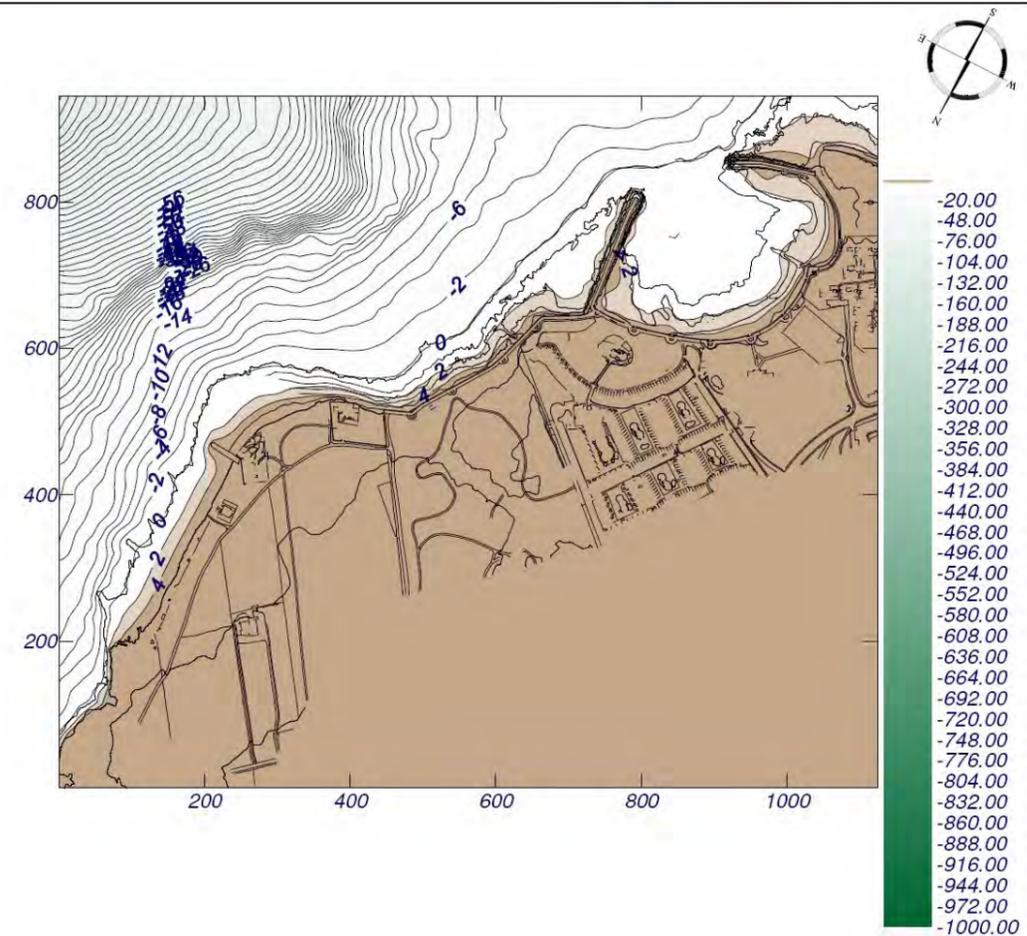
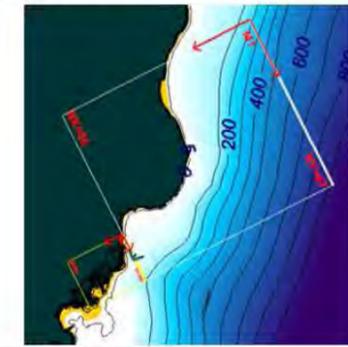
MOPLA 2.0

Programa desarrollado por 

Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Topografía 2D

M3: malla detalle NNE



MOPLA 2.0

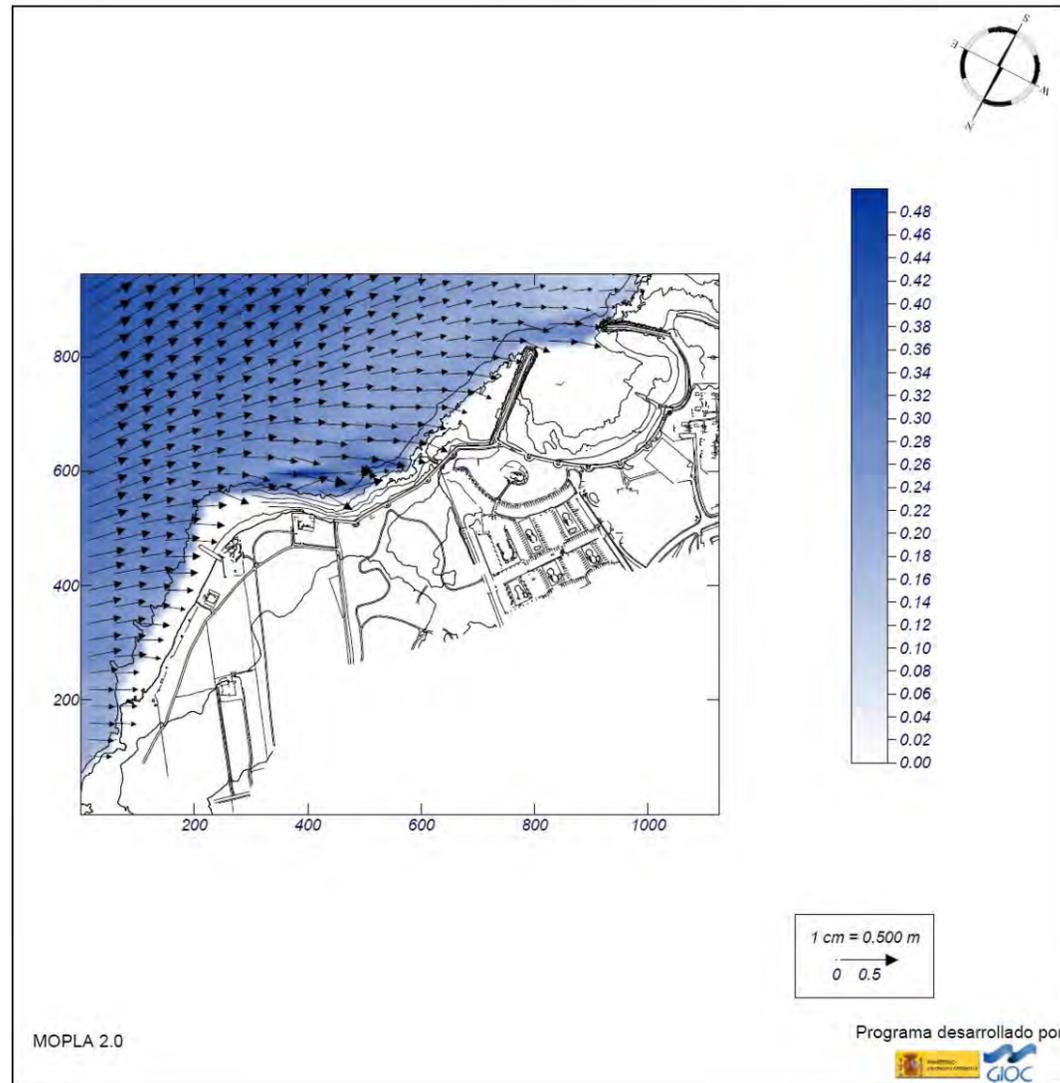
Programa desarrollado por 

Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: M323
M3: malla detalle NNE
23: Hmorf NNE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.61 m h: 10 m fp: 0.121951 Hz (Tp: 8.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		

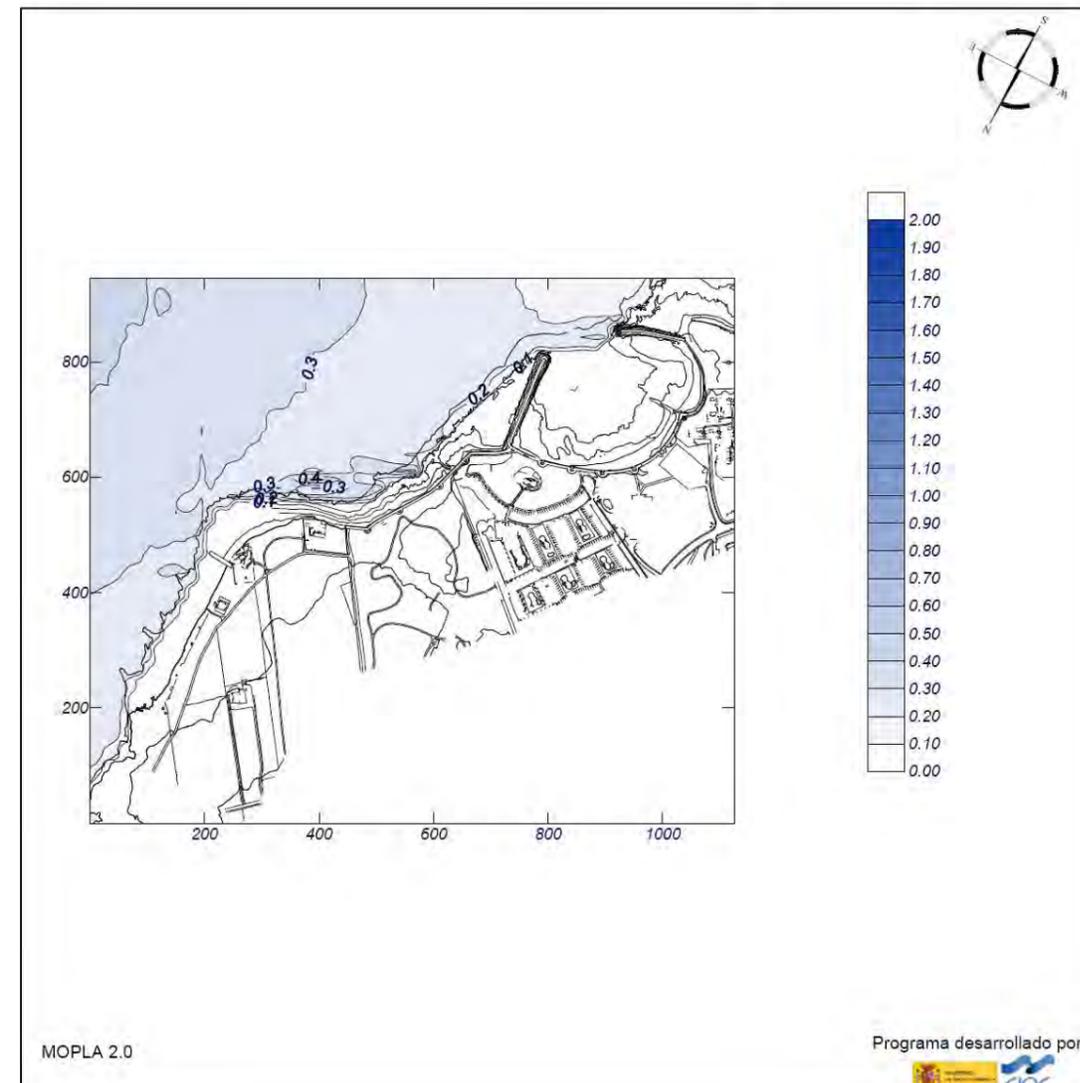


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: M323
M3: malla detalle NNE
23: Hmorf NNE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.61 m h: 10 m fp: 0.121951 Hz (Tp: 8.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



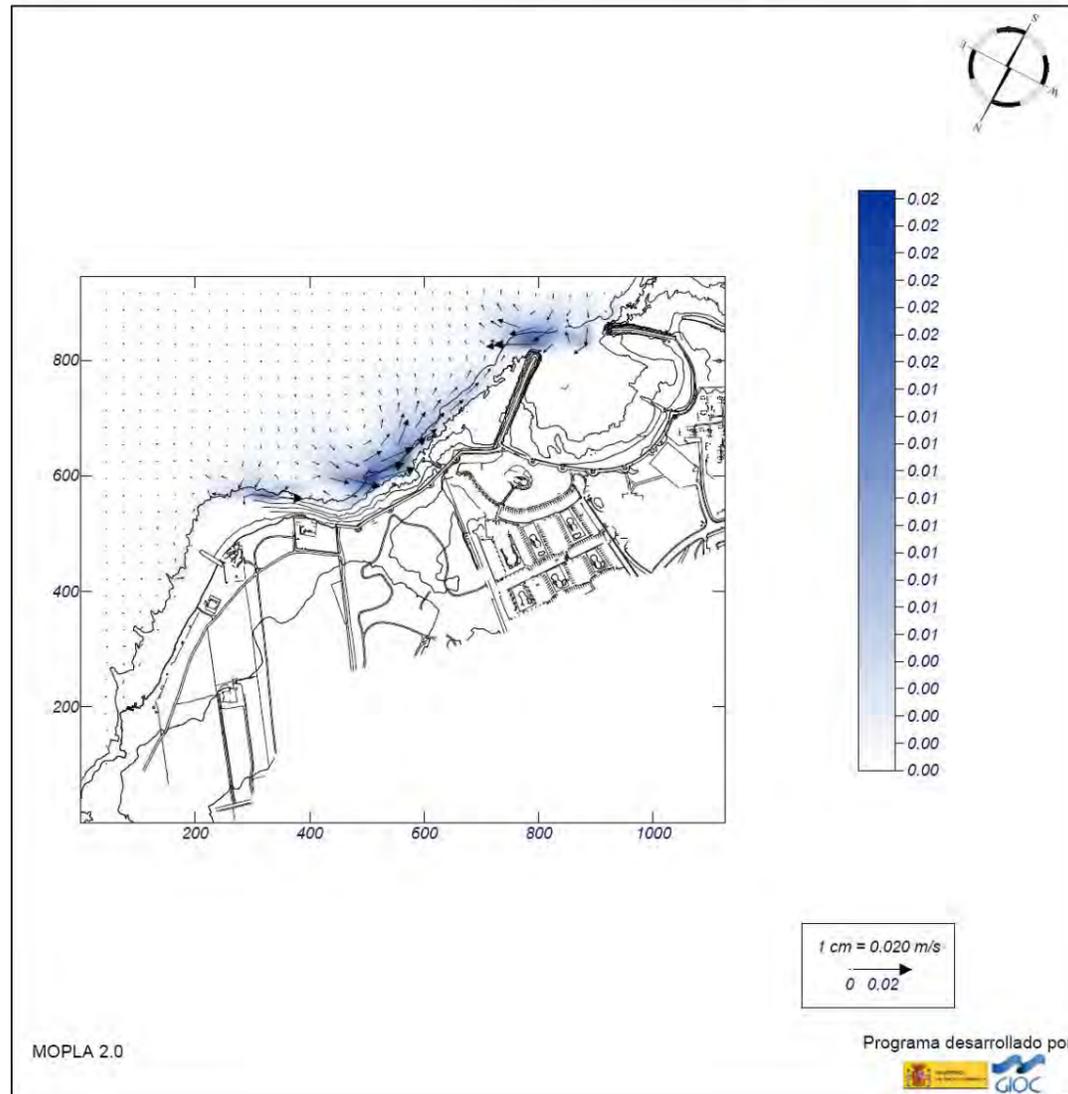
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: M323
M3: malla detalle NNE
23: Hmorf NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.61 m h: 10 m fp: 0.121951 Hz (Tp: 8.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) α: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 7 m ² /s	



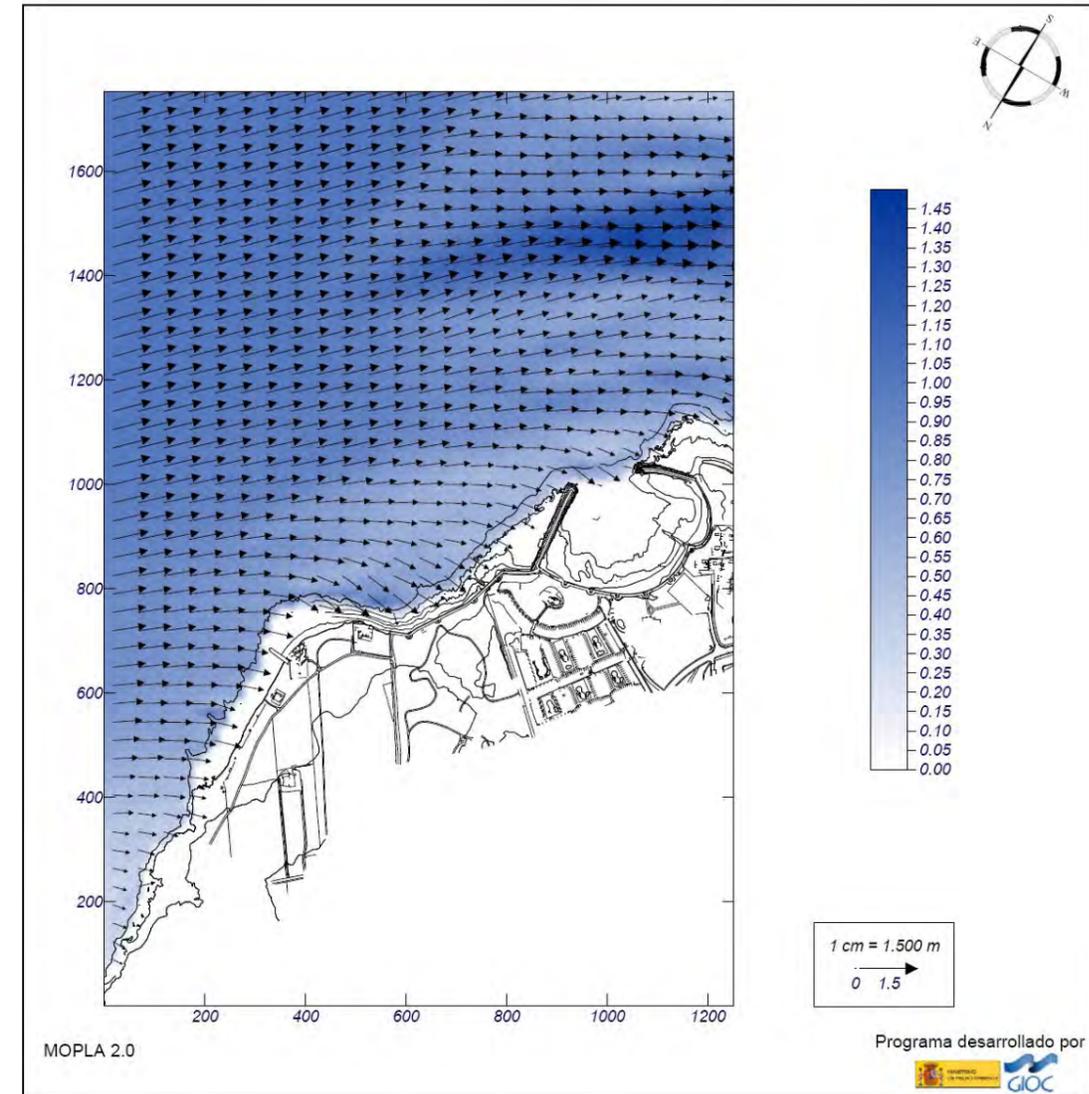
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A202
A2: malla detalle NE-E
02: Hmorf NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.03 m h: 10 m fp: 0.12987 Hz (Tp: 7.70001 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) α: 10° - Nº Comp.: 5		



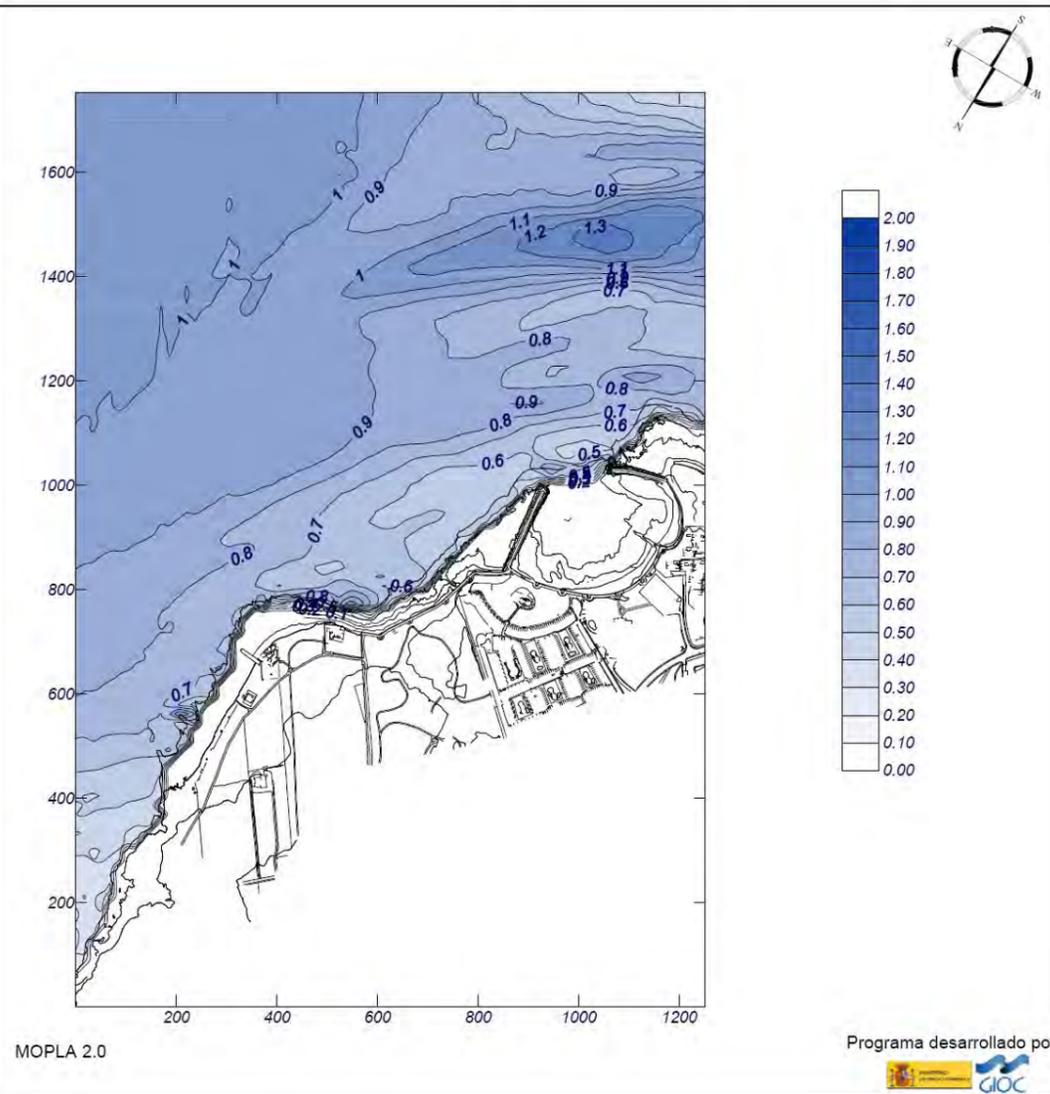
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A202
A2: malla detalle NE-E
02: Hmorf NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.03 m h: 10 m fp: 0.12987 Hz (Tp: 7.70001 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



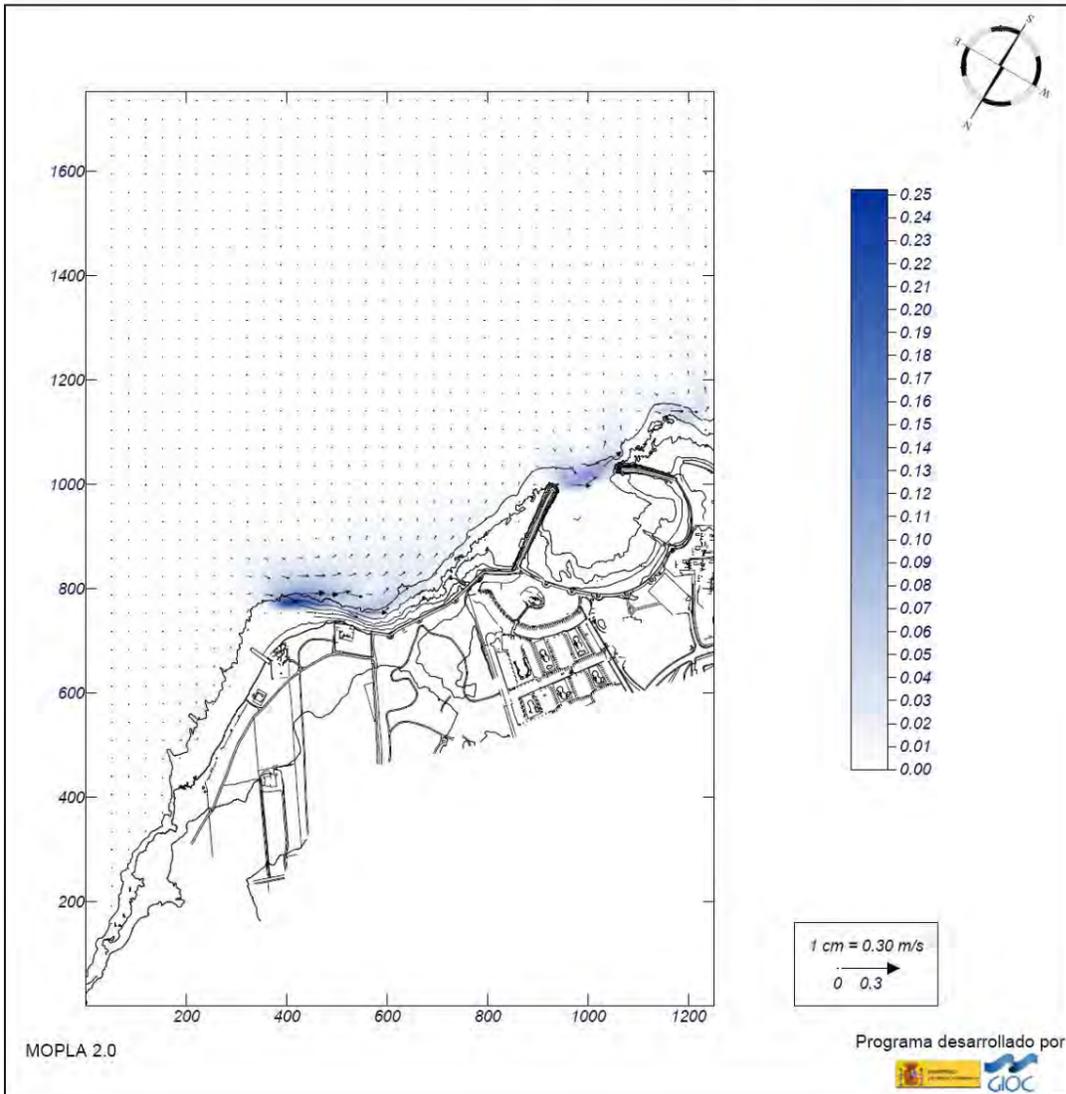
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: A202
A2: malla detalle NE-E
02: Hmorf NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.03 m h: 10 m fp: 0.12987 Hz (Tp: 7.70001 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



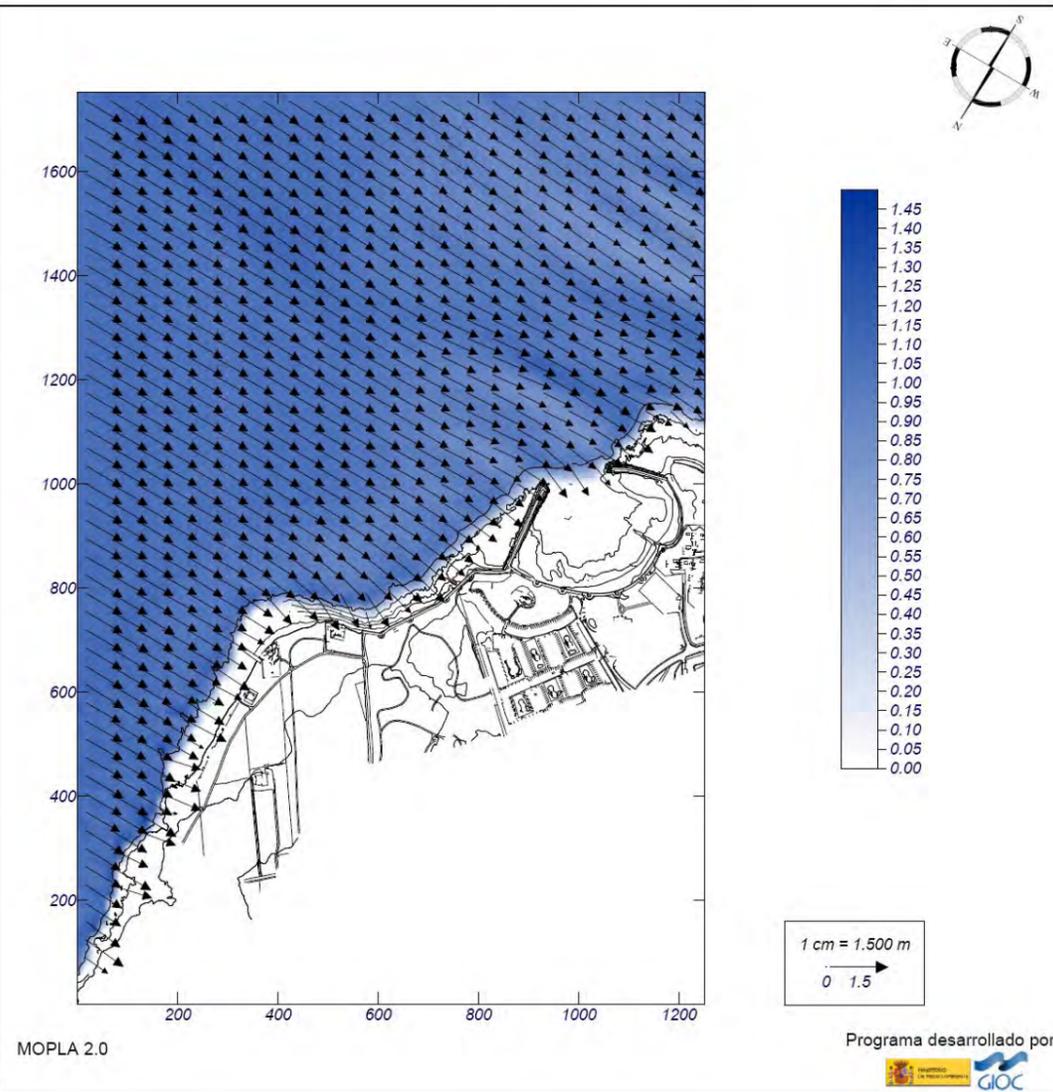
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A203
A2: malla detalle NE-E
03: Hmorf E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.08 m h: 10 m fp: 0.175439 Hz (Tp: 5.7 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



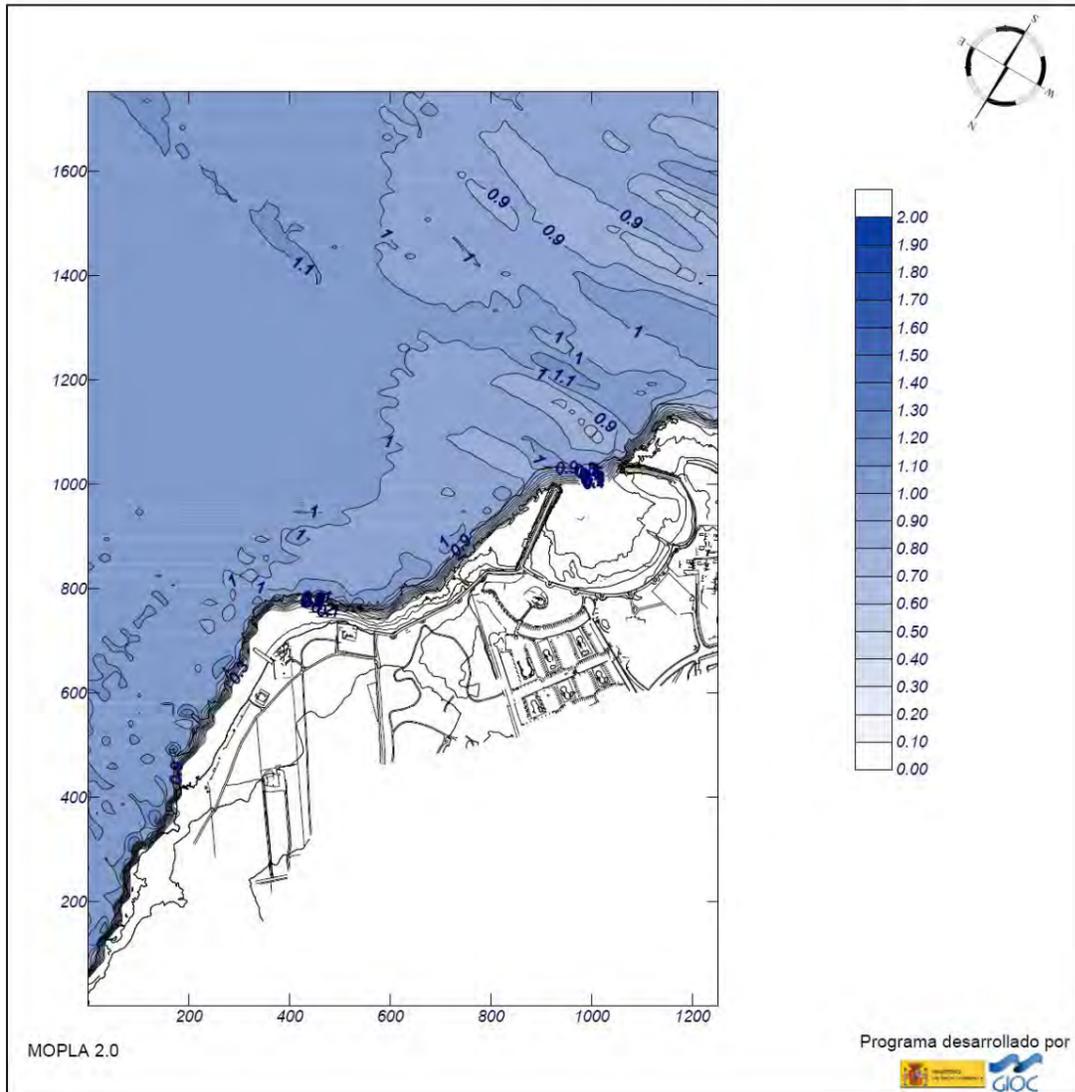
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A203
A2: malla detalle NE-E
03: Hmorf E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.08 m h: 10 m fp: 0.175439 Hz (Tp: 5.7 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



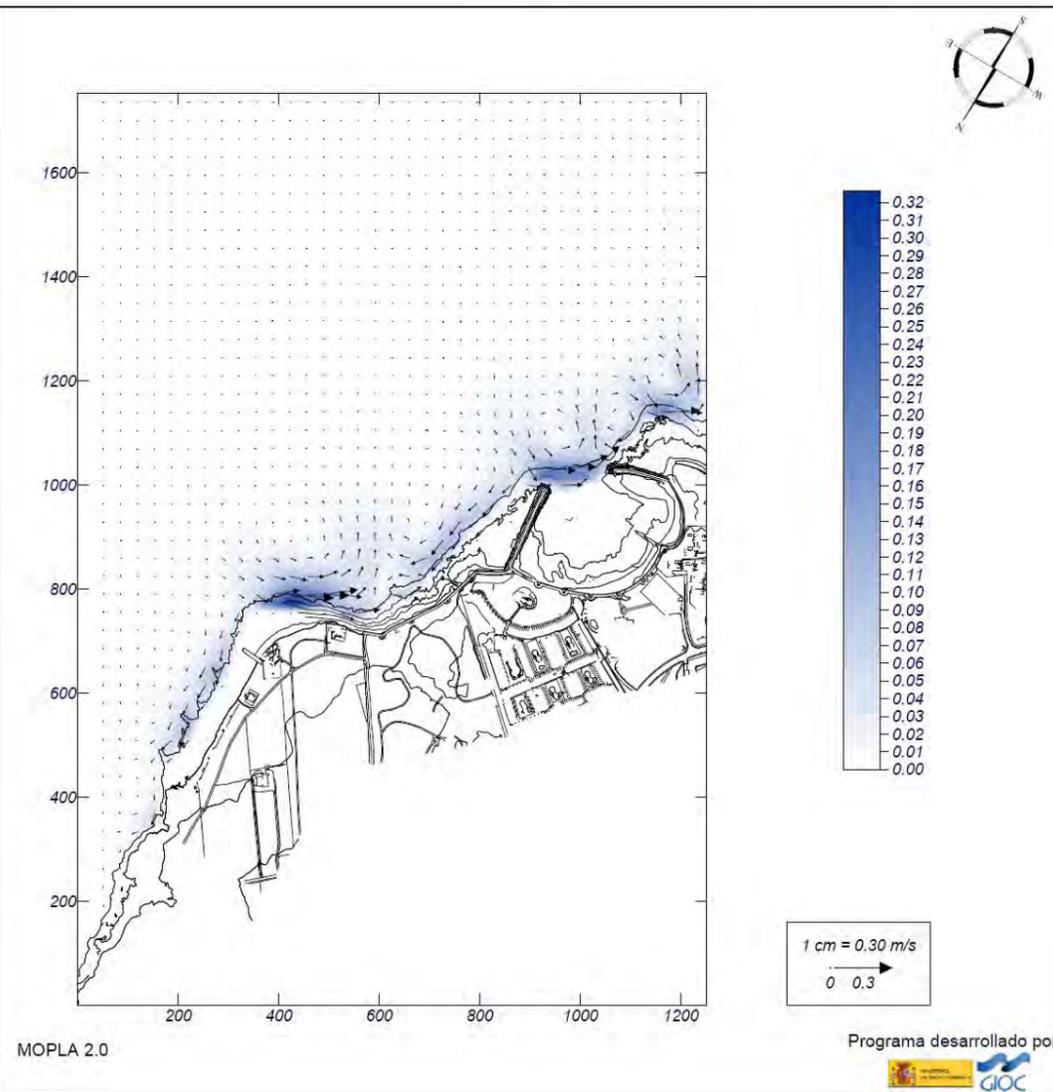
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: A203
A2: malla detalle NE-E
03: Hmorf E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.08 m h: 10 m fp: 0.175439 Hz (Tp: 5.7 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



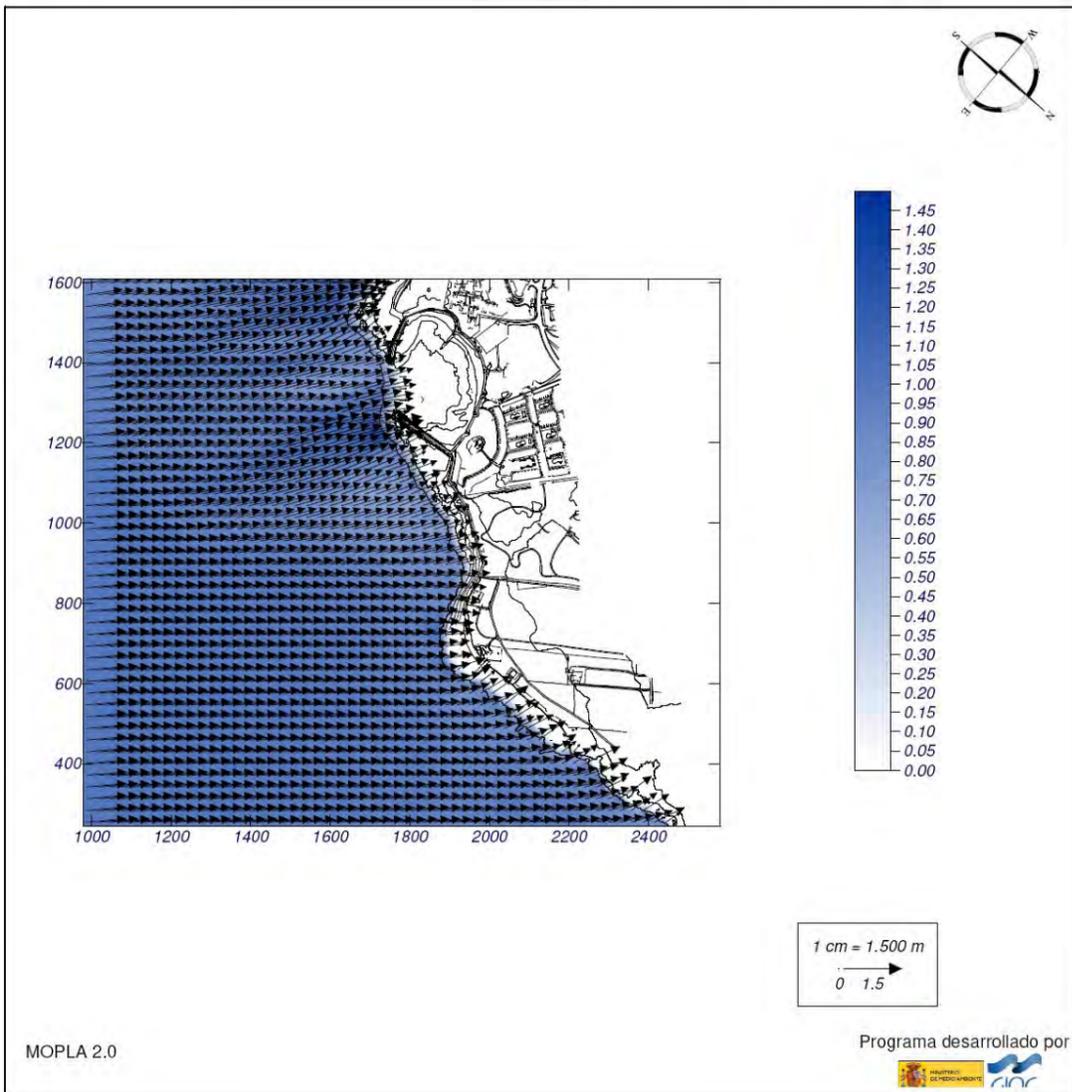
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B204
B2: malla detalle SE-S
04: Hmorf SE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.02 m h: 10 m fp: 0.172414 Hz (Tp: 5.8 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		

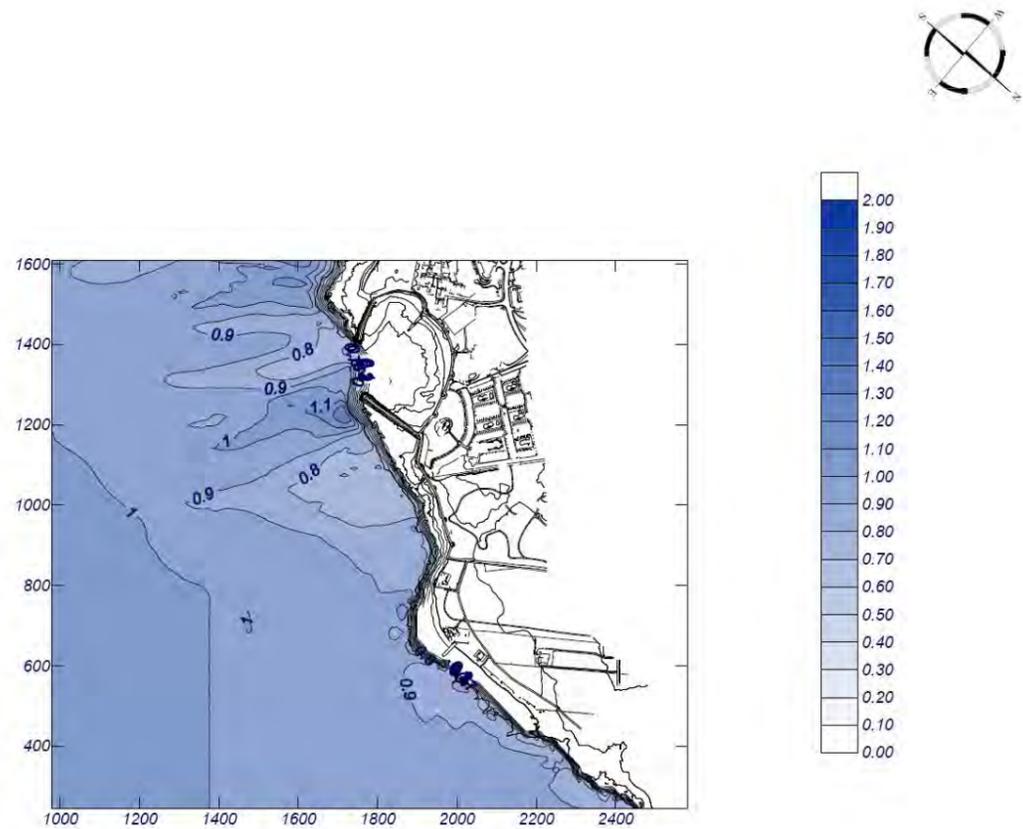


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B204
B2: malla detalle SE-S
04: Hmorf SE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.02 m h: 10 m fp: 0.172414 Hz (Tp: 5.8 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) α: 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

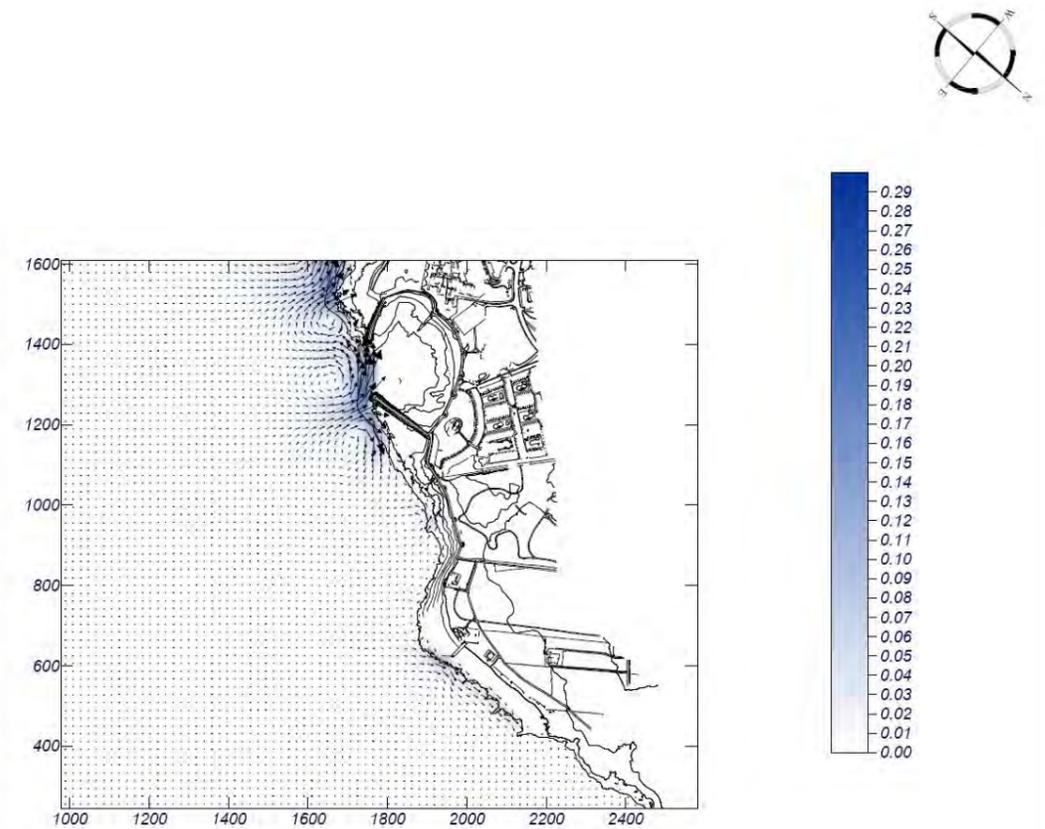
Programa desarrollado por 

Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: B204
B2: malla detalle SE-S
04: Hmorf SE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.02 m h: 10 m fp: 0.172414 Hz (Tp: 5.8 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) α: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



1 cm = 0.300 m/s
 0 0.3

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por 

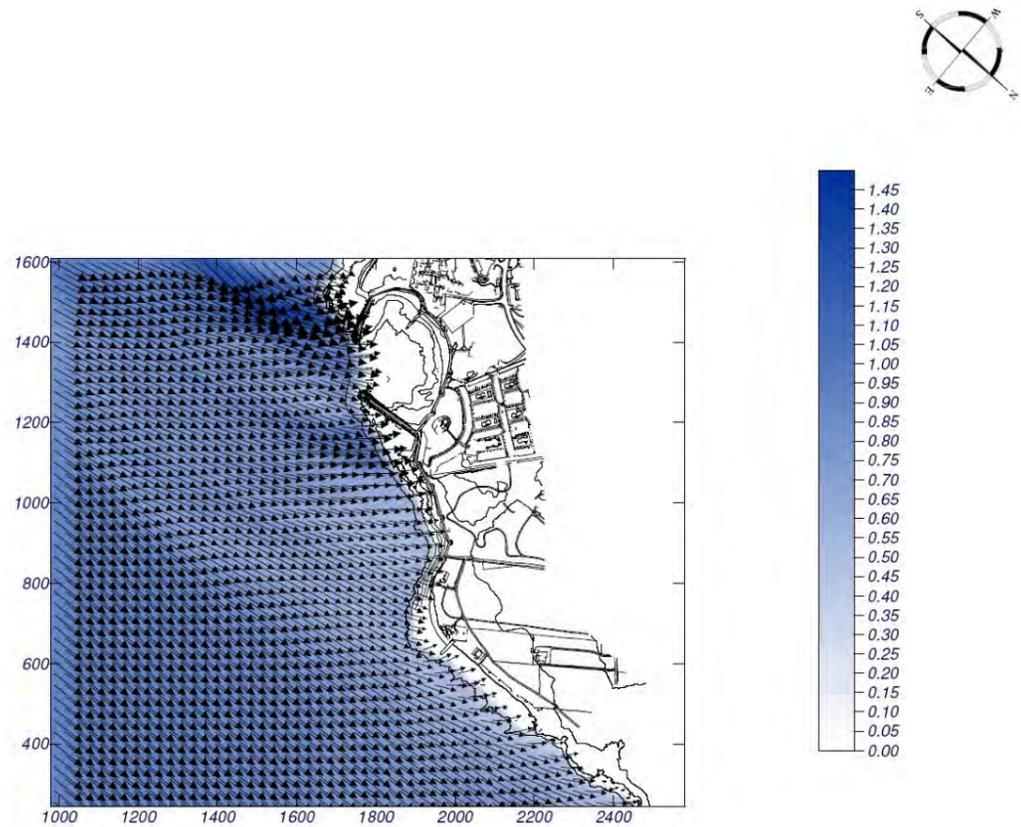
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B205
B2: malla detalle SE-S
05: Hmorf S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.94 m h: 10 m fp: 0.169491 Hz (Tp: 5.9 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



1 cm = 1.500 m
 0 1.5

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



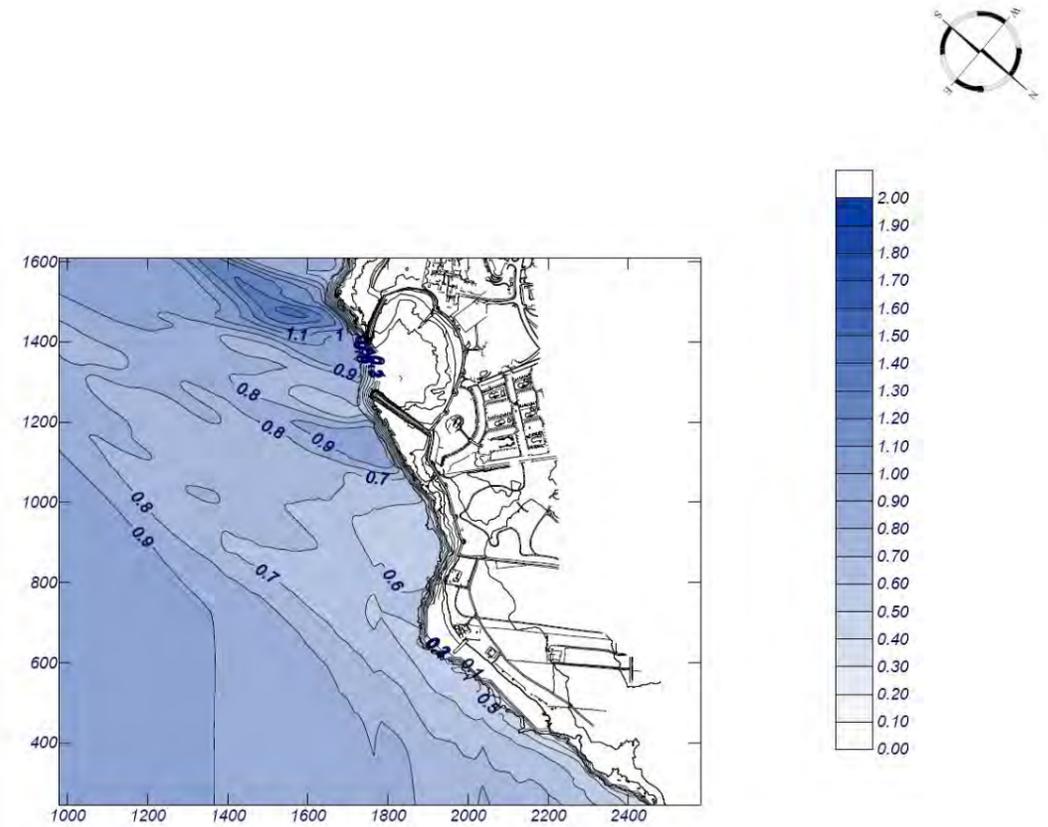
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B205
B2: malla detalle SE-S
05: Hmorf S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.94 m h: 10 m fp: 0.169491 Hz (Tp: 5.9 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



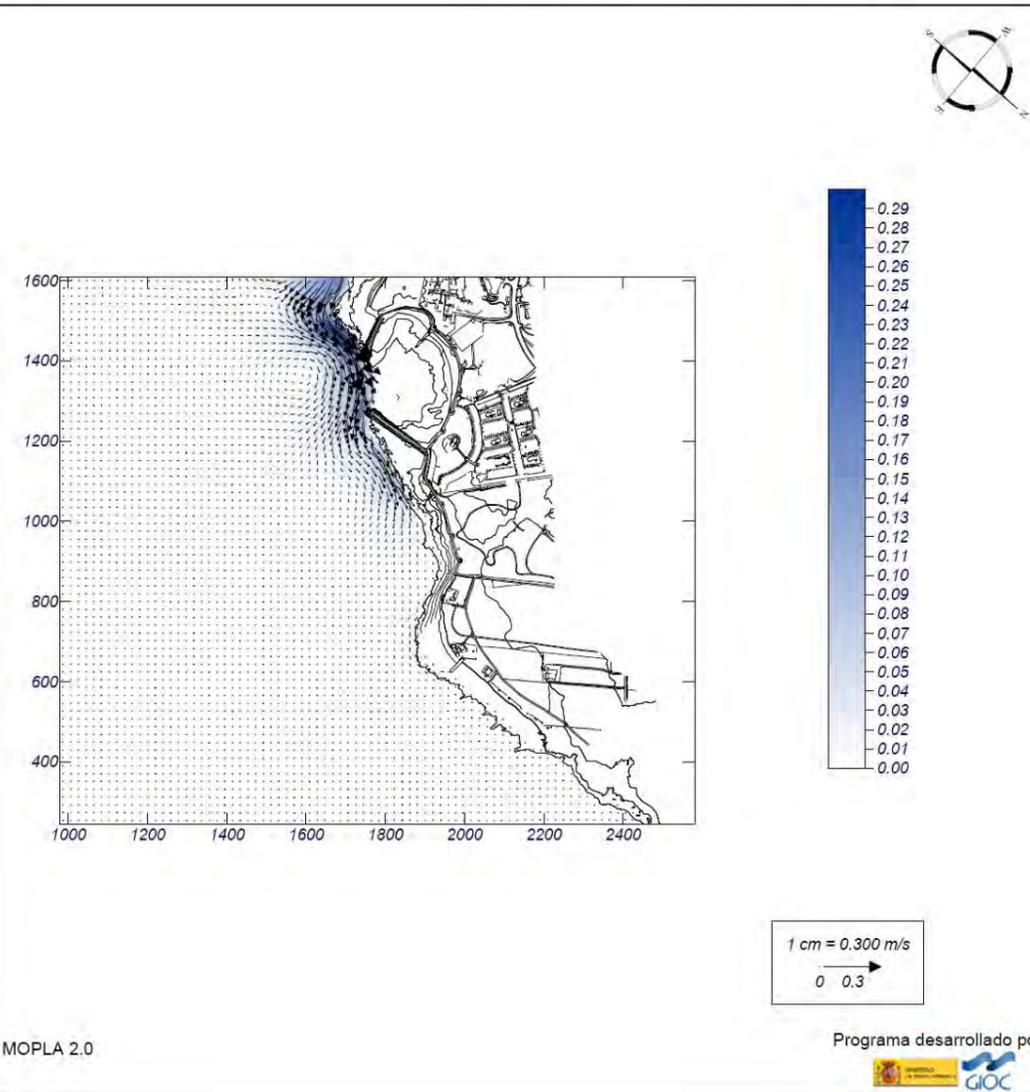
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: B205
B2: malla detalle SE-S
05: Hmorf S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.94 m h: 10 m fp: 0.169491 Hz (Tp: 5.9 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θ _m : -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse K _{swc} : 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



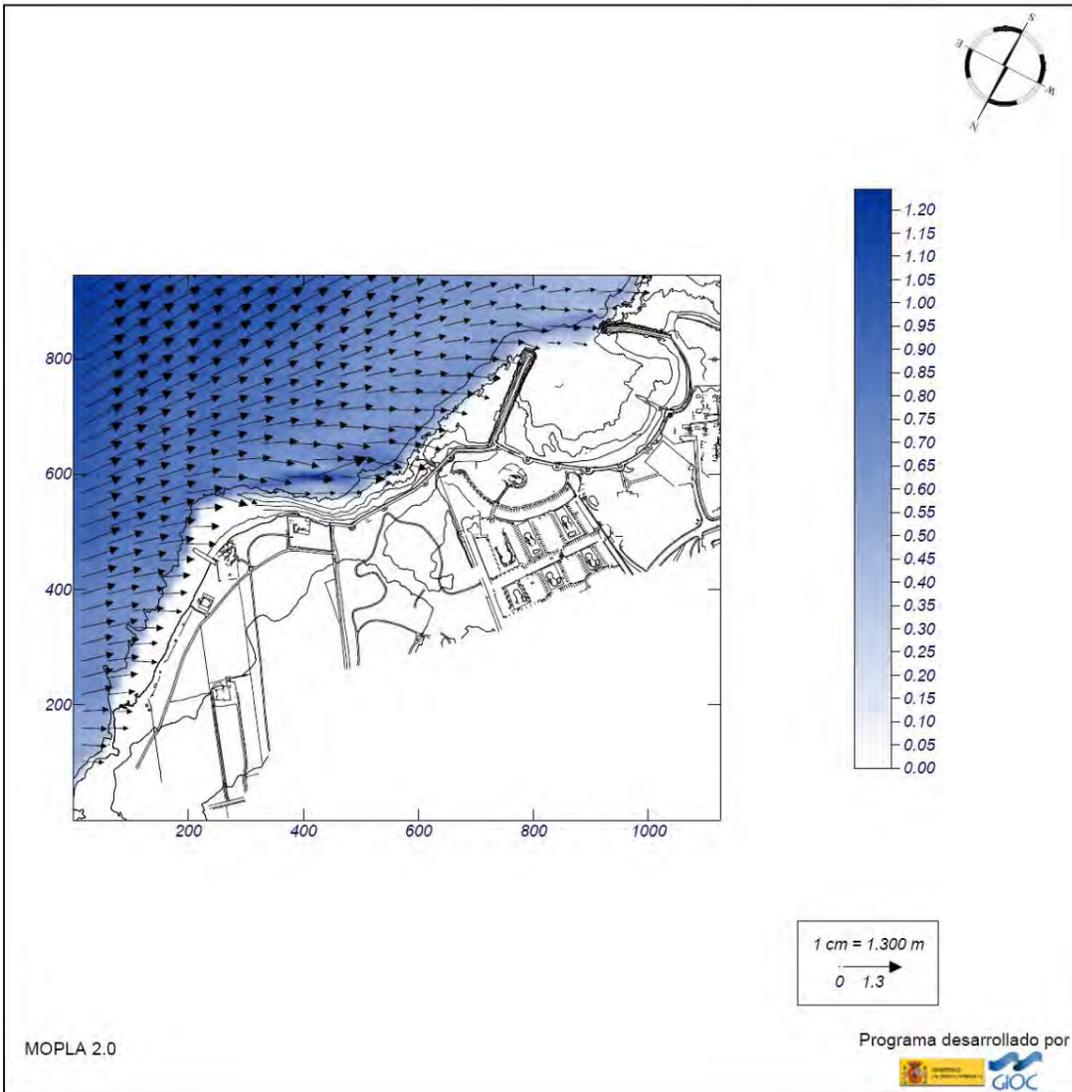
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: M331
M3: malla detalle NNE
31: Hs12 NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.53 m h: 10 m fp: 0.131579 Hz (Tp: 7.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θ _m : 40.5° (N22.5E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



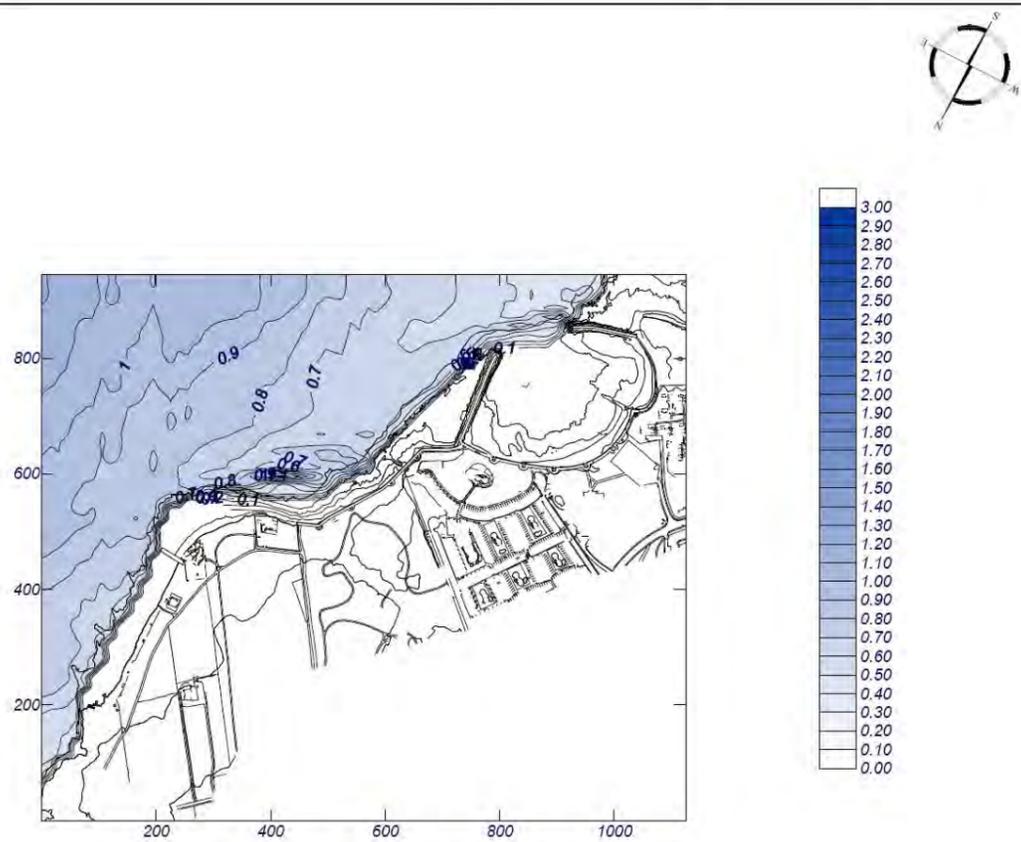
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: M331
M3: malla detalle NNE
31: Hs12 NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.53 m h: 10 m fp: 0.131579 Hz (Tp: 7.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) α: 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



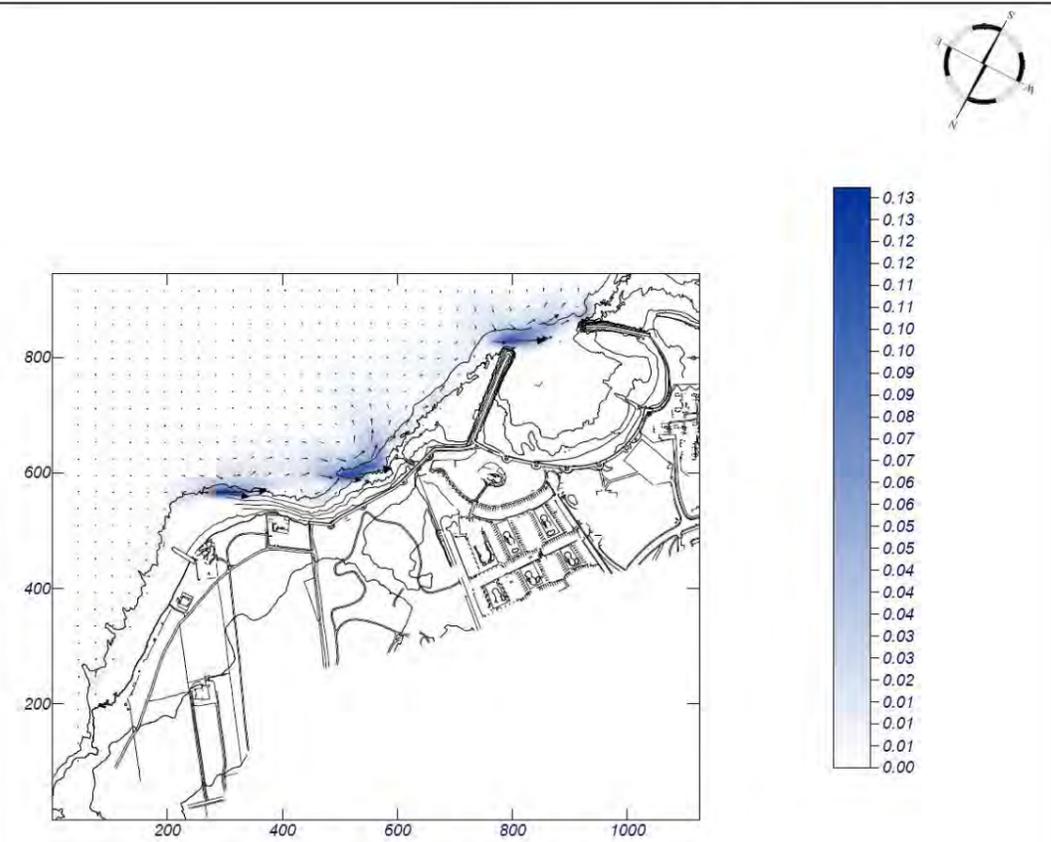
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: M331
M3: malla detalle NNE
31: Hs12 NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.53 m h: 10 m fp: 0.131579 Hz (Tp: 7.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) α: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 7 m ² /s	



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



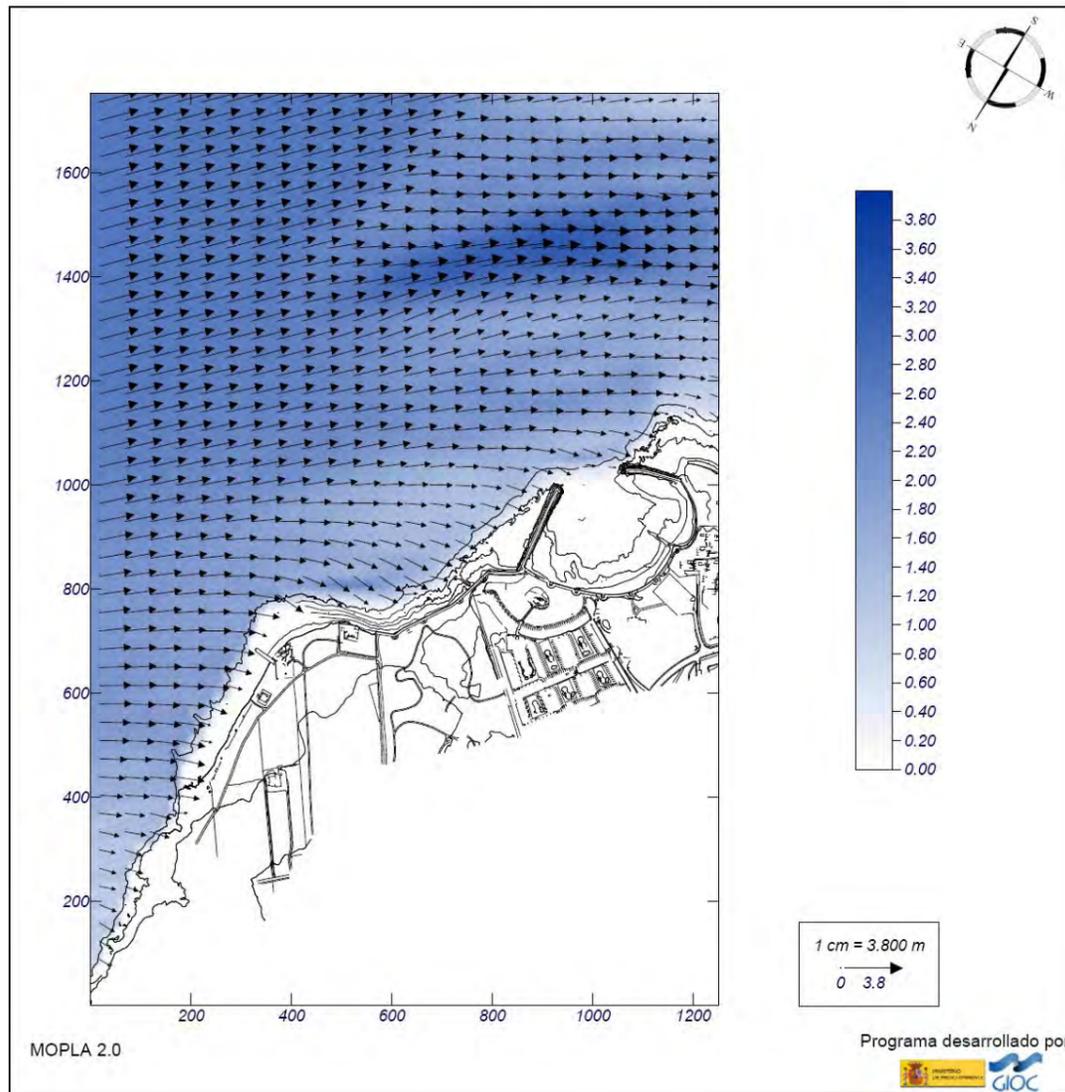
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A232
A2: malla detalle NE-E
32: Hs12 NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.7 m h: 10 m fp: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



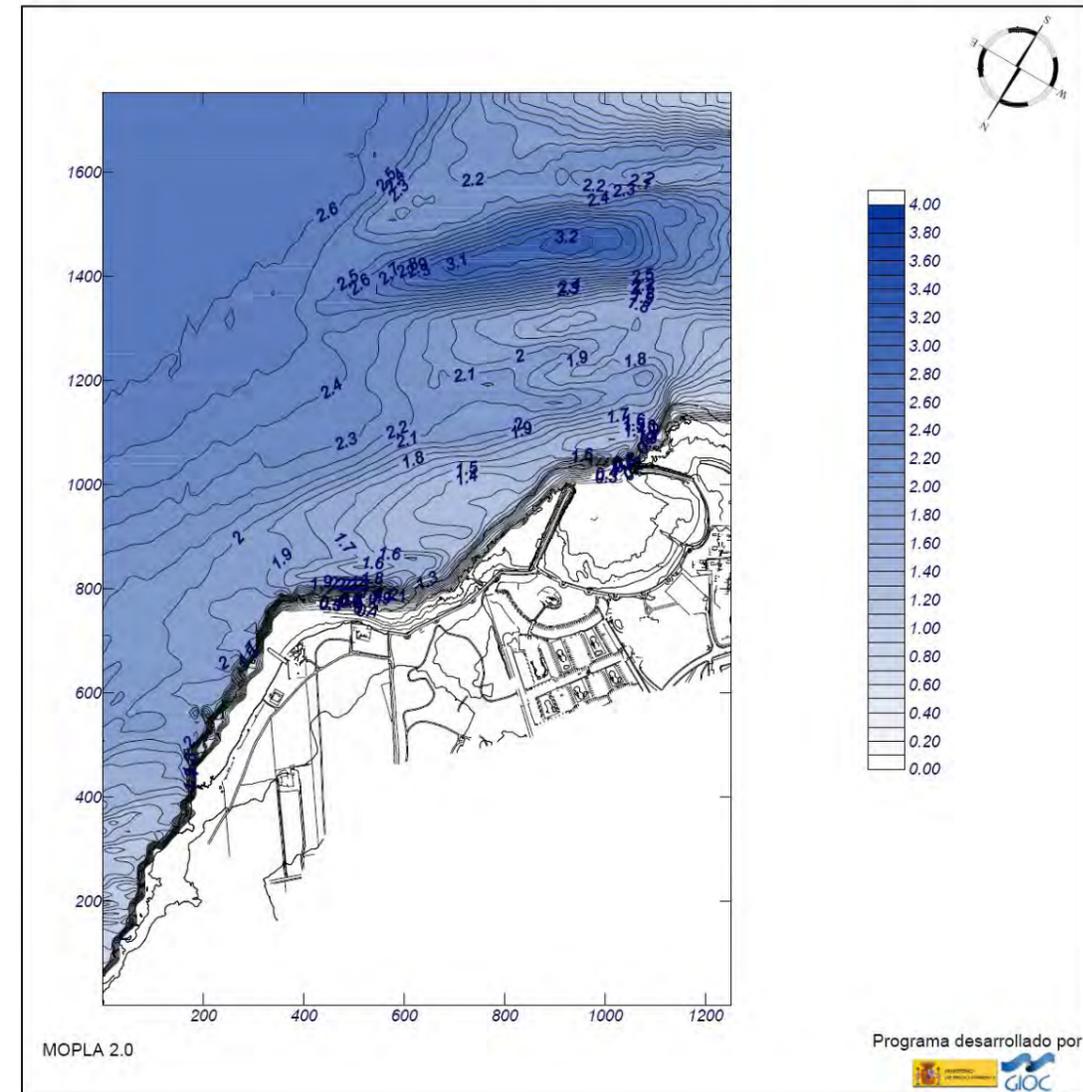
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A232
A2: malla detalle NE-E
32: Hs12 NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.7 m h: 10 m fp: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



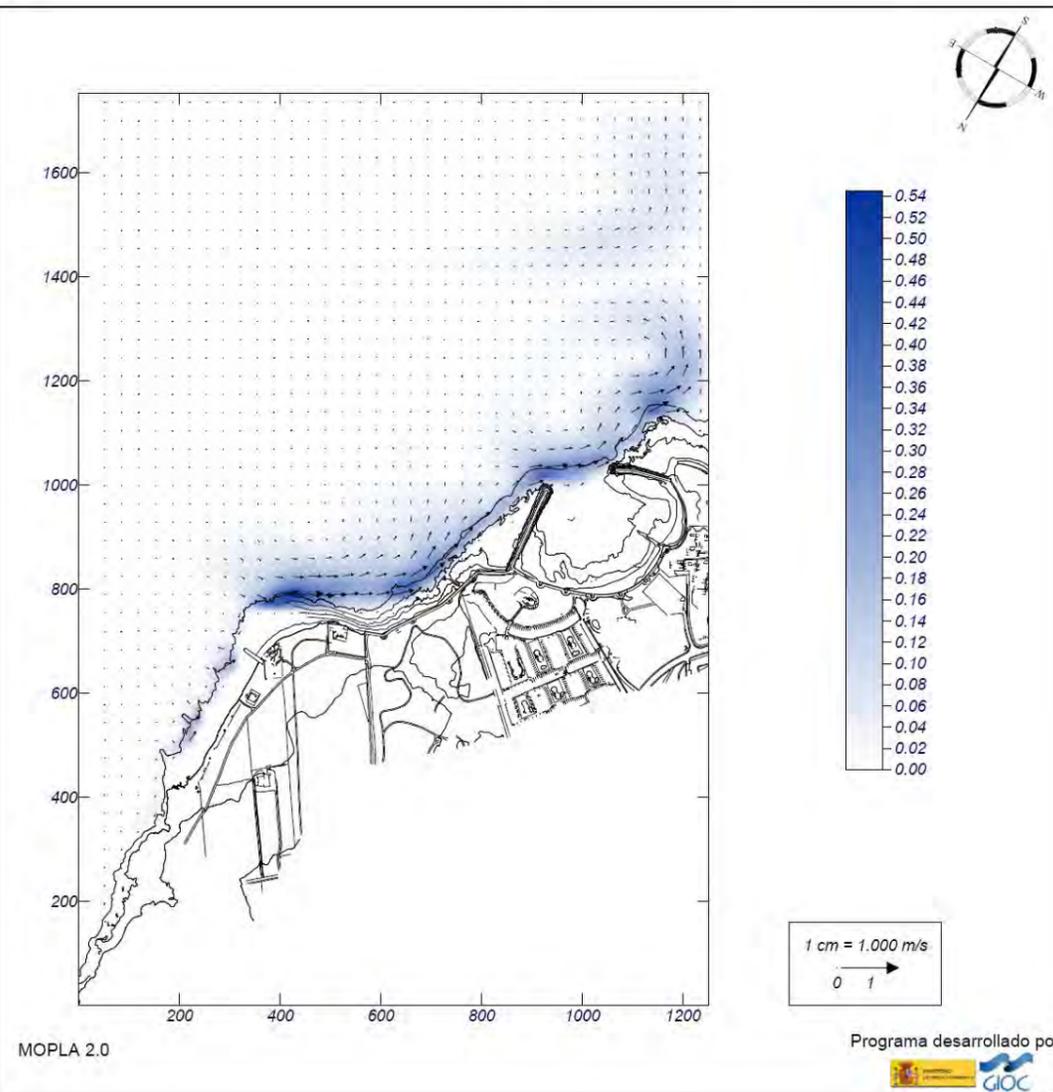
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: A232
A2: malla detalle NE-E
32: Hs12 NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.7 m h: 10 m fp: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



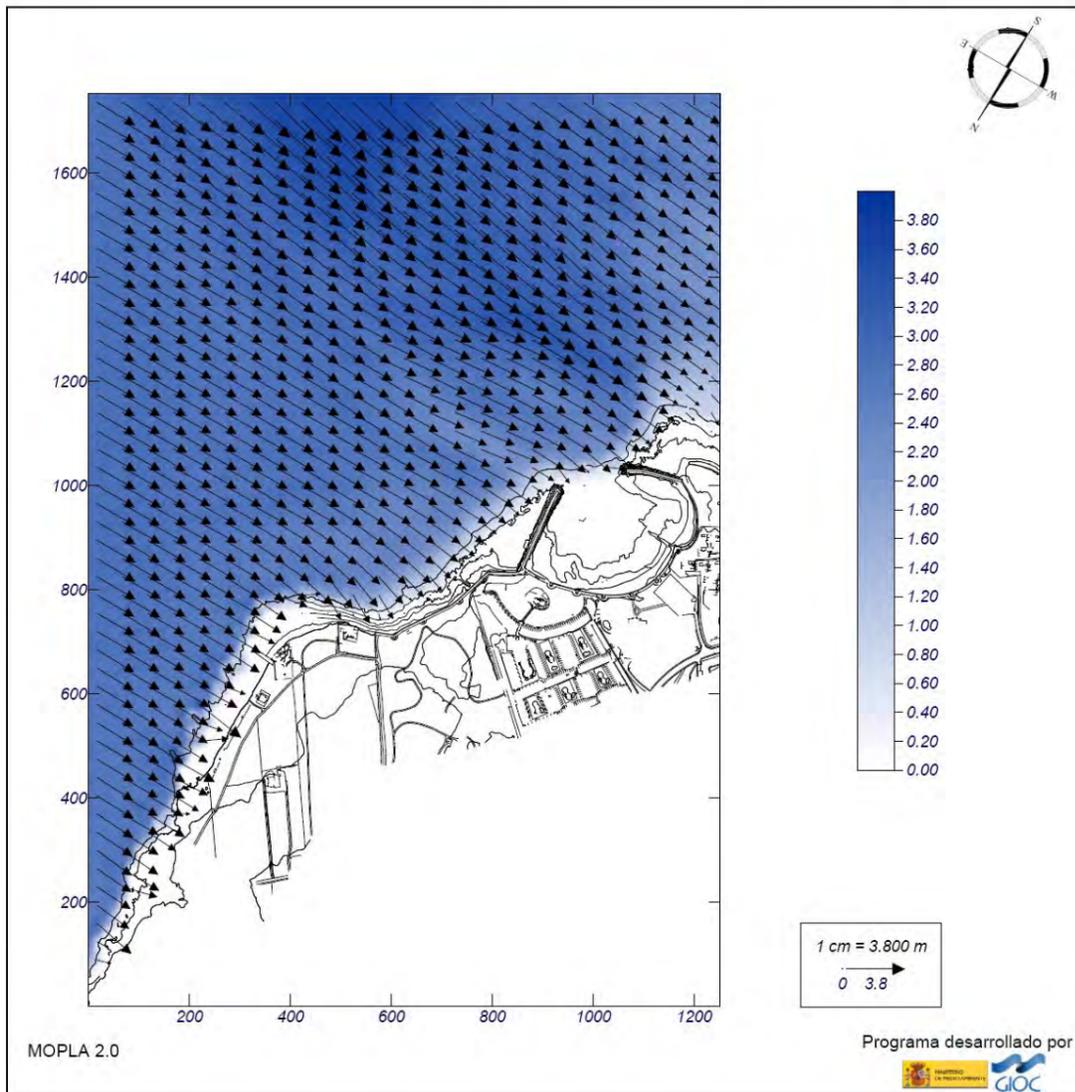
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A233
A2: malla detalle NE-E
33: Hs12 E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.84 m h: 10 m fp: 0.135135 Hz (Tp: 7.4 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



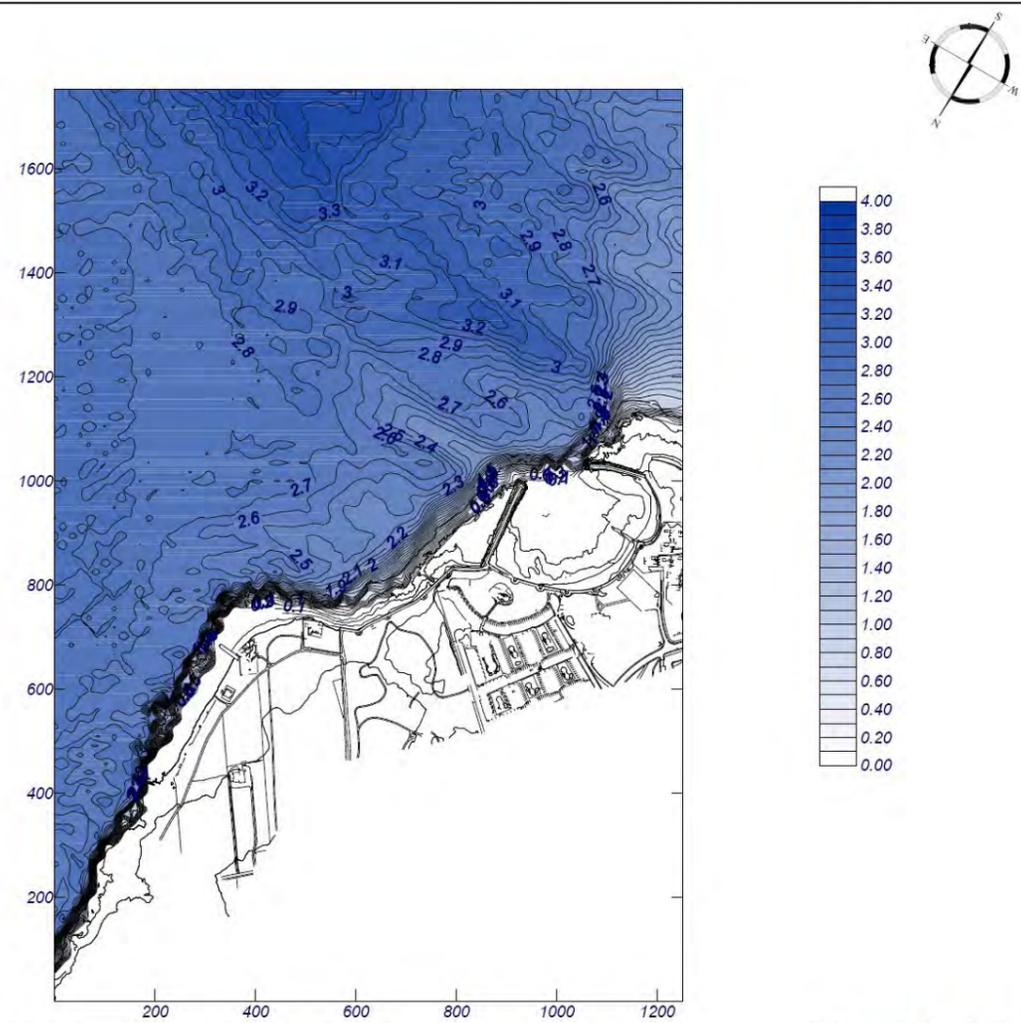
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A233
A2: malla detalle NE-E
33: Hs12 E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.84 m h: 10 m fp: 0.135135 Hz (Tp: 7.4 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



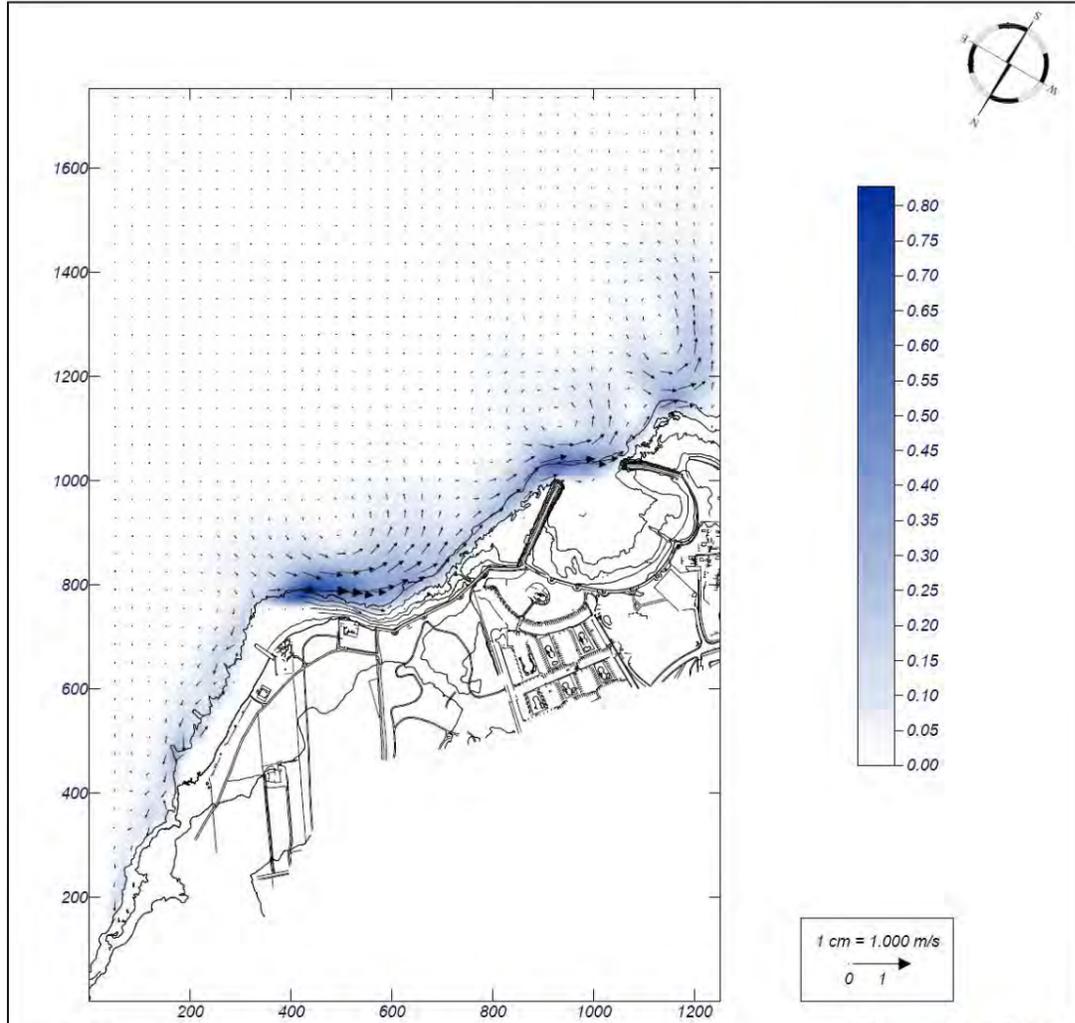
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: A233
A2: malla detalle NE-E
33: Hs12 E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.84 m h: 10 m fp: 0.135135 Hz (Tp: 7.4 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por

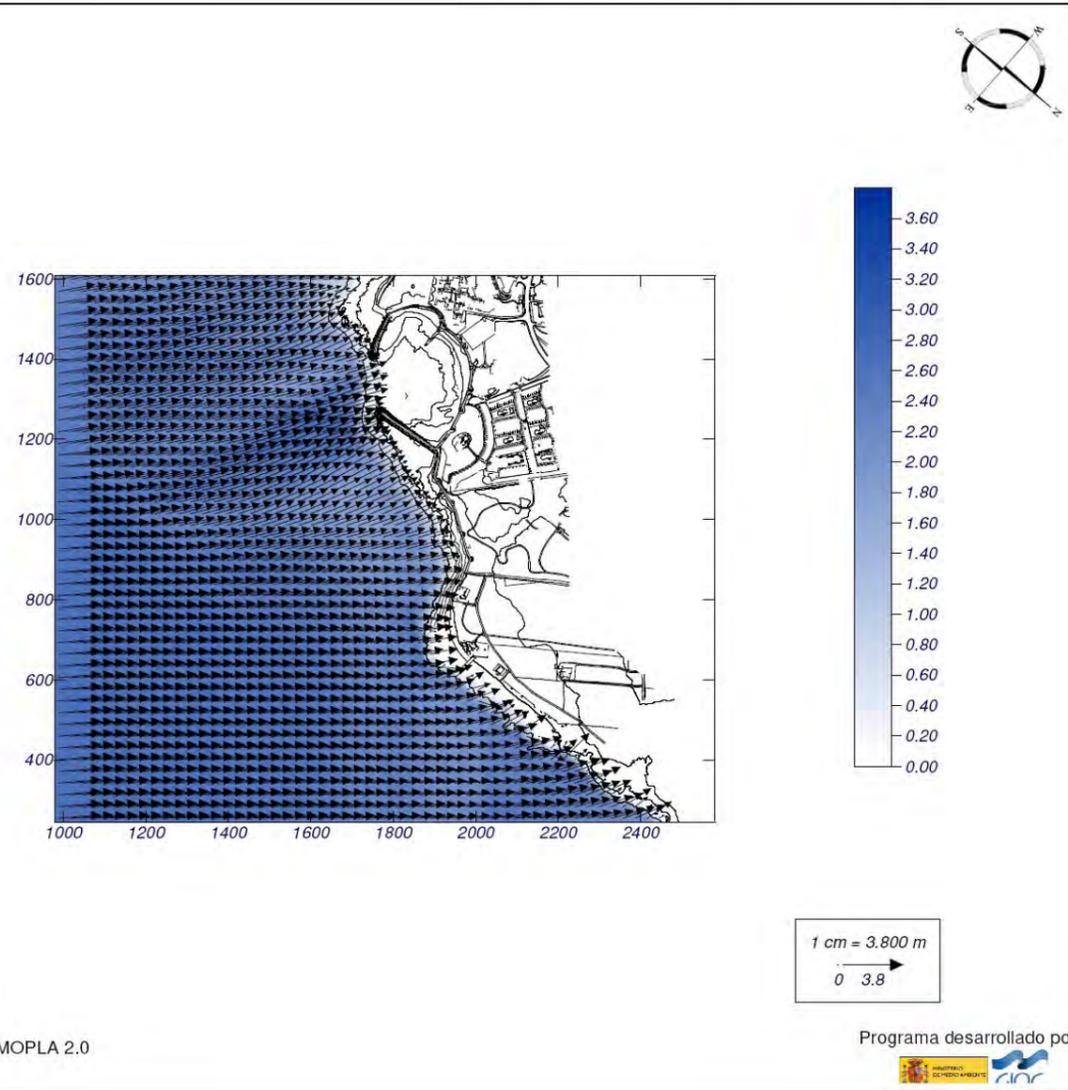


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B234
B2: malla detalle SE-S
34: Hs12 SE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.69 m h: 10 m fp: 0.138889 Hz (Tp: 7.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θ _m : 5° (S45,0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		

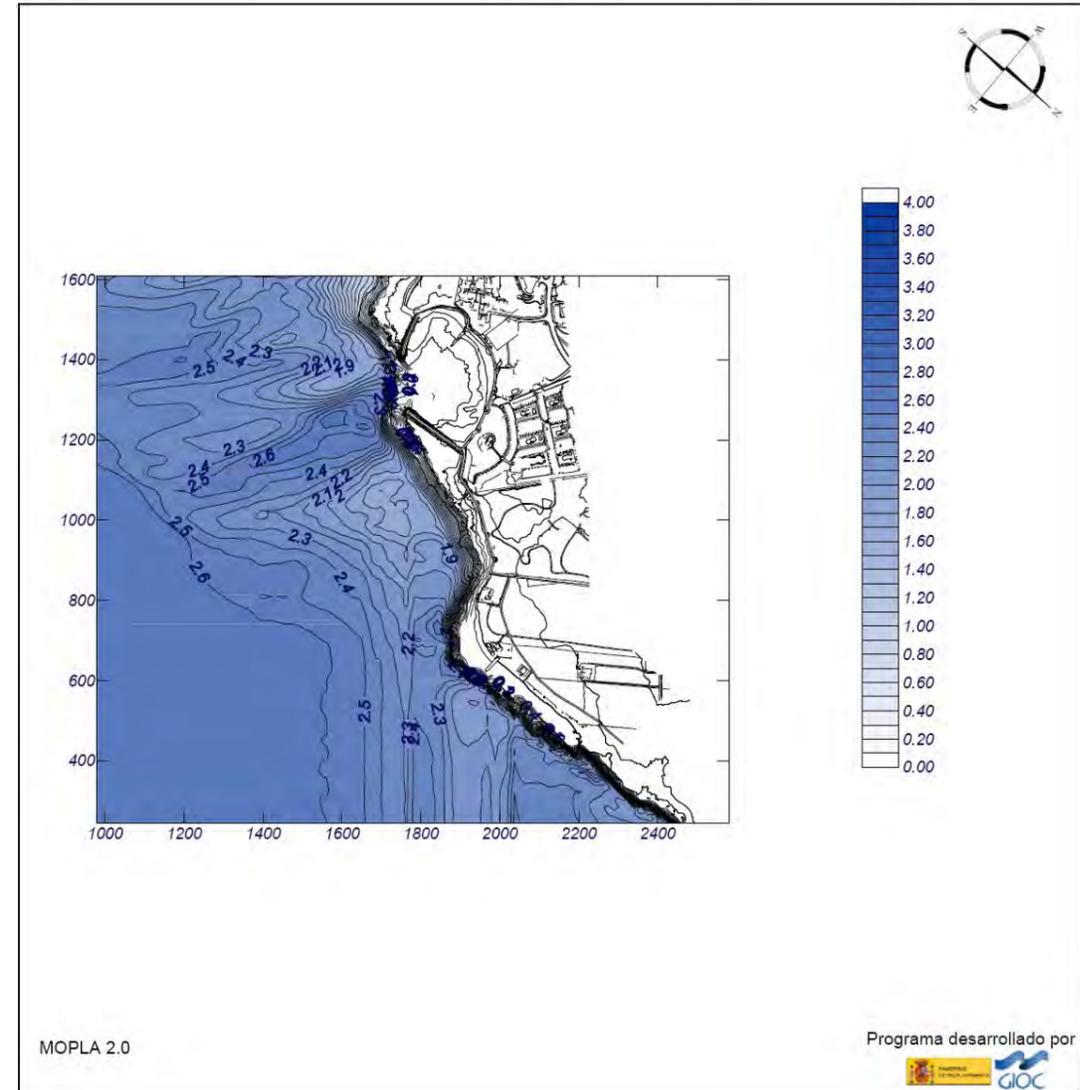


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B234
B2: malla detalle SE-S
34: Hs12 SE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.69 m h: 10 m fp: 0.138889 Hz (Tp: 7.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θ _m : 5° (S45,0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



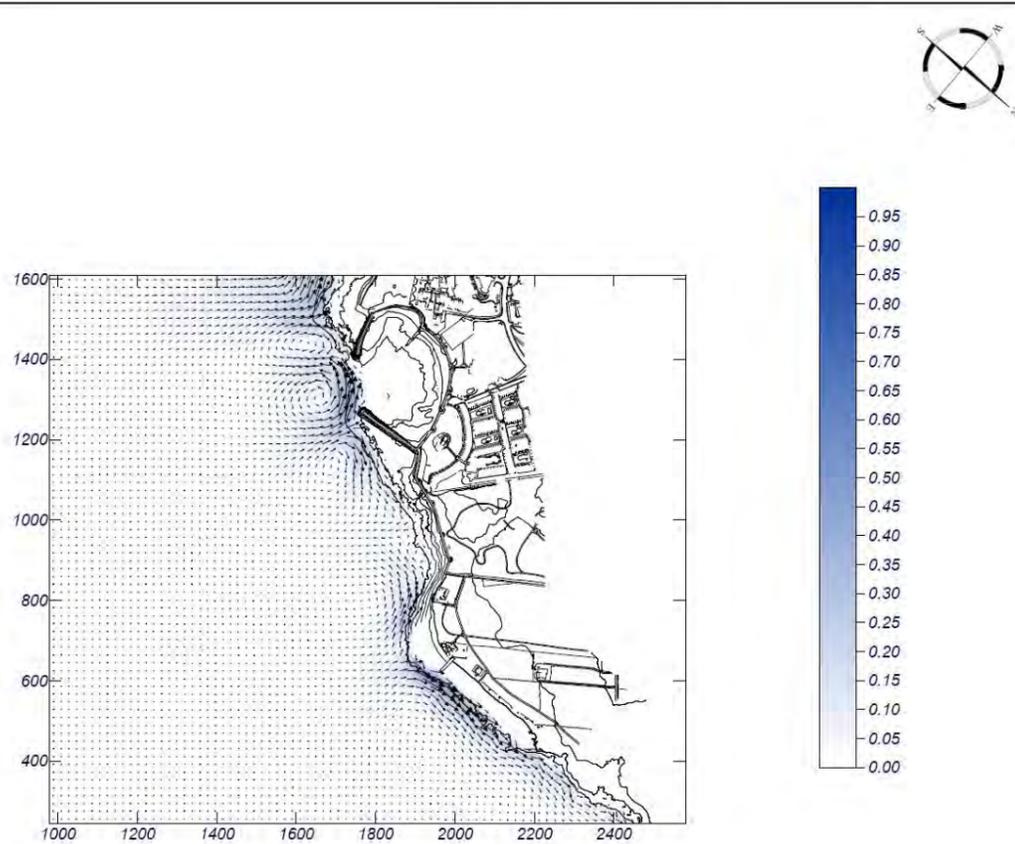
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: B234
B2: malla detalle SE-S
34: Hs12 SE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.69 m h: 10 m fp: 0.138889 Hz (Tp: 7.2 s) γ: 3.3 N° Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - N° Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



1 cm = 1.000 m/s
 0 1

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por

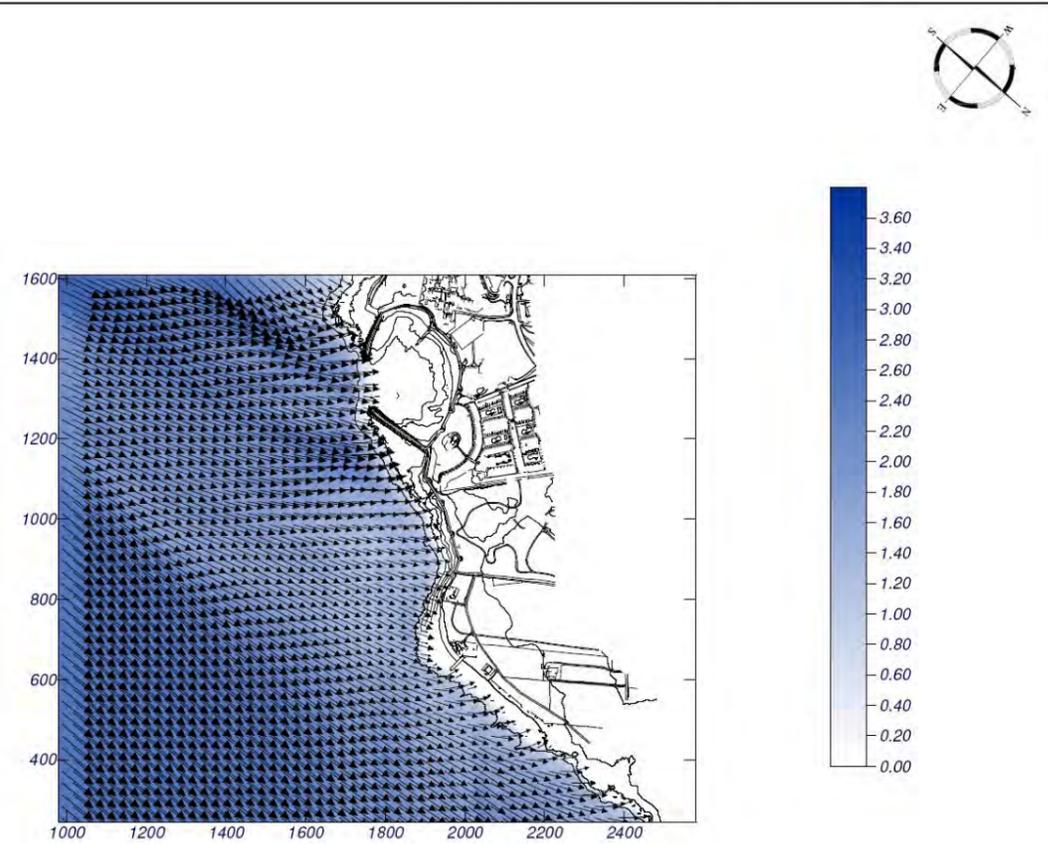
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B235
B2: malla detalle SE-S
35: Hs12 S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.64 m h: 10 m fp: 0.140845 Hz (Tp: 7.1 s) γ: 3.3 N° Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - N° Comp.: 5		



1 cm = 3.800 m
 0 3.8

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por

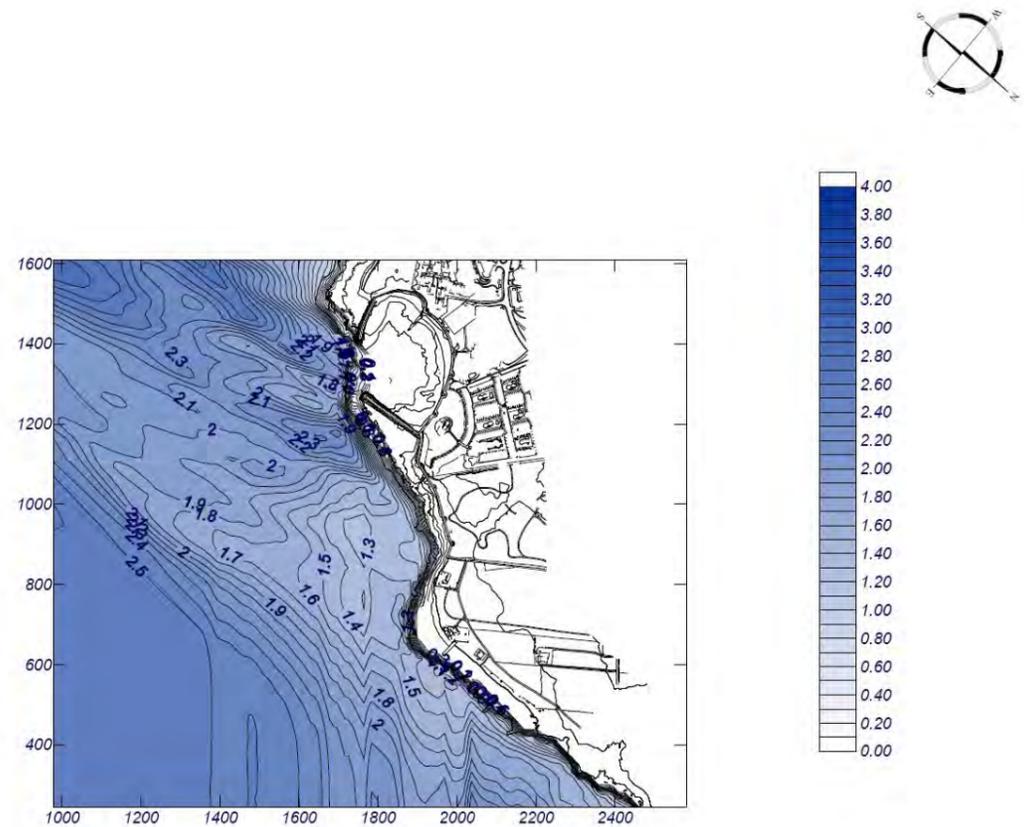
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B235
B2: malla detalle SE-S
35: Hs12 S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.64 m h: 10 m fp: 0.140845 Hz (Tp: 7.1 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



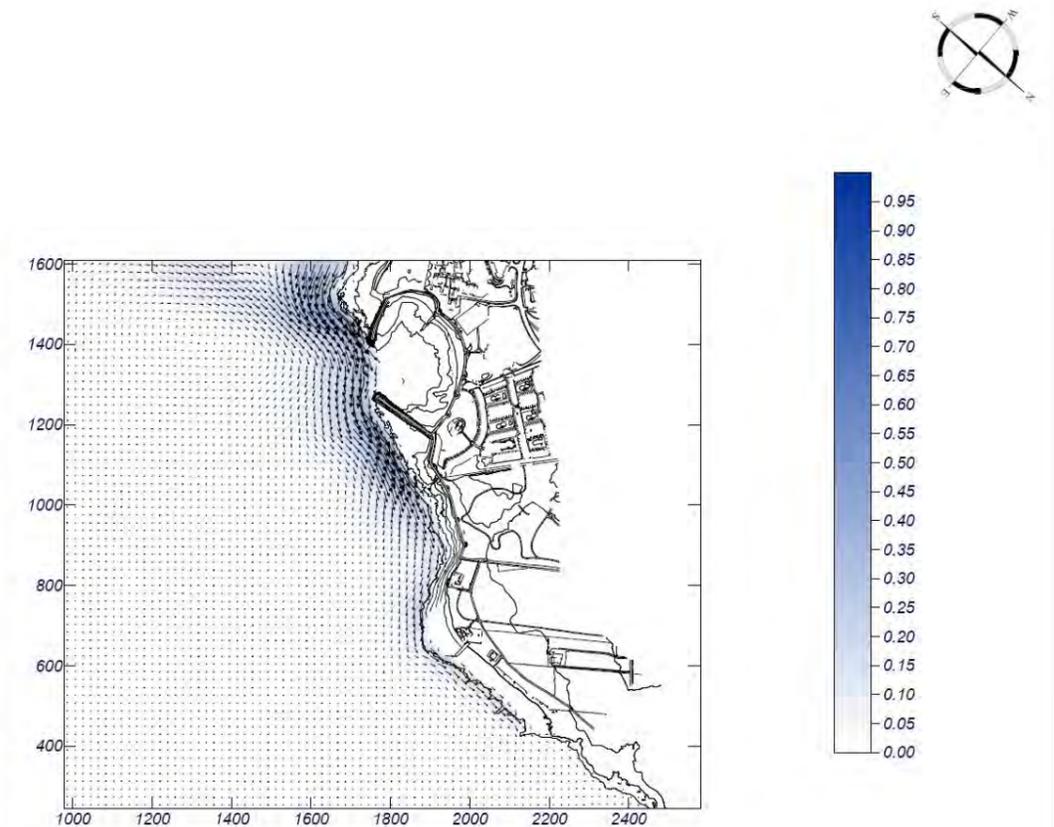
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: B235
B2: malla detalle SE-S
35: Hs12 S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.64 m h: 10 m fp: 0.140845 Hz (Tp: 7.1 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



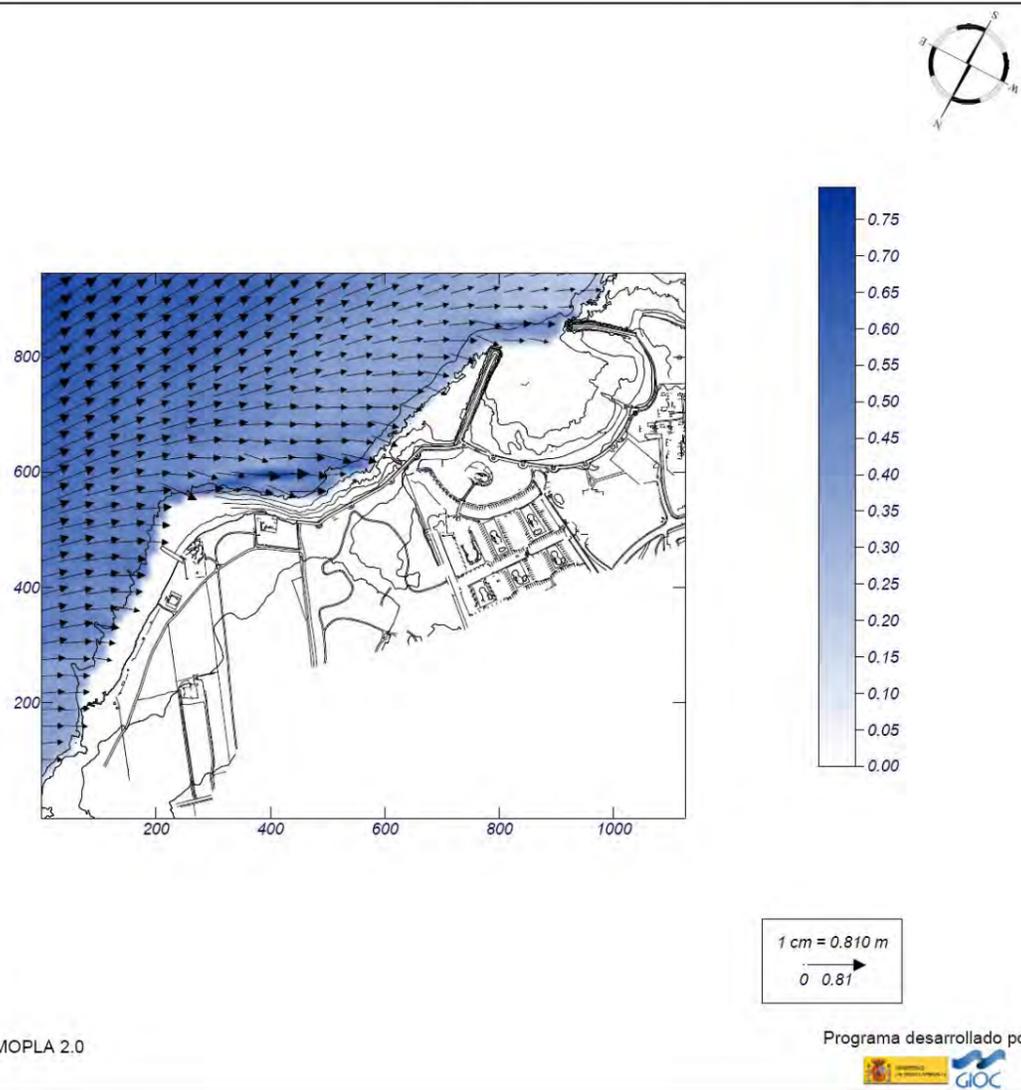
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: M341
M3: malla detalle NNE
41: Hext NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.114943 Hz (Tp: 8.69996 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



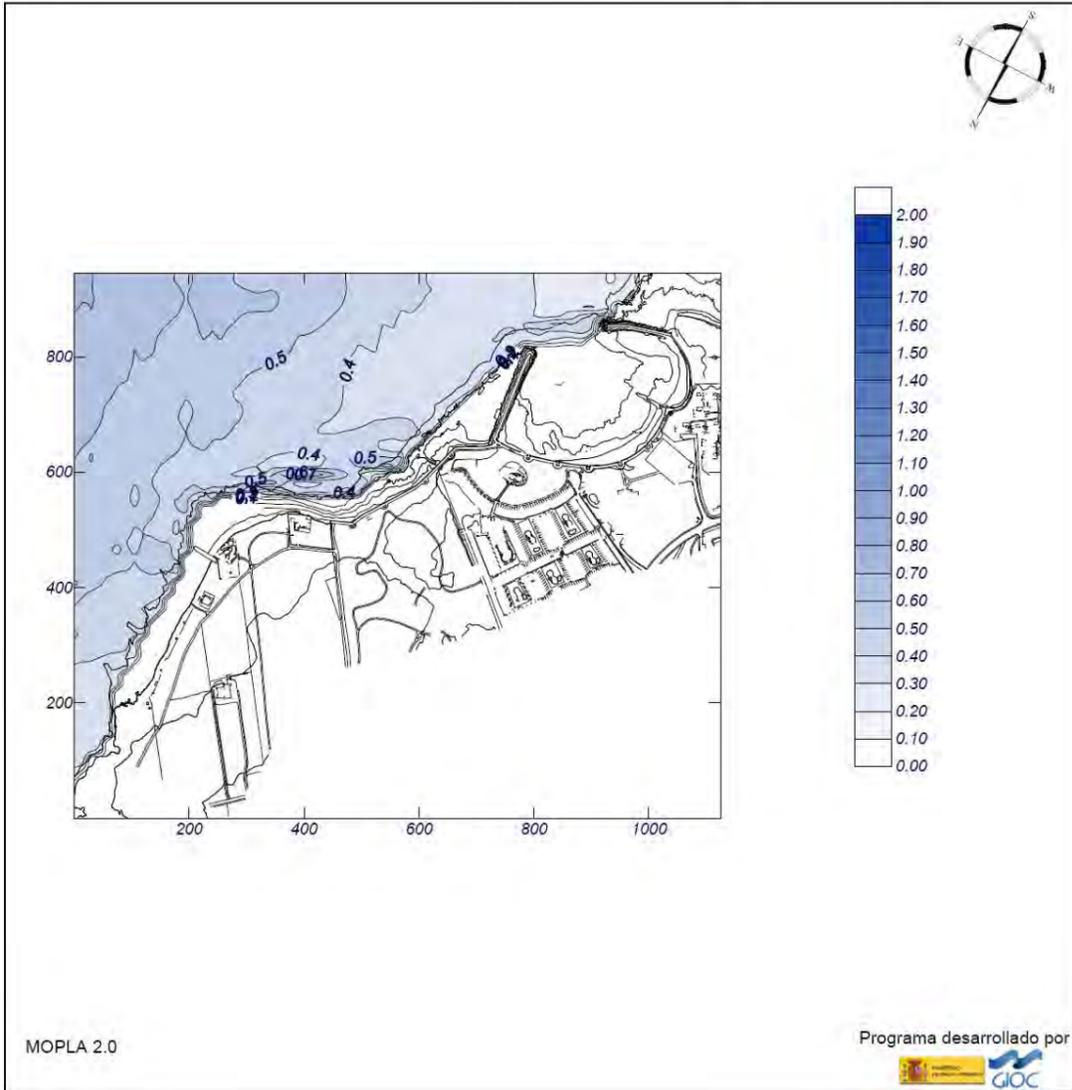
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: M341
M3: malla detalle NNE
41: Hext NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.114943 Hz (Tp: 8.69996 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



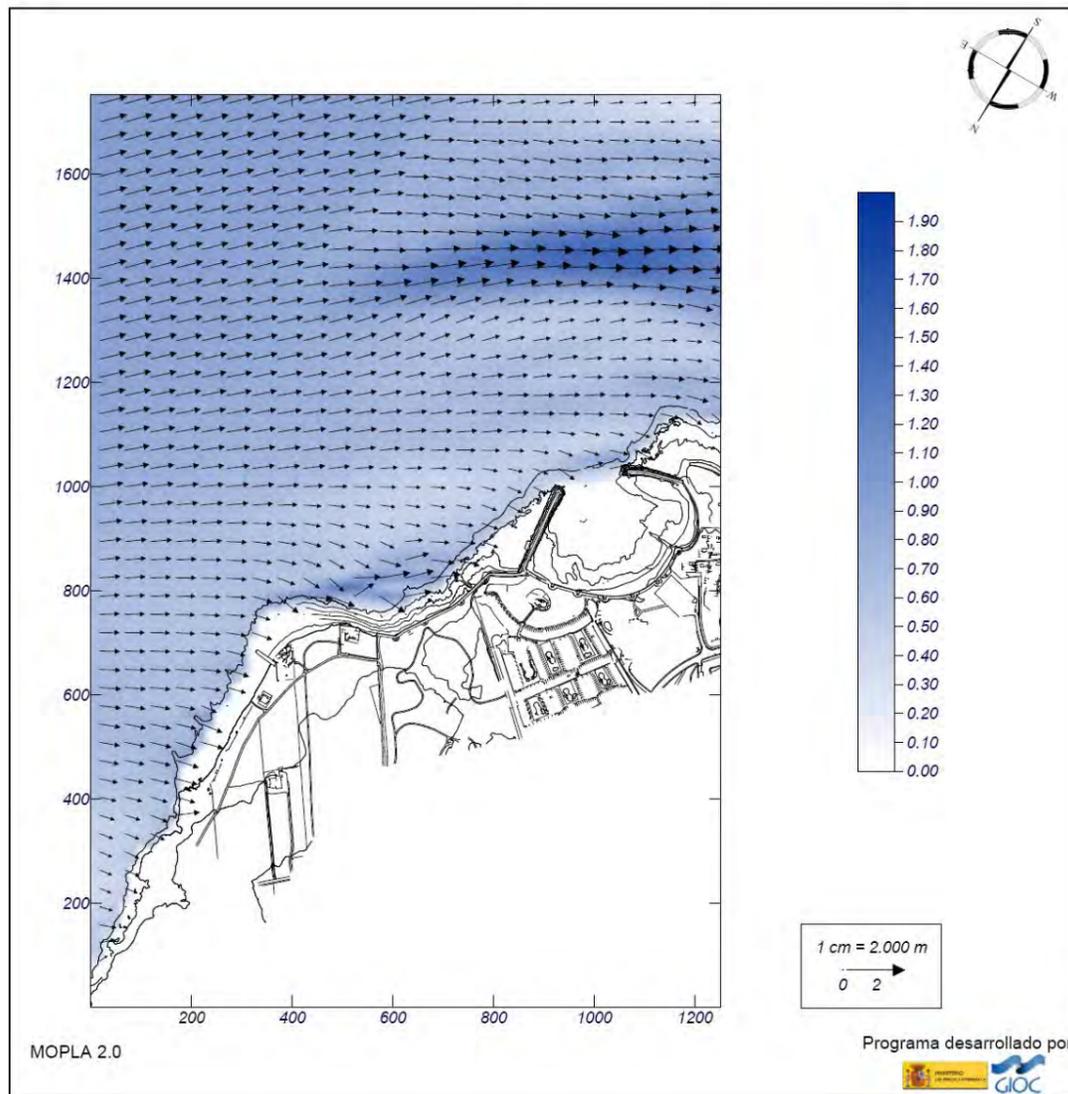
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A242
A2: malla detalle NE-E
42: Hext NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.088496 Hz (Tp: 11.2999 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



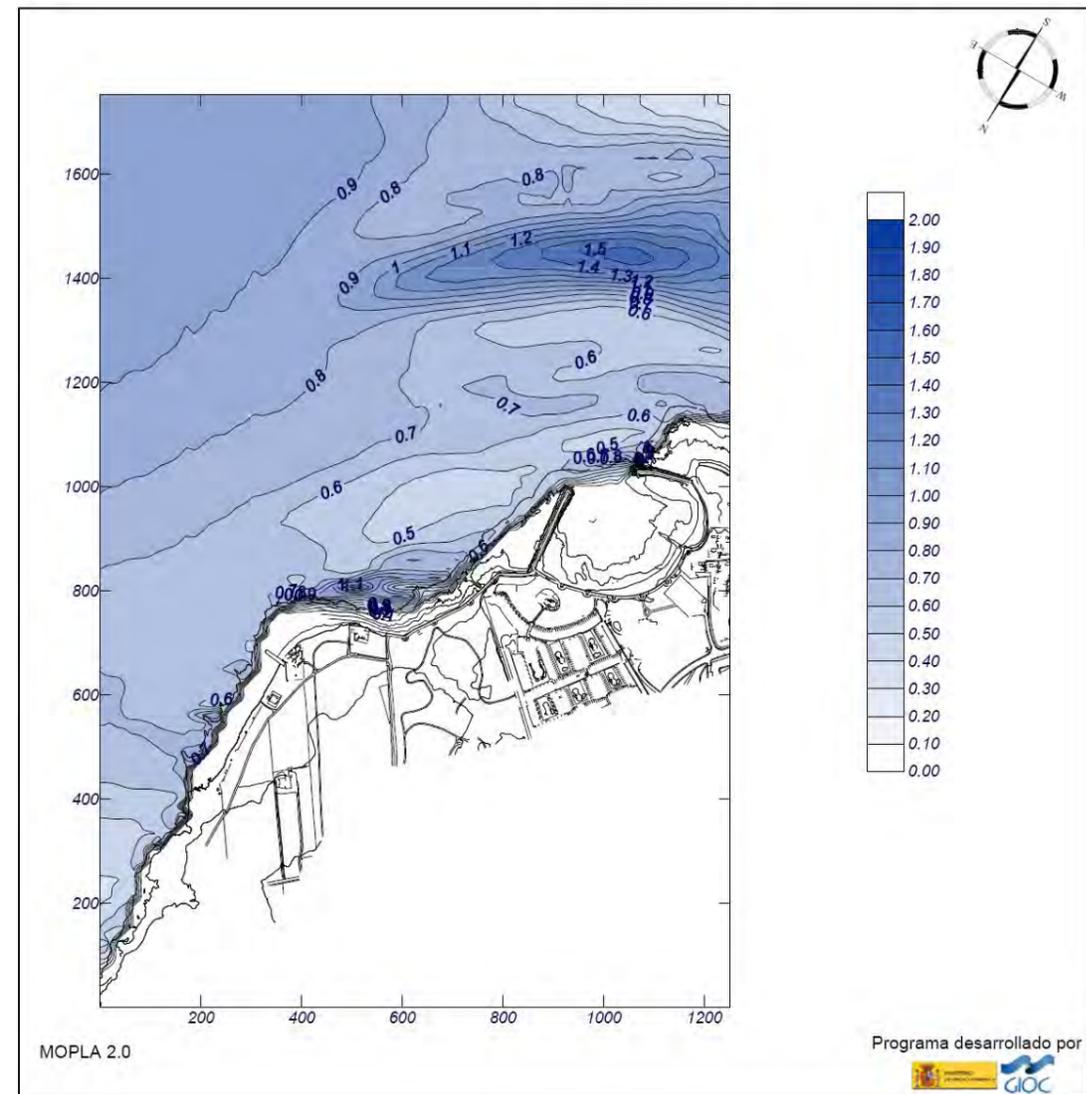
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A242
A2: malla detalle NE-E
42: Hext NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.088496 Hz (Tp: 11.2999 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



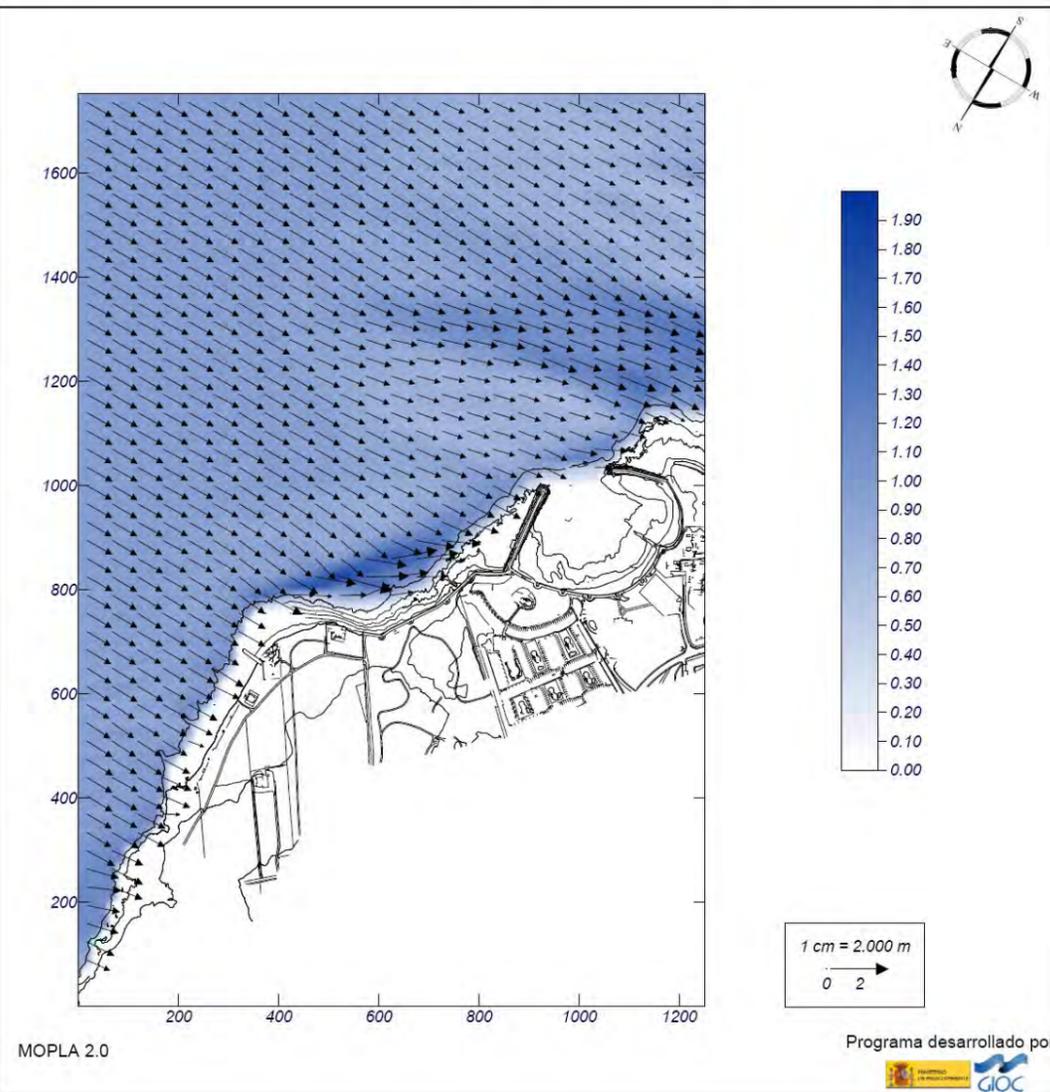
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A243
A2: malla detalle NE-E
43: Hext E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.111111 Hz (Tp: 9.00001 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



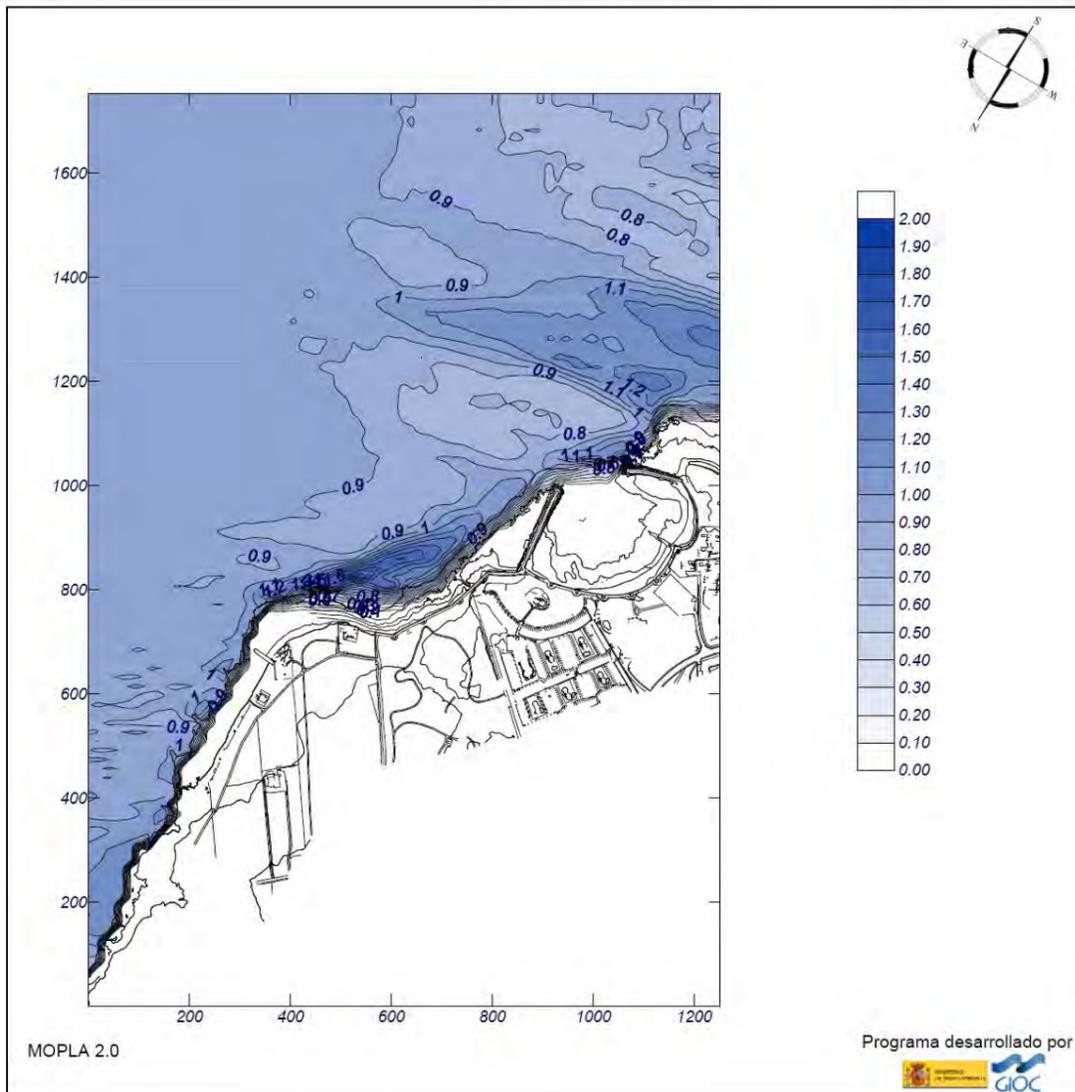
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A243
A2: malla detalle NE-E
43: Hext E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.111111 Hz (Tp: 9.00001 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		

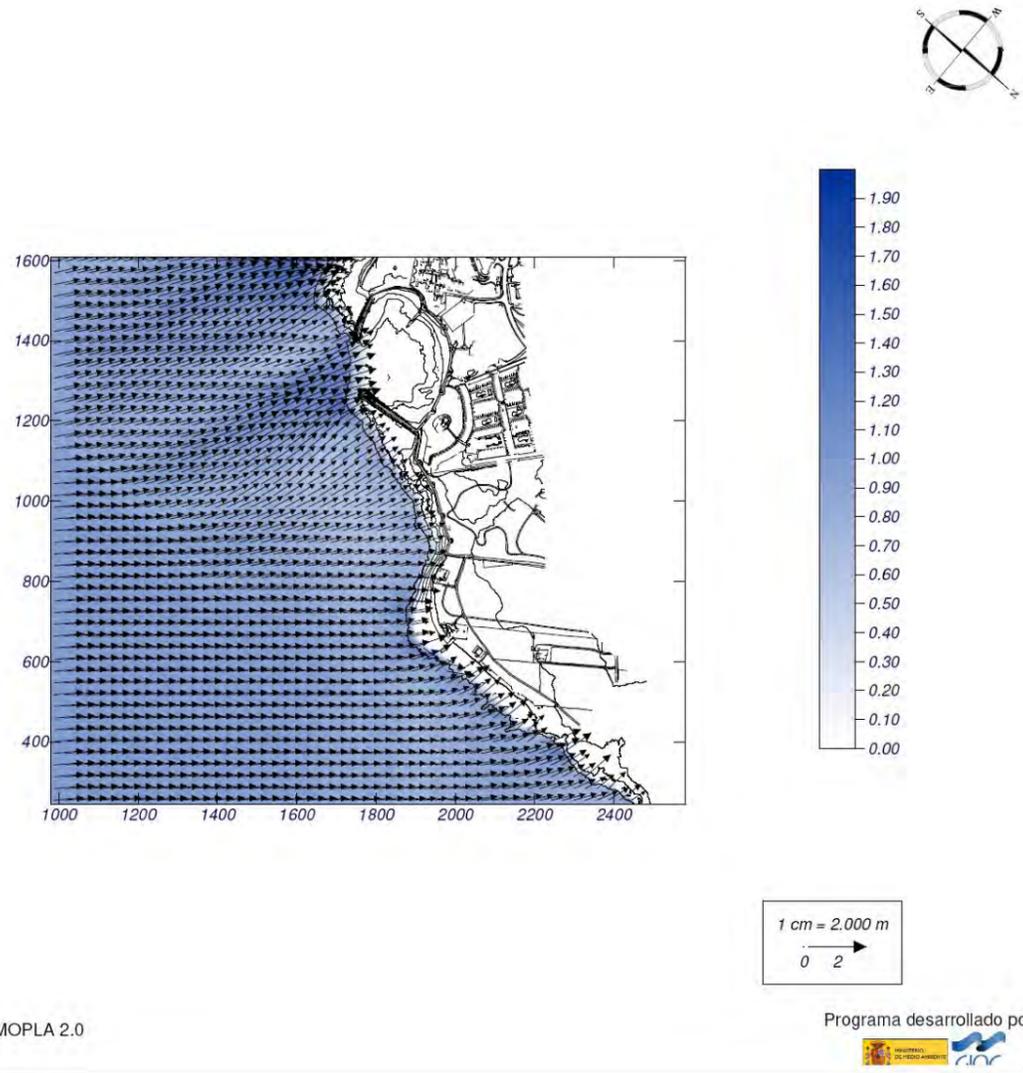


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B244
B2: malla detalle SE-S
44: Hext SE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.114943 Hz (Tp: 8.69996 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		

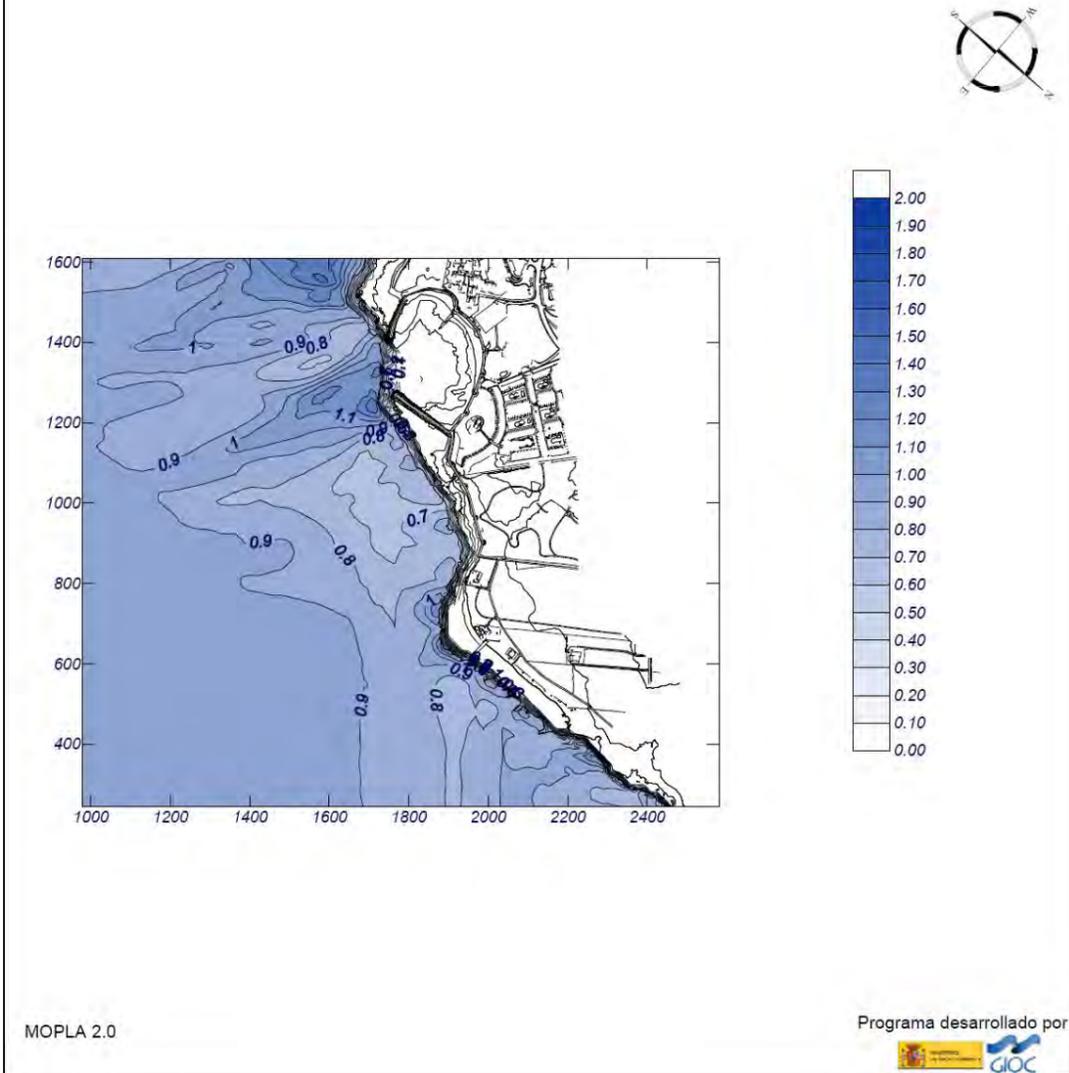


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B244
B2: malla detalle SE-S
44: Hext SE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.114943 Hz (Tp: 8.69996 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



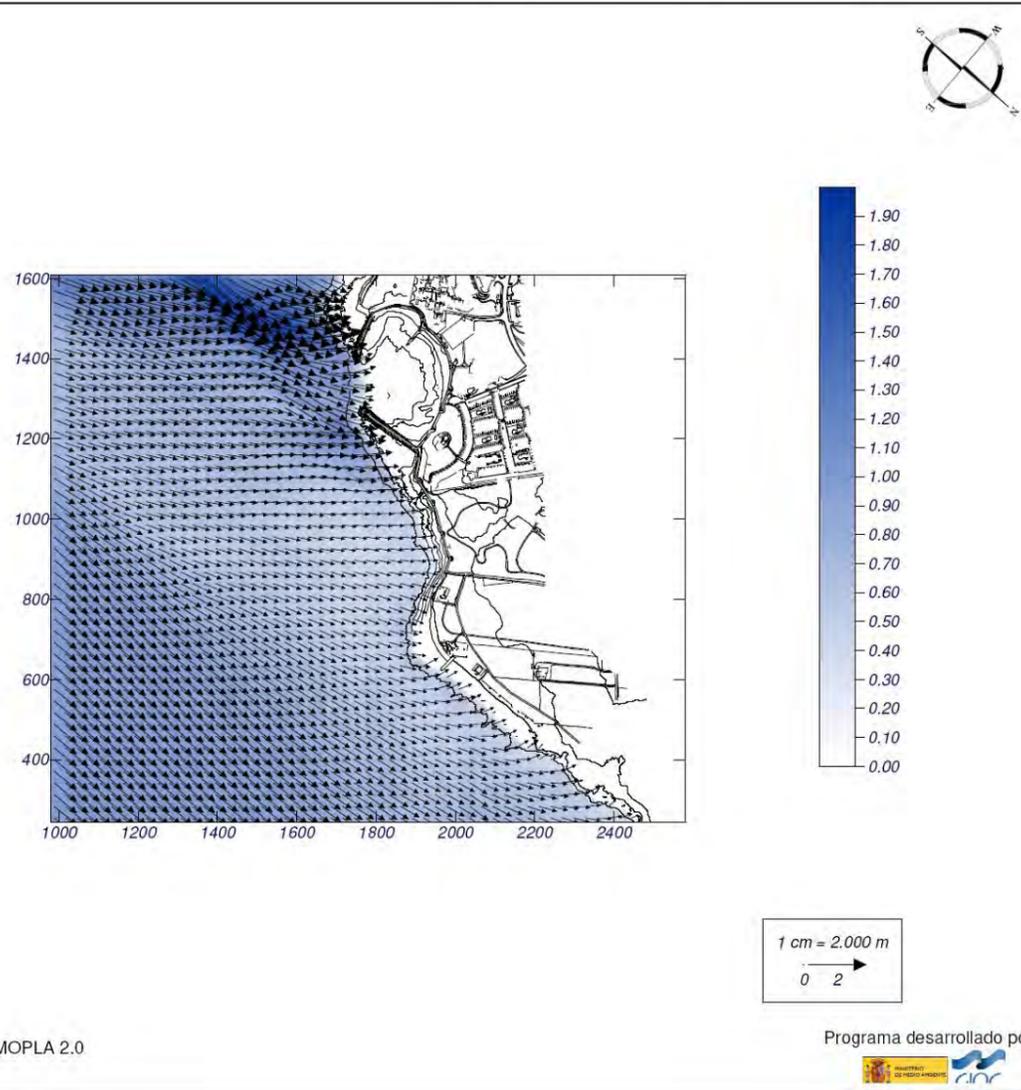
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B245
B2: malla detalle SE-S
45: Hext S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.114943 Hz (Tp: 8.69996 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



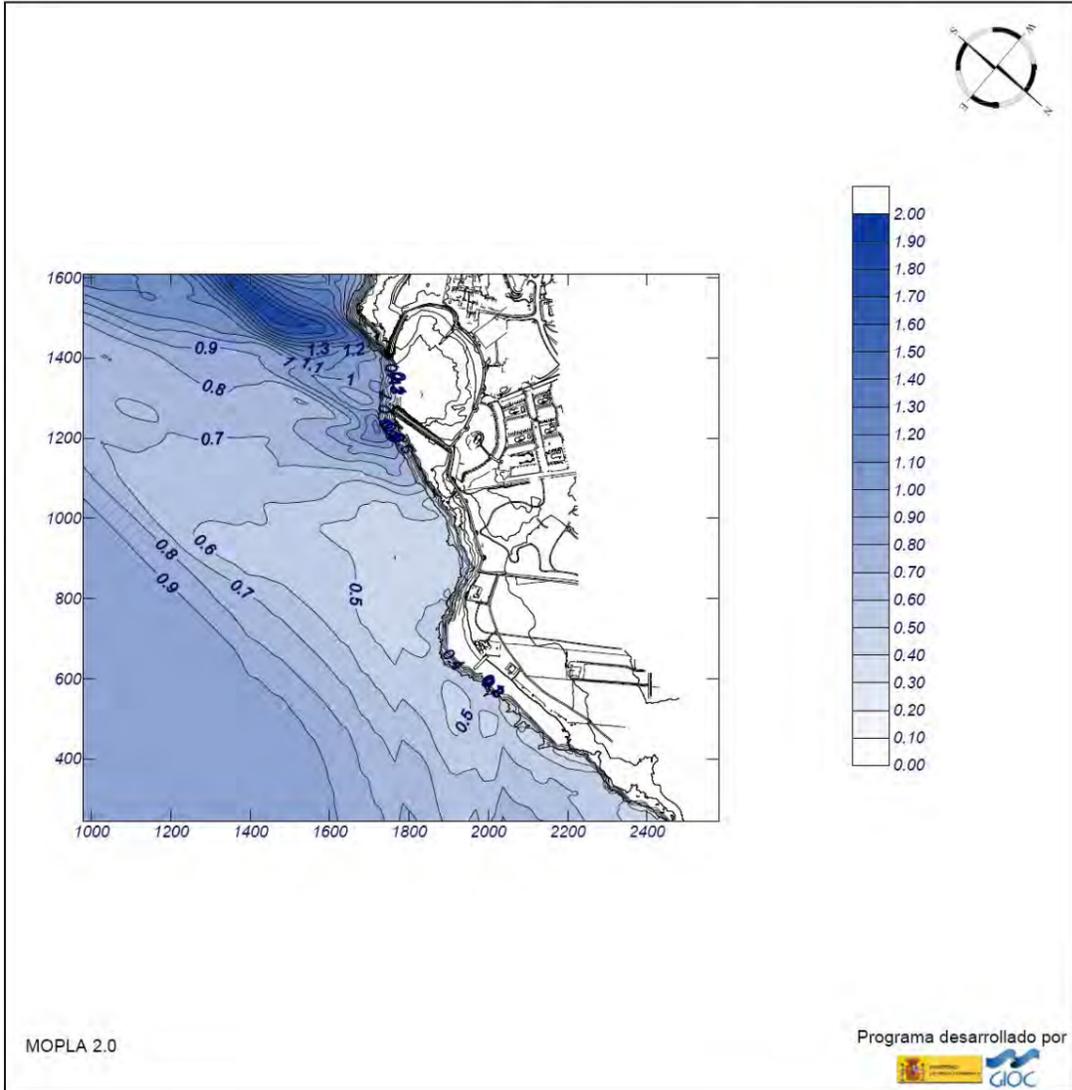
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B245
B2: malla detalle SE-S
45: Hext S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.114943 Hz (Tp: 8.69996 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5		

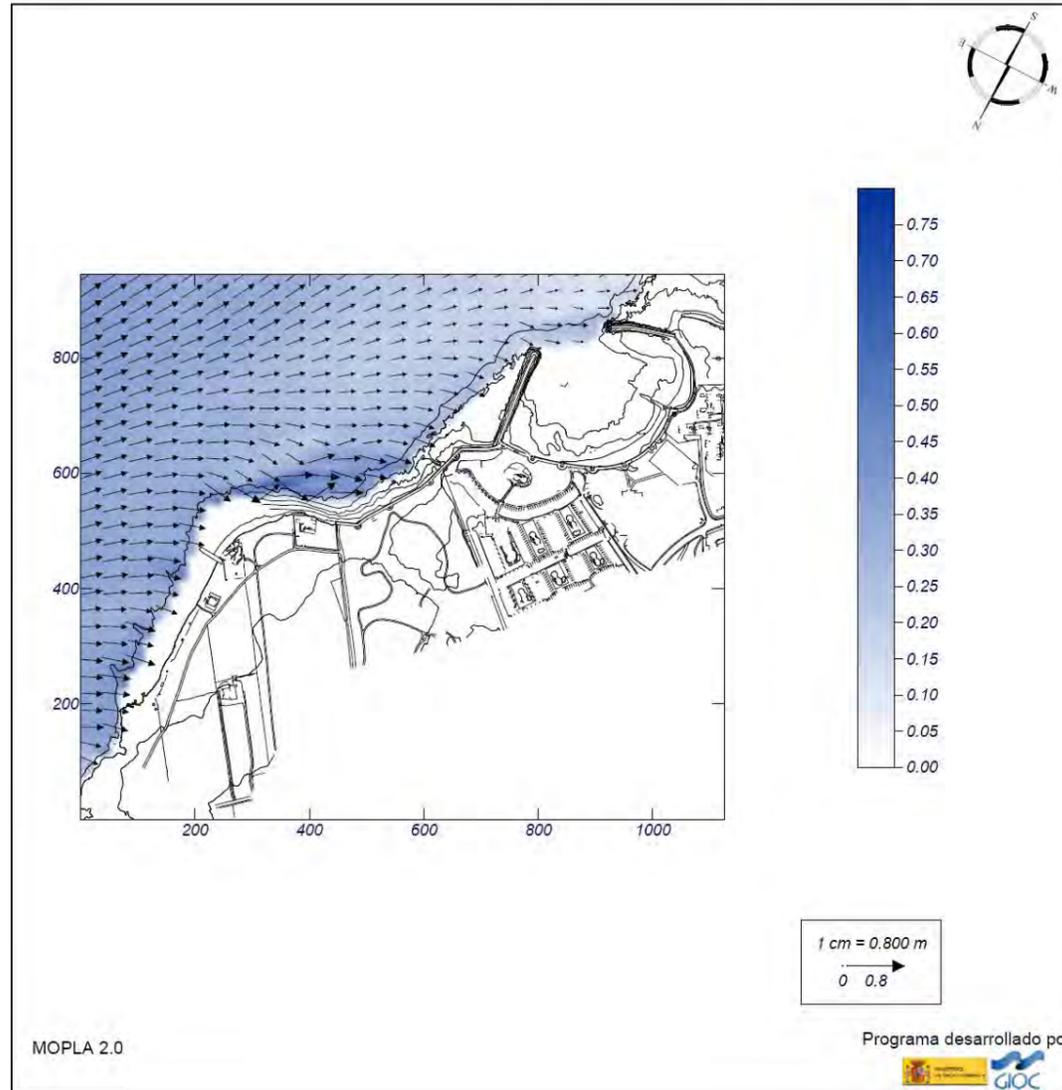


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: M351
M3: malla detalle NNE
51: H2 NNE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.076923 Hz (Tp: 13 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) α: 10° - Nº Comp.: 5		

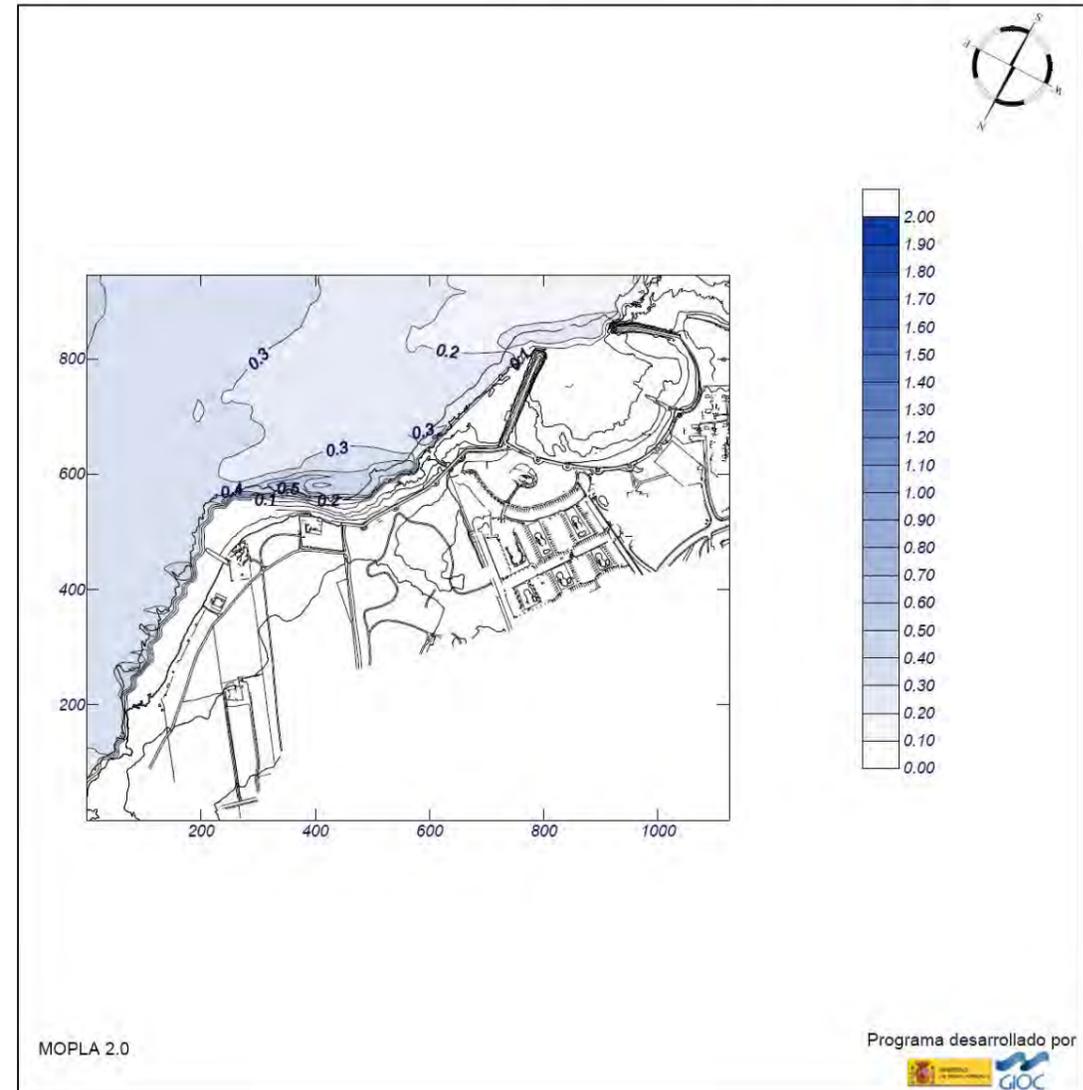


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: M351
M3: malla detalle NNE
51: H2 NNE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.076923 Hz (Tp: 13 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) α: 10° - Nº Comp.: 5		



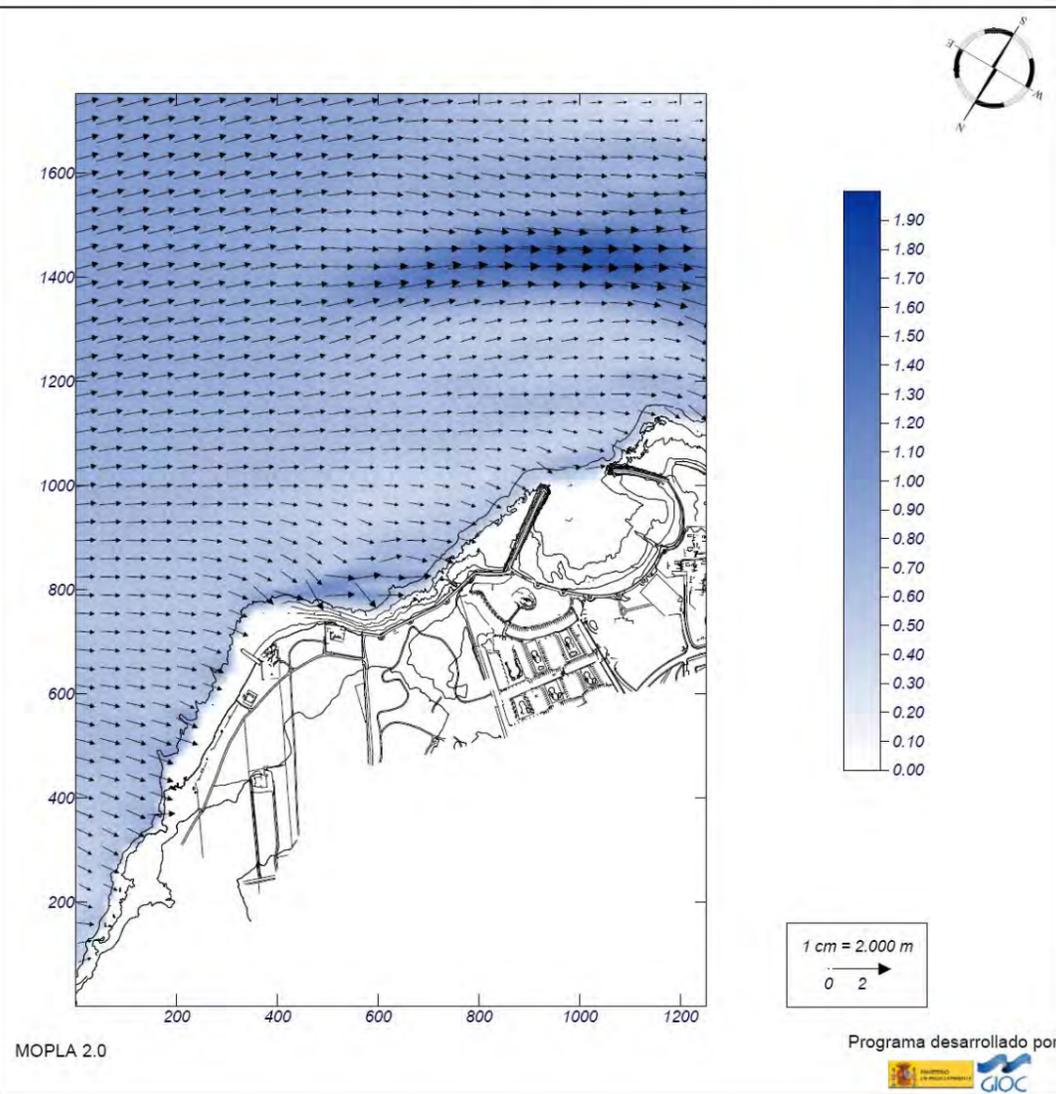
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A252
A2: malla detalle NE-E
52: H2 NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.076923 Hz (Tp: 13 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



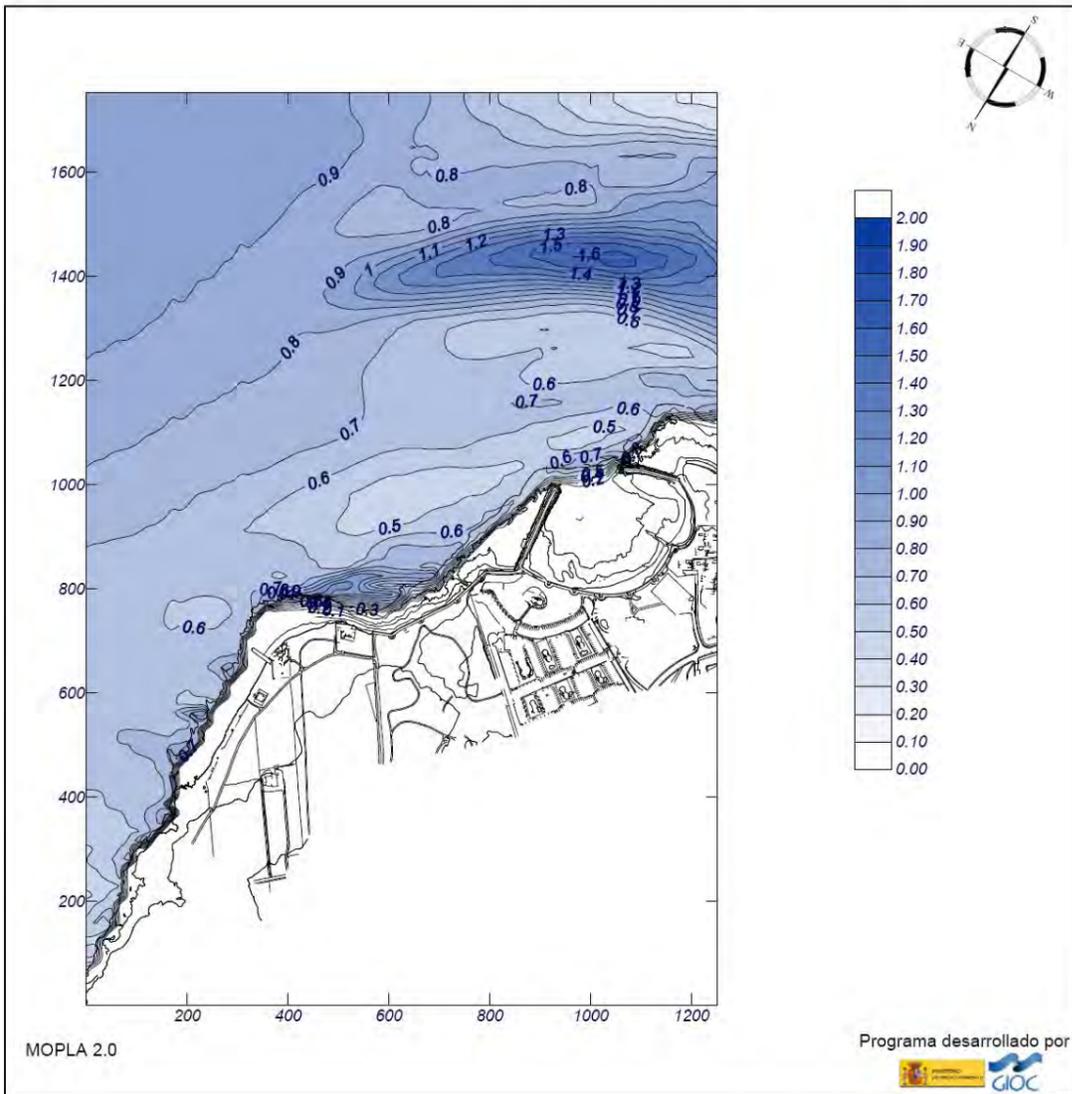
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A252
A2: malla detalle NE-E
52: H2 NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.076923 Hz (Tp: 13 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



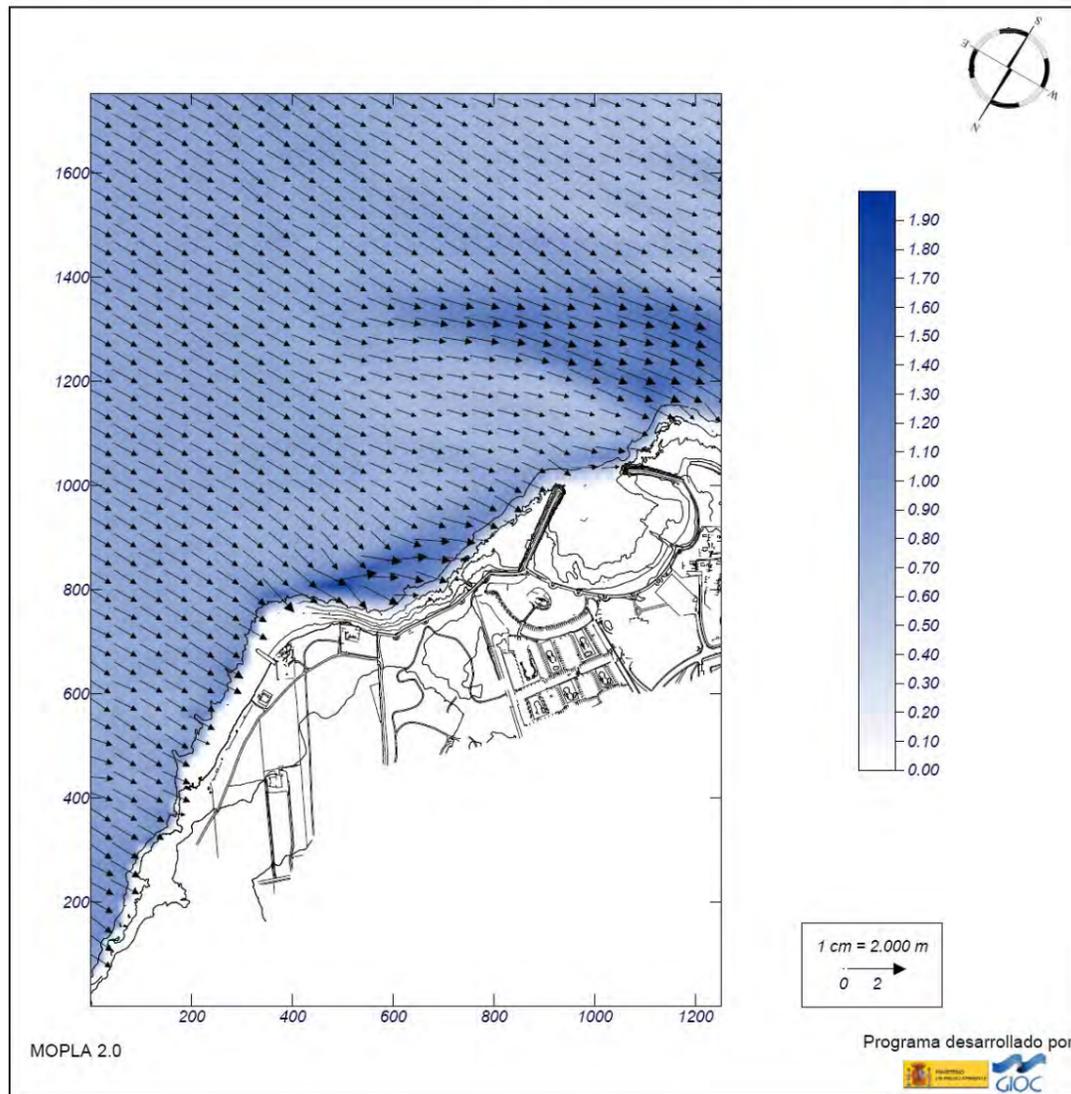
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A253
A2: malla detalle NE-E
53: H2 E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.090909 Hz (Tp: 11 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



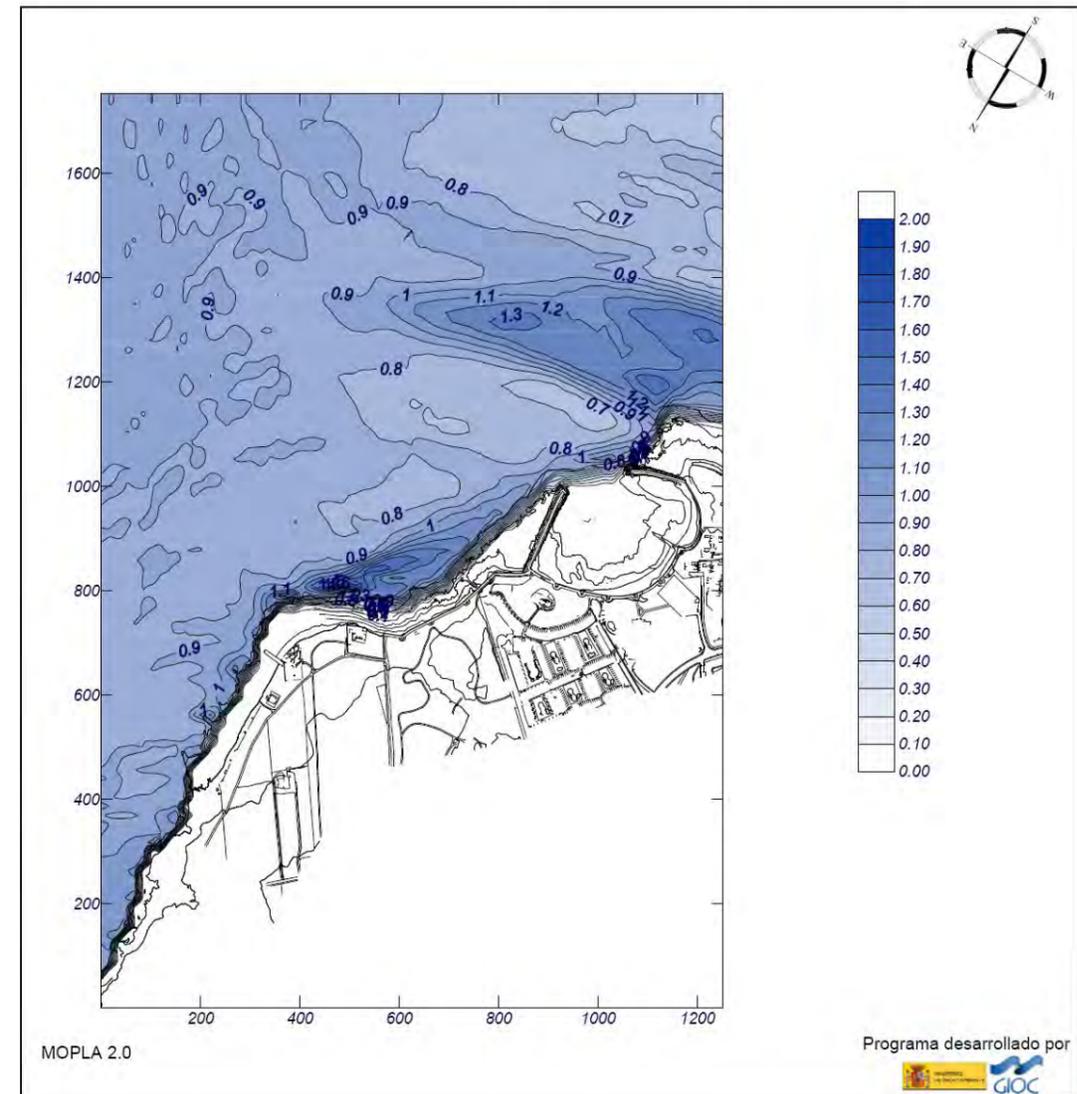
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A253
A2: malla detalle NE-E
53: H2 E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.090909 Hz (Tp: 11 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		

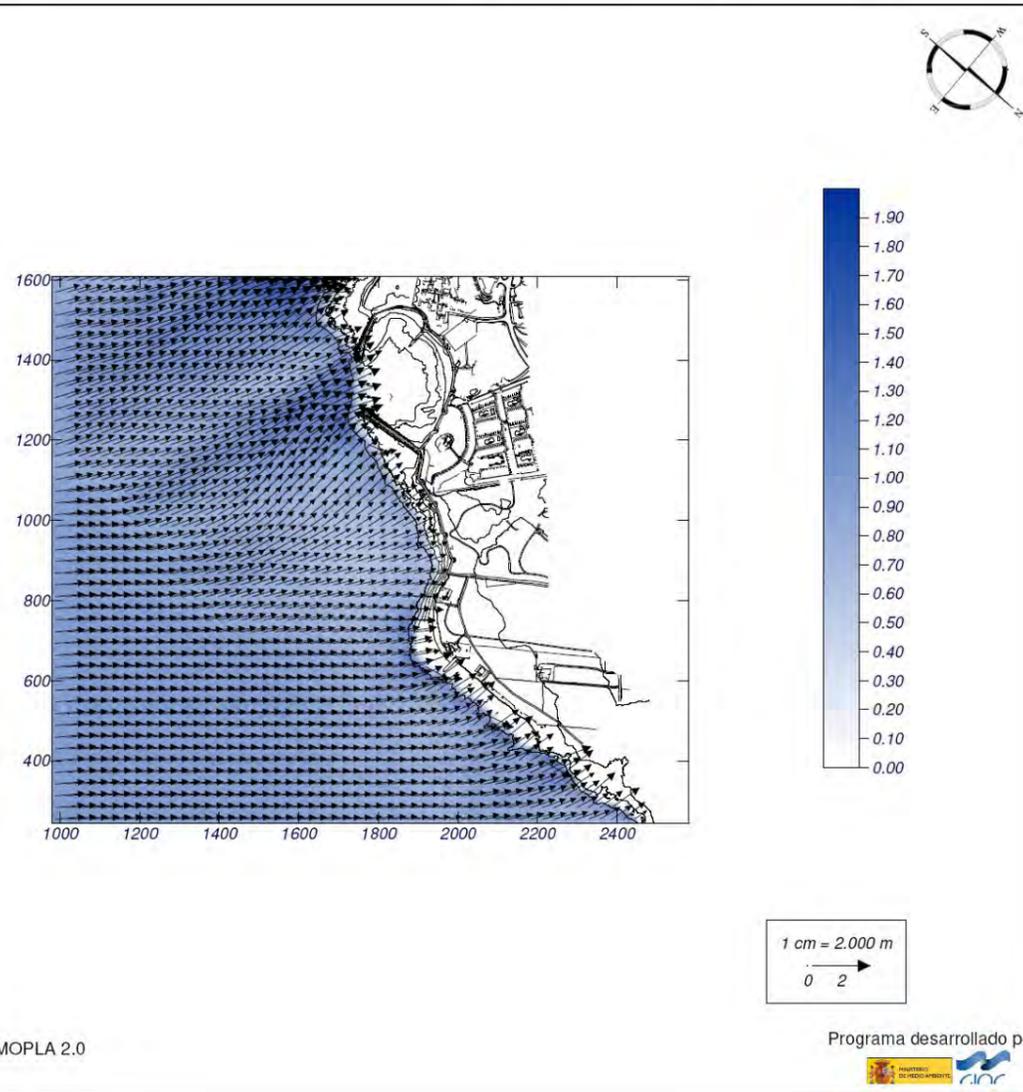


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B254
B2: malla detalle SE-S
54: H2 SE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.090909 Hz (Tp: 11 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		

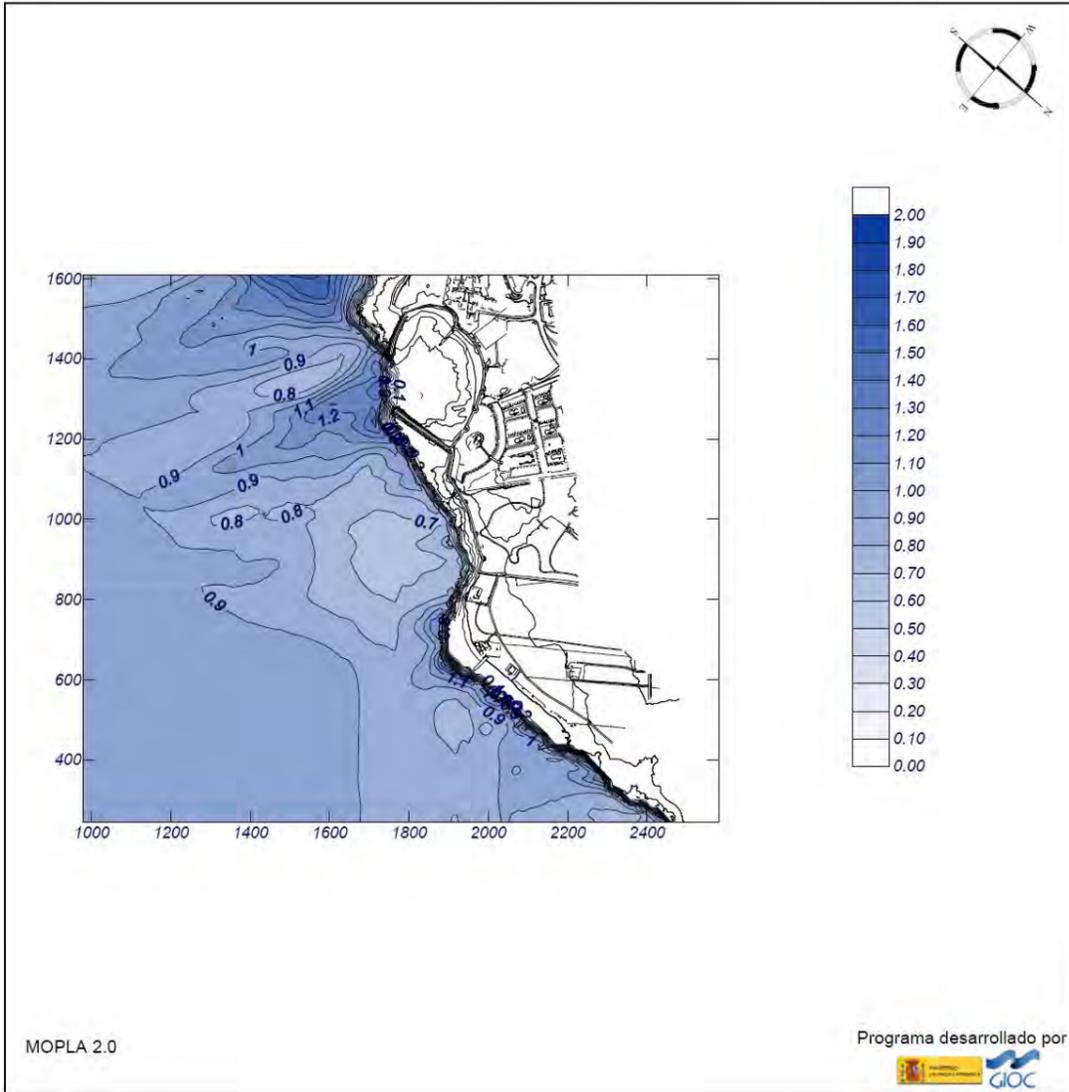


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B254
B2: malla detalle SE-S
54: H2 SE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.090909 Hz (Tp: 11 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



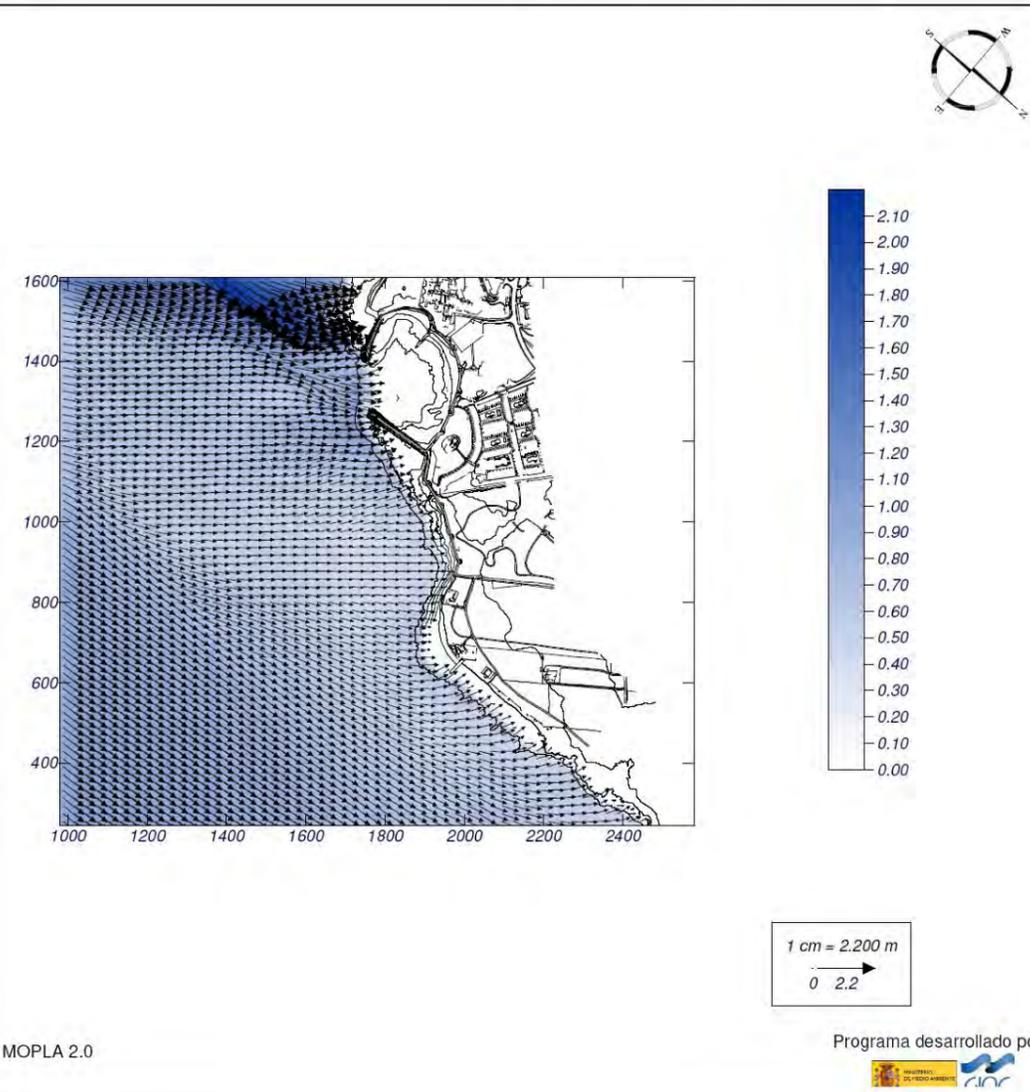
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B255
B2: malla detalle SE-S
55: H2 S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.090909 Hz (Tp: 11 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



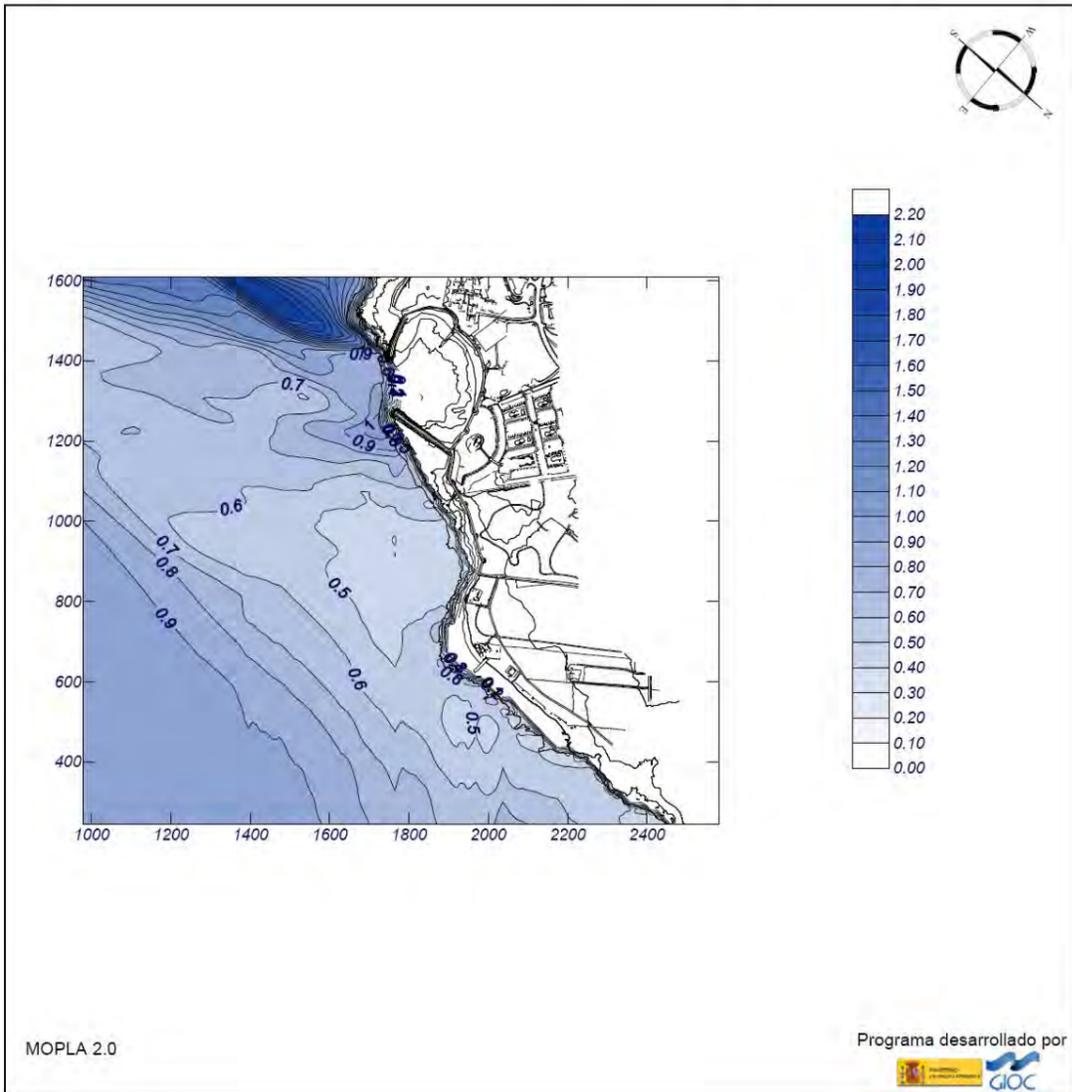
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B255
B2: malla detalle SE-S
55: H2 S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.090909 Hz (Tp: 11 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



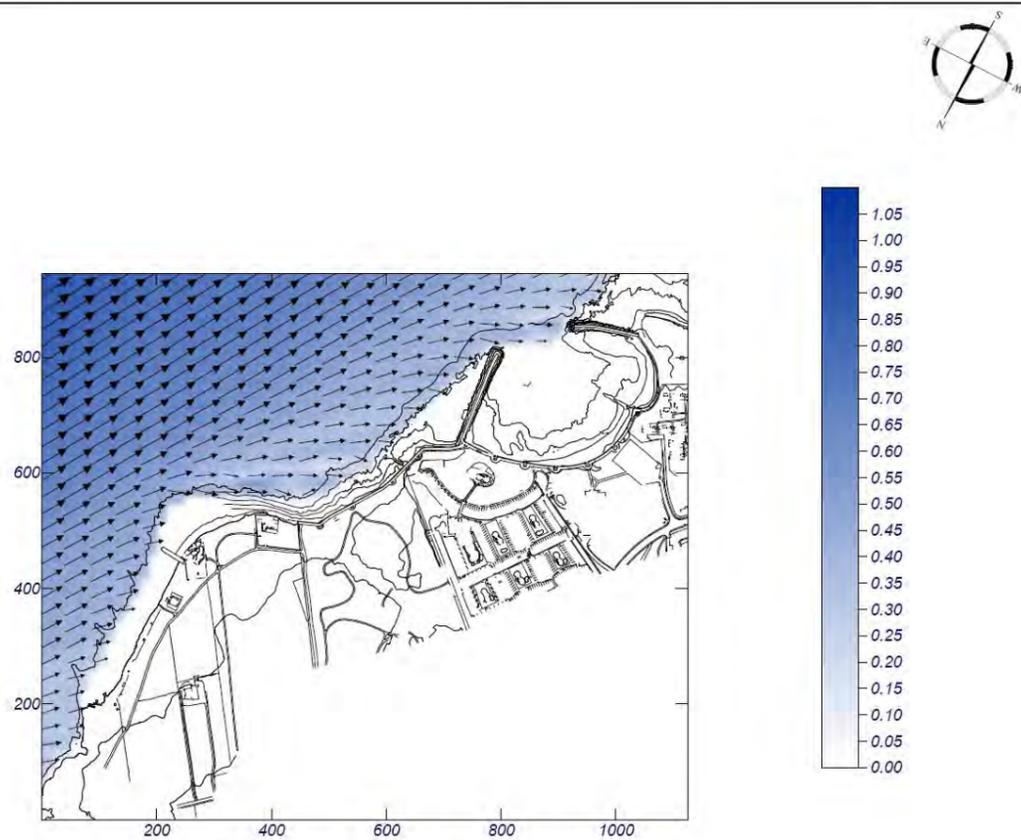
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: M361
M3: malla detalle NNE
61: H3 NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.2 Hz (Tp: 5 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) α: 10° - Nº Comp.: 5		



1 cm = 1.100 m
 0 1.1

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por

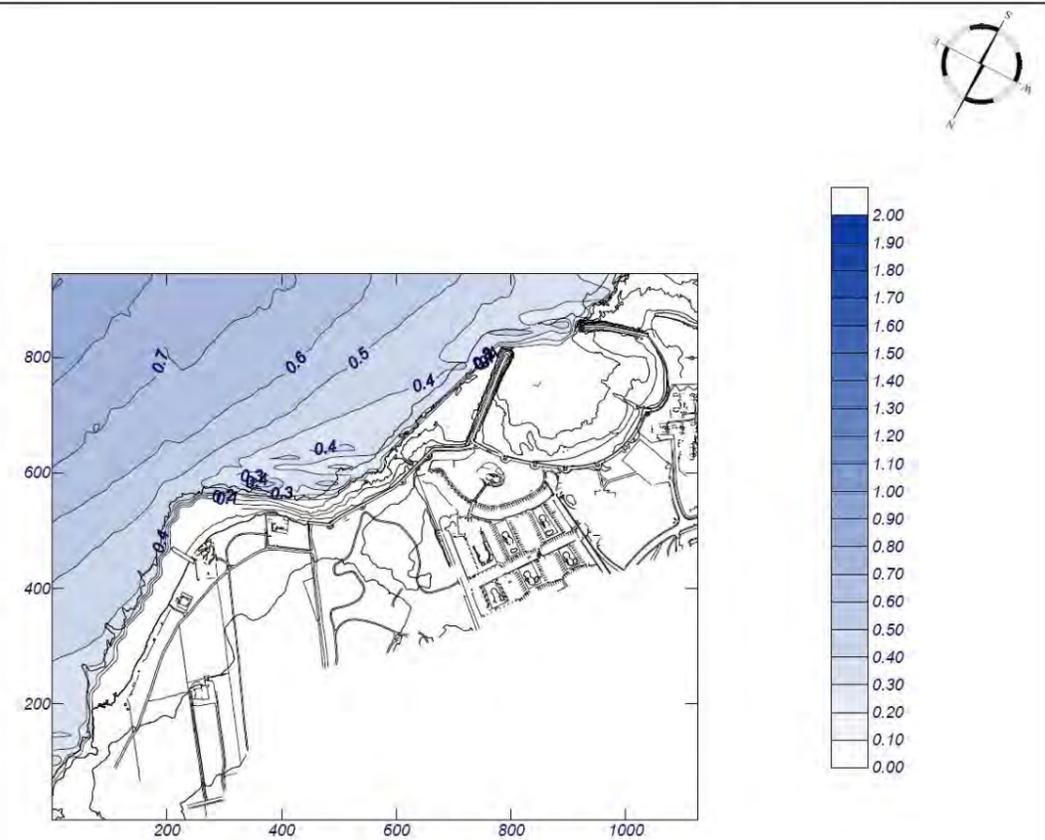

Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: M361
M3: malla detalle NNE
61: H3 NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.2 Hz (Tp: 5 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) α: 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por

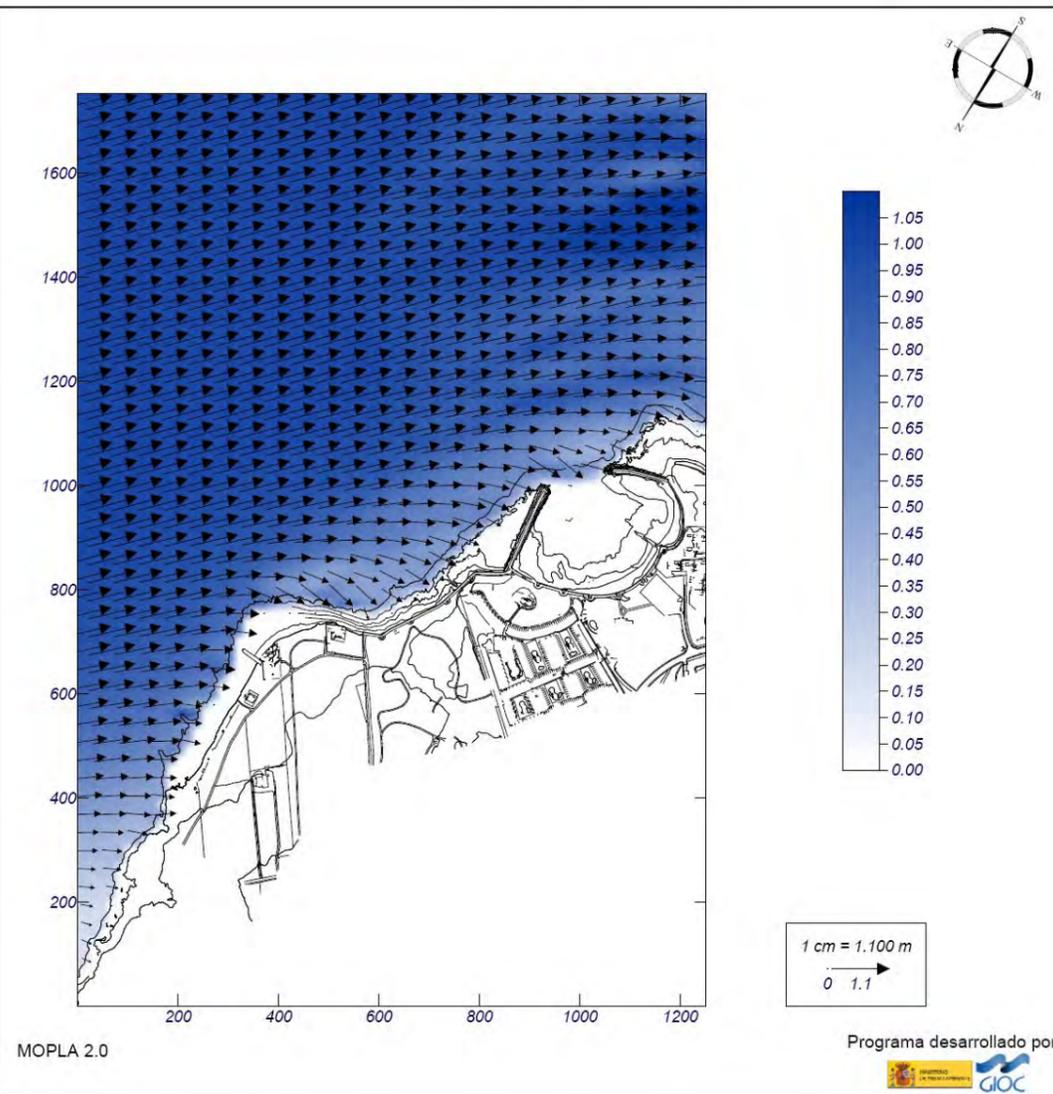

Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A262
A2: malla detalle NE-E
62: H3 NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.2 Hz (Tp: 5 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



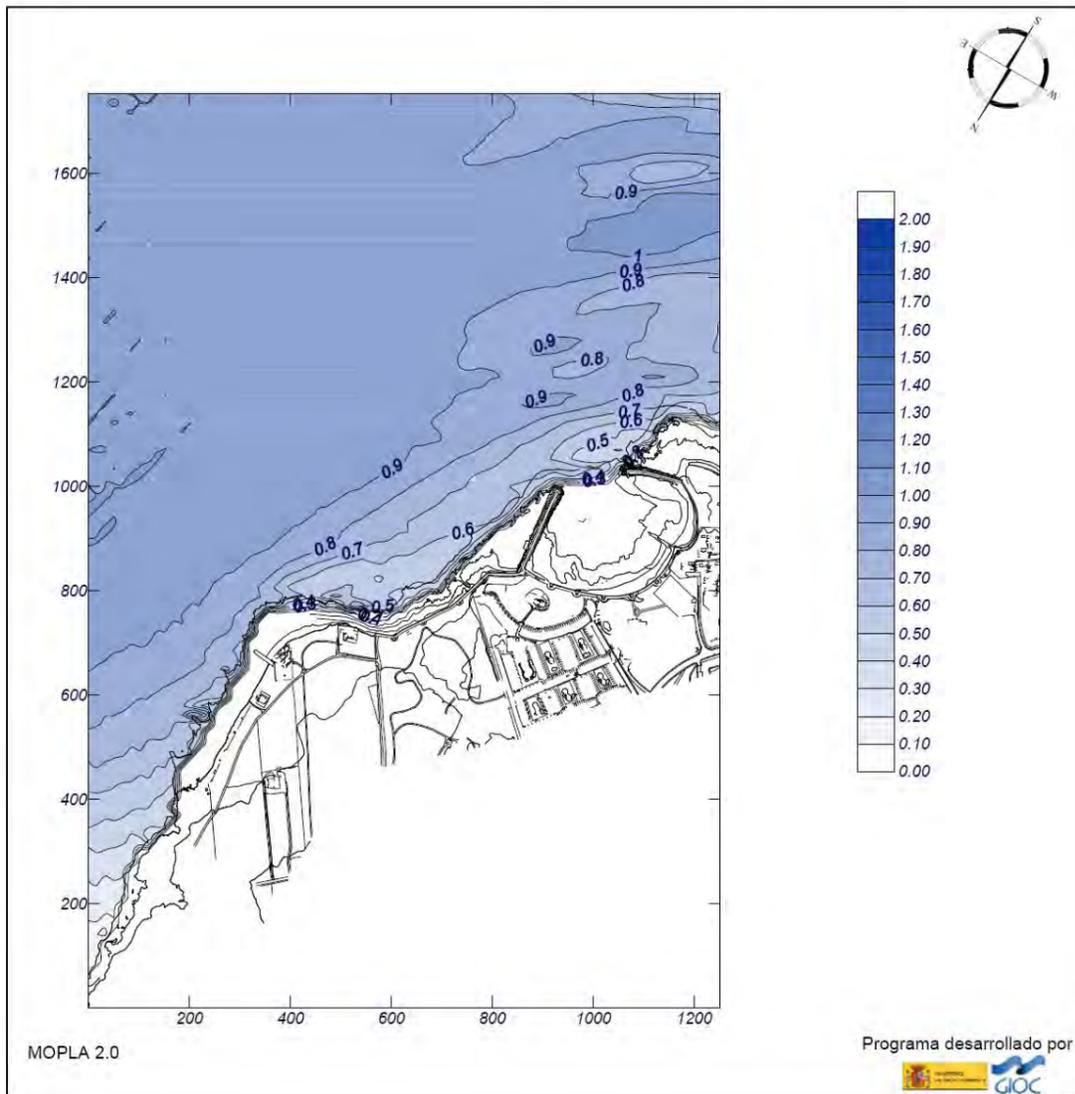
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A262
A2: malla detalle NE-E
62: H3 NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.2 Hz (Tp: 5 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



ANEJO N° 4. ESTUDIO DE DINÁMICA LITORAL

0	15-09-17	Edición final	OPF	JEG	JEG
B	19-04-17	Emisión para Comentarios del Cliente	OPF	JEG	JEG
A	17-04-17	Emisión para Comentarios Internos	OPF	JEG	JEG
Revisión	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado

ÍNDICE

1.	CONTENIDO DEL ESTUDIO.....	1	4.2.1	ZONIFICACIÓN DEL PERFIL DE PLAYA. PROFUNDIDADES ACTIVA Y DE CIERRE....	16
2.	CLIMA MARÍTIMO	1	4.2.2	PERFIL DE EQUILIBRIO	16
3.	BATIMETRÍA, NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS Y CONDICIONES DE LA BIOSFERA SUBMARINA.....	2	4.2.2.1	Formulaciones existentes.....	16
3.1	BATIMETRÍA	2	4.2.2.1.1	Perfil de Dean	17
3.2	NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS	3	4.2.2.1.2	Perfil de equilibrio con modelo de disipación en la zona de rotura	18
3.2.1	MARCO GEOLÓGICO GENERAL.....	3	4.2.2.1.3	Perfil en playas con refracción y difracción	18
3.2.2	GEOMORFOLOGÍA	3	4.2.2.1.4	Perfil en playas con reflexión	19
3.2.3	EDAFOLOGÍA	4	4.2.2.2	Aplicación de los perfiles de equilibrio a la playas existentes	19
3.2.4	SUBSTRATOS LITORALES	4	5.	ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE LITORAL	21
3.2.5	SEDIMENTOLOGÍA LOCAL	5	5.1	METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS	21
3.3	CONDICIONES DE LA BIOSFERA MARINA	6	5.2	CÁLCULO DEL TRANSPORTE LONGITUDINAL MEDIANTE FORMULACIONES	22
3.3.1	ESPECIES Y HÁBITATS.....	6	5.2.1	INTRODUCCIÓN.....	22
3.3.2	CALIDAD DE LAS AGUAS	7	5.2.2	PRINCIPALES FORMULACIONES EXISTENTES	22
3.3.3	ESPACIOS PROTEGIDOS	7	5.2.2.1	Fórmula del CERC	22
4.	FORMAS DE EQUILIBRIO EN PLANTA Y PERFIL	10	5.2.2.1.1	Expresión general.....	22
4.1	FORMAS DE EQUILIBRIO DE UNA PLAYA EN PLANTA	10	5.2.2.1.2	Cuantificación del coeficiente K.....	22
4.1.1	FORMULACIONES EXISTENTES.....	10	5.2.2.2	Fórmula de Kamphuis.....	24
4.1.2	RESULTADOS OBTENIDOS.....	11	5.2.2.3	Fórmula de Van Rijn.....	24
4.1.2.1	Definición del polo de difracción	11	5.2.3	IMPLEMENTACIÓN DE LAS FÓRMULAS	24
4.1.2.2	Dirección del flujo medio de energía	11	5.2.4	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE LONGITUDINAL.....	24
4.1.2.3	Ajustes realizados	13	5.3	CÁLCULO MEDIANTE MODELADO NUMÉRICO	26
4.1.2.3.1	Playa de El Jablillo	13	5.3.1	CONCEPTOS PREVIOS SOBRE EL MODELO UTILIZADO	26
4.1.2.3.2	Playa de las Cucharas.....	14	5.3.2	RESULTADOS DEL MODELO NUMÉRICO	26
4.2	ANÁLISIS DEL PERFIL TRANSVERSAL.....	16	5.4	COMENTARIOS RESPECTO AL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	28
			6.	EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA Y BALANCE SEDIMENTARIO	29
			6.1	EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA	29

6.1.1	EVOLUCIÓN HISTÓRICA.....	29	Figura 2.	Batimetría de detalle de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia a partir de la DGC).....	2
6.1.1.1	Consideraciones generales.....	29	Figura 3.	Unidades geológicas principales en la isla de Lanzarote y zona de actuación (círculo rojo) (Fuente: www. http://www.geoparque Lanzarote.org/geologia/)	3
6.1.1.2	Evolución de la línea de costa	29	Figura 4.	Geomorfología de la zona de estudio (Fuente: PIOL)	4
6.1.2	EVOLUCIÓN FUTURA.....	30	Figura 5.	Tipos de suelo en la zona de estudio (Fuente: PIOL)	4
6.2	BALANCE SEDIMENTARIO	30	Figura 6.	Substratos litorales en la zona de estudio (Fuente: PIOL)	4
7.	RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS Y CANTERAS. PREVISIÓN DE DRAGADOS O TRASVASES DE ARENAS.....	31	Figura 7.	Fotografía de los fondos marinos en la zona de actuación: zona intermareal –izquierda- y sumergida –derecha- (Fuente: elaboración propia)	5
7.1	RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS Y CANTERAS	31	Figura 8.	Ubicación de las muestra de arena en la playa de Los Charcos (Fuente: DGSCM)	5
7.2	PREVISIÓN DE DRAGADOS O TRASVASE DE ARENAS	31	Figura 9.	Ubicación de las muestra de arena en la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM).....	5
8.	PROPUESTA PARA LA MINIMIZACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS Y MEDIDAS CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS	31	Figura 10.	Comunidades marinas en el entorno de la zona de obras (Fuente: PIOL).....	6
9.	PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS.....	32	Figura 11.	Comunidades marinas en el entorno de la zona de obras detectadas en los trabajos de campo (Fuente: Elaboración propia)	7
10.	DINÁMICAS RESULTANTES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO	32	Figura 12.	Conexión de agua con instalaciones hoteleras (Fuente: elaboración propia.....	7
10.1	ANTECEDENTES	32	Figura 13.	Ubicación de los ZECs y ZEPAs en la isla de Lanzarote (Fuente: Cabildo de Lanzarote)	8
10.2	VARIACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA.....	32	Figura 14.	LIC "Espacio Marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura" (Fuente: magrama).....	8
10.3	EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PLAYA DE ESTUDIO	34	Figura 15.	Límite del L.I.C. ESZZ15002 cerca de la zona de proyecto (Fuente: Gobierno de Canarias)	9
10.3.1	VARIACIÓN DE LA COTA DE INUNDACIÓN	34	Figura 16.	Definición esquemática de la planta de una bahía en equilibrio (Fuente: Hsu y Evans)	10
10.3.2	MÁXIMO RETROCESO DE LA PLAYA DEBIDO AL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR.....	34	Figura 17.	Valores de los coeficientes C0, C1 y C2 de la formulación parabólica (Fuente: Hsu y Evans)	10
10.3.3	MÁXIMO RETROCESO DE LA PLAYA DEBIDO AL GIRO DEL OLEAJE	34	Figura 18.	Esquema aplicado para el cálculo del flujo medio de energía del oleaje (Fuente: elaboración propia)	12
10.4	MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	35	Figura 19.	Puntos en los que se ha calculado la dirección del flujo medio de energía (Fuente: DGSCM)	13
Apéndice 1: Resultados gráficos del transporte de sedimentos (modelo EROS)			Figura 20.	Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de El Jablillo (Fuente: DGSCM)	13
<u>Índice de figuras</u>			Figura 21.	Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de El Jablillo (Fuente: DGSCM)	14
Figura 1.	Batimetría de la zona obtenida de la Carta Náutica nº 600 .izquierda- y 605 –derecha- (Fuente: IHM)	2	Figura 22.	Nomenclatura empleada para las 3 sub-playas (Fuente: DGSCM)	14
			Figura 23.	Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)	15

Figura 24.	Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM).....	15	Figura 42.	Vectores transporte de sedimentos correspondientes al oleaje asociado a Hs12. De arriba abajo y de izquierda a derecha: NNE, NE, E, SE y S. La escala gráfica de los vectores es diferente en cada caso, como puede apreciarse en las gráficas del Apéndice 1. La línea azul discontinua representa la profundidad activa (Fuente: elaboración propia)	27
Figura 25.	Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM).....	15	Figura 43.	Ejemplo de variación del transporte longitudinal (fórmula de Van Rijn) en función de la dirección de incidencia del oleaje. Valores positivos: NE-SW; valores negativos: SW-NE (Fuente: elaboración propia)	28
Figura 26.	Localización de la profundidad activa en la zona de estudio –línea discontinua de color rojo– (Fuente: elaboración)	17	Figura 44.	Tipología costera de la zona de estudio (Fuente: elaboración propia).	29
Figura 27.	Definición de los parámetros intervinientes en la formulación del perfil de equilibrio con refracción (Fuente: GIOC).....	18	Figura 45.	Fotografías aéreas histórica de la línea de costa en el ámbito de la zona de actuación en 1982, 1990, 1998, 2005, 2009 y 2015 (Fuente: Grafcan y GoogleMaps)	29
Figura 28.	Definición de los parámetros intervinientes en la formulación del perfil de equilibrio con refracción (Fuente: GIOC).....	19	Figura 46.	Fotografías aéreas histórica de la línea de costa en la zona de actuación en 1982, 1990, 1998, 2005, 2009 y 2015 (Fuente: Grafcan y GoogleEarth)	30
Figura 29.	Localización de los perfiles reales de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)	19	Figura 47.	Variación histórica de las principales variables de la dinámica costera en la costa española (Fuente: Ministerio de Medio Ambiente / OECC)	33
Figura 30.	Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 1 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)	20	Figura 48.	Variación del nivel medio del mar (Fuente: Ministerio de Medio Ambiente / OECC).....	33
Figura 31.	Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 2 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)	20	Figura 49.	Variación de la forma en equilibrio en planta de la alternativa seleccionada calculada con el flujo medio de energía actual y el flujo medio de energía previsto en 2067 (Fuente: elaboración propia)	35
Figura 32.	Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 3 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)	20			
Figura 33.	Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 4 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)	20			
Figura 34.	Relación entre H y P a partir de datos de campo (Fuente: Shore Protection Manual, 1984).....	23			
Figura 35.	Calibración del modelo de Baillard para la definición de K_s (Fuente: Coastal Engineering Manual, 2002)	23			
Figura 36.	Calibración del modelo de Del Valle para la definición de K_{rms} (Fuente: Coastal Engineering Manual, 2002)	23			
Figura 37.	Criterios de signo del programa LONGTRANS (Fuente: elaboración propia)	24			
Figura 38.	Límites de incidencia del oleaje en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)	25			
Figura 39.	Alineación media de la batimetría en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia) ...	25			
Figura 40.	Capacidad de transporte longitudinal en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)	25			
Figura 41.	Vectores transporte de sedimentos correspondientes al oleaje morfológico. De arriba abajo y de izquierda a derecha: NNE, NE, E, SE y S. La escala gráfica de los vectores es diferente en cada caso, como puede apreciarse en las gráficas del Apéndice 1 (Fuente: elaboración propia).....	27			

Índice de tablas

Tabla 1.-	Resultados de los análisis granulométricos de las muestra de arena en la playa de Los Charcos (Fuente: DGSCM).....	5
Tabla 2.-	Resultados de los análisis granulométricos de las muestra de arena en la playa de Los Cucharas (Fuente: DGSCM).....	6
Tabla 3.-	Parámetros promedio de la calidad del agua en las 2 estaciones hidrográficas (Fuente: elaboración propia)	7
Tabla 4.-	Resultados de la dirección del flujo medio de energía (Fuente: DGSCM)	13
Tabla 5.-	Profundidades activa y de cierre para diferentes direcciones de oleaje incidentes (Fuente: elaboración propia)	16
Tabla 6.-	Resultados del transporte de sedimentos obtenido con el programa EROS. El signo (+) indica dirección N-S y el signo (-) dirección S-N (Fuente: elaboración propia)	28

1. CONTENIDO DEL ESTUDIO

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

- Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escalares.
- Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, Naturaleza geológica de los fondos y Condiciones de la biosfera submarina y efectos sobre la misma de las actuaciones previstas en la forma que señala el artículo 88 e) de este reglamento (es decir, la determinación de la posible afección a espacios de la Red Natura 2000 o cualesquiera otros dotados de figuras de protección ambiental).
- Formas de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado.
- Estudio de la capacidad de transporte litoral.
- Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.
- Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arenas.
- Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático
- Propuesta para la minimización de la incidencia de las obras y medidas correctoras y compensatorias.
- Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.

En los siguientes apartados se desarrollan los puntos anteriores.

2. CLIMA MARÍTIMO

El Anejo nº 3 del proyecto incluye un completo estudio de Clima marítimo, incluyendo la estadística de oleajes y temporales, tanto escalares como direccionales, así como el estudio de mareas, vientos y corrientes.

3. BATIMETRÍA, NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS Y CONDICIONES DE LA BIOSFERA SUBMARINA

3.1 BATIMETRÍA

La información batimétrica empleada en el presente proyecto ha sido obtenida de las siguientes fuentes:

- Cartas Náuticas nº 600 y 605 del Instituto Hidrográfico de la Marina (ver Figura 1.),
- Levantamiento topo-batimétrico de detalle obtenido del "Estudio Ecocartográfico del litoral de las Islas de Lanzarote, Graciosa y Alegranza" (2002) y que se presenta en el Anejo nº 2 del proyecto (ver Figura 2.).

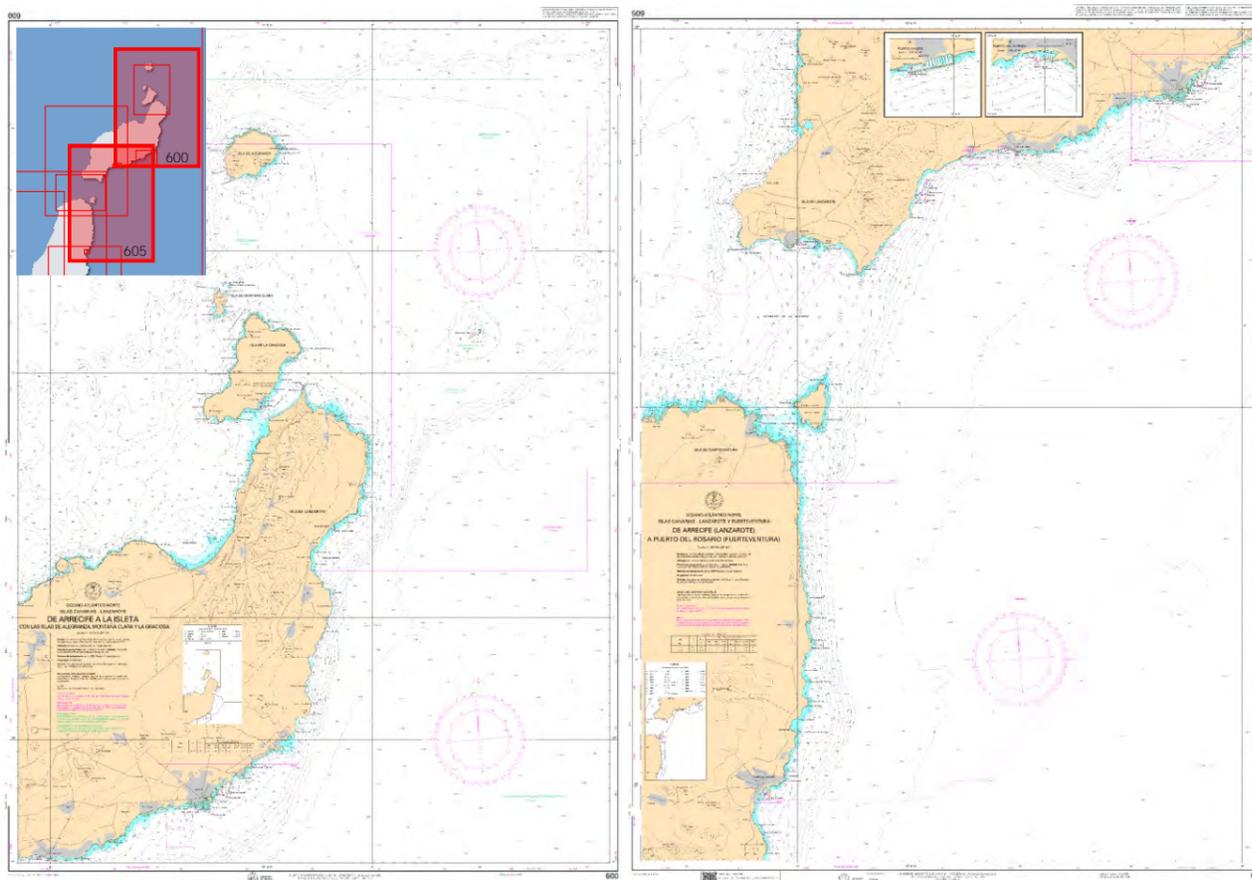


Figura 1. Batimetría de la zona obtenida de la Carta Náutica nº 600 .izquierda- y 605 –derecha- (Fuente: IHM)

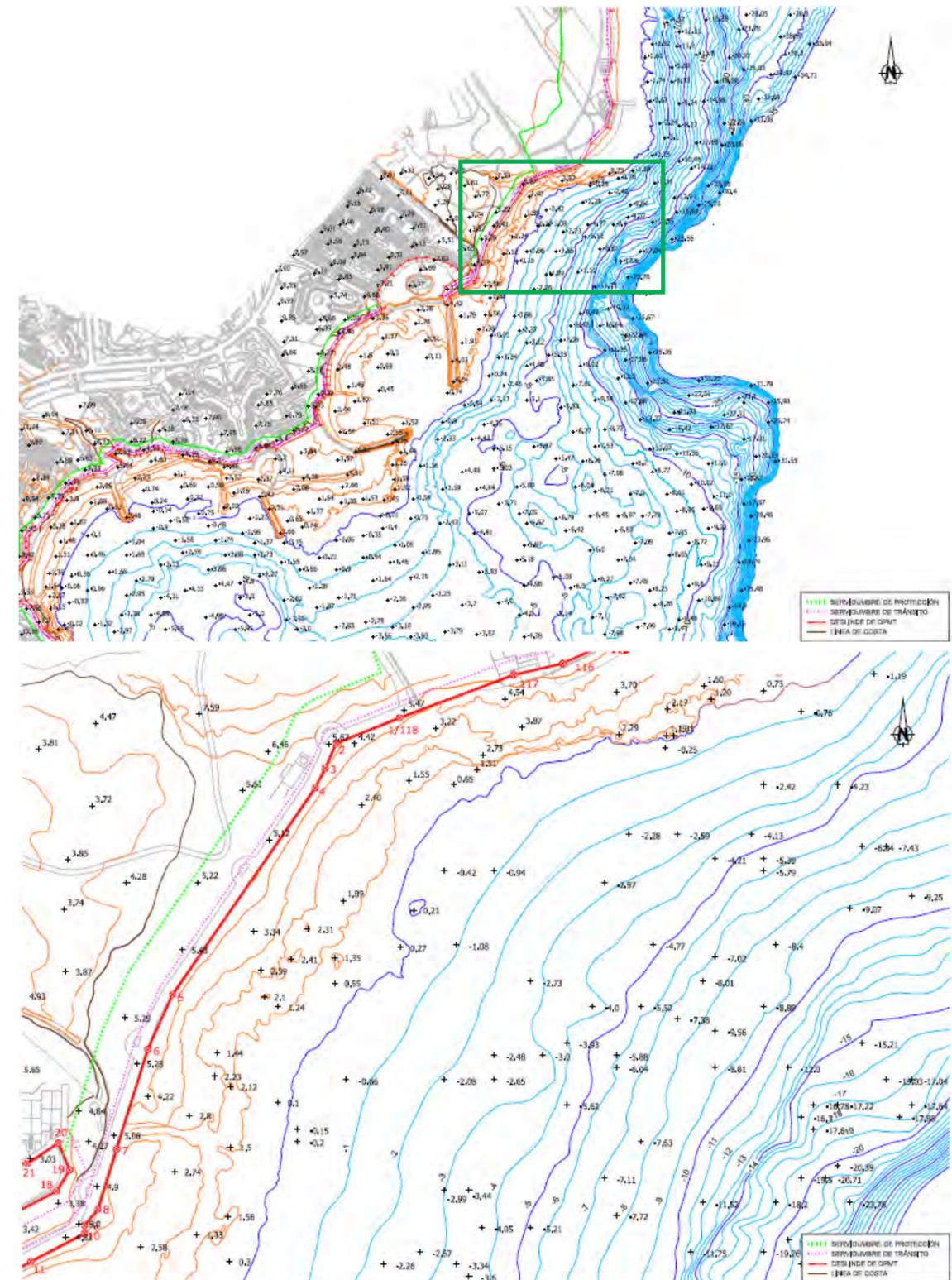


Figura 2. Batimetría de detalle de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia a partir de la DGC)

3.2 NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS

3.2.1 MARCO GEOLÓGICO GENERAL

Lanzarote, como todas las demás Islas Canarias, es el efecto de los procesos geológicos derivados de la apertura del Atlántico, iniciado en el Mesozoico, y agravado más recientemente por la presión existente en esta zona generado por el giro de África en el sentido de las agujas del reloj iniciado en la orogenia alpina del Terciario. Al comienzo de la apertura del Atlántico, comenzaron las emisiones de lava sin aflorar a la superficie hasta hace unos 20 millones de años en la vecina Fuerteventura y 11 millones de años en la isla de Lanzarote.

La historia geológica de Lanzarote se divide en tres fases:

- En una primera fase, hace 11 millones de años, durante el Mioceno, aparecen los restos más antiguos en la zona de Famara, al norte de la isla, y en los Ajaches, al sur. Actualmente, los procesos erosivos han dismantelado estas formaciones. Su morfología es la de edificios erosionados que han evolucionado a formas acarcavadas con una buena red de drenajes caracterizados por valles en forma de "U" actualmente secos y áridos. Característico de estas formaciones es el risco de Famara, donde se encuentra la mayor altitud en la isla, unos 600 m. El punto más alto de Lanzarote se encuentra aquí, en las peñas del Chache con una altura de 671 m.
- Una segunda fase es la que abarca la evolución de la morfología de Lanzarote desde el Mioceno hasta el Pleistoceno, que se caracterizó por los procesos erosivos de las dos formaciones, Famara y Ajaches. Posteriormente, han existido emisiones importantes de material magmático que han dado lugar a la unión de las dos formaciones antiguas. Se trata sobre todo del sector central de la isla que se caracteriza por la existencia de alineaciones de edificios formando los ejes estructurales de la isla, que coinciden con los ejes de formación de Fuerteventura con dirección NE-SO, algunos con avanzado estado de dismantelamiento, con una evolucionada red de drenaje en formas redondeadas, amplios valles, vegas y moderadas penillanuras. Cabe decir que en esta etapa Lanzarote y Fuerteventura estaban unidas por el estrecho de la Bocaina y por la isla de Lobos. La última vez que lo estuvieron fue durante la última glaciación, la glaciación de Würm.
- La tercera fase, geológicamente hablando, no tiene nada característico, aunque es la más importante desde el punto de vista antropocéntrico. Se trata de erupciones acaecidas en los siglos XVII y XVIII con emisiones alineadas paralelas a las de la anterior fase y edificios que no superan los 200 m. pero excelentemente conservados por la poca pluviosidad que se da en la isla y por una política de conservación muy estricta

Las principales unidades geológicas se muestran en la Figura 3.

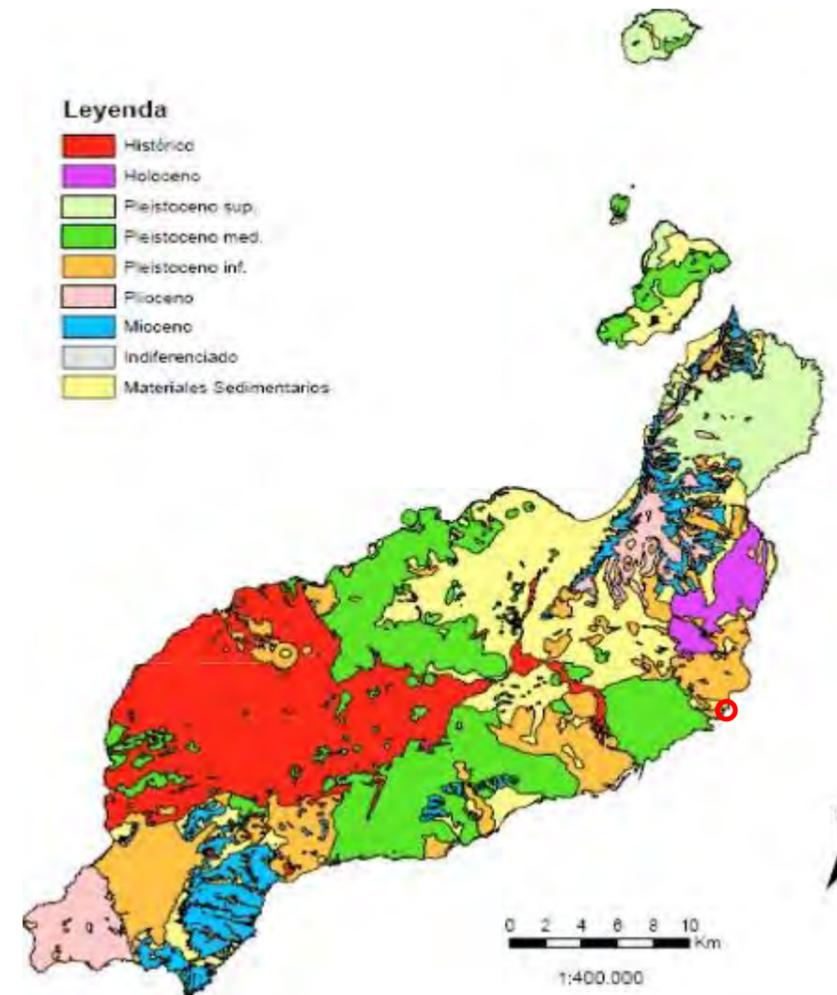


Figura 3. Unidades geológicas principales en la isla de Lanzarote y zona de actuación (círculo rojo) (Fuente: www.geoparque Lanzarote.org/geologia/)

Localmente, en la zona de estudio se encuentran materiales del Pleistoceno inferior, si bien también aparecen materiales sedimentarios.

3.2.2 GEOMORFOLOGÍA

De acuerdo con el Plan Insular de Ordenación de Lanzarote (en adelante PIOL) la zona de estudio se corresponde desde el punto de vista geomorfológico a la formación de "rampa lávica" (ver Figura 4.).



Figura 4. Geomorfología

3.2.3 EDAFOLOGÍA

De acuerdo con el PIOL la zona de estudio se caracteriza por tener unos suelos poco desarrollados y de clima árido con predominio de versitales y basaltos subcrecientes (ver Figura 5.).

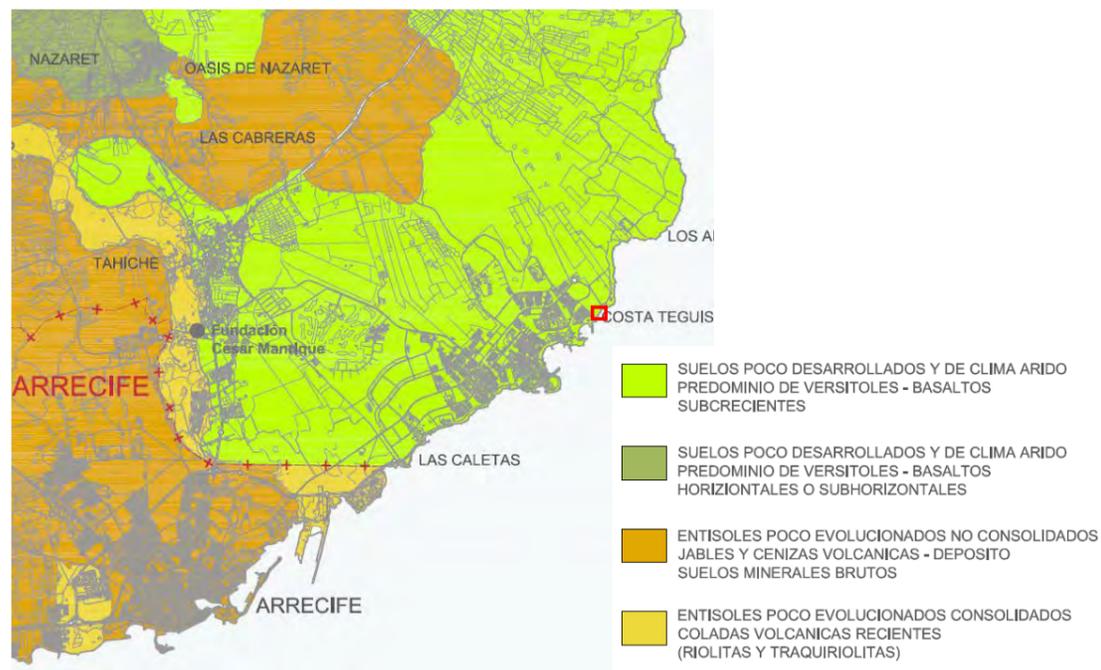


Figura 5. Tipos de suelo en la zona de estudio (Fuente: PIOL)

3.2.4 SUBSTRATOS LITORALES

De acuerdo con el PIOL la costa en la zona de estudio es del tipo "acantilado bajo" y los fondos litorales son del tipo rocoso formados por piedras (ver Figura 6.).

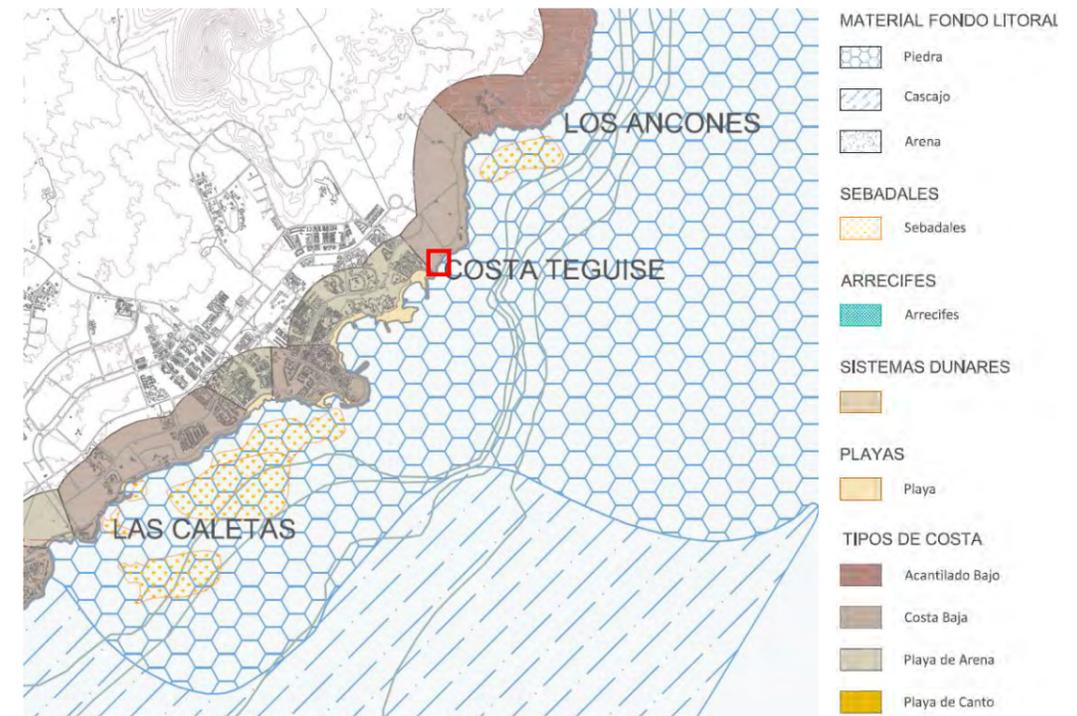


Figura 6. Substratos litorales en la zona de estudio (Fuente: PIOL)

En las proximidades destaca la presencia de algunas playas de arena: los Charcos y las Cucharas.

3.2.5 SEDIMENTOLOGÍA LOCAL

De acuerdo con lo descrito en el apartado anterior en la zona de proyecto no existen fondos sedimentarios, lo cual fue verificado con las inspecciones subacuáticas realizadas (ver Figura 7.).



Figura 7. Fotografía de los fondos marinos en la zona de actuación: zona intermareal –izquierda- y sumergida – derecha- (Fuente: elaboración propia)

Por consiguiente no han podido realizarse análisis granulométricos en la zona de actuación. No obstante se ha recopilado la información sedimentarias de las playas próximas obtenidas del "Proyecto de mejora del frente litoral entre las playas de El Jablillo y Las Cucharas, T.M. de Teguisse (Isla de Lanzarote)" encargado por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM).

En particular se muestran los resultados de las muestras obtenidas en la playa de los Charcos (situada inmediatamente al sur de la zona de actuación) y de la playa de Las Cucharas (algo más al sur). Parada una de estas dos playas se presenta la ubicación de las muestras de arenas (Figura 8. y Figura 9.), así como los resultados de los análisis granulométricos (Tabla 1.- y Tabla 2.-).

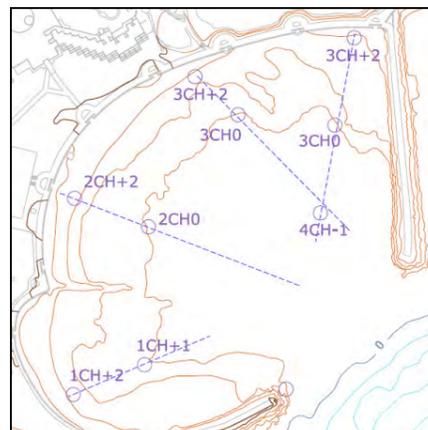


Figura 8. Ubicación de las muestra de arena en la playa de Los Charcos (Fuente: DGSCM)

Tabla 1.- Resultados de los análisis granulométricos de las muestra de arena en la playa de Los Charcos (Fuente: DGSCM)

		Muestra								
		1CH+2	1CH+1	2CH+2	2CH+0	3CH+2	3CH+0	4CH+2	4CH+0	4CH-1
Peso retenido por tamiz (g)	4	0,0000	0,8720	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2477
	2	0,0000	43,0332	0,0000	0,4315	0,0000	0,2711	0,0000	0,0000	2,8614
	1	0,8499	52,5118	0,3282	1,1441	1,1361	1,0581	0,2164	0,7340	56,4846
	0,8	2,1514	1,8957	0,9275	2,2492	1,1747	4,5594	0,2061	4,0000	11,2102
	0,5	26,2284	1,0237	26,8122	24,4446	33,5740	24,5065	34,9304	24,7340	21,4914
	0,25	54,1567	0,3791	56,8208	58,8480	51,7427	60,2151	54,3843	60,1702	6,5899
	0,18	10,2523	0,1896	9,6318	8,9832	8,3381	6,2929	7,9341	8,8085	0,3344
	0,1	6,2151	0,0948	5,3082	1,9394	3,0522	1,9363	2,2772	1,5532	0,5203
	0,062	0,1461	0,0000	0,1712	1,5286	0,9821	0,8896	0,0515	0,0000	0,1982
<0,062	0,0000	0,0000	0,0000	0,4315	0,0000	0,2711	0,0000	0,0000	0,0619	
D50 (mm)		0,38	1,85	0,38	0,39	0,41	0,40	0,41	0,39	1,12
MODA		AM	AMG	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AMG

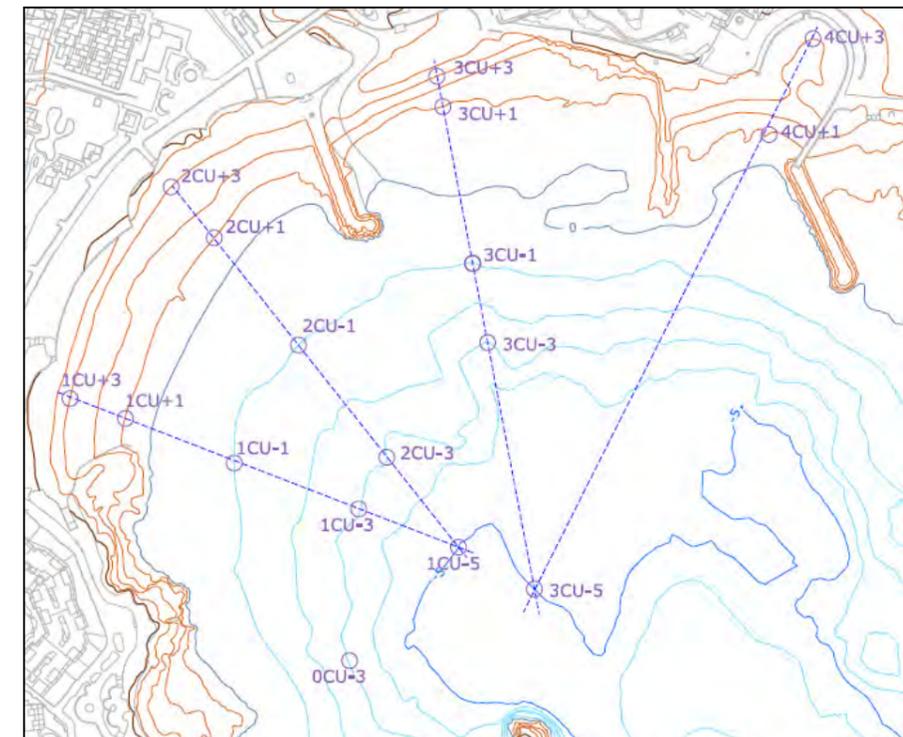


Figura 9. Ubicación de las muestra de arena en la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

Puede apreciarse que en la playa de Los Charcos el sedimento es mayoritariamente arena media (AM) con un par de muestras de arena muy gruesa (AMG), estando el tamaño medio en el entorno de $D_{50} = 0,40$ mm, mientras que en las playas de Las Cucharas el sedimento es también mayoritariamente arena media (AM) si bien hay varias muestras de arenas finas (AF), estando el tamaño medio en el entorno de $D_{50} = 0,30$ mm.

Tabla 2.- Resultados de los análisis granulométricos de las muestra de arena en la playa de Los Cucharas (Fuente: DGSCM)

		Muestra							
		0CU-3	1CU+3	1CU+1	1CU-1	1CU-3	1CU-5	2CU+3	2CU+1
Peso retenido por tamiz (g)	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	2	0,1876	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	1	2,7522	0,0702	0,4276	0,6774	0,3317	0,7580	0,0000	0,0612
	0,8	4,4410	0,1204	0,4210	1,0469	0,3980	0,4322	0,0101	0,0966
	0,5	6,3487	16,8991	25,6037	8,1084	0,8458	6,0137	0,1793	18,0175
	0,25	34,5582	71,7511	61,5473	55,4449	41,9071	59,8028	82,3699	69,0225
	0,18	28,8194	7,7471	6,3298	17,2431	15,0415	16,9521	11,0106	6,9538
	0,1	19,9687	3,3116	5,4159	15,9602	35,6053	14,2701	6,2670	5,6660
	0,062	2,7209	0,1004	0,2548	1,2932	5,3400	1,6901	0,1631	0,1824
<0,062	0,2033	0,0000	0,0000	0,2258	0,5307	0,0810	0,0000	0,0000	
D50 (mm)		0,25	0,36	0,38	0,30	0,22	0,30	0,33	0,36
MODA		AF	AM	AM	AM	AF	AM	AM	AM

		Muestra								
		2CU-1	2CU-3	3CU+3	3CU+1	3CU-1	3CU-3	3CU-5	4CU+3	4CU+1
Peso retenido por tamiz (g)	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	2	0,0000	0,0000	0,2140	0,1293	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1293
	1	0,6774	0,3317	1,6037	0,9051	0,6774	0,3317	0,7580	0,3721	0,9051
	0,8	1,0469	0,3980	0,0512	0,4973	1,0469	0,3980	0,4322	0,6159	0,4973
	0,5	8,1084	0,8458	24,0736	26,8550	8,1084	0,8458	6,0137	21,2984	26,8550
	0,25	55,4449	41,9071	71,5829	69,8230	55,4449	41,9071	59,8028	66,7693	69,8230
	0,18	17,2431	15,0415	2,4327	1,6909	17,2431	15,0415	16,9521	7,7624	1,6909
	0,1	15,9602	35,6053	0,0418	0,0995	15,9602	35,6053	14,2701	3,0536	0,0995
	0,062	1,2932	5,3400	0,0000	0,0000	1,2932	5,3400	1,6901	0,1283	0,0000
<0,062	0,2258	0,5307	0,0000	0,0000	0,2258	0,5307	0,0810	0,0000	0,0000	
D50 (mm)		0,30	0,22	0,40	0,40	0,30	0,22	0,30	0,37	0,40
MODA		AM	AF	AM	AM	AM	AF	AM	AM	AM

- Blanquiazul en profundidades intermedias
- Arenas finas con horizonte de *Caulerpa* y de *Heteroconger longissimus* (anguila jardinera)

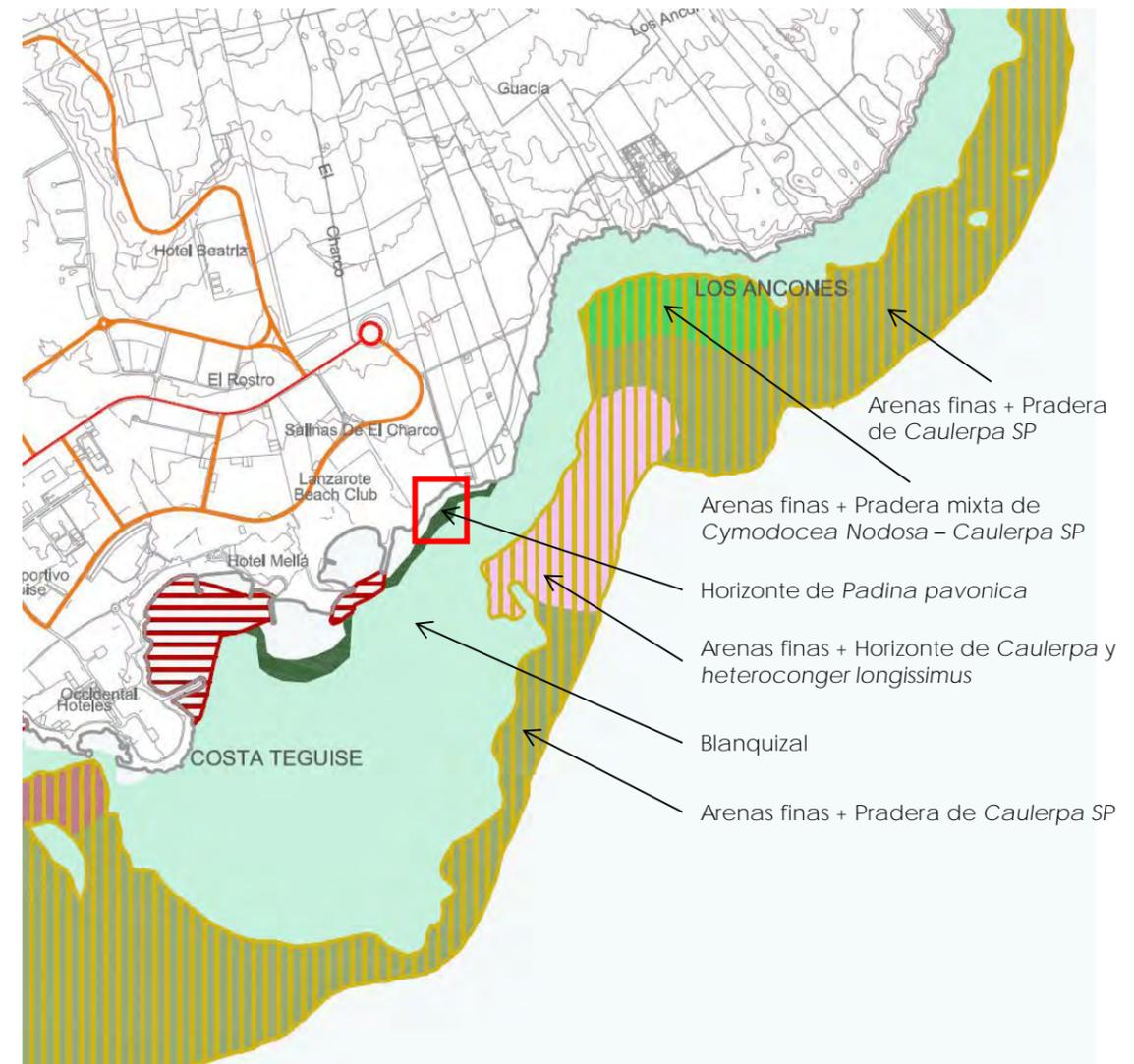


Figura 10. Comunidades marinas en el entorno de la zona de obras (Fuente: PIOL)

Los trabajos de campo realizados como parte del inventario ambiental del Documento Ambiental asociado al presente proyecto confirman fundamentalmente lo mostrado en la figura anterior, si bien con algunas consideraciones adicionales, tal como se aprecia en la Figura 11. :

- Se confirma la presencia de blanquiazul en profundidades intermedias.
- En la zona más próxima a la costa se matiza la presencia de *Padina pavonica* y en su lugar se define un horizonte más multiespecífico y variado consistente en un conjunto de biocenosis de algas fotófilas infralitorales sobre sustrato duro y un conjunto de biocenosis de algas fotófilas

3.3 CONDICIONES DE LA BIOSFERA MARINA

3.3.1 ESPECIES Y HÁBITATS

En el documento "Plan Insular de Ordenación de Lanzarote" se incluye un plano con la ubicación de las comunidades marinas, recopilado básicamente del "Estudio Ecocartográfico del litoral de las Islas de Lanzarote, Graciosa y Alegranza" (2002) realizado por la antigua Dirección General de Costas (DGC) y parte del cual se muestra en la Figura 10.

Cabe destacar los siguientes elementos:

- Horizonte de *Padina pavonica* en la zona más próxima a la costa

intermareales sobre sustrato duro (entre las cuales sí aparece con cierta frecuencia la especie *Padina pavonica*).

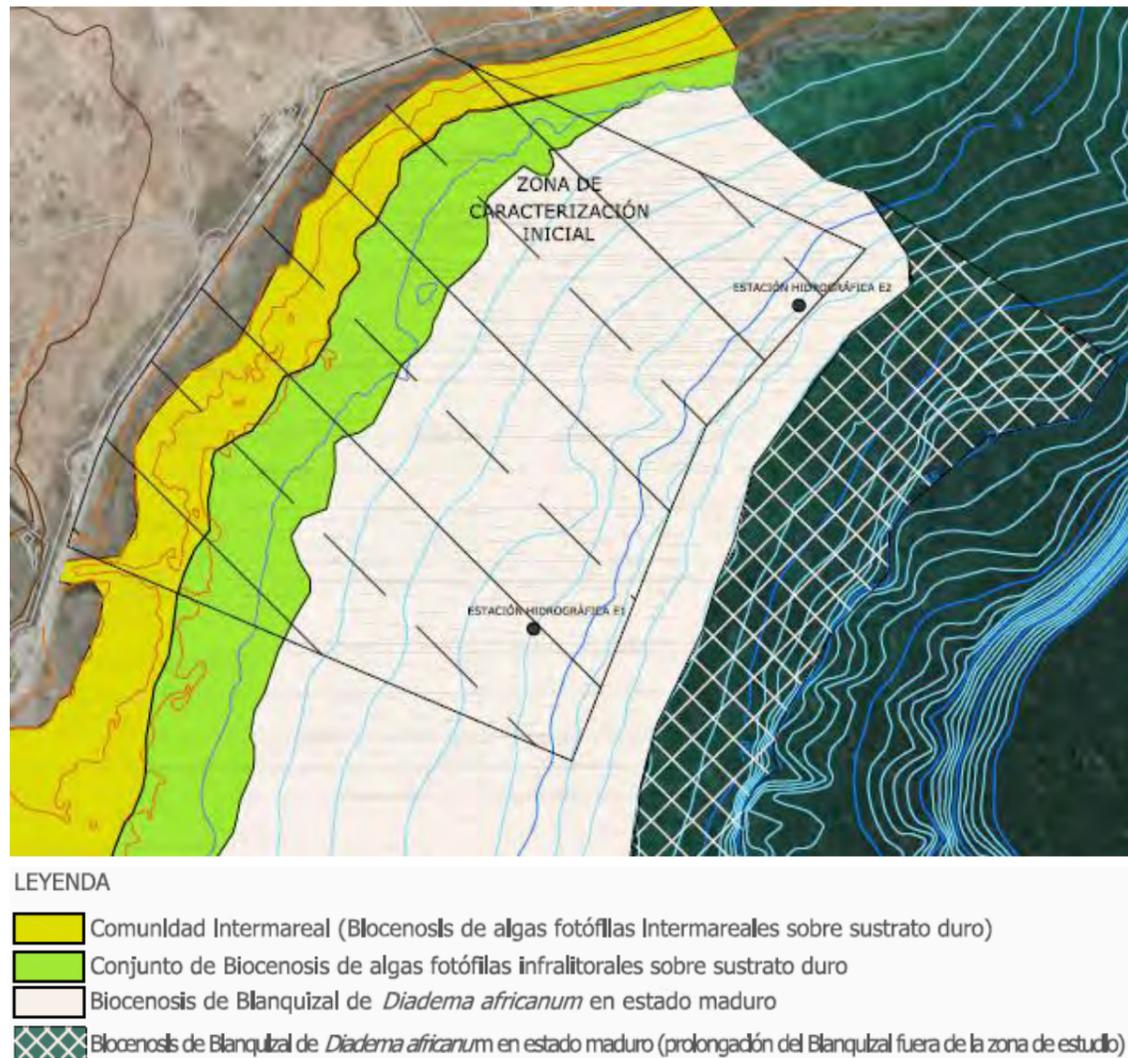


Figura 11. Comunidades marinas en el entorno de la zona de obras detectadas en los trabajos de campo (Fuente: Elaboración propia)

3.3.2 CALIDAD DE LAS AGUAS

Para analizar la calidad de las aguas se efectuaron 2 estaciones hidrográficas de control, cuya ubicación se muestra también en la Figura 11.

En ellas se efectuó la lectura continua a lo largo de la columna de agua de temperatura, pH, salinidad y O₂ disuelto. Debido a la reducida profundidad correspondiente a las 2 estaciones de medición y a la considerable homogeneidad en los valores encontrados en la columna de agua analizada, se

procede a relacionar a continuación los valores medios (seguidos por la desviación en el valor detectada en profundidad) determinados para cada uno de los parámetros medidos:

Tabla 3.- Parámetros promedio de la calidad del agua en las 2 estaciones hidrográficas (Fuente: elaboración propia)

Estación	Tª (°C)	Salinidad (ppm)	O ₂ disuelto(mg/l)	pH
1	17,21 ± 0,07	36,80 ± 0,04	8,54 ± 0,09	8,04 ± 0,11
2	17,43 ± 0,10	36,77 ± 0,05	8,66 ± 0,11	8,03 ± 0,10

Los valores de salinidad obtenidos (36,80‰), son los normales en la zona para una situación anual intermedia invernal, en consonancia con los valores de temperatura para esta época del año.

Además se pudo comprobar que la visibilidad en toda el área de estudio tiene el mismo valor que la profundidad (se pudo divisar el fondo desde la superficie en todo momento).

Asimismo se recogió una muestra intermedia de la columna de agua en ambas estaciones, para realizar un posterior análisis de las concentraciones de Enterococos intestinales y de *Escherichia coli* en laboratorio. Los resultados de las analíticas, que se muestran a continuación, registran unos recuentos de menos de 30 colonias por muestra, lo que refleja que la calidad del agua puede considerarse Excelente.

Se ha detectado en el límite Sur de la zona de estudio, un punto de conexión artificial del agua de mar con una infraestructura interior del hotel Sand Beach, consistente en un sistema de piscina-playa en la que el agua entra en la fase de llenante de marea y sale en fase de vaciante. Esta recirculación no parece influir con la calidad del agua en la zona, tal como se puede comprobar dada la ausencia de especies nitrófilas asociadas a ambientes con síntomas de degradación o alteración ambiental.



Figura 12. Conexión de agua con instalaciones hoteleras (Fuente: elaboración propia)

3.3.3 ESPACIOS PROTEGIDOS

La Red Natura 2000 está constituida por dos tipos de espacios: las zonas especiales de conservación (ZEC) y las zonas de especial protección para las aves (ZEPA). La inclusión de una ZEC en la Red Natura

2000 se consolida a través de un proceso en el que los estados miembros proponen el área primero como lugar de importancia comunitaria (LIC).

En la isla de Lanzarote existen hay 11 ZECs terrestres con una superficie total de 26.882 Ha, 1 ZEC. marino-terrestre, y 3 ZECs marinos con una superficie de 3304 Ha. La denominación y superficie de los ZECs con componente marina (cuya ubicación se muestra en la Figura 13.) es la siguiente.

- "Sebadales de la Graciosa" con código ES 7010020 (1.440 Ha marinas) [nº 3 en la Figura 13.].
- "Los Jameos" con código ES 7010054 (32,7 Ha terrestres y 243,6 Ha marinas) [nº 5 en la Figura 13.].
- "Sebadales Guasimeta" con código ES 7010021 (1.162 Ha marinas) [nº 6 en la Figura 13.].
- "Cagafrecho" con código ES 7011002 (540 Ha marinas) [nº 7 en la Figura 13.].

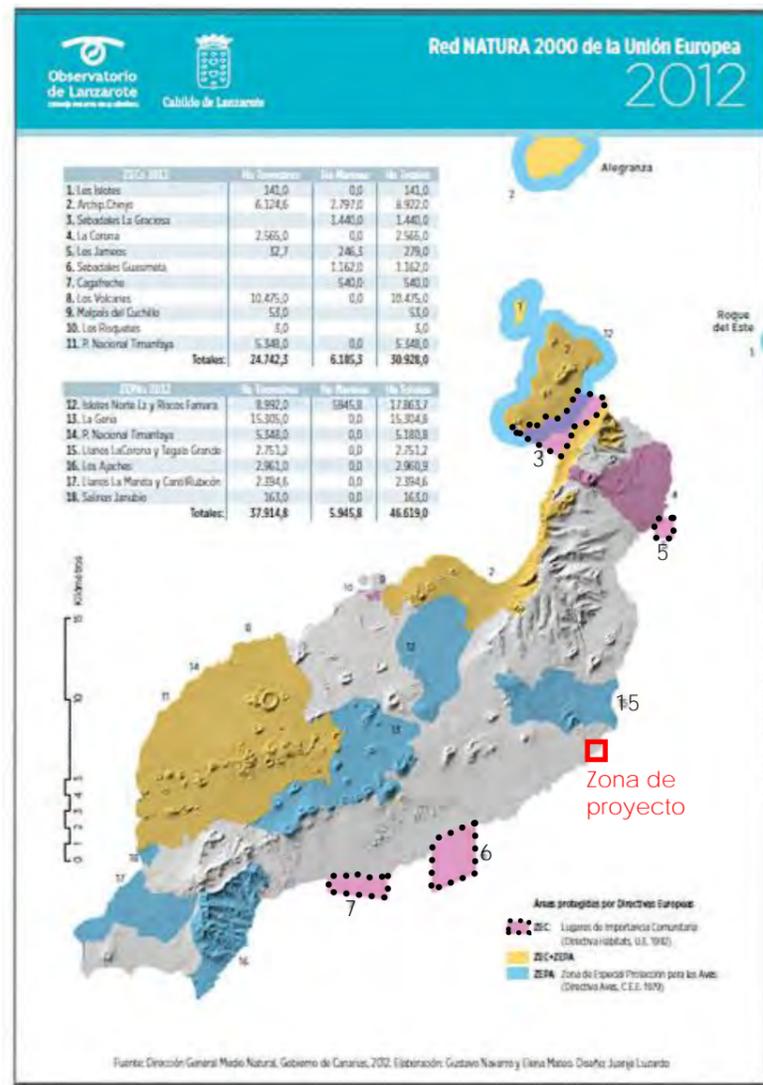


Figura 13. Ubicación de los ZECs y ZEPAs en la isla de Lanzarote (Fuente: Cabildo de Lanzarote)

Puede apreciarse que ninguno de ellos se encuentra en la zona de estudio.

Más próxima a la zona de proyecto se sitúa la ZEPa "Llanos de La Corona y Tegala Grande" con código ES0000350 (2.751 Ha terrestres) [nº 12 en la Figura 13.].

En el marco de ampliación de las zonas LICs surgió el proyecto LIFE+ INDEMARES (2009-2014), desarrollado por el antiguo Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), Fundación Biodiversidad, IEO, CSIC y diversas ONGs ambientales, que proporcionó las bases científicas para la ampliación de la Red Natura 2000 en el ámbito marino y como resultado del cual se realizó la propuesta de declaración a la Comisión Europea de 10 nuevos LICs y la declaración por España de 39 ZEPAs. Uno de estos LICs propuestos es el "Espacio Marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura" (codificado como ESZZ15002), que se muestra en la Figura 14. ,cuya la propuesta de inclusión en la lista de lugares de importancia comunitaria de la Red Natura 2000, fue aprobada el año 2015 a través de la Orden AAA/368/2015, de 24 de febrero.

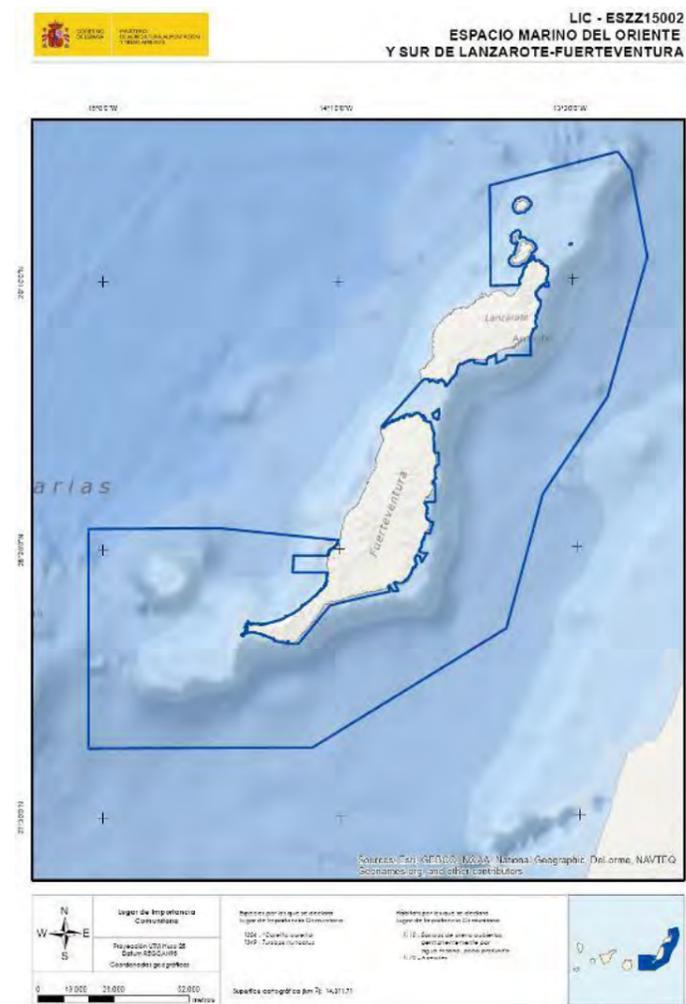


Figura 14. LIC "Espacio Marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura" (Fuente: MAGRAMA)

En el Diario Oficial de la Unión Europea de 23.12.2016 se publica la Decisión de Ejecución (UE) 2016/2330 de la Comisión de 9 de diciembre de 2016 por la que se adopta la sexta lista actualizada de Lugares de Importancia Comunitaria de la región biogeográfica macaronésica, entre los que se incluye el "Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura", con código ESZZ15002 y una superficie marina de 1.432.842,48 Ha, por lo que dicho espacio puede considerarse oficialmente como LIC.

En cualquier caso es importante destacar que las especies por las que se declara esta zona como lugar de importancia comunitaria son la tortuga boba (1224-*Caretta caretta*) y el delfín mular (1349-*Tursiops truncatus*), mientras que los hábitats por los que se declara LIC, son los bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda (cod. 1110) y el hábitat 1170 de arrecifes.

Como se observa en la Figura 15. la zona de estudio queda incluida dentro de la propuesta de este nuevo L.I.C. ESZZ15002.

al 2014) en el que los autores identificaron 14 comunidades incluidas en dicho hábitat 1.170 y entre los cuales no se encuentran los blanquiales.

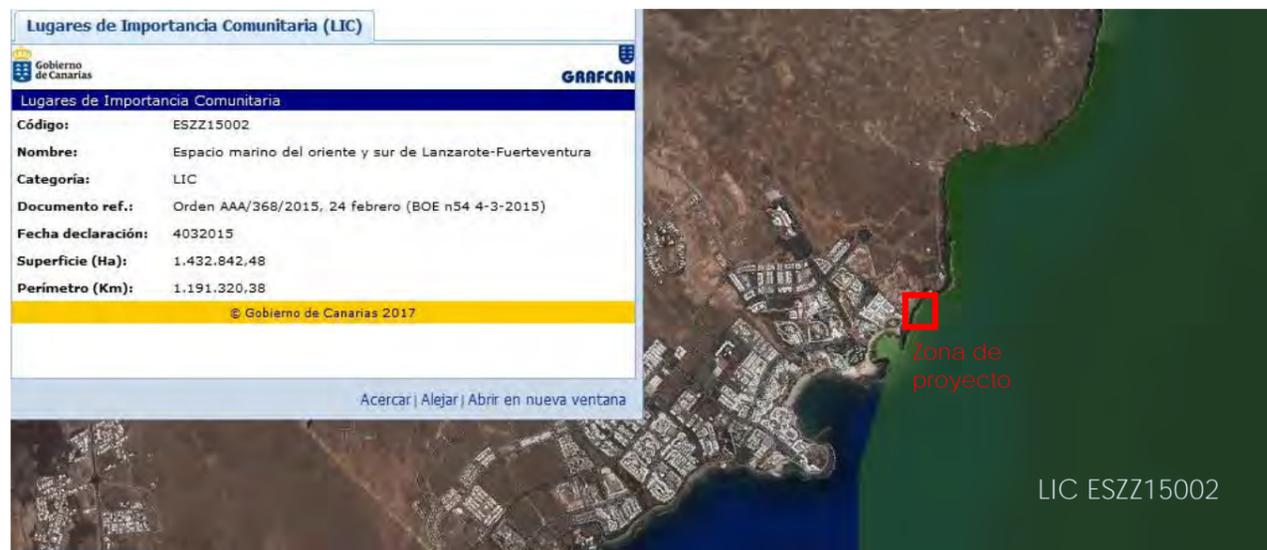


Figura 15. Limite del L.I.C. ESZZ15002 cerca de la zona de proyecto (Fuente: Gobierno de Canarias)

De acuerdo a lo especificado en el apartado Figura 11. ninguna de las especies por las que se declara esta zona como LIC (tortuga boba y delfín mular, tal como se ha comentado) se detectan en la zona de estudio ya que estas especies son de hábitos oceánicos.

Tampoco se detecta en la zona de estudio el hábitat "1.110- Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda", mientras que en la mayor parte de la zona analizada se han detectado blanquiales de *Diadema africanum* (en los que la roca aparece desprovista de vegetación por la acción de este erizo) y que no están incluidos dentro del hábitat "1.170- Arrecifes", de acuerdo al propio documento emitido por el proyecto INDEMARES (Almon, B, et

4. FORMAS DE EQUILIBRIO EN PLANTA Y PERFIL

4.1 FORMAS DE EQUILIBRIO DE UNA PLAYA EN PLANTA

4.1.1 FORMULACIONES EXISTENTES

Las playas encajadas son muy frecuentes en las costas que presentan salientes, como cabos rocosos, diques, espigones, etc. Es comúnmente aceptado que las playas formadas bajo el ataque persistente de un oleaje de fondo tipo *swell* que se difracta en estos salientes (a partir de ahora polos), son las playas más estables generadas por la naturaleza.

En términos de estabilidad estas bahías están en equilibrio dinámico si se produce transporte litoral a lo largo de ellas y en caso contrario se habla de equilibrio estático.

Algunos autores (Silvester, Le Blond, Ho, Rea y Komar, Garau...) estudiaron este fenómeno, llegando a la conclusión que la configuración de equilibrio de este tipo de playas encajadas se reproducía de una forma fiel mediante una espiral logarítmica tangente a un tramo recto paralelo a los frentes del oleaje medio incidente, cuya ecuación es:

$$R = K \cdot e^{\theta \cot \alpha} = K \cdot e^{\theta \tan \varphi}$$

siendo:

- K una constante que depende del tramo angular de la espiral
- α el ángulo constante entre la tangente y el radiovector en un punto de la espiral
- θ el ángulo variable en radianes entre el origen y el radiovector de un punto determinado
- φ el ángulo complementario de α ($\varphi = 90^\circ - \alpha$)

La comprobación experimental (Garau) parecía indicar que para las playas de arena encajadas del Mediterráneo español el ángulo φ valía 30° , estando situado el polo de la espiral en el punto de difracción del oleaje.

No obstante, posteriormente se comprobó que esta curva no ajustaba con total precisión ni los puntos más alejados del polo ni los más cercanos, sirviendo exclusivamente en la zona intermedia. De hecho una configuración estable de este tipo de playas presenta en la zona más alejada del polo un tramo prácticamente rectilíneo que es tangente a una espiral logarítmica la cual enlaza a su vez con otro tramo prácticamente circular en las proximidades del polo. En condiciones de equilibrio el tramo rectilíneo es paralelo a las crestas del oleaje medio incidente. Existen formulaciones empíricas que permiten estimar cuál es la forma en planta de playas ubicadas en la zona de sombra de un cabo o elemento de protección. Hsu y Evans (1989) propusieron para la forma en planta de una playa la expresión parabólica:

$$\left(\frac{R}{R_0}\right) = C_0 + C_1 \left(\frac{\beta}{\theta}\right) + C_2 \left(\frac{\beta}{\theta}\right)^2$$

donde:

- R_0 es la distancia entre el polo y el punto de la línea de costa más alejado del obstáculo en el que no existe influencia del polo (punto de control),
- β es el ángulo entre el frente del oleaje incidente y la línea de control, que une el polo de difracción con el punto de control (ver Figura 16.),
- θ es el ángulo entre el frente del oleaje y el radio R (ver Figura 16.),
- C_0 , C_1 y C_2 son unos coeficientes con unos valores universales que dependen de β (ver Figura 17.).

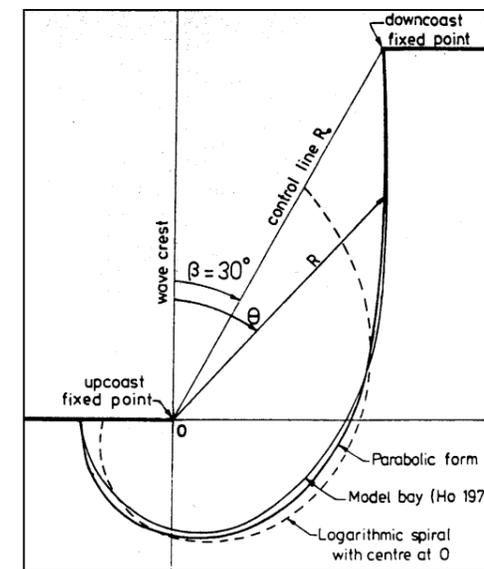


Figura 16. Definición esquemática de la planta de una bahía en equilibrio (Fuente: Hsu y Evans)

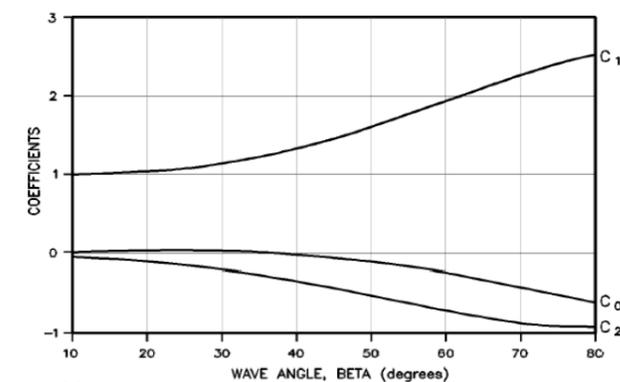


Figura 17. Valores de los coeficientes C_0 , C_1 y C_2 de la formulación parabólica (Fuente: Hsu y Evans)

Uno de los problemas que plantea la formulación de Hsu y Evans es la ausencia de información para localizar el punto de control, es decir, el punto hasta el cual la curva definida por esta formulación es válida y a partir del cual comienza el tramo rectilíneo. González (1995) desarrolló una metodología para el diseño de playas encajadas a partir de la formulación de Hsu y Evans que permitía determinar

el valor del ángulo β , es decir, la situación del punto de control. A partir del análisis de playas encajadas de la costa atlántica y mediterránea española obtuvo la siguiente expresión para el valor de β :

$$\beta = 90^\circ - \text{atg} \left(\frac{\sqrt{1,286 + 2,268 \frac{Y}{L}}}{\frac{Y}{L}} \right) \pm 5^\circ$$

donde Y es la distancia entre el polo de difracción y el tramo rectilíneo medido en la dirección perpendicular al oleaje dominante y L es la longitud de onda en el polo calculada con el período significativo T_{S12} , es decir el superado 12 horas al año.

Esta formulación fue obtenida para playas encajadas no afectadas por desembocaduras. En las playas adyacentes a las desembocaduras la planta de equilibrio se ve modificada por la existencia del bajo exterior, por lo que, además de la difracción que puedan generar las puntas o cabos, se debe tener el efecto que dicho bajo exterior genera en la forma en planta de la playas.

Asimismo la existencia de reflexiones del oleaje en acantilados, espigones, muelles, etc., puede provocar variaciones en la forma en planta de la línea de costa no recogidas por dicha fórmula.

4.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS

La metodología anteriormente explicada va a ser la empleada para estudiar si las playas existentes en la zona de estudio están en equilibrio, para lo cual se ha utilizado el programa SMC desarrollado por el GIOC para la antigua Dirección General de Costas.

Dado que en la zona de proyecto no existen playas, se ha decidido emplear la información obtenida del "Proyecto de mejora del frente litoral entre las playas de El Jablillo y Las Cucharas, T.M. de Tegui (Isla de Lanzarote)", encargado por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM), en el que se analizaron las playas del Jablillo y de Las Cucharas.

Los parámetros que se necesitan para poder aplicar dicha formulación son la dirección del flujo medio del oleaje, la distancia entre el polo de difracción y la línea de costa (Y) y la longitud de onda en el polo de difracción (L) para cuyo cálculo se requiere el valor de su profundidad (d) y de $T_{s,12}$.

4.1.2.1 Definición del polo de difracción

El primer paso consiste en la definición del polo de difracción. En el caso de la playa del Jablillo los polos son los extremos de los espigones situados a poniente (ver Figura 20.), mientras que en el caso de la playa de Las Cucharas son los extremos de los diferentes espigones existentes en la zona (ver Figura 23.).

4.1.2.2 Dirección del flujo medio de energía

El siguiente paso es la obtención de la dirección del oleaje representativo. Dado que la forma en planta de una playa no es capaz de responder instantáneamente a los cambios de dirección del oleaje y tiende a ubicarse en una posición en equilibrio con las condiciones medias energéticas del oleaje, la dirección de los frentes que ha de utilizarse en el estudio de la forma en planta es la definida por el flujo medio anual de energía, \vec{F}_p .

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

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 Anejo nº 3).

En el caso que se disponga de la base de datos de oleaje en alta mar, el cálculo se resuelve transformando cada registro de oleaje en alta mar en un registro a pie de playa y calculando el flujo de energía de cada registro, de manera que el flujo medio anual de energía será el promedio de los flujos de energía de todos los registros.

En el caso que no se disponga de la base de datos de oleaje en alta mar el cálculo puede realizarse de manera aproximada a partir de las tablas de encuentro H_{s0} - Dirección local y H_{s0} - T_p de acuerdo al esquema mostrado en la Figura 18. y la siguiente metodología

- La tabla de encuentros H_{s0} - T_p es subdividida en tres tablas para tener en cuenta el efecto del período de oleaje: una asociada a $T_{p,10\%}$, otra asociada a $T_{p,50\%}$ y la tercera asociada a $T_{p,90\%}$. La frecuencia de cada caso $H_{s0,ij}$ será $f_{ij} = p_{ij} * p(T_p)$, donde p_{ij} es la probabilidad que aparece en la tabla de encuentros H_{s0} - T_p y $p(T_{p,i})$ la probabilidad asociada al período considerado: en el caso de $T_{p,10\%}$ es 30%, en el caso de $T_{p,50\%}$ es 40% y en el caso de $T_{p,90\%}$ es 30%.
- Los valores $H_{s0,ij}$ de cada tabla son propagados hasta la playa. Para ello en primer se obtiene el coeficiente de propagación K_p , que de acuerdo al Anejo nº 2 es función del período de oleaje y la dirección en aguas profundas $K_p = f(T_p, D_0)$, de manera que $H_{slocal,ij} = H_{s0,ij} * K_p(T_{p,i}, D_{0,ij})$. En segundo lugar se obtiene la dirección local del oleaje, que de acuerdo al Anejo nº 2 es función del período de oleaje y la dirección en aguas profundas $D_{local} = f(T_p, D_0)$, de manera que $D_{local,ij} = D_{local}(T_{p,i}, D_{0,ij})$.
- Posteriormente se calcula el flujo de energía del oleaje local, que es función de $H_{slocal,ij}$ y $D_{local,ij}$.
- Finalmente se efectúa la suma vectorial de los flujos de energía de cada caso ij, de manera que $F_x = \sum F_{x,ij} * p_{ij} * p(T_p)$ y $F_y = \sum F_{y,ij} * p_{ij} * p(T_p)$.
- La dirección del flujo medio de energía del oleaje vendrá dada por $\text{atan}(F_x/F_y)$.

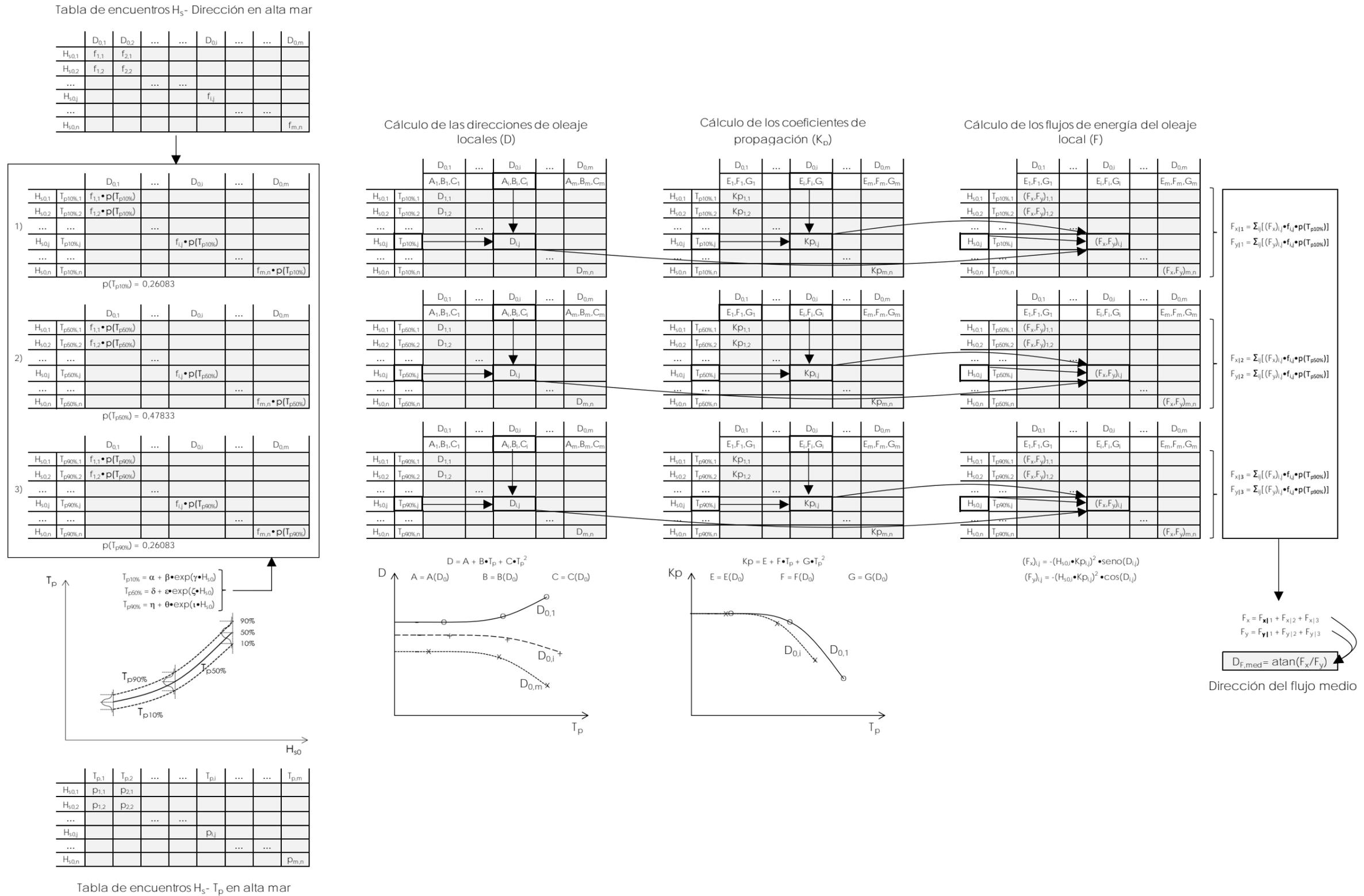


Figura 18. Esquema aplicado para el cálculo del flujo medio de energía del oleaje (Fuente: elaboración propia)

Siguiendo esta metodología se calculó la dirección del flujo medio en diferentes puntos a lo largo de la costa (ver Figura 19.), cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.-

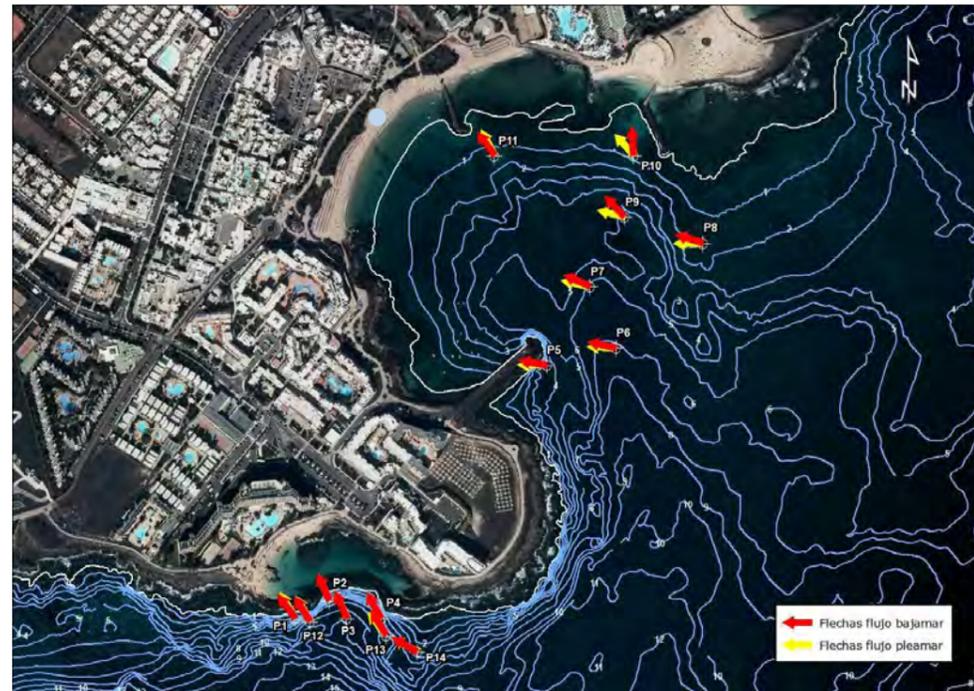


Figura 19. Puntos en los que se ha calculado la dirección del flujo medio de energía (Fuente: DGSCM)

Tabla 4.- Resultados de la dirección del flujo medio de energía (Fuente: DGSCM)

Puntos	Coordenadas UTM		Flujos medios en bajamar		Flujos medios en pleamar		Flujo medio de cálculo
	X	Y	Flujo N	Flujo	Flujo N	Flujo	Flujo
P1	647146	3208054	323	N37W	329	N31W	N34W
P2	647199	3208080	336	N24W	336	N24W	N24W
P3	647225	3208054	336	N24W	335	N25W	N25W
P4	647278	3208054	331	N29W	329	N31W	N30W
P5	647530	3208438	280	N80W	271	N89W	N85W
P6	647636	3208465	282	N78W	272	N88W	N83W
P7	647597	3208557	293	N67W	282	N78W	N72W
P8	647769	3208624	287	N73W	270	N90W	N82W
P9	647650	3208664	316	N44W	284	N76W	N60W
P10	647663	3208756	356	N4W	317	N43W	N23W
P11	647451	3208756	323	N37W	332	N28W	N33W
P12	647169	3208049	327	N33W	330	N30W	N31W
P13	647285	3208027	328	N32W	323	N37W	N35W
P14	647333	3208002	300	N60W	297	N63W	N61W

No obstante debe tenerse en cuenta que estos valores han sido obtenidos tras un proceso numérico, por lo que los valores reales pueden diferir en algunos grados, de modo que es recomendable probar varios valores de la dirección media de oleaje alrededor de este valor para conseguir el ajuste óptimo.

Por lo que respecta a la zona de actuación, el flujo medio de energía del oleaje tiene la dirección 85,5° N.

4.1.2.3 Ajustes realizados

4.1.2.3.1 Playa de El Jablillo

En el mencionado "Proyecto de mejora del frente litoral entre las playas de El Jablillo y Las Cucharas, T.M. de Teguisse (Isla de Lanzarote)" se comenta lo siguiente.

"Un análisis puramente teórico de la configuración de una playa encajada como la de Jablillo indicaría que la forma en planta de equilibrio de la playa se encuentra gobernada por dos puntos de difracción (P4 y P6) localizados en los extremos de los diques. Sin embargo, configuración rocosa de todo el tramo Este y central de la playa (y la consecuente inexistencia de arena en el mismo), provocan que sólo sea P4 el que configure la forma del tramo arenoso situado al Oeste (única superficie útil en la actualidad). Además, al no estar la playa confinada en perfil debido a la escasa longitud de la rasa rocosa, cada vez que la playa pierde arena, la línea de costa va retranqueándose hasta que se llega a una distancia donde ya se anulan las pérdidas.



Figura 20. Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de El Jablillo (Fuente: DGSCM)

La playa actualmente presenta una forma en planta de equilibrio compatible con la cantidad de arena existente en la misma. El problema es que a medida que ésta vaya perdiendo material con los temporales, la línea de costa se irá retranqueando. Por otra parte, el perfil aunque está apoyado sobre una laja rocosa, ésta no trabaja como tal. La laja rocosa escasamente alcanza unos 40 m y de

acuerdo con la longitud de onda de los oleajes y la profundidad, se necesitaría una longitud de unos 90 – 100 m para garantizar que el dique incidente se disipe y permita una playa más adelantada. Cualquier actuación que pretenda mejorar las condiciones de baño y solarium de la playa, debe ir orientada a reducir la alta energía que recibe la playa durante eventos de temporal.

En las tres figuras siguientes se presenta el ejercicio de calibración de la forma en planta realizado, pudiéndose apreciar como P4 gobierna la forma en planta del tramo arenoso para 3 carreras de marea diferentes. Adicionalmente el punto P5 es el encargado de curvar las líneas de orilla en sus áreas de sombra".



Figura 21. Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de El Jablillo (Fuente: DGSCM)

4.1.2.3.2 Playa de las Cucharas

En el mencionado "Proyecto de mejora del frente litoral entre las playas de El Jablillo y Las Cucharas, T.M. de Tegui (isla de Lanzarote)" se comenta lo siguiente.

"Por razones prácticas, comencemos estableciendo una nomenclatura para las 3 sub-playas de la playa de Las Cucharas.



Figura 22. Nomenclatura empleada para las 3 sub-playas (Fuente: DGSCM)

La forma en planta de la playa 1, se encuentra fundamentalmente gobernada por los gradientes de altura de ola que genera el dique Oriental en su extremo (P1) y el espigón central en (P2). En cuanto a la playa 2, la forma en planta está determinada principalmente por la orientación de los frentes de ola en la zona y en menor medida por la difracción en el extremo del espigón intermedio en (P3). Es por esta razón que se aprecia que al este de la playa 2, la línea de costa gira muy poco y el ancho de playa se reduce de manera importante, prácticamente sin la presencia de playa seca.

Cualquier actuación que intente conseguir playa seca en dicha zona, va encaminada a generar un basculamiento local de la línea de costa mediante el giro de los frentes y gradientes de altura de ola. Por otro lado, la forma en planta de la playa 3 se encuentra gobernada localmente por la presencia del dique Oriental (P1). Es de resaltar, que esta última playa existe gracias a la presencia del espigón intermedio con el extremo (P3), dado que éste confina la playa en dicha zona, donde ésta tiende a girar hacia el sur en dirección de la zona central de la ensenada. Las playas 2 y 3, son playas protegidas del oleaje, que tienden a funcionar como playas reflejantes, debido a esto se aprecia en sus perfiles de playa una pendiente mucho mayor comparada con la playa 1 y en su planta formas rítmicas "cups".

Se puede afirmar que las tres playas de Las Cucharas se encuentran actualmente, en una situación estable en cuanto a su forma en planta, sin la evidencia de procesos de erosión y pérdidas del mismo. Bajo condiciones medias de oleaje, prácticamente no se generan corrientes en las playas. Bajo condiciones de temporal, la playa 1 es la más activa en cuanto a energía que recibe, estando más afectada su parte media en cercanías del espigón central, donde la línea de costa muestra un mayor retranqueo.

A continuación se muestran los ajustes de calibración de forma en planta para las playas 1 y 3 de Las Cucharas. A tenor de las respectivas pruebas realizadas, se excluye de este análisis el correspondiente a la Playa 2, dada la rigidización que presenta esta playa en su tramo intermareal, la escasa presencia de arenas en la misma, la presencia de una zona de rambla que en ocasiones puede llevar material

procedente de tierra adentro, y la más que probable movilización artificial de la arena existente y la procedente del barranco para la adecuación a los usos de la playa.

La figura siguiente muestra el ajuste para la Playa 1 de Las Cucharas en la situación actual. El punto de control y difracción P1, controla mayoritariamente la configuración global de la misma, siendo el punto P2, el polo encargado de ejercer un efecto difractivo adicional, responsable de curvar localmente el borde en su área de sombra.

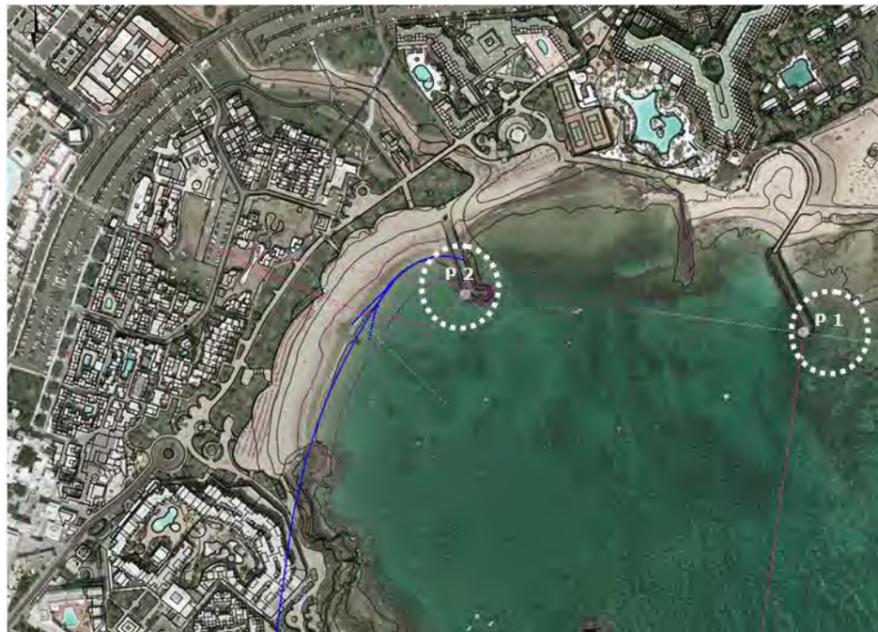


Figura 23. Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

Muy localmente, el tramo central de esta playa viene condicionado por la presencia de un pequeño volumen de escolleras de poco tamaño que impiden la libre basculación o circulación de la arena hacia poniente y levante en función del oleaje existente, originando pequeños tramos de retroceso curvos, tal como muestra la Figura 24. .

Por último se muestra en la Figura 25. el ajuste para la Playa 3 de Las Cucharas en la situación actual. El punto de control y difracción P1, que controla mayoritariamente la configuración global en la bahía, es el encargado de girar el frente de oleaje que accede al punto P3, siendo éste último el polo encargado de ejercer un efecto difractivo definitivo que controla la forma en planta de la Playa 3.

Tal como se ha comentado al principio, esta playa existe gracias a la presencia del espigón intermedio con el extremo (P3), dado que éste confina la playa en dicha zona, donde ésta tiende a girar hacia el sur en dirección de la zona central de la ensenada".



Figura 24. Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)



Figura 25. Ejercicio de ajuste a formas en planta de equilibrio para la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

4.2 ANÁLISIS DEL PERFIL TRANSVERSAL

4.2.1 ZONIFICACIÓN DEL PERFIL DE PLAYA. PROFUNDIDADES ACTIVA Y DE CIERRE

Para poder analizar el comportamiento transversal de las playas se determina en primer lugar la zonificación de su perfil (es decir, en dirección transversal o perpendicular a la línea de costa). Hallermeier (1978) propuso una zonificación del perfil de la playa en función de la variabilidad del perfil y del tipo del transporte dominante, distinguiéndose:

- Zona litoral: en la que se producen grandes cambios del perfil debido tanto al transporte longitudinal como al transversal.
- Zona de asomeramiento o *shoal*: en la que existen pequeños cambios no despreciables en el perfil a lo largo del año fundamentalmente debido al transporte transversal.
- Zona exterior u *offshore*: en la que los cambios del perfil son despreciables.

El límite entre la zona litoral y la de asomeramiento viene dado por la profundidad activa d_i , y el límite entre ésta y la zona exterior por la profundidad de cierre d_c .

En 1978 Hallermeier propuso a partir de los resultados de unos ensayos en laboratorio una expresión para el cálculo de la profundidad activa y en 1980 presentó otra fórmula para la obtención de la profundidad de cierre.

$$d_i = 2,28H_{s12} - 68,5 \frac{H_{s12}^2}{gT_{s12}^2}$$

$$d_i = H_{sm}T_{sm} \sqrt{\frac{g}{5000D}}$$

siendo:

- H_{s12} la altura de ola significativa local superada 12 horas al año,
- T_{s12} el período significativo asociado a H_{s12} ,
- H_{sm} la altura de ola significativa local media anual,
- T_{sm} el período significativo medio anual,
- D el diámetro medio del material situado a una cota 1,50 d_i .

Birkemeier (1985) utilizando numerosos datos medidos en perfiles de playas obtuvo una expresión modificada para d_i :

$$d_i = 1,75H_{s12} - 57,9 \frac{H_{s12}^2}{gT_{s12}^2}$$

La fórmula que permite la obtención de la profundidad de cierre suele simplificarse por otra más sencilla para la cual no resulta necesario conocer las características del sedimento:

$$d_c = 3,5 \cdot H_{s12}$$

Del estudio de clima marítimo (ver Anejo nº 3) se pueden obtener la altura de ola significativa con probabilidad de ocurrencia de 12 horas/año en aguas profundas así como su período asociado teniendo en cuenta la correlación $H_s - T_p$ correspondiente y suponiendo que $T_s = T_p$. Finalmente a partir de los coeficientes de propagación obtenidos (ver Anejo nº 3) pueden calcularse los valores de $H_{s,12}$ locales para cada dirección. En la Tabla 5.- se recogen todos los datos anteriores asociados a las direcciones incidentes sobre la playa, así como las profundidades activa y de cierre obtenidas en el extremo norte de la playa (punto 1 en la figura 37 del Anejo nº 3) con la fórmula de Birkemeier.

Tabla 5.- Profundidades activa y de cierre para diferentes direcciones de oleaje incidentes (Fuente: elaboración propia)

Dirección	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
Frecuencia	25,51%	50,95%	3,13%	2,74%	1,31%	0,35%	0,19%	0,33%	0,99%
A	0,333	0,335	0,309	0,321	0,156	0,267	0,402	0,418	0,334
B	0,230	0,656	0,470	0,715	1,134	0,712	0,416	0,443	0,661
C	1,143	1,471	1,413	1,497	1,983	1,541	1,229	1,171	1,418
H_{s120} (m)	1,53	2,70	2,10	2,84	3,09	2,69	2,33	2,64	2,83
T_{s12} (s)	7,6	9,2	7,4	7,4	7,7	7,2	6,7	7,1	7,4
K_p	0,417	0,606	0,807	1,013	0,911	0,794	0,690	0,509	0,318
$H_{s12,loc}$ (m)	0,64	1,64	1,69	2,88	2,82	2,13	1,61	1,34	0,90
d_i (m)	1,07	2,68	2,65	4,15	4,15	3,22	2,48	2,14	1,49
d_c (m)	2,23	5,73	5,92	10,08	9,86	7,47	5,63	4,70	3,15

A efectos de estabilidad del perfil de playa, conviene quedarse con el mayor de estos valores, que corresponde al oleaje del E y del ESE pese a que su probabilidad de presentación es menor y que para el oleaje más frecuente (NE) las profundidades activas y de cierres son considerablemente menores. Por lo tanto:

Profundidad activa, $d_i = 4,15$ m

Profundidad de cierre $d_c = 10,08$ m

En la aplicación del perfil de equilibrio, es usual adoptar como valor de profundidad de cierre el límite de la zona litoral d_i , denominándola h^* , que en este caso se sitúa en los 4,15 metros.

En la Figura 26. se muestra la posición de la profundidad activa en la zona de estudio.

4.2.2 PERFIL DE EQUILIBRIO

4.2.2.1 Formulaciones existentes

Se define perfil de playa como la variación de la profundidad del agua, d , con la distancia desde la línea de costa, x , en dirección perpendicular a la misma:

$$d = f(x)$$

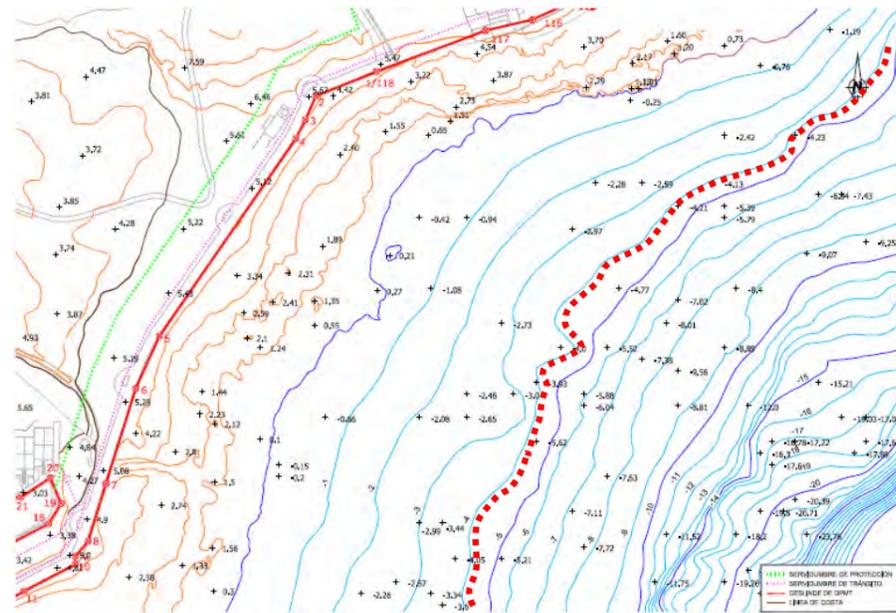


Figura 26. Localización de la profundidad activa en la zona de estudio –línea discontinua de color rojo– (Fuente: elaboración)

El concepto de "perfil de equilibrio" ha sido definido por diversos autores. Así la Enciclopedia de Playas y Costas (Schwartz, 1982) lo define como "un perfil batimétrico que se produce por un clima marítimo y con un tipo de sedimento particular". Dean (1991) lo define como "el balance entre fuerzas constructivas y destructivas que ocurre en condiciones de oleaje estacionario para un sedimento particular".

Larson (1991) describe el perfil de equilibrio afirmando que "una playa con un tamaño de grano concreto expuesta a unas condiciones de oleaje constantes desarrollará un perfil que no evoluciona en el tiempo".

Evidentemente un perfil tal como está descrito en el párrafo anterior sólo puede ser obtenido en laboratorio, donde se puede fijar el oleaje incidente. En la naturaleza la variación del nivel del mar y del oleaje es constante y por lo tanto un perfil de equilibrio en sentido estricto no existe nunca. No obstante, dado que las variaciones de los diferentes agentes (oleaje, corrientes y mareas) están en principio acotadas, también lo estará la variabilidad del perfil, pudiéndose admitir en la naturaleza la existencia de una situación modal o perfil de equilibrio que sufre variaciones en función del clima marítimo existente. Más aún, es posible reconocer períodos en los que las condiciones de oleaje pueden considerarse constantes y bajo estas condiciones la playa puede desarrollar un perfil de equilibrio.

4.2.2.1.1 Perfil de Dean

Se han realizado numerosos trabajos tanto en laboratorio como en el campo con objeto de analizar y cuantificar el concepto de perfil de equilibrio. Bruun (1954) analizó perfiles de playa de la costa danesa

del mar del Norte y de Mission Nay (California) y encontró que la media de los perfiles podía ser ajustada mediante la relación:

$$h = A x^{2/3}$$

Dean (1977) analizó 504 perfiles a lo largo de la costa atlántica de los Estados Unidos desde Long Island hasta Méjico y los ajustó por medio de mínimos cuadrados a la expresión

$$h = A x^n$$

obteniéndose valores $0,1 < n < 1,4$ y $0,025 < A < 6,31$. El error cuadrático fue del 16 % y el valor medio del exponente $n = 0,67$, análogo al de Bruun. Dean rehizo el análisis del ajuste fijando $n = 2/3$ y encontró que la dispersión de los valores de A se reducía considerablemente, estando el 99 % de los valores en el rango $0,0 < A < 0,3$. Otros autores han obtenido valores diferentes del parámetro n. Así por ejemplo, Wright et al. (1982) propusieron $n = 2/5$, Boon y Green (1989) $n = 1/2$, Vellinga (1984) $n = 0,78$, etc. Existen al menos tres posibles vías de investigación para el desarrollo de una teoría para la determinación del perfil de equilibrio:

- Aproximación cinemática: en la que se intenta determinar el movimiento de las partículas de sedimento (en suspensión o por fondo) mediante la descripción de las fuerzas que actúan sobre ellas.
- Aproximación dinámica: en la que se plantea un balance macroscópico de fuerzas constructivas y destructivas.
- Aproximación empírica: que es puramente descriptiva y representa el intento de ajustar el perfil de playas a las formas más comunes encontradas en la naturaleza, utilizando parámetros determinados mediante ajustes o técnicas de análisis dimensional.

Es posible obtener el perfil potencial $h = A \cdot x^{2/3}$ a través de cualquiera de estos tres tipos de aproximaciones. Moore (1982) revisó los 504 perfiles analizados por Dean incorporando la información sobre el tamaño de sedimento, además de un gran número de ensayos de laboratorio, obteniendo una gráfica en la que el parámetro A era función del tamaño medio de grano, D_{50} .

Dean (1987) transformó los datos de Moore expresando A en función de la velocidad de caída del grano 'w' (expresada en m/s) y encontró la relación:

$$A = 0,51 \cdot w^{0,44}$$

Posteriormente Hanson y Kraus (1989) aproximaron dicha curva a las siguientes expresiones en las que D_{50} está expresado en mm:

$$A = 0,41 \cdot D_{50}^{0,94} \quad \text{si} \quad D_{50} < 0,4$$

$$A = 0,23 \cdot D_{50}^{0,32} \quad \text{si} \quad 0,4 < D_{50} < 10$$

$$A = 0,23 \cdot D_{50}^{0,28} \quad \text{si} \quad 10 < D_{50} < 40$$

$$A = 0,46 \cdot D_{50}^{0,11} \quad \text{si} \quad D_{50} > 40$$

Kriebel et al. (1991) por medio de argumentos energéticos propuso una relación

$$A = 1,05 \cdot w_r^{2/3}$$

Según el *Shore Protection Manual*, la velocidad de caída del grano "w_r" se puede calcular, de modo aproximado y para arenas con densidad ρ=2,65 t/m³, adoptando las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} w_r \text{ (m/s)} &= 1,1 \cdot 10^6 \cdot D \text{ (m)}^2 & D < 0,1 \text{ mm} \\ w_r \text{ (m/s)} &= 273 \cdot D \text{ (m)}^{1,1} & 0,1 \text{ mm} < D < 1 \text{ mm} \\ w_r \text{ (m/s)} &= 4,36 \cdot D \text{ (m)}^{0,5} & D > 1 \text{ mm} \end{aligned}$$

donde D está expresado en metros y w_r en m/s.

4.2.2.1.2 Perfil de equilibrio con modelo de disipación en la zona de rotura

En el caso que en la zona de rotura se aplique el modelo de disipación de Dally (1985) se obtiene la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} h &= m \cdot x & \text{para } h < h_T \\ h &= A \cdot (x - x_0)^{2/3} & \text{para } h > h_T \end{aligned}$$

donde

- A es el parámetro de la formulación de Dean,
- h_T es la profundidad de transición entre el tramo lineal y el parabólico, calculada como h_T = (4·A³)/(9·m²),
- x₀ = h_T/m - (h_T/A)^{3/2},
- m es la pendiente del tramo lineal, pudiéndose emplear para el valor de 'm' la expresión de Kriebel (1991) m = 0,15·(w_r·T/H)^{0,5}, siendo H y T la altura de ola y el período de oleaje respectivamente.

Puede apreciarse que lejos de la línea de orilla este perfil es paralelo al de Dean y que cerca de la línea de orilla el perfil se caracteriza por ser rectilíneo, es decir, por tener un estrán lineal.

4.2.2.1.3 Perfil en playas con refracción y difracción

En el caso que se produzca una cesión lateral de energía debida a la refracción, las hipótesis del perfil de Dean (1977) ya no son válidas. Si se considera válida una variación lineal de la distancia entre ortogonales, es decir, L(x) = L₀ + 2·m·(W - x) tal como se muestra en la siguiente figura, el GIOC de la Universidad de Cantabria concluyó que podía aplicarse la fórmula de Dean con un parámetro A_p(x).

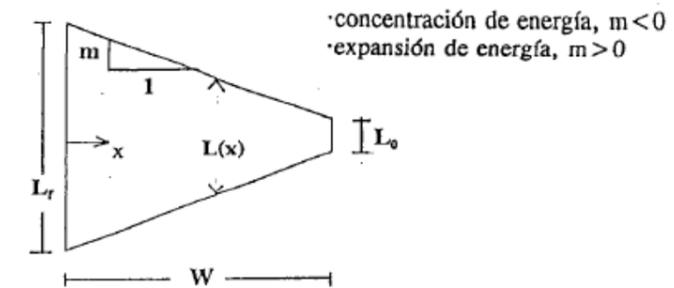


Figura 27. Definición de los parámetros intervinientes en la formulación del perfil de equilibrio con refracción (Fuente: GIOC)

Por lo tanto,

$$h = A_p(x) \cdot x^{2/3}$$

donde A_p(x) puede obtenerse de la expresión

$$A_p(x) = A \cdot [1/K_r^2 \cdot (1 - 0,5 \cdot x/W) + 0,5 \cdot x/W]^{2/3}$$

siendo

- A el parámetro de Dean (1987),
- K_r el coeficiente de refracción, definido como [L₀/L(x)]^{0,5},
- W la distancia perpendicular a la costa del donde comienza la variación lineal de K_r.

Puede comprobarse que si K_r<1 (es decir, en una zona de expansión del oleaje) A_p/A>1, lo que significa que la pendiente del perfil es mayor, ya que la energía incidente por metro lineal es menor

En el caso que adicionalmente tenga lugar una difracción en un obstáculo y pueda considerarse válido que

- la difracción es solamente dominante en las proximidades del espigón (del orden de una longitud de onda), donde se ubica el primer frente con una anchura B₀ = r₀·θ (de acuerdo con la Figura 28.) y que
- a partir de este punto la refracción es dominante, cumpliéndose que B(x) = (r₀ + W - x)·θ = (r - x)·θ, donde r es la distancia entre el polo y la línea de orilla en el perfil de interés.

resulta válida la formulación anterior del perfil con refracción, considerando para A_p(x) la siguiente expresión

$$A_p(x) = A \cdot [1/K_r^2 \cdot (1 - 0,5 \cdot x/W) + 0,5 \cdot x/W]^{2/3}$$

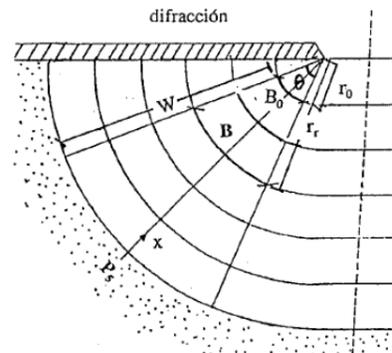


Figura 28. Definición de los parámetros intervientes en la formulación del perfil de equilibrio con refracción (Fuente: GIOC)

En este caso W es la distancia entre la orilla y la profundidad activa $h. = d_1$ en el perfil de estudio, que puede calcularse a través de la expresión

$$[0,5 \cdot r / (r - W) + 0,5]^{2/3} \cdot A \cdot W^{2/3} = 1,8 \cdot K_D \cdot H_{s12,P}$$

donde

- $H_{s12,P}$ es el valor de H_{s12} en el polo de difracción,
- K_D es el coeficiente de difracción en el punto de rotura de H_{s12} en el perfil de estudio,
- r es la distancia entre el polo y la línea de orilla en el perfil de interés.

Una vez obtenido W, puede calcularse K_r como

$$K_r^2 = (r - W) / r$$

4.2.2.1.4 Perfil en playas con reflexión

Para perfiles de playas no totalmente disipativas y que por tanto provocan una reflexión parcial del oleaje, González (1995) propuso la expresión

$$x = (h/A)^{3/2} + 9/2 \cdot B \cdot (h/A)^3$$

siendo A y B unos parámetros que pueden ser calculados de acuerdo a las siguientes expresiones obtenidas por Bernabeu et al. (1997):

$$B = 32 \cdot 10^{-4} \cdot \exp[-0,44 \cdot (H / (w_r \cdot T))]$$

$$A = k \cdot w_r^{0,44}$$

$$k = 0,47 + 0,68 \cdot \exp[-0,44 \cdot (H / (w_r \cdot T))]$$

donde H, w_r y T ya se han explicado anteriormente.

4.2.2.2 Aplicación de los perfiles de equilibrio a las playas existentes

Dado que en la zona de proyecto no existen playas de las cuales obtener información batimétrica y sedimentaria, se ha decidido emplear la información obtenida del "Proyecto de mejora del frente litoral entre las playas de El Jablillo y Las Cucharas, T.M. de Tegui (Isla de Lanzarote)", encargado por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM), en el que se analizaron las playas del Jablillo y de Las Cucharas.

En el mencionado proyecto se comenta lo siguiente.

"La playa de Las Cucharas se encuentra localizada entre la Baja de Los Charcos y la Punta de Tope, con una orientación NE-SO y longitud de unos 900 m. Esta playa está dividida en tres sectores, en función de la separación que actualmente ejercen las obras existentes.

A partir de la batimetría de la ecocartografía, se han seleccionado dos perfiles para la playa 1, y un perfil para cada una del resto de playas que forman la playa de Las Cucharas (playa 2 y 3). Aplicando el método de los mínimos cuadrados, para cada perfil se ha encontrado el perfil de equilibrio de Dean de mejor ajuste.

En general podemos decir que los perfiles de playa en Las Cucharas responden sensiblemente a perfiles en equilibrio de playas.

Se seleccionaron cuatro perfiles representativos de cada sector de la playa (ver Figura 29.), los cuales se ajustaron, en los tres niveles de marea, al perfil teórico de Dean calculado con el D_{50} medio de las muestras granulométricas tomadas del perfil activo de todos los sectores de la playa de Las Cucharas, que obtuvo un valor de 0,30 mm.

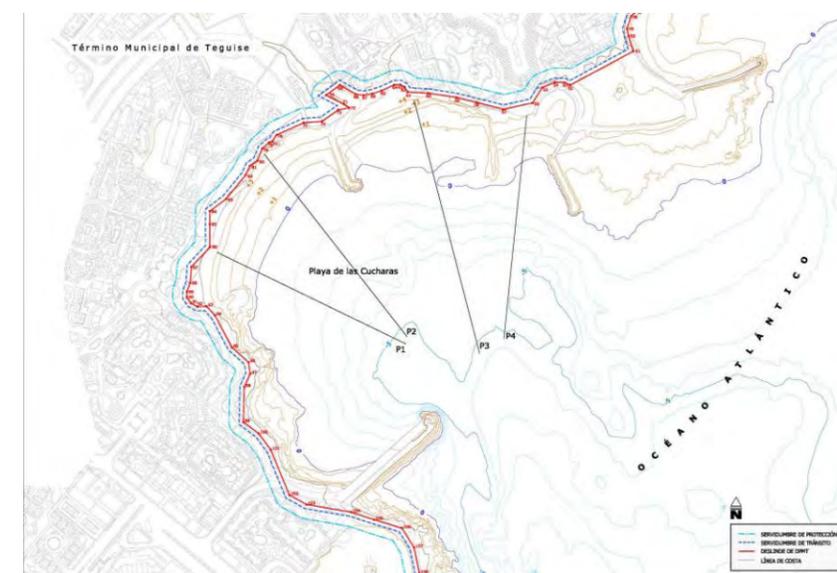


Figura 29. Localización de los perfiles reales de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

Los resultados obtenidos de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean son expuestos en las siguientes figuras.

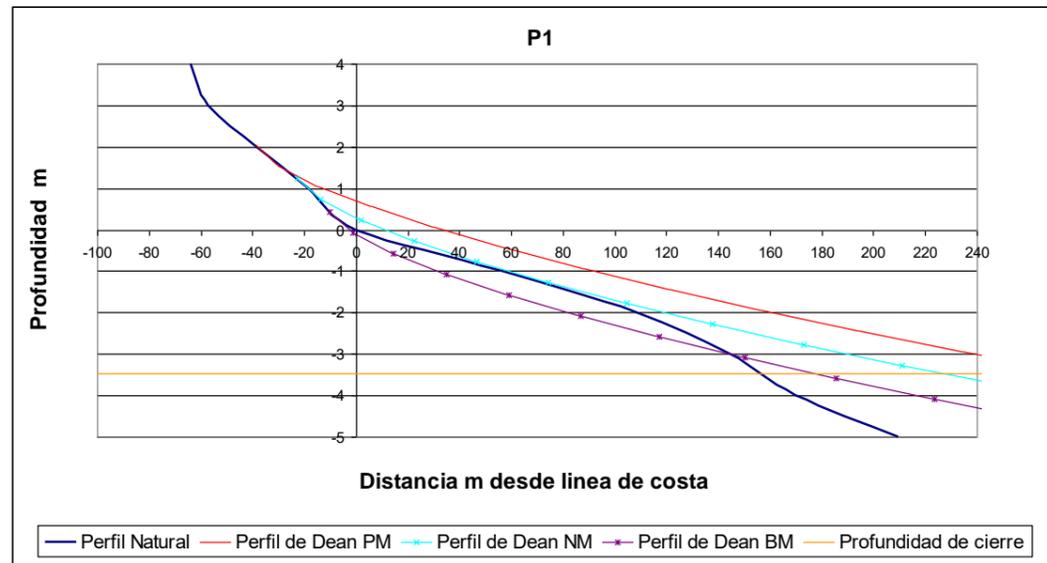


Figura 30. Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 1 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

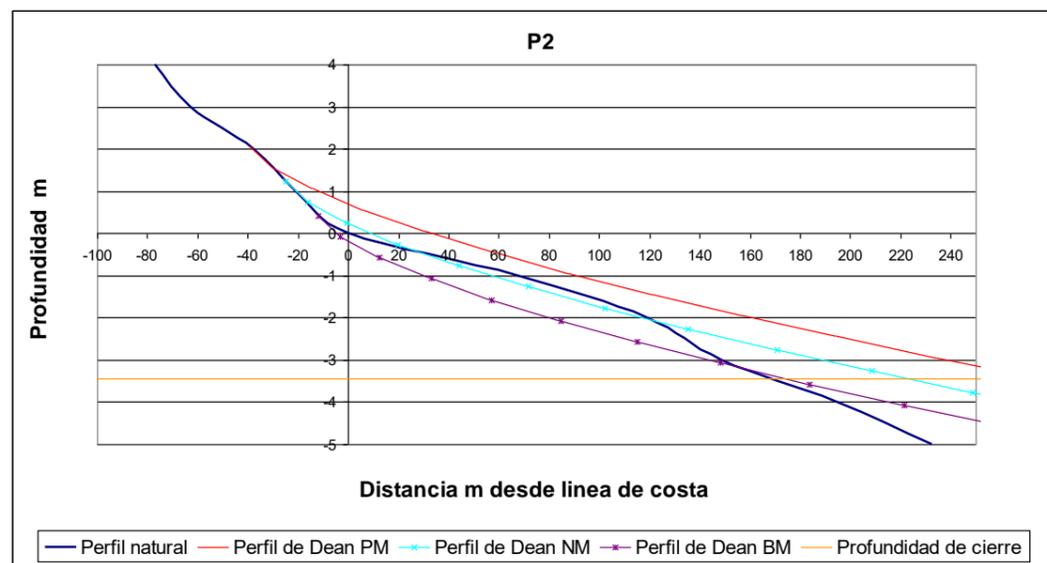


Figura 31. Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 2 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

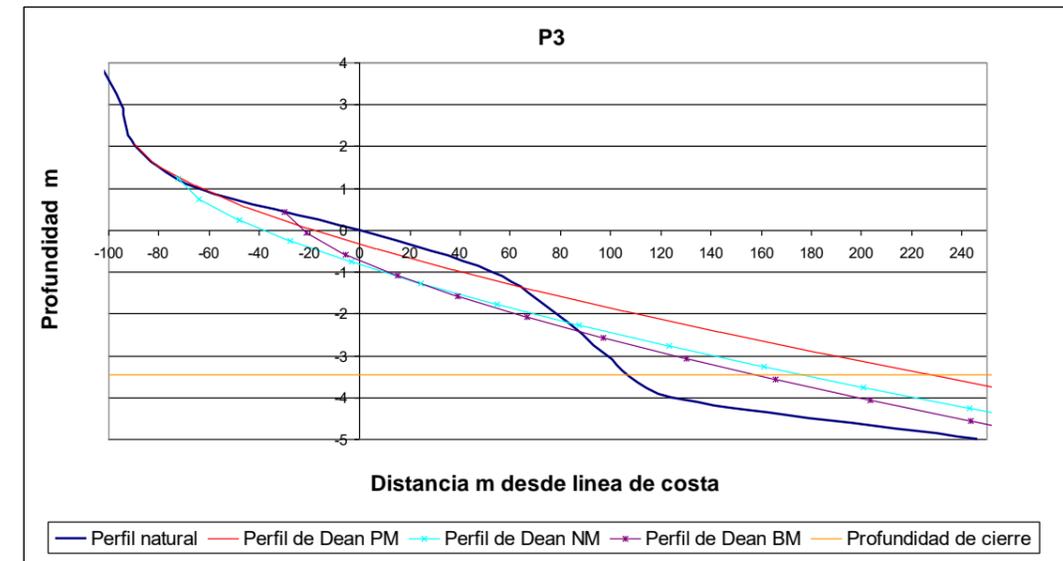


Figura 32. Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 3 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

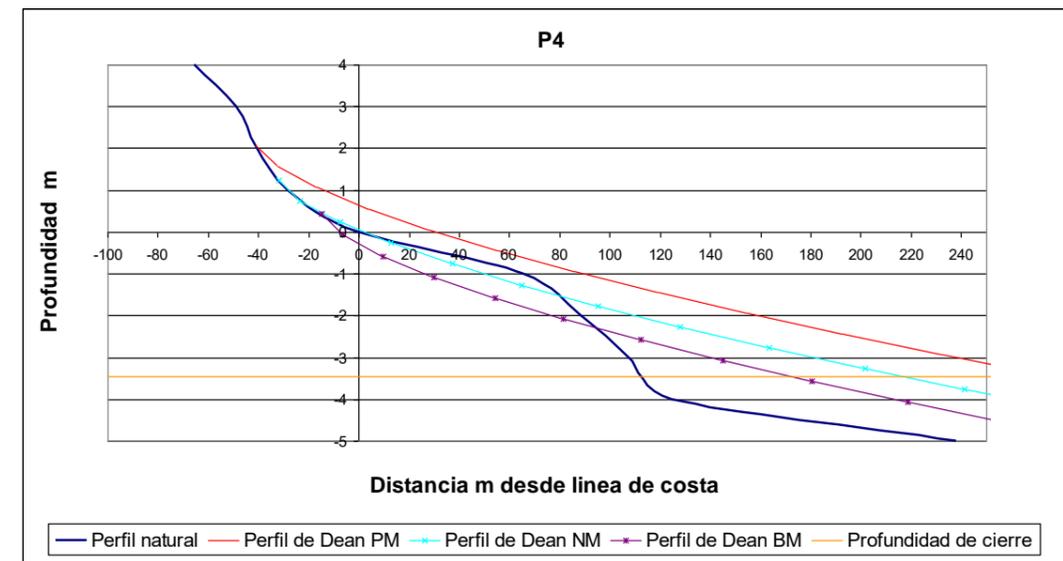


Figura 33. Resultado de la comparación del perfil real con el perfil teórico de Dean en el perfil 4 de la playa de Las Cucharas (Fuente: DGSCM)

A la vista de los resultados, se puede observar que los perfiles 1, 2 y 4 se ajustan mejor al perfil teórico de Dean en el caso del nivel medio de marea, con lo que no habría que realizar otro tipo de ajustes.

Por el contrario, el perfil 3 no se ajusta con el perfil teórico de Dean, debido a la presencia de una extensa plataforma entre la cota 0 y +1 formada por laja rocosa y tramos arenosos intermedios. Igualmente hay que tener en cuenta la escasa presencia de arena en este tramo, donde ni siquiera

existe zona de playa seca. Por estas cuestiones, no podemos considerar que Esta playa esté en equilibrio estático ni dinámico en la actualidad".

Se concluye, por tanto, que el perfil de Dean aplicado desde el nivel medio del mar hacia profundidades inferiores se adapta suficientemente bien a la playa de La Cuchara.

Por lo que respecta a la zona emergida, la experiencia de Marciglob Consultancy Solutions, S.L. indica que el ajuste del perfil teórico de estrán lineal (es decir, con modelo de disipación en la zona de rotura) suele ajustar muy bien a los perfiles reales.

Por todo ello en el diseño de las actuaciones se utilizará el perfil con modelo de disipación en la zona de rotura empleando para el cálculo del parámetro A el promedio de la expresión de Hanson & Kraus y de Dean.

5. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSPORTE LITORAL

5.1 METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS

La obtención de la tasa del transporte de sedimentos en dirección longitudinal a la costa como consecuencia de las corrientes inducidas por la rotura del oleaje es fundamental para el correcto conocimiento de la dinámica litoral del tramo de costa que se está considerando en el presente estudio.

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

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

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

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

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

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

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

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

En este proyecto se ha determinado la capacidad de transporte del oleaje la combinación de dos de estos procedimientos: el empleo de formulaciones analíticas y el modelado numérico.

5.2 CÁLCULO DEL TRANSPORTE LONGITUDINAL MEDIANTE FORMULACIONES

5.2.1 INTRODUCCIÓN

El transporte longitudinal potencial de sedimentos puede expresarse en términos del volumen total de sedimento transportado, esto es, incluyendo los huecos entre partículas (Q_i) o en términos del peso sumergido de sedimento transportado (I_i), que se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$I_i = (\rho_s - \rho) \cdot g \cdot (1 - n) \cdot Q_i \quad [N/s]$$

donde

- ρ_s es la densidad del sedimento (habitualmente 2.650 kg/m^3 , si bien en este caso los resultados de los análisis de las muestras obtenidas 'in situ' indican un valor de 2.630 kg/m^3).
- ρ es la densidad del agua (habitualmente 1.025 kg/m^3)
- n es la porosidad del sedimento (habitualmente $n = 40 \%$, si bien en este caso los resultados de los análisis de las muestras obtenidas 'in situ' indican un valor $n = 41,44 \%$).

Se habla de transporte potencial (o capacidad de transporte), ya que para producirse debe haber suficiente sedimento en el tramo de costa analizado y los eventuales obstáculos existentes en la costa (espigones, diques, cañones submarinos...) no deben poder ralentizar o detener dicho flujo sedimentario.

5.2.2 PRINCIPALES FORMULACIONES EXISTENTES

5.2.2.1 Fórmula del CERC

5.2.2.1.1 Expresión general

Savage (1962) propuso una ecuación para el cálculo del transporte longitudinal, que posteriormente fue adoptada por el U.S. Army Corp of Engineers en el "Coastal Design Manual" (1966) y que pasó a ser conocida como la fórmula CERC. Posteriormente esta fórmula fue adaptada a los datos de campo disponibles e incluida en las versiones de 1977 y 1984 del "Shore Protection Manual" (SPM).

De acuerdo a esta formulación, el transporte de sedimento (en términos de peso sumergido (I_i) es proporcional a la componente longitudinal del flujo de energía del oleaje (P_i) de acuerdo con la expresión

$$I_i = K \cdot P_i \quad [N/s]$$

De acuerdo con la teoría de Airy, el valor de P_i se define como

$$P_i = E_{br} \cdot C_{g,br} \cdot \text{sen}\theta_{br} \cdot \text{cos}\theta_{br} \quad [N/s]$$

donde

- E_{br} es la energía del oleaje evaluada en la zona de rotura: $E_{br} = \rho \cdot g \cdot H_{br}^2 / 8$,
- θ_{br} es el ángulo entre los frentes de oleaje y la batimetría en la zona de rotura y
- $C_{g,br}$ es la celeridad de grupo en la zona de rotura: $C_{g,br} = (g \cdot d_{br})^{1/2} = (g \cdot H_{br} / \gamma_{br})^{1/2}$

siendo γ_{br} el índice de rotura, es decir, la relación entre la altura de ola¹ en rotura (H_{br}) y la profundidad en la zona de rotura (d_{br}), es decir, $\gamma_{br} = H_{br} / d_{br}$. De acuerdo a Thornton y Guza (1983) para oleaje irregular definido en términos de altura de ola significativa (H_s) puede considerarse $\gamma_{br} = 0,60$, mientras que si se trabaja con alturas de ola media cuadráticas (H_{rms}) puede tomarse $\gamma_{br} = 0,42$.

De este modo se tiene que

$$I_i = K \cdot P_i = K \cdot E_{br} \cdot C_{g,br} \cdot \text{sen}\theta_{br} \cdot \text{cos}\theta_{br}$$

Asumiendo la hipótesis de aguas poco profundas en la zona de rotura, esta expresión puede reescribirse como

$$I_i = K \cdot \frac{\rho \cdot g^{3/2}}{16 \cdot \gamma_{br}^{1/2}} \cdot H_{br}^{5/2} \cdot \text{sen}(2 \cdot \theta_{br})$$

y por tanto

$$Q_i = K \cdot \frac{\rho \cdot g^{1/2}}{16 \cdot \gamma_{br}^{1/2} \cdot (\rho_s - \rho) \cdot (1 - n)} \cdot H_{br}^{5/2} \cdot \text{sen}(2 \cdot \theta_{br}) \quad [m^3/s]$$

expresión mediante la cual se presenta habitualmente la ya conocida como fórmula del CERC.

5.2.2.1.2 Cuantificación del coeficiente K

Un parámetro fundamental al calcular el transporte longitudinal es el coeficiente K, pues relaciona de manera proporcional o lineal dicho transporte y la componente longitudinal del flujo de

¹ Las alturas de ola que se emplean en esta formulación son o bien la altura de ola significativa (H_s) o bien la altura de ola media cuadrática (H_{rms}).

energía del oleaje². A continuación se presentan diferentes formulaciones existentes para determinar su valor.

Valor de K de acuerdo al "Shore Protection Manual"

A partir del análisis de diferentes mediciones in situ, el "Shore Protection Manual" (ver Figura 34.) estableció un valor $K_s = 0,39$ (en el caso que se utilicen las alturas de ola significantes), que equivaldría a $K_{rms} = 0,92$ (si se emplean las alturas de ola medias cuadráticas).

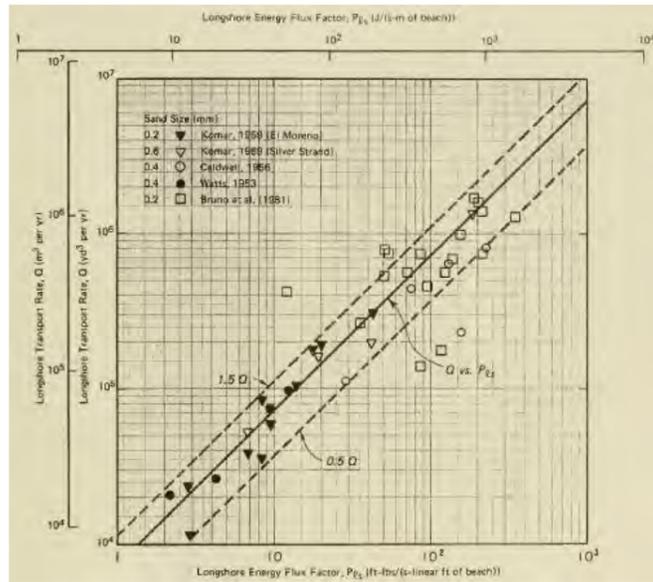


Figura 34. . Relación entre I_l y P_1 a partir de datos de campo (Fuente: *Shore Protection Manual*, 1984)

Variación de K en función del parámetro de Iribarren

Kamphuis y Readshaw (1978) observaron una relación entre el valor de K y el número de Iribarren o surf similarity parameter, definido como

$$\xi_{br} = \tan\beta_{br}/(H_{s,br}/L_0)^{1/2}$$

donde $\tan\beta_{br}$ es la pendiente media entre la línea de orilla y la zona de rotura, $H_{s,br}$ es la altura de ola significativa en rotura y L_0 es la longitud de onda en aguas profundas, definida como $L_0 = g \cdot T^2 / (2 \cdot \pi)$

Según dichos autores se tiene que

$$K_s = 0,70 \cdot \xi_{br}$$

² En función que en el cálculo de P_1 se emplee H_s o H_{rms} , el valor del coeficiente K variará, pudiéndose distinguir entre K_s (si se utiliza H_s) o K_{rms} (si se emplea H_{rms}).

Variación de K en función del tamaño del sedimento

A partir de resultados de campo (ver Figura 35.), Bailard (1981, 1984) desarrolló un modelo energético en el cual el coeficiente K_{rms} era función del ángulo de oleaje en rotura y de la relación entre la máxima velocidad orbital ($u_{m,br}$) y la velocidad de caída del sedimento (w_f) de acuerdo a la expresión

$$K_{rms} = 0,05 + 2,6 \cdot \text{sen}^2(2 \cdot \theta_{br}) + 0,007 \cdot u_{m,br}/w_f$$

De acuerdo a la teoría de aguas poco profundas puede considerarse que $u_{m,br} = 0,5 \cdot \gamma_{br} \cdot (g \cdot d_{br})^{1/2}$.

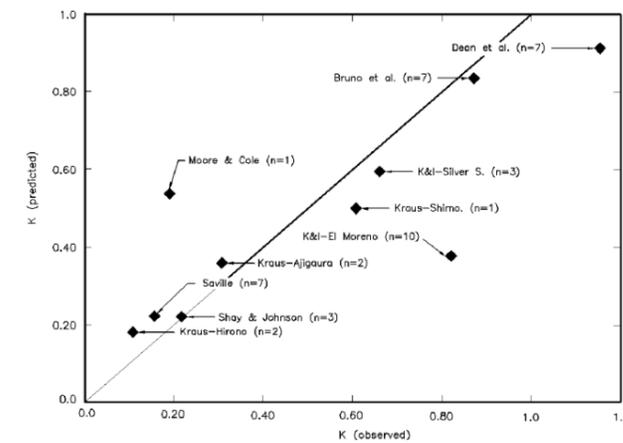


Figura 35. Calibración del modelo de Bailard para la definición de K_s (Fuente: *Coastal Engineering Manual*, 2002)

Por su parte Del Valle et al. (1993) presentaron una relación empírica entre el valor K_{rms} y el diámetro medio del sedimento (D_{50}) obtenida a partir de datos de Komar (1988) y datos propios del delta del río Adra (con valores entre 0,40 y 1,50 mm), tal como se muestra en la Figura 36. . Dicha expresión es

$$K_{rms} = 1.4 \cdot \exp(-2,5 \cdot D_{50}) \quad [D_{50} \text{ expresado en mm}]$$

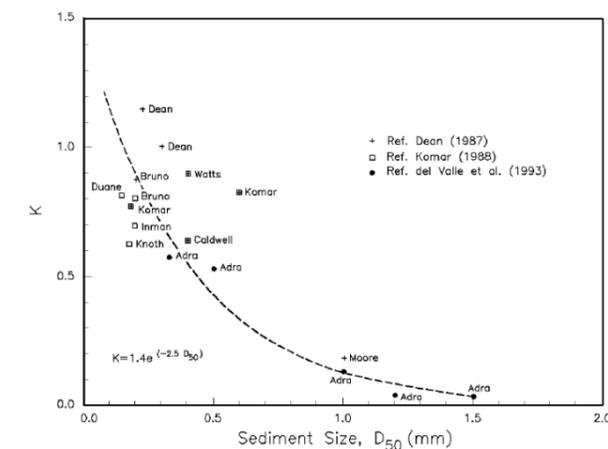


Figura 36. Calibración del modelo de Del Valle para la definición de K_{rms} (Fuente: *Coastal Engineering Manual*, 2002)

5.2.2.2 Fórmula de Kamphuis

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

$$Q_l = \frac{0,0013}{(1-n) \cdot (\rho_s - \rho)} \cdot \frac{\rho \cdot H_{s,br}^3}{T_p} \cdot \tan^{0,75} \beta_{br} \cdot \left(\frac{H_{s,br}}{L_0}\right)^{-1,25} \cdot \left(\frac{H_{s,br}}{D_{50}}\right)^{0,25} \cdot \text{sen}^{0,6}(2 \cdot \theta_{br}) \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

donde T_p es el período pico del oleaje y el resto de parámetros los mismos que se emplean en la fórmula del CERC.

Por consiguiente esta expresión tiene en cuenta simultáneamente la pendiente de la playa y el tamaño medio del sedimento, que como se ha visto anteriormente, son dos de los parámetros que influyen en el valor del transporte de sedimentos, por lo que sus resultados deberían ser más realistas que las anteriores fórmulas.

5.2.2.3 Fórmula de Van Rijn

A partir de datos de laboratorio, de campo y resultados numéricos, Van Rijn (2001) definió la siguiente expresión para el cálculo del transporte longitudinal

$$Q_l = K_0 \cdot K_{swell} \cdot K_{grain} \cdot K_{slope} \cdot H_{s,br}^{2,5} \cdot V_{eff,L} / [(1-n) \cdot \rho_s] \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

donde

- $K_0 = 42$
- K_{swell} es el factor de corrección para oleaje swell, definido como $K_{swell} = 1$ para oleaje de viento y $K_{swell} = T_{swell}/T_{ref}$ para oleaje de fondo (con $H_s < 2$ m), siendo $T_{ref} = 6$ s.
- K_{grain} es el factor de corrección del tamaño de sedimento, definido como $K_{grain} = D_{50,ref}/D_{50}$, siendo $D_{50,ref} = 0,20$ mm (para $D_{50} > 2$ mm se debe tomar el valor mínimo $K_{grain,min} = 0,10$).
- K_{slope} es el factor de corrección de la pendiente, definido como $K_{slope} = (\tan\beta/\tan\beta_{ref})^{1/2}$, siendo $\tan\beta_{ref} = 0,01$ y $\tan\beta$ la pendiente media de la playa entre la línea de costa y la isobata $d = -8$ m y con unos valores límites $0,75 \leq K_{slope} \leq 1,25$.
- $V_{eff,L}$ es la velocidad longitudinal efectiva de la corriente en la zona media de surf debida tanto al oleaje como a la marea, definida como $V_{eff,L} = (V_{wave,L2} \pm V_{tide,L2})^{1/2}$. Si ambas componentes tienen la misma dirección el signo es positivo y en caso contrario el signo es negativo, siendo
 - $V_{wave,L}$ la componente de la velocidad longitudinal de la corriente inducida por la rotura del oleaje y definida como $V_{wave,L} = 0,3 \cdot (g \cdot H_{s,br})^{1/2} \cdot \text{sen}(2 \cdot \theta_{br})$.
 - $V_{tide,L}$ la componente de la velocidad longitudinal de la corriente inducida por la marea y que toma un valor de 0 m/s en caso que no haya marea; 0,1 m/s para micro-mareas; 0,3 m/s para meso-mareas y 0,5 m/s para macro-mareas.

Por consiguiente esta expresión tiene en cuenta simultáneamente la pendiente de la playa y el tamaño medio del sedimento y la existencia de corrientes longitudinales debidas a la marea por lo que sus resultados deberían ser más realistas que las anteriores.

5.2.3 IMPLEMENTACIÓN DE LAS FÓRMULAS

Todas las fórmulas anteriores han sido empleadas para efectuar el cálculo del transporte potencial o capacidad de transporte longitudinal de sedimentos, para lo cual se ha utilizado el programa matemático LONGTRANS, desarrollado por MARCIGLOB.

Los datos de partida de dicho programa son

- Alineación media de la costa (ζ).
- Límites direccionales del fetch, esto es, el abanico de direcciones de oleaje que pueden llegar a la zona de estudio ($\alpha_{r,max}$ y $\alpha_{r,min}$).
- Características del sedimento (tamaño medio, densidad y porosidad).
- Pendiente media de la playa a lo largo de toda la zona de rotura.
- Velocidad longitudinal neta de la corriente de marea.
- Frecuencias medias de presentación del oleaje en aguas profundas para diferentes sectores direccionales (definidos a través de su dirección media α) e intervalos de H_s .
- Correlación entre H_s y T_p .

Todo ello de acuerdo al criterio de signos mostrado en la Figura 37. .

El oleaje en alta mar es propagado hacia costa hasta la rotura empleando el programa REFRAC, desarrollado por MARCIGLOB.

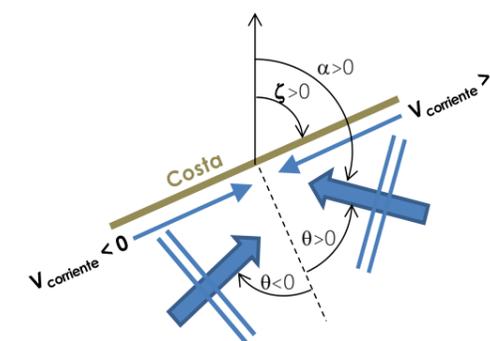


Figura 37. Criterios de signo del programa LONGTRANS (Fuente: elaboración propia)

5.2.4 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE LONGITUDINAL

Mediante el programa LONGTRANS (ver apartado 5.2.3) se ha procedido a calcular el transporte potencial en la zona de estudio. En primer lugar se ha procedido a definir los ángulos límites de incidencia del oleaje, que de acuerdo a la Figura 38. resultan ser $\alpha_{r,min} = 38,89^\circ$ N y $\alpha_{r,max} = 210,26^\circ$ N,

valores que vienen condicionados por la Punta de Tope (al norte) y la Punta de Las Crucitas (al sur). No obstante dichos límites son teóricos ya que oleajes en alta mar con direcciones menores a $38,89^\circ$ N o mayores a $210,26^\circ$ N si pueden incidir en la zona de estudio tras refractarse. Por todo ello como direcciones límites se tomarán las extremas de los sectores direccionales en los que se encuentran dichos límites teóricos, es decir, $33,75^\circ$ N y $213,75^\circ$ N que corresponden a los límites entre los sectores NNE y NE y entre los sectores SSW y SW respectivamente.



Figura 38. Límites de incidencia del oleaje en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto a la alineación media de la batimetría, ζ , de acuerdo con la Figura 39, toma el valor $27,3^\circ$ N.

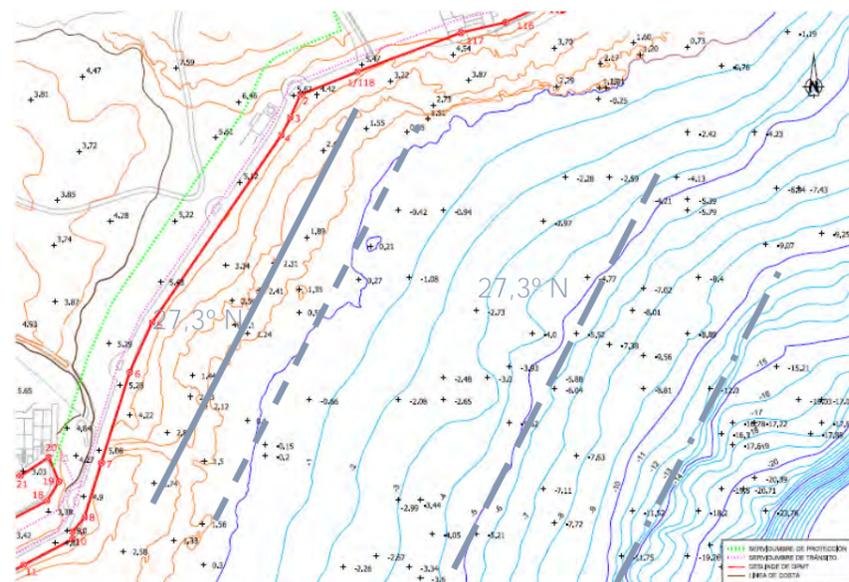


Figura 39. Alineación media de la batimetría en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Tal como se muestra en la Figura 40, para esta alineación de la costa la capacidad de transporte longitudinal neto de sedimentos es de $126.923 \text{ m}^3/\text{año}$, mientras que la capacidad de transporte longitudinal bruto de sedimentos –esto es, sin tener en cuenta el sentido del transporte– es de $132.510 \text{ m}^3/\text{año}$ (valores obtenidos como promedio de los resultados de las fórmulas de Van Rijn, Kamphuis y CERC con el coeficiente K obtenido a partir de la expresión de Del Valle, que como se comentó son las más fiables al tener en cuenta el tamaño del sedimento³). En los cálculos se ha considerado un tamaño medio de sedimento $D_{50} = 0,35 \text{ mm}$, similar al existente en las playas más próximas.

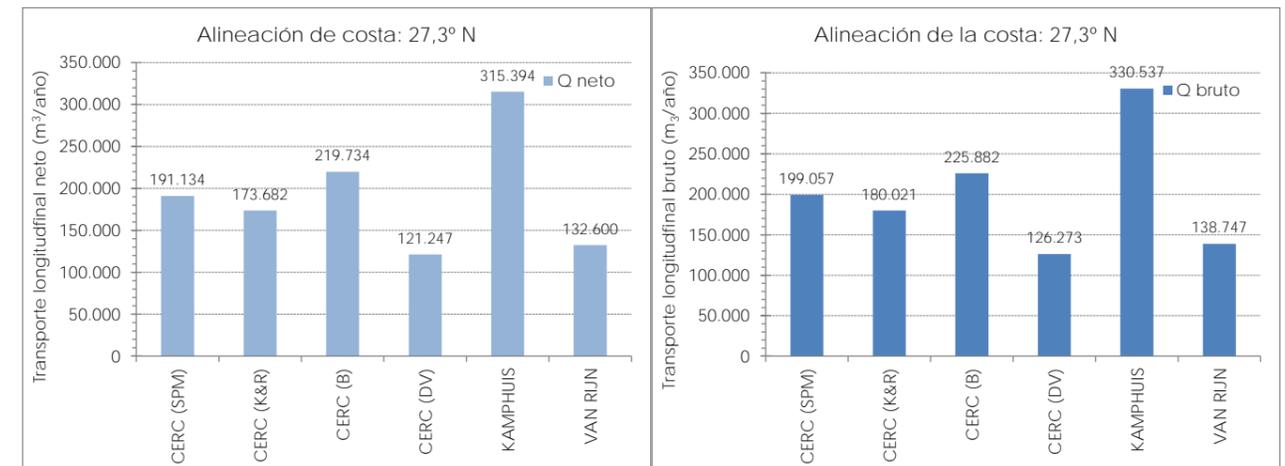


Figura 40. Capacidad de transporte longitudinal en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

La existencia de un transporte longitudinal bruto de un valor muy parecido al neto quiere decir que el transporte mayoritariamente se produce en la dirección neta, es decir, del N a S, siendo por tanto muy poco frecuentes los episodios de oleaje que inducen transporte en sentido contrario (S a N). De hecho el transporte medio de N a S sería de $129.717 \text{ m}^3/\text{año}$ y el transporte medio de S a N sería de $2.793 \text{ m}^3/\text{año}$.

De todo lo anterior se concluye que un valor razonable de la capacidad de transporte longitudinal neto en la playa sería de $Q_l = 125.000 \text{ m}^3/\text{año}$ con dirección N-S.

Pese a todo ello, las limitaciones que en este caso presenta la metodología descrita (playa rectilínea sin obstáculos al transporte de arenas y con disponibilidad suficiente de sedimento) aconsejan analizar el transporte de sedimentos mediante modelado numérico que da lugar a resultados más realistas, lo cual se efectúa en el siguiente apartado.

³ En este caso no se han considerado los resultados obtenidos con la expresión de Kamphuis (que también tiene en cuenta el tamaño del sedimento) pues son exageradamente altos, más del doble que los conseguidos con las fórmulas de CERC (Del Valle) y de Van Rijn.

5.3 CÁLCULO MEDIANTE MODELADO NUMÉRICO

Dada la complejidad de la morfodinámica en la zona de rompientes, existe una metodología que permite calcular con mayor aproximación el transporte de sedimentos en las zonas costeras. Dicha metodología consiste en la determinación de los patrones de propagación y rotura del oleaje, la obtención de los tensores de radiación, el cálculo de las corrientes de oleaje a partir de dichos tensores y, finalmente, el transporte de sedimentos inducido conjuntamente por oleaje y corrientes.

Todo ello se ha realizado en el sistema playero de estudio, mediante el programa Sistema de Modelado Costero (SMC); desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (G.I.O.C.) de la Universidad de Cantabria, para la antigua Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente.

5.3.1 CONCEPTOS PREVIOS SOBRE EL MODELO UTILIZADO

La utilización de un modelo numérico es un procedimiento muy útil para el cálculo del transporte sedimentario, ya que es una herramienta muy potente y relativamente poco costosa que permite obtener la capacidad teórica de transporte de forma rápida y fiable. De todas maneras estos modelos deben ser siempre validados y calibrados correctamente para obtener resultados satisfactorios. Actualmente en la ingeniería marítima los modelos numéricos son recientes y están en periodo de perfeccionamiento, entre ellos los modelos acerca de la dinámica sedimentaria son los que se encuentran en menor desarrollo.

La modelización del transporte sedimentario se ha realizado con el módulo EROS (modelo bidimensional y horizontal de evolución morfológica de una playa). El programa EROS forma parte del Modelo integral de evolución MORfológica de una PLAYa debida a la acción del oleaje y a las corrientes de rotura (MOPLA), el cual, a su vez se engloba en el modelo de análisis a corto plazo de playas del programa SMC. El concepto "corto plazo" debe entenderse como la escala temporal de validez del modelo (horas – días). Es decir, estos modelos son útiles para simular el comportamiento de una playa sometida a la acción de un determinado estado de mar.

El modelo EROS es un modelo numérico que resuelve las ecuaciones del flujo de sedimentos dentro de la zona de rompientes, así como los cambios en la batimetría asociados a las variaciones espaciales del transporte de sedimentos. Este modelo requiere como datos de entrada los siguientes:

- Campo del oleaje (calculados con el módulo OLUCA, también perteneciente al MOPLA)..
- Campo de corrientes inducidas por la rotura del oleaje (calculado con el modelo COPLA, también perteneciente al MOPLA).
- Datos de características del sedimento de la playa.

Los campos del oleaje y de corrientes se presentan en el Anejo nº 3 del Proyecto, en el que se ha efectuado la propagación de diferentes casos de oleaje espectral, con las direcciones características de la zona (NE, E, SE y S) y con unas alturas de ola correspondientes al oleaje morfológico (es decir,

aquél que tiene la misma energía que todas las olas de un determinado sector direccional) y al excedido 12 h/año (y que es representativo de un temporal de frecuencia de presentación anual). Dado que en la zona de proyecto el fondo es rocoso sin sedimentos, el tamaño de sedimento introducido en el modelo es el que se corresponde con el tamaño medio (D_{50}) de las arenas existentes en las playas más próximas, que en este caso son del orden de 0,35 mm (ver apartado 3.2.5.).

Con el modelo se obtienen resultados sobre el vector transporte de sedimentos en todo el dominio de cálculo, que permite cuantificar magnitudes y sentido del transporte. Para ello se ha aplicado el modelo de Soulsby-Van Rijn (1997), que es una expresión analítica experimental que aproxima de manera bastante aproximada a la formulación para ola-corriente de van Rijn, evaluando tanto el transporte por fondo como por suspensión sobre fondo horizontal (se considera el efecto de la pendiente por fondo en el inicio del transporte). Se ha tomado para los cálculos una viscosidad de remolino de 8 m²/s. Para la aplicación del modelo, las ecuaciones se resuelven mediante un método de diferencias finitas sobre una malla rectangular.

5.3.2 RESULTADOS DEL MODELO NUMÉRICO

Los resultados gráficos del modelo numérico referente al transporte potencial de los 10 escenarios de oleaje analizados se incluyen en el Apéndice 1 de este anejo.

La tendencia direccional del transporte de sedimentos es muy similar a la de las corrientes de rotura del oleaje que se presentaron en el Anejo nº 3, tal como puede apreciarse en la Figura 41. (para el oleaje morfológico) y en la Figura 42. (para el oleaje asociado a H_{s12}).

De su análisis en la zona donde se desarrollarán las obras se desprende lo siguiente:

- Los oleajes del NNE tras refractarse intensamente alcanzan la costa con una altura de ola muy reducidas, por lo que tanto las corrientes generadas como su capacidad de transporte de sedimentos es muy limitada (especialmente en el caso del oleaje morfológico en el que el valor del transporte es prácticamente nulo) y en cualquier caso de dirección N-S.
- Los oleajes del NE son los que producen un transporte longitudinal de sedimentos de mayor intensidad (también con dirección N-S). Al tratarse de los oleajes con mayor frecuencia de presentación es el que al final controla la dinámica sedimentaria en la zona de estudio.
- Los oleajes del E son producidos también un transporte longitudinal de sedimentos de intensidad considerable (con dirección N-S salvo el oleaje morfológico en la mitad sur de la playa donde la dirección se invierte y es S-N).
- Los oleajes del SE provocan un campo de transporte de sedimentos más variable; así para el oleaje morfológico se aprecia alternancia de dirección S-N en ambos extremos de la zona de estudio y de N-S en la zona central (en todos los casos de escasa magnitud), mientras que en el caso del oleaje asociado a H_{s12} , en la mitad norte el transporte es N-S y en la mitad sur tiene dirección S-N y menor intensidad.
- Los oleajes del S provocan un transporte de sedimentos de S-N, si bien en el caso del oleaje morfológico el transporte de sedimentos es sólo significativo en la mitad sur de la zona de estudio.

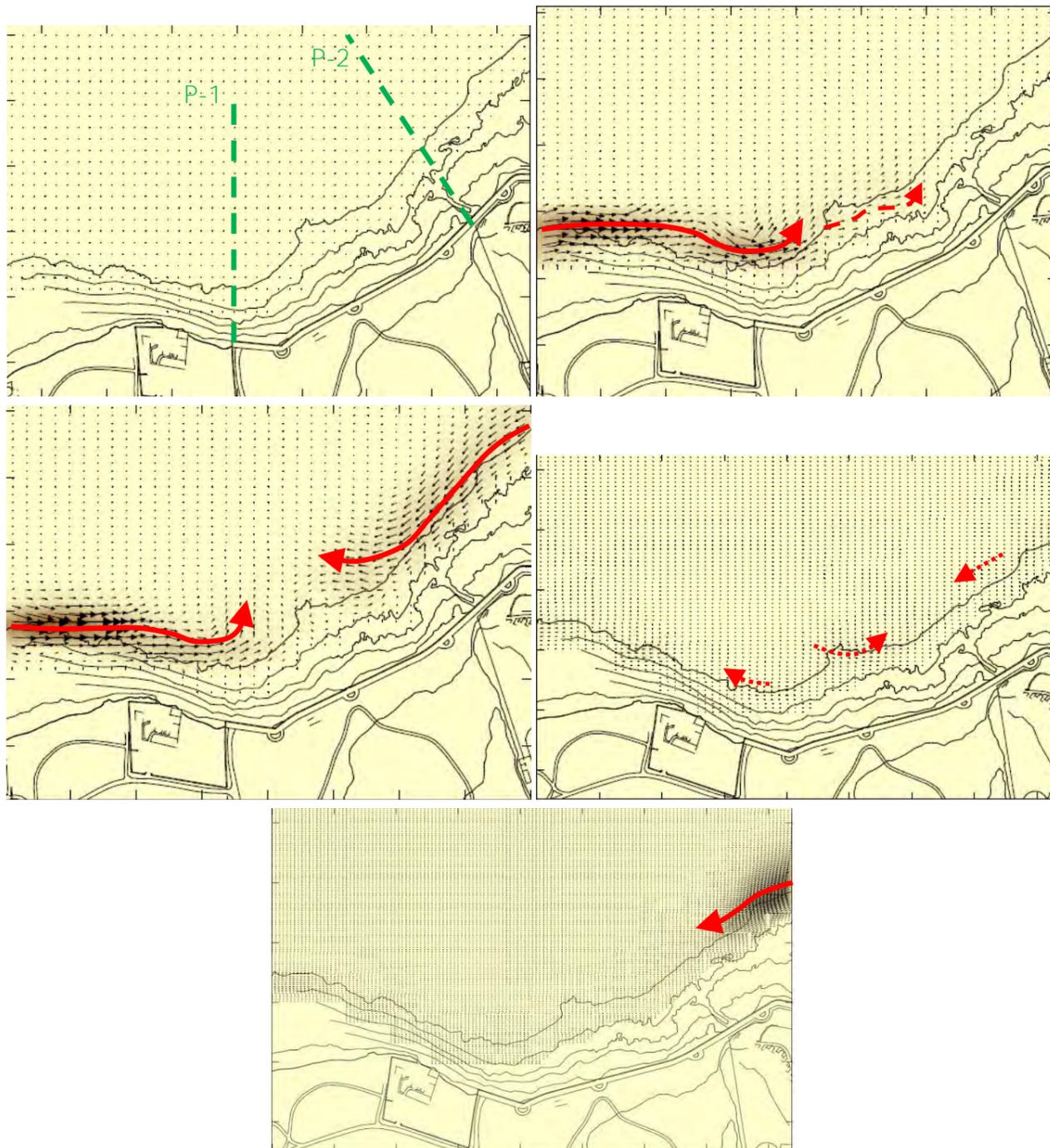


Figura 41. Vectores transporte de sedimentos correspondientes al oleaje morfológico. De arriba abajo y de izquierda a derecha: NNE, NE, E, SE y S. La escala gráfica de los vectores es diferente en cada caso, como puede apreciarse en las gráficas del Apéndice 1 (Fuente: elaboración propia)

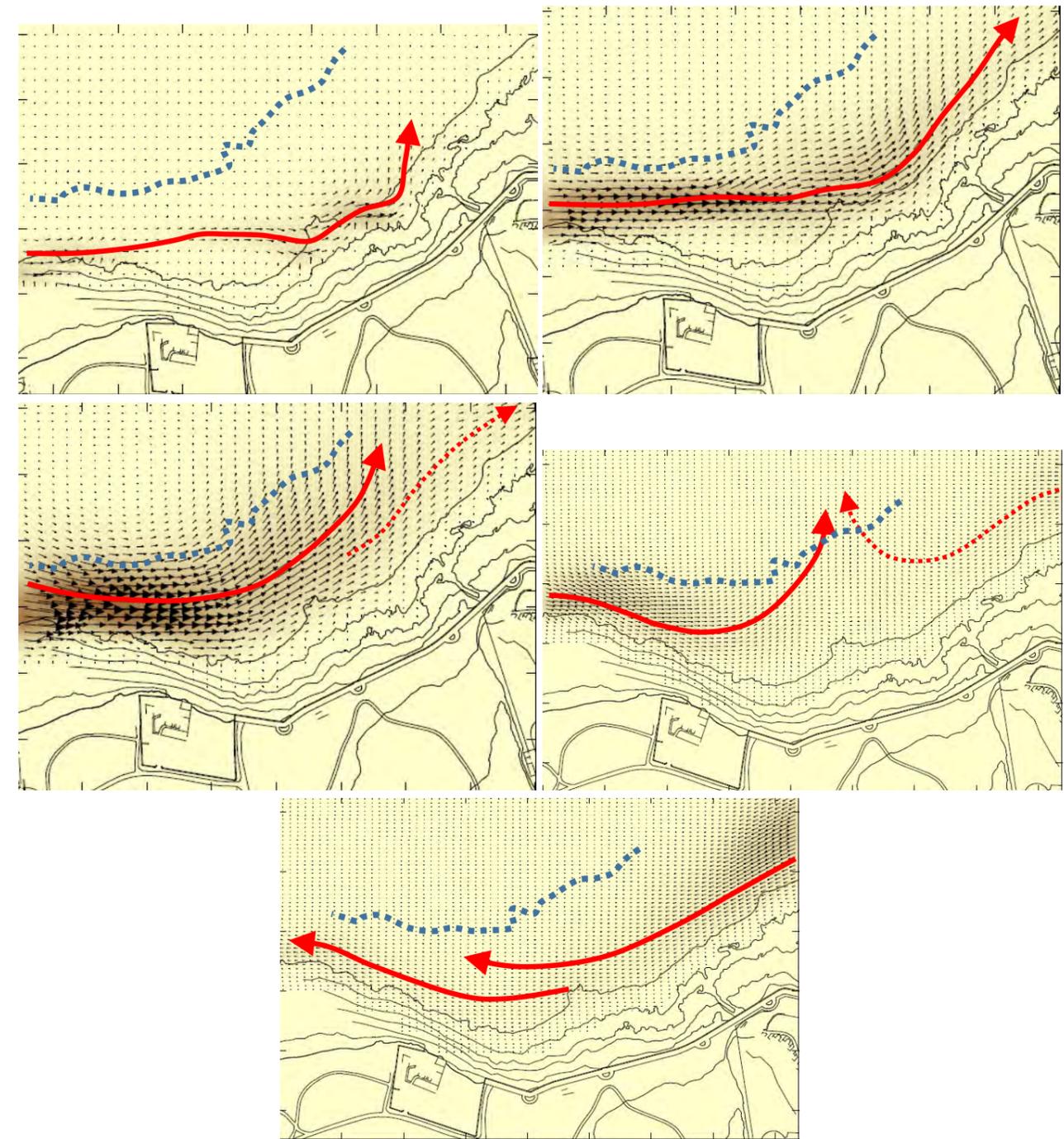


Figura 42. Vectores transporte de sedimentos correspondientes al oleaje asociado a H_{512} . De arriba abajo y de izquierda a derecha: NNE, NE, E, SE y S. La escala gráfica de los vectores es diferente en cada caso, como puede apreciarse en las gráficas del Apéndice 1. La línea azul discontinua representa la profundidad activa (Fuente: elaboración propia)

Se ha realizado la integración espacial del campo de transporte de sedimentos (que presenta unidades de $m^3/h/m$) a lo largo de dos perfil transversales situados en los 2 extremos de la zona de estudio (P-1 en el extremo norte y P-2 en el extremo sur, cuya ubicación puede apreciarse en la Figura 41.), con objeto de poder calcular el transporte. Cada uno de los valores obtenidos para los 10 escenarios de oleaje analizados ha sido posteriormente ponderado por su frecuencia anual de presentación. Debe recordarse que el oleaje morfológico representa la energía de todos los oleajes y por tanto el valor de transporte de sedimentos obtenido sería más representativo de un transporte medio, mientras que los oleajes asociados a H_{s12} son representativos de unos temporales de intensidad media/alta (con una frecuencia de presentación de una vez al año aproximadamente) y por tanto el valor de transporte de sedimentos obtenido sería más representativo de los episodios de oleaje más energéticos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 6.- Resultados del transporte de sedimentos obtenido con el programa EROS. El signo (+) indica dirección N-S y el signo (-) dirección S-N (Fuente: elaboración propia)

Perfil P-1

Oleaje	NNE	NE	E	SE	S	Transporte neto
Morfológico	0 m^3/a	+9.091 m^3/a	+317 m^3/a	-6 m^3/a	0 m^3/a	+9.402 m^3/a
Excedido 12 h/año	+7 m^3/a	+750 m^3/a	+81 m^3/a	+3 m^3/a	-3 m^3/a	+838 m^3/a

Perfil P-2

Oleaje	NNE	NE	E	SE	S	Transporte neto
Morfológico	0 m^3/a	0 m^3/a	-209 m^3/a	-4 m^3/a	-78 m^3/a	-291 m^3/a
Excedido 12 h/año	0 m^3/a	+179 m^3/a	+23 m^3/a	-2 m^3/a	-16 m^3/a	+184 m^3/a

Se concluye por tanto que en el extremo norte de la zona de estudio el transporte longitudinal neto de sedimentos es $Q_l = 10.000 m^3/a$ con dirección N-S, mientras que en el extremo sur de la zona de estudio el transporte longitudinal neto de sedimentos es prácticamente nulo ($Q_l = 300 m^3/a$ con dirección S-N), es decir, unos valores sensiblemente inferior al obtenido mediante las fórmulas analíticas en el apartado 5.2.4.

No obstante debe tenerse en cuenta que este tipo de modelos de "corto plazo" son muy dependientes de la batimetría empleada en la modelación, de manera que cambios significativos en la misma pueden suponer diferencias considerables en los resultados. Por todo ello su extrapolación para efectuar valoración a medio/largo plazo (por ejemplo, en la determinación del transporte medio anual) debe realizarse con cierta cautela.

5.4 COMENTARIOS RESPECTO AL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

El cálculo teórico del transporte longitudinal a partir de formulaciones (CERC, Kamphuis, Van Rijn...) tiene unas limitaciones importantes y se trata de un transporte siempre potencial sin tener en consideración las condiciones locales tanto de la batimetría como de la línea de costa. Por otro lado el modelo numérico resuelve las ecuaciones del flujo de sedimentos dentro de la zona de rompientes,

así como los cambios en la batimetría asociados a las variaciones espaciales del transporte de sedimentos. De todos modos ha podido comprobarse que en este caso ambos métodos describen bien la situación del transporte en la zona de manera cualitativa ya que arrojan resultados similares. Así tanto con el programa LONGTRANS como con el EROS se obtiene que la dirección asociada a un mayor transporte es claramente el NE y que los transportes asociados a los oleajes del SE y S tienen una dirección neta contraria (S a N) pero con una intensidad mucho menor, tal como se aprecia en la Figura 43. (en la que las columnas indican los cálculos analíticos correspondientes al eje de ordenadas izquierdo y la línea discontinua representa los cálculos analíticos mediante modelo numérico y se corresponden al eje de ordenadas derecho).

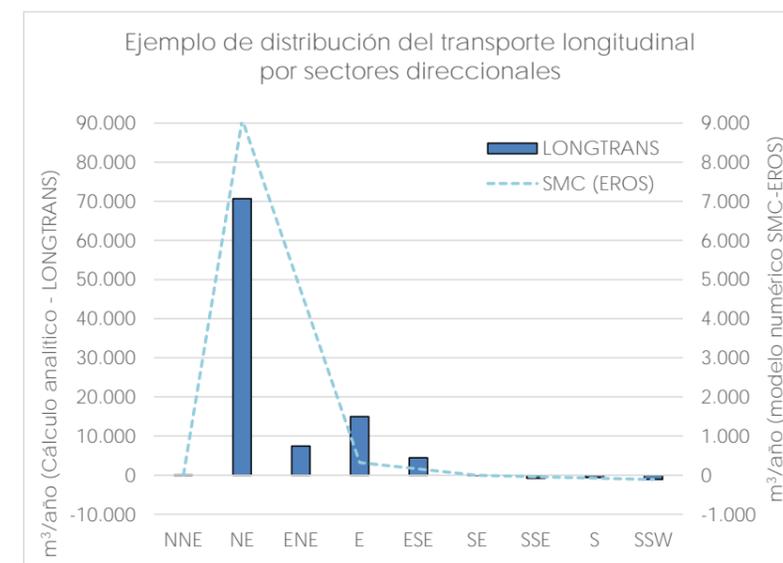


Figura 43. Ejemplo de variación del transporte longitudinal (fórmula de Van Rijn) en función de la dirección de incidencia del oleaje. Valores positivos: NE-SW; valores negativos: SW-NE (Fuente: elaboración propia)

Por todo ello y teniendo en cuenta todas las consideraciones realizadas se considerará que el transporte longitudinal neto de sedimentos estará alrededor de los $Q_l = 10.000 m^3/año$ con dirección N-S). Se reitera, no obstante, que estos valores se han obtenido a partir de un tamaño de sedimento $D_{50} = 0,40 mm$ si bien, tal como se ha explicado en el apartado 3.2.4 en esta zona los fondos son rocosos, por lo que se trata de valores exclusivamente potenciales.

En cuanto al alcance espacial de este transporte longitudinal, en la Figura 42. se compara el campo vectorial de transporte obtenido con los oleajes asociados a H_{s12} y la profundidad activa (es decir, aquella a partir de la cual el transporte longitudinal deja de ser significativo y en cuyo cálculo se emplea H_{s12} , tal como se vio en el apartado 4.2.1). Puede comprobarse que en general los vectores de transporte se encuentran mayoritariamente dentro de la zona denominada 'litoral' (definida entre la línea de costa y la profundidad activa) incluso para los oleaje del NE y del E (que son los más energéticos, es decir, con mayor altura de ola).

6. EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA Y BALANCE SEDIMENTARIO

6.1 EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

6.1.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA

6.1.1.1 Consideraciones generales

El tramo litoral en el cual se incluye la zona en estudio se caracteriza por ser un acantilado bajo con presencia de diferentes elementos pétreos (rocas, bolos, cantos rodados, guijarros...) como puede apreciarse en la Figura 44.



Figura 44. Tipología costera de la zona de estudio (Fuente: elaboración propia).

Cerca de la zona de estudio existen dos playas (Los Charcos y Las Cucharas) si bien son artificiales y se construyeron mediante la aportación de arena y la construcción de espigones que la estabilicen.

6.1.1.2 Evolución de la línea de costa

En la Figura 45. y Figura 46. se muestran diferentes fotografías aéreas de la zona de actuación entre los años 1982 y 2015.

Puede apreciarse que en la primera fotografía (1982) ya se había construido la playa artificial de Los Charcos (con aportación de arena y unos nuevos espigones con una forma en planta convergente) y que también se había ejecutado el dique existente en el extremo sur de la Bahía de las Cucharas pero no la alimentación artificial de las playas de esta bahía (hay que comentar que en una fotografía anterior de 1966 no se aprecia ninguna de estas dos actuaciones). En la siguiente fotografía (1990) ya se había ejecutado la alimentación artificial de la playa de Las Cucharas, con la aportación de arena y la construcción de espigones perpendiculares a la costa.

En el resto de fotografías (1998, 2005, 2009 y 2015) no se aprecian cambios significativos en la línea de costa (debe tenerse en cuenta que estas fotografías fueron tomadas con diferentes niveles de marea

por lo que la zona seca/sumergida de las playas varía en cada imagen –avances y retrocesos– si bien la forma en planta se mantiene.

Por lo que respecta al detalle de la zona de actuación (Figura 46.) se aprecia que la forma de la línea de costa se ha mantenido estable a lo largo de este período temporal (1982-2015). Los avances y retrocesos apreciados se deben a que, como ya se explicó, las fotografías fueron tomadas con diferentes niveles del mar,

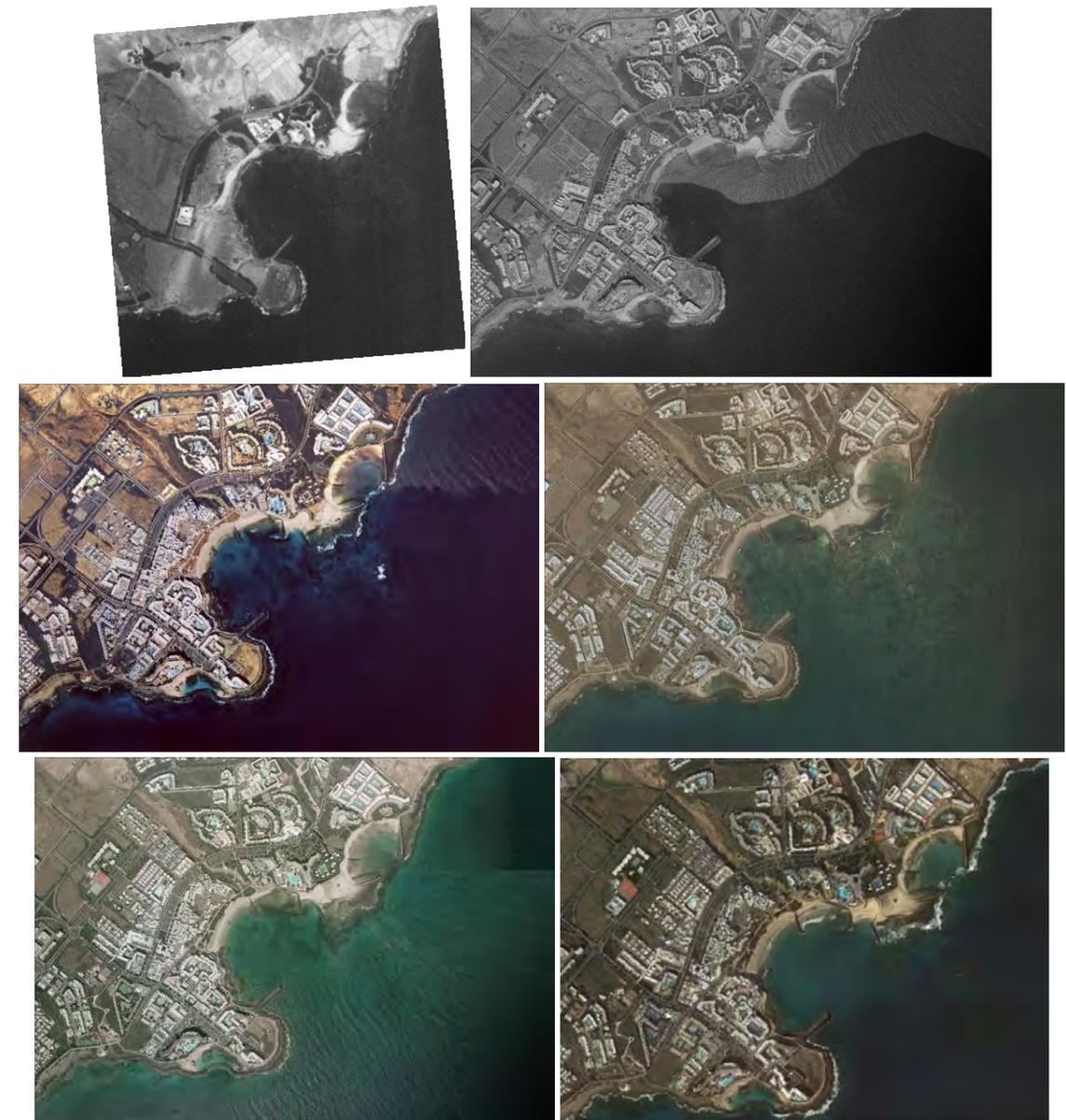


Figura 45. Fotografías aéreas histórica de la línea de costa en el ámbito de la zona de actuación en 1982, 1990, 1998, 2005, 2009 y 2015 (Fuente: Grafcan y GoogleMaps)



Figura 46. Fotografías aéreas histórica de la línea de costa en la zona de actuación en 1982, 1990, 1998, 2005, 2009 y 2015 (Fuente: Grafcan y GoogleEarth)

6.1.2 EVOLUCIÓN FUTURA

De acuerdo con el apartado anterior, se puede afirmar que las playas en la zona de actuación se seguirán manteniendo estables, con las inevitables pérdidas de sedimento como consecuencia de los temporales más energéticos.

6.2 BALANCE SEDIMENTARIO

Para efectuar el balance sedimentario de la zona objeto de estudio, se han considerado los siguientes límites:

Longitudinalmente Al norte: perfil P-1 (ver Figura 41.)

Al sur: perfil P-2 (ver Figura 41.)

Transversalmente Por el lado tierra: paseo marítimo

Por el lado mar: isóbata correspondiente a la profundidad de cierre (-10 m)

A partir de los resultados mostrados en la Tabla 6.- se concluye que el balance sedimentario en esta zona es

$$\begin{aligned} \text{Balance sedimentario} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_{\text{entrante}} - Q_{\text{saliente}} = Q_{P1} + Q_{P2} - Q_{-10} + Q_{\text{paseo}} = \\ &= +9.402 - (-291) + 0 + 0 = +9.693 \text{ m}^3/\text{año} \end{aligned}$$

Es decir, una ganancia de sedimento de unos 9.500 m³/año. Se reitera, no obstante, que estos valores se han obtenido a partir de un tamaño de sedimento D₅₀ = 0,40 mm si bien, tal como se ha explicado en el apartado 3.2.4 en esta zona los fondos son rocosos, por lo que se trata de valores exclusivamente potenciales. El tamaño de los materiales existentes es lo suficientemente grande como para que el transporte sea prácticamente existente, como corrobora su estabilidad a lo largo de los últimos años, como se ha visto en el apartado 6.1.1.2.

7. RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS Y CANTERAS. PREVISIÓN DE DRAGADOS O TRASVASES DE ARENAS

7.1 RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS Y CANTERAS

En las proximidades a la zona de estudio existen las siguientes empresas comercializadoras de áridos con canteras propias en explotación y con las cuales se ha contactado.

- LANZAGRAVA S.L.
Ctra. Arrecife-Yaiza, km 5
35550 San Bartolomé
Tel. 928 822 970/72
Tipo de recurso explotado: áridos y escolleras
- HEREDEROS DE JUAN ACUÑA S.L. ,
Barranco de la Mora
Carretera Arrecife-Yaiza, km 6,7
35572 Tías
Tel. 928 524 353
Tipo de recurso explotado: áridos y escolleras
- HORMIGONES ORINOCO, S.L.
Cantera los Roferos
Avda. Las Vegas, 18
35560 Tinajo
Tel. 928 840 186
Tipo de recurso explotado: áridos y hormigones

7.2 PREVISIÓN DE DRAGADOS O TRASVASE DE ARENAS

En el presente proyecto no se prevé la realización de dragados del fondo marino o de trasvase de arenas, ya que la creación de la nueva playa se efectuará con arena de origen terrestre.

8. PROPUESTA PARA LA MINIMIZACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS Y MEDIDAS CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS

En el Documento Ambiental que acompaña el proyecto se analizan impactos sobre el medio marino en su globalidad (más allá de la dinámica litoral), así como las correspondientes medidas mitigadoras, correctoras y compensatorias.

9. PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS

Se propone como medida de seguimiento de las actuaciones el levantamiento topo-batimétrico de la playa. Estos levantamientos se realizarán antes del inicio de las obras y pasados 1, 2 y 3 años, con objeto de poder analizar el eventual impacto. Para evitar desajustes estacionales en estos perfiles, deberán ser tomados preferiblemente en el mismo mes.

10. DINÁMICAS RESULTANTES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

10.1 ANTECEDENTES

El Reglamento General de Costas (aprobado por Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre) especifica en su artículo 93 que el Estudio de Dinámica Litoral incluirá un estudio de las dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático.

Además en su artículo 92 especifica que la evaluación de los efectos del cambio climático incluirá la consideración de la subida del nivel medio del mar, la modificación de las direcciones de oleaje, los incrementos de altura de ola, la modificación de la duración de temporales y en general todas aquellas modificaciones de las dinámicas costeras actuantes en la zona, en un periodo de tiempo que en el caso de obras de protección del litoral, puertos y similares será de un mínimo de 50 años desde la fecha de solicitud y que se deberán considerar las medidas de adaptación que el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) defina en la Estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático.

El MAGRAMA ha financiado el proyecto llamado 'Cambio Climático en la Costa Española' (C3E), que diagnostica y proyecta los efectos del Cambio Climático en toda la costa española peninsular y sus archipiélagos de forma más detallada, y ha desarrollado diversas herramientas para integrar dichos efectos en las políticas y medidas de protección costera, las cuales pueden obtenerse en su página web.

Los resultados de este proyecto están sirviendo de base para la elaboración de la "Estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático", de acuerdo a lo dispuesto en la Disposición adicional octava 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.

En relación con dicha Estrategia, la web del Ministerio anuncia que, a fecha de redacción del presente proyecto, se ha elaborado el Documento de inicio y el borrador de la Estrategia para iniciar la tramitación de la Evaluación Ambiental Estratégica de este documento.

Los resultados del proyecto C3E se basan en buena parte en las conclusiones del estudio "Impacto en la costa Española por efecto del cambio climático" realizado por el GIOC por encargo del antiguo Ministerio de Medioambiente y la Oficina Española del Cambio Climático. De este estudio se han obtenido las tendencias de variación de las diferentes variables en la zona de estudio.

10.2 VARIACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA

En la Fase I-C del mencionado estudio se presentan los resultados de la evolución histórica de diferentes variables de la dinámica costera entre 1958 y 2001. Como se comenta en ese estudio, dichas tendencias pueden ser extrapoladas hasta el año 2050 con cierta fiabilidad.

A continuación se presentan de forma gráfica la tendencia evolutiva de las variables principales ligadas al oleaje y a la marea meteorológica en la costa española.

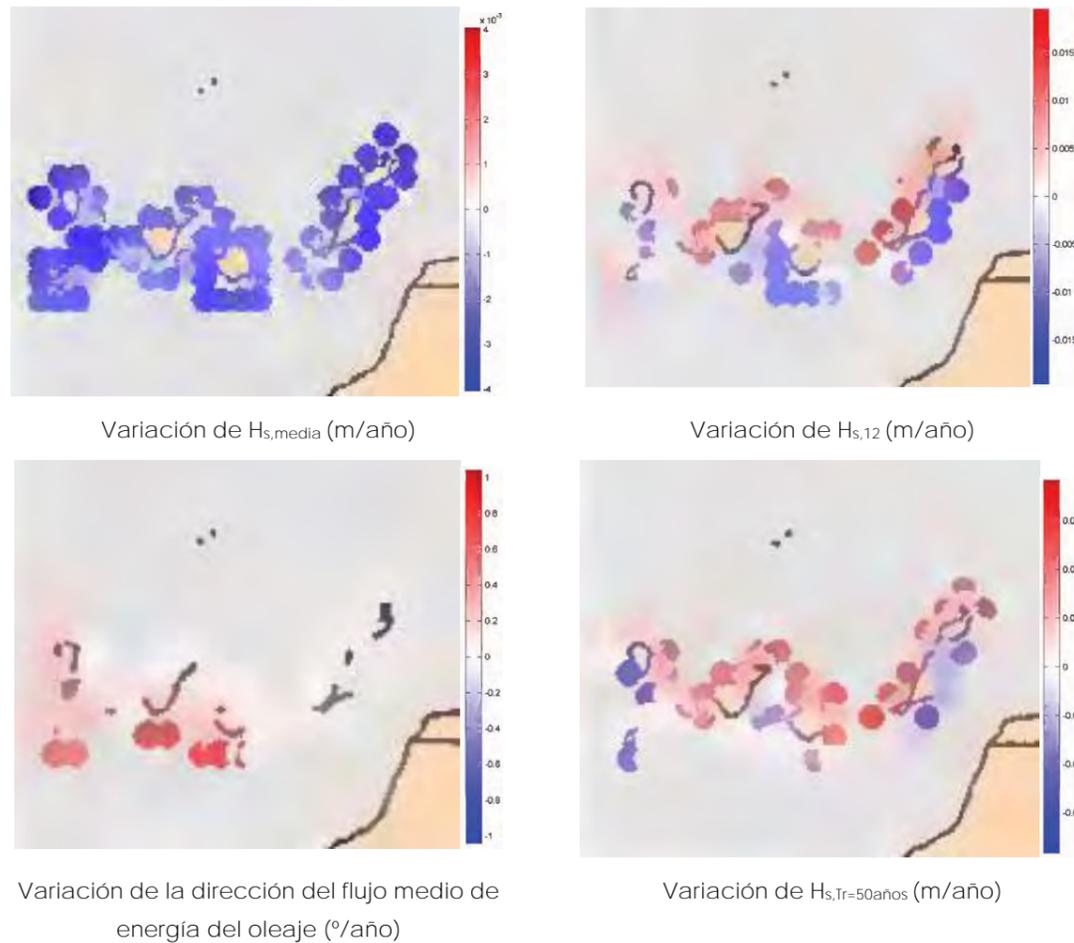


Figura 47. Variación histórica de las principales variables de la dinámica costera en la costa española (Fuente: Ministerio de Medio Ambiente / OECC)

Por lo que respecta al incremento del nivel medio del mar, en dicho estudio se propone la Figura 48. para toda la costa española.

A partir de la información disponible en la página web www.c3e.ihcantabria.com sobre la variación histórica de oleaje y marea durante el periodo 1958-2001 en el punto 353 (con coordenadas 13,46° W, 29,01° N, el más cercano a la zona de estudio) se ha obtenido la variación δ en el intervalo [2030-2040] así como los valores previstos en 2040, cuyos resultados son los siguientes:

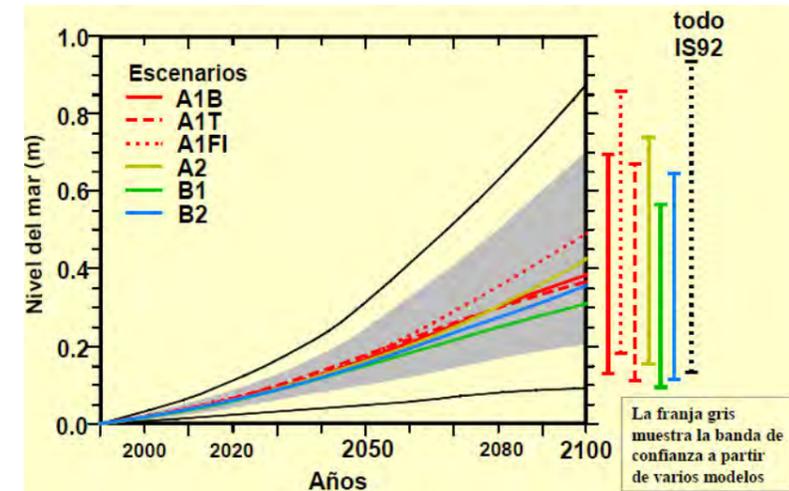


Figura 48. Variación del nivel medio del mar (Fuente: Ministerio de Medio Ambiente / OECC)

$\delta H_{s,media}$ [2020-30] = -0,080 cm/año	$\delta H_{s,media}$ [2030-40] = -0,080 cm/año
$\delta H_{s,12}$ [2020-30] = +0,040 cm/año	$\delta H_{s,12}$ [2030-40] = +0,040 cm/año
$\delta \theta_{FE}$ [2020-30] = +0,0393 $^{\circ}$ /año	$\delta \theta_{FE}$ [2030-40] = +0,0393 $^{\circ}$ /año ⁴
$\delta \eta$ [2020-30] = +0,259 cm/año	$\delta \eta$ [2030-40] = +0,277 cm/año
$\delta MM_{Tr=50 años}$ [2020-30] = -0,070 cm/año	$\delta MM_{Tr=50 años}$ [2030-40] = -0,120 cm/año

De acuerdo con el Reglamento de Costas, el periodo de tiempo a considerar es de 50 años (en este caso hasta el año 2.067). En este caso la variación absoluta de las anteriores variables anteriores respecto a sus valores en la actualidad serán los siguientes:

- Incremento de la altura de ola significativa media: $\Delta H_{s,media} = -0,080 \cdot 13 - 0,080 \cdot 37 = -4,00$ cm
- Incremento de la altura de ola significativa asociada a 12 h/año: $\Delta H_{s,12} = 0,040 \cdot 13 + 0,040 \cdot 37 = +2,00$ cm
- Incremento de la dirección media del flujo de energía del oleaje: $\Delta \theta_{FE} = 0,0393 \cdot 13 + 0,0393 \cdot 37 = +1,965^{\circ}$
- Incremento del nivel medio del mar: $\Delta \eta = 0,259 \cdot 13 + 0,277 \cdot 37 = +13,6$ cm = +25 cm⁵
- Incremento de la marea meteorológica asociada a $T_R = 50$ años: $\Delta MM_{Tr=50 años} = -0,070 \cdot 13 - 0,120 \cdot 37 = -5,35$ cm

⁴ El valor positivo se corresponde al sentido de las agujas del reloj

⁵ Este valor se obtiene a partir del análisis de la tendencia de la variación del nivel del mar en los últimos años. Si se complementa con los modelos globales implementados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) la variación del nivel medio del mar se incrementa, de manera que dentro de 50 años estaría en el entorno de un aumento de 25 cm.

10.3 EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PLAYA DE ESTUDIO

La modificación del clima marítimo en la zona (representada por los valores presentados en el apartado anterior) se traduce fundamentalmente en tres efectos:

- Variación de la cota de inundación (ΔCI).
- Retroceso de la playa como consecuencia del incremento del nivel del mar ($RE_{1,max}$).
- Retroceso de la playa como consecuencia del giro del flujo medio de energía del oleaje ($RE_{2,max}$).

10.3.1 VARIACIÓN DE LA COTA DE INUNDACIÓN

La variación de la cota de inundación (ΔCI) puede obtenerse mediante la expresión:

$$\Delta CI = \Delta MM + \Delta \eta + 0,0396 \cdot (gT^2/2\pi)^{0,5} \cdot \Delta H_s/H_s^{0,5}$$

siendo

- ΔMM la variación de la marea meteorológica ($\Delta MM = -5,35$ cm),
- $\Delta \eta$ la variación del nivel medio del mar ($\Delta \eta = +25$ cm),
- H_s la altura de ola significativa asociada a una excedencia del 2 % ($H_s = 1,21$ m para la dirección NE, la de mayor frecuencias de presentación),
- T el periodo pico asociado ($T = 8,3$ s), y
- ΔH_s la variación de la altura de ola significativa asociada a una excedencia del 2 % ($\Delta H_s = +2,0$ cm)⁶.

A partir de las variables indicadas entre paréntesis se obtiene un incremento de la cota de inundación

$$\Delta CI = 0,20 \text{ m}$$

10.3.2 MÁXIMO RETROCESO DE LA PLAYA DEBIDO AL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR

En cuanto al máximo retroceso de la playa debido al incremento del nivel del mar ($RE_{1,max}$) puede obtenerse mediante la expresión

$$RE_1 = \Delta \eta \cdot (1,57 \cdot H_{s12})^{1,5} \cdot (0,51 \cdot w^{0,44})^{-1,5} / (1,57 \cdot H_{s12} + B)$$

siendo

- $\Delta \eta$ la variación del nivel medio del mar ($\Delta \eta = +25$ cm)
- H_{s12} la altura de ola significativa asociada a una excedencia del 12 h/año ($H_{s12} = 1,64$ m para la dirección NE, la de mayor frecuencias de presentación)

- w la velocidad de caída del grano ($w = 0,043$ m/s, asociada a $D_{50} = 0,35$ mm, que es el tamaño medio de la arena de aportación)
- B la altura de la berma ($B = +3,75 \text{ m} - \eta_{medio} = +3,75 - 1,59 = 2,16$ m)

A partir de las variables indicadas entre paréntesis se obtiene un máximo retroceso

$$RE_1 = 4,78 \text{ m}$$

10.3.3 MÁXIMO RETROCESO DE LA PLAYA DEBIDO AL GIRO DEL OLAJE

Finalmente, por lo que respecta al máximo retroceso de la playa debido al giro del oleaje ($RE_{2,max}$), así como el máximo avance, en el caso de playas encajadas se producirá en los extremos de las playas y su valor dependerá de la variación de la dirección del flujo medio de energía ($\Delta \theta_{FE}$) y de la longitud de la playa (L) a partir de la ecuación

$$RE_2 = 0,50 \cdot L \cdot \text{tg}(\Delta \theta_{FE})$$

Considerando un valor $\Delta \theta_{FE} = +1,965^\circ$ se obtienen el siguiente retroceso:

$$\text{Para } L = 150 \text{ m} \quad RE_2 = 2,57 \text{ m}$$

Esta expresión es válida para playas rectilíneas, pero como se explica en el Anejo nº 6. Estudio de alternativas, la playa finalmente propuesta tiene en planta una forma parabólica como consecuencia del abrigo provocado por el espigón norte diseñado, por lo que el retroceso debería ser inferior. Por consiguiente para determinar la configuración en planta asociada a la variación de la dirección del flujo medio de energía $\Delta \theta_{FE} = +1,965^\circ$ se ha aplicado la misma metodología que la empleada en su diseño (formulación de Hsu y Evans). En la Figura 49. se muestran las formas en planta de la playa de la alternativa seleccionada (la nº 2) obtenidas para el actual flujo medio de energía del oleaje y el previsto en 2067 (que habrá girado $1,965^\circ$ en el sentido de las agujas del reloj). Puede apreciarse que las diferencias son mínimas, habiéndose estimado el máximo retroceso en el extremo sur en

$$RE_2 = 0,45 \text{ m}$$

Debe tenerse en cuenta que en este caso el retroceso no es constante en toda la playa, sino que éste es el valor máximo en el extremo sur de la playa mientras que en el otro extremo se producirá un avance de la línea de orilla, de manera que la superficie de playa que retroceda y la que avance se compensen, lo cual es una simplificación que los volúmenes erosionados y acumulados se compensen, ya que en este caso no hay pérdida de arena, solamente su redistribución espacial.

De esta manera el máximo retroceso de la línea de orilla se obtiene sumando las dos componentes (por sobre elevación del nivel del mar y por giro del oleaje).

$$RE_{max} = RE_1 + RE_2 = 5,23 \text{ m (en el extremo sur de la playa)}$$

⁶ A falta de información sobre $\Delta H_{s,2\%}$ se considerará $\Delta H_{s,2\%} = \Delta H_{s,12}$

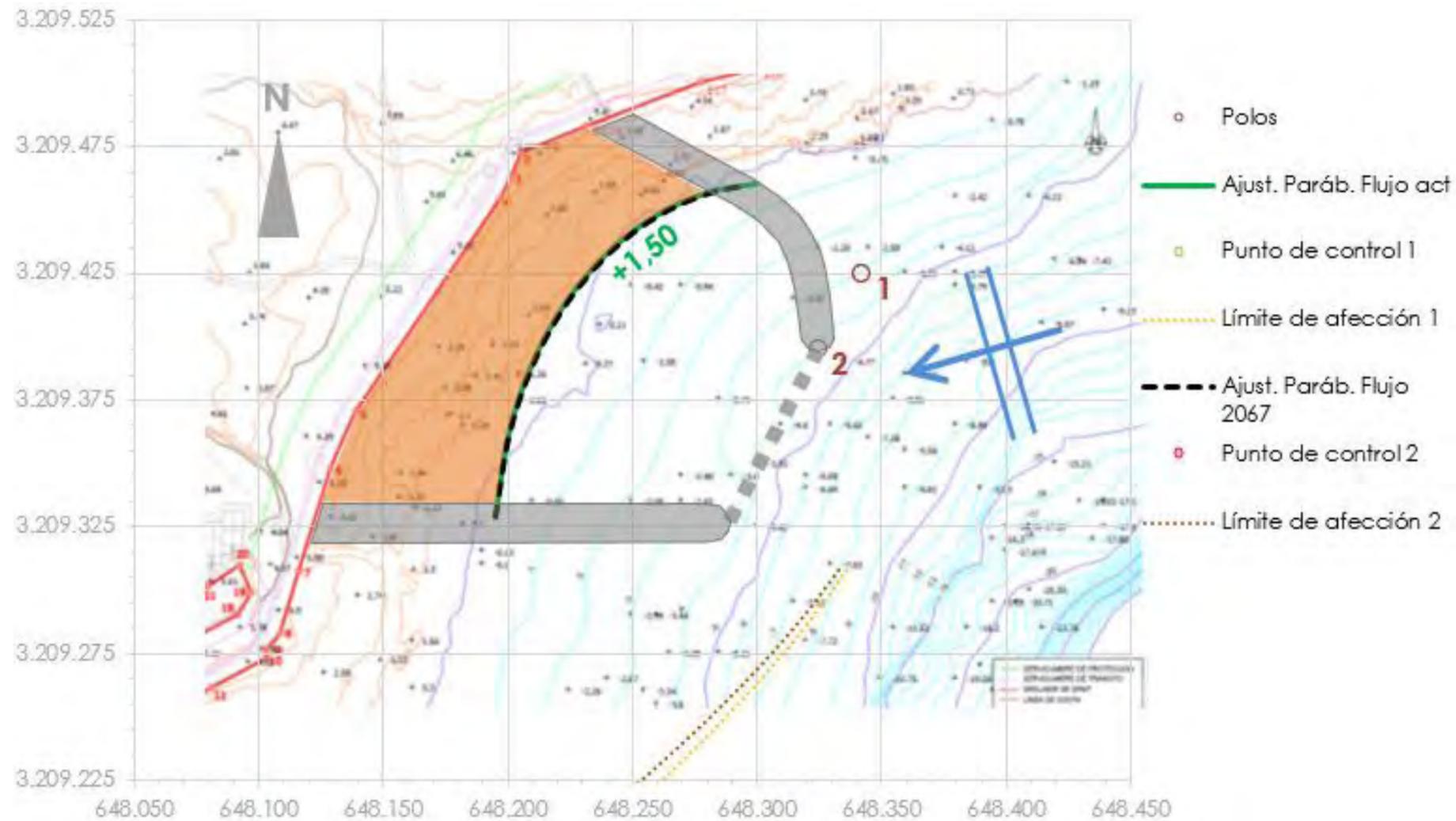


Figura 49. Variación de la forma en equilibrio en planta de la alternativa seleccionada calculada con el flujo medio de energía actual y el flujo medio de energía previsto en 2067 (Fuente: elaboración propia)

En cuanto al retroceso medio de la línea de orilla coincidirá con el valor de RE_1 ya que como se ha dicho anteriormente el valor de RE_2 varía a lo largo de la playa, pasando de retroceso en un extremo a avance en el otro.

$$RE_{med} = RE_1 = 4,78 \text{ m}$$

10.4 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Los resultados de retroceso deberán ser tenidos en cuenta, de manera que el incremento de anchura que se proyecte sea al menos superior a dichos valores, de manera que la situación en 50 años no sea peor a la actual. Por todo ello en la zona donde se cree nueva playa la anchura deberá ser de al menos 45 m (medidos a la altura del nivel medio del mar, NMM, siguiendo las directrices habituales de la DGSCM).

Por otro lado, como medida de adaptación se ha decidido que la cota inicialmente prevista para la berma superior (que era la +3,75 m en el Proyecto original) pase a ser la +4,00 m, con lo cual se absorbe uno de los tres fenómenos (el incremento de la cota de inundación).

Además el aumento de esta cota implica una leve reducción del máximo retroceso RE_1 , que pasa a ser

$$RE_1 = 4,54 \text{ m.}$$

APÉNDICE 1. RESULTADOS GRÁFICOS DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS (MODELO EROS)

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

- Vectores de transporte de sedimentos (NE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte de sedimentos (E, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte de sedimentos (SE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte de sedimentos (S, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte de sedimentos (NNE, oleaje asociado a H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte de sedimentos (NE, oleaje asociado a H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte de sedimentos (E, oleaje asociado a H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte de sedimentos (SE, oleaje asociado a H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte de sedimentos (S, oleaje asociado a H_{s12}) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)

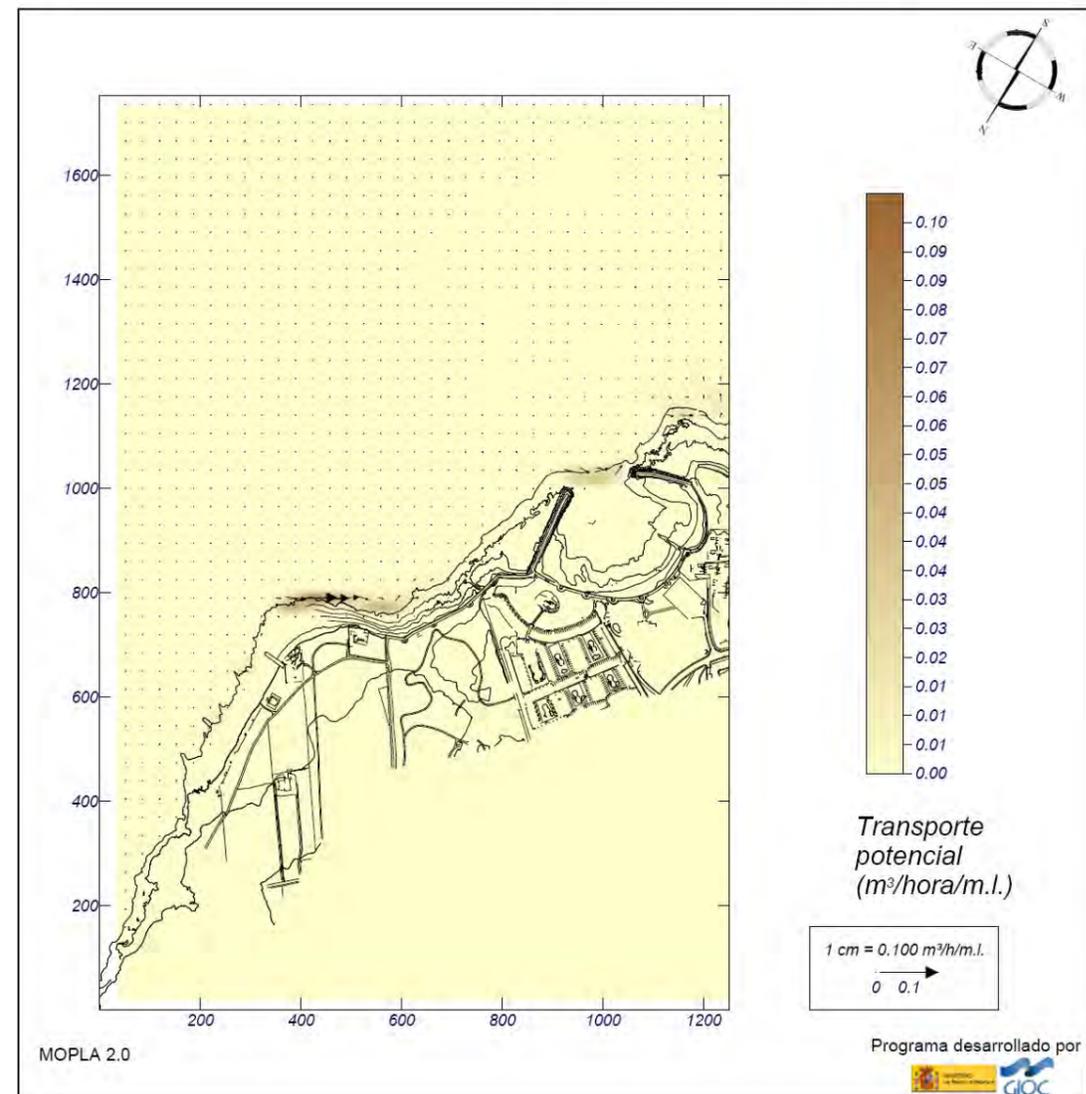
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: A202
A2: malla detalle NE-E
02: Hmorf NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.03 m h: 10 m fp: 0.12987 Hz (Tp: 7.70001 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θ _m : 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	Duración: 12.0 h
		Formulación: Soulsby



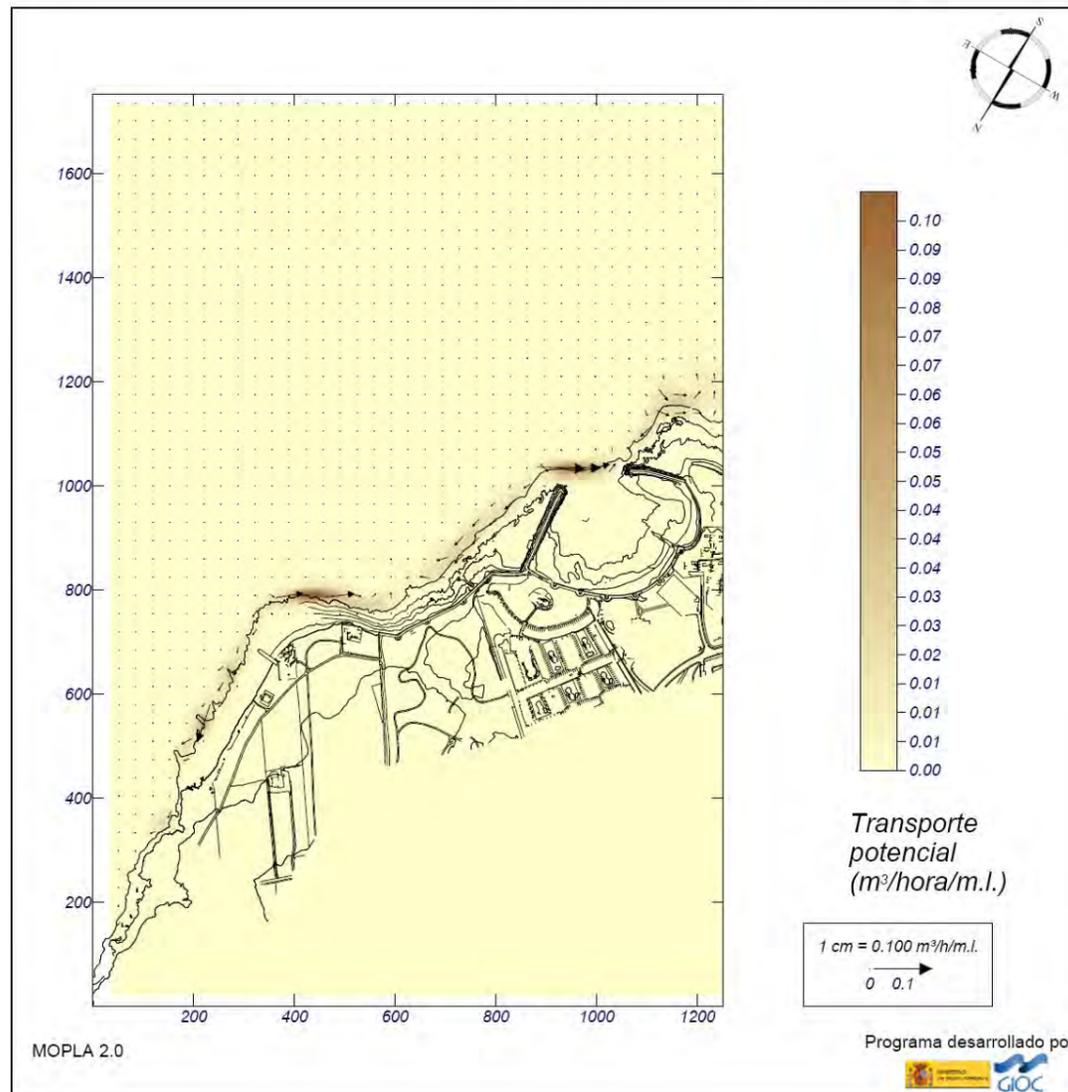
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: A203
A2: malla detalle NE-E
03: Hmorf E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.08 m h: 10 m fp: 0.175439 Hz (Tp: 5.7 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θ _m : -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	Duración: 12.0 h
		Formulación: Soulsby



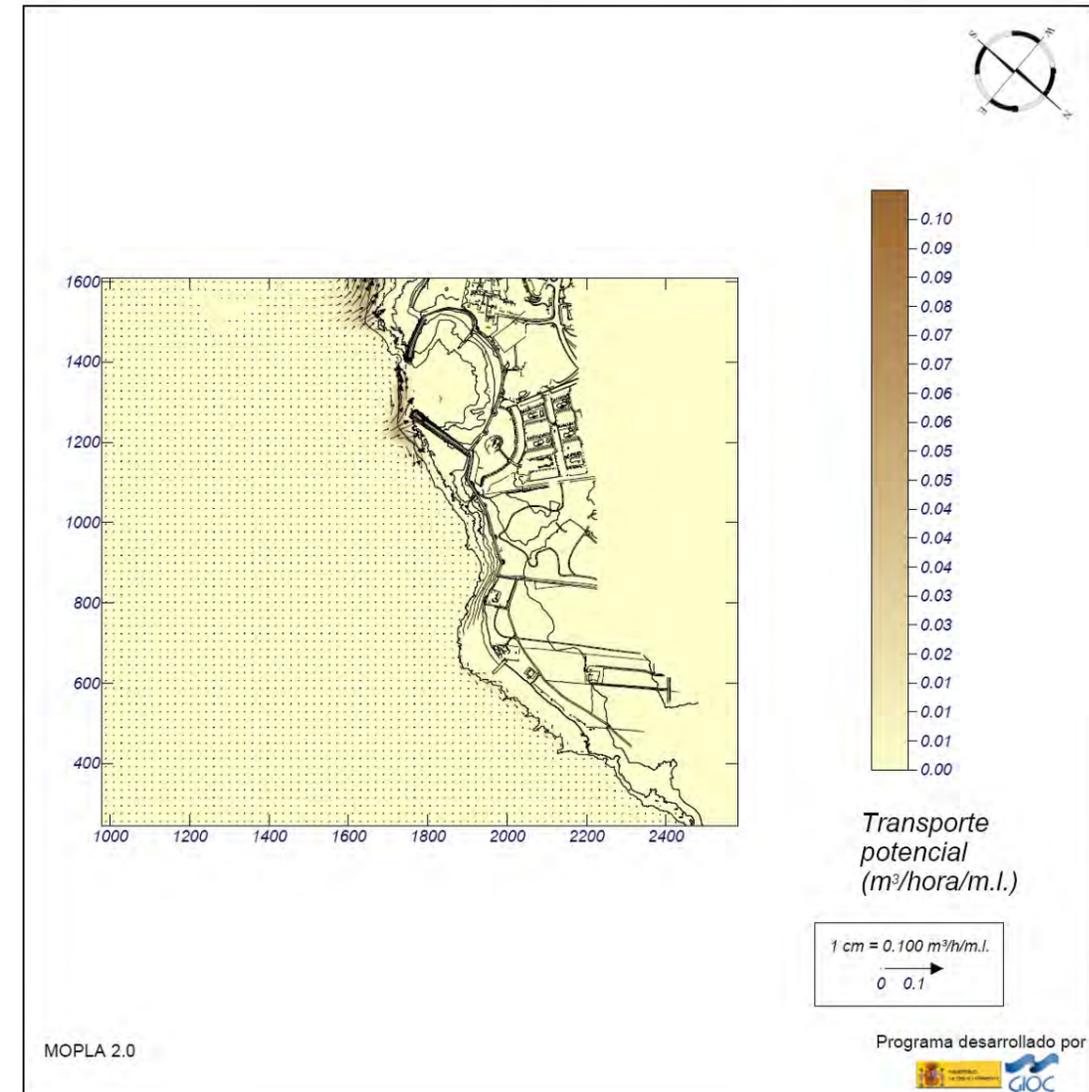
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: B204
B2: malla detalle SE-S
04: Hmorf SE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.02 m h: 10 m fp: 0.172414 Hz (Tp: 5.8 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θ _m : 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	Duración: 12.0 h
		Formulación: Soulsby



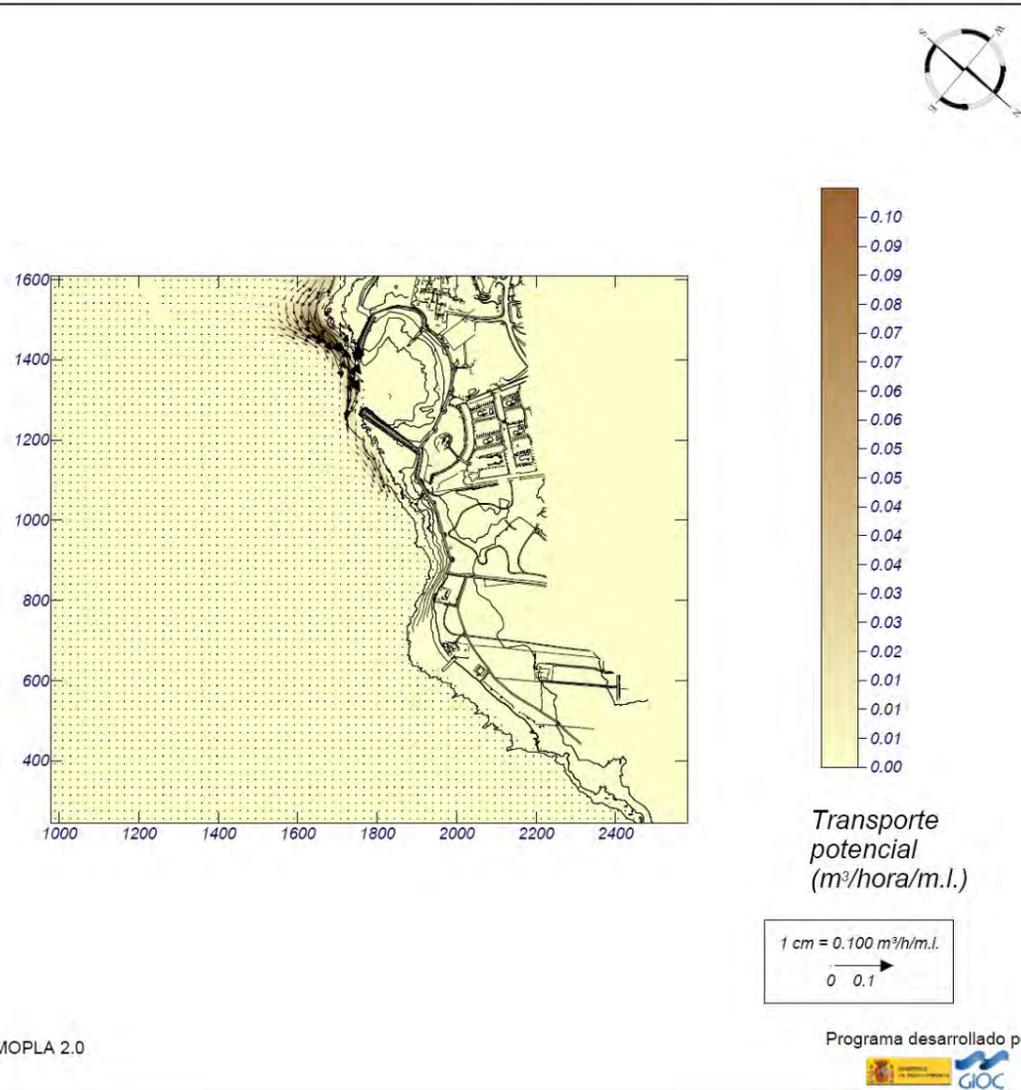
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: B205
B2: malla detalle SE-S
05: Hmorf S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.94 m h: 10 m fp: 0.169491 Hz (Tp: 5.9 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θ _m : -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	Duración: 12.0 h
		Formulación: Soulsby



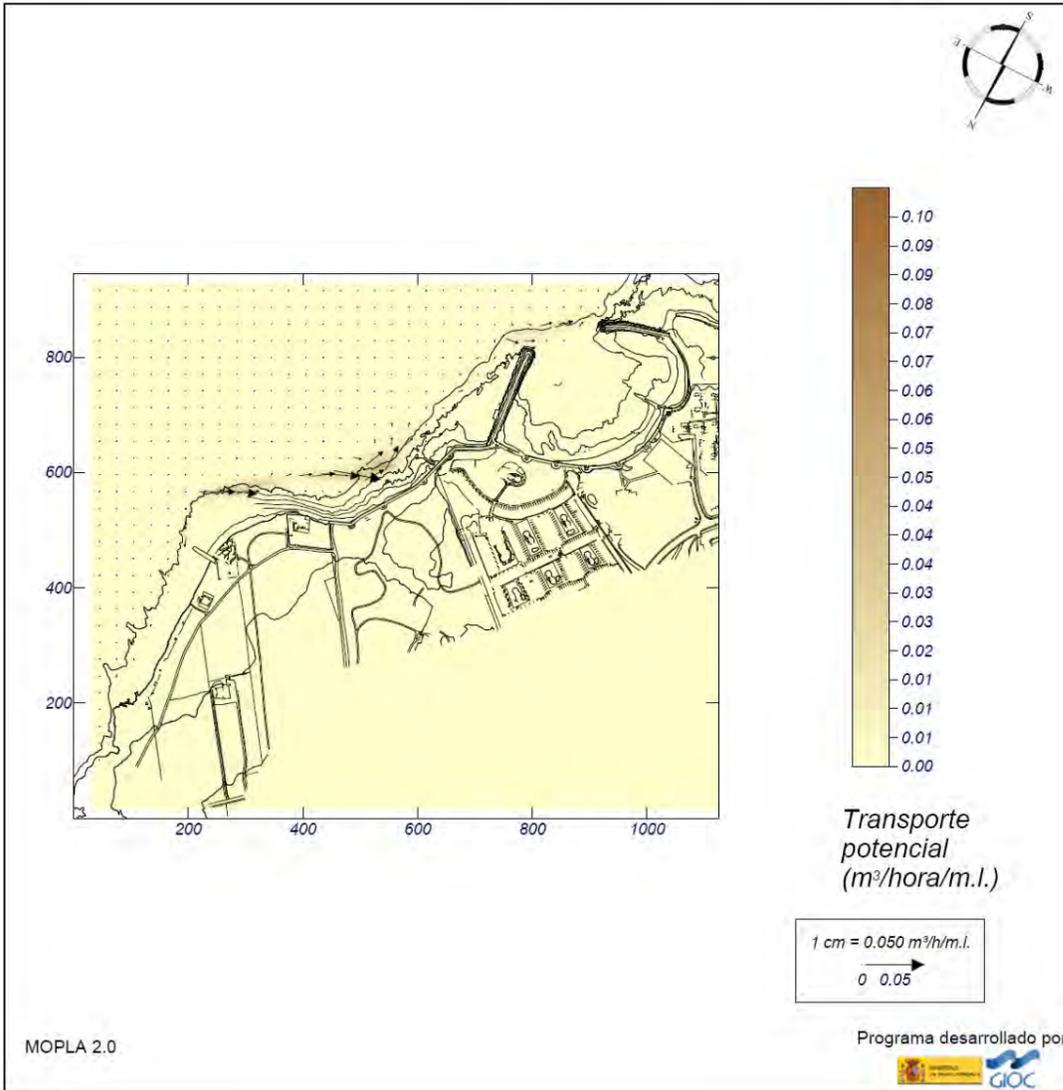
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: M331
M3: malla detalle NNE
31: Hs12 NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.53 m h: 10 m fp: 0.131579 Hz (Tp: 7.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θ _m : 40.5° (N22.5E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 7 m ² /s	Duración: 12.0 h
		Formulación: Soulsby

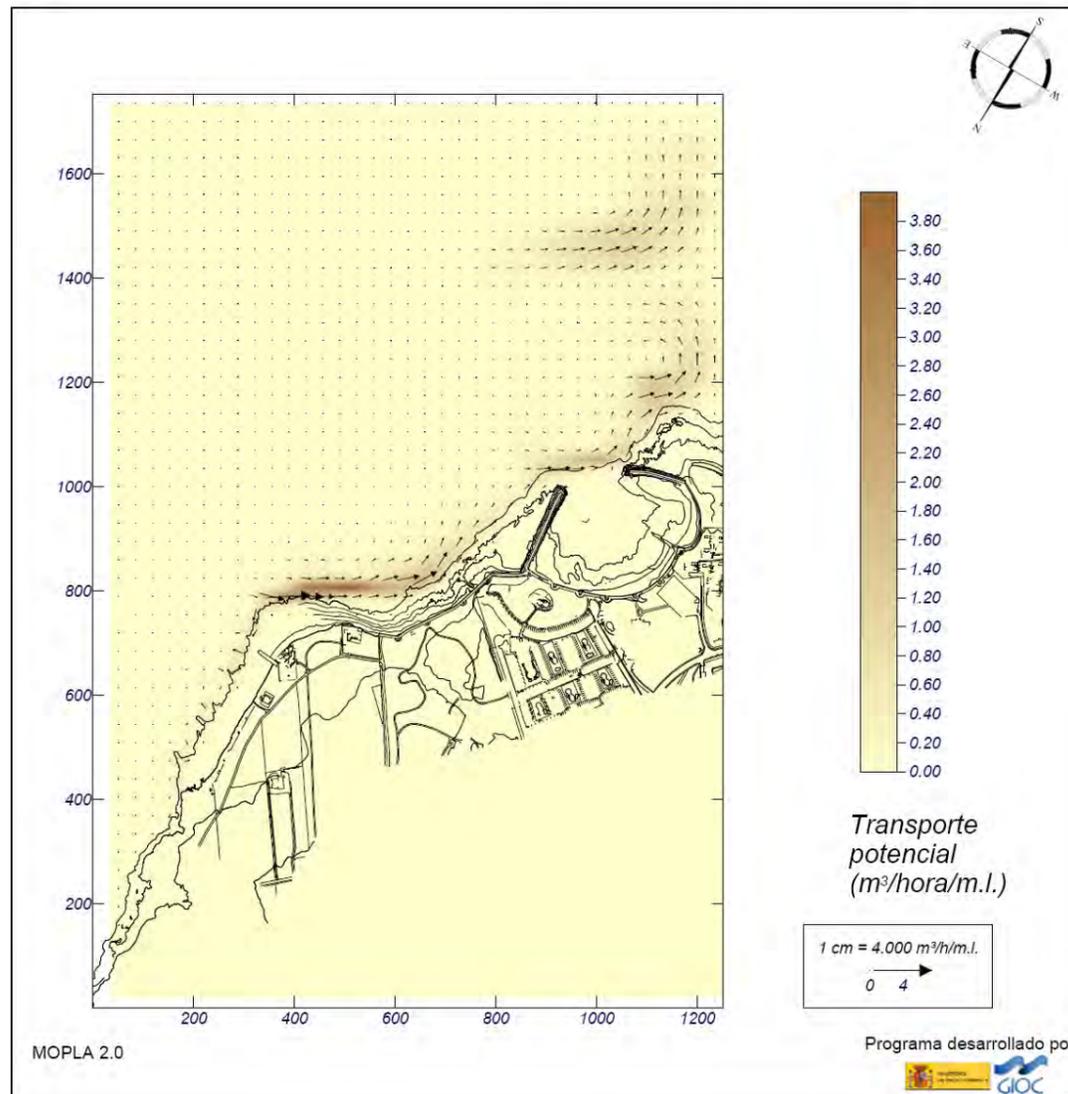


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: A232
A2: malla detalle NE-E
32: Hs12 NE

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.7 m h: 10 m fp: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) α: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	Duración: 12.0 h
		Formulación: Soulsby

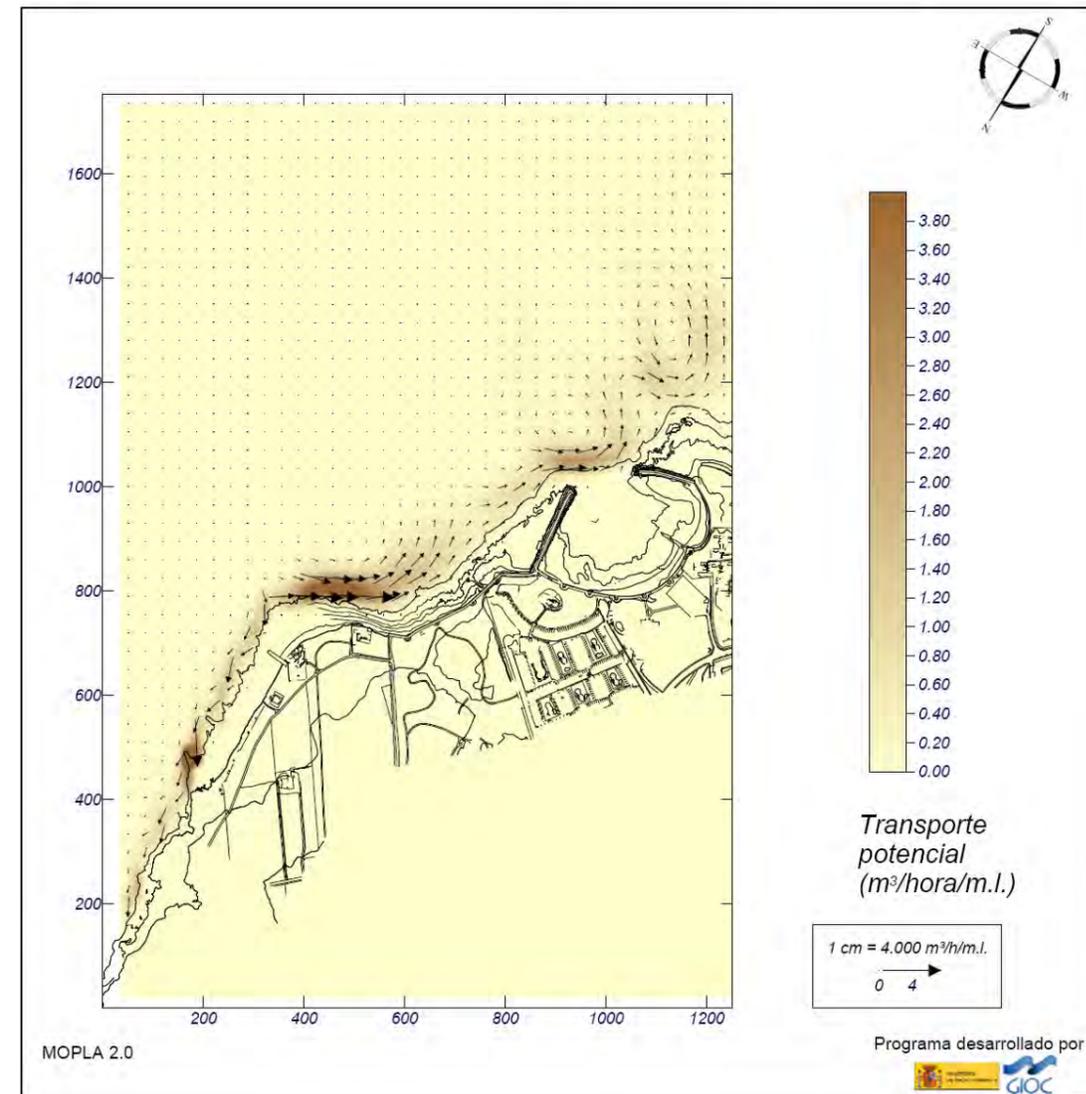


Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: A233
A2: malla detalle NE-E
33: Hs12 E

Características de la simulación		
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.84 m h: 10 m fp: 0.135135 Hz (Tp: 7.4 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θm: -30° (E) α: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	Duración: 12.0 h
		Formulación: Soulsby



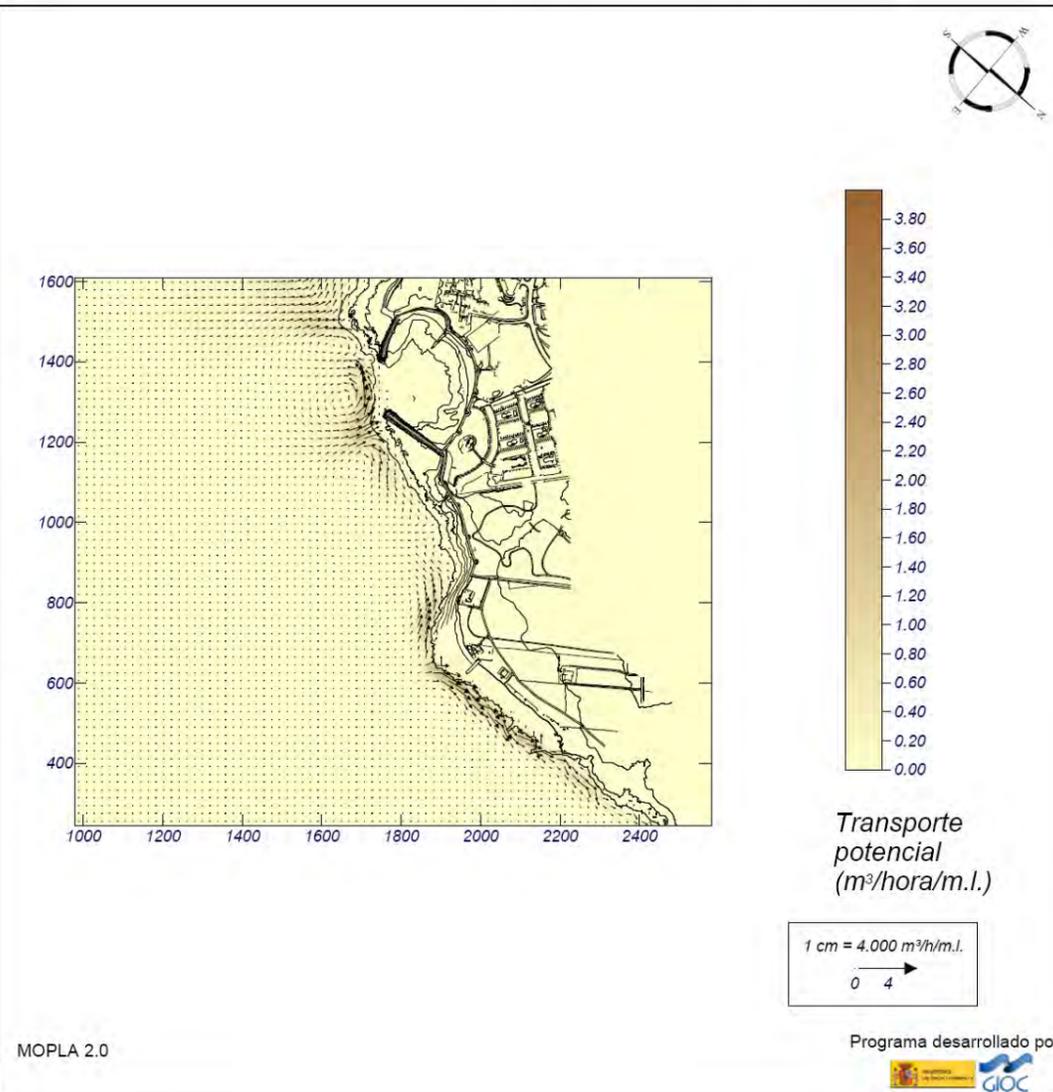
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: B234
B2: malla detalle SE-S
34: Hs12 SE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.69 m h: 10 m fp: 0.138889 Hz (Tp: 7.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θ _m : 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	Duración: 12.0 h
		Formulación: Soulsby



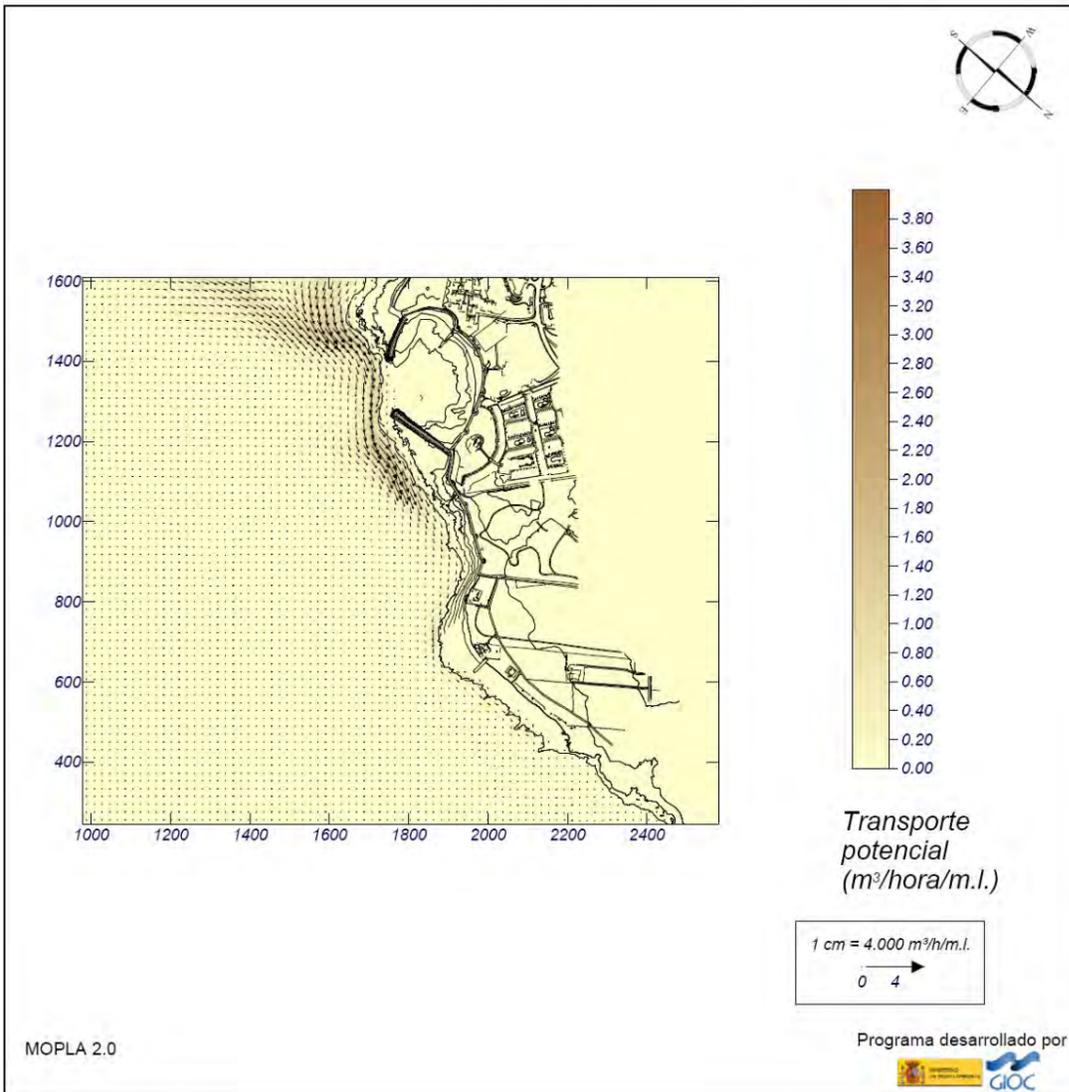
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: B235
B2: malla detalle SE-S
35: Hs12 S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.64 m h: 10 m fp: 0.140845 Hz (Tp: 7.1 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θ _m : -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	Duración: 12.0 h
		Formulación: Soulsby



ANEJO N° 5. ESTUDIO DE PROCEDENCIA DE LA ARENA

Revisión	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado
0	15-09-17	Edición final	JEG	OPF	JEG
B	19-05-17	Emisión para Comentarios del Cliente	JEG	OPF	JEG
A	16-05-17	Emisión para Comentarios Internos	JEG	OPF	JEG

ÍNDICE

1. TIPOS DE ARENAS A EMPLEAR EN ALIMENTACIONES DE PLAYA	1
2. ARENA PROCEDENTE DE ÁFRICA.....	2
2.1 YACIMIENTO PROPUESTO	2
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ARENA	2

Índice de figuras

Figura 1.- Ubicación de la ciudad El Marsa y su puerto (Fuente: Google Maps).....	2
Figura 2.- Fotografías del yacimiento propuesto (Fuente: DGSCyM)	2
Figura 3.- Ensayo granulométrico de arenas procedentes del yacimiento propuesto (Fuente: DGSCyM)	2

1. TIPOS DE ARENAS A EMPLEAR EN ALIMENTACIONES DE PLAYA

En general la arena empleada en las alimentaciones de playas (ya sea para crear nuevas playas como para regenerar las existentes en estado erosivo) puede tener dos procedencias

- Arena de origen marina obtenida de los fondos mediante dragas.
- Arena de origen terrestre, que a su vez puede tener diferentes procedencias.
 - Cauces fluviales.
 - Canteras, ya sea arena extraída directamente del yacimiento o bien arena procedente de machaqueo de áridos de mayor tamaño (gravas, cantos rodados, bolos, etc.).

Existiría una tercera opción, la arena reciclada procedente del machaqueo de residuos de la construcción (fundamentalmente del machaqueo de hormigones, áridos, escolleras y tierras) pero no es un tipo de arena que habitualmente se emplee en playas ya que además de los problemas que presenta la arena de machaqueo de áridos de cantera se le añade su aspecto poco agradable a la vista para este uso.

La arena de origen marino es generalmente la preferida para este tipo de actuaciones por diferentes motivos: aspecto, granulometría (en especial bajo % de finos), costes habitualmente menores, etc. El principal inconveniente es disponer en las cercanías de la zona de actuación de un yacimiento submarino con unas características granulométricas, físico-químicas y biológicas adecuadas, de manera que el dragado de esta zona pueda considerarse con un impacto ambiental aceptable. En las proximidades de la zona de proyecto no existe un yacimiento de estas características y además el alto grado de protección ambiental que tienen los fondos marinos cercanos a la isla de Lanzarote dificultaría enormemente la tramitación de un nuevo yacimiento. Además se considera que no es objeto de un proyecto de alimentación de una playa el buscar un nuevo yacimiento submarino para su empleo, sino que éste debería ser uno de los objetivos de la administración competente para disponer de arena de origen marino en las actuaciones que debería acometer en la isla, en este caso la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCyM) del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).

Por todo ello una vez descartado el origen marino de la arena se ha iniciado la búsqueda de origen terrestre. En la isla de Lanzarote existen diferentes canteras de arena que ya han sido empleados en otras regeneraciones de playas. Ya sea obtenida directamente de dichas cantera o de machaqueo de fracciones mayores esta arena suele presentar res problemas principales:

- Se caracteriza por tener un tamaño medio alto, superior a $D_{50} = 1 \text{ mm}$ o 2 mm , lo cual provoca tras su vertido en las playas taludes muy elevados, mucho más que la arena marina, lo que puede dificultar el acceso a personas con problemas de movilidad
- Suelen tener aristas cortantes (lo que resulta muy incómodo para los bañistas),
- Finalmente suelen presentar un elevado porcentaje de elementos finos (que pueden superar el 5 % y hasta el 10 %) y que provocan turbidez en el agua sobre todo en la zona de rompientes y tienden a producir cementaciones parciales en la arena de la playa seca, formando terrones o

galletas en unos casos, e incluso formando extensiones de terreno duro que se asemejan a un pavimento compactado. Esta situación se aleja mucho del aspecto más apreciado en la arena de una playa; que no es otro que el de presentar un conjunto de granos sin cohesión entre sí, en el que los granos fluyen libremente al ser desplazados de su posición de equilibrio.

La separación de los tamaños menores mediante tamiz (p.e. por debajo de $0,1 \text{ mm}$) si bien es posible en laboratorio resulta poco práctica en prototipo pues se requeriría gran cantidad de energía para la vibración de los tamices. De hecho en cantera resulta difícil efectuar una separación de arenas por debajo del tamiz de 1 mm de abertura, lo cual daría a una arena demasiado gruesa para su uso en playas.

No obstante existen otros sistemas para reducir el porcentaje de finos que se han llevado a la práctica, como por ejemplo el lavado con agua o la aspiración mediante aire caliente. A pesar de los elevados recursos exigidos (agua y energía) estos métodos resuelven la eliminación de los finos pero no el tamaño excesivamente grueso de la arena ni las numerosas aristas de los granos.

Una tercera procedencia de sedimento que se ha empleado en regeneraciones de playas en las Islas Canarias es el empleo de arena terrestre procedente de África, en particular de la zona de Sáhara, y que es transportada hasta las islas en buque. Se trata de arenas medias, redondeadas y con un porcentaje de finos muy bajo que les confieren cualidades muy similares a la arena de origen marino, que como se ha dicho sería la óptima, en el caso de que hubiera disponibilidad. Su principal inconveniente es el encarecimiento de su precio provocado por la combinación de transporte marítimo y terrestre.

No obstante, de acuerdo con la Propiedad, se ha considerado que esta arena es la idónea para la actuación que se pretende ejecutar, por lo que ha sido la finalmente seleccionada, y en el apartado siguiente se describen sus principales características.

2. ARENA PROCEDENTE DE ÁFRICA

2.1 YACIMIENTO PROPUESTO

El yacimiento propuesto para la extracción de arena con la cual crear la nueva playa se localiza en las proximidades de la ciudad de El Marsa (a unos 25 kilómetros al oeste de El Aaiún) y donde se ubica el Puerto de Marsa, también conocido como el Puerto de Aaiún (ver Figura 1.-). La distancia entre dicho puerto y el de Recife es de unas 110 millas náuticas



Figura 1.- Ubicación de la ciudad El Marsa y su puerto (Fuente. Google Maps)

En esa zona existe una extensión de terreno cercana al mar en la cual el gobierno marroquí facilita a familias saharauis unas concesiones de terreno para poder extraer esta arena y venderla. La cantera localizada dispone de un frente explotable de 5 a 6 metros de altura y una extensión de unos 400.000 m, con lo que el yacimiento explotable así definido tiene una capacidad de unos 2.000.000 m³. En la Figura 2.- se muestran unas fotografías de dicho yacimiento.



Figura 2.- Fotografías del yacimiento propuesto (Fuente: DGSCyM)

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ARENA

En la Figura 3.- se muestra el análisis granulométrico de una muestra de arena obtenida en el yacimiento propuesto.

Tamiz (mm)	Pasa (%)
4	100
2	100
1	99
0,5	78
0,25	18
0,125	5
0,063	1,0
-----	-----
-----	-----
-----	-----

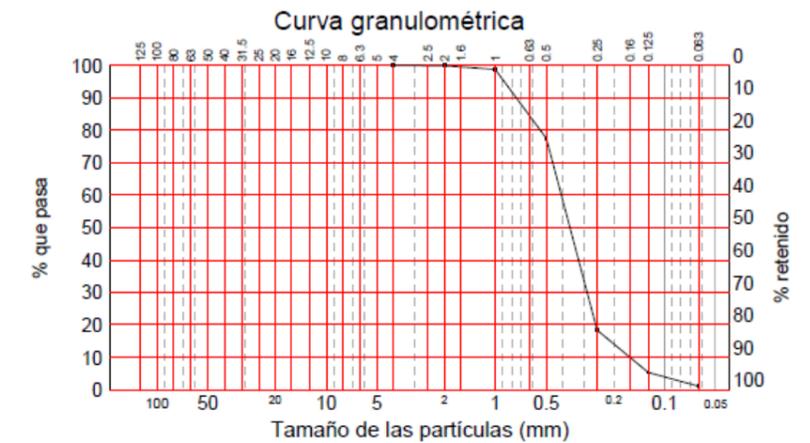


Figura 3.- Ensayo granulométrico de arenas procedentes del yacimiento propuesto (Fuente: DGSCyM)

Por consiguiente las principales características de dicha arena son las siguientes:

$$D_{16} = 0,63 \text{ mm}$$

$$D_{50} = 0,35 \text{ mm}$$

$$D_{84} = 0,21 \text{ mm}$$

$$\% \text{ finos } (< 0,063 \mu\text{m}) = 1 \%$$

Con estos datos se procederá al dimensionamiento del perfil de la nueva playa.

ANEJO N° 6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

0	15-09-17	Edición final	JEG	OPF	JEG
C	27-04-17	Emisión para Comentarios del Cliente	JEG	OPF	JEG
B	12-04-17	Emisión para Comentarios del Cliente	JEG	OPF	JEG
A	10-04-17	Emisión para Comentarios Internos	JEG	OPF	JEG
Revisión	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado

ÍNDICE

<p>1. CONCEPCIÓN GENERAL DE LAS ALTERNATIVAS1</p> <p> 1.1 ANTECEDENTES1</p> <p> 1.2 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS1</p> <p> 1.2.1 ALTERNATIVA 11</p> <p> 1.2.2 ALTERNATIVA 23</p> <p> 1.2.3 ALTERNATIVA 34</p> <p>2. ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS5</p> <p> 2.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE CADA ACTUACIÓN5</p> <p> 2.2 VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS5</p> <p>3. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA8</p> <p> 3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ALTERNATIVA 28</p> <p> 3.1.1 APORTACIÓN DE ARENA8</p> <p> 3.1.2 PIE DE APOYO DEL PERFIL DE LA PLAYA8</p> <p> 3.1.3 ESPIGONES DE CONTENCIÓN LATERALES8</p> <p> 3.2 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA ALTERNATIVA 2 MEDIANTE EL PROGRAMA SMC9</p> <p>Apéndice 1. Resultados gráficos de la propagación del oleaje, corrientes y transporte de sedimentos; Alternativa 2</p> <p>Apéndice 2. Planos</p>	<p>Figura 3.- Formas de equilibrio en planta de la Alternativa 1 en su versión final (Fuente: Elaboración propia)2</p> <p>Figura 4.- Planta detallada de la Alternativa 1 (Fuente: Elaboración propia)3</p> <p>Figura 5.- Planta de la Alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia)3</p> <p>Figura 6.- Planta detallada de la Alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia)4</p> <p>Figura 7.- Planta de la Alternativa 3 (Fuente: Elaboración propia)4</p> <p>Figura 8.- Planta detallada de la Alternativa 3. (Fuente: Elaboración propia)5</p> <p>Figura 9.- Perfil de aportación con arena marina(Fuente: elaboración propia)8</p> <p>Figura 10.- Comparación de los resultados de propagación del oleaje (arriba) y corrientes de rotura (abajo) entre la situación actual (izquierda) y situación tras la construcción de la alterativa 2 (derecha). Oleaje morfológico del NE (Fuente: elaboración propia)9</p> <p>Figura 11.- Transporte de sedimentos en la nueva playa causado por el oleaje morfológico del NE. Izquierda: situación actual; derecha: situación tras la construcción de la alternativa 2 (Fuente: elaboración propia)10</p>
--	---

Índice de tablas

Tabla 1.- Principales características de las alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia)5	
Tabla 2.- Desglose de los presupuestos aproximados de las alternativas (Fuente: elaboración propia)6	
Tabla 3.- Comparación de las diferentes alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia)7	

Índice de figuras

Figura 1.- Formas de equilibrio en planta de la nueva playa en ausencia de espigón norte que modifique la forma en planta (Fuente: Elaboración propia)1	
Figura 2.- Formas de equilibrio en planta de la Alternativa 1 en su versión inicial (Fuente: Elaboración propia)2	

1. CONCEPCIÓN GENERAL DE LAS ALTERNATIVAS

1.1 ANTECEDENTES

En el Anejo nº 4 de este proyecto se efectuó un completo análisis de la dinámica litoral del tramo de costa en el que se pretende construir una nueva playa con objeto de conocer los principales condicionantes físicos que intervendrán en su dimensionamiento. Las principales conclusiones de dicho estudio son las siguientes:

- La dinámica costera viene controlada fundamentalmente por los oleajes procedentes de los sectores NNE y NE, con una frecuencia de presentación conjunta del 76,46 %.
- El flujo medio de energía del oleaje en el extremo norte de la playa es 74° N.
- El valor potencial del transporte longitudinal neto de sedimentos es de 50.000 m³/año y su dirección es de N a S, si bien en algunos episodios (oleajes de componente sur) el sedimento se movilizaría potencialmente de S a N.
- La forma en planta de las playas próximas controladas por la presencia de salientes (espigones, cabos, etc.) ajusta razonablemente bien a la formulación parabólica de Hsu y Evans.
- La forma en perfil de las playas próximas ajustan razonablemente bien al perfil de equilibrio de Dean con estrán lineal.
- No existe en la zona de actuación especies florísticas o faunísticas de especial interés o grado de protección que impidan su ocupación con arena o espigones.

1.2 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS

De acuerdo con todo lo anterior las alternativas de la playa deben consistir en un aporte inicial de arena que asegure una adecuada anchura de playa seca y unos espigones que establezcan dicha arena e impidan que sea arrastrada hacia el S por las corrientes litorales. Se considera necesaria una anchura mínima de 45 m entre el límite trasero de la nueva playa (actual paseo marítimo) y la curva de nivel +1,50 m⁽¹⁾ (que coincide aproximadamente el nivel medio del mar, NMM = +1,59 m).

Téngase en cuenta que en el caso que se proyectase la aportación de arena sin el espigón situado al sur no se podría garantizar la estabilidad de dicho sedimento, ya que la ausencia de arena más al N impediría su recuperación natural de la nueva playa y por tanto sufriría graves erosiones en un corto periodo temporal. Por otro lado el espigón situado más al norte permite modificar la forma en planta de la nueva playa, pues en caso contrario sería perpendicular al flujo medio (74° N), es decir, muy oblicua a su límite posterior (paseo marítimo), lo que supondría que una playa continua a lo largo de todo el tramo de proyecto tendría en su extremo sur una anchura claramente excesiva, como puede apreciarse en la Figura 1.- .

¹ Se recuerda que en el presente proyecto el nivel de referencia de las cotas es el Cero Hidrográfico (CH), situado 1,513 m por debajo del nivel de referencia topográfico o NMMAr (Nivel Medio del Mar en Arrecife)

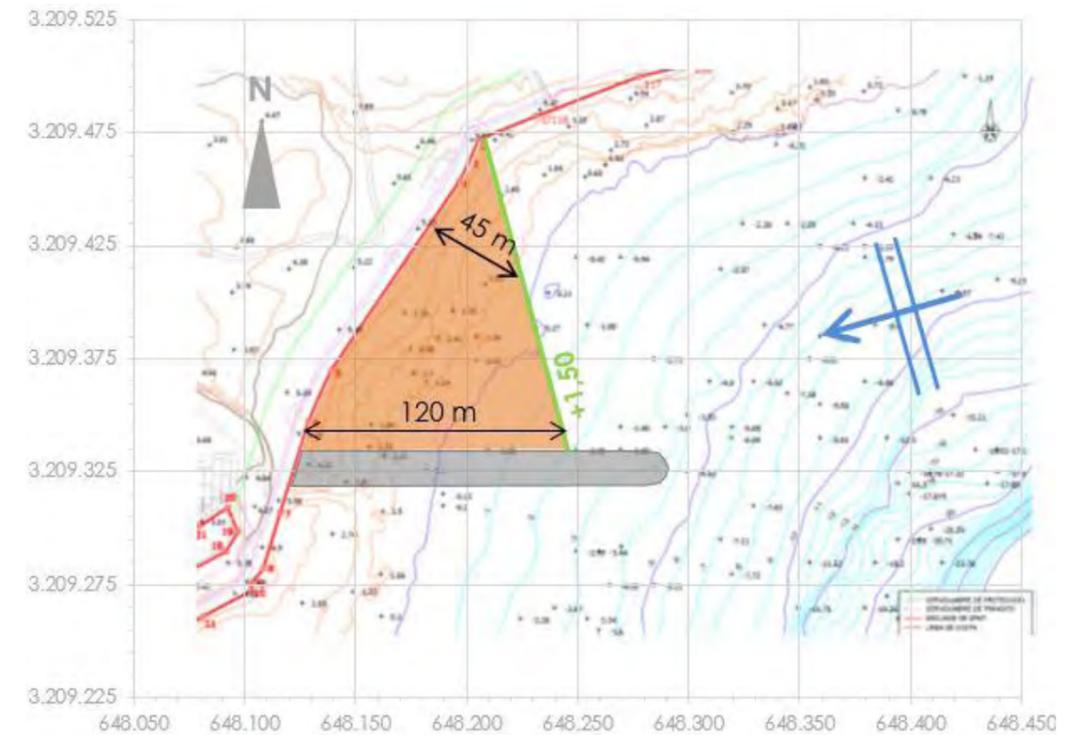


Figura 1.- Formas de equilibrio en planta de la nueva playa en ausencia de espigón norte que modifique la forma en planta (Fuente: Elaboración propia)

Por todo ello se han propuesto inicialmente tres alternativas de actuación, que han sido denominadas 1, 2 y 3 y que incluyen tanto un espigón sur de retención de la arena como un espigón norte que condicione la forma en planta de la playa.

1.2.1 ALTERNATIVA 1

La alternativa 1 comprende las siguientes actuaciones:

- Aportación de 20.260 m³ de arena de un tamaño medio de grano D₅₀ = 0,35 mm que permita una anchura mínima de playa seca de 45 metros medidos a la cota +1,50 m.
- Construcción de dos espigones sensiblemente perpendiculares a la costa, que sirvan de apoyo lateral a la arena aportada, con una cota máxima de coronación +4,50. El arranque de ambos espigones se sitúa en los límites de la parcela donde va a construirse el nuevo hotel (punto 1/118 del deslinde del DPMT en el norte y zona intermedia entre los puntos 6 y 7 en el sur, en cualquier caso evitando afección a la entrada / salida de aguas existente en esa zona).
- Construcción de un espigón sumergido de pie de apoyo coronado a la cota -1,00 que sirva de apoyo del perfil sumergido de la nueva playa (dado que el perfil de la nueva playa es más tendido que el del fondo marino no se producirá la intersección de ambos perfiles, por lo que resulta necesario la creación de un obstáculo sobre el que se apoye la arena).

La propuesta inicial de planta con el ajuste parabólico de la curva de nivel +1,50 m se muestra en la Figura 2.- Para su diseño se ha empleado el programa PLAYAS-MCG, desarrollado por MARCIIGLOB.

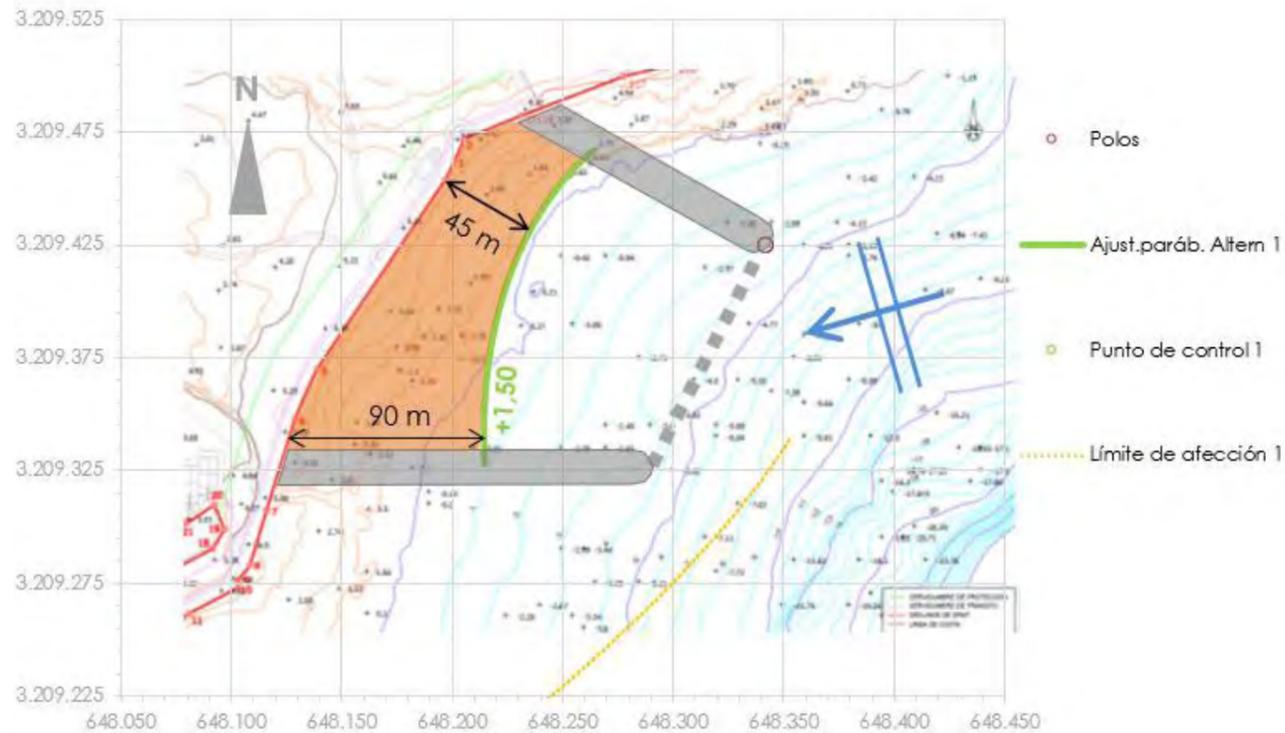


Figura 2.- Formas de equilibrio en planta de la Alternativa 1 en su versión inicial (Fuente: Elaboración propia)

Puede apreciarse que toda la nueva playa está dentro del límite de la afección (línea de color amarillo discontinua) generada por el extremo del espigón norte, el cual provoca la difracción del oleaje y la forma curva en planta de la playa. La curva de nivel +1,50 m que permite conseguir una anchura de 45 m en la zona crítica (en este caso, a la altura del punto 4 del deslinde) implica que en el extremo sur la anchura de playa seca sea de 90 m, valor del todo excesivo. El motivo de esta morfología de playa se explica por la posición del polo de difracción (que como se ha dicho es el que controla la forma en planta de la playa). En caso que el polo (extremo del espigón norte) se desplace hacia el sur la morfología de la playa cambiará y basculará en sentido horario (precisamente en ello se basan las alternativas 2 y 3).

Con objeto de reducir la excesiva anchura de playa en el extremo sur se ha planteado una discontinuidad de las curvas de nivel mediante la construcción de un pequeño espigón intermedio que separa la playa en dos y permite retranquear una respecto a la otra, tal como se muestra en la Figura 3.-

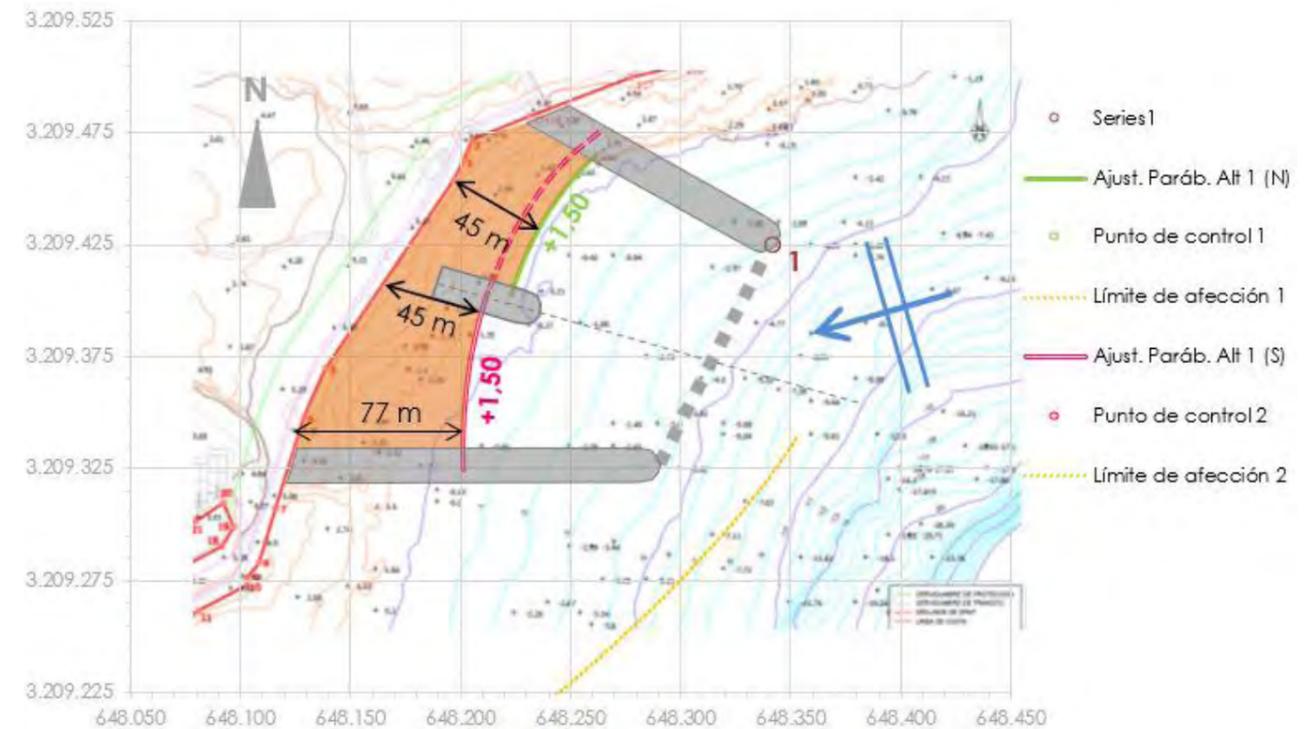


Figura 3.- Formas de equilibrio en planta de la Alternativa 1 en su versión final (Fuente: Elaboración propia)

De esta manera la mitad norte de la playa se mantiene respecto a la versión inicial, manteniéndose los 45 m de anchura mínima, mientras que a la mitad sur se le aplica un retranqueo de unos 13 m, que permite reducir la anchura mínima hasta los 45 m recomendable y la anchura máxima en el extremo meridional hasta los 77 m.

En esa misma figura se aprecia que si la curva de nivel +1,50 de la mitad sur se prolongase en la mitad norte (línea discontinua) no se conseguiría la anchura mínima de 45 m en el punto 4 del deslinde, sino que pasaría a 35 m, motivo por el que esta solución no ha sido la propuesta.

La planta detallada finalmente propuesta para la Alternativa 1 se muestra en la Figura 4.- y en el plano A6.1. La superficie de playa seca medida a la cota +1,50 es 7.926 m².

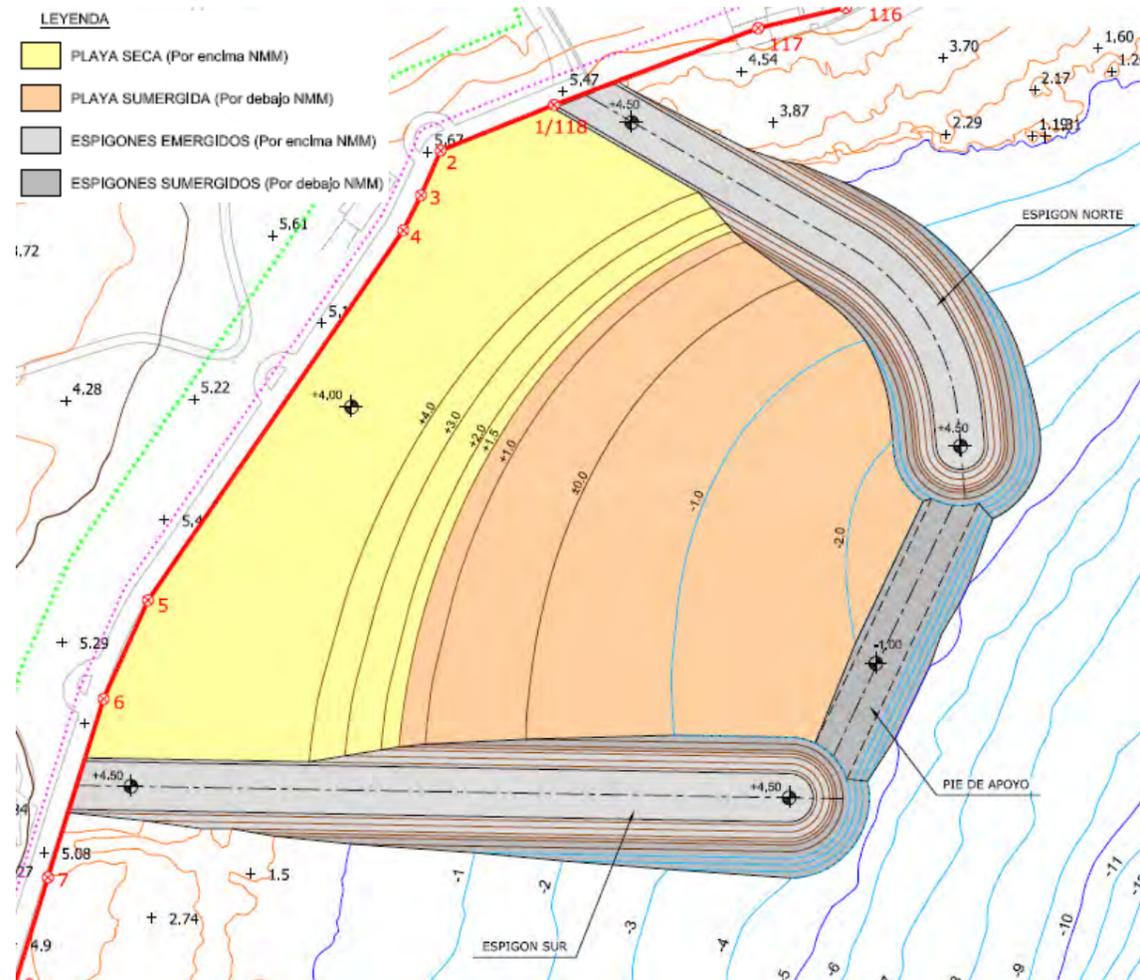


Figura 6.- Planta detallada de la Alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia)

1.2.3 ALTERNATIVA 3

La alternativa 3 comprende las siguientes actuaciones:

- Aportación de 22.430 m³ de arena de un tamaño medio de grano D₅₀ = 0,35 mm que permita una anchura mínima de playa seca de 45 metros medidos a la cota +1,50 m.
- Construcción de dos espigones que sirvan de apoyo lateral a la arena aportada, con una cota máxima de coronación +4,50. El espigón sur es el mismo que en la propuesta 1 y 2, mientras que en el caso del espigón norte, el tramo inicial (arranque) también es el mismo, si bien su extremo se ha desplazado hacia el SSW una distancia de 25 m respecto al de la propuesta 2, por lo que el espigón tiene una forma en planta curva, aproximadamente en "f".
- Construcción de un espigón sumergido de pie de apoyo coronado a la cota -1,00 que sirva de apoyo del perfil sumergido de la nueva playa.

La propuesta inicial de planta con el ajuste parabólico de la curva de nivel +1,50 m se muestra en la Figura 7.-



Figura 7.- Planta de la Alternativa 3 (Fuente: Elaboración propia)

Puede apreciarse que toda la nueva playa está dentro del límite de la afección (línea de color amarillo discontinua) generada por el extremo del espigón norte, el cual provoca la difracción del oleaje y la forma curva en planta de la playa. La forma en planta de la playa nueva ha basculado bastante en sentido horario (como consecuencia del desplazamiento del polo de difracción hacia el sur), de manera que la anchura de la playa seca en los extremos norte y sur son de 80 m y 60 m.

Con objeto de permitir una comparación rápida con la alternativa 2, en la Figura 7.- también se presenta el extremo del espigón norte de dicha propuesta 2 (punto 2), así como su forma en planta (línea discontinua), cuyas diferencias con la de la propuesta 2 son significativas, pudiéndose apreciar el basculamiento al que se hacía referencia en el apartado anterior.

La planta detallada finalmente propuesta para la Alternativa 3 se muestra en la Figura 8.- y en el plano A6.3. La superficie de playa seca medida a la cota +1,50 es 8.761 m².

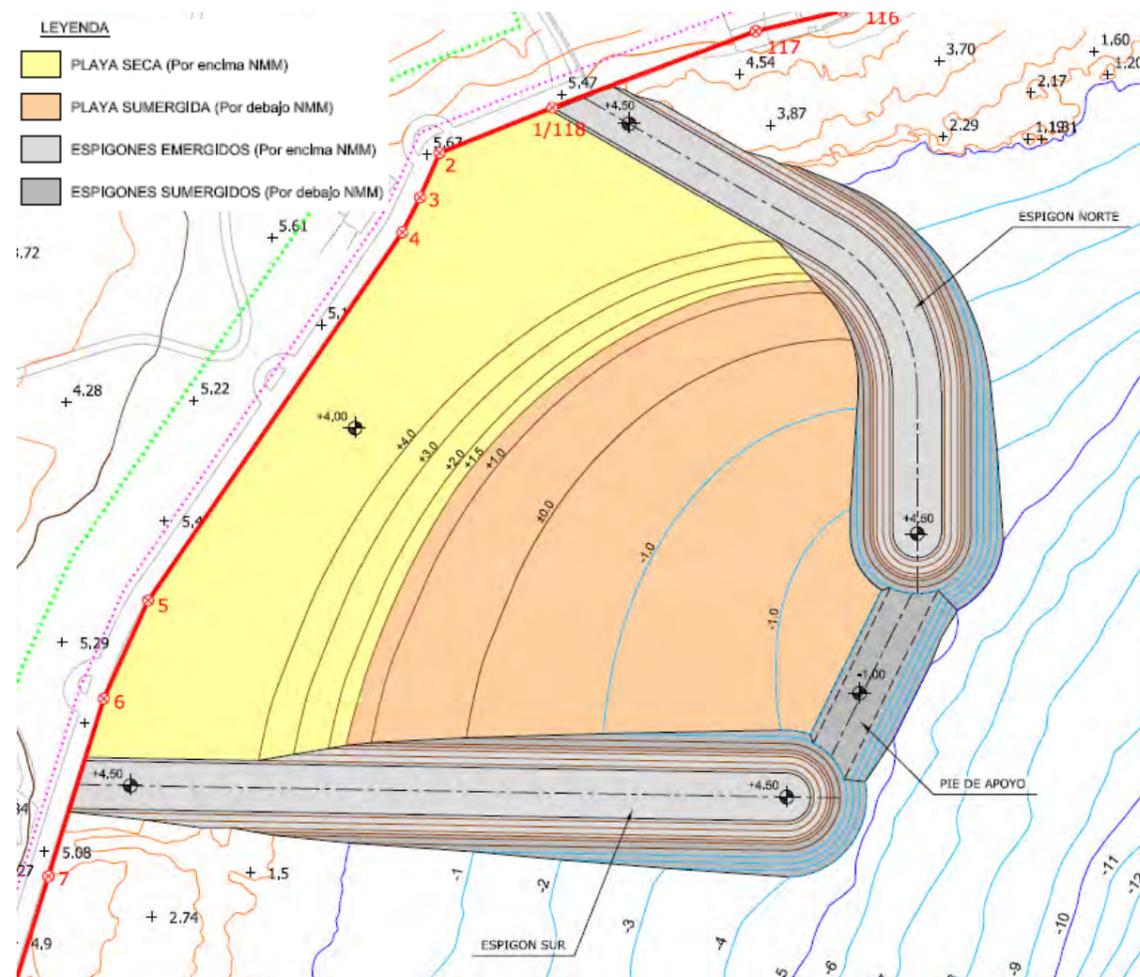


Figura 8.- Planta detallada de la Alternativa 3. (Fuente: Elaboración propia)

2. ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

Se ha efectuado una comparativa entre las diferentes soluciones (incluyendo la Alternativa 0 consistente en no efectuar ninguna actuación), en la 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; $p = 0,25$
 - Costes de mantenimiento; $p = 0,15$

Previamente a la valoración de las alternativas se resumen las principales características de cada actuación.

2.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE CADA ACTUACIÓN

En la Tabla 1.- se muestran las principales características de las alternativas propuestas.

Tabla 1.- Principales características de las alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia)

Parámetro	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Superficie de playa seca (cota +1,50)	7.926 m ²	8.654 m ²	8.761 m ²
Anchura mínima/media/máxima	45 / 56 / 77 m	45 / 57 / 70 m	45 / 62 / 80 m
Longitud total de espigones	443,2 m	380,3 m	374,6 m
Longitud de espigones a la cota +4,5	322,6 m	296,2 m	312,1 m
Volumen de aportación de arena	20.260 m ³	21.887 m ³	22.430 m ³
Volumen de aportación de escollera	30.192 m ³	29.713 m ³	31.944 m ³
Superficie total ocupada	26.816 m ²	26.532 m ²	26.259 m ²
Presupuesto aproximado (sin IGIC)	1.769.046 €	1.817.590 €	1.908.454 €

El desglose de los presupuestos aproximados se muestra en la Tabla 2.- .

2.2 VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Cada alternativa ha sido valorada en función de los aspectos anteriores entre 0 (muy negativa o muy baja) y 3 (muy positiva o muy alta), 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 3.- .

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

Tabla 2.- Desglose de los presupuestos aproximados de las alternativas (Fuente: elaboración propia)

		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
1. APORTACIÓN DE ARENA				
m3 Extracción, transporte y vertido de arena	Prec. Unit.	30,00 €/m3	30,00 €/m3	30,00 €/m3
	Medición	20.260,20 m3	21.886,90 m3	22.430,05 m3
	Presupuesto	607.805,96 €	656.607,00 €	672.901,56 €
2. ESPIGONES LATERALES				
m3 Suministro y colocación de escollera	Prec. Unit.	24,25 €/m3	24,25 €/m3	24,25 €/m3
	Medición	26.544,93 m3	27.152,55 m3	30.260,78 m3
	Presupuesto	643.831,30 €	658.568,75 €	733.956,96 €
3. ESPIGÓN DE PIE				
m3 Suministro y colocación de escollera	Prec. Unit.	24,25 €/m3	24,25 €/m3	24,25 €/m3
	Medición	3.647,03 m3	2.560,82 m3	1.683,59 m3
	Presupuesto	88.456,40 €	62.111,03 €	40.834,34 €
4. OTROS				
PA Imprevistos	Prec. Unit.	100.500 €/PA	103.500 €/PA	108.750 €/PA
	Medición	1,00	1,00	1,00
	Presupuesto	100.500,00 €	103.500,00 €	108.750,00 €
PA Programa de Vigilancia Ambiental	Prec. Unit.	30.000 €/PA	30.000 €/PA	30.000 €/PA
	Medición	1,00	1,00	1,00
	Presupuesto	30.000,00 €	30.000,00 €	30.000,00 €
PA Estudio de Seguridad y Salud	Prec. Unit.	13.400 €/PA	13.800 €/PA	14.500 €/PA
	Medición	1,00	1,00	1,00
	Presupuesto	13.400,00 €	13.800,00 €	14.500,00 €
PA Gestión de residuos	Prec. Unit.	2.600 €/PA	2.800 €/PA	2.800 €/PA
	Medición	1,00	1,00	1,00
	Presupuesto	2.600,00 €	2.800,00 €	2.800,00 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)		1.486.593,66 €	1.527.386,78 €	1.603.742,86 €
GASTOS GENERALES Y BENEFICIO INDUSTRIAL (19 %)		282.452,80 €	290.203,49 €	304.711,14 €
PRESUPUESTO DE INVERSIÓN (PI)		1.769.046,46 €	1.817.590,27 €	1.908.454,00 €
IGIC (7 %)		123.833,25 €	127.231,32 €	133.591,78 €
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL)		1.892.879,71 €	1.944.821,59 €	2.042.045,78 €

- Aspectos técnicos. Se ha tenido en cuenta el grado de solución con lo que cada alternativa resuelve la creación de la nueva playa, para lo cual se ha considerado tres parámetros: i) anchura media de playa (a la cota +1,50), ii) superficie de playa seca (también a la cota +1,50) y iii) sensación de confort de los usuarios, 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 1/3, de manera que pueda obtenerse un máximo de [3] y un mínimo de [0].
 - *Anchura de playa seca*: las anchuras medias de la playa son para las alternativas 1, 2 y 3 respectivamente 56 m, 57 m y 62 m (en este caso se considera que una anchura de playa excesiva es incómoda para los bañistas y por tanto es negativa). Las Alternativas 1 y 2 son las que tienen una anchura media óptima (56 y 57 m) pero sus anchuras máximas son respectivamente 77 y 70 m (especialmente alta en el primer caso), por lo que se le ha otorgado un puntaje muy alto [3] a la alternativa 2 y una puntuación alta [2,75] a la propuesta 1, mientras que la alternativa 3 ha sido valorada con un puntaje medio [2] pues sus

anchuras máximas son excesivas. Por lo que respecta a la Alternativa 0, que no implica la creación de playa, ha sido considerada como muy negativa y puntuada con [0].

- *Superficie de playa seca*: las superficies de playa seca son respectivamente 7.926 m², 8.654 m² y 8.761 m² (en este caso se considera que la valoración debe ser más alta cuanto mayor sea la superficie de playa ya que el rendimiento que el promotor va a poder obtener de la misma se incrementa). La Alternativa 3 es la que genera la mayor superficie de playa, por lo que se le ha otorgado el mayor puntaje [3,0], seguida de la alternativa 2, con un puntaje medio/alto [2,75] y de la alternativa 1, con un puntaje medio [2], ya que su diferencia con las otras dos es mayor. Por lo que respecta a la Alternativa 0, que no implica la creación de playa, ha sido considerada como muy negativa y puntuada con [0].
- *Sensación de confort de los usuarios*: obviamente este aspecto es muy subjetivo pero en términos generales una playa muy cerrada y protegida por los espigones suele ser valorada negativamente, ya que la calidad del agua suele ser peor (debido a una menor renovación) y las panorámicas quedan más interrumpidas por las obras de estabilización, especialmente en situación de bajamar. Consecuentemente la mejor alternativa sería la 1, a la que se ha otorgado un puntaje alto [2,75]⁽²⁾, seguido de la alternativa 2, con un puntaje medio/alto [2,5] y la alternativa 3, con un puntaje medio [2]. Por lo que respecta a la Alternativa 0, que no implica la creación de playa, ha sido considerada como muy negativa y puntuada con [0].

De esa manera la puntuación por aspectos técnicos de las alternativas queda del siguiente modo: Alternativa 0 = (0 + 0 + 0) / 3 = [0,00]; Alternativa 1 = (2,75 + 2 + 2,75) / 3 = [2,50]; Alternativa 2 = (3 + 2,75 + 2,5) / 3 = [2,75] y Alternativa 3 = (2 + 3 + 2) / 3 = [2,33].

- 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 1/3, de manera que pueda obtenerse un máximo de [3] y un mínimo de [0].
 - *Ocupación de superficie del fondo marino*: las diferencias entre las tres alternativas son mínimas (en el entorno del 2%). Teniendo en cuenta que las superficies ocupadas son poca magnitud (2,6 Ha) así como el valor ambiental menor de los fondos marinos ocupados (ver apartado 2.8 del Documento Ambiental), a las tres alternativas se les ha dado una puntuación media [2], mientras que la Alternativa 0, al no ocupar superficie, ha sido valorada con [3].
 - *Impacto paisajístico*: la Alternativa 0 al no incluir ninguna actuación tiene impacto nulo, por lo que se ha puntuado como muy positiva, con una valoración de [3]; el resto han sido valoradas inversamente proporcional a la longitud de espigones emergidos, ya que estos

² No se aplica la máxima puntuación [3] ya que la existencia del espigón intermedio, pese a su escasa longitud, puede ser recibido negativamente por los usuarios.

limitarán parcialmente la vista a los usuarios³: la alternativa 1 ha sido valorada con un puntaje bajo [1,5], la alternativa 2 con una puntuación media [2] y la Alternativa 3 con un puntaje medio/bajo [1,75].

- *Empleo de recursos*: el volumen de áridos (arenas + escolleras) necesario para la ejecución de las obras son de 50.452 m³, 51.600 m³ y 54.374 m³ para las alternativas 1, 2 y 3 respectivamente. La Alternativa 0, al no incluir ninguna actuación no necesita recursos ha sido valorada con una puntuación muy alta [3] y el resto de manera inversamente proporcional al volumen de áridos requerido, valorando la alternativa 3, que requiere el mayor volumen, con una puntuación baja [1,5], la alternativa 1 con el menor volumen con una puntuación media [2] y la alternativa 2, que requiere un volumen intermedio, con una puntuación media/baja [1,75]

De esa manera la puntuación por impacto ambiental de las alternativas queda del siguiente modo: Alternativa 0 = (3 + 3 + 3) / 3 = [3,00]; Alternativa 1 = (2 + 1,5 + 2) / 3 = [1,83]; Alternativa 2 = (2 + 2 + 1,75) / 3 = [1,92] y Alternativa 3 = (2 + 1,75 + 1,5) / 3 = [1,75].

- *Inversión*: la Alternativa 0 al no incluir ninguna actuación tiene una inversión nula, por lo que se ha puntuado con [3,00] y el resto de manera inversamente proporcional a su presupuesto. No obstante, se ha tenido en cuenta que la diferencia del presupuesto de las tres propuestas es pequeña (inferior al 3% en el caso de la alternativa 2 y al 8 % el caso de la alternativa 3, como puede apreciarse en la Tabla 3.-) pero que se trata en cualquier caso de una inversión alta en proporción a la superficie de playa creada, por lo que se ha valorado la solución más costosa con una puntuación baja [1,5] y la de menor inversión con una puntuación media [2]. De este modo la Alternativa 1 ha sido puntuada con [2], la Alternativa 2 con [1,75] y la Alternativa 3 con [1,5].
- *Coste de mantenimiento*. En este caso las 3 alternativas propuestas tienen un comportamiento similar. Se ha dado un puntaje mínimo [0,00] a la Alternativa 0 ya que, al no incluir la creación de una nueva playa, requeriría eventuales actuaciones periódicas de mantenimiento que permitiesen la creación de zonas de baño. A las 3 alternativas propuestas se les ha otorgado un puntaje alto [2,50], pues no se prevé que se tengan que realizar importantes actuaciones de mantenimiento.

Puede comprobarse en la Tabla 3.- que la solución mejor resulta ser la Alternativa 2 con una puntuación de 2,21 puntos (correspondiente a una valoración media-alta) y por tanto será la desarrollada en el Proyecto Básico, si bien cabe destacar que la Alternativa 1 obtiene una valoración muy similar: una puntuación de 2,18 (correspondiente también a media-alta). En el siguiente apartado se explica con mayor detalle las características de la propuesta finalmente seleccionada.

³ En cualquier caso se ha tenido en cuenta que los espigones coronarán a la cota +4,50, es decir, solamente 0,5 m por encima de la berma horizontal de la playa donde se ubicarán los bañistas e incluso por debajo de la cota del paseo marítimo existente (+5,0), por lo que la interrupción de las vistas será muy parcial. Pese se ha considerado conveniente penalizar bastante la puntuación de las alternativas en esta cuestión.

Tabla 3.- Comparación de las diferentes alternativas propuestas (Fuente: elaboración propia)

Criterio		Alternativa			
		0	1	2	3
Aspectos Técnicos (p = 0,30)	Subtotal	0,00	2,50	2,75	2,33
	Anchura de playa seca	0,00	2,75	3,00	2,00
	Superficie de playa seca	0,00	2,00	2,75	3,00
	Confort de los usuarios	0,00	2,75	2,50	2,00
Aspectos ambientales (p = 0,30)	Subtotal	3,00	1,83	1,92	1,75
	Superficie ocupada	3,00	2,00	2,00	2,00
	Impacto paisajístico	3,00	1,50	2,00	1,75
	Empleo de recursos	3,00	2,00	1,75	1,50
Coste de Inversión (p = 0,25)		3,00	2,00	1,75	1,50
Coste de Mantenimiento (p = 0,15)		0,00	2,50	2,50	2,50
PUNTUACIÓN TOTAL		1,65	2,18	2,21	1,98

LEYENDA

[0,00-0,75]	Muy bajo (Muy negativo)
[0,76-1,50]	Bajo (Negativo)
[1,51-1,75]	Medio-Bajo (Neutro-Negativo)
[1,76-2,00]	Medio (Neutro)
[2,01-2,50]	Medio-Alto (Neutro-Positivo)
[2,51-2,75]	Alto (Positivo)
[2,76-3,00]	Muy alto (Muy positivo)

3. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ALTERNATIVA 2

Tal como se ha comentado anteriormente, en este capítulo se va a desarrollar desde un punto de vista técnico la alternativa seleccionada (la nº 2), que está compuesta de las siguientes actuaciones, que a continuación se detallan.

- Aportación de arena.
- Espigones laterales en ambos extremos de la playa para la retención lateral de la arena.
- Pie de apoyo del perfil de la playa.

3.1.1 APORTACIÓN DE ARENA

El objeto de la aportación de arena es la creación de una playa seca con una anchura mínima de 45 metros (medidos sobre la isobata +1,50 m, muy próxima al Nivel Medio del Mar, NMM).

Ante la ausencia de yacimientos submarinos con arena de calidad en las proximidades de la zona de proyecto y de canteras de arena terrestre válida para su uso en regeneraciones de playas (por un exceso de finos), se ha adoptado, de acuerdo con el cliente, el empleo de arena procedente del Sahara, caracterizada por un tamaño medio $D_{50} = 0,35$ mm (ver Anejo nº 5). El perfil de playa que se empleará en la cubicación del material requerido es el perfil de equilibrio con estrán lineal (o con modelo de disipación en la zona de rotura) con parámetro A el promedio de los obtenidos mediante las fórmulas de Dean y de Hanson & Kraus, ya que es el que mejor se adapta a las características actuales de las playas próximas (tal como se vio en el Anejo nº 4). Este perfil se aplicará considerando el nivel del mar en la cota +1,50 m. La cota de la berma superior de la playa se ha fijado en la +4,00 m para tener en cuenta los efectos del cambio climático (ver Anejo nº 4). La Figura 9.- muestra el perfil de aportación dibujado sobre un perfil medio de la actual playa.

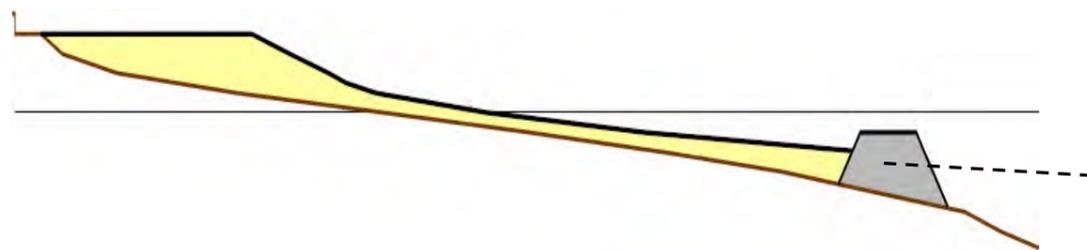


Figura 9.- Perfil de aportación con arena marina(Fuente: elaboración propia)

Éste es el perfil que tomaría la playa sometida a una incidencia directa del oleaje. No obstante en la Figura 5.- puede comprobarse que la nueva playa está situada en la zona de sombra generada por el polo de difracción del oleaje situado en el extremo del espigón norte, por lo que el oleaje incidirá con menor energía. En esos casos para un mismo tamaño de sedimentos la pendiente adoptada por la playa es menor (menos tendida). Para determinar la variabilidad del perfil a lo largo de la playa el programa

PLAYAS-MCG permite aplicar la formulación de equilibrio en planta (Hsu y Evans) no solamente a la línea de costa sino a todas las líneas isóbatas. De esta manera se obtiene el modelo 3D de playa presentado en la Figura 6.-, en la que puede apreciarse que conforme nos desplazamos hacia el norte (zona más protegida) la pendiente de la playa se incrementa (las isóbatas se juntan entre ellas).

3.1.2 PIE DE APOYO DEL PERFIL DE LA PLAYA

En la Figura 9.- puede apreciarse que la pendiente de la playa sumergida es menor que la del terreno existente, por lo que no resulta posible su intersección. Por todo ello se requiere la construcción de una barrera sobre la cual se apoye el perfil sumergido de la playa. Las principales características del espigón de pie de apoyo son las siguientes:

- Cota de coronación: -1,00 m, de manera que haya un resguardo vertical de aproximadamente 1,00 m entre su coronación y el perfil de arena sumergido.
- Longitud: 63 m (medidos a la cota +1,00).
- Alineación: 26° N.

3.1.3 ESPIGONES DE CONTENCIÓN LATERALES

Con objeto de evitar las pérdidas de arena en la playa debidas al transporte longitudinal (con una dirección neta de norte a sur) en el extremo meridional de la nueva playa se ha incluido un espigón aproximadamente perpendicular a la playa que efectúe una contención lateral de la arena y que se ha denominado espigón sur. Su punto de arranque se ha escogido de manera que no afecte a la entrada/salida de agua situada en esa zona.

Además, con objeto de adaptar la forma en planta de la playa a la deseada, se incluye un segundo espigón en el extremo septentrional de la playa en cuyo extremo el oleaje se difracte, y genere frentes curvos de oleaje que modelen la planta de la playa. Asimismo este espigón, se ha denominado espigón norte, cumple una segunda función: la contención lateral de la arena durante los episodios de oleaje procedente del sur que provocan un transporte de la arena de sur a norte, que si bien son menos frecuentes que los oleajes del N y del E sí tienen una probabilidad de presentación. Su punto de arranque (junto al punto 1/118 del deslinde del DPMT) se ha escogido de manera que la maquinaria necesaria para su ejecución pueda entrar y salir desde los actuales accesos. Las características de estos espigones se exponen a continuación.

Espigón sur

- Longitud: 180 m medidos hasta su intersección con el fondo (168 m medidos en su coronación).
- Cota de coronación: +4,50 m, es decir, 0,5 m por encima de la cota de la berma superior de la playa, de manera que también tenga un efecto de barrera frente al transporte eólico.
- Alineación: 91° N.

Espigón norte

- Longitud: 137 m medidos hasta su intersección con el fondo (129 m medidos en su coronación).

- Cota de coronación: +4,5 m, es decir, 0,5 m por encima de la cota de la berma superior de la playa, de manera que también tenga un efecto de barrera frente al transporte eólico.
- Alineación: 120° N(en el arranque) y 175° N (en el tramo final), con un tramo de transición curvo con un radio de 50 m en su eje.

3.2 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA ALTERNATIVA 2 MEDIANTE EL PROGRAMA SMC

Los patrones de transporte sedimentario de la alternativa 2 han sido obtenidos empleando la metodología descrita en los Anejos nº 3 y nº 4 y que se utilizó para caracterizar la situación actual. Para ello se ha empleado los siguientes módulos del modelo MOPLA (MORfodinámica de PLAyas) del programa SMC (Sistema de Modelado Costero)

- OLUCA: que permite obtener el patrón de oleaje
- COPLA: para la obtención del patrón de corrientes generadas por la rotura del oleaje
- EROS: para la obtención del transporte de sedimentos generado por el oleaje y corrientes.

En el Apéndice 1 del presente anejo se muestran los resultados gráficos obtenidos para los diferentes escenarios de oleaje estudiados (oleajes morfológicos y oleajes asociado a una excedencia de 12 h/año procedentes de las direcciones NNE, NE, E, SE y S). En particular se presentan los resultados de propagación de oleaje, de corrientes de rotura del oleaje y del transporte de sedimentos debidos al efecto conjunto d oleaje y corriente (en este último caso y teniendo en cuenta que el campo vectorial de corrientes y de transporte de sedimentos es muy similar –como puede comprobarse en los Anejos nº 3 y nº 4– se presenta un “zoom” de la playa para que los vectores transporte de sedimentos pueda ser apreciados con más detalle.

Puede apreciarse que los patrones de oleaje y corrientes son muy similares respecto a la situación actual y solamente sufre modificaciones en el entorno inmediato de las obras. En la Figura 10.- se muestra la comparación del oleaje incidente y de las corrientes de rotura generadas para el oleaje morfológico del NE (que es el más representativo de la dinámica litoral por ser el que produce una mayor movilización del sedimento –más del 90 %–, tal como se vio en el apartado 5.3.2 del Anejo nº 4).

En cualquier caso el diseño planteado, con espigones laterales que estabilizan la arena y la protegen del oleaje incidente y una forma en planta compatible con la presencia de dichos espigones, que modifican la incidencia del oleaje difractándolo, ofrece como resultado una playa sumamente estable en la que el transporte longitudinal de sedimentos es prácticamente inexistente, como puede verse en la Figura 11.- correspondiente al oleaje morfológico del NE; el más representativo de la dinámica sedimentaria tal como se ha explicado más arriba. En dicha figura puede comprobarse

- por un lado que el nuevo espigón norte interrumpe el flujo sedimentario con dirección N-S existente en la actualidad (flujo potencial, tal como se explicó pues en la actualidad en esta zona no hay sedimento movilizable por el oleaje) y que la afección al sur de la actuación es mínima pues en la actualidad en esa zona los vectores transporte son prácticamente nulos y

- por otro lado que el transporte longitudinal de sedimentos a lo largo de la nueva playa es inexistente, lo cual indica la gran estabilidad que tendrá la nueva playa.

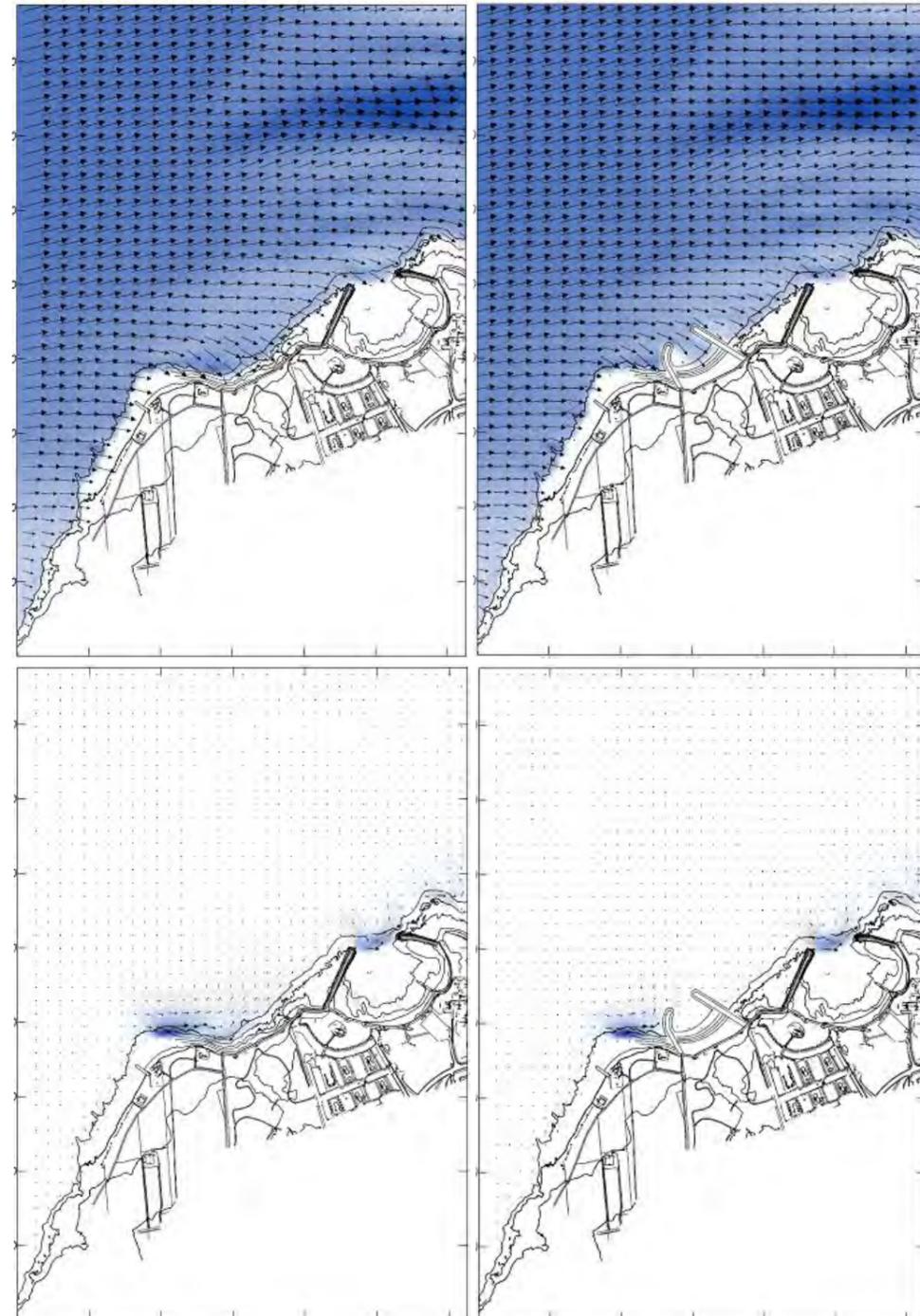


Figura 10.- Comparación de los resultados de propagación del oleaje (arriba) y corrientes de rotura (abajo) entre la situación actual (izquierda) y situación tras la construcción de la alterativa 2 (derecha). Oleaje morfológico del NE (Fuente: elaboración propia)

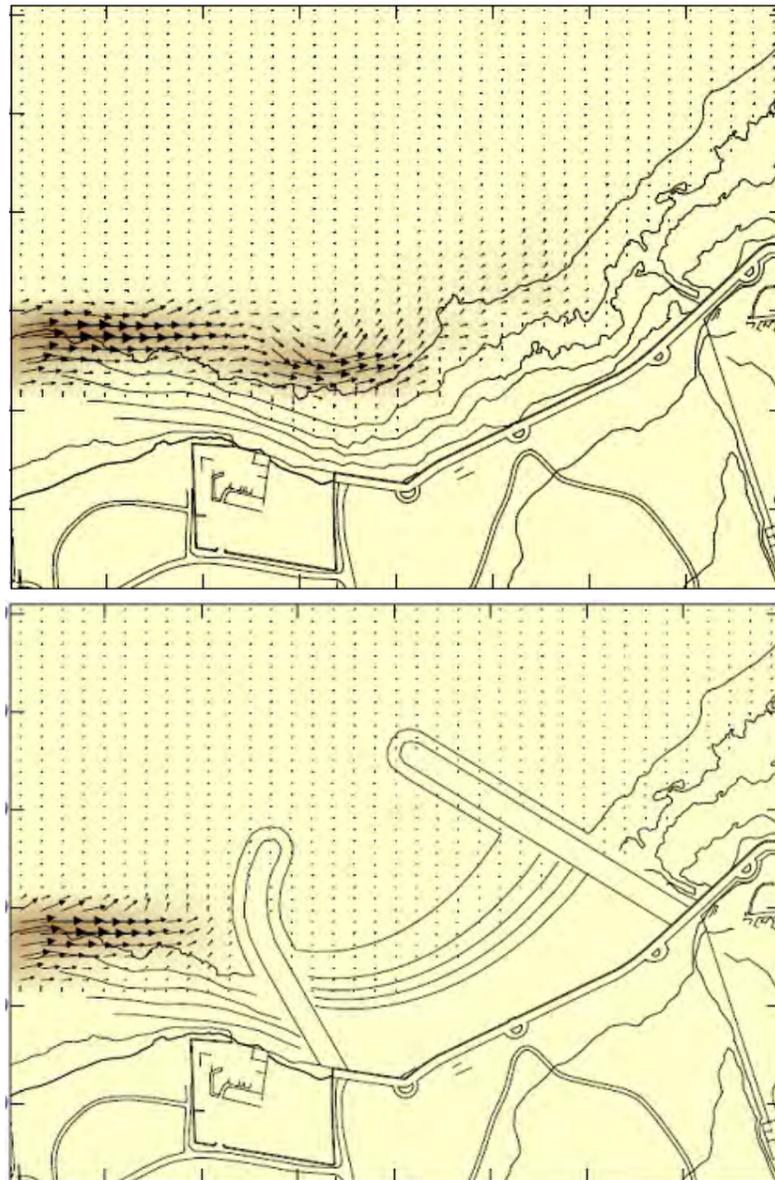
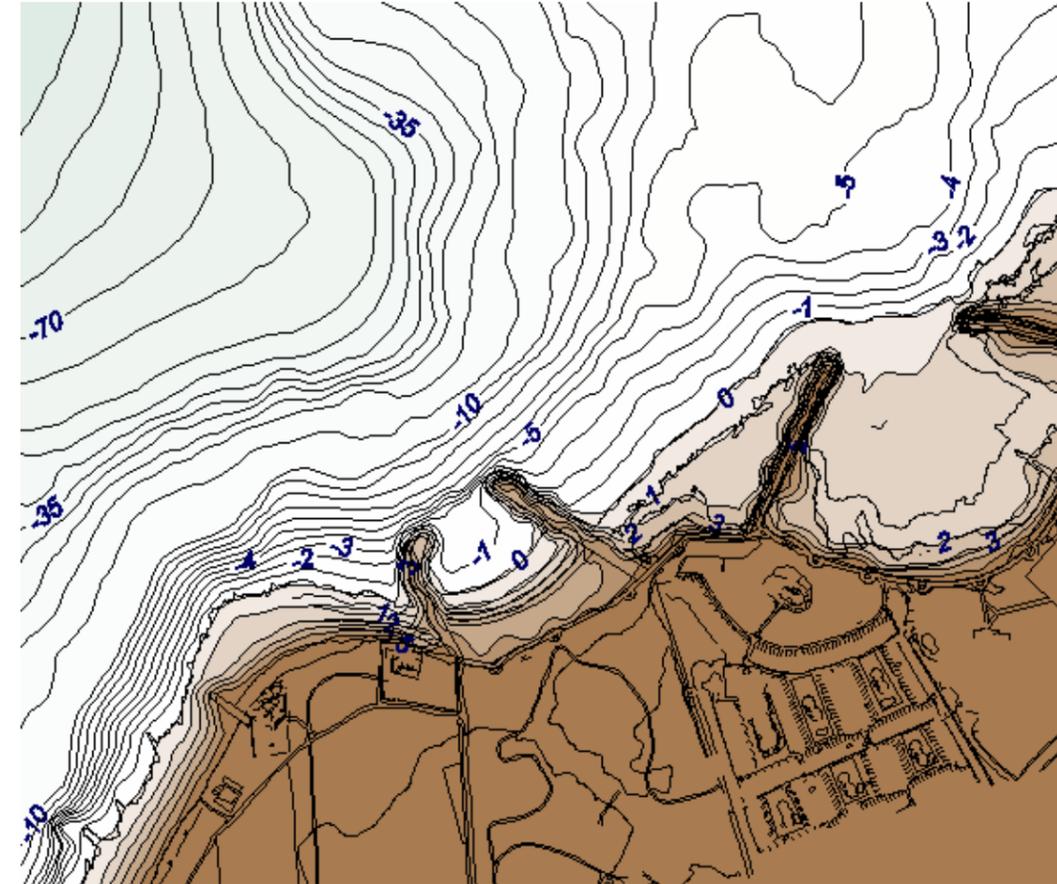
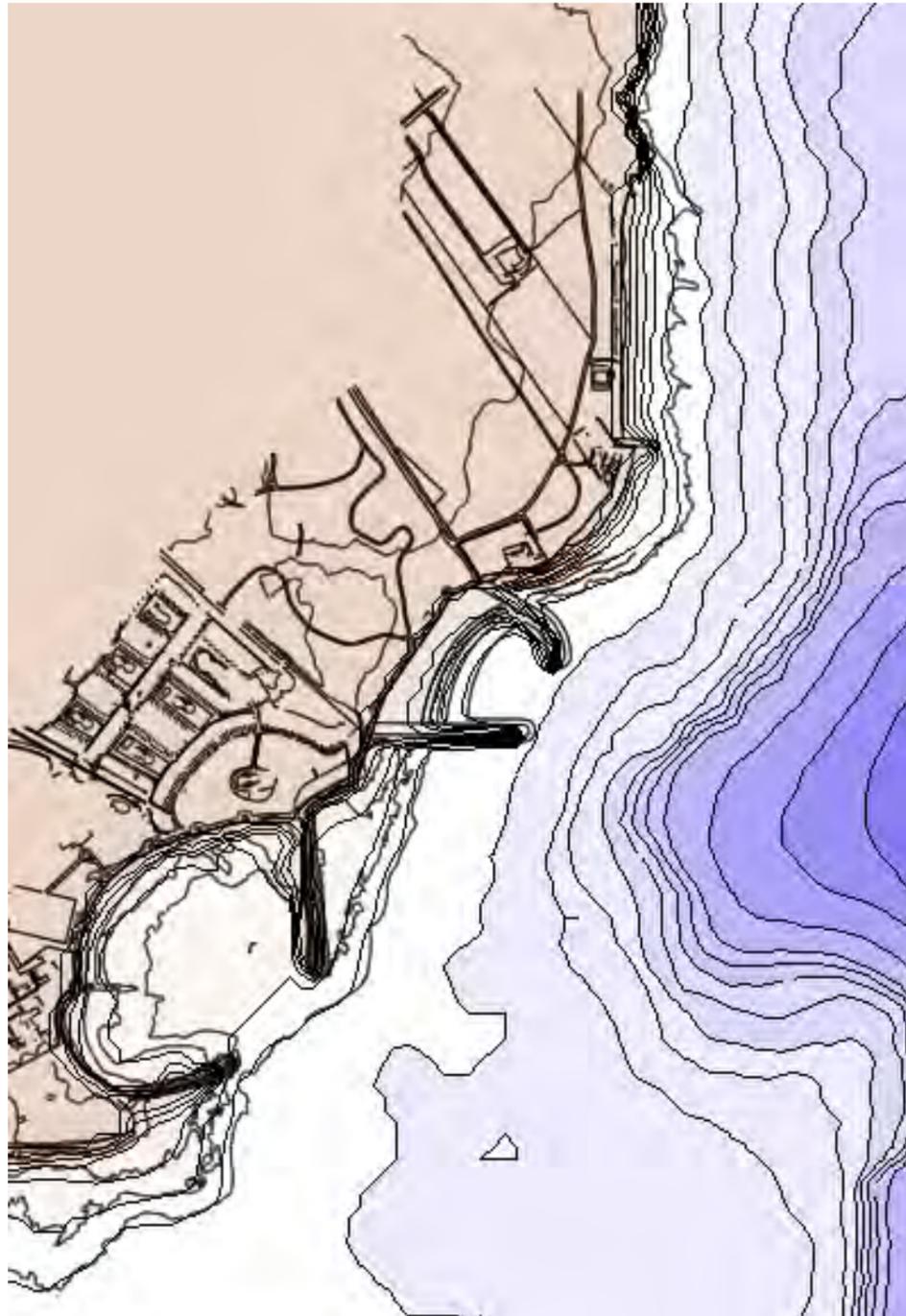


Figura 11.- Transporte de sedimentos en la nueva playa causado por el oleaje morfológico del NE. Arriba: situación actual; abajo: situación tras la construcción de la alternativa 2 (Fuente: elaboración propia)

APÉNDICE 1. RESULTADOS GRÁFICOS DE LA PROPAGACIÓN DEL OLAJE, CORRIENTES Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS; ALTERNATIVA 2

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

- Planta de proyecto de la playa (Fuente: Elaboración propia)
- Batimetría general de SMC utilizada de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)
- Batimetría general de MOPLA utilizada para la zona de estudio y representación batimétrica resultante o de salida del modelo (Fuente: Elaboración propia)
- Vectores de altura de ola significativa (NNE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NNE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (NNE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte (NNE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (NE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte (NE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (E, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (E, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (E, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA) 2
- Vectores de transporte (E, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (SE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (SE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (SE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte (SE, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (S, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (S, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (S, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte (S, oleaje morfológico) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NNE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NNE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (NNE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte (NNE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (NE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (NE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (NE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte (NE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (E, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (E, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (E, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte (E, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (SE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (SE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (SE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte (SE, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de altura de ola significativa (S, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Isolíneas de altura de ola significativa (S, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de corriente (S, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)
- Vectores de transporte (S, Oleaje asociado a Hs12) (Fuente: Elaboración propia y MOPLA)



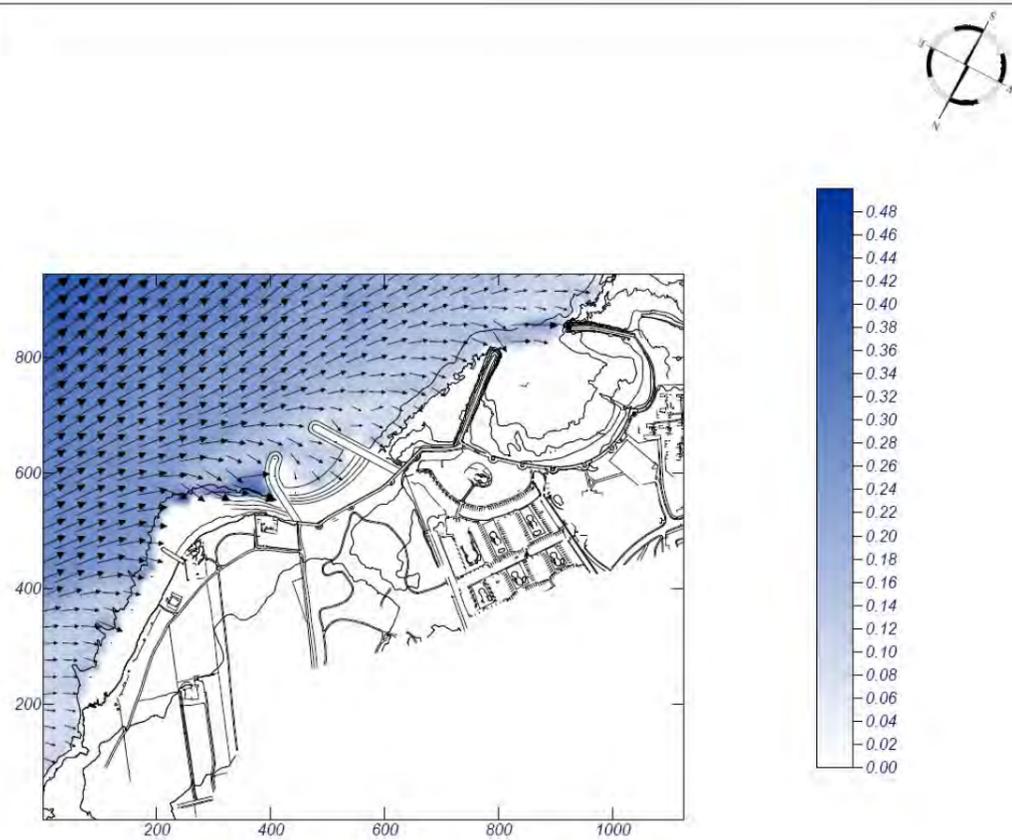
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: M323
M3: malla detalle NNE
23: Hmorf NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.61 m h: 10 m fp: 0.121951 Hz (Tp: 8.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) σ: 5° - Nº Comp.: 3		



1 cm = 0.500 m
 0 0.5

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



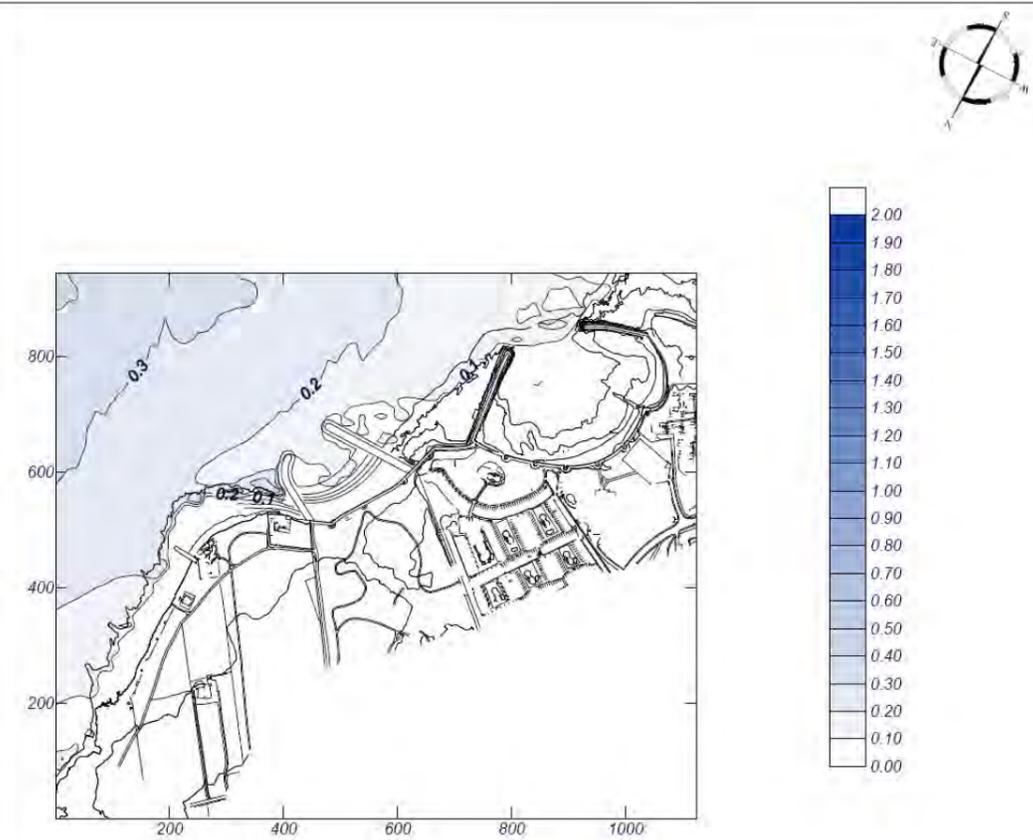
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: M323
M3: malla detalle NNE
23: Hmorf NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.61 m h: 10 m fp: 0.121951 Hz (Tp: 8.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) σ: 5° - Nº Comp.: 3		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



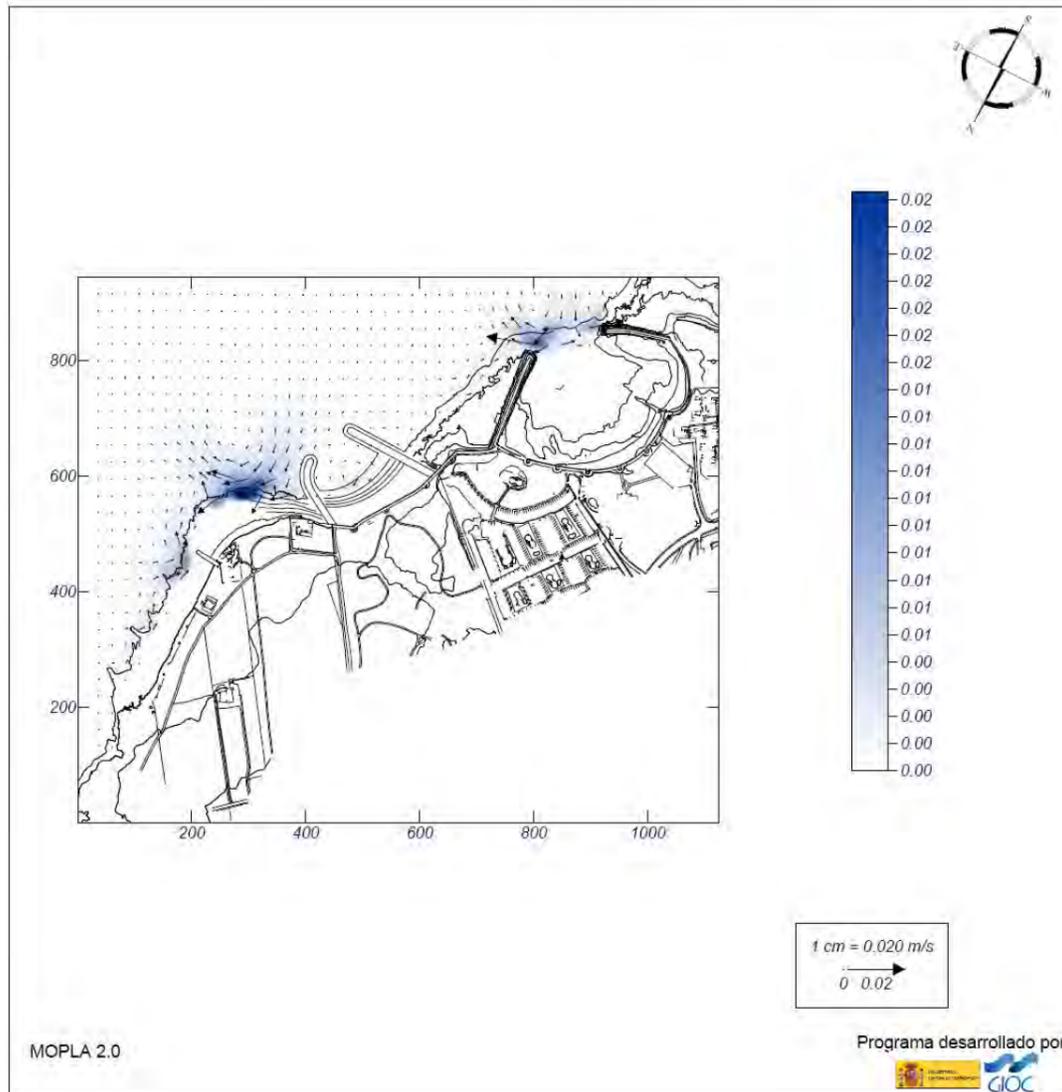
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: M323
M3: malla detalle NNE
23: Hmorf NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.61 m h: 10 m fp: 0.121951 Hz (Tp: 8.2 s) γ : 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θ_m : 40.5° (N22.5E) σ : 5° - Nº Comp.: 3	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ϵ : 7 m ² /s	



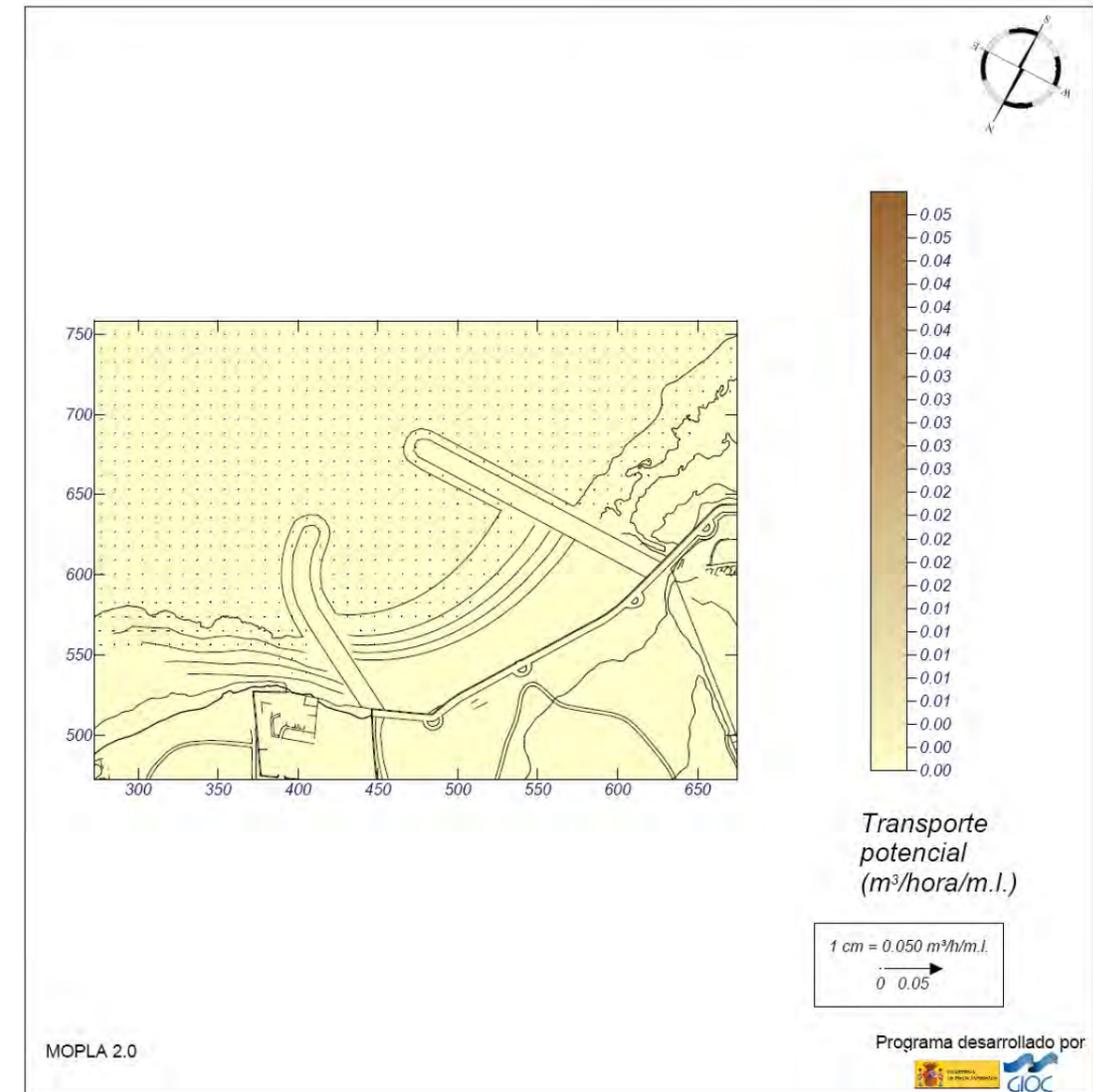
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: M323
M3: malla detalle NNE
23: Hmorf NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.61 m h: 10 m fp: 0.121951 Hz (Tp: 8.2 s) γ : 3.3 Nº Comp.: 5 Espectro direccional θ_m : 40.5° (N22.5E) σ : 5° - Nº Comp.: 3	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ϵ : 7 m ² /s	D ₅₀ : 0.10 mm Duración: 24.0 h Formulación: Soulsby



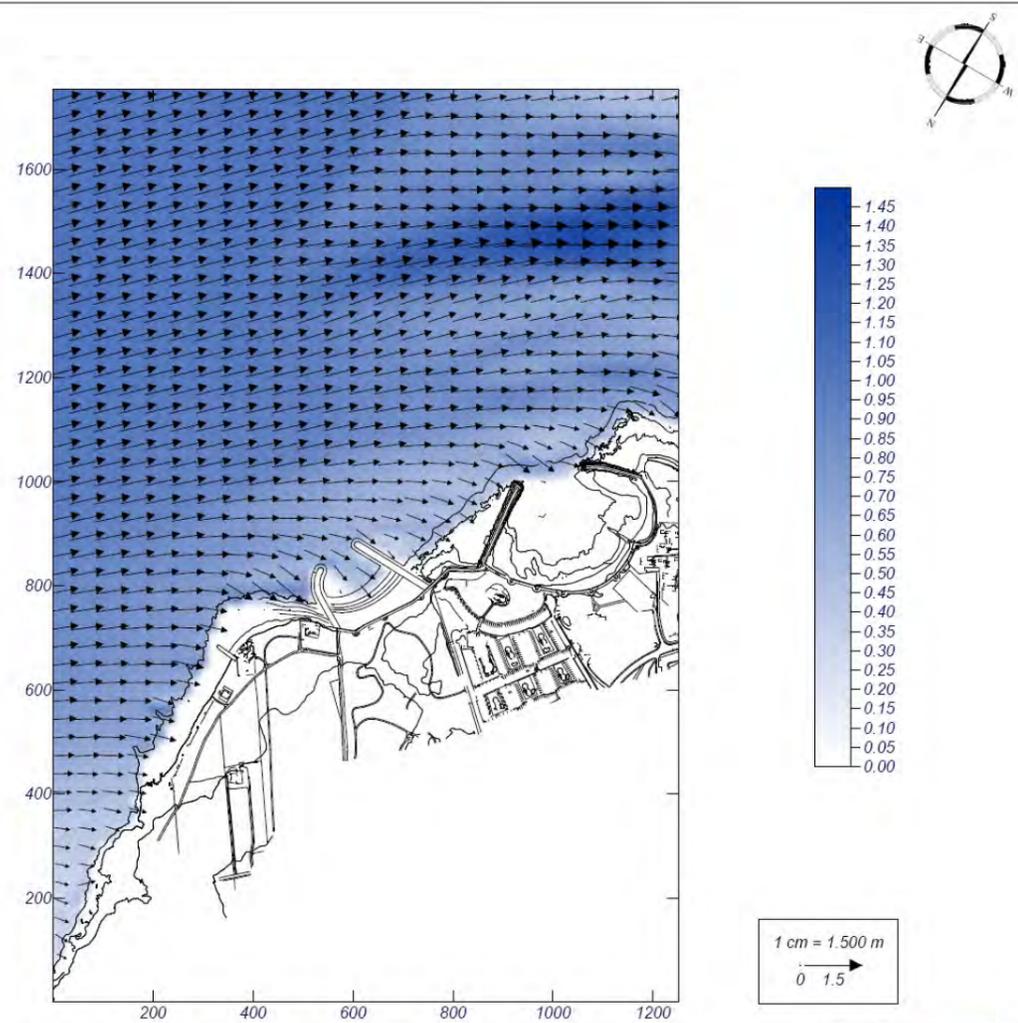
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A202
A2: malla detalle NE-E
02: Hmorf NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.03 m h: 10 m fp: 0.12987 Hz (Tp: 7.70001 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



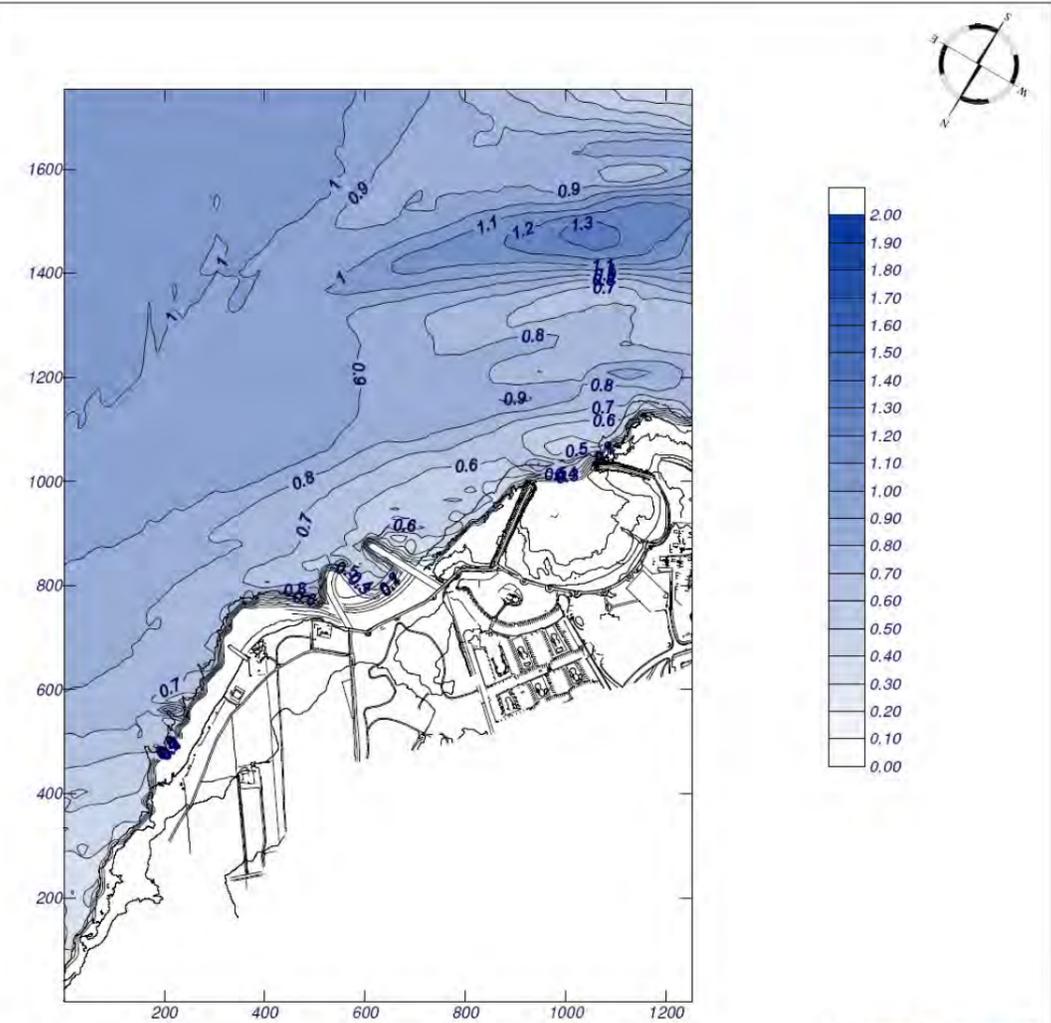
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A202
A2: malla detalle NE-E
02: Hmorf NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.03 m h: 10 m fp: 0.12987 Hz (Tp: 7.70001 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



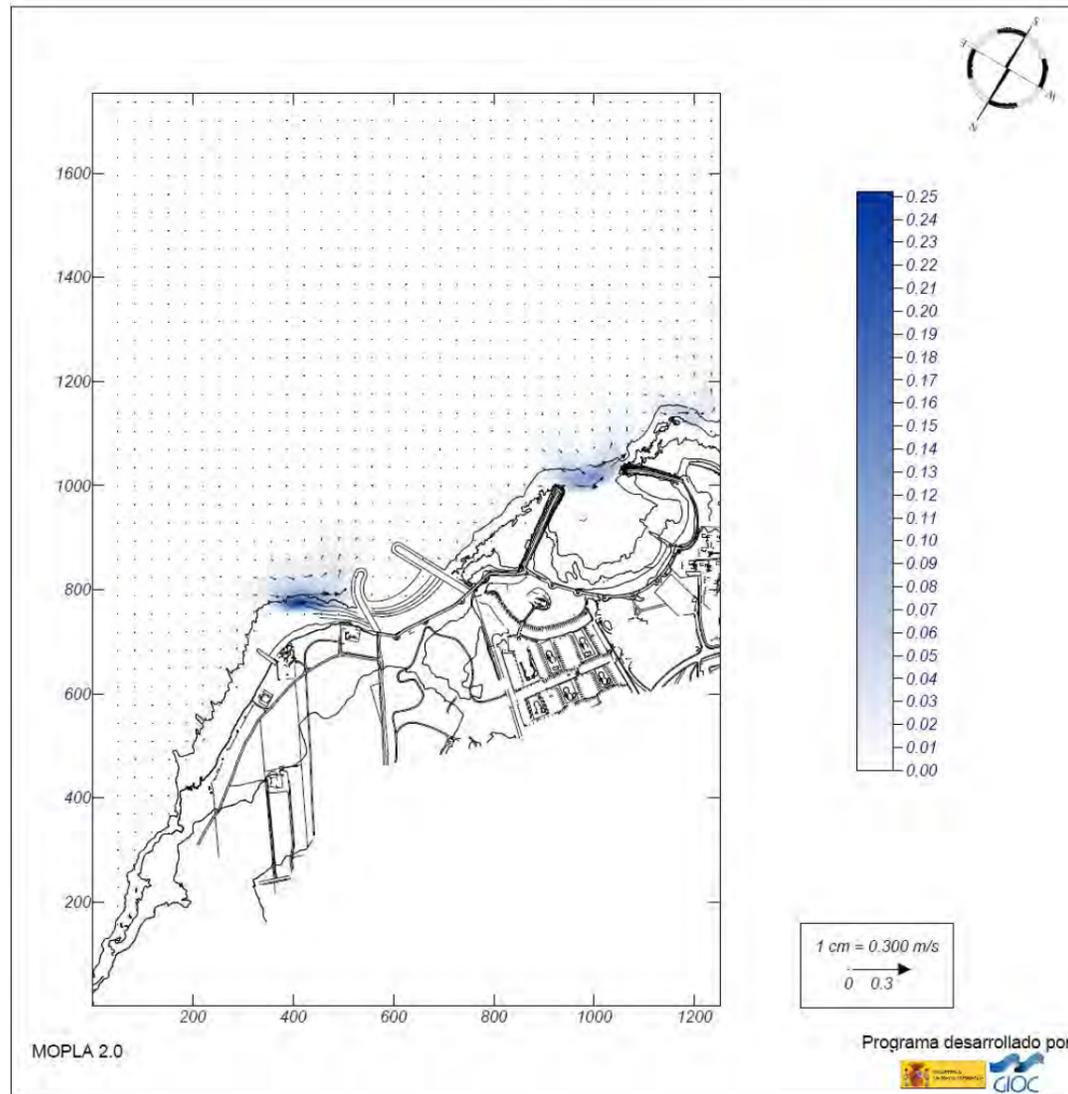
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: A202
A2: malla detalle NE-E
02: Hmorf NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.03 m h: 10 m fp: 0.12987 Hz (Tp: 7.70001 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



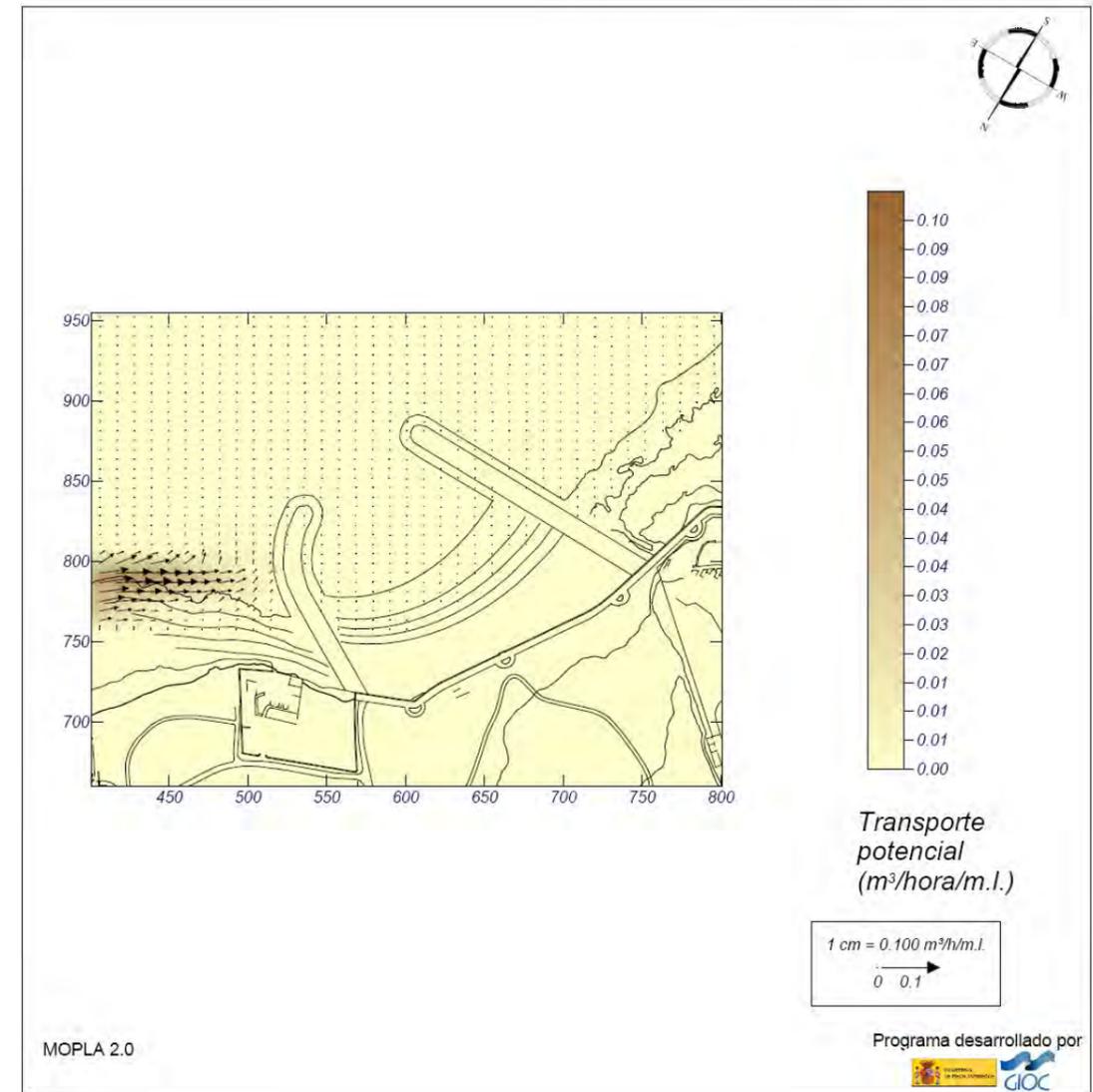
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: A202
A2: malla detalle NE-E
02: Hmorf NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.03 m h: 10 m fp: 0.12987 Hz (Tp: 7.70001 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	D ₅₀ : 0.40 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby



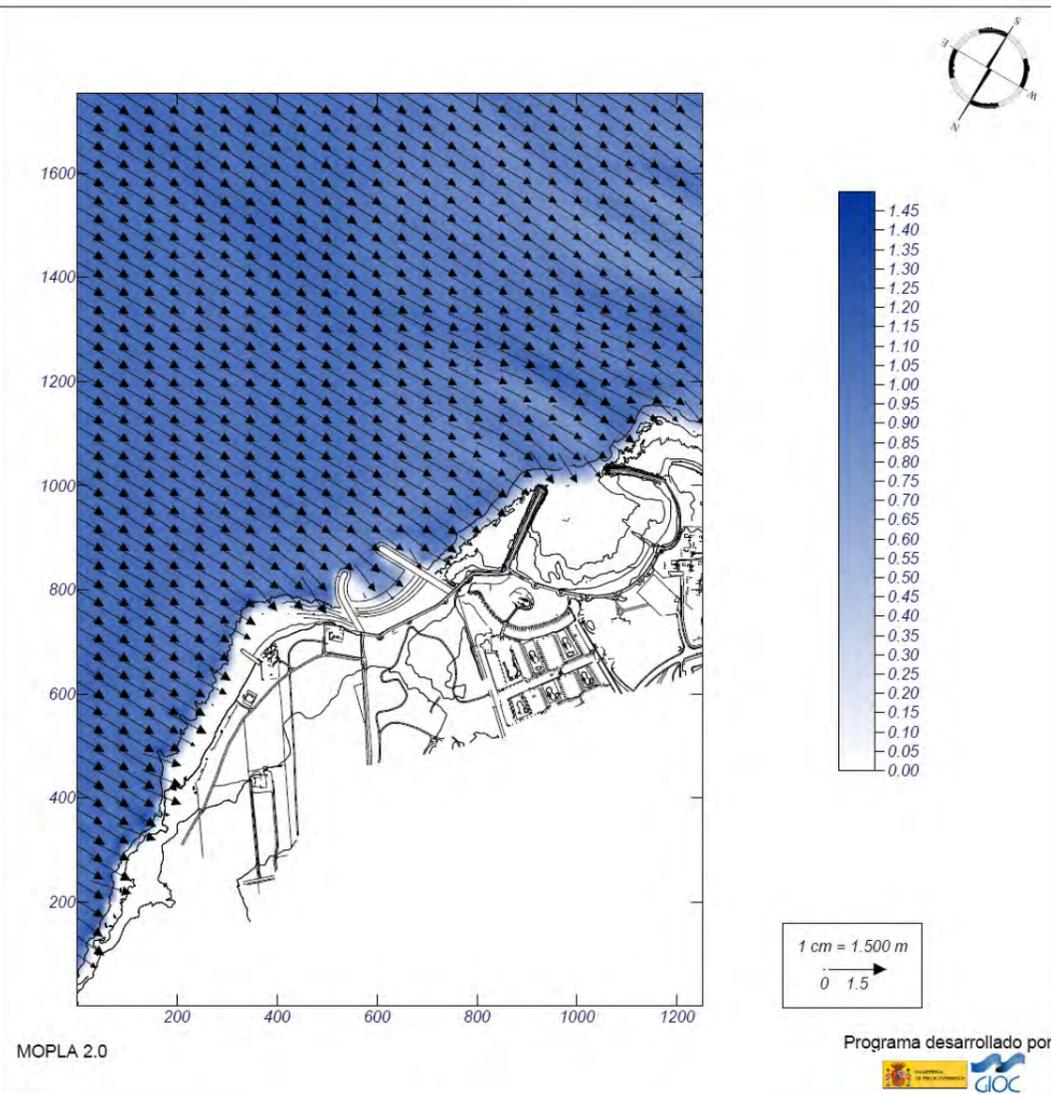
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A203
A2: malla detalle NE-E
03: Hmorf E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.08 m h: 10 m fp: 0.175439 Hz (Tp: 5.7 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



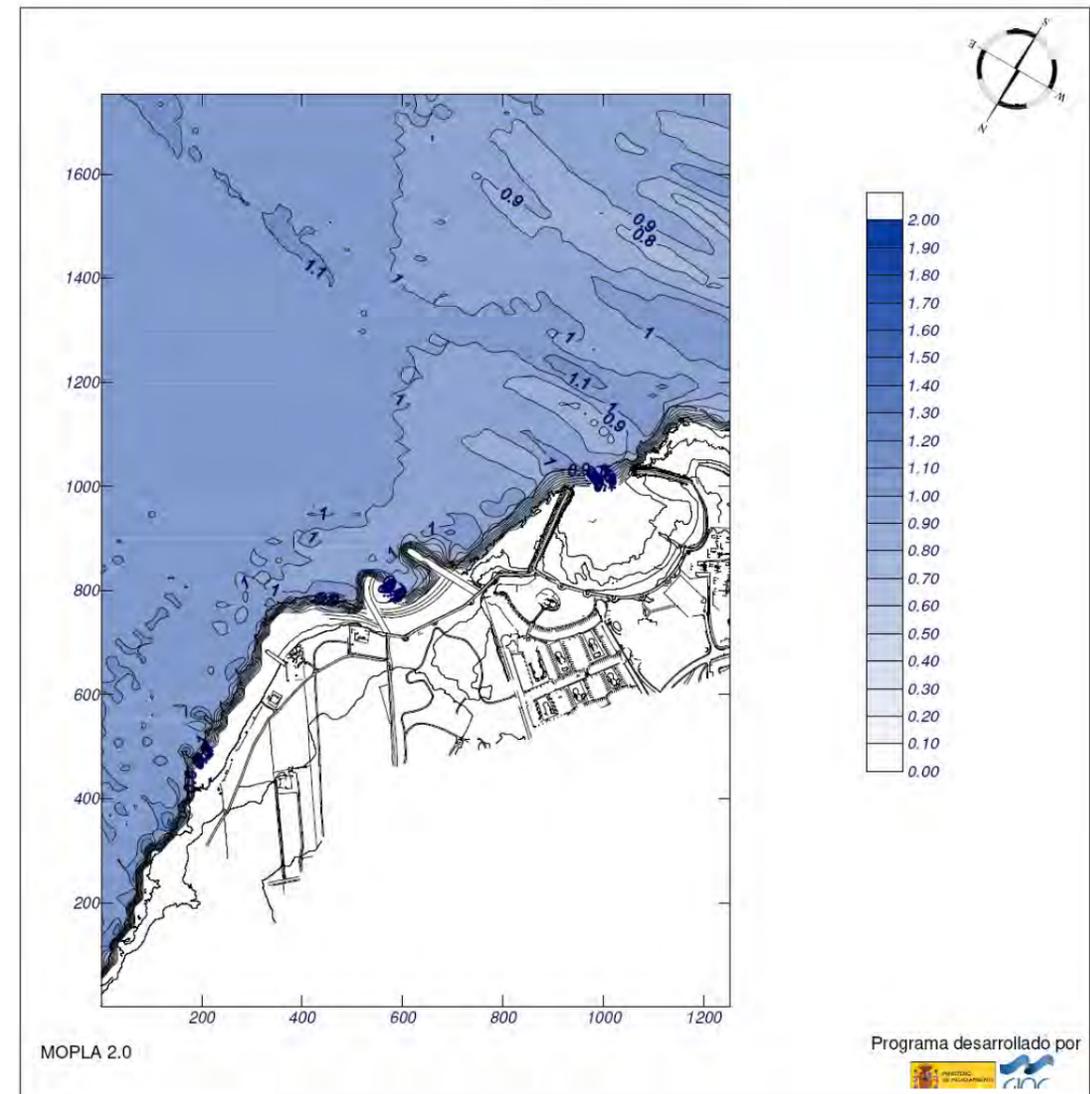
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A203
A2: malla detalle NE-E
03: Hmorf E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.08 m h: 10 m fp: 0.175439 Hz (Tp: 5.7 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



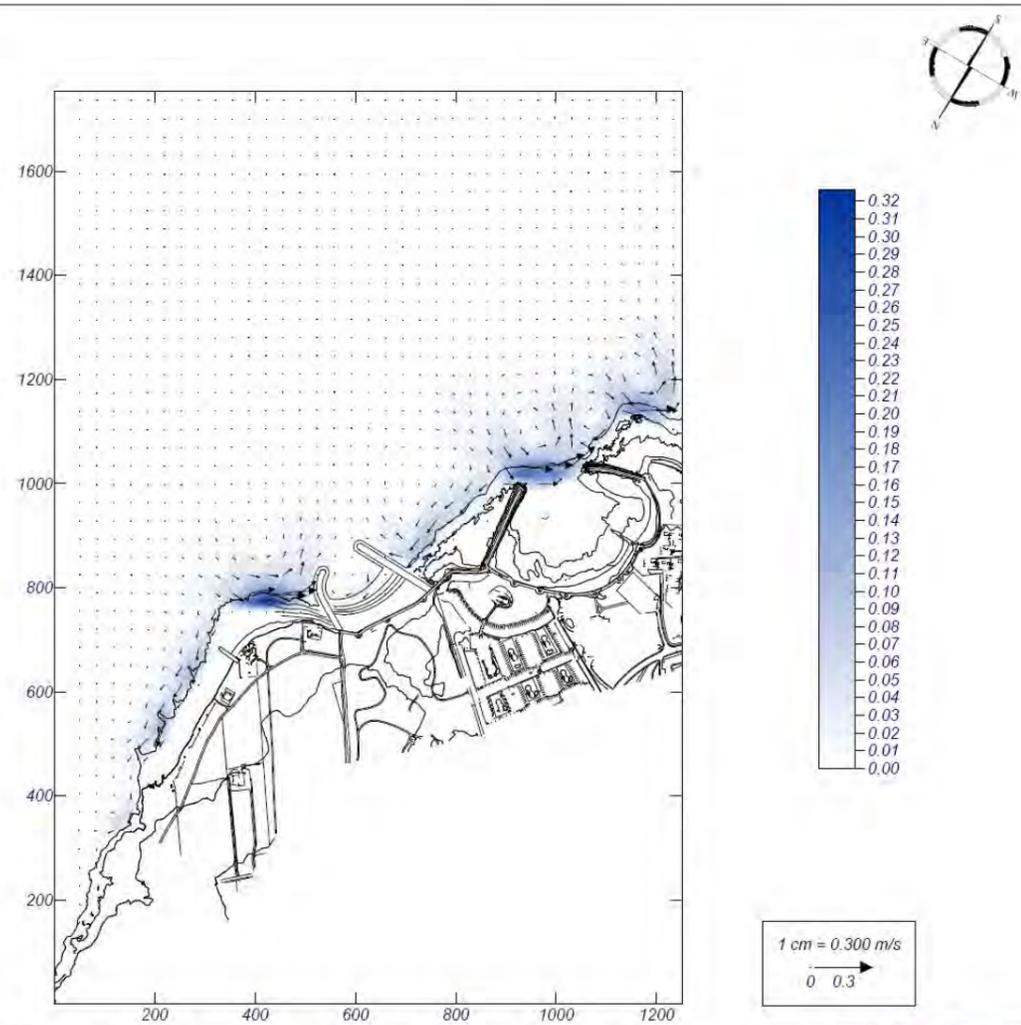
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: A203
A2: malla detalle NE-E
03: Hmorf E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.08 m h: 10 m fp: 0.175439 Hz (Tp: 5.7 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Ksw: 1 m	
Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



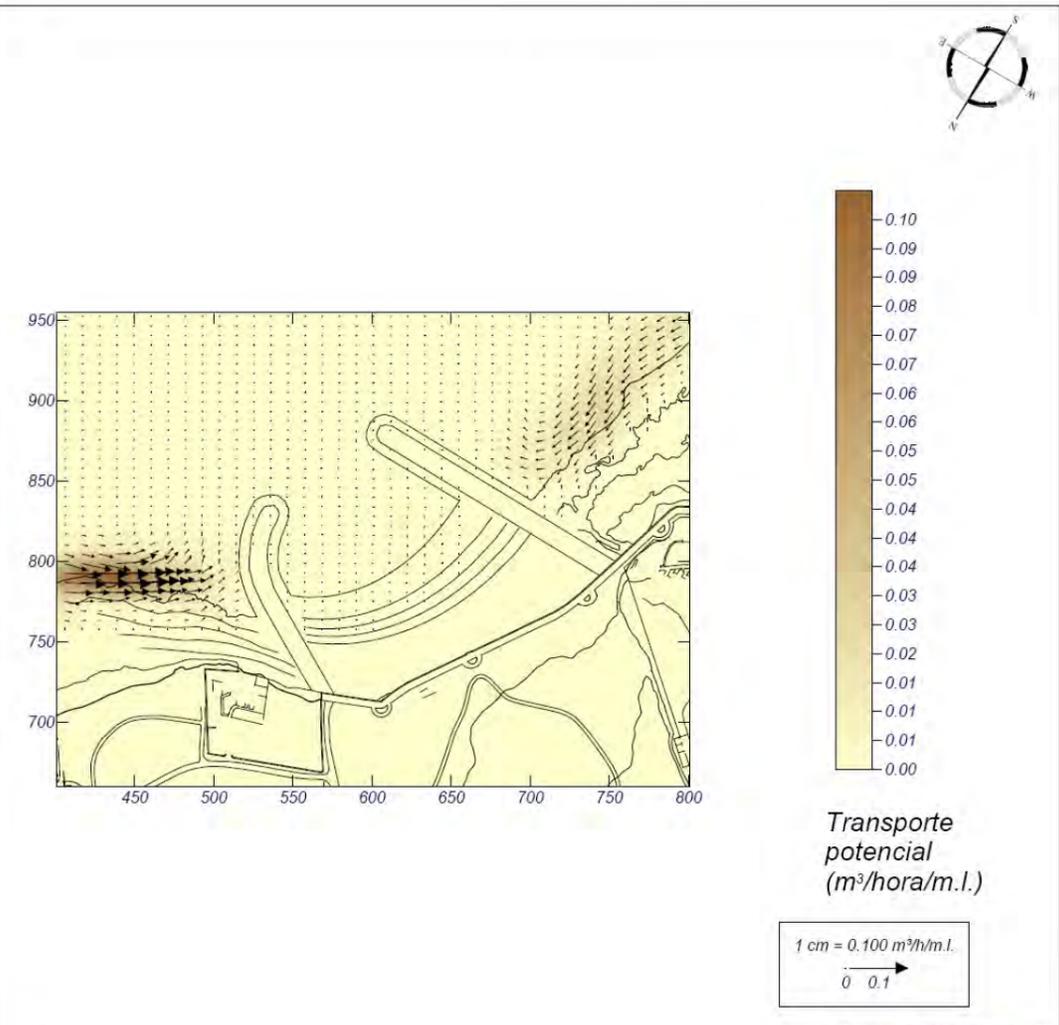
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: A203
A2: malla detalle NE-E
03: Hmorf E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.08 m h: 10 m fp: 0.175439 Hz (Tp: 5.7 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Ksw: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	Duración: 12.0 h Fomulación: Soulsby



MOPLA 2.0

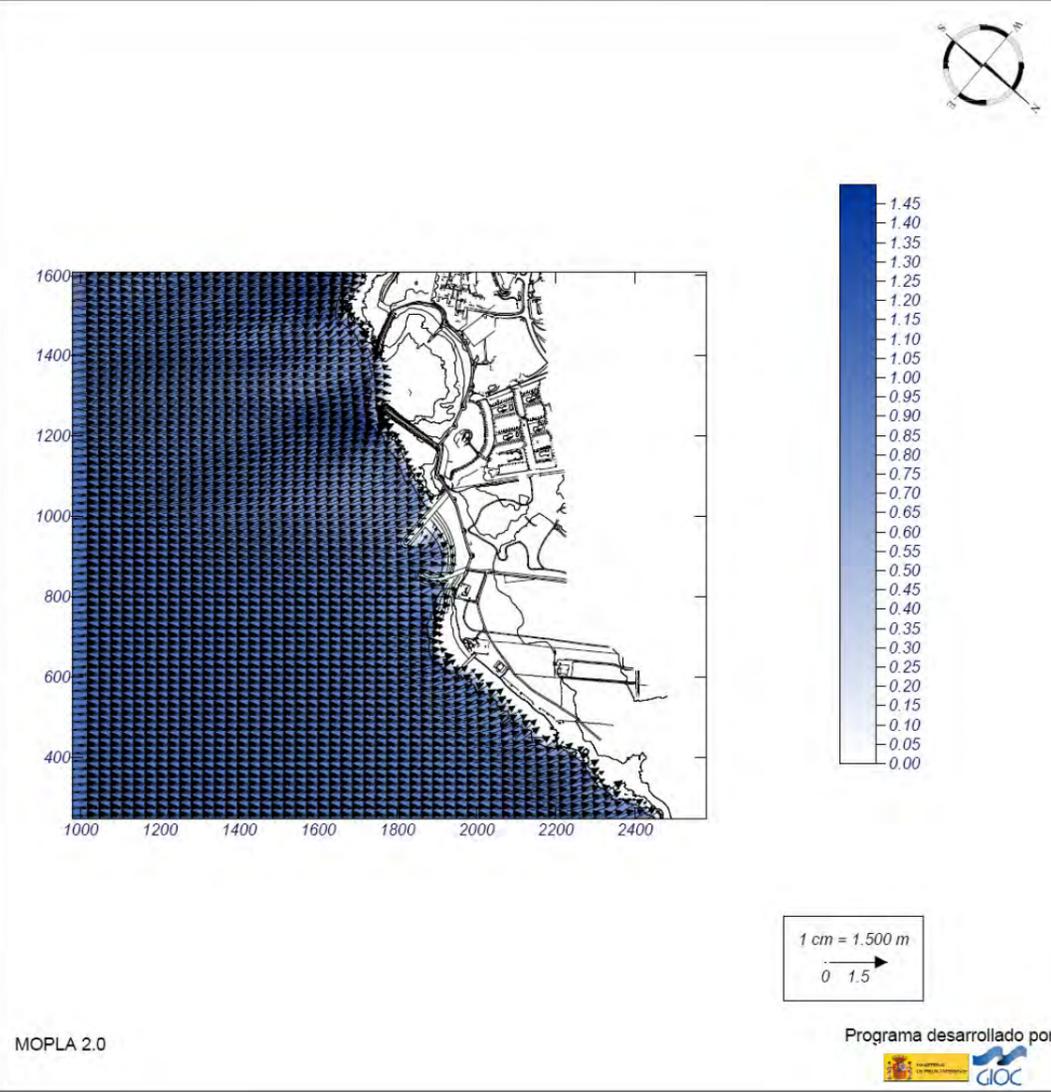
Programa desarrollado por



Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

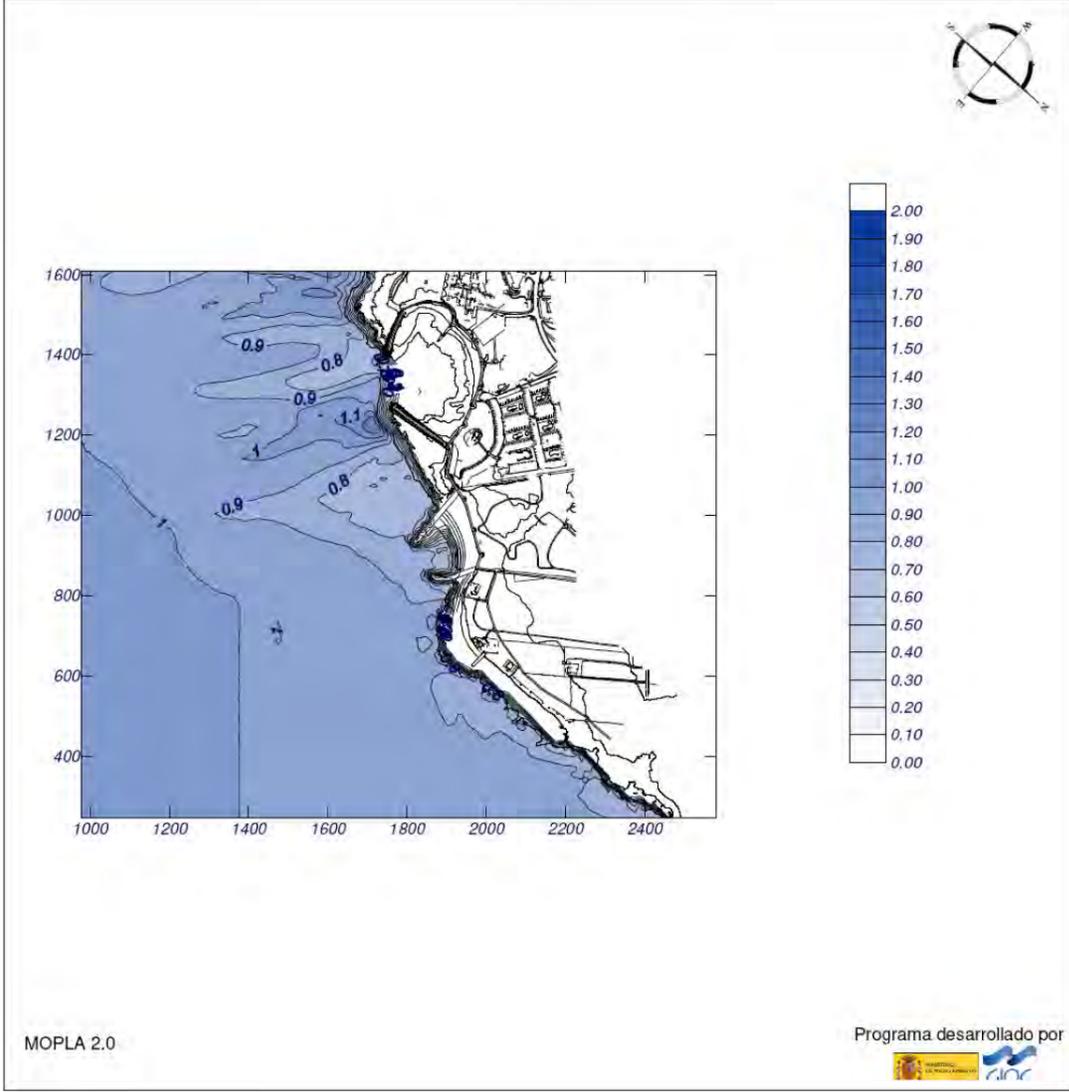
Caso espectral: B204 B2: malla detalle SE-S 04: Hmorf SE	Características de la simulación		
	OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
	Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.02 m h: 10 m fp: 0.172414 Hz (Tp: 5.8 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B204 B2: malla detalle SE-S 04: Hmorf SE	Características de la simulación		
	OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
	Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.02 m h: 10 m fp: 0.172414 Hz (Tp: 5.8 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



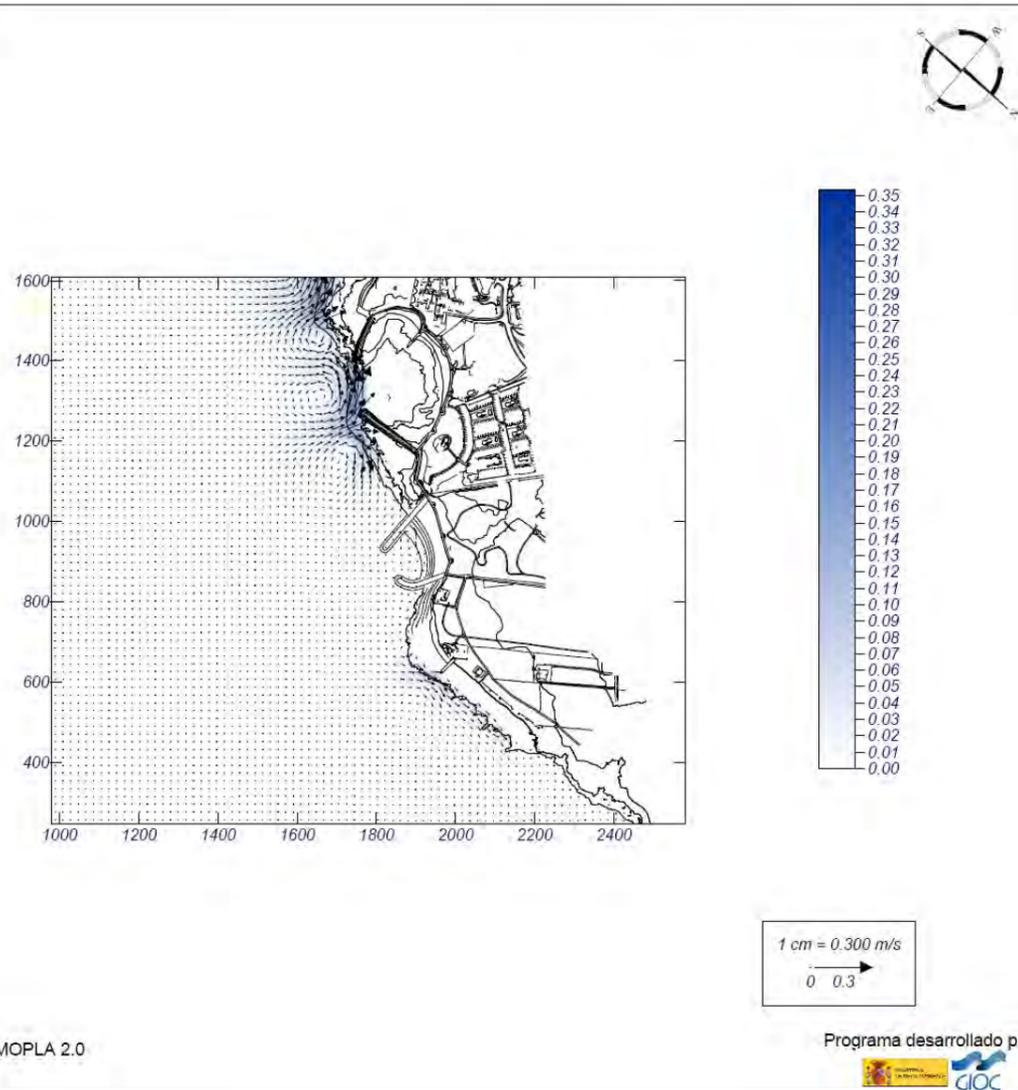
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: B204
B2: malla detalle SE-S
04: Hmorf SE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.02 m h: 10 m fp: 0.172414 Hz (Tp: 5.8 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	
Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



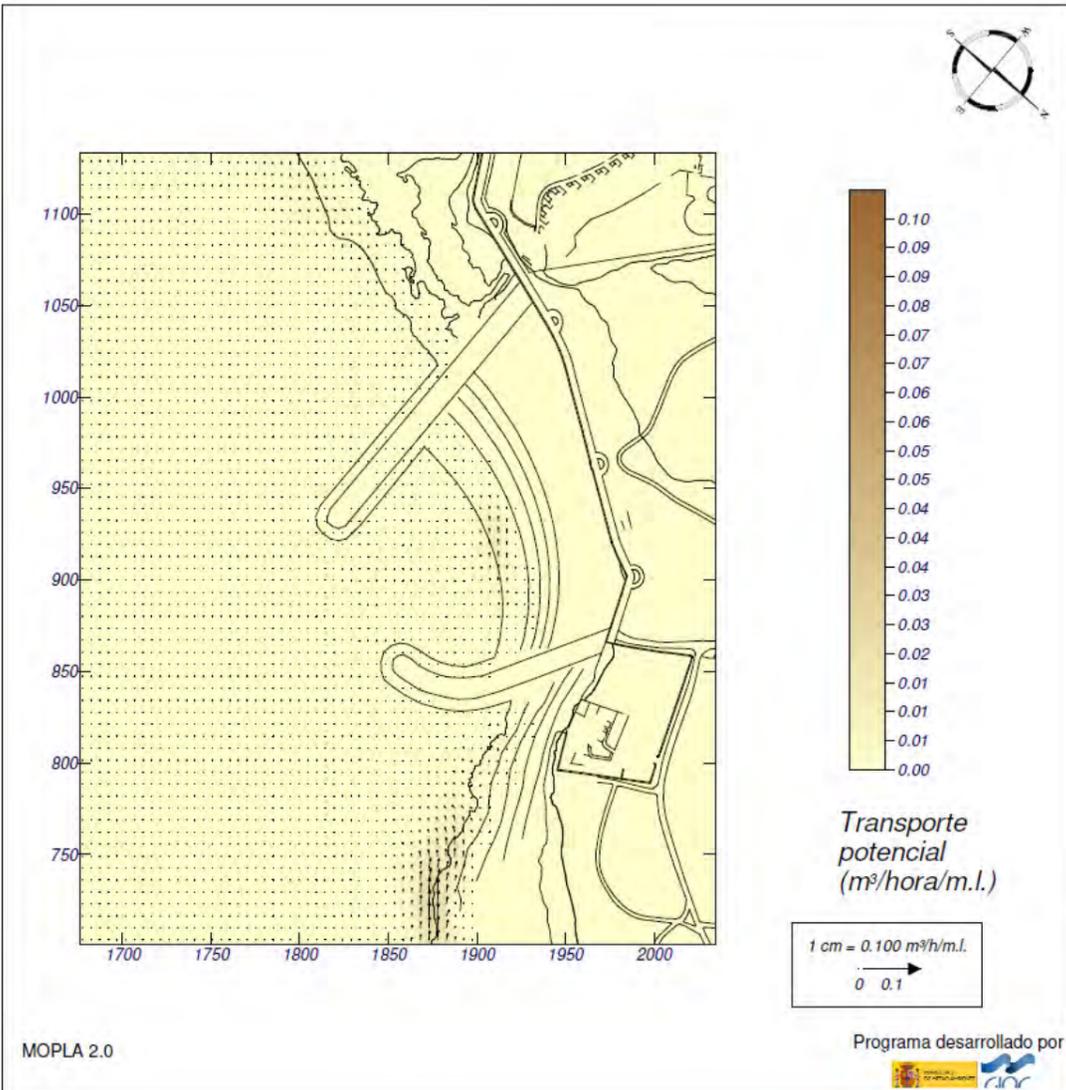
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: B425
B4: malla detalle SE-S
25: Hmorf SE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.02 m h: 10 m fp: 0.172414 Hz (Tp: 5.8 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby



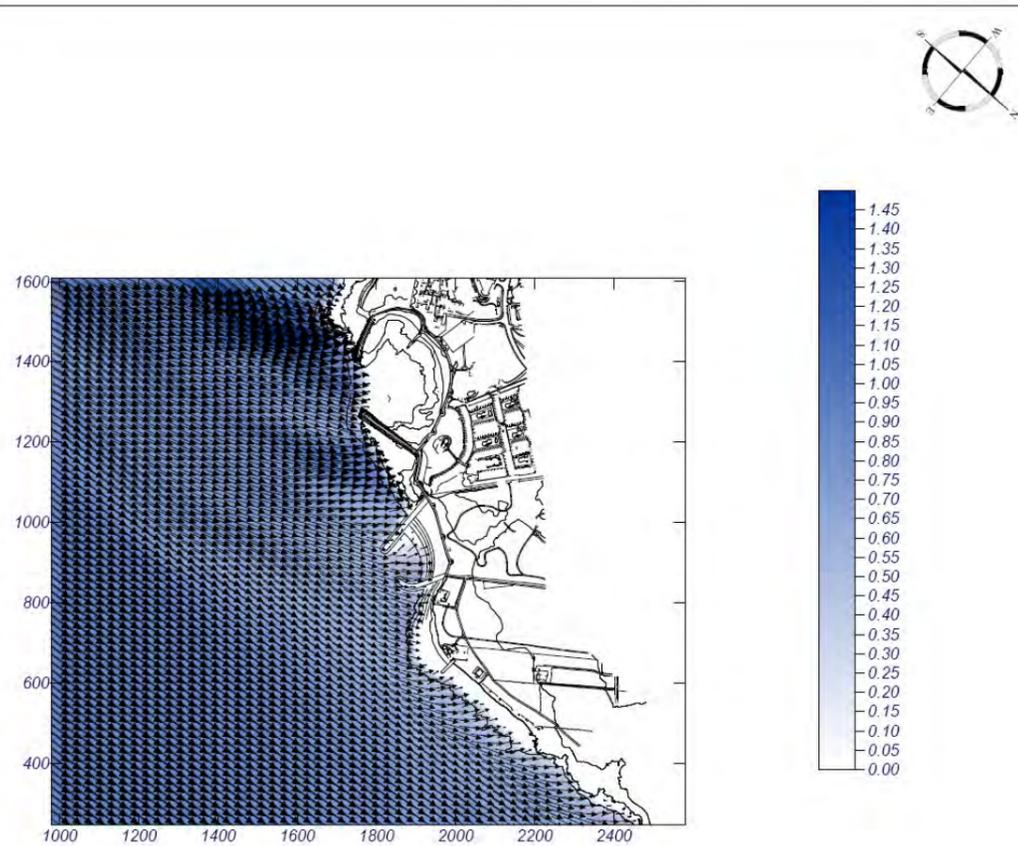
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B205
B2: malla detalle SE-S
05: Hmorf S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.94 m h: 10 m fp: 0.169491 Hz (Tp: 5.9 s) γ : 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θ_m : -40° (S) σ : 10° - Nº Comp.: 5		



1 cm = 1.500 m
 0 1.5

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



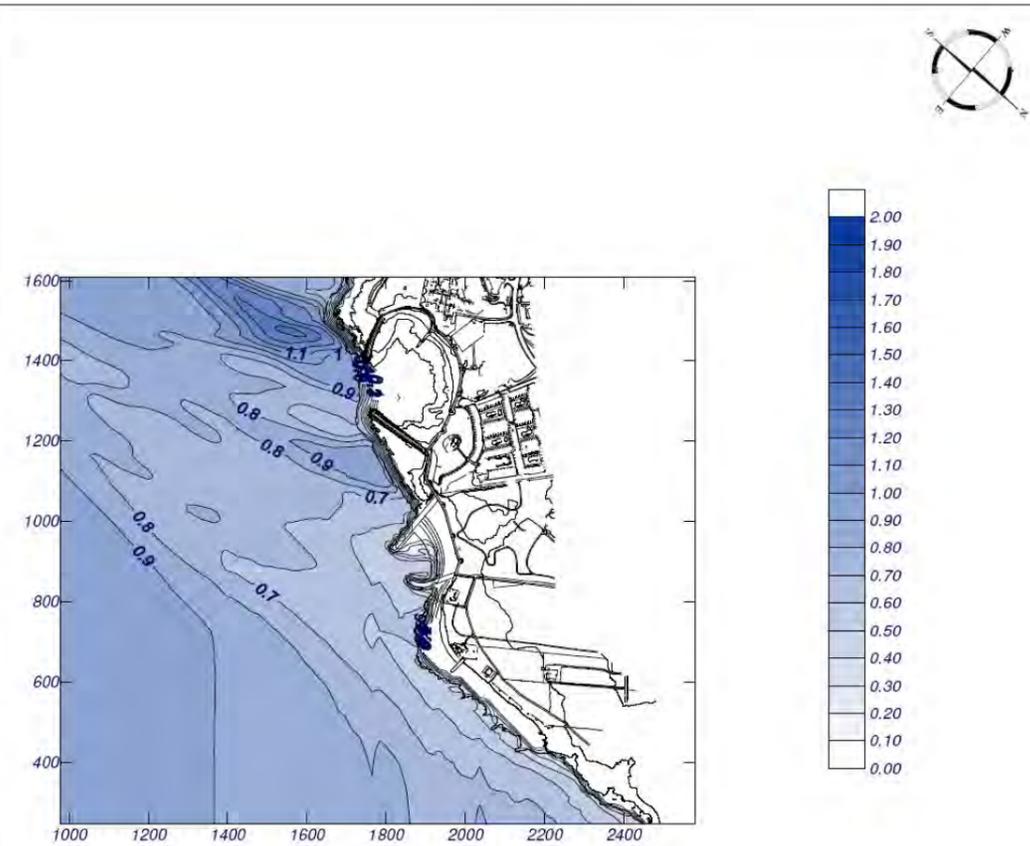
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B205
B2: malla detalle SE-S
05: Hmorf S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.94 m h: 10 m fp: 0.169491 Hz (Tp: 5.9 s) γ : 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θ_m : -40° (S) σ : 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



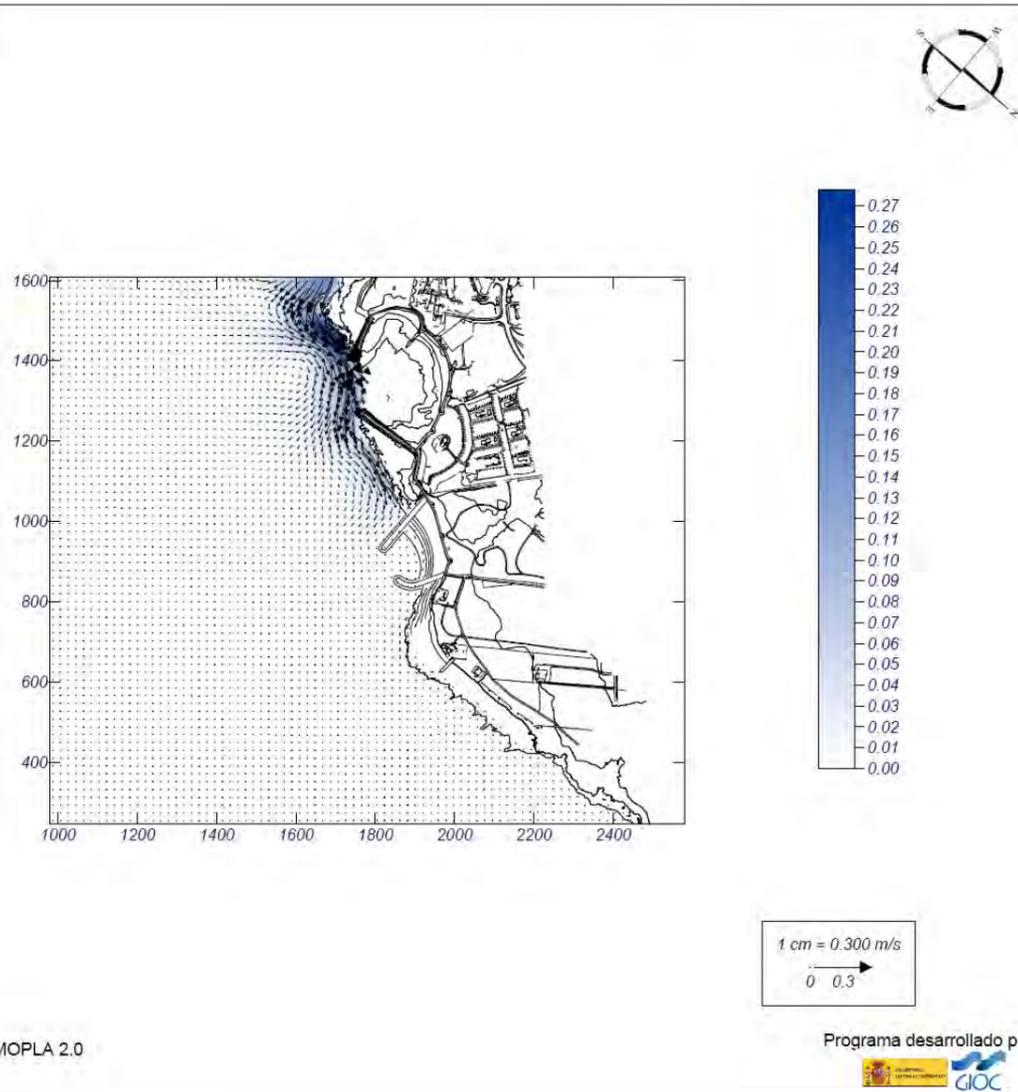
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: B205
B2: malla detalle SE-S
05: Hmorf S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.94 m h: 10 m fp: 0.169491 Hz (Tp: 5.9 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



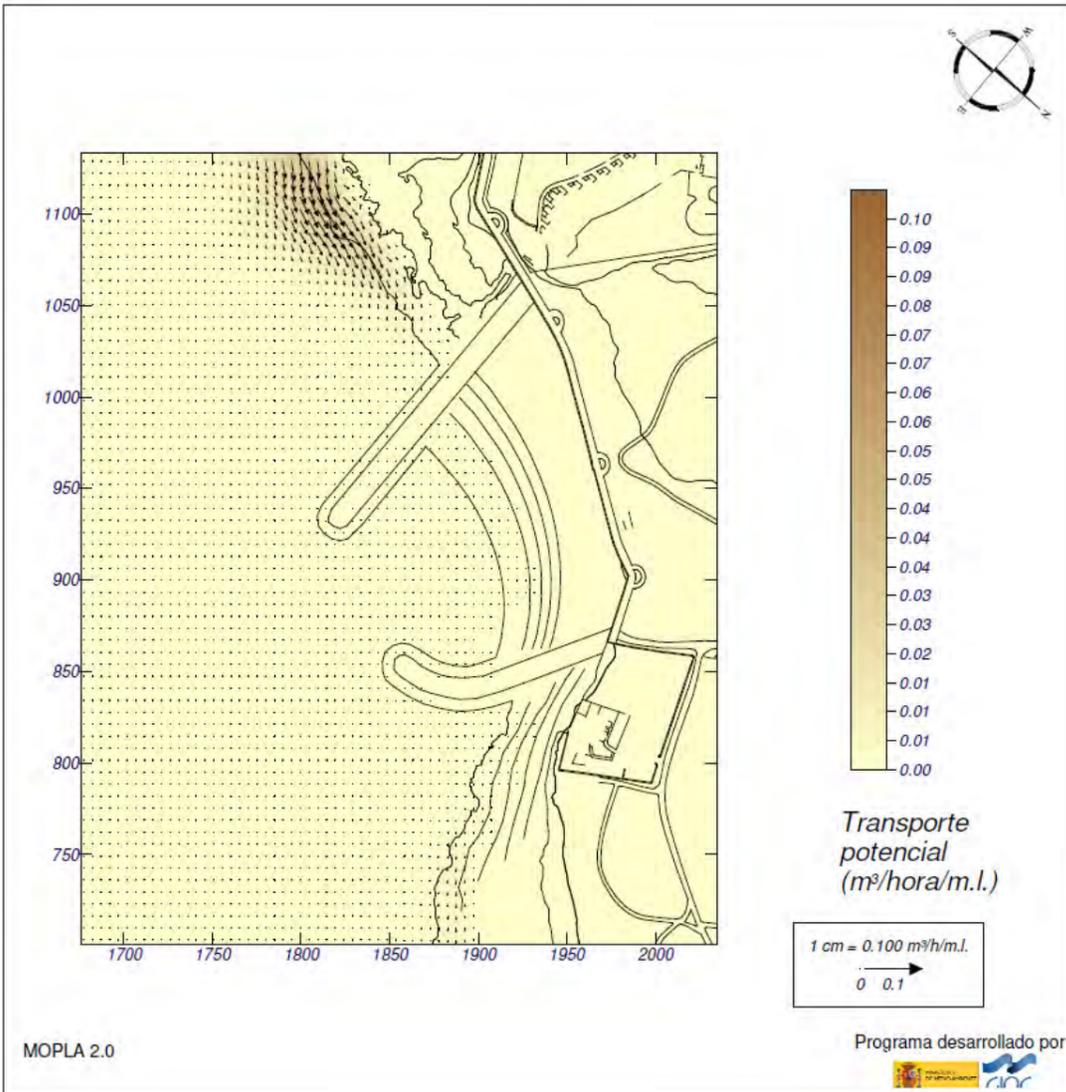
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: B426
B4: malla detalle SE-S
26: Hmorf S

Características de la simulación

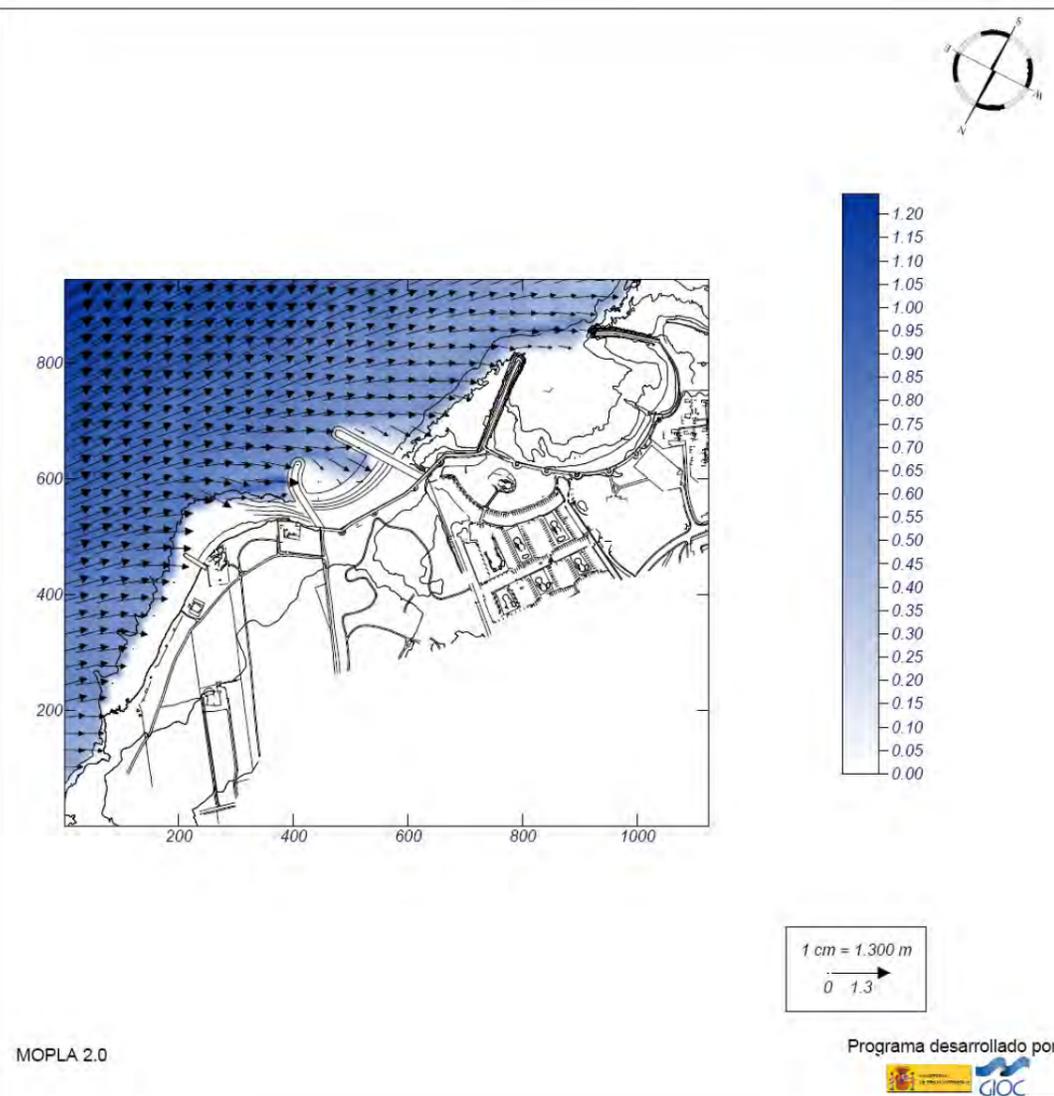
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 0.94 m h: 10 m fp: 0.169492 Hz (Tp: 5.9 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	D ₅₀ : 0.40 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby



Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

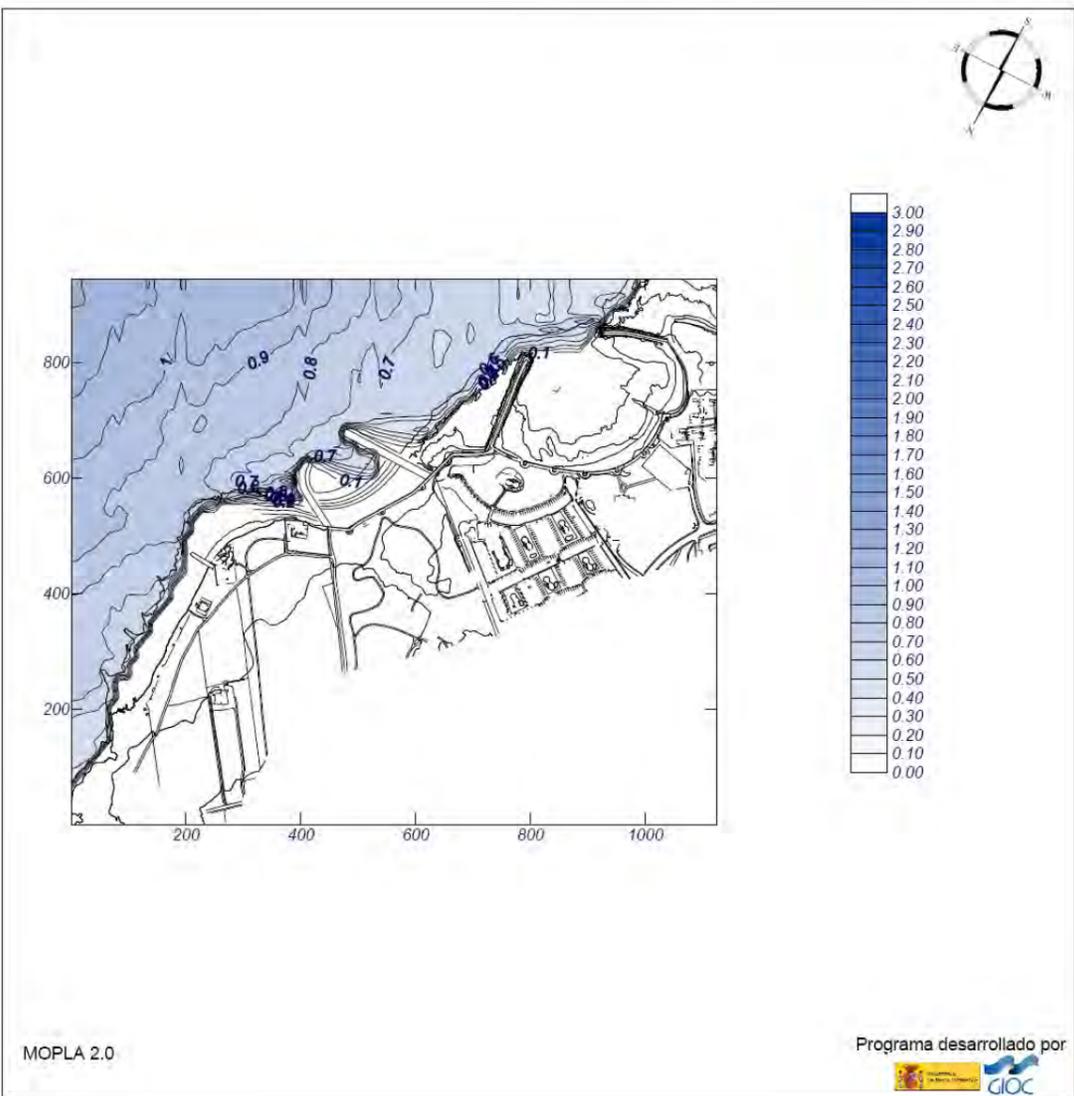
Caso espectral: M331 M3: malla detalle NNE 31: Hs12 NNE	Características de la simulación		
	OLUCA-SP Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.53 m h: 10 m fp: 0.131579 Hz (Tp: 7.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) α: 10° - Nº Comp.: 5	COPLA-SP	MOPLA-SP



Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: M331 M3: malla detalle NNE 31: Hs12 NNE	Características de la simulación		
	OLUCA-SP Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.53 m h: 10 m fp: 0.131579 Hz (Tp: 7.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) α: 10° - Nº Comp.: 5	COPLA-SP	MOPLA-SP



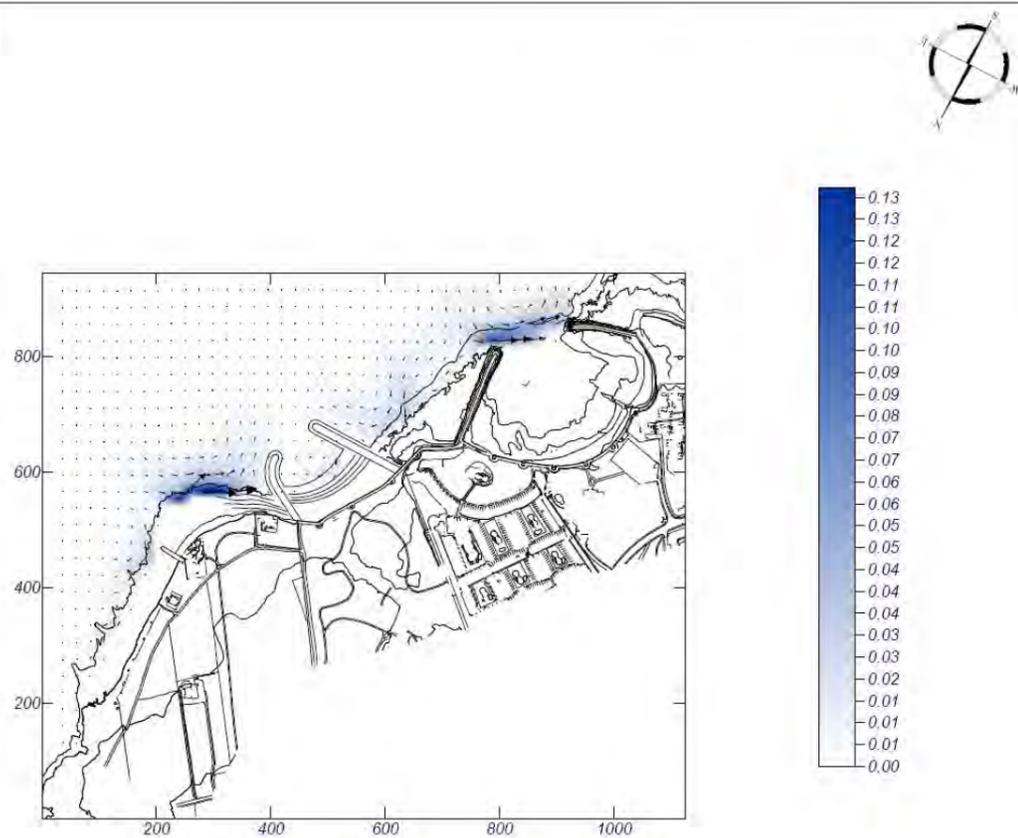
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: M331
M3: malla detalle NNE
31: Hs12 NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.53 m h: 10 m fp: 0.131579 Hz (Tp: 7.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Ksw: 1 m	
Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 7 m ² /s	



1 cm = 0.200 m/s
 0 0.2

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



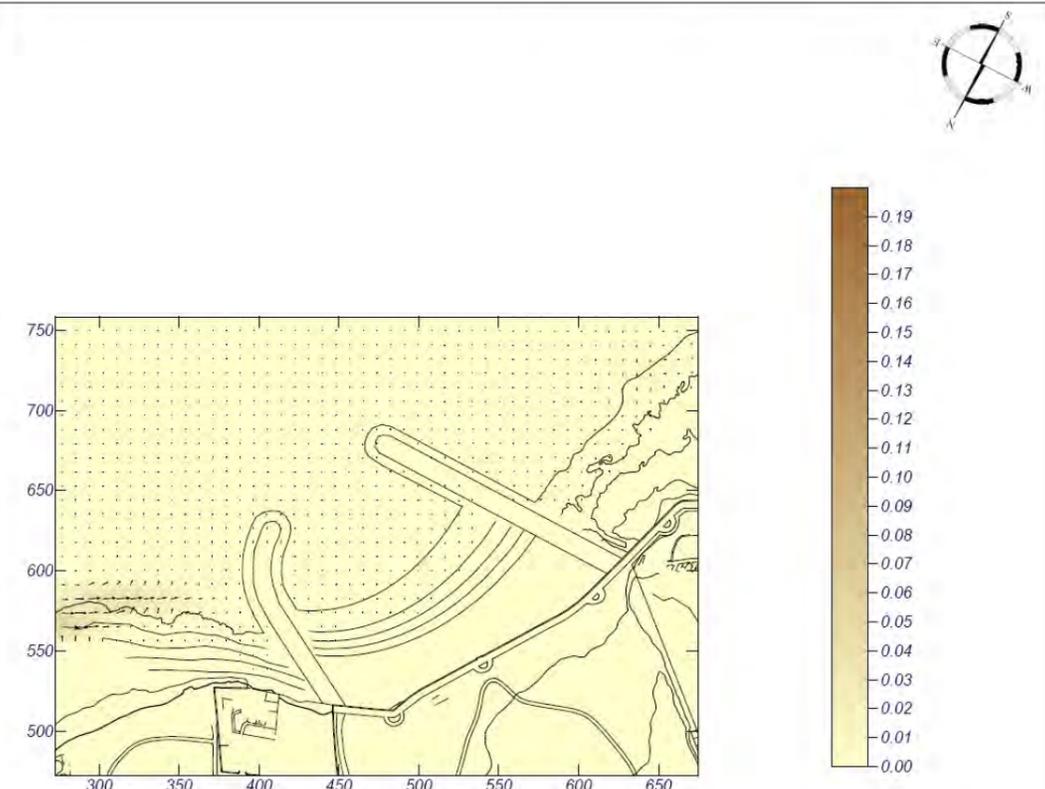
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: M331
M3: malla detalle NNE
31: Hs12 NNE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.53 m h: 10 m fp: 0.131579 Hz (Tp: 7.6 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Ksw: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θm: 40.5° (N22.5E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 7 m ² /s	Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby



Transporte potencial
 (m³/hora/m.l.)

1 cm = 0.200 m³/h/m.l.
 0 0.2

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



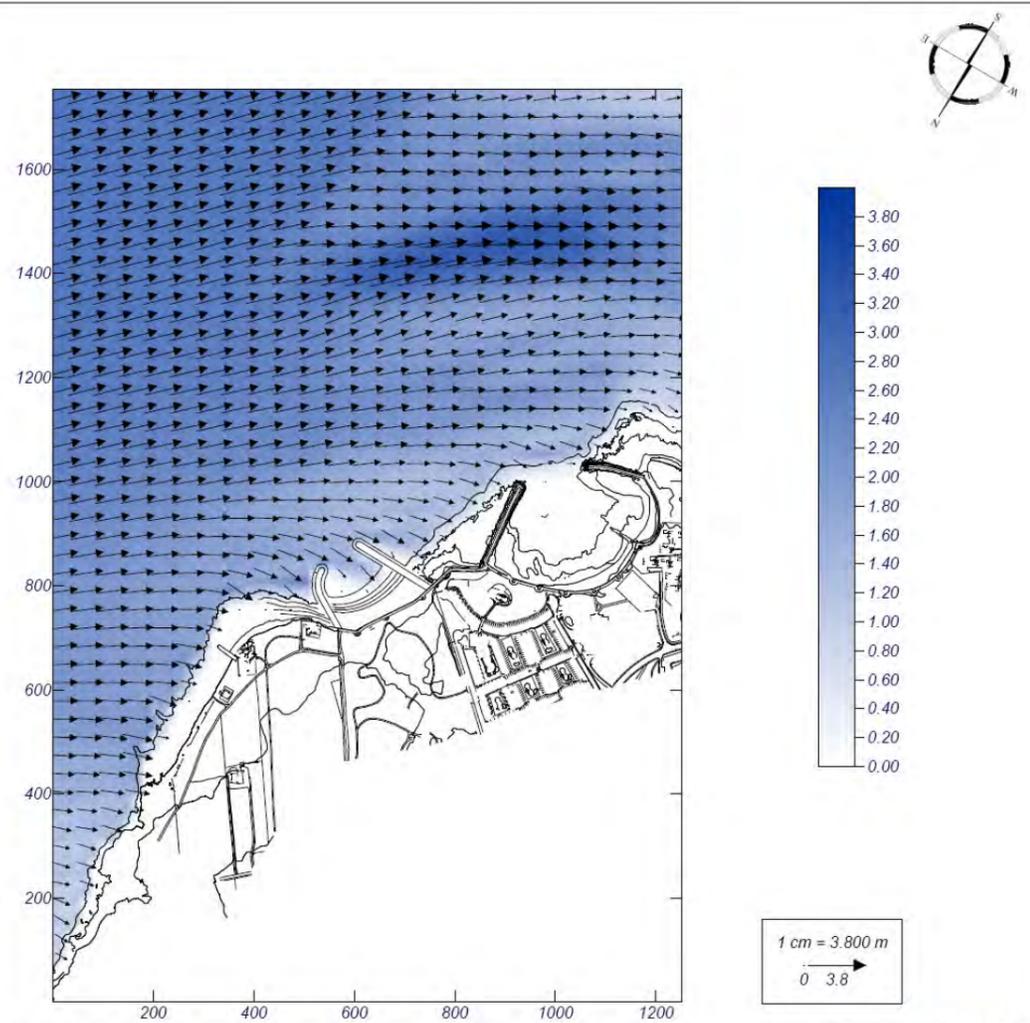
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A232
A2: malla detalle NE-E
32: Hs12 NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.7 m h: 10 m fp: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



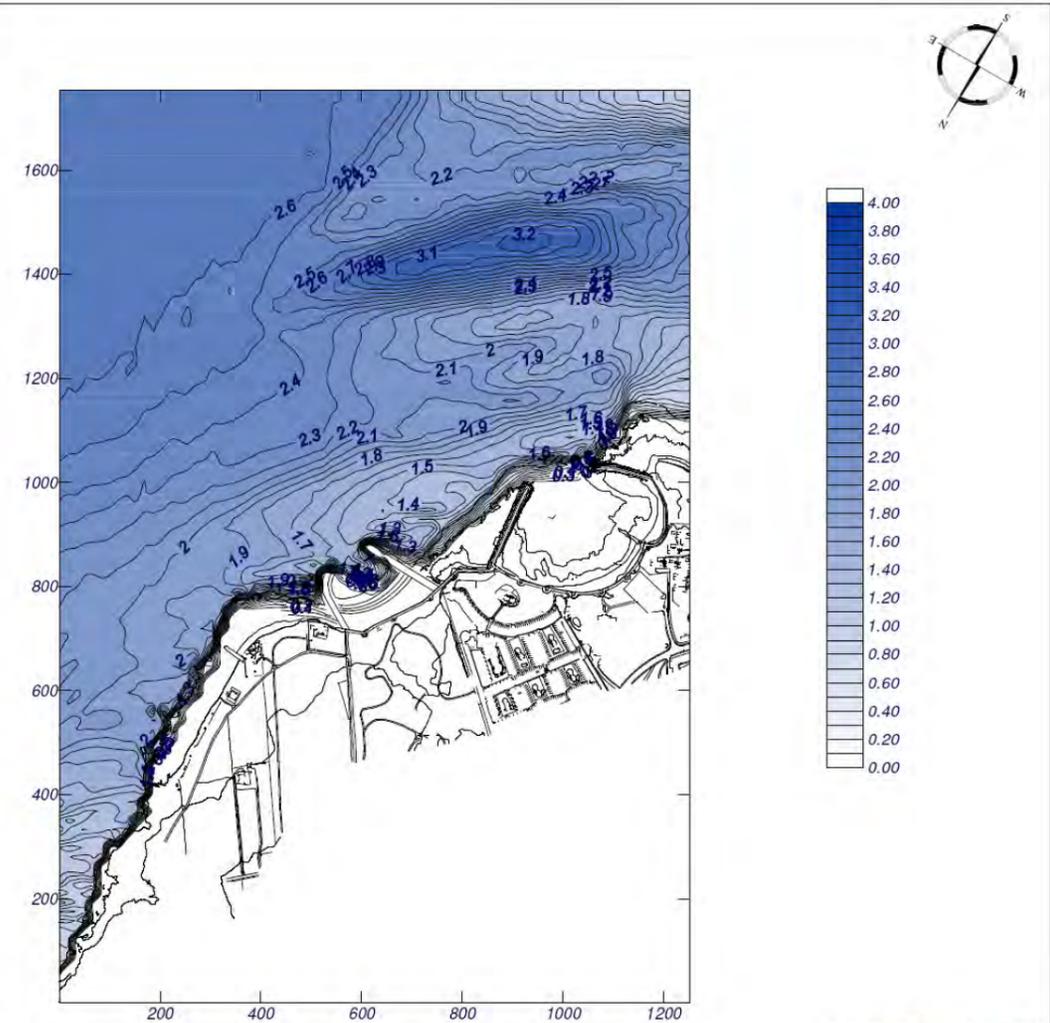
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A232
A2: malla detalle NE-E
32: Hs12 NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.7 m h: 10 m fp: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 15° (N45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



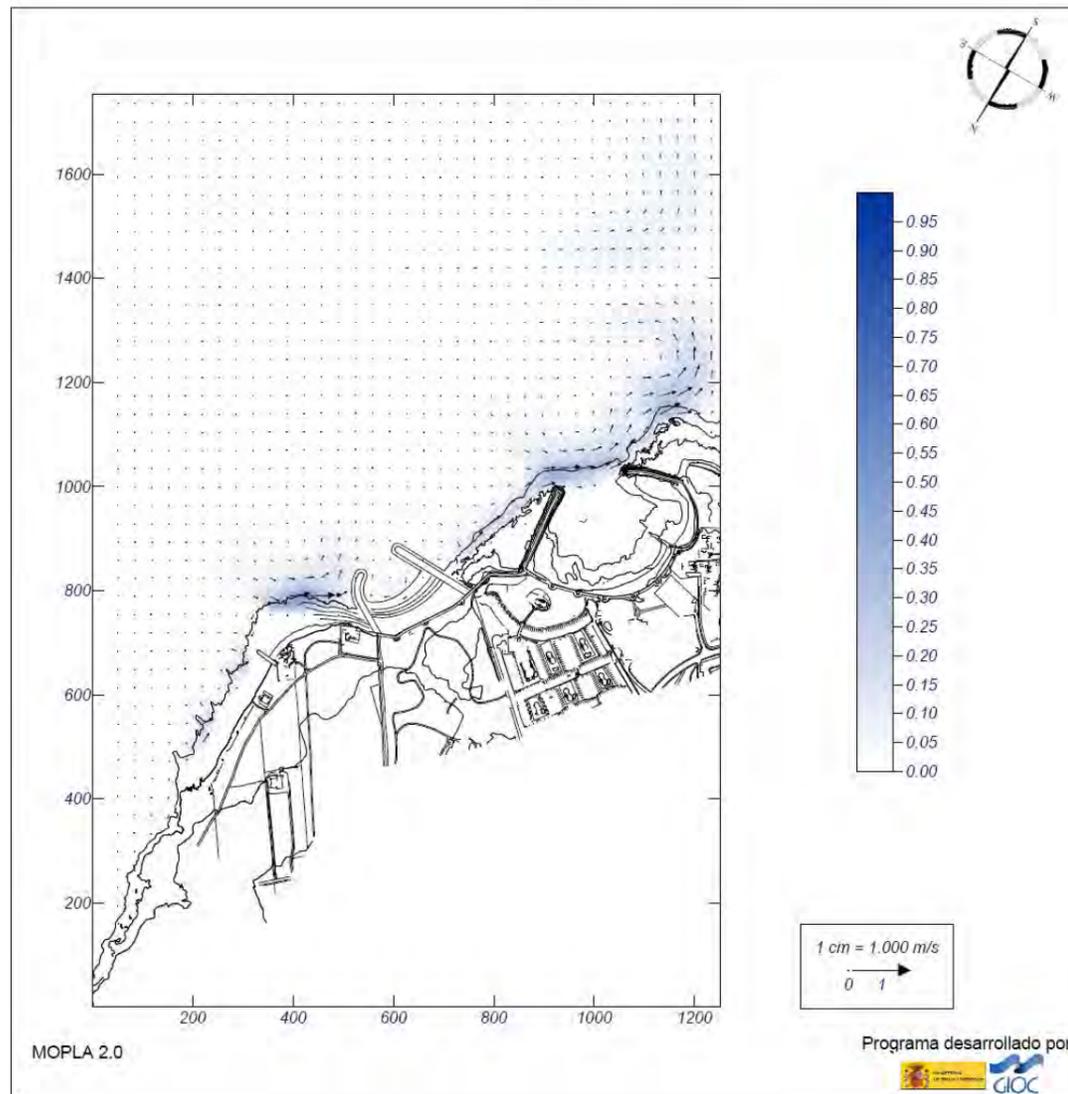
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: A232
A2: malla detalle NE-E
32: Hs12 NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.7 m h: 10 m fp: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s) γ : 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	
Espectro direccional θ_m : 15° (N45.0E) σ : 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ϵ : 8 m ² /s	



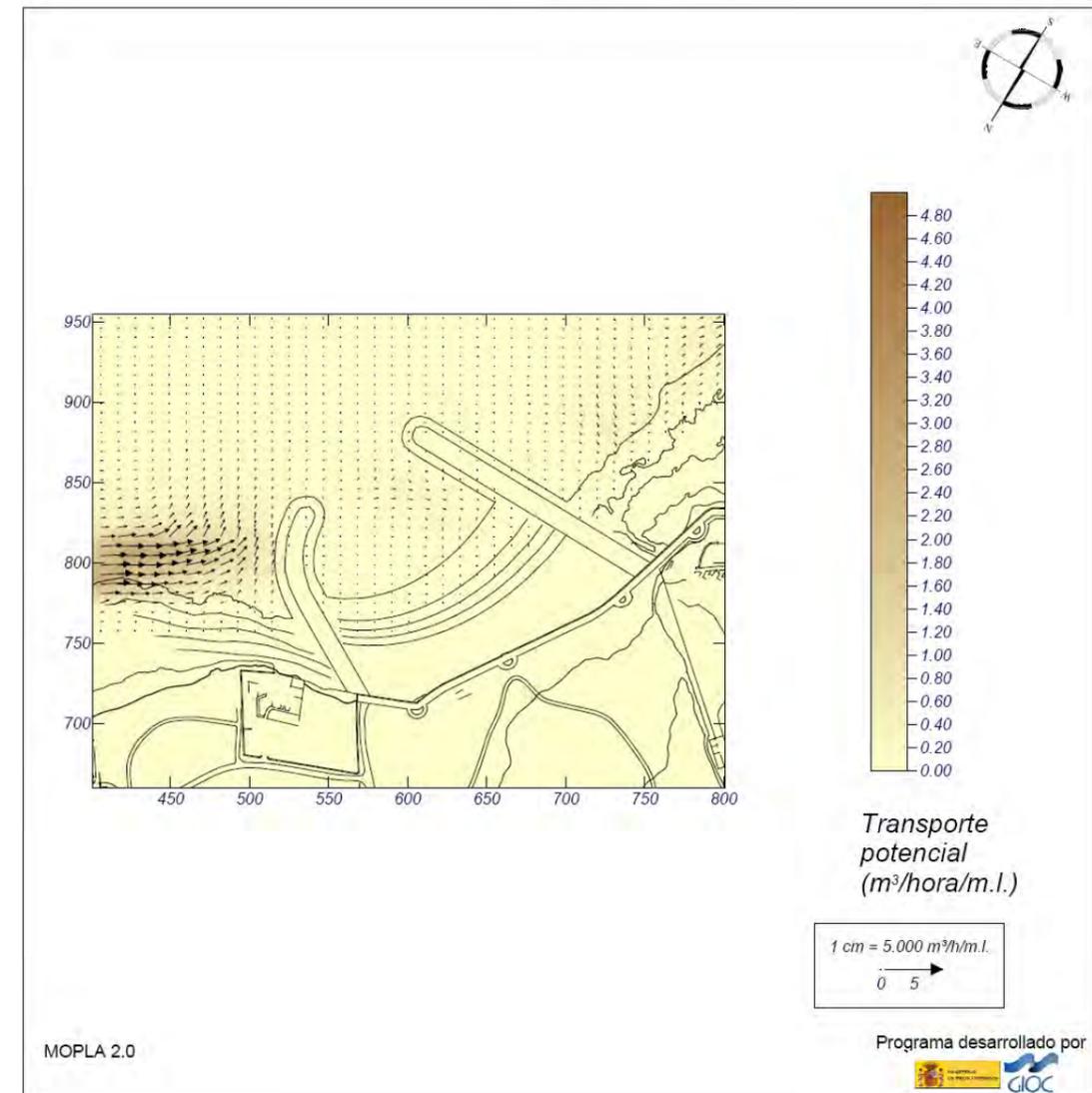
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: A232
A2: malla detalle NE-E
32: Hs12 NE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.7 m h: 10 m fp: 0.108696 Hz (Tp: 9.2 s) γ : 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.40 mm
Espectro direccional θ_m : 15° (N45.0E) σ : 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ϵ : 8 m ² /s	Duración: 12.0 h Fomulación: Soulsby



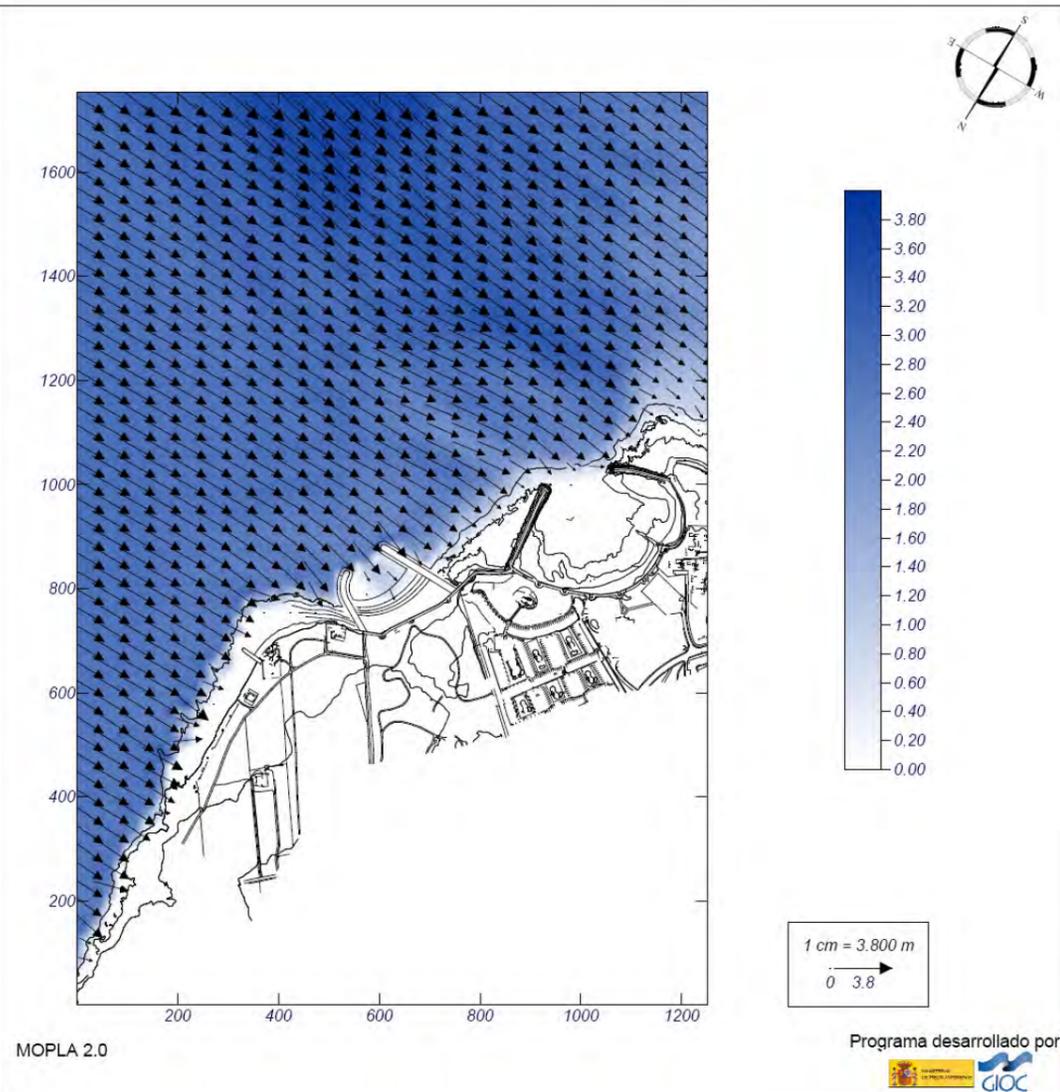
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: A233
A2: malla detalle NE-E
33: Hs12 E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.84 m h: 10 m fp: 0.135135 Hz (Tp: 7.4 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



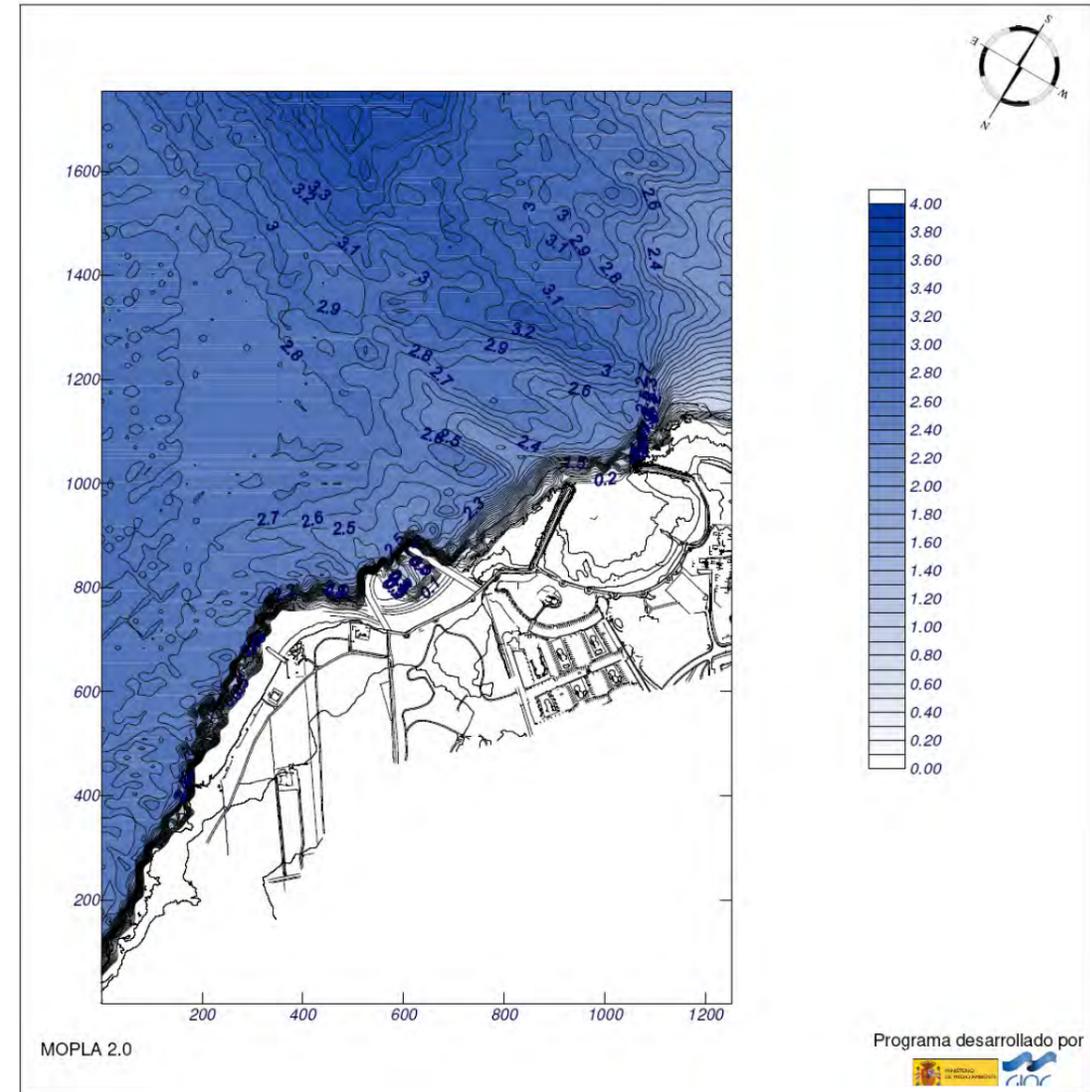
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: A233
A2: malla detalle NE-E
33: Hs12 E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.84 m h: 10 m fp: 0.135135 Hz (Tp: 7.4 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



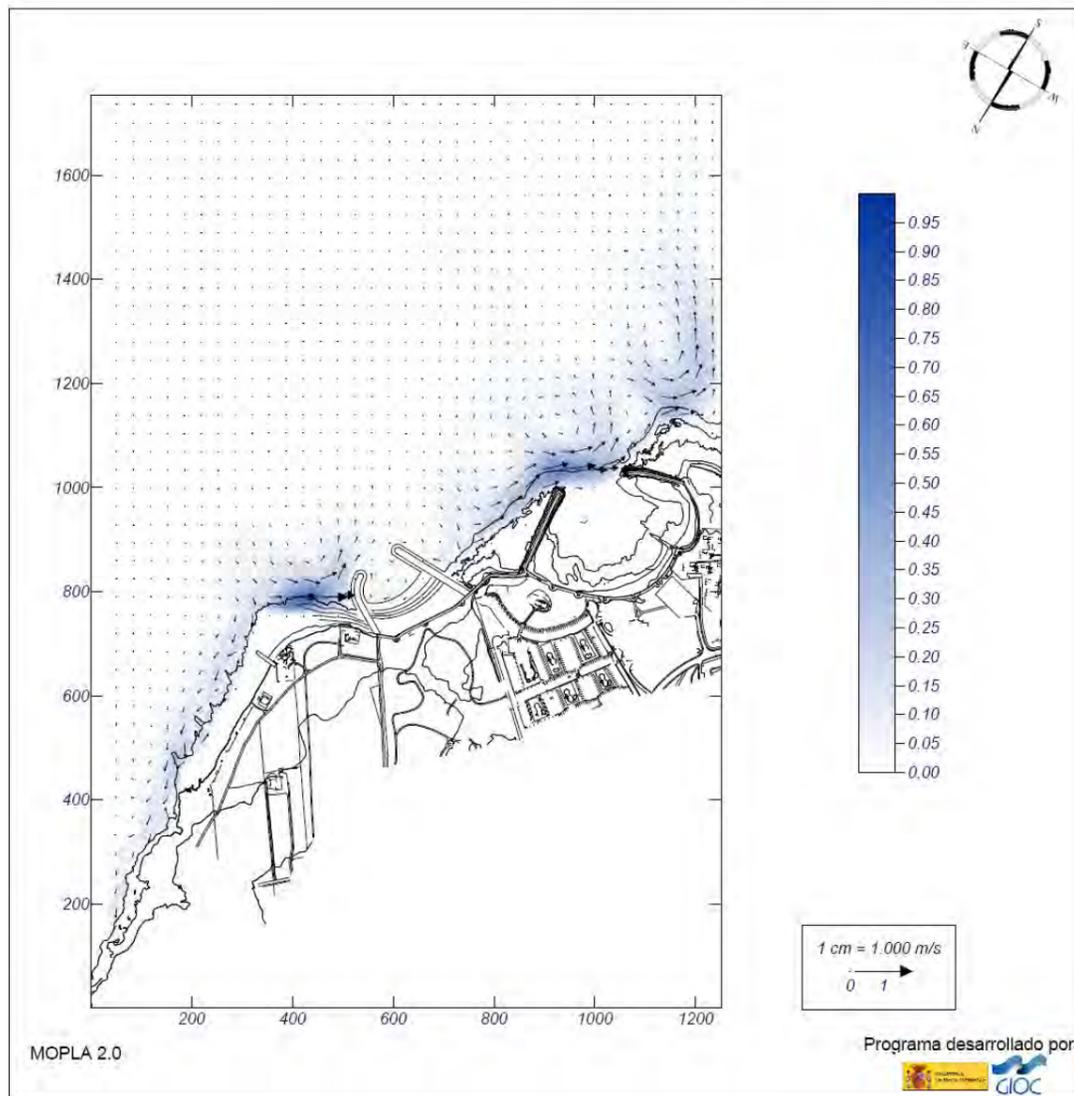
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: A233
A2: malla detalle NE-E
33: Hs12 E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.84 m h: 10 m fp: 0.135135 Hz (Tp: 7.4 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



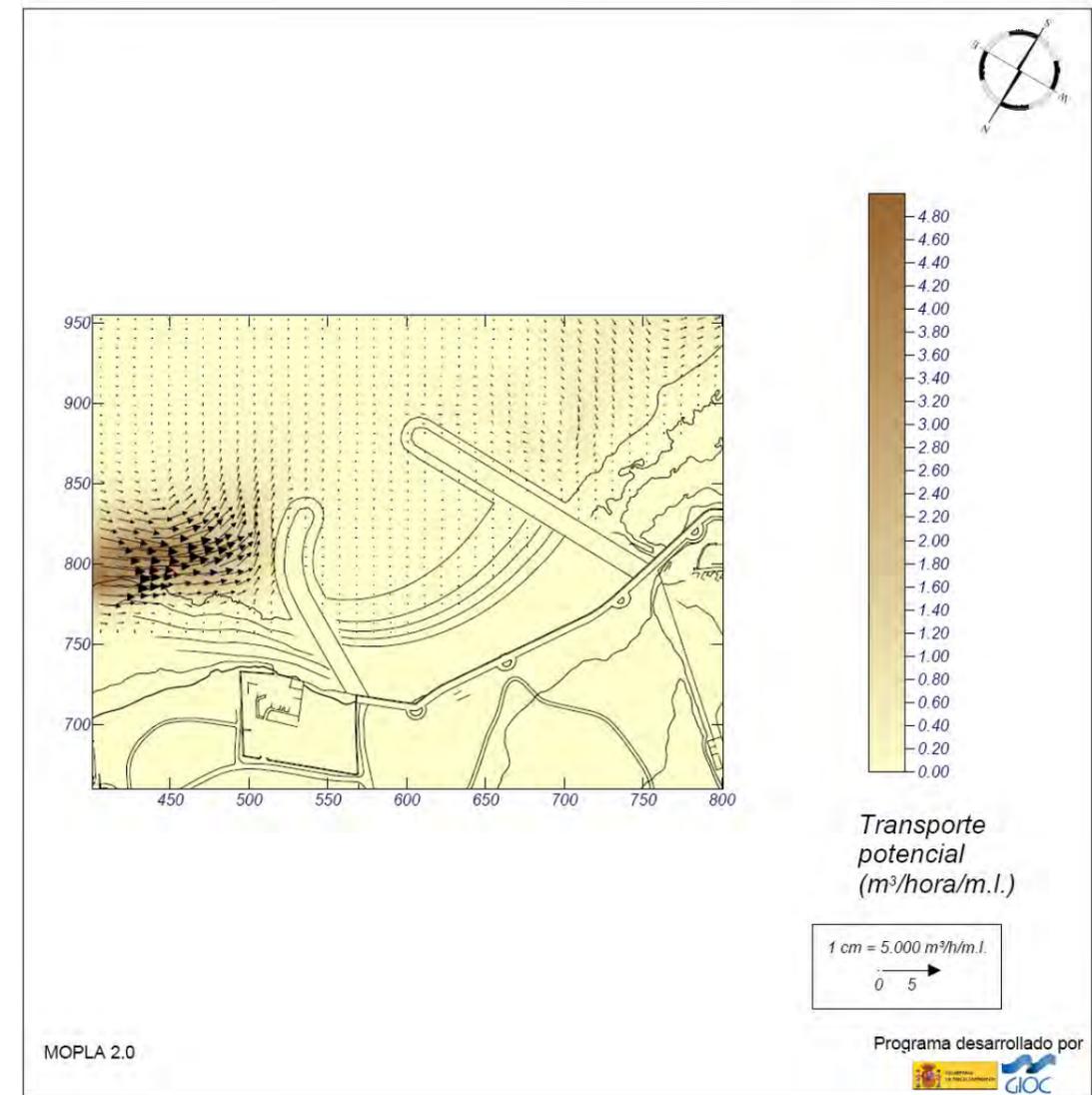
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: A233
A2: malla detalle NE-E
33: Hs12 E

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.84 m h: 10 m fp: 0.135135 Hz (Tp: 7.4 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -30° (E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	D ₅₀ : 0.40 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulisby



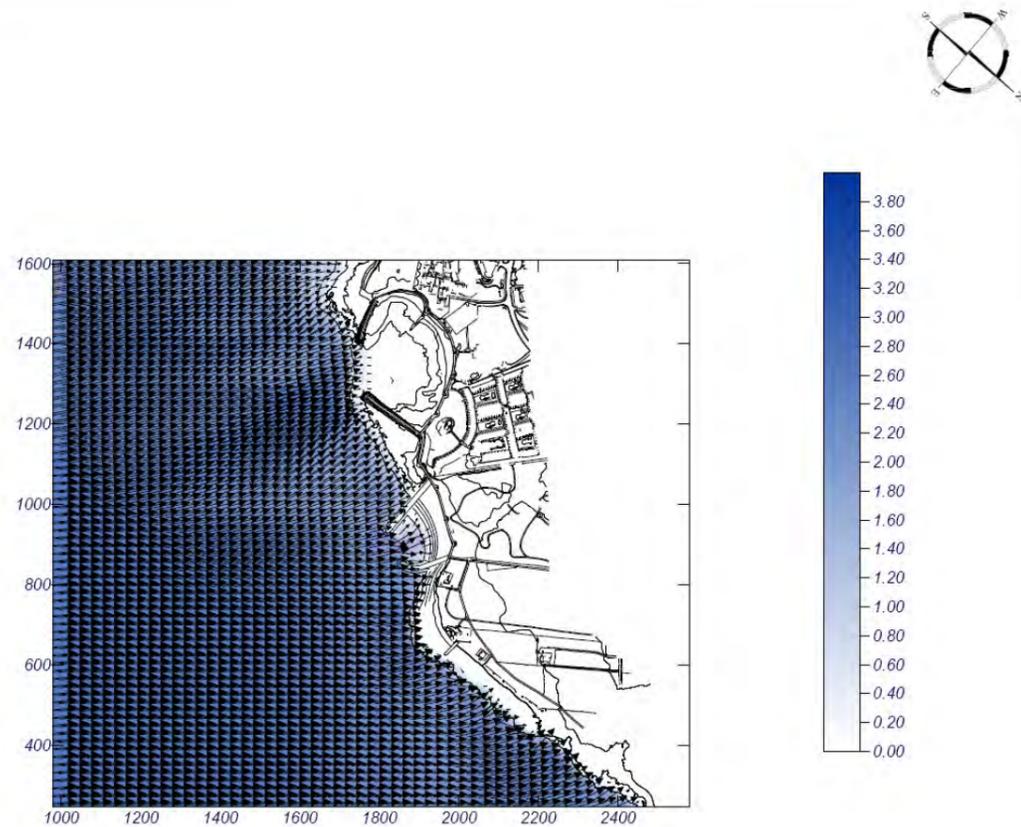
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B234
B2: malla detalle SE-S
34: Hs12 SE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.69 m h: 10 m fp: 0.138889 Hz (Tp: 7.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



1 cm = 3.800 m
 0 3.8

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



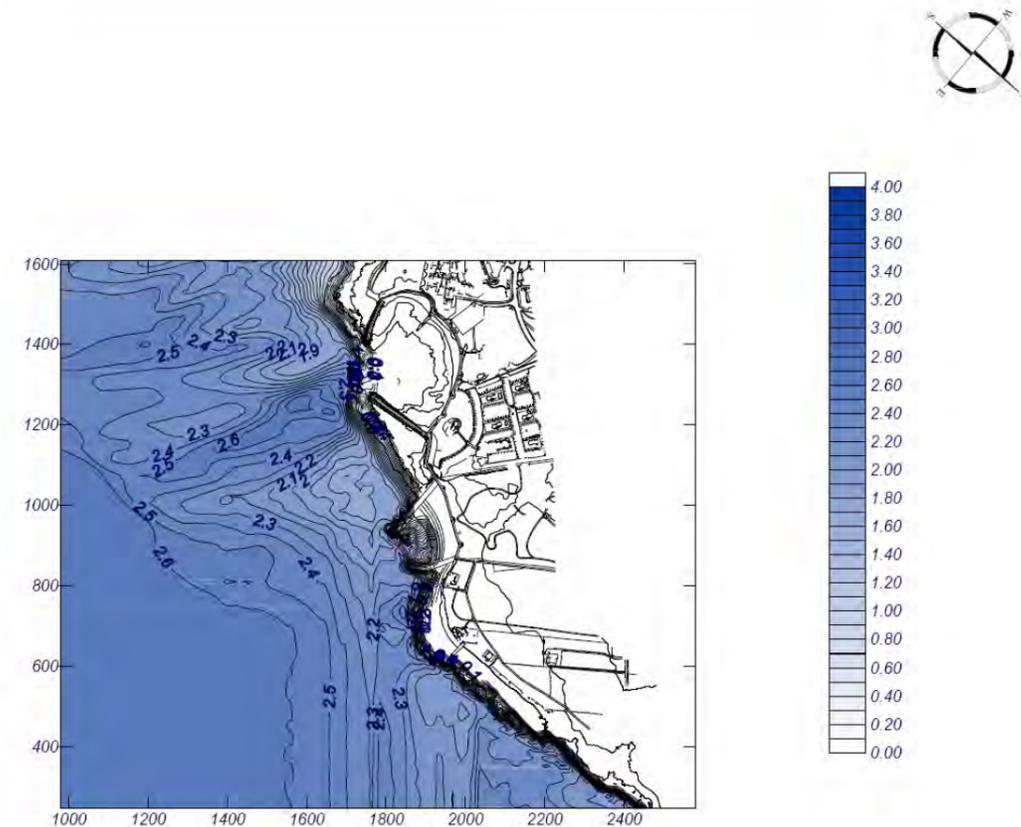
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B234
B2: malla detalle SE-S
34: Hs12 SE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.69 m h: 10 m fp: 0.138889 Hz (Tp: 7.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



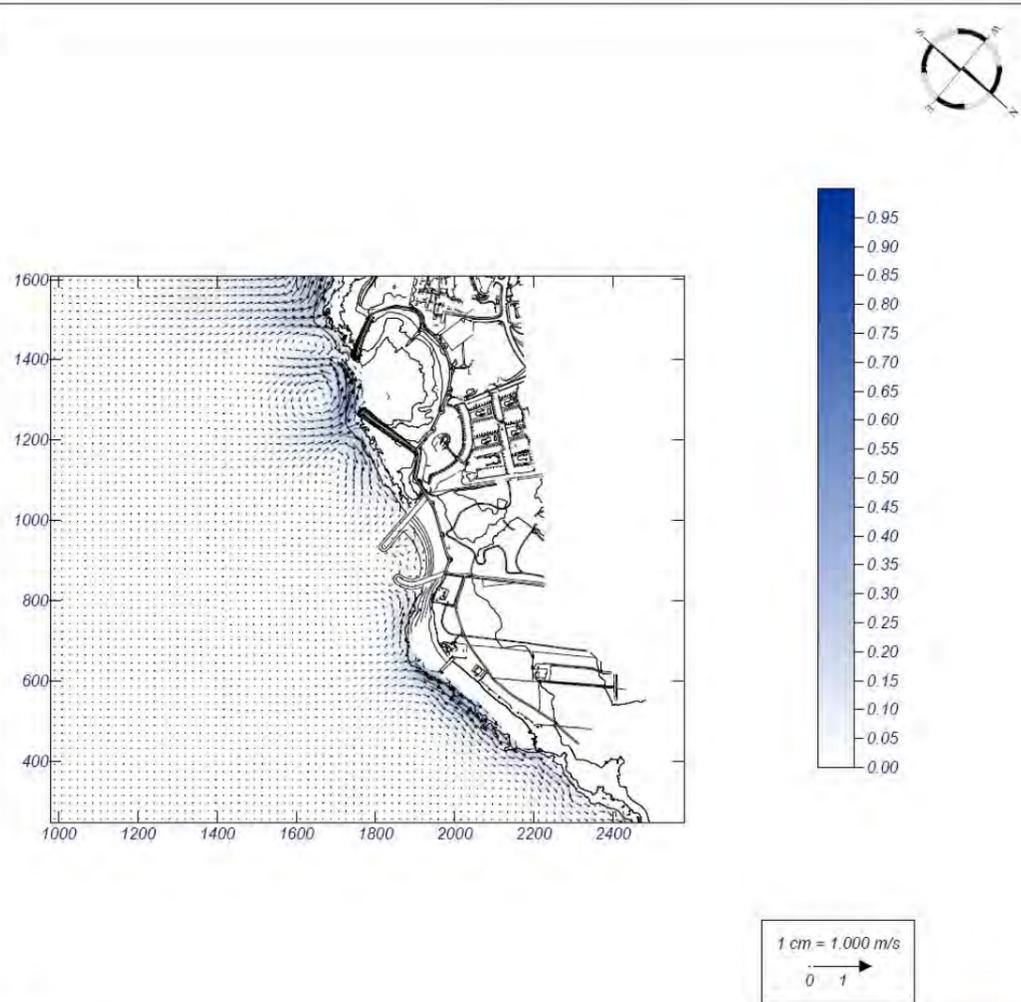
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: B234
B2: malla detalle SE-S
34: Hs12 SE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.69 m h: 10 m fp: 0.138889 Hz (Tp: 7.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	
Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



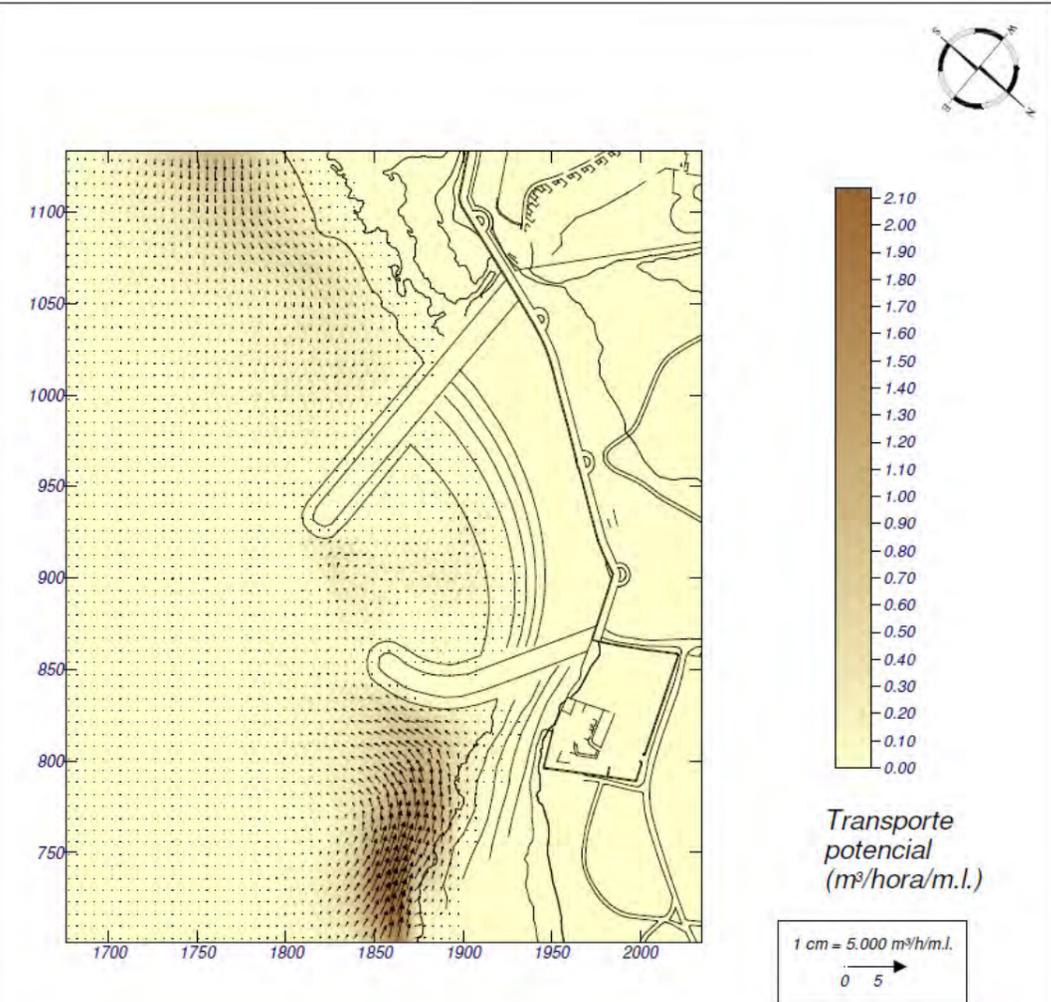
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: B428
B4: malla detalle SE-S
28: Hs12 SE

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.69 m h: 10 m fp: 0.138889 Hz (Tp: 7.2 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D ₅₀ : 0.20 mm
Espectro direccional θm: 5° (S45.0E) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



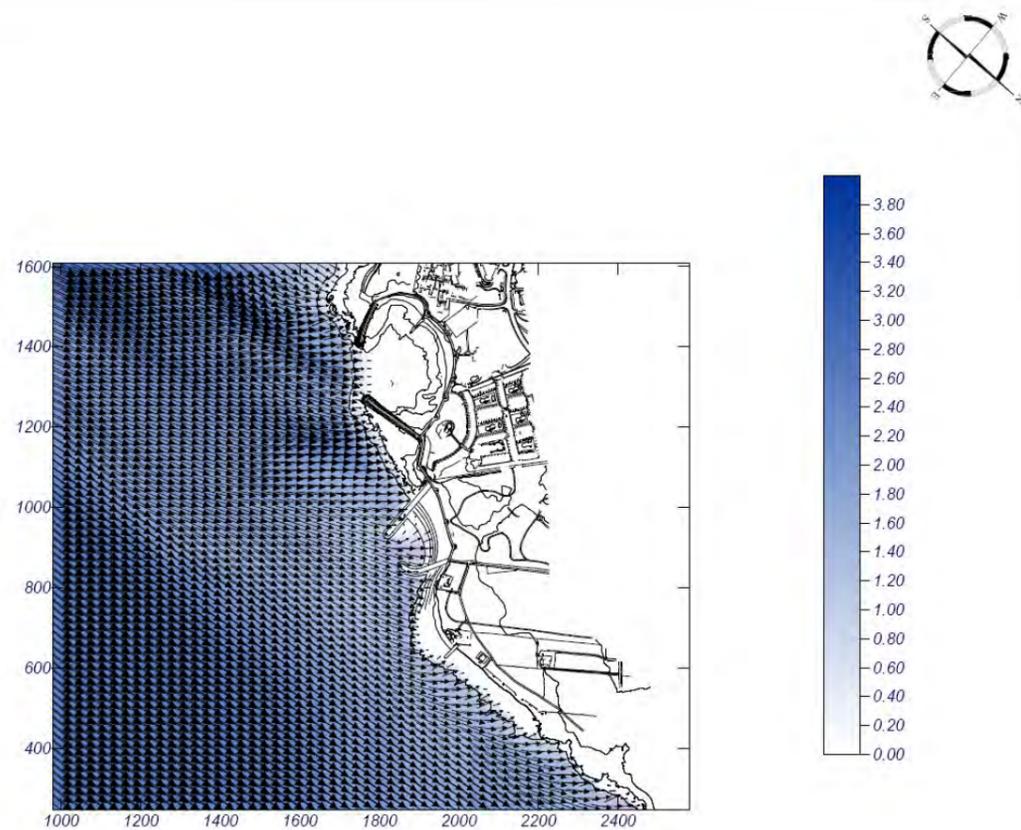
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores de la altura de ola significativa+Magnitud

Caso espectral: B235
B2: malla detalle SE-S
35: Hs12 S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.64 m h: 10 m fp: 0.140845 Hz (Tp: 7.1 s) γ : 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θ_m : -40° (S) σ : 10° - Nº Comp.: 5		



1 cm = 3.800 m
 0 3.8

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



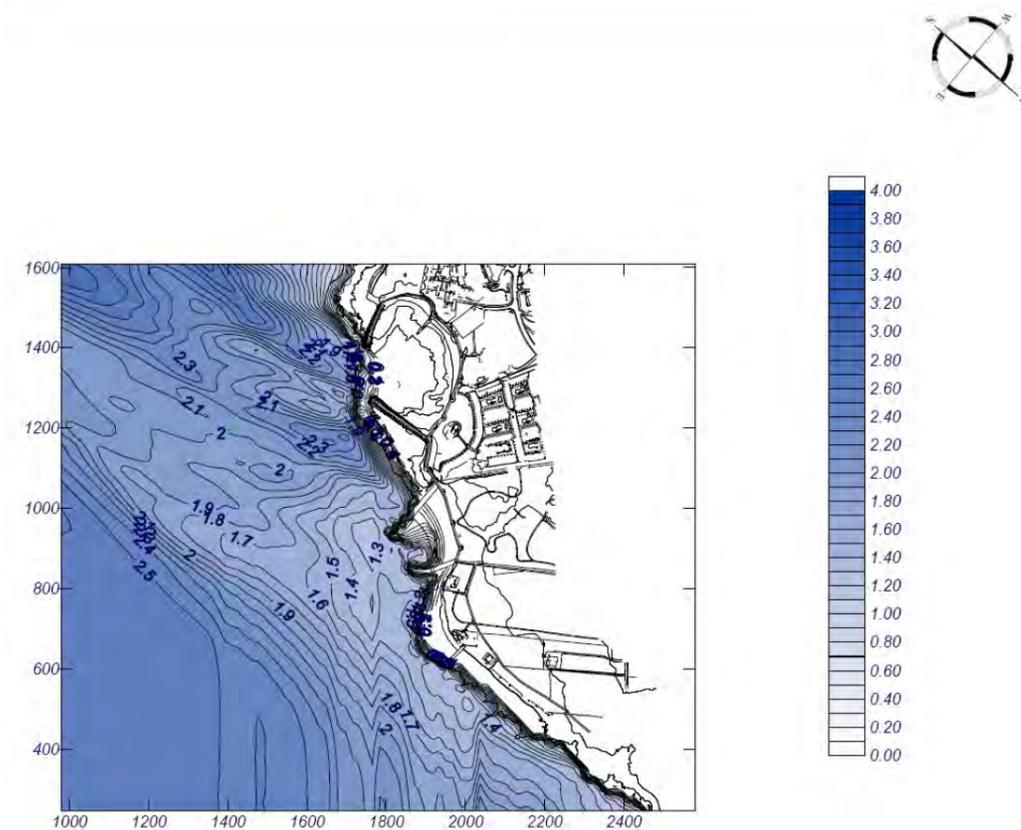
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Altura de ola significativa

Caso espectral: B235
B2: malla detalle SE-S
35: Hs12 S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.64 m h: 10 m fp: 0.140845 Hz (Tp: 7.1 s) γ : 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θ_m : -40° (S) σ : 10° - Nº Comp.: 5		



MOPLA 2.0

Programa desarrollado por



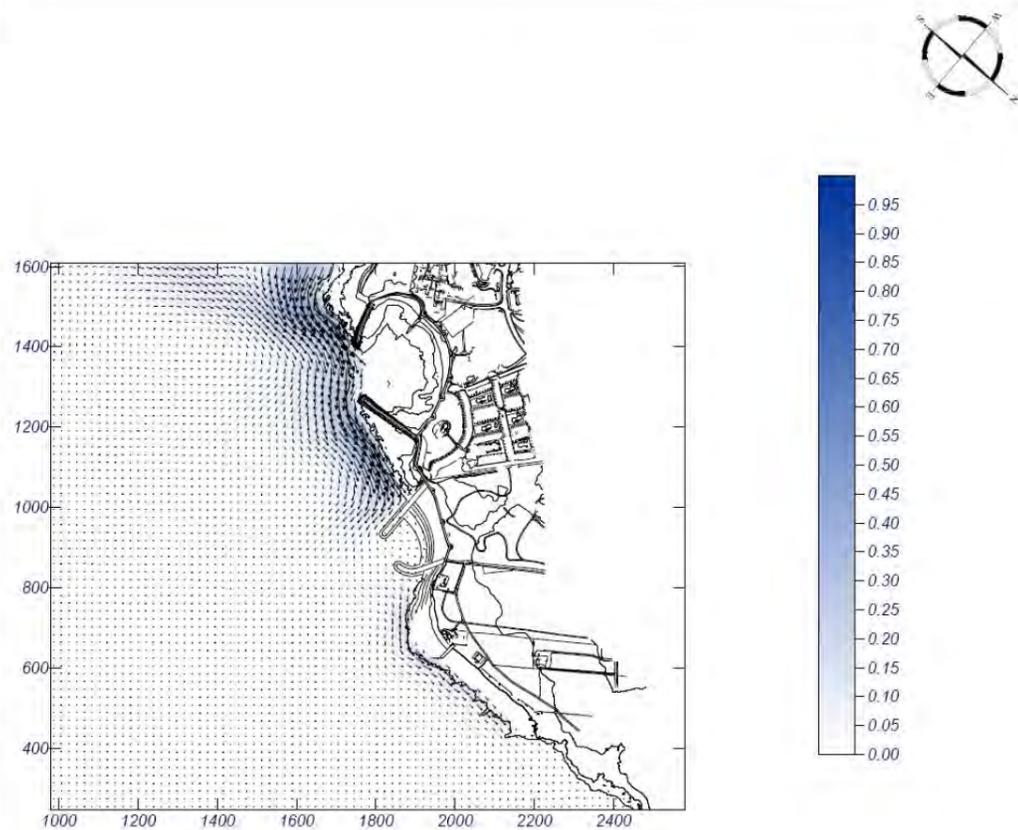
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Vectores corriente

Caso espectral: B235
B2: malla detalle SE-S
35: Hs12 S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.64 m h: 10 m fp: 0.140845 Hz (Tp: 7.1 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	



1 cm = 1.000 m/s
 0 1

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por

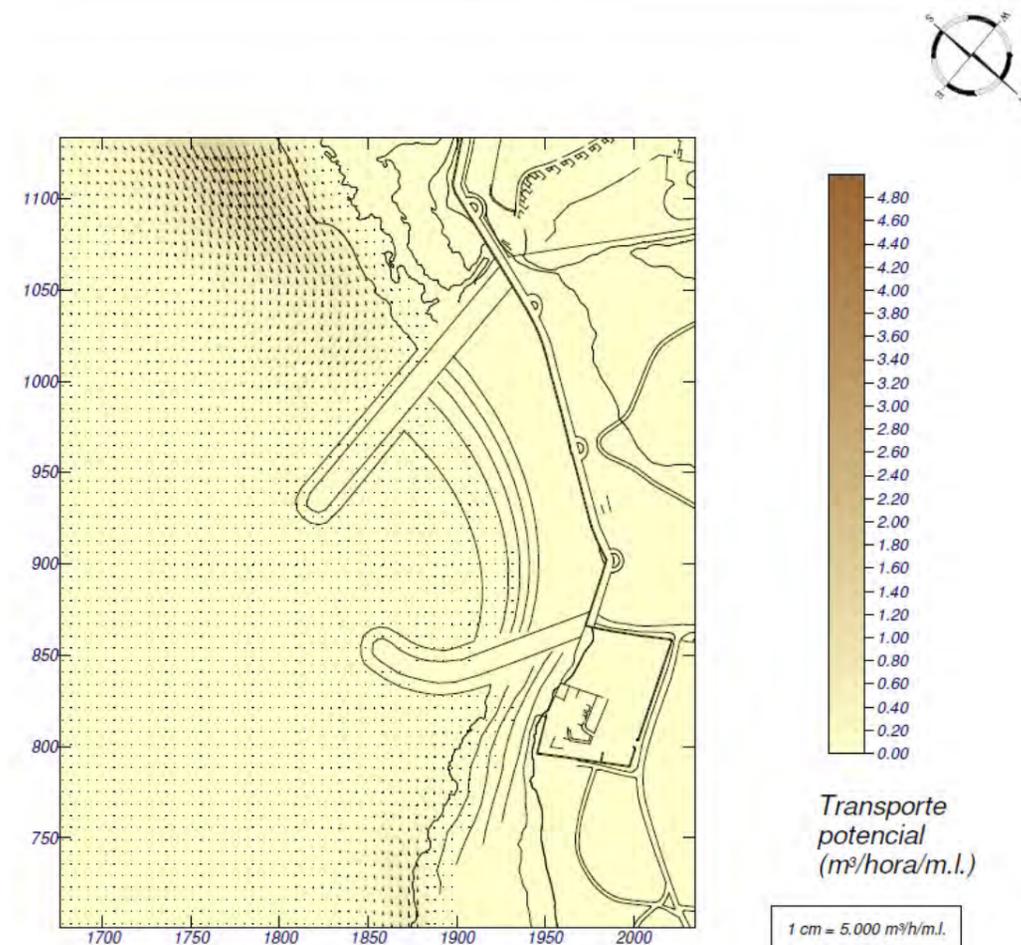
Proyecto: Playa Norte Costa Teguisse (propuesta)

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Caso espectral: B429
B4: malla detalle SE-S
29: Hs12 S

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 2.64 m h: 10 m fp: 0.140845 Hz (Tp: 7.1 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -40° (S) σ: 10° - Nº Comp.: 5	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 8 m ² /s	D50: 0.40 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby

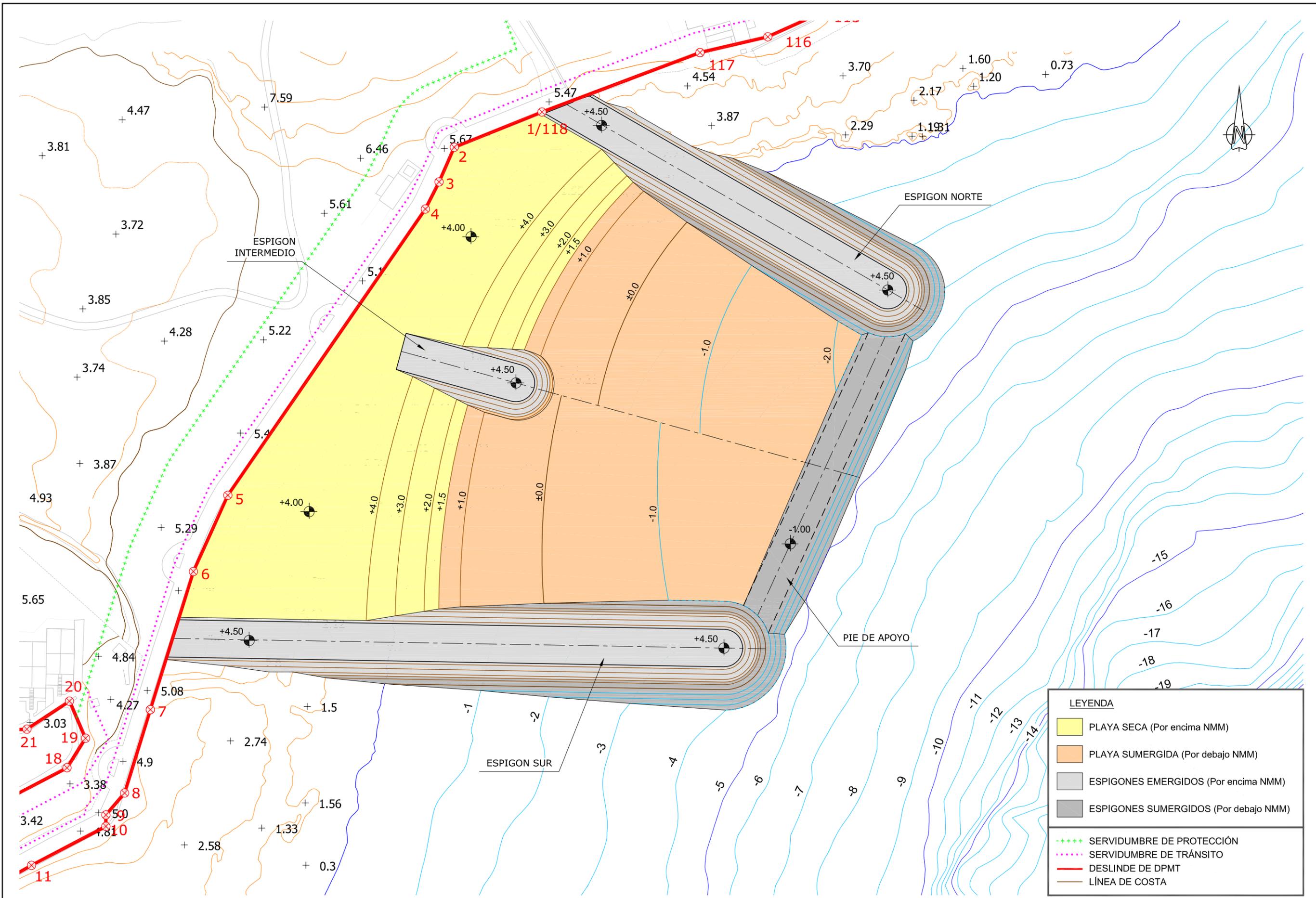


1 cm = 5.000 m³/h/m.l.
 0 5

MOPLA 2.0

Programa desarrollado por

APÉNDICE 2. PLANOS

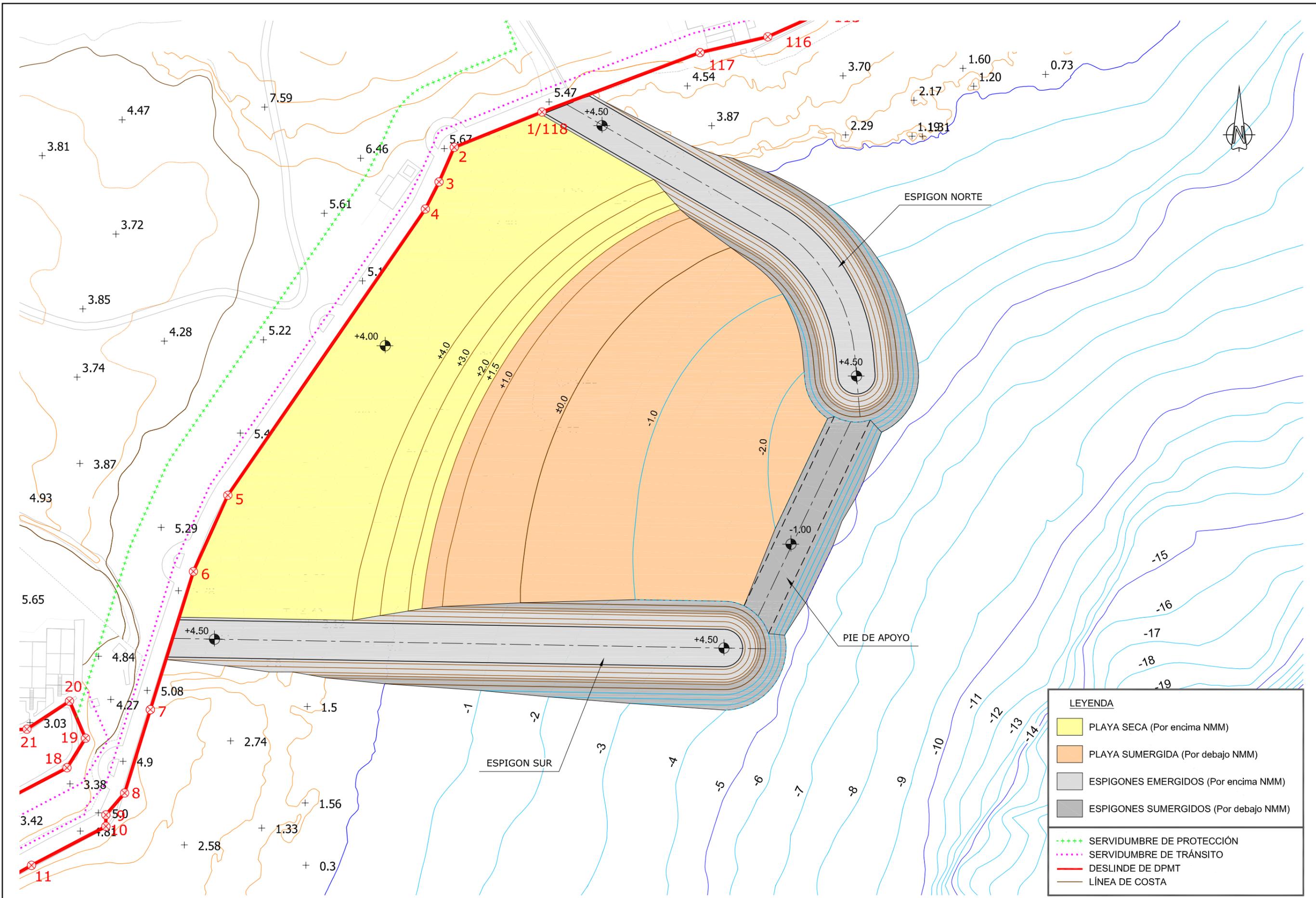


LEYENDA	
	PLAYA SECA (Por encima NMM)
	PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)
	ESPIGONES EMERGIDOS (Por encima NMM)
	ESPIGONES SUMERGIDOS (Por debajo NMM)
	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
	SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
	DESLINDE DE DPMT
	LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A06-P010.dwg

PROMOTOR: Tourin Europeo	EMPRESA CONSULTORA: MARCIGLOS	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO: F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO: PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA: ABRIL 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO: ALTERNATIVA 1 PLANTA	Nº DE PLANO: 6.1 Nº HOJA: 1 DE 1
------------------------------------	---	---	--	-------------------------	---------------------------------	--	---

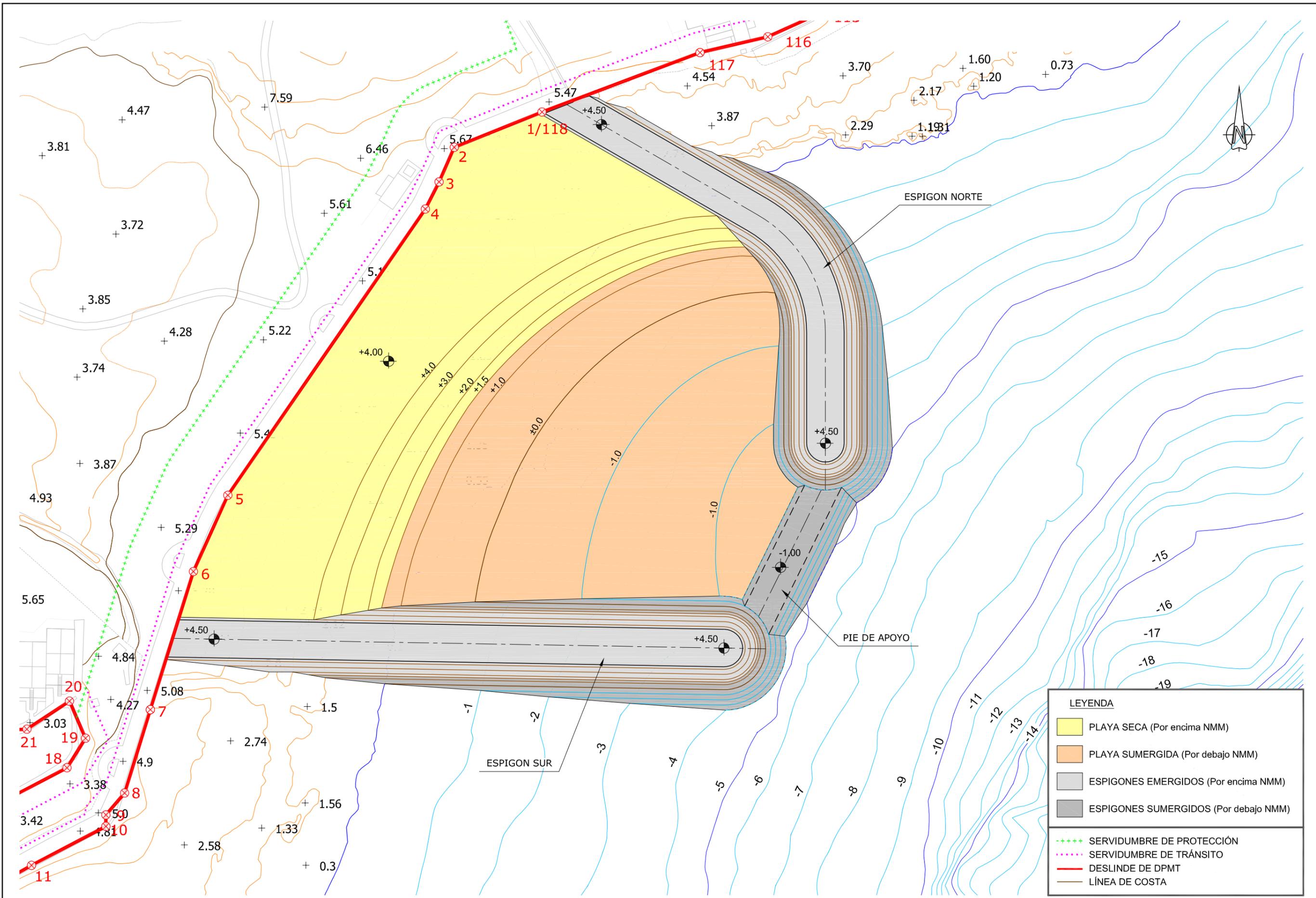


LEYENDA	
	PLAYA SECA (Por encima NMM)
	PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)
	ESPIGONES EMERGIDOS (Por encima NMM)
	ESPIGONES SUMERGIDOS (Por debajo NMM)
	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
	SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
	DESLINDE DE DPMT
	LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A06-P020.dwg

PROMOTOR: Tourin Europeo	EMPRESA CONSULTORA: MARCIGLOS	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO: F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO: PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA: ABRIL 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 0 5 10 15 20 25m	TÍTULO DEL PLANO: ALTERNATIVA 2 PLANTA	Nº DE PLANO: 6.2 Nº HOJA: 1 DE 1
------------------------------------	---	---	---	-----------------------------	--	--	---



LEYENDA	
	PLAYA SECA (Por encima NMM)
	PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)
	ESPIGONES EMERGIDOS (Por encima NMM)
	ESPIGONES SUMERGIDOS (Por debajo NMM)
	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
	SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
	DESLINDE DE DPMT
	LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F1-A06-P030.dwg

PROMOTOR: Tourin Europeo	EMPRESA CONSULTORA: MARCIGLOB	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO: F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO: PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA: MARZO 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 0 5 10 15 20 25m	TÍTULO DEL PLANO: ALTERNATIVA 3 PLANTA	Nº DE PLANO: 6.3 Nº HOJA: 1 DE 1
------------------------------------	---	---	---	-----------------------------	--	--	---

ANEJO N° 7. DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS

Revisión	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado
0	15-09-17	Edición final	JEG	OPF	JEG
B	27-04-17	Emisión para Comentarios del Cliente	JEG	OPF	JEG
A	23-05-17	Emisión para Comentarios Internos	JEG	OPF	JEG

ÍNDICE

1.	BASES DE DISEÑO	1
1.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA	1
1.2	NIVELES DE MAR DE DISEÑO	2
1.3	OLEAJE DE DISEÑO	2
1.3.1	OLEAJE EXTREMAL PROPAGADO HASTA LA ZONA DE PROYECTO	2
1.3.2	ROTURA DEL OLEAJE	3
1.4	CARACTERÍSTICAS DE LA ESCOLLERA	5
1.5	CARACTERÍSTICAS DE LA ARENA DE APORTACIÓN	5
2.	DIMENSIONAMIENTO DE LOS ESPIGONES	6
2.1	CÁLCULO DE LA MASA DE LAS PIEZAS DEL MANTO EXTERIOR	6
2.1.1	TALUD EXTERIOR DE DIQUES NO REBASABLES	6
2.1.1.1	Formulaciones habitualmente empleadas	6
2.1.1.2	Fórmula de Hudson	6
2.1.1.3	Fórmula de van der Meer para escollera natural	6
2.1.1.4	Fórmula de van der Meer para bloques cúbicos	7
2.1.2	DIQUES REBASABLES	8
2.1.3	OBLICUIDAD DEL OLEAJE	8
2.1.4	MORROS	8
2.1.5	CORONACIÓN Y TALUD INTERIOR DE DIQUES REBASABLES	9
2.1.6	RESULTADOS OBTENIDOS	9
2.1.6.1	Espigón norte	9
2.1.6.2	Pie de apoyo	10
2.1.6.3	Espigón sur	10
2.1.6.4	Resumen de resultados	10
2.2	CÁLCULO DEL RESTO DE ELEMENTOS	10

2.3	SECCIONES TIPO	10
3.	APORTACIÓN DE ARENA	17
3.1	INTRODUCCIÓN	17
3.2	PLANTA Y SECCIONES TIPO DE ESPIGONES	17
3.3	PLANTA DE EQUILIBRIO	17
3.4	PERFIL DE EQUILIBRIO.....	18
3.5	VOLUMEN DE APORTACIÓN	18

Índice de figuras

Figura 1.-	Direcciones de incidencia del oleaje (Fuente: elaboración propia)	2
Figura 2.-	Cálculo de las alturas significantes y máximas en rotura para $T_p, 10\%$. (Fuente: elaboración propia)	4
Figura 3.-	Cálculo de las alturas significantes y máximas en rotura para $T_p, 50\%$. (Fuente: elaboración propia)	4
Figura 4.-	Cálculo de las alturas significantes y máximas en rotura para $T_p, 90\%$. (Fuente: elaboración propia)	5
Figura 5.-	Ajuste de los coeficientes K_1, K_2 (Fuente: Van Gent, 2014)	8
Figura 6.-	Tramificación de las obras (Fuente: elaboración propia)	9
Figura 7.-	Estabilidad de los morros de diques en talud (Fuente: CIRIA7CUR/CETMEF)	8
Figura 8.-	Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 1 – Espigón N. Talud 1/1,5 (Fuente: elaboración propia)	11
Figura 9.-	Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 2 – Espigón N. Talud 1/1,5 (Fuente: elaboración propia)	11
Figura 10.-	Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 2 – Espigón N. Talud 1/1,75 (Fuente: elaboración propia)	12
Figura 11.-	Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 3 – Espigón N. Talud 1/2 y Coronación = +4,50 (Fuente: elaboración propia)	12
Figura 12.-	Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 3 – Espigón N. Talud 1/2,75 y Coronación = +4,50 (Fuente: elaboración propia)	13

Figura 13.-	Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 3 – Espigón N. Talud 1/2 y Coronación = +2,00 (Fuente: elaboración propia)	13
Figura 14.-	Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 4 – Espigón N. Talud 1/2 y Coronación = +2,00 (Fuente: elaboración propia)	14
Figura 15.-	Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 4 – Espigón N. Talud 1/3,25 y Coronación = +2,00 (Fuente: elaboración propia)	14
Figura 16.-	Cálculo de la masa de bloques cúbicos en el Tramo 4 – Espigón N. Talud 1/2 y Coronación = +2,00 (Fuente: elaboración propia)	15
Figura 17.-	Cálculo de la masa de escollera. Pie de apoyo. Talud 1/1,75 y Coronación = -1,00 (Fuente: elaboración propia)	15
Figura 18.-	Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 1 – Espigón S. Talud 1/1,5 (Fuente: elaboración propia)	16
Figura 19.-	Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 2 – Espigón S. Talud 1/1,5 (Fuente: elaboración propia)	16
Figura 20.-	Cálculo de la masa de los bloques cúbicos en el Tramo 3 – Espigón S. Talud 1/1,5 (Fuente: elaboración propia)	17
Figura 21.-	Planta de equilibrio de la regeneración (Fuente: elaboración propia)	17
Figura 22.-	Perfil de la regeneración de la playa (Fuente: elaboración propia)	18
Figura 23.-	Factor de sobrellenado (Fuente: Coastal Engineering Manual)	19

Índice de tablas

Tabla 1.-	Vidas útiles mínimas de acuerdo a las ROM 1.0 (Fuente: Puertos del Estado)	1
Tabla 2.-	Probabilidades de fallo máximas de acuerdo a las ROM 1.0 (Fuente: Puertos del Estado)	1
Tabla 3.-	Características del oleaje de diseño en aguas profundas (Fuente: elaboración propia)	2
Tabla 4.-	Características del oleaje de diseño en la zona del proyecto (Fuente: elaboración propia)	2
Tabla 5.-	Aplicación del coeficiente de oblicuidad a altura de oleaje (Fuente: elaboración propia)	3
Tabla 6.-	Valores de diseño del parámetro S_d (Fuente: elaboración propia)	7
Tabla 7.-	Masa de los bloques de escollera de talud considerado no rebasable (Fuente: elaboración propia)	10

1. BASES DE DISEÑO

De manera general para la definición de las bases de diseño de este proyecto se seguirán las indicaciones recogidas en el programa ROM (*Recomendaciones para Obras Marítimas*) editadas por el organismo Puertos del Estado.

1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA

De acuerdo con la figura 2.2.33 de las ROM 1.0-09. *Recomendaciones del diseño y ejecución de las Obras de Abrigo* (ver Tabla 1.-) en el caso de obras de regeneración y defensa de playas la vida útil mínima a considerar ha de ser $V = 15$ años, que corresponde a obras con un Índice de Repercusión Económica (IRE) bajo, es decir, r_1 .

Tabla 1.- Vidas útiles mínimas de acuerdo a las ROM 1.0 (Fuente: Puertos del Estado)

Figura 2.2.33. IRE, ISA y vida útil mínima en función del tipo de área abrigada

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA		ÍNDICE IRE ¹	VIDA ÚTIL MÍNIMA (V _m) ⁷ (años)
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Puertos abiertos a todo tipo de tráficos	r_3 Alto 50
		Puertos para tráficos especializados	$r_2(r_3)^1$ Medio (alto) ¹ 25 (50) ¹
	PUERTO PESQUERO	r_2 Medio 25	
	PUERTO NAÚTICO-DEPORTIVO	r_2 Medio 25	
	INDUSTRIAL	$r_2(r_3)^1$ Medio (alto) ¹ 25 (50) ¹	
	MILITAR	$r_2(r_3)^2$ Medio (alto) ² 25 (50) ²	
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES	$r_2(r_3)^3$ Medio (alto) ³ 25 (50) ³	
	ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES ⁴	r_3 Alto 50
		PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO	$r_2(r_3)^5$ Medio (alto) ⁵ 25 (50) ⁵
		PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES	$r_1(r_3)^6$ Bajo (alto) ⁵ 15 (50) ⁷
REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		r_1 Bajo 15	

¹ El índice IRE se elevará a r_3 cuando el tráfico esté asociado con el suministro energético o con materia primas minerales estratégicos y no se disponga de instalaciones alternativas adecuadas para su manipulación y/o almacenamiento.
² El índice IRE se elevará a r_3 cuando la instalación militar se considere esencial para la defensa nacional.
³ En obras de protección de rellenos o de defensa de márgenes se tomará un índice IRE igual al señalado para el área portuaria en que se localiza.
⁴ Se entienden como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquéllos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.
⁵ El índice IRE se elevará a r_3 cuando la toma de agua o el punto de vertido esté asociado con el abastecimiento de agua para uso urbano o con la producción energética.
⁶ El índice IRE se elevará a r_2 cuando en su zona de afección se localicen edificaciones o instalaciones industriales.
⁷ Los índices inferiores a r_3 de la tabla se elevarán un grado por cada 30 M€ de coste de inversión inicial de la obra de abrigo.

Análogamente, de acuerdo con la figura 2.2.34 de las ROM 1.0-09 (ver Tabla 2.-) en el caso de obras de regeneración y defensa de playas la probabilidad de fallo máxima a considerar ha de ser $P_f = 0,20$, que corresponde a obras con un Índice de Repercusión Social y Ambiental (ISA) no significativo, es decir, s_1 .

Tabla 2.- Probabilidades de fallo máximas de acuerdo a las ROM 1.0 (Fuente: Puertos del Estado)

Figura 2.2.34. ISA y probabilidad conjunta de fallo para ELU y P_{ELS}

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA			ÍNDICE ISA	P _{ELU}	P _{ELS}	
ÁREAS PORTUARIAS	COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique ¹	Mercancías peligrosas ²	s_3 Alto	0.01	0.07
			Pasajeros y Mercancías no peligrosas ¹	s_2 Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s_1 No significativo	0.20	0.20
	PESQUERO	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_2 Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_1 No signif.	0.20	0.20
	NAÚTICO-DEPORT.	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_2 Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_1 No signif.	0.20	0.20
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique ¹	Mercancías peligrosas ²	s_3 Alto	0.01	0.07
			Mercancías no peligrosas	s_2 Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s_1 No significativo	0.20	0.20
MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique ¹		s_3 Alto	0.01	0.07	
	Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_1 No signif.	0.20	0.20	
PROTECCIÓN *	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique ¹	Mercancías peligrosas ²	s_3 Alto	0.01	0.07	
		Mercancías no peligrosas	s_2 Bajo	0.10	0.10	
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES ³		s_4 Muy alto	0.0001	0.07	
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		s_2 (s ₃) ⁴ Bajo (alto) ⁴	0.10	0.10	
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		s_2 (s ₄) ⁵ Bajo (muy alto) ⁵	0.10	0.10	
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		s_1 No signif.	0.20	0.20	

* PROTECCIÓN DE RELLENOS O MÁRGENES.
¹ En el caso de que en la superficie adosada al dique esté previsto que se ubiquen edificaciones (p.e. estaciones marítimas, lonjas...), depósitos o silos que pudieran resultar afectados en el caso de fallo de la obra de abrigo, se considerará un índice ISA muy alto (s_4) ($P_{f,ELU}=0.0001$; $P_{f,ELS} = 0,007$).
² Se consideran mercancías peligrosas los grupos de sustancias prioritarias incluidas en el anexo X de la Directiva Marco del Agua (Decisión 2455/2001/CE), en el inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER: Decisión 2004/479/CE), y en el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas (Real Decreto 145/1989). (Ver ROM 5.1-05).
³ Se entiende como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquéllos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.
⁴ El índice ISA se elevará a s_2 cuando la toma de agua o el punto de vertido estén asociados con el abastecimiento de agua para uso urbano o industrial o con la producción energética.
⁵ El índice ISA se elevará a s_4 cuando en caso de fallo pudieran resultar afectadas edificaciones u otras instalaciones industriales.

A partir de los valores de la vida útil $V = 15$ años y probabilidad de fallo $P_{f,ELU} = 0,20$ se puede calcular el período de retorno T_r asociado, mediante la expresión

$$T_r = 1/[1-(1-P_{f,ELU})^{1/V}]$$

que en este caso resulta ser $T_r = 67,7$ años.

De acuerdo con la ROM 05-05 y la ROM 2.0-11 como la probabilidad de fallo considerada es inferior al 5 % las variables principales del agente climático predominante (en este caso el oleaje) son las asociadas a dicho periodo de retorno.

1.2 NIVELES DE MAR DE DISEÑO

En el Anejo nº 2 se han obtenido los siguientes niveles de mar de diseño, asociados a un periodo de retorno $T_r = 5$ años¹.

$$N_{MAX} = +3,40 \text{ m (C.H.)} \quad N_{MM} = +1,59 \text{ m (C.H.)} \quad N_{MIN} = -0,10 \text{ m (C.H.)}$$

1.3 OLAJE DE DISEÑO

1.3.1 OLAJE EXTREMAL PROPAGADO HASTA LA ZONA DE PROYECTO

En el Anejo nº 2 también se obtuvieron las características del oleaje de diseño en aguas profundas asociado al periodo de retorno de diseño ($T_r = 67,7$ años), y que se resumen en la Tabla 3.-.

Tabla 3.- Características del oleaje de diseño en aguas profundas (Fuente: elaboración propia)

Dirección	$H_{s,R}$ (m)	K_a	$H_{s,dif}$ (m)	T_p (s)	K_r	$H_{s,0}$ (m)
NNE	4,24	0,55	2,33	8,7	1,00	2,33
NE	4,24	1,00	4,24	11,3	1,00	4,24
ENE	4,24	0,95	4,03	10,0	1,00	4,03
E	4,24	0,95	4,03	9,0	1,00	4,03
ESE	4,24	1,00	4,24	9,3	1,00	4,24
SE	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82
SSE	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82
S	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82
SSW	4,24	0,95	4,03	9,0	1,00	4,03
SW	4,24	0,90	3,82	8,7	1,00	3,82

En el Anejo nº 2 también se han presentado los resultados de propagación de oleaje (para varios periodos y direcciones de procedencia) desde aguas profundas hasta la zona de proyecto, obteniéndose el coeficiente de propagación (K_r) y la dirección propagada en cada caso. A partir de la doble interpolación (en periodos y dirección) de dichos coeficientes de propagación se han obtenido las alturas de ola significantes de diseño a pie de las nuevas obras y que se muestran en la

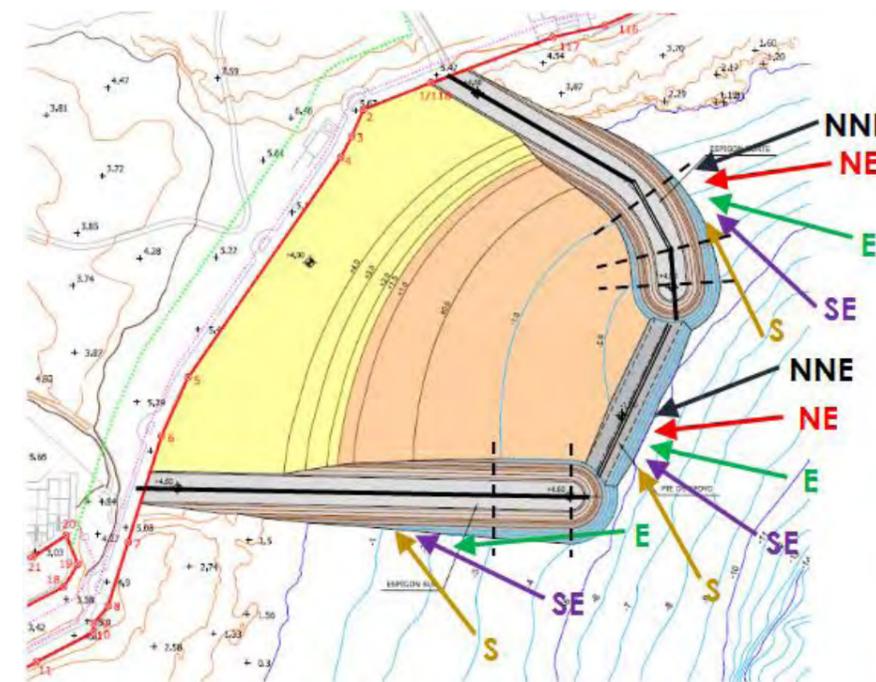
¹ De acuerdo con la ROM 05-05 y la ROM 2.0-11 los valores de combinación para agentes climáticos independientes del predominante (en este caso el oleaje) son los asociados a un periodo de retorno $T_r = 5$ años.

Tabla 4.- . Puede apreciarse que la dirección más desfavorable (marcada en negrita). La 2ª dirección peor es el ESE y la 3ª el ENE.

Tabla 4.- Características del oleaje de diseño en la zona del proyecto (Fuente: elaboración propia)

Direc. alta mar	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
$T_{p,10\%}$ (s)	6,8	9,8	8,5	7,5	7,8	7,2	7,2	7,2	7,5
$T_{p,50\%}$ (s)	8,7	11,3	10,0	9,0	9,3	8,7	8,7	8,7	9,0
$T_{p,90\%}$ (s)	10,2	12,5	11,2	10,2	10,5	10,0	10,0	10,0	10,2
$H_{s,0}$ (m)	2,33	4,24	4,03	4,03	4,24	3,82	3,82	3,82	4,03
K_r (asoc. a $T_{p,50\%}$)	0,416	0,608	0,807	1,095	0,909	0,748	0,591	0,442	0,303
$H_{s,diseño}$ (m)	0,97	2,58	3,25	4,41	3,85	2,85	2,26	1,69	1,22

No obstante en este caso el oleaje incide con bastante oblicuidad sobre las nuevas obras (ver Figura 1.-), y es sabido que cuanto mayor es la oblicuidad menor es la energía incidente, de manera que, por ejemplo, se requerirá una menor masa en los bloques de manto principal de las obras en talud.



Obra	Alineación	Dirección	Dirección incidencia oleaje					Oblicuidad del oleaje (θ)				
			NNE	NE	E	SE	S	NNE	NE	E	SE	S
Espigón N	1	120°N	69°N	85°N	105°N	133°N	154°N	39°	55°	75°	103°	124°
	2	151°N	69°N	85°N	105°N	133°N	154°N	7°	24°	44°	71°	92°
	3	176°N	69°N	85°N	105°N	133°N	154°N	17°	0°	20°	47°	68°
Pie	4	205°N	69°N	84°N	103°N	124°N	151°N	46°	32°	13°	9°	36°
Espigón S	5	271°N	---	---	85°N	116°N	142°N	---	---	96°	65°	39°

Figura 1.- Direcciones de incidencia del oleaje (Fuente: elaboración propia)

Por consiguiente las alturas de la última fila de la anterior tabla han sido multiplicadas por un factor γ_β que tiene en cuenta el efecto de la oblicuidad², obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 5.-. Dada la incertidumbre asociada las oblicuidades de la Figura 1.- se han reducido en 10°.

Tabla 5.- Aplicación del coeficiente de oblicuidad a altura de oleaje (Fuente: elaboración propia)

Espigón N. Alineación 1 ($h \leq 1,5$ m)

Direc. alta mar	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
Oblicuidad, β	29°	45°	55°	65°	79°	93°	104°	114°	125°
γ_β (Van Gent, 2014)	0,86	0,71	0,61	0,52	0,44	0,42	0,42	0,42	0,42
$H_s \times \gamma_\beta$	0,84	1,83	1,99	2,31	1,70	1,20	0,95	0,71	0,51

Espigón N. Alineación 2 ($h \leq 3$ m)

Direc. alta mar	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
Oblicuidad, β	0°	14°	24°	34°	48°	61°	72°	82°	93°
γ_β (Van Gent, 2014)	1,00	0,97	0,90	0,82	0,68	0,56	0,48	0,43	0,42
$H_s \times \gamma_\beta$	0,97	2,49	2,94	3,61	2,64	1,59	1,08	0,73	0,51

Espigón N. Alineación 3 ($h \geq 3$ m)

Direc. alta mar	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
Oblicuidad, β	7°	0°	5°	10°	24°	37°	48°	58°	69°
γ_β (Van Gent, 2014)	0,99	1,00	1,00	0,98	0,91	0,79	0,68	0,58	0,50
$H_s \times \gamma_\beta$	0,96	2,58	3,24	4,33	3,50	2,25	1,54	0,98	0,61

Pie

Direc. alta mar	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
Oblicuidad, β	36°	22°	13°	3°	2°	0°	13°	26°	39°
γ_β (Van Gent, 2014)	0,80	0,92	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97	0,89	0,77
$H_s \times \gamma_\beta$	0,78	2,37	3,16	4,40	3,85	2,85	2,19	1,50	0,94

Espigón S

Direc. alta mar	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
Oblicuidad, β	94°	94°	90°	86°	71°	55°	42°	29°	16°
γ_β (Van Gent, 2014)	0,42	0,42	0,42	0,42	0,48	0,61	0,74	0,86	0,96
$H_s \times \gamma_\beta$	0,41	1,08	1,37	1,87	1,87	1,74	1,67	1,46	1,17

Puede apreciarse que en todos los casos la dirección E sigue siendo la que da lugar al mayor valor de $H_\beta = \gamma_\beta \cdot H_L$ y por tanto es la que condiciona el dimensionamiento de las obras. Por consiguiente el oleaje de diseño (antes de aplicar la reducción por oblicuidad vendrá caracterizado por los siguientes valores:

$$H_s = 4,41 \text{ m} \quad H_{\max} = H_{1/250} = 7,94 \text{ m} \quad T_p = 7,5 - 10,2 \text{ s} \quad T_z = 6,5 - 8,9 \text{ s}$$

² En particular se ha empleado el coeficiente γ_β propuesto por Van Gent (2014) para taludes de escollera y que se muestra con más detalle en el apartado 2.1.3. Este coeficiente ($\gamma_\beta \leq 1$) es la relación entre el tamaño de escollera asociado a oleaje con una oblicuidad β y el tamaño de escollera asociado a oleaje con incidencia perpendicular o normal ($\gamma_\beta = D_{n,\beta}/D_{n,\perp}$). Conceptualmente equivale al coeficiente por el que hay que multiplicar la altura de oleaje con incidencia normal (H_L) para obtener la altura de oleaje con oblicuidad β (H_β) que pueda ser empleada en las formulaciones clásicas para el cálculo de la masa de bloques del manto principal obtenidas para incidencia normal ($H_\beta = \gamma_\beta \cdot H_L$).

1.3.2 ROTURA DEL OLEAJE

Dado que las obras a proyectar se encuentran en profundidades someras el oleaje antes de incidir habrá roto por fondo en según qué condiciones. Existen diversas formulaciones que permiten obtener las alturas de ola en rotura (significante y máxima) en función de diferentes variables, tales como calado, periodo del oleaje y pendiente del fondo.

Los criterios habitualmente utilizados por MARCIGLOB son:

- Para las zonas con pendiente del fondo inferior a 0,02 (1/50): los de Wieggl (1972) y Owen (1980).
- Para las zonas con pendiente del fondo entre 0,02 (1/50) y 0,10 (1/10): el de Melito (1999).

El motivo de dicha selección es que las fórmulas de Wieggl (para el cálculo de la altura máxima en rotura) y de Owen (para el cálculo de la altura significativa en rotura) son las que tradicionalmente se han empleado en Ingeniería Marítima. No obstante tras comprobar que para pendientes elevadas infravaloraban las alturas en rotura, Melito dedujo su fórmula a partir de ensayos en modelo físico, con valores más próximos a la realidad

La franja de terreno en la que se van a construir las obras está muy cercana a la costa, alcanzando una profundidad máxima de -5 m (C.H.). Por todo ello se van a analizar las alturas de ola significativa (H_s) y máxima (H_{\max}) compatibles con diferentes profundidades entre la +0,0 (C.H.) y la -5,0 (C.H.). Los cálculos se presentan en la Figura 2.- a Figura 4.-.

En dichos cálculos como niveles de mar se han considerado los presentados en el apartado 1.2 y como periodos de oleaje de diseño los incluidos dentro de la banda de confianza del 80 % (es decir, los valores entre $T_{p,10\%}$ y $T_{p,90\%}$, ver Tabla 4.-), que resultan ser $T_p = 7,5$ s y 10,2 s.

Las pendientes del fondo empleadas, de acuerdo al levantamiento batimétrico, son $m = 1/10$.

Para aquellas combinaciones de profundidad y nivel de mar en las cuales los valores de H_s y/o de H_{\max} en rotura sean inferiores a los valores de diseño fijados (ver apartado 1.3.1) se producirá la limitación por fondo o rotura, y por lo tanto las olas de cálculo a considerar en los dimensionamientos serán las de la Figura 2.- a Figura 4.-.

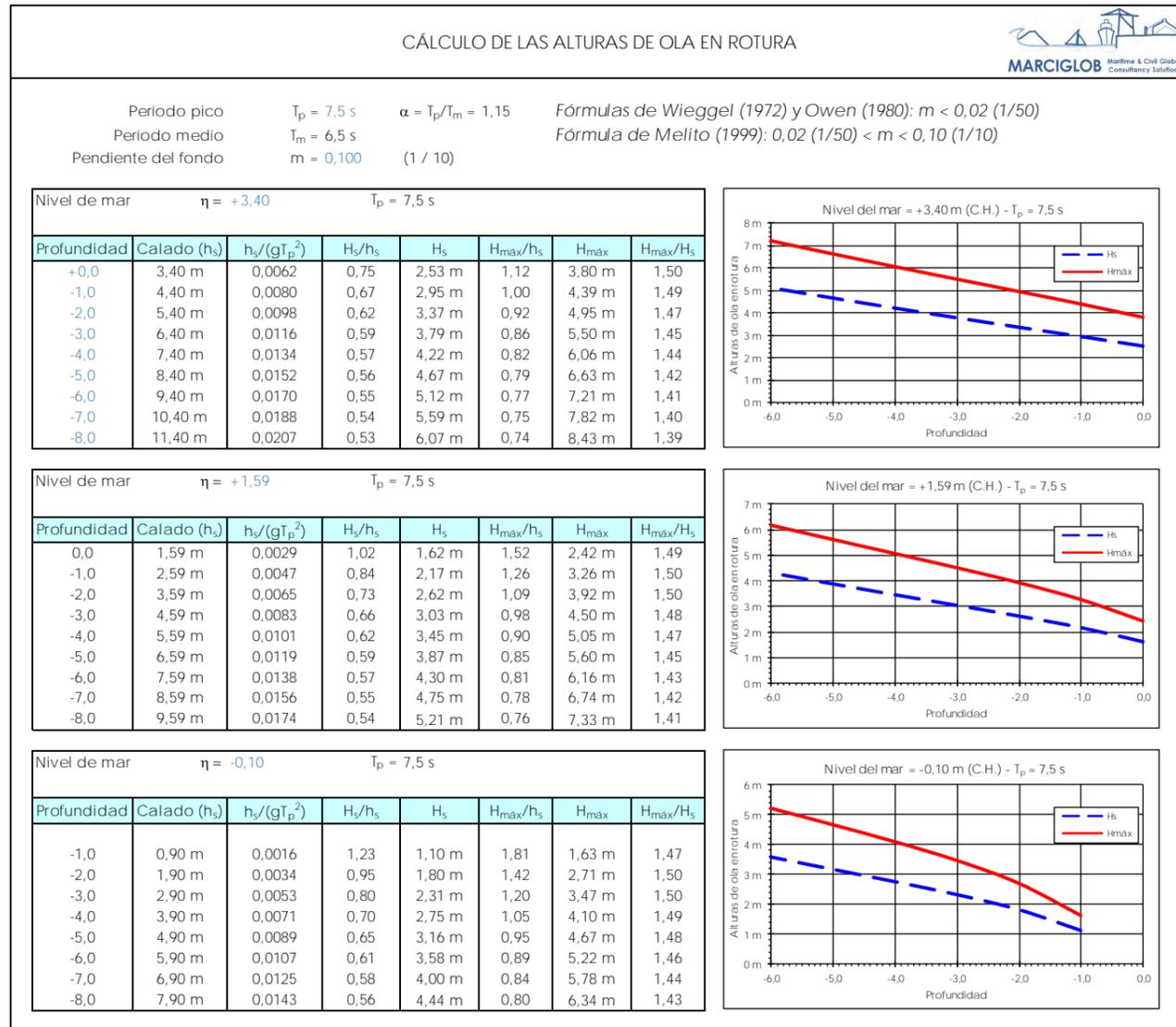


Figura 2.- Cálculo de las alturas significantes y máximas en rotura para $T_{p,10\%}$. (Fuente: elaboración propia)

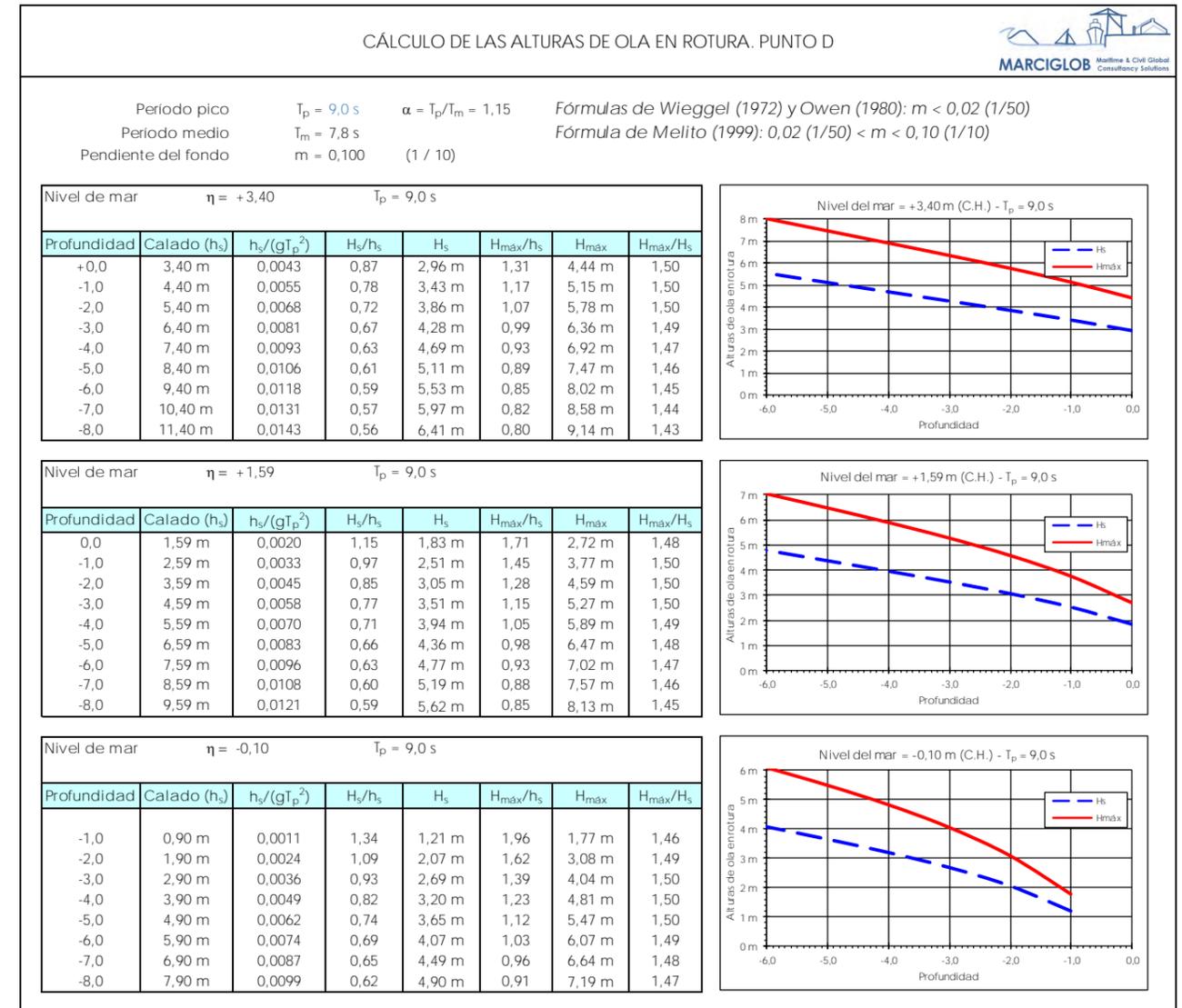


Figura 3.- Cálculo de las alturas significantes y máximas en rotura para $T_{p,50\%}$. (Fuente: elaboración propia)

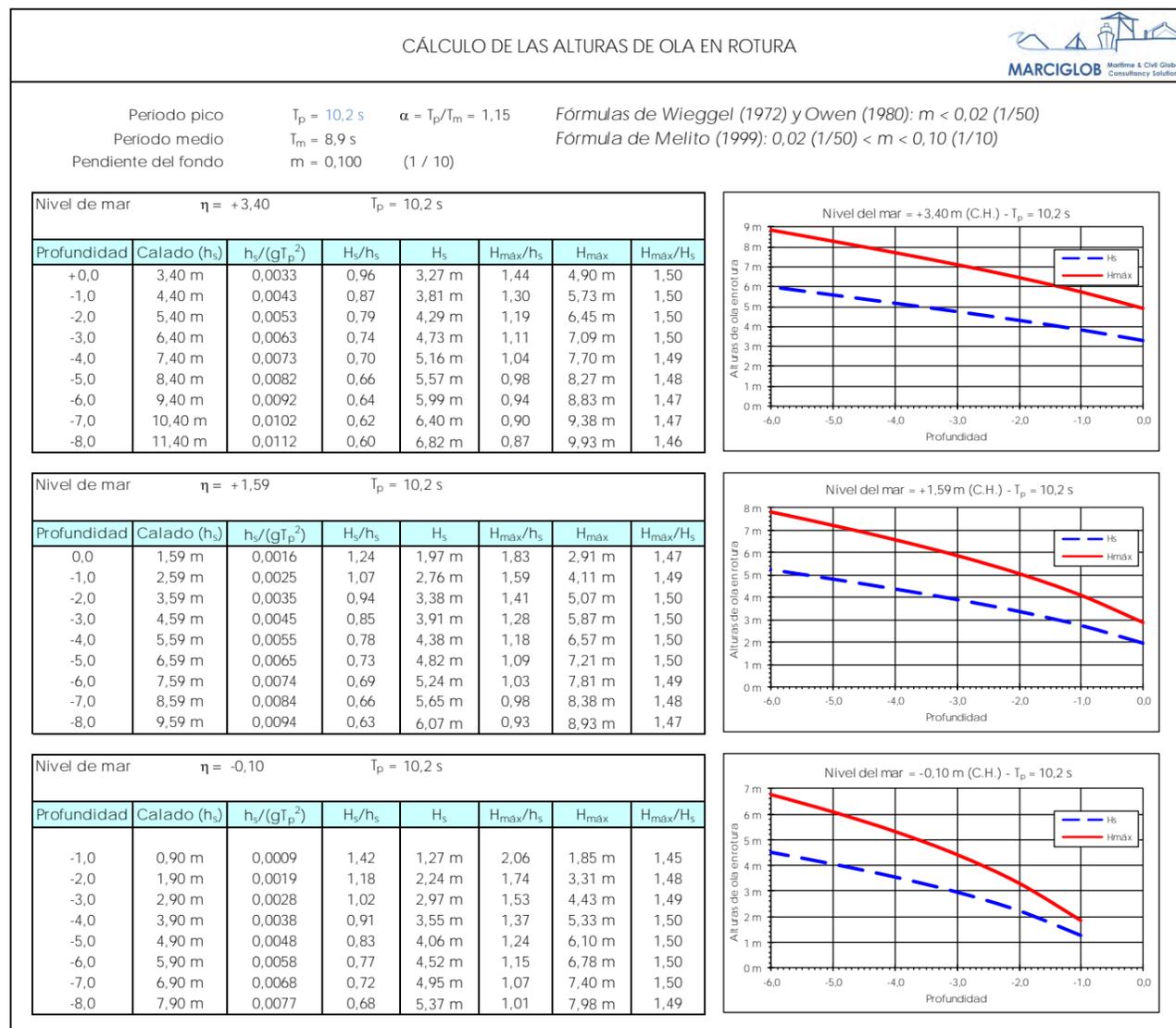


Figura 4.- Cálculo de las alturas significantes y máximas en rotura para $T_{p,90\%}$. (Fuente: elaboración propia)

1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ESCOLLERA

Todo uno o escollera sin clasificar

Densidad de las partículas sólidas:	$d_s = 2,65 \text{ t/m}^3$
Peso específico de las partículas sólidas:	$\gamma_s = 26 \text{ kN/m}^3$
Porosidad	$n = 30 \%$
Densidad aparente :	$d_{ap} = 1,86 \text{ t/m}^3$
Peso específico aparente :	$\gamma_{ap} = 18,2 \text{ kN/m}^3$
Densidad saturada :	$d_{sat} = 2,16 \text{ t/m}^3$

Peso específico saturado :	$\gamma_{sat} = 21,2 \text{ kN/m}^3$
Densidad sumergida :	$d' = 1,14 \text{ t/m}^3$
Peso específico sumergido :	$\gamma' = 11,2 \text{ kN/m}^3$
Ángulo de fricción interna :	$\Phi = 40^\circ$

Escolleras clasificadas

Densidad de las partículas sólidas:	$d_s = 2,65 \text{ t/m}^3$
Peso específico de las partículas sólidas:	$\gamma_s = 26 \text{ kN/m}^3$
Porosidad	$n = 35 \%$
Densidad aparente :	$d_{ap} = 1,72 \text{ t/m}^3$
Peso específico aparente :	$\gamma_{ap} = 16,9 \text{ kN/m}^3$
Densidad saturada :	$d_{sat} = 2,08 \text{ t/m}^3$
Peso específico saturado :	$\gamma_{sat} = 20,4 \text{ kN/m}^3$
Densidad sumergida :	$d' = 1,06 \text{ t/m}^3$
Peso específico sumergido :	$\gamma' = 10,4 \text{ kN/m}^3$
Ángulo de fricción interna:	$\Phi = 40^\circ$

1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA ARENA DE APORTACIÓN

Granulometría:	Yacimiento de El Marsa (Sáhara)
	$D_{16} = 0,63 \text{ mm}$
	$D_{50} = 0,35 \text{ mm}$
	$D_{84} = 0,21 \text{ mm}$
	% finos ($< 0,063 \mu\text{m}$) = 1 %

Densidad de las partículas sólidas:	$d_s = 2,65 \text{ t/m}^3$
Peso específico de las partículas sólidas:	$\gamma_s = 26 \text{ kN/m}^3$
Porosidad	$n = 30 \%$
Densidad aparente :	$d_{ap} = 1,86 \text{ t/m}^3$
Peso específico aparente :	$\gamma_{ap} = 18,2 \text{ kN/m}^3$
Densidad saturada :	$d_{sat} = 2,16 \text{ t/m}^3$
Peso específico saturado :	$\gamma_{sat} = 21,2 \text{ kN/m}^3$
Densidad sumergida :	$d' = 1,14 \text{ t/m}^3$
Peso específico sumergido :	$\gamma' = 11,2 \text{ kN/m}^3$
Ángulo de fricción interna:	$\Phi = 35^\circ$

2. DIMENSIONAMIENTO DE LOS ESPIGONES

2.1 CÁLCULO DE LA MASA DE LAS PIEZAS DEL MANTO EXTERIOR

2.1.1 TALUD EXTERIOR DE DIQUES NO REBASABLES

2.1.1.1 Formulaciones habitualmente empleadas

La 2ª Comisión sobre oleaje de la PIANC (1976) presentó la siguiente expresión general adimensional para el dimensionamiento de los mantos de los diques en talud

$$\frac{M \cdot \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}{H_{\text{cálculo}}^3 \cdot \rho_s} = f(\alpha)$$

siendo

- ρ_s la densidad del material del cual están constituidos los bloques de protección,
- ρ_w la densidad del agua,
- $H_{\text{cálculo}}$ la altura de ola de diseño,
- M la masa de los bloques de protección y
- $f(\alpha)$ una función que depende del ángulo del talud con la horizontal (α), del tipo de bloques y de su disposición geométrica.

Esta expresión puede reescribirse como

$$M = \frac{\rho_s \cdot H_{\text{cálculo}}^3}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3 \cdot N_s^3} = \frac{\rho_s \cdot H_{\text{cálculo}}^3}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3 K_D \cdot \cot \alpha} = \frac{\rho_s \cdot H_{\text{cálculo}}^3 \cdot \psi}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$$

donde

- ψ es la función de estabilidad,
- K_D es el coeficiente de estabilidad,
- N_s es el número de estabilidad, que comúnmente se representa como

$$N_s = H / (\Delta \cdot D_n)$$

siendo

- Δ la densidad relativa, definido como $\Delta = (\rho_s / \rho_w - 1)^3$
- D_n el tamaño medio de la pieza, definido como $D_n = (M / \rho_s)^{1/3}$

En el caso de que el manto exterior de diques no rebasables esté formado por cantos naturales de escollera o bloques cúbicos existen varias formulaciones para la obtención de los parámetros que intervienen en la expresión de cálculo: la de Hudson, la de Van der Meer y la de Losada.

2.1.1.2 Fórmula de Hudson

La formulación de Hudson es la más antigua y sencilla ya que establece un valor fijo para K_D . En la edición de 1984, el *Shore Protection Manual* (SPM) establece para mantos exteriores formados por dos capas de bloques de escollera rugosa y angulada colocada aleatoriamente un valor $K_D = 2,0$ si el oleaje de cálculo rompe justo en frente del dique o ya ha roto antes debido al fondo y $K_D = 4,0$ si el oleaje de cálculo no rompe antes de llegar al dique. Además el SPM recomienda que para la utilización de la fórmula en lugar de $H_s = H_{1/3}$ se emplee $H_{1/10}$, definida como el promedio del 1/10 de olas más altas, que para una distribución de oleaje tipo Rayleigh es igual a $1,27 \cdot H_s$, teniendo en cuenta la limitación de las alturas de ola por rotura.

Frente a su simplicidad esta formulación presenta una serie de inconvenientes::

- potenciales efectos de escala ya que la escala de los ensayos a partir de la cual se dedujo era pequeña,
- el uso solamente de oleaje regular,
- la no inclusión del período del oleaje o la duración de la tormenta,
- la no descripción de un nivel de daños,
- el uso exclusivo de estructuras no rebasables con núcleo permeable.

Es válida para diques con cualquier pendiente y manto exterior formado por dos capas de bloques y va asociada a un nivel de daños $D = 0-5\%$ conocido como "criterio de no-daños". Dadas sus limitaciones no se ha empleado en este proyecto.

2.1.1.3 Fórmula de van der Meer para escollera natural

La formulación de Van der Meer para escollera natural (1988) es mucho más reciente y cubre todos los defectos expuestos anteriormente. Fue obtenida a partir de una extensa serie de ensayos a escala que incluían gran variedad de condiciones de oleaje y de características de los diques, distinguiendo entre aguas profundas y aguas poco profundas (*shallow waters*). En concreto se escoge esta última formulación, que utiliza la altura de ola $H_{2\%}$, es decir, la altura de ola superada por el 2% de las olas, y que para una distribución del oleaje tipo Rayleigh resulta ser $H_{2\%} = 1,41 \cdot H_s$, teniendo en cuenta la limitación de las alturas de ola por rotura.

El número de estabilidad viene definido por las siguientes expresiones:

- Para olas en rotura tipo "plunging"

$$N_s = 8,7 \cdot P^{0,18} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \cdot \xi_z^{-0,5}$$

- Para olas en rotura tipo "surging"

$$N_s = 1,4 \cdot P^{0,13} \cdot \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \cdot \sqrt{\cot \alpha} \cdot \xi_z^P$$

donde

- P es la permeabilidad del dique. Dada la disposición prevista para los mantos (con núcleo y capa filtro) el valor de P escogido ha sido 0,4.
- S_d es el nivel de daños, definido como el cociente entre el área transversal erosionada y el cuadrado del lado equivalente del bloque, definido como $D_{50} = (M/\rho_s)^{1/3}$. Los valores establecidos por Van der Meer para S_d se muestran en la tabla siguiente para los siguientes criterios de daños:
 - *Inicio de Averías (IA)*: se alcanza cuando un número determinado de piezas de la capa exterior del manto principal se desplaza de su posición original una distancia igual o mayor que un diámetro, y la citada capa comienza a mostrar claramente huecos de un tamaño superior al tamaño medio del poro.
 - *Avería de Iribarren (AI)*: se alcanza cuando el área dañada de la capa exterior del manto principal es tal que el flujo actúa directamente sobre las piezas de la capa interior de dicho manto, cuyas piezas pueden, por lo tanto, ser extraídas.
 - *Inicio de Destrucción o Rotura (ID)*: se alcanza cuando un número determinado de piezas de la capa interior del manto principal han sido extraídas y esta capa interior presenta Inicio de Averías.

El criterio de daños que se recomienda usar es el de Inicio de Averías.

Tabla 6.- Valores de diseño del parámetro S_d (Fuente: elaboración propia)

Pendiente	Inicio de averías	Daños intermedios	Inicio de destrucción
1V:1,5H	2	3 - 5	8
1V:2H	2	4 - 6	8
1V:3H	2	6 - 9	12
1V:4H	3	8 - 12	17
1V:6H	3	8 - 12	17

- N es el número de olas a las cuales estará sometido el dique durante la tormenta de cálculo. En principio se debería considerar la misma duración que la de los estados de mar que se emplearon en el cálculo del régimen extremal, es decir, 3 horas. No obstante teniendo en cuenta las fuertes condiciones de rotura es posible que el estado de mar anterior o posterior también esté asociado a una altura $H_{s,0}$ que en rotura coincida con la de diseño. Por todo ello se ha considerado una duración del oleaje de diseño de 6 horas y a partir de este valor se ha calculado el número de olas dividiéndola por el periodo medio del oleaje ($T_z = T_p/1,15$).
- α es el ángulo que forma el talud con la horizontal.
- ξ_z es el parámetro de "surf similarity", también conocido como parámetro de Iribarren, y que viene definido por

$$\xi_z = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{S_z}} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot H_s}{g \cdot T_z^2}}}$$

El paso de rotura tipo "plunging" a tipo "surging" viene dado por la expresión:

$$\xi_{cr} = \left(6,2 \cdot P^{0,31} \cdot \sqrt{\tan \alpha}\right)^{\frac{1}{p+0,5}}$$

Si $\xi_z < \xi_{cr}$ la rotura será de tipo "plunging" y en caso contrario "surging".

Para $\xi_z = \xi_{cr}$ el número de estabilidad N_s es el mínimo y por tanto la masa de bloques necesaria es máxima. Por tanto si el periodo del oleaje para el cual $\xi_z = \xi_{cr}$ entra dentro de los valores compatibles con la altura de ola es el que debe utilizarse.

2.1.1.4 Fórmula de van der Meer para bloques cúbicos

La formulación de Van der Meer (1988) permite tener en cuenta algunos factores que la de Hudson obvia, tales como el periodo del oleaje, la duración del temporal de diseño o el nivel de daños asociado, si bien resulta válida solamente para diques con talud 2V:3H y con un manto exterior formado por dos capas de bloques cúbicos (a x a x a). Aún así puede aproximarse el valor del peso para un talud de pendiente distinta a partir del peso para pendiente 2V:3H deducido por la formulación de Van der Meer utilizando la relación $W_\alpha = W_{1/1,5} \cdot (1,5/\cotg \alpha)$ que se basa en considerar que el coeficiente de estabilidad K_D es independiente del talud (Hudson).

Esta formulación define N_s como:

$$N_s = (6,7 \cdot N_o^{0,4} / N_o^{0,3} + 1,0) \cdot S_z^{0,1}$$

donde

- N es el número de olas a las cuales estará sometido el dique durante la tormenta de cálculo (ver comentario realizado en el apartado 2.1.1.3,
- s_z es el peralte de ola de periodo medio definido como $s_z = 2 \cdot \pi \cdot H_s / (g \cdot T_z^2)$.
- N_o es el nivel de daños definido como el número de bloques desplazados en una franja de ancho el diámetro equivalente (cumpliéndose que $D(\%) = N_o/33,5$). Van der Meer estableció $N_o = 0$ ($D = 0\%$) como el nivel de daños denominado "inicio de averías" y $N_o = 2$ ($D = 5,97\%$) como la "inicio de rotura o fallo".

En general, para el dimensionamiento del manto exterior de diques de abrigo resulta conveniente utilizar el criterio de daños conocido como "inicio de averías", pero la consideración de $N_o = 0$ en esta formulación arroja resultados excesivamente conservadores. Esto es debido a que la definición que otorga Van der Meer al "inicio de averías" para bloques cúbicos no es consistente con la dada para escolleras, siendo en el primer caso mucho más estricta. En efecto, el inicio de averías en escolleras se produce según Van der Meer para $S_d = 2$ (si $\cot \alpha < 3,0$ como se muestra en la Tabla 6.-) y según Losada et al. para $S_d = 1,5 - 2,5$, es decir, se admite un pequeño desplazamiento de los bloques. En cambio si para los bloques cúbicos

consideramos que el inicio de averías se produce para $N_o = 0$ ($D = 0\%$, no se permite desplazamiento alguno de los bloques, y por tanto este criterio resulta exageradamente conservador. Por otra parte Losada et al. aplican el mismo criterio de iniciación de averías tanto a escolleras naturales como a bloques paralelepípedicos, es decir, permitiendo cierto movimiento, lo cual reafirma la consideración de que el nivel de "inicio de averías" propuesto por Van der Meer es demasiado estricto. Por todo ello es habitual emplear en el diseño un nivel de averías $N_o = 0,25$ a $0,50$ (que equivale a un porcentaje de daños D entre $0,75\%$ y $1,50\%$).

2.1.2 DIQUES REBASABLES

En el caso de diques o espigones de baja cota de coronación y por tanto rebasables (como es el caso del espigón incluido en esta obra, coronado a la cota $-0,25$) toda la energía del oleaje no incide contra las piezas del manto exterior ya que parte de la energía pasa por encima del dique. Consecuentemente la masa necesaria de las piezas del manto exterior para garantizar su estabilidad puede ser menor.

Existen diversas formulaciones para calcular este factor reductor de la masa de los bloques. En particular se hará uso de la expresión de Van der Meer (1990) para diques rebasables, que permite obtener el factor de reducción r_D del tamaño de los bloques de los mantos exteriores de un dique no rebasable (de la misma geometría y características) en función del francobordo de la obra R_c (es decir, la distancia vertical ente la cota de coronación y el nivel del mar de cálculo) y del peralte $s_{op} = [2 \cdot \pi \cdot H_s / (g \cdot T_p^2)]^{1/2}$:

$$r_D = \left(1.25 - 4.8 \frac{R_c}{H_s} \sqrt{\frac{s_{op}}{2\pi}} \right)^{-1}$$

2.1.3 OBLICUIDAD DEL OLAJE

Todas las formulaciones anteriores (y muchas otras) fueron obtenidas a partir de ensayos con incidencia perpendicular o normal (es decir, los frentes de oleaje paralelos a la alineación del dique). Es sabido que cuando el oleaje incide con una oblicuidad β (definido como el ángulo entre los frentes de oleaje paralelos a la alineación del dique) la energía del oleaje por metro de estructura es menor y por tanto son menores los rebases y la masa de los bloques necesarios en el manto principal.

Para tener en cuenta este efecto se tendrá en cuenta la formulación propuesta por Van Gent (2014) que define un coeficiente reductor γ_β del tamaño D_n de las piezas del manto principal sometidas a oleaje normal (y por tanto obtenidas a partir de las formulaciones anteriores), es decir, $\gamma_\beta = D_{n,\beta} / D_{n,\perp}$. La expresión para dicho coeficiente propuesta por Van Gent es:

$$\gamma_\beta = (1 - c_\beta) \cdot \cos^2 \beta + c_\beta$$

donde el coeficiente c_β depende del tipo de pieza del manto exterior: para escollera natural se tiene que $c_\beta = 0,42$ y para bloques cúbicos que $c_\beta = 0,35$ (ver Figura 5.-).

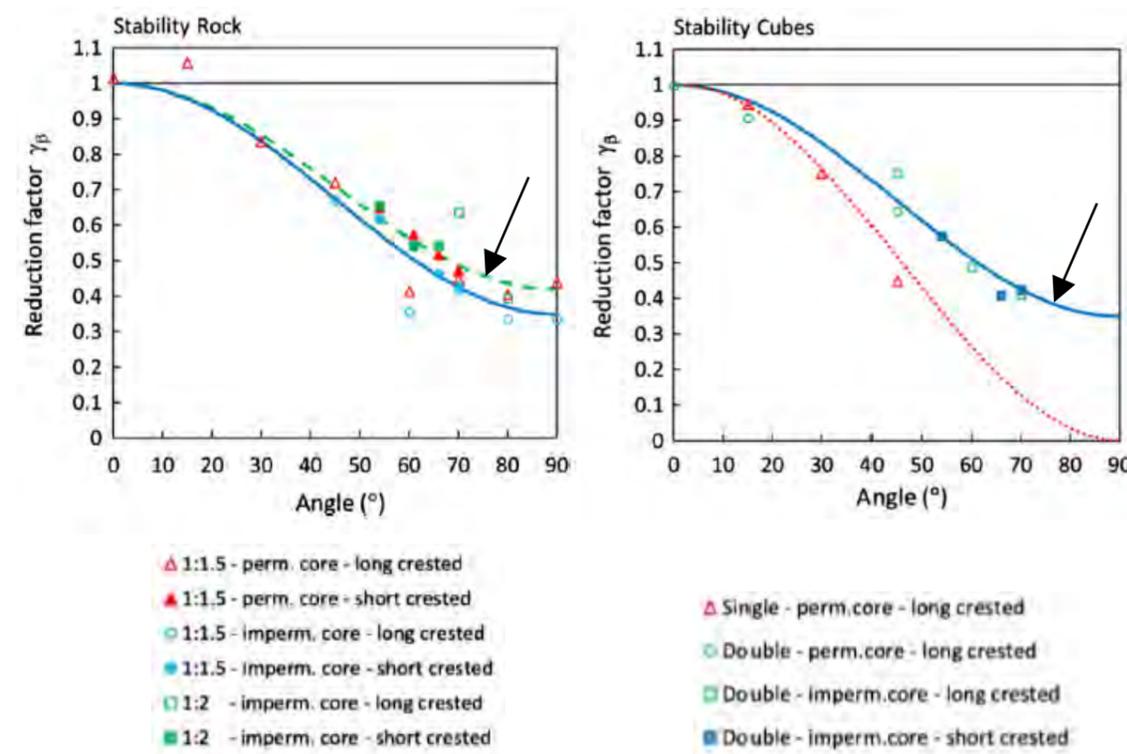


Figura 5.- Ajuste de los coeficientes γ_β (Fuente: Van Gent, 2014)

2.1.4 MORROS

En el caso de los morros es necesario multiplicar por un factor de amplificación las masas obtenidas mediante formulaciones válidas para troncos. Generalmente ese valor para escolleras y bloques cúbicos suele tomarse como 1,50. Estrictamente la zona del morro que requiere una masa de bloques mayor es la que forma un ángulo entre 60° y 180° respecta a la dirección de incidencia del oleaje (ver Figura 6.-) y que suele denominarse "morro interior", si bien habitualmente se mayoran las piezas de todo el morro.

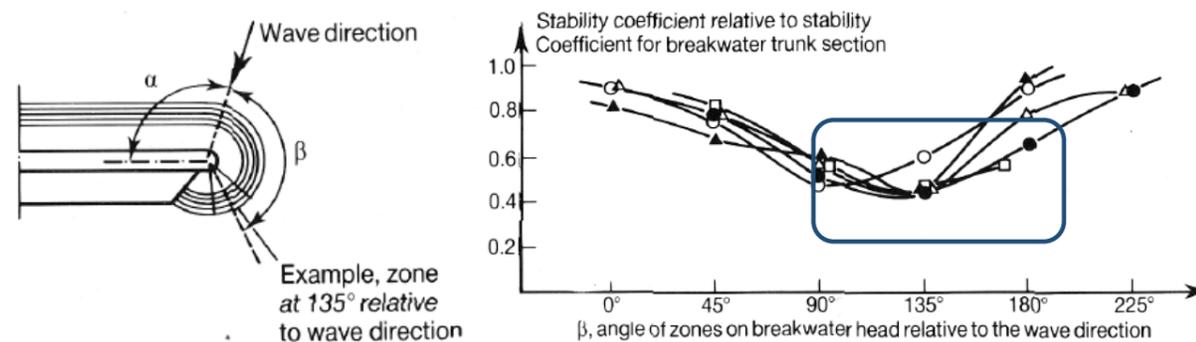


Figura 6.- Estabilidad de los morros de diques en talud (Fuente: CIRIA/CUR/CETMEF)

2.1.5 CORONACIÓN Y TALUD INTERIOR DE DIQUES REBASABLES

Si bien existen formulaciones que permiten calcular la masa de los bloques de estas zonas de diques rebasables en este caso se considerará para la coronación el mismo peso que para el manto exterior mientras que para el manto interior se considerará una masa entre el 50% y el 75% de la masa del talud exterior.

2.1.6 RESULTADOS OBTENIDOS

2.1.6.1 Espigón norte

Teniendo en cuenta la variabilidad de profundidades (que afecta a la rotura del oleaje y por tanto a la altura de ola de cálculo) y de su alineación (que afecta a la oblicuidad y por tanto al coeficiente reducir de la masa de piezas del manto principal), el espigón norte ha sido dividido en 4 tramos, tal como se muestra en la Figura 7.- .

- Tramo 1: que alcanza profundidades por encima de la $h = -1,5$ m (C.H.).
- Tramo 2: que alcanza profundidades entre $h = -1,5$ m y $h = -3$ m (C.H.).
- Tramo 3: que alcanza profundidades entre $h = -3$ m y $h = -4$ m (C.H.).
- Tramo 4: morro.

Tramo 1

Se ha establecido una cota de coronación +4,50 m (C.H.) con objeto que pueda efectuar la retención de la arena de la playa (que corona a la cota +4,00) y su impacto visual sea mínimo.

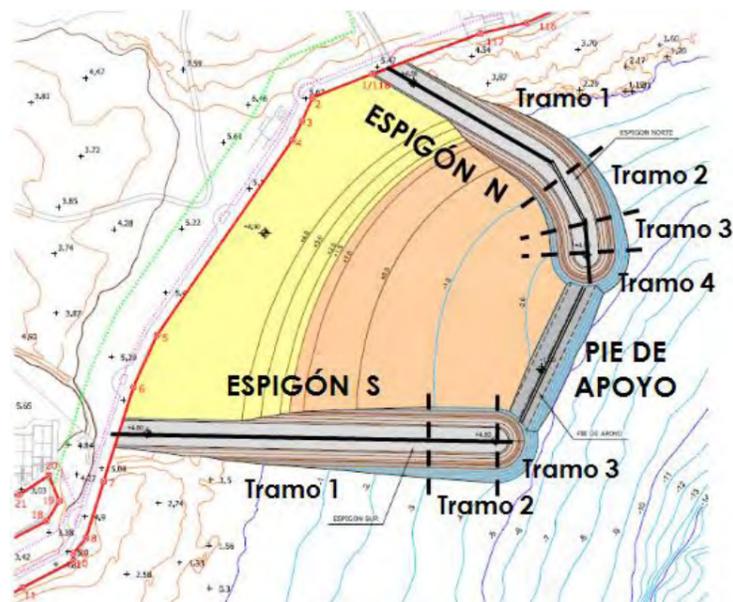


Figura 7.- Tramificación de las obras (Fuente: elaboración propia)

La Figura 8.- muestra los resultados obtenidos para un rango de periodos medios T_z entre 6,1 y 9,6 s (que equivale a unos periodos pico T_p entre 7 y 11 s), los 3 niveles de mar de cálculo (máxima, medio y mínimo) y un talud 1V:1,5H ($\cot\alpha = 1,5$). Puede apreciarse que se incluyen los factores r_D y γ_β que tienen en cuenta la rebasabilidad de la estructura (en función de su cota de coronación) y la oblicuidad del oleaje respectivamente.

En esas condiciones una masa de los cantos de escollera de $M = 1,6$ t sería suficiente.

Tramo 2

En este tramo se ha mantenido la cota de coronación +4,50 m (C.H.)

La Figura 9.- y Figura 10.- muestran los resultados obtenidos para unos talud 1V:1,5H ($\cot\alpha = 1,5$) y 1V:1,75H ($\cot\alpha = 1,75$). Puede apreciarse que las masas necesarias en este caso son respectivamente $M = 8$ t y $M = 6$ t. Dado que no es factible encontrar escolleras con una masa superior a las 6 t en cantidades suficientes, se opta por escoger un talud 1/1,75 para el talud exterior (el talud interior se mantendrá con una pendiente 1/1,5).

Tramo 3

La Figura 11.- muestra los resultados para una cota de coronación +4,5 m (C.H.) y un talud 1/2 ($\cot\alpha = 2$). Puede apreciarse que se requiere una masa $M = 10$ t. Si el talud fuese 1/2,75 la masa necesaria sería $M = 6$ t como puede apreciarse en la Figura 12.- . No obstante el empleo de taludes tan tendidos requiere un volumen de escollera demasiado elevado además de complicar y ralentizar la ejecución de la obra.

Por todo ello en este caso se ha considerado más conveniente reducir la cota de coronación de este tramo (que tiene poca longitud), escogiéndose un valor final de +2,00 m (C.H.) para la cual la masa de los cantos de escollera debe ser $M = 6$ t (ver Figura 13.-).

Tramo 4 (Morro)

En este caso se mantiene la cota de coronación +2,00 m (C.H.) para tener continuidad con el tramo anterior.

La Figura 14.- muestra los resultados para una cota de coronación +2,0 m (C.H.) y un talud 1/2 ($\cot\alpha = 2$). Puede apreciarse que se requiere una masa $M = 9$ t pero que al aplicarse el factor de mayoración del morro se convierte en $M = 13,5$ t. Para conseguir que escollera con una masa $M = 6$ t fuese estable se requeriría un talud 1/3,25 (ver Figura 15.-), que como ya se ha comentado anteriormente es excesivo.

Por todo ello se ha optado por el empleo de bloques cúbicos de hormigón en el morro. La Figura 16.- muestra los resultados para una cota de coronación +2,0 m (C.H.) y un talud 1/2 ($\cot\alpha = 2$). Puede

apreciarse que se requiere una masa $M = 7$ t pero que al aplicarse el factor de mayoración del morro se convierte en $M = 10,5$ t

2.1.6.2 Pie de apoyo

La cota de coronación de este pie viene dada por su funcionalidad (servir de apoyo al perfil sumergido de la playa) por lo que se ha fijado en la $-1,00$ m (C.H.).

La Figura 17.- muestra los resultados para una cota de coronación $-1,0$ m (C.H.) y un talud $1/1,75$ ($\cot\alpha = 1,75$). Puede apreciarse que se requiere una masa $M = 6$ t. El talud interior se ha proyectado con una pendiente $1/1,5$.

2.1.6.3 Espigón sur

En este caso la zonificación se debe fundamentalmente a las profundidades cubiertas por este espigón (ver Figura 7.-):

- Tramo 1: que alcanza profundidades por encima de la $h = -3$ m (C.H.).
- Tramo 2: que alcanza profundidades entre $h = -3$ m y $h = -4$ m (C.H.).
- Tramo 3: morro.

Tramo 1

Se ha establecido una cota de coronación $+4,50$ m (C.H.) con objeto que pueda efectuar la retención de la arena de la playa (que corona a la cota $+4,00$) y su impacto visual sea mínimo.

La Figura 18.- muestra los resultados para dicha cota de coronación y un talud $1/1,5$ ($\cot\alpha = 1,5$). Puede apreciarse que se requiere una masa $M = 1$ t.

Tramo 2

Por similitud con el tramo 3 del espigón norte se ha definido su cota de coronación en $+2,00$ m (C.H.).

La Figura 19.- muestra los resultados para dicha cota de coronación y un talud $1/1,5$ ($\cot\alpha = 1,5$). Puede apreciarse que se requiere una masa $M = 1$ t.

Tramo 3 (morro)

En este caso la oblicuidad puede considerarse nula ($\gamma_B = 1,00$) por lo que los resultados obtenidos para el morro del espigón norte son aplicables, ya que alcanzan una misma profundidad. De este modo no es factible diseñar el morro con escollera, por lo que se ha empleado también bloques cúbicos.

La Figura 20.- muestra los resultados para una cota de coronación $+2,00$ y un talud $1/1,5$ ($\cot\alpha = 1,5$). Puede apreciarse que los bloques cúbicos de hormigón requieren una masa $M = 9,5$ t.

En este caso dado que oleaje incidente de diseño (el de dirección E) tiene la misma dirección que el eje del espigón (ver Figura 1.-) apenas existe estrictamente la zona denominada "morro interior" y que es la que estrictamente debe ser mayorada por el factor 1,50. Por este motivo se mantiene la masa de los bloques $M = 9,5$ t.

2.1.6.4 Resumen de resultados

La siguiente tabla resume las masas necesarias tanto para escolleras (ESC) como para bloques cúbicos de hormigón (BCH). Con objeto de simplificar la ejecución de la obra se ha realizado una homogeneización de las diferentes categorías de las escolleras.

Tabla 7.- Masa de los bloques de escollera de talud considerado no rebasable (Fuente: elaboración propia)

Obra	Zona	Talud exterior (masa / talud)	Coronación (masa / cota de coronación)	Talud interior (masa / talud)
Espigón N	Tramo 1	ESC 2 t ; 1V:1,5H	ESC 2 t ; +4,50 m (C.H.)	ESC 1 t ; 1V:1,5H
	Tramo 2	ESC 6 t ; 1V:1,75H	ESC 6 t ; +4,50 m (C.H.)	ESC 4 t ; 1V:1,5H
	Tramo 3	ESC 6 t ; 1V:2H	ESC 6 t ; +2,0 m (C.H.)	ESC 4 t ; 1V:1,5H
	Tramo 4	BCH 10 t ; 1V:2H	BCH 10 t ; +2,0 m (C.H.)	---- (**)
Pie de apoyo		ESC 6 t ; 1V:1,75H	ESC 6 t ; -1,0 m (C.H.)	---- (*)
Espigón S	Tramo 1	M = 2 t ; 1V:1,5H	M = 2 t ; +4,50 m (C.H.)	M = 1 t ; 1V:1,5H
	Tramo 2	M = 2 t ; 1V:1,5H	M = 2 t ; +2,0 m (C.H.)	M = 1 t ; 1V:1,5H
	Tramo 3	BCH 10 t ; 1V:1,5H	BCH 10 t ; +2,0 m (C.H.)	---- (**)

Notas: (*) En este caso el talud interior estará cubierto por la arena de la nueva playa, por lo que solamente se dispondrá una capa de geotextil entre el núcleo y la arena.

(**) En un morro no hay talud interior ya que todo él es talud exterior y coronación.

2.2 CÁLCULO DEL RESTO DE ELEMENTOS

En cuanto a la capa filtro, deberá cumplirse la relación $W_{\text{filtro}} = W_{\text{ext}} / 10$ a 20.

Por debajo de estos materiales ya podría disponerse el núcleo formado por todo uno de escollera (con masas inferiores a 100 kg), pues cumple las condiciones de filtro.

No obstante en este caso y con objeto de reducir el volumen de material (y por tanto la anchura de los espigones, la superficie de fondo ocupada y el impacto paisajístico) se ha decidido sustituir la capa filtro por una capa de geotextil.

2.3 SECCIONES TIPO

Las secciones tipo se presentan en el plano 6.2.



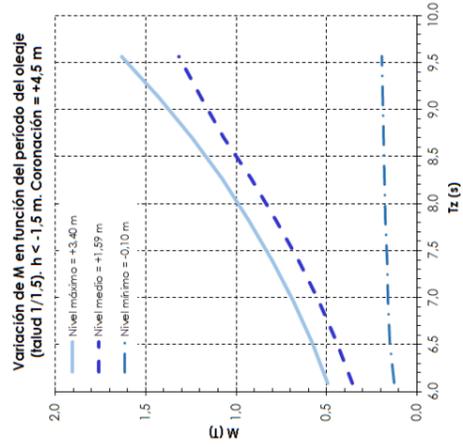
**Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera
Espigón Norte**

Formulación de Van der Meer (1988) para diques no rebasables + Van der Meer (1990) para diques rebasables + Van Gent (2014) para incidencia oblicua

Cota de coronación : +4,50 Niveles de mar +3,40 +1,59 -0,10

Densidad del agua (t/m³) : 1,025

h(m)	H _t (m)	H _{sig} (m)	T _z (s)	S _z	cof.ta.	γ _s	γ _s	γ _s	γ _s	S _d	N	Duración(h)	P	t ₅₀	N _t	K _d	t _b	γ _b	M(T)
-1,5	3,00	4,23	6,1	0,0518	1,50	2,65	2,93	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	4,42	2,187	6,97	0,90	0,52	0,49
-1,5	3,16	4,46	6,5	0,0476	1,50	2,65	3,06	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	4,42	2,156	6,68	0,89	0,52	0,58
-1,5	3,32	4,69	7,0	0,0440	1,50	2,65	3,18	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	4,42	2,127	6,42	0,88	0,52	0,69
-1,5	3,49	4,92	7,4	0,0409	1,50	2,65	3,30	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	4,42	2,101	6,18	0,87	0,52	0,80
-1,5	3,65	5,15	7,8	0,0382	1,50	2,65	3,41	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	4,42	2,077	5,98	0,87	0,52	0,93
-1,5	3,82	5,39	8,3	0,0359	1,50	2,65	3,52	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	4,42	2,056	5,79	0,86	0,52	1,08
-1,5	3,99	5,63	8,7	0,0338	1,50	2,65	3,63	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	4,42	2,036	5,63	0,86	0,52	1,25
-1,5	4,16	5,87	9,1	0,0320	1,50	2,65	3,73	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	4,42	2,018	5,48	0,85	0,52	1,43
-1,5	4,33	6,11	9,6	0,0303	1,50	2,65	3,83	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	4,42	2,001	5,34	0,85	0,52	1,63
-1,5	2,27	3,19	6,1	0,0392	1,50	2,65	3,37	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	4,42	2,039	5,65	1,00	0,52	0,36
-1,5	2,40	3,38	6,5	0,0361	1,50	2,65	3,51	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	4,42	2,011	5,43	1,00	0,52	0,44
-1,5	2,53	3,57	7,0	0,0335	1,50	2,65	3,64	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	4,42	1,987	5,23	1,00	0,52	0,54
-1,5	2,66	3,75	7,4	0,0312	1,50	2,65	3,77	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	4,42	1,964	5,05	1,00	0,52	0,65
-1,5	2,79	3,94	7,8	0,0292	1,50	2,65	3,90	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	4,42	1,943	4,89	1,00	0,52	0,78
-1,5	2,92	4,11	8,3	0,0274	1,50	2,65	4,03	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	4,42	1,922	4,73	1,00	0,52	0,92
-1,5	3,04	4,28	8,7	0,0257	1,50	2,65	4,16	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	4,42	1,902	4,59	1,00	0,52	1,07
-1,5	3,16	4,45	9,1	0,0243	1,50	2,65	4,28	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	4,42	1,884	4,45	0,99	0,52	1,20
-1,5	3,28	4,62	9,6	0,0230	1,50	2,65	4,40	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	4,42	1,866	4,33	0,97	0,52	1,32
-1,5	1,43	2,01	6,1	0,0247	1,50	2,65	4,24	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	4,42	1,817	4,00	1,00	0,52	0,13
-1,5	1,49	2,10	6,5	0,0225	1,50	2,65	4,45	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	4,42	1,792	3,84	1,00	0,52	0,15
-1,5	1,55	2,19	7,0	0,0206	1,50	2,65	4,65	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	4,42	1,836	4,13	1,00	0,52	0,16
-1,5	1,62	2,28	7,4	0,0189	1,50	2,65	4,84	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	4,42	1,878	4,41	1,00	0,52	0,17
-1,5	1,68	2,37	7,8	0,0175	1,50	2,65	5,03	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	4,42	1,918	4,70	1,00	0,52	0,18
-1,5	1,73	2,44	8,3	0,0162	1,50	2,65	5,24	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	4,42	1,959	5,01	1,00	0,52	0,18
-1,5	1,78	2,51	8,7	0,0151	1,50	2,65	5,43	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	4,42	1,998	5,32	1,00	0,52	0,18
-1,5	1,83	2,58	9,1	0,0140	1,50	2,65	5,63	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	4,42	2,036	5,63	1,00	0,52	0,19
-1,5	1,88	2,64	9,6	0,0131	1,50	2,65	5,82	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	4,42	2,073	5,94	1,00	0,52	0,19



**Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera
Espigón Norte**

Formulación de Van der Meer (1988) para diques no rebasables + Van der Meer (1990) para diques rebasables + Van Gent (2014) para incidencia oblicua

Cota de coronación : +4,50 Niveles de mar +3,40 +1,59 -0,10

Densidad del agua (t/m³) : 1,025

h(m)	H _t (m)	H _{sig} (m)	T _z (s)	S _z	cof.ta.	γ _s	γ _s	γ _s	γ _s	S _d	N	Duración(h)	P	t ₅₀	N _t	K _d	t _b	γ _b	M(T)
-3,0	3,62	5,11	6,1	0,0627	1,50	2,65	2,66	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	4,42	2,293	8,04	0,89	0,82	2,86
-3,0	3,79	5,34	6,5	0,0571	1,50	2,65	2,79	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	4,42	2,255	7,65	0,88	0,82	3,34
-3,0	3,95	5,57	7,0	0,0523	1,50	2,65	2,91	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	4,42	2,221	7,31	0,87	0,82	3,87
-3,0	4,12	5,81	7,4	0,0483	1,50	2,65	3,03	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	4,42	2,190	7,00	0,87	0,82	4,46
-3,0	4,28	6,04	7,8	0,0448	1,50	2,65	3,15	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	4,42	2,162	6,73	0,86	0,82	5,12
-3,0	4,34	6,11	8,3	0,0407	1,50	2,65	3,31	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	4,42	2,122	6,37	0,86	0,82	5,55
-3,0	4,39	6,19	8,7	0,0372	1,50	2,65	3,46	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	4,42	2,085	6,05	0,86	0,82	5,99
-3,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	1,50	2,65	3,62	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	4,42	2,048	5,72	0,85	0,82	6,35
-3,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	1,50	2,65	3,79	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	4,42	2,010	5,41	0,85	0,82	6,66
-3,0	2,87	4,05	6,1	0,0497	1,50	2,65	2,99	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	4,42	2,163	6,75	1,00	0,82	2,41
-3,0	3,03	4,28	6,5	0,0457	1,50	2,65	3,12	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	4,42	2,133	6,47	1,00	0,82	2,95
-3,0	3,19	4,50	7,0	0,0423	1,50	2,65	3,24	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	4,42	2,106	6,23	1,00	0,82	3,59
-3,0	3,35	4,73	7,4	0,0393	1,50	2,65	3,36	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	4,42	2,081	6,01	1,00	0,82	4,31
-3,0	3,51	4,96	7,8	0,0368	1,50	2,65	3,48	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	4,42	2,058	5,81	1,00	0,82	5,12
-3,0	3,68	5,19	8,3	0,0345	1,50	2,65	3,59	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	4,42	2,037	5,63	0,99	0,82	5,96
-3,0	3,84	5,42	8,7	0,0325	1,50	2,65	3,70	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	4,42	2,017	5,47	0,98	0,82	6,64
-3,0	4,01	5,65	9,1	0,0308	1,50	2,65	3,80	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	4,42	1,999	5,32	0,96	0,82	7,40
-3,0	4,17	5,88	9,6	0,0292	1,50	2,65	3,90	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	4,42	1,982	5,19	0,95	0,82	8,23
-3,0	2,18	3,08	6,1	0,0378	1,50	2,65	3,43	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	4,42	2,020	5,50	1,00	0,82	1,30
-3,0	2,31	3,26	6,5	0,0348	1,50	2,65	3,57	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	4,42	1,993	5,28	1,00	0,82	1,60
-3,0	2,44	3,44	7,0	0,0323	1,50	2,65	3,71	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	4,42	1,968	5,08	1,00	0,82	1,95
-3,0	2,56	3,62	7,4	0,0301	1,50	2,65	3,84	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	4,42	1,946	4,91	1,00	0,82	2,35
-3,0	2,69	3,79	7,8	0,0281	1,50	2,65	3,97	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	4,42	1,925	4,75	1,00	0,82	2,81
-3,0	2,81	3,96	8,3	0,0263	1,50	2,65	4,11	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	4,42	1,903	4,60	1,00	0,82	3,29
-3,0	2,92	4,12	8,7	0,0247	1,50	2,65	4,24	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	4,42	1,883	4,45	1,00	0,82	3,83
-3,0	3,03	4,28	9,1	0,0233	1,50	2,65	4,37	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	4,42	1,865	4,32	1,00	0,82	4,43
-3,0	3,15	4,44	9,6	0,0220	1,50	2,65	4,49	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	4,42	1,849	4,35	1,00	0,82	4,91

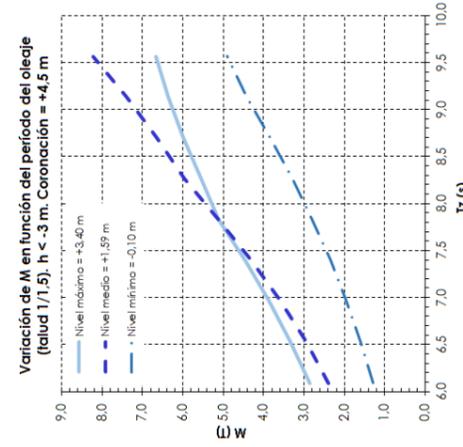


Figura 8.- Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 1 – Espigón N. Talud 1/1,5 (Fuente: elaboración propia)

Figura 9.- Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 2 – Espigón N. Talud 1/1,5 (Fuente: elaboración propia)



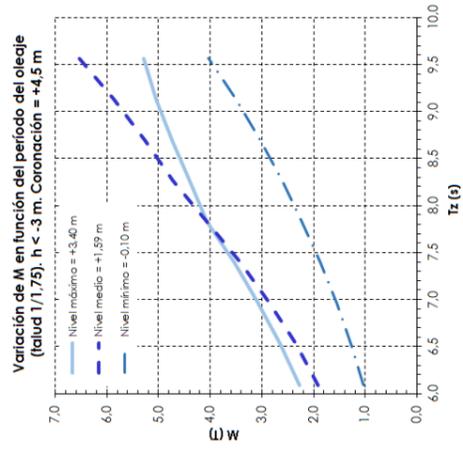
**Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera
Espigón Norte**

Formulación de Van der Meer (1988) para diques no rebasables + Van der Meer (1990) para diques rebasables + Van Gent (2014) para incidencia oblicua

Cota de coronación: +4,50 Niveles de mar: +3,40 +1,59 -0,10

Densidad del agua (t/m³): 1,025

h(m)	H _t (m)	H _{sig} (m)	T _z (s)	S _z	cofta	γ _s	γ _s	γ _s	γ _s	S _d	N	Duración(t)	P	ξ _{sp}	N _t	K _d	I ₀	γ _B	M(T)	
-3,0	3,62	5,11	6,1	0,0627	1,75	2,65	2,28	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	0,40	4,06	2,477	8,68	0,89	0,82	2,27
-3,0	3,79	5,34	6,5	0,0571	1,75	2,65	2,39	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	0,40	4,06	2,466	8,26	0,88	0,82	2,65
-3,0	3,95	5,57	7,0	0,0523	1,75	2,65	2,50	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	0,40	4,06	2,399	7,89	0,87	0,82	3,07
-3,0	4,12	5,81	7,4	0,0483	1,75	2,65	2,60	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	0,40	4,06	2,366	7,57	0,87	0,82	3,54
-3,0	4,28	6,04	7,8	0,0448	1,75	2,65	2,70	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	0,40	4,06	2,335	7,27	0,86	0,82	4,07
-3,0	4,34	6,11	8,3	0,0407	1,75	2,65	2,83	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	0,40	4,06	2,292	6,88	0,86	0,82	4,40
-3,0	4,39	6,19	8,7	0,0372	1,75	2,65	2,96	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	0,40	4,06	2,252	6,53	0,86	0,82	4,75
-3,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	1,75	2,65	3,10	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	0,40	4,06	2,212	6,18	0,85	0,82	5,04
-3,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	1,75	2,65	3,25	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	0,40	4,06	2,171	5,85	0,85	0,82	5,28
-3,0	2,87	4,05	6,1	0,0497	1,75	2,65	2,56	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	0,40	4,06	2,337	7,29	1,00	0,82	1,91
-3,0	3,03	4,28	6,5	0,0457	1,75	2,65	2,67	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	0,40	4,06	2,304	6,99	1,00	0,82	2,34
-3,0	3,19	4,50	7,0	0,0423	1,75	2,65	2,78	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	0,40	4,06	2,275	6,73	1,00	0,82	2,85
-3,0	3,35	4,73	7,4	0,0393	1,75	2,65	2,88	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	0,40	4,06	2,248	6,49	1,00	0,82	3,42
-3,0	3,51	4,96	7,8	0,0368	1,75	2,65	2,98	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	0,40	4,06	2,223	6,27	1,00	0,82	4,07
-3,0	3,68	5,19	8,3	0,0345	1,75	2,65	3,08	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	0,40	4,06	2,200	6,08	0,99	0,82	4,73
-3,0	3,84	5,42	8,7	0,0325	1,75	2,65	3,17	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	0,40	4,06	2,179	5,91	0,98	0,82	5,27
-3,0	4,01	5,65	9,1	0,0308	1,75	2,65	3,26	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	0,40	4,06	2,159	5,75	0,96	0,82	5,87
-3,0	4,17	5,88	9,6	0,0292	1,75	2,65	3,34	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	0,40	4,06	2,141	5,61	0,95	0,82	6,53
-3,0	2,18	3,08	6,1	0,0378	1,75	2,65	2,94	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	0,40	4,06	2,182	5,94	1,00	0,82	1,03
-3,0	2,31	3,26	6,5	0,0348	1,75	2,65	3,06	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	0,40	4,06	2,153	5,70	1,00	0,82	1,27
-3,0	2,44	3,44	7,0	0,0323	1,75	2,65	3,18	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	0,40	4,06	2,126	5,49	1,00	0,82	1,55
-3,0	2,56	3,62	7,4	0,0301	1,75	2,65	3,30	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	0,40	4,06	2,102	5,30	1,00	0,82	1,87
-3,0	2,69	3,79	7,8	0,0281	1,75	2,65	3,41	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	0,40	4,06	2,079	5,13	1,00	0,82	2,23
-3,0	2,81	3,96	8,3	0,0263	1,75	2,65	3,52	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	0,40	4,06	2,056	4,96	1,00	0,82	2,61
-3,0	2,92	4,12	8,7	0,0247	1,75	2,65	3,63	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	0,40	4,06	2,034	4,81	1,00	0,82	3,04
-3,0	3,03	4,28	9,1	0,0233	1,75	2,65	3,74	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	0,40	4,06	2,014	4,67	1,00	0,82	3,51
-3,0	3,15	4,44	9,6	0,0220	1,75	2,65	3,85	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	0,40	4,06	1,995	4,54	1,00	0,82	4,04



**Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera
Espigón Norte**

Formulación de Van der Meer (1988) para diques no rebasables + Van der Meer (1990) para diques rebasables + Van Gent (2014) para incidencia oblicua

Cota de coronación: +4,50 Niveles de mar: +3,40 +1,59 -0,10

Densidad del agua (t/m³): 1,025

h(m)	H _t (m)	H _{sig} (m)	T _z (s)	S _z	cofta	γ _s	γ _s	γ _s	γ _s	S _d	N	Duración(t)	P	ξ _{sp}	N _t	K _d	I ₀	γ _B	M(T)	
-4,0	4,16	5,77	6,1	0,0719	2,00	2,65	2,10	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	0,40	3,77	2,583	8,61	1,00	0,98	4,03
-4,0	4,22	5,95	6,5	0,0656	2,00	2,65	1,98	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	0,40	3,77	2,543	8,23	1,00	0,98	4,64
-4,0	4,35	6,13	7,0	0,0510	2,00	2,65	2,10	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	0,40	3,77	2,508	7,89	1,00	0,98	5,08
-4,0	4,41	6,22	7,4	0,0461	2,00	2,65	2,21	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	0,40	3,77	2,475	7,58	1,00	0,98	5,55
-4,0	4,41	6,22	7,8	0,0412	2,00	2,65	2,33	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	0,40	3,77	2,446	7,31	1,00	0,98	6,05
-4,0	4,41	6,22	8,3	0,0374	2,00	2,65	2,46	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	0,40	3,77	2,420	7,09	0,98	0,98	6,38
-4,0	4,41	6,22	8,7	0,0339	2,00	2,65	2,59	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	0,40	3,77	2,397	6,88	0,97	0,98	6,71
-4,0	4,41	6,22	9,1	0,0309	2,00	2,65	2,72	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	0,40	3,77	2,364	6,61	0,85	0,98	7,05
-4,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	2,00	2,65	2,85	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	0,40	3,77	2,321	6,25	0,85	0,98	7,38
-4,0	3,28	4,63	6,1	0,0567	2,00	2,65	2,10	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	0,40	3,77	2,583	8,61	1,00	0,98	3,60
-4,0	3,45	4,86	6,5	0,0519	2,00	2,65	2,19	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	0,40	3,77	2,543	8,23	1,00	0,98	4,37
-4,0	3,61	5,09	7,0	0,0478	2,00	2,65	2,29	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	0,40	3,77	2,508	7,89	1,00	0,98	5,25
-4,0	3,78	5,33	7,4	0,0443	2,00	2,65	2,38	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	0,40	3,77	2,475	7,58	1,00	0,98	6,24
-4,0	3,94	5,56	7,8	0,0412	2,00	2,65	2,46	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	0,40	3,77	2,446	7,31	1,00	0,98	7,35
-4,0	4,12	5,82	8,3	0,0387	2,00	2,65	2,54	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	0,40	3,77	2,420	7,09	0,98	0,98	8,21
-4,0	4,31	6,07	8,7	0,0365	2,00	2,65	2,62	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	0,40	3,77	2,397	6,88	0,97	0,98	9,18
-4,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	2,00	2,65	2,72	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	0,40	3,77	2,364	6,61	0,85	0,98	9,90
-4,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	2,00	2,65	2,85	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	0,40	3,77	2,321	6,25	0,85	0,98	10,20
-4,0	2,60	3,66	6,1	0,0449	2,00	2,65	2,36	2,0	3,549	6,0	3,549	6,0	0,40	0,40	3,77	2,436	7,22	1,00	0,98	2,12
-4,0	2,75	3,87	6,5	0,0414	2,00	2,65	2,46	2,0	3,312	6,0	3,312	6,0	0,40	0,40	3,77	2,403	6,94	1,00	0,98	2,62
-4,0	2,90	4,09	7,0	0,0384	2,00	2,65	2,55	2,0	3,105	6,0	3,105	6,0	0,40	0,40	3,77	2,373	6,68	1,00	0,98	3,19
-4,0	3,05	4,30	7,4	0,0357	2,00	2,65	2,64	2,0	2,922	6,0	2,922	6,0	0,40	0,40	3,77	2,346	6,46	1,00	0,98	3,85
-4,0	3,20	4,51	7,8	0,0335	2,00	2,65	2,73	2,0	2,760	6,0	2,760	6,0	0,40	0,40	3,77	2,321	6,25	1,00	0,98	4,60
-4,0	3,35	4,72	8,3	0,0314	2,00	2,65	2,82	2,0	2,615	6,0	2,615	6,0	0,40	0,40	3,77	2,297	6,06	1,00	0,98	5,43
-4,0	3,49	4,93	8,7	0,0296	2,00	2,65	2,91	2,0	2,484	6,0	2,484	6,0	0,40	0,40	3,77	2,274	5,88	1,00	0,98	6,36
-4,0	3,64	5,13	9,1	0,0280	2,00	2,65	2,99	2,0	2,366	6,0	2,366	6,0	0,40	0,40	3,77	2,254	5,72	1,00	0,98	7,40
-4,0	3,79	5,34	9,6	0,0265	2,00	2,65	3,07	2,0	2,258	6,0	2,258	6,0	0,40	0,40	3,77	2,234	5,57	1,00	0,98	8,55

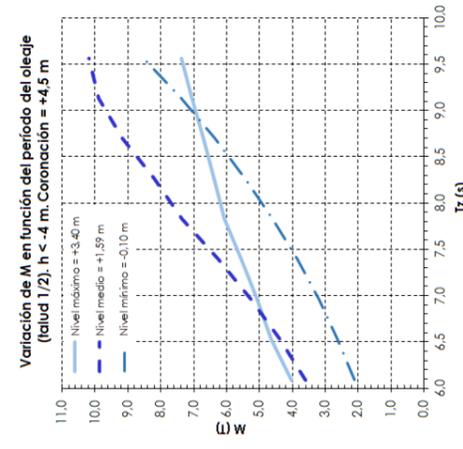


Figura 10.- Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 2 – Espigón N. Talud 1/1,75 (Fuente: elaboración propia)

Figura 11.- Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 3 – Espigón N. Talud 1/2 y Coronación = +4,50 (Fuente: elaboración propia)



**Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera
Espigón Norte**

Formulación de Van der Meer (1988) para diques no rebasables + Van der Meer (1990) para diques rebasables + Van Gent (2014) para incidencia oblicua

Cota de coronación: +4,50 Niveles de mar: +3,40 +1,59 -0,10

Densidad del agua (f/m³): 1,025

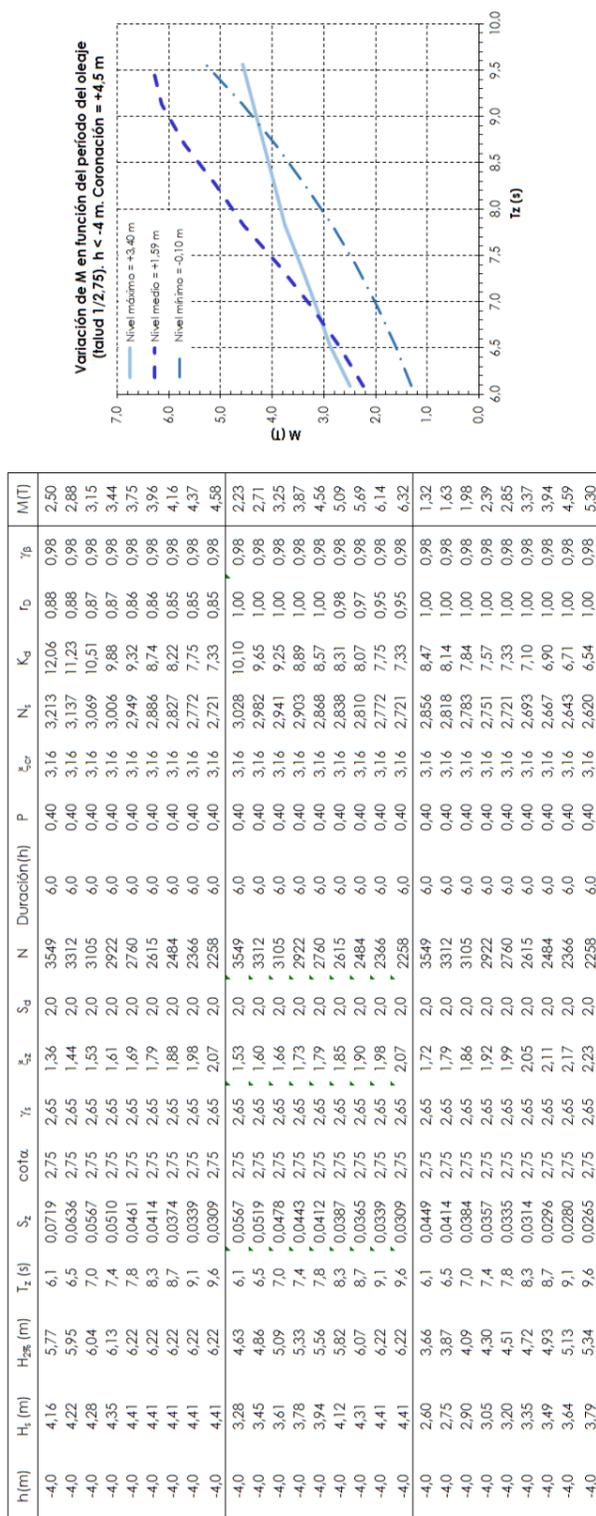


Figura 12.- Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 3 – Espigón N. Talud 1/2,75 y Coronación = +4,50 (Fuente: elaboración propia)



**Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera
Espigón Norte**

Formulación de Van der Meer (1988) para diques no rebasables + Van der Meer (1990) para diques rebasables + Van Gent (2014) para incidencia oblicua

Cota de coronación: +2,00 Niveles de mar: +3,40 +1,59 -0,10

Densidad del agua (f/m³): 1,025

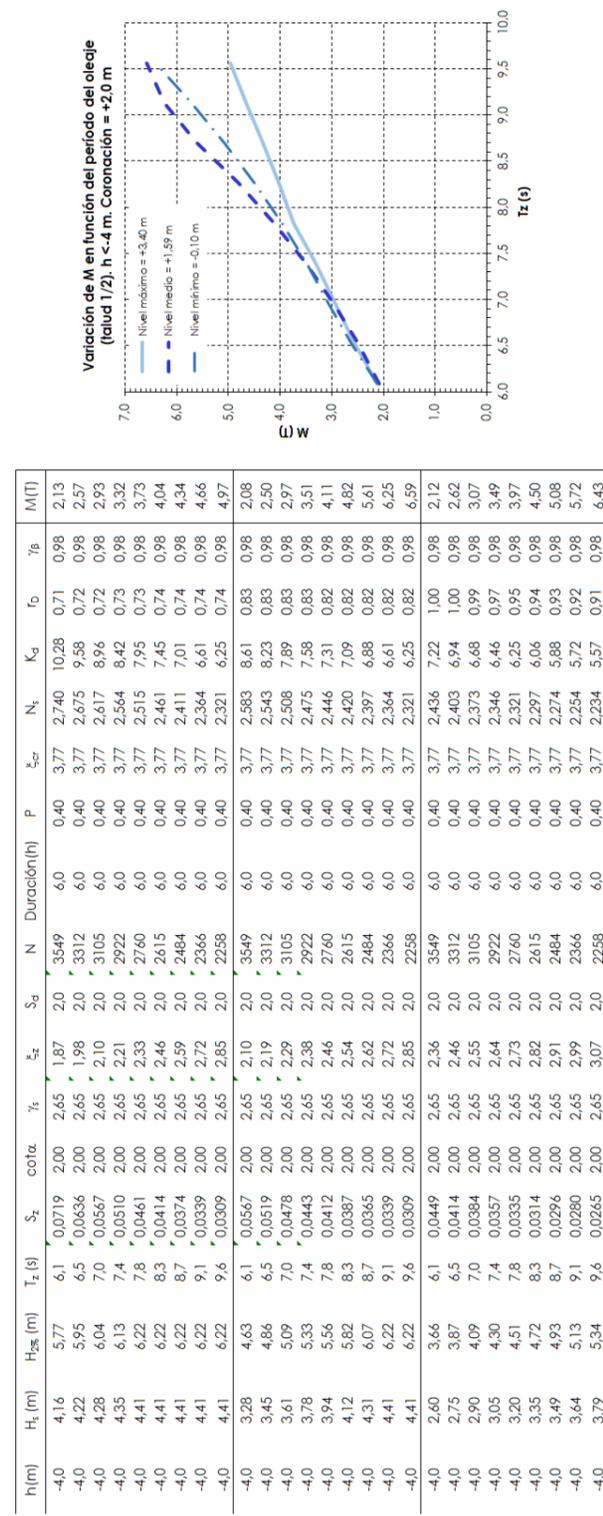


Figura 13.- Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 3 – Espigón N. Talud 1/2 y Coronación = +2,00 (Fuente: elaboración propia)

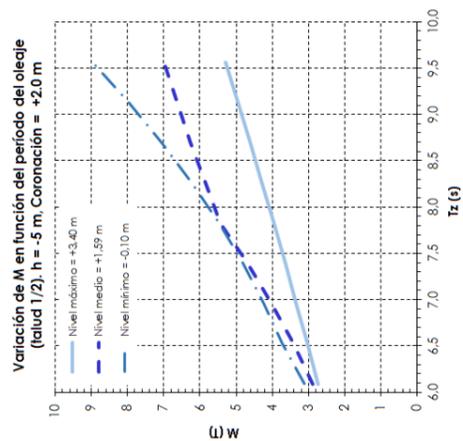
**Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera
Espigón Norte y Pie de apoyo**

Formulación de Van der Meer (1988) para diques no rebasables + Van der Meer (1990) para diques rebasables + Van Gent (2014) para incidencia oblicua

Cota de coronación: +2,00 Niveles de mar: +3,40 +1,59 -0,10

Densidad del agua (t/m³): 1,025

h(m)	H ₁ (m)	H _{15k} (m)	H ₂₅ (m)	T _z (s)	S _z	cofa	γ _s	z _s	S _g	N	Duración(h)	P	ε _{cr}	N _s	K _g	f ₀	γ _b	M(T)
-5,0	4,41	6,22	6,1	0,0762	2,00	2,65	1,81	2,0	3,549	6,0	0,40	0,40	3,77	2,781	10,75	0,72	0,98	2,73
-5,0	4,41	6,22	6,5	0,0664	2,00	2,65	1,94	2,0	3,312	6,0	0,40	0,40	3,77	2,705	9,90	0,72	0,98	3,03
-5,0	4,41	6,22	7,0	0,0584	2,00	2,65	2,07	2,0	3,105	6,0	0,40	0,40	3,77	2,636	9,16	0,73	0,98	3,34
-5,0	4,41	6,22	7,4	0,0517	2,00	2,65	2,20	2,0	2,922	6,0	0,40	0,40	3,77	2,573	8,52	0,73	0,98	3,65
-5,0	4,41	6,22	7,8	0,0461	2,00	2,65	2,33	2,0	2,760	6,0	0,40	0,40	3,77	2,515	7,95	0,73	0,98	3,97
-5,0	4,41	6,22	8,3	0,0414	2,00	2,65	2,46	2,0	2,615	6,0	0,40	0,40	3,77	2,461	7,45	0,74	0,98	4,29
-5,0	4,41	6,22	8,7	0,0374	2,00	2,65	2,59	2,0	2,484	6,0	0,40	0,40	3,77	2,411	7,01	0,74	0,98	4,62
-5,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	2,00	2,65	2,72	2,0	2,366	6,0	0,40	0,40	3,77	2,364	6,61	0,74	0,98	4,95
-5,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	2,00	2,65	2,85	2,0	2,258	6,0	0,40	0,40	3,77	2,321	6,25	0,74	0,98	5,28
-5,0	3,71	5,23	6,1	0,0641	2,00	2,65	1,98	2,0	3,549	6,0	0,40	0,40	3,77	2,662	9,44	0,83	0,98	2,89
-5,0	3,87	5,46	6,5	0,0583	2,00	2,65	2,07	2,0	3,312	6,0	0,40	0,40	3,77	2,618	8,97	0,83	0,98	3,42
-5,0	4,03	5,69	7,0	0,0534	2,00	2,65	2,16	2,0	3,105	6,0	0,40	0,40	3,77	2,578	8,56	0,83	0,98	4,02
-5,0	4,20	5,92	7,4	0,0492	2,00	2,65	2,25	2,0	2,922	6,0	0,40	0,40	3,77	2,541	8,20	0,82	0,98	4,69
-5,0	4,36	6,15	7,8	0,0456	2,00	2,65	2,34	2,0	2,760	6,0	0,40	0,40	3,77	2,508	7,88	0,82	0,98	5,44
-5,0	4,38	6,18	8,3	0,0411	2,00	2,65	2,47	2,0	2,615	6,0	0,40	0,40	3,77	2,457	7,41	0,82	0,98	5,84
-5,0	4,40	6,21	8,7	0,0373	2,00	2,65	2,59	2,0	2,484	6,0	0,40	0,40	3,77	2,410	7,00	0,82	0,98	6,26
-5,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	2,00	2,65	2,72	2,0	2,366	6,0	0,40	0,40	3,77	2,364	6,61	0,82	0,98	6,64
-5,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	2,00	2,65	2,85	2,0	2,258	6,0	0,40	0,40	3,77	2,321	6,25	0,82	0,98	7,00
-5,0	3,00	4,23	6,1	0,0518	2,00	2,65	1,20	2,0	3,549	6,0	0,40	0,40	3,77	2,525	8,05	1,00	0,98	3,12
-5,0	3,16	4,46	6,5	0,0476	2,00	2,65	1,29	2,0	3,312	6,0	0,40	0,40	3,77	2,489	7,71	0,99	0,98	3,72
-5,0	3,32	4,69	7,0	0,0440	2,00	2,65	1,38	2,0	3,105	6,0	0,40	0,40	3,77	2,456	7,41	0,97	0,98	4,24
-5,0	3,49	4,92	7,4	0,0409	2,00	2,65	1,47	2,0	2,922	6,0	0,40	0,40	3,77	2,426	7,14	0,95	0,98	4,82
-5,0	3,65	5,15	7,8	0,0382	2,00	2,65	1,56	2,0	2,760	6,0	0,40	0,40	3,77	2,399	6,90	0,94	0,98	5,47
-5,0	3,82	5,39	8,3	0,0359	2,00	2,65	1,64	2,0	2,615	6,0	0,40	0,40	3,77	2,374	6,69	0,93	0,98	6,22
-5,0	3,99	5,63	8,7	0,0338	2,00	2,65	1,72	2,0	2,484	6,0	0,40	0,40	3,77	2,351	6,50	0,92	0,98	7,06
-5,0	4,16	5,87	9,1	0,0320	2,00	2,65	1,80	2,0	2,366	6,0	0,40	0,40	3,77	2,330	6,33	0,91	0,98	7,98
-5,0	4,33	6,11	9,6	0,0303	2,00	2,65	1,87	2,0	2,258	6,0	0,40	0,40	3,77	2,310	6,16	0,90	0,98	8,99



**Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera
Espigón Norte y Pie de apoyo**

Formulación de Van der Meer (1988) para diques no rebasables + Van der Meer (1990) para diques rebasables + Van Gent (2014) para incidencia oblicua

Cota de coronación: +2,00 Niveles de mar: +3,40 +1,59 -0,10

Densidad del agua (t/m³): 1,025

h(m)	H ₁ (m)	H _{15k} (m)	H ₂₅ (m)	T _z (s)	S _z	cofa	γ _s	z _s	S _g	N	Duración(h)	P	ε _{cr}	N _s	K _g	f ₀	γ _b	M(T)
-5,0	4,41	6,22	6,1	0,0762	3,25	2,65	1,11	2,0	3,549	6,0	0,40	0,40	2,88	3,545	13,70	0,72	0,98	1,32
-5,0	4,41	6,22	6,5	0,0664	3,25	2,65	1,19	2,0	3,312	6,0	0,40	0,40	2,88	3,448	12,61	0,72	0,98	1,46
-5,0	4,41	6,22	7,0	0,0584	3,25	2,65	1,27	2,0	3,105	6,0	0,40	0,40	2,88	3,360	11,67	0,73	0,98	1,61
-5,0	4,41	6,22	7,4	0,0517	3,25	2,65	1,35	2,0	2,922	6,0	0,40	0,40	2,88	3,280	10,86	0,73	0,98	1,76
-5,0	4,41	6,22	7,8	0,0461	3,25	2,65	1,43	2,0	2,760	6,0	0,40	0,40	2,88	3,206	10,14	0,73	0,98	1,91
-5,0	4,41	6,22	8,3	0,0414	3,25	2,65	1,51	2,0	2,615	6,0	0,40	0,40	2,88	3,137	9,50	0,74	0,98	2,07
-5,0	4,41	6,22	8,7	0,0374	3,25	2,65	1,59	2,0	2,484	6,0	0,40	0,40	2,88	3,073	8,93	0,74	0,98	2,23
-5,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	3,25	2,65	1,67	2,0	2,366	6,0	0,40	0,40	2,88	3,014	8,42	0,74	0,98	2,39
-5,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	3,25	2,65	1,75	2,0	2,258	6,0	0,40	0,40	2,88	2,958	7,97	0,74	0,98	2,55
-5,0	3,71	5,23	6,1	0,0641	3,25	2,65	1,22	2,0	3,549	6,0	0,40	0,40	2,88	3,394	12,03	0,83	0,98	1,39
-5,0	3,87	5,46	6,5	0,0583	3,25	2,65	1,27	2,0	3,312	6,0	0,40	0,40	2,88	3,337	11,44	0,83	0,98	1,65
-5,0	4,03	5,69	7,0	0,0534	3,25	2,65	1,33	2,0	3,105	6,0	0,40	0,40	2,88	3,286	10,92	0,83	0,98	1,94
-5,0	4,20	5,92	7,4	0,0492	3,25	2,65	1,39	2,0	2,922	6,0	0,40	0,40	2,88	3,239	10,46	0,82	0,98	2,27
-5,0	4,36	6,15	7,8	0,0456	3,25	2,65	1,44	2,0	2,760	6,0	0,40	0,40	2,88	3,196	10,05	0,82	0,98	2,63
-5,0	4,38	6,18	8,3	0,0411	3,25	2,65	1,52	2,0	2,615	6,0	0,40	0,40	2,88	3,132	9,45	0,82	0,98	2,82
-5,0	4,40	6,21	8,7	0,0373	3,25	2,65	1,59	2,0	2,484	6,0	0,40	0,40	2,88	3,072	8,92	0,82	0,98	3,02
-5,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	3,25	2,65	1,67	2,0	2,366	6,0	0,40	0,40	2,88	3,014	8,42	0,82	0,98	3,20
-5,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	3,25	2,65	1,75	2,0	2,258	6,0	0,40	0,40	2,88	2,958	7,97	0,82	0,98	3,38
-5,0	3,00	4,23	6,1	0,0518	3,25	2,65	1,35	2,0	3,549	6,0	0,40	0,40	2,88	3,219	10,26	1,00	0,98	1,51
-5,0	3,16	4,46	6,5	0,0476	3,25	2,65	1,41	2,0	3,312	6,0	0,40	0,40	2,88	3,173	9,83	0,99	0,98	1,80
-5,0	3,32	4,69	7,0	0,0440	3,25	2,65	1,47	2,0	3,105	6,0	0,40	0,40	2,88	3,131	9,44	0,97	0,98	2,05
-5,0	3,49	4,92	7,4	0,0409	3,25	2,65	1,52	2,0	2,922	6,0	0,40	0,40	2,88	3,093	9,10	0,95	0,98	2,33
-5,0	3,65	5,15	7,8	0,0382	3,25	2,65	1,57	2,0	2,760	6,0	0,40	0,40	2,88	3,058	8,80	0,94	0,98	2,64
-5,0	3,82	5,39	8,3	0,0359	3,25	2,65	1,62	2,0	2,615	6,0	0,40	0,40	2,88	3,026	8,53	0,93	0,98	3,00
-5,0	3,99	5,63	8,7	0,0338	3,25	2,65	1,67	2,0	2,484	6,0	0,40	0,40	2,88	2,997	8,29	0,92	0,98	3,41
-5,0	4,16	5,87	9,1	0,0320	3,25	2,65	1,72	2,0	2,366	6,0	0,40	0,40	2,88	2,970	8,06	0,91	0,98	3,85
-5,0	4,33	6,11	9,6	0,0303	3,25	2,65	1,77	2,0	2,258	6,0	0,40	0,40	2,88	2,945	7,86	0,90	0,98	4,34

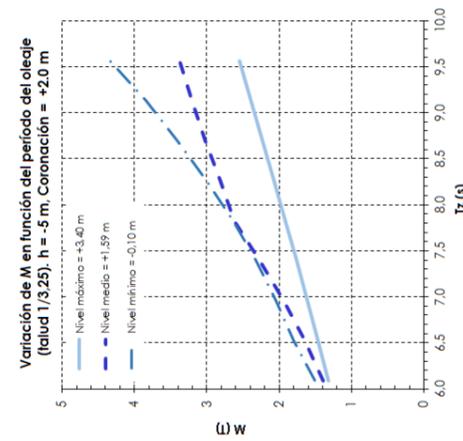


Figura 14.- Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 4 – Espigón N. Talud 1/2 y Coronación = +2,00 (Fuente: elaboración propia)

Figura 15.- Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 4 – Espigón N. Talud 1/3.25 y Coronación = +2,00 (Fuente: elaboración propia)

Cálculo de la estabilidad de bloques cúbicos
Morro Espigón N

Formulación de Van der Meer (1988) para diques no rebasables + Van der Meer (1990) para diques rebasables + Van Gent (2014) para incidencia oblicua



Cota de coronación: +2,00 Niveles de mar +3,40 +1,59 -0,10

Densidad del agua (t/m³) 1,025

h(m)	H ₁ (m)	T _z (s)	S _z	cotα	γ _s	N _{od}	N	Duración(h)	N _c	K _d	f _r	γ _β	M(T)
-5,0	4,41	6,1	0,0762	2,00	2,30	0,25	3549	6,0	1,722	3,40	0,72	1,00	5,53
-5,0	4,41	6,5	0,0664	2,00	2,30	0,25	3312	6,0	1,755	3,60	0,72	1,00	5,34
-5,0	4,41	7,0	0,0584	2,00	2,30	0,25	3105	6,0	1,787	3,80	0,73	1,00	5,15
-5,0	4,41	7,4	0,0517	2,00	2,30	0,25	2922	6,0	1,817	4,00	0,73	1,00	4,98
-5,0	4,41	7,8	0,0461	2,00	2,30	0,25	2760	6,0	1,846	4,20	0,73	1,00	4,82
-5,0	4,41	8,3	0,0414	2,00	2,30	0,25	2615	6,0	1,874	4,39	0,74	1,00	4,67
-5,0	4,41	8,7	0,0374	2,00	2,30	0,25	2484	6,0	1,901	4,58	0,74	1,00	4,52
-5,0	4,41	9,1	0,0339	2,00	2,30	0,25	2366	6,0	1,928	4,78	0,74	1,00	4,39
-5,0	4,41	9,6	0,0309	2,00	2,30	0,25	2258	6,0	1,953	4,97	0,74	1,00	4,26
-5,0	3,71	6,1	0,0641	2,00	2,30	0,25	3549	6,0	1,752	3,59	0,83	1,00	4,87
-5,0	3,87	6,5	0,0583	2,00	2,30	0,25	3312	6,0	1,778	3,75	0,83	1,00	5,25
-5,0	4,03	7,0	0,0534	2,00	2,30	0,25	3105	6,0	1,803	3,91	0,83	1,00	5,65
-5,0	4,20	7,4	0,0492	2,00	2,30	0,25	2922	6,0	1,826	4,06	0,82	1,00	6,08
-5,0	4,36	7,8	0,0456	2,00	2,30	0,25	2760	6,0	1,848	4,21	0,82	1,00	6,53
-5,0	4,38	8,3	0,0411	2,00	2,30	0,25	2615	6,0	1,876	4,40	0,82	1,00	6,31
-5,0	4,40	8,7	0,0373	2,00	2,30	0,25	2484	6,0	1,902	4,59	0,82	1,00	6,12
-5,0	4,41	9,1	0,0339	2,00	2,30	0,25	2366	6,0	1,928	4,78	0,82	1,00	5,89
-5,0	4,41	9,6	0,0309	2,00	2,30	0,25	2258	6,0	1,953	4,97	0,82	1,00	5,64
-5,0	3,00	6,1	0,0518	2,00	2,30	0,25	3549	6,0	1,790	3,82	1,00	1,00	4,21
-5,0	3,16	6,5	0,0476	2,00	2,30	0,25	3312	6,0	1,815	3,98	0,99	1,00	4,62
-5,0	3,32	7,0	0,0440	2,00	2,30	0,25	3105	6,0	1,838	4,14	0,97	1,00	4,86
-5,0	3,49	7,4	0,0409	2,00	2,30	0,25	2922	6,0	1,860	4,29	0,95	1,00	5,14
-5,0	3,65	7,8	0,0382	2,00	2,30	0,25	2760	6,0	1,881	4,44	0,94	1,00	5,45
-5,0	3,82	8,3	0,0359	2,00	2,30	0,25	2615	6,0	1,901	4,58	0,93	1,00	5,82
-5,0	3,99	8,7	0,0338	2,00	2,30	0,25	2484	6,0	1,921	4,72	0,92	1,00	6,23
-5,0	4,16	9,1	0,0320	2,00	2,30	0,25	2366	6,0	1,939	4,86	0,91	1,00	6,65
-5,0	4,33	9,6	0,0303	2,00	2,30	0,25	2258	6,0	1,957	4,99	0,90	1,00	7,11

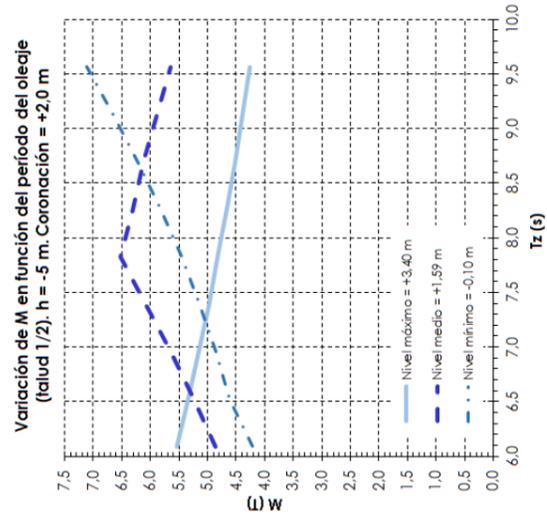


Figura 16.- Cálculo de la masa de bloques cúbicos en el Tramo 4 – Espigón N. Talud 1/2 y Coronación = +2,00 (Fuente: elaboración propia)

Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera
Espigón Norte y Pie de apoyo

Formulación de Van der Meer (1988) para diques no rebasables + Van der Meer (1990) para diques rebasables + Van Gent (2014) para incidencia oblicua



Cota de coronación: -1,00 Niveles de mar +3,40 +1,59 -0,10

Densidad del agua (t/m³): 1,025

h(m)	H ₁ (m)	H _{1/2} (m)	T _z (s)	S _z	cotα	γ _s	γ _z	S _d	N	Duración(h)	P	z _{cr}	N _c	K _d	f _r	γ _β	M(T)
-5,0	4,41	6,22	6,1	0,0762	1,75	2,65	2,07	2,0	3549	6,0	0,40	4,06	2,601	10,06	0,59	1,00	1,82
-5,0	4,41	6,22	6,5	0,0664	1,75	2,65	2,22	2,0	3312	6,0	0,40	4,06	2,530	9,26	0,60	1,00	2,09
-5,0	4,41	6,22	7,0	0,0584	1,75	2,65	2,37	2,0	3105	6,0	0,40	4,06	2,466	8,57	0,61	1,00	2,37
-5,0	4,41	6,22	7,4	0,0517	1,75	2,65	2,51	2,0	2922	6,0	0,40	4,06	2,407	7,97	0,61	1,00	2,66
-5,0	4,41	6,22	7,8	0,0461	1,75	2,65	2,66	2,0	2760	6,0	0,40	4,06	2,352	7,44	0,62	1,00	2,96
-5,0	4,41	6,22	8,3	0,0414	1,75	2,65	2,81	2,0	2615	6,0	0,40	4,06	2,302	6,97	0,63	1,00	3,27
-5,0	4,41	6,22	8,7	0,0374	1,75	2,65	2,96	2,0	2484	6,0	0,40	4,06	2,255	6,55	0,64	1,00	3,59
-5,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	1,75	2,65	3,10	2,0	2366	6,0	0,40	4,06	2,212	6,18	0,64	1,00	3,92
-5,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	1,75	2,65	3,25	2,0	2258	6,0	0,40	4,06	2,171	5,85	0,65	1,00	4,26
-5,0	3,71	5,23	6,1	0,0641	1,75	2,65	2,26	2,0	3549	6,0	0,40	4,06	2,490	8,83	0,65	1,00	1,67
-5,0	3,87	5,46	6,5	0,0583	1,75	2,65	2,37	2,0	3312	6,0	0,40	4,06	2,449	8,39	0,66	1,00	2,10
-5,0	4,03	5,69	7,0	0,0534	1,75	2,65	2,47	2,0	3105	6,0	0,40	4,06	2,411	8,01	0,67	1,00	2,60
-5,0	4,20	5,92	7,4	0,0492	1,75	2,65	2,58	2,0	2922	6,0	0,40	4,06	2,377	7,67	0,68	1,00	3,18
-5,0	4,36	6,15	7,8	0,0456	1,75	2,65	2,68	2,0	2760	6,0	0,40	4,06	2,346	7,37	0,68	1,00	3,84
-5,0	4,38	6,18	8,3	0,0411	1,75	2,65	2,82	2,0	2615	6,0	0,40	4,06	2,298	6,94	0,69	1,00	4,24
-5,0	4,40	6,21	8,7	0,0373	1,75	2,65	2,96	2,0	2484	6,0	0,40	4,06	2,254	6,54	0,69	1,00	4,66
-5,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	1,75	2,65	3,10	2,0	2366	6,0	0,40	4,06	2,212	6,18	0,70	1,00	5,05
-5,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	1,75	2,65	3,25	2,0	2258	6,0	0,40	4,06	2,171	5,85	0,70	1,00	5,44
-5,0	3,00	4,23	6,1	0,0518	1,75	2,65	2,51	2,0	3549	6,0	0,40	4,06	2,362	7,53	0,73	1,00	1,50
-5,0	3,16	4,46	6,5	0,0476	1,75	2,65	2,62	2,0	3312	6,0	0,40	4,06	2,328	7,21	0,74	1,00	1,88
-5,0	3,32	4,69	7,0	0,0440	1,75	2,65	2,72	2,0	3105	6,0	0,40	4,06	2,298	6,93	0,74	1,00	2,32
-5,0	3,49	4,92	7,4	0,0409	1,75	2,65	2,83	2,0	2922	6,0	0,40	4,06	2,270	6,68	0,75	1,00	2,83
-5,0	3,65	5,15	7,8	0,0382	1,75	2,65	2,92	2,0	2760	6,0	0,40	4,06	2,244	6,45	0,75	1,00	3,41
-5,0	3,82	5,39	8,3	0,0359	1,75	2,65	3,02	2,0	2615	6,0	0,40	4,06	2,221	6,26	0,76	1,00	4,09
-5,0	3,99	5,63	8,7	0,0338	1,75	2,65	3,11	2,0	2484	6,0	0,40	4,06	2,199	6,08	0,76	1,00	4,85
-5,0	4,16	5,87	9,1	0,0320	1,75	2,65	3,20	2,0	2366	6,0	0,40	4,06	2,180	5,92	0,76	1,00	5,71
-5,0	4,33	6,11	9,6	0,0303	1,75	2,65	3,28	2,0	2258	6,0	0,40	4,06	2,161	5,77	0,76	1,00	6,67

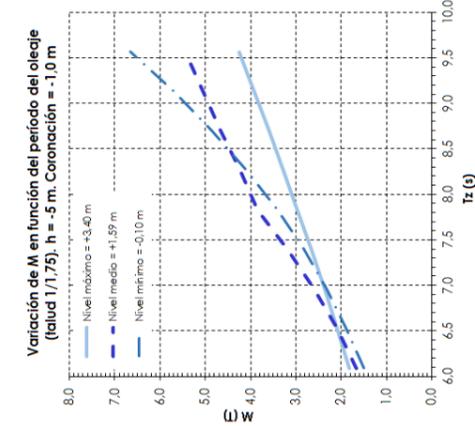


Figura 17.- Cálculo de la masa de escollera. Pie de apoyo. Talud 1/1,75 y Coronación = -1,00 (Fuente: elaboración propia)

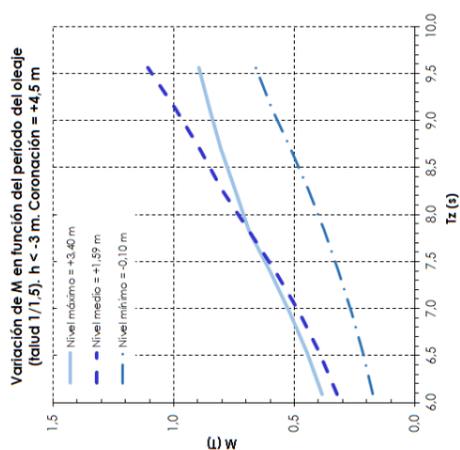


**Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera
Espigón Sur**

Formulación de Van der Meer [1988] para diques no rebasables + Van der Meer [1990] para diques rebasables + Van Gent [2014] para incidencia oblicua

Cota de coronación : +4,50 Niveles de mar +3,40 +1,59 -0,10
Densidad del agua (t/m³) : 1,025

h(m)	H ₁ (m)	H _{2/3} (m)	T _s (s)	S _z	cot _z	γ _s	S _d	N	Duración(h)	P	ξ _{sp}	N _t	K _{sd}	t _r	γ _b	M(T)	
-3,0	3,62	5,11	6,1	0,0627	1,50	2,65	2,66	2,0	3549	6,0	0,40	4,42	2,293	8,04	0,89	0,42	0,38
-3,0	3,79	5,34	6,5	0,0571	1,50	2,65	2,79	2,0	3312	6,0	0,40	4,42	2,255	7,65	0,88	0,42	0,45
-3,0	3,95	5,57	7,0	0,0523	1,50	2,65	2,91	2,0	3105	6,0	0,40	4,42	2,221	7,31	0,87	0,42	0,52
-3,0	4,12	5,81	7,4	0,0483	1,50	2,65	3,03	2,0	2922	6,0	0,40	4,42	2,190	7,00	0,87	0,42	0,60
-3,0	4,28	6,04	7,8	0,0448	1,50	2,65	3,15	2,0	2760	6,0	0,40	4,42	2,162	6,73	0,86	0,42	0,69
-3,0	4,34	6,11	8,3	0,0407	1,50	2,65	3,31	2,0	2615	6,0	0,40	4,42	2,122	6,37	0,86	0,42	0,75
-3,0	4,39	6,19	8,7	0,0372	1,50	2,65	3,46	2,0	2484	6,0	0,40	4,42	2,085	6,05	0,86	0,42	0,80
-3,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	1,50	2,65	3,62	2,0	2366	6,0	0,40	4,42	2,048	5,72	0,85	0,42	0,85
-3,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	1,50	2,65	3,79	2,0	2258	6,0	0,40	4,42	2,010	5,41	0,85	0,42	0,89
-3,0	2,87	4,05	6,1	0,0497	1,50	2,65	2,99	2,0	3549	6,0	0,40	4,42	2,163	6,75	1,00	0,42	0,32
-3,0	3,03	4,28	6,5	0,0457	1,50	2,65	3,12	2,0	3312	6,0	0,40	4,42	2,133	6,47	1,00	0,42	0,40
-3,0	3,19	4,50	7,0	0,0423	1,50	2,65	3,24	2,0	3105	6,0	0,40	4,42	2,106	6,23	1,00	0,42	0,48
-3,0	3,35	4,73	7,4	0,0393	1,50	2,65	3,36	2,0	2922	6,0	0,40	4,42	2,081	6,01	1,00	0,42	0,58
-3,0	3,51	4,96	7,8	0,0368	1,50	2,65	3,48	2,0	2760	6,0	0,40	4,42	2,058	5,81	1,00	0,42	0,69
-3,0	3,68	5,19	8,3	0,0345	1,50	2,65	3,59	2,0	2615	6,0	0,40	4,42	2,037	5,63	0,99	0,42	0,80
-3,0	3,84	5,42	8,7	0,0325	1,50	2,65	3,70	2,0	2484	6,0	0,40	4,42	2,017	5,47	0,98	0,42	0,89
-3,0	4,01	5,65	9,1	0,0308	1,50	2,65	3,80	2,0	2366	6,0	0,40	4,42	1,999	5,32	0,96	0,42	0,99
-3,0	4,17	5,88	9,6	0,0292	1,50	2,65	3,90	2,0	2258	6,0	0,40	4,42	1,982	5,19	0,95	0,42	1,11
-3,0	2,18	3,08	6,1	0,0378	1,50	2,65	3,43	2,0	3549	6,0	0,40	4,42	2,020	5,50	1,00	0,42	0,17
-3,0	2,31	3,26	6,5	0,0348	1,50	2,65	3,57	2,0	3312	6,0	0,40	4,42	1,993	5,28	1,00	0,42	0,22
-3,0	2,44	3,44	7,0	0,0323	1,50	2,65	3,71	2,0	3105	6,0	0,40	4,42	1,968	5,08	1,00	0,42	0,26
-3,0	2,56	3,62	7,4	0,0301	1,50	2,65	3,84	2,0	2922	6,0	0,40	4,42	1,946	4,91	1,00	0,42	0,32
-3,0	2,69	3,79	7,8	0,0281	1,50	2,65	3,97	2,0	2760	6,0	0,40	4,42	1,925	4,75	1,00	0,42	0,38
-3,0	2,81	3,96	8,3	0,0263	1,50	2,65	4,11	2,0	2615	6,0	0,40	4,42	1,903	4,60	1,00	0,42	0,44
-3,0	2,92	4,12	8,7	0,0247	1,50	2,65	4,24	2,0	2484	6,0	0,40	4,42	1,883	4,45	1,00	0,42	0,51
-3,0	3,03	4,28	9,1	0,0233	1,50	2,65	4,37	2,0	2366	6,0	0,40	4,42	1,865	4,32	1,00	0,42	0,59
-3,0	3,15	4,44	9,6	0,0220	1,50	2,65	4,49	2,0	2258	6,0	0,40	4,42	1,849	4,35	1,00	0,42	0,66



**Cálculo de la estabilidad de bloques irregulares de escollera
Espigón Sur**

Formulación de Van der Meer [1988] para diques no rebasables + Van der Meer [1990] para diques rebasables + Van Gent [2014] para incidencia oblicua

Cota de coronación : +2,00 Niveles de mar +3,40 +1,59 -0,10
Densidad del agua (t/m³) : 1,025

h(m)	H ₁ (m)	H _{2/3} (m)	T _s (s)	S _z	cot _z	γ _s	S _d	N	Duración(h)	P	ξ _{sp}	N _t	K _{sd}	t _r	γ _b	M(T)	
-4,0	4,16	5,77	6,1	0,0719	1,50	2,65	2,49	2,0	3549	6,0	0,40	4,42	2,373	8,91	0,71	0,42	0,26
-4,0	4,22	5,95	6,5	0,0636	1,50	2,65	2,64	2,0	3312	6,0	0,40	4,42	2,317	8,29	0,72	0,42	0,31
-4,0	4,28	6,04	7,0	0,0567	1,50	2,65	2,80	2,0	3105	6,0	0,40	4,42	2,266	7,76	0,72	0,42	0,36
-4,0	4,35	6,13	7,4	0,0510	1,50	2,65	2,95	2,0	2922	6,0	0,40	4,42	2,220	7,30	0,73	0,42	0,40
-4,0	4,41	6,22	7,8	0,0461	1,50	2,65	3,10	2,0	2760	6,0	0,40	4,42	2,178	6,89	0,73	0,42	0,45
-4,0	4,41	6,22	8,3	0,0414	1,50	2,65	3,28	2,0	2615	6,0	0,40	4,42	2,131	6,45	0,74	0,42	0,49
-4,0	4,41	6,22	8,7	0,0374	1,50	2,65	3,45	2,0	2484	6,0	0,40	4,42	2,088	6,07	0,74	0,42	0,53
-4,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	1,50	2,65	3,62	2,0	2366	6,0	0,40	4,42	2,048	5,72	0,74	0,42	0,56
-4,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	1,50	2,65	3,79	2,0	2258	6,0	0,40	4,42	2,010	5,41	0,74	0,42	0,60
-4,0	3,28	4,63	6,1	0,0567	1,50	2,65	2,80	2,0	3549	6,0	0,40	4,42	2,237	7,46	0,83	0,42	0,25
-4,0	3,45	4,86	6,5	0,0519	1,50	2,65	2,93	2,0	3312	6,0	0,40	4,42	2,203	7,12	0,83	0,42	0,30
-4,0	3,61	5,09	7,0	0,0478	1,50	2,65	3,05	2,0	3105	6,0	0,40	4,42	2,172	6,83	0,83	0,42	0,36
-4,0	3,78	5,33	7,4	0,0443	1,50	2,65	3,17	2,0	2922	6,0	0,40	4,42	2,144	6,57	0,83	0,42	0,42
-4,0	3,94	5,56	7,8	0,0412	1,50	2,65	3,28	2,0	2760	6,0	0,40	4,42	2,118	6,33	0,82	0,42	0,50
-4,0	4,12	5,82	8,3	0,0387	1,50	2,65	3,39	2,0	2615	6,0	0,40	4,42	2,096	6,14	0,82	0,42	0,58
-4,0	4,31	6,07	8,7	0,0365	1,50	2,65	3,49	2,0	2484	6,0	0,40	4,42	2,075	5,96	0,82	0,42	0,68
-4,0	4,41	6,22	9,1	0,0339	1,50	2,65	3,62	2,0	2366	6,0	0,40	4,42	2,048	5,72	0,82	0,42	0,76
-4,0	4,41	6,22	9,6	0,0309	1,50	2,65	3,79	2,0	2258	6,0	0,40	4,42	2,010	5,41	0,82	0,42	0,80
-4,0	2,60	3,66	6,1	0,0449	1,50	2,65	3,15	2,0	3549	6,0	0,40	4,42	2,109	6,26	1,00	0,42	0,26
-4,0	2,75	3,87	6,5	0,0414	1,50	2,65	3,28	2,0	3312	6,0	0,40	4,42	2,081	6,01	1,00	0,42	0,32
-4,0	2,90	4,09	7,0	0,0384	1,50	2,65	3,40	2,0	3105	6,0	0,40	4,42	2,055	5,79	0,99	0,42	0,37
-4,0	3,05	4,30	7,4	0,0357	1,50	2,65	3,53	2,0	2922	6,0	0,40	4,42	2,032	5,59	0,97	0,42	0,42
-4,0	3,20	4,51	7,8	0,0335	1,50	2,65	3,64	2,0	2760	6,0	0,40	4,42	2,010	5,41	0,95	0,42	0,48
-4,0	3,35	4,72	8,3	0,0314	1,50	2,65	3,76	2,0	2615	6,0	0,40	4,42	1,989	5,25	0,94	0,42	0,54
-4,0	3,49	4,93	8,7	0,0296	1,50	2,65	3,88	2,0	2484	6,0	0,40	4,42	1,970	5,10	0,93	0,42	0,62
-4,0	3,64	5,13	9,1	0,0280	1,50	2,65	3,99	2,0	2366	6,0	0,40	4,42	1,952	4,96	0,92	0,42	0,69
-4,0	3,79	5,34	9,6	0,0265	1,50	2,65	4,09	2,0	2258	6,0	0,40	4,42	1,935	4,83	0,91	0,42	0,78

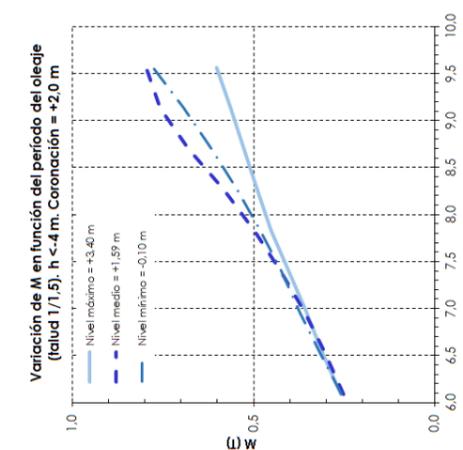


Figura 18.- Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 1 – Espigón S. Talud 1/1,5 (Fuente: elaboración propia)

Figura 19.- Cálculo de la masa de escollera en el Tramo 2 – Espigón S. Talud 1/1,5 (Fuente: elaboración propia)

Cota de coronación: +2,00 Niveles de mar: +3,40 +1,59 -0,10

Densidad del agua (t/m³): 1,025

h(m)	H ₁ (m)	T _z (s)	S _z	cof.a	γ _s	N _{od}	N	Duración(h)	N _t	K _d	f _r	γ _β	M(T)
-5,0	4,41	6,1	0,0762	1,50	2,30	0,25	3549	6,0	1,722	3,40	0,72	1,00	7,38
-5,0	4,41	6,5	0,0664	1,50	2,30	0,25	3312	6,0	1,755	3,60	0,72	1,00	7,12
-5,0	4,41	7,0	0,0584	1,50	2,30	0,25	3105	6,0	1,787	3,80	0,73	1,00	6,87
-5,0	4,41	7,4	0,0517	1,50	2,30	0,25	2922	6,0	1,817	4,00	0,73	1,00	6,64
-5,0	4,41	7,8	0,0461	1,50	2,30	0,25	2760	6,0	1,846	4,20	0,73	1,00	6,43
-5,0	4,41	8,3	0,0414	1,50	2,30	0,25	2615	6,0	1,874	4,39	0,74	1,00	6,22
-5,0	4,41	8,7	0,0374	1,50	2,30	0,25	2484	6,0	1,901	4,58	0,74	1,00	6,03
-5,0	4,41	9,1	0,0339	1,50	2,30	0,25	2366	6,0	1,928	4,78	0,74	1,00	5,85
-5,0	4,41	9,6	0,0309	1,50	2,30	0,25	2258	6,0	1,953	4,97	0,74	1,00	5,68
-5,0	3,71	6,1	0,0641	1,50	2,30	0,25	3549	6,0	1,752	3,59	0,83	1,00	6,49
-5,0	3,87	6,5	0,0583	1,50	2,30	0,25	3312	6,0	1,778	3,75	0,83	1,00	7,00
-5,0	4,03	7,0	0,0534	1,50	2,30	0,25	3105	6,0	1,803	3,91	0,83	1,00	7,54
-5,0	4,20	7,4	0,0492	1,50	2,30	0,25	2922	6,0	1,826	4,06	0,82	1,00	8,11
-5,0	4,36	7,8	0,0456	1,50	2,30	0,25	2760	6,0	1,848	4,21	0,82	1,00	8,71
-5,0	4,38	8,3	0,0411	1,50	2,30	0,25	2615	6,0	1,876	4,40	0,82	1,00	8,42
-5,0	4,40	8,7	0,0373	1,50	2,30	0,25	2484	6,0	1,902	4,59	0,82	1,00	8,16
-5,0	4,41	9,1	0,0339	1,50	2,30	0,25	2366	6,0	1,928	4,78	0,82	1,00	7,85
-5,0	4,41	9,6	0,0309	1,50	2,30	0,25	2258	6,0	1,953	4,97	0,82	1,00	7,52
-5,0	3,00	6,1	0,0518	1,50	2,30	0,25	3549	6,0	1,790	3,82	1,00	1,00	5,62
-5,0	3,16	6,5	0,0476	1,50	2,30	0,25	3312	6,0	1,815	3,98	0,99	1,00	6,16
-5,0	3,32	7,0	0,0440	1,50	2,30	0,25	3105	6,0	1,838	4,14	0,97	1,00	6,48
-5,0	3,49	7,4	0,0409	1,50	2,30	0,25	2922	6,0	1,860	4,29	0,95	1,00	6,86
-5,0	3,65	7,8	0,0382	1,50	2,30	0,25	2760	6,0	1,881	4,44	0,94	1,00	7,27
-5,0	3,82	8,3	0,0359	1,50	2,30	0,25	2615	6,0	1,901	4,58	0,93	1,00	7,77
-5,0	3,99	8,7	0,0338	1,50	2,30	0,25	2484	6,0	1,921	4,72	0,92	1,00	8,30
-5,0	4,16	9,1	0,0320	1,50	2,30	0,25	2366	6,0	1,939	4,86	0,91	1,00	8,87
-5,0	4,33	9,6	0,0303	1,50	2,30	0,25	2258	6,0	1,957	4,99	0,90	1,00	9,48

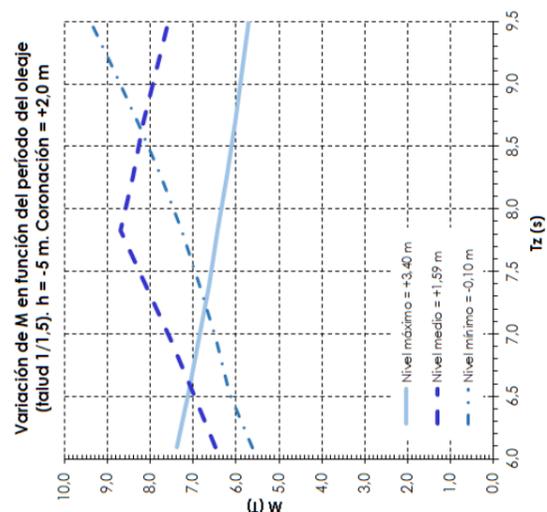


Figura 20.- Cálculo de la masa de los bloques cúbicos en el Tramo 3 – Espigón S. Talud 1/1,5 (Fuente: elaboración propia)

3. APORTACIÓN DE ARENA

3.1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente apartado es efectuar el dimensionamiento de la aportación de arena para la creación de la nueva playa a partir de los resultados y las conclusiones presentadas en el Anejo nº 4. Estudio de Dinámica Litoral.

Como se ha explicado en el Anejo nº 6. Estudio de Alternativas, la solución adoptada conjuntamente con la Propiedad ha sido la correspondiente a la Alternativa nº 2.

3.2 PLANTA Y SECCIONES TIPO DE ESPIGONES

La planta y las secciones tipo de los espigones (dimensionados en el apartado 2) que suponen los límites artificiales de la nueva playa se muestran respectivamente en los planos 6.1 y 6.2 de este proyecto.

3.3 PLANTA DE EQUILIBRIO

Estos aspectos se analizaron con detalle en los Anejos nº 4 y nº 6 de este proyecto, donde se concluyó que la forma en planta de equilibrio de la nueva playa puede obtenerse analíticamente mediante la formulación de Hsu y Evans. De este modo se ha obtenido la planta de diseño de la nueva playa que se muestra en la Figura 21.-, así como en el plano nº 5.1 de este proyecto.

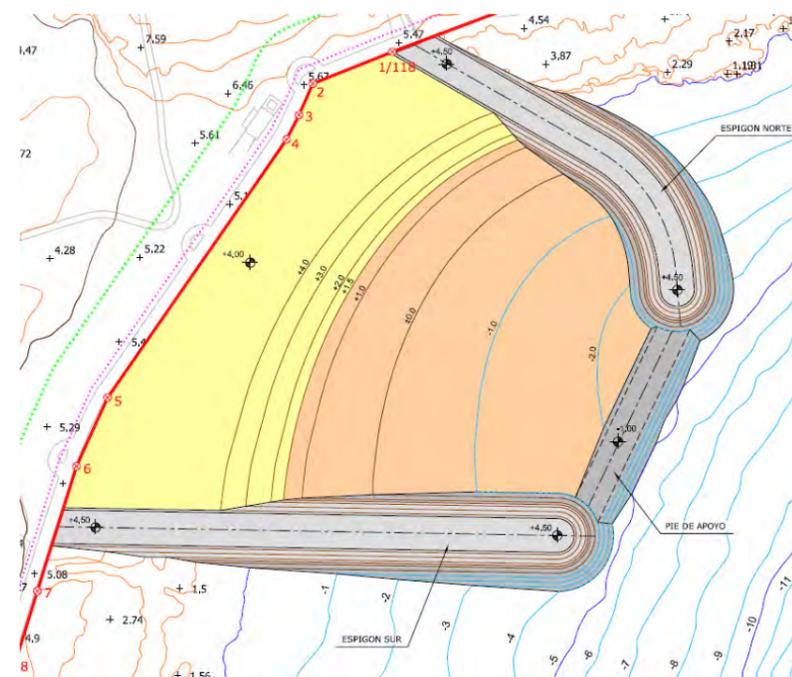


Figura 21.- Planta de equilibrio de la regeneración (Fuente: elaboración propia)

3.4 PERFIL DE EQUILIBRIO

Estos aspectos se analizaron con detalle en los Anejos nº 4 y nº 6 de este proyecto, donde se concluyó que el perfil teórico con estrán lineal (o con modelo de disipación en la zona de rotura) representaba adecuadamente el perfil medio en esta zona. La ecuación que define este perfil $h = f(x)$ –donde h es la profundidad y x la distancia– a la línea de orilla es

$$h = m \cdot x \quad \text{para } h < h_T$$

$$h = A \cdot (x - x_0)^{2/3} \quad \text{para } h > h_T$$

siendo

$$h_T = (4 \cdot A^3) / (9 \cdot m^2)$$

$$x_0 = h_T / m - (h_T / A)^{3/2}$$

$$m = 0,15 \cdot (W_T / H)^{0,5}$$

Tal como se justifica en el Anejo nº 5 de este proyecto, el tamaño medio de la arena de aportación será de $D_{50} = 0,35$ mm. Con base en este diámetro medio se ha calculado el perfil medio de la nueva playa, aplicando la formulación del perfil teórico con estrán lineal (con parámetro A obtenido mediante la fórmula de Hanson & Kraus) y que se muestra en la Figura 22.-

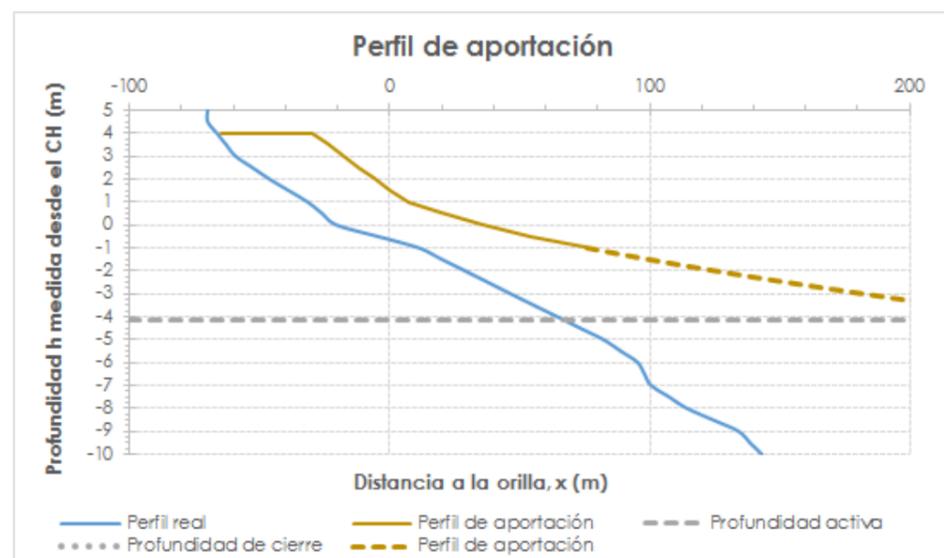


Figura 22.- Perfil de la regeneración de la playa (Fuente: elaboración propia)

Los parámetros que definen este perfil son

$$A = 0,140 [-]$$

$$h_T = 0,17 \text{ m}$$

$$x_0 = 0,66 \text{ m}$$

$$m = 0,085 [-]$$

No obstante hay que destacar que éste es el perfil que tomaría la playa sometida a una incidencia directa del oleaje. En el Anejo nº 6 se comprobó que la nueva playa está situada en la zona de sombra generada por el polo de difracción del oleaje situado en el extremo del espigón norte, por lo que el oleaje incidirá con menor energía. En esos casos para un mismo tamaño de sedimentos la pendiente adoptada por la playa es menor (menos tendida). Para determinar la variabilidad del perfil a lo largo de la playa se puede aplicar la formulación de equilibrio en planta (Hsu y Evans) no solamente a la línea de costa sino a todas las líneas isóbatas. De esta manera se obtiene el modelo 3D de playa presentado en la Figura 21.-, en la que puede apreciarse que conforme nos desplazamos hacia el norte (zona más protegida) la pendiente de la playa se incrementa (las isóbatas se juntan entre ellas). Pese a esta mayor pendiente de la playa sigue siendo necesaria la construcción del espigón del pie de apoyo ya que el nuevo perfil no intersecta con el fondo natural.

3.5 VOLUMEN DE APORTACIÓN

El volumen de aportación se obtiene a partir del valor teórico medido mediante perfiles (plano nº 5.3) multiplicándolo por el denominado Factor de sobrellenado R_A (*Overfill ratio* en inglés), que tiene en cuenta las diferentes características de la arena nativa (representado por la "n" de nativa) y la arena de aportación (representado por la "b" de borrow, préstamo en inglés).

Los valores de R_A pueden obtenerse del ábaco de la Figura 23.- a partir de los parámetros

$$(M_{\phi b} - M_{\phi n}) / \sigma_{\phi n} \quad \sigma_{\phi b} / \sigma_{\phi n}$$

donde M_{ϕ} es el diámetro medio de la arena y σ_{ϕ} su desviación estándar, que pueden obtenerse mediante las expresiones

$$M_{\phi} = (\phi_{84} + \phi_{16}) / 2 \quad \sigma_{\phi} = (\phi_{84} - \phi_{16}) / 2$$

que vienen dadas en función del diámetro phi (ϕ) del sedimento, el cual se calcula a partir del diámetro del sedimento, expresado en mm (D) mediante la expresión $\phi_x = -\log_2(D_x)$, siendo x el % de retención de la muestra (así D_{84} es el tamaño que retiene el 84 % de la muestra).

Dado que en la zona de proyecto no existe arena nativa y tampoco se ha podido obtener información de arena nativa en playas próximas (ya que todas ellas fueron regeneradas con arena de aportación exterior) no se puede aplicar esta metodología.

De todos modos teniendo en cuenta el pequeño porcentaje de finos de la arena de aportación (1 %) se considera que las pérdidas serán mínimas, por lo que se considerará a nivel de proyecto un factor de sobrellenado $R_A = 1,02$.

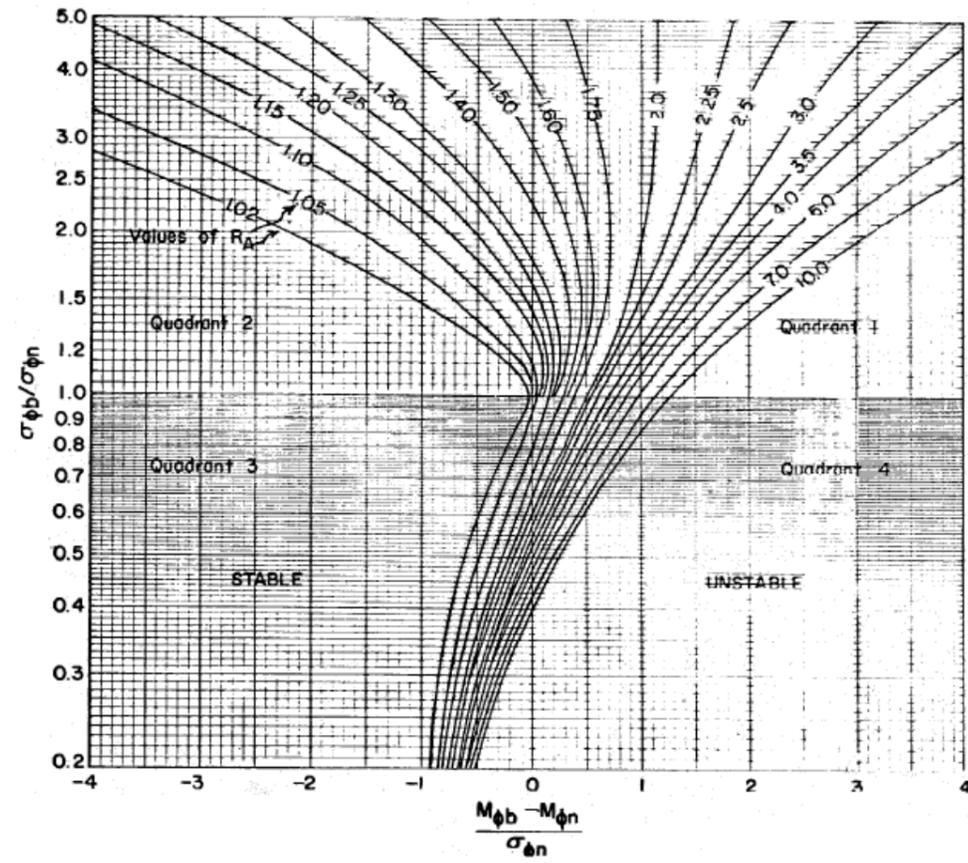


Figura 23.- Factor de sobrellenado (Fuente: Coastal Engineering Manual)

ANEJO N° 8. PROGRAMA DE TRABAJOS

0	15-09-17	Edición final	ACC	JEG	JEG
B	22-06-17	Emisión para Comentarios del Cliente	ACC	JEG	JEG
A	20-06-17	Emisión para Comentarios Internos	ACC	JEG	JEG
Revisión	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado

ÍNDICE

1.	PROGRAMA DE TRABAJOS	1
1.1	METODOLOGÍA SEGUIDA.....	1
1.1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.2	DIVISIÓN DE LA OBRA EN ACTIVIDADES PRINCIPALES.....	1
1.1.3	DEFINICIÓN DE LA DURACIÓN DE CADA ACTIVIDAD	1
1.1.3.1	Mediciones.....	1
1.1.3.2	Rendimientos medios	1
1.1.3.3	Duraciones	1
1.1.4	DEFINICIÓN DE LAS RELACIONES DE PROCEDENCIA ENTRE ACTIVIDADES.....	1
1.2	CRONOGRAMA DE TRABAJOS	2

1. PROGRAMA DE TRABAJOS

1.1 METODOLOGÍA SEGUIDA

1.1.1 INTRODUCCIÓN

La metodología seguida para la confección del Programa de Trabajos se basa en las siguientes actuaciones:

- División de la obra en actividades principales
- Definición de la duración de cada actividad
- Definición de las relaciones de procedencia entre actividades

A continuación se detalla cada una de ellas.

1.1.2 DIVISIÓN DE LA OBRA EN ACTIVIDADES PRINCIPALES

La división en sub-obras y actividades principales consideradas se presenta a continuación:

- ESPIGÓN SUR
- PIE DE APOYO
- ESPIGÓN NORTE
- APORTACIÓN DE ARENA PARA LA CREACIÓN DE LA PLAYA
- PANTALÁN DE USO LÚDICO

1.1.3 DEFINICIÓN DE LA DURACIÓN DE CADA ACTIVIDAD

1.1.3.1 Mediciones

Las mediciones asociadas a cada actividad se han obtenido del apartado 'Mediciones' del Documento nº 3 del presente Proyecto.

1.1.3.2 Rendimientos medios

Los rendimientos considerados para cada actividad que se muestran a continuación son acordes con las características particulares de la obra proyectada y la disponibilidad de medios y equipos que a priori es exigible en este caso.

Estos rendimientos son los mismos que se han utilizado para obtener los precios unitarios del Presupuesto. Para pasar de rendimiento horario a rendimiento diario se ha supuesto una jornada de 8 horas diarias.

- Suministro y vertido de todo uno: 1.728 t/día (correspondiente a 12 camiones de 20 t a la hora suponiendo que van al 90% de carga).

- Retirada de todo uno en coronación: 864 t/día (correspondiente a 6 camiones de 20 t a la hora suponiendo que van al 90% de carga).
- Suministro y colocación de escolleras por medios terrestres: 1.440 t/día (correspondiente a 10 camiones de 20 t a la hora suponiendo que van al 90% de carga).
- Suministro y colocación de escolleras por medios marítimos: 811 t/día (correspondiente a una duración completa del ciclo de 5,3 horas para de gánguil de 350 m³ suponiendo que va al 90% de carga).
- Suministro y colocación de filtro de geotextil con medios marítimos: 240 m³/día.
- Fabricación de bloques de hormigón para los morros de los espigones: 20 ud/día (se supone que se dispondrán de 20 encofrados en la obra).
- Colocación de bloques de hormigón para los morros de los espigones: 32 ud/día.
- Suministro y vertido de arena de aportación (se considera el suministro desde el puerto de desembarque, el de Arrecife): 1.920 m³/día que corresponde a diez camiones realizando 16 ciclos "carga en muelle – transporte a obra – descarga en obra – transporte a muelle" diarios (es decir, 2 ciclos a la hora).
- Enrase con grava por medios marítimos: 78 m²/día.
- Fabricación de bloques de hormigón para las pilas del pantalán: 4 ud/día (se supone que se dispondrán de 4 encofrados en la obra).
- Colocación de bloques de hormigón para las pilas del pantalán: 16 ud/día.
- Fabricación de vigas tipo "pi": 4 ud/día (se supone que se dispondrán de 4 encofrados).
- Colocación de vigas tipo "pi": 4 ud/día.
- Suministro y colocación de tarima de madera: 40 m²/día.

1.1.3.3 Duraciones

Finalmente las duraciones (en días laborables) de cada actividad han sido obtenidas como división entre las mediciones y los rendimientos medios. En el caso de las operaciones condicionadas por el estado del mar, se ha considerado unos tiempos de inoperatividad del 20%, por lo que las duraciones teóricas han sido divididas entre 0,80.

1.1.4 DEFINICIÓN DE LAS RELACIONES DE PROCEDENCIA ENTRE ACTIVIDADES

Los inicios o finales de las diferentes actividades han sido relacionados entre sí en función de su orden lógico de desarrollo.

En particular pueden considerarse cuatro tipos de relaciones temporales:

- CC (Comienzo – Comienzo): el comienzo de la actividad 1 vincula el comienzo de la actividad 2.
- CF (Comienzo – Fin): el comienzo de la actividad 1 vincula el final de la actividad 2.
- FC (Fin – Comienzo): el final de la actividad 1 vincula el comienzo de la actividad 2 (suele ser la más habitual)
- FF (Fin – Fin): el final de la actividad 1 vincula el final de la actividad 2.

Esas relaciones pueden tener una posposición (por ejemplo la actividad 2 puede empezar 5 días antes del final de la actividad 1 o por ejemplo la actividad 2 puede comenzar 10 días después del comienzo de la actividad 1). Dichas relaciones se muestran en la 3ª columna del Diagrama de Gantt confeccionado (ver apartado 1.2).

En este caso se ha considerado que las obras se inicien con el espigón sur (ya que es el que tiene más retirada de todo uno que puede ser aprovechada en el otro espigón). El inicio de la construcción del espigón norte viene condicionada de manera que su vertido de todo uno finalice cuando finaliza la retirada de todo uno del espigón sur.

Por otro lado se ha supuesto que el pie de apoyo comience cuando acabe la ejecución de espigón sur y que la aportación de arena comience cuando se hayan finalizado el morro del espigón norte y el pie de apoyo (de manera que el recinto que debe contener la arena esté concluido).

Asimismo se ha tenido en cuenta una relación en la fabricación de bloques, comenzando por los del espigón sur, siguiendo por los del espigón norte y finalizando con los de las pilas del pantalán (o con las vigas "pi" si éstas se construyesen en el parque de la obra). La colocación de los bloques y vigas de hormigón viene condicionada por los 28 días naturales de fraguado del hormigón para cualquiera de ellos.

De todos modos hay que reiterar que estos aspectos deberán ser analizados con mucho mayor detalle en el Proyecto Constructivo.

1.2 CRONOGRAMA DE TRABAJOS

A partir de las consideraciones anteriores se ha confeccionado mediante el programa Microsoft Project ® el Cronograma de los trabajos en formato de Diagrama Gantt o de barras y que se presenta en la Figura 1.- .

De él se obtiene que el plazo total estimado para la ejecución de las obras incluidas en el presente proyecto es de CUATRO (4) MESES.

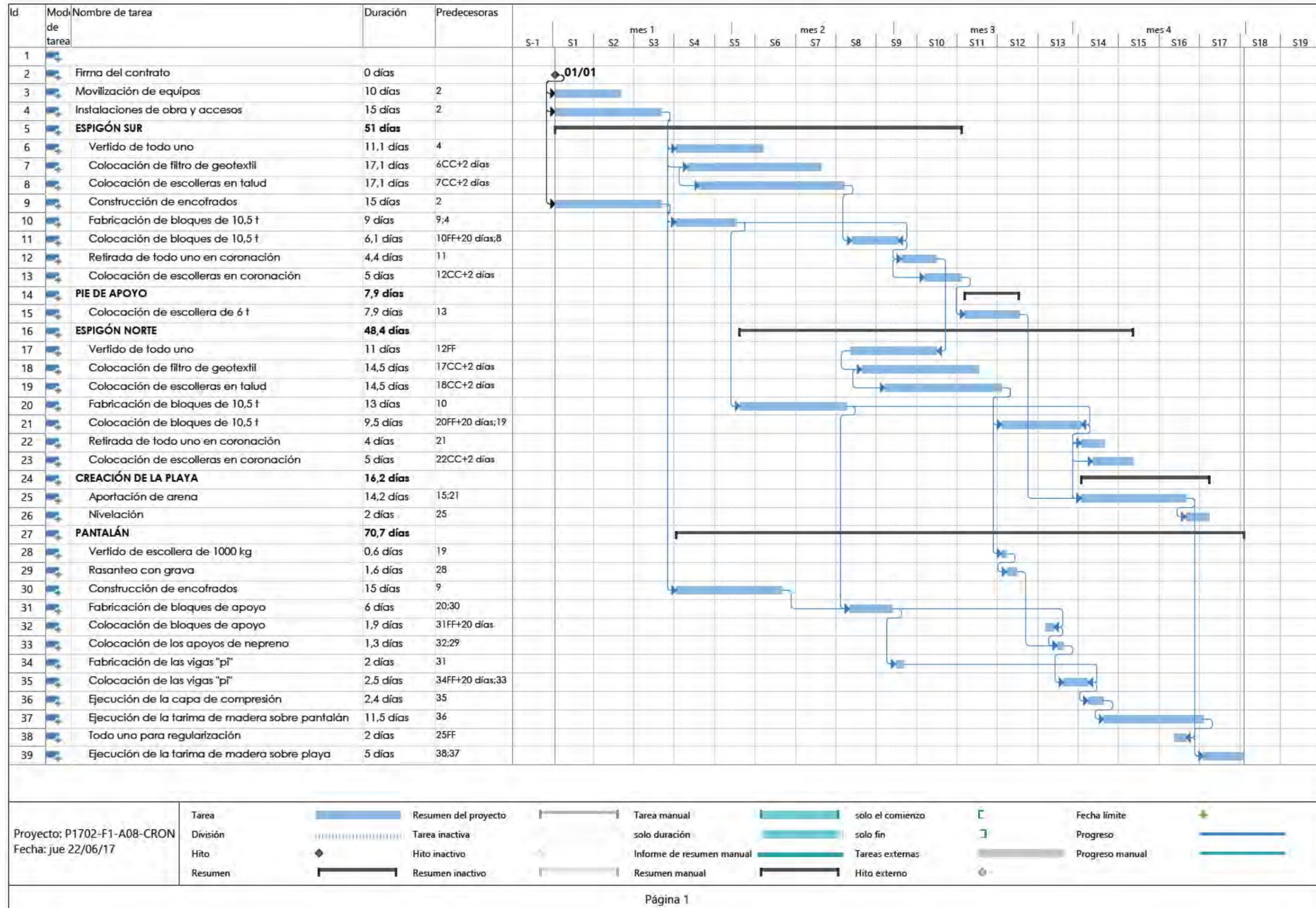


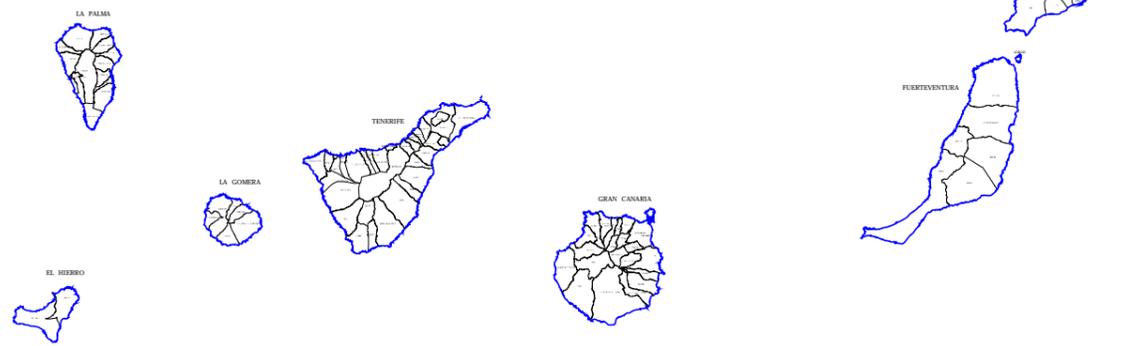
Figura 1.- Cronograma de la obra (Fuente: elaboración propia)

DOCUMENTO N° 2: PLANOS

Revisión	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado
0	15-09-17	Edición final	EGC	OPF	JEG
B	23-06-17	Emisión para Comentarios del Cliente	EGC	OPF	JEG
A	19-06-17	Emisión para Comentarios Internos	EGC	OPF	JEG

ÍNDICE DEL DOCUMENTO N° 2. PLANOS

1. Situación y emplazamiento
2. Situación actual
3. Planta general de obras
4. Planta de relación con el DPMT
5. Aportación de arena
 - 5.1. Planta general
 - 5.2. Planta de ubicación de los perfiles
 - 5.3. Perfiles de medición
6. Espigones
 - 6.1. Planta general y de ubicación de las secciones tipo
 - 6.2. Secciones tipo
 - 6.3. Planta de ubicación de los perfiles
 - 6.4. Perfiles de medición
7. Planta de ordenación
8. Pantalán de uso lúdico
 - 8.1. Planta y perfil longitudinal
 - 8.2. Sección tipo y detalles



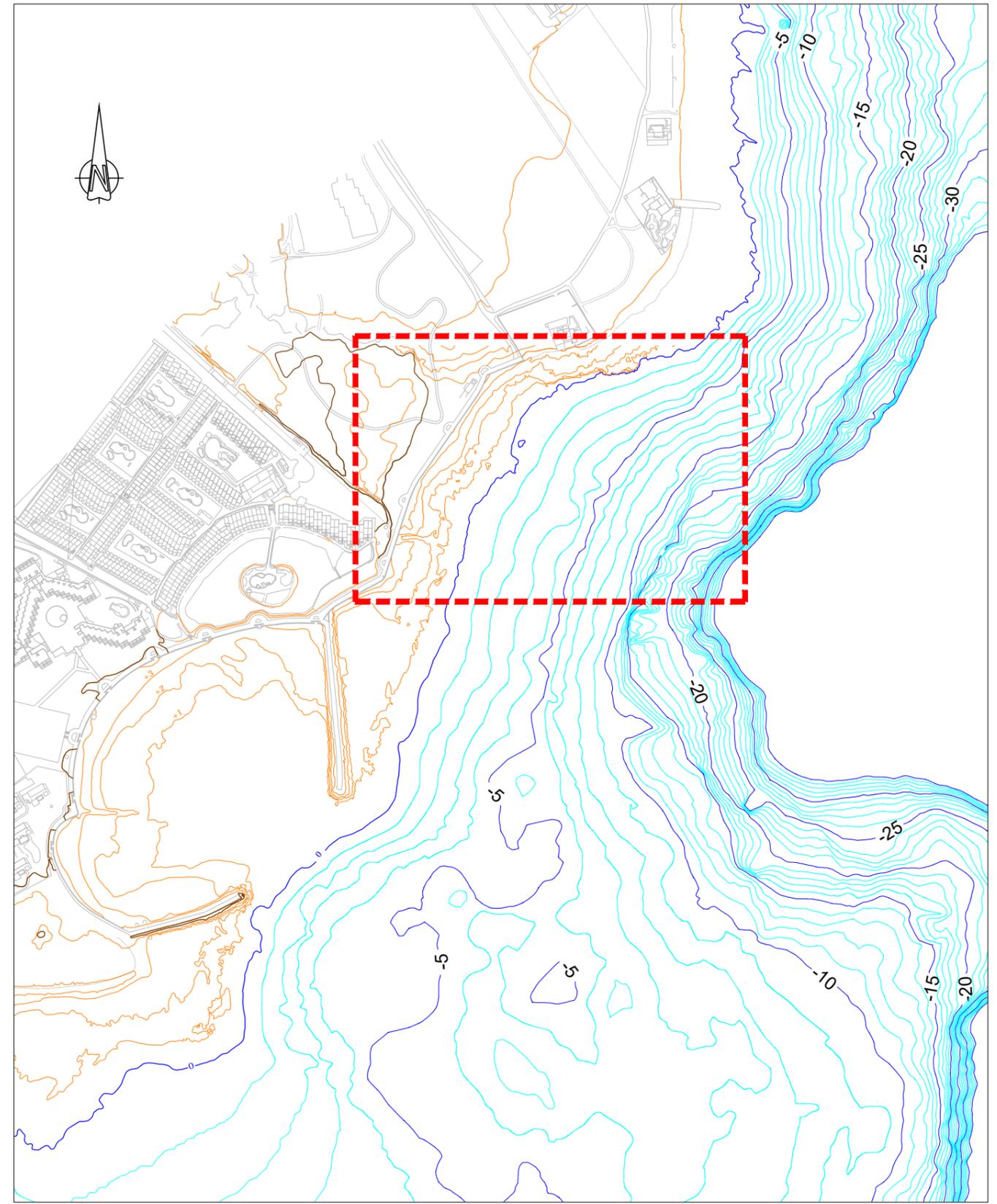
SITUACION

SIN ESCALA



EMPLAZAMIENTO

SIN ESCALA

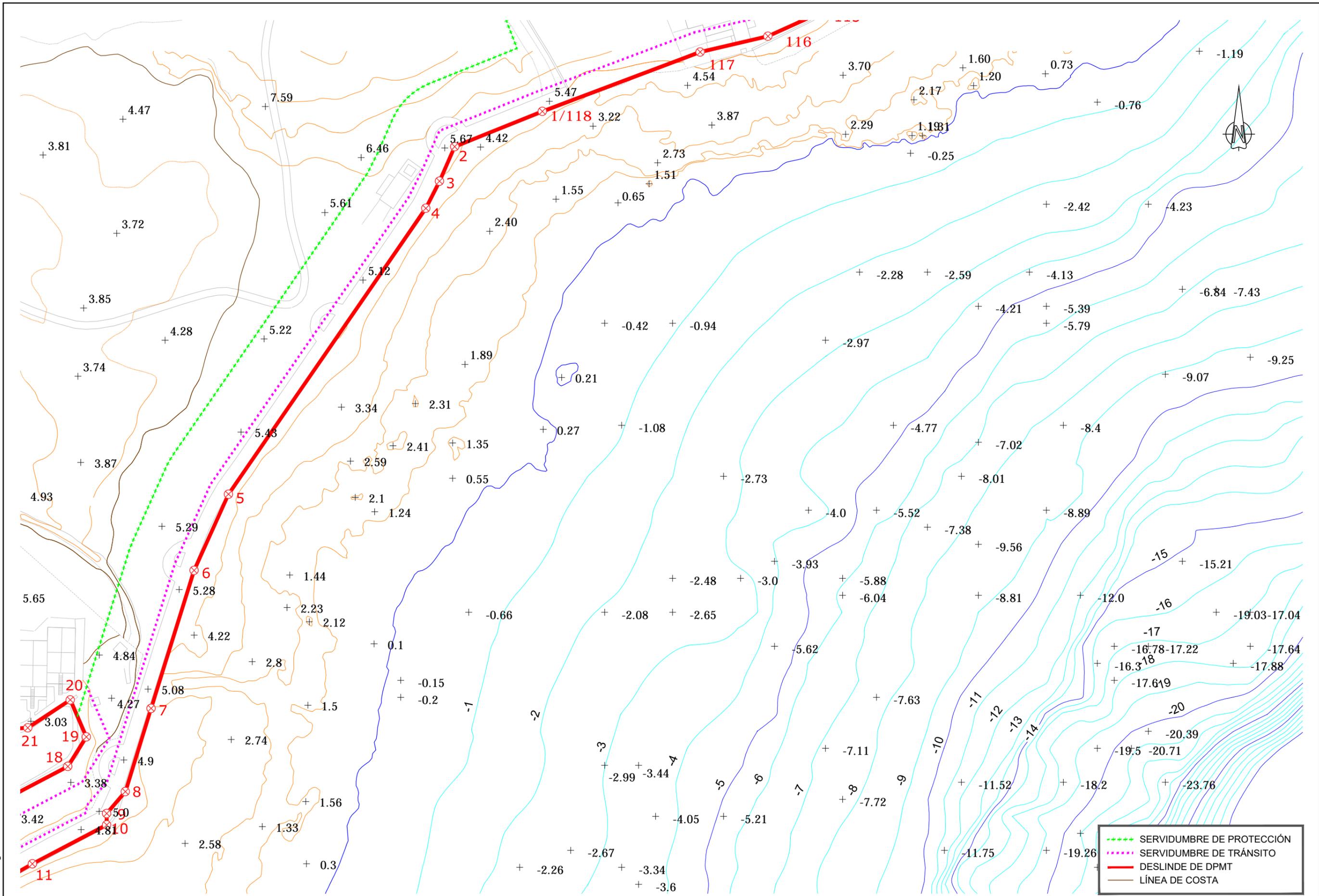


LOCALIZACION DEL PROYECTO

ESCALA 1:5000

P1702-F3-PLA-0100.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017 ESCALA: DIN A-3 1 : 5000 	TÍTULO DEL PLANO SITUACION Y EMPLAZAMIENTO	Nº DE PLANO 1 Nº HOJA 1 DE 1
---------------	--	---	--	---	---------------------------------------

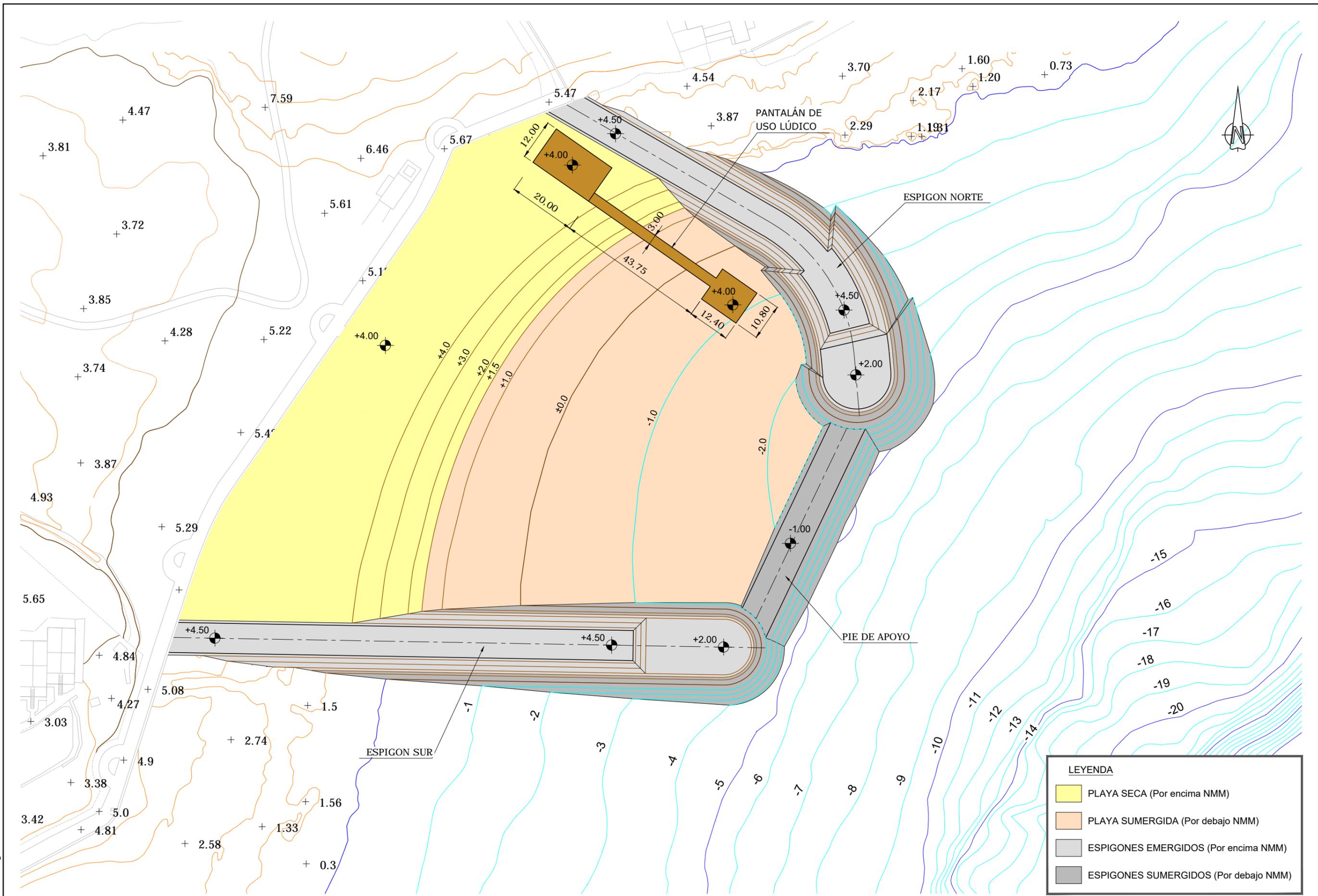


- SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
- SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
- DESLINDE DE DPMT
- LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F3-PLA-0200.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO SITUACION ACTUAL	Nº DE PLANO 2 Nº HOJA 1 DE 1
---------------	-------------------------	---	---	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

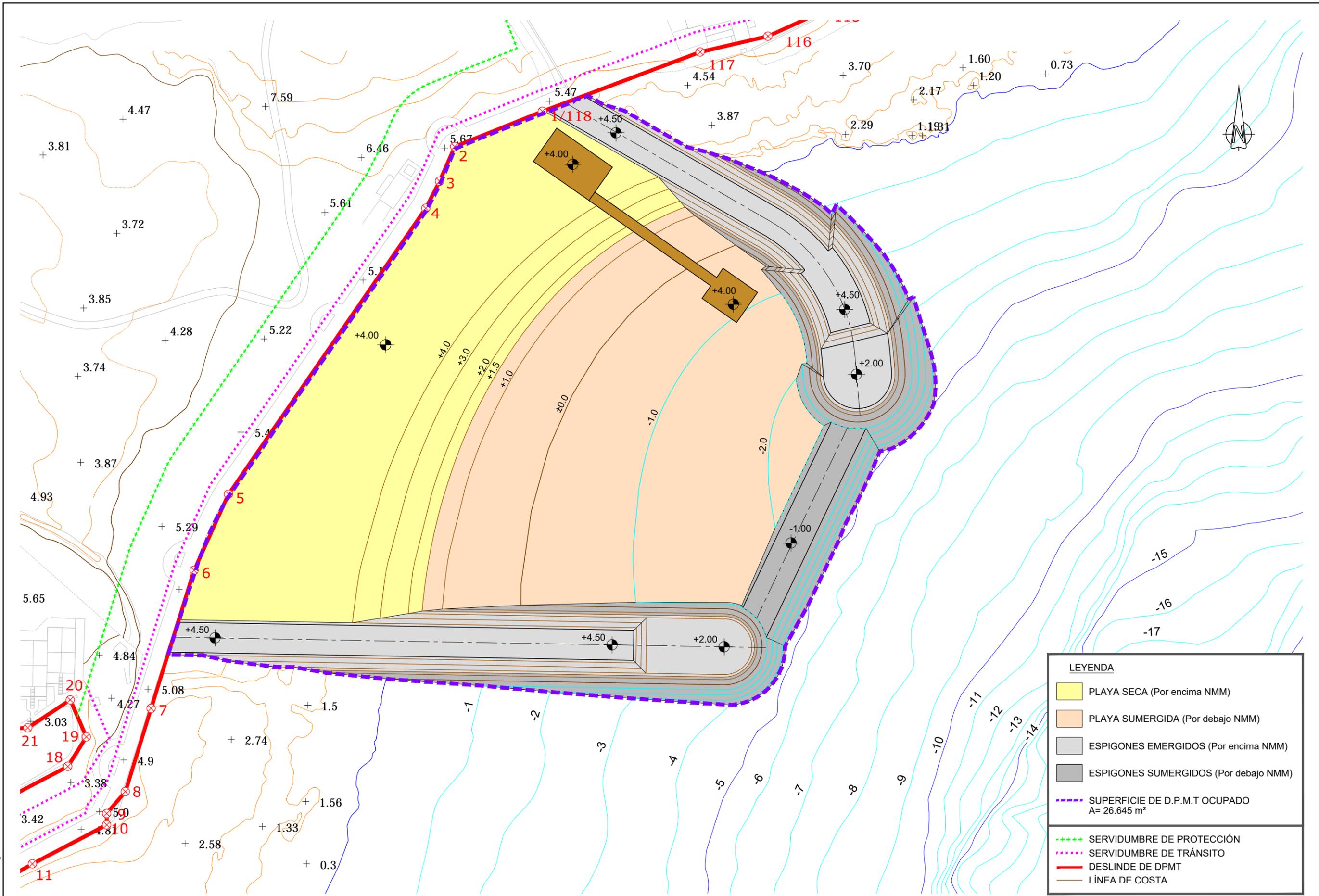


LEYENDA	
	PLAYA SECA (Por encima NMM)
	PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)
	ESPIGONES EMERGIDOS (Por encima NMM)
	ESPIGONES SUMERGIDOS (Por debajo NMM)

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F3-PLA-0300.dwg

PROMOTOR: Tourin Europeo	EMPRESA CONSULTORA: MARCIGLOB Maritime & Civil Global Consultancy Solutions	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 0 5 10 15 20 25m	TÍTULO DEL PLANO PLANTA GENERAL DE LAS OBRAS	Nº DE PLANO 3 Nº HOJA 1 DE 1
------------------------------------	---	--	--	-------------------------------------	--	--	---

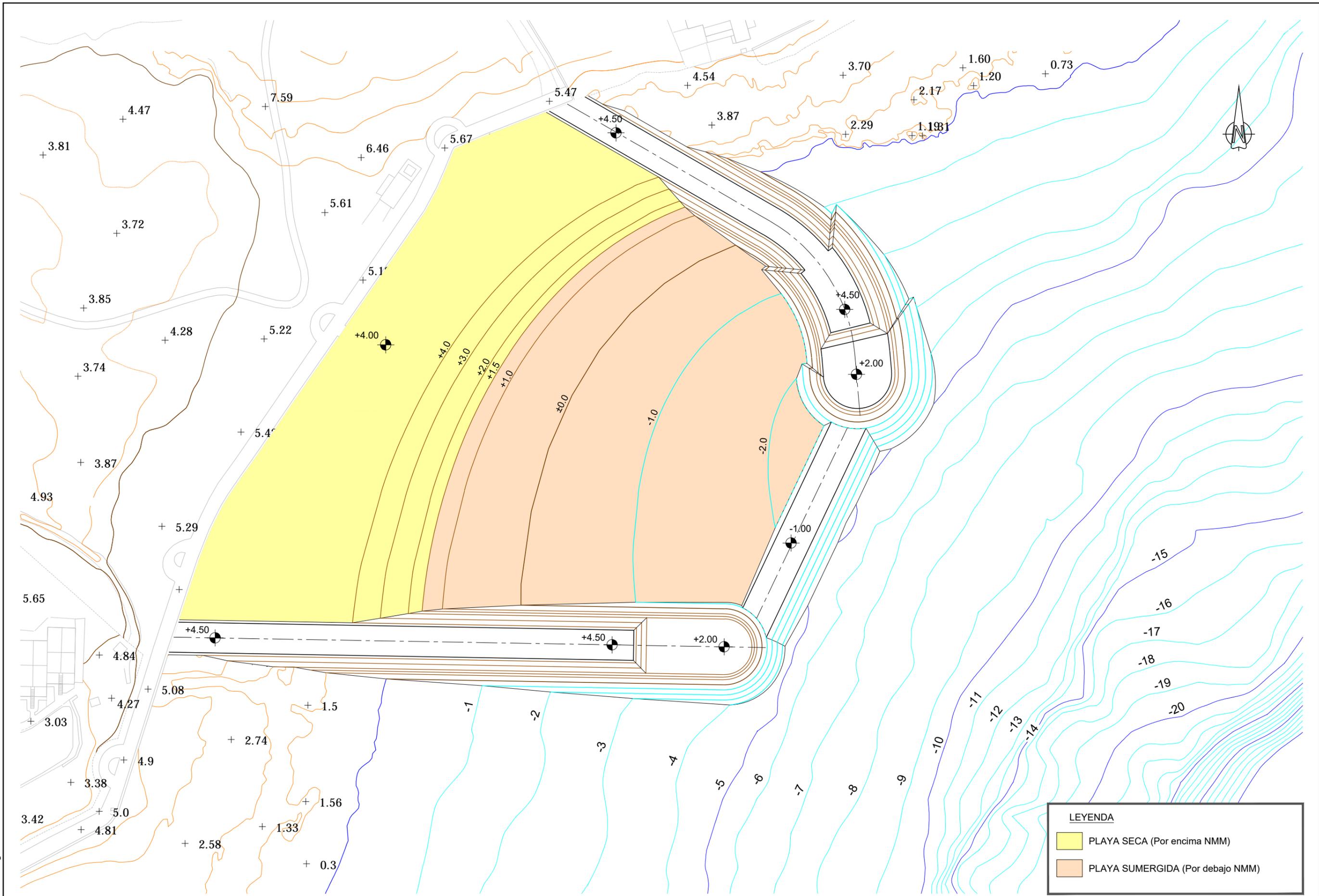


LEYENDA	
	PLAYA SECA (Por encima NMM)
	PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)
	ESPIGONES EMERGIDOS (Por encima NMM)
	ESPIGONES SUMERGIDOS (Por debajo NMM)
	SUPERFICIE DE D.P.M.T OCUPADO A= 26.645 m ²
	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
	SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
	DESLINDE DE DPMT
	LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F3-PLA-0400.dwg

PROMOTOR: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Tourin Europeo</div>	EMPRESA CONSULTORA: <small>MARITIME & CIVIL GLOBAL Consultancy Solutions</small>	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO <small>F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</small>	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO PLANTA DE RELACIÓN CON EL D.P.M.T.	Nº DE PLANO 4 Nº HOJA 1 DE 1
--	---	---	---	-----------------------------	---------------------------------	--	---------------------------------------

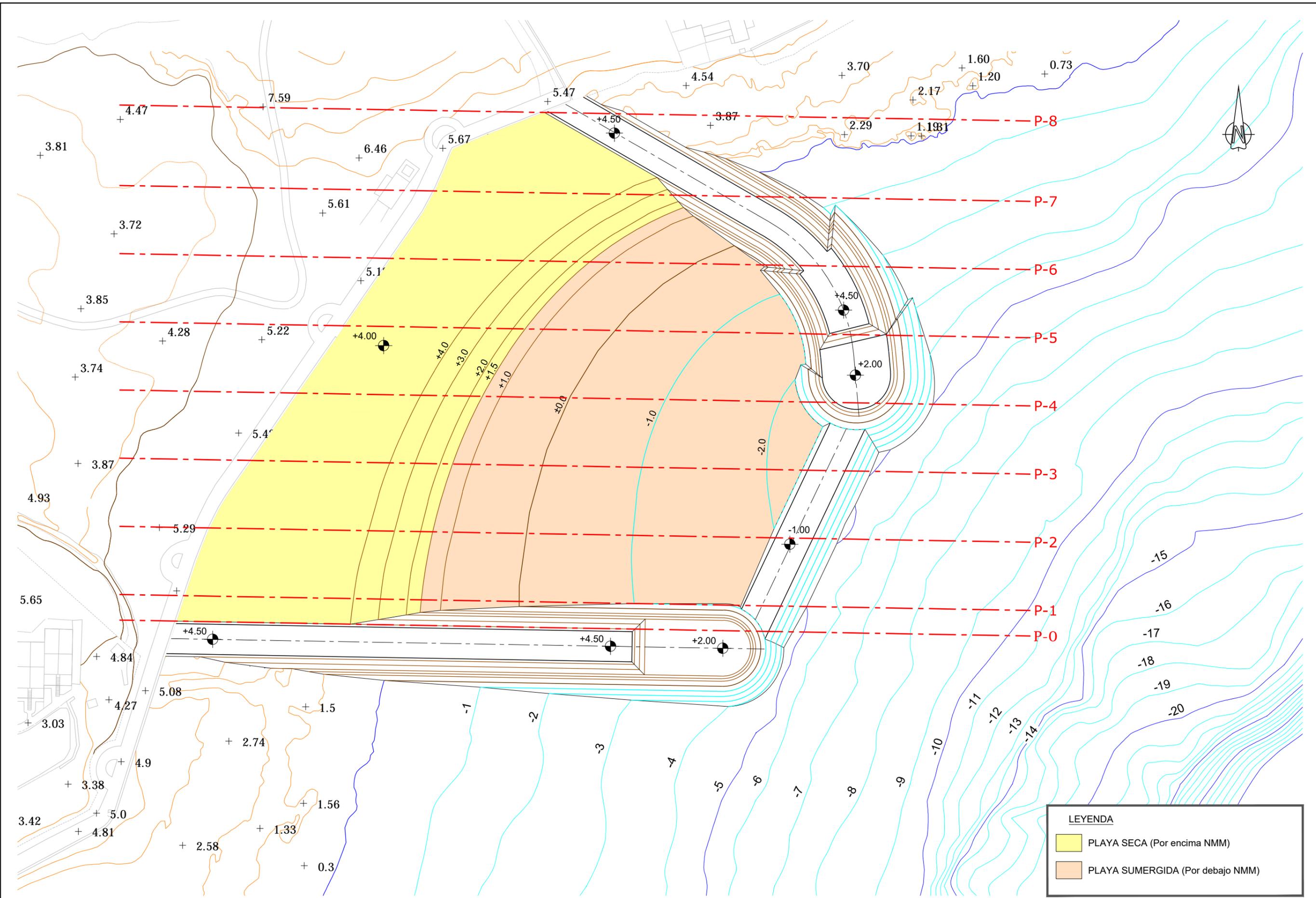


LEYENDA	
	PLAYA SECA (Por encima NMM)
	PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F3-PLA-0510.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO 	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO APORTACIÓN DE ARENA PLANTA GENERAL	Nº DE PLANO 5.1
							Nº HOJA 1 DE 1



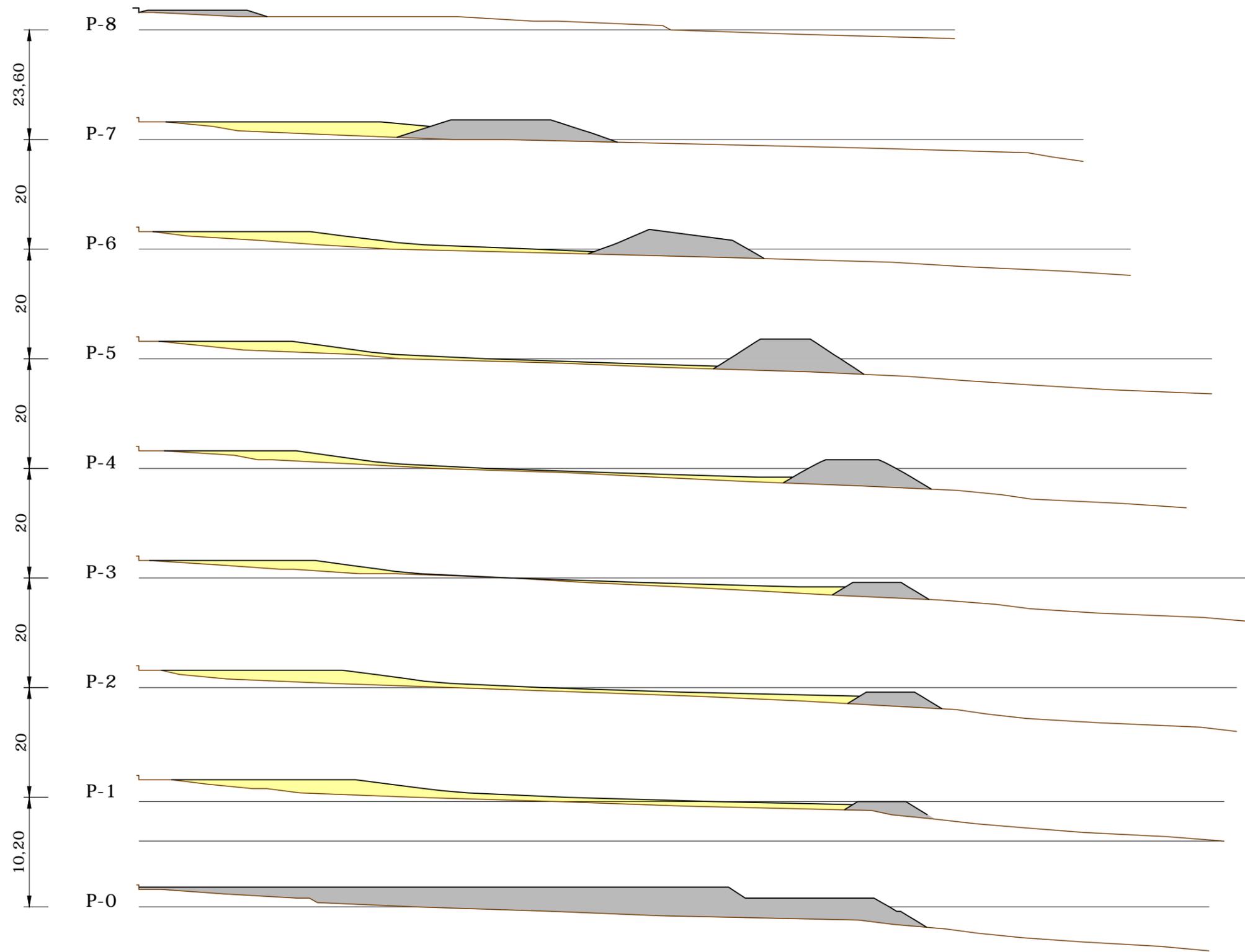
LEYENDA

- PLAYA SECA (Por encima NMM)
- PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F3-PLA-0520.dwg

PROMOTOR: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> Tourin Europeo </div>	EMPRESA CONSULTORA: <div style="text-align: center;"> MARCIGLOB </div>	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO APORTACIÓN DE ARENA PLANTA DE UBICACIÓN DE LOS PERFILES	Nº DE PLANO 5.2 Nº HOJA 1 DE 1
--	--	---	---	-----------------------------	---------------------------------	--	---



P-8	AREA
APORTACION DE ARENA	0 m ²

P-7	AREA
APORTACION DE ARENA	126.08 m ²

P-6	AREA
APORTACION DE ARENA	142.87 m ²

P-5	AREA
APORTACION DE ARENA	120.68 m ²

P-4	AREA
APORTACION DE ARENA	121.98 m ²

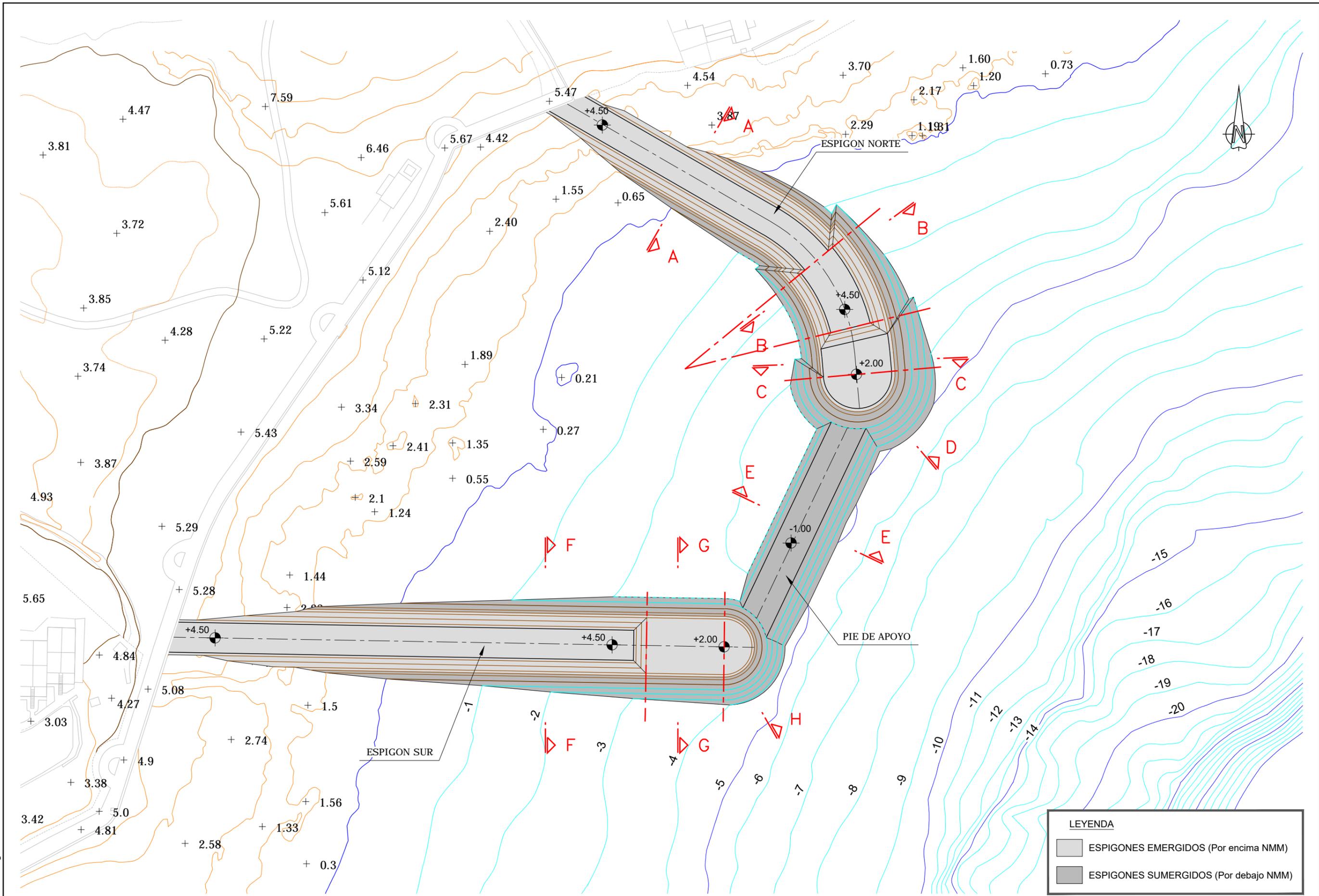
P-3	AREA
APORTACION DE ARENA	78.70 m ²

P-2	AREA
APORTACION DE ARENA	224.35 m ²

P-1	AREA
APORTACION DE ARENA	248.57 m ²

P-0	AREA
APORTACION DE ARENA	0 m ²

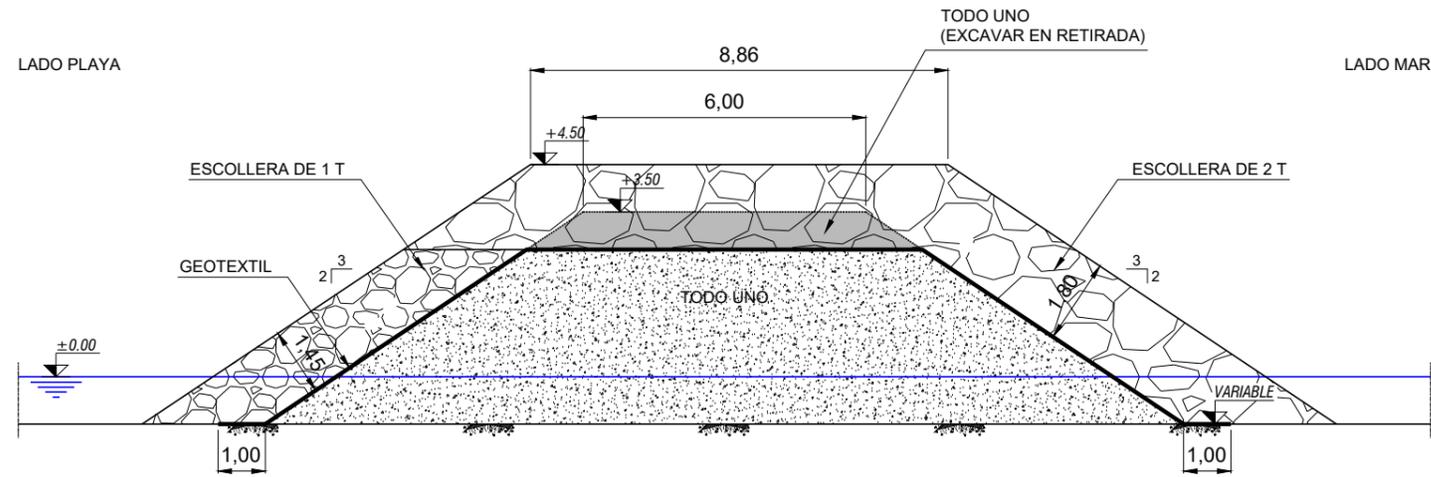
P1702-F3-PLA-0530.dwg



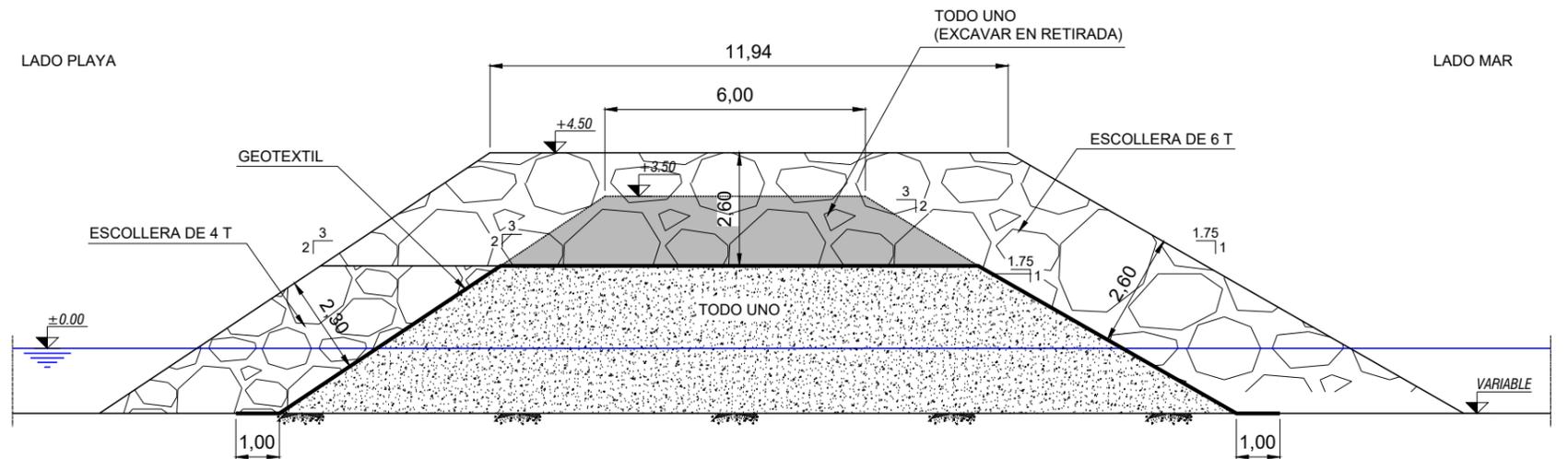
NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F3-PLA-0610.dwg

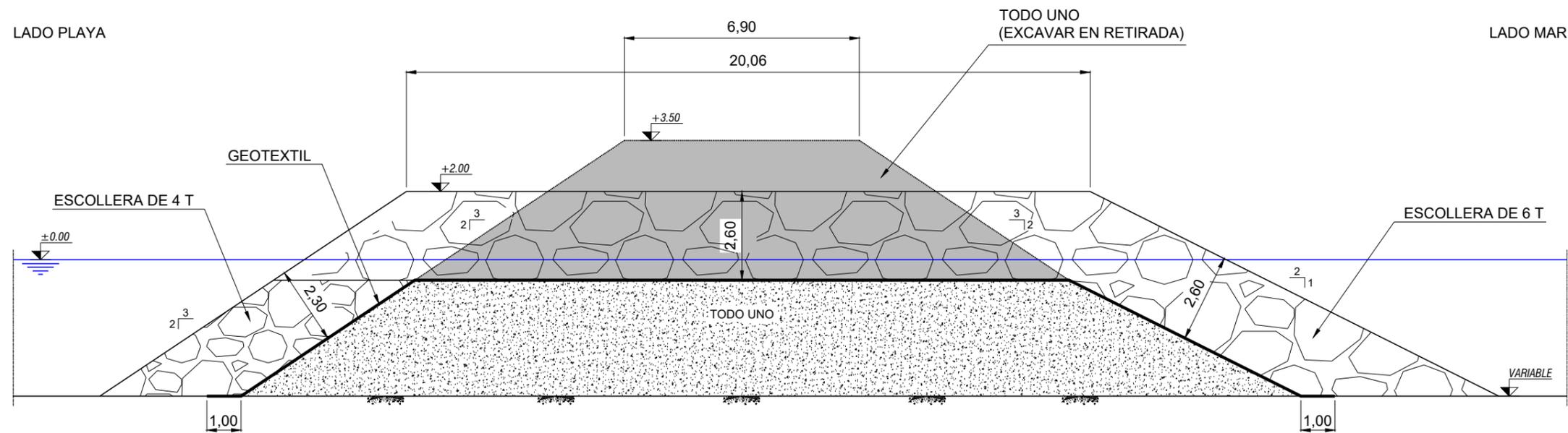
PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 	TÍTULO DEL PLANO ESPIGONES PLANTA GENERAL Y UBICACIÓN DE LAS SECCIONES TIPO	Nº DE PLANO 6.1 Nº HOJA 1 DE 1
---------------	-------------------------	---	---	-----------------------------	---------------------------------	---	---



SECCION A-A'. ESPIGON N (h < 1,5m)
ESCALA 1:150



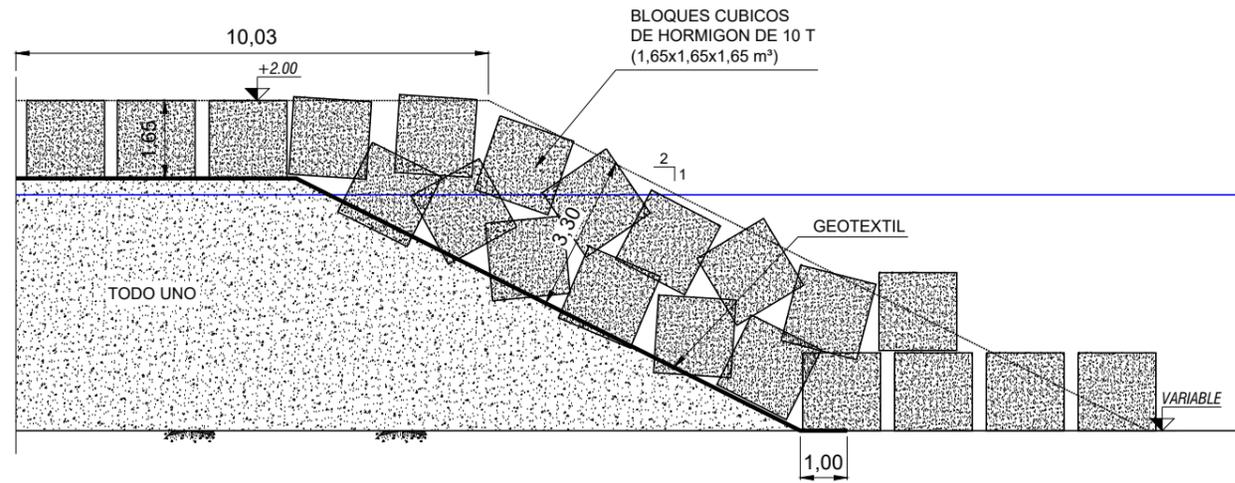
SECCION B-B'. ESPIGON N (h < 1,5m)
ESCALA 1:150



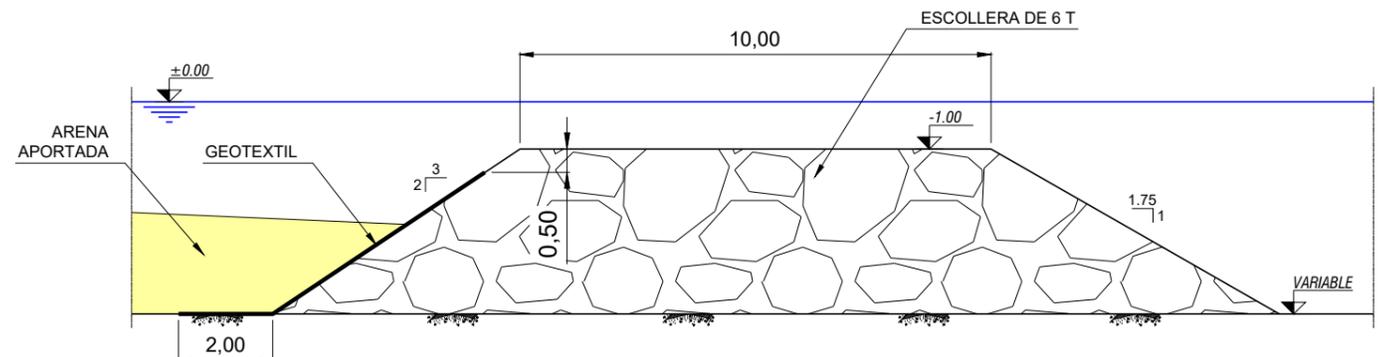
SECCION C-C'. ESPIGON N (h < 4m)
ESCALA 1:150

P1702-F3-PLA-0620.dwg

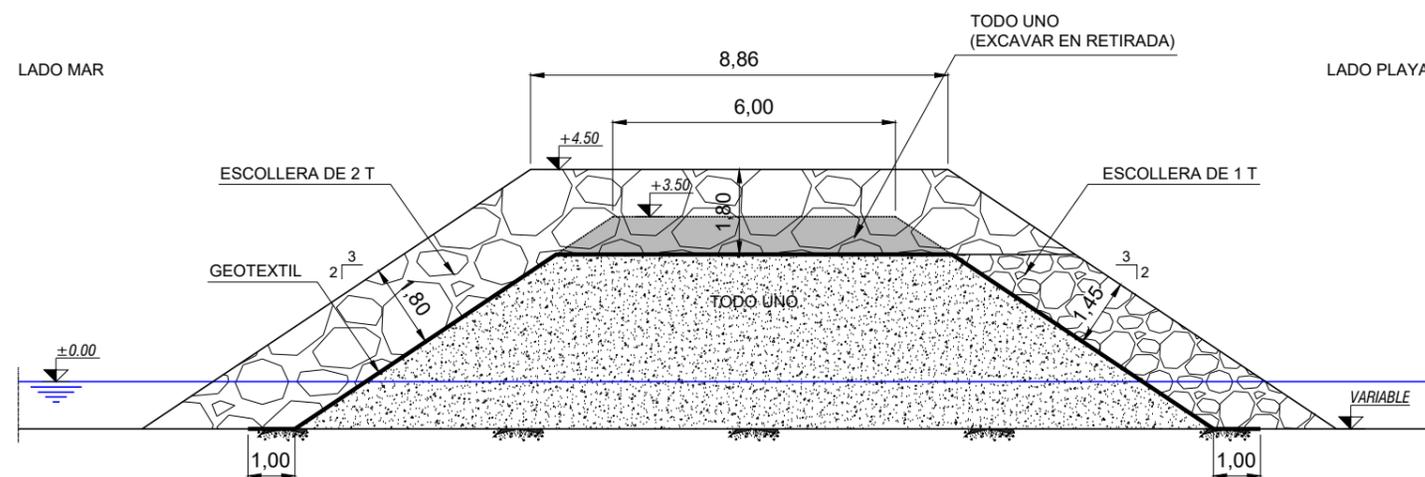
PROMOTOR: Tourin Europeo	EMPRESA CONSULTORA: MARCIGLOB Maritime & Civil Global Consultancy Solutions	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 150 0 0.75 1.5 2.25 3 3.75m	TÍTULO DEL PLANO ESPIGONES SECCIONES TIPO	Nº DE PLANO 6.2 Nº HOJA 1 DE 2
------------------------------------	---	---	--	-------------------------------------	--	---	---



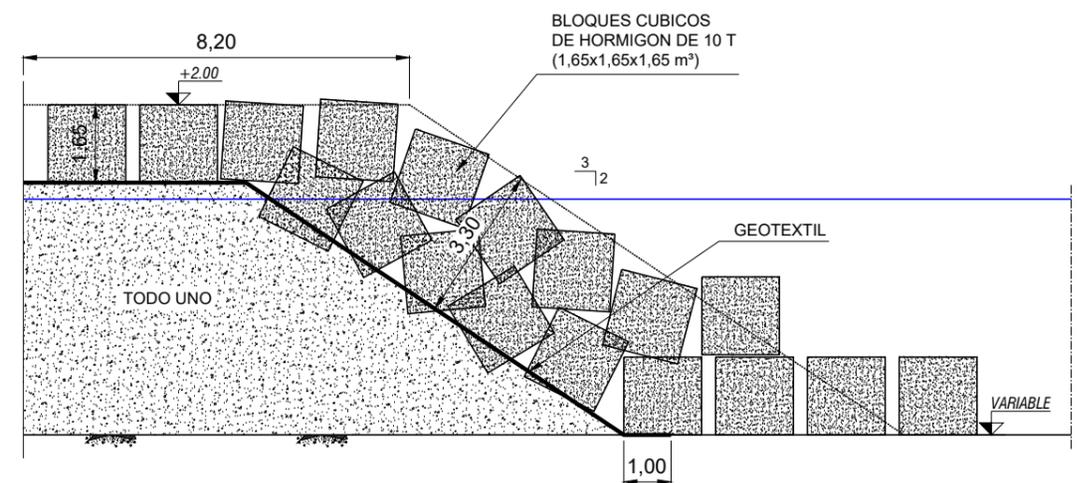
SECCION D-D'. ESPIGON N (MORRO)
ESCALA 1:150



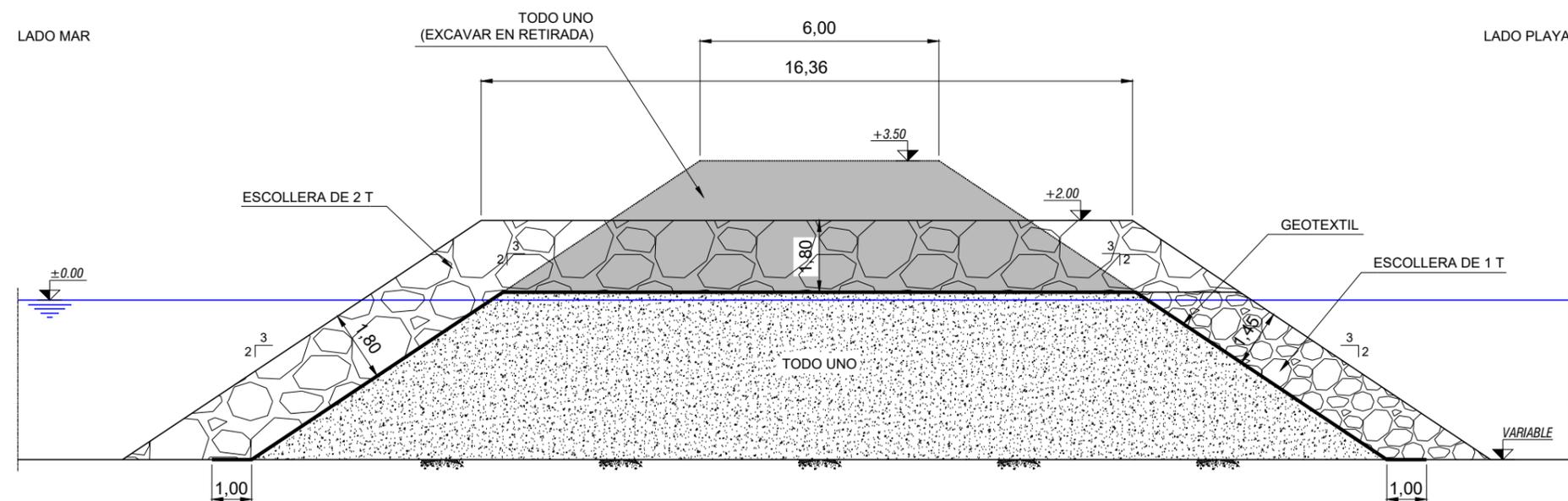
SECCION E-E'. PIE DE APOYO
ESCALA 1:150



SECCION F-F'. ESPIGON S ($h < 3m$)
ESCALA 1:150



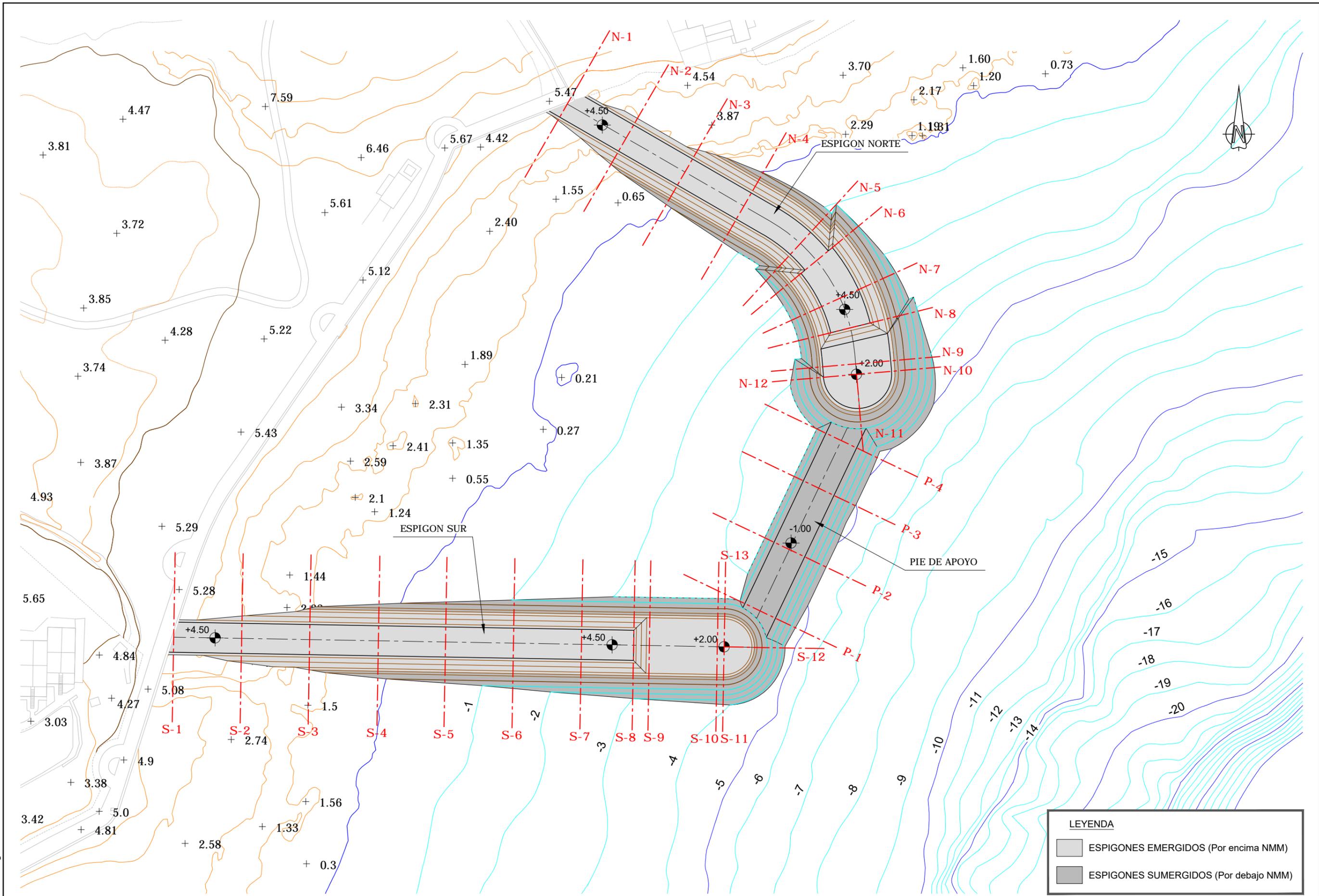
SECCION H-H'. ESPIGON S (MORRO)
ESCALA 1:150



SECCION G-G'. ESPIGON S ($h < 4m$)
ESCALA 1:150

P1702-F3-PLA-0620.dwg

PROMOTOR: Tourin Europeo	EMPRESA CONSULTORA: MARCIGLOB Maritime & Civil Global Consultancy Solutions	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTIN GARCIA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 150 0 0.75 1.5 2.25 3 3.75m	TÍTULO DEL PLANO ESPIGONES SECCIONES TIPO	Nº DE PLANO 6.2 Nº HOJA 2 DE 2
------------------------------------	---	---	--	-------------------------------------	--	---	---

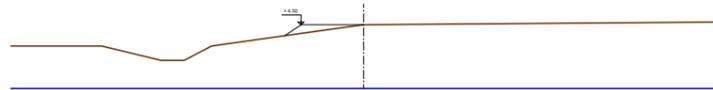


NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

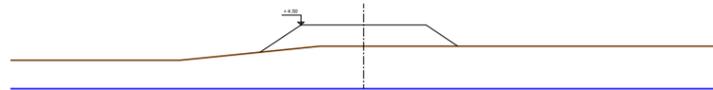
PROMOTOR: Tourin Europeo	EMPRESA CONSULTORA: MARCIGLOB <small>Maritime & Civil Global Consultancy Solutions</small>	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA <small>I.C.C.P. Colegiado nº 11.275</small>	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 1000 <small>0 5 10 15 20 25m</small>	TÍTULO DEL PLANO ESPIGONES PLANTA DE UBICACION DE PERFILES	Nº DE PLANO 6.3 Nº HOJA 1 DE 1
------------------------------------	---	---	--	--	---	---	---

P1702-F3-PLA-0630.dwg

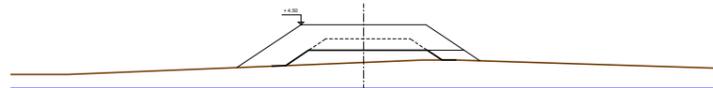
S-1	AREA
ESCOLLERA 2T	1.68 m ²



S-2	AREA
ESCOLLERA 2T	17.43 m ²



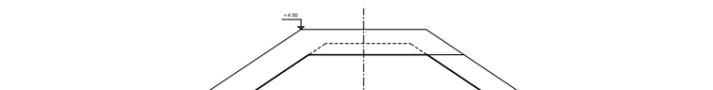
S-3	AREA
TUDO UNO	8.37 m ²
TUDO UNO FUERA	5.76 m ²
ESCOLLERA 1T	1.87 m ²
ESCOLLERA 2T	24.55 m ²
GEOTEXTIL	13.62 m



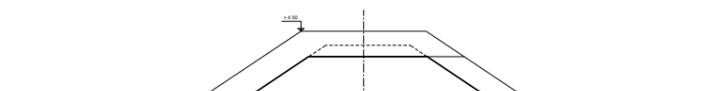
S-4	AREA
TUDO UNO	26.75 m ²
TUDO UNO FUERA	5.76 m ²
ESCOLLERA 1T	5.44 m ²
ESCOLLERA 2T	28.81 m ²
GEOTEXTIL	18.58 m



S-5	AREA
TUDO UNO	40.20 m ²
TUDO UNO FUERA	5.76 m ²
ESCOLLERA 1T	7.71 m ²
ESCOLLERA 2T	31.29 m ²
GEOTEXTIL	21.53 m



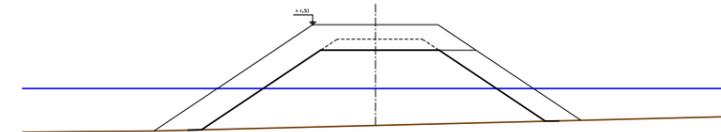
S-6	AREA
TUDO UNO	55.62 m ²
TUDO UNO FUERA	5.76 m ²
ESCOLLERA 1T	9.76 m ²
ESCOLLERA 2T	34.04 m ²
GEOTEXTIL	24.48 m



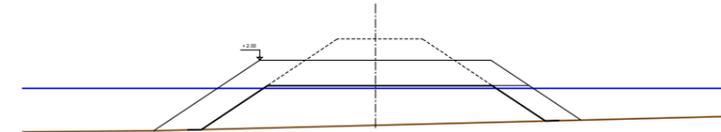
S-7	AREA
TUDO UNO	73.61 m ²
TUDO UNO FUERA	5.76 m ²
ESCOLLERA 1T	11.80 m ²
ESCOLLERA 2T	36.77 m ²
GEOTEXTIL	27.42 m



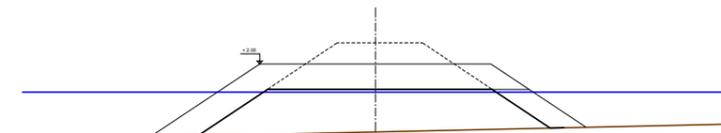
S-8a	AREA
TUDO UNO	86.75 m ²
TUDO UNO FUERA	5.76 m ²
ESCOLLERA 1T	13.00 m ²
ESCOLLERA 2T	39.17 m ²
GEOTEXTIL	29.54 m



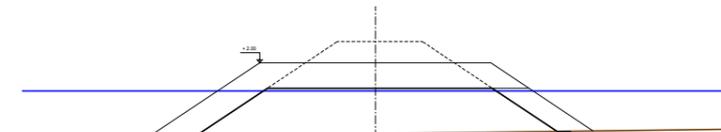
S-8b	AREA
TUDO UNO	56.40 m ²
TUDO UNO FUERA	36.14 m ²
ESCOLLERA 1T	6.46 m ²
ESCOLLERA 2T	44.57 m ²
GEOTEXTIL	28.04 m



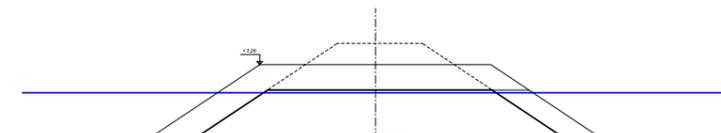
S-9	AREA
TUDO UNO	61.39 m ²
TUDO UNO FUERA	36.14 m ²
ESCOLLERA 1T	7.09 m ²
ESCOLLERA 2T	44.90 m ²
GEOTEXTIL	28.69 m



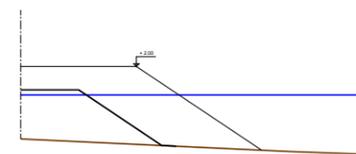
S-10	AREA
TUDO UNO	70.07 m ²
TUDO UNO FUERA	36.14 m ²
ESCOLLERA 1T	7.95 m ²
ESCOLLERA 2T	47.12 m ²
GEOTEXTIL	30.39 m



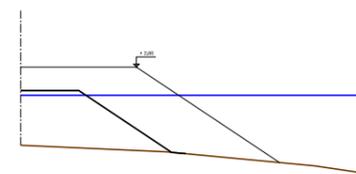
S-11a	AREA
TUDO UNO	71.69 m ²
TUDO UNO FUERA	36.14 m ²
ESCOLLERA 1T	8.36 m ²
ESCOLLERA 2T	47.38 m ²
GEOTEXTIL	30.78 m



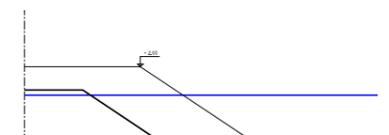
S-11b	AREA
TUDO UNO	25.37 m ²
BLOQUES	42.38 m ²
GEOTEXTIL	12.20 m



S-12	AREA
TUDO UNO	29.67 m ²
BLOQUES	46.70 m ²
GEOTEXTIL	13.03 m



S-13	AREA
TUDO UNO	22.34 m ²
BLOQUES	37.53 m ²
GEOTEXTIL	11.16 m



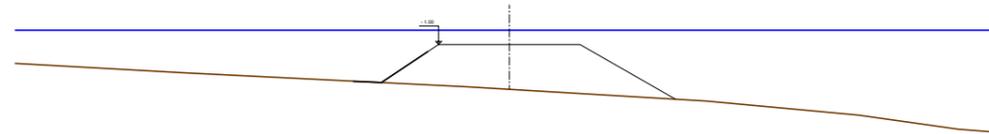
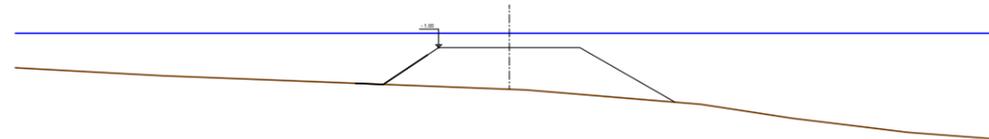
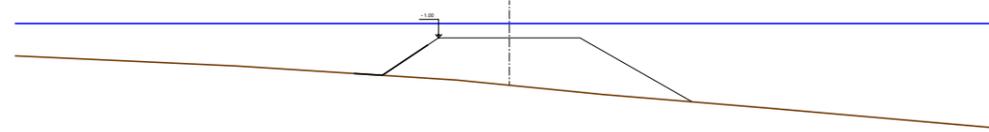
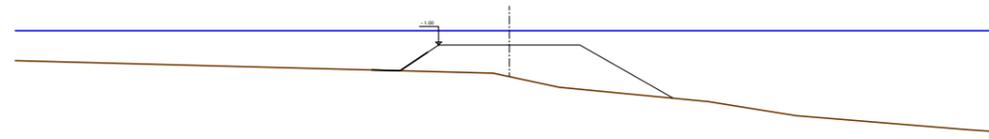
P1702-F3-PLA-0640.dwg

P-1	AREA
ESCOLLERA 6T	36.65 m ²
GEOTEXTIL	4.39 m

P-2	AREA
ESCOLLERA 6T	54.72 m ²
GEOTEXTIL	5.90 m

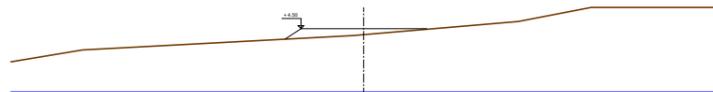
P-3	AREA
ESCOLLERA 6T	46.42 m ²
GEOTEXTIL	5.80 m

P-4	AREA
ESCOLLERA 6T	49.49 m ²
GEOTEXTIL	5.97 m

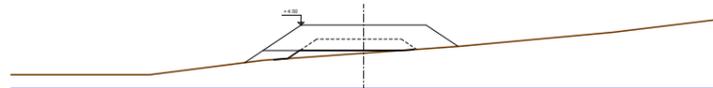


P1702-F3-PLA-0640.dwg

N-1	AREA
ESCOLLERA 2T	4.02 m ²



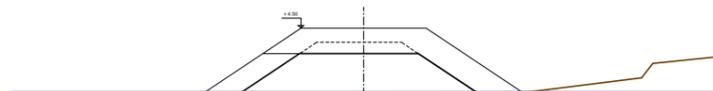
N-2	AREA
TUDO UNO	2.04 m ²
TUDO UNO FUERA	5.71 m ²
ESCOLLERA 1T	1.81 m ²
ESCOLLERA 2T	20.13 m ²
GEOTEXTIL	10.16 m



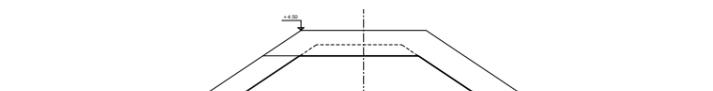
N-3	AREA
TUDO UNO	18.52 m ²
TUDO UNO FUERA	5.76 m ²
ESCOLLERA 1T	6.10 m ²
ESCOLLERA 2T	21.71 m ²
GEOTEXTIL	15.35 m



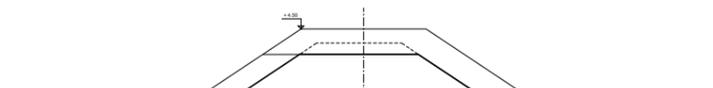
N-4	AREA
TUDO UNO	36.63 m ²
TUDO UNO FUERA	5.76 m ²
ESCOLLERA 1T	7.91 m ²
ESCOLLERA 2T	29.67 m ²
GEOTEXTIL	20.79 m



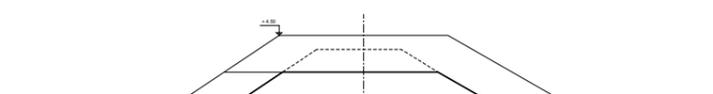
N-5	AREA
TUDO UNO	51.62 m ²
TUDO UNO FUERA	5.76 m ²
ESCOLLERA 1T	9.67 m ²
ESCOLLERA 2T	32.81 m ²
GEOTEXTIL	23.74 m



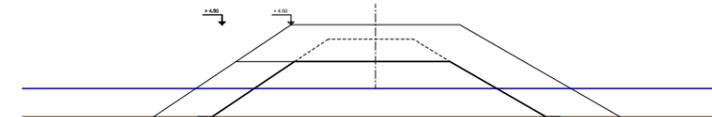
N-6a	AREA
TUDO UNO	51.62 m ²
TUDO UNO FUERA	5.76 m ²
ESCOLLERA 1T	9.67 m ²
ESCOLLERA 2T	32.81 m ²
GEOTEXTIL	23.74 m



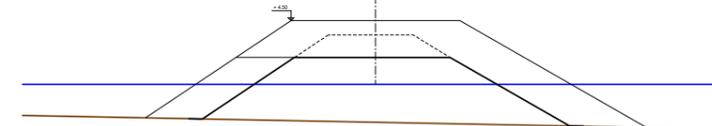
N-6b	AREA
TUDO UNO	45.57 m ²
TUDO UNO FUERA	13.60 m ²
ESCOLLERA 4T	12.02 m ²
ESCOLLERA 6T	57.22 m ²
GEOTEXTIL	24.07 m



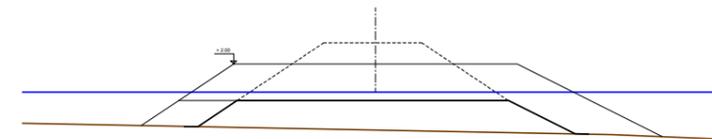
N-7	AREA
TUDO UNO	67.62 m ²
TUDO UNO FUERA	13.60 m ²
ESCOLLERA 4T	16.17 m ²
ESCOLLERA 6T	62.46 m ²
GEOTEXTIL	27.89 m



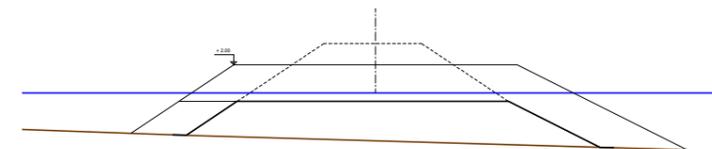
N-8a	AREA
TUDO UNO	84.77 m ²
TUDO UNO FUERA	13.60 m ²
ESCOLLERA 4T	17.87 m ²
ESCOLLERA 6T	67.74 m ²
GEOTEXTIL	30.60 m



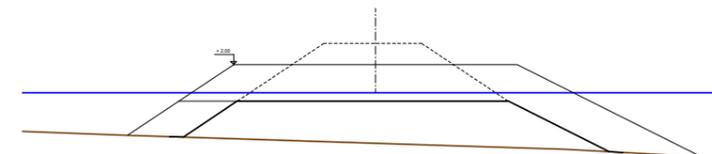
N-8b	AREA
TUDO UNO	47.84 m ²
TUDO UNO FUERA	53.52 m ²
ESCOLLERA 4T	7.48 m ²
ESCOLLERA 6T	78.14 m ²
GEOTEXTIL	29.78 m



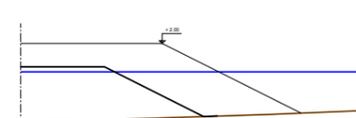
N-9	AREA
TUDO UNO	67.71 m ²
TUDO UNO FUERA	53.52 m ²
ESCOLLERA 4T	9.62 m ²
ESCOLLERA 6T	83.40 m ²
GEOTEXTIL	32.77 m



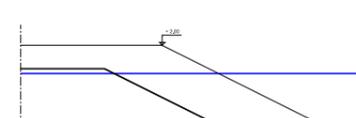
N-10a	AREA
TUDO UNO	73.47 m ²
TUDO UNO FUERA	53.52 m ²
ESCOLLERA 4T	10.24 m ²
ESCOLLERA 6T	85.77 m ²
GEOTEXTIL	33.75 m



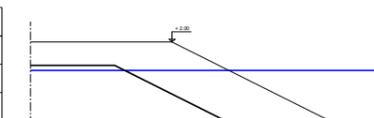
N-10b	AREA
TUDO UNO	35.79 m ²
BLOQUES	44.28 m ²
GEOTEXTIL	14.78 m



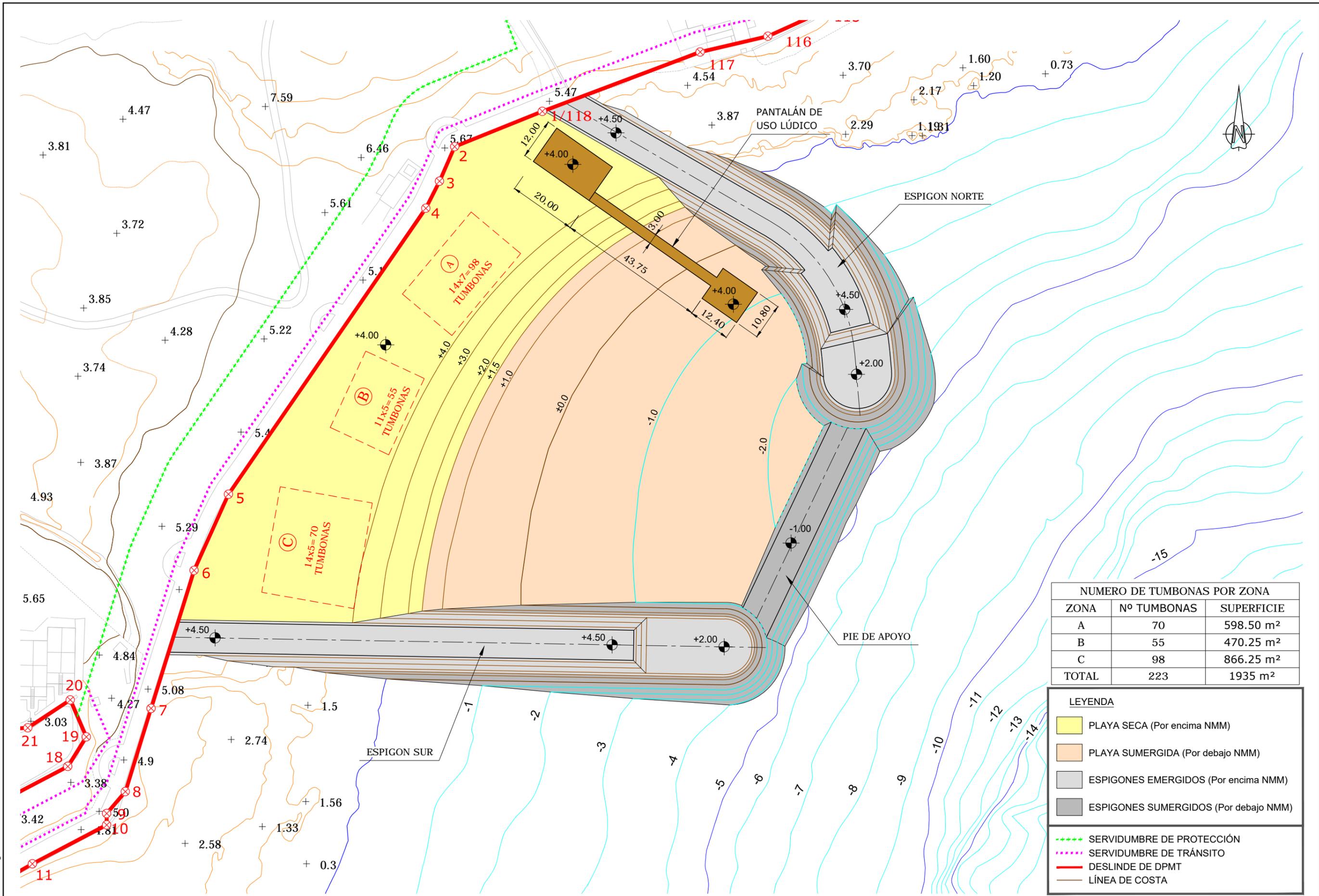
N-11	AREA
TUDO UNO	43.81 m ²
BLOQUES	54.91 m ²
GEOTEXTIL	17.35 m



N-12	AREA
TUDO UNO	41.93 m ²
BLOQUES	53.55 m ²
GEOTEXTIL	16.84 m



P1702-F3-PLA-0640.dwg

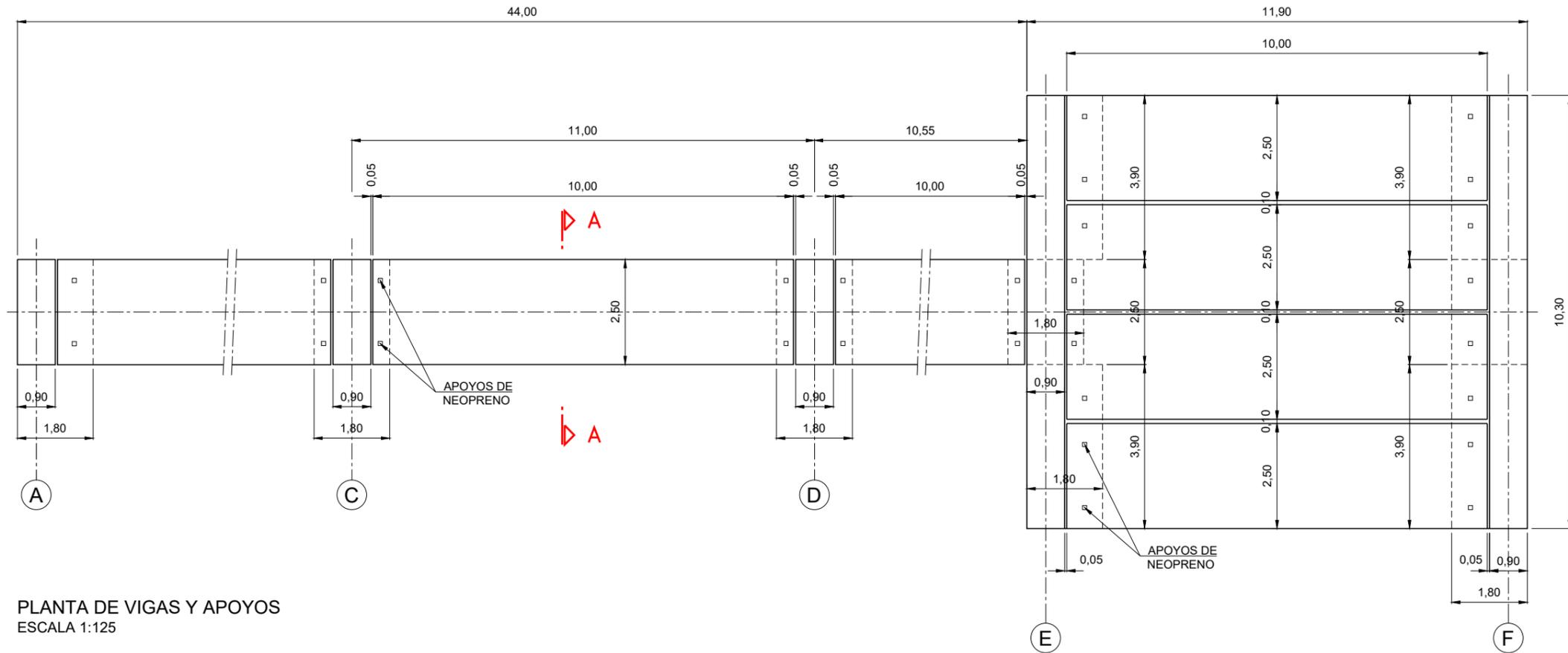


NUMERO DE TUMBONAS POR ZONA		
ZONA	Nº TUMBONAS	SUPERFICIE
A	70	598.50 m ²
B	55	470.25 m ²
C	98	866.25 m ²
TOTAL	223	1935 m ²

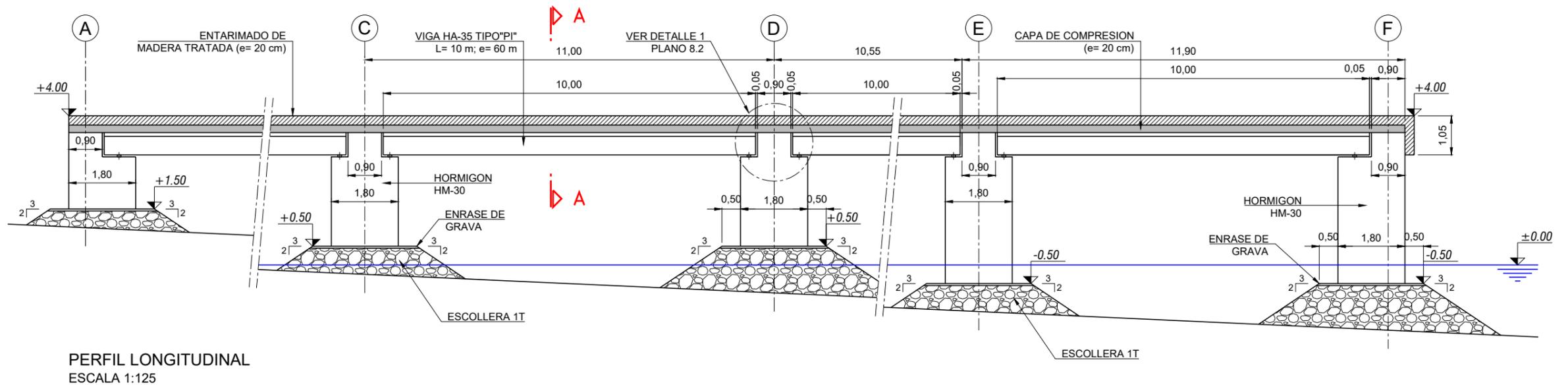
LEYENDA	
	PLAYA SECA (Por encima NMM)
	PLAYA SUMERGIDA (Por debajo NMM)
	ESPIGONES EMERGIDOS (Por encima NMM)
	ESPIGONES SUMERGIDOS (Por debajo NMM)
	SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN
	SERVIDUMBRE DE TRÁNSITO
	DESLINDE DE DPMT
	LÍNEA DE COSTA

NOTA: COTAS REFERIDAS AL CERO HIDROGRÁFICO (C.H.)

P1702-F3-PLA-0700.dwg



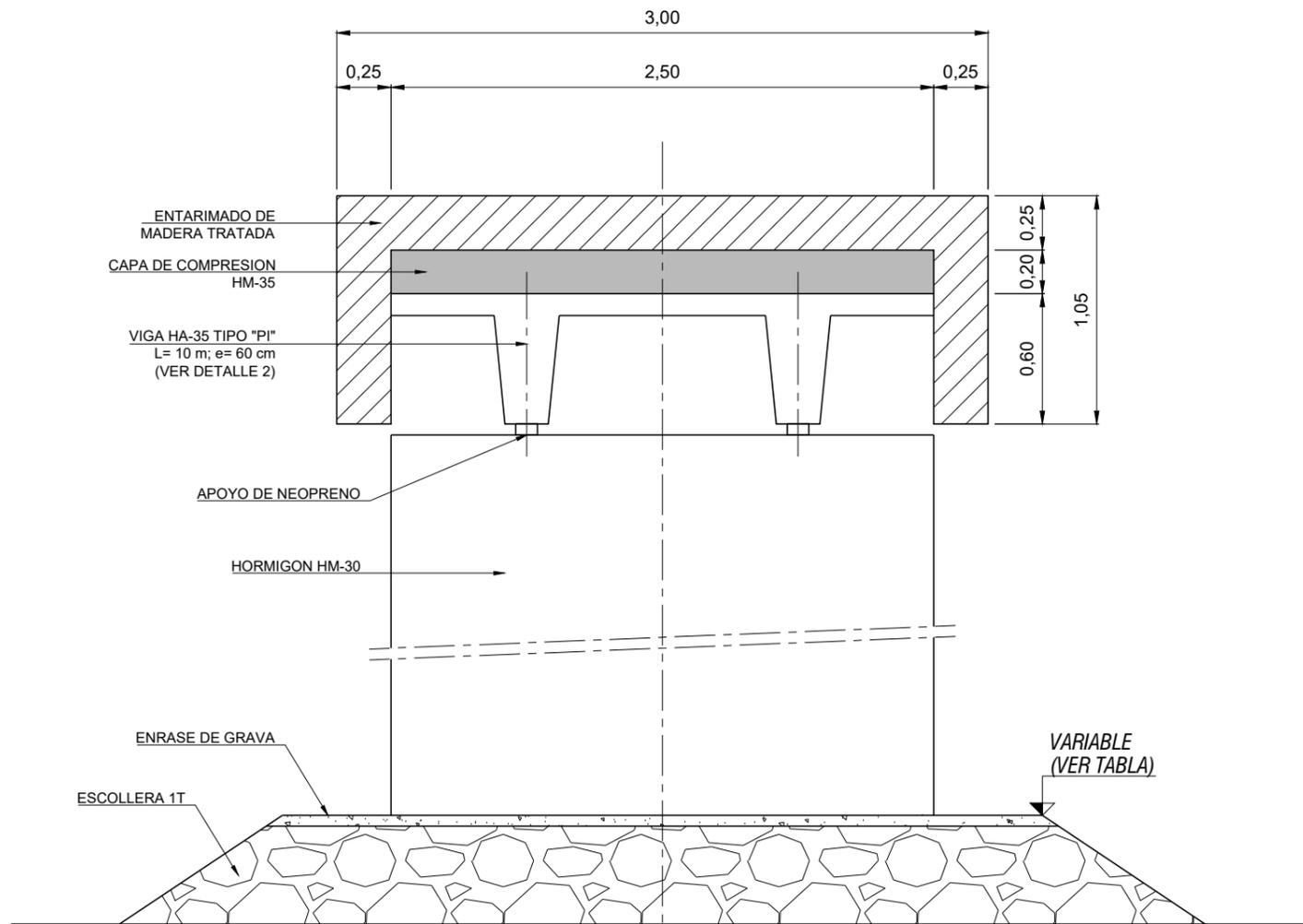
PLANTA DE VIGAS Y APOYOS
ESCALA 1:125



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:125

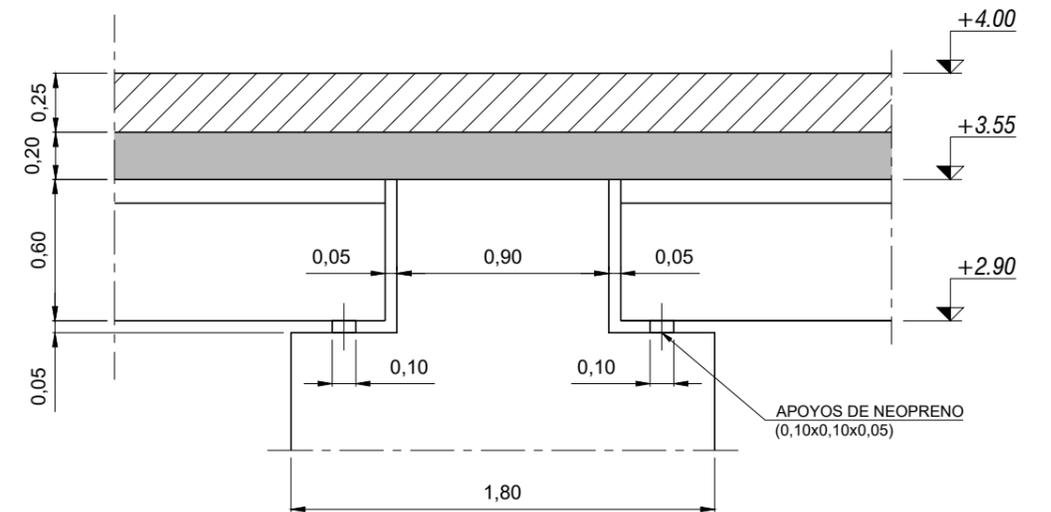
P1702-F3-PLA-0800.dwg

PROMOTOR: 	EMPRESA CONSULTORA: 	EL INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. AUTOR DEL PROYECTO  F. JAVIER ESCARTÍN GARCÍA I.C.C.P. Colegiado nº 11.275	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE "COSTA TEGUISE" T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)	FECHA SEPTIEMBRE 2017	ESCALA: DIN A-3 1 : 125 	TÍTULO DEL PLANO PANTALAN DE USO LÚDICO PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL	Nº DE PLANO 8.1 Nº HOJA 1 DE 1
--	--	--	---	-----------------------------	---	--	---

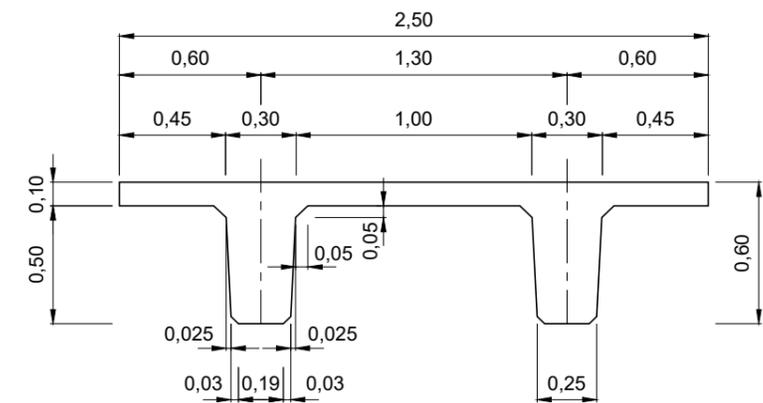


SECCION A-A
ESCALA 1:30

COTA DE CIMENTACION	
APOYO	COTA
A	+ 1,50
B	+ 1,50
C	+ 0,50
D	+ 0,50
E	- 0,50
F	- 0,50



DETALLE 1
ESCALA 1:30



DETALLE 2. VIGA TIPO "PI"
ESCALA 1:30

P1702-F3-PLA-0800.dwg

DOCUMENTO N° 3: PRESUPUESTO

Revisión	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado
0	15-09-17	Edición final	JEG	JQR	JEG
B	22-06-17	Emisión para Comentarios del Cliente	JEG	JQR	JEG
A	20-06-17	Emisión para Comentarios Internos	JEG	JQR	JEG

ÍNDICE DEL DOCUMENTO N° 3. PRESUPUESTO

Mediciones

 Mediciones auxiliares

Cuadro de Precios n° 1

Presupuestos Parciales

Presupuesto Total

MEDICIONES

PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)

Nº	Ud	Descripción	Medición
MEDICIONES			
CAPÍTULO 1. ESPIGONES			
SUBCAPÍTULO 1.1. ESPIGÓN NORTE			
1.1.1	t	Todo uno de escollera, incluido suministro, transporte hasta obra, vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	9.091,10
1.1.2	t	Todo uno de escollera procedente de obra, incluido vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	3.036,34
1.1.3	t	Excavación de todo uno, incluido transporte hasta obra para su reutilización y acopios intermedios	2.755,62
1.1.4	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 1.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	827,16
1.1.5	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 2.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	3.490,13
1.1.6	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 4.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	799,72
1.1.7	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 6.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	4.328,67
1.1.8	m3	Fabricación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	1.090,60
1.1.9	ud	Colocación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	243,00
1.1.10	m2	Geotextil de fieltro de polipropileno no tejido de 300-350 g/m2, incluido suministro, transporte hasta obra, colocación sobre los taludes indicados en los planos y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	2.782,06
SUBCAPÍTULO 1.2. PIE DE APOYO			
1.2.1	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 6.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación con grúa por medios marítimos, totalmente terminado	4.591,85
1.2.2	m2	Geotextil de fieltro de polipropileno no tejido de 300-350 g/m2, incluido suministro, transporte hasta obra, colocación sobre los taludes indicados en los planos y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	310,82
SUBCAPÍTULO 1.3. ESPIGÓN SUR			
1.3.1	t	Todo uno de escollera, incluido suministro, transporte hasta obra, vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	15.344,92

PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)

Nº	Ud	Descripción	Medición
MEDICIONES			
1.3.2	t	Excavación de todo uno, incluido transporte hasta obra para su reutilización y acopios intermedios	3.036,34
1.3.3	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 1.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	1.726,40
1.3.4	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 2.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	8.461,47
1.3.5	m3	Fabricación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	700,96
1.3.6	ud	Colocación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	156,00
1.3.7	m2	Encofrado de una cara, con paneles y puntales metálicos de altura <= 3 m, para dejar el hormigón visto, incluido montaje y desmontaje y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	217,80
1.3.8	m2	Geotextil de fieltro de polipropileno no tejido de 300-350 g/m2, incluido suministro, transporte hasta obra, colocación sobre los taludes indicados en los planos y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	3.275,67
CAPÍTULO 2. APORTACIÓN DE ARENA			
2.1	m3	Arena del yacimiento previsto en el proyecto con tamaño medio D50 ≥ 0,35 mm, incluido suministro, carga y transporte en camión hasta puerto de embarque, carga a buque, transporte marítimo a puerto de desembarque, decarga de buque, carga y transporte en camión hasta obra y vertido por medios terrestres en las zonas indicadas en los planos	20.656,20
2.2	m2	Extensión y nivelación de arena mediante buldócer y tractor con equipo nivelador o similar	7.425,00
CAPÍTULO 3. PANTALÁN			
3.1	t	Todo uno de escollera procedente de obra, incluido vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	2.755,62
3.2	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 1.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación con grúa por medios marítimos, totalmente terminado	363,87
3.3	m2	Enrase con grava, incluido suministro de material hasta pie de obra, medios auxiliares y accesorios, totalmente terminado	102,48
3.4	m3	Fabricación de bloques de hormigón HM-30 para soporte de las vigas, de acuerdo a la geometría de los planos, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	178,16

**PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE
TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)**

Nº	Ud	Descripción	Medición
MEDICIONES			
3.5	m2	Encofrado de una cara, con paneles y puntales metálicos de altura <= 3 m, para dejar el hormigón visto, incluido montaje y desmontaje y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	51,30
3.6	ud	Colocación de bloques de hormigón HM-30 para soporte de las vigas, incluido grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	24,00
3.7	ud	Fabricación de viga tipo "pi" de hormigón HA-35, con canto de 60 cm, anchura de 250 cm y longitud de 10 m, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, armadura con cuantía de hasta 90 kg/m3, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	8,00
3.8	ud	Colocación de viga tipo "pi" de hormigón HA-35, con canto de 60 cm, anchura de 250 cm y longitud de 10 m, incluidos grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	8,00
3.9	m2	Capa de compresión de hormigón HA-35 de espesor e = 20 cm, incluido suministro de hormigón a pie de obra, bombeo, vibrado, p.p. de encofrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	232,57
3.10	dm3	Apoyo de neopreno sin armar, incluido suministro y colocación, p.p. de pruebas, elementos de anclaje, medios auxiliares y accesorios, totalmente terminado	16,00
3.11	m2	Tarima de madera tratada, incluido suministro y colocación, elementos de anclaje, medios auxiliares y accesorios, totalmente terminado	608,44
CAPÍTULO 4. OBRAS Y UNIDADES AUXILIARES			
4.1	PA	Partida alzada a justificar para habilitación de accesos a la obra, incluso demoliciones, transporte y deposición de residuos generados y rehabilitación de obras y servicios afectados	1,00
4.2	PA	Partida alzada de abono íntegro para la movilización y desmovilización de la maquinaria necesaria	1,00
4.3	PA	Partida alzada de abono íntegro para el empleo de barreras anticontaminantes durante el vertido de escollera y arena, incluido materiales, equipos y medios auxiliares	1,00
CAPÍTULO 5. VARIOS			
5.1	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo del Plan de Seguridad y Salud durante la ejecución de las obras	1,00
5.2	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo del Plan de Gestión de Residuos durante la ejecución de las obras	1,00
5.3	PA	Partida alzada a justificar para el desarrollo del Plan de Vigilancia Ambiental durante la ejecución de las obras	1,00
5.4	PA	Partida alzada a justificar para imprevistos	1,00

Mediciones auxiliares

ESPIGÓN NORTE

			TODO UNO Densidad 1,86 t/m3		RETIRADA DE TODO UNO Densidad 1,86 t/m3		ESCOLLERA 1 T Densidad 1,72 t/m3		ESCOLLERA 2 T Densidad 1,72 t/m3		ESCOLLERA 4 T Densidad 1,72 t/m3		ESCOLLERA 6 T Densidad 1,72 t/m3		BLOQUES 10,5 T Porosidad 45% Vol. Unit. 4,49 m3		GEOTEXIL	
Sección	Perfil	PK	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Anchura	Superficie
A	PN1	0,00	0,00		0,00		0,00		4,02								0,00	
A	PN2	20,00	7,75	77,50	5,71	57,10	1,81	18,10	20,13	241,50							10,16	101,60
A	PN3	40,00	24,28	320,30	5,76	114,70	6,10	79,10	21,71	418,40							15,35	255,10
A	PN4	60,00	44,39	686,70	5,76	115,20	7,91	140,10	29,67	513,80							20,79	361,40
A	PN5	80,00	57,38	1.017,70	5,76	115,20	9,67	175,80	32,81	624,80							23,74	445,30
A	PN6a	86,94	57,38	398,22	5,76	39,97	9,67	67,11	32,81	227,70							23,74	164,76
B	PN6b	86,94	59,17	0,00	13,60	0,00					12,02		57,22				24,07	0,00
B	PN7	100,00	81,22	916,75	13,60	177,62					16,17	184,08	62,46	781,51			27,89	339,30
B	PN8a	109,27	98,37	832,40	13,60	126,07					17,87	157,78	67,74	603,48			30,60	271,10
C	PN8b	109,27	101,36	0,00	53,52	0,00					7,48	0,00	78,14	0,00			29,78	0,00
C	PN9	120,00	121,23	1.194,20	53,52	574,27					9,62	91,74	83,40	866,66			32,77	335,58
C	PN10a	123,09	126,99	383,50	53,52	165,38					10,24	30,68	85,77	261,37			33,75	102,77
Arco			Área	Cdg	Volumen							Área	Cdg	Volumen	Área	Cdg	Volumen	
D	PN12	0,00 °	41,93	5,53								53,55	11,30		16,83	7,00		
D	PN11	90,00 °	43,81	5,72	378,79							54,91	11,48	970,25	17,35	8,13	203,01	
D	PN10b	180,00 °	35,79	4,89	331,66							44,28	9,89	832,40	14,78	7,90	202,13	
TOTAL			6.537,70 m3 12.127,44 t		1.485,51 m3 2.755,62 t		480,21 m3 827,16 t		2.026,20 m3 3.490,13 t		464,28 m3 799,72 t		2.513,02 m3 4.328,67 t		1.090,60 m3 243 ud		2.782,06 m2	

ESPIGÓN SUR

			TODO UNO Densidad 1,86 t/m3		RETIRADA DE TODO UNO Densidad 1,86 t/m3		ESCOLLERA 1 T Densidad 1,72 t/m3		ESCOLLERA 2 T Densidad 1,72 t/m3		ESCOLLERA 4 T Densidad 1,72 t/m3		ESCOLLERA 6 T Densidad 1,72 t/m3		BLOQUES 10,5 T Porosidad 45% Vol. Unit. 4,49 m3		GEOTEXIL	
Sección	Perfil	PK	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Anchura	Superficie
F	PS1	0,00	0,00		0,00		0,00		1,68								0,00	
F	PS2	20,00	3,38	33,75	3,38	33,75	0,00	0,00	17,43	191,10							0,00	0,00
F	PS3	40,00	14,13	175,05	5,76	91,35	1,87	18,70	24,55	419,80							13,62	136,20
F	PS4	60,00	32,51	466,40	5,76	115,20	5,44	73,10	28,81	533,60							18,58	322,00
F	PS5	80,00	45,96	784,70	5,76	115,20	7,71	131,50	31,29	601,00							21,53	401,10
F	PS6	100,00	61,38	1.073,40	5,76	115,20	9,76	174,70	34,04	653,30							24,48	460,10
F	PS7	120,00	79,37	1.407,50	5,76	115,20	11,80	215,60	36,77	708,10							27,42	519,00
F	PS8a	135,37	92,51	1.320,90	5,76	88,53	13,00	190,59	39,17	583,60							29,54	437,74
G	PS8b	135,37	92,54	0,00	36,14	0,00	6,46	0,00	44,57	0,00					0,00		28,04	0,00
G	PS9	140,00	97,53	440,01	36,14	167,33	7,09	31,37	44,90	207,12					0,00		28,69	131,33
G	PS10	160,00	106,21	2.037,40	36,14	722,80	7,95	150,40	47,12	920,20					0,00		30,39	590,80
G	PS11a	162,00	107,83	214,04	36,14	72,28	8,36	16,31	47,38	94,50					0,00		30,78	61,17
Arco			Área	Cdg	Volumen							Área	Cdg	Volumen	Anch	Cdg	Volumen	
H	PS11b	0,00 °	25,37	3,77								42,38	8,39		12,20	5,50		
H	PS12	90,00 °	29,67	3,97	167,29							46,70	8,94	606,23	13,03	5,85	112,45	
H	PS13	180,00 °	22,34	3,46	151,75							37,53	7,76	552,39	11,16	5,08	103,78	
TOTAL			8.272,20 m3 15.344,92 t		1.636,84 m3 3.036,34 t		1.002,27 m3 1.726,40 t		4.912,32 m3 8.461,47 t		0,00 m3 0,00 t		0,00 m3 0,00 t		700,96 m3 156 ud		3.275,67 m2	

PIE DE APOYO

			TODO UNO Densidad 1,86 t/m3		RETIRADA DE TODO UNO Densidad 1,86 t/m3		ESCOLLERA 1 T Densidad 1,72 t/m3		ESCOLLERA 2 T Densidad 1,72 t/m3		ESCOLLERA 4 T Densidad 1,72 t/m3		ESCOLLERA 6 T Densidad 1,72 t/m3		BLOQUES 10,5 T Porosidad 45% Vol. Unit. 4,49 m3		GEOTEXIL	
Sección	Perfil	PK	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Área	Volumen	Anchura	Superficie
E	PA1	0,00											36,65				4,39	
E	PA2	20,00											54,71	913,60			5,90	102,90
E	PA3	40,00											46,42	1.011,30			5,80	117,00
E	PA4	55,45											49,49	740,90			5,97	90,92
TOTAL			0,00 m3 0,00 t		0,00 m3 0,00 t		0,00 m3 0,00 t		0,00 m3 0,00 t		0,00 m3 0,00 t		2.665,80 m3 4.591,85 t		0,00 m3 0 ud		310,82 m2	

Volumen de arena

Perfil	PK	Longitud	Sección	Volumen
P-0	0,0 m		0,00 m ²	
P-1	10,02 m	10,02 m	248,57 m ²	1.245,34 m ³
P-2	30,02 m	20,00 m	224,35 m ²	4.729,20 m ³
P-3	50,02 m	20,00 m	78,70 m ²	3.030,50 m ³
P-4	70,02 m	20,00 m	121,98 m ²	2.006,80 m ³
P-5	90,02 m	20,00 m	120,68 m ²	2.426,60 m ³
P-6	110,02 m	20,00 m	142,87 m ²	2.635,50 m ³
P-7	130,02 m	20,00 m	126,08 m ²	2.689,50 m ³
P-8	153,62 m	23,60 m	0,00 m ²	1.487,74 m ³
TOTAL TEÓRICO				20.251,18 m³
TOTAL REAL Factor sobrellenado = 1,02				20.656,20 m³

CUADRO DE PRECIOS N° 1

PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)

Nº	Ud	Descripción	Precio
CUADRO DE PRECIOS Nº 1			
CAPÍTULO 1. ESPIGONES			
SUBCAPÍTULO 1.1. ESPIGÓN NORTE			
1.1.1	t	Todo uno de escollera, incluido suministro, transporte hasta obra, vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	9,45
1.1.2	t	Todo uno de escollera procedente de obra, incluido vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	1,94
1.1.3	t	Excavación de todo uno, incluido transporte hasta obra para su reutilización y acopios intermedios	2,48
1.1.4	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 1.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	11,45
1.1.5	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 2.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	12,24
1.1.6	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 4.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	13,83
1.1.7	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 6.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	16,22
1.1.8	m3	Fabricación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	88,11
1.1.9	ud	Colocación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	59,21
1.1.10	m2	Geotextil de fieltro de polipropileno no tejido de 300-350 g/m2, incluido suministro, transporte hasta obra, colocación sobre los taludes indicados en los planos y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	11,18
SUBCAPÍTULO 1.2. PIE DE APOYO			
1.2.1	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 6.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación con grúa por medios marítimos, totalmente terminado	20,04
1.2.2	m2	Geotextil de fieltro de polipropileno no tejido de 300-350 g/m2, incluido suministro, transporte hasta obra, colocación sobre los taludes indicados en los planos y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	11,18
SUBCAPÍTULO 1.3. ESPIGÓN SUR			
1.3.1	t	Todo uno de escollera, incluido suministro, transporte hasta obra, vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	9,45

PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)

Nº	Ud	Descripción	Precio
CUADRO DE PRECIOS Nº 1			
1.3.2	t	Excavación de todo uno, incluido transporte hasta obra para su reutilización y acopios intermedios	2,48
1.3.3	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 1.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	11,45
1.3.4	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 2.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	12,24
1.3.5	m3	Fabricación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	88,11
1.3.6	ud	Colocación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	59,21
1.3.7	m2	Encofrado de una cara, con paneles y puntales metálicos de altura <= 3 m, para dejar el hormigón visto, incluido montaje y desmontaje y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	26,09
1.3.8	m2	Geotextil de fieltro de polipropileno no tejido de 300-350 g/m2, incluido suministro, transporte hasta obra, colocación sobre los taludes indicados en los planos y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	11,18
CAPÍTULO 2. APORTACIÓN DE ARENA			
2.1	m3	Arena del yacimiento previsto en el proyecto con tamaño medio D50 ≥ 0,35 mm, incluido suministro, carga y transporte en camión hasta puerto de embarque, carga a buque, transporte marítimo a puerto de desembarque, decarga de buque, carga y transporte en camión hasta obra y vertido por medios terrestres en las zonas indicadas en los planos	27,50
2.2	m2	Extensión y nivelación de arena mediante buldócer y tractor con equipo nivelador o similar	1,15
CAPÍTULO 3. PANTALÁN			
3.1	t	Todo uno de escollera procedente de obra, incluido vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	1,94
3.2	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 1.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación con grúa por medios marítimos, totalmente terminado	15,27
3.3	m2	Enrase con grava, incluido suministro de material hasta pie de obra, medios auxiliares y accesorios, totalmente terminado	39,52
3.4	m3	Fabricación de bloques de hormigón HM-30 para soporte de las vigas, de acuerdo a la geometría de los planos, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	100,10

PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)

Nº	Ud	Descripción	Precio
CUADRO DE PRECIOS Nº 1			
3.5	m2	Encofrado de una cara, con paneles y puntales metálicos de altura <= 3 m, para dejar el hormigón visto, incluido montaje y desmontaje y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	26,09
3.6	ud	Colocación de bloques de hormigón HM-30 para soporte de las vigas, incluido grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	118,43
3.7	ud	Fabricación de viga tipo "pi" de hormigón HA-35, con canto de 60 cm, anchura de 250 cm y longitud de 10 m, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, armadura con cuantía de hasta 90 kg/m3, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	1.907,11
3.8	ud	Colocación de viga tipo "pi" de hormigón HA-35, con canto de 60 cm, anchura de 250 cm y longitud de 10 m, incluidos grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	473,72
3.9	m2	Capa de compresión de hormigón HA-35 de espesor e = 20 cm, incluido suministro de hormigón a pie de obra, bombeo, vibrado, p.p. de encofrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	38,69
3.10	dm3	Apoyo de neopreno sin armar, incluido suministro y colocación, p.p. de pruebas, elementos de anclaje, medios auxiliares y accesorios, totalmente terminado	20,95
3.11	m2	Tarima de madera tratada, incluido suministro y colocación, elementos de anclaje, medios auxiliares y accesorios, totalmente terminado	84,50

CAPÍTULO 4. OBRAS Y UNIDADES AUXILIARES

4.1	PA	Partida alzada a justificar para habilitación de accesos a la obra, incluso demoliciones, transporte y deposición de residuos generados y rehabilitación de obras y servicios afectados	3.000,00
4.2	PA	Partida alzada de abono íntegro para la movilización y desmovilización de la maquinaria necesaria	12.000,00
4.3	PA	Partida alzada de abono íntegro para el empleo de barreras anticontaminantes durante el vertido de escollera y arena, incluido materiales, equipos y medios auxiliares	2.500,00

CAPÍTULO 5. VARIOS

5.1	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo del Plan de Seguridad y Salud durante la ejecución de las obras	15.000,00
5.2	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo del Plan de Gestión de Residuos durante la ejecución de las obras	1.500,00
5.3	PA	Partida alzada a justificar para el desarrollo del Plan de Vigilancia Ambiental durante la ejecución de las obras	38.300,00
5.4	PA	Partida alzada a justificar para imprevistos	30.000,00

PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)

Nº	Ud	Descripción	Precio
CUADRO DE PRECIOS Nº 1			
		Arrecife, septiembre de 2017	
		El autor del proyecto	
		F. Javier Escartín García Ingeniero de Caminos, C. y P. Colegiado nº 11.275	

PRESUPUESTOS PARCIALES

PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Total
PRESUPUESTOS PARCIALES					
CAPÍTULO 1. ESPIGONES					
SUBCAPÍTULO 1.1. ESPIGÓN NORTE					
1.1.1	t	Todo uno de escollera, incluido suministro, transporte hasta obra, vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	9.091,10	9,45	85.910,90 €
1.1.2	t	Todo uno de escollera procedente de obra, incluido vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	3.036,34	1,94	5.890,50 €
1.1.3	t	Excavación de todo uno, incluido transporte hasta obra para su reutilización y acopios intermedios	2.755,62	2,48	6.833,94 €
1.1.4	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 1.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	827,16	11,45	9.470,98 €
1.1.5	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 2.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	3.490,13	12,24	42.719,19 €
1.1.6	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 4.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	799,72	13,83	11.060,13 €
1.1.7	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 6.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	4.328,67	16,22	70.211,03 €
1.1.8	m3	Fabricación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	1.090,60	88,11	96.092,77 €
1.1.9	ud	Colocación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	243,00	59,21	14.388,03 €
1.1.10	m2	Geotextil de fieltro de polipropileno no tejido de 300-350 g/m2, incluido suministro, transporte hasta obra, colocación sobre los taludes indicados en los planos y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	2.782,06	11,18	31.103,43 €

PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Total	
PRESUPUESTOS PARCIALES						
					TOTAL SUBCAPITULO 1.1	373.680,90 €
SUBCAPÍTULO 1.2. PIE DE APOYO						
1.2.1	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 6.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación con grúa por medios marítimos, totalmente terminado	4.591,85	20,04	92.020,67 €	
1.2.2	m2	Geotextil de fieltro de polipropileno no tejido de 300-350 g/m2, incluido suministro, transporte hasta obra, colocación sobre los taludes indicados en los planos y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	310,82	11,18	3.474,97 €	
					TOTAL SUBCAPITULO 1.2	95.495,64 €
SUBCAPÍTULO 1.3. ESPIGÓN SUR						
1.3.1	t	Todo uno de escollera, incluido suministro, transporte hasta obra, vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	15.344,92	9,45	145.009,49 €	
1.3.2	t	Excavación de todo uno, incluido transporte hasta obra para su reutilización y acopios intermedios	3.036,34	2,48	7.530,12 €	
1.3.3	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 1.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	1.726,40	11,45	19.767,28 €	
1.3.4	t	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 2.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación concertada con grúa, totalmente terminado	8.461,47	12,24	103.568,39 €	
1.3.5	m3	Fabricación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	700,96	88,11	61.761,59 €	
1.3.6	ud	Colocación de bloques de hormigón HM-30 de 10,5 t de peso, incluido grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	156,00	59,21	9.236,76 €	

PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Total
PRESUPUESTOS PARCIALES					
1.3.7	m2	Encofrado de una cara, con paneles y puntales metálicos de altura <= 3 m, para dejar el hormigón visto, incluido montaje y desmontaje y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	217,80	26,09	5.682,40 €
1.3.8	m2	Geotextil de fieltro de polipropileno no tejido de 300-350 g/m2, incluido suministro, transporte hasta obra, colocación sobre los taludes indicados en los planos y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	3.275,67	11,18	36.621,99 €
TOTAL SUBCAPITULO 1.3					389.178,02 €
TOTAL CAPITULO 1					858.354,56 €
CAPÍTULO 2. APORTACIÓN DE ARENA					
2.1	m3	Arena del yacimiento previsto en el proyecto con tamaño medio D50 ≥ 0,35 mm, incluido suministro, carga y transporte en camión hasta puerto de embarque, carga a buque, transporte marítimo a puerto de desembarque, decarga de buque, carga y transporte en camión hasta obra y vertido por medios terrestres en las zonas indicadas en los planos	20.656,20	27,50	568.045,50 €
2.2	m2	Extensión y nivelación de arena mediante buldócer y tractor con equipo nivelador o similar	7.425,00	1,15	8.538,75 €
TOTAL CAPITULO 2					576.584,25 €
CAPÍTULO 3. PANTALÁN					
3.1	†	Todo uno de escollera procedente de obra, incluido vertido por medios terrestres y reperfilado, totalmente terminado	2.755,62	1,94	5.345,90 €
3.2	†	Escollera formada por bloques de piedra con peso de 1.000 kg, incluido suministro, transporte hasta obra y colocación con grúa por medios marítimos, totalmente terminado	363,87	15,27	5.556,26 €
3.3	m2	Enrase con grava, incluido suministro de material hasta pie de obra, medios auxiliares y accesorios, totalmente terminado	102,48	39,52	4.050,01 €

PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Total
PRESUPUESTOS PARCIALES					
3.4	m3	Fabricación de bloques de hormigón HM-30 para soporte de las vigas, de acuerdo a la geometría de los planos, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	178,16	100,10	17.833,82 €
3.5	m2	Encofrado de una cara, con paneles y puntales metálicos de altura <= 3 m, para dejar el hormigón visto, incluido montaje y desmontaje y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	51,30	26,09	1.338,42 €
3.6	ud	Colocación de bloques de hormigón HM-30 para soporte de las vigas, incluido grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	24,00	118,43	2.842,32 €
3.7	ud	Fabricación de viga tipo "pi" de hormigón HA-35, con canto de 60 cm, anchura de 250 cm y longitud de 10 m, incluido suministro de hormigón en parque de prefabricados, armadura con cuantía de hasta 90 kg/m3, vibrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	8,00	1.907,11	15.256,88 €
3.8	ud	Colocación de viga tipo "pi" de hormigón HA-35, con canto de 60 cm, anchura de 250 cm y longitud de 10 m, incluidos grúa móvil y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	8,00	473,72	3.789,76 €
3.9	m2	Capa de compresión de hormigón HA-35 de espesor e = 20 cm, incluido suministro de hormigón a pie de obra, bombeo, vibrado, p.p. de encofrado y todos los medios auxiliares necesarios, totalmente terminado	232,57	38,69	8.998,13 €
3.10	dm3	Apoyo de neopreno sin armar, incluido suministro y colocación, p.p. de pruebas, elementos de anclaje, medios auxiliares y accesorios, totalmente terminado	16,00	20,95	335,20 €
3.11	m2	Tarima de madera tratada, incluido suministro y colocación, elementos de anclaje, medios auxiliares y accesorios, totalmente terminado	608,44	84,50	51.413,18 €
TOTAL CAPITULO 3					111.413,98 €

**PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE
TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Total
----	----	-------------	----------	--------	-------

PRESUPUESTOS PARCIALES

CAPÍTULO 4. OBRAS Y UNIDADES AUXILIARES

4.1	PA	Partida alzada a justificar para habilitación de accesos a la obra, incluso demoliciones, transporte y deposición de residuos generados y rehabilitación de obras y servicios afectados	1,00	3.000,00	3.000,00 €
4.2	PA	Partida alzada de abono íntegro para la movilización y desmovilización de la maquinaria necesaria	1,00	12.000,00	12.000,00 €
4.3	PA	Partida alzada de abono íntegro para el empleo de barreras anticontaminantes durante el vertido de escollera y arena, incluido materiales, equipos y medios auxiliares	1,00	2.500,00	2.500,00 €

TOTAL CAPITULO 4	17.500,00 €
-------------------------	--------------------

CAPÍTULO 5. VARIOS

5.1	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo del Plan de Seguridad y Salud durante la ejecución de las obras	1,00	15.000,00	15.000,00 €
5.2	PA	Partida alzada de abono íntegro para el desarrollo del Plan de Gestión de Residuos durante la ejecución de las obras	1,00	1.500,00	1.500,00 €
5.3	PA	Partida alzada a justificar para el desarrollo del Plan de Vigilancia Ambiental durante la ejecución de las obras	1,00	38.300,00	38.300,00 €
5.4	PA	Partida alzada a justificar para imprevistos	1,00	30.000,00	30.000,00 €

TOTAL CAPITULO 5	84.800,00 €
-------------------------	--------------------

PRESUPUESTO TOTAL

**PROYECTO BÁSICO DE UNA NUEVA PLAYA EN LA ZONA NORTE DE 'COSTA TEGUISE'; T.M. DE
TEGUISE (ISLA DE LANZAROTE)**

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1. ESPIGONES	858.354,56 €
CAPÍTULO 2. APORTACIÓN DE ARENA	576.584,25 €
CAPÍTULO 3. PANTALÁN	111.413,98 €
CAPÍTULO 4. OBRAS Y UNIDADES AUXILIARES	17.500,00 €
CAPÍTULO 5. VARIOS	84.800,00 €

TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL **1.648.652,79 €**

GASTOS GENERALES	13%	214.324,86 €
BENEFICIO INDUSTRIAL	6%	98.919,17 €
SUMA		1.961.896,82 €

I.G.I.C. 7% 137.332,78 €

TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN **2.099.229,60 €**

Arrecife, septiembre de 2017

El autor del proyecto

F. Javier Escartín
Ingeniero de Caminos, C. y P.
Colegiado nº 11.275