



**Proyecto Básico de**  
**“Actualización del proyecto de regeneración de la playa al sur del T.M. de Burriana (Castellón)”**

Nº Expediente: 12-0311

Importe: 5.666.891,05

Fecha: Diciembre de 2021

Plazo de ejecución: 12 meses.

Autores: Miguel Puerta López-Guzmán y Francisca Berenguer Albero (I.C.C.P.)

TECNOMEDITERRÁNEA, S.L.



## 1. ÍNDICE

### **DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA.**

- 1.- Memoria
- 2.- Anejos.
  - 2.1.- Anejo fotográfico.
  - 2.2.- Anejo topobatimétrico
  - 2.3.- Anejo de biocenosis.
  - 2.4.- Clima marítimo.
  - 2.5.- Propagación de oleaje.
  - 2.6.- Dinámica litoral.
  - 2.7.- Estudio de alternativas.
  - 2.8.- Dimensionamiento de la solución.
  - 2.9.- Efectos del cambio climático.
  - 2.10- Memoria de impacto patrimonial.

### **DOCUMENTO Nº 2: PLANOS.**

- 1.- Situación y emplazamiento.
- 2.- Planta general.
- 3.- Sección tipo.

### **DOCUMENTO Nº 3: PRESUPUESTO.**

- 1.- MEDICIONES.
- 2.- PRESUPUESTO.

**DOCUMENTO N° 1: MEMORIA.**



## 1.- INTRODUCCIÓN

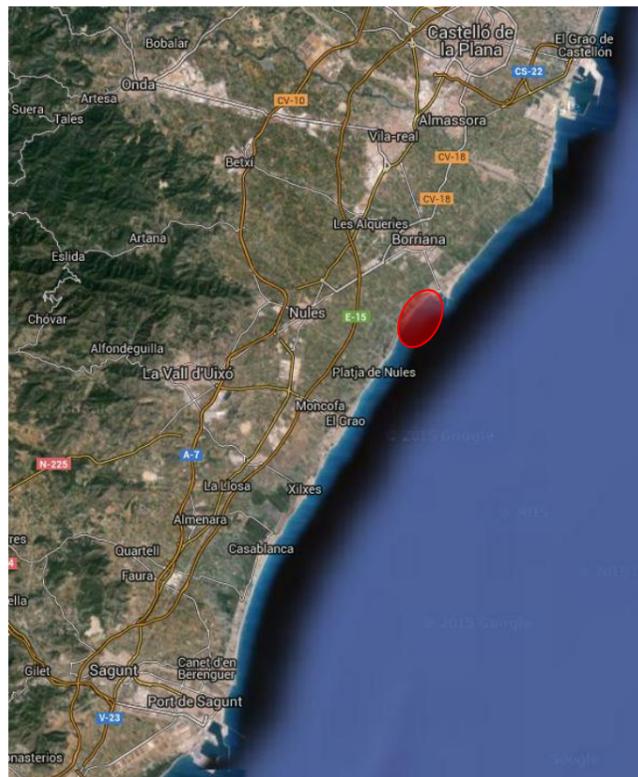
### TÍTULO DEL PROYECTO.

"Actualización y estudio de impacto ambiental de proyecto de regeneración de la playa al sur del T.M. de Burriana (Castellón)".

### ORGANO SUSTANTIVO.

Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

### LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO



Emplazamiento de la actuación.

La zona objeto de la actuación se ubica en el T.M. de Burriana, en la costa sur del puerto, entre el dique sur y, aproximadamente, el camí de les Tancades-EDAR.

Los estudios de base que dan soporte a las decisiones de diseño tomadas en la valoración de alternativas, elección y justificación de la solución adoptada son los siguientes:

- Estudios de detalle que son el resultado del análisis exhaustivo que se realizó con el apoyo técnico del IHCantabria, respecto de los aspectos siguientes:
  - Morfología del tramo y su evolución
  - Dinámica marina o Clima marítimo: nivel del mar, viento y oleaje.
  - Dinámica litoral: estudio de estabilidad y su evolución, transporte litoral de sedimentos y planteamiento del modelo morfodinámico de funcionamiento del sistema.
  - Alternativas de actuación.

En forma de anejos, esta primera parte contiene también, siguiendo la metodología que propone el SMC (sistema de modelado costero), los siguientes modelos:

- Modelo de propagación del oleaje Swan.
- Modelo de propagación del oleaje Oluca RD y Oluca SP.
- Modelo de corrientes de rotura Copla MC y copla SP.
- Se completa con la descripción de los regímenes medios y rosas de oleaje en puntos objetivo, las series fotográficas tomadas en campo y la estimación de aportes sólidos de origen fluvial que podrían ser necesarios para ser empleados en las alternativas de actuación.
- Por otro lado, se cuenta con el informe técnico elaborado para el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, por el CEDEX, en el año 2015.

Este informe actualiza en primer lugar toda la información disponible, y en particular sobre los efectos del cambio climático con los datos y recomendaciones del Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

En segundo lugar, se fija un orden de prioridad y la ordenación temporal de las actuaciones, determinando las distintas fases de actuación.

La priorización de las actuaciones atiende a cuatro tipos de variables: sociales, medioambientales, económicas y seguridad frente a embates del mar en los episodios de temporal.

De la consideración de estas variables resulta una ordenación de las actuaciones en tres escalones: prioridad alta, media y baja.

A los efectos de la discusión técnica relativa a la afección de las actuaciones propuestas en Burriana en el presente proyecto sobre los términos municipales situados al sur, y sobre la base de toda la documentación técnica anterior, la cuestión se plantea del modo que se resume en el informe del CEDEX.

En estos apartados se determina que la actuación en el TM de Burriana es sin duda de prioridad alta, y por lo tanto debe acometerse con prontitud, ya que se dan las circunstancias exigidas.

Además, en el año 2010, por encargo de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, la consultora Clothos redactó el Proyecto de regeneración de la playa al sur del puerto de Burriana (Castellón), que en su fase IIa trata el tramo de costa coincidente con el calificado de prioridad alta en el estudio del IHCantabria.

A continuación, se desarrolla el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental de la "Actualización del proyecto de regeneración de la playa al sur del T.M. de Burriana (Castellón)". Se trata del tramo con prioridad alta, situado en el T.M. de Burriana, que se ha identificado como de "La Serratella-sur puerto" por coincidir aproximadamente con el tramo de playa que tradicionalmente ha tenido esta denominación.

## 2.- ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

El municipio de Burriana está situado en la provincia de Castellón, pocos kilómetros al sur de la capital de provincia, Castellón de la Plana.

En la actualidad la zona se encuentra totalmente rigidizada mediante una escollera que delimita el mar con tierra firme. Al haberse construido justo al norte el Puerto de Burriana, se ha generado un bloqueo del arrastre de material de las corrientes, acumulando la arena en la playa de Burriana, al norte del puerto.

Las viviendas situadas frente a la zona de actuación se ven afectadas por la fuerza del mar durante los temporales, por lo que la creación de una nueva playa ejercerá protección frente al oleaje.

El litoral de la provincia de Castellón tiene una orientación de costa con respecto a los temporales dominantes, que hace que el transporte de sedimentos sea muy rápido en relación con otros tramos del litoral español.

Las causas de la erosión, que afecta a todo el tramo litoral al sur del Puerto de Burriana, son múltiples:

- La presencia del Puerto de Burriana (construido en 1933) que supone una barrera a la llegada del sedimento desde el Norte (Playa de El Arenal ubicada al Norte de dicho Puerto).
- La reducción de los aportes sólidos fluviales al tramo de costa, como consecuencia de los diferentes embalses realizados en los principales ríos de la zona (el río Mijares y el Palancia). Se estima que los

embalses Schar (1960) y Arenós (1980) en el río Mijares tuvieron como consecuencia una reducción en el aporte sólido fluvial medio anual de entre el 80-90% con respecto a la situación previa a la construcción de los mismos.

- La configuración geométrica de la unidad fisiográfica analizada, con grandes tramos rectilíneos, sin estructuras intermedias, cuya orientación y longitud impide en muchas zonas el poder adoptar una orientación sensiblemente parecida a la del flujo medio de energía.
- La elevada ocupación urbanística del frente litoral (aproximadamente, más del 40% del tramo de la unidad fisiográfica está antropizada).
- Por último, también se deberá tener en cuenta la disposición de diferentes elementos como diques exentos, espigones, escolleras, recrecimientos de golas existentes, etc., que han alterado localmente la dinámica litoral de la zona de estudio.



Vista en planta del emplazamiento. Dirección y sentido del transporte longitudinal de sedimentos.

Los sedimentos que de forma natural deberían ir alimentando la zona de actuación, quedan obstaculizados por la presencia del puerto, y quedan acumulados en la Playa Norte de Burriana. El continuo movimiento de sedimentos transporta el material desde la playa sur de Burriana (zona de actuación) prosiguiendo su camino natural hacia el sur, pero sin recibir aporte alguno de material proveniente del norte.

Como se ha indicado, la erosión es tal que incluso hubo que rigidizar el tramo litoral con escollera para proteger la carretera que discurre paralela a él (desde la Playa sur de Burriana, objeto de los trabajos, hasta la zona del Grau de Nules). Al no existir playa, el paseo marítimo (en realidad la carretera para tránsito de vehículos) y las viviendas

contiguas a él quedan vulnerables a la acción de temporales, dada la ausencia de protección que puede suponer la playa.



Escollera junto a la carretera de la Serratella (Burriana). Al fondo, el Puerto de Burriana.

Las propuestas de actuación deberán ir encaminadas a restablecer el desequilibrio que se ha producido y que están catalogadas como prioridad alta.

### 3.- MARCO LEGAL.

La legislación aplicable a estos estudios sigue las directivas de la Unión Europea y la normativa desarrollada por las diferentes administraciones con competencias en materia medioambiental. Comprende, fundamentalmente, los aspectos referidos a la protección de especies singulares (especialmente las praderas de fanerógamas marinas) y espacios naturales, así como los procedimientos de evaluación del impacto y la legislación específica de costas.

Actualmente está vigente la *Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, la Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes y la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero*

La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental establece en su artículo 7 (no modificado) que:

“1. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental ordinaria los siguientes proyectos:

- a) Los comprendidos en el anexo I, así como los proyectos que, presentándose fraccionados, alcancen los umbrales del anexo I mediante la acumulación de las magnitudes o dimensiones de cada uno de los proyectos considerados.
- b) Los comprendidos en el apartado 2, cuando así lo decida caso por caso el órgano ambiental, en el informe de impacto ambiental de acuerdo con los criterios del anexo III. (...)

“2. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada:

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

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

Grupo 9. Otros proyectos.

- a) Los siguientes proyectos cuando se desarrollen en Espacios Naturales Protegidos, Red Natura 2000 y Áreas protegidas por instrumentos internacionales, según la regulación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad: (...)

4.º Dragados fluviales cuando el volumen extraído sea superior a 20.000 metros cúbicos anuales, y dragados marinos cuando el volumen extraído sea superior a 20.000 metros cúbicos anuales.”

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

Grupo 3. Perforaciones, dragados y otras instalaciones mineras e industriales. (...)

- d) Extracción de materiales mediante dragados marinos excepto cuando el objeto del proyecto sea mantener las condiciones hidrodinámicas o de navegabilidad.

Grupo 7. Proyectos de infraestructuras. (...)

- e) Obras de alimentación artificial de playas cuyo volumen de aportación de arena supere los 500.000 metros cúbicos o bien que requieran la construcción de diques o espigones. (...).

- h) Obras costeras destinadas a combatir la erosión y obras marítimas que puedan alterar la costa, por ejemplo, por la construcción de diques, malecones, espigones y otras obras de defensa contra el mar, excluidos el mantenimiento y la reconstrucción de tales obras y las obras realizadas en la zona de servicio de los puertos.”

El Anexo III (criterios para determinar si un proyecto del Anexo II debe someterse a evaluación de impacto ambiental ordinaria) tiene en cuenta las características del proyecto, su ubicación y las características de su impacto potencial.

Dado que las obras proyectadas se encuentran muy próximas a algún Espacio de la Red Natura 2000, tal y como se desarrolla en el presente documento, nos encontramos dentro del supuesto a) del grupo 9 del Anexo I, que incluye aquellos proyectos que debe ser sometidos a evaluación de impacto ambiental ordinaria.

## 4.- DESDCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 4.1.-OBJETO DEL PROYECTO.

Justificada la necesidad de actuación, los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo del presente proyecto son los siguientes:

- Asegurar una anchura mínima suficiente a lo largo de toda su longitud para el correcto desarrollo de la función lúdica de la playa.
- Recuperar la función de defensa de la playa, dotándola de una suficiente anchura mínima que permita disipar de forma efectiva la energía del oleaje durante la actuación de temporales.
- Preservar o, en su caso, mejorar la calidad del entorno ecológico y artístico-cultural de la zona.

Para conseguirlos se propone la creación de una playa artificial, apoyada y abrigada a poniente con objeto de mejorar las infraestructuras existentes y derivado de la falta de estándar de confort de la situación original.

Las actuaciones consistirán en la regeneración mediante el aporte de arena del tramo de costa apoyado en un dique de abrigo a ejecutar, hasta el dique de abrigo del puerto de Burriana.

Se dispone un dique de cierre perpendicular recto de 330 m de longitud. El ancho de coronación será de 8.00 m, en toda su longitud, comenzando la coronación en cota +3.00 a lo largo de los primeros 110 m y terminando en +1.00 a partir de la nueva línea de costa, a lo largo de los siguientes 220 m.

Esta estructura da lugar a la forma en planta representada en la figura.



La anchura mínima de playa es de 45 m.

El perfil de equilibrio de la playa se obtiene a partir de la formulación de Dean con el parámetro correspondiente al tamaño de material  $D_{50}=0.25$  mm.

La forma en planta de equilibrio de la playa se obtiene a partir de la formulación de Hsu y Evans y las características de dinámica litoral obtenidas (dirección de flujo medio y periodo característico obtenido en el estudio de dinámica litoral).

La cota de diseño de la berma de playa se establece en la +2,80 m, con la pendiente que resulte hasta la cota cero.

El espigón es de escollera de peso medio 5-6 t en el manto, y 1.50 – 3,00 t en el núcleo, sección trapecial, borde superior emergido en toda su longitud, que resulta de 330 m. La cota superior inicial es la +3,00 a lo largo de los primeros 110 m y termina en +1.00 a partir de la nueva línea de costa, a lo largo de los siguientes 220 m

La escollera se colocará mediante la maquinaria adecuada (pala cargadora, retroexcavadora). El avance de su ejecución se hará desde tierra, avanzando luego sobre ésta para continuar con su construcción.

La arena a utilizar será la que se ha acumulado en las inmediaciones del puerto de Burriana. Dicha arena presenta un diámetro  $D_{50}$  igual a 0,25 mm.

Entre las actuaciones complementarias destaca la creación de un nuevo acceso en la zona de playa restaurada. Paralelamente, se aprovecharán los dos accesos existentes en el tramo de actuación.

El acceso será tipo escalinata, ejecutada de hormigón armado, con características similares a las existentes. Tendrá 10 m de ancho, y contará además con una rampa de 2 m de ancho y pendiente máxima del 6%.

Se ha previsto también el acondicionamiento de la zona peatonal que actualmente no cuenta con equipamiento urbano, localizada en el ángulo que forman la salida del espigón del puerto y el frente litoral sur. Para ello se prolonga el muro y el paseo existente en el frente marítimo, acondicionando además la explanada como zona peatonal mediante su pavimentación y ajardinamiento.

Se producirán interferencias con la obra de drenaje de salida de la depuradora, con la salida de un canal y con la rampa de la escuela de vela.

Para la primera de estas afecciones, coincidiendo la obra de drenaje con el dique de escollera, éste será entubado y conducido paralelo al cuerpo del espigón, para luego, mediante un codo, dar salida aguas abajo del dique y de la playa. Esta salida se producirá en una zona en la cual la corriente permita la dilución.

La salida del canal desemboca en la zona donde se ubicará la playa. Por tal motivo, se prevé instalar un muro de contención para la arena en la zona final del canal de altura ligeramente superior a la cota máxima de ésta (+1,20).

Tendrá en su parte inferior una abertura para permitir la salida del agua que transporta el canal. En el interior del manto de arena, y coincidiendo con la abertura del muro tendrá su inicio un dren constituido de material granular protegido con geotextil. El dren se extenderá desde el muro hasta alcanzar la playa sumergida, es decir, debajo de la cota +0,00.

En cuanto a la rampa de salida de la escuela de vela, la zona en la que interfieren la playa y dicha instalación, no se ve alterada significativamente por la arena vertida, en lo referente al calado, siendo siempre superior a 1,2 m.

Por otro lado, permanece libre una franja de ancho mínimo 7 m y calado 2,0 m. Sin embargo, a fin de asegurar un ancho de salida similar al actual, se prevé la instalación de un muro de escollera de peso entre 1 y 3 t, de 50 m de longitud y 1 m de altura media, con un ancho superior de 1 m y taludes laterales 2/1, que contendrá la arena de la playa evitando la invasión de la zona de la rampa de salida de la escuela de vela.

Se ha contemplado y presupuestado un Plan de Vigilancia Ambiental, con el objeto de proteger el entorno durante la ejecución de las obras, y asegurar su cumplimiento.

Si bien a priori no se han detectado yacimientos arqueológicos, se ha incluido una partida presupuestaria de prospección y seguimiento arqueológico.

## 4.2.- PROCESO CONSTRUCTIVO.

### 4.2.1.- FORMACIÓN DEL NÚCLEO.

El núcleo estará formado por escollera de 1.5 a 3 tm, sobre el que se habilitará un camino con frente de cantera para acceder a toda la longitud del espigón.

La superficie del núcleo se deberá mantener nivelada y uniforme por medio de una máquina explanadora, a fin de permitir que los camiones puedan circular a lo largo de todo el recorrido.

Durante el proceso de ejecución, el núcleo de escollera queda con una pendiente aproximada del 1/1. Dado el poco peso de la escollera que forma el núcleo, todo el trabajo de construcción deberá efectuarse en periodo de calma.

### 4.2.2.- FORMACIÓN DEL MANTO.

El manto de escollera de 5-6 tm es la capa principal de protección y constituye la defensa principal del espigón frente a la incidencia del oleaje.

La existencia de cualquier tipo de defecto en la calidad de la roca, graduación o colocación pondría a todo el espigón en grave peligro. Por esto se deberá tener mucho cuidado al seleccionar y colocar las piedras correspondientes a la capa principal de protección.

La capa superior de piedra que protege el núcleo de escollera está formada por bloques que se depositarán normalmente menos tendida que la del núcleo, en la relación horizontal/vertical de 3/2.

El manto se puede colocar con una retroexcavadora hidráulica, que debe avanzar en la colocación de los bloques con el rendimiento suficiente para no dejar el núcleo de escollera expuesto a la acción del oleaje.

Con el núcleo expuesto existe el peligro de que éste sea arrastrado por el oleaje, por lo que conviene avanzar con bloques de protección colocados provisionalmente.

### 4.2.3.- APORTACIÓN DE MATERIAL GRANULAR.

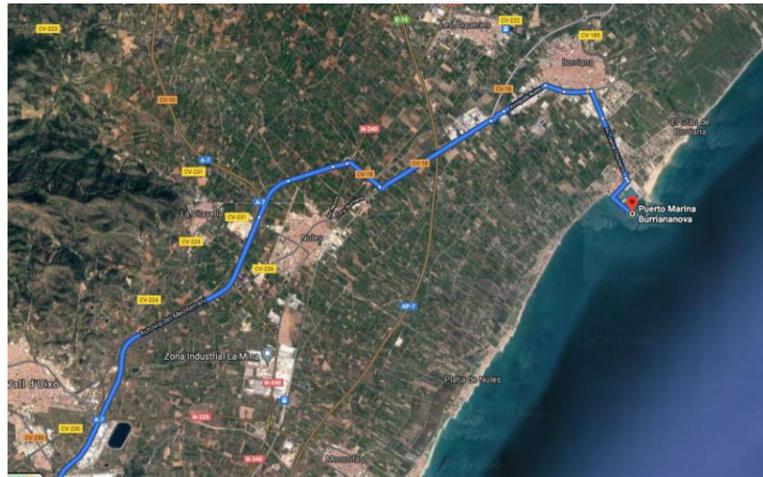
La aportación de material externo procedente del dragado de la bocana del puerto de Burriana debe hacerse con un rendimiento elevado para que se forme una playa estable, pues el material es fácilmente movilizable por el oleaje incluso con un estado de mar poco energético.

### 4.2.4.- UBICACIÓN DEL PARQUE DE MAQUINARIA.

El parque de maquinaria ha de ubicarse fuera de la playa, para evitar la contaminación con posibles derrames de fluidos. Se propone el uso de un solar muy próximo a la actuación, cuya disponibilidad deberá comprobar la empresa constructora previamente a su uso:



#### 4.2.5.- RUTAS DE TRANSPORTE. ACCESOS A LA ZONA DE ACTUACIÓN.



#### 4.2.6.- PROCEDENCIA DE LA ESCOLLERA.

Cantera 1.- La Torreta. Cantera 2.- Cales la Plana



### 5.- CONTENIDO DEL PROYECTO BÁSICO.

#### 5.1.- TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.

Para la constitución del modelo digital del terreno necesario para llevar a cabo la propagación del oleaje desde aguas indefinidas hasta la costa, se superpone mediante el módulo de modelado del terreno del SMC la información

batimétrica y cartográfica disponible de la zona de actuación, más otro estudio topobatimétrico realizado exprofeso para este trabajo y que se adjunta en el ANEXO 2.

A continuación se exponen las batimetrías empleadas, desde la más general, necesaria para la propagación desde aguas profundas, a la más detallada que enmarca la zona de estudio.

- Planos de topobatimetría en formatos GIS y AutoCAD de la zona de actuación de "Estudio ecocartográfico del litoral de la provincia de Castellón", realizados para la Dirección General de Costa, hasta una profundidad de la -40 m.
- Por otra parte se ha realizado una campaña exhaustiva de toma de datos batimétricos y topográficos que recoge con alta precisión cuál es la en el ámbito de nuestro proyecto y en las celdas colindantes al norte y al sur.

#### 5.2.- BIOCENOSIS.

Se ha elaborado el estudio de biocenosis marinas asociadas al Proyecto de regeneración de la playa al sur del T.M. de Burriana (Castellón).

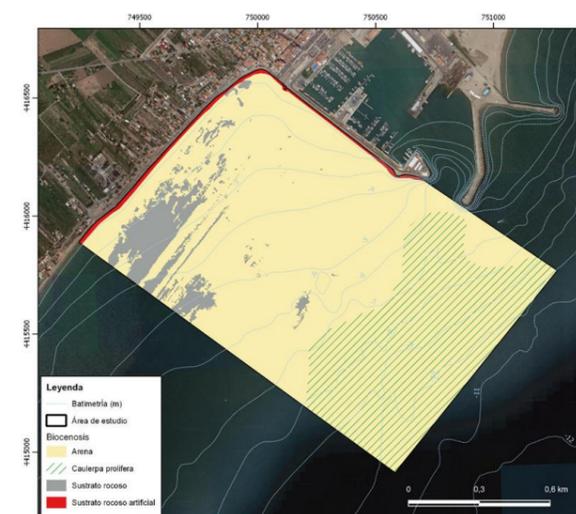
Los principales objetivos de la elaboración de la cartografía bionómica son:

- Detección y delimitación de las diferentes biocenosis marinas presentes en la zona de estudio.
- Valoración de la extensión de cada una de las biocenosis presentes.

Para cumplir con los objetivos propuestos se han llevado a cabo las siguientes tareas:

- Prospección con sonar de barrido lateral del área de estudio.
- Prospecciones puntuales con vídeo submarino georreferenciado.

Este trabajo se adjunta completo en el Anexo 2.3 del presente proyecto básico.

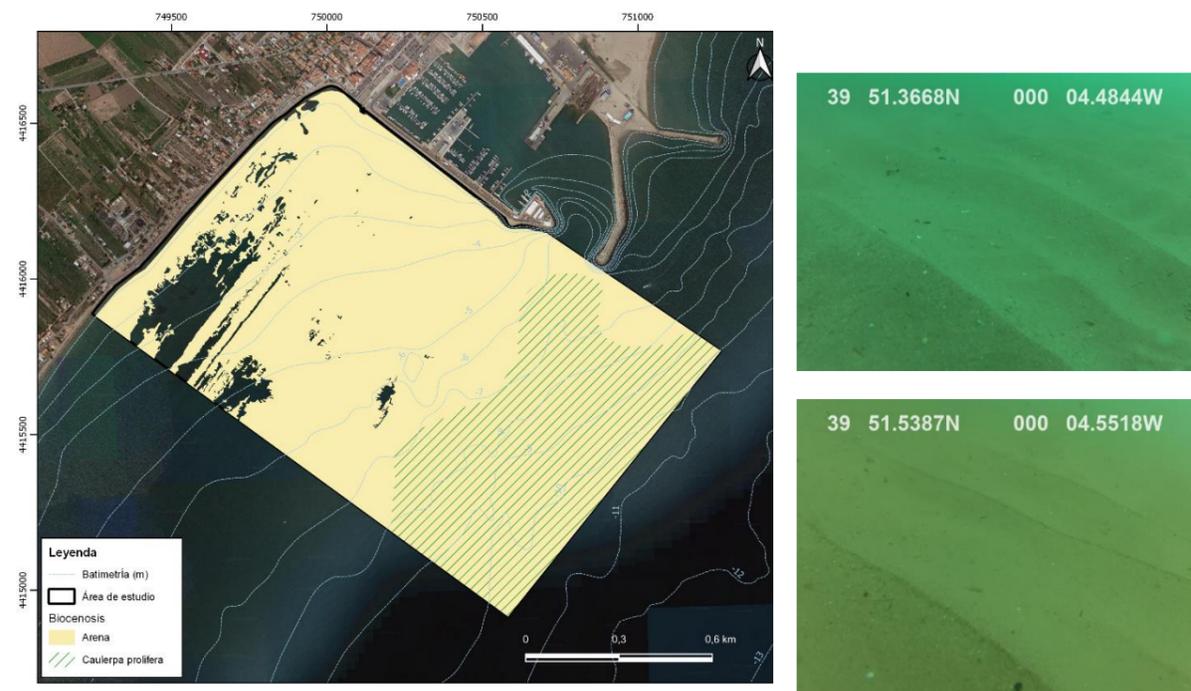


- 03040220 Arenas finas infralitorales bien calibradas.

Esta biocenosis se ha localizado en todo el rango batimétrico de la zona de estudio. Se caracteriza por la presencia de arenas finas y muy finas de granulometría homogénea y de origen terrígeno. Su extensión en el área de estudio es de aproximadamente 1,56 Km<sup>2</sup> (representando el 91,76% del área de estudio).

Por otra parte, según la cartografía previa, entre los 6 y los 10 metros de profundidad existe una cobertura de *Caulerpa prolifera*. Cabe destacar que no se ha detectado *Caulerpa prolifera* con el vídeo submarino pero no se puede descartar su presencia en esta zona.

La localización de esta biocenosis, así como algunas fotografías de la misma obtenidas en la zona de estudio, se detallan a continuación:

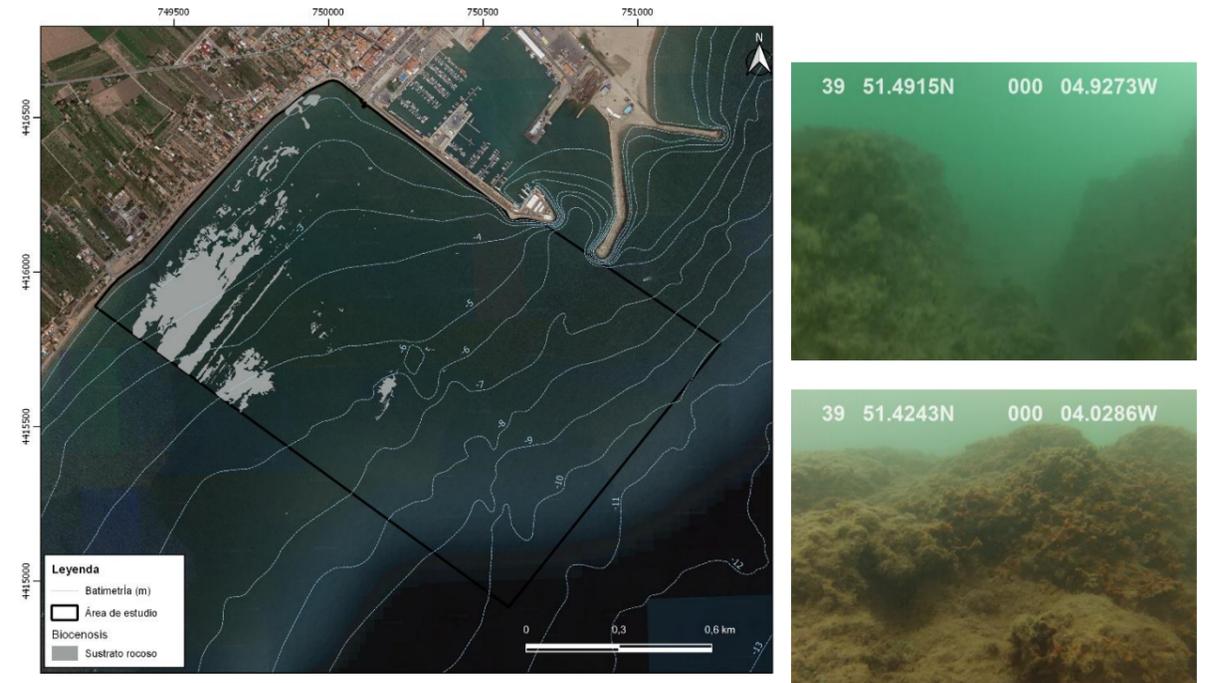


Distribución de la *Biocenosis de las Arenas Finas Bien Calibradas* y fotografías obtenidas *in situ* en la zona de estudio (UTM 30N-ETRS89).

- 03010307 Roca infralitoral de modo calmo, bien iluminada, sin fucles

Esta biocenosis se localiza entre 1 y 6 metros de profundidad. Su distribución es discontinua y fragmentada. Esta comunidad está presente en una extensión de alrededor de 0,12 km<sup>2</sup> (representando el 7,06% del área de estudio).

La localización de esta biocenosis se detalla a continuación:

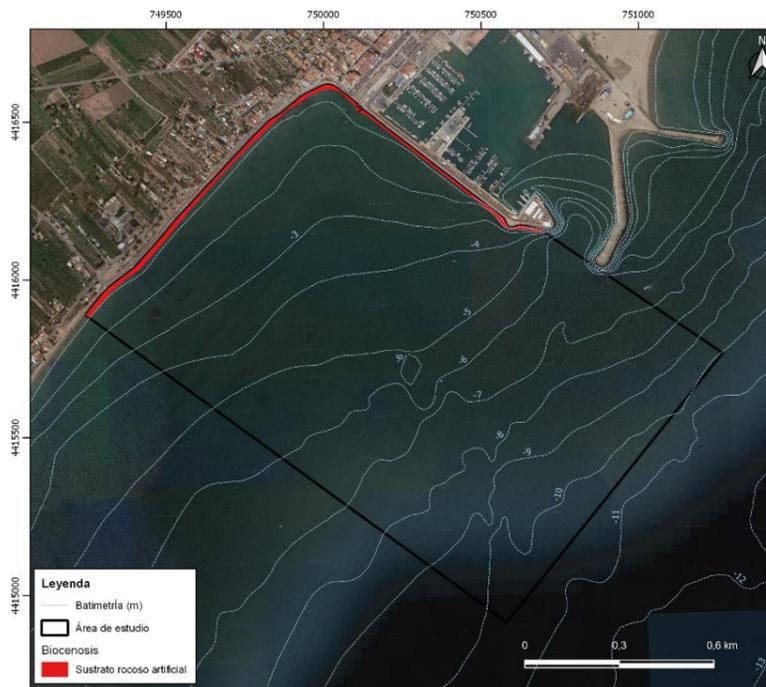


Distribución de la *Biocenosis de Roca infralitoral de modo calmo, bien iluminada, sin fucles* y fotografías obtenidas *in situ* en la zona de estudio (UTM 30N-ETRS89).

- *Sustrato rocoso artificial*.

Esta "biocenosis" se localiza en la línea de costa. Se trata de roca artificial sumergida de origen antropogénico. Su distribución es continua en toda la zona de estudio. Está presente en una extensión de alrededor de 0,02 km<sup>2</sup> (representando el 1,18% del área de estudio).

La localización de esta biocenosis se detalla a continuación:



Distribución del sustrato rocoso artificial (UTM 30N-ETRS89).

CONCLUSIONES:

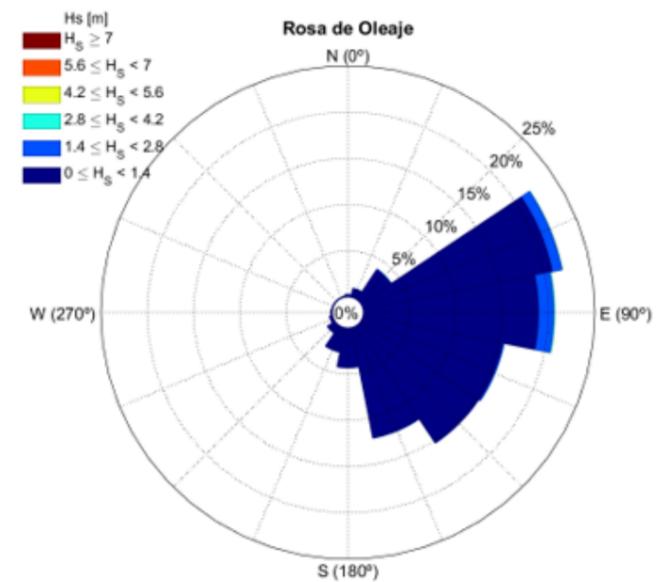
De los trabajos de prospección realizado con sonar de barrido lateral y Tv submarina se puede concluir que en la zona de estudio están presentes las siguientes biocenosis marinas:

- 03040220 Arenas finas infralitorales bien calibradas.
- 03010307 Roca infralitoral de modo calmo, bien iluminada, sin fucales.
- Sustrato rocoso artificial

Es de destacar que no se han detectado biocenosis sensibles como pueden ser praderas de *Posidonia oceánica*.

5.3.- OLEAJE.

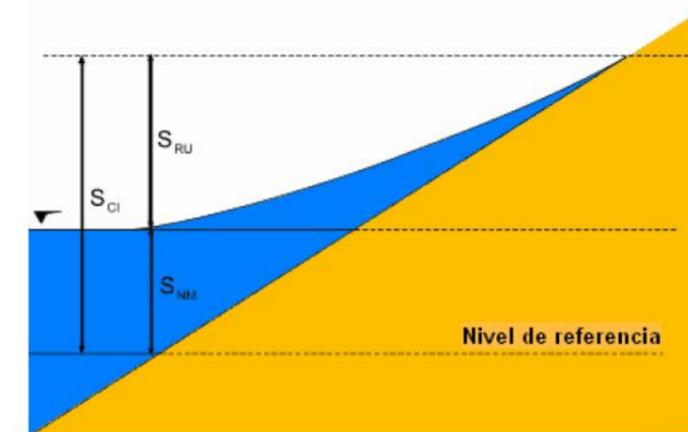
Como se aprecia en la siguiente figura procedente del informe "Clima medio de oleaje y viento" del banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado, las direcciones predominantes son las comprendidas entre los sectores ENE y E.



SECTOR	MARCA (°)	PROBABILIDAD
N	0	0.004
NNE	22.5	0.010
NE	45	0.040
ENE	67.5	0.218
E	90	0.208
ESE	112.5	0.156
SE	135	0.154
SSE	157.5	0.122
S	180	0.043
SSW	202.5	0.027
SW	225	0.010
WSW	247.5	0.004
W	270	0.002
WNW	292.5	0.001
NW	315	0.001
NNW	337.5	0.001

5.4.- MAREA.

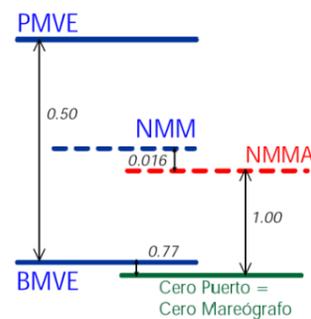
Se establecen los niveles de marea y cota de inundación del proyecto en base a los datos del ATLAS de Inundación en el Litoral Peninsular Español. En dicho Atlas se recogen, para las distintas fachadas de la España peninsular, los regímenes medio y extremal del nivel de marea (SNM = marea meteorológica + marea astronómica) y de la cota de inundación en playas (SCI = nivel de marea + run-up del oleaje (SRU))



La franja costera objeto del presente proyecto se ubica dentro del Área VII, Subzona A del ATLAS. La información utilizada en la determinación de los regímenes de nivel de mar procede del mareógrafo Valencia perteneciente a la red REDMAR y de la boya de Tarragona de la red REMRO.



Se muestran a continuación los niveles de referencia altimétrica en Valencia (cotas en metros):



La elevación del nivel del mar, Snm (nivel de marea meteorológica + nivel de marea astronómica) asociada a un periodo de retorno de 68 años es de 0.70 m respecto del NMMA con un rango de marea de 0.93 m.

### 5.5.- DINÁMICA LITORAL.

La zona de estudio está encuadrada en la unidad fisiográfica denominada Unidad Fisiográfica Sur examinada en el estudio del CEDEX denominado Estrategia de actuación del tramo de costa comprendido entre el Puerto de Castellón y el Puerto de Sagunto (Castellón Sur).

En dicho estudio el tramo de costa de la provincia está formada por dos grandes unidades fisiográficas, o sistemas litorales, que se encuentran limitados por los tres grandes puertos: Castellón, Burriana y Sagunto. Estas unidades se las

ha denominado Unidad Fisiográfica Norte (entre los puertos de Castellón y Burriana) y Unidad Fisiográfica Sur (entre los puertos de Burriana y Sagunto).

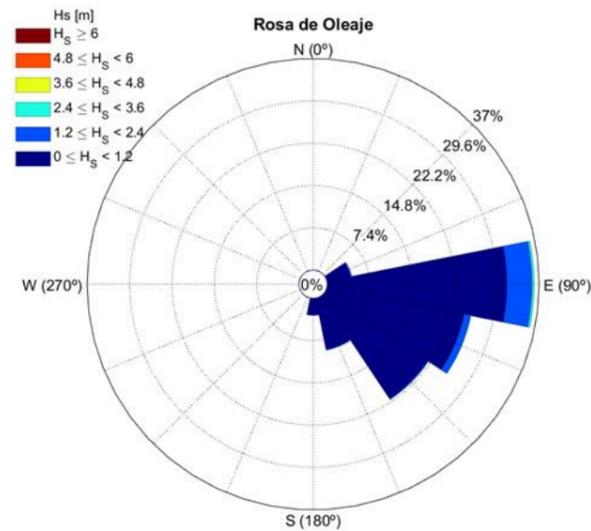
La zona objeto de la regeneración de playa se encuadra al sur del término municipal de Burriana, dentro de la subunidad 2.1 Puerto de Burriana-playa de Casablanca (Almenara). En concreto se identifica con el tramo de costa situado entre el dique sur del puerto y, aproximadamente, el camí de les Tancades-EDAR.



Para la obtención del sistema de corrientes en la costa se emplea el modelo COPLA del Sistema de Modelado Costero, que toma como datos de entrada los datos de salida del campo de oleaje calculado a partir del modelo OLUCA. Este modelo de corrientes en playas permite caracterizar el sistema circulatorio de corrientes inducidas por la rotura del oleaje espectral, mediante la determinación del tensor de radiación del oleaje con un modelo no lineal que resuelve las ecuaciones integradas de Navier – Stokes.

Puesto que se pretende analizar de manera general el sistema de corrientes en la zona, se consideran las cuatro direcciones principales de procedencia del oleaje que se obtuvieron en el punto de control tras la propagación con el modelo SWAN y se combinan con un valor unitario de altura de ola significativa. De esta forma, se puede deducir un patrón general de comportamiento según la dirección de procedencia del oleaje.

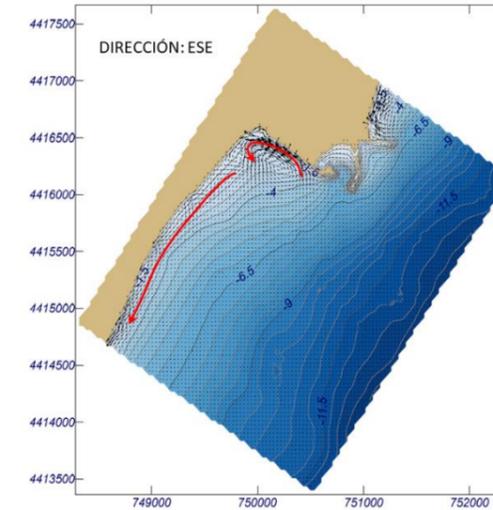
Se ha considerado una malla general computacional en el modelo MOPLA de mayores dimensiones que la empleada en la propagación de oleaje, puesto que interesa analizar el sistema de corrientes en una mayor escala, integrando todo el tramo de estudio en la zona litoral a la que pertenece.



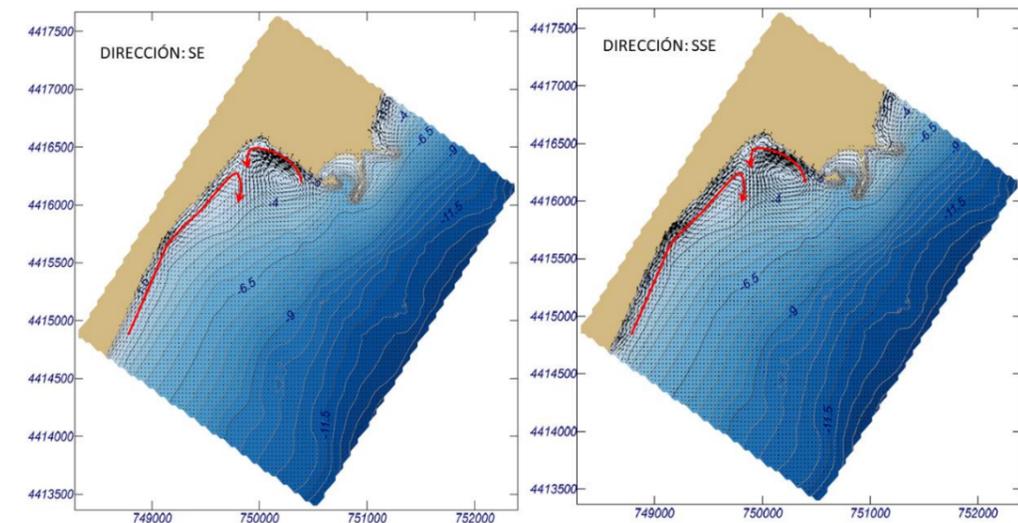
CASO	Hs [m]	Dirección (°)
D1	1	90 €
D2	1	112.5 (ESE)
D3	1	135 (SE)
D4	1	167.5 (SSE)

En los cuatro casos modelizados con valor unitario de Hs se aprecia el siguiente patrón:

- Para oleajes procedentes del E y ESE se produce una corriente circular en el extremo más próximo al dique sur del Puerto de Burriana y una corriente en sentido NE a SW a lo largo de todo el frente litoral. Para los oleajes procedentes del ESE la corriente circular es de mayor magnitud y la longitudinal de menor magnitud que para el oleaje procedente del E, como se puede apreciar en las figuras.



- Para oleajes procedentes del SE y SSE se produce una corriente circular en el extremo próximo al dique sur del Puerto de Burriana y una corriente en sentido invertido SW a NE a lo largo de todo el frente litoral (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). Para los oleajes procedentes del SSE la corriente circular y la longitudinal resultan de mayor magnitud que para el oleaje procedente del SE.



Para determinar la tasa de transporte potencial es necesario conocer la altura de ola significativa en la zona de rompientes y el ángulo del oleaje en rotura con respecto a la alineación de la costa, como se ha expresado en la formulación de K. Como valores representativos de las condiciones medias de oleaje en la zona de rotura, se adoptan los valores de altura de ola significativa **Hs50%** para las direcciones más desfavorables (véase el anejo VIII de Propagación de oleaje) y los valores de flujo medio de energía obtenidos en los puntos de control. Los puntos de control que se toman para la determinación de la tasa de transporte son los asociados a los perfiles transversales

tramo PF1 (por ser el extremo de la celda de estudio y donde irá ubicado el dique) y PF3 (por ser considerado intermedio de la zona).

Perfil	Punto	Condiciones medias oleaje		Características playa		Ángulo entre alineaciones
		$H_{s50\%}$	FME ( $\beta$ )	Pendiente	Alineación costa ( $\alpha_b$ )	$\theta_b$
PF1	P1	0.68	125.65	0.012	132	6.3
PF3	P3	0.74	128.59	0.009	132	3.4

Tabla 1.- Condiciones medias de oleaje consideradas en la zona de rompientes.

Con los datos anteriores y la formulación de Kamphuis expresada en el apartado anterior, se han estimado las tasas medias anuales de transporte potencial longitudinal para el tamaño de grano representativo de la zona y, además, para el tamaño medio de grano con el que se pretende dimensionar la nueva playa (0.25 mm).

D50 [mm]	Tasas de Transporte Potencial (m <sup>3</sup> /año)	
	PF1	PF3
0.44	39,468	25,845
0.25	69,464	45,487

La forma en planta de equilibrio de la línea de costa en la zona de actuación está determinada por el flujo medio de energía en el extremo del contradique Sur del Puerto del Puerto de Burriana y la difracción generada por dicha estructura. Los sedimentos que de forma natural deberían ir alimentando la zona de actuación, quedan obstaculizados por la presencia del puerto, y quedan acumulados en la Playa Norte de Burriana. El continuo movimiento de sedimentos transporta el material desde la playa sur de Burriana (zona de actuación) prosiguiendo su camino natural hacia el sur, pero sin recibir aporte alguno de material proveniente del norte. La erosión debida a esta falta de aportación de material por la presencia del puerto era tal que hubo que rigidizar el tramo litoral con escollera para proteger la carretera que discurre paralela a él (desde la Playa sur de Burriana hasta la zona del Grau de Nules).

La actuación proyectada consistente en la creación de playa artificial con apoyo en un espigón de escollera trata de mejorar la infraestructura existente. La ausencia actual de playa en la zona de actuación genera una situación de vulnerabilidad ante temporales, puesto que las viviendas de la zona litoral y la carretera que discurre paralela a este tramo de costa están totalmente expuestas.

El anejo IX de Dinámica litoral comprende un estudio del flujo medio de energía en la zona de actuación, formas de equilibrio en planta y perfil, evolución de la línea de costa y comparación del sistema de corrientes en la situación actual

y con la actuación proyectada. Se ha realizado también una simulación para la obtención del transporte potencial de sedimento tanto en la situación actual como en la situación proyectada, y se puede apreciar que la zona que sufre mayor movimiento de sedimento en ambas situaciones (actual y futura) es la zona contigua al contradique sur del Puerto de Burriana, debido a la existencia de dicha estructura.

Por lo tanto, los efectos aguas debajo de la actuación, no son significativos, dado que la barrera más relevante al transporte litoral es el propio Puerto de Burriana, ubicado aguas arriba de la actuación.

## 5.6.- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

En el anejo 7 se encuentra el estudio de alternativas completo. Las alternativas plantadas han sido las siguientes:

### ALTERNATIVA 0

Supondría no realizar ningún cambio ni actuación en la zona objeto del proyecto. Esto se traduce en una erosión aún mayor de la que actualmente se produce, y la afección a las viviendas situadas en las inmediaciones de la costa. Asimismo, pondría en peligro la integridad de las personas.

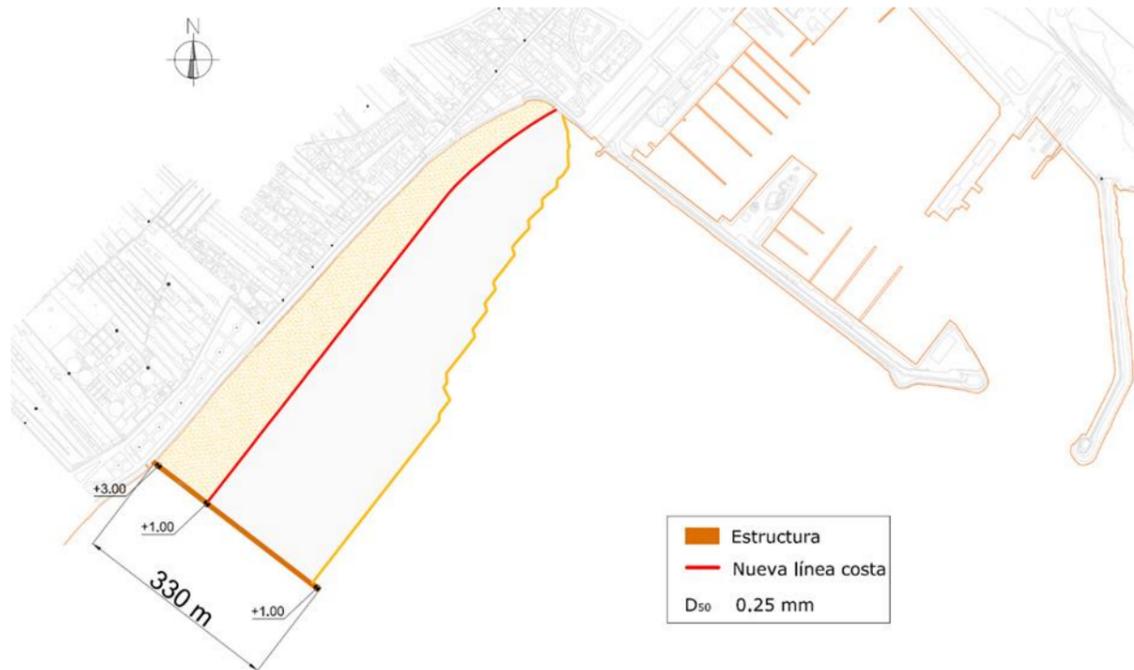
Desde el punto de vista medioambiental, la afección ya ha sido causada por la ejecución del dique del puerto, que evita la dinámica natural de aporte de materiales además de haber provocado la regresión de las curvas de nivel batimétricas. Esta evolución podrá afectar a la escollera de protección y a las viviendas ubicadas junto al paseo marítimo.

El impacto visual que se ha generado es la principal afección que se ha producido al introducir en el ambiente un elemento antrópico como es la escollera.

### ALTERNATIVA 1

Se dispone un dique de cierre perpendicular recto de 330 m de longitud. El ancho de coronación será de 8.00 m, en toda su longitud, comenzando la coronación en cota +3.00 a lo largo de los primeros 110 m y termina en +1.00 a partir de la nueva línea de costa, a lo largo de los siguientes 220 m.

Esta estructura da lugar a la forma en planta representada en la figura.



El material de aportación será arena con tamaños entre 0.15 y 0.40 mm, tomándose un valor medio  $D_{50} = 0.25$  mm.

La anchura mínima de playa es de 45 m.

El perfil de equilibrio de la playa se obtiene a partir de la formulación de Dean con el parámetro correspondiente al tamaño de material  $D_{50}=0.25$  mm.

La forma en planta de equilibrio de la playa se obtiene a partir de la formulación de Hsu y Evans y las características de dinámica litoral obtenidas (dirección de flujo medio y periodo característico obtenido en el estudio de dinámica litoral).

La cota de diseño de la berma de playa se establece en la +2,80 m, con la pendiente que resulte hasta la cota cero.

#### ALTERNATIVA 2

Esta alternativa consta de los mismos criterios que la alternativa 1 cambiando los valores de longitud del dique. La forma y lugar de situación es el mismo, y del mismo modo, esta alternativa pretende la ejecución de un dique de cierre perpendicular recto.

Las características del dique son las siguientes:

- Arranca en el mismo punto y a la misma cota que en la alternativa 1, prolongándose el arranque hasta una longitud de 171,07 m, y acortándose el tronco. El morro tiene 200 m de longitud y es quebrado, disponiendo un quiebro de  $140^\circ$  a 50 m de su arranque.
- El primer tramo del morro arranca a la cota +1,50 m y finaliza a la +1,00 donde se realiza el quiebro, prosiguiendo sumergido desde la cota +0,00 m hasta la -1,00 m.
- En este caso el dique de nueva construcción influye significativamente en la disposición de equilibrio, considerando su extremo como polo de difracción respecto a los temporales de origen S-SE. El ancho máximo de playa es de 258 m, localizándose esta zona junto al dique.



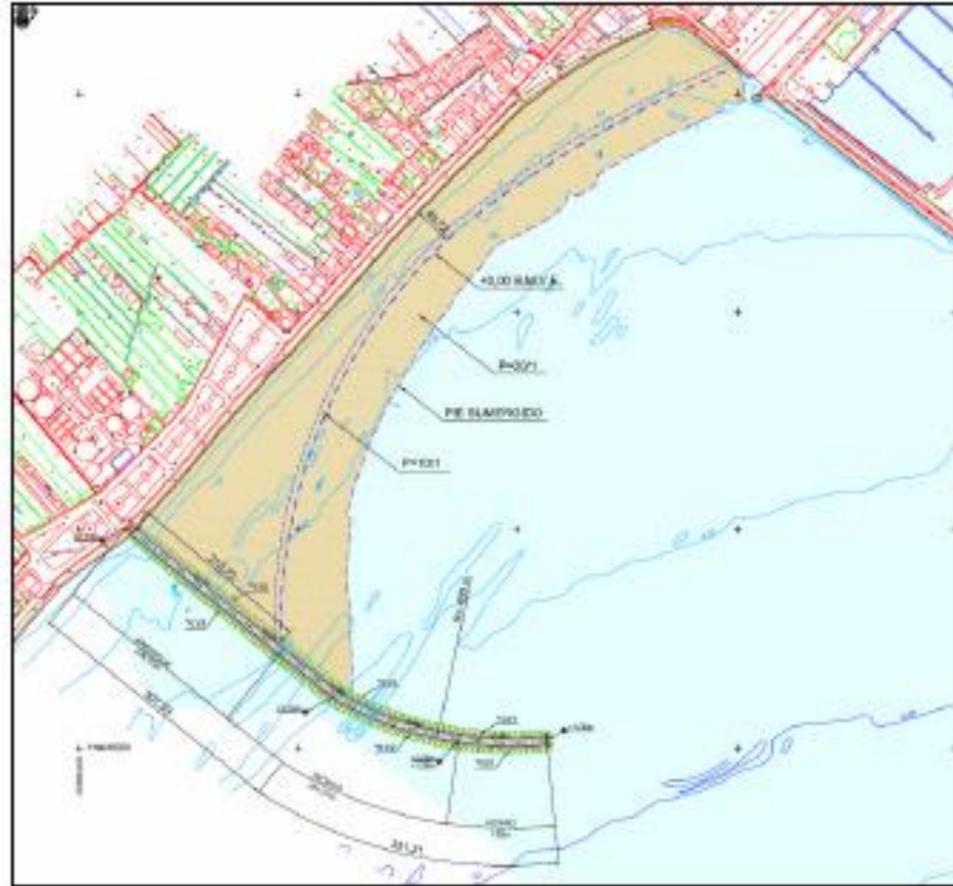
Alternativa 2

#### ALTERNATIVA 3

Al igual que ocurre en la alternativa 2, la presente alternativa se basa en la primera, realizándose una serie de cambios técnicos, pero con la base fundamental de ejecutar un dique de protección de cierre perpendicular recto.

- Se propone en este caso un dique en "concha" totalmente emergido. El radio de curvatura adoptado es de 400 m.

- Se establece también un arranque recto de 226,72 m con coronación a la cota +2,50 m, un tramo intermedio de 231,21 m con pendiente continua hasta la cota +2,0 m, y finalmente el morro, que arranca a la cota +1,50 m y finaliza a la cota +1,00 m.
- Los taludes son 3/2 para arranque y tronco y 2/1 para el morro.
- La disposición correspondiente en planta es la típica de una playa en concha, con un ancho máximo de playa seca de 212,72 m, junto al dique y un mínimo de 45,72 m.



Alternativa 3

#### Aporte de materiales

Se debe añadir el aporte de arenas para conseguir la regeneración de la playa, ya que, al evitarse la acumulación de materiales hasta el momento, se ha producido un lavado de los materiales finos que había en la playa.

La procedencia de las arenas se puede realizar desde las siguientes zonas viables:

Cantera: áridos procedentes del procesado de la roca arenisca. Es arena que cumple con los requisitos de tamaño y composición química, que se adecuan a la arena presente en la zona. Se utilizarían canteras empleadas previamente en la Comunidad Valenciana y que han dado resultados positivos.

Arena que se puede dragar del puerto de Burriana. Consultado el Servicio de Explotación de Puertos de la Generalitat Valenciana, se nos informa, de que en el Puerto de Burriana hay disponible, para su dragado, suficiente volumen de arena para esta obra. La cercanía a la zona objeto de estudio y la tipología de la arena determinan que es una alternativa muy apropiada para su utilización en la regeneración de la playa. Este dragado cumplirá las "Directrices para la caracterización y su reubicación en aguas del dominio público marítimo terrestre" adoptadas por la comisión interministerial de Estrategias Marinas en 2014. De modo que, dada la proximidad del puerto de Burriana y la cantidad disponible, la actuación se realizará con arena dragada del puerto de Burriana.

En el cuadro siguiente se resumen las principales características de cada alternativa, incluyendo la Alternativa 0 o de "No Actuación".

ALTERNATIVAS	A0	A1	A2	A3
LONGITUD	840 m	840 m	840 m	840 m
ANCHURA MÍNIMA	0 m	45 m	45 m	45 m
ARENA A APORTAR	0 m <sup>3</sup>	391.358 m <sup>3</sup>	217.549 m <sup>3</sup>	251.391 m <sup>3</sup>
LONGITUD DIQUE	0 m	330 m	407,95 m	557,93 m
VOLUMEN DIQUE	0 m <sup>3</sup>	23.551 m <sup>3</sup>	27.635 m <sup>3</sup>	54.003 m <sup>3</sup>

A modo de resumen, se muestra la valoración de las diferentes alternativas los cuatro criterios considerados se han valorado de 0 a 5, siendo 0 nada valorado y 5 la máxima valoración, con relación al conjunto.

	Peso	A1	A2	A3
<b>Funcioonal</b>	<b>0,2</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
<b>Ambiental</b>	<b>0,3</b>	<b>3,0</b>	<b>2,5</b>	<b>2,0</b>
<b>Estético</b>	<b>0,3</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
<b>Económico</b>	<b>0,2</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>3,0</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>4,2</b>	<b>4,0</b>	<b>3,4</b>

Contemplados todos estos criterios, se estima que la repercusión de las diferencias en los costes de implantación es especialmente significativa, en comparación con la relativa homogeneidad que presentan las alternativas en relación con el criterio funcional, por ejemplo.

De la valoración realizada de las alternativas propuestas se concluye que la alternativa que mejor cumple los objetivos funcionales del proyecto es la alternativa A1, por lo que se elige esta alternativa como base de partida para la solución final.

### 5.7.- DISEÑO DE LA PLAYA.

Los siguientes puntos indican de forma resumida los parámetros que se tienen en cuenta para el diseño de la playa:

- El material de aportación será arena con tamaños entre 0.15 y 0.40 mm, tomándose un valor medio D50 = 0.25 mm.
- La anchura mínima de playa es de 45 m.
- El perfil de equilibrio de la playa se obtiene a partir de la formulación de Dean con el parámetro correspondiente al tamaño de material D50=0.25 mm.
- La forma en planta de equilibrio de la playa se obtiene a partir de la formulación de Hsu y Evans y las características de dinámica litoral obtenidas (dirección de flujo medio y periodo característico obtenido en el estudio de dinámica litoral).
- La cota de diseño de la berma de playa se establece en la +2,80 m, con la pendiente que resulte hasta la cota cero.

Tal y como se refleja en el Anejo Efectos del Cambio Climático, la variación estimada en las variables de dinámica marina es, para el escenario más pesimista (RCP8.5):

Variable	ESCENARIO RCP4.5	ESCENARIO RCP8.5
Incr Hsm (m)	-0.0167	-0.0195
Incr Hs99.9% (m)	-0.0787	-0.0573
Incr Dir (º)	-0.8002	-1.4678
Incr MSL (m)	0.4303	0.5773
Incr MM99.9% (m)	-0.0206	-0.0533
Incr NMCm (m)	0.4307	0.5781
Incr NMC99.9% (m)	0.4567	0.6031

Variación de las variables de dinámica costera en el periodo de horizonte 20881-2100.

Estos valores han sido obtenidos a partir de tendencias estimadas que recoge el proyecto 'Cambio Climático en la Costa Española' (C3E) realizado por la Universidad de Cantabria.

Por tanto, se modificarán los parámetros que se obtuvieron del estudio de clima marítimo y de dinámica litoral realizado y que se recogen en los anejos correspondientes, viéndose modificados con las cantidades anteriores en el caso de que la situación futura vaya a ser más crítica. Para los parámetros de dimensionamiento se considera por tanto tan sólo el efecto de la variación en el flujo medio de energía.

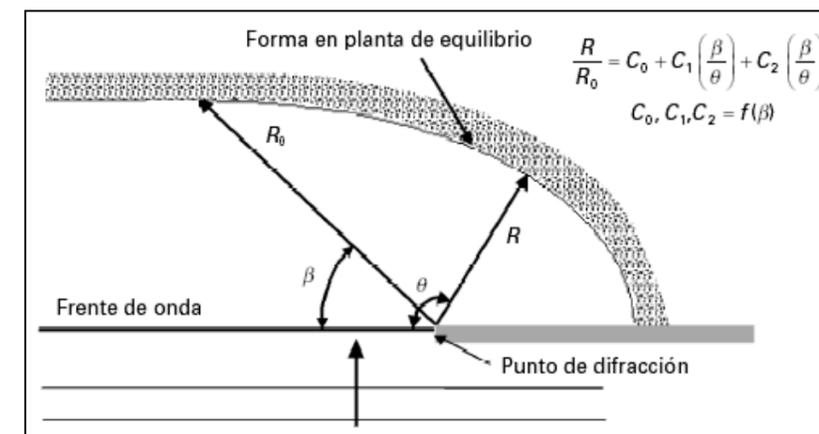
Los parámetros para el dimensionamiento de la playa son los que se indican a continuación, junto con un periodo medio  $T_p=7.5$  s (obtenido mediante el ajuste detallado en el Anejo de Clima Marítimo). Como valor de flujo medio de energía para la alineación de equilibrio se ha calculado el promedio de los valores de flujo obtenido en los puntos centrales de la celda litoral (puntos P2, P3, P6, P7), dado que se consideran los representativos de lo que acontece en la zona (véase Anejo de Dinámica Litoral). Este valor de flujo medio de energía resulta  $127^{\circ}7$ , que con la variación prevista por los efectos del cambio climático se ve disminuido hasta los  $126^{\circ}2$ .

	FME [º]	FME	h* (m)
Playa	126.2	S52E	3.9

Parámetros para la definición de la planta de equilibrio.

#### 5.7.1.-DISEÑO DE LA PLANTA DE EQUILIBRIO

La estimación de la forma en planta de la playa regenerada se basa en la existencia de un patrón en la forma de las playas ubicadas al abrigo de un cabo o saliente. Para ello, se ha utilizado el procedimiento propuesto por González y Medina (2001) a partir de los trabajos de Hsu y Evans (1989), que se encuentra implementado en el Módulo de Modelado del Terreno del Sistema de Modelado Costero (SMC) de la Universidad de Cantabria.



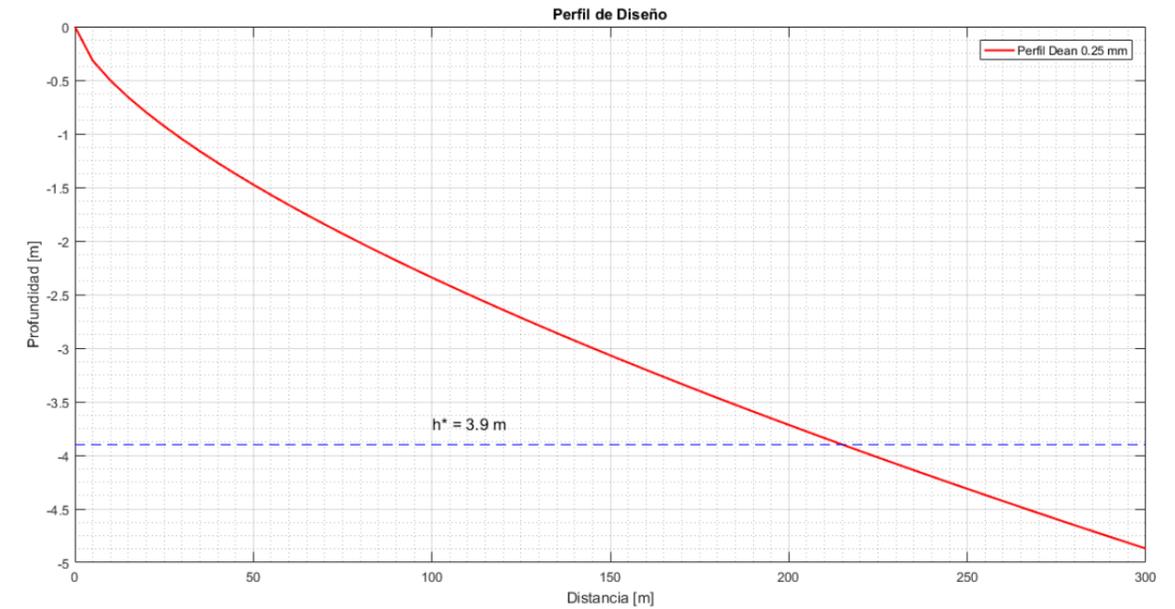
Ecuación de la parábola de equilibrio (González y Medina, 2001).

La estimación de la forma en planta de equilibrio de la playa se obtiene a partir del ajuste de parábolas de Hsu y Evans que surgen de considerar la difracción del oleaje en los extremos de las estructuras que se proyectan. Las parábolas resultantes son tangentes en su desarrollo recto que se ajusta para garantizar una anchura mínima de 45 m, parámetro de diseño anteriormente especificado.

Aplicando dicho procedimiento y haciendo uso de los resultados obtenidos en el estudio de dinámica litoral, se obtienen los valores determinantes en el ajuste de la planta de equilibrio de la playa. Las coordenadas UTM de la línea de playa proyectada se adjuntan al final del documento. La ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. recoge los parámetros empleados y resultantes para la proyección.

Punto de control		Frente del Oleaje				Distancia de la línea de costa			
X	Y	$\theta$ [°]	$h^*$ [m]	$T$ [s]	$L_d$ [m]	$Y$ [m]	$\alpha_{min}$	$Y/Ld$	$R_0$
750723.661	4416166.638	S52E	3.9	7.5	44.7	853	19.29	19.1	903.7

Parámetros de diseño de la playa en el módulo del SMC.



Perfil de diseño de la playa (Dean para diámetro 0.25 mm).

La cota de la berma de la playa seca se dispone a +2.80 m.

### 5.7.2.- DISEÑO DEL PERFIL DE EQUILIBRIO

El diseño del perfil de playa se realiza a partir del perfil teórico de Dean (1977), que depende del tamaño de material:

$$y = A_D x^{2/3}$$

donde  $y$  es la profundidad en m,  $x$  es la distancia a la línea de costa y  $A_D$  es el parámetro de Dean que depende de la velocidad de caída de grano y de un parámetro  $k$  dependiente del tamaño de grano. La formulación será válida hasta la profundidad de cierre.

Parámetro	Valor	Formulación
D50 [mm]	0.25	$y = -A \cdot x^{2/3}$
k	0.510	
w	0.03	
A	0.109	

Parámetros de la formulación de Dean en el diseño del perfil.

En el apéndice de este documento se adjuntan las coordenadas X, Z del perfil obtenidas respecto a la línea de costa actual (línea 0).

Este perfil teórico, que se muestra en la figura adjunta, es el proyectado a partir de la nueva línea de costa.

### 5.8.- DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN.

Los parámetros de partida para el cálculo y los resultados obtenidos se recogen en la tabla siguiente. Los cálculos se han realizado para la hipótesis de avería "inicio de avería".

Datos de partida. Tipología: Manto sin filtro ni núcleo.			
Altura de ola [m]	$H_s$	2.20	
	$H_{2\%}$	2.76	
Talud $\cotan(\alpha)$	1.5	Manto único	
Periodo de pico $T_p$ [s]	7.5	Talud exterior	1.5

Tipo de piezas	Escollera	Peso específico $\gamma_r$ [ $t/m^3$ ]	2.650
Número de olas $N$	3000	Número de capas	2
Daño $S$ (inicio de avería)	2.0	Porosidad	0.4
Permeabilidad $P$	0.60	Berma de pie	
Profundidad dato $H_s$ [m]	4	Altura berma [m]	0.5
Profundidad máxima morro $h$ [m]	3.5	$h_t$ [m]	3.5
Peso específico $\gamma_w$ [ $t/m^3$ ]	1.025	$N_{od}$	0.5

Tabla 2.-Datos de partida para el dimensionamiento de la sección del espigón.

Resultados (Van der Meer).		
Número de estabilidad $N_s$	1.65	
Número de Iribarren $I_{rpo}$	4.21	
<b>Manto único</b>		
Diámetro [m]	1.06	
Peso [tn]	3.136	
Espesor [m]	1.16	
		<b>Morro</b>
		<b>Pie del espigón</b>
Diámetro piezas $D_{n50}$ [m]	1.21	0.265
Peso de las piezas [tn]	4.70	0.049
Ancho mínimo pie [m] $B_t \geq 3 \cdot D_{n50}$		0.794

Tabla 3.-Resultados obtenidos para el dimensionamiento de la prolongación del espigón.

Como se ha obtenido anteriormente, el manto del espigón deberá estar compuesto por escollera como mínimo, de los siguientes pesos:

ESPIGÓN	PESO (tn) MÍNIMO OBTENIDO	
	CUERPO	MORRO
	3.136	4.70

Pesos mínimos de escollera obtenidos para el espigón bajo la hipótesis de "inicio de avería".

Se adopta un peso para todo el espigón de 5 tn (cuerpo y morro).

La siguiente figura muestra la sección tipo del espigón.

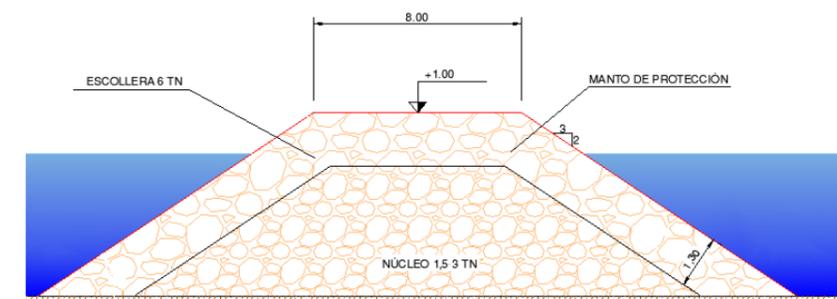


Figura 1. Sección tipo de los espigones. (cuerpo y morro).

## 5.9.- ASPECTOS AMBIENTALES.

Los aspectos ambientales relativos al presente proyecto constructivo se han tenido en cuenta íntegramente en el Estudio de Impacto Ambiental.

### 5.9.1.- ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS.

La Red Natura 2000 es la mayor apuesta en materia de conservación realizada por la Unión Europea: Natura 2000 surge ante la necesidad de proteger los recursos naturales de Europa ante la constante pérdida de biodiversidad creando una red de espacios representativos de la diversidad de hábitats y de especies europeas.

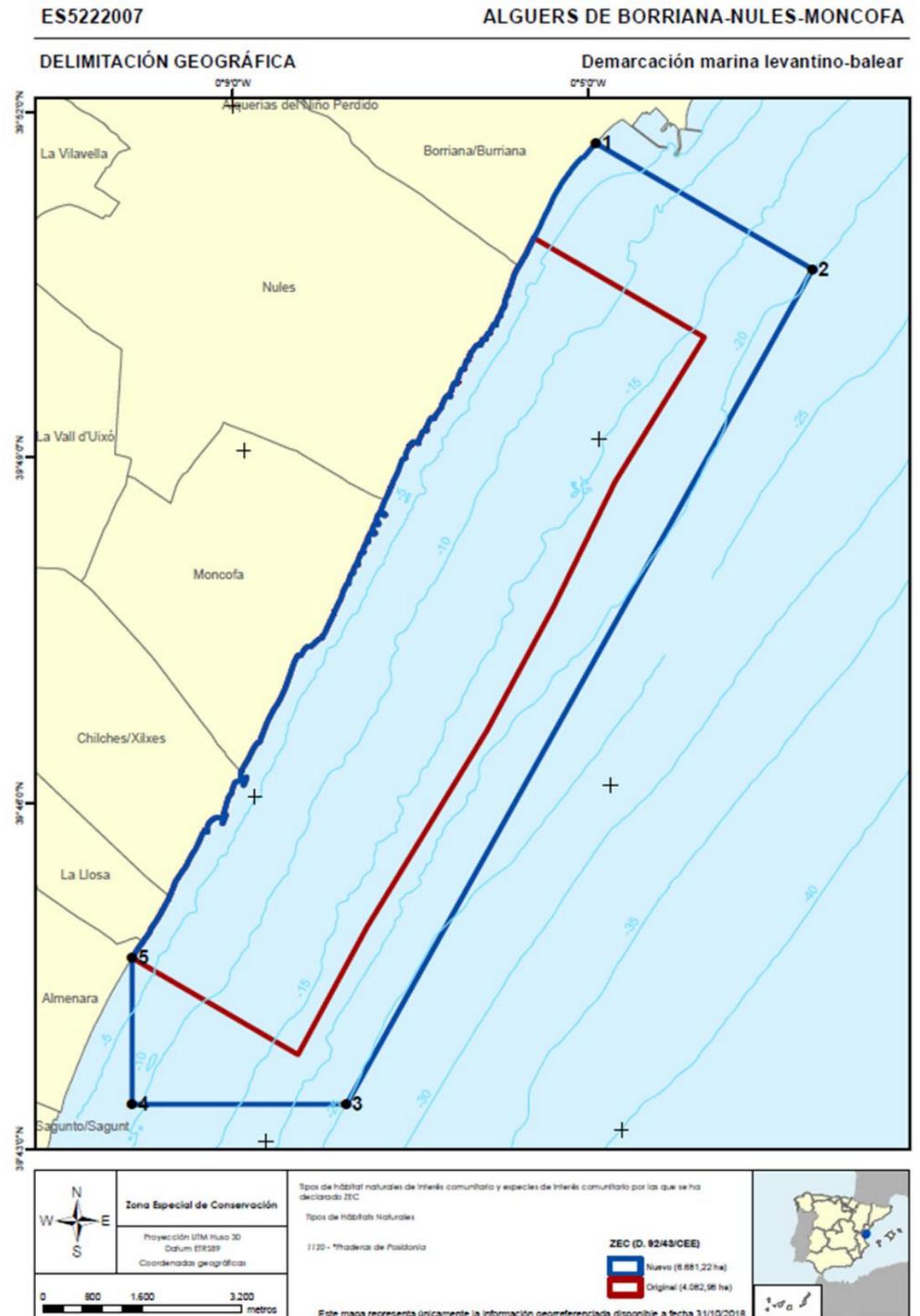
Red Natura 2000 se desarrolla a partir de la aplicación de dos directivas europeas: la Directiva de Aves (79/409/CEE) y la Directiva Hábitats (92/43/CEE) traspuesta al ordenamiento jurídico español por el R.D 1997/45. Está constituida por:

- Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA): se comienzan a definir y establecer a partir de la Directiva Aves. Esta Directiva, de obligado cumplimiento en todos los Estados miembros de la Unión Europea, reclama la necesidad de conservar y gestionar adecuadamente las poblaciones de aves silvestres, especialmente aquellas especies consideradas como prioritarias en Europa.
- Zonas de Especial Conservación (ZEC) de cada Estado miembro de la Unión Europea. Son designadas por la Comisión Europea a partir de una propuesta de Lugares de Interés Comunitario (LIC) elaborados por los Estados miembros a partir de los criterios establecidos en la Directiva Hábitats (poseer especies animales o vegetales amenazados o representativos de un determinado ecosistema). En España, esta propuesta ha sido elaborada por las Comunidades Autónomas que redactaron su lista en el ámbito geográfico correspondiente, y la trasladaron al Ministerio de Medio Ambiente, el cual remitió el conjunto de estas listas a la Comisión Europea para su aprobación.

Tendremos en cuenta dos LICs pertenecientes a la Red Natura 2000 que se grafían a continuación:

#### EL LIC ES5222007 ALGUERS DE BORRIANA-NULES-MONCOFA.

Se encuentra situado en la demarcación marina levantino-balear, frente a la costa de la provincia de Castellón. Incluye las aguas situadas frente al paraje denominado Surulla, ubicado en el término municipal de Burriana, dirigiéndose hacia el sur hasta alcanzar la localidad de Barrio-Mar, situada en el municipio de Almenara.



Como se ha indicado anteriormente, la normativa relacionada con la gestión de la Red Natura 2000 a nivel europeo y nacional indican que todos los espacios designados como LIC deberán declararse como ZEC. De la misma manera, espacios ZEC y ZEPA deberán disponer de un plan con medidas de gestión específicas para mantener los espacios en un estado de conservación favorable.

En el momento de la redacción del presente documento, se ha realizado la fase de audiencia e información pública del Proyecto de Orden Ministerial por la que se declaran diez zonas especiales de conservación, se aprueban sus medidas de conservación y las siete zonas de especial protección para las aves y se propone la modificación de los límites geográficos de doce de estos espacios de la Red Natura 2000 marina. La fecha límite para presentar alegaciones fue el 15/09/2020.

Se propone la ampliación de los límites del actual espacio protegido, pasando de 4.081,91 Ha, a una superficie total de 6.682,29 Ha, a los efectos de incrementar la superficie protegida de praderas de *Posidonia oceánica* en 653,60 Ha. Además, se incluye la protección de praderas de *Cymodocea nodosa*, especie característica del hábitat 1110. Las medidas de conservación del ZEC que incluyen, por un lado, la regulación general de usos y actividades y por otro el plan de gestión, están a punto de aprobarse. En el presente documento, los cumpliremos en su totalidad, en previsión de dicha aprobación, y dado que esta área tiene el régimen de protección preventiva.

La gestión de las ZEC corresponde a la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

En el plan de gestión propuesto, en su apartado 6.- *Presiones y amenazas*, dice textualmente:

*“El litoral español sufre desde las primeras décadas del siglo XX un fuerte proceso erosivo, con regresiones zonales de decenas de metros, que ha modificado de un modo muy notable y rápido la morfología costera. En algunos puntos la regresión ha superado los 100 metros en relación a la línea de costa del vuelo de 1956.*

*La erosión es sin duda una amenaza para la biodiversidad. Así lo recoge la Directiva 92/42/CEE, y ha sido tratada de un modo específico y exhaustivo en el documento de estudio Eurosion, de la Comisión Europea.*

*Es más, la erosión se une a los efectos del cambio climático generando un efecto combinado que supone una amenaza que debe calificarse como muy alta.*

*Mitigar la erosión forma parte pues del conjunto de acciones que es necesario acometer para conseguir los objetivos de conservación de la biodiversidad, protegiendo a las especies amenazadas; de un modo especial, a las praderas de *Posidonia oceánica*.*

*Por ello, la defensa de la costa, en tanto que instrumento para la mitigación de la erosión y para la adaptación al cambio climático, ha de ser contemplada en los planes de gestión de las ZEC, de tal modo que los objetivos de protección de especies amenazadas y los objetivos de mitigación de la erosión, no sólo no interfieran, sino que operen uno como refuerzo del otro.*

*En todo caso, para que las aportaciones de áridos o la implantación de estructuras marítimas no supongan una amenaza en sí mismas hay que tomar una serie de precauciones.*

*(...) De hecho, los resultados del proyecto de Eurosion, ha constatado problemas de erosión en la costa del área de estudio, con la particularidad de la acreción forzada en Burriana por las obras de abrigo del puerto, registrándose la necesidad de actuar contra esta erosión mediante la regeneración periódica de las playas afectadas, (...) Si bien estas actuaciones son, como ya se ha citado, necesarias para combatir la erosión existente, se considera que su potencial de impacto es muy alto por los efectos de aumento de turbidez (disminución de la irradiación) por la dispersión de las fracciones más finas y posible enterramiento/erosión del límite superior de las praderas de fanerógamas”*

Queda claro que la actuación prevista tiene la parte positiva en la limitación de la erosión. Y que se han de tomar todas las precauciones para que no aumente la turbidez y para no enterrar el límite superior de las praderas de fanerógamas. Por ello, se procura aportar áridos de origen marino, carentes de finos que puedan producir turbidez, y, además, se ha realizado un estudio de la biocenosis para identificar exactamente la ubicación de las fanerógamas.

En el estudio de la biocenosis realizado, NO SE HA DETECTADO la existencia de praderas de *Cymodocea* y *Posidonia*.

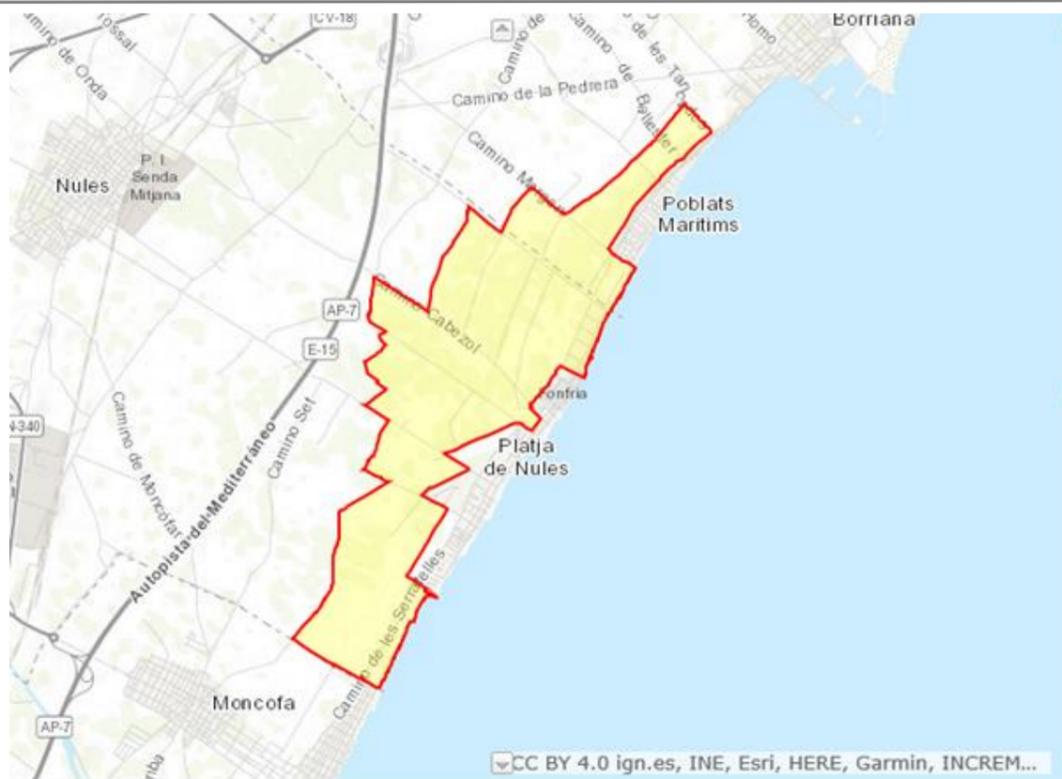
#### EL LIC ES5223005 MARJAL DE NULES

DECRETO 127/2015, de 31 de julio, del Consell, por el que se declaran como zonas especiales de conservación (ZEC) los lugares de importancia comunitaria (LIC) Lavajos de Sinarcas, Marjal de Nules y Marjal dels Moros, y se aprueban las normas de gestión para dichos LIC y para la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) Marjal dels Moros. [2015/6980]DOCV (Diario Oficial de la Comunidad Valenciana) nº 7586 de 5/08/2015.

[http://www.docv.gva.es/datos/2015/08/05/pdf/2015\\_6980.pdf](http://www.docv.gva.es/datos/2015/08/05/pdf/2015_6980.pdf)

Zona húmeda litoral profundamente alterada, a pesar de lo cual conserva pequeñas áreas inundadas con vegetación típicamente palustre. Destacan las especies: *Emys orbicularis*, *Mauremys leprosa* y *Charadrius alexandrinus*.

<http://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=ES5222005>



Por lo que se refiere a especies de interés comunitario listadas en el anexo II de la Directiva 92/43/CEE (Directiva Hábitat), únicamente existen dos especies presentes en el espacio: *Emys orbicularis* (Galápago europeo) y *Mauremys leprosa* (Galápago leproso).

Sin embargo, en el LIC se da la presencia de otras especies importantes para la gestión del espacio. Se trata de especies que han sido consideradas como amenazadas en la Comunidad Valenciana, por estar incluidas en las categorías «vulnerable» o «en peligro de extinción» en los listados actualizados de los catálogos valencianos de especies de fauna y flora amenazadas, y que se recogen en la Tabla siguiente:

Nombre del espacio	Nombre de la especie	Grupo Taxonómico	Unidad poblacional	Año al que se refiere la población	Censo	Categoría de protección
MARJAL DE NULES	<i>Charadrius alexandrinus</i>	B	Parejas reproductoras	2014	1	Vulnerable
	<i>Unio mancus</i>	I	Cuadrículas UTM 1 km	2013	2	Peligro de extinción
	<i>Nymphaea alba</i>	P	Metros cuadrados de ocupación	2012	27	Vulnerable
	<i>Thalicttrum maritimum</i>	P	Metros cuadrados de ocupación	2014	88	Vulnerable

Grupo taxonómico: M = Mamíferos, A = Anfibios, R = Reptiles, F = Peces, I = Invertebrados, P = Plantas; B=Aves

La Marjal de Nules no alcanza el litoral.

En la ZEC se encuentran representados los hábitats de interés comunitario que se recogen en la Tabla 14 listados en el anexo I de la Directiva 92/43/CEE (Directiva Hábitat). En esta tabla la superficie ocupada se corresponde con la superficie total de los recintos donde el hábitat es mayoritario, sin tener en cuenta la cobertura real de los mismos dentro de estas teselas. En el caso del hábitat 3150, la cobertura indicada corresponde al hábitat cartografiado, que coincide con las principales acequias, andanas y canales de la Marjal de Nules

Código hábitat	Hábitat	Superficie ocupada (ha) <sup>1</sup>	Cobertura (% de la ZEC)
1150*	Lagunas costeras	3,22	0,49
1420	Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos ( <i>Sarcocornetea fruticosae</i> )	49,32	7,65
3150	Lagos eutróficos naturales con vegetación de <i>Magnopotamion</i> o <i>Hydrocharition</i>	5,00	0,77
6420	Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del <i>Molinion-Holoschoenion</i>	9,74	1,51
7210*	Turberas calcáreas de <i>Cladium mariscus</i> y con especies del <i>Caricion davallianae</i>	10,08	1,56

### 5.9.2.- IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

Para la caracterización y valoración de los impactos se han tenido en consideración los criterios establecidos en la Ley 21/2013 de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, incorporando a los mismos la categoría de impacto positivo en caso necesario.

IMPACTO COMPATIBLE: Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa medidas preventivas o correctoras.

IMPACTO MODERADO: Aquel cuya recuperación no precisa medidas preventivas o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.

IMPACTO SEVERO: Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige medidas preventivas o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.

IMPACTO CRÍTICO: Aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

IMPACTO	VALORACIÓN IMPACTO (fase obra)	VALORACIÓN IMPACTO (fase explotación)
<b>ATMÓSFERA</b>		
Emisión de gases de combustión de los motores	COMPATIBLE	COMPATIBLE
Resuspensión de partículas de polvo	COMPATIBLE	COMPATIBLE
Ruido	COMPATIBLE	COMPATIBLE
<b>GEOLOGÍA-GEOMORFOLOGÍA</b>		
Modelado superficial o marino	MODERADO	MODERADO
Modificación de la naturaleza del terreno (granulometría, textura, ocupación del suelo, etc.)	MODERADO	MODERADO
<b>HIDROLOGÍA Y DINÁMICA LITORAL</b>		
Alteración de la calidad física del agua (turbidez)	COMPATIBLE	COMPATIBLE
Afección a la calidad química	COMPATIBLE	COMPATIBLE
Modificación del perfil y forma en planta de la playa	MODERADO	SEVERO
Modificación de la hidrodinámica y transporte de sedimentos	COMPATIBLE	COMPATIBLE
<b>BIOCENOSIS TERRESTRE Y MARINA</b>		
Bentos	MODERADO	NULO
Creación de nuevos hábitats	MODERADO	NULO
<b>ZONAS PROTEGIDAS</b>		
Afección a espacios naturales protegidos	COMPATIBLE	COMPATIBLE
<b>PAISAJE</b>		
Mejora de la calidad estética de las playas	SEVERO	MODERADO
Barreras visuales.	NULO	NULO
<b>MEDIO SOCIOECONÓMICO</b>		
Mejora imagen turística	SEVERO	MODERADO
Creación de puestos de trabajo	MODERADO	MODERADO
<b>PATRIMONIO CULTURAL</b>		
Yacimientos arqueológicos	NULO	NULO

### 5.9.3.- PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.

Una vez identificados y valorados los impactos, se recogen a continuación las medidas más adecuadas para minimizar los efectos de la actividad.

Medida protectora	1
Definición de la medida	Control de las emisiones sonoras
Efecto que previene	Incremento de niveles sonoros a causa de: Operaciones de carga y descarga. Movimiento de maquinaria y personal de la obra.
Objetivo	Minimizar las molestias a personas y fauna
Eficacia	Media
Descripción de la medida/aspectos que comprende.	En la programación temporal y económica del proyecto es necesario incluir los siguientes criterios:  Para las operaciones de carga y descarga:  Vertido de arena, gravas, escombros, etc. desde alturas lo más bajas posibles.  Programación de actividades de obra de forma que se eviten situaciones en que la acción conjunta de varios equipos o acciones cause niveles sonoros elevados durante periodos prolongados de tiempo y/o durante la noche.  Para los movimientos de maquinaria y personal de obra  Comprobar al inicio de la obra que la maquinaria de obras públicas ha pasado las inspecciones técnicas.  Informar a los operarios de las medidas a tomar para minimizar las emisiones.  Los conductores de vehículos y maquinaria de obra adecuarán, en lo posible, la velocidad de los

	vehículos.  Comunicar a los chóferes que eviten, en la medida de lo posible, circular por el casco urbano.	Medida protectora	2
Responsable de llevarla a cabo	Empresa constructora	Definición de la medida	Control de las emisiones de partículas a la atmósfera
Responsable de su seguimiento y control	Promotor	Efecto que previene	Incremento de la contaminación atmosférica en la zona a causa de:  Operaciones de carga y descarga.  Movimiento de maquinaria y personal de la obra.
Momento y documento en que se incluye	Plan de Vigilancia Ambiental	Objetivo	Evitar el empeoramiento de la calidad del aire de la zona.
Necesidad de mantenimiento	Una buena organización la limita a: Información y concienciación del personal empleado. Cumplimiento de los periodos de revisión de los equipos utilizados.	Eficacia	Alta.
Costes de ejecución	La adopción de esta medida no debe presentar un coste adicional, tan solo un trabajo más organizado y un mayor esfuerzo en el control de la obra.	Descripción de la medida/aspectos que comprende.	En la programación temporal y económica del proyecto es necesario incluir los siguientes criterios:  Para las operaciones de carga y descarga:  Vertido de arena, gravas, escombros, etc. desde alturas lo más bajas posibles.  Para los movimientos de maquinaria y personal de obra  Exigir a los transportistas el uso de lonas para cubrir el material transportado.
		Responsable de llevarla a cabo	Empresa constructora
		Responsable de su seguimiento y control	Promotor
		Momento y documento en que se incluye	Plan de Vigilancia Ambiental
		Necesidad de	Una buena organización la limita a: Información y concienciación del personal empleado. Cumplimiento de los

mantenimiento	periodos de revisión de los equipos utilizados.	Medida protectora	3
Costes de ejecución	La adopción de esta medida no debe presentar un coste adicional, tan solo un trabajo más organizado y un mayor esfuerzo en el control de la obra.	Definición de la medida	Emplear un modo operativo adecuado y cuidadoso con el medio.
		Efecto que previene	Impacto por enterramiento y por dispersión del sedimento en la columna de agua, durante las operaciones de construcción de los diques y las aportaciones de material a las playas.
		Objetivo	Reducir lo máximo posible el área de impacto.
		Eficacia	alta
		Descripción de la medida/aspectos que comprende.	En la programación temporal y económica del proyecto es necesario incluir los siguientes criterios:  Durante la construcción del espigón.  Evitar la actuación en días de fuerte oleaje y viento.  Emplear en lo posible materiales y métodos que faciliten su integración en el paisaje.
		Responsable de llevarla a cabo	Empresa constructora
		Responsable de su seguimiento y control	Promotor
		Momento y documento en que se incluye	Plan de Vigilancia Ambiental
		Necesidad de mantenimiento	No es necesario
		Costes de ejecución	La adopción de esta medida no debe presentar un coste adicional, tan solo un trabajo más organizado y un mayor esfuerzo en el control de la obra.

Medida protectora	4
Definición de la medida	Sistema de protección de aguas
Efecto que previene	Impacto sobre las unidades ambientales marinas y la fauna y flora asociadas a ella debido a la deposición de sólidos en suspensión movilizados en la construcción del espigón, y en la aportación de arena.  Impacto sobre la calidad físico-química del agua.
Objetivo	Protección de la calidad de las aguas marinas ante la aparición de elevadas concentraciones de sólidos en suspensión, contención de turbidez.
Eficacia	Alta.
Descripción de la medida/aspectos que comprende.	Los sistemas de protección de aguas se utilizarán en caso de excederse los límites de partículas en suspensión.  Cortinas antiturbidez: Se trata de unos faldones fabricados con geotextil de polipropileno, que permiten el traspaso de una cierta cantidad de agua al tiempo que actúan contra sedimentos y áridos a la deriva. Generalmente se montan sobre barreras de contención de vertidos.  Lavado del material de aporte de origen.
Responsable de llevarla a cabo	Empresa constructora
Responsable de su seguimiento y control	Promotor
Momento y documento en que se incluye	Plan de Vigilancia Ambiental
Necesidad de mantenimiento	Las propias de estos equipos.

La eficacia de estas medidas será considerada como:

Alta: cuando una vez aplicadas para reducir los impactos generados por el desarrollo de la obra, éstos se ven disminuidos fácilmente con la ejecución de una serie de directrices que se plantean desde la oficina de obras.

Media: cuando las medidas para reducir los impactos en la zona de actividad y zonas colindantes pueden aplicarse sin entrañar muchas dificultades, no obstante los resultados obtenidos no alcanzan siempre los objetivos propuestos.

Baja: cuando las acciones propuestas logran disminuir el impacto, pero lo reducen a los niveles máximos permitidos por la legislación.

## 5.10.- ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.

### 5.10.1.- PLANEAMIENTO URBANÍSTICO.

El planeamiento vigente en Burriana es el P.G.O.U. aprobado por resolución del Conseller de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte el 10 de mayo de 1995 (B.O.P. 30/05/95) y resolución de 21 de abril de 1995 (B.O.P. 06/06/95).

### 5.10.2.- EXPROPIACIONES.

Para la ejecución del presente proyecto no será necesario realizar expropiaciones.

## 6.- DECLARACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE COSTAS.

Los firmantes del presente proyecto declaramos expresamente que se cumplen las disposiciones de la Ley 2/2013 de 29 de mayo de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1998, de 28 de julio de Costas, así como el Real Decreto 876/2014 de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.

## 7.- FÓRMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS.

En cumplimiento con lo indicado en el artículo 3 de la Ley 2/2015 de 30 de marzo de desindexación de la economía española, se concluye que no procede la aplicación de la revisión de precios, dado que el plazo de ejecución de la misma es inferior a un año.

No obstante, se propone a continuación la fórmula de revisión de precios nº 622, para el contrato de ejecución de la presente obra de entre las aprobadas en el anexo II del R.D. 1359/2011 de 7 de octubre:

$$K_t = 0,15E_t / E_0 + 0,25R_t / R_0 + 0,60$$

Donde:

Kt: Coeficiente teórico de revisión para el momento de ejecución t.

H<sub>0</sub>: Índice del coste de la mano de obra en la fecha de la licitación.

H<sub>t</sub>: Índice del coste de la mano de obra en el momento de ejecución t.

E<sub>0</sub>: Índice del coste de la energía en la fecha de la licitación.

E<sub>t</sub>: Índice del coste de la energía en el momento de la ejecución t.

R<sub>0</sub>: Índice del coste de los materiales rocosos en la fecha de la licitación.

R<sub>t</sub>: Índice del coste del material rocoso en el momento de la ejecución t.

## 8.- CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.

De conformidad con el Real Decreto 773/2015 de 28 de agosto las empresas constructoras que deseen concurrir a la licitación de estas obras deben tener al menos la siguiente clasificación:

- Grupo: F, marítimas
- Subgrupo: 7: Obras marítimas sin cualificación específica.
- Categoría 5: Cuantía entre 2.400.000 € y 5.000.000 €.

## 9.- DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.

Las obras que se definen en este proyecto constituyen un conjunto completo en el sentido de que contienen todos los elementos precisos para que, una vez ejecutadas puedan ser entregadas al servicio correspondiente para su inmediata utilización, según lo dispuesto en la Ley de Contratos de la Administración Pública y su Reglamento.

## 0.- PRESUPUESTO.

Capítulo	Importe
Capítulo 1 ESPIGONES	948.748,57
Capítulo 2 VERTIDO DE MATERIAL DE APORTACION A LA PLAYA	2.562.700,35
Capítulo 3 MEDIDAS CORRECTORA Y VIGILANCIA AMBIENTAL	88.412,03
Capítulo 4 SEGURIDAD Y SALUD	40.000,00
Capítulo 5 GESTIÓN DE RESIDUOS	1.911,36
Capítulo 6 SERVICIOS Y EQUIPAMIENTOS	276.500,00
Capítulo 7 VARIOS	17.342,00
Presupuesto de ejecución material	3.935.614,31
13% de gastos generales	511.629,86
6% de beneficio industrial	236.136,86
<b>Presupuesto</b>	<b>4.683.381,03</b>
21% IVA	983.510,02
<b>Presupuesto con IVA</b>	<b>5.666.891,05</b>

Asciende el presupuesto con IVA a la expresada cantidad de CINCO MILLONES SEISCIENTOS SESENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y UN EUROS CON CINCO CÉNTIMOS.

## 1.- PLAZOS.

El plazo de ejecución de la obra será de 12 (DOCE) meses de duración, tal y como se recoge en el anejo de plan de obra.

El plazo de garantía será de un (1) año, contado a partir de la recepción. Durante este plazo, si se detectan defectos debidos a deficiencias en la ejecución de las obras, la dirección de obra dará instrucciones a la constructora para que ésta proceda, a su costa, a las reparaciones pertinentes.

## 2.- DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO BÁSICO.

El presente proyecto básico consta de los siguientes documentos:

### DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA.

- 1.- Memoria
- 2.- Anejos.
  - 2.1.- Anejo fotográfico.
  - 2.2.- Anejo topobatimétrico
  - 2.3.- Anejo de biocenosis.
  - 2.4.- Clima marítimo.

- 2.5.- Propagación de oleaje.
- 2.6.- Dinámica litoral.
- 2.7.- Estudio de alternativas.
- 2.8.- Dimensionamiento de la solución.
- 2.9.- Efectos del cambio climático.
- 2.10- Memoria de impacto patrimonial.

**DOCUMENTO Nº 2: PLANOS.**

- 1.- Situación y emplazamiento.
- 2.- Planta general.
- 3.- Sección tipo.

**DOCUMENTO Nº 3: PRESUPUESTO.**

- 1.- MEDICIONES.
- 2.- PRESUPUESTO.

Castellón de la Plana, diciembre de 2021.

Leonardo Monzonís Forner  
El Jefe del Servicio de Proyectos y Obras.  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Miguel Puerta López-Guzmán Francisca Berenguer Alberó  
Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.  
TECNOMEDITERRÁNEA, S.L.



**2.1.- Anejo fotográfico.**

La situación actual del tramo de actuación es de rigidización costera mediante escollera a lo largo de toda la línea litoral hasta casi el T.M. de Nules, debido al problema de erosión anteriormente comentado. Este escenario actual no ha variado sustancialmente respecto a la situación de hace casi una década, precisamente porque la erosión está contenida mediante la escollera de protección.



Fotografías de la situación en 2010. Fuente: Proyecto de Regeneración de la Playa al Sur del Puerto de Burriana en el T.M. de Burriana (Castellón).

A continuación se muestra una serie de fotografías tomadas en la visita realizada el mes de abril de 2020.



Vista de la situación actual en el tramo contiguo al contradique del puerto (1).



Vista de la situación actual en el tramo contiguo al contradique del puerto (2).



Vista de la situación actual desde el contradique del puerto (3).



Vista de detalle de la escollera de la obra de rigidización de la línea de costa al límite de la carretera. Al fondo, el puerto.

## **2.2.- Anejo topobatimétrico**

# BATIMETRÍA MULTIHAZ

## Municipio de Burriana (Castellón)



Realizado y firmado:

**Enrique Bardisa Yerón**  
Ingeniero Naval y Oceánico  
Nº Colegiado: 2.143

**Melchor Aguilar Rodríguez**  
Ingeniero en Geomática y Topografía  
Nº Colegiado: 3482

**Fecha:** 25/04/2020

**INDICE**

**1. MEMORIA.**

**1.1. Objeto**

**1.2. Alcance**

**1.3. Localización Geográfica**

**1.4. Resumen de los trabajos realizados.**

**2. METODOLOGIA.**

**2.1. Posicionamiento.**

2.1.1. Sistema empleado.

2.1.2. Enlace planimétrico.

2.1.3. Reseña base GNSS

**2.2. Profundidad.**

2.2.1. Sistema empleado.

2.2.2. Calibración

2.2.3. Nivel de la superficie. Mareas

**2.3. Desarrollo de las batimetrías.**

**3. FUNDAMENTOS TECNOLOGICOS**

**3.1. Sonda Multihaz Beamformer**

**4. MEDIOS TÉCNICOS Y HUMANOS.**

**5. RESULTADOS.**

**6. SOFTWARE DE PROCESO.**

**7. OBSERVACIONES DEL TRABAJO.**

## 1. MEMORIA.

### 1.1. Objeto

**D. Melchor José Aguilar Rodríguez**, Ingeniero en Geomática y Topografía con N.I.F. 34.856.345-Y colegiado nº 3.482 perteneciente a la mercantil Topomar Topógrafos, slp con CIF B-04613816 y domicilio en calle Enix nº 7 1º de la localidad de Alhama de Almería CP 04400 expone:

Por encargo TECNOMEDITERRÁNEA, S.L. se realiza el siguiente trabajo.

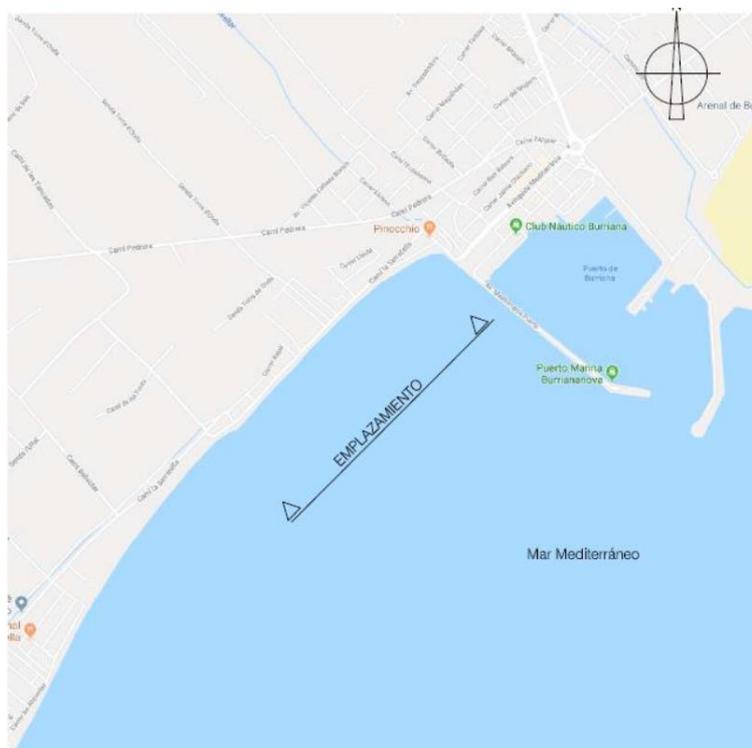
### 1.2. Alcance

El alcance de los trabajos realizados fue el levantamiento batimétrico mediante sonda multihaz con transectos cada 25m de la playa de Burriana, entre el dique Sur y Camí de Tancades-EDAR.

El ancho es de aproximadamente 1000m y el fondo hasta llegar a la cota -10 o aproximadamente 1milla o 1852m.

La batimetría se realizó el pasado sábado 25 de abril de 2020, en condiciones meteorológicas ideales.

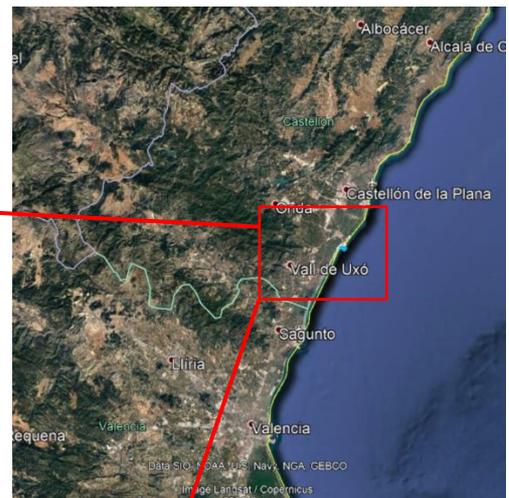
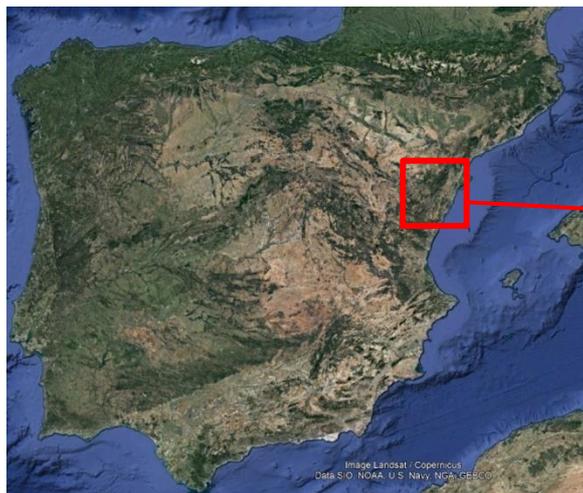
Se utiliza la sonda Multihaz m3 de la casa Mesotech-Kongsberg .



*Imagen de la zona de batimetría solicitada*

### 1.3. Localización Geográfica

El trabajo se realiza según imágenes adjuntas:



## 1.4. Resumen de los trabajos realizados.

Topomar Topógrafos realiza el fletado de la embarcación en lista 5ª y desde el puerto de Burriana en coordinación con Capitanía Marítima y policía portuaria; se bota la embarcación una vez montado los equipos y verificado su funcionamiento.

Para el enlace geodésico se utilizó la base de la red ERVA, situada en el municipio de Burriana, en el sistema de coordenadas UTM ETRS89 H30 y geoide EGM08 RED NAP, por lo que el origen de altitud del trabajo es el oficial en España con nivel medio del mar en Alicante.

En una zona próxima, a unos 13 metros de profundidad se realizaban las líneas de calibración y se cala el perfilador de velocidad del sonido SVP, se adjunta registro.

Las mareas se miden desde el cantil del muelle con GPS Rtk observándose una variación durante el tiempo que dura la batimetría de 15cm respecto de los datos dados por el mareógrafo de Sagunto.



*Embarcación Hidrográfica*

*Para la comprobación de la cartografía proporcionada de la zona de dominio público marítimo terrestre, se trabajó con un GPS Móvil multifrecuencia y enlace NTRIP marca Trimble R8S.*

## 2. METODOLOGIA.

### 2.1. Posicionamiento.

#### 2.1.1. Sistema empleado.

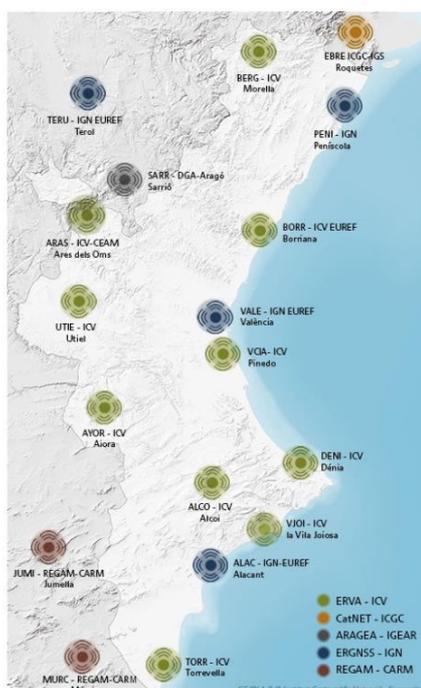
La toma de datos de posición para la realización del levantamiento se hace con un GPS centimétrico Rtk (Trimble SPS 751), de este mismo equipo se obtiene el PPS (pulso por segundo de sincronización); este receptor GPS recibe correcciones desde la red GNSS del Instituto Geográfico Nacional en modo NTRIP.

Al mismo tiempo se combina para el cálculo del rumbo con un SPS 550. Se adjuntan especificaciones de ambos equipos (**Anexo 1**).



#### 2.1.2. Enlace planimétrico.

El sistema de proyección empleado es el Universal Transversa Mercator (U.T.M), huso 30 norte ETRS 89. Con correcciones obtenidas mediante conexión a internet con un modem 4G a la red GNSS del ERVA, BORR3



### 2.1.3. Reseña base GNSS.

**Estación Permanente BORR** Descripción Técnica  
( Borriana - Castellón )  
**Red ERVA: Estaciones de Referencia GNSS de VALENCIA**



**Antena**



**Receptor**



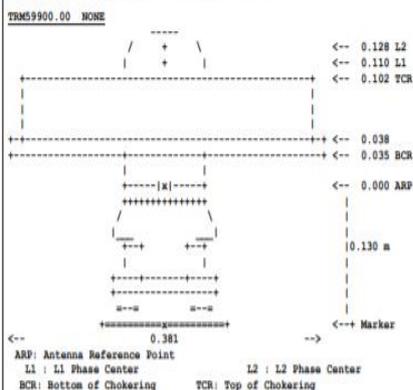
**Tablas de Calibración de antenas:**

<http://www.epncb.oma.be/ftp/station/general/antenna.gra>  
<ftp://igs08.jpl.nasa.gov/igs08/station/general/igs08.atx>  
[ftp://epncb.oma.be/pub/station/general/eprn\\_08.atx](ftp://epncb.oma.be/pub/station/general/eprn_08.atx)  
[ftp://epncb.oma.be/pub/station/general/eprn\\_05.atx](ftp://epncb.oma.be/pub/station/general/eprn_05.atx)

**Coordenadas en:**

[http://icvficheros.icv.gva.es/ICV/geova/erva/Estaciones/Descripcion\\_Estaciones](http://icvficheros.icv.gva.es/ICV/geova/erva/Estaciones/Descripcion_Estaciones)

**Croquis Antena** Tabla IGS08.ATX



**Extracto Metadatos, instrumental, modelo de antena y código IERS:**

4-char station code: BORR  
station name: BORR  
station ID number: 13480M001  
antenna ID number: 5550362320  
antenna type: TRM59900.00 NONE  
antenna height (m): 0.1300  
receiver ID number: 5544F50318  
receiver type: TRIMBLE NETR9  
receiver firmware: NP 5.03 SP 5.03  
RINEX version: 2.11  
RINEX translator: GPSNet 2.6.2653,TEQC

**Información adicional**

Datos tiempo real: Registro en <http://icverva.icv.gva.es:8080>

- Correcciones en formato RTCM 2.3, RTCM 3.0 en base simple
- Correcciones en solución de red (base virtual-VRS) y RTCM 3.1-MAC

Datos post-proceso: Ficheros RINEX en [www.icv.gva.es](http://www.icv.gva.es) / <http://icverva.icv.gva.es:8080>

Consultas e-mail : [ervaicv@gva.es](mailto:ervaicv@gva.es) ; [responde\\_icv@gva.es](mailto:responde_icv@gva.es)



## 2.2. Profundidad.

### 2.2.1. Sistema empleado.

Para la obtención de las profundidades se empleó una ecosonda hidrográfica M3 MULTHAZ propiedad de la multinacional noruega Kongsberg.

### 2.2.2. Calibraciones.

Se hace un perfil de velocidad dentro de la zona de trabajo. Se cala el SVP hasta una profundidad de 10 m. Se adjuntan en los anexos los perfiles de velocidad obtenidos.

Se realizan dos pasadas en sentidos opuestos sobre la misma zona plana a una misma velocidad y se calibra el roll y en una zona con inclinación realizando pasadas en diferentes sentidos podemos calibrar el pitch.

Todo esto tiene lugar tras la topografía del sistema multihaz, para lo que se ha ideado un sistema de anclaje a la embarcación lo suficientemente sólido para que no se mueva en navegación y a la vez fácilmente medible de cara a una correcta calibración. Y el resultado es plenamente satisfactorio, ya que se obtienen parámetros de corrección mínimos (inferiores al grado).

### 2.2.3. Nivel de la superficie. Mareas

El origen de altitudes es el N.M.M. Alicante; se ha aplicado la marea del mareógrafo de Sagunto corregida al N.M.M Alicante, que según reseña de Puertos del Estado hay que sumar 0,19m. La batimetría se hizo desde las 15:00 a las 22:00 del día 25 de abril:

hh:mm (UTC)	Nivel/Level (cm)	hh:mm (UTC)	Niv/Lev (cm)								
00:00	4	04:00	3	08:00	6	12:00	1	16:00	5	20:00	12
00:05	5	04:05	2	08:05	6	12:05	0	16:05	5	20:05	13
00:10	5	04:10	3	08:10	7	12:10	-1	16:10	5	20:10	12
00:15	4	04:15	4	08:15	6	12:15	0	16:15	5	20:15	12
00:20	3	04:20	4	08:20	4	12:20	0	16:20	6	20:20	13
00:25	4	04:25	4	08:25	4	12:25	0	16:25	5	20:25	13
00:30	4	04:30	3	08:30	4	12:30	0	16:30	4	20:30	12
00:35	3	04:35	1	08:35	3	12:35	1	16:35	4	20:35	12
00:40	3	04:40	1	08:40	2	12:40	1	16:40	4	20:40	12
00:45	3	04:45	1	08:45	3	12:45	2	16:45	5	20:45	12
00:50	3	04:50	2	08:50	4	12:50	2	16:50	5	20:50	12
00:55	0	04:55	0	08:55	3	12:55	2	16:55	5	20:55	12
01:00	0	05:00	1	09:00	3	13:00	1	17:00	6	21:00	12
01:05	2	05:05	2	09:05	5	13:05	1	17:05	5	21:05	11
01:10	5	05:10	5	09:10	6	13:10	3	17:10	6	21:10	11
01:15	5	05:15	2	09:15	5	13:15	4	17:15	6	21:15	12
01:20	2	05:20	2	09:20	4	13:20	3	17:20	6	21:20	13
01:25	2	05:25	4	09:25	3	13:25	1	17:25	5	21:25	13
01:30	3	05:30	7	09:30	5	13:30	1	17:30	5	21:30	13
01:35	4	05:35	6	09:35	6	13:35	2	17:35	7	21:35	13
01:40	4	05:40	5	09:40	5	13:40	2	17:40	8	21:40	14
01:45	4	05:45	5	09:45	5	13:45	1	17:45	7	21:45	13
01:50	4	05:50	8	09:50	5	13:50	0	17:50	6	21:50	12
01:55	3	05:55	6	09:55	4	13:55	0	17:55	6	21:55	11
02:00	4	06:00	5	10:00	3	14:00	0	18:00	8	22:00	11
02:05	4	06:05	4	10:05	3	14:05	0	18:05	7	22:05	11
02:10	5	06:10	7	10:10	4	14:10	1	18:10	6	22:10	11
02:15	5	06:15	6	10:15	4	14:15	1	18:15	6	22:15	11
02:20	4	06:20	5	10:20	3	14:20	1	18:20	7	22:20	10
02:25	2	06:25	4	10:25	2	14:25	0	18:25	7	22:25	10
02:30	2	06:30	5	10:30	2	14:30	-1	18:30	6	22:30	9
02:35	1	06:35	4	10:35	2	14:35	1	18:35	8	22:35	10
02:40	4	06:40	4	10:40	1	14:40	1	18:40	10	22:40	10
02:45	4	06:45	4	10:45	1	14:45	2	18:45	9	22:45	10
02:50	7	06:50	4	10:50	2	14:50	2	18:50	9	22:50	10
02:55	4	06:55	3	10:55	1	14:55	2	18:55	9	22:55	11
03:00	3	07:00	3	11:00	-2	15:00	1	19:00	10	23:00	11
03:05	1	07:05	3	11:05	-2	15:05	1	19:05	10	23:05	11

### 2.3. Desarrollo de la batimetría

Como se ha desarrollado anteriormente la instalación y botadura de la embarcación se realizó desde la rampa del puerto de Burriana.



*Botadura desde rampa*

Previamente se realiza un trabajo de apoyo topográfico en el muelle, en el que se ha realizado una nivelación del cantil, lámina de agua y fondo.

Se ha colocado bases de topografía al objeto de poder contrastar en futuras batimetrías o por terceros.

#### Listado de Bases

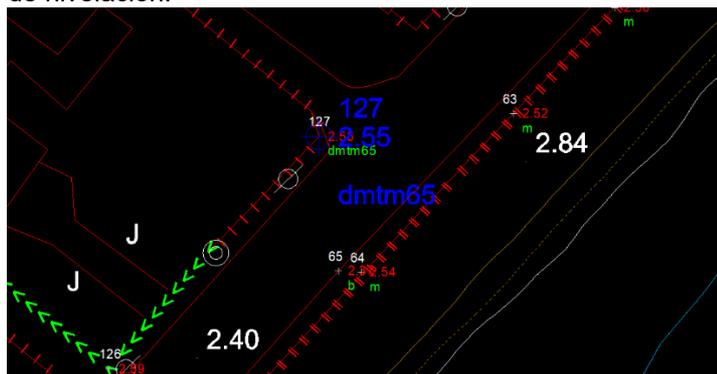
Nombre	Coord.X	Coord.Y	Coord.Z
dmtm1	750078.710	4416586.733	2.360
dmtm72	749948.217	4416604.549	3.310
dmtmt71	749889.083	4416571.420	2.580
dmtm54	749355.516	4416034.332	2.680
mdmtm62	749578.511	4416268.200	2.940
dmtm65	749697.868	4416400.321	2.550

Se ha realizado un contraste de la cartografía del proyecto aportada en formato dwg, con respecto al levantamiento topográfico efectuado por GPS diferencial Trimble R8S, con enlace NTRIP a la base ERVA de Burriana por lo que el error en la toma de datos es del orden de los 3cm.

Se ha actualizado la cartografía con los puntos del levantamiento topográfico y la batimetría realizada.

La cartografía base es a escala 1/2000, por lo que el error por escala es de 40cm xy y 66cm en Z, estando dentro de este orden los puntos las diferencias obtenidas y dando por bueno la cartografía teniendo en cuenta lo citado del error por escala.

Se ha corregido la traza de algunos bordillos y muros de vivienda para adecuarla a la medición, así como las cotas de nivelación.



*Imagen de parte de la cartografía corregida a los puntos del levantamiento*

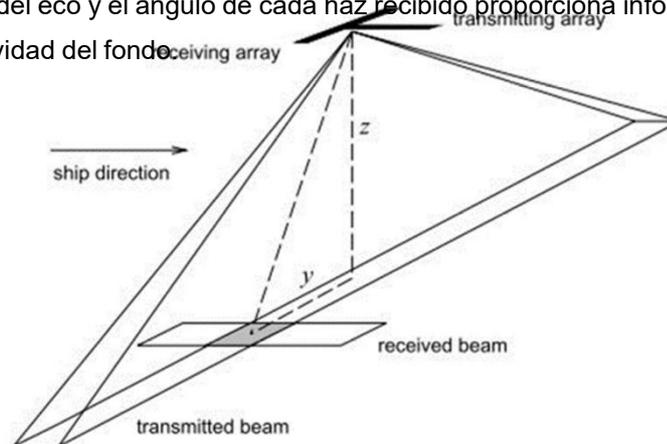
### 3. FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS

#### 3.1. Sonda Multihaz Beamformer

Las Sondas Multihaz son actualmente unas de las más importantes tecnologías para el conocimiento de las profundidades y la elaboración de cartas náuticas y obtención de imágenes del lecho marino y caracterización de su composición.

Esta tecnología se basa en la emisión de señales acústicas de banda estrecha pulsada hacia el fondo y en el posterior análisis de los ecos de esas señales para la medición del fondo marino y formación de imágenes. Las señales acústicas son generadas en el transductor a través de una matriz de elementos cerámicos y en forma de abanico estrecho en el sentido longitudinal y amplio en el transversal, los ecos se reciben en otra matriz receptora perpendicular a la transmisora, la intersección de para cada haz recibido determina la huella detectada.

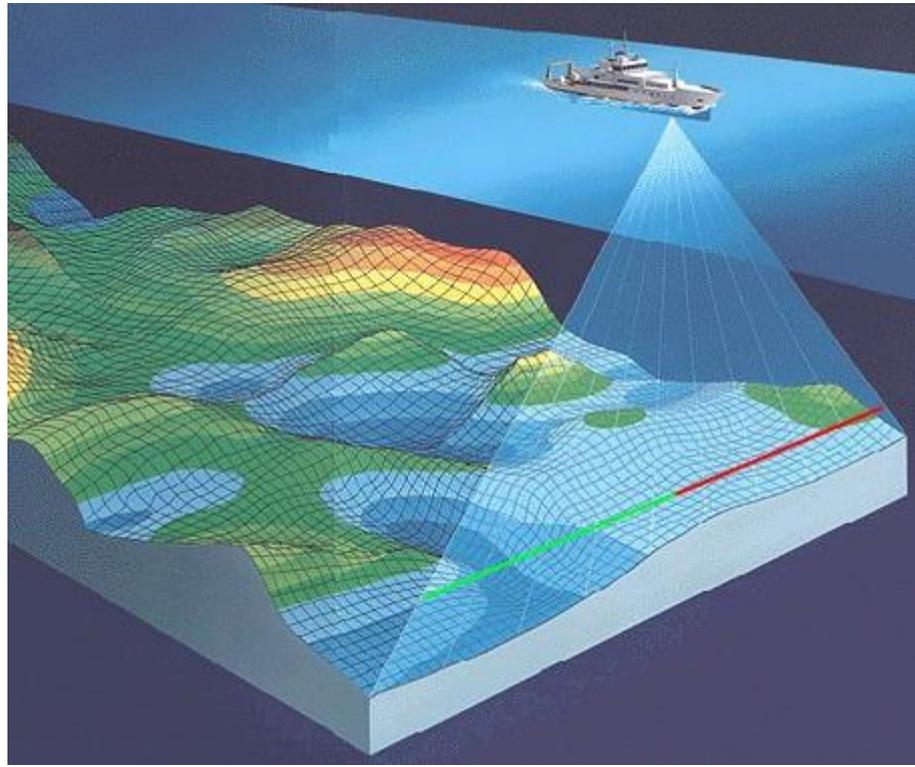
El tiempo de llegada del eco y el ángulo de cada haz recibido proporciona información de profundidad y absorción o reflectividad del fondo.



Electrónicamente las sondas de última generación permiten repartir los múltiples haces sónicos estrechos a lo largo del sector angular de barrido equiangularmente o equidistantemente.

Para determinar los ángulos de transmisión y recepción de cada haz, los sistemas hidrográficos multihaz requieren mediciones precisas de los movimientos relativos a los ejes cartesianos de referencia, los típicos valores medidos son la Alteada, el Balanceo, Cabeceo, Guiñada y Rumbo. (heave, pitch, roll, yaw, and heading)

Eso permite una cobertura muy amplia del fondo marino con multitud de puntos de sondaje por unidad de superficie, eso obliga en muchos casos a trabajar con herramientas estadísticas dado el enorme volumen de datos que se registran.



La sonda que se ha utilizado la M3 de Kongsber-Mesotech tiene un ángulo de apertura de 120° en el que reparte 256 haces con una apertura longitudinal de 3°. La frecuencia de pulsos es de 40Hz y el alcance máximo es de 150m, se adjuntan especificaciones completas en el anexo 1.



#### **4. MEDIOS TÉCNICOS Y HUMANOS.**

**Personal embarcado :**

Enrique Bardisa Yerón

**Personal en dique, nivelación de marea, toma de bases topográficas**

Melchor Aguilar Rodríguez

**Proceso de datos:**Enrique Bardisa Yerón  
Melchor Aguilar Rodríguez**\*Hypack-HySweep, Quinsy**

Enrique Bardisa

**\*Leica Cyclone Survey, Model, Cloudworx**

Melchor Aguilar Rodríguez

**\*MDT 8.0 profesional+topografía ZWCAD2.018**

Melchor Aguilar Rodríguez

**EQUIPOS EMPLEADOS:**

- Ecosonda multihaz beamformer M3 Kongsberg-Mesotech
- Compensador de Cabeceo, balanceo, guiñada y oleaje Kongsberg Simrad MRU-H
- Ordenador con software Hypack-HySweep 2016
- GPS RTK Trimble SPS 751 - 550H (Heading)
- SV&P AML: perfilador de velocidades del sonido en el agua
- Embarcación Rigiflex
- Equipo base y movil Trimble R8S y Trimble Access.

	<b>Informe Batimetría:</b>  Municipio de Burriana (Castellón)	<b>Código:</b> 3588  <b>Rev.:</b> 00 <b>Página:</b> 13 de 14 <b>Fecha:</b> 25/04/2020
---	---	---

## 5. RESULTADOS

Los resultados entregados han sido una cartografía de 177 has desde la cota -1 a la -10, en el sistema de coordenadas UTM ETRS89 H30 EGM08 RED NAP con curvas de nivel cada 50cm y cuadrícula de nivelación cada 5x5m, siendo el número de puntos tomados para el MDT de 68.000 aprox.

El nivel de referencia altimétrico es el nivel medio del mar en Alicante que difiere en 19cm del mareógrafo de Sagunto.

Se realiza un levantamiento parcial de la franja de dominio marítimo terrestre, con toma de bordillos y muro; se ha realizado el contraste con la cartografía 1/2000 del proyecto, modificando algunas alineaciones, cotas de nivel con los puntos del levantamiento.

Las diferencias de dicha cartografía asociada son de +-50cm en Z y 30 cm XY.

La cartografía aportada estaba en el anterior DATUM ED50 y se ha transformado al ETRS89 válido en la actualidad con el módulo topografía de MDT V8 profesional.

## 6. SOFTWARE DE PROCESO

El Software de registro utilizado ha sido el HyPack-HySweep y el filtrado de ruidos y datos se realiza también con el mismo software.

La edición cartográfica se realiza con Leica Cyclone y MDT 8.0 para la entrega final en dwg de curvado y cuadrícula de cotas.

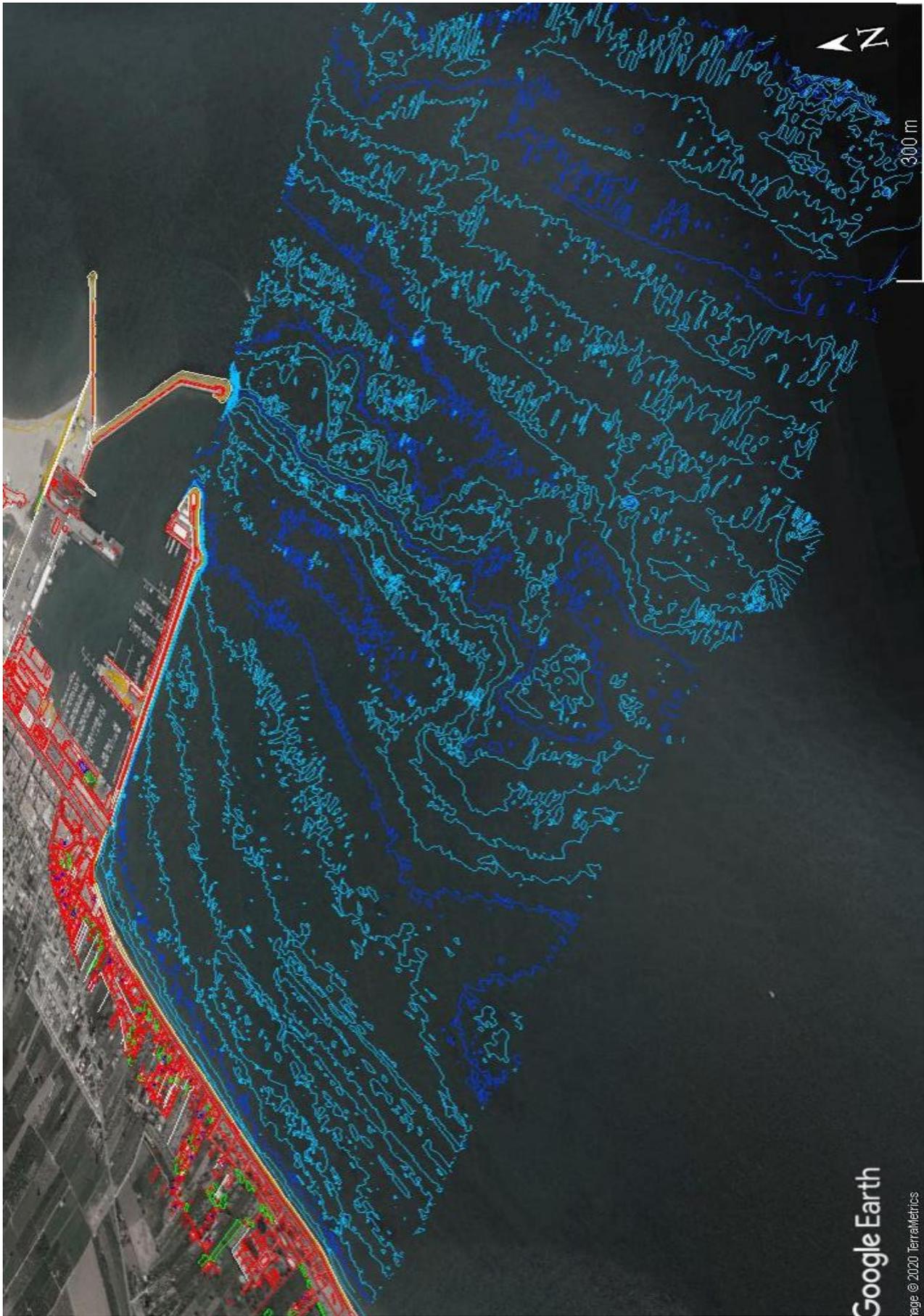
## 7. OBSERVACIONES DEL TRABAJO:

1º Calibración RTK: Los datos del mareógrafo de Puertos del Estado, con datos cada 5 minutos del nivel del mar y se ajusta con los movimientos de la antena montada sobre la embarcación obteniéndose una onda de marea en el tiempo de duración de la batimetría.

2º Ajuste del perfil de velocidad del sonido: se utiliza un perfilador debidamente calibrado y se obtienen varios perfiles en descenso y ascenso, se toma una solución de compromiso, en una zona intermedia de profundidad suficiente (hasta 13 metros de profundidad). Se comprueba con la calibración de HyPack que no se observan variaciones en los haces externos, indicador de un buen ajuste de velocidad del sonido.

3º Ajuste del montaje: mediante el software HyPack, se realizan una serie de pasadas sobre una misma zona, en sentidos opuestos, y a diferentes velocidades para levantar en cada pasada una superficie y superponerlas, viendo así las diferencias. Mediante un sistema estadístico, el software calcula el roll y pitch ideal para "casar" las distintas superficies que se obtienen en las distintas pasadas. Si estos valores son altos, no sería una medida fiable, por ello se ajustan los equipos para obtener finalmente unos valores más que aceptables de balanceo y de cabeceo (Roll y Pitch)). Para todo esto es necesario contar con equipos de altas prestaciones, como es un sensor de rumbo y compensador de oleaje de precisión 0,1º, así como equipos en medida centimétrica y correcciones diferenciales desde una base local (lo más cerca posible de la zona de obra). También se utilizan sistemas de correcciones NTRIP via internet, la batimetría se hace en modo Rtk.

## 8. PLANOS



Los planos en dwg se adjuntan como archivo al presente pdf.

## **9. ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS**

February 2006

Trimble Distributor Confidential

## Trimble SPS750 Modular GPS Receiver

**Flexible modular receiver for permanent base station, supervisor's systems and rover operations**

### General Description

The Trimble® SPS750 Modular GPS Receiver sets new standards for rapid setup and flexible operation in both base station and rover applications.

Modularity provides the ability to choose the appropriate Global Positioning System (GPS) antenna for the application, Zephyr Geodetic Model 2 at the base station and the Zephyr Model 2 for the mobile units. The GPS and Radio antennas can be mounted high in permanent and semi-permanent base station applications so that they are clear from obstructions and provide maximum radio coverage, while the receiver and radio are locked in a secure environment safe from theft and the weather. The choice of radio antennas allows them to be either attached to the receiver itself for mobile base station and rover applications, or equipped with high gain or directional antenna for maximum range on large job sites.



### Standard System Features

- Integrated GPS receiver and radio
- 450 or 900 MHz with Transmit/Receive capability (Max); 450 or 900 MHz radio option with Transmit or Receive (Basic) capability
- 24-channel L1/L2 GPS receiver
- OmniSTAR XP and HP service capable
- WAAS, EGNOS & MSAS Satellite Based Augmentation Systems (SBAS) compatible
- Tough housing
- IP67 environmental rating

Trimble Construction Division, 5475 Kellenburger Road, Dayton, OH 45424, USA

© 2006, Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Trimble and the Globe & Triangle logo are trademarks of Trimble Navigation Limited, registered in the United States Patent and Trademark Office and in other countries. All other trademarks are the property of their respective owners. PN022482-475 (02/06)



- -40 °C to +65 °C (-40 °F to +149 °F) operating temperature range
- 9V to 30V DC input power range with over-voltage protection
- Long life integrated battery provides >12 hours operation as a base station with internal Transmit/Receive radio, and >16 hours as a rover.
- Integrated display and keypad for system configuration without a controller
- Integrated Bluetooth® for cable-free configuration and operation with a controller
- Choice of external GPS antenna for base station or rover operation
- Rubber duck antenna for rover operations, or external radio antenna for a high gain solution in base station operations
- Small, lightweight design – 1.65 kg (3.64 lbs) (receiver only with battery) 4 kg (8.82 lbs) complete system weight (Rover including controller and rod)
- Permanent or semi-permanent base station, or mobile base station versatility
- ATV, belt, rod, supervisor's vehicle or marine vessel mounting options for rover applications
- Capable of all site measurement and stakeout operations within 1.5 miles (2.4km) (Basic), >3.0 miles (5km) (Max)
- Easy to use menu system for rapid configuration and status checking
- Autobase for rapid and automated repeated daily base station setups
- Supports IP so it can be configured and checked remotely over the Internet via an Ethernet port
- One base station receiver can broadcast corrections via multiple radio links. For example, broadcast corrections via an internal 450 MHz radio, as well as an external 900 MHz radio from the same base station receiver (Max)

### **SPS750 Basic Receiver Features**

- Base station only or Rover only operation

#### Base Station

- Entry-level, low-cost base station
- Provides unrestricted operational range for rovers and grade control systems
- Integrated transmit only radio

#### Rover

- Entry-level, low-cost rover receiver
- 2 Hz measurement update rate
- 1.5 mile (2.4 km) operational range from the base station

- Integrated receive-only radio
  - Ideal for contractors new to GPS as a starter system or operating multiple small projects
- Upgradeable to Max capability

**SPS750 Max Receiver Features**

- Base station and rover operation in a single receiver
- Integrated receive/transmit radio
- 5/10 Hz measurement update rate
- Unrestricted rover operational range
- Operates within a VRS network for base station-free rover capability
- Rover operates with OmniSTAR HP or XP services for base station free rover capability with <30cm (1 foot) accuracy
- Supports moving base

**Specifications**

General Characteristics	Specifications
Keyboard and display	VFD display 16 characters by 2 rows On / Off key for one button start up with Autobase Escape and Enter key for menu navigation 4 arrow keys (up, down, left, right) for option scrolls and data entry
Receiver type	Modular GPS receiver
Antenna type Base Station Rover OmniSTAR Rover	Zephyr Geodetic Model 2 Zephyr Model 2 Z+ Antenna  Also supports legacy antennas Zephyr, Zephyr Geodetic, Micro-centered, Choke ring, Rugged micro-centered for GPS L1/L2 operation only.

Physical characteristics	Specifications
Dimensions (L x W x H)	24cm (9.4 in) x 12cm (4.7 in) x 5cm (1.9 in) including connectors
Weight	1.65 kg (3.64 lbs) receiver with internal battery and radio 1.55 kg (3.42 lbs) receiver with internal battery and no radio
Temperature <sup>4</sup> Operating Storage	-40 °C to +65 °C (-40 °F to +149 °F) -40 °C to +80 °C (-40 °F to +176 °F)
Humidity	100%, condensing
Waterproof	IP67 for submersion to depth of 1 m (3.28 ft)
Shock and vibration Shock - non operating  Shock – operating Vibration	Tested and meets the following environmental standards: Designed to survive a 2m (6.6 ft) pole drop onto concrete MIL-STD-810F, Fig.514.5C-17 To 40 G, 10 msec, saw-tooth MIL-STD-810F, FIG.514.5C-17
Measurements	Advanced Trimble Maxwell 5 Custom GPS chip High-precision multiple correlator for L1 and L2 pseudo-range measurements Unfiltered, unsmoothed pseudo-range measurements data for low noise, low multi-path error, low time domain correlation and high dynamic response Very low noise L1 and L2 carrier phase measurements with <1mm precision in a 1 Hz bandwidth L1 and L2 Signal-to-Noise ratios reported in dB-Hz Proven Trimble low elevation tracking technology 24 Channels L1 C/A Code L1/L2 Full Cycle Carrier WAAS / EGNOS / MSAS
Code differential GPS positioning <sup>1</sup> Horizontal accuracy Vertical accuracy  WAAS / EGNOS / MSAS Horizontal accuracy Vertical accuracy	$\pm(0.25 \text{ m} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}, \pm(9.84 \text{ in} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$ $\pm(0.50 \text{ m} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}, \pm(19.68 \text{ in} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$  Typically <1 m (3.28 ft) Typically <5 m (16.40 ft)
OmniSTAR Positioning XP Service Accuracy HP Service Accuracy	Horizontal 20 cm (7.87 in), Vertical 30 cm (11.80 in) Horizontal 10 cm (3.93 in), Vertical 15 cm (5.90 in)
Real Time Kinematic (RTK) positioning <sup>1</sup> Horizontal Vertical  Initialization time Regular RTK operation with base station	$\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}, \pm(0.38 \text{ in} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$ $\pm(20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}, \pm(0.78 \text{ in} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$  Single/Multi-base minimum 10 sec + 0.5 times baseline length in km, <30 km

Physical characteristics	Specifications
RTK operation with Scalable GPS infrastructure	<30 seconds typical anywhere within coverage area (Max option only)
Initialization reliability <sup>3</sup>	Typically >99.9%

Electrical characteristics	Specifications
Power	
Internal	Integrated internal battery 7.4V, 7800 mA-hr, Li-Ion Internal battery operates as a UPS in the event of external power source outage Internal battery will charge from external power source when input voltage is >15V Integrated charging circuitry
External	Power input on 7 pin 0 shell Lemo is optimized for lead acid batteries with a cut off threshold of 10.5V Power input on the 26 pin DSub connector is optimized for Trimble Li-Ion battery input (PN 49400) with a cut off threshold of 9V Power source (Internal / External) is hot swap capable in the event of power source removal or cut off. 9V to 30V DC external power input with over-voltage protection Receiver will Auto Power On when connected to external power
Power consumption	6.3w, in RTK rover mode with internal receive radio 8.5w, in RTK Base mode with internal transmit radio
Rover operation times on internal battery	
450 MHz 2.0W systems	16 hrs; varies with temperature
900 MHz 1.0W systems	16 hrs; varies with temperature
Base station operation times on internal battery	
External radio	16 hrs; varies with temperature
450 MHz 0.5W systems*	12 hrs; varies with temperature
900 MHz 1.0W systems	12 hrs; varies with temperature
*Users who purchase the 2.0w upgrade will experience battery degradation compared to the results listed here for a .5w solution.	
Certification	Class B Part 15, 22, 24 FCC certification Canadian FCC CE mark approval C-tick approval UN ST/SG/AC.10.11/Rev. 3, Amend. 1 (Li-Ion Battery) UN ST/SG/AC. 10/27/Add. 2 (Li-Ion Battery) UN T1 – T8 (Li-Ion Battery)

Electrical characteristics	Specifications
	49 CFR Sections 100-185 (Li-Ion Battery) WEEE

Communications Characteristics	Specifications
Communications Port 1 (7-pin 0S Lemo) Port 2 (DSub 26-pin)  Bluetooth	3-wire RS-232 CAN Full RS-232 (Via multi-port adapter) 3-wire RS-232 USB (On the Go) (Via multi-port adapter) Ethernet (Via multi-port adapter) (Max only) Fully integrated, fully sealed 2.4 GHz Bluetooth <sup>5</sup>
Integrated Radios  Channel spacing (450MHz)  Frequency approvals (900MHz)  450MHz Transmitter radio power output 900MHz Transmitter radio power output	Fully integrated, fully sealed internal 450 MHz, TX, RX or TXRX <sup>6</sup> Fully integrated, fully sealed internal 900 MHz, TX, RX or TXRX <sup>6</sup>  12.5 or 25KHz spacing available Dealer configurable, TX, TX/RX End User Configurable Rx Only  USA (-10), Australia (-20), New Zealand (-30)  0.5w / 2.0w (2.0w upgrade only available in select countries) 1.0w (30 dBm)
Receiver position update rate SPS750 Basic SPS750 Max	1 and 2 Hz positioning 1, 2, 5 and 10 Hz positioning
Data Input and Output	CMR+, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0
Outputs	NMEA, GSOF and RT17 (RT17 Max)
Carrier	Supports BINEX and smoothed carrier (Max)

Receiver Options	Specifications
Internal Data Logging Option	Provides approx 2 MB of internal memory for static data measurements

450 MHz integrated radio capabilities	Base Station Receiver	Rover Receiver
SPS750 Basic	Transmit only	Receive only
SPS750 Max	Transmit / Receive	Transmit / Receive

900 MHz integrated radio capabilities	Base Station Receiver	Rover Receiver
SPS750 Basic	Transmit only	Receive only
SPS750 Max	Transmit / Receive	Transmit / Receive

### Base/Rover operations capability

Receiver	Specifications
SPS750 Basic	Base only or Rover only
SPS750 Max	Base and Rover

### Measured vector baseline length (Rover operational range from base station)

Receiver	Specifications
SPS750 Basic	1.5 miles (2.4 km)
SPS750 Max	Unrestricted (limited to radio or cellular coverage only). Typically 1.8 – 3 miles (3-5 km) without repeater radio.

### Rover operation within a VRS network using cellular phone dial up

Receiver	Specifications
SPS750 Basic	Disabled
SPS750 Max	Enabled

1. Accuracy and reliability may be subject to anomalies such as multipath, obstructions, satellite geometry and atmospheric conditions. Always follow recommended practices
2. Depends on WAAS / EGNOS / MSAS system performance
3. May be affected by atmospheric conditions, signal multipath and satellite geometry. Initialization reliability is continuously monitored to ensure highest quality
4. Receiver will operate normally to -40°C. Bluetooth module and internal batteries are rated to -20°C
5. Bluetooth type approvals are country-specific. Contact your local Trimble office or representative for more information
6. RX or TX only option only on Basic, TXRX option on Max receiver

*Specifications are subject to change without notice.*

February 2006

Trimble Distributor Confidential

## Trimble SPS550 Location GPS Receiver and Trimble SPS550H Heading Add-On Receiver

**Flexible modular receivers for decimeter and sub meter positioning applications in construction and marine environments**

The Trimble® SPS550 Modular GPS Receiver provides a range of “Location GPS” positioning techniques ideal for system integrators, OEMs and land and marine contractors requiring real time position and or heading information. The Trimble SPS550 Receiver can be combined with both the Trimble SCS900 Site Controller Software for land based rover applications, and with HYDROpro™ for marine positioning solutions.



Location GPS is a term that covers decimeter to sub meter GPS positioning techniques including Satellite Based Augmentation Systems (SBAS e.g. WAAS, EGNOS, etc.), DGPS (reference station and rover operations), OmniSTAR XP and HP services, and RTK Float (decimeter level RTK positioning). In addition it includes moving baseline operations to determine both position and heading of a moving vessel providing the ability to rapidly position objects such as piling rigs, marine dredgers or bridge sections in real time.

The Trimble SPS550 Receiver is capable of operating in all Location GPS modes, and when combined with the Trimble SPS550H Heading Add-on Receiver, it delivers both Location GPS plus heading capability.

The receiver modularity provides the flexibility to mount the receiver and GPS antenna in a variety of ways, allowing for operation on a pole, backpack, site vehicle, light machinery or marine vessel. The receiver can be mounted in an accessible location where it is easy to configure and is secure from theft and the weather, while the antennas can be mounted in a location that provides clear line of sight to the sky which is free from multi-path.

Trimble Construction Division, 5475 Kellenburger Road, Dayton, OH 45424, USA

© 2006, Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Trimble and the Globe & Triangle logo are trademarks of Trimble Navigation Limited, registered in the United States Patent and Trademark Office and in other countries. All other trademarks are the property of their respective owners.



The receiver has been designed for ease of use, ruggedness to withstand the environment it is used in, and connectivity in mind. The user can configure the receiver and check its status with the front panel display and keyboard without the need for any external computer. The Trimble SPS550 Receiver also supports Bluetooth® wireless connectivity for cable-free operation, Internet Protocol (IP) over an Ethernet connection via a web browser, Serial and CAN communications. The Trimble SPS550 Receiver also utilizes industry standard protocols for positioning data communication, making it easy to integrate into any 3D positioning software system.

For DGPS and RTK Float operations, the receiver can be used with external radio modems, or be equipped with UHF or 900MHz internal radio modules capable of both Transmit and Receive operations.

RTK Float operations can be accomplished using any available RTK base station or VRS (Virtual Reference Station) corrections.

## Standard System Features

- Location GPS capability – decimeter to sub-meter positioning
  - Satellite Based Augmentation System (SBAS) compatible (WAAS, EGNOS & MSAS)
  - DGPS reference station or rover operation
  - OmniSTAR XP/HP service
  - RTK Float using RTK corrections by radio link or VRS via cell phone
- 24-channel L1/L2 GPS receiver - Single frequency GPS for SBAS and DGPS positioning solutions and dual frequency GPS for OmniSTAR XP/HP, heading and RTK Float solutions
- Long life integrated battery - Provides >12 hrs operation as a base station with internal Transmit/Receive radio, and >16 hrs as a rover.
- Integrated display and keypad for fast system configuration and status checking-without the need for a controller
- Integrated Bluetooth for cable-free configuration and operation with a computer
- Supports IP so that it can be configured and checked remotely over the Internet via an Ethernet port and web browser
- Rubber duck antenna for rover operations, or external radio antenna for a high gain solution in base station operations
- Small, lightweight design – 1.65 kg (3.64 lbs) (receiver only with battery)
- Permanent, semi permanent and mobile quick setup DGPS base station capability

- One base station receiver can broadcast corrections via multiple radio links. For example broadcast corrections via an internal 450 MHz radio, as well as an external 900 MHz radio from the same base station receiver.
- Up to 10 Hz measurement update rate
- Tough aluminum housing
- IP67 environmental rating, withstands submersion in water up to 1m deep.
- -40° C to +65° C (-40° F to +149° F) operating temperature range
- 9V to 30V DC input power range with over-voltage protection

#### SPS550 Receiver option features

- Internal 450 MHz (3 frequency bands) radio with Transmit and Receive capability (SPS550 only)
- Internal 900 MHz radio with Transmit and Receive capability (SPS550 only)

#### SPS550H Heading Add-On Standard Receiver features

- Low-cost heading add-on receiver for the Trimble SPS550, SPS750 or SPS850 Receiver
- Connection to master GPS receiver via Bluetooth or serial port
- 10 Hz heading update rate in NMEA 0183 and Trimble binary formats
- Configuration and heading display on 2 line display
- Bluetooth for cable free connection to computer
- Includes Z Plus rover GPS antenna, mounting bracket and short interconnecting cable
- Ideal for projects that require precise heading determined for vessel or structure

### Specifications

General Characteristics	Specifications
Keyboard and display	VFD display 16 characters by 2 rows On / Off key for one button start up Escape and Enter key for menu navigation 4 arrow keys (up, down, left, right) for option scrolls and data entry
Receiver type	Modular GPS receiver
Antenna type (SPS550)	User selectable: Z Plus Antenna or Zephyr Geodetic Model 2

General Characteristics	Specifications
	<p>Also supports Legacy Trimble antennas:            Single frequency antenna for DGPS use            Dual frequency antenna such as Zephyr, Zephyr Geodetic, Micro Centered for heading applications.            For OmniSTAR functionality the Z Plus antenna is recommended            For DGPS base station functionality the Zephyr Geodetic Model 2 antenna is recommended</p>
Antenna Type (SPS550H)	Z Plus antenna included in kit

Physical characteristics	Specifications
Dimensions (LxWxD)	24cm (9.4 in) x 12cm (4.7 in) x 5cm (1.9 in) including connectors
Weight	1.65 kg (3.64 lbs) receiver with internal battery and radio 1.55 kg (3.42 lbs) receiver with internal battery and no radio
Temperature <sup>1</sup> Operating Storage	-40° C to +65° C (-40° F to +149° F) -40° C to +80° C (-40° F to +176° F)
Humidity	100%, condensing
Waterproof	IP67 for submersion to depth of 1 m (3 ft)
Shock and vibration Shock - non operating Shock – operating Vibration	Tested and meets the following environmental standards: Designed to survive a 2m (6.6 ft) pole drop onto concrete MIL-STD-810F, Fig.514.5C-17 To 40 G, 10 msec, saw-tooth MIL-STD-810F, FIG.514.5C-17

Performance characteristics	Specifications
Measurements	<p>Advanced Trimble Maxwell 5 Custom GPS chip</p> <p>High-precision multiple correlator for L1 and L2 pseudo-range measurements</p> <p>Unfiltered, unsmoothed pseudo-range measurements data for low noise, low multi-path error, low time domain correlation and high dynamic response</p> <p>Very low noise L1 and L2 carrier phase measurements with &lt;1mm precision in a 1 Hz bandwidth</p> <p>L1 and L2 Signal-to-Noise ratios reported in dB-Hz</p> <p>Proven Trimble low elevation tracking technology</p> <p>24 Channels L1 C/A Code</p> <p>L1/L2 Full Cycle Carrier</p> <p>EVEREST multipath signal mitigation</p> <p>SBAS – WAAS, EGNOS etc</p>
Code differential GPS positioning <sup>2</sup>	
Horizontal accuracy	±(0.25 m + 1 ppm) RMS, ± (10 in + 1 ppm) RMS
Vertical accuracy	±(0.50 m + 1 ppm) RMS, ± (20 in + 1 ppm) RMS
WAAS / EGNOS / MSAS <sup>3</sup>	
Horizontal accuracy	Typically <1 m (3.3 ft)
Vertical accuracy	Typically <5 m (16 ft)
OmniSTAR Positioning	
XP Service Accuracy	Horizontal 20 cm (8 in), Vertical 30 cm (12 in)
HP Service Accuracy	Horizontal 10 cm (3.9 in), Vertical 15 cm (5.9 in)
Heading accuracy with additional SPS550, SPS550H, SPS750 Max or SPS850 Extreme	<p>0.03° RMS (10m antenna separation)</p> <p>Does not require shore based corrections for heading solution</p>

Electrical characteristics	Specifications
Power	
Internal	<p>Integrated internal battery 7.4V, 7800 mA-hr, Li-Ion</p> <p>Internal battery operates as a UPS in the event of external power source outage</p> <p>Internal battery will charge from external power source when input voltage is &gt;15V</p> <p>Integrated charging circuitry</p>
External	<p>Power input on Lemo connector is optimized for lead acid batteries with a cut off threshold of 10.5V</p> <p>Power input on the 26 pin connector is optimized for Trimble Li Ion battery input (PN 49400) with a cut off threshold of 9V</p> <p>Power source supply (Internal / External) is hot swap capable in the event of power source removal or cut off.</p> <p>9V to 30V DC external power input with over-voltage protection</p>

Electrical characteristics	Specifications
	Receiver will Auto Power On when connected to external power
Power consumption	6.3W, in rover mode with internal receive radio 8.5W, in base mode with internal transmit radio
Base station operation times on internal battery External radio 450 MHz 0.5W systems*  *Users who purchase the 2.0w upgrade will experience battery degradation compared to the results listed here for a 0.5W solution.	16 hrs; varies with temperature 12 hrs; varies with temperature
Rover operation, with internal radio, time on internal battery	16 hrs; varies with temperature
Certification	Class B Part 15, 22, 24 FCC certification Canadian FCC CE mark approval C-tick approval UN ST/SG/AC.10.11/Rev. 3, Amend. 1 (Li-Ion Battery) UN ST/SG/AC. 10/27/Add. 2 (Li-Ion Battery) UN T1 – T8 (Li-Ion Battery) 49 CFR Sections 100-185 (Li-Ion Battery) WEEE

Communications Characteristics	Specifications
Communications Port 1 (7-pin 0S Lemo) Port 2 (DSub 26-pin)	3-wire RS-232 CAN Full RS-232 (Via multi-port adapter) 3-wire RS-232 CAN USB (On the Go) (Via multi-port adapter) Ethernet (Via multi-port adapter)
Bluetooth	Fully integrated, fully sealed 2.4 GHz Bluetooth <sup>4</sup>
Integrated Radios	Fully integrated, fully sealed internal 450 MHz, TX, RX or TXRX Fully integrated, fully sealed internal 900 MHz, RX
Channel spacing (450MHz)	12.5 or 25KHz spacing available Dealer Changeable with TX, TX/RX End user settable with RX only

Communications Characteristics	Specifications
Frequency approvals (900MHz)	USA (-10), Australia (-20), New Zealand (-30)
450MHz Transmitter radio power output	0.5W / 2.0W (2.0W upgrade only available in select countries)
Receiver position update rate	2Hz, 5Hz and 10 Hz positioning
Data Input and Output	CMR+, RTCM versions 2.0, 2.1, 2.3, 3.0
Outputs	RTCM 2, NMEA, GSOE

### Receiver operations capability

Receiver	Specifications
SPS550	SBAS, OmniSTAR XP/HP, DGPS Base or Rover, Heading Base, Heading Rover, RTK Float
SPS550H	Heading Add-on only (Heading Rover)

1. Receiver will operate normally to -40°C. Bluetooth module and internal batteries are rated to -20°C
2. Accuracy and reliability may be subject to anomalies such as multipath, obstructions, satellite geometry and atmospheric conditions. Always follow recommended practices
3. Depends on SBAS system performance
4. Bluetooth type approvals are country-specific. Contact your local Trimble office or representative for more information

*Specifications are subject to change without notice*

## Shallow Water Profiler: Base•X<sub>2</sub>

- Features embedded WiFi connectivity and GPS geo-referencing. Data is automatically downloaded and processed into desired manufacturer formats, saving valuable time for the operator.
- Converts from an SVP to a CTD profiler with the switch of a single sensor head
- Is available rated to 100 m and 500 m

## Deep Water Profiler: Minos•X

- Known for its rugged performance and ease of use
- Is the smallest combined CTD/SVP on the market
- Rated to 1000 m in acetal, 6000 m in titanium



Minos•X

Base•X<sub>2</sub>

Name & Product Code	No. of Ports	Size (dia. x length, mm)	Communications	Input Voltage (v)	Materials	Max. Depth (m)	Weight in Air (kg)	Weight in Water (kg)
<b>BASE•X<sub>2</sub></b> PDC-BSX2-P1S1-01	2	69 x 390	WiFi, RS-232, RS-485	9-28	Acetal	100	1.17	0.49
<b>BASE•X<sub>2</sub></b> PDC-BSX2-P1S1-05						500		
<b>MINOS•X</b> PDC-MNX-P1S2-10 PDC-MNX-P2S1-10	3	76 x 597	RS-232, RS-485, <sup>1</sup> WiFi	8-26	Acetal	1000	2.23	0.73
<b>MINOS•X</b> PDC-MNX-P1S2-60 PDC-MNX-P2S1-60	3				Titanium	6000		

<sup>1</sup> With Data•Xchange

Name & Product Code	Max. Depth (m)	Range	Precision (+/-)	Accuracy (+/-)	Resolution	Response Time
<b>SV•Xchange™</b> XCH-SV-STD	6000	1375-1625 m/s	0.006 m/s	0.025 m/s	0.001 m/s	20 ms
<b>P•Xchange™</b> XCH-PRS-0050 to XCH-PRS-6000	As per range	50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 4000, 5000, 6000 dBar	0.03% FS	0.05% FS	0.02% FS	10 ms
<b>CT•Xchange™</b> XCH-CT-RA-090-n545	6000	CND: 0-90 mS/cm <sup>1</sup> TMP: -5-45 °C <sup>2</sup>	CND: 0.003 mS/cm TMP: 0.003 °C	CND: 0.01 mS/cm TMP: 0.005 °C	CND: 0.001 mS/cm TMP: 0.001 °C	CND: 25 ms <sup>3</sup> TMP: 100 ms

<sup>1</sup> Will over-range to 100 mS/cm. Inquire for specifications.

<sup>2</sup> Will over-range to 60 °C. Inquire for specifications.

<sup>3</sup> At 1 m/s flow



Available with WiFi and GPS

Base•X<sub>2</sub>: embedded

Minos•X: with Data•Xchange

Plus•X: with Data•Xchange

WiFi Range: >20m

GPS Accuracy: <5m

Speed: up to 300 kB/s

Maximum Depth: 1000m

## Real-Time Sound Velocity: Micro•X

- Designed primarily for MBES, hull mounted applications, and vehicle integration
- Pairs with Base•X<sub>2</sub> or Minos•X to provide a total SV package
- Cables compatible with all major multibeam systems available; custom configurations available on request

Name & Product Code	Size, mm (dia. x length)	Communications	Input Voltage (v)	Materials	Max Depth (m)	Weight in Air (kg)	Weight in Water (kg)
MICRO•X PDC-MIX-P1S0-60	33 x 240	RS-232, RS-485	8-26	Titanium	6000	0.39	0.25

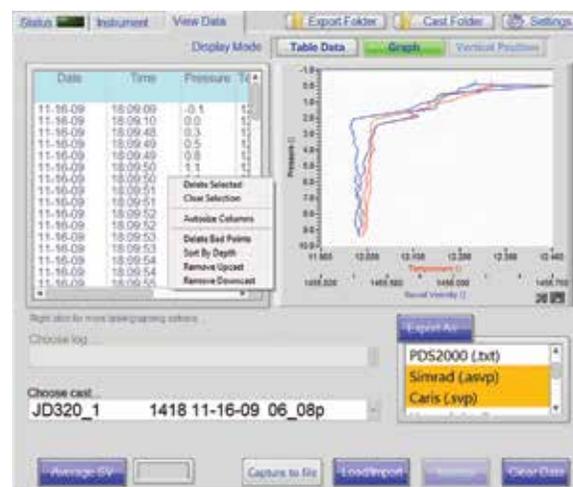
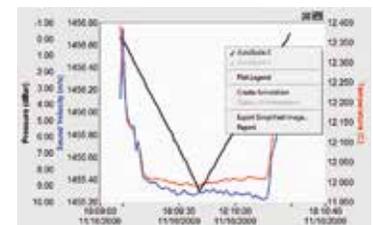
Name & Product Code	Max. Depth (m)	Range	Precision (+/-)	Accuracy (+/-)	Resolution	Response Time
SV•Xchange™ XCH-SV-STD	6000	1375-1625 m/s	0.006 m/s	0.025 m/s	0.001 m/s	20 ms



## Software: SeaCast

SeaCast provides an intuitive interface with X•Series instrumentation, offering easy instrument setup, data collection and management, and exporting tools.

- Automated connection and workflow via wireless or cable
- Instrument and sensor details displayed
- Calibration certificates printed on demand
- Automatic or manual data filtering
- Offline access to existing casts for post-processing
- Show live data on multiple graphs concurrently
- Graph editing and annotation for export
- Automated data export functionality
- Simultaneous export to multiple data formats, including:
  - Hypack
  - Quinsy
  - Kongsberg
  - Sonardyne
  - PDS 2000
  - CARIS
  - CARIS (concatenated)
  - HIPAP
  - CSV
  - Custom



T: +1-250-656-0771 E: sales@AMLOceanographic.com

T: +1-800-663-8721 (NA) W: www.AMLOceanographic.com

F: +1-250-655-3655

2071 Malaview Avenue Sidney, British Columbia Canada, V8L 5X6  
800A Unit 6C Windmill Road Dartmouth, Nova Scotia Canada, B3B 1L1



## Seatex MRU H

### The Versatile Heave Compensator

An ideal sensor for heave compensation of echo sounders and sonars that provides output of heave, roll and pitch measurements. By combining angular rate sensors with linear accelerometers, the MRU H achieves high accuracy heave measurements in small vessels even during extreme sea conditions. With a variety of digital and analog output signals available, interfacing the unit to various systems is easy. No expensive additional equipment is needed to operate the system.

#### Typical applications

The MRU H can also be used to monitor ship motions. Applications such as motion sensing on high speed vessels, voyage recording, helideck motion monitoring, as well as use with offshore crane and winch motion compensation, are ideal for the MRU H.

#### Function

The MRU H is specially designed for motion measurements in marine applications requiring highly accurate heave measurement in environments with extreme horizontal accelerations. The unit incorporates an orthogonal array of solid-state sensors to measure linear accelerations and angular rates. The MRU H provides complete signal processing electronics and power supply. The MRU H achieves high reliability by using sensors with no rotational or mechanical wear-out parts. The unit accepts external input of speed and heading information for improved accuracy in heave, roll and pitch during turns and acceleration.

#### Output variables

The MRU H outputs relative (dynamic) heave, position, velocity and acceleration in adjustable frames and, in addition, roll, pitch and yaw angles. Status of the MRU H is also available.



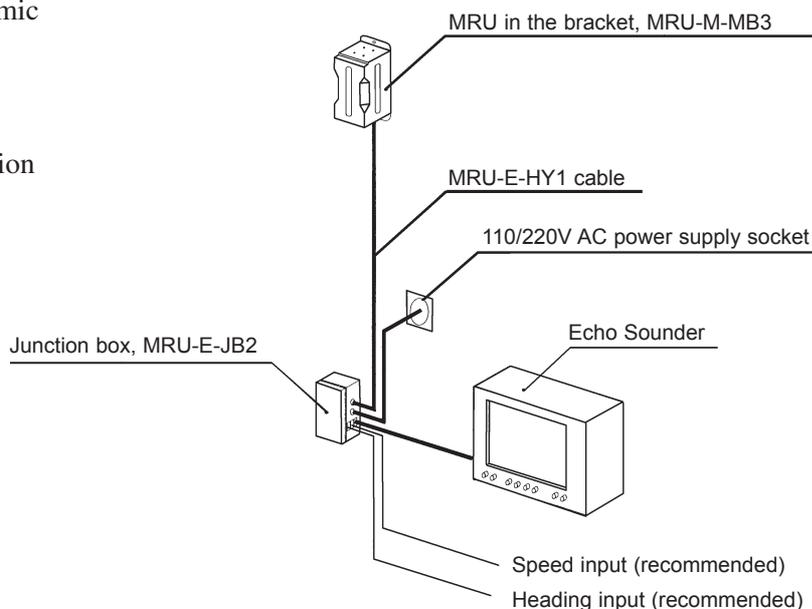
Now delivered with  
Calibration Certificate

#### Digital I/O protocols

For two-way communication with the unit, a proprietary binary serial protocol is used. Output variables are transmitted as IEEE 32 bit floats (recommended) or as scaled integers. In addition, ASCII-based NMEA 0183 proprietary sentences or echo sounder formats can be selected for data variables output protocol.

## Features

- High accuracy heave measurements even in dynamic environments
- Each MRU delivered with Calibration Certificate
- Negligible drift in heave after vessel turns
- Small size, light weight and low power consumption
- Outputs static and dynamic roll and pitch angles
- High output data rate (100 Hz)
- No limitation to mounting orientation
- 2-year warranty



## Technical specifications

### Orientation output data

Angular orientation range	±180°
Angular rate range	150°/s
Resolution roll, pitch and yaw	0.01°
Angular rate noise roll, pitch, yaw	0.1°/s RMS
Static <sup>2</sup> accuracy roll, pitch	0.05° RMS
Dynamic <sup>1</sup> accuracy roll, pitch (for a ±5° amplitude)	0.1° RMS
Scale factor error	0.4% RMS

### Acceleration sensors

Acceleration range	±30 m/s <sup>2</sup>
Acceleration noise <sup>2</sup>	0.0020 m/s <sup>2</sup> RMS
Acceleration accuracy	0.01 m/s <sup>2</sup> RMS

### Heave motion output

Output range	±50 m, adjustable
Periods	0 to 25 s
Dynamic accuracy	5 cm or 5% whichever is highest

### Data output

Analog channels	#4, ±10V, 14 bit resolution
Digital output variables	#16 (max), RS232 or RS422
Output data rate (max)	100 Hz (10 ms)
Internal update rate	400 Hz (angular)

### Power

Power requirements	12 - 30V DC, 6 W
--------------------	------------------

### Environment

Temperature range	-5° to +55°C
Humidity range, electronics	Sealed, no limit
Max vibration (operational)	0.5 m/s <sup>2</sup> (10-2000 Hz continuous)

Max vibration (non operational)	20 m/s <sup>2</sup> (0-2000 Hz continuous)
Max shock (non operational)	1000 m/s <sup>2</sup> (10 ms peak)

### Other data

MTBF (computed)	50000 h
Housing dimensions	Ø105 x 204 mm (4.134" x 8.051")
Material	Anodized Aluminium
Weight	2.5 kg
Connector	Souriau 16-26

### Velocity input formats

NMEA 0183, incl. VTG, VHW, VBW or IEEE single precision floating point

### Heading input formats

NMEA 0183, HDT, HDM, LR 40 interface or IEEE single precision floating point (unit in radians)

### Data output protocols

- MRU normal	- Sounder
- Elac Nautik (analog)	- Submetrix
- NMEA 0183 proprietary	- Sonar R & D Imaging system
- Atlas Fansweep 15/-20	- Simrad EM 1000
- Digital Hippy 120	- Simrad EM 3000
- RDI ADCP	- Reson Seabat

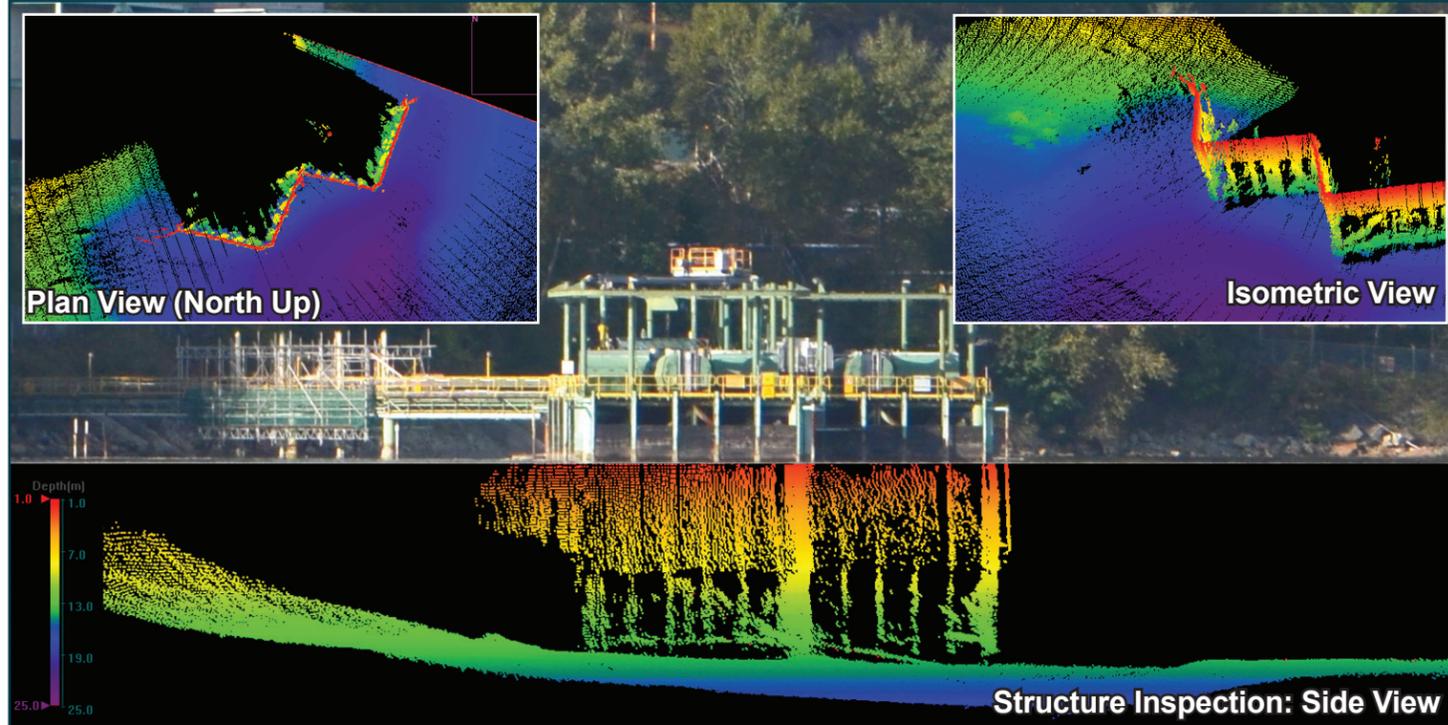
- 1) When the MRU is exposed to a combined two axes sinusoidal rotation over a five minutes period.
- 2) When the MRU is stationary over a 30 minutes period.

*Specification subject to change without further notice*

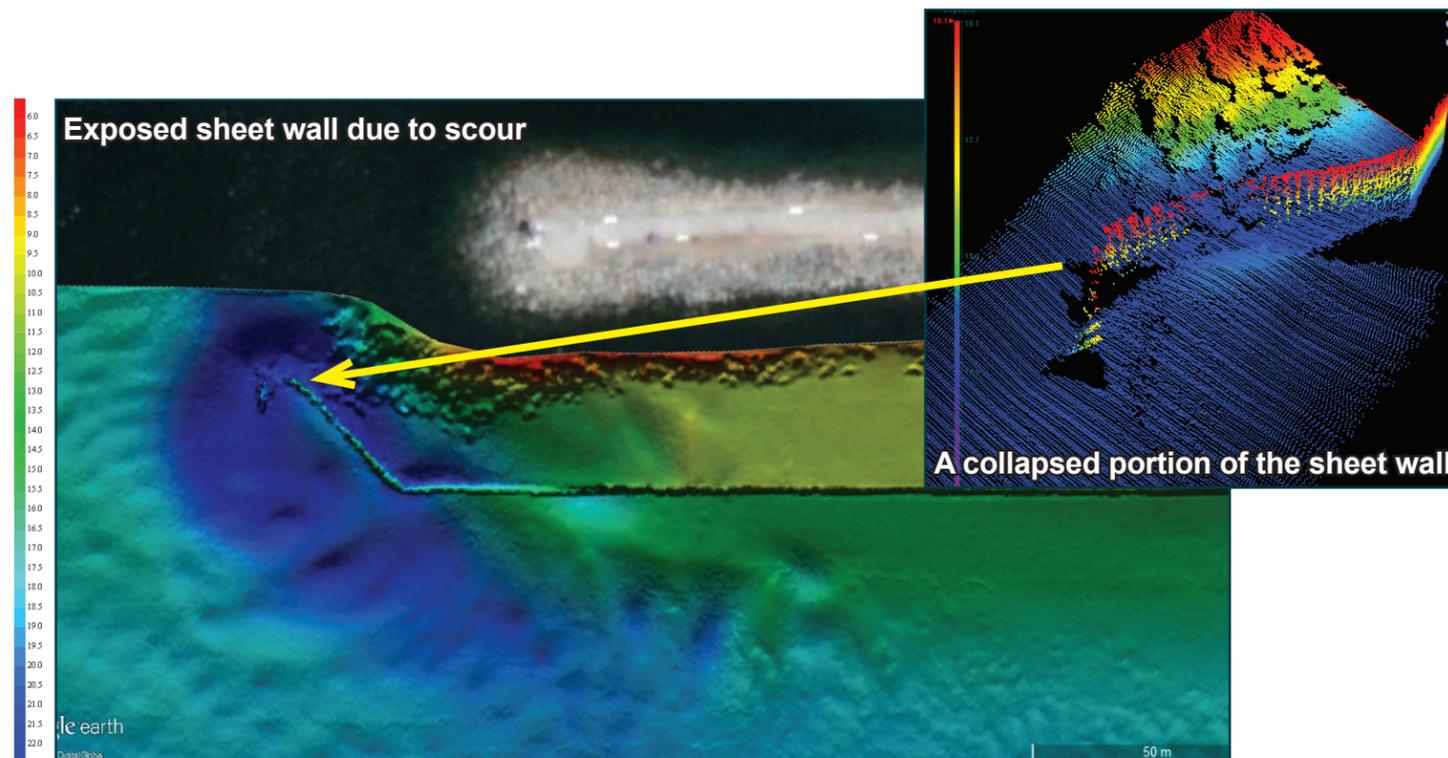


**KONGSBERG**

## STRUCTURE INSPECTION



## SHEET PILE WALL



Specifications subject to change without any further notice.

[www.kongsberg-mesotech.com](http://www.kongsberg-mesotech.com)

E-mail: [km.sales.vancouver@kongsberg.com](mailto:km.sales.vancouver@kongsberg.com)  
 Telephone: +1 604 464 8144  
 Toll-free: +1 888 464 1598



KONGSBERG

## APPLICATION NOTE

# M3 BATHY

## M3 BATHY SHALLOW-WATER BATHYMETRIC SURVEY SYSTEM



KONGSBERG

### Applications

- Engineering inspection of marine structures in ports and harbours
- Dams and water intake inspections
- Bridge pier and dock inspections
- Shallow water surveys
- Outfalls and pipe inspections
- Pipeline surveys
- Dredge monitoring

### High Performance at Low Cost

The M3 Bathy shallow-water system is a powerful, affordable, entry level turn-key survey system. M3 Bathy features an incredibly small multibeam sonar head and convenient top-side surface unit with no need for an additional processing unit, just a commercial laptop. Special rack mounts are not required. M3 Bathy delivers excellent quality data at very low cost of ownership. It is designed for rapid installation, operation and removal using vessels of opportunity.

### IHO Compliance to Special Order & 1A

The M3 Bathy is capable of achieving bathymetric survey data that meets two orders of IHO standards. Specifically:

- Vertical Accuracy compliance can be met over the full +/-60° sector for Order 1 surveys and to at least +/-55° for Special Order.
- Special Order target detection (1 m cube) is met to 20 m and Order 1A target detection (2 m cube) is maintained to 40 m.

### Fast, Easy Plug-and-Play Set-Up and Take-Down

The M3 Bathy is a complete plug-and-play system that is supplied in a rugged, re-usable equipment case. The M3 Bathy includes all required sensors for deployment. It can be set up by two people in under one

hour using the Quick Start Guide. Experienced users can set-up and deploy the system in 15 minutes.

### Preconfigured Survey Acquisition and Processing Software

The M3 Bathy provides excellent survey data at very low cost. All sensors are input to a laptop computer that is preconfigured with the user's specified survey acquisition and processing software and the M3 Software. The M3 Bathy operates seamlessly with HYPACK, EIVA and QINSy Software (included in the system price). Optional mosaicking software to create real-time mosaics of imaging data is also available.

### Proven M3 Series MultiMode Multibeam Sonar

The core of the M3 Bathy is Kongsberg Mesotech's proven M3 Series MultiMode Multibeam Sonar. The M3 Sonar is the only instrument in its price point that produces high-quality imaging records and 3-D bathymetric datasets using the same sonar head.

### Pitch, Roll, Heave Correction

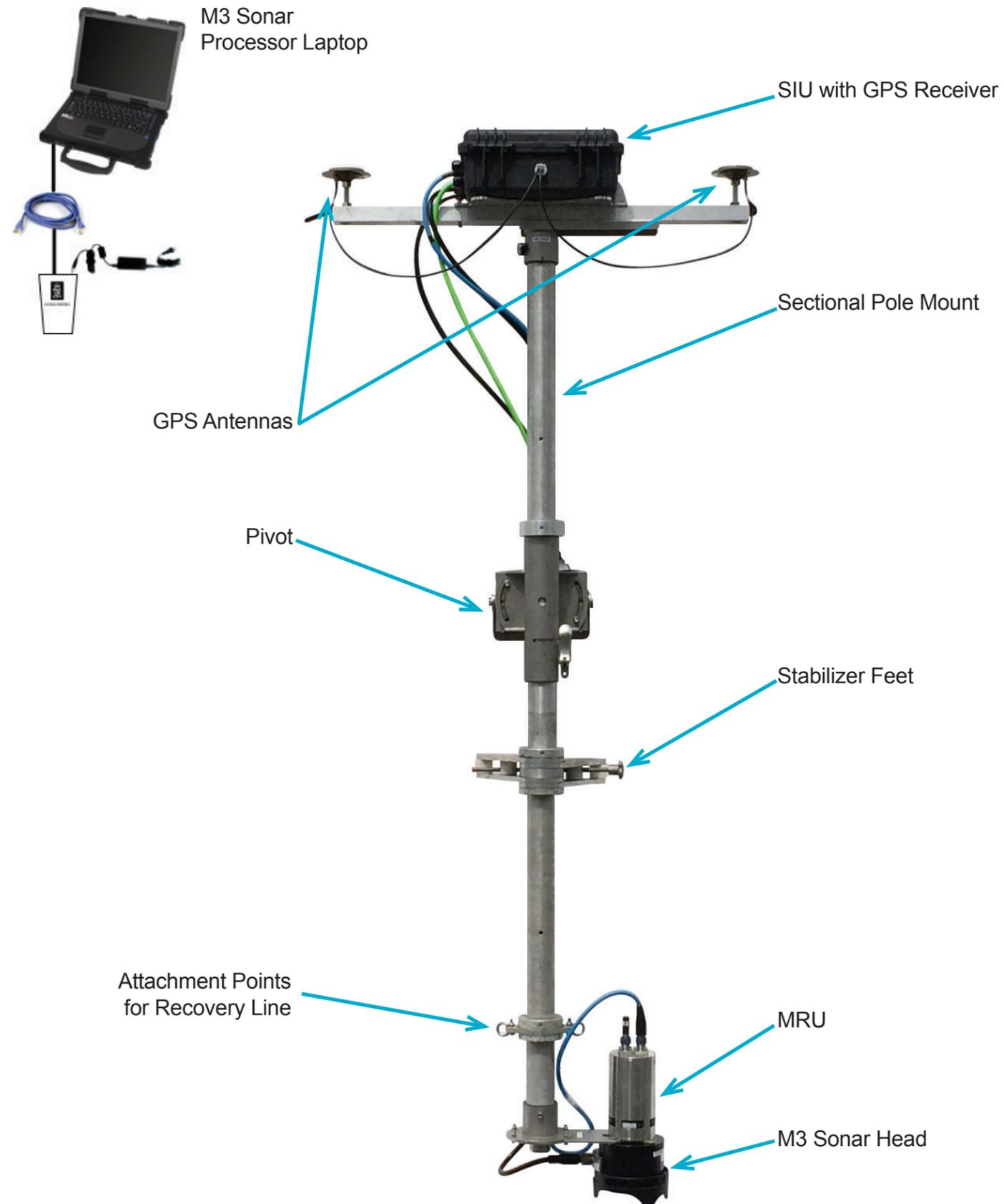
The M3 Bathy takes pitch, roll and heave correction inputs from Kongsberg Seatex's MRU-3. Users can also select the optional MRU-H for increased performance.

### Wide Shallow-Survey Swath at 9.5 kts

In bathymetric mode, the M3 Bathy is designed to operate in water depths up to 75 m under ideal conditions, with a full 120 degree swath. In imaging mode, the M3 Bathy ranges from 0.2 m to 150 m, with a range resolution of 1 cm. The M3 Bathy is pressure depth rated to 500 m and has been operated with stable pole mount deployment at speeds up to 9.5 kts.



## SYSTEM CONFIGURATION



## DESIGN

### Rugged Pole-Mount Design Protects Cabling

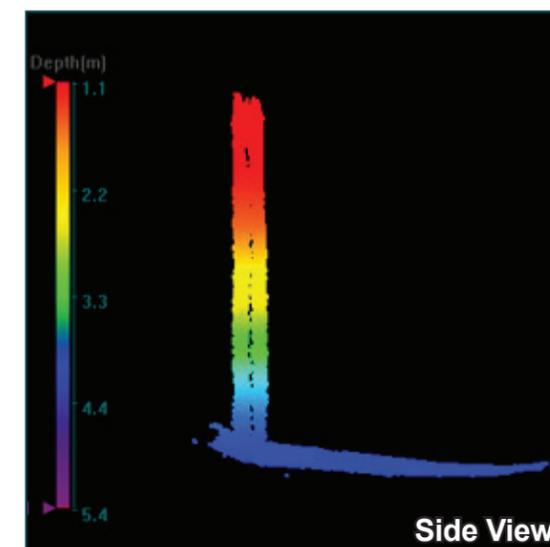
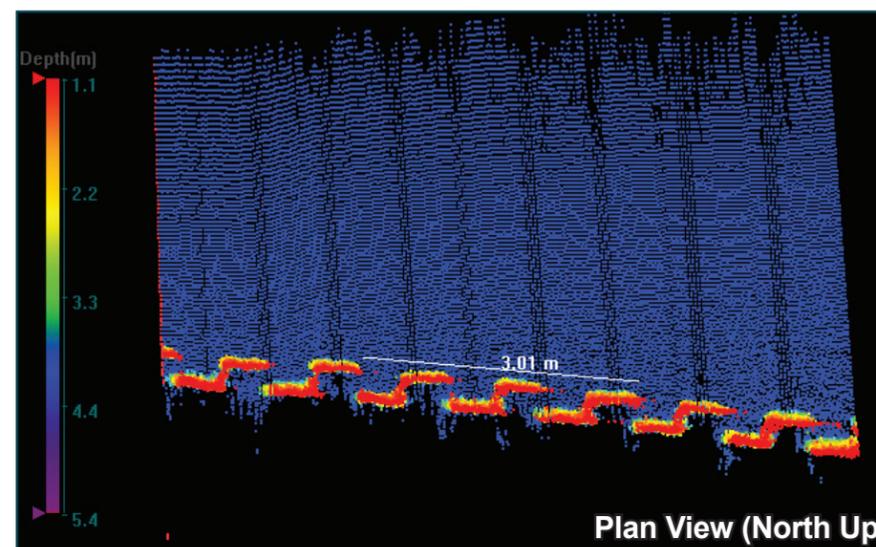
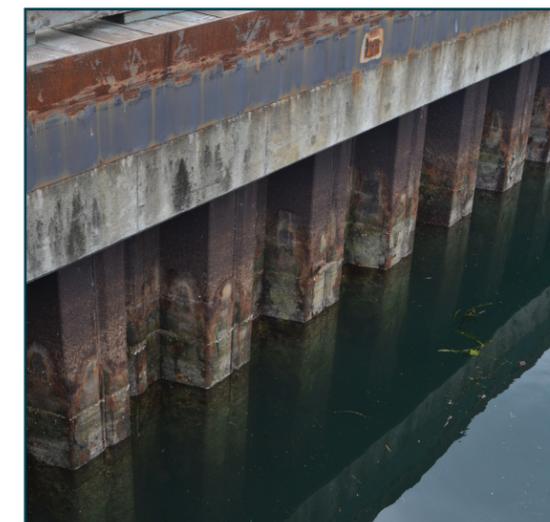
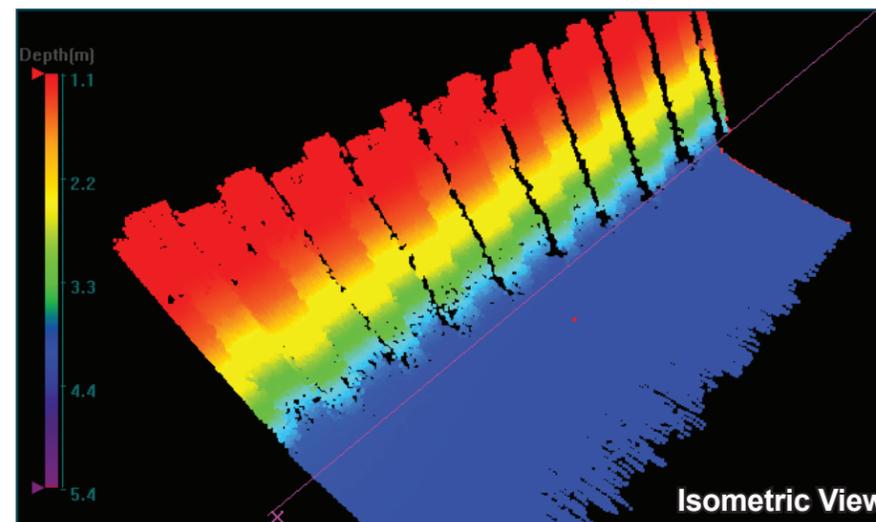
Wet end cabling passes through the pole mount, protecting the cables in operation. Cables are protected from insulation chafing due to vibration at all critical points of contact. Straight cable connectors allow use of minimum pole weight, hydrodynamic drag and turbulent flow, simplifying handling during assembly and take-down.

### Convenient Integrated SIU Cable Management

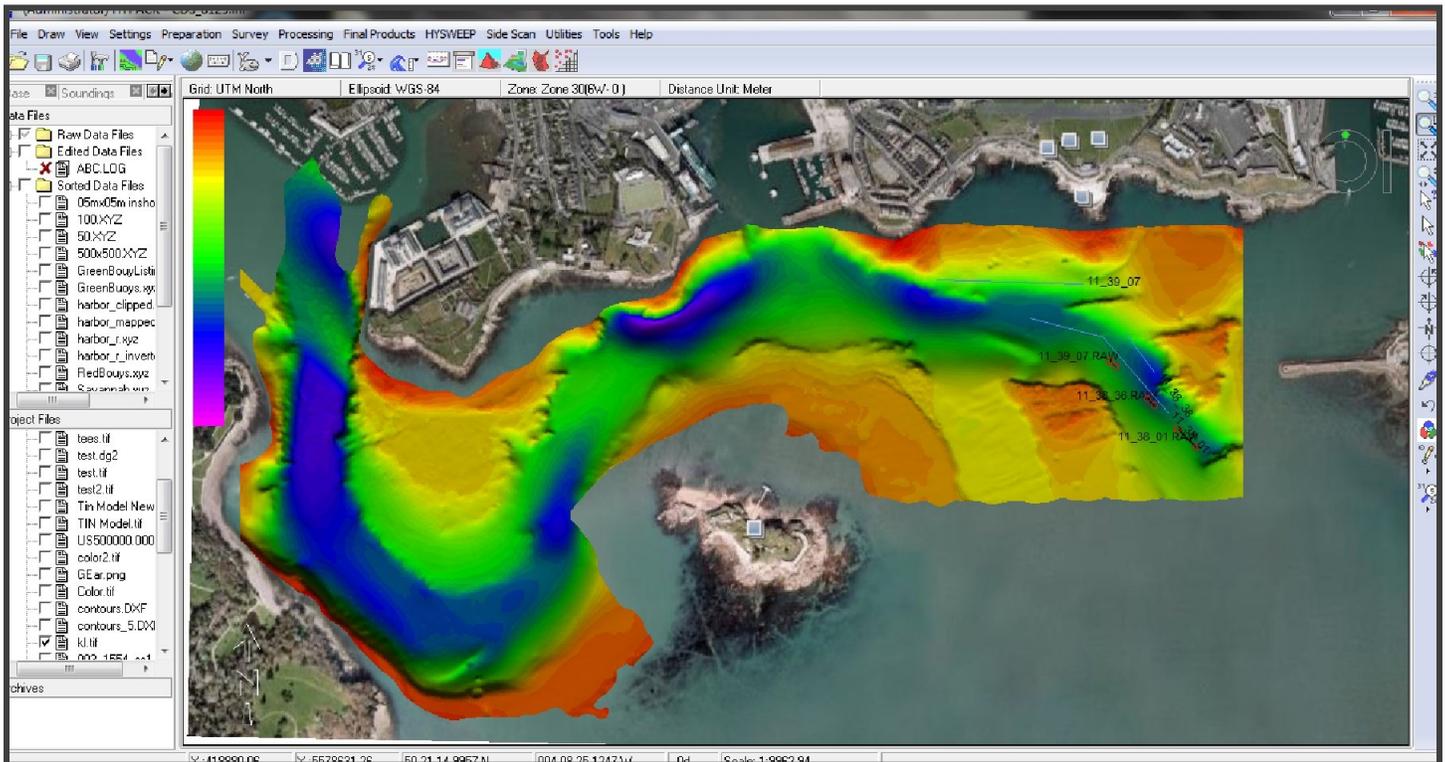
The Surface Interface Unit (SIU) is designed for fast, convenient operator set-up. All cabling is pre-installed in the SIU with waterproof cable glands. The SIU is delivered in an equipment case sized for the SIU and all coiled cabling. This provides for secure shipping, organized cable management, and rapid set-up and take-down during and after surveys.



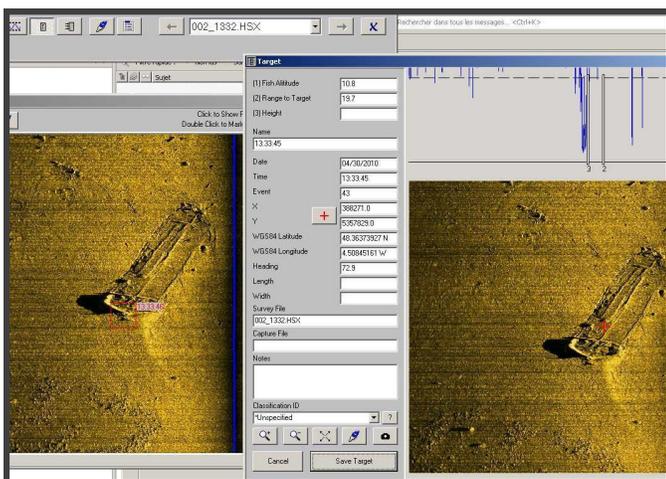
## STRUCTURE INSPECTION



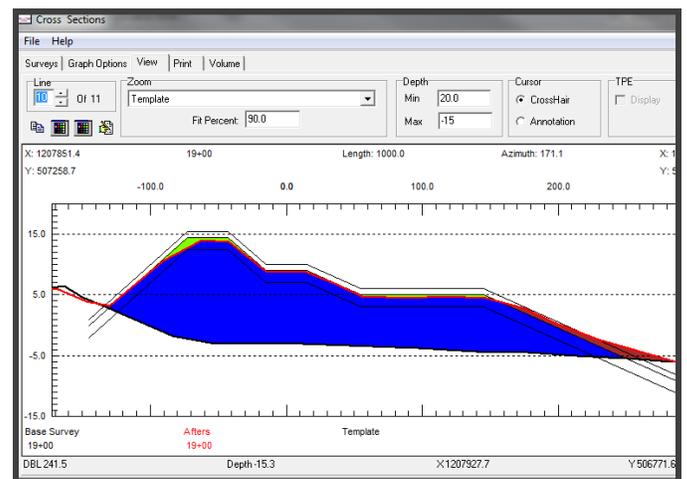
## Software for Hydrographic Data Collection, Processing and Final Products



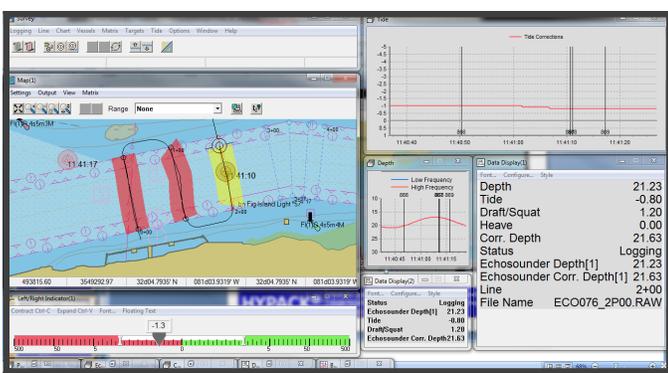
With almost 10,000 users on 7 continents, HYPACK® is the most widely used hydrographic software package in the world!



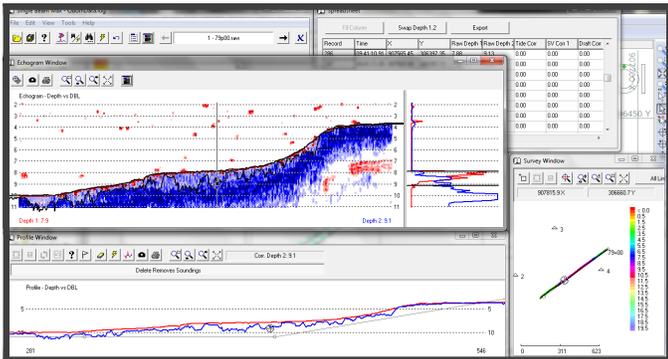
HYPACK® supports collection, targeting and mosaicking for both analog and digital side scans. It's a standard feature!



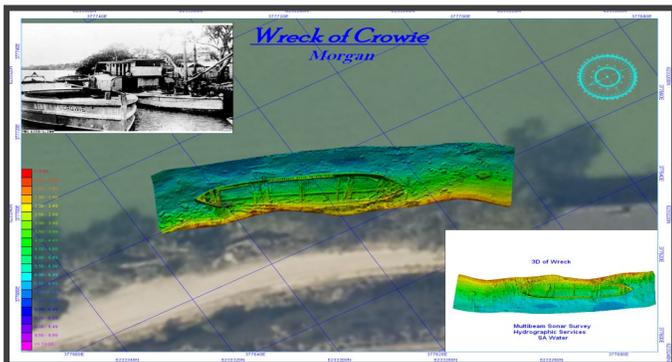
HYPACK® is the defacto standard for volume computations for dredging projects. It can compute volumes by sections or volumes by surfaces, with a variety of options and reports.



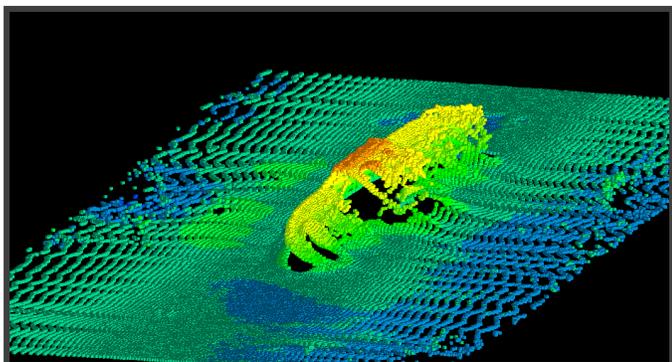
The HYPACK® SURVEY program provides you with the visual feedback needed to get your survey job done right, whether you are on a large ship or a small dinghy.



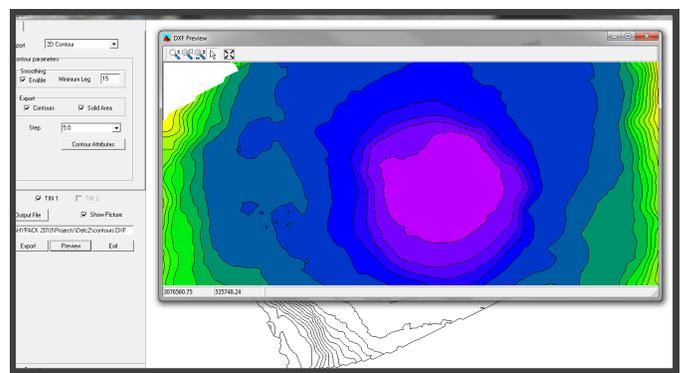
The SURVEY program handles input from over 300 devices: GPS, range-azimuth and sub-bottom systems; single and dual frequency echosounders; gyros and magnetometers.



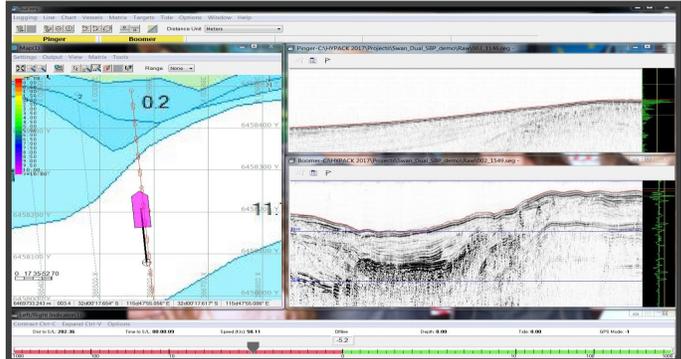
HYPLOT lets you output smooth sheets to your printer or plotter, or save them to PDF or DXF. Choose from an array of borders and sheet options. Design your own title block.



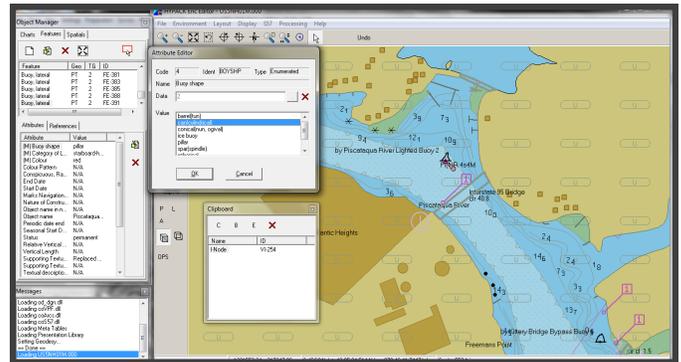
The CLOUD program can be used for data review and final clean-up. It accepts HYPACK® data or any XYZ data file.



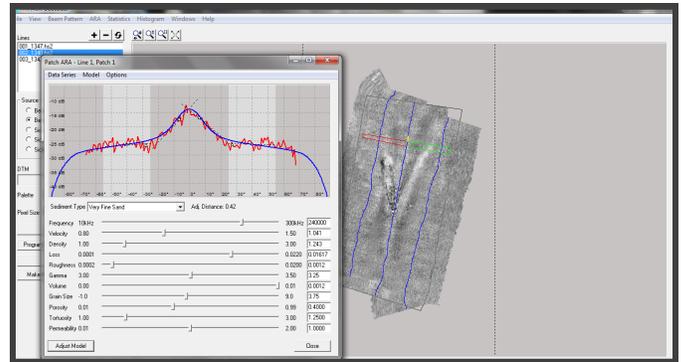
The TIN MODEL program creates stunning surface models, generates DXF contours and computes volume quantities. Export gridded XYZ or BAG surfaces.



HYPACK® supports both analog and digital sub-bottom systems. It saves your data to industry standard SEG-Y. It's a standard feature in HYPACK®.



Create your own S-57 ENC, or edit an existing one in the ENC EDITOR. It's a standard feature in HYPACK®.



Generate mosaics from side scan data, multibeam backscatter or multibeam snippets in GEOCODER™. Licensed from UNH-CCOM, it's a standard feature in HYPACK®.

**HYPACK®**

Designed and supported by: HYPACK, A Xylem Brand

56 Bradley St. Middletown, CT 06457 USA ♦ Tel: +1-860-635-1500 ♦ [www.hypack.com](http://www.hypack.com)

# QINSy

Total hydrographic solution



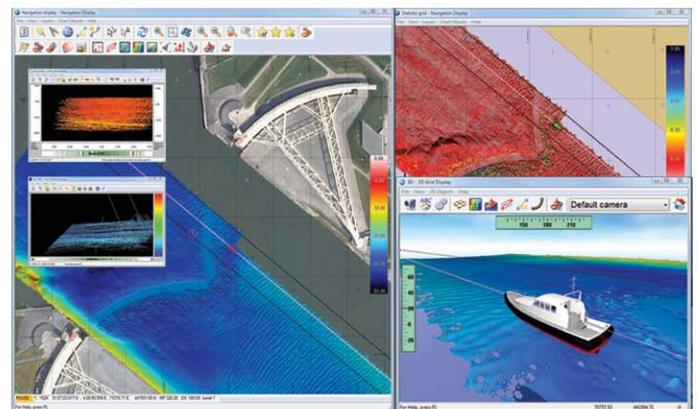
In a world where everything seems to get faster and bigger, software needs to be even better. The ideal software package needs to be as flexible as the people who use it, and most importantly it must be easy to operate. QINSy provides a total hydrographic solution to serve the small as well as the large survey companies. Its modular design and inherent flexibility makes QINSy perfect for a wide variety of applications.

- Inland Surveys
- Hydrographic & Oceanographic Surveys
- Laser Scanning for Land & Maritime applications
- Complete offshore construction and survey applications
- Barge, Tug and Fleet Management
- Dredging Monitoring & Navigation
- Electronic Navigation Chart production

Since its launch in 1996, QINSy has become the standard in marine surveying, bathymetric chart and ENC production.

For this purpose QINSy makes use of a “project template” database which contains all survey configuration parameters relevant to the project. QINSy supports most of the world’s datums and projections, multiple units and geoidal models used world-wide. The project template also contains vessel shapes, administrative information, as well as vessel offsets and I/O parameters.

Using real-time depth measurements, sound velocity profiles, tide levels, RTK heights etc. QINSy calculates the final foot print positions on-the-fly and visualizes these on various displays.



Typical QINSy displays

**Real-time DTM production** is the dream of every surveyor. In QINSy all computations are performed in 3D. Together with accurate RTK heights or real-time tide gauges, all depth observations are immediately available in absolute survey coordinates. This unique technique is called ‘on-the-fly DTM production’.

**Accurate timing** is imperative in the survey industry. QINSy uses a sophisticated timing routine based on the PPS option from the GNSS receiver. All incoming and outgoing data is accurately stamped with a UTC time label. Internally QINSy uses ‘observation ring buffers’ so that data values can be ‘placed’ for the exact moment of an event or ping. This combination gives QINSy a proven accuracy of 1 msec.





### Online Data Acquisition

- Real-time calculation of footprint positions and on-the-fly DTM production.
- Accurate Timing: Combination of ring buffers and PPS gives QINSy a proven accuracy of 1 msec.
- Storage of Raw sensor data enables total replay of performed survey in the office with different settings.
- Total Propagated Uncertainty (error budget) calculation in real-time which can be used for on-line data clipping.
- Multi-layer sounding grid used for on-line visualization of on the fly DTM, SSS draping, layer differences etc.
- Support for Anchor handling & Tug management.
- Advanced Dredging functionality.
- Multiple ROV positioning & monitoring.
- Side Scan Sonar support for targeting and mosaicking.
- Great flexibility in sensor support which ensures interfacing of almost all sensors.
- Survey planning tool enables you to prepare your project in the office.
- Visualization of project using powerful 2D and 3D visualization techniques together with flexible user defined information displays.
- Ocean Bottom Cable & 2D seismic support.

### Post Processing

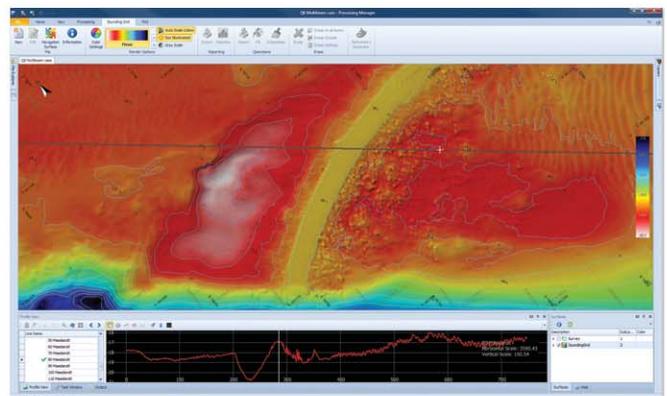
- Powerful Data Processing & Validation techniques
- Export to all popular formats and more.
- Sound velocity manager which enables time & spatial processing of SVP casts.
- Plotting of engineering charts with bathymetric data, cross and long profiles.
- Different volume calculation methods.
- S-57 ENC production, both file based and spatial database solutions, incl. notice to mariners, updates.
- S-57 ENC distribution.

### Qloud

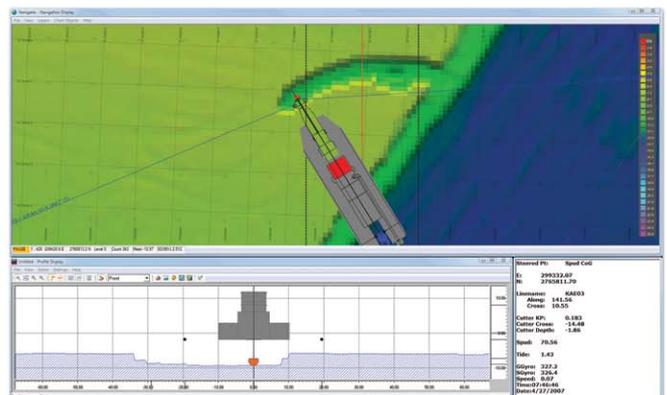
- Fast area based data cleaning tool.
- Ideal for processing of large multibeam data sets.
- Reliable automatic cleaning methods.
- Manual data clipping.
- Easy to search for problems in the bathymetric data using statistical information.
- Combination of sounding grid and DTM points.
- CUBE support.
- 3D spot sounding generation.
- TIN reduction.



3D View



Processing Manager



Advanced Dredging functionality

## **10. PUNTOS ZONA TERRESTRE Y PUNTOS SONDA**

1,750187.8168,4416529.2581,0.4940,esq-cantil  
2,750187.6191,4416529.3340,0.1321,agua1203  
3,750187.3577,4416529.0181,-1.2215,fondo  
4,750149.2906,4416537.3276,2.2952,eje  
5,750166.6683,4416524.0260,2.1602,eje  
6,750159.6540,4416515.8800,2.8296,h-pesca  
7,750160.2607,4416516.6488,2.8941,h-pesca  
8,750159.4959,4416517.2479,2.8797,h-pesca  
9,750126.0609,4416550.3432,2.5172,esq  
10,750133.9158,4416558.7767,2.4033,esq  
11,750162.4570,4416589.4905,2.4039,m  
12,750122.4190,4416611.0997,2.1334,b  
13,750092.4381,4416578.6817,2.3320,b  
14,750089.4123,4416581.4919,2.3119,b  
15,750087.1359,4416579.0171,2.2966,b  
16,750078.7097,4416586.7332,2.3568,dmtm1  
17,750046.7669,4416614.6173,2.1339,m  
18,750046.0216,4416615.2907,2.2573,m  
19,750043.7535,4416612.5690,2.6512,m  
20,750040.3629,4416615.1284,2.6949,m  
21,750036.7941,4416617.3281,2.6622,m  
22,750034.5610,4416618.5129,2.6605,m  
23,750031.1961,4416620.0234,2.6547,m  
24,750028.4744,4416621.0040,2.6529,m  
25,750025.9691,4416621.7518,2.6529,m  
26,750021.9171,4416622.6801,2.6681,m  
27,750017.6693,4416623.3056,2.6703,m  
28,750013.3065,4416623.4580,2.6826,m  
29,750009.1530,4416623.2838,2.6869,m  
30,750006.4149,4416622.9578,2.6926,m  
31,750002.0866,4416622.1177,2.6760,m  
32,749998.9526,4416621.2257,2.6715,m  
33,749997.3093,4416620.6732,2.6697,m  
34,749995.1499,4416619.8767,2.6840,m  
35,749993.8720,4416623.0354,2.2523,m  
36,749992.9146,4416622.6981,2.2545,m  
37,749948.2174,4416604.5485,3.3143,dmtm72  
38,749939.4006,4416597.0479,2.3921,esco  
39,749925.5700,4416589.3087,2.4334,esco  
40,749923.1350,4416593.1581,2.6585,m  
41,749901.7372,4416575.0668,2.3811,esco  
42,749889.0825,4416571.4197,2.5811,dmtmt71  
43,749889.0264,4416571.0466,2.0909,m  
44,749885.8173,4416569.1705,2.0792,m  
45,749862.1458,4416569.3526,2.0562,b  
46,749844.0629,4416550.0584,2.0944,b  
47,749840.5904,4416535.8126,1.9530,b  
48,749838.6573,4416533.7237,1.9616,bpp  
49,749833.4571,4416538.7794,2.1241,bpp  
50,749828.5973,4416533.5685,2.1344,bpp  
51,749833.7550,4416528.5330,1.9680,bpp  
52,749824.7074,4416518.8939,1.9785,b  
53,749812.0168,4416505.3621,2.0517,b  
54,749802.0958,4416494.8818,2.0723,b  
55,749792.5187,4416485.0546,2.1152,b  
56,749781.6708,4416474.2558,2.1704,b  
57,749768.5985,4416461.7780,2.2125,b  
58,749756.5067,4416450.0268,2.2257,b  
59,749739.7093,4416432.3264,2.2592,b  
60,749726.6194,4416418.5983,2.2928,b  
61,749724.1444,4416413.9579,2.4884,m  
62,749720.7698,4416410.3817,2.4954,m  
63,749712.9175,4416402.1168,2.5211,m  
64,749701.1230,4416389.7555,2.5430,m  
65,749699.3836,4416389.8502,2.3747,b  
66,749678.8420,4416366.6347,2.4140,b  
67,749645.3046,4416329.2477,2.4926,b  
68,749622.5105,4416304.2207,2.5447,b  
69,749603.3788,4416283.3055,2.5759,b  
70,749587.2460,4416265.6659,2.6113,b  
71,749571.0943,4416247.9640,2.6435,b  
72,749563.2330,4416236.5856,2.7771,m  
73,749562.5322,4416235.8580,2.7805,m  
74,749546.1485,4416218.4046,2.7565,m  
75,749545.8301,4416218.6623,2.7722,m  
76,749544.4031,4416219.1808,2.6048,b  
77,749525.5523,4416198.8597,2.6175,b  
78,749516.3609,4416188.9980,2.6298,b  
79,749514.6461,4416187.0485,2.6091,b  
80,749512.0855,4416183.9759,2.6020,b  
81,749506.1690,4416173.8981,2.7388,ace  
82,749502.8457,4416169.9068,2.7423,ace  
83,749489.1213,4416156.0741,2.5424,b  
84,749461.3831,4416122.3549,2.4934,b  
85,749448.9188,4416107.2637,2.3671,b  
86,749446.1861,4416104.0438,2.4157,b  
87,749424.1914,4416079.7202,2.3699,b  
88,749405.1068,4416058.6080,2.3541,b  
89,749394.1174,4416046.4030,2.4019,b  
90,749396.7999,4416041.6922,2.5077,eje-comp  
91,749372.4952,4416027.1414,2.5370,m  
92,749358.2586,4416017.6085,2.5211,m  
93,749344.7242,4416008.5094,2.4824,m  
94,749339.4794,4416004.7286,2.5233,m  
95,749331.0420,4415998.1861,2.5422,m  
96,749322.2247,4415991.0105,2.5317,m  
97,749312.9310,4415983.1109,2.5032,m  
98,749321.7915,4415997.1471,2.4395,eje  
99,749332.1009,4416005.3352,2.4346,eje  
100,749340.8378,4416011.8841,2.4252,eje  
101,749346.2045,4416015.6051,2.4358,eje  
102,749361.0742,4416025.5225,2.4493,eje  
103,749359.2978,4416028.9642,2.6203,ace  
104,749355.5164,4416034.3322,2.6771,dmtm54  
105,749353.2117,4416036.8854,2.6724,b  
106,749371.7476,4416054.8304,2.7170,b  
107,749382.1255,4416065.5316,2.7224,b  
108,749384.6530,4416070.9329,3.3817,eje  
109,749399.5835,4416083.3701,2.7012,b  
110,749400.9465,4416083.3641,2.7169,b  
111,749436.6273,4416122.4855,2.7324,b  
112,749467.8252,4416156.9402,2.7730,b  
113,749482.7922,4416179.9120,3.4223,eje

114,749510.4078,4416215.9973,2.8601,b  
115,749516.9534,4416225.3064,2.8598,b  
116,749528.6928,4416242.0865,2.9083,b  
117,749537.3433,4416254.4329,2.9133,b  
118,749559.2895,4416283.1357,2.9874,va  
119,749575.6765,4416267.7433,2.8930,m  
120,749578.5108,4416268.1999,2.9378,mdmtm62  
121,749590.2442,4416281.1216,2.7874,m  
122,749608.9859,4416301.5301,2.8272,m  
123,749630.6297,4416325.3089,2.7744,m  
124,749647.0101,4416343.1349,2.7341,m

125,749662.9781,4416361.0285,2.6190,m  
126,749681.6278,4416382.2206,2.5904,m  
127,749697.8682,4416400.3212,2.5462,dmtm65  
128,749721.6088,4416425.2737,2.5443,m  
129,749740.7785,4416445.4688,2.2185,m  
130,749753.7152,4416459.0784,2.3613,m  
131,749753.2195,4416463.3185,2.3468,m  
132,749800.3324,4416504.8915,2.3274,m  
133,749840.5424,4416547.8204,2.2447,m  
134,749870.4454,4416579.5645,2.1410,m

**Los puntos de la sonda se adjuntan como archivo al presente pdf.**

## **11. LISTADO DE BASES**

## Listado de Bases

<b>Nombre</b>	<b>Coord.X</b>	<b>Coord.Y</b>	<b>Coord.Z</b>
dmtm1	750078.710	4416586.733	2.360
dmtm72	749948.217	4416604.549	3.310
dmtmt71	749889.083	4416571.420	2.580
dmtm54	749355.516	4416034.332	2.680
mdmtm62	749578.511	4416268.200	2.940
dmtm65	749697.868	4416400.321	2.550

**2.3.- Anejo de biocenosis.**



Informe realizado por:



OCEANSNELL, S.L.  
**Consultoría Ambiental Marina**  
 c/ Aitana, nº 1  
 Polígono el Aeropuerto  
 46940 Manises (Valencia)  
 ESPAÑA

<b>Fecha Informe:</b>		<b>Cliente:</b>	
21/05/2020		TECNICOMEDITERRÁNEA	
<b>Proyecto:</b>			
Asistencia técnica para el estudio de biocenosis marinas al sur del puerto de Burriana.			
<b>Título del Informe:</b>		<b>Cód. Documento:</b>	
INFORME DE RESULTADOS		P2004_1 Ed.1	
<b>Autor:</b>			
		<b>OCEANSNELL</b> <b>Consultoría Ambiental Marina</b> c/ Aitana, nº 1 Polígono el Aeropuerto 46940 Manises (Valencia) ESPAÑA	

<b>Proyecto nº</b>	P2004_1 Ed.1	
<b>Proyecto:</b>	Asistencia técnica para el estudio de biocenosis marinas al sur del puerto de Burriana.	
<b>Título Informe:</b>	INFORME DE RESULTADOS	
<b>Fecha última revisión</b>	21/05/2020	
<b>Estudio realizado por:</b>	Vicente Tasso Bermell (Licenciado en Biología y D.E.A.) Carolina Assadi García (Licenciada en Biología y D.E.A.) Vicente Castañer Franch (Licenciado en Biología) Vicente Crespo López (Licenciado en Biología)	
<b>Proyecto Revisado por:</b>	<b>Vicente Tasso Bermell</b> <i>Coordinador Técnico de</i> <b>OCEANSNELL</b>	<i>Biólogo Colegiado nº 02478-CV</i>

Informe elaborado para: TECNOMEDITERRÁNEA, S.L.

## 1. ANTECEDENTES.

La empresa TECNOMEDITERRÁNEA ha contratado los servicios profesionales de OCEANSNELL S.L. para la realización de los trabajos de “Asistencia técnica para el estudio de biocenosis marinas al sur del puerto de Burriana”.

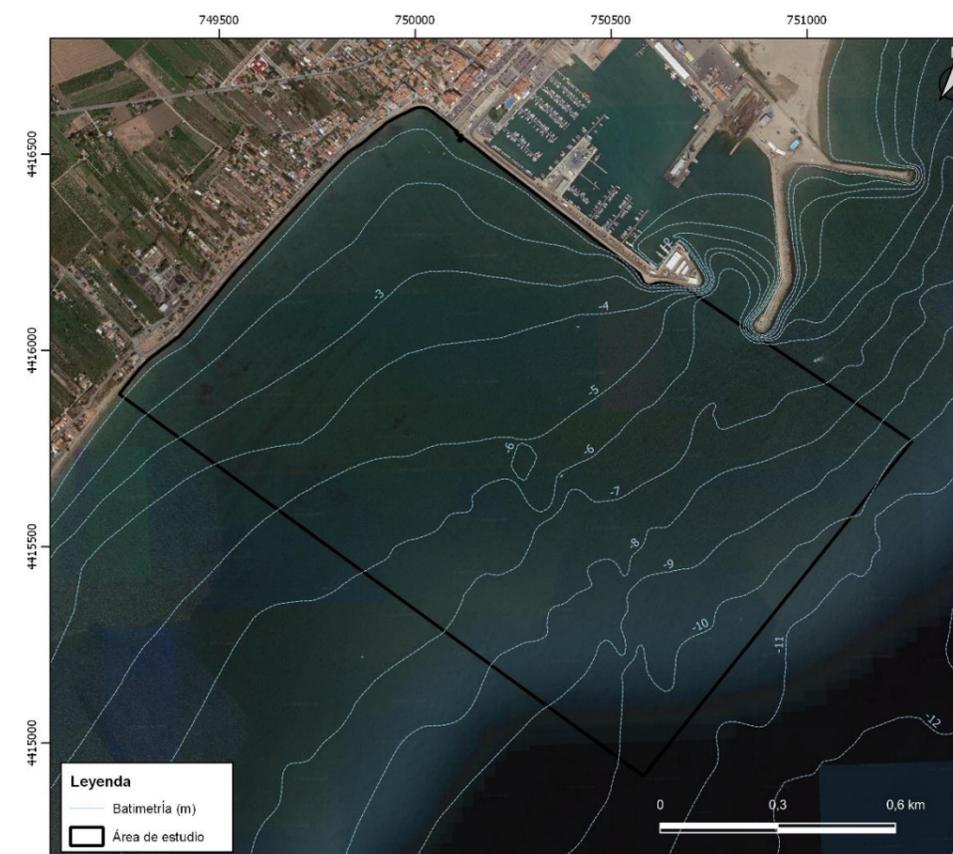
El alcance de los trabajos se ha establecido en base a la información facilitada por el cliente con el objetivo de valorar el estado actual de medio marino y establecer los valores de referencia. Incluye los puntos que se detallan a continuación:

- Cartografía bionómica de la zona de estudio.

Los trabajos en el mar se realizaron el día 12 de mayo de 2020.

## 2. LOCALIZACIÓN.

La zona de estudio ha sido facilitada por el cliente y se corresponde con la zona sur del puerto de Burriana (Castellón) desde la línea de costa hasta la cota batimétrica de -10 m. En total el área de estudio tiene una superficie de aproximadamente 1,70 Km<sup>2</sup>. La zona de estudio se detalla a continuación en el mapa siguiente:



## 3. MATERIAL Y MÉTODOS.

### 3.1. Cartografía bionómica mediante técnicas acústicas y videográficas

#### 3.1.1. Objetivos y tareas realizadas.

Los principales objetivos de la elaboración de la cartografía bionómica son:

- Detección y delimitación de las diferentes biocenosis marinas presentes en la zona de estudio.
- Valoración de la extensión de cada una de las biocenosis presentes.

Para cumplir con los objetivos propuestos se han llevado a cabo las siguientes tareas:

- Prospección con sonar de barrido lateral del área de estudio.
- Prospecciones puntuales con TV submarina georreferenciada.

**3.1.2. Área de estudio y puntos de muestreo.**

La cartografía bionómica se ha realizado en una zona adyacente a al puerto de Burriana. El área de estudio tiene una extensión total de aproximadamente 1,70 km<sup>2</sup>:

La ubicación exacta del área de prospección con sonar de barrido lateral y de los puntos de inspección con TV submarina georreferenciada se detalla en el Mapa 2.



**Mapa 2. Área de estudio para la elaboración de la cartografía bionómica (UTM30N-ETRS89).**

En la Tabla 1 se detallan las coordenadas de los puntos de inspección realizados mediante TV submarina georreferenciada.

**Tabla 1: Ubicación de los puntos de inspección con TV submarina georreferenciada.**

Puntos de muestreo	Coordenadas		
	(UTM Zona 30N ETRS89)		
	UTM X	UTM Y	
Inspecciones con TV submarina	1 (1)	750242	4415883
	2 (1)	750172	4415610
	3 (1)	749746	4415657
	3 (3)	749737	4415650
	4 (1)	749601	4415781
	4 (2)	749581	4415772
	5 (1)	749527	4415769
	5 (2)	749527	4415769
	6 (1)	749463	4415964
	7 (2)	749732	4416081
	7 (5)	749716	4416059
	8 (1)	749603	4416093
	8 (3)	749590	4416076
	9 (1)	750722	4415867
	9 (2)	750713	4415860
	10 (1)	750944	4415630
	10 (2)	750935	4415620
	11 (1)	751178	4415740
	11 (2)	750555	4415692
	11 (2)	751155	4415716
	12 (1)	750578	4415303
	12 (2)	750534	4415264
	13 (1)	750365	4415339
	13 (2)	750336	4415310
	14 (1)	750136	4416198
	14 (2)	750125	4416195

### 3.1.3. Descripción de la metodología y equipos empleados.

Se realizó una prospección geofísica de la zona de mediante un sonar de barrido lateral de alta frecuencia modelo Pulsar de la marca Kongsberg Geoacustics LTD. El sonar nos permitió prospectar la zona con un rango de frecuencias de entre 550 kHz a 1.000 kHz.

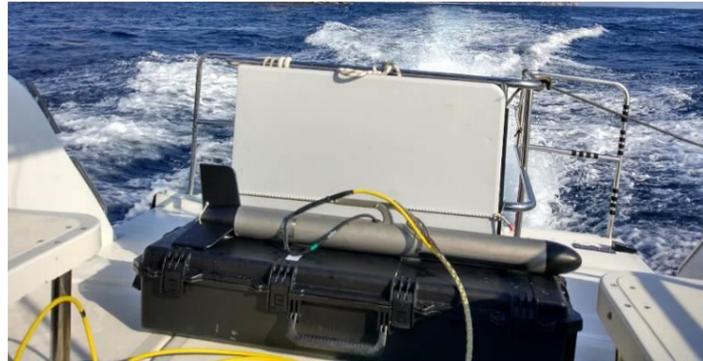


Figura 1: Sonar de barrido lateral PULSAR (Kongsberg Geoacustics) © OCEANSNELL

Para mejorar la resolución del sonar de barrido lateral, la cobertura para cada uno de los canales fue de 75 m de rango, realizando un solapamiento del 20 % entre transectos.

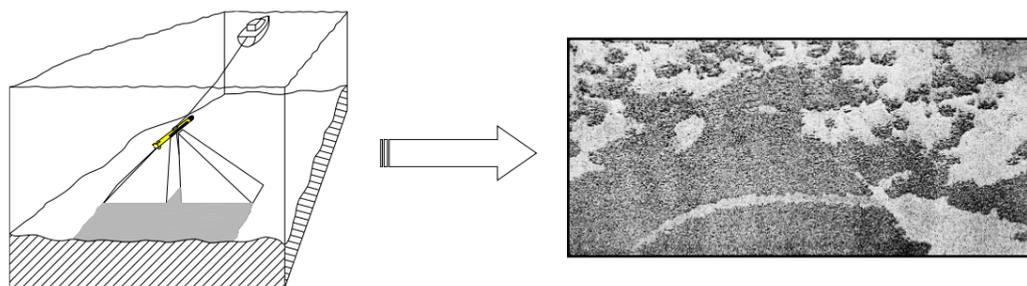


Figura 2: Esquema de la realización de transectos con sonar y sonograma obtenido.

El posicionamiento en el mar se llevó a cabo mediante un equipo GPS diferencial (DGPS Hemisphere) que nos proporcionó una precisión submétrica. El sistema se completó con un ordenador y un *software* de adquisición de datos y control de los parámetros de navegación (*Software Hypack Max*), mediante el cual se realizó un control de las derrotas del barco en tiempo real sobre los itinerarios y los transectos planificados previamente.



Figura 3: GPS Diferencial y equipos para la obtención, visualización y grabación en tiempo real de los sonogramas en campo. © OCEANSNELL

La grabación de los sonogramas en el mar, se realizó en soporte digital. Los sonogramas obtenidos fueron procesados mediante el *software* especializado (*Software Hypack Max*), obteniendo un mosaico georreferenciado de los sonogramas en la zona de estudio (sonoplano). Una vez elaborado el mosaico sonográfico, se realizó un análisis del sonoplano para identificar los diferentes tipos de respuestas acústicas y marcar sus límites. Las regiones identificadas, se corresponden a distintos tipos de fondos/biocenosis marinas (fondos de fango, arena, grava, roca, praderas de fanerógamas marinas, etc.).

Para complementar y corroborar los datos obtenidos con el sonar de barrido lateral, se realizaron prospecciones puntuales con Tv submarina georreferenciada. Para ello, se empleó un dispositivo de televisión submarina remota georreferenciada.



Figura 4: Equipo de TV remota georreferenciada e imagen georreferenciada obtenida. © OCEANSNELL

Todas las filmaciones se realizaron con una minicámara de alta sensibilidad que puede grabar a 0,1 lux en caso de elevada turbidez en el agua. Las imágenes fueron visionadas en tiempo real en la embarcación durante la ejecución de los trabajos. El almacenamiento de las imágenes se realizó en soporte digital para su posterior análisis en el laboratorio.

Los datos obtenidos fueron procesados y representados mediante *software* GIS para la gestión de información geográfica (*software* QGIS), obteniendo finalmente una cartografía bionómica de detalle de los fondos de la zona de estudio.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Cartografía bionómica mediante técnicas acústicas y videográficas.

Mediante el análisis y procesado de los datos obtenidos mediante sonar de barrido lateral, TV submarina georreferenciada y la caracterización granulométrica de sustratos blandos, se ha realizado una cartografía bionómica de detalle de las diferentes comunidades bentónicas (biocenosis marinas) presentes en la zona de estudio.

El análisis de toda la información obtenida en esta campaña ha permitido identificar en la zona de estudio biocenosis marinas principales, estableciendo algunos matices en la cartografía bionómica presentada, en lo que a su disposición respecta. Para establecer la clasificación e identificación de las mismas, se han tenido en cuenta los criterios de clasificación estándar aceptados actualmente a nivel científico y basado en:

- Resolución de 22 de marzo de 2013, de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, por la que se establecen los dos primeros elementos del Inventario Español de Hábitats Marinos (IEHM): la lista patrón de los tipos de hábitats marinos presentes en España y su clasificación jerárquica (Templado et al., 2012) <sup>1</sup>.

A continuación, se citan las diferentes biocenosis identificadas:

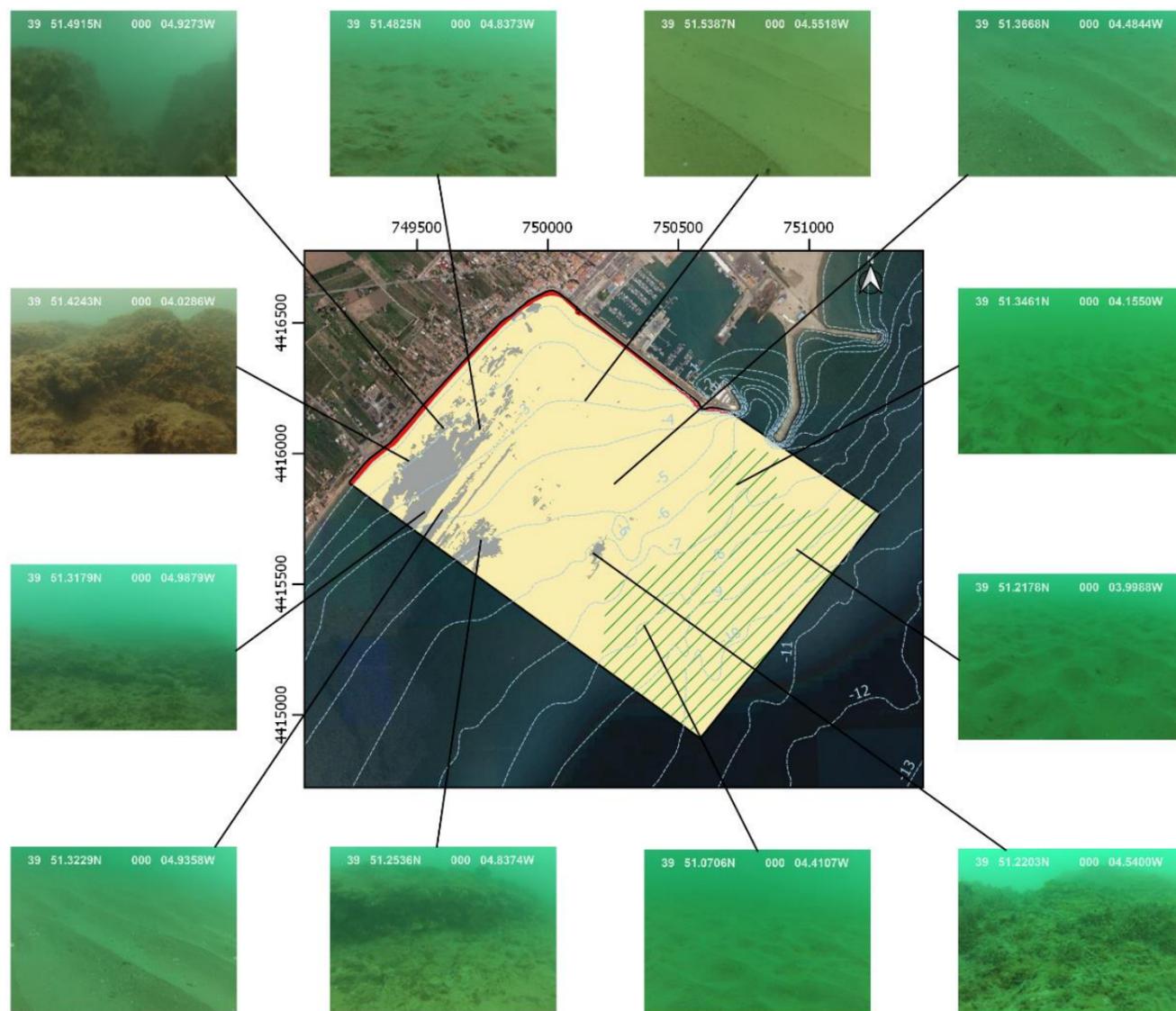
- **03040220 Arenas finas infralitorales bien calibradas.**
- **03010307 Roca infralitoral de modo calmo, bien iluminada, sin fucales.**
- **Sustrato rocoso artificial**

En los mapas siguientes se detalla la ubicación y distribución de las diferentes biocenosis detectadas en el área de estudio (detalles en anexo cartográfico).



Mapa 3. Cartografía bionómica de la zona de estudio (detalles en Anexo cartográfico) (UTM 30N ETRS89).

<sup>1</sup> Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Martín, L. y Brito, A. (2012). Guía Interpretativa: Inventario Español de Hábitats Marinos. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.



Mapa 4. Cartografía biónómica de la zona de estudio (detalles en Anexo 2) (UTM 30N\_ETRS89).

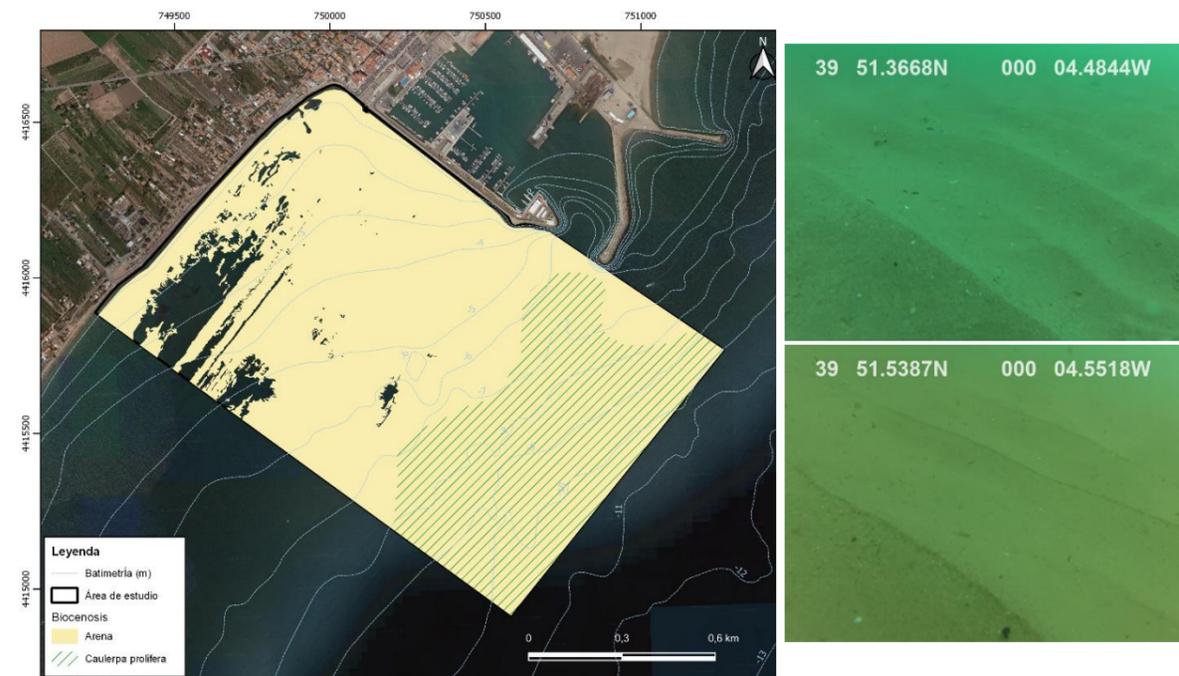
La descripción de las diferentes biocenosis marinas detectadas y las peculiaridades de las mismas en el área de estudio, se detallan a continuación:

▪ 03040220 **Arenas finas infralitorales bien calibradas.**

Esta biocenosis se ha localizado en todo el rango batimétrico de la zona de estudio. Se caracteriza por la presencia de arenas finas y muy finas de granulometría homogénea y de origen terrígeno. Su extensión en el área de estudio es de aproximadamente 1,56 Km<sup>2</sup> (representando el 91,76% del área de estudio).

Por otra parte, según la cartografía previa, entre los 6 y los 10 metros de profundidad existe una cobertura de *Caulerpa prolifera*. Cabe destacar que no se ha detectado *Caulerpa prolifera* con la TV submarina pero no se puede descartar su presencia en esta zona.

La localización de esta biocenosis, así como algunas fotografías de la misma obtenidas en la zona de estudio, se detallan en el mapa siguiente.

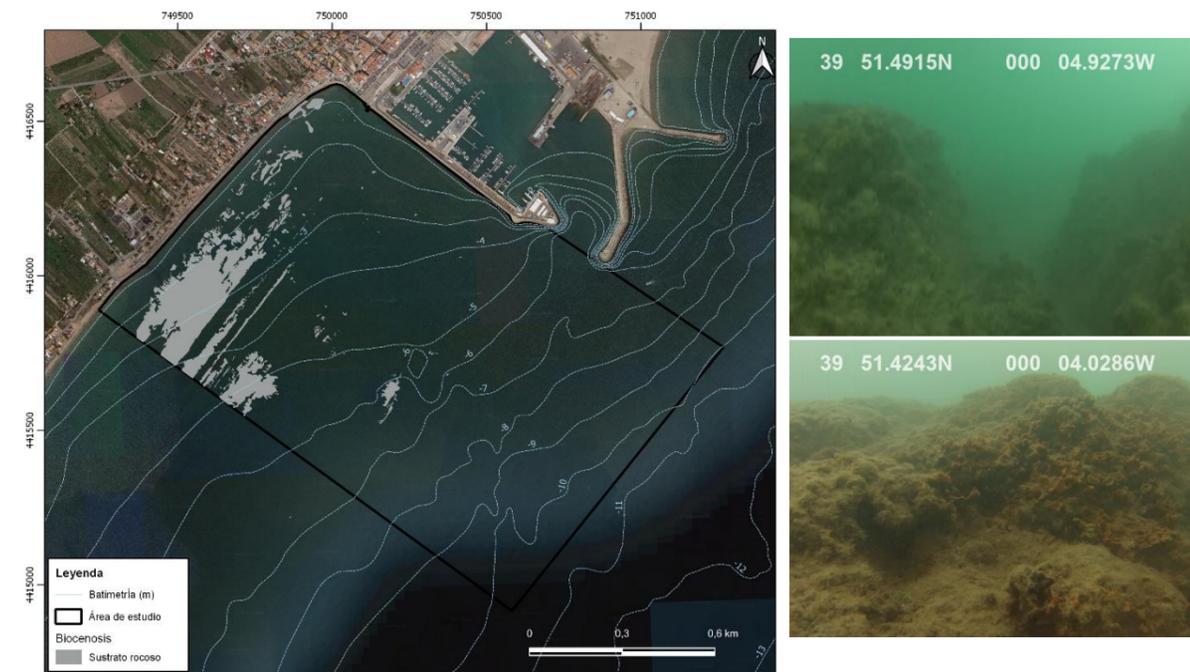


**Mapa 5: Distribución de la Biocenosis de las Arenas Finas Bien Calibradas y fotografías obtenidas in situ en la zona de estudio (UTM 30N-ETRS89).**

▪ 03010307 **Roca infralitoral de modo calmo, bien iluminada, sin fucales**

Esta biocenosis se localiza entre 1 y 6 metros de profundidad. Su distribución es discontinua y fragmentada. Esta comunidad está presente en una extensión de alrededor de 0,12 km<sup>2</sup> (representando el 7,06% del área de estudio).

La localización de esta biocenosis se detalla en el mapa siguiente.

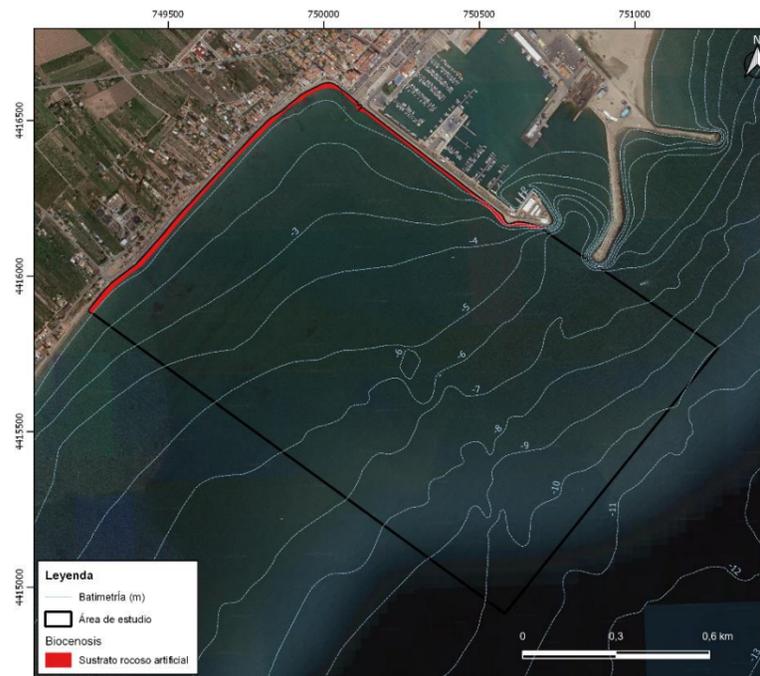


**Mapa 6: Distribución de la Biocenosis de Roca infralitoral de modo calmo, bien iluminada, sin fucales y fotografías obtenidas in situ en la zona de estudio (UTM 30N-ETRS89).**

- **Sustrato rocoso artificial.**

Esta “biocenosis” se localiza en la línea de costa. Se trata de roca artificial sumergida de origen antropogénico. Su distribución es continua en toda la zona de estudio. Está presente en una extensión de alrededor de 0,02 km<sup>2</sup> (representando el 1,18% del área de estudio).

La localización de esta biocenosis se detalla en el mapa siguiente.



**Mapa 7: Distribución del sustrato rocoso artificial (UTM 30N-ETRS89).**

## 5. CONCLUSIONES.

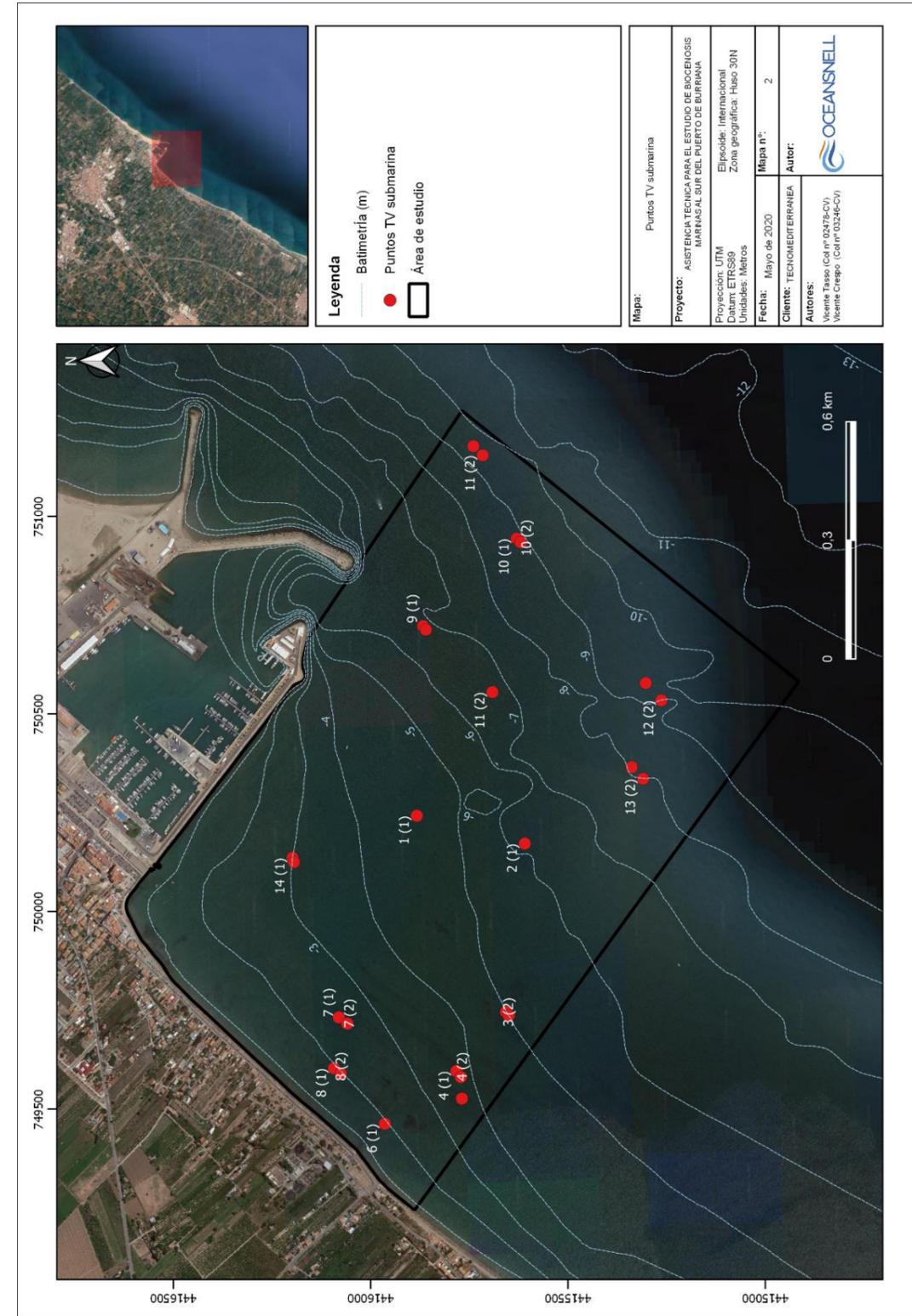
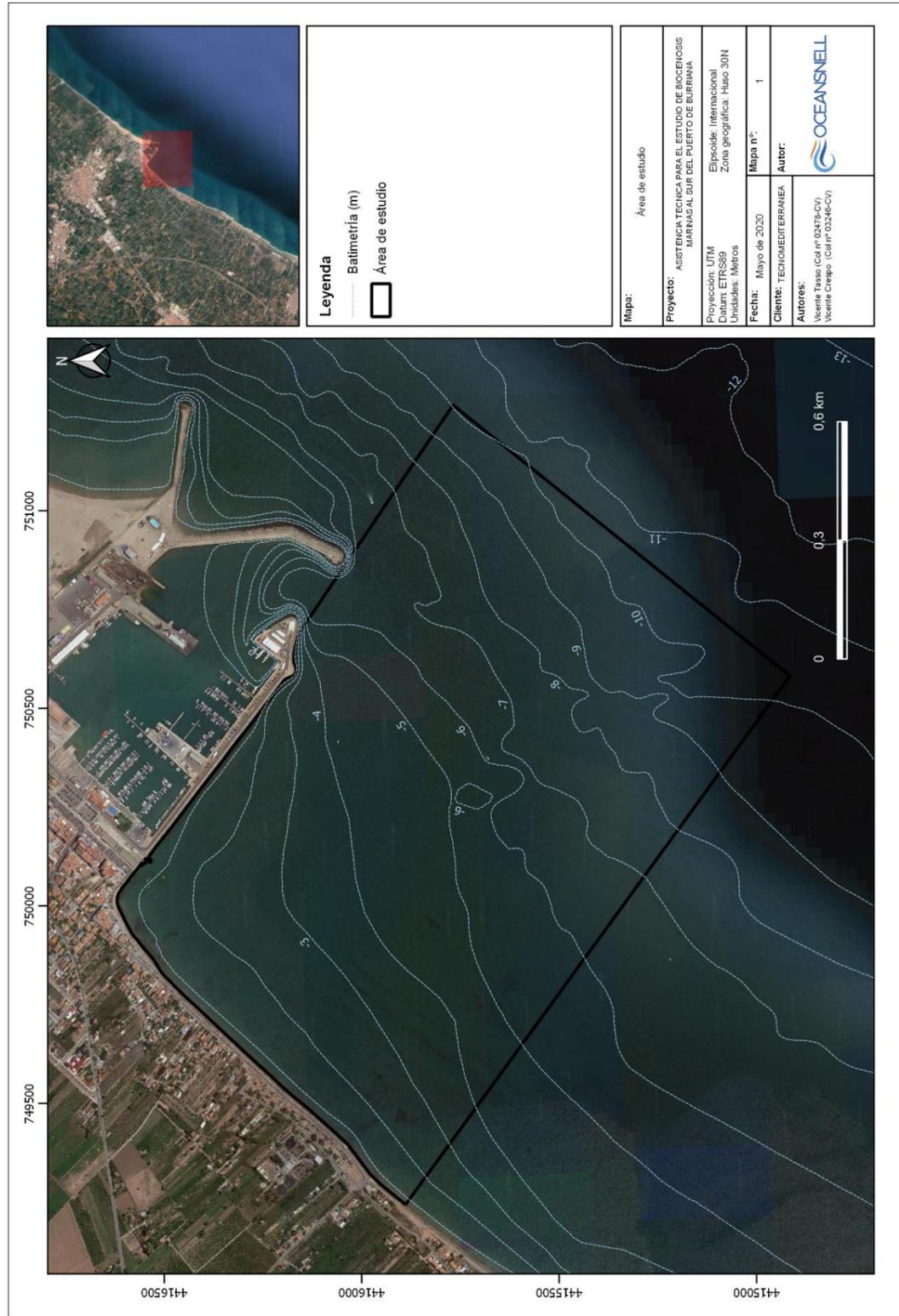
De los trabajos de prospección realizado con sonar de barrido lateral y Tv submarina se puede concluir que en la zona de estudio están presentes las siguientes biocenosis marinas:

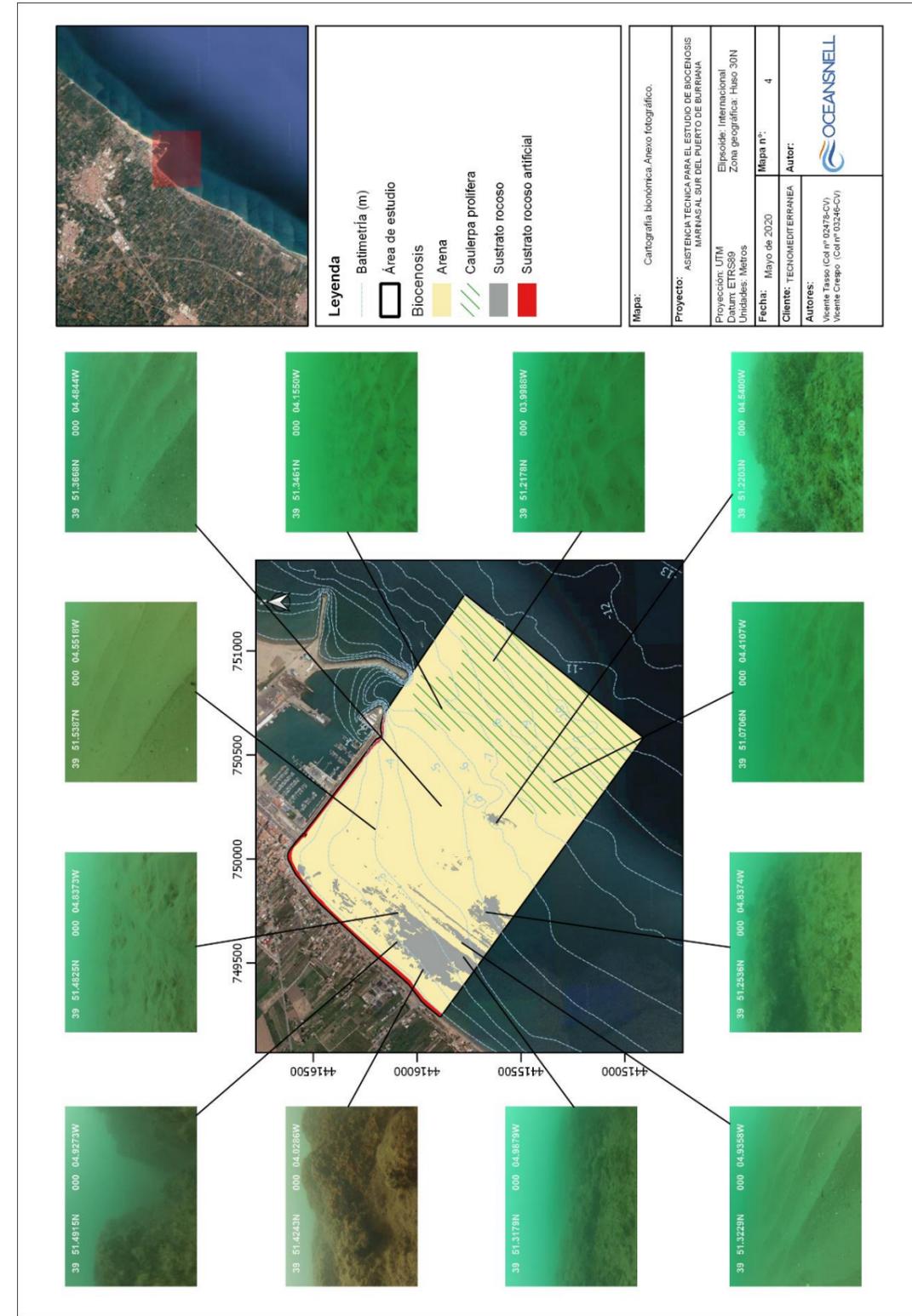
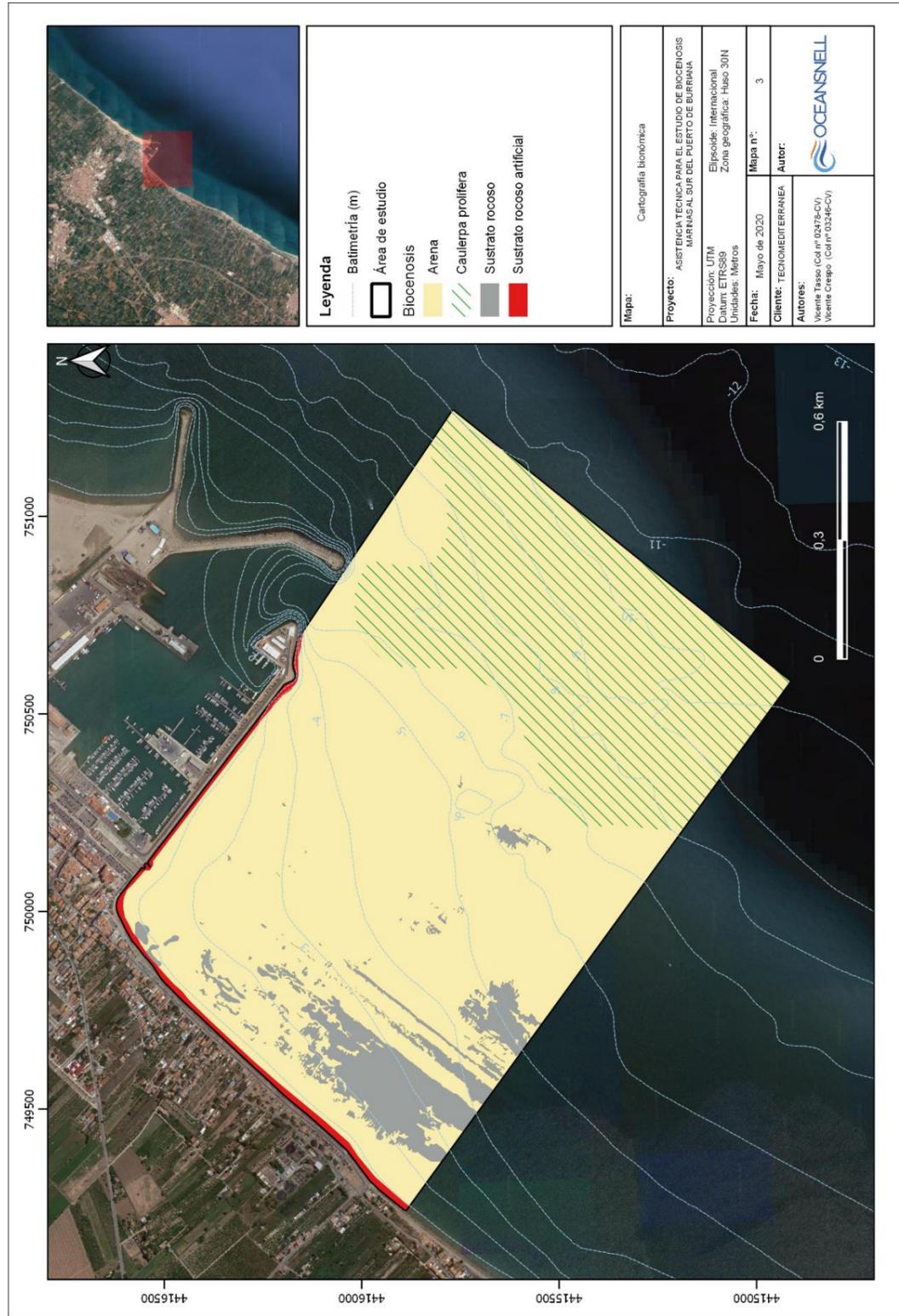
- *03040220 Arenas finas infralitorales bien calibradas.*
- *03010307 Roca infralitoral de modo calmo, bien iluminada, sin fucles.*
- *Sustrato rocoso artificial*

Es de destacar que no se han detectado biocenosis sensibles como pueden ser praderas de *Posidonia oceanica*.

VER ARCHIVOS ADJUNTOS SHP.

## ANEXO 1: CARTOGRAFÍA





#### **2.4.- Clima marítimo.**

## 1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se realiza el análisis de clima marítimo (oleaje, viento y nivel del mar) en profundidades indefinidas. Se determinan las principales direcciones de propagación del oleaje, la distribución conjunta de Hs-Tp en régimen medio y en régimen de temporales y los valores de diseño para la vida útil de la obra.

## 2. FUENTES DE DATOS

### 2.1 DATOS DE VIENTO Y OLAJE

Para la obtención de series históricas de datos de viento y oleaje se recurre al conjunto de datos SIMAR de Puertos del Estado. Este conjunto de datos SIMAR está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico que son, por tanto, datos sintéticos y no proceden de medidas directas de la naturaleza.

Se considera que el punto SIMAR 2084418 es el más adecuado para la caracterización del oleaje en aguas profundas y para la propagación de oleaje, por estar situado frente a la unidad fisiográfica sur, a la cual pertenece la zona de actuación (véase Anejo de Dinámica Litoral) y por permitir ser encuadrado en los modelos numéricos como punto de contorno adecuado respecto a los bordes de las mallas computacionales para la propagación del oleaje. Su ubicación exacta es la que se indica:

Punto SIMAR seleccionado	
Nomenclatura	2084118
Situación	39°833 N 0°000 E
Profundidad	Indefinidas

Tabla 1.- Características del punto SIMAR 2084118.



Figura 1. Ubicación del punto SIMAR 2084118 y de la zona de actuación (a partir de la plataforma Portus de PdE).

Las series SIMAR surgen de la concatenación de los dos grandes conjuntos de datos simulados de oleaje con los que tradicionalmente ha contado Puertos del Estado: SIMAR-44 (a partir de 1958) y WANA (a partir de 2006). El objetivo ha sido poder ofrecer series temporales más extensas en el tiempo y actualizadas diariamente.

La serie empleada en estos trabajos abarca datos desde dicho año hasta el 28/09/2020.

Los parámetros disponibles son los siguientes:

- Velocidad Media del Viento (Promedio horario a 10 m. de altura)
- Dirección Media de Procedencia del Viento ( $0^{\circ}=N, 90^{\circ}=E$ )
- Altura Significante Espectral
- Periodo Medio Espectral (Momentos 02)
- Periodo de Pico
- Dirección Media de Procedencia de Oleaje ( $O=N, 90^{\circ}=E$ )
- Altura Significante y Dirección Media de Mar de Viento
- Altura Significante, Periodo Medio y Dirección Media de Mar de Fondo

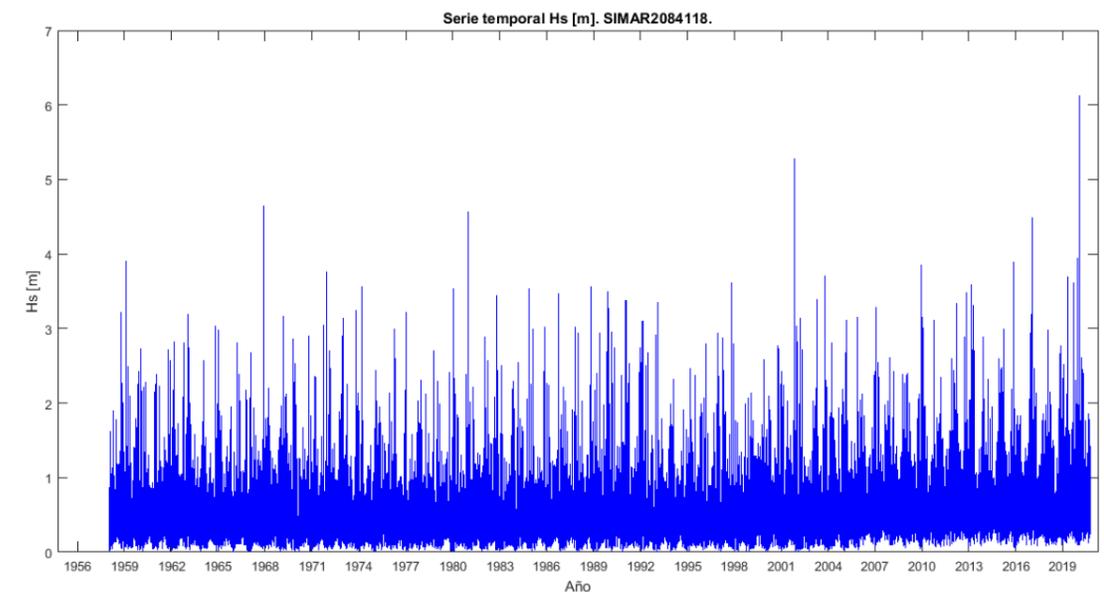


Figura 2. Serie temporal de Hs del punto SIMAR 2084118 hasta la fecha 28/09/2020. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Puertos del Estado.

### 2.2 DATOS DE NIVEL DEL MAR

Para obtener los valores representativos del nivel del mar se recurre al conjunto REDMAR de Puertos del Estado y al análisis que proporcionan del mareógrafo que resulta de interés que, en este caso se trata del mareógrafo de Sagunto.

### 3. CARACTERIZACIÓN DEL OLAJE

#### 3.1 RÉGIMEN MEDIO DEL OLAJE

##### 3.1.1 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL RÉGIMEN MEDIO

El análisis en régimen medio se realiza tomando toda la muestra de datos. Se han obtenido la rosa de oleaje, las probabilidades de ocurrencia de cada dirección de propagación de oleaje y los diagramas de barras para los estadísticos representativos de los estados de mar: altura de ola significativa ( $H_s$ ) y periodo de pico ( $T_p$ ).

##### 3.1.2 ROSA DE OLAJE

Las probabilidades de ocurrencia de las determinadas direcciones de propagación del oleaje se recogen en la tabla de la Figura 3. Como puede observarse, la mayor parte de los datos se concentra entre las direcciones ENE y SSE y, específicamente, los sectores de mayor probabilidad de ocurrencia son el ENE y el E.

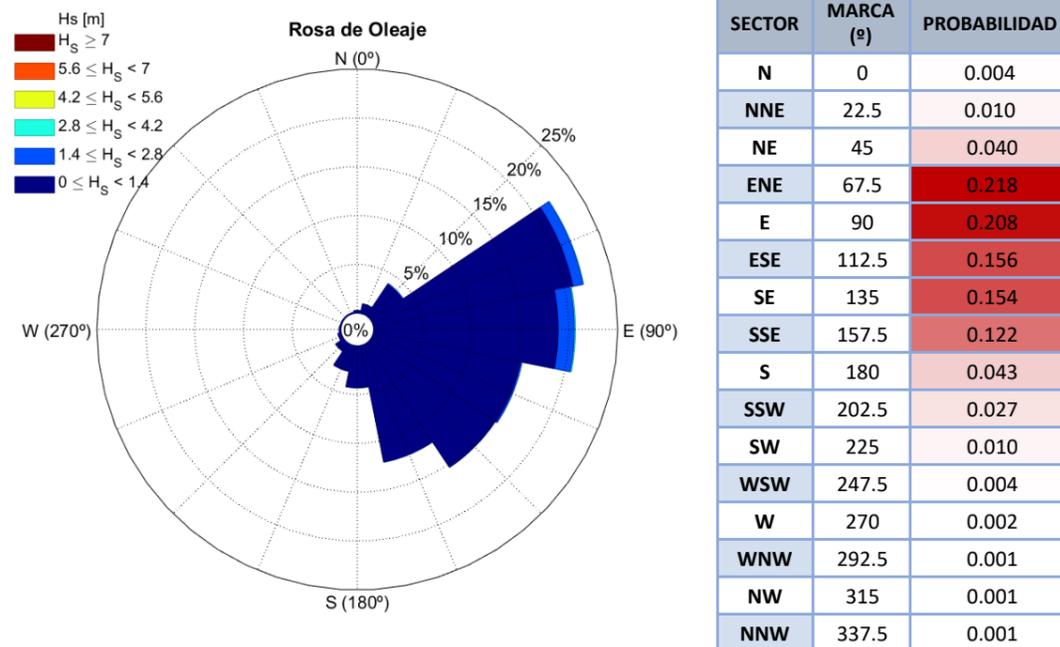


Figura 3. Rosa de oleaje y probabilidad de las direcciones. Régimen medio. Fuente: elaboración propia.

##### 3.1.3 TABLA DE PROBABILIDAD CONJUNTA HS-TP OMNIDIRECCIONAL

La tabla adjunta muestra la probabilidad conjunta  $H_s$ - $T_p$ . Se representa, además de numéricamente, con un código de escala de colores (a mayor probabilidad, mayor intensidad de color).

$H_s$ [m]	$T_p$ [s]													
	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]	[6,7]	[7,8]	[8,9]	[9,10]	[10,11]	[11,12]	[12,13]	[13,14]	[14,15]
[0,0.5]	0.002	0.068	0.142	0.137	0.125	0.068	0.034	0.019	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000	0
[0,1]	0.000	0.003	0.035	0.063	0.073	0.068	0.035	0.020	0.009	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000
[1,1.5]	0	0.000	0.000	0.004	0.010	0.015	0.011	0.009	0.005	0.002	0.001	0.000	0.000	0
[1.5,2]	0	0	0.000	0.000	0.001	0.004	0.004	0.004	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0
[2,2.5]	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
[2.5,3]	0	0	0	0	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0
[3,3.5]	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
[3.5,4]	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
[4,4.5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
[4.5,5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0
[5,5.5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	0
[5.5,6]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0	0
[6,6.5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0	0
[6.5,7]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 2.- Probabilidad  $H_s$ - $T_p$  en régimen medio. Análisis omnidireccional. Fuente: elaboración propia.

##### 3.1.4 DIAGRAMAS DE BARRAS EN ANÁLISIS OMNIDIRECCIONAL

A continuación, se muestran los diagramas de barras correspondientes a  $H_s$  y  $T_p$ .

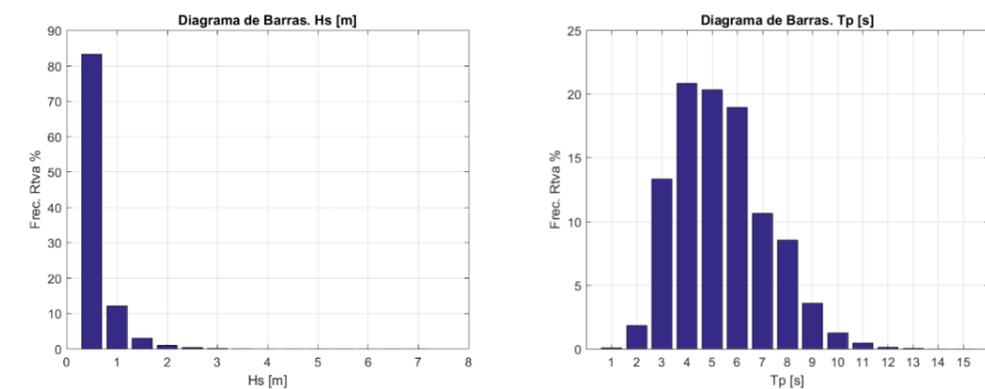


Figura 4. Diagrama de barras para las variables altura de ola y periodo. Régimen medio. Fuente: elaboración propia.

### 3.1.5 TABLAS DE PROBABILIDAD CONJUNTA HS-TP DIRECCIONALES

Se ha obtenido la probabilidad conjunta para los dos sectores más probables de procedencia de oleaje en régimen medio: el sector ENE y el sector E. De nuevo se representan, además de los valores numéricos, un código de color que indica mayor probabilidad cuanto más intenso es el color.

Hs [m]	Tp [s]													
	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]	[6,7]	[7,8]	[8,9]	[9,10]	[10,11]	[11,12]	[12,13]	[13,14]	[14,15]
[0,0.5]	0.000	0.016	0.070	0.094	0.105	0.081	0.051	0.024	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0
[0,1]	0	0.001	0.018	0.056	0.090	0.090	0.070	0.049	0.023	0.006	0.001	0.000	0.000	0
[1,1.5]	0	0	0.000	0.003	0.014	0.025	0.022	0.020	0.012	0.006	0.002	0.000	0.000	0
[1,5,2]	0	0	0	0.000	0.001	0.007	0.007	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001	0.000	0
[2,2.5]	0	0	0	0	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
[2,5,3]	0	0	0	0	0	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0	0.000	0
[3,3,5]	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
[3,5,4]	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
[4,4,5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
[4,5,5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0
[5,5,5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	0
[5,5,6]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0	0
[6,6,5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0	0
[6,5,7]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3.- Probabilidad Hs-Tp en régimen medio. Análisis direccional (ENE). Fuente: elaboración propia.

Hs [m]	Tp [s]													
	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]	[6,7]	[7,8]	[8,9]	[9,10]	[10,11]	[11,12]	[12,13]	[13,14]	[14,15]
[0,0.5]	0.000	0.025	0.089	0.135	0.128	0.062	0.026	0.012	0.003	0.001	0.000	0.000		
[0,1]	0.000	0.001	0.013	0.055	0.116	0.094	0.041	0.018	0.006	0.001	0.000	0.000		
[1,1.5]	0	0.000	0.000	0.001	0.017	0.034	0.021	0.017	0.008	0.001	0.000	0.000		
[1,5,2]	0	0	0.000	0.000	0.001	0.009	0.012	0.011	0.007	0.002	0.000	0		
[2,2.5]	0	0	0	0	0.000	0.001	0.006	0.006	0.005	0.002	0.000	0		
[2,5,3]	0	0	0	0	0	0.000	0.002	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000		
[3,3,5]	0	0	0	0	0	0	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000		
[3,5,4]	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
[4,4,5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0		
[4,5,5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0		
[5,5,5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0		
[5,5,6]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Tabla 4.- Probabilidad Hs-Tp en régimen medio. Análisis direccional (sector E). Fuente: elaboración propia.

### 3.2 RÉGIMEN EXTREMAL DEL OLEAJE

#### 3.2.1 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL RÉGIMEN EXTREMAL

Para describir el régimen extremal de la acción del oleaje se realiza un análisis de temporales, obteniendo previamente, de toda la serie de datos, una muestra que comprenda todos los temporales que cumplan los criterios por los cuales se define un temporal tipo.

Para el análisis de temporales se emplea el método de picos sobre umbral, Peak Over Threshold (POT), que trata estadísticamente las alturas de ola máximas para cada uno de los temporales. Los temporales se definen como la sucesión de estados de mar que cumplan simultáneamente los siguientes criterios:

- Las alturas de ola significativa exceden un valor umbral considerado ( $H_s \geq H_{su}$ ). Como valor umbral  $H_{s,u}$  se toma el percentil 98. En este caso resulta un valor  $H_{su} = 1.64 m$ .
- La tormenta tiene una duración mínima  $D_{min}$ .
- Las tormentas son independientes, es decir, existe un tiempo  $D_{min2}$  entre ellas.

En estos trabajos se ha tomado el siguiente criterio: duración mínima de la tormenta  $D_{min} = 6 h$ , y duración mínima entre tormentas  $D_{min2} = 48h$ .

Este método permite también obtener un número medio de temporales por año.

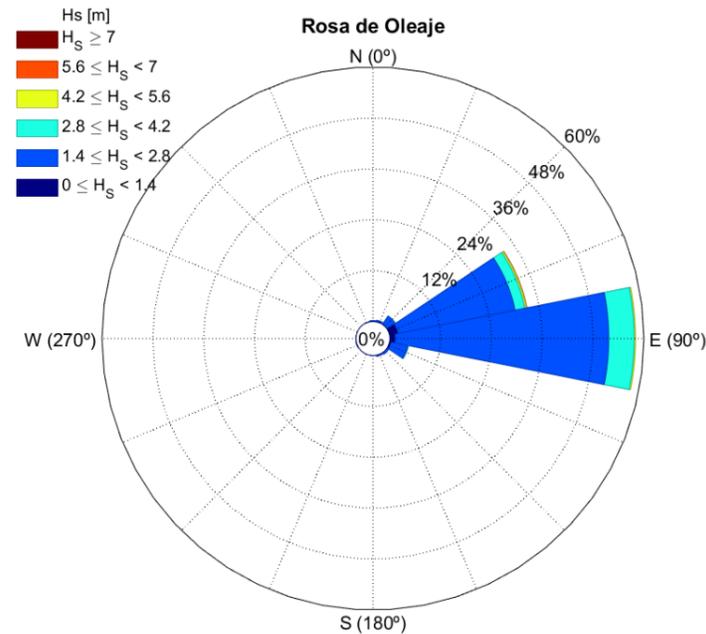
Una vez localizados los temporales y sus valores máximos, se realiza un ajuste de datos para definir de forma óptima la cola superior de la variable de interés (altura de ola significativa en nuestro caso). Para encontrar el mejor ajuste se recurre a la Función Generalizada de Distribución de Valores Extremos (GEV), puesto que es la más completa ya que combina las familias Gumbel, Weibull y Frechet. La función de distribución GEV viene dada por la siguiente expresión:

$$F(x; k, \sigma, \mu) = \exp \left\{ - \left[ 1 + k \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/k} \right\}$$

Donde  $x$  es la variable aleatoria,  $k$  es el parámetro de forma,  $\sigma$  sigma es el parámetro de escala y  $\mu$  es el parámetro de localización. Esta función nos permitirá estimar el valor de  $H_s$  para cada periodo de retorno de interés.

Se realiza además un ajuste para obtener la relación entre  $H_s$  y  $T_p$ . De esta forma, una vez obtenidas las alturas de ola  $H_s$  para cada periodo de retorno, se puede estimar el valor de periodo de pico esperado, a través de dicha relación.

### 3.2.2 ROSA DE OLEAJE



SECTOR	MARCA (°)	PROBABILIDAD
N	0	0.002
NNE	22.5	0.004
NE	45	0.025
ENE	67.5	0.331
E	90	0.580
ESE	112.5	0.046
SE	135	0.005
SSE	157.5	0.003
S	180	0.001
SSW	202.5	0.000
SW	225	0.000
WSW	247.5	0.001
W	270	0.001
WNW	292.5	0.000
NW	315	0.000
NNW	337.5	0.001

Figura 5. Rosa de oleaje y probabilidad de presentación de direcciones de oleaje. Régimen extremal.

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse a partir de la rosa de oleaje y de la tabla de probabilidades, más del 50% de los datos de temporal se concentran en el sector E y más de un 30% en el sector ENE, por lo que serán los sectores que se analizarán de forma más exhaustiva.

### 3.2.3 TABLA DE PROBABILIDAD CONJUNTA HS-TP OMNIDIRECCIONAL

En el análisis omnidireccional se puede apreciar que los estados de mar más probables vienen caracterizados por alturas de ola significantes de entre 2 y 2.5 m con periodos de pico entre 7 y 8 s y alturas de ola significantes de entre 1.5 y 2 m con periodos de pico entre 6-7 s.

Hs [m]	Tp [s]													
	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]	[6,7]	[7,8]	[8,9]	[9,10]	[10,11]	[11,12]	[12,13]	[13,14]	[14,15]
[0,0.5]														
[0,1]														
[1,1.5]														
[1.5,2]				0	0	0.084	0.072	0.045	0.039	0.012	0.009	0.009	0.003	0
[2,2.5]				0.003	0.009	0.036	0.128	0.081	0.075	0.018	0.012	0.012	0.009	0
[2.5,3]				0	0.006	0	0.054	0.075	0.039	0.009	0.003	0	0.003	0
[3,3.5]				0	0	0	0	0.051	0.021	0.018	0.009	0	0	0
[3.5,4]				0	0	0	0	0.012	0.021	0.009	0.003	0	0	0
[4,4.5]				0	0	0	0	0	0.003	0	0	0	0	0
[4.5,5]				0	0	0	0	0	0	0.003	0.003	0	0	0
[5,5.5]				0	0	0	0	0	0	0	0.003	0	0	0
[5.5,6]				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6,6.5]				0	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0	0
[6.5,7]				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 5.- Probabilidad Hs-Tp en régimen extremal. Análisis omnidireccional. Fuente: elaboración propia.

### 3.2.4 TABLA DE PROBABILIDAD CONJUNTA HS-TP DIRECCIONAL

Se ha obtenido la probabilidad conjunta para los sectores más probable de procedencia de oleaje en régimen extremal. En el sector de procedencia del oleaje ENE, los estados de mar más probables vienen caracterizados por alturas de ola comprendidas entre 2 y 2.5 m y con periodos de pico entre 7 y 9 s. En el sector E las alturas de ola significantes más frecuentes alcanzan los 3 m con periodos de pico de entre 8 y 9 s.

Hs [m]	Tp [s]													
	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]	[6,7]	[7,8]	[8,9]	[9,10]	[10,11]	[11,12]	[12,13]	[13,14]	[14,15]
[0,0.5]														
[0,1]														
[1,1.5]														
[1.5,2]						0.062	0.047	0.039	0.031	0.023	0.016	0.016	0	0
[2,2.5]						0.039	0.140	0.116	0.085	0.031	0.016	0.023	0.023	0
[2.5,3]						0	0.023	0.101	0.016	0.008	0.008	0	0.008	0
[3,3.5]						0	0	0.047	0.008	0.016	0.008	0	0	0
[3.5,4]						0	0	0.016	0.008	0.016	0	0	0	0
[4,4.5]						0	0	0	0.008	0	0	0	0	0
[4.5,5]						0	0	0	0	0	0	0	0	0
[5,5.5]						0	0	0	0	0	0	0	0	0
[5.5,6]						0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6,6.5]						0	0	0	0	0	0	0.008	0	0
[6.5,7]						0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 6.- Probabilidad Hs-Tp en régimen extremal. Análisis direccional (ENE). Fuente: elaboración propia.

Hs [m]	Tp [s]													
	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]	[6,7]	[7,8]	[8,9]	[9,10]	[10,11]	[11,12]	[12,13]	[13,14]	[14,15]
[0,0.5]														
[0,1]														
[1,1.5]						0	0	0	0	0	0			
[1.5,2]						0.064	0.058	0.058	0.053	0.006	0.006	0	0	0
[2,2.5]						0.029	0.117	0.094	0.070	0.012	0	0	0	0
[2.5,3]						0	0.070	0.105	0.053	0	0	0	0	0
[3,3.5]						0	0	0.070	0.029	0.023	0.012	0	0	0
[3.5,4]						0	0	0.012	0.029	0.006	0	0	0	0
[4,4.5]						0	0	0	0	0	0.006	0	0	0
[4.5,5]						0	0	0	0	0.006	0.006	0	0	0
[5,5.5]						0	0	0	0	0	0.006	0	0	0
[5.5,6]						0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6,6.5]						0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6.5,7]						0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 7.- Probabilidad Hs-Tp en régimen extremal. Análisis direccional (E). Fuente: elaboración propia.

### 3.2.5 FUNCIÓN GENERALIZADA DE EXTREMOS. HS.

Las figuras adjuntas muestran el mejor ajuste obtenido y sus parámetros. Se ha realizado el ajuste para toda la serie de datos de temporal y por otro lado, para los sectores ENE y E, que son aquellos en los que se concentran la mayor parte de los temporales.

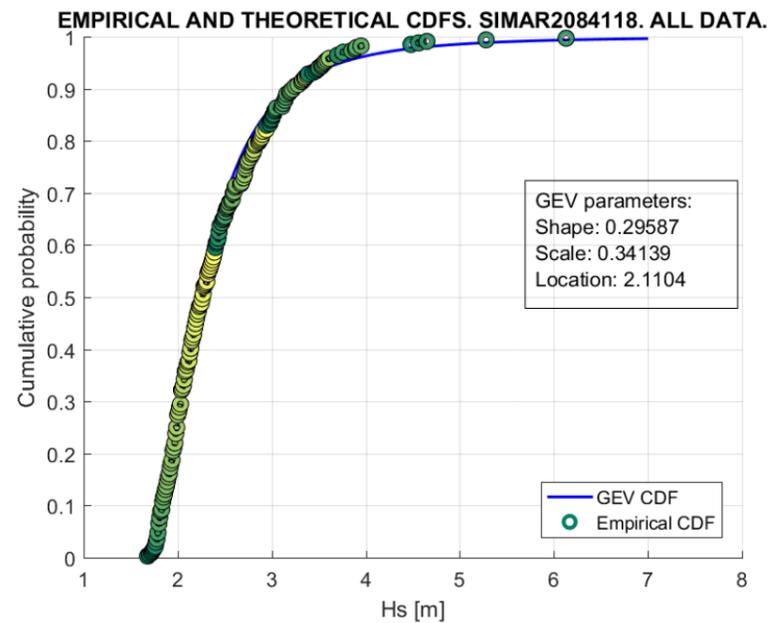


Figura 6. Función generalizada de extremos. Análisis omnidireccional. Fuente: elaboración propia.

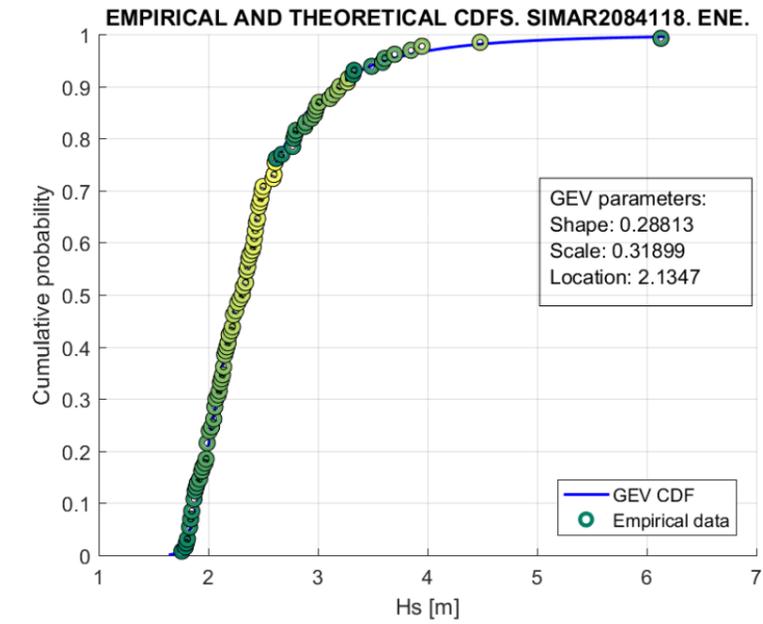


Figura 7. Función generalizada de extremos. Análisis direccional (ENE). Fuente: elaboración propia.

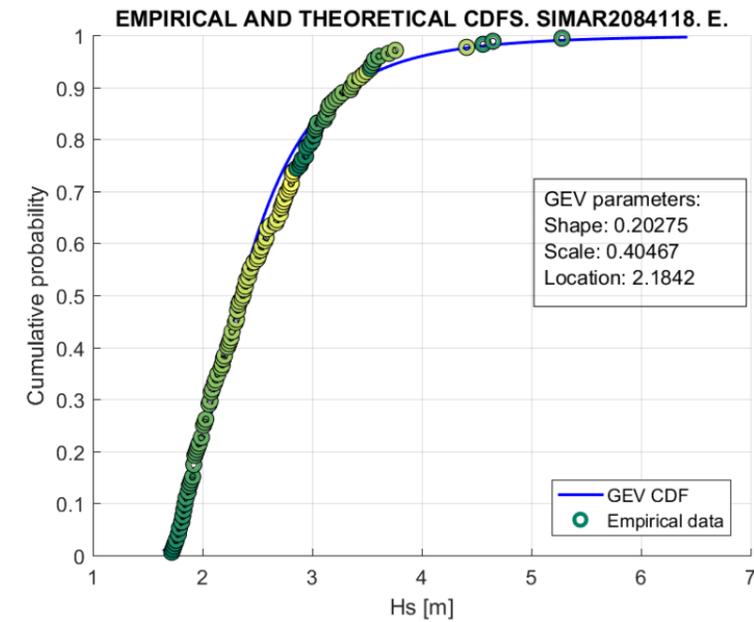


Figura 8. Función generalizada de extremos. Análisis direccional (E). Fuente: elaboración propia.

### 3.2.6 OBTENCIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE ALTURA DE OLA Y PERIODO DE PICO

Para la obtención de la relación Hs-Tp se siguen las directrices de la ROM 0.3-91, que recomienda en primer lugar obtener la relación Hs-Tz (donde Tz es el periodo medio) a partir de los intervalos límites de peralte (S). En aguas profundas la relación que liga el peralte (S), el periodo (T) y la altura de ola (H) en teoría lineal de ondas es:

$$S = \frac{H_s}{L_T} = \frac{2\pi H_s}{gT^2}$$

Una vez obtenido este ajuste de los datos con la expresión anterior se obtiene el periodo medio Tz y, asumiendo una relación lineal entre el periodo de pico Tp y el periodo medio Tz, se pueden estimar los valores de Tp asociados.

Como se puede apreciar en las figuras, el límite de peralte que mejor se ajusta para la relación Hs-Tz es  $S \cong 0.05$ , por lo que será ese el valor que se adopte para la obtención de Tz a partir de Hs.

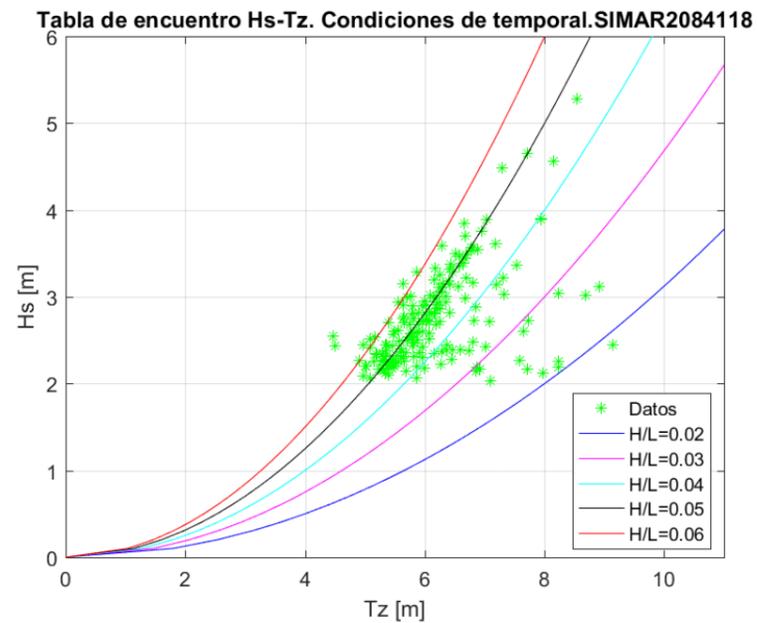


Figura 9. Tabla de encuentro H-T basada en los límites de peralte. Análisis extremal, omnidireccional.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de encuentro Hs-Tz. Condiciones de temporal.SIMAR2084118.ENE.

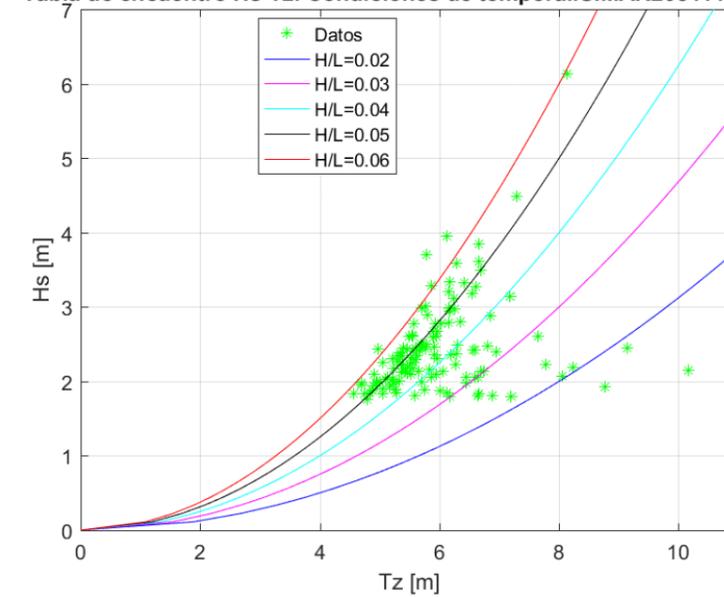


Figura 10. Tabla de encuentro H-T basada en los límites de peralte. Análisis extremal, dirección ENE.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de encuentro Hs-Tz. Condiciones de temporal.SIMAR2084118.E.

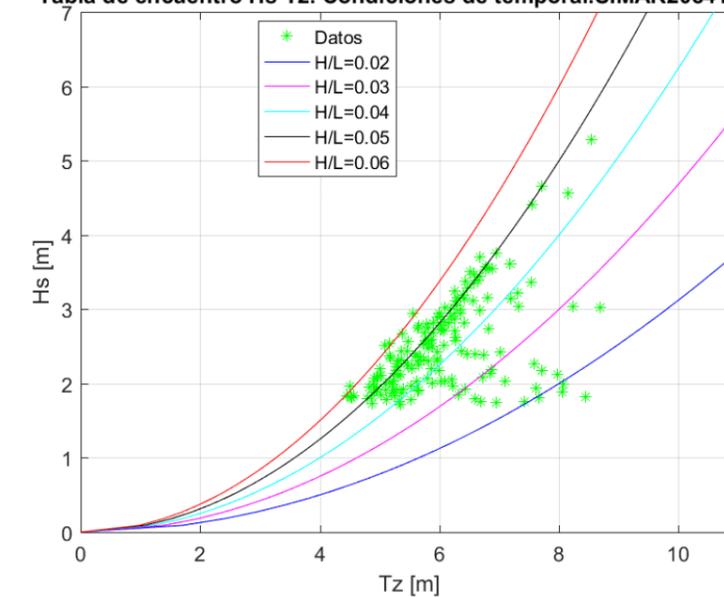


Figura 11. Tabla de encuentro H-T basada en los límites de peralte. Análisis extremal, dirección E.

Fuente: Elaboración propia.

La obtención de Tp una vez conocido el periodo medio Tz se obtiene por ajuste lineal de la serie de datos correspondiente, tal y como indica la ROM 0.3-91.

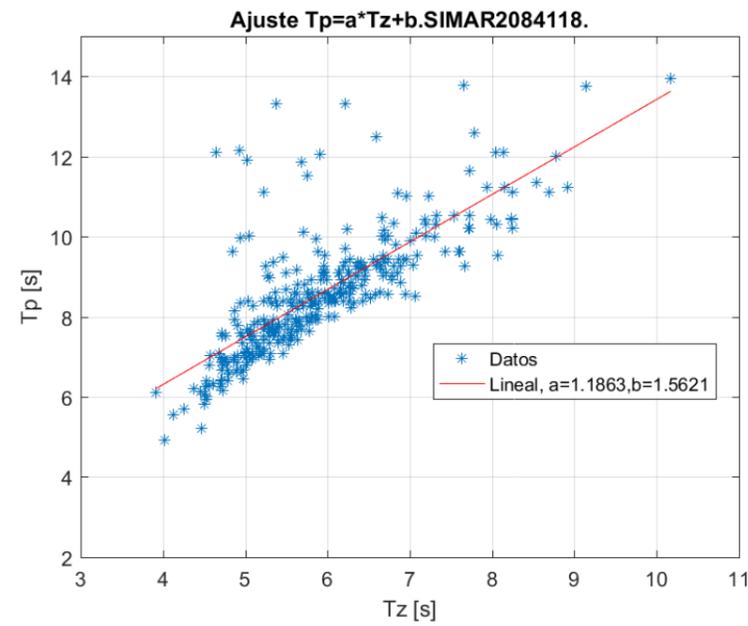


Figura 12. Ajuste lineal de la relación Tz-Tp. Análisis extremal, omnidireccional. Fuente: Elaboración propia.

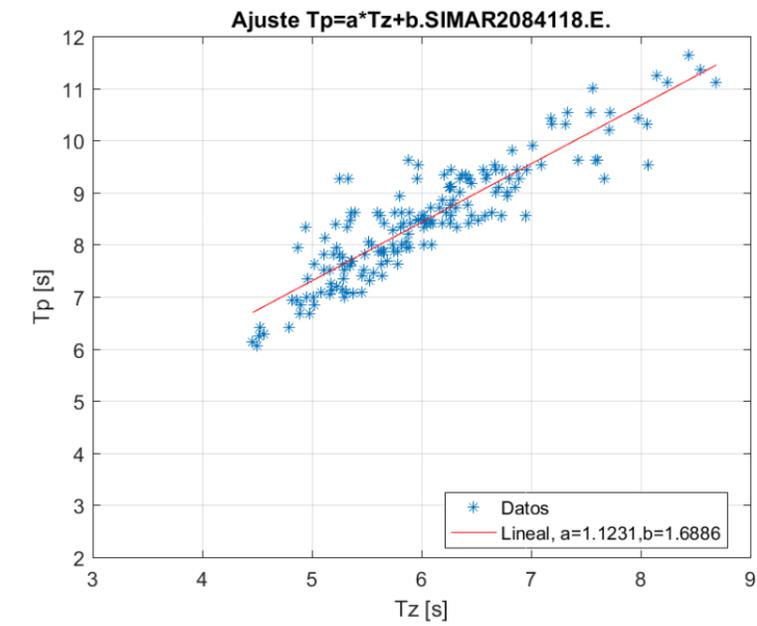


Figura 14. Ajuste lineal de la relación Tz-Tp. Análisis extremal, dirección E. Fuente: Elaboración propia.

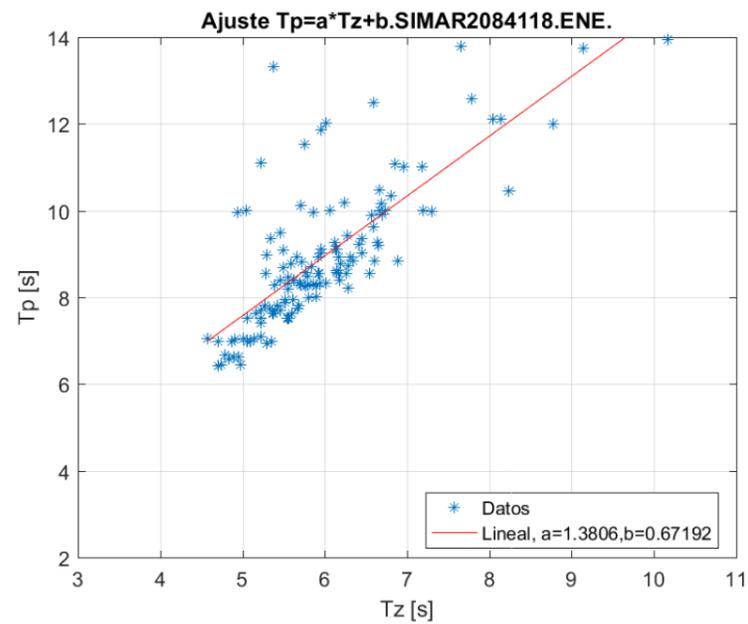


Figura 13. Ajuste lineal de la relación Tz-Tp. Análisis extremal, dirección ENE. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.7 PERIODO DE RETORNO DE DISEÑO

El periodo de retorno para la caracterización del oleaje extremal en aguas profundas, se determina en función de la vida útil y de la probabilidad de fallo para la que se diseñan las actuaciones, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{1}{1 - (1 - pf)^{Vm^{-1}}}$$

Donde Tr es el periodo de retorno en años, Vm es la vida útil en años y Pf es la probabilidad de fallo frente a los diferentes modos de fallo asociados a la obra u actuación.

En el apartado 2.8 de la ROM 1.0 Descripción de los agentes climáticos en las obras marítimas y bases para el diseño de los diques de abrigo [2] se recomiendan los valores de los índices de repercusión económica (IRE) y de repercusión social y ambiental (ISA) para los tipos de actuación posibles en áreas litorales.

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 7	VIDA ÚTIL MÍNIMA (V <sub>m</sub> ) 7 (años)	
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Puertos abiertos a todo tipo de tráficos	r <sub>3</sub> Alto	50
		Puertos para tráficos especializados	r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>1</sup> Medio (alto) <sup>1</sup>	25 (50) <sup>1</sup>
	PUERTO PESQUERO	r <sub>2</sub> Medio	25	
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO	r <sub>2</sub> Medio	25	
	INDUSTRIAL	r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>1</sup> Medio (alto) <sup>1</sup>	25 (50) <sup>1</sup>	
	MILITAR	r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>2</sup> Medio (alto) <sup>2</sup>	25 (50) <sup>2</sup>	
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES	r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>3</sup> Medio (alto) <sup>3</sup>	25 (50) <sup>3</sup>	
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES <sup>4</sup>	r <sub>3</sub> Alto	50	
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO	r <sub>2</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>5</sup> Medio (alto) <sup>5</sup>	25 (50) <sup>5</sup>	
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES	r <sub>1</sub> (r <sub>3</sub> ) <sup>6</sup> Bajo (alto) <sup>5</sup>	15 (50) <sup>7</sup>	
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS	r <sub>1</sub> Bajo	15	

Figura 15. IRE, ISA y vida útil mínima según el tipo de obra. Fuente: ROM 1.0-09.

 Figura 2.2.34. ISA y probabilidad conjunta de fallo para ELU y P<sub>ELU</sub>

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA		ÍNDICE ISA	P <sub>ELU</sub>	P <sub>FELU</sub>
COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique <sup>1</sup>	Mercancías peligrosas <sup>2</sup>	s <sub>3</sub> Alto	0.01 0.07
		Pasajeros y Mercancías no peligrosas <sup>1</sup>	s <sub>2</sub> Bajo	0.10 0.10
	Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s <sub>1</sub> No significativo	0.20 0.20
PESQUERO	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s <sub>2</sub> Bajo	0.10 0.10
	Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s <sub>1</sub> No signif.	0.20 0.20
NÁUTICO-DEPORT.	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s <sub>2</sub> Bajo	0.10 0.10
	Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s <sub>1</sub> No signif.	0.20 0.20
INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique <sup>1</sup>	Mercancías peligrosas <sup>2</sup>	s <sub>3</sub> Alto	0.01 0.07
		Mercancías no peligrosas	s <sub>2</sub> Bajo	0.10 0.10
	Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s <sub>1</sub> No significativo	0.20 0.20
MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique <sup>1</sup>		s <sub>3</sub> Alto	0.01 0.07
	Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s <sub>1</sub> No signif.	0.20 0.20
PROTECCIÓN <sup>6</sup>	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique <sup>1</sup>	Mercancías peligrosas <sup>2</sup>	s <sub>3</sub> Alto	0.01 0.07
		Mercancías no peligrosas	s <sub>2</sub> Bajo	0.10 0.10
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES <sup>3</sup>		s <sub>4</sub> Muy alto	0.0001 0.07
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		s <sub>2</sub> (s <sub>3</sub> ) <sup>4</sup> Bajo (alto) <sup>4</sup>	0.10 0.07
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		s <sub>2</sub> (s <sub>3</sub> ) <sup>5</sup> (muy alto) <sup>5</sup>	0.10 0.10
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		s <sub>1</sub> No signif.	0.20 0.20

Figura 16. ISA y probabilidad de fallo según el tipo de obra. Fuente: ROM 1.0-09.

Para regeneración y defensa de playas se tiene, a partir de las tablas anteriores, un valor de vida útil mínima de 15 años ( $V_u = 15$ ) y un valor de probabilidad de fallo en estado límite último y de servicio de 0.20 ( $P_f = 0.20$ ). Por

$$\text{tanto: } Tr = \frac{1}{1 - (1 - P_f)^{V_u}} \sim 68 \text{ años}$$

### 3.2.8 ESTADOS DE MAR DE DISEÑO EN RÉGIMEN EXTREMAL

A partir del ajuste realizado con la GEV se realiza la extrapolación y se obtienen los valores representativos para diferentes periodos de retorno ( $Tr$ ), teniendo en cuenta el número de temporales por año ( $nt$ ) obtenidos y la función inversa

$$H_{s,Tr} = CdF^{-1} \left( 1 - \frac{1}{nt \cdot Tr} \right)$$

Una vez conocidas las alturas de ola  $H_s$ , se obtienen los periodos medios  $T_z$  a partir del ajuste por límites de peralte y los periodos de pico por el ajuste lineal realizados en el apartado anterior.

Valores de diseño, Tr= 68 años.			
Dirección	Hs [m]	Tz [s]	Tp [s]
Omnidireccional	7.58	9.85	13.25
ENE	5.63	8.50	12.40
E	5.95	8.73	11.50

Tabla 8.-Caracterización de oleaje extremo para el periodo de retorno de diseño.

## 4. CARACTERIZACIÓN DEL VIENTO

En este apartado se realiza una somera caracterización del viento reinante en la zona de actuación. Los datos de viento (velocidad y dirección) se emplean al ejecutar la primera fase de la propagación del oleaje con el modelo numérico SWAN (véase Anejo de Propagación del Oleaje). Se muestra, en régimen medio, la rosa de los vientos, las probabilidades de cada dirección y el diagrama de barras de las velocidades de viento.

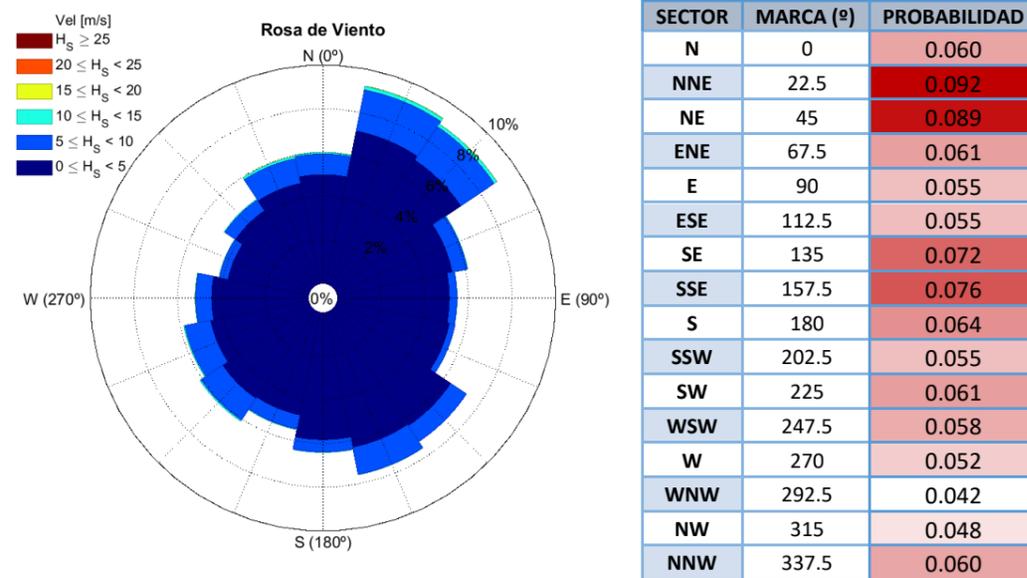


Figura 17. Rosa de viento y probabilidad. Régimen medio. Fuente: elaboración propia.

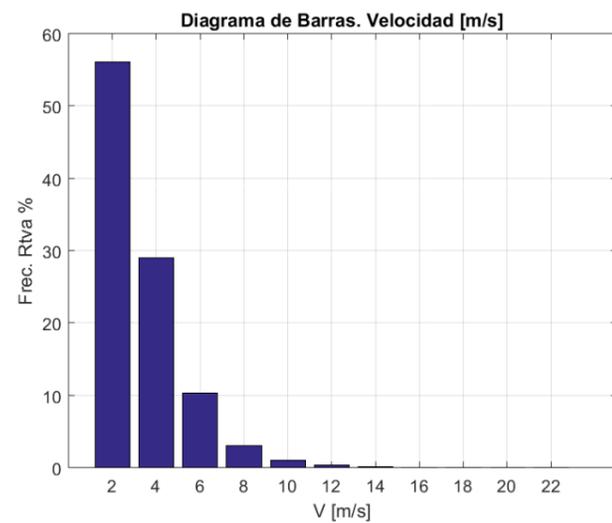


Figura 18. Diagrama de barras para velocidad de viento. Régimen medio. Fuente: elaboración propia.

## 5. NIVEL DEL MAR

La información del nivel del mar se ha extraído del mareógrafo de Sagunto, que fue puesto en funcionamiento en el año 2007 y que pertenece al conjunto REDMAR de Puertos del Estado.



Figura 19.- Ubicación del mareógrafo de Sagunto del conjunto REDMAR de Puertos del Estado.

Mareógrafo Sagunto	
Nomenclatura	Sagunto
Situación	39º63 N 0º21 O
Inicio de medidas	01-09-2007

Tabla 9.- Información básica del mareógrafo de Sagunto.

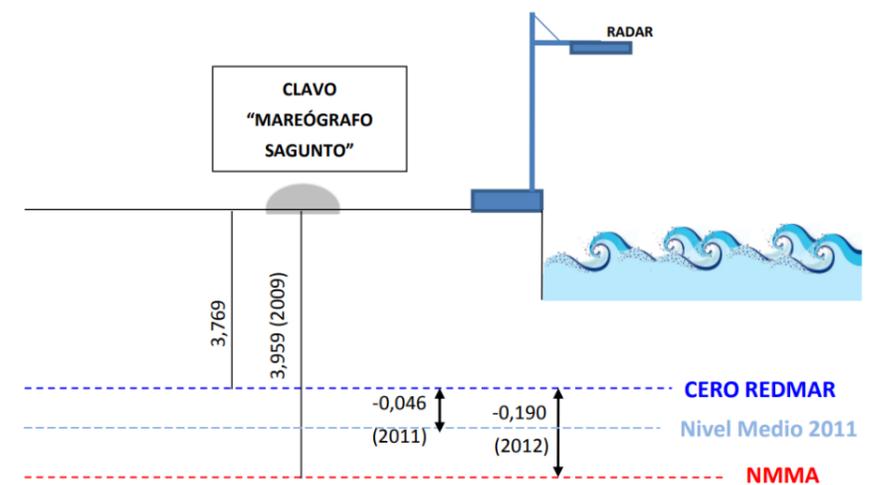


Figura 20.- Esquema datum del mareógrafo de Sagunto (en metros). Fuente: Puertos del Estado.

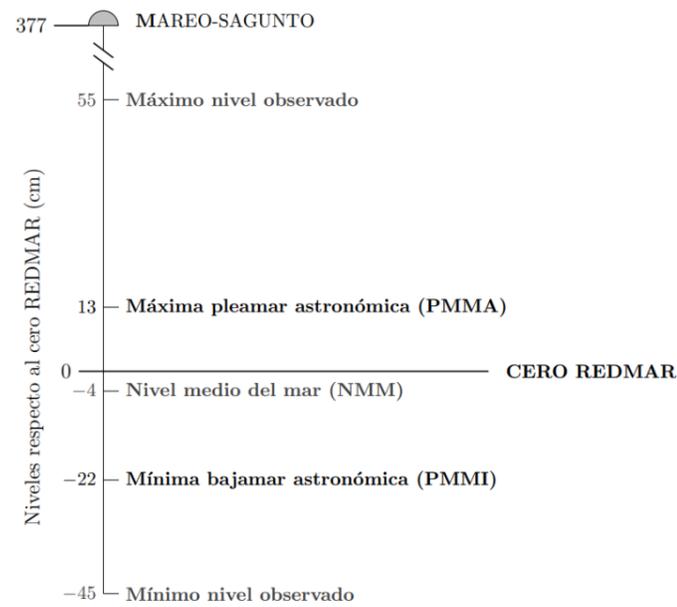


Figura 21.- Referencias del nivel del mar para el mareógrafo de Sagunto (en cm). Fuente: Informe de estadística general de Puertos del Estado.

Considerando los valores de la máxima pleamar astronómica y la mínima bajamar astronómica, la amplitud de marea media es 0.35 m.

A continuación, se muestran los resultados estadísticos más reseñables de la serie de datos del mareógrafo, recogidos en el informe de estadística general de Puertos del Estado.

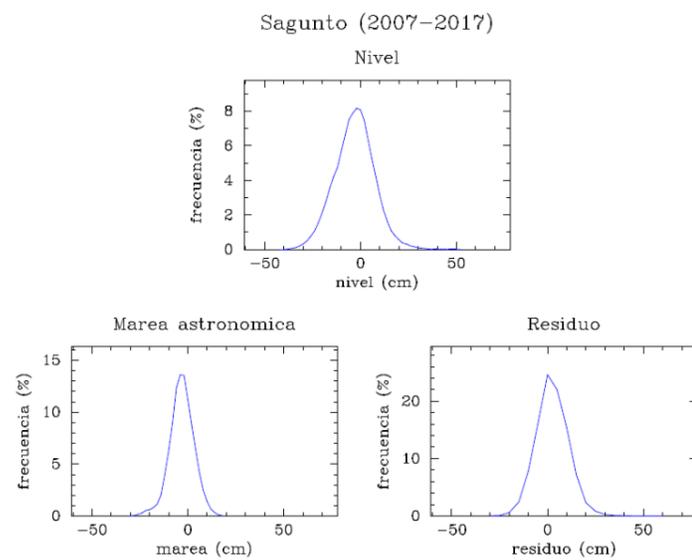


Figura 22. Distribución de frecuencia relativa de nivel del mar horario, marea astronómica y residuo meteorológico. Mareógrafo de Sagunto. Fuente: Puertos del Estado.

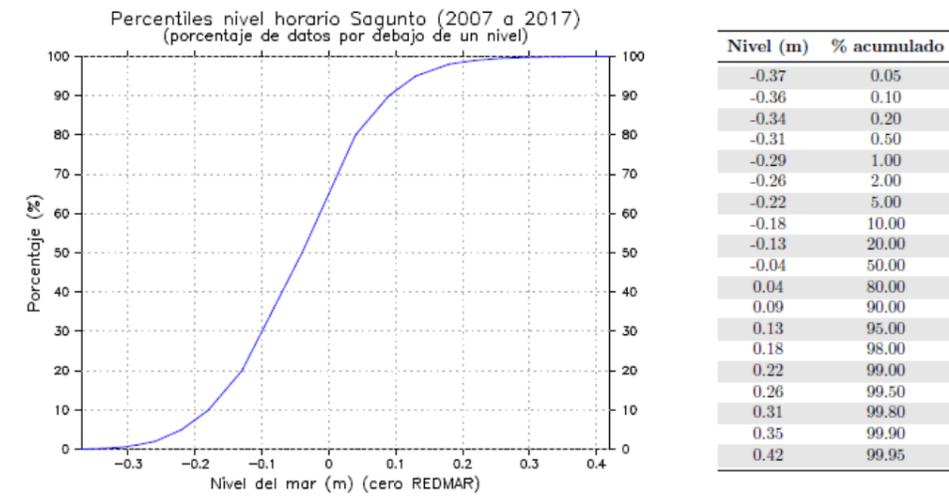


Figura 23. Distribución de frecuencia relativa acumulada y tabla de percentiles de nivel horario observado.

Mareógrafo de Sagunto. Fuente: Puertos del Estado.

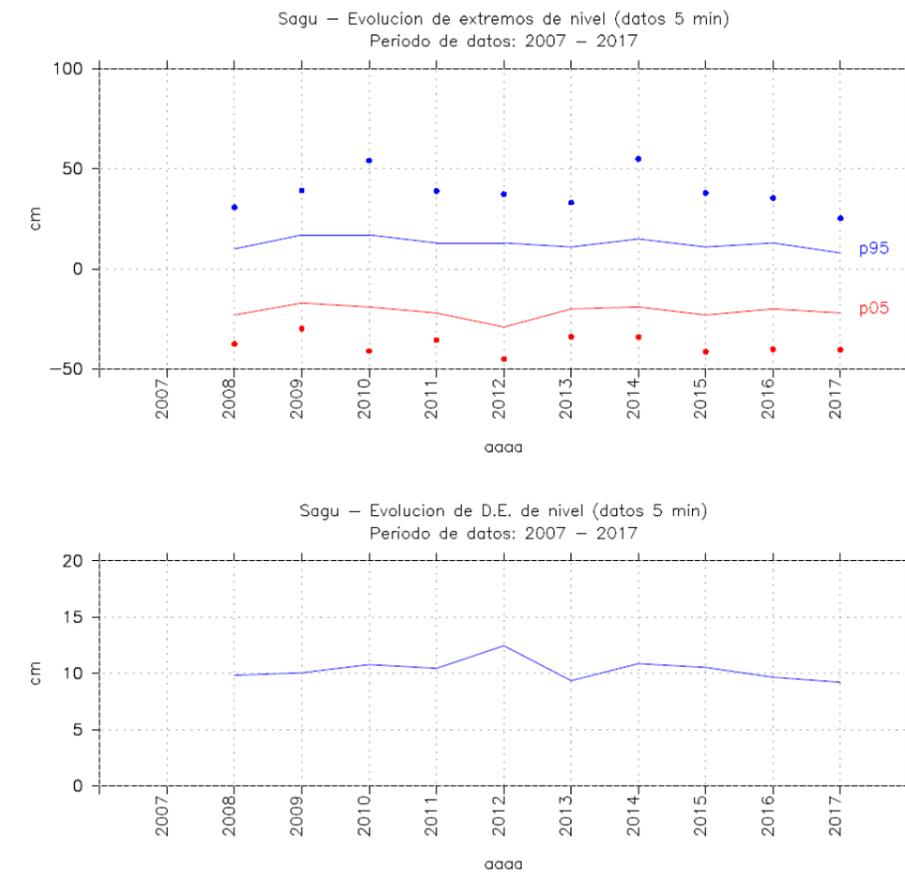


Figura 24. Histórico de extremos anuales de la serie histórica de nivel observado. Azul: máximo y percentil 95. Rojo: mínimo y percentil 5. Mareógrafo de Sagunto. Fuente: Puertos del Estado.

## **2.5.- Propagación de oleaje.**

## 1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se describe el proceso efectuado para la reconstrucción del clima marítimo a pie de playa y la obtención de los principales parámetros de diseño.

En primer lugar, se realiza una selección de estados de mar mediante la técnica del hipercubo con máxima disimilitud que permite extraer el subconjunto de estados de mar más representativos en aguas profundas. Este subconjunto de estados de mar es propagado hasta una profundidad intermedia mediante el modelo numérico SWAN y posteriormente, desde ese punto, se realiza una segunda propagación del oleaje (de nuevo de un subconjunto de casos representativos) mediante el modelo numérico OLUCA-SP (a través del programa SMC) que reproduce los fenómenos de difracción. Finalizada la propagación de los casos representativos hasta los puntos de control situados a pie de playa, se reconstruye la serie de oleaje mediante técnicas de interpolación y se analiza la serie completa reconstruida para obtener la caracterización del clima marítimo.

## 2. MODELOS EMPLEADOS EN LA PROPAGACIÓN

El oleaje, durante su propagación, puede sufrir las siguientes transformaciones:

- refracción: debido a la forma de la batimetría por la que se propaga, el oleaje sufre una variación de su dirección de propagación y de su altura de ola;
- asomeramiento: cuando el oleaje viaja hacia zonas de poca profundidad, disminuye su celeridad cambiando así su longitud de onda y su altura de ola;
- difracción: cuando, debido a la refracción o a la presencia de un obstáculo o estructura, existe un gradiente de altura de ola a lo largo de un frente y se produce una cesión de energía; y
- reflexión: cuando, debido a la presencia de un obstáculo o cambio brusco de profundidad, parte de la energía del oleaje es devuelta mar adentro.

Debido a la naturaleza de las distintas ecuaciones en las que se basan, cada uno de los modelos de propagación es capaz de reproducir adecuadamente sólo algunos de los fenómenos que experimenta el oleaje en su propagación desde aguas profundas hasta la costa.

Es por ello que en estos trabajos se realiza una propagación mixta del oleaje (de aguas profundas a aguas someras y de aguas someras hasta pie de playa), utilizando en cada una de ellas el modelo más adecuado a las transformaciones que sufre el oleaje. En la primera fase de la propagación se ha empleado el modelo SWAN a través del entorno GUIH-SWAN (desarrollado por el IH Cantabria), adecuado para zonas costeras amplias, mientras que en la segunda fase de la propagación, desde aguas someras hasta pie de playa, se ha empleado el modelo OLUCA-SP mediante el módulo MOPLA del Sistema de Modelado Costero (desarrollado también por el IH Cantabria). Así, SWAN resuelve la refracción y el asomeramiento satisfactoriamente, además de ser altamente

eficiente en extensos dominios, mientras que el modelo OLUCA es capaz de tratar y resolver adecuadamente la difracción en aguas más someras, donde es más relevante este fenómeno.

### 2.1 MODELO SWAN

El modelo SWAN (Simulating WAVes Nearshore) es un modelo numérico espectral de tercera generación utilizado para obtener estimaciones realistas de los parámetros de olas (alturas, periodos y direcciones) en áreas costeras, lagos y estuarios para una configuración batimétrica especificada y para condiciones dadas de viento y corrientes. Simula la energía contenida en las ondas en su propagación desde superficies oceánicas hasta zonas costeras.

Este modelo se basa en la ecuación de balance de energía y trabaja con mallas ortogonales y cartesianas que pueden anidarse y que permite forzar al modelo por los cuatro lados de la malla general. Contempla el oleaje generado por viento local e incluye los efectos no lineales de interacción ola-ola y white-capping. Además, considera los fenómenos de reflexión, asomeramiento, disipación de energía por fondo y rotura. Sin embargo, resuelve la difracción de forma aproximada.

En estos trabajos se ha ejecutado el modelo SWAN a través del entorno gráfico GUIH-SWAN desarrollado por el IH Cantabria.

### 2.2 MODELO OLUCA-SP

El modelo Oluca-SP corresponde a los modelos espectrales no dispersivos que resuelven la fase, (MRF). Estos modelos discretizan el espectro de entrada en un número de secciones de energía a las que le asocian componentes. El modelo requiere como entrada en el contorno exterior (mar adentro), un estado de mar direccional, el cual está representado por un espectro bidimensional discretizado en componentes frecuenciales y direccionales, las cuales son propagadas de manera simultánea.

Para la propagación de los componentes de energía, la aproximación parabólica incluye refracción-difracción con interacción oleaje-corriente (Kirby, 1986 a). El modelo predice las pérdidas de energía debido a la rotura del oleaje mediante la utilización de tres diferentes modelos estadísticos de disipación, dos de los cuales calculan la tasa media de disipación de energía asociada a un bore en movimiento (Battjes y Jansen, 1978; Thornton y Guza, 1983) y un tercero que asocia la tasa de disipación al gradiente entre el flujo de energía estable y local (Winyu y Tomoya, 1998).

En estos trabajos se ha empleado el módulo MOPLA del Sistema de Modelado Costero desarrollado por el IH Cantabria, que recoge, entre otros, el modelo numérico OLUCA-SP.

### 3. BATIMETRÍA EMPLEADA

Para la constitución del modelo digital del terreno necesario para llevar a cabo la propagación del oleaje desde aguas indefinidas hasta la costa, se realiza una superposición de información batimétrica y cartográfica disponible de la zona, así como el estudio topobatimétrico de detalle realizado en el marco del proyecto.

A continuación, se exponen las batimetrías empleadas. Para el modelo SWAN, que propaga el oleaje desde aguas profundas hasta aguas someras, se emplea la batimetría más completa, mientras que para el modelo OLUCA se emplea la batimetría de detalle realizada en este año 2020.

- Batimetría para la provincia de Castellón realizada por la empresa HIDTMA dentro del Plan de Ecocartografías del litoral español que lleva a cabo la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, así como la línea de costa asociada. Esta batimetría llega hasta la profundidad de 40 m.

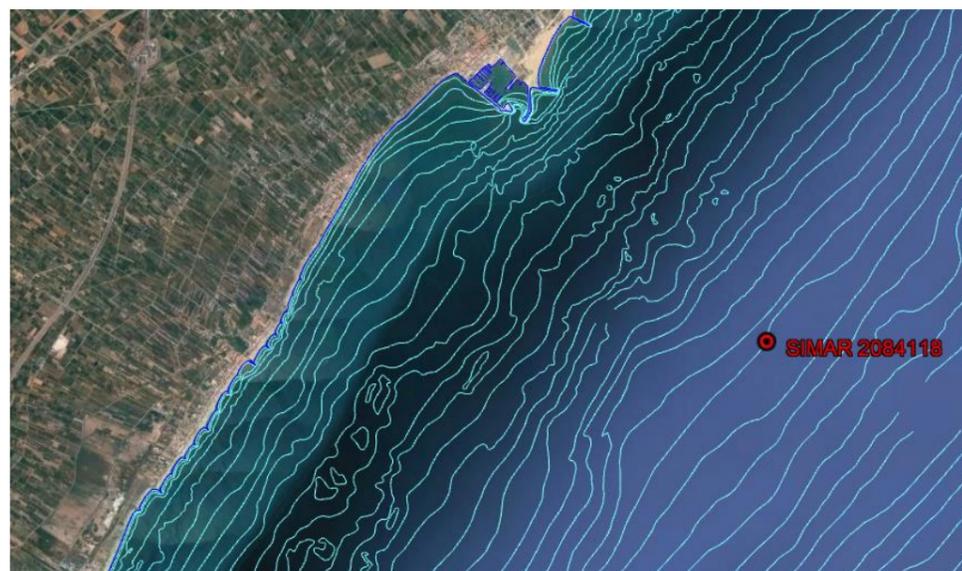


Figura 1. Vista de la batimetría general de la provincia de Castellón hasta la profundidad 40 m.

- Batimetría de detalle para la playa de estudio, realizada por la empresa Topomar en el año 2020 dentro del marco del proyecto, hasta la profundidad 10 m.



Figura 2. Vista de la batimetría y línea de costa de detalle, realizada hasta la profundidad 10 m.

### 4. EJECUCIÓN DEL MODELO SWAN

#### 4.1 FUENTE DE DATOS: CASOS DE PROPAGACIÓN

La selección de estados de mar a propagar desde aguas profundas hasta aguas intermedias o someras se realiza mediante la técnica de máxima disimilitud. Esta técnica permite extraer, a partir de toda la serie histórica de datos, el subconjunto de estados de mar más representativos, considerando su dirección de propagación y los parámetros espectrales que lo caracterizan, para posteriormente realizar la transferencia hasta aguas someras mediante la técnica del hipercubo, a partir de la interpolación de los resultados de la propagación de casos con diferentes combinaciones de altura, periodo y dirección del oleaje.

Para ello se emplea el Hipercubo MAXDISS, algoritmo desarrollado por el IH Cantabria, que permite tanto la selección de los estados de mar representativos como la posterior reconstrucción de la serie en los puntos hasta los cuales se realiza la propagación. Esta reconstrucción de la serie se realiza mediante técnicas de interpolación y nos permite realizar de nuevo el análisis de oleaje en la zona de interés.

La selección de casos se realiza a partir de la serie de datos del punto SIMAR 2084118. Se han filtrado aquellas direcciones de oleaje no activas, esto es, las comprendidas entre 202°5 hasta 22°5, puesto que debido a la orientación de la línea de costa respecto al norte en nuestra zona de actuación, los oleajes de interés son los comprendidos entre el NNE y el SSW.

De esta forma, con el método del hipercubo y máxima disimilitud se obtienen 200 casos (estados de mar), representados en rojo en las figuras siguientes.

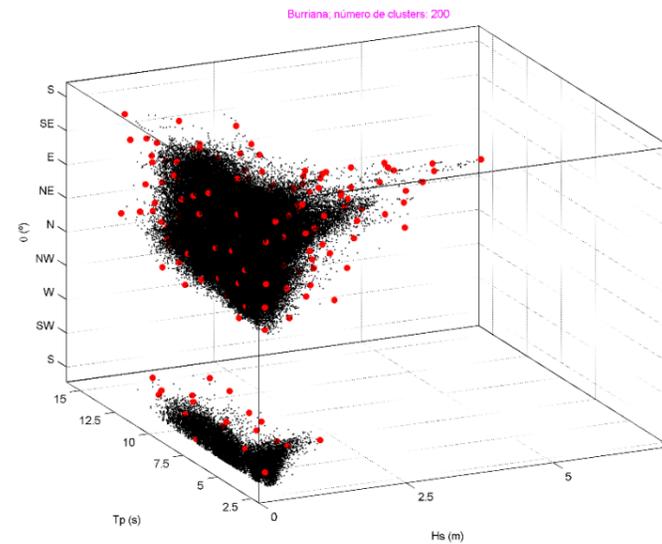


Figura 3. Hipercubo 3D de los estados de mar de la serie SIMAR 2084118.

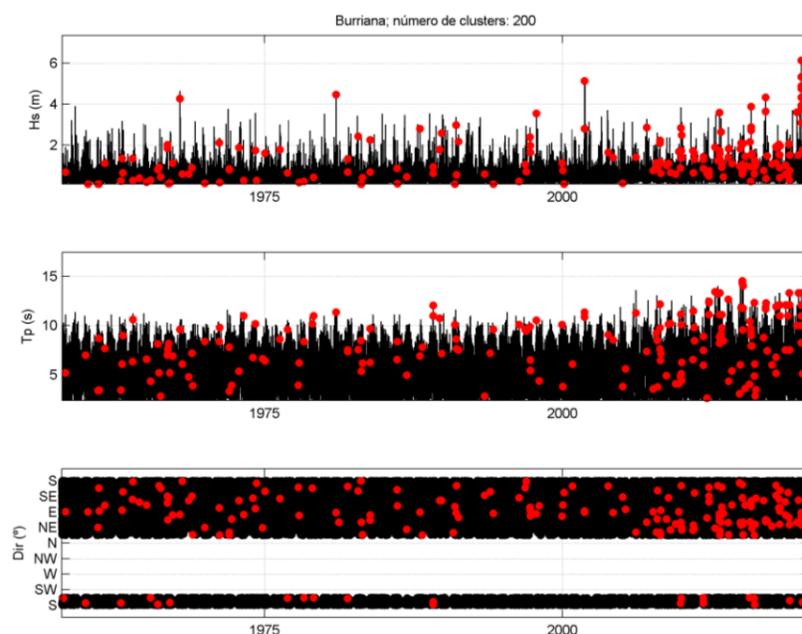


Figura 4. Series temporales y selección de estados de mar representativos de la serie SIMAR 2084118.

Una vez que se han seleccionado los estados de mar, se genera el fichero necesario que servirá como input para el SWAN. Cada estado de mar está caracterizado por la terna  $(H_s, T_p, Dir)$ . La velocidad y dirección del viento asociados a estos estados de mar se consideran también inputs al modelo para la generación del mar de viento.

#### 4.2 BATIMETRÍA, MALLAS COMPUTACIONALES Y CASOS A EJECUTAR

La batimetría que se emplea en esta primera fase de propagación del oleaje es, como se indicó en el apartado anterior, la correspondiente a la Ecocartografía de la provincia de Castellón.

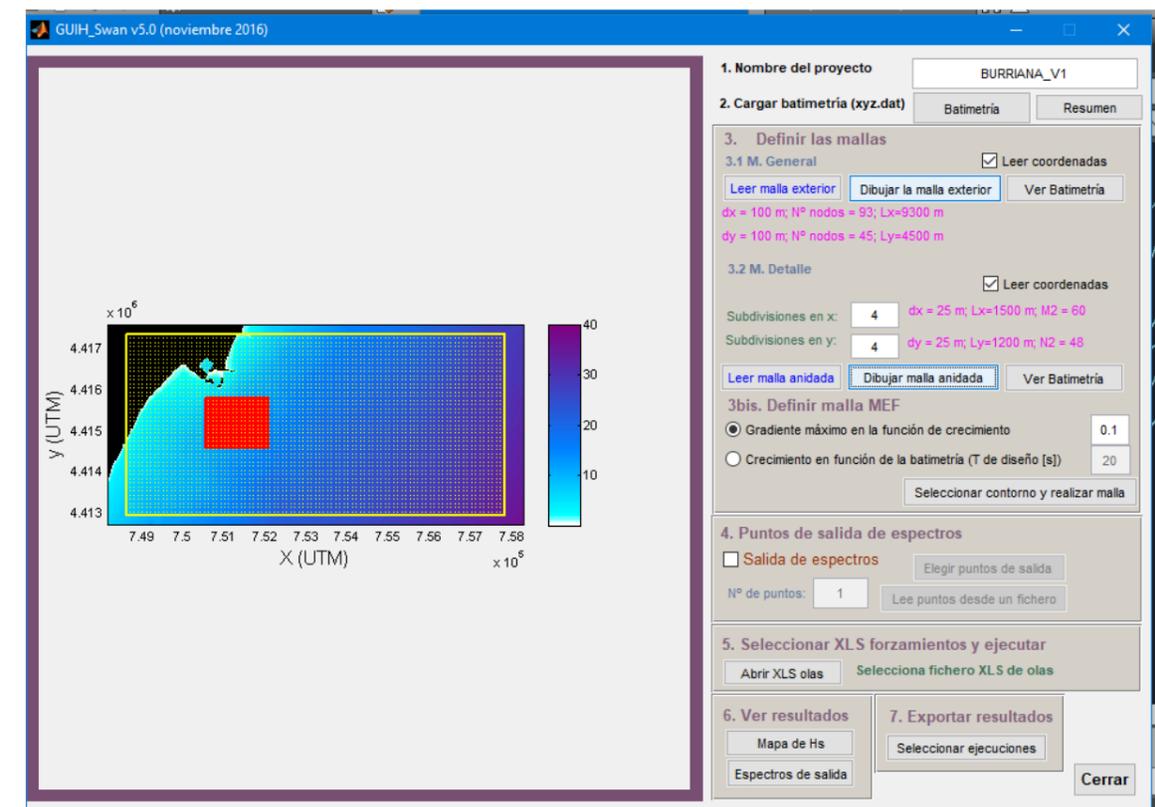


Figura 5. Vista del entorno gráfico del GUIH-SWAN con la batimetría.

Las mallas computacionales que se disponen son: una malla general y una malla anidada de detalle con la que se aumenta la resolución numérica para reconstruir la serie en el punto de control intermedio. Las principales características de estas mallas se indican en la tabla adjunta.

Malla computacional	Xmin	Xmax	Ymin	Ymax	dx [m]	dy [m]
Malla general	748625.0607	757856.8859	4412949.8938	4417369.9652	100	100
Malla de detalle	750575.2369	752121.2365	4414596.3001	4415761.8341	25	25

Tabla 1.-Características de las mallas computacionales elegidas para la propagación con el modelo SWAN.

### 4.3 RESULTADOS Y RECONSTRUCCIÓN DE LA SERIE EN EL PUNTO DE CONTROL

#### 4.3.1 PUNTO DE CONTROL SELECCIONADO

Se ha tomado un punto de control en el interior de la malla anidada, situado a una profundidad aproximada de 10 m. La serie reconstruida en este punto de control servirá como input para la siguiente fase de propagación con el modelo OLUCA-SP.

Punto Control	Xutm	Yutm	Profundidad [m]
PC	752156.3975	4414910.236	10

Tabla 2.- Punto de control (coordenadas y profundidad) para la primera fase de propagación.

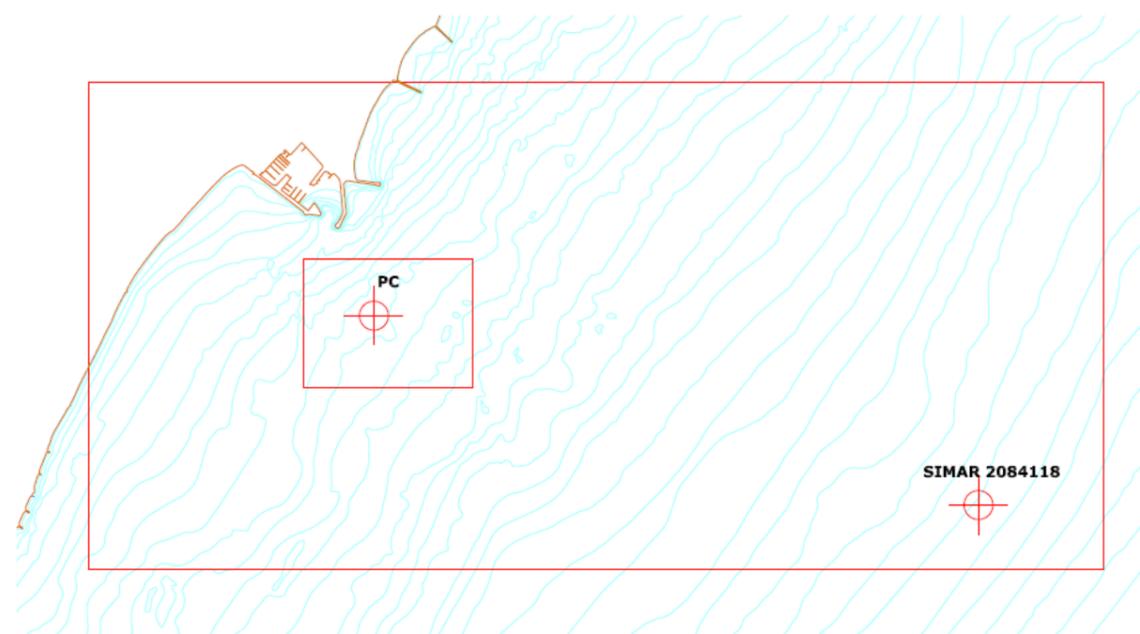


Figura 6. Situación del punto de control (PC) y mallas en el modelo SWAN.

Una vez realizadas las propagaciones de los estados de mar se reconstruye la serie por técnicas de interpolación, que permite, a través de los coeficientes de asomeramiento y refracción resultantes de la propagación de los estados de mar seleccionados, reconstruir la serie completa de oleaje en el punto objetivo.

A partir de la serie de oleaje reconstruida se obtiene la rosa de oleaje y la probabilidad de presentación de cada una de las direcciones de propagación, de forma que se puede volver a seleccionar un listado de casos por las técnicas del hipercubo para la propagación hasta pie de playa con el SMC.

#### 4.3.2 ROSA DE OLAJE Y SELECCIÓN DE CASOS PARA LA PROPAGACIÓN CON SMC

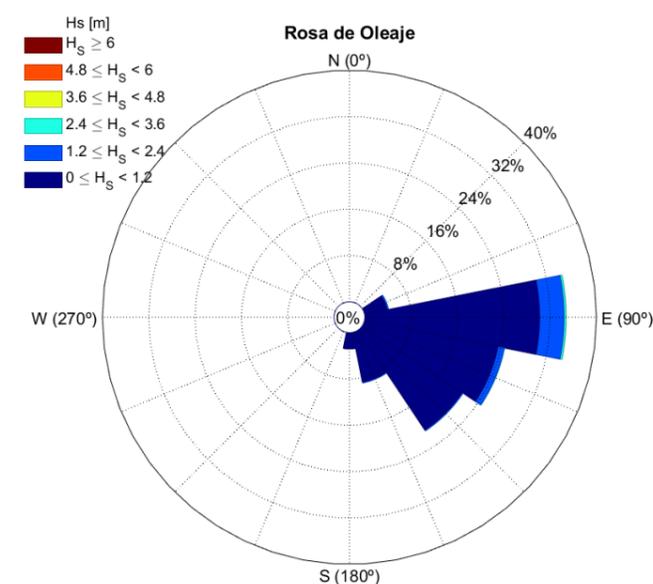


Figura 7. Rosa de oleaje en régimen medio en el punto de control a 10 m profundidad.

En la rosa de oleaje obtenida en el punto de control se observa el cambio experimentado por el oleaje desde aguas profundas hasta la costa. Se aprecia un incremento del porcentaje de oleajes de dirección del segundo cuadrante, gran parte de éstos originariamente procedentes del primer cuadrante, y que han cambiado su trayectoria gradualmente.

A partir de esta serie reconstruida, se realiza de nuevo la selección de casos por el método del hipercubo y máxima disimilitud, obteniéndose 150 casos (estados de mar) representativos, marcados en rojo en las figuras siguientes. Como se puede apreciar, las direcciones de propagación en el punto de control se encuentran concentradas en 3 sectores principales (E, ESE, SE).

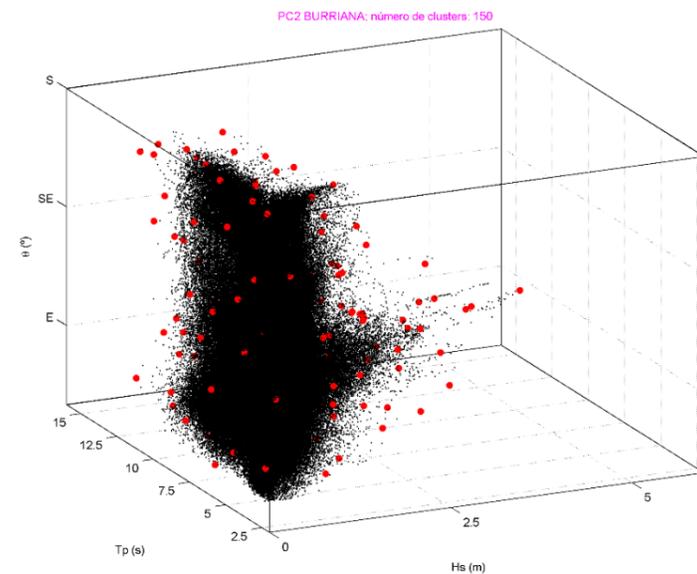


Figura 8. Hipercono 3D de los estados de mar de la serie reconstruida en el punto de control.

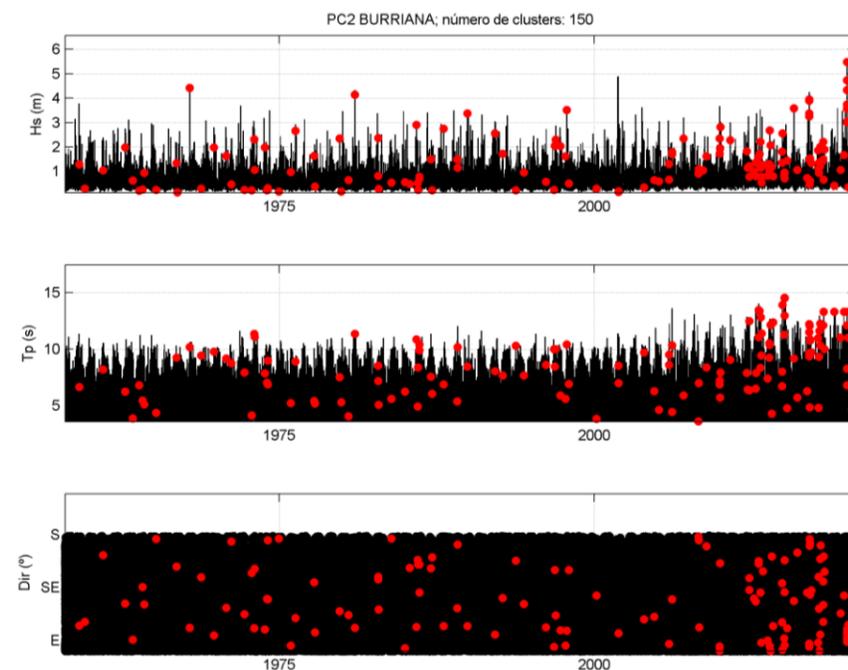


Figura 9. Series temporales de Hs, Tp y Dir y selección de estados de mar representativos en el punto de control.

Estos 150 casos serán propagados mediante el modelo espectral OLUCA SP, bajo el entorno del módulo MOPLA del Sistema de Modelado Costero, como ya se indicó anteriormente al principio de este anejo.

## 5. EJECUCIÓN DEL MODELO OLUCA-SP

### 5.1 FUENTE DE DATOS: CASOS DE PROPAGACIÓN

Los casos a propagar son los 150 estados de mar que se han obtenido mediante la técnica del hipercono y que se han presentado en el apartado anterior.

### 5.2 BATIMETRÍA Y MALLA COMPUTACIONAL

La batimetría que se emplea es la batimetría de detalle que ha sido obtenida en el desarrollo de los trabajos de este proyecto y que abarca hasta la profundidad 10 m, profundidad a la que se encuentra el punto de control en el que se reconstruyó la serie de oleaje tras la propagación por el modelo SWAN.

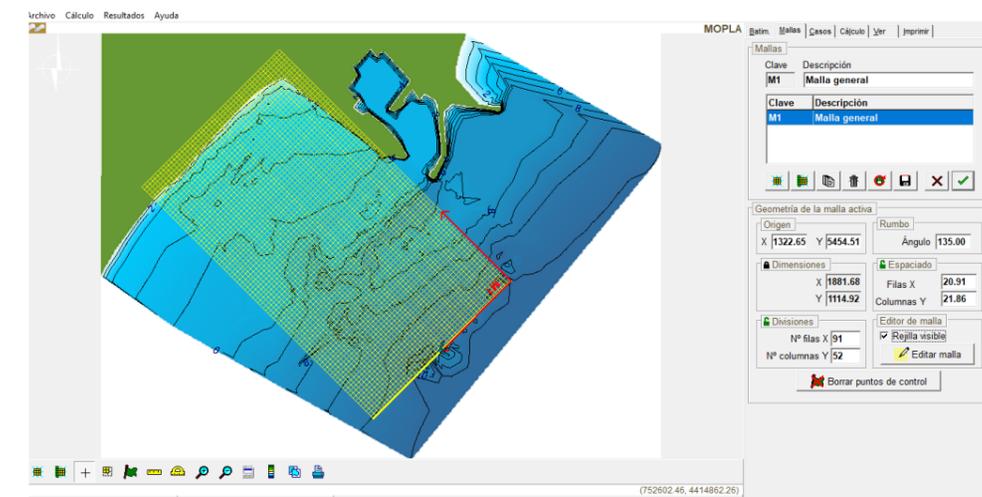


Figura 10. Vista del entorno gráfico del MOPLA con la batimetría de detalle y la malla computacional.

La malla computacional que se dispone es una única malla cuyo eje Y está orientado 135° respecto al Norte (en sentido antihorario). Esta orientación es suficiente para cubrir todas las direcciones principales de propagación del oleaje, puesto que el modelo recomienda que las direcciones de propagación de los oleajes a propagar estén en un rango de  $\pm 55^\circ$  con respecto al eje X de la malla. Las principales características de esta malla se indican en la tabla adjunta.

Malla	Origen (UTM)		Dimensiones [m]		Divisiones	
	X	Y	X	Y	Filas x	Columnas Y
M1	751322.65	4415454.51	1881.68	1114.92	91	52

Tabla 3.- Características de la malla computacional elegida para la propagación con el modelo MOPLA.

## 5.3 RESULTADOS Y RECONSTRUCCIÓN DE LAS SERIES EN LOS PUNTOS DE CONTROL

### 5.3.1 PUNTOS DE CONTROL

Se han tomado diversos puntos de control para poder reconstruir las series de oleaje en estos puntos objetivo y obtener así los parámetros de Hs necesarios para el diseño. Estos puntos de control se han situado a distintas profundidades y están estratégicamente localizados en aproximadamente las zonas centrales de las celdas litorales y frente a los puntos de difracción (Figura 11).

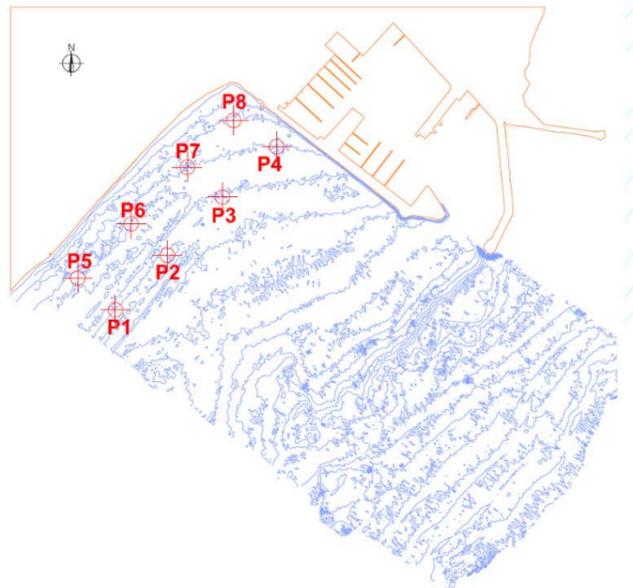


Figura 11. Localización de los puntos de control seleccionados para la propagación hasta pie de playa.

La siguiente tabla indica las coordenadas UTM y la profundidad aproximada a la que se encuentran los puntos según la batimetría actualizada.

Punto Control	Xutm	Yutm	Profundidad [m]
P1	749617.6042	4415852.6957	4.1
P2	749793.0265	4416036.9530	4.5
P3	749979.8367	4416233.1719	3.5
P4	750162.4296	4416403.7978	3.0
P5	749490.9722	4415960.0299	3.8
P6	749670.8046	4416142.5176	3.5
P7	749860.7212	4416334.2566	3.0
P8	750017.0962	4416492.1320	2.5

Tabla 4.- Puntos de control (coordenadas y profundidad) para las propagaciones hasta pie de playa.

### 5.3.2 RÉGIMEN MEDIO EN LOS PUNTOS DE CONTROL

#### 5.3.2.1 ROSAS DE OLEAJE

A continuación, se presentan las rosas de oleaje obtenidas los puntos de control a pie de playa. Como se puede observar, el oleaje se ha reorientado hasta las direcciones E y ESE, al girar los frentes de onda hasta disponerse en una dirección sensiblemente paralela a la batimetría.

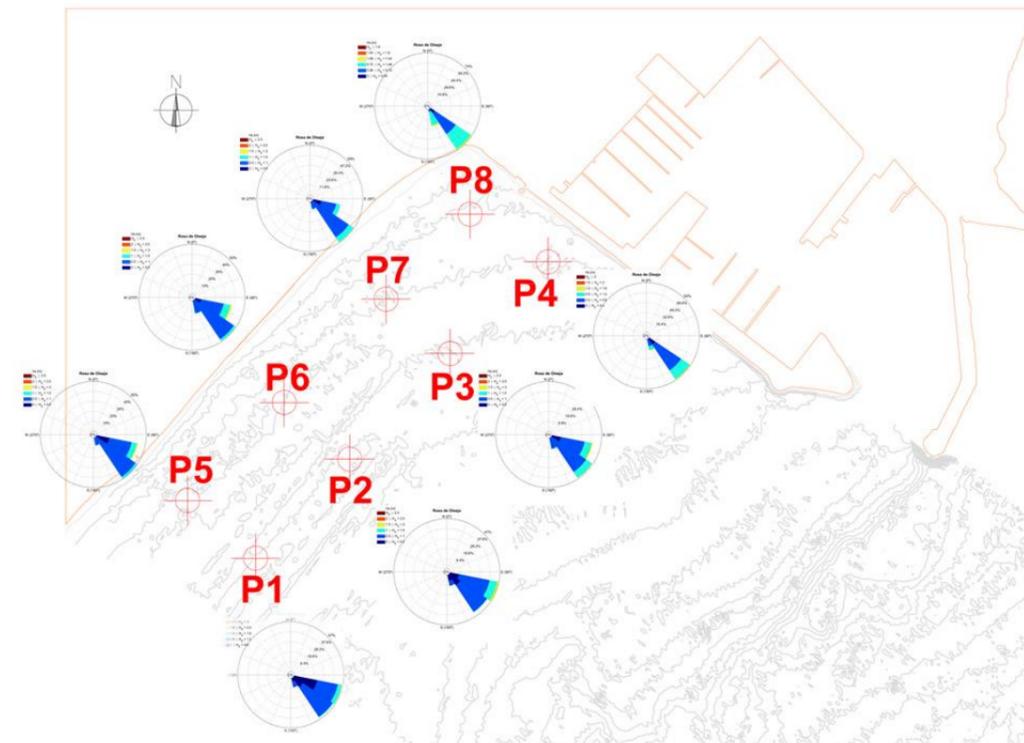


Figura 12. Rosas de oleaje obtenidas en régimen medio en cada uno de los puntos objetivos de reconstrucción.

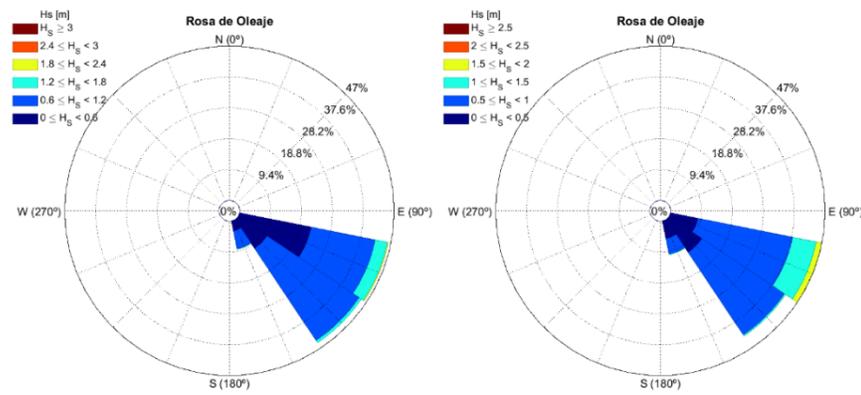


Figura 13. Rosas de oleaje en régimen medio. Puntos P1 (izquierda) y P2 (derecha)

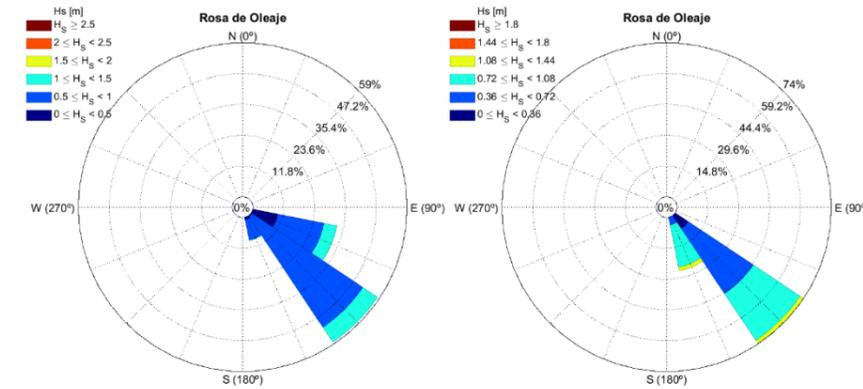


Figura 16. Rosa de oleaje en régimen medio. Puntos P7 (izquierda) y P8 (derecha).

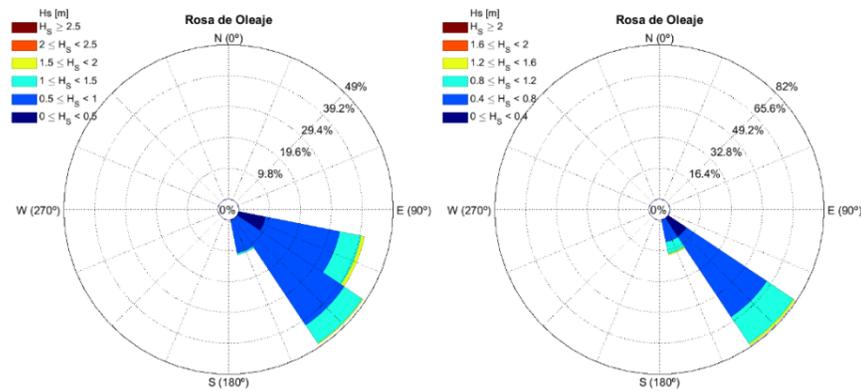


Figura 14. Rosas de oleaje en régimen medio. Puntos P3 (izquierda) y P4 (derecha)

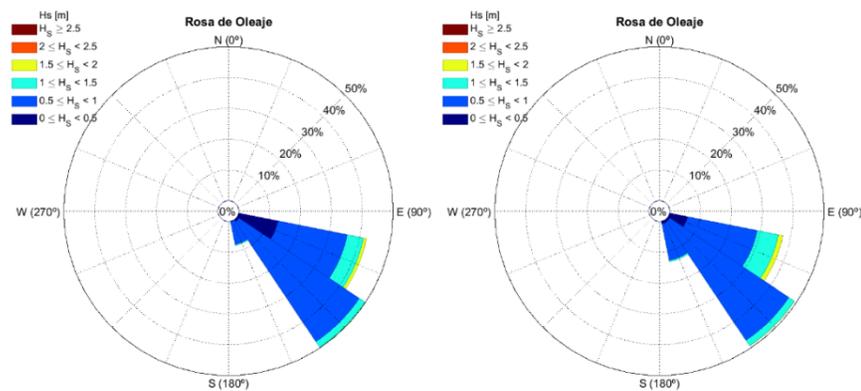


Figura 15. Rosa de oleaje en régimen medio. Puntos P5 (izquierda) y P6 (derecha).

### 5.3.2.2 MEJOR AJUSTE Y ESTADÍSTICOS REPRESENTATIVOS

Se ha realizado el mejor ajuste a funciones de distribución acumulada para las tres direcciones más frecuentes además de para el análisis direccional, obteniéndose para todas ellas los valores estadísticos más representativos, tal y como se muestran en las figuras siguientes y en la Tabla 5.  $H_{s12}$  es el valor de altura de ola significativa que es superada 12 horas en el año medio y  $H_{sp\%}$  es el valor de altura de ola significativa superado por el  $(100 - p)\%$  de los datos. Las figuras de ajuste que se muestran corresponden al ajuste omnidireccional y las tablas recogen los estadísticos para todos los sectores.

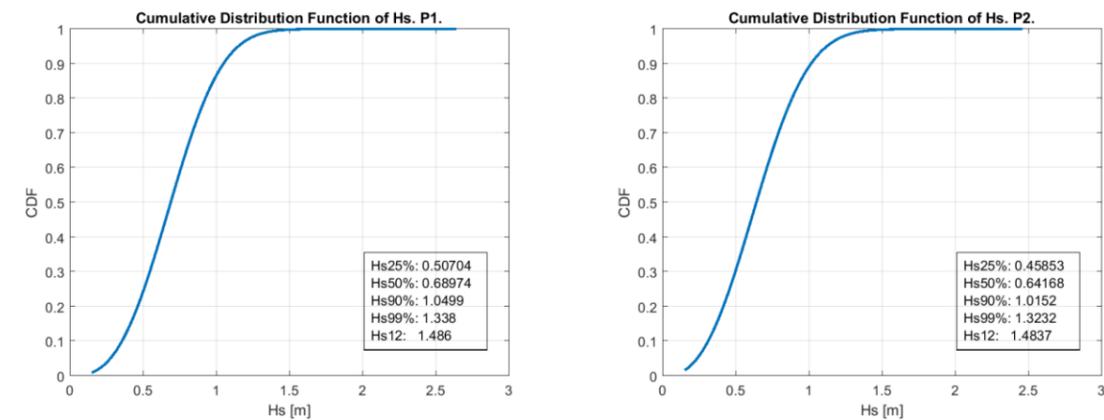


Figura 17. Función de distribución en régimen medio. Puntos P1 (izquierda) y P2 (derecha).

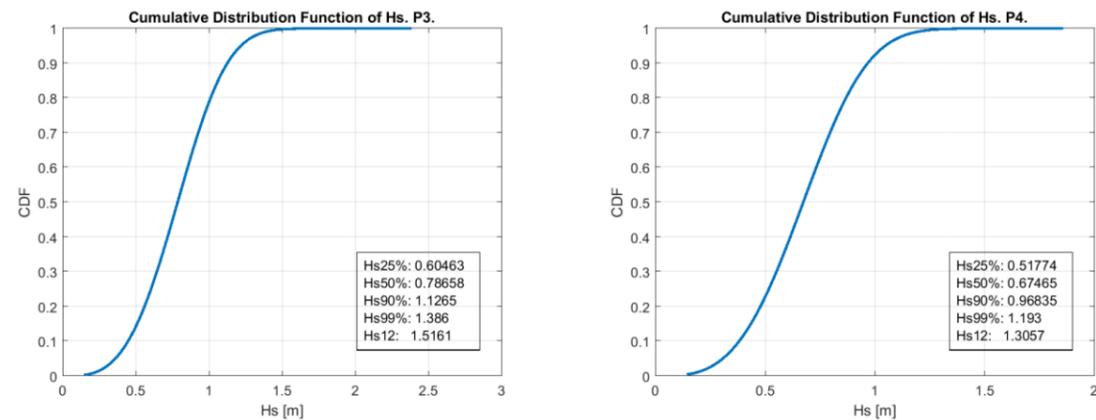


Figura 18. Función de distribución en régimen medio. Puntos P3 (izquierda) y P4 (derecha).

Punto	Hs12 [m]			
	Omnidir	ESE	SE	SSE
P1	1.49	1.78	1.23	1.23
P2	1.48	1.79	0.99	1.02
P3	1.52	1.75	1.38	1.21
P4	1.31	-	1.31	1.33
P5	1.41	1.70	1.20	1.17
P6	1.47	1.81	1.21	1.13
P7	1.38	1.58	1.31	1.09
P8	1.29	-	1.27	1.28

Tabla 5.-. Valores de Hs12 en los puntos objetivo a pie de playa.

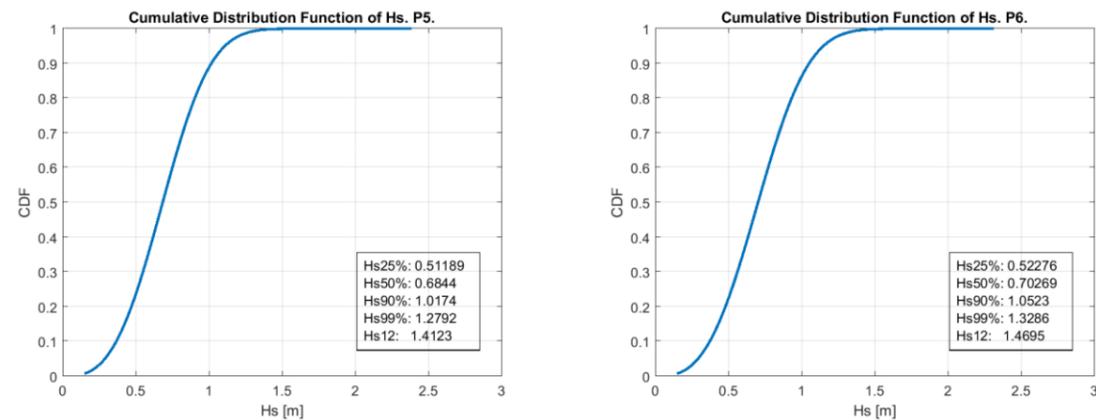


Figura 19. Función de distribución en régimen medio. Puntos P5 (izquierda) y P6 (derecha).

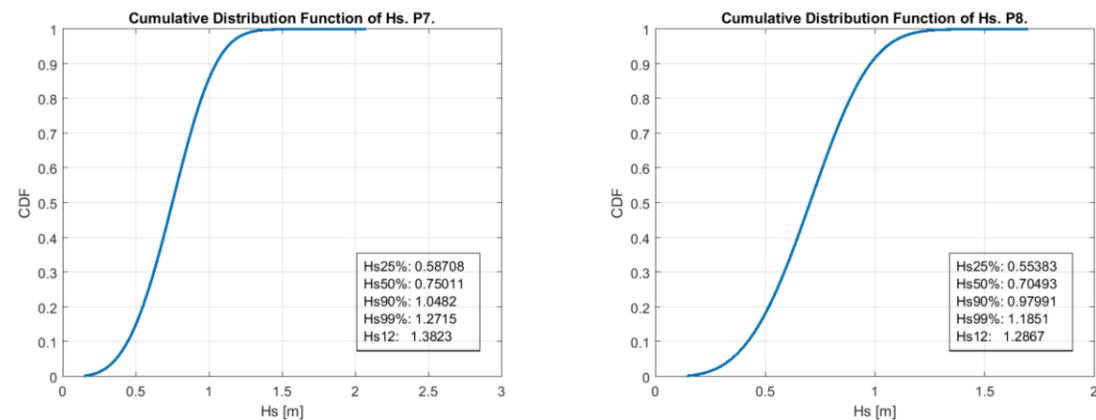


Figura 20. Función de distribución en régimen medio. Puntos P7 (izquierda) y P8 (derecha).

### 5.3.3 RÉGIMEN EXTREMAL EN LOS PUNTOS DE CONTROL

En este apartado se ha realizado el análisis del régimen extremal de la serie reconstruida de forma análoga al análisis desarrollado en aguas profundas: mediante la aplicación del método de picos sobre umbral y el ajuste a la función de extremos generalizada. Se han obtenido además los valores de diseño para el periodo de retorno considerado, tanto para régimen escalar como para las direcciones predominantes.

#### 5.3.3.1 ROSAS DE OLEAJE

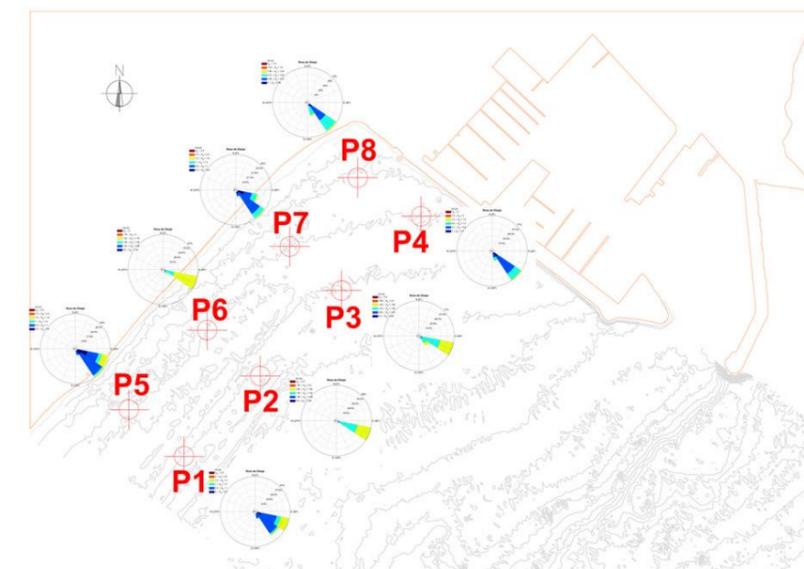


Figura 21. Rosas de oleaje obtenidas en régimen extremal en cada uno de los puntos objetivos de reconstrucción.

Las siguientes tablas muestra el resumen de los valores Hs12 obtenidos para cada dirección de procedencia del oleaje.

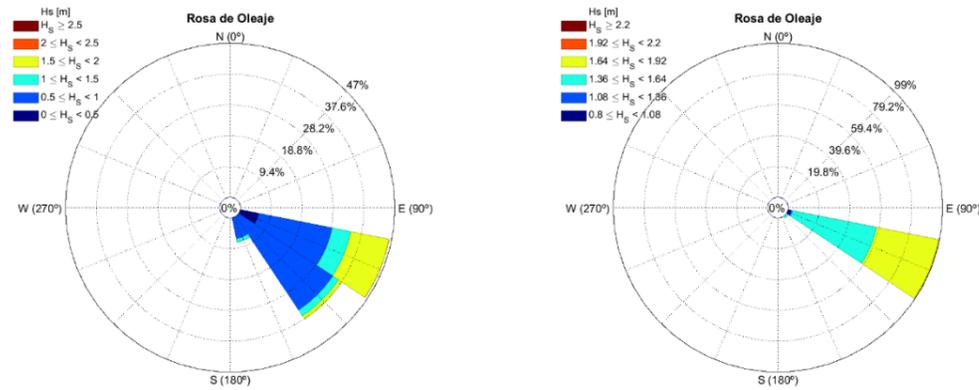


Figura 22. Rosas de oleaje en régimen extremo. Puntos P1 (izquierda) y P2 (derecha).

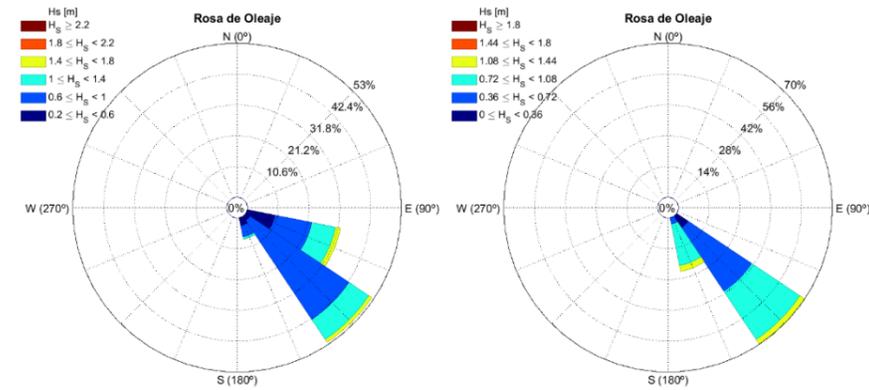


Figura 25. Rosas de oleaje en régimen extremo. Puntos P7 (izquierda) y P8 (derecha).

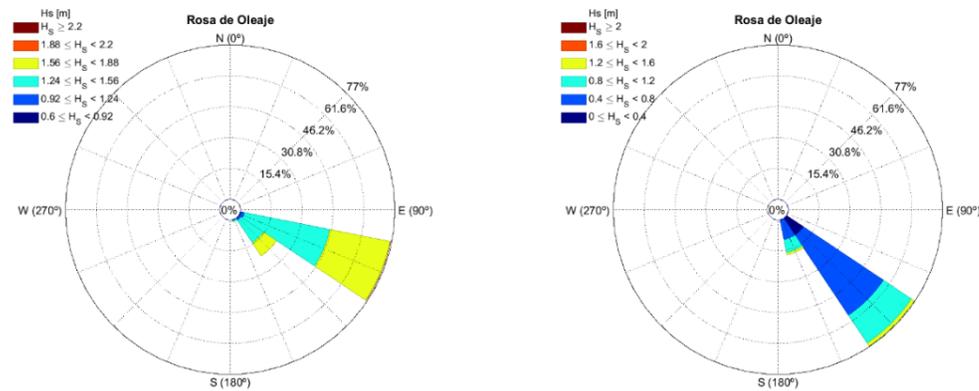


Figura 23. Rosas de oleaje en régimen extremo. Puntos P3 (izquierda) y P4 (derecha).

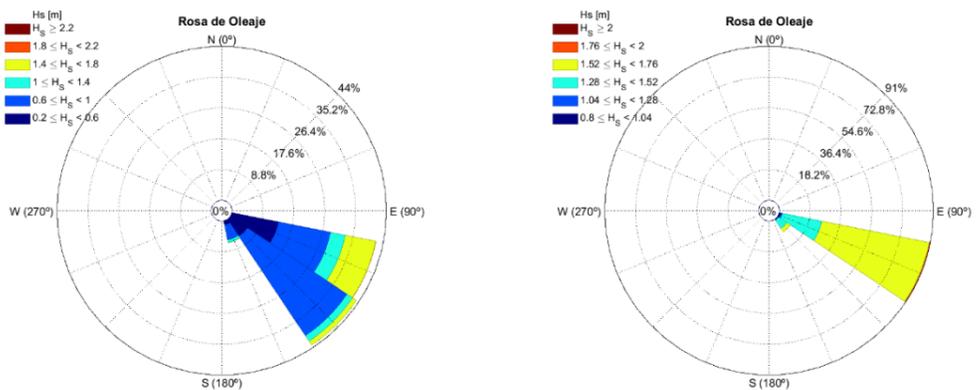


Figura 24. Rosas de oleaje en régimen extremo. Puntos P5 (izquierda) y P6 (derecha).

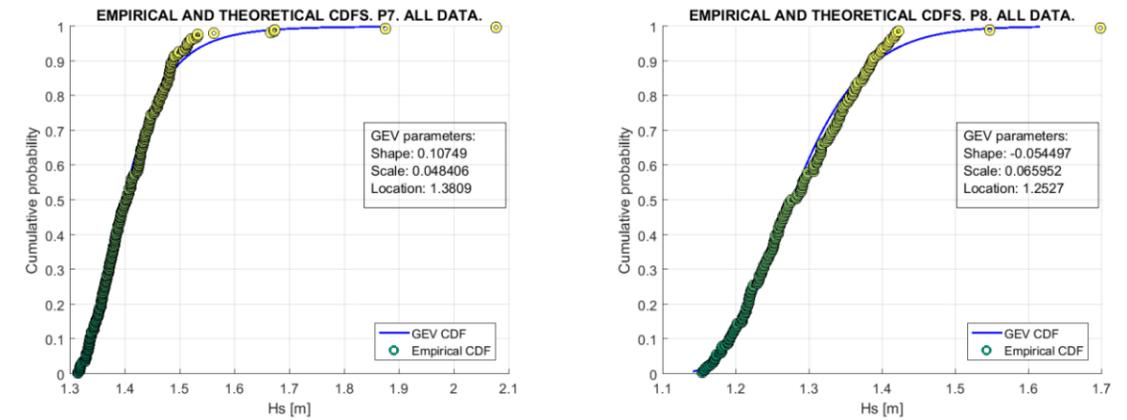
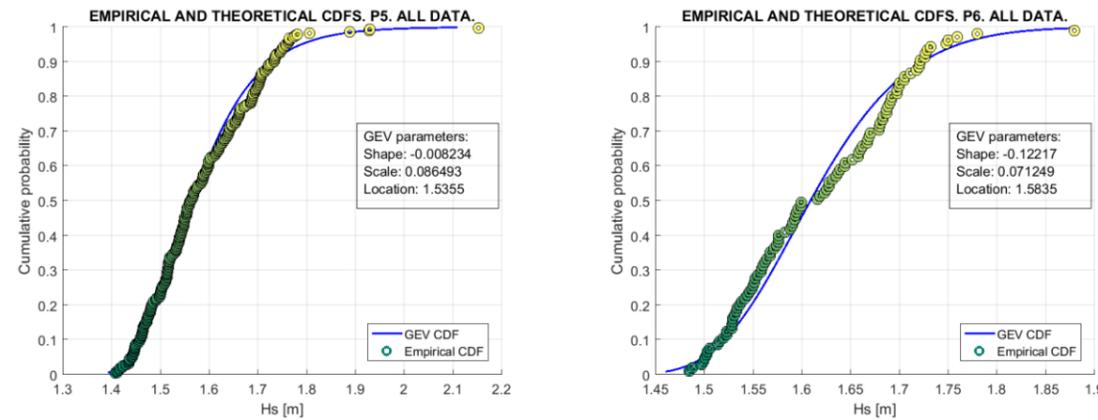
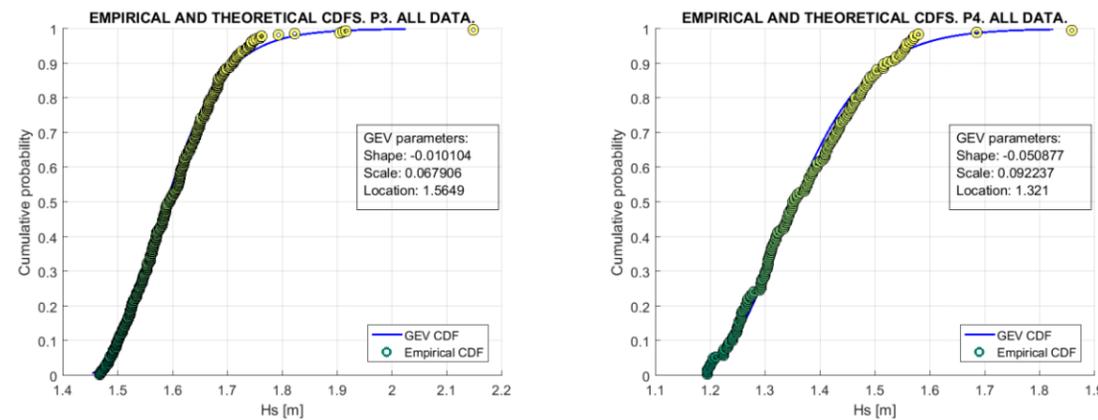
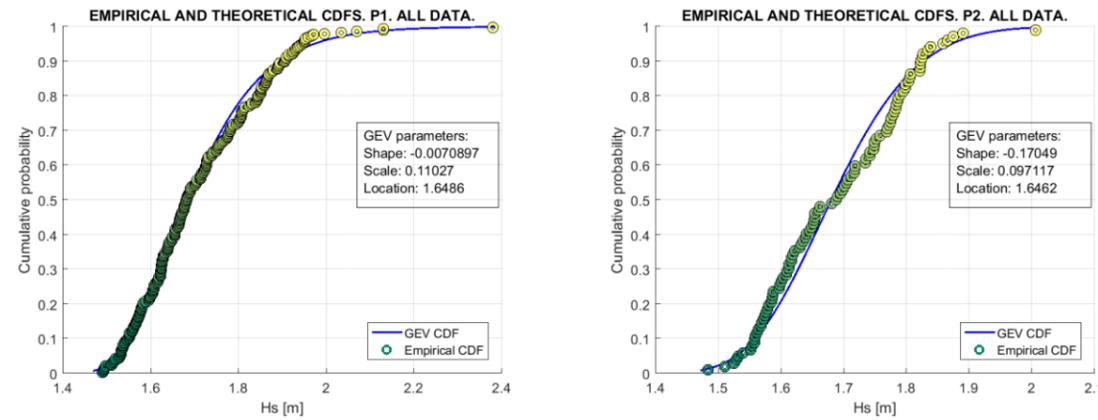
### 5.3.3.2 MEJOR AJUSTE Y ESTADOS DE MAR DE DISEÑO

Una vez localizados los temporales y sus valores máximos, se ha realizado el ajuste de los datos mediante la Función Generalizada de Distribución de Valores Extremos (GEV), que permitirá definir de forma óptima la cola superior de la variable de interés (altura de ola significativa en nuestro caso). La función de distribución GEV viene dada por la siguiente expresión:

$$F(x; k, \sigma, \mu) = \exp \left\{ - \left[ 1 + k \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/k} \right\}$$

Donde  $x$  es la variable aleatoria,  $k$  es el parámetro de forma,  $\sigma$  sigma es el parámetro de escala y  $\mu$  es el parámetro de localización.

Las figuras adjuntas muestran el mejor ajuste obtenido y sus parámetros. Se ha realizado el ajuste en todos los puntos, para toda la serie de datos de temporal y para los sectores predominantes (sector E y sector ESE). En las siguientes figuras se muestran las funciones de ajuste para el caso escalar, y en las tablas se recogen los valores extremos para el régimen escalar y para las direcciones de mayor probabilidad de ocurrencia.



A partir del ajuste realizado con la GEV se realiza la extrapolación y se obtienen los valores representativos para el periodo de retorno de diseño ( $T_r=68$  años) teniendo en cuenta el número de temporales por año ( $nt$ ) y la función inversa

$$H_{s,Tr} = CdF^{-1}\left(1 - \frac{1}{nt \cdot Tr}\right)$$

Una vez conocidas las alturas de ola  $H_s$ , se podrán obtener los periodos medios  $T_z$  esperados ( $E[T_z]$ ) a partir del ajuste por límites de peralte y los periodos de pico esperados ( $E[T_p]$ ) por el ajuste lineal, ambos procedimientos recogidos en el anejo de clima marítimo.

Punto	Hsd [m] ( $T_r=68$ años)		
	Omnidir	ESE	SE
P1	2.27	2.32	1.86
P2	1.96	2.16	1.78
P3	1.96	2.05	1.79
P4	1.75	-	1.83
P5	2.02	2.07	1.72
P6	1.84	2.00	1.81
P7	1.77	1.73	1.69
P8	1.57	-	1.63

Tabla 6.-. Valores de diseño en régimen extremal en los puntos de control a pie de playa.

## **2.6.- Dinámica litoral.**

## 1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se realiza un estudio básico de la dinámica litoral de la zona de actuación del proyecto, abarcándose los siguientes aspectos:

- Situación de la unidad fisiográfica.
- Flujo medio de energía.
- Formas de equilibrio, en planta y en perfil, del tramo afectado.
- Evolución de la línea de costa
- Estudio de la capacidad de transporte litoral y sistema de corrientes en la situación actual y en la situación proyectada

## 2. UNIDAD FISIOCRÁFICA

La zona de estudio está encuadrada en la unidad fisiográfica denominada Unidad Fisiográfica Sur examinada en el estudio del CEDEX denominado *Estrategia de actuación del tramo de costa comprendido entre el Puerto de Castellón y el Puerto de Sagunto (Castellón Sur)*.

En dicho estudio el tramo de costa de la provincia está formada por dos grandes unidades fisiográficas, o sistemas litorales, que se encuentran limitados por los tres grandes puertos: Castellón, Burriana y Sagunto. Estas unidades se las ha denominado Unidad Fisiográfica Norte (entre los puertos de Castellón y Burriana) y Unidad Fisiográfica Sur (entre los puertos de Burriana y Sagunto).

Dentro de cada una de las unidades fisiográficas anteriores existen subunidades que tienen la característica de tener una dinámica litoral similar. Estas subunidades son:

1 - Unidad Fisiográfica Norte (entre los puertos de Castellón y Burriana)

1.1- Puerto de Castellón-río Mijares

1.2- Río Mijares-puerto de Burriana

2 - Unidad Fisiográfica Sur (entre los puertos de Burriana y Sagunto)

2.1- Puerto de Burriana-playa de Casablanca (Almenara)

2.2- Playa de Casablanca (Almenara)-puerto de Canet de Berenguer

2.3- Puerto de Canet de Berenguer-puerto de Sagunto

PROYECTO BÁSICO - ANEJO DINÁMICA LITORAL.

La zona objeto de la regeneración de playa se encuadra al sur del término municipal de Burriana, dentro de la subunidad 2.1 Puerto de Burriana-playa de Casablanca (Almenara). En concreto se identifica con el tramo de costa situado entre el dique sur del puerto y, aproximadamente, el camí de les Tancades-EDAR.



Figura 1. Zonificación de la costa entre los puertos de Castellón y Sagunto. Fuente: doc. CEDEX clave 22-414-5-002.

## 3. FLUJO MEDIO DE ENERGÍA

Con el propósito de analizar la forma en planta de equilibrio al que tendería la orilla en el tramo de estudio, así como para valorar el transporte longitudinal potencial debido a la incidencia oblicua del oleaje incidente, se determina el valor del flujo medio de energía en ciertos puntos de control. Estos puntos de control son aquellos en los que se ha obtenido el régimen medio y extremal de oleaje tras la propagación de oleaje (véase anejo de propagación de oleaje).



Figura 2. Localización de los puntos de control en los que se ha reconstruido la serie de oleaje.

La siguiente tabla indica las coordenadas UTM y la profundidad aproximada a la que se encuentran los puntos.

Punto Control	Xutm	Yutm	Profundidad [m]
P1	749617.6042	4415852.6957	4.1
P2	749793.0265	4416036.9530	4.5
P3	749979.8367	4416233.1719	3.5
P4	750162.4296	4416403.7978	3.0
P5	749490.9722	4415960.0299	3.8
P6	749670.8046	4416142.5176	3.5
P7	749860.7212	4416334.2566	3.0
P8	750017.0962	4416492.1320	2.5

Tabla 1.- Puntos de control (coordenadas y profundidad) en los que se ha reconstruido la serie de oleaje.

Para obtener el flujo medio de energía se realiza la suma vectorial del valor del flujo de energía del oleaje generado por cada uno de los estados de mar en estos puntos, para así obtener la dirección del flujo medio de la energía representativa del oleaje dominante que modelará la costa.

La formulación para obtener este parámetro parte de la relación de la energía del oleaje  $E = \frac{1}{8} \rho g H^2$  con la celeridad de grupo  $C_g$ , siendo el módulo del flujo de energía

$$F = \frac{1}{8} \rho g H^2 C_g$$

Y a partir del cual, con el ángulo de incidencia  $\theta_j$  de cada estado de mar  $j$ , se puede obtener la composición vectorial del flujo de energía:

$$(F_x, F_y) = \left( \sum_j F_j \cos(\theta_j), \sum_j F_j \sin(\theta_j) \right)$$

resultando la dirección del flujo medio de energía

$$\beta = \text{atan} \frac{\sum_j F_j \cos(\theta_j)}{\sum_j F_j \sin(\theta_j)}$$

A continuación, se muestran los valores obtenidos y su representación gráfica.

Punto Control	FME ( $\beta$ [°])
P1	125.65
P2	124.01
P3	128.59
P4	139.22
P5	127.19
P6	127.83
P7	130.46
P8	142.23

Tabla 2.- Valores del flujo medio de energía en los puntos de control.

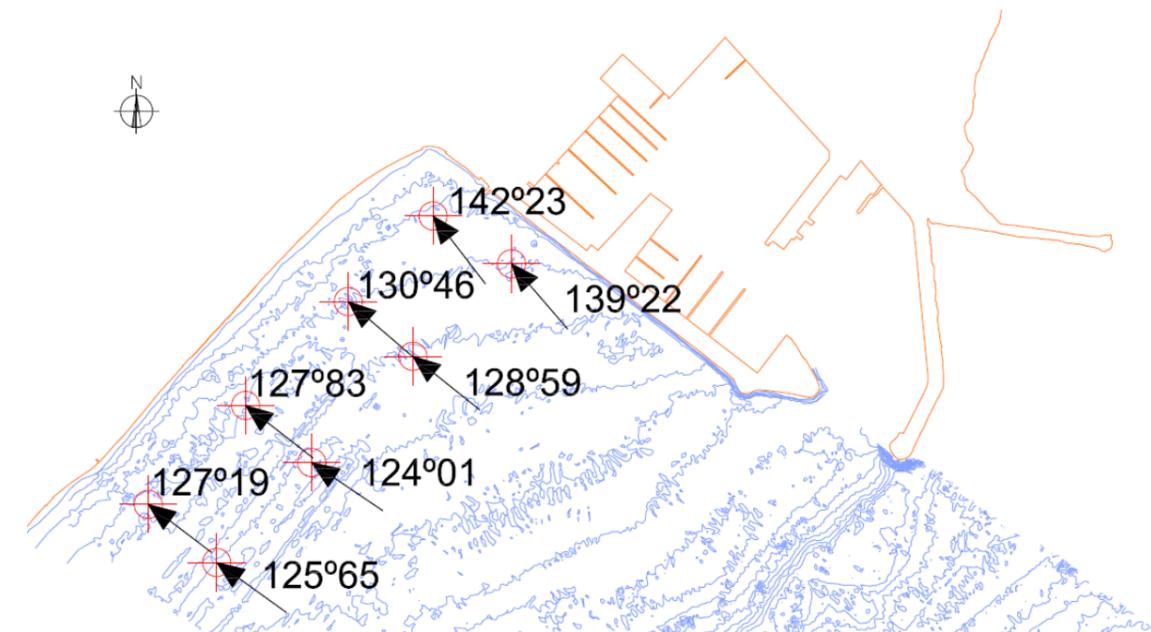


Figura 3. Representación gráfica del flujo medio de energía en los puntos de control.

El ángulo entre la dirección del flujo medio de energía y la dirección normal a la costa proporciona información acerca de cómo evolucionará la línea de orilla y de la magnitud del transporte longitudinal, de manera que los oleajes que abordan la costa de manera casi perpendicular a la costa determinarán un transporte potencial reducido y, por tanto, una situación próxima a la de equilibrio en planta de la costa.

En la situación actual, la presencia del contradique sur del puerto condiciona la reorientación del oleaje, protegiendo del oleaje procedente del sector ESE y además siendo un punto de difracción que va a condicionar la planta de equilibrio de la playa.

## 4. FORMAS DE EQUILIBRIO EN PLANTA Y EN PERFIL

### 4.1 PERFIL TRANSVERSAL

#### 4.1.1 PERFIL DE PLAYA EN LA SITUACIÓN ACTUAL

A partir de la batimetría de detalle realizada en el año 2020 se han tomado cuatro perfiles medios (PF1, PF2, PF3 y PF4) correspondientes a las secciones de los puntos de control (Figura 4) y se han representado de forma conjunta.

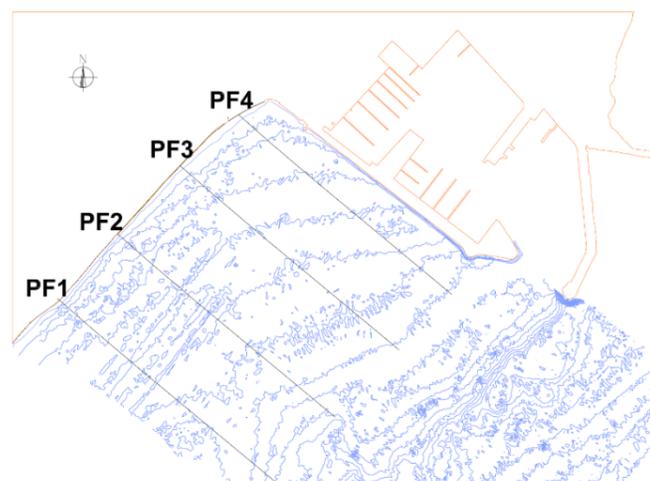


Figura 4. Perfiles transversales de playa establecidos (PF1, PF2, PF3 y PF4).

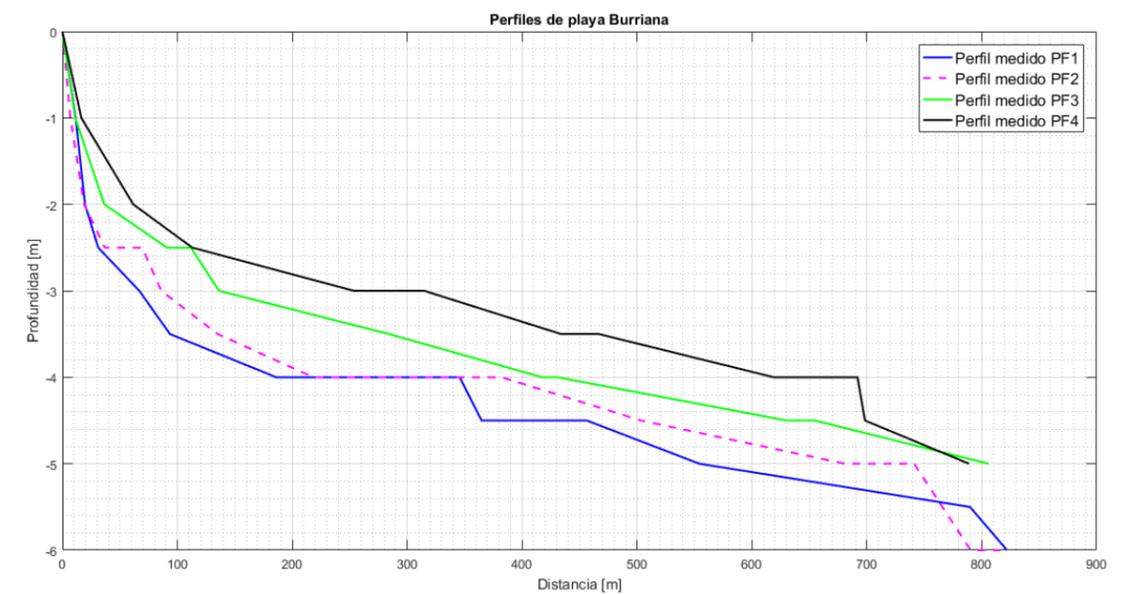


Figura 5. Perfiles transversales obtenidos en el tramo de estudio.

Se puede apreciar en la figura anterior que existe una variación de pendiente muy pronunciada entre los distintos perfiles, en concreto entre el perfil PF1 y el perfil PF4 (más próximo al dique sur). La tabla recoge las pendientes medias obtenidas. Los perfiles PF1 y PF2 presentan mesetas a partir de la profundidad -4 m. Se ha obtenido también una pendiente media entre 0 y -4 m como media de los perfiles para la estimación posterior del transporte de sedimentos.

Pendiente media playa sumergida				
Perfil	Entre 0 y -2 m	Entre -2 y -3 m	Entre -3 y -5 m	Entre 0 y -4 m
PF1	0.102	0.021	0.004	0.012
PF2	0.106	0.015	0.003	0.010
PF3	0.055	0.011	0.003	0.009
PF4	0.032	0.004	0.004	0.006

Tabla 3.- Pendiente media de los perfiles sumergidos.

#### 4.1.2 PERFIL DE EQUILIBRIO Y PROFUNDIDAD DE CIERRE

El perfil de equilibrio se puede definir como la morfología que alcanzará un perfil de playa, compuesto por un tamaño de grano determinado, al ser expuesto a unas condiciones de oleaje constantes. A partir de cierta profundidad el perfil ya no responderá activamente a las acciones del oleaje, definiéndose una profundidad a partir de la cual, el transporte de sedimentos transversal y longitudinal no tendrá una magnitud apreciable. Esta

profundidad se conoce como profundidad de cierre  $h^*$  o límite del perfil activo, y puede ser estimada por la formulación de Birkemeier (1985):

$$h^* = 1.75H_{s12} - 57.9 * \left( \frac{H_{s12}^2}{gT_s^2} \right)$$

donde  $H_{s12}$  es la altura de ola significativa local que es excedida 12 horas al año,  $T_s$  es su periodo de pico asociado y  $g$  es la gravedad. Esta expresión puede ser simplificada por  $h^* = 1.57H_{s12}$  (Coastal Engineering Manual, 2002).

Realizando la aproximación por tanteos, se obtiene una profundidad de cierre de 3.9 m.

Respecto al perfil de equilibrio, la formulación más extendida para describir el perfil de playa teórico es la de Dean (1977), que tiene en cuenta el tamaño del material existente:

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

donde  $h$  es la profundidad en m,  $x$  es la distancia a la línea de costa y  $A_D$  es el parámetro de Dean que depende de la velocidad de caída de grano y de un parámetro  $k$  dependiente del tamaño de grano. La formulación será válida hasta la profundidad de cierre anteriormente descrita.

Como diámetro representativo del fondo marino se adopta el obtenido en los trabajos de campo realizados en el marco de actualización del proyecto. El análisis granulométrico de estos trabajos de campo arroja un valor de  $D_{50} = 0.43 \text{ mm}$ , a profundidad aproximada de -6 m.



Figura 6. Situación de los sondeos para muestras de sedimentos obtenidas en la Ecocartografía de Castellón (HIDTMA 2009-2010).

Por encima de la línea 0 del perfil el material es escollera, puesto que la línea de costa se encuentra rigidizada.

La Figura 7 se muestra el perfil teórico de Dean para el material de sedimento considerado, junto con los perfiles medidos a partir de la batimetría realizada.

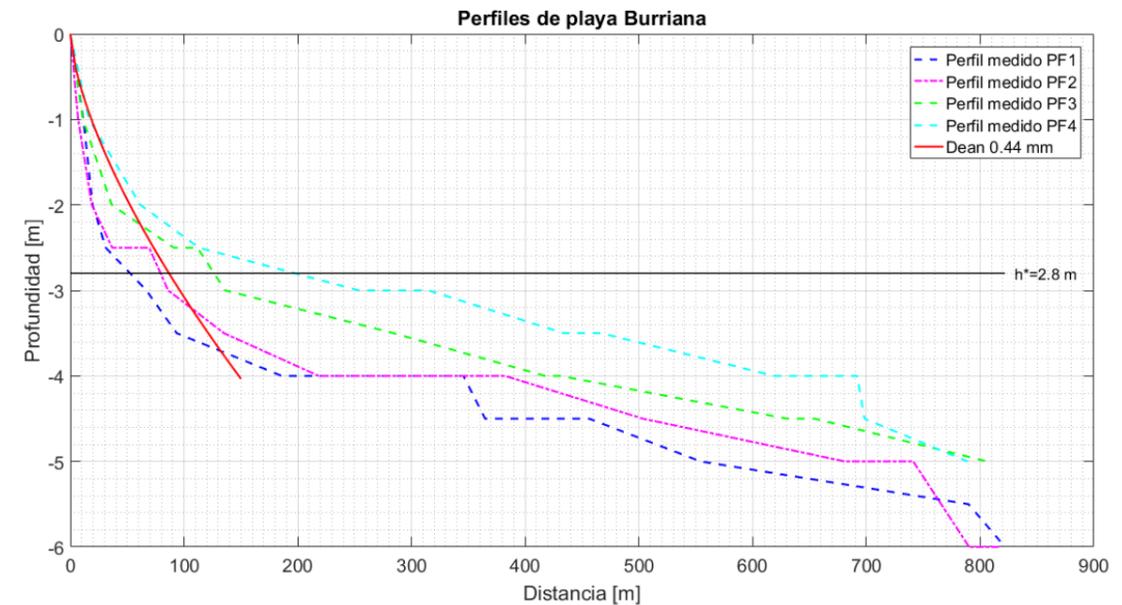


Figura 7. Perfiles medidos y perfiles de equilibrio Dean (D50 0.44 mm)..

#### 4.2 FORMA DE EQUILIBRIO EN PLANTA

Actualmente no existe playa en la zona de estudio, puesto que la línea de costa se encuentra totalmente rigidizada mediante escollera, por lo que no se puede estudiar la situación actual de la forma en planta.

No obstante, se puede estimar, con los parámetros de dinámica litoral que se han obtenido, la situación de equilibrio en la que se debería encontrar la línea de costa si no estuviera rigidizada. Considerando el punto de difracción situado en el contradique del puerto de Burriana, una dirección de flujo medio de energía promedio de  $126^\circ$  y los parámetros de profundidad de cierre y  $H_{s12}$  promedios entre los perfiles PF2 y PF3, se obtiene la línea teórica de costa de equilibrio.

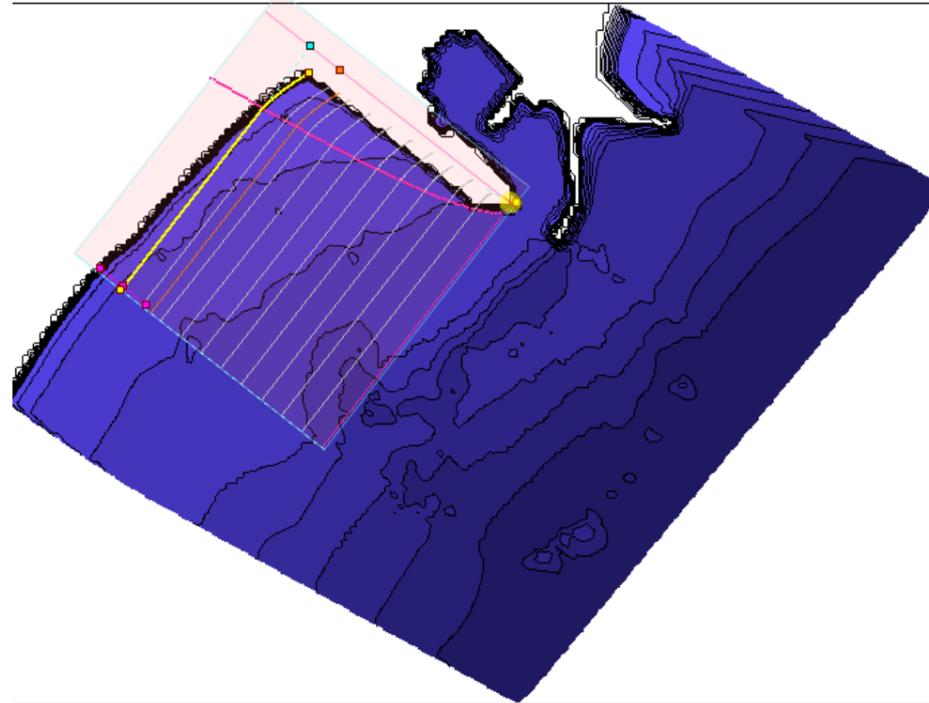


Figura 8. Línea de costa de equilibrio a largo plazo si no existiera la rigidización con escollera.

En el anejo de dimensionamiento de la playa se refleja toda la metodología empleada para el diseño de la planta en equilibrio, basada en las expresiones de González y Medina (2001).

## 5. EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

La evolución de la línea de costa se realiza a partir de ortofotos y vuelos fotogramétricos. Aunque este método proporciona información valiosa, hay que tener en cuenta que los vuelos no siempre se realizan en la misma época (invierno/verano) y que las restituciones no tienen en cuenta ciertas correcciones. En cualquier caso, esta información permite definir a gran escala el comportamiento general de la línea de costa.

A continuación, se muestran algunas ortofotos extraídas de la fototeca digital del Centro Nacional de Información Geográfica y del Instituto Cartográfico Valenciano.



Figura 9. Ortografía del vuelo americano A, año 1945-1946.



Figura 10. Ortografía del vuelo americano B, año 1956-1957.



Figura 11. Ortofoto del vuelo nacional, años 1980-1986.

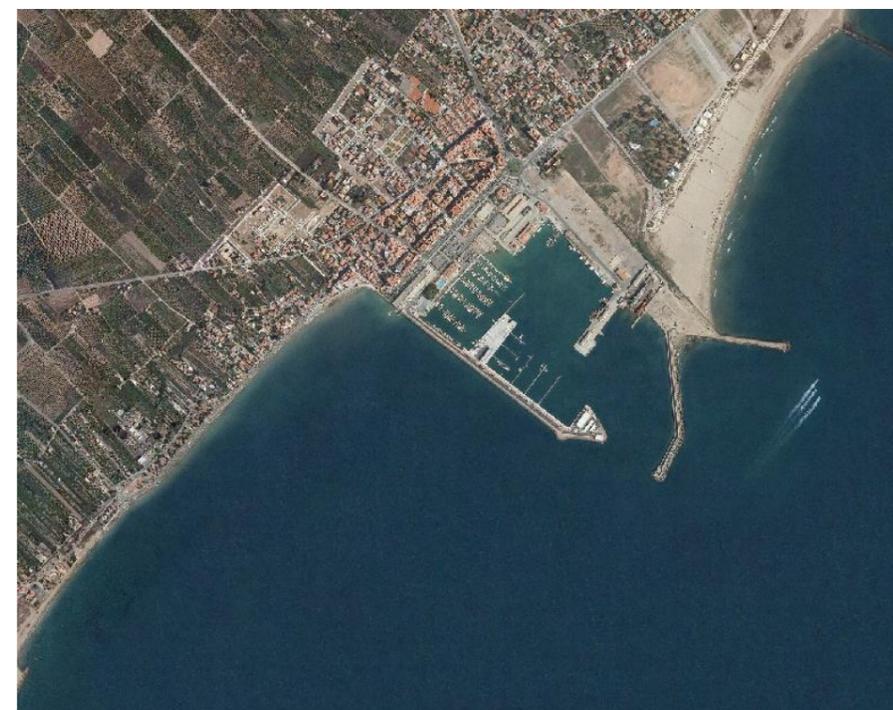


Figura 13. Ortofoto PNOA, año 2007.

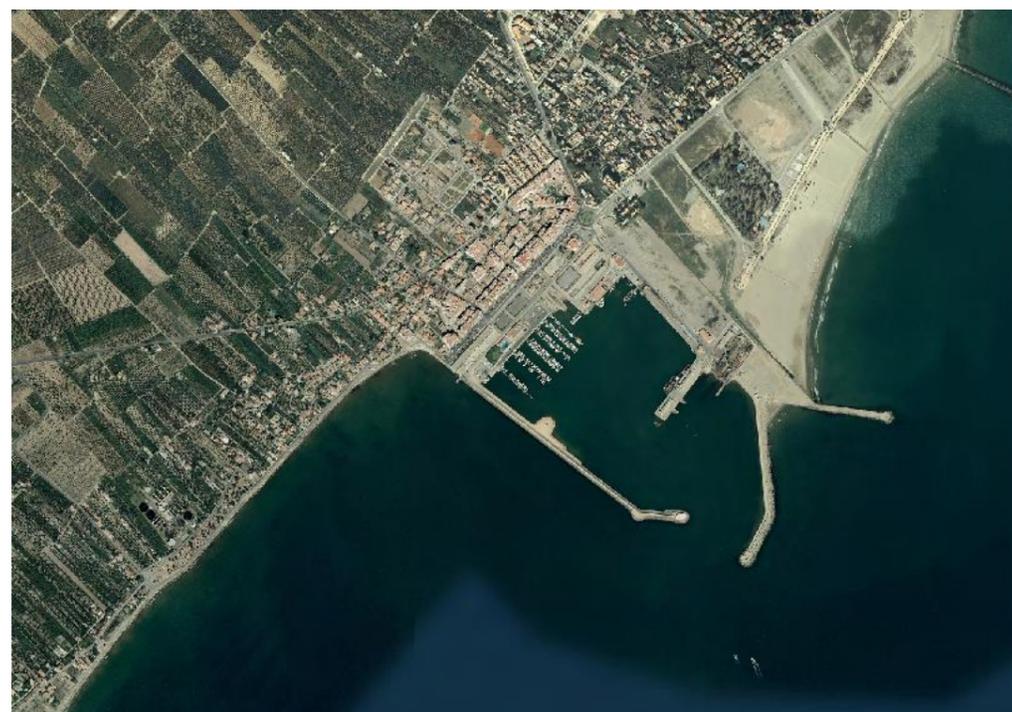


Figura 12. Ortofoto PNOA, año 2005.



Figura 14. Ortofoto PNOA, año 2012.

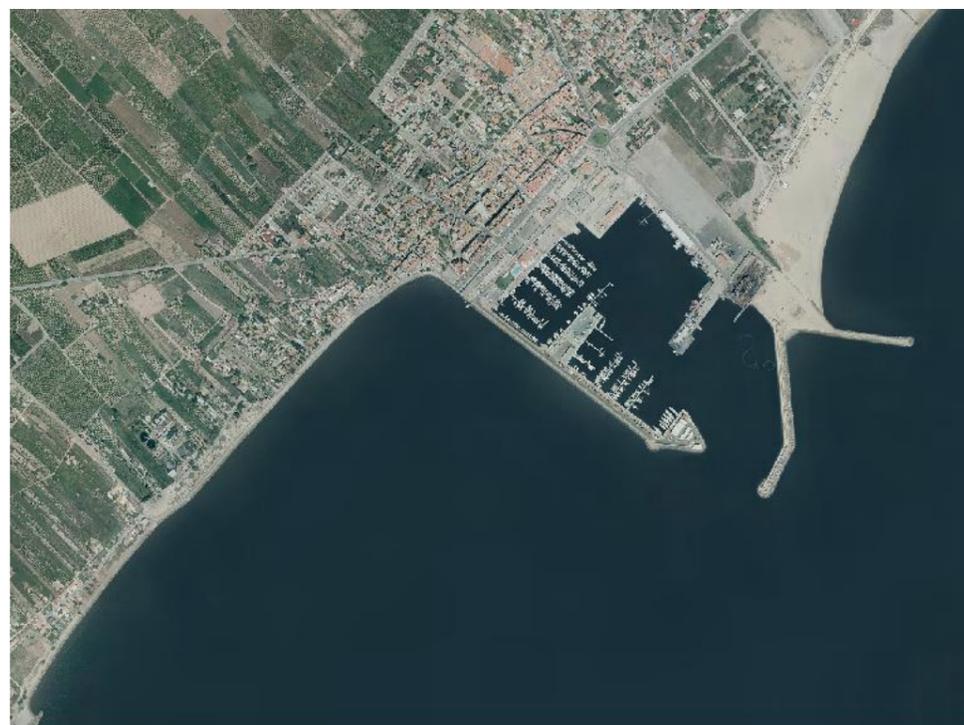


Figura 15. Ortofotografía PNOA, año 2018.

Desde los años 1945-1946 (fecha más antigua desde la que se dispone de vuelos fotogramétricos) hasta la actualidad (año 2019) se ha producido un importante retroceso de la línea de costa en su apoyo sobre el contradique del Puerto de Burriana y una gran acreción en la playa norte del puerto de Burriana, puesto que se interrumpió el transporte longitudinal natural de norte a sur debido a la construcción del puerto. Desde principios de los años 70 se puso freno a dicho retroceso mediante la disposición de una escollera al pie de la carretera (camino de la Serratella) que se prolonga desde el Puerto de Burriana hasta el municipio de Nules, pero el aporte de sedimento desde el litoral norte no se está produciendo, por lo que en las playas adyacentes existirán problemas de erosión de forma recurrente debido al transporte longitudinal potencialmente previsible en sentido norte-sur.

## 6. SISTEMA DE CORRIENTES Y EVALUACIÓN DEL TRANSPORTE POTENCIAL DE SEDIMENTOS

### 6.1 SISTEMA DE CORRIENTES

#### 6.1.1 METODOLOGÍA

Para la obtención del sistema de corrientes en la costa se emplea el modelo COPLA del Sistema de Modelado Costero, que toma como datos de entrada los datos de salida del campo de oleaje calculado a partir del modelo OLUCA. Este modelo de corrientes en playas permite caracterizar el sistema circulatorio de corrientes inducidas por la rotura del oleaje espectral, mediante la determinación del tensor de radiación del oleaje con un modelo no lineal que resuelve las ecuaciones integradas de Navier – Stokes.

Puesto que se pretende analizar de manera general el sistema de corrientes en la zona, se consideran las cuatro direcciones principales de procedencia del oleaje que se obtuvieron en el punto de control tras la propagación con el modelo SWAN (véase Figura 16) y se combinan con un valor unitario de altura de ola significativa. De esta forma, se puede deducir un patrón general de comportamiento según la dirección de procedencia del oleaje. Se consideran los casos bajo la modalidad de oleaje espectral.

Se ha considerado una malla general computacional en el modelo MOPLA de mayores dimensiones que la empleada en la propagación de oleaje, puesto que interesa analizar el sistema de corrientes en una mayor escala, integrando todo el tramo de estudio en la zona litoral a la que pertenece.

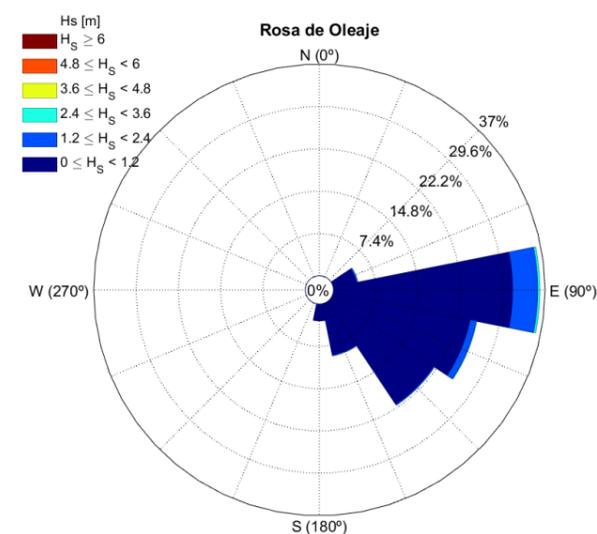


Figura 16. Rosa de oleaje en el punto de control a profundidad 10 m tras propagación desde aguas profundas.

CASO	Hs [m]	Dirección (º)
D1	1	90 €
D2	1	112.5 (ESE)
D3	1	135 (SE)
D4	1	167.5 (SSE)

Tabla 4.- Casos a ejecutar con el modelo COPLA para el análisis del sistema de corrientes, modelo espectral.

Al final del documento se adjuntan las fichas de resultados del modelo COPLA.

### 6.1.2 SISTEMA DE CORRIENTES LOCAL EN LA SITUACIÓN ACTUAL

Modelizados y ejecutados los cuatro casos con valor unitario de Hs bajo la situación actual, se obtienen los gráficos resultantes y se aprecia el siguiente patrón:

- Para oleajes procedentes del E y ESE se produce una corriente circular en el extremo más próximo al dique sur del Puerto de Burriana y una corriente en sentido NE a SW a lo largo de todo el frente litoral (Figura 17). Para los oleajes procedentes del ESE la corriente circular es de mayor magnitud y la longitudinal de menor magnitud que para el oleaje procedente del E, como se puede apreciar en las figuras.

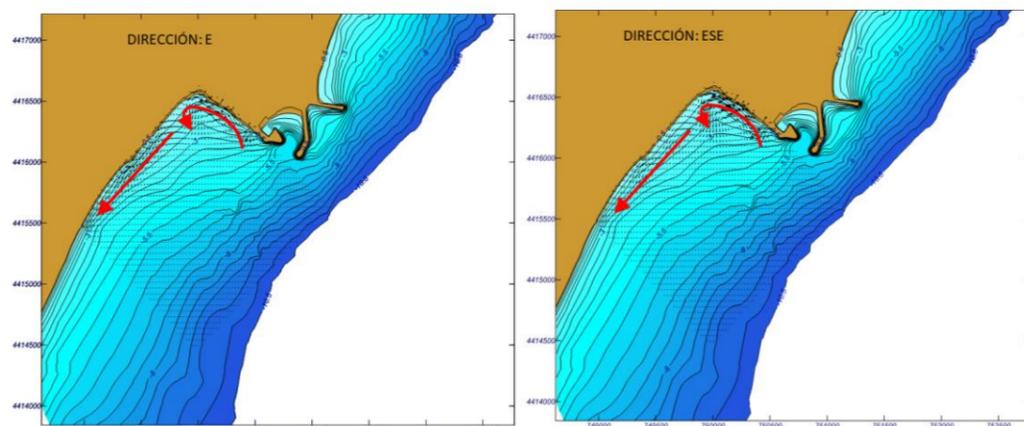


Figura 17. Sistema de corrientes con oleaje de procedencia E y ESE, con altura de ola unitaria. Situación actual.

- Para oleajes procedentes del SE y SSE se produce una corriente circular en el extremo próximo al dique sur del Puerto de Burriana y una leve corriente en sentido invertido SW a NE a lo largo de todo el frente litoral

(Figura 18). Para los oleajes procedentes del SSE la corriente circular y la longitudinal resultan de mayor magnitud que para el oleaje procedente del SE.

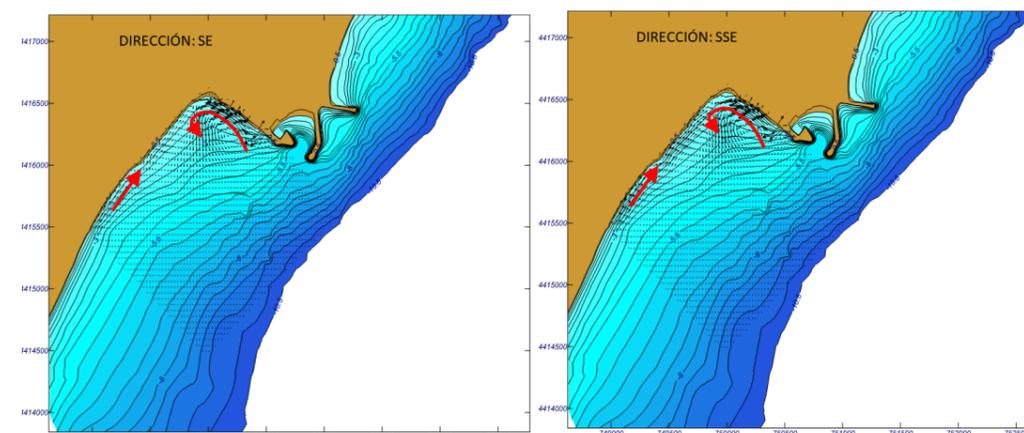


Figura 18. Sistema de corrientes con oleaje de procedencia SE y SSE, con altura de ola unitaria. Situación actual.

### 6.1.3 SISTEMA DE CORRIENTES LOCAL BAJO LA SITUACIÓN PROYECTADA.

Modelizados y ejecutados los cuatro casos con valor unitario de Hs bajo la situación proyectada, se obtienen los gráficos resultantes y se aprecia el siguiente patrón:

- Para oleajes procedentes del E y ESE se produce una corriente circular en el extremo más próximo al dique sur del Puerto de Burriana y la corriente en sentido NE a SW a lo largo de todo el frente litoral queda interrumpida por la presencia del nuevo espigón (Figura 19). Para los oleajes procedentes del E tanto la corriente circular como las corrientes longitudinales son de mayor magnitud que para los oleajes procedentes del ESE, como se puede apreciar en las figuras.

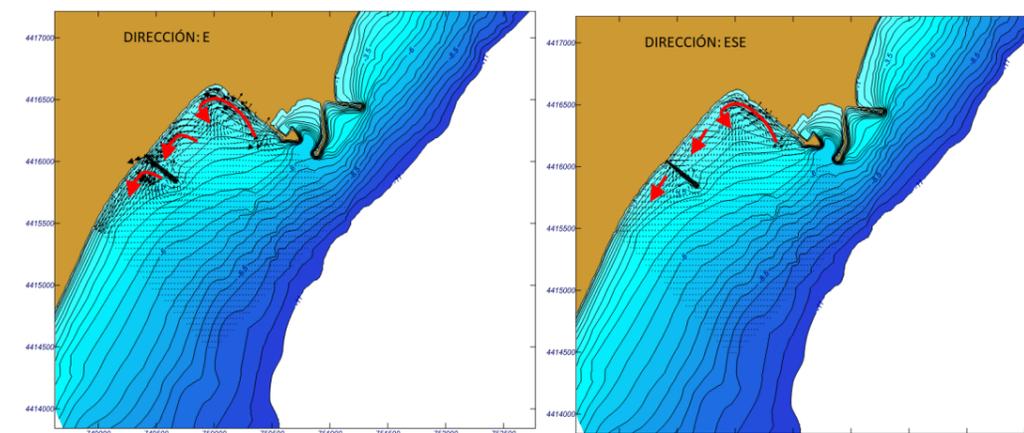


Figura 19. Sistema de corrientes con oleaje de procedencia E y ESE, con altura de ola unitaria. Situación proyectada.

- Para oleajes procedentes del SE y SSE se produce una corriente circular en el extremo próximo al dique sur del Puerto de Burriana y una leve corriente en sentido invertido SW a NE a lo largo de todo el frente litoral (Figura 20). Para los oleajes procedentes del SSE, tanto la corriente circular como la longitudinal resultan de mayor magnitud que para el oleaje procedente del SE.

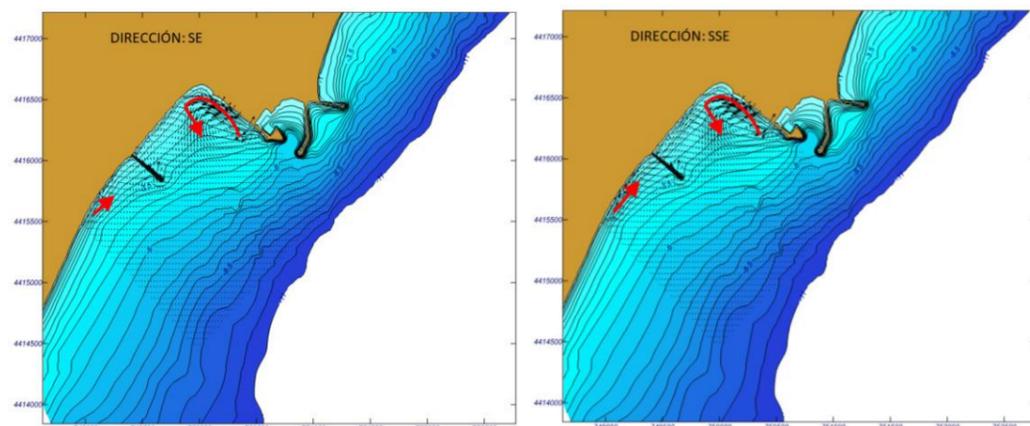


Figura 20. Sistema de corrientes con oleaje de procedencia SE y SSE, con altura de ola unitaria. Situación proyectada.

## 6.2 EVALUACIÓN DE TRANSPORTE POTENCIAL DE SEDIMENTO

### 6.2.1 METODOLOGÍA

Para la cuantificación de la tasa de transporte potencial longitudinal se aplicará la formulación de Kamphuis et al (1986), que según el estudio realizado por Van Wellen, Chadwick y Mason (2000) es la más adecuada para la aplicación con materiales gruesos. Entre las ventajas de la aplicación de esta formulación destaca que tiene en cuenta la pendiente del fondo y que es aplicable para un gran abanico de tamaños de sedimento (pues es apta para gravas y para arenas).

Esta formulación viene dada por la siguiente expresión:

$$Q = 1.28 \frac{\tan(\alpha) H_{sb}^{7/2}}{\rho_s (1-n) D_{50}} \sin(2\theta_b)$$

Donde:

- $\tan \alpha$ : es la pendiente del fondo en la zona de rompientes.
- $H_{sb}$ : es la altura de ola significativa del oleaje en rotura.
- $\theta_b$ : es el ángulo en rotura del oleaje con respecto a la orientación de la línea de costa.
- $\rho_s$ : es la densidad del sedimento.

PROYECTO BÁSICO - ANEJO DINÁMICA LITORAL.

- $n$ : es la porosidad del sedimento.
- $D_{50}$ : es el tamaño de grano medio del sedimento.
- $Q$ : es el transporte potencial de material en  $m^3/s$  por metro lineal de costa.

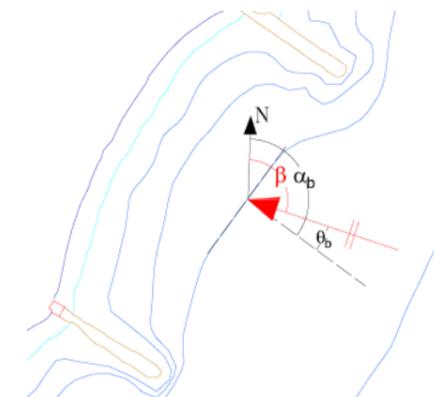


Figura 21. Relación de ángulos para el transporte longitudinal. (Fuente: elaboración propia).

### 6.2.2 DETERMINACIÓN DE LA TASA DE TRANSPORTE

Para determinar la tasa de transporte potencial es necesario conocer la altura de ola significativa en la zona de rompientes y el ángulo del oleaje en rotura con respecto a la alineación de la costa, como se ha expresado en la formulación de K. Como valores representativos de las condiciones medias de oleaje en la zona de rotura, se adoptan los valores de altura de ola significativa  $H_{s50\%}$  para las direcciones más desfavorables (véase el anejo de Propagación de oleaje) y los valores de flujo medio de energía obtenidos en los puntos de control. Los puntos de control que se toman para la determinación de la tasa de transporte son los asociados a los perfiles transversales tramo PF1 (por ser el extremo de la celda de estudio y donde irá ubicado el dique) y PF3 (por ser considerado intermedio de la zona).

Perfil	Punto	Condiciones medias oleaje		Características playa		Ángulo entre alineaciones
		$H_{s50\%}$	FME ( $\beta$ )	Pendiente	Alineación costa ( $\alpha_b$ )	$\theta_b$
PF1	P1	0.68	125.65	0.012	132	6.3
PF3	P3	0.74	128.59	0.009	132	3.4

Tabla 5.-. Condiciones medias de oleaje consideradas en la zona de rompientes.

Con los datos anteriores y la formulación de Kamphuis expresada en el apartado anterior, se han estimado las tasas medias anuales de transporte potencial longitudinal para el tamaño de grano representativo de la zona (Tabla 6) y, además, para el tamaño medio de grano con el que se pretende dimensionar la nueva playa (0.25 mm).

D50 [mm]	Tasas de Transporte Potencial (m <sup>3</sup> /año)	
	PF1	PF3
0.44	39,468	25,845
0.25	69,464	45,487

Tabla 6.-. Tasas estimadas de transporte potencial.

### 6.2.3 SIMULACIÓN DEL TRANSPORTE POTENCIAL

Para la simulación del transporte potencial longitudinal en la costa se ha empleado el modelo EROS del Sistema de Modelo Costero, que toma como datos de entrada los datos de salida del campo de oleaje del campo de oleaje calculado a partir del modelo OLUCA y los datos de salida del campo de corrientes calculado con el modelo COPLA. Se ha realizado la simulación con el modo ESI (Erosión-Sedimentación Inicial), puesto que permite conocer la tendencia inicial de erosión-sedimentación de una playa sometida a unas determinadas condiciones hidrodinámicas. Los casos simulados son los mismos que los ejecutados para la obtención del sistema de corrientes.

Las salidas gráficas se adjuntan al final del documento, en el apéndice de fichas de resultados.

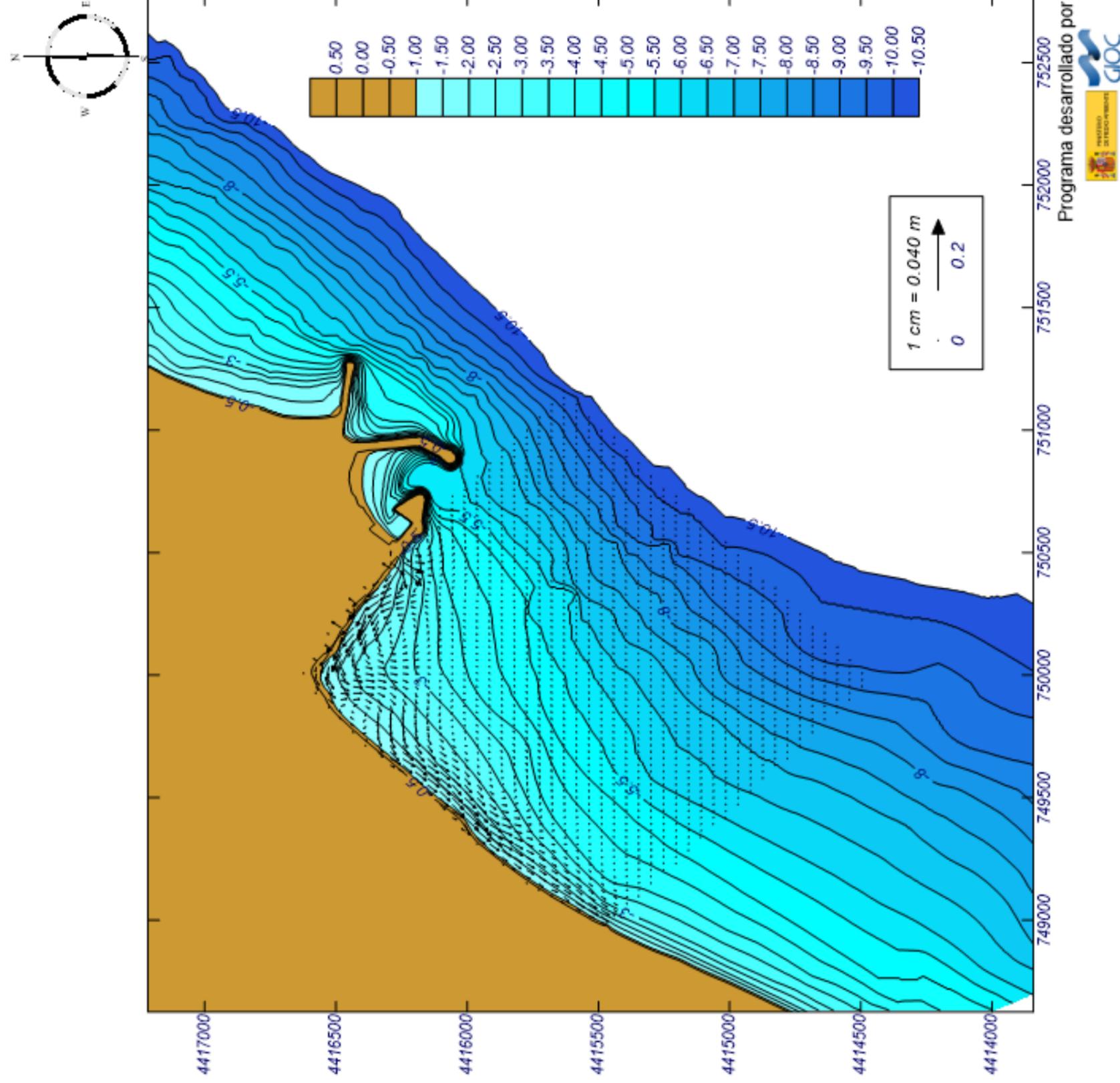
APÉNDICE: FICHAS DE RESULTADOS DEL MODELO COPLA Y DEL MODELO  
EROS

# Proyecto: Regeneración sur Burriana

Gráfico: Gráfico combinado de corrientes y topografía

**Caso espectral: M1D1**  
**M1:**  
**D1:**

Características de la simulación		
<b>OLUCA-SP</b> Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 45° (E) σ: 20° - Nº Comp.: 15	<b>COPLA-SP</b> Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ν: 20 m <sup>2</sup> /s	<b>MOPLA-SP</b>



# Proyecto: Regeneración sur Burriana

Gráfico: Gráfico combinado de corrientes y topografía

**Caso espectral: M1D2**  
**M1:**  
**D2:**

Características de la simulación

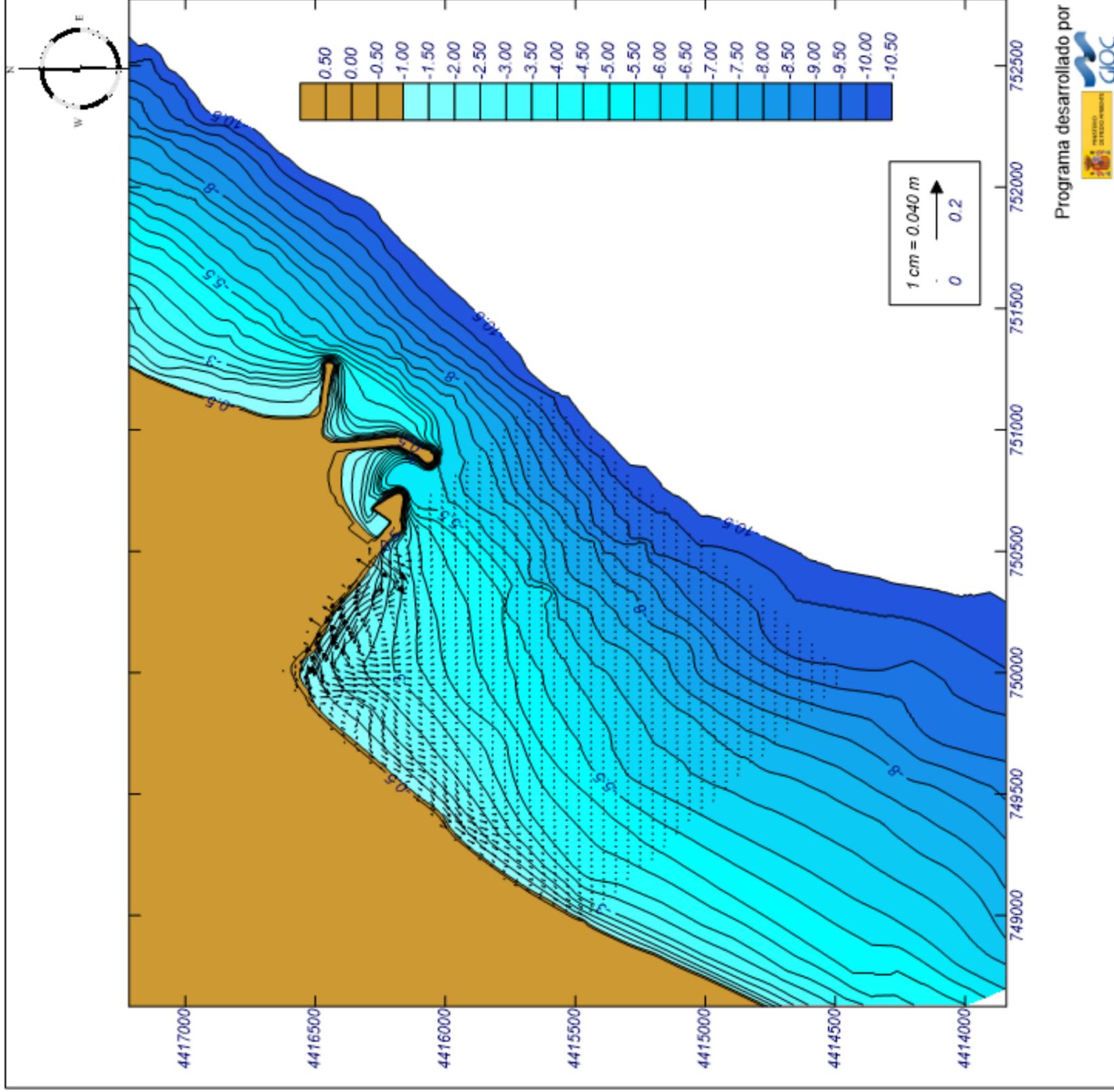
**OLUCA-SP**  
 Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 1 m  
 h: 10 m  
 fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s)  
 γ: 3.3  
 Nº Comp.: 10  
 Espectro direccional  
 θm: 22.5° (S67.5E)  
 σ: 20° - Nº Comp.: 15

**COPLA-SP**

Rugosidad de Nikuradse  
 Kswc: 1 m  
 Viscosidad de remolino  
 ε: 20 m<sup>2</sup>/s

**MOPLA-SP**



Programa desarrollado por

# Proyecto: Regeneración sur Burriana

Gráfico: Gráfico combinado de corrientes y topografía

**Caso espectral: M1D3**

**M1:**

**D3:**

Características de la simulación

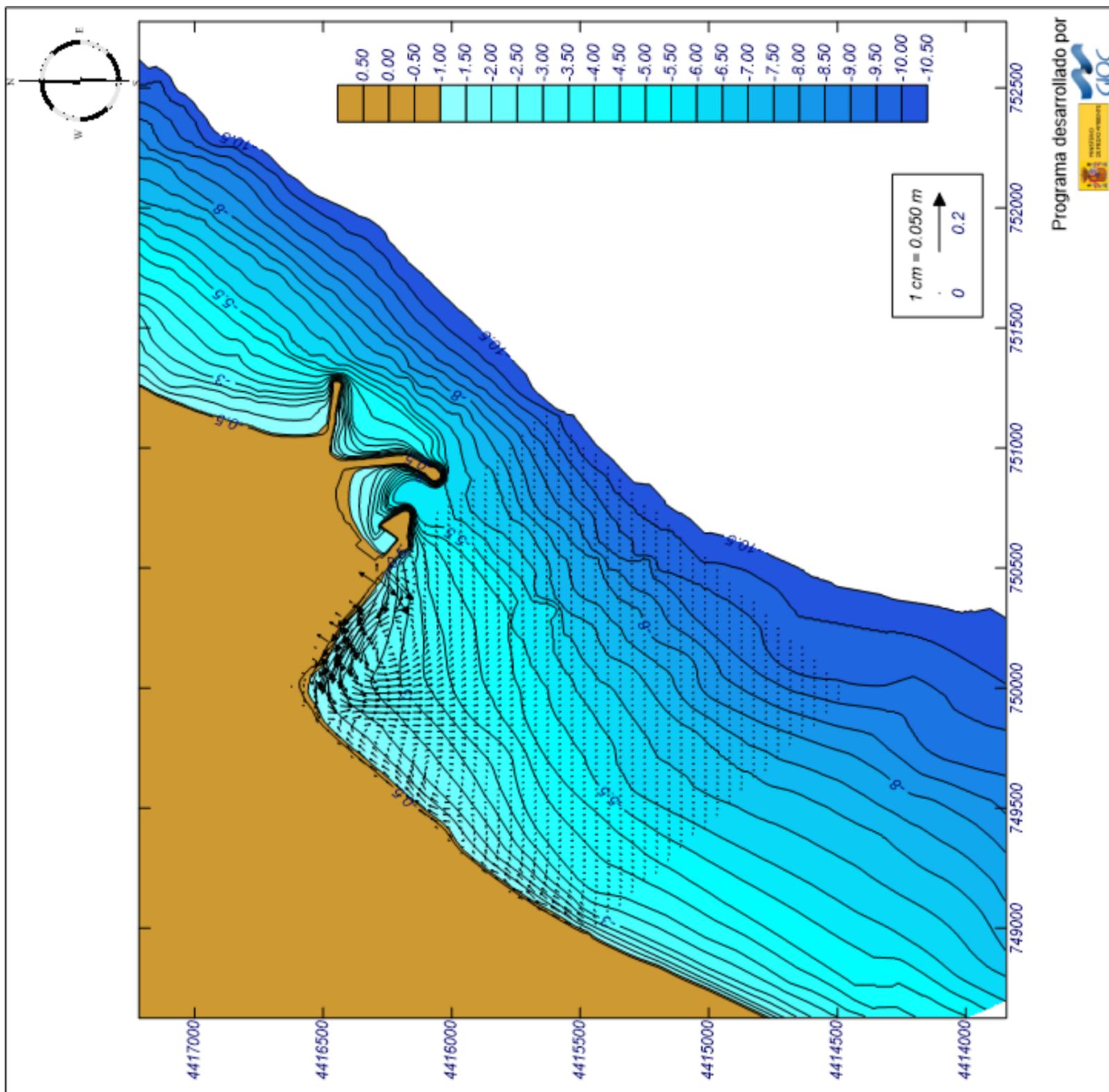
**OLUCA-SP**  
Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 1 m  
h: 10 m  
fp: 0,1 Hz (Tp: 10 s)  
γ: 3,3  
Nº Comp.: 10  
Espectro direccional  
θm: 0° (S45,0E)  
σ: 20° - Nº Comp.: 15

**COPLA-SP**

Rugosidad de Nikuradse  
Kswc: 1 m  
Viscosidad de remolino  
ε: 20 m<sup>2</sup>/s

**MOPLA-SP**



Programa desarrollado por



# Proyecto: Regeneración sur Burriana

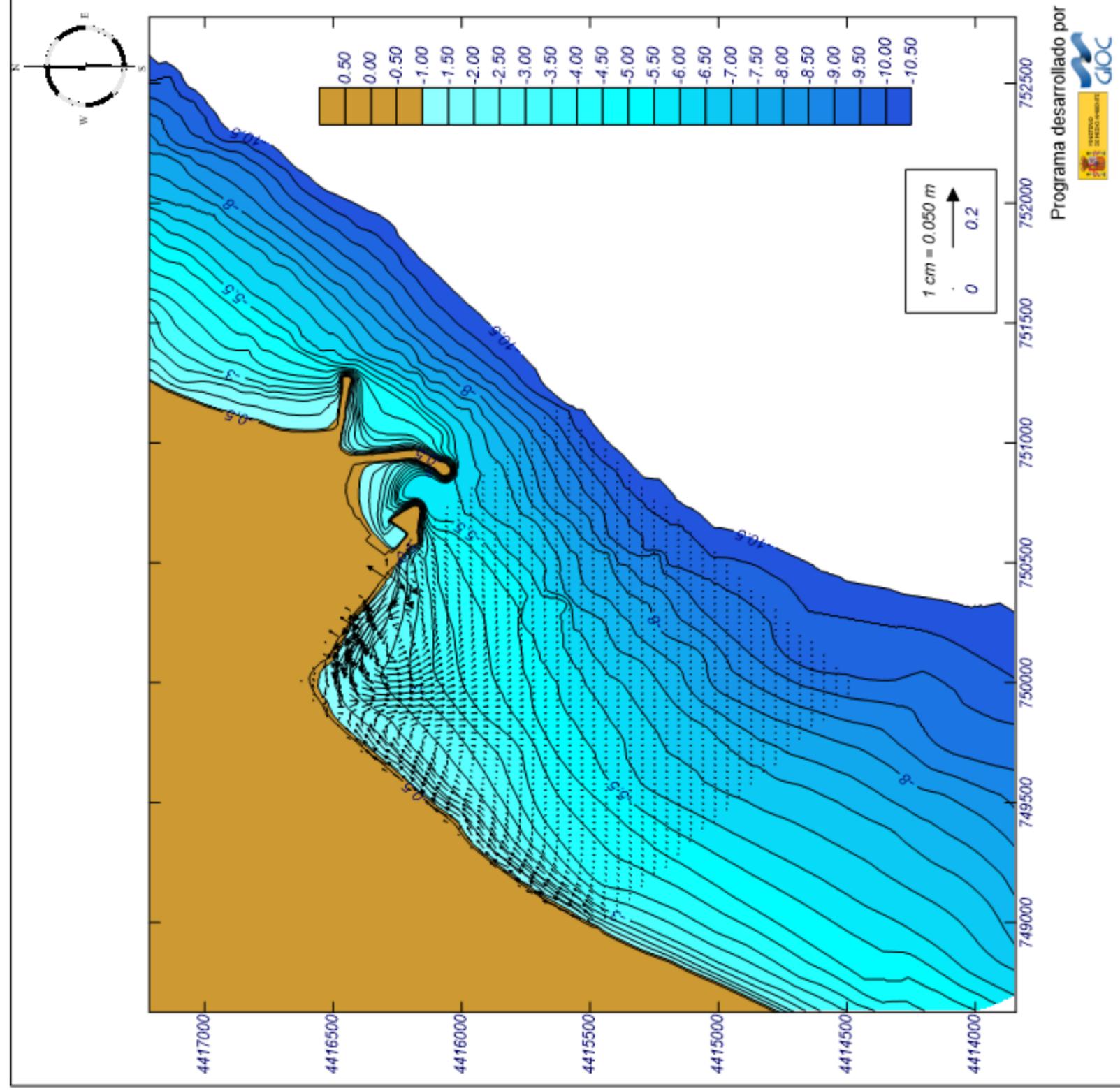
Gráfico: Gráfico combinado de corrientes y topografía

Caso espectral: M1D4

M1:

D4:

Características de la simulación		
<b>OLUCA-SP</b>	<b>COPLA-SP</b>	<b>MOPLA-SP</b>
Espectro frecuencial (TMA)	Rugosidad de Nikuradse	
Hs: 1 m	Kswc: 1 m	
h: 10 m	Viscosidad de remolino	
f <sub>p</sub> : 0.1 Hz (Tp: 10 s)	ε: 20 m <sup>2</sup> /s	
γ: 3.3		
Nº Comp.: 10		
Espectro direccional		
θ <sub>m</sub> : -22.5° (S22.5E)		
σ: 20° - Nº Comp.: 15		



# Proyecto: Regeneración sur Burriana

Gráfico: Gráfico combinado de corrientes y topografía

**Caso espectral: M1D2**

**M1:**

**D2:**

Características de la simulación

**OLUCA-SP**

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 1 m

h: 10 m

f<sub>p</sub>: 0.1 Hz (Tp: 10 s)

γ: 3.3

Nº Comp.: 10

Espectro direccional

θ<sub>m</sub>: 22.5° (S67.5E)

ε: 20° - Nº Comp.: 15

**COPLA-SP**

Rugosidad de

Nikuradse

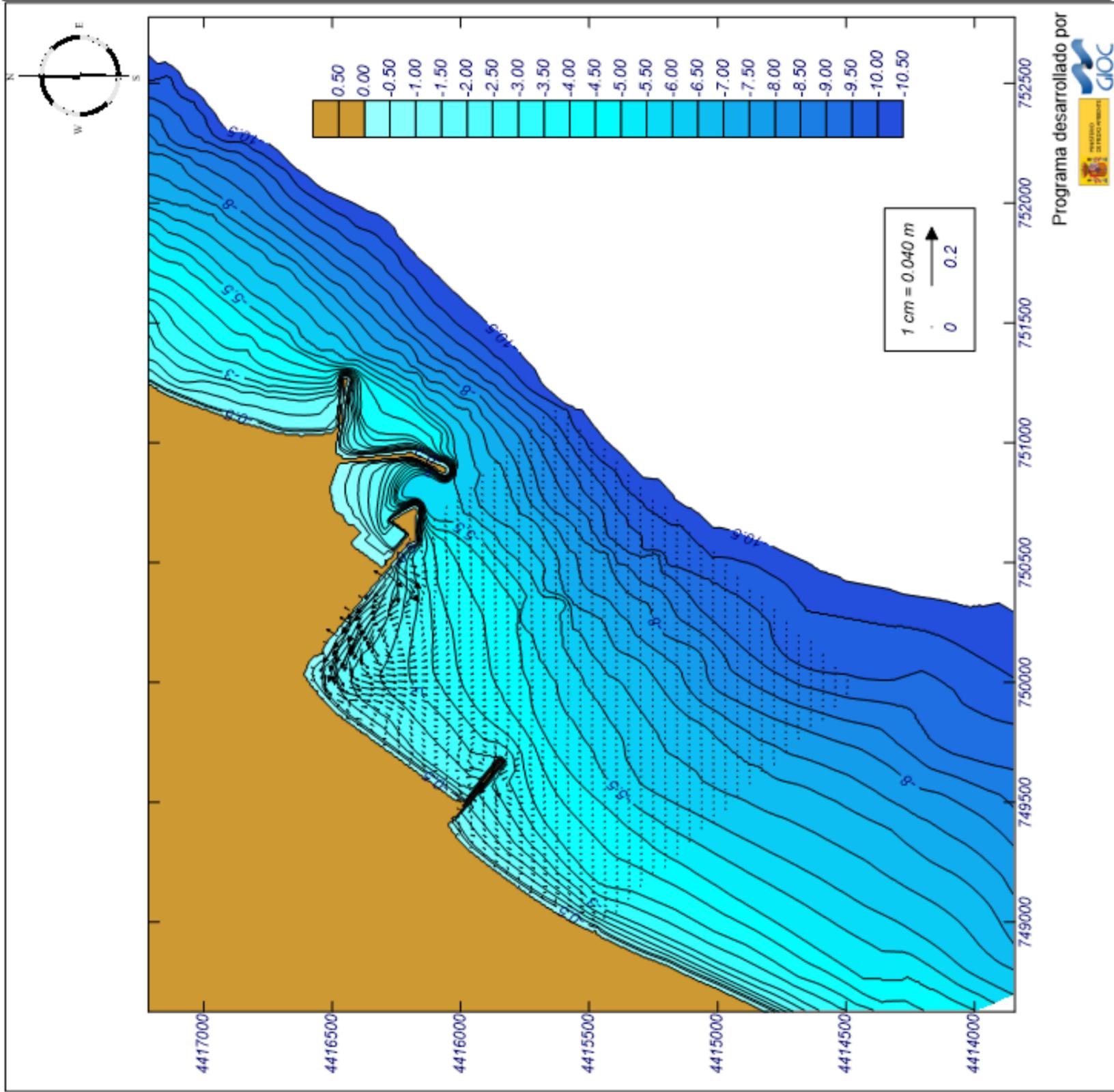
K<sub>swc</sub>: 1 m

Viscosidad de

remolino

ε: 20 m<sup>2</sup>/s

**MOPLA-SP**

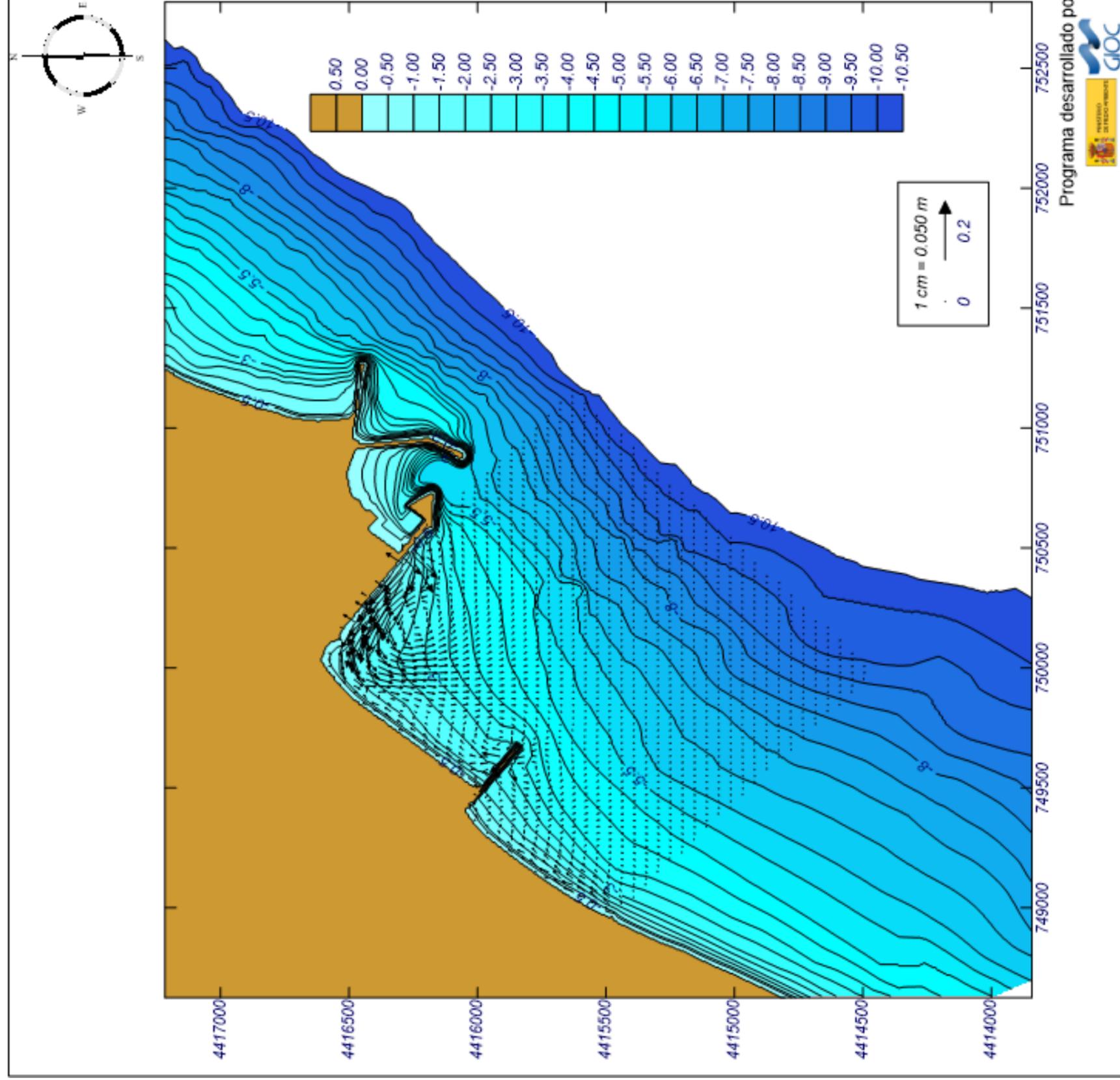


# Proyecto: Regeneración sur Burriana

Gráfico: Gráfico combinado de corrientes y topografía

**Caso espectral: M1D3**  
**M1:**  
**D3:**

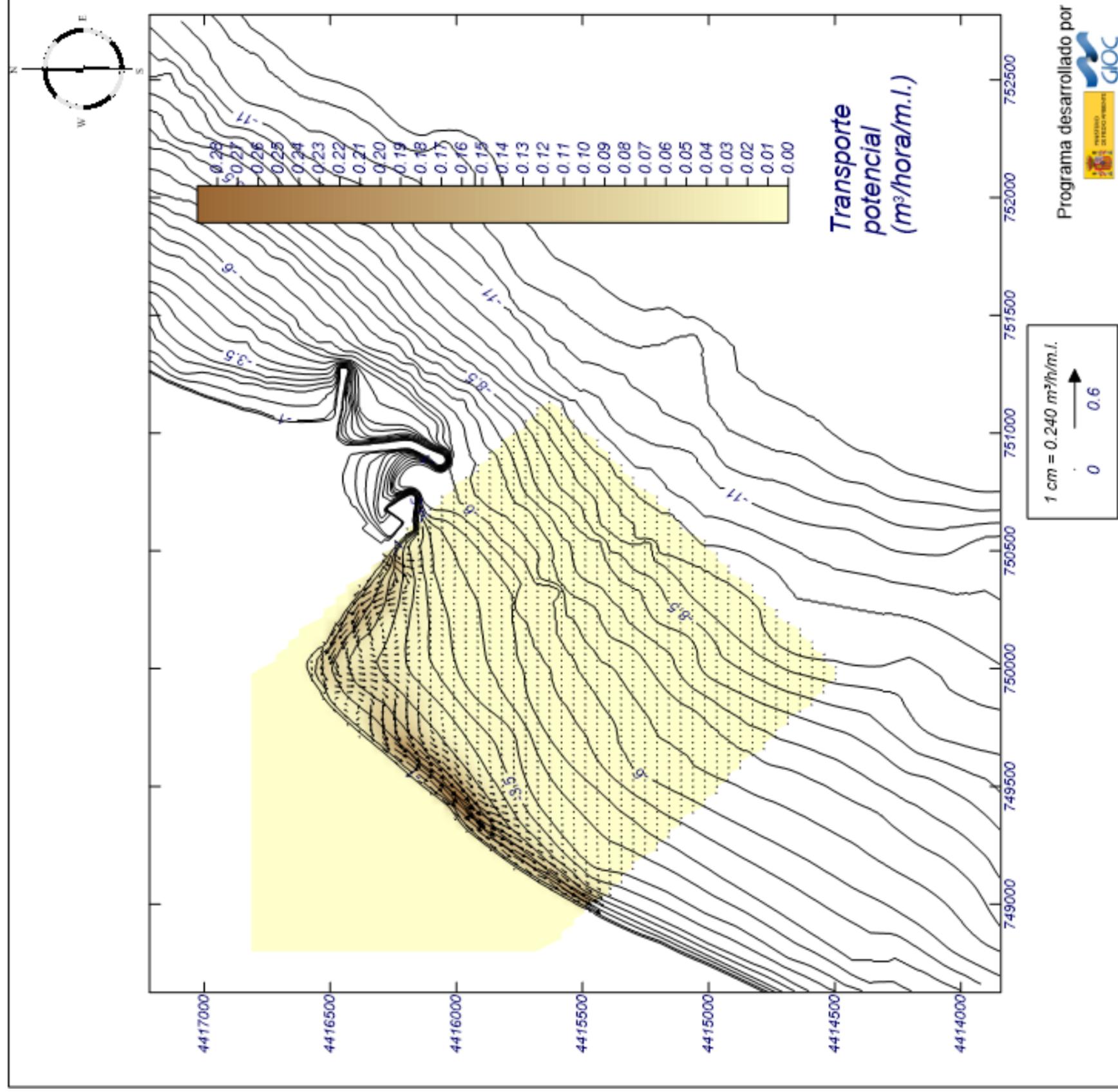
Características de la simulación		
<b>OLUCA-SP</b> Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 0° (S45.0E) σ: 20° - Nº Comp.: 15	<b>COPLA-SP</b> Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 20 m <sup>2</sup> /s	<b>MOPLA-SP</b>



# Proyecto: Regeneración sur Burriana

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Características de la simulación		
<b>Caso espectral: M1D1</b> <b>M1:</b> <b>D1:</b>	<b>OLUCA-SP</b> Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 45° (E) σ: 20° - Nº Comp.: 15	<b>MOPLA-SP</b> D <sub>50</sub> : 0.20 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby
	<b>COPLA-SP</b> Rugosidad de Nikuradse K <sub>swc</sub> : 1 m Viscosidad de remolino τ: 20 m <sup>2</sup> /s	



# Proyecto: Regeneración sur Burriana

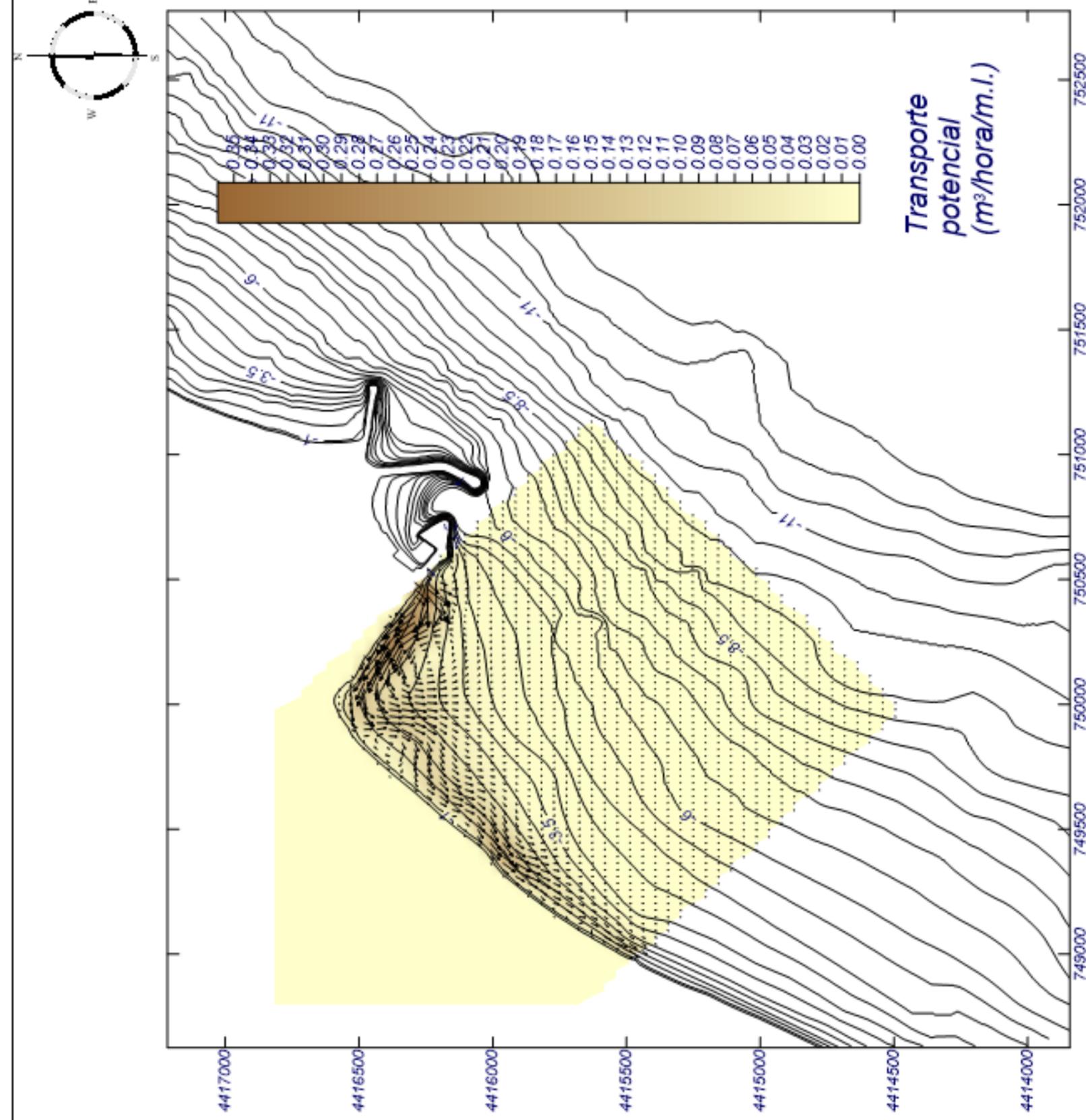
Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

**Caso espectral: M1D2**

**M1:**

**D2:**

Características de la simulación		
<b>OLUCA-SP</b> Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 22.5° (S67.5E) ei: 20° - Nº Comp.: 15	<b>COPLA-SP</b> Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ν: 20 m <sup>2</sup> /s	<b>MOPLA-SP</b> D50: 0.20 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby



1 cm = 0.270 m<sup>3</sup>/h/m.l.  
0 0.6

# Proyecto: Regeneración sur Burriana

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

**Caso espectral: M1D3**

**M1:**

**D3:**

Características de la simulación

**OLUCA-SP**

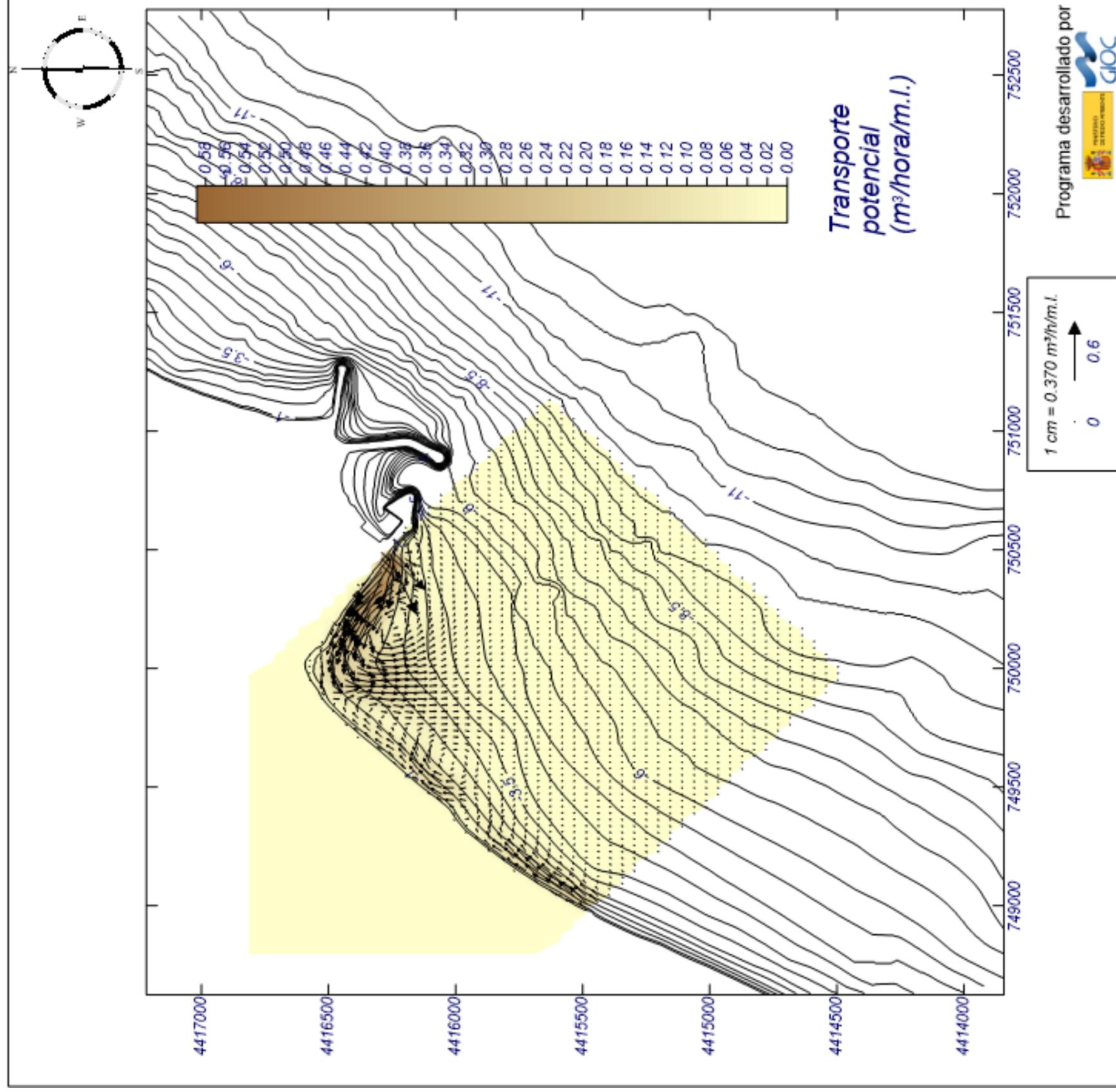
Espectro frecuencial (TMA)  
 Hs: 1 m  
 h: 10 m  
 fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s)  
 γ: 3.3  
 Nº Comp.: 10  
 Espectro direccional  
 θm: 0° (S45.0E)  
 σ: 20° - Nº Comp.: 15

**COPLA-SP**

Rugosidad de Nikuradse  
 Kswc: 1 m  
 Viscosidad de remolino  
 τ: 20 m<sup>2</sup>/s

**MOPLA-SP**

D<sub>50</sub>: 0.20 mm  
 Duración: 12.0 h  
 Formulación: Soulsby

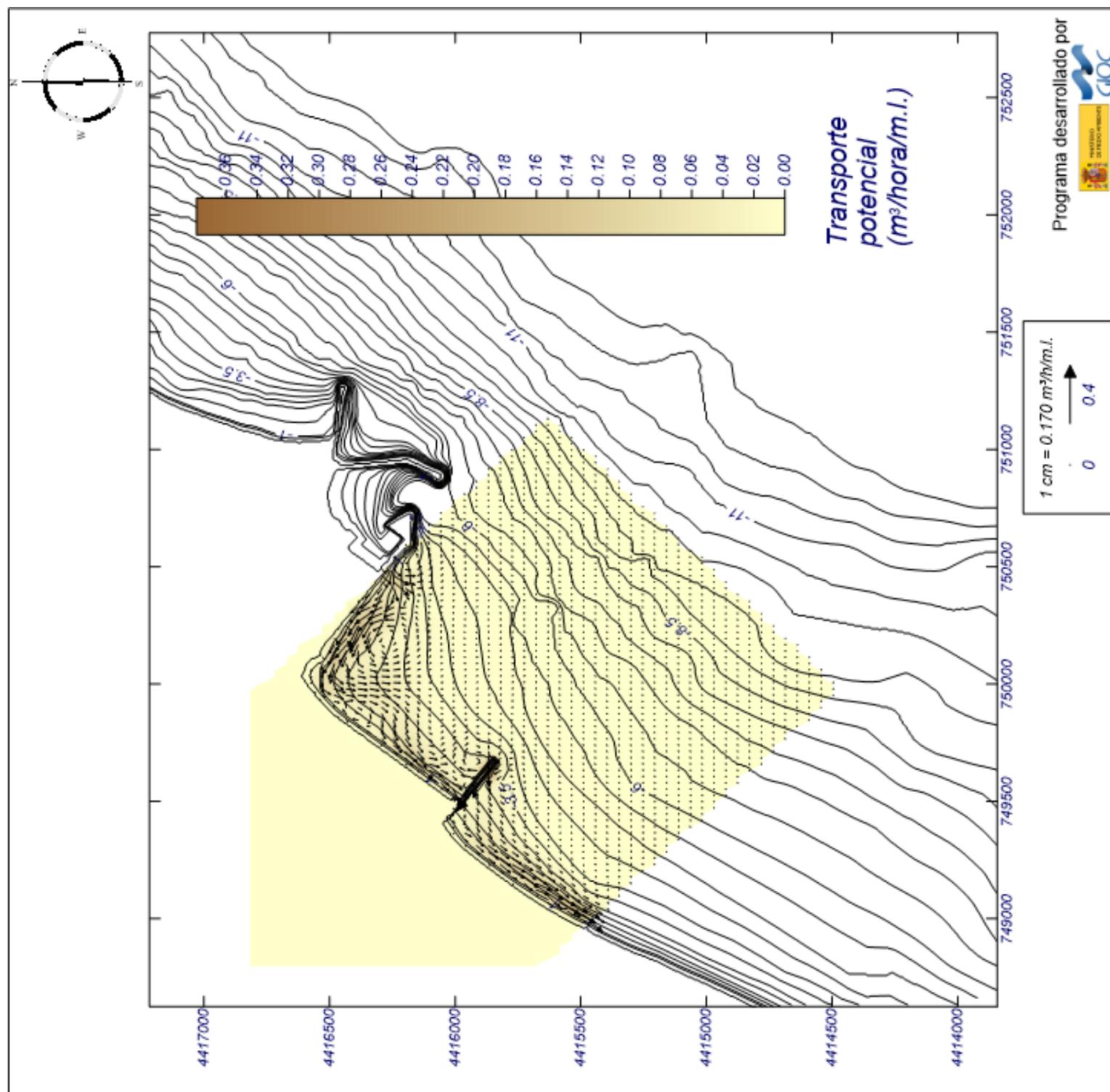


# Proyecto: Regeneración sur Burriana

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

**Caso espectral: M1D1**  
**M1:**  
**D1:**

Características de la simulación		
<b>OLUCA-SP</b> Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θw: 45° (E) σ: 20° - Nº Comp.: 15	<b>COPLA-SP</b> Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 20 m <sup>2</sup> /s	<b>MOPLA-SP</b> Dso: 0.20 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulisby

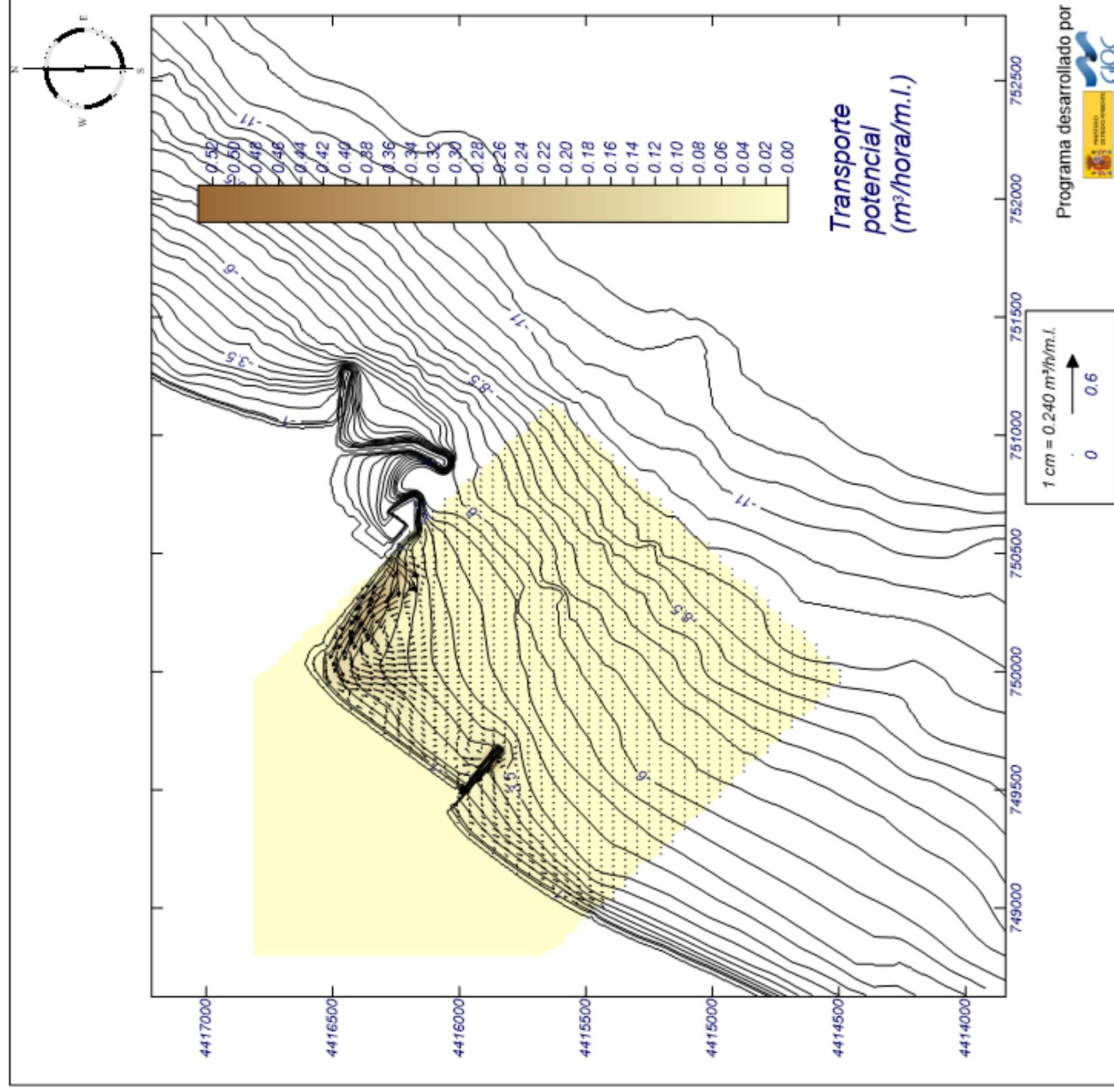


# Proyecto: Regeneración sur Burriana

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

**Caso espectral: M1D2**  
**M1:**  
**D2:**

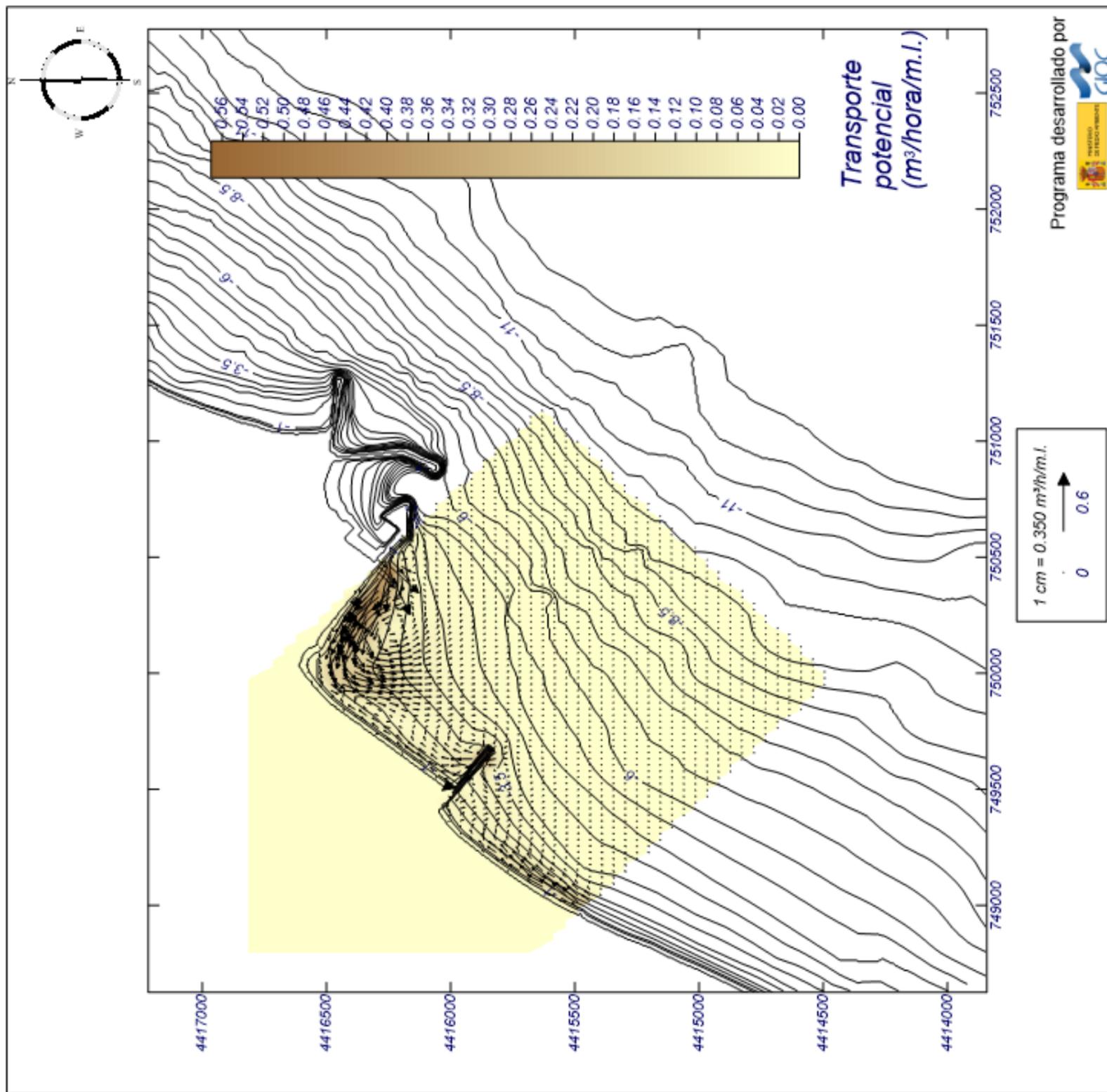
Características de la simulación		
<b>OLUCA-SP</b> Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 10 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: 22.5° (S67.5E) σ: 20° - Nº Comp.: 15	<b>COPLA-SP</b> Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 20 m <sup>2</sup> /s	<b>MOPLA-SP</b> D50: 0.20 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby



# Proyecto: Regeneración sur Burriana

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

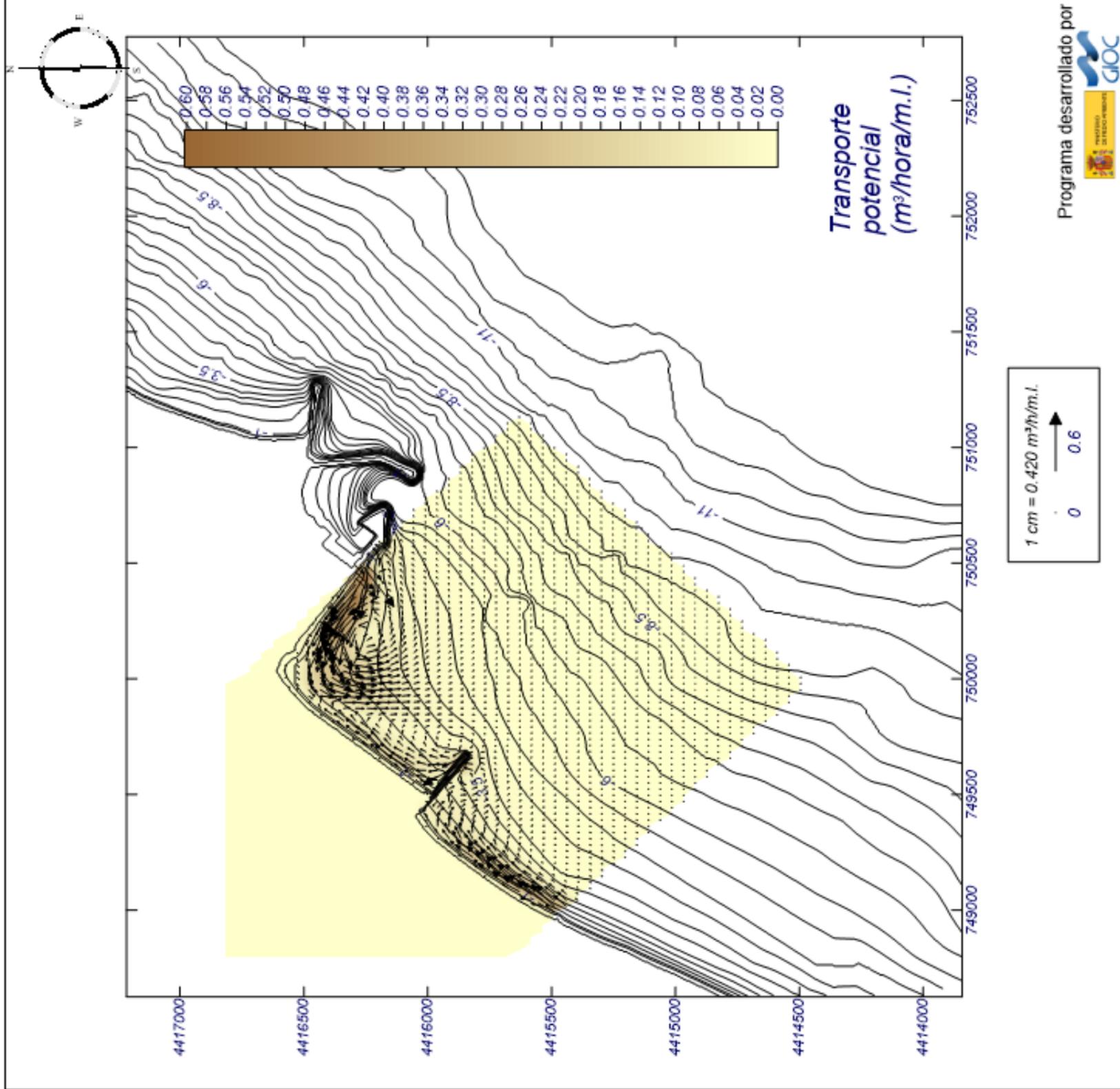
Características de la simulación		
<b>Caso espectral: M1D3</b> <b>M1:</b> <b>D3:</b>	<b>OLUCA-SP</b> Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m ht: 10 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 N° Comp.: 10 Espectro direccional θm: 0° (S45.0E) σ: 20° - N° Comp.: 15	<b>COPLA-SP</b> Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 20 m <sup>2</sup> /s
	<b>MOPLA-SP</b> D50: 0.20 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby	



# Proyecto: Regeneración sur Burriana

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

Características de la simulación			
<b>Caso espectral: M1D4</b> <b>M1:</b> <b>D4:</b>	<b>OLUCA-SP</b> Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m Tz: 10 s fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -22.5° (S22.5E) σ: 20° - Nº Comp.: 15	<b>COPLA-SP</b> Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ε: 20 m <sup>2</sup> /s	<b>MOPLA-SP</b> D50: 0.20 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby



## **2.7.- Estudio de alternativas.**

## 1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En este estudio de alternativas se presentan 3 alternativas de solución y una Alternativa 0 de no actuación.

### ALTERNATIVA 0

Supondría no realizar ningún cambio ni actuación en la zona objeto del proyecto. Esto se traduce en una erosión aún mayor de la que actualmente se produce, y la afección a las viviendas situadas en las inmediaciones de la costa. Asimismo, pondría en peligro la integridad de las personas.

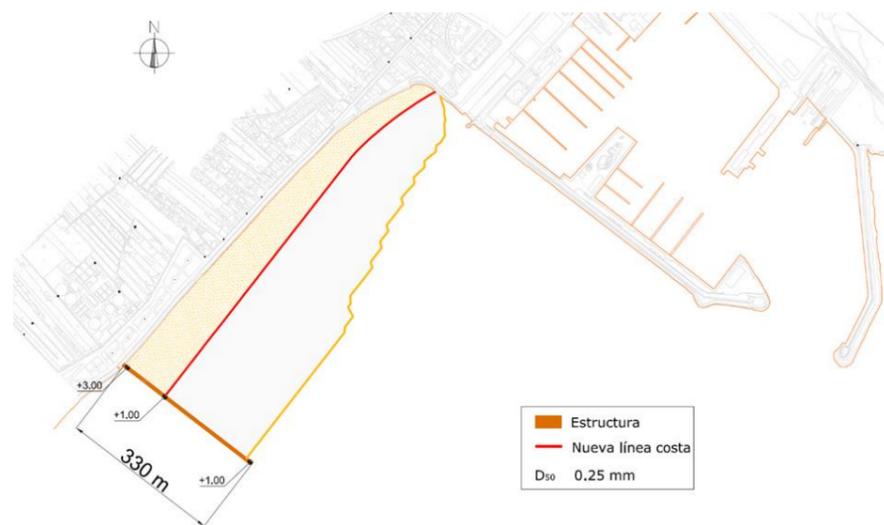
Desde el punto de vista medioambiental, la afección ya ha sido causada por la ejecución del dique del puerto, que evita la dinámica natural de aporte de materiales además de haber provocado la regresión de las curvas de nivel batimétricas. Esta evolución podrá afectar a la escollera de protección y a las viviendas ubicadas junto al paseo marítimo.

El impacto visual que se ha generado es la principal afección que se ha producido al introducir en el ambiente un elemento antrópico como es la escollera.

### ALTERNATIVA 1

Se dispone un dique de cierre perpendicular recto de 330 m de longitud. El ancho de coronación será de 8.00 m, en toda su longitud, comenzando la coronación en cota +3.00 a lo largo de los primeros 110 m y terminando en +1.00 a partir de la nueva línea de costa, a lo largo de los siguientes 220 m.

Esta estructura da lugar a la forma en planta representada en la figura.



El material de aportación será arena con tamaños entre 0.15 y 0.40 mm, tomándose un valor medio  $D_{50} = 0.25$  mm.

La anchura mínima de playa es de 45 m.

El perfil de equilibrio de la playa se obtiene a partir de la formulación de Dean con el parámetro correspondiente al tamaño de material  $D_{50}=0.25$  mm.

La forma en planta de equilibrio de la playa se obtiene a partir de la formulación de Hsu y Evans y las características de dinámica litoral obtenidas (dirección de flujo medio y periodo característico obtenido en el estudio de dinámica litoral).

La cota de diseño de la berma de playa se establece en la +2,80 m, con la pendiente que resulte hasta la cota cero.

### ALTERNATIVA 2

Esta alternativa consta de los mismos criterios que la alternativa 1 cambiando los valores de longitud del dique. La forma y lugar de situación es el mismo, y del mismo modo, esta alternativa pretende la ejecución de un dique de cierre perpendicular recto.

Las características del dique son las siguientes:

- Arranca en el mismo punto y a la misma cota que en la alternativa 1, prolongándose el arranque hasta una longitud de 171,07 m, y acortándose el tronco. El morro tiene 200 m de longitud y es quebrado, disponiendo un quiebro de  $140^\circ$  a 50 m de su arranque.
- El primer tramo del morro arranca a la cota +1,50 m y finaliza a la +1,00 donde se realiza el quiebro, prosiguiendo sumergido desde la cota +0,00 m hasta la -1,00 m.
- En este caso el dique de nueva construcción influye significativamente en la disposición de equilibrio, considerando su extremo como polo de difracción respecto a los temporales de origen S-SE. El ancho máximo de playa es de 258 m, localizándose esta zona junto al dique.



Alternativa 2

### ALTERNATIVA 3

Al igual que ocurre en la alternativa 2, la presente alternativa se basa en la primera, realizándose una serie de cambios técnicos, pero con la base fundamental de ejecutar un dique de protección de cierre perpendicular recto.

- Se propone en este caso un dique en “concha” totalmente emergido. El radio de curvatura adoptado es de 400 m.
- Se establece también un arranque recto de 226,72 m con coronación a la cota +2,50 m, un tramo intermedio de 231,21 m con pendiente continua hasta la cota +2,0 m, y finalmente el morro, que arranca a la cota +1,50 m y finaliza a la cota +1,00 m.
- Los taludes son 3/2 para arranque y tronco y 2/1 para el morro.
- La disposición correspondiente en planta es la típica de una playa en concha, con un ancho máximo de playa seca de 212,72 m, junto al dique y un mínimo de 45,72 m.



Alternativa 3

#### Aporte de materiales

Se debe añadir el aporte de arenas para conseguir la regeneración de la playa, ya que, al evitarse la acumulación de materiales hasta el momento, se ha producido un lavado de los materiales finos que había en la playa.

La procedencia de las arenas se puede realizar desde las siguientes zonas viables:

**Cantera:** áridos procedentes del procesado de la roca arenisca. Es arena que cumple con los requisitos de tamaño y composición química, que se adecuan a la arena presente en la zona. Se utilizarían canteras empleadas previamente en la Comunidad Valenciana y que han dado resultados positivos.

**Arena que se puede dragar del puerto de Burriana.** Consultado el Servicio de Explotación de Puertos de la Generalitat Valenciana, se nos informa, de que en el Puerto de Burriana hay disponible, para su dragado, suficiente volumen de arena para esta obra. La cercanía a la zona objeto de estudio y la tipología de la arena determinan que es una alternativa muy apropiada para su utilización en la regeneración de la playa. Este dragado cumplirá las “Directrices para la caracterización y su reubicación en aguas del dominio público marítimo terrestre” adoptadas por la comisión interministerial de Estrategias Marinas en 2014.

En el cuadro siguiente se resumen las principales características de cada alternativa, incluyendo la Alternativa 0 o de “No Actuación”.

ALTERNATIVAS	A0	A1	A2	A3
LONGITUD	840 m	840 m	840 m	840 m
ANCHURA MÍNIMA	0 m	45 m	45 m	45 m
ARENA A APORTAR	0 m <sup>3</sup>	391.358 m <sup>3</sup>	217.549 m <sup>3</sup>	251.391 m <sup>3</sup>
LONGITUD DIQUE	0 m	330 m	407,95 m	557,93 m
VOLUMEN DIQUE	0 m <sup>3</sup>	23.551 m <sup>3</sup>	27.635 m <sup>3</sup>	54.003 m <sup>3</sup>

### 1.2 VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS

Con base en el planteamiento y descripción de cada alternativa, y con objeto de escoger la más apta, se procede a continuación al análisis comparativo de las mismas atendiendo a criterios de funcionalidad, criterio ambiental, estético y paisajístico; así como, de coste económico.

A cada criterio se le asigna una ponderación de 0 a 1, en función de lo determinante que cada criterio sea respecto del total; de manera que si fuese el único criterio determinante tomaría un valor de ponderación de 1, y si no determinase en nada tomaría un valor de 0.

En primer lugar, se aborda el análisis técnico de las soluciones propuestas a través del criterio de funcionalidad. Posteriormente, se analizan los criterios ambientales y paisajísticos. Para la valoración de la afección ambiental y la calidad paisajística se parte de los resultados de las tablas de valoración de impactos ambientales generados en fase

de obra y en fase de funcionamiento de la actuación.

Para finalizar el análisis multicriterio se evalúa económicamente cada una de las soluciones propuestas.

### 1.2.1 CRITERIO TÉCNICO DE FUNCIONALIDAD.

Las alternativas de actuación tienen como función principal defender la costa de la acción conjunta del oleaje y las corrientes que erosionan el tramo de costa haciendo que no se tenga un ancho mínimo de costa.

Los factores determinantes para el correcto desempeño de esta función defensiva son la estabilidad y la efectividad de las protecciones planteadas, entendiéndose esta última como la capacidad de la alternativa para reducir la acción de los agentes erosivos y las consecuencias de su incidencia. Por otro lado, se entiende que una alternativa es mejor desde el punto de vista funcional si requiere un menor mantenimiento.

En el conjunto de la valoración, el peso dado a este criterio es del 0.2.

### 1.2.2 CRITERIO AMBIENTAL.

En el presente apartado se procede a analizar las interacciones “acciones-elementos ambientales” que puedan ser susceptibles de ocasionar impactos derivados de su presencia en el medio, sobre los diferentes elementos ambientales existentes en la zona de actuación, como parte del procedimiento constructivo de las alternativas planteadas y de su fase de funcionamiento.

En el conjunto de la valoración, el peso dado a este criterio es de 0.3.

Las variables ambientales incluidas en el estudio que pueden verse afectadas por la acción de aquellos elementos asociados a cada propuesta de actuación son los siguientes:

(1) Calidad hidrológica

Para evaluar los potenciales efectos sobre la calidad hidrológica del medio afectado se han tenido en cuenta dos aspectos fundamentales: Las alteraciones en la calidad química de las aguas y el aumento de la turbidez.

En este sentido, tiene una repercusión medioambiental considerada como desfavorable la aportación de volumen de material arenoso de cantera ya que lleva asociado la generación de turbidez, frente a la aportación de gravas, o a la aportación de material arenoso procedente del fondo marino, que ya está “lavado”

(2) Morfología costera o modificación de la forma en planta y perfil de la playa.

(3) Dinámica litoral a través de la modificación de la hidrodinámica y transporte de sedimentos.

(4) Afección a los espacios naturales protegidos, así como a la flora y la fauna protegida.

Dentro de este punto se han considerado las posibles afecciones de las distintas alternativas a:

- la flora y fauna protegida.
- Las especies marinas protegidas.

Las afecciones que pudiera producir la alternativa seleccionada son exhaustivamente estudiadas en el presente documento.

Las alternativas que causan mayor impacto sobre la morfología costera y la dinámica litoral son aquellas que requieren un mayor volumen total de escollera y de árido vertido.

Todas y cada uno de los impactos ambientales de la solución propuesta están identificados y valorados en el punto 6 del presente estudio de impacto ambiental.

### 1.2.3 CRITERIO ESTÉTICO Y PAISAJÍSTICO.

Las variables que se evalúan para obtener la valoración global de cada alternativa bajo el criterio paisajístico son la mejora de la calidad estética de las playas y la presencia de barreras visuales.

Desde este punto de vista, a priori se podrían considerar las alternativas 2 y 3 las más recomendables para la calidad visual, por ser las que mayor ancho de playa proporcionan.

En el conjunto de la valoración, el peso dado a este criterio es de 0.3.

### 1.2.4 CRITERIO ECONÓMICO.

En una valoración preliminar, basada en la estimación de los volúmenes de material, el coste diferencial relativo a las principales unidades de cada alternativa es el que se muestra en la siguiente tabla:

Alt	m3 arena	m3 escollera	€ arena	€ escollera	TOTAL
1	391.358,00	23.551,00	1.565.432,00 €	471.020,00 €	2.036.452,00 €
2	217.549,00	27.635,00	870.196,00 €	552.700,00 €	1.422.896,00 €
3	251.391,00	54.003,00	1.005.564,00 €	1.080.060,00 €	2.085.624,00 €

En el conjunto de la valoración, el peso dado a este criterio es de 0.2.

A modo de resumen, se muestra la **valoración de las diferentes alternativas los cuatro criterios considerados** se han valorado de 0 a 5, siendo 0 nada valorado y 5 la máxima valoración, con relación al conjunto.

	Peso	A1	A2	A3
Funcioonal	0,2	5,0	5,0	5,0
Ambiental	0,3	3,0	2,5	2,0
Estético	0,3	5,0	4,0	4,0
Económico	0,2	4,0	5,0	3,0
	TOTAL	4,2	4,0	3,4

### 1.3 ALTERNATIVA SELECCIONADA. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.

Contemplados todos estos criterios, se estima que la repercusión de las diferencias en los costes de implantación es especialmente significativa, en comparación con la relativa homogeneidad que presentan las alternativas en relación con el criterio funcional, por ejemplo.

De la valoración realizada de las alternativas propuestas se concluye que la alternativa que mejor cumple los objetivos funcionales del proyecto es la **alternativa A1**, por lo que se elige esta alternativa como base de partida para la solución final.

Las obras consisten básicamente en la ejecución de un dique de escollera y el vertido de arena para restituir la playa.

El espigón es de escollera de peso medio 5-6 t en el manto, y 1.50 – 3,00 t en el núcleo, sección trapezoidal, borde superior emergido en toda su longitud, que resulta de 330 m. La cota superior inicial es la +3,00 a lo largo de los primeros 110 m y termina en +1.00 a partir de la nueva línea de costa, a lo largo de los siguientes 220 m.

La escollera se colocará mediante la maquinaria adecuada (pala cargadora, retroexcavadora). El avance de su ejecución se hará desde tierra, avanzando luego sobre ésta para continuar con su construcción.

La arena a utilizar será la que se ha acumulado en las inmediaciones del puerto de Burriana. Dicha arena presenta un diámetro D50 igual a 0,25 mm.

Entre las actuaciones complementarias destaca la creación de un nuevo acceso en la zona de playa restaurada. Paralelamente, se aprovecharán los dos accesos existentes en el tramo de actuación.

El acceso será tipo escalinata, ejecutada de hormigón armado, con características similares a las existentes. Tendrá 10 m de ancho, y contará además con una rampa de 2 m de ancho y pendiente máxima de 6%.

Se ha previsto también el acondicionamiento de la zona peatonal que actualmente no cuenta con equipamiento urbano, localizada en el ángulo que forman la salida del espigón del puerto y el frente litoral sur. Para ello se prolonga el muro y el paseo existente en el frente marítimo, acondicionando además la explanada como zona peatonal mediante su pavimentación y ajardinamiento.

Se producirán interferencias con la obra de drenaje de salida de la depuradora, con la salida de un canal y con la rampa de la escuela de vela.

Para la primera de estas afecciones, coincidiendo la obra de drenaje con el dique de escollera, éste será entubado y conducido paralelo al cuerpo del espigón, para luego, mediante un codo, dar salida aguas abajo del dique y de la playa. Esta salida se producirá en una zona en la cual la corriente permita la dilución.

La salida del canal desemboca en la zona donde se ubicará la playa. Por tal motivo, se prevé instalar un muro de contención para la arena en la zona final del canal de altura ligeramente superior a la cota máxima de ésta (+1,20).

Tendrá en su parte inferior una abertura para permitir la salida del agua que transporta el canal. En el interior del manto de arena, y coincidiendo con la abertura del muro tendrá su inicio un dren constituido de material granular protegido con geotextil. El dren se extenderá desde el muro hasta alcanzar la playa sumergida, es decir, debajo de la cota +0,00.

En cuanto a la rampa de salida de la escuela de vela, la zona en la que interfieren la playa y dicha instalación, no se ve alterada significativamente por la arena vertida, en lo referente al calado, siendo siempre superior a 1,2 m.

Por otro lado, permanece libre una franja de ancho mínimo 7 m y calado 2,0 m. Sin embargo, a fin de asegurar un ancho de salida similar al actual, se prevé la instalación de un muro de escollera de peso entre 1 y 3 t, de 50 m de longitud y 1 m de altura media, con un ancho superior de 1 m y taludes laterales 2/1, que contendrá la arena de la playa evitando la invasión de la zona de la rampa de salida de la escuela de vela.

Se ha contemplado y presupuestado un Plan de Vigilancia Ambiental, con el objeto de proteger el entorno durante la ejecución de las obras, y asegurar su cumplimiento.

Si bien a priori no se han detectado yacimientos arqueológicos, se ha incluido una partida presupuestaria de prospección y seguimiento arqueológico.

**2.8.- Dimensionamiento de la solución.**

## 1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se describe la metodología empleada para el dimensionamiento de la solución adoptada para la construcción de la playa en Burriana (Castellón). Esta metodología incluye, por un lado, el diseño de la playa y, por otro, el dimensionamiento de la estructura de contención del material de relleno. El diseño de la playa incluye la forma en planta de equilibrio a partir de la dirección del flujo medio de energía y otras características del oleaje, y el perfil resultante de la actuación.

El diseño de la estructura incluye la justificación de la formulación empleada y el cálculo del peso de escollera del espigón, tanto del cuerpo como del pie del talud.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ELEGIDA

La solución proyectada consiste en la creación de una nueva playa y en la construcción de un espigón para contener el material. La longitud del espigón es de 330 m y el nuevo material de aportación para la creación de la playa es de  $D_{50} = 0.25 \text{ mm}$

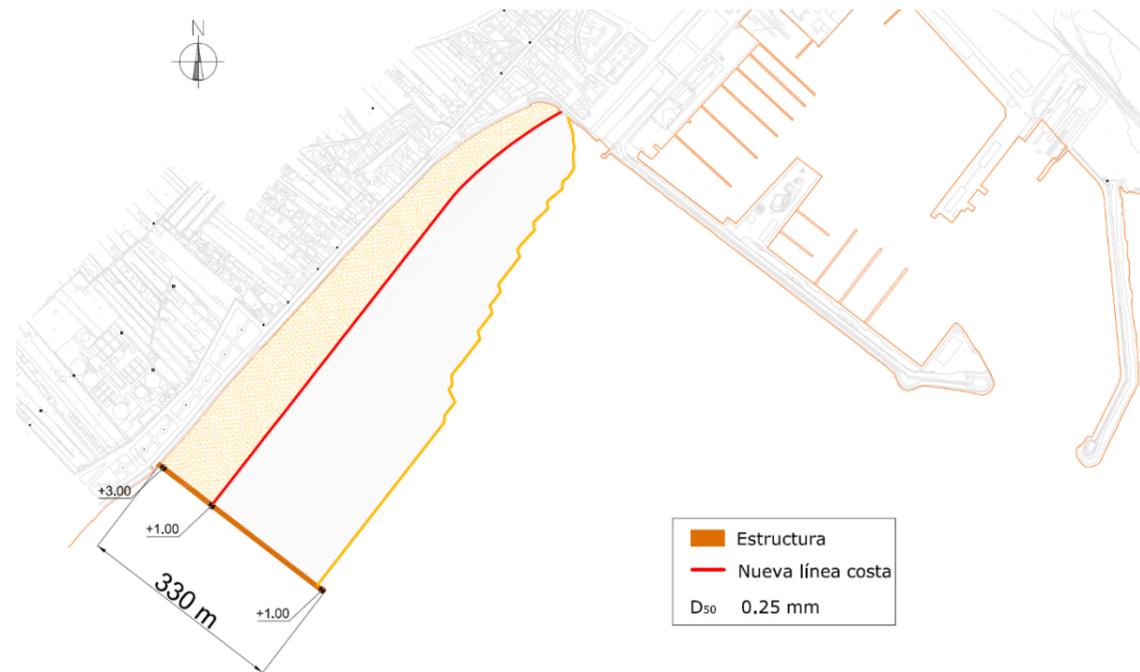


Figura 1. Vista en planta de la solución.

## 3. PARÁMETROS DE DISEÑO

En los siguientes puntos se detallan los parámetros que definen las variables de diseño de la actuación, establecidas con el objetivo de cumplir con los criterios técnicos y funcionales.

### 3.1 PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL ESPIGÓN

Los siguientes puntos indican de forma resumida los parámetros que se tienen en cuenta para el diseño de la playa:

- El periodo de retorno de diseño es 68 años, obtenido a partir de la ROM 1.0-09 (véase anejo de clima marítimo)
- La estructura será de escollera, de un único manto, sin filtro, con berma de pie de protección.
- La longitud será tal que contenga el material de aporte del relleno de la playa.
- El ancho de coronación será de 8.00 m, comenzando la coronación en cota +3.00 y terminando en +1.00 a partir de la nueva línea de costa.
- El oleaje de diseño para su dimensionamiento será el obtenido en los puntos de control en la sección en la que irá ubicado el espigón, considerando las variaciones por el efecto del cambio climático.
- El espigón se situará inmediatamente al norte del colector de salida de la EDAR, permitiendo el vertido aguas abajo del espigón.

Todos estos parámetros se desarrollan en la sección de dimensionamiento del espigón.

### 3.2 PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLAYA

Los siguientes puntos indican de forma resumida los parámetros que se tienen en cuenta para el diseño de la playa:

- El material de aportación será arena con tamaños entre 0.15 y 0.40 mm, tomándose un valor medio  $D_{50} = 0.25 \text{ mm}$ .
- La anchura mínima de playa es de 45 m.
- El perfil de equilibrio de la playa se obtiene a partir de la formulación de Dean con el parámetro correspondiente al tamaño de material  $D_{50}=0.25 \text{ mm}$ .
- La forma en planta de equilibrio de la playa se obtiene a partir de la formulación de Hsu y Evans y las características de dinámica litoral obtenidas (dirección de flujo medio y periodo característico obtenido en el

estudio de dinámica litoral).

- La cota de diseño de la berma de playa se establece en la +2,80 m, con la pendiente que resulte hasta la cota cero.

### 3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO MODIFICADOS DEBIDO AL EFECTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Tal y como se refleja en el Anejo Efectos del Cambio Climático, la variación estimada en las variables de dinámica marina es, para el escenario más pesimista (RCP8.5):

Variable	ESCENARIO RCP4.5	ESCENARIO RCP8.5
Incr Hsm (m)	-0.0167	-0.0195
Incr Hs99.9% (m)	-0.0787	-0.0573
Incr Dir (°)	-0.8002	-1.4678
Incr MSL (m)	0.4303	0.5773
Incr MM99.9% (m)	-0.0206	-0.0533
Incr NMCm (m)	0.4307	0.5781
Incr NMC99.9% (m)	0.4567	0.6031

Tabla 1.-Variación de las variables de dinámica costera en el periodo de horizonte 20881-2100.

Estos valores han sido obtenidos a partir de tendencias estimadas que recoge el proyecto Cambio Climático en la Costa Española' (C3E) realizado por la Universidad de Cantabria.

Por tanto, se modificarán los parámetros que se obtuvieron del estudio de clima marítimo y de dinámica litoral realizado y que se recogen en los anejos correspondientes, viéndose modificados con las cantidades anteriores en el caso de que la situación futura vaya a ser más crítica. Para los parámetros de dimensionamiento se considera por tanto tan sólo el efecto de la variación en el flujo medio de energía.

Los parámetros para el dimensionamiento de la playa son los que se indican a continuación, junto con un periodo medio  $T_p=7.5$  s (obtenido mediante el ajuste detallado en el Anejo de Clima Marítimo). Como valor de flujo medio de energía para la alineación de equilibrio se ha calculado el promedio de los valores de flujo obtenido en los puntos centrales de la celda litoral (puntos P2, P3, P6, P7), dado que se consideran los representativos de lo que acontece en la zona (véase Anejo de Dinámica Litoral). Este valor de flujo medio de energía resulta  $127^{\circ}7$ , que con la variación prevista por los efectos del cambio climático se ve disminuido hasta los  $126^{\circ}2$ .

	FME [°]	FME	h* (m)
Playa	126.2	S52E	3.9

Tabla 2.-. Parámetros para la definición de la planta de equilibrio.

## 4. IMENSIONAMIENTO DE LA PLAYA

### 4.1 DISEÑO DE LA PLANTA DE EQUILIBRIO

La estimación de la forma en planta de la playa regenerada se basa en la existencia de un patrón en la forma de las playas ubicadas al abrigo de un cabo o saliente. Para ello, se ha utilizado el procedimiento propuesto por *González y Medina (2001)* a partir de los trabajos de *Hsu y Evans (1989)*, que se encuentra implementado en el Módulo de Modelado del Terreno del Sistema de Modelado Costero (SMC) de la Universidad de Cantabria.

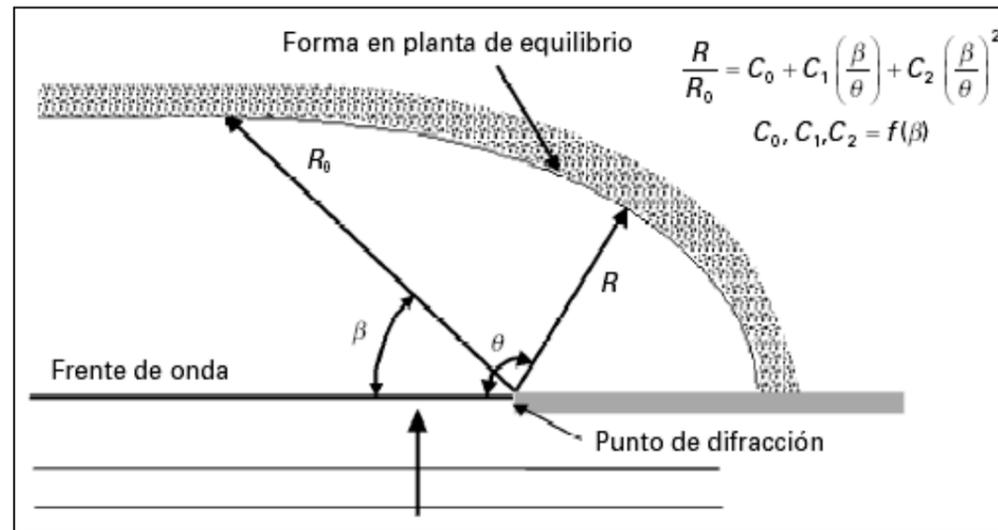


Figura 2. Ecuación de la parábola de equilibrio (González y Medina, 2001).

La estimación de la forma en planta de equilibrio de la playa se obtiene a partir del ajuste de parábolas de *Hsu y Evans* que surgen de considerar la difracción del oleaje en los extremos de las estructuras que se proyectan. Las parábolas resultantes son tangentes en su desarrollo recto que se ajusta para garantizar una anchura mínima de 45 m, parámetro de diseño anteriormente especificado.

Aplicando dicho procedimiento y haciendo uso de los resultados obtenidos en el estudio de dinámica litoral, se obtienen los valores determinantes en el ajuste de la planta de equilibrio de la playa. Las coordenadas UTM de la línea de playa proyectada se adjuntan al final del documento. La Tabla 3 recoge los parámetros empleados y resultantes para la proyección.

Punto de control		Frente del Oleaje				Distancia de la línea de costa			
X	Y	$\theta$ [°]	$h^*$ [m]	$T$ [s]	$L_d$ [m]	$Y$ [m]	$\alpha_{min}$	$Y/L_d$	$R_0$
750723.661	4416166.638	S52E	3.9	7.5	44.7	853	19.29	19.1	903.7

Tabla 3.-. Parámetros de diseño de la playa en el módulo del SMC.

### 4.2 DISEÑO DEL PERFIL DE EQUILIBRIO

El diseño del perfil de playa se realiza a partir del perfil teórico de Dean (1977), que depende del tamaño de material:

$$y = A_D x^{2/3}$$

donde  $y$  es la profundidad en m,  $x$  es la distancia a la línea de costa y  $A_D$  es el parámetro de Dean que depende de la velocidad de caída de grano y de un parámetro  $k$  dependiente del tamaño de grano. La formulación será válida hasta la profundidad de cierre.

Parámetro	Valor	Formulación
D50 [mm]	0.25	$y = -A \cdot x^{2/3}$
$k$	0.510	
$w$	0.03	
$A$	0.109	

Tabla 4.-. Parámetros de la formulación de Dean en el diseño del perfil.

En el apéndice de este documento se adjuntan las coordenadas X, Z del perfil obtenidas respecto a la línea de costa actual (línea 0).

Este perfil teórico, que se muestra en la figura adjunta, es el proyectado a partir de la nueva línea de costa.

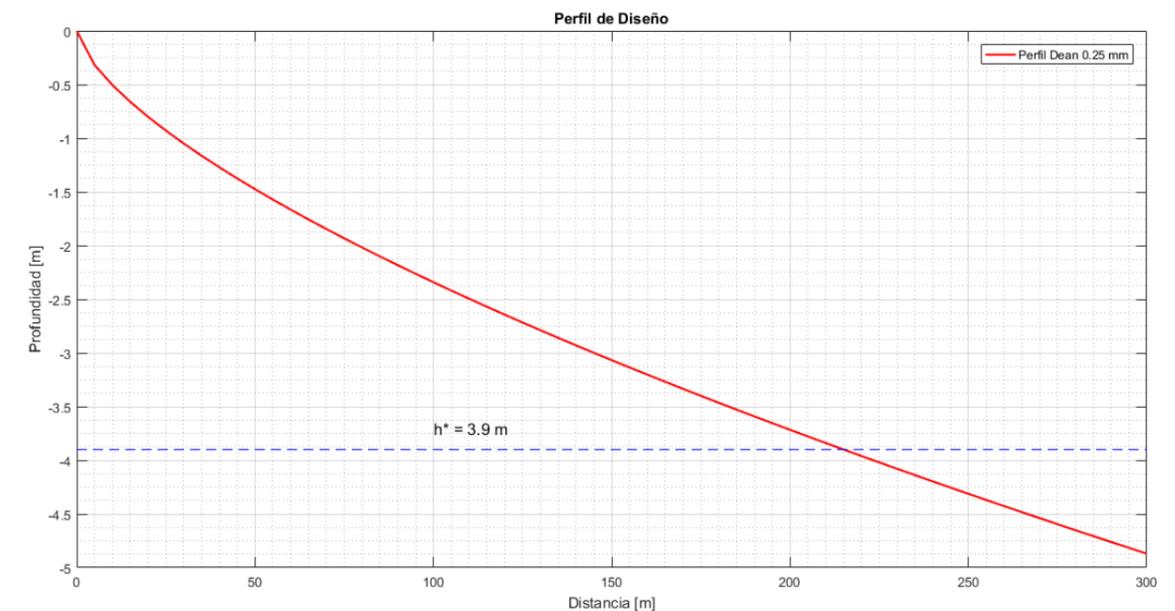


Figura 3. Perfil de diseño de la playa (Dean para diámetro 0.25 mm).

La cota de la berma de la playa seca se dispone a +2.80 m.

## 5. DIMENSIONAMIENTO DEL ESPIGÓN

### 5.1 GEOMETRÍA DEL ESPIGÓN

La longitud del espigón debe ser suficiente para contener el perfil del relleno de la playa y alcanzar, como mínimo, la profundidad a partir de la cual no se esperan movimientos significativos de sedimento. Esta longitud se establece en 330 m, obtenida teniendo en cuenta la intersección del perfil de Dean con la batimetría actual para que se pueda contener el material de relleno.

La cota superior inicial es la +3,00 a lo largo de los primeros 110 m y termina en +1.00 a partir de la nueva línea de costa, a lo largo de los siguientes 220 m

### 5.2 OLEAJE DE DISEÑO

En el anejo Propagaciones de oleaje se obtuvo el oleaje en régimen extremal escalar en los distintos puntos de control. Los puntos de interés son los puntos 1 y 5, puesto que están situados en la dirección principal del espigón.

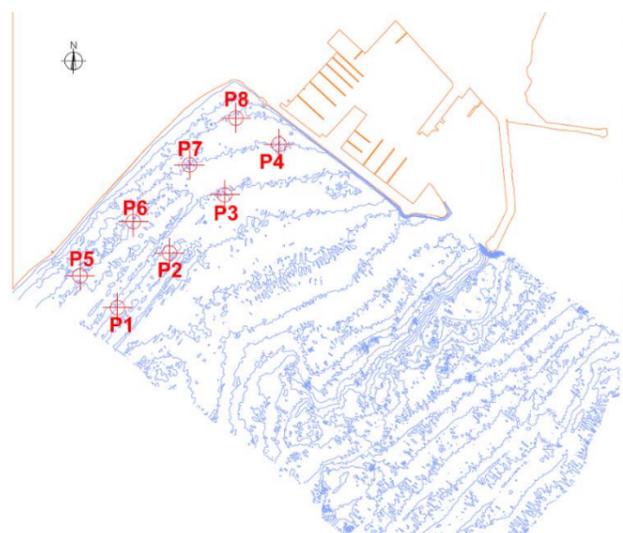


Figura 4. Puntos de control seleccionados para la propagación hasta pie de playa.

Los valores que se obtuvieron en régimen extremal para estos puntos se recogen en la siguiente tabla. Se tomará el valor promedio de Hs más desfavorable obtenida, que se produce con la dirección de procedencia del oleaje ESE.

Punto	Prof [m]	Hsd [m] ESE
P1	4.1	2.32
P5	3.8	2.07
Promedio		2.20

Tabla 5.-. Principales estadísticos en régimen escalar extremal en los puntos de control a pie de playa.

Para el diseño de las estructuras se tomarán como valores de cálculo los correspondientes a la altura de ola obtenidos en régimen escalar a la profundidad aproximada máxima del morro de cada uno de los espigones, para el periodo de retorno de 68 años, con la variación debida a los efectos del cambio climático. Tal y como se refleja en el Anejo de Efectos de Cambio Climático,  $\Delta H_{S,Tr50} = 0 \text{ m}$ , esto es, el diseño se realiza con el valor promedio directamente obtenido ( $H_s=2.20 \text{ m}$ ).

### 5.3 DIMENSIONAMIENTO

#### 5.3.1 JUSTIFICACIÓN DE LA FORMULACIÓN EMPLEADA PARA EL CUERPO DEL ESPIGÓN

El peso de las piezas que es estable para un determinado nivel de daño en los diques en talud se puede calcular con una expresión del tipo:

$$W = \gamma_w H^3 R \psi$$

Donde

- W es el peso de la unidad del manto [t]
- H es la altura de cálculo [m]
- $\gamma_w$  es la densidad de la unidad del manto [ $t/m^3$ ]
- R es función de la relación entre el peso específico del material y el del agua:  $R = S_R / (S_R - 1)$ , con  $S_R = \gamma_r / \gamma_w$
- $\psi$  es la función de estabilidad, que depende del talud del manto y del peralte del oleaje incidente para cada tipo de pieza y grado de avería.

A continuación, se van a exponer las formulaciones más conocidas y empleadas: la fórmula de Hudson, la de Losada y Giménez-Curto y la de Van der Meer. Las dos primeras se formularon a partir de oleaje regular y la de Van der Meer a partir de oleaje irregular.

#### 5.3.1.1 FÓRMULA DE HUDSON (1959)

La formulación de Hudson responde a la expresión:

$$W = \frac{H^3 \rho_r}{(S_r - 1)^3 K_D \cotan(\alpha)}$$

Donde

- W es el peso de la unidad del manto [t]
- H es la altura de diseño [m]
- $\rho_r$  es la densidad de la unidad del manto [ $t/m^3$ ]
- $S_R$  es la relación entre densidades  $S_R = \rho_r / \rho_w$

- $\alpha$  es el ángulo del talud, por lo que  $\cotan(\alpha) = 1.5$
- $K_D$  es el coeficiente de estabilidad, que depende principalmente del tipo de rotura del oleaje, del nivel de avería, y del tipo y forma de colocación de las piezas en el talud (v. Tabla 6).

En la edición de 1984, el *Shore Protection Manual* aconseja unos valores determinados para el coeficiente de estabilidad  $K_D$  (v. Tabla 6) en función de si el oleaje rompe justo en el frente del dique (o espigón) o de si, por el contrario, ya ha roto previamente debido al fondo.

**Table 10-8.** Suggested  $K_D$  values for use in determining armor unit weight

Armor Units	$n^a$	Placement	No-Damage Criteria and Minor Overtopping		Structure Head		Slope cot $\theta$
			Structure Trunk		$K_D$		
			Breaking Wave	Nonbreaking Wave	Breaking Wave	Nonbreaking Wave	
Quarystone							
Smooth rounded	2	Random	1.2 <sup>c</sup>	2.4	1.1	1.9	1.5-3.0
Smooth rounded	> 3	Random	1.6	3.2	1.4	2.3	d
Rough angular	1	Random <sup>b</sup>	b	2.9	b	2.3	d
Rough angular	2	Random	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
Rough angular	> 3	Random	2.2	4.5	1.6	2.8	2.0
Rough angular	2	Special <sup>e</sup>	5.8	7.0	1.3	2.3	3.0
Parallelepiped <sup>f</sup>	2	Special <sup>c</sup>	7.0-20.0	8.5-24.0	2.1	4.2	d
Tetrapod and quadripod	2	Random	7.0	8.0	5.3	6.4	d
Tribar	2	Random	9.0	10.0	5.0	6.0	1.5
Dolos	2	Random	15.8 <sup>g</sup>	31.8 <sup>g</sup>	4.5	5.5	2.0
Modified cube	2	Random	6.5	7.5	3.5	4.0	3.0
Hexapod	2	Random	8.0	9.5	8.3	9.0	1.5
Toskane	2	Random	11.0	22.0	7.8	8.5	2.0
Tribar	1	Uniform	12.0	15.0	6.0	6.5	3.0
Quarystone ( $K_{RR}$ )					8.0	16.0	2.0 <sup>h</sup>
Graded angular	—	Random	2.2	2.5	7.0	14.0	3.0

<sup>a</sup>  $n$  is the number of units comprising the thickness of the armor layer.

<sup>b</sup> The use of single layer of quarystone armor units is not recommended for structures subject to breaking waves, and only under special conditions for structures subject to nonbreaking waves. When it is used, the stone should be carefully placed.

<sup>c</sup> Caution: Those  $K_D$  values shown in *italics* are unsupported by test results and are only provided for preliminary design purposes.

<sup>d</sup> Until more information is available on the variation of  $K_D$  values with slope, the use of  $K_D$  should be limited to slopes ranging from 1:1.5 to 1:3. Some armor units tested on a structure head indicate a  $K_D$ -slope dependence.

<sup>e</sup> Special placement with long axis of stone placed perpendicular to structure face.

<sup>f</sup> Parallelepiped-shaped stone: long slab-like stone with the long dimension about three times the shortest dimension (Markle and Davidson, 1979).

<sup>g</sup> Refers to no-damage criteria (< 5% displacement, rocking, etc.); if no rocking (< 2%) is desired, reduce  $K_D$  by 50% (Zwamborn and Van Niekerk, 1982).

<sup>h</sup> Stability of dolosse on slopes steeper than 1:2 should be substantiated by site-specific model tests.

<sup>i</sup> Applicable to slopes ranging from 1:1.5 to 1:5.

Source: From U.S. Army Corps of Engineers (1984).

Tabla 6.- Valores sugeridos para el coeficiente de estabilidad, *Shore Protection Manual* (1984).

La fórmula de Hudson, presenta la ventaja de ser sencilla y es válida para diques con cualquier pendiente y manto exterior formado por dos capas de bloques y va asociada a un nivel de daño < 5 % (inicio de avería). Sin embargo, presenta una serie de debilidades:

- potenciales efectos de escala, puesto que la formulación se dedujo a partir de ensayos a escala muy reducida;
- aplicable sólo para oleaje regular;
- no tiene en cuenta el período de oleaje ni la duración del temporal;
- no describe ni tiene en cuenta el nivel de daño de la estructura;
- sólo se emplearon en los ensayos estructuras de núcleo permeable.

### 5.3.1.2 FÓRMULA DE LOSADA Y GIMÉNEZ CURTO (1992)

Esta formulación encuentra una expresión para la función de estabilidad que depende del número de Iribarren y de dos constantes empíricas definidas para cada tipo de pieza, talud y nivel de avería. La forma general de esta función es la siguiente:

$$\Psi = A(I_r - I_{r0}) \exp [B(I_r - I_{r0})]$$

Donde

- $I_{r0} = 2.654 - \tan(\alpha)$
- A, B son coeficientes de ajuste que dependen del tipo de pieza, forma de colocación y pendiente del talud.

Esta formulación es sólo aplicable a oleaje regular, si bien reconoce la aleatoriedad intrínseca de la respuesta de los diques de escollera e introducen unas bandas de confianza para facilitar el diseño.

### 5.3.1.3 FÓRMULA DE VAN DER MEER (1993)

La formulación de Van der Meer (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 (siempre irregular) y un amplio rango de permeabilidades de mantos y núcleo y de características de los diques.

La formulación de Van der Meer depende del tipo de rotura de ola (surfing o plunging), que son función del número de Iribarren ( $I_r$ ) y que vienen determinadas según el número de Iribarren crítico:

$$I_{r_{cr}} = \left( 6.2p^{0.51\sqrt{\tan(\alpha)}} \right)^{\left( \frac{1}{p+0.5} \right)}$$

El número de estabilidad  $N_s$  se obtiene según sea la rotura tipo surfing (rotura reflejante) o plunging (rotura en voluta):

Si  $I_{r_{CR}} > I_r$  (plunging waves)

$$N_{S1} = 6.2p^{0.18} \left( \frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} (Ir)^{-0.5}$$

Si  $Ir_{CR} < Ir$  (surging waves)

$$N_{S2} = p^{-0.13} \left( \frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cotan(\alpha)} (Ir)^p$$

En las expresiones anteriores, las variables son las que se especifican a continuación:

- $p$  es la permeabilidad considerada (desde 0.1 para núcleo impermeable hasta 0.6 para filtros igual al manto).

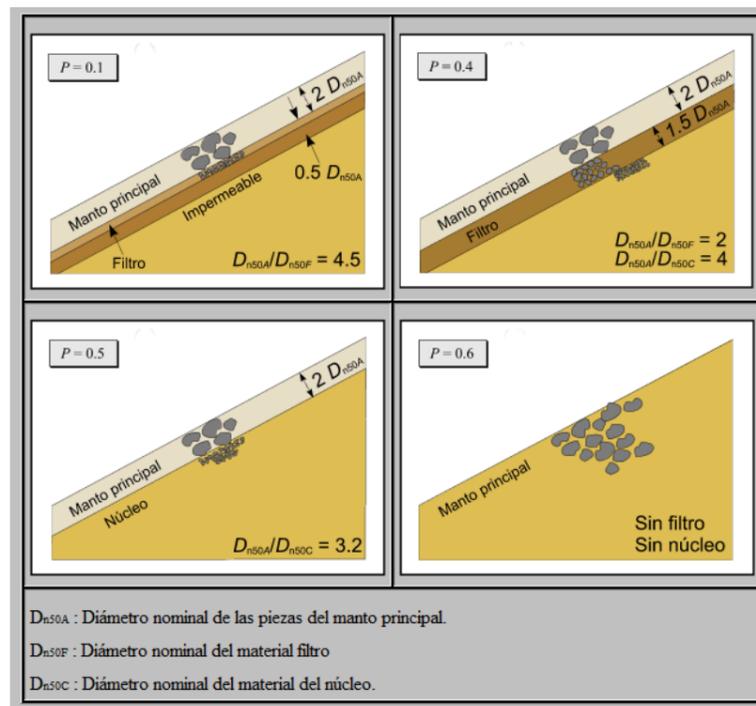


Figura 5. Valores de permeabilidad para las distintas secciones tipo. Fuente: TIC (IH Cantabria)

- $N$  es el número de olas a la que estará sometido el dique durante la tormenta de cálculo. Suele tomarse entre 1.000 y 3.000 olas.
- $S$  es el daño adimensional del manto permitido (2, equivalente al 5% para inicio de avería).
- $Ir$  es el número de Iribarren calculado con  $H_s$  a pie de dique y la longitud de onda en profundidades indefinidas, asociada al periodo medio de oleaje.
- $\alpha$  es el ángulo del talud.

Finalmente, el peso de las piezas se obtiene mediante la expresión:

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta \cdot D_{n50}} = \max\{N_{S1}, N_{S2}\}$$

siendo  $\Delta$  la densidad relativa.

La relación entre peso y diámetro nominal de piezas viene dada por:  $D_{n50} = \left( \frac{W}{\rho_r} \right)^{1/3}$ .

Esta metodología considera los factores que intervienen en el fenómeno: porosidad (número de capas), talud, grado de averías permitido, tipo de rotura de ola, duración del temporal, altura de ola y periodo, etc. Al considerarse la más completa y actualizada, será la que se emplee en estos trabajos.

### 5.3.2 DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO

Para el dimensionamiento de las piezas del espigón se emplea la metodología propuesta por Van der Meer, ya comentada en la sección anterior de este documento.

#### 5.3.2.1 BASES DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN TIPO

Se dimensionan las piezas del espigón, considerando la altura de diseño que corresponde y la profundidad en las inmediaciones del morro del espigón en la que ha sido obtenida la altura de ola significativa. La tipología estructural será de espigón con núcleo y manto, con piezas de escollera.

Los cálculos se realizan para el cuerpo del espigón y para el sector del morro. La acción del oleaje sobre los morros de los diques es diferente a la ejercida sobre la alineación principal (cuerpo del espigón), debido a que el oleaje ataca los diferentes sectores del morro con ángulos de incidencia diferentes. Por otro lado, la difracción y refracción sobre el morro provocan la concentración del oleaje sobre el morro y la rotura sobre el mismo en voluta. Las investigaciones que existen sobre el tema aconsejan multiplicar por 1.5 el peso de las piezas del manto principal tanto para el morro como para la zona del cambio de alineación.

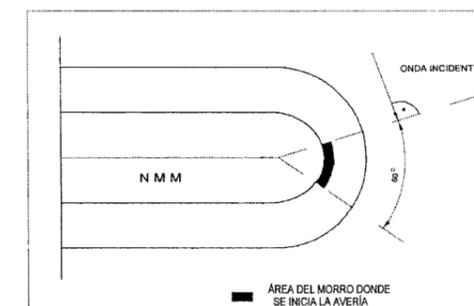


Figura 6. Localización de inicio de avería en el morro.

Fuente: Documento de referencia Vol. III. Obras marítimas (IH Cantabria).

### 5.3.2.2 CÁLCULO DEL PESO DE LA ESCOLLERA

Los parámetros de partida para el cálculo y los resultados obtenidos se recogen en la tabla siguiente. Los cálculos se han realizado para la hipótesis de avería "inicio de avería".

Datos de partida. Tipología: Manto sin filtro ni núcleo.			
Altura de ola [m]	$H_s$	2.20	
	$H_{2\%}$	2.76	
Talud $\cotan(\alpha)$	1.5	Manto único	
Periodo de pico $T_p$ [s]	7.5	Talud exterior	1.5
Tipo de piezas	Escollera	Peso específico $\gamma_r$ [ $t/m^3$ ]	2.650
Número de olas $N$	3000	Número de capas	2
Daño $S$ (inicio de avería)	2.0	Porosidad	0.4
Permeabilidad $P$	0.60	Berma de pie	
Profundidad dato $H_s$ [m]	4	Altura berma [m]	0.5
Profundidad máxima morro $h$ [m]	3.5	$h_t$ [m]	3.5
Peso específico $\gamma_w$ [ $t/m^3$ ]	1.025	$N_{od}$	0.5

Tabla 7.-Datos de partida para el dimensionamiento de la sección del espigón.

Resultados (Van der Meer).		
Número de estabilidad $N_s$	1.65	
Número de Iribarren $I_{rpo}$	4.21	
	Manto único	
Diámetro [m]	1.06	
Peso [tn]	3.136	
Espesor [m]	1.16	
	Morro	Pie del espigón
Diámetro piezas $D_{n50}$ [m]	1.21	0.265
Peso de las piezas [tn]	4.70	0.049
Ancho mínimo pie [m] $B_t \geq 3 \cdot D_{n50}$	0.794	

Tabla 8.-Resultados obtenidos para el dimensionamiento de la prolongación del espigón.

### 5.3.3 OPTIMIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN Y SECCIÓN TIPO

Como se ha obtenido anteriormente, el manto del espigón deberá estar compuesto por escollera de peso, como mínimo, de los siguientes pesos:

ESPIGÓN	PESO (tn) MÍNIMO OBTENIDO	
	CUERPO	MORRO
	3.136	4.70

Tabla 9.-Pesos mínimos de escollera obtenidos para el espigón bajo la hipótesis de "inicio de avería".

Se adopta un peso para todo el espigón de 5-6 tm (cuerpo y morro) en manto, mientras que en el núcleo, a lo largo del cuerpo del espigón se dispondrá escollera de 1.5 a 3 tm.

La siguiente figura muestra la sección tipo del espigón.

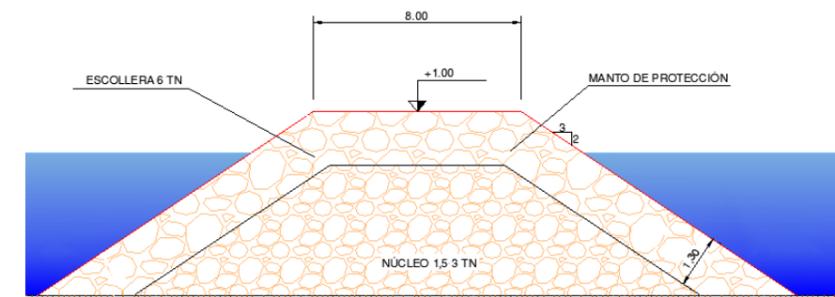


Figura 7. Sección tipo de los espigones. (cuerpo y morro).

APÉNDICE:

COORDENADAS DE LA NUEVA LÍNEA DE COSTA Y DEL PERFIL DE PLAYA

La tabla siguiente recoge las coordenadas (x,y) del perfil de playa teórico, obtenidas respecto a la línea de costa actual.

X	Z
0	0.00
10	-0.50
30	-1.05
50	-1.47
70	-1.85
90	-2.18
110	-2.49
120	-2.64
130	-2.79
140	-2.93
150	-3.07
160	-3.20
170	-3.33
180	-3.46
190	-3.59
200	-3.72
210	-3.84
220	-3.96
230	-4.08

La tabla siguiente recoge las coordenadas (x,y) del perfil de playa teórico, obtenidas respecto a la línea de costa proyectada.

X_UTM	Y_UTM
749487.91	4415993.65
749507.38	4416018.57
749526.16	4416042.60
749544.29	4416065.81
749561.82	4416088.25
749578.80	4416109.98
749595.25	4416131.04
749611.22	4416151.47
749626.72	4416171.32
749641.80	4416190.62
749656.48	4416209.41
749670.78	4416227.71
749684.73	4416245.56
749698.34	4416262.99
749711.65	4416280.02
749724.66	4416296.67
749737.39	4416312.97
749749.87	4416328.94
749762.11	4416344.60
749774.11	4416359.97
749785.90	4416375.07
749797.50	4416389.90
749808.90	4416404.50
749820.12	4416418.86
749831.18	4416433.02
749842.09	4416446.97
749852.84	4416460.74
749864.54	4416473.96
749876.96	4416486.65
749889.65	4416498.96
749902.57	4416510.88
749915.72	4416522.43
749929.06	4416533.59
749942.57	4416544.37
749956.24	4416554.76
749970.05	4416564.79
749983.98	4416574.43
749998.01	4416583.70
750012.14	4416592.61
750026.34	4416601.15
750040.60	4416609.32

## **2.9.- Efectos del cambio climático.**

## 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 debe incluir 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 (actualmente, el Ministerio de Transición Ecológica) defina en la Estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático.

El MAGRAMA financió 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.

Esta estrategia es aprobada en la fecha 24 de julio de 2017 por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, bajo el título **Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa** y cuyo documento completo está accesible en la página web del Ministerio de Transición Ecológica a través de este [enlace](#)

En el marco del proyecto "Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático en la costa española", perteneciente al Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España (PIMA Adapta), financiado por el Ministerio de Transición Ecológica, se han desarrollado proyecciones regionales de cambio climático de variables marinas (oleaje, nivel del mar asociado a marea meteorológica, aumento del nivel medio del mar y temperatura superficial del mar). Estas variables son necesarias para el estudio de impactos costeros a lo largo de toda la costa española.

Los datos generados proporcionan información climática de cambios para los escenarios climáticos RCP4.5 y RCP8.5 hasta fin del siglo XXI y una serie de parámetros de estas variables y climatologías (por ejemplo, aumento de nivel medio del mar proyectado y sus bandas de confianza al 90%, cambios estimados en la temperatura media superficial del agua, cambios en el percentil del 99% de la altura de ola significativa, etc). Se proporcionan dos periodos de proyección: 2026-2045 y 2081-2100. El escenario RCP4.5 es representativo de un escenario de

estabilización y el escenario RCP8.5 es un escenario más pesimista, que define la situación actual socio-económica.

A través del visor de la base de datos (<https://c3e.ihcantabria.com>) se pueden obtener las tendencias de variación de las variables en la zona de estudio.

## 2. VARIACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA

Como resultados numéricos en la zona de estudio de Burriana, se han considerado los del punto correspondiente a la situación geográfica de coordenadas 0,000° E, 39,833° N.

De acuerdo con el Reglamento de Costas, el periodo de tiempo a considerar debe ser de al menos 50 años. En este caso y según se obtuvo por la ROM 0.0, el periodo de diseño es 68 años, es decir, que se puede adoptar como el periodo de proyección 2.081-2.100.

Las siguientes figuras muestran capturas tomadas del visor en el que se aprecian el punto de estudio para algunas de las variables especificadas, para dicho periodo 2081-2100.

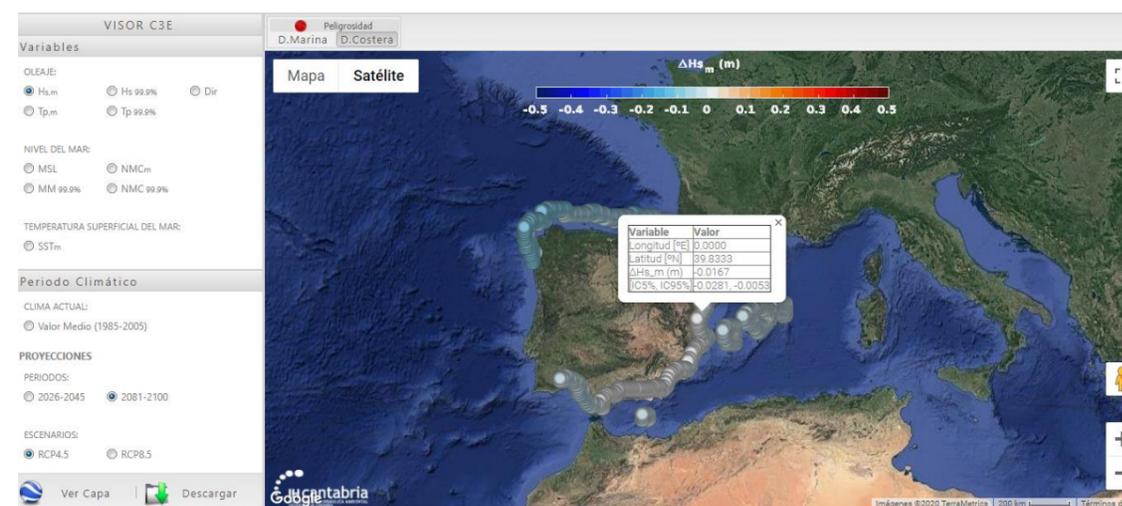


Figura 1. Vista del mapa de proyección a horizonte 2081-2100 de la variación de Hsm, escenario RCP4.5.



Figura 2. Vista del mapa de proyección a horizonte 2081-2100 de la variación de Hs99.9%, escenario RCP4.5.



Figura 5. Vista del mapa de proyección a horizonte 2081-2100 de la variación de marea meteorológica 99.9%, escenario RCP4.5.

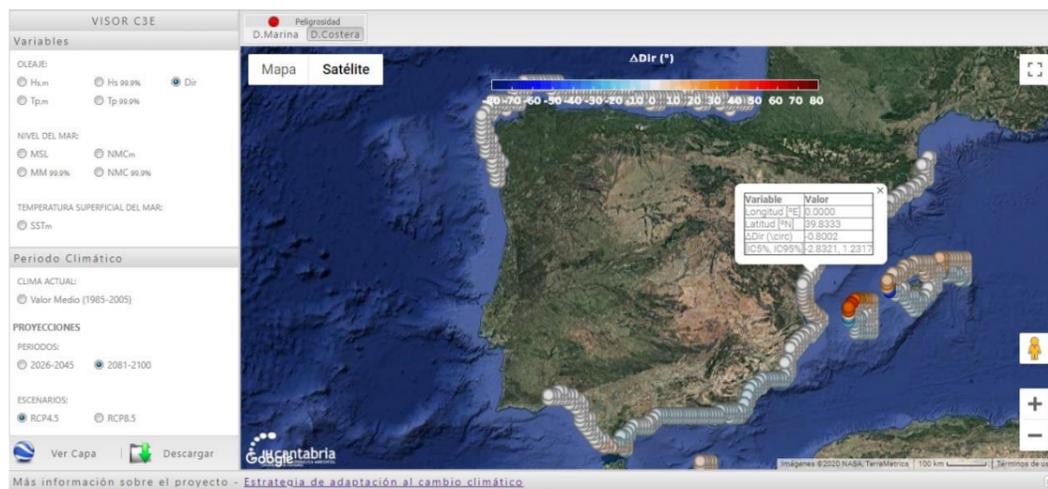


Figura 3. Vista del mapa de proyección a horizonte 2081-2100 de la variación de dirección media, escenario RCP4.5.



Figura 6. Vista del mapa de proyección a horizonte 2081-2100 de la variación de nivel del mar compuesto medio, escenario RCP4.5.



Figura 4. Vista del mapa de proyección a horizonte 2081-2100 de la variación del nivel medio del mar, escenario RCP4.5.

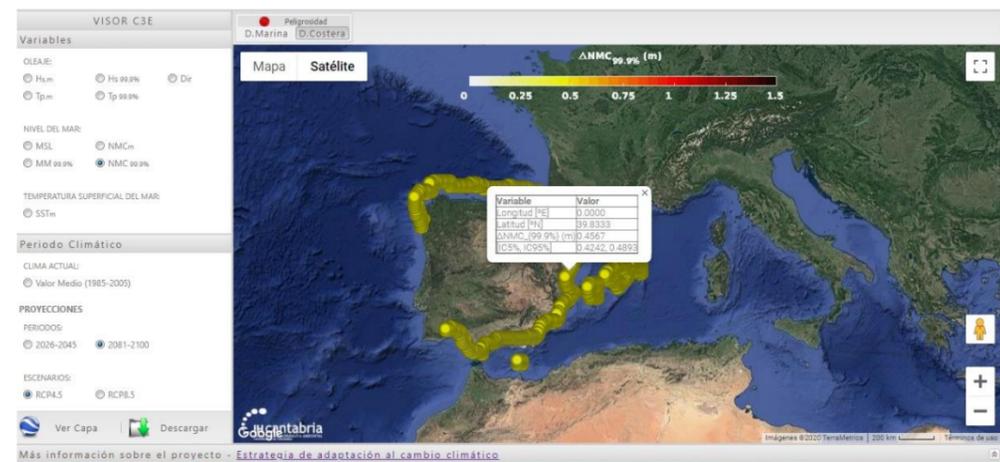


Figura 7. Vista del mapa de proyección a horizonte 2081-2100 de la variación de nivel del mar compuesto, percentil 99.9%, escenario RCP4.5.

La siguiente tabla recoge los valores obtenidos de proyección en el periodo 2081-2100, para ambos escenarios (altura de ola media y percentil del 99.9%, dirección media del oleaje, nivel medio del mar, marea meteorológica y nivel del mar compuesto medio y percentil del 99.9%).

Variable	ESCENARIO RCP4.5	ESCENARIO RCP8.5
Incr Hsm (m)	-0.0167	-0.0195
Incr Hs99.9% (m)	-0.0787	-0.0573
Incr Dir (°)	-0.8002	-1.4678
Incr MSL (m)	0.4303	0.5773
Incr MM99.9% (m)	-0.0206	-0.0533
Incr NMCm (m)	0.4307	0.5781
Incr NMC99.9% (m)	0.4567	0.6031

Tabla 1.-Variación de las variables de dinámica costera en el periodo de horizonte 20881-2100.

Para estar del lado de la seguridad, se opta por adoptar los valores correspondientes al escenario más pesimista (RCP8.5).

### 3. EFECTOS 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 en las playas:

- Variación de la cota de inundación ( $\Delta CI$ ).
- Retroceso de la playa por el incremento del nivel del mar ( $RE_{1,max}$ ).
- Retroceso de la playa por el giro del flujo medio de energía de oleaje ( $RE_{2,max}$ ).

#### 3.1 VARIACIÓN DE LA COTA DE INUNDACIÓN

La variación de la cota de inundación ( $\Delta CI$ ) puede obtenerse mediante la expresión:

$$\Delta CI = \Delta MM + \Delta \eta + 0,0396 \cdot \left( \frac{gT^2}{2\pi} \right)^{0.5} \frac{\Delta H_s}{\sqrt{H_s}}$$

siendo

- $\Delta MM$  la variación de la marea meteorológica ( $\Delta MM = -0.0533m$ ),
- $\Delta \eta$  la variación del nivel medio del mar ( $\Delta \eta = +0.5573 m$ ),
- $H_s$  la altura de ola significativa asociada a una excedencia del 2 %, que se puede considerar equivalente a  $H_{s12}$ . En este caso tomamos el valor más desfavorable correspondiente a las  $H_{s12}$  obtenidas en los puntos de control:  $H_{s12} = 1.79 m$  (véase Anejo de Dinámica Litoral)
- $T$  el período pico asociado ( $T = 7,5 s$ ), y

- $\Delta H_s$  la variación de la altura de ola significativa asociada a la excedencia del 2 %. Adoptamos un valor medio  $\Delta H_s = -0.0573$ .

A partir de la formulación indicada y los valores anteriormente especificados, se obtiene un incremento de la cota de inundación  $\Delta CI = 0.508 m = 50.8 cm$ .

#### 3.2 RETROCESO DE LA PLAYA

En cuanto al máximo retroceso de la playa debido al incremento del nivel medio del mar  $\Delta \eta$ , puede ser cuantificado haciendo uso de la Regla de Bruun dado por la expresión:

$$RE_{1,max} = \Delta \eta \frac{(1.57H_{s12})^{1.5}}{(0.51w^{0.44})^{1.5}(1.57H_{s12} + B)}$$

siendo

- $\Delta \eta$  es la variación del nivel medio del mar ( $\Delta \eta = +0.5573 m$ )
- $H_{s12}$  altura de ola significativa local excedida 12 horas al año. En este caso tomamos el valor más desfavorable obtenido correspondiente a las  $H_{s12}$ :  $H_{s12} = 1.79 m$  (véase Anejo de Dinámica Litoral)
- $w$  la velocidad de caída del grano, que depende del tamaño del sedimento a aportar o existente ( $D_{50} = 0.25 mm$ ).
- $B$  es la altura de la berma, que se proyecta inicialmente en  $B = +2.80 m$ .

A partir de las variables indicadas entre paréntesis se obtiene el máximo retroceso esperado por incremento del nivel del mar:  $RE_{1,max} = 13.53 m$ .

Finalmente, por lo que respecta al máximo retroceso y avance de la playa debido al giro del oleaje ( $RE_{2,max}$ ) en el caso de playas encajadas se producirán 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

$$RE_2 = \frac{L}{2} tg(\Delta \theta FE)$$

En la solución adoptada se regeneran las tres playas encajadas en las celdas (playas numeradas como 1, 2 y 3 de norte a sur), por lo que se tienen tres valores de retroceso. Considerando el valor del incremento de flujo medio  $\Delta \theta FE = -1.468^\circ$ , se obtiene un retroceso de 10.69 m.

Una vez obtenidos los retrocesos de la playa, el valor máximo se obtendría sumando las dos componentes (por sobre elevación del nivel del mar  $RE_1$  y por giro del oleaje  $RE_2$ ).

#### 3.3 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 el año horizonte no sea peor a la actual.

Se había tomado como anchura inicial mínima de playa seca 45 m en su punto más estrecho, lo cual está del margen de la seguridad puesto que cubre los posibles retrocesos futuros de la playa.

Por otro lado, el incremento de cota de inundación resultante es de 0.50 m aproximadamente, por lo que, con la altura de berma proyectada inicialmente  $B = +2.80 \text{ m}$ , se estará del lado de la seguridad teniendo en cuenta la carrera de marea ya existente.

**2.10- Memoria de impacto patrimonial.**

TECNOMEDITERRÁNEA, S.L. realiza el encargo profesional de redactar la presente memoria de impacto patrimonial a D<sup>a</sup> Yolanda Alamar Bonet, licenciada en Geografía e Historia por la Universitat de València (1996) en las especialidades de Geografía y Prehistoria y Arqueología, Especialista en Evaluación del Impacto Ambiental y en Arqueología Náutica Mediterránea.

Se presenta a continuación la Memoria de Impacto Patrimonial redactada para el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Regeneración de la Playa al Sur del T.M. de Burriana (Castellón)

## ÍNDICE

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

#### 1.2. ALTERNATIVA SELECCIONADA

#### 1.3. ZONA DE ESTUDIO

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. INTRODUCCIÓN

#### 2.2. ORGANISMOS Y PERSONAL CONSULTADO

#### 2.3. BIBLIOGRAFÍA

#### 2.4. CARTOGRAFÍA ARQUEOLÓGICA

### 3. ESTUDIO PREVIO

#### 3.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

#### 3.2. ANTECEDENTES ARQUEOLÓGICOS

### 4. ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE IMPACTOS

#### 4.1. FACTORES DEL PROYECTO CON POTENCIALIDAD DE IMPACTO

#### 4.2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS

#### 4.3. CONCLUSIONES

### 5. PROPUESTA DE MEDIDAS PROTECTORAS Y CORRECTORAS

### 6. PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL. PROPUESTA.

### APÉNDICE 1: CARTOGRAFÍA

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

Debido a la fuerte regresión costera que viene sufriendo el litoral al sur del puerto de Burriana, se hace necesaria una intervención cuyos objetivos son:

- Asegurar una anchura mínima suficiente a lo largo de toda su longitud para el correcto desarrollo de la función lúdica de la playa.
- Recuperar la función de defensa de la playa, dotándola de una suficiente anchura mínima que permita disipar de forma efectiva la energía del oleaje durante la actuación de temporales.
- Preservar o, en su caso, mejorar la calidad del entorno ecológico y artístico-cultural de la zona.

Para su consecución se propone la creación de una playa artificial, apoyada y abrigada a poniente, con objeto de mejorar las infraestructuras existentes y derivado de la falta de estándar de confort de la situación original.

Las actuaciones consistirán en la regeneración mediante el aporte de arena del tramo de costa apoyado en un dique de abrigo a ejecutar, hasta el dique de abrigo del puerto de Burriana.

### 1.2. ALTERNATIVA SELECCIONADA.

Tras la valoración de las distintas alternativas, realizada a lo largo del EsIA, se ha optado por la **alternativa A1** como la idónea para conseguir los objetivos fijados en el proyecto de regeneración costera.

Dicha alternativa contempla la ejecución de un dique de escollera y el vertido de arena para restituir la playa. Sus características son:

- Espigón de escollera: Se dispone un espigón de cierre perpendicular recto de 330 m de longitud. El ancho de coronación será de 8.00 m, en toda su longitud, comenzando la coronación en cota +3.00 a lo largo de los primeros 110 m y terminando en +1.00 a partir de la nueva línea de costa, a lo largo de los siguientes 220 m. La escollera tendrá un peso medio 5-6 t en el manto, y 1.50 – 3,00 t en el núcleo.
- La arena a utilizar será la que se ha acumulado en las inmediaciones del puerto de Burriana. Dicha arena presenta un diámetro D50 igual a 0,25 mm.
- Actuaciones complementarias:
  - creación de un nuevo acceso en la zona de playa restaurada. Dicho acceso será tipo escalinata, ejecutada de hormigón armado y con características similares a las existentes. Tendrá 10m de ancho, y contará además con una rampa de 2m de ancho y pendiente máxima de 6%. Paralelamente, se aprovecharán los dos accesos existentes en el tramo de actuación.
  - acondicionamiento de la zona peatonal  que actualmente no cuenta con equipamiento urbano, localizada en el ángulo que forman la salida del espigón del puerto y el frente litoral sur. Para ello

se prolonga el muro y el paseo existente en el frente marítimo, acondicionando además la explanada como zona peatonal mediante su pavimentación y ajardinamiento.

Estas obras provocarán diversas interferencias con algunos de los elementos existentes en la actualidad en este espacio costero, por lo que se llevarán a cabo las siguientes actuaciones:

Elementos existentes que interfieren	Elemento de obra afectado	Solución
Obra de drenaje de salida de la depuradora	Dique de escollera	Entubado del drenaje y conducción paralelo al cuerpo del espigón con salida aguas abajo del dique y de la playa. Esta salida se producirá en una zona en la cual la corriente permita la dilución.
Salida de un canal	Nueva celda de playa	<p>Instalación de un muro de contención para la arena en la zona final del canal, de altura ligeramente superior a la cota máxima de ésta (+1,20). Tendrá en su parte inferior una abertura para permitir la salida del agua que transporta.</p> <p>En el interior del manto de arena, y coincidiendo con la abertura del muro, tendrá su inicio un dren constituido de material granular protegido con geotextil. El dren se extenderá desde el muro hasta alcanzar la playa sumergida, es decir, debajo de la cota +0,00.</p>
Rampa de la escuela de vela	Nueva celda de playa	La zona en la que interfieren la playa y dicha instalación no se ve alterada significativamente por la arena vertida en lo referente al calado, siendo siempre superior a 1,2 m. A fin de asegurar un ancho de salida similar al actual, se prevé la instalación de un muro de escollera de peso entre 1 y 3 t, de 50 m de longitud y 1 m de altura media, con un ancho superior de 1 m y taludes laterales 2/1, que contendrá la arena de la playa evitando la invasión de la zona de la rampa de salida de la escuela de vela.



Figura 1. Vista general de la alternativa seleccionada

### 1.3. ZONA DE ESTUDIO.

El frente litoral de Burriana, cuya costa se prolonga hacia Nules sin presentar accidente geográfico alguno, está limitado por la desembocadura del río Mijares, al norte, y la *Gola de l'Estany*, al sur. Su formación se debe a la existencia de una franja de marjales de cierta amplitud que, en algunos casos, penetraban hacia el interior formando lagunas como *l'Olla de Borriana*. Su disposición todavía puede apreciarse en la cartografía de finales del s. XVI y principios del s. XVII, cuando se inició la desecación a gran escala de estas zonas para el cultivo de la viña y los cítricos.

En la actualidad, este espacio costero se encuentra en proceso de urbanización, destacando la rigidez de la propia línea de costa debido a la construcción de una escollera que se prolonga desde el sur del puerto de Burriana hasta el municipio de Nules. Pese a ello, las viviendas ubicadas frente a la zona de actuación del presente proyecto se ven afectadas por la fuerza del mar durante los temporales, provocando una fuerte erosión cuyas causas hay que buscarlas en:

- La presencia del Puerto de Burriana (construido en 1933), que supone una barrera a la llegada del sedimento desde el Norte (Playa de El Arenal ubicada al Norte de dicho Puerto).
- La reducción de los aportes sólidos fluviales al tramo de costa como consecuencia de los diferentes embalses realizados en los principales ríos de la zona (el río Mijares y el Palancia).
- La propia configuración geométrica de la unidad fisiográfica analizada, con grandes tramos rectilíneos, sin estructuras intermedias y cuya orientación y longitud impiden en muchas zonas el poder adoptar una orientación sensiblemente parecida a la del flujo medio de energía.

- La elevada ocupación urbanística del frente litoral (aproximadamente, más del 40% del tramo de la unidad fisiográfica está antropizada).
- Y por último, la disposición de diferentes elementos como diques exentos, espigones, escolleras, recrecimientos de golas existentes, etc., que han alterado localmente la dinámica litoral de la zona de estudio.

En cuanto a la naturaleza del fondo marino, nos encontramos ante una costa baja y sin apenas relieve que se prolonga mar adentro sin existir promontorios o accidentes naturales hasta los 50m de profundidad. Sus fondos están formados por acumulaciones de arenas y fangos, aflorando en ocasiones, algunas rocas de tipo sedimentario de escasa altura que alternan con zonas de algas.

Para el presente proyecto se ha procedido a la realización de fotografías submarinas en el área de afección de las obras, y las imágenes obtenidas vienen a corroborar este punto, **no habiéndose identificado en las imágenes obtenidas elemento arqueológico alguno.**

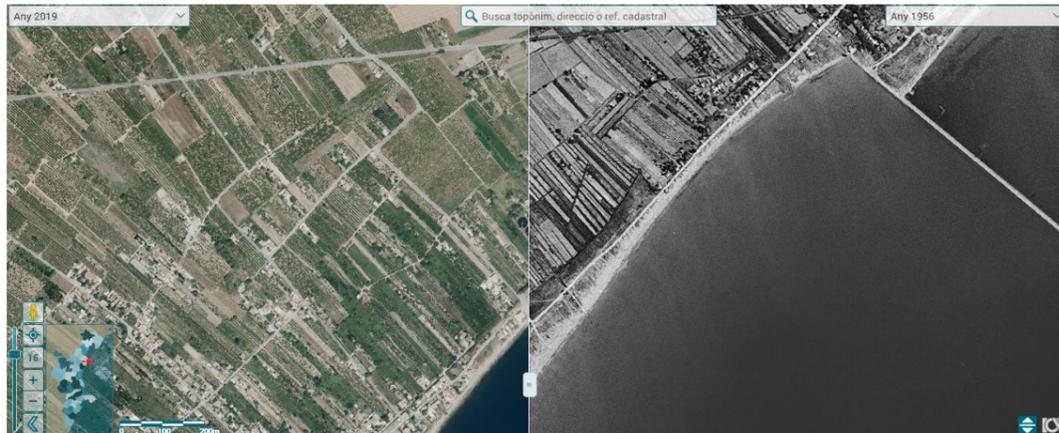


Figura 2. Costa al sur de Burriana. Comparador cartográfico años 2019-1956

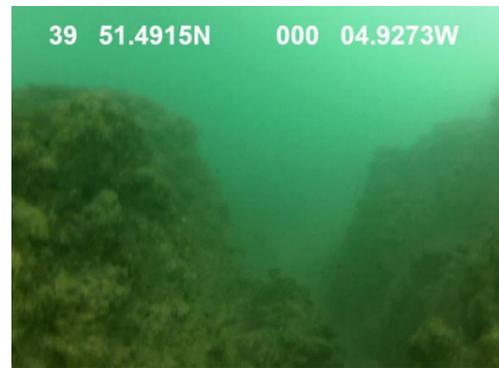
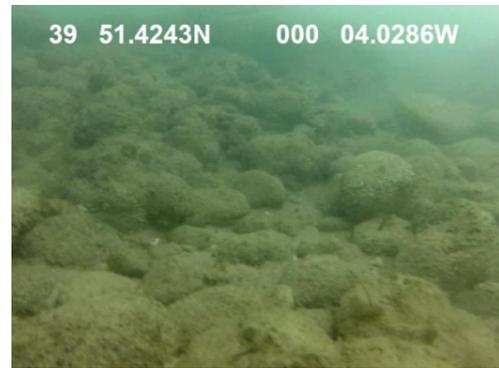
Fuente: ICV (GVA, 2020)



En consecuencia, los sedimentos que de forma natural deberían ir alimentando la zona de actuación, quedan obstaculizados por la presencia del puerto, acumulándose en la Playa Norte de Burriana. El continuo movimiento de sedimentos transporta el material desde la playa sur de Burriana (zona de actuación) prosiguiendo su camino natural hacia el sur, pero sin recibir aporte alguno de material proveniente del norte, dando lugar a la regresión costera apuntada.



Figura 3. Vista en planta del emplazamiento. Dirección y sentido del transporte longitudinal de sedimentos.



## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. INTRODUCCIÓN.

Desde el punto de vista medioambiental, el proyecto de Regeneración de la playa al sur del t.m. de Burriana (Castellón) queda inserto dentro del supuesto a) del grupo 9 del Anexo I (**Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental** que establece en su artículo 7 (no modificado)), aquellos proyectos que deben ser sometidos a evaluación de impacto ambiental ordinaria. La razón: las obras proyectadas se encuentran muy próximas a algún Espacio de la Red Natura 2000.

Respecto a la normativa sobre patrimonio histórico, la redacción del presente estudio responde al cumplimiento del **Decreto 208/2010, de 10 de diciembre, del Consell**, por el que se establece el contenido mínimo de la documentación necesaria para la elaboración de los informes a los estudios de impacto ambiental:

*“Los promotores de planes y programas sujetos a evaluación ambiental estratégica o de proyectos sujetos a estudio de impacto ambiental y en general de todos aquellos proyectos, planes o programas que requieran del informe contemplado en el artículo 11 de la **Ley 4/1998, de 11 de junio, de la Generalitat, del Patrimonio Cultural Valenciano**, deberán realizar una memoria de impacto patrimonial sobre los bienes integrantes del patrimonio*

*cultural valenciano, que contemplará el patrimonio histórico, artístico, arquitectónico, etnológico, arqueológico y paleontológico” (artículo 1).*

En cuanto al artículo 11 referido, establece lo siguiente:

*“Los estudios de impacto ambiental relativos a toda clase de proyectos, públicos o privados, que puedan afectar a bienes inmuebles del valor cultural deberán incorporar el informe de la Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia acerca de la conformidad del proyecto con la normativa de protección del patrimonio cultural. Dicho informe vinculará al órgano que deba realizar la declaración de impacto ambiental”.*

### 2.2. ORGANISMOS Y PERSONAL CONSULTADO.

Se ha consultado a Dña. Asunción Fernández Izquierdo, directora del *Centre d'Arqueologia Subaquàtica de la Comunitat Valenciana*, y a D. José Manuel Melchor, director del *Museu Arqueològic de Burriana*.

También se han revisado el Inventario General de Patrimonio Histórico y el *Inventari del Patrimoni Valencià de la Guerra Civil* de la *Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esport (GVA)* así como las webs del ayuntamiento de Burriana (departamento de Urbanismo y Cartografía) y del *Museu Arqueològic de Burriana*.

### 2.3. BIBLIOGRAFÍA.

#### Informes técnicos

- Alamar Bonet, Y. (2020): Estudio previo sobre patrimonio cultural. Proyecto para la estabilización del tramo entre el río Belcaire y el Estañol, en el T.M. de Moncofa (Castellón). Acadar Ingeniería y Consultoría.
- Alamar Bonet, Yolanda (2011): Estudio de impacto arqueológico para el EsIA del proyecto de recuperación del frente litoral y paseo marítimo de la Urbanización Golf Sant Gregori (Burriana). Hidtma. Sant Gregori, Golf & Resort.
- Alamar Bonet, Y. (2010): Estudio del Patrimonio Histórico. Estudio ecocartográfico del litoral de la provincia de Castellón. Hidtma - Ecomar. Ministerio de Medio Ambiente.
- Estudio de la biocenosis del proyecto en curso. Transeptos subacuáticos mediante cámara arrastrada.

#### Obras publicadas

- Arasa i Gil, F (2001): La romanització a les comarques septentrionals del litoral valencià. Poblament ibèric i importacions itàliques en els segles II-I aC. Servicio de Investigación Prehistórica. Serie de Trabajos Varios, nº 100. Diputación Provincial de Valencia. 291 pp.

- Arasa i Gil, F. (2000): *Burriana en l'època romana*. Commemoració del XXX aniversari del Museu Arqueològic Comarcal de La Plana Baixa. Burriana (1967-1997), pp. 103-116. Col·lecció Papers, 3ª època, n. 20. Magnífic Ajuntament de Burriana.
- Arasa, F. – Mesado, N. (1997): *La ceràmica d'importació del jaciment ibèric de la Torre d'Onda (Burriana, La Plana Baixa)*. Archivo de Prehistoria Levantina, Vol. XXII, pp. 375-408. Valencia.
- Fernández Izquierdo, A. (2000): *Arqueología subacuática en la costa de Burriana*. Commemoració del XXX aniversari del Museu Arqueològic Comarcal de La Plana Baixa. Burriana (1967-1997), pp. 117-124. Col·lecció Papers, 3ª època, n. 20. Magnífic Ajuntament de Burriana.
- Fernández Izquierdo, A. (1980): *Estudio de los restos arqueológicos submarinos en las costas de Castellón*. Cuadernos de Prehistoria y Arqueología Castellonenses, nº 7, pp. 135-196. Diputación de Castellón.
- Ferrer, J.J. – Melchor, J.M. – Benedito, J. (2013): *Sant Gregori. Un complejo arquitectónico de época romana en la costa de Burriana (España)*. Millars, XXXVI, pp. 201-225. Universitat Jaume I.
- Oliver, A. – Melchor, J.M. – Benedito, J. (2016): *Vasija con aplicación en relieve representando a una diosa procedente del yacimiento iberorromano de Torre d'Onda (Burriana, Castellón)*. Boletín del Museo Arqueológico Nacional 34/2016, pp. 423-430.
- Roca i Alcayde, F. (1932): *Historia de Burriana*. Ayto. de Burriana. Volúmenes I-IV.

#### 2.4. CARTOGRAFÍA ARQUEOLÓGICA.

En el plano adjunto (Apéndice 1) se presentan los yacimientos arqueológicos e hitos patrimoniales localizados en las inmediaciones del área de afección de la obra. Como puede observarse, el único yacimiento identificado (sin protección arqueológica) es *Torre d'Onda*, poblado iberorromano que no se verá afectado directamente por ninguna de las acciones proyectadas para la regeneración de este frente costero.

Cabe señalar, sin embargo, la importancia que reviste su frente marino debido a la posibilidad de recuperar elementos de índole arqueológica, motivo por el cual, en la cartografía citada, se incluye el área propuesta para la realización de una prospección arqueológica previa al inicio de obras y que comprende la totalidad de los fondos marinos a ocupar por la nueva celda de playa.

Por último, con respecto a la protección administrativa del yacimiento citado, el PGOU de *Burriana* no considera protección alguna como tampoco la *Generalitat Valenciana*.

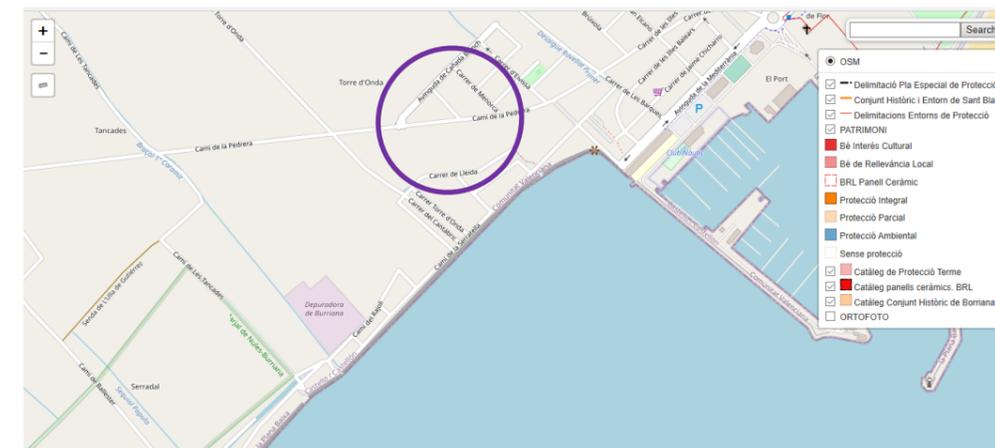


Fig. 4: Detalle del área, aproximada, correspondiente al yacimiento de *Torre d'Onda*, sin protección arqueológica.

Fuente: Plano Patrimonio. Dep. Cartografía (Ayto. de Burriana, 2020)

### 3. ESTUDIO PREVIO

#### 3.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

El período ibero-romano (entre finales s. III a.C. y el año 27 d.C.) es una época marcada por dos grandes tendencias: la continuidad de la cultura autóctona (la ibérica) y el cambio progresivo introducido por los romanos. En la época de la II Guerra Púnica (219 a.C.) y en los primeros años de la ocupación romana, en la Plana de Castellón existía un poblamiento diseminado con numerosos asentamientos, por lo general, de reducidas dimensiones, que se caracterizaban por ocupar dos tipos de emplazamientos: en altura con condiciones defensivas (*oppida*) y dispersos en el llano, de menor importancia. Los primeros adoptaron una distribución periférica alrededor de La Plana y en las escasas montañas aisladas que existían, con una clara función del territorio; los segundos, en línea con los asentamientos de la Edad del Bronce, ocuparon las tierras de cultivo en ocasiones cerca de los ríos y en la misma línea de costa, con una clara función comercial. Y es en este segundo grupo en el que surgió el asentamiento de *Torre d'Onda*.

La guerra civil entre Sertorio y Pompeyo que asoló las tierras valencianas entre los años 77 y 75 a.C. dio como resultado la destrucción de muchos de los asentamientos existentes en ellas pero también, la aparición de nuevos enclaves. Uno de ellos fue el enclave de la *Torre d'Onda*, cuyo auge se produjo al mismo tiempo que desaparecían asentamientos tan importantes como *El Solaig* y *La Punta* (ambos grandes núcleos de población al sur del río *Millars* y considerados *oppida*).

Situado a orillas del mar sobre un antiguo promontorio a 400 m. al sur de Burriana, y asentado sobre una plataforma de conglomerado fósil ligeramente elevado sobre las tierras contiguas del antiguo marjal, en la parte interior de la restinga litoral, el poblado de *Torre d'Onda* ocupó un total de 3 ha., convirtiéndose así en el núcleo de población más grande de su época en tierras castellanenses.

Su fundación, según las primeras investigaciones, se produjo alrededor del año 70/60 a.C., si bien es cierto algunos autores, a tenor de posteriores hallazgos, creen posible que diversos sectores del yacimiento hubieran sido habitados con anterioridad al s. I a.C., creciendo el núcleo poblacional a partir de un espacio situado más hacia el sur. En cualquier caso, está ampliamente aceptada la idea de que nos encontraríamos ante una fundación ibero-romana ex novo que respondería a un reasentamiento de población tras las convulsiones sufridas durante la guerra civil, relacionado con un cambio de patrón de asentamiento que llevaría a las poblaciones íberas a ocupar el llano ya en el s. II a.C.; o bien, a una iniciativa paralela a la fundación de otros núcleos urbanos en el marco de las actuaciones llevadas a cabo en Hispania por Pompeyo.

En cualquier caso, su ubicación y sus características urbanas dejan clara la inexistencia de una función defensiva. Su emplazamiento no permitía el control visual del entorno siendo tan sólo visibles los yacimientos de la *Muntanyeta de Sant Antoni*, el *Castell de la Vilavella* y la *Muntanya de Santa Bàrbara*, y su posición a orillas del mar indicaría una clara orientación marítima hacia las actividades pesquera y comercial, pero también sería idónea como lugar de reposo y estancia temporal. Con todo, su ubicación costera parece seguir un patrón bastante regular observable a lo largo de toda la costa castellanense, desde las Rocas de la Barbada (en la desembocadura del Río Seco-Llano de Vinaroz), a la playa del *Morro de Gos* (en la Ribera de Cabanes – rambla de Sant Miquel), Torre la Sal (Oropesa), l'Olla de Benicàssim, la desembocadura del río Millars, El Calamó, la propia Torre d'Onda, la Torre Derrocada (en Moncofa y de época Moderna) y el Grau Vell (puerto de Arse-Saguntum).

Respecto a su continuidad, la constatación de un único nivel de ocupación así como la homogeneidad de los materiales recuperados indican un período corto, lo cual pone en el punto de mira los motivos que llevaron a su pronta desaparición hacia el año 40/30 a.C. Nuevamente, nos encontramos ante una situación cuyas causas podrían ser diversas: un abandono repentino acompañado de un posterior saqueo -a juzgar por las grandes cantidades de cerámica rota localizada frente a las aberturas de las habitaciones- o bien un nuevo cambio de patrón de asentamiento que pondría las bases del sistema de villae altoimperiales y que estaría íntimamente relacionado con las actuaciones de César en Hispania.

De cualquier modo, su desaparición supuso la ruptura definitiva con el patrón de asentamiento íbero marcando el final del período ibero-romano en estas tierras, el final de la República y el inicio del Altoimperio romano.

### 3.2. ANTECEDENTES ARQUEOLÓGICOS.

A lo largo de la costa de Burriana existen numerosos asentamientos cuya cronología abarca desde la época ibérica hasta la plena romanización. El Calamó, en el extremo norte del municipio, Sant Gregori y finalmente la Torre

d'Onda, al sur del puerto, conforman un sistema de asentamientos costeros que se repite a lo largo de toda la costa castellanense y que, muy probablemente, tiene su prolongación tanto hacia el norte de la Península como hacia el sur, bajo la influencia de poblaciones tan importantes como Saguntum.

Todos estos asentamientos destacan, además de por su proximidad a la costa, por la existencia de un área de fondeo o desembarco frente a ellos. Sin embargo, al contrario de lo que se observa en otros enclaves costeros del Mediterráneo, **no existe constancia de que en los asentamientos de Burriana existieran bases o puertos tal y como existían en las grandes ciudades**, sino que se trataría de áreas de desembarco situadas en las desembocaduras de ríos y barrancos en donde había mayor calado y, donde además, las embarcaciones podrían abastecerse de agua dulce. La existencia de cursos fluviales permitiría el transporte de mercancías y la comunicación con los asentamientos del interior, por lo que los poblados costeros serían clave para la penetración en el territorio de cualquier influencia exterior. En este espacio serían los poblados del Castell d'Onda, el Solaig, la Muntanyeta de Sant Antoni, Carabona, l'Alcúdia y el Tossal los beneficiarios de la entrada de importaciones gracias al enclave de Torre d'Onda.

Pero, volviendo al espacio litoral concreto que nos ocupa, es la Torre d'Onda el que mayor importancia reviste dentro del frente marítimo afectado por la obra de regeneración costera.

Este yacimiento es conocido desde el siglo XVI gracias a una referencia de Viciano<sup>1</sup> (1564: fol. 149): "(...) hay junto a la mar un alto que nombramos, el Cabeçol, por otro nombre, el Cargador de Onda, en el parage del qual ay en el mar cierta hondura que le nombran la Olla, donde navíos muy gruesos surgen junto a tierra, y en este Cabeçol aun ay vestigios de edificios que en otro tiempo fueron para el efecto de cargador". Con posterioridad, otro cronista, Gaspar Escolano, escribiría "...unas ruinas que se hallan junto a la costa, en término de Burriana, al Cabeço que se llama cargador de Onda; y ahora el Cabeçote" (Escolano, 1611: 588).

<sup>1</sup> libro IIIº de la Crónica de Valencia

Roca y Alcayde, en su obra *Historia de Burriana* (1932, pp. 32 y 42-43), informaba sobre la aparición de “los cimientos de una torre en punto próximo a la actual noria de Melià, así como variedad de monedas romanas, ánforas y grandes tinajones” al roturar los campos del sitio donde estuvo Torre d’Onda. También apuntaba a la existencia de una torre, defensa del antiguo poblado romano de Torre de Onda, localizada en una finca de D. Evaristo Monraval, caracterizando además dicho enclave como “especie de Grao en el que estuvo el puerto o cargador de Onda, por el cual embarcaban los romanos el aceite, vino y demás productos agrícolas de este país y muy especialmente de Onda, desde cuya población había un camino directo y del que aún queda un buen trozo de ancho reducido que sigue llamándose camino o senda de Torre d’Onda”. Años más tarde, Fletcher y Alcácer (1956, pp. 148, 152, 154 y 160) volverían a hablar de este asentamiento y de la recuperación de nuevos materiales como ánforas y monedas, junto a las ya conocidas lucernas, páteras, cálices, jarras de boca trilobulada, cerámica negra con decoración polícroma, etc.; al igual que Tomás Utrilla (1964/1965) y Baltasar Rull Vilar (1967).



**Fig. 5: Ánforas recuperadas en la partida de Torre d’Onda. (Roca, F. (1932))**

Pese a que en 1894 todavía podía verse parte de la torre citada por Roca, los trabajos de roturación de estas tierras para su transformación en el cultivo de la vid y, posteriormente, de cítricos, causaron la destrucción parcial de este enclave, recuperándose numerosas monedas romanas y cerámica, silos y grandes tinajas excavadas en el suelo así como cráteras datadas en el s. II a.C. En la década de 1970 este espacio sufrió una nueva transformación, de tipo urbanístico en esta ocasión: parte de la acequia fue amortizada mientras que las viejas alquerías se transformaban en modernos chalets, abriéndose caminos particulares perpendiculares al mar. La posterior instalación de la red de agua potable municipal volvería a destruir numerosos restos arqueológicos.

En este contexto y ante la importancia que revestía este enclave, en 1977 se iniciaron las primeras campañas de excavación arqueológica (dirigidas por N. Mesado) las cuales se prolongarían hasta 1991 con un total de 7 campañas que afectaron a una superficie de 332m<sup>2</sup>. Como resultado, se localizaron muros arrasados cuya piedra fue reutilizada en construcciones posteriores; parte de diversas habitaciones y de un gran edificio con muros de más de 5m de longitud y 75cm de grosor. Su análisis permitió determinar que el asentamiento estaba organizado en diversas calles, con casas de reducidas dimensiones y paredes realizadas con bolos trabados con cal y enlucido interior y, al menos, por la parte que miraba al mar, estaba protegido por una muralla. Por otro lado, en la zona SE del yacimiento, en la antigua Sénia de Melià, se localizó una construcción con muros de opus quadratum y 1,5m de altura, bases de columnas y al menos un capitel corintio que permitió pensar, en un primer momento, en su carácter monumental. En cuanto a la cerámica recuperada, pertenecía a la tipología de cocina (principalmente ollas), a torno con tipos característicos de la época ibérica (ollas, kalathos, ánforas...) y de importación (vajilla de mesa, cerámica común y ánforas). Y junto a ella, monedas con acuñaciones del valle del Ebro, de cecas valencianas, romano-republicanas, andalusíes y ebusitanas (s. II-I a.C.).



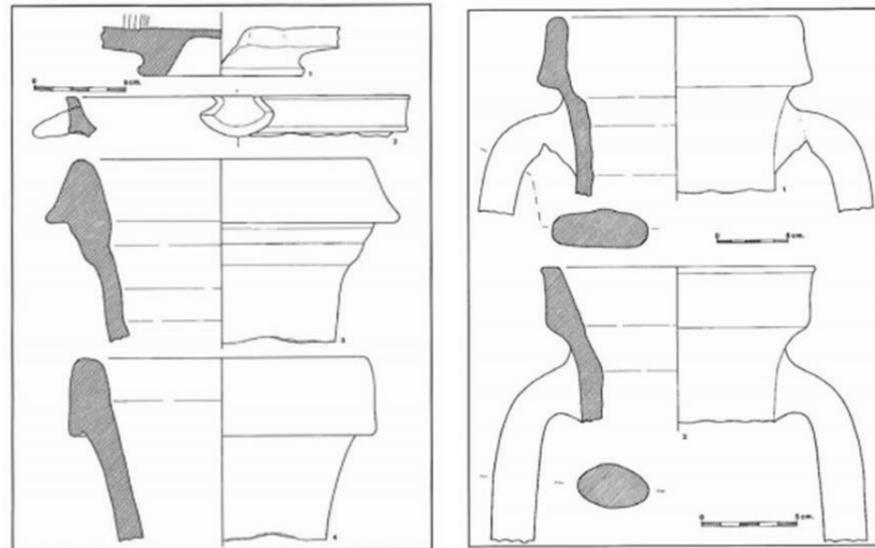
**Fig. 6: Restos de la muralla en 1981 (Arasa, F. (2001))**

Excavaciones posteriores, realizadas ya en la década del 2000, ampliaron la información hasta entonces conocida, sacando a la luz en la Sénia de Melià fragmentos de estuco rojo, cerámicas y elementos arquitectónicos alto-imperiales que podrían relacionarse con un templo o monumento funerario, por lo que la ocupación del yacimiento, se prolongaría hasta el s. II d.C., llegando algunos autores a hablar incluso, de la existencia de una villa imperial en este enclave cuya datación alcanzaría el siglo III d.C. Estas mismas intervenciones también han permitido retrotraer la fecha de inicio del asentamiento de Torre d’Onda: la recuperación de ánforas itálicas Dressel 1A, Tarraconense 1 y Lamboglia 2, hallazgos monetarios de la segunda mitad del s. II a.C., cerámica ibérica e importaciones itálicas, así como de cerámica del ibérico antiguo, púnica de los s. IV y III a.C., fragmentos del II y I a.C., material campaniense del s. I a.C. y romano del I d.C. permiten establecer una nueva cronología que fecharía el yacimiento entre mediados del s. II a.C. y mitad del s. I a.C. (Oliver - Melchor – Benedito, 2016).

Pero si todo esto pertenece al sector terrestre del yacimiento, no menos importantes son los hallazgos que se han venido produciendo en sus aguas.

A partir del Tratado romano-púnico de 348 a.C. y la finalización de la II Guerra Púnica, tras un período de paralización del tráfico marítimo en el Mediterráneo volvió a reabrirse el comercio por mar en estas costas, lo que dio lugar a la llegada de productos procedentes de la Península Itálica, el Estrecho de Gibraltar, Ibiza y el norte de África. Los asentamientos próximos a la costa o en ella se multiplicaron o rehicieron su actividad, mientras que otros nuevos se incorporaron o ampliaron, como fue el caso de la Torre d'Onda.

Pese a ser escasos los hallazgos submarinos en su costa, debido posiblemente a la dificultad que supone la proximidad del puerto de Burriana, gracias al dragado de sus fondos se recuperaron a principios del siglo XX 2 ánforas (Dressel 1A y púnica tipo Mañá C2), el cuello de una Dressel 1A al sur del propio yacimiento y un ánfora púnica Mañá C2 a 400m de la costa, todo lo cual comprende una cronología que abarca desde el s. III a.C. hasta el s. I d.C.



**Fig. 7: Fragmentos de Dressel 1A recuperados en Torre d'Onda**  
(Arasa, F. (2001))

A partir de todos estos datos, se han podido establecer las siguientes características para este fondeadero:

- Formó parte de un conjunto de puntos de escala que, repartidos de forma regular en la costa, permitían la actividad comercial descentralizada.
- Estaba vinculado con un asentamiento costero propio.
- Permitía la llegada de productos procedentes del comercio marítimo a una red de asentamientos próximos.
- Se encontraba ubicado en el inicio de caminos de penetración hacia el interior del territorio.

En definitiva, el tráfico marítimo a lo largo de las costas de Castellón parece iniciarse desde finales del siglo III a.C. (desde época fenicia hasta el medievo), siendo quizás la fundación de Valentia (138 a.C.) el motivo por el que dicho comercio se vio incrementado, de forma más destacada, durante el siglo I a.C., período de esplendor del asentamiento de Torre d'Onda. La costa de Castellón se convirtió en un lugar de paso en el que confluían la navegación de cabotaje (dentro de la cual este yacimiento desempeñó el papel de descargador y de zona de reparación de naves), la navegación que a partir de las Islas Columbretes se dirigía hacia el Ródano alejándose de la costa mediterránea peninsular, la navegación que desde Cataluña iba hacia las Baleares pasando por las islas Columbretes sin tocar el sur de la provincia de Castellón y la navegación que llegaba a Roma por el Estrecho de Bonifacio. Respecto a los restos arqueológicos recuperados a lo largo del litoral de Burriana, la mayor parte de ellos corresponden a ánforas cuyo principal contenido eran las salsas de pescado, salazones, vino o aceite de oliva, la procedencia de los cuales hay que buscarla en los navíos comerciales que se aproximaban a la costa o en las propias operaciones de carga-descarga de los productos comerciales.

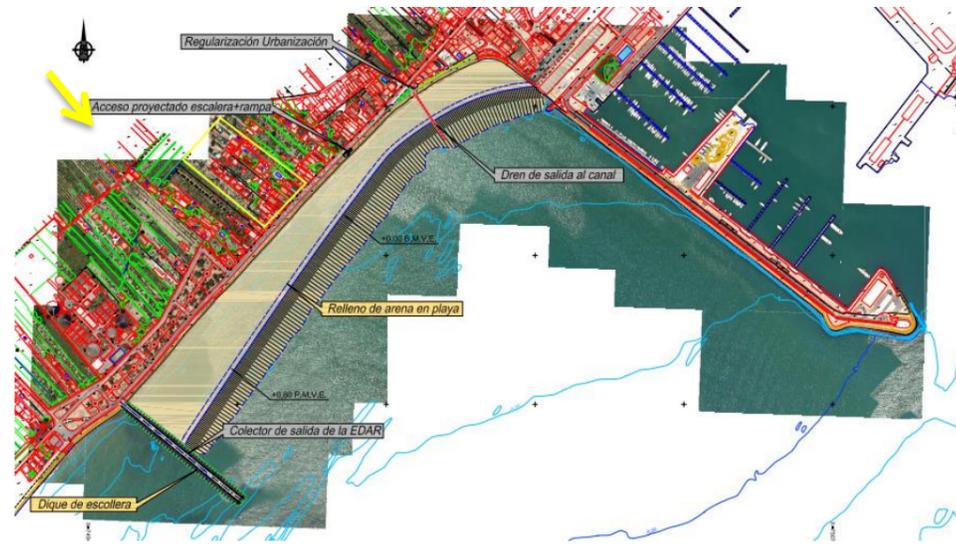
Con la división del Imperio Romano, el comercio en estas costas entra en decadencia, dando como resultado la entrada del territorio de la actual Burriana en una red de autoabastecimiento y distribución diferente gracias a su ubicación dentro de las redes de carreteras y vías terrestres.

#### 4. ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE IMPACTOS

##### 4.1. FACTORES DEL PROYECTO CON POTENCIALIDAD DE IMPACTO.

La construcción de un dique de escollera y la aportación de material arenoso para la regeneración de la playa al sur del puerto de Burriana, son los principales impactos previstos sobre este frente costero y, más concretamente, sobre el área de dispersión de hallazgos subacuáticos del yacimiento de Torre d'Onda.

Aunque dichos hallazgos se han producido a lo largo de décadas y de forma aislada, hay que considerar la probabilidad de afección sobre elementos arqueológicos subacuáticos ya que son escasa las prospecciones sistemáticas realizadas en esta área.



**Fig. 8: Alternativa seleccionada con indicación del área aproximada del yacimiento de Torre d'Onda**

A continuación se analiza la afección de las obras de regeneración sobre los fondos puesto que, en el ámbito terrestre, no se prevé afección alguna.

Factores del proyecto	Impacto	
Construcción de un espigón	Ocupación del fondo marino Modificación de la dinámica litoral	Soterramiento de posibles hallazgos arqueológicos subacuáticos
Aportación de material arenoso	Recrecimiento de la celda de playa	

**Tabla 1: Resumen de posibles impactos**

A partir de la tabla resumen realizada se establecen y caracterizan las afecciones sobre el Patrimonio, resultantes del proyecto de obra, en la siguiente matriz de impactos:

Principales Impactos	Caracterización								
	Naturaleza	Momento	Duración	Periodicidad	Acumulación	Sinergia	Efecto	Reversibilidad	Recuperabilidad
Ocupación del fondo marino	Notable	Inmediato	Permanente	Continua	Simple	Sin sinergia	Directo	Reversible	Recuperable
Recrecimiento de la celda de playa	Notable	Inmediato	Permanente	Continua	Simple	Sin sinergia	Directo	Reversible	Recuperable

**Tabla 2: Matriz de impactos**

#### 4.2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS.

Principales Impactos	Importancia del impacto	Magnitud del Impacto	Gravedad del Impacto Producido	Eficacia de las Medidas Correctoras	Gravedad del Impacto residual – Plan de Vigilancia Ambiental
Ocupación del fondo marino	Alta	Alta	Compatible	Alta	Compatible
Recrecimiento de la celda de playa	Alta	Alta	Compatible	Alta	Compatible

#### 4.3. CONCLUSIONES.

El impacto que supondrá la construcción de un dique de escollera así como el recrecimiento de la celda de playa mediante la aportación de material arenoso, conllevará el soterramiento de los posibles restos arqueológicos subacuáticos que puedan existir en este frente costero, aunque en las imágenes tomadas para este proyecto no se han observado. De hallarse alguno, resultaría de singular importancia debido a que forma parte del área de fondeo del yacimiento iberorromano de *Torre d'Onda*, ubicado en la propia línea costera aunque profundamente urbanizado en la actualidad.

Del estudio sobre el patrimonio arqueológico, etnológico, arquitectónico y paleontológico realizado se desprende la inexistencia de cualquier otro elemento de esta índole que pueda verse afectado por la obra de ingeniería. En las bases de datos consultadas así como en la bibliografía no aparecen referencias a la existencia en el lugar de elementos como torres defensivas litorales modernas o infraestructuras de la guerra civil que sí han sido identificadas en otros tramos costeros; tampoco los inmuebles levantados frente al dique defensivo que recorre la costa desde el sur del puerto de Burriana hasta Nules presentan ningún tipo de protección, todo lo cual puede comprobarse en el Plan General de Ordenación Urbana del municipio. Además, la aportación de arenas procedentes de la cantera de Sitjar y de la playa recrecida al norte del puerto así como la reordenación del área ya antropizada del paseo apoyada en su dique sur, no afectarán en modo alguno a ningún yacimiento o área de vigilancia arqueológica conocidos.

#### 5. PROPUESTA DE MEDIDAS PROTECTORAS Y CORRECTORAS

Las medidas aquí propuestas están referidas a la localización y recuperación de posibles restos arqueológicos subacuáticos en el área afectada por la construcción del dique de cierre de la nueva celda de playa y la aportación de arenas a la misma, previstas al sur del puerto de Burriana.

Se propone la realización de una actuación arqueológica previa al inicio de las obras que permita la revisión del fondo marino del área de afección y la recuperación, en caso de ser necesario, de cualquier hallazgo arqueológico que se produjera. Dicha actuación consistirá en una prospección subacuática cuya metodología deberá ser consensuada previamente con el *Centre d'Arqueologia Subaquàtica de la Comunitat Valenciana (CASCV)*.

Para llevar a cabo esta medida se estará a lo dispuesto en la Ley de Patrimonio Cultural Valenciano (Ley 4/1998, de 11 de junio, e la Generalitat Valenciana) y sus modificaciones, así como el Reglamento de regulación de las actuaciones arqueológicas de la *Comunitat Valenciana* (Decreto 107/2017, de 28 de julio, del *Consell*).

Finalmente, puesto que la actuación aquí expuesta es entendida como medida protectora, se incluirá dentro del proyecto de regeneración costera aquí analizado.

#### 6. PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL. PROPUESTA

Ya que la medida expuesta en el apartado anterior permitirá la protección y recuperación del patrimonio subacuático que pudiera existir en este espacio, y que no se ha detectado durante la redacción del presente informe, no se considera necesario el establecimiento de plan de vigilancia alguno.

Valencia, julio de 2020.



YOLANDA ALAMAR BONET

**DOCUMENTO N° 2: PLANOS.**

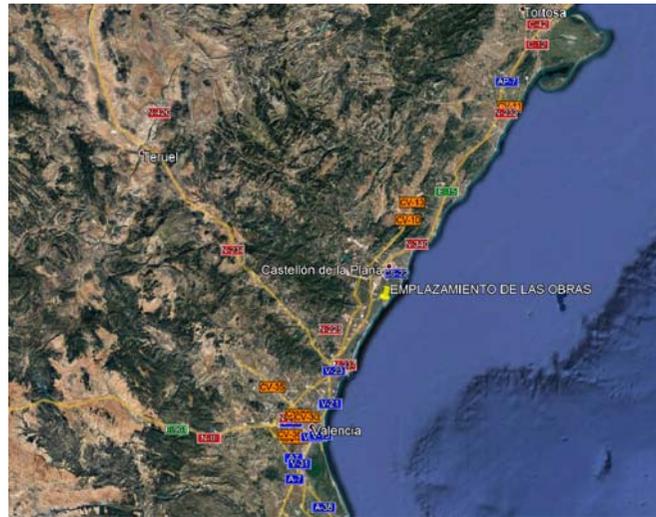
# SITUACIÓN



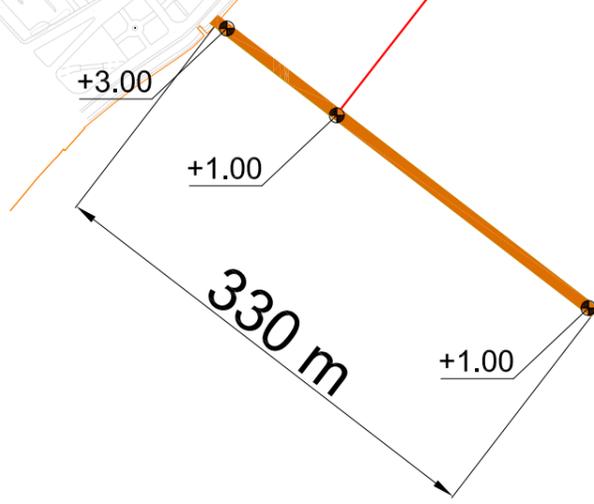
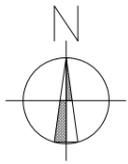
# ZONA DE ACTUACIÓN



# EMPLAZAMIENTO

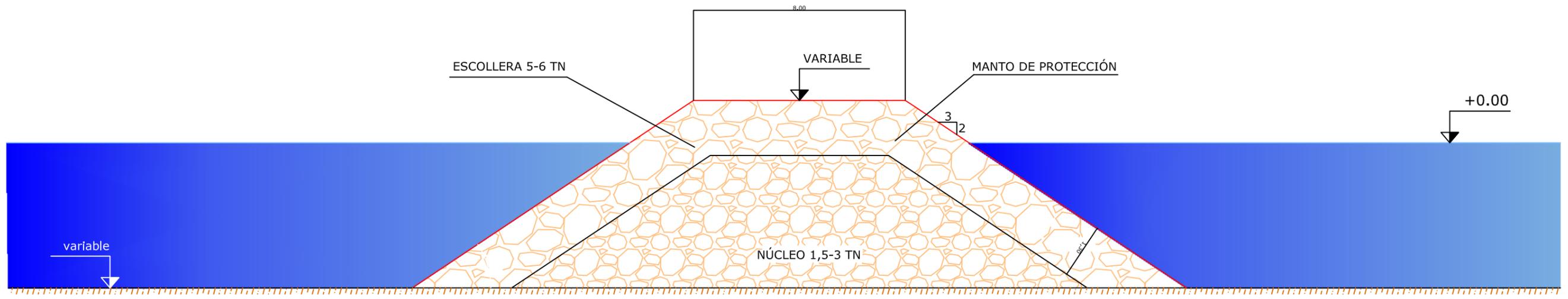


 <b>MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO.</b>	SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE
	DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTA Y EL MAR
	SERVICIO PROVINCIAL DE COSTAS EN CASTELLÓN
<b>ACTUALIZACIÓN Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE REGENERACIÓN DE LA PLAYA AL SUR DEL T.M. DE BURRIANA (CASTELLÓN)</b>	Exp. -
	Rfa. -
<b>TÍTULO DEL PLANO:</b> SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	ESCALA: S/E
	PLANO: 1
EL JEFE DEL SERVICIO DE PROYECTOS Y OBRAS	POR TECNOMEDITERRÁNEA, S.L.; LEONARDO MONZONIS FORNER
	FECHA: DICIEMBRE 2021



 Estructura  
 Nueva línea costa  
D<sub>50</sub> 0.25 mm

 <b>MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO.</b>	SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE
	DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTA Y EL MAR
	SERVICIO PROVINCIAL DE COSTAS EN CASTELLÓN
ACTUALIZACIÓN Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE REGENERACIÓN DE LA PLAYA AL SUR DEL T.M. DE BURRIANA (CASTELLÓN)	Exp. - Rfa. -
TÍTULO DEL PLANO: PLANTA GENERAL.	ESCALA: 1:500 PLANO: 2
EL JEFE DEL SERVICIO DE PROYECTOS Y OBRAS LEONARDO MONZONIS FORNER	POR TECNOMEDITERRÁNEA, S.L.: MIGUEL PUERTA LÓPEZ-GUZMÁN FRANCISCA BERENGUER ALBERO FECHA: DICIEMBRE 2021



 <b>MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO.</b>	SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE
	DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTA Y EL MAR
	SERVICIO PROVINCIAL DE COSTAS EN CASTELLÓN
ACTUALIZACIÓN Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE REGENERACIÓN DE LA PLAYA AL SUR DEL T.M. DE BURRIANA (CASTELLÓN)	Exp. -
	Rfa. -
TÍTULO DEL PLANO: SECCIÓN TIPO.	ESCALA: 1:200  PLANO: 3
EL JEFE DEL SERVICIO DE PROYECTOS Y OBRAS  LEONARDO MONZONIS FORNER	POR TECNOMEDITERRÁNEA, S.L.:  MIGUEL PUERTA LÓPEZ-GUZMÁN FRANCISCA BERENGUER ALBERO  FECHA: DICIEMBRE 2021

**DOCUMENTO N° 3: PRESUPUESTO.**

**Presupuesto parcial nº 1 ESPIGONES**

Nº	Ud Descripción	Medición				Precio	Importe
<b>1.1</b>	<b>Tm Escollera concertada, con bloques de 5.0 - 6.0 t de peso nominal y 2.6 t/m3 de densidad, incluso extracción, carga, clasificación, transporte y colocación por medios terrestres.</b>						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
	En manto de espigones,	14.130,6	2,600	0,800		29.391,648	
	En morro	1.000				1.000,000	
						30.391,648	30.391,648
	<b>Total TM</b>					<b>30.391,648</b>	<b>20,29</b>
							<b>616.646,54</b>
<b>1.2</b>	<b>Tm Escollera sin concertar, con bloques de piedra de 1,5 a 3,0 t de peso nominal, y 2,6 t/m3 de densidad, incluso extracción, carga, clasificación, transporte y colocación por medios terrestres.</b>						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
	En núcleo de espigones,	9.420,4	2,600	0,850		20.819,084	
						20.819,084	20.819,084
	<b>Total tm</b>					<b>20.819,084</b>	<b>15,86</b>
							<b>330.190,67</b>
<b>1.3</b>	<b>M3 Todouno de recebo procedente de cantera, incluido suministro a obra, transporte, y colocación.</b>						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		1	330,000	4,000	0,400	528,000	
						528,000	528,000
	<b>Total m3</b>					<b>528,000</b>	<b>3,62</b>
							<b>1.911,36</b>

**Total presupuesto parcial nº 1 ESPIGONES :948.748,57**

**Presupuesto parcial nº 2 VERTIDO DE MATERIAL DE APORTACIÓN A LA PLAYA**

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
<b>2.1</b>	<b>M3 aportación de arena de dragado con medios marítimos, procedente de la dársena, los canales de acceso, y otras zonas próximas al puerto, como la playa del Arenal en su zona sumergida. Los trabajos incluyen la extracción, vertido en cántara, y rebombado o impulsión del material a playa seca, a pie de playa en zona sumergida, a balsa de decantación, o a la zona designada por la dirección de la obra, mediante tendido de tubería de longitud máxima de 500 m. El material de aportación deberá ser aprobado por la dirección de la obra, y deberá cumplir las condiciones físicas y químicas establecidas. En el caso de no ser aprobado por la dirección de la obra, el material se verterá en la zona indicada aguas adentro, situado aproximadamente a 5 km del puerto.</b>			
		m3	€/m3	
		384.380	6,13	
				<b>IMPORTE – 2.356.249,00 €</b>
<b>2.2</b>	<b>Ud construcción y mantenimiento de balsa de decantación, construida a criterio de la dirección de la obra.</b>			
		Ud	€/Ud	
		2	1.650	
				<b>IMPORTE – 3.300,00 €</b>
<b>2.3</b>	<b>Jornada de parada por causas ajenas a la empresa adjudicataria.</b>			
		Jornada	€/Jor	
		3	5.000	
				<b>IMPORTE – 10.000,00 €</b>
<b>2.4</b>	<b>Tm Aporte de arena de canto rodado, procedente de cantera o préstamo, con con un D<sub>50</sub> = 0,36 mm, incluso extracción, procesado, lavado, carga, transporte hasta la obra, descarga, y extendido a criterio de la dirección de la obra. DISTANCIA A LA OBRA 50-60 KM POR TRAYECTO.</b>			
		Tm	€/Tm	
		4.185	17,15	
				<b>IMPORTE – 71.772,75 €</b>
<b>2.5</b>	<b>Tm Aporte de arena de canto rodado, procedente de cantera o préstamo, con con un D<sub>50</sub> = 0,36 mm, incluso extracción, procesado, lavado, carga, transporte hasta la obra, descarga, y extendido a criterio de la dirección de la obra. DISTANCIA A LA OBRA 80-90 KM POR TRAYECTO</b>			
		Tm	€/Tm	
		5.070	18,48	
				<b>IMPORTE – 93.693,60 €</b>
<b>2.6</b>	<b>M3 Trasvase y extendido de áridos procedentes de otras playas, incluso extracción, carga, transporte hasta la obra por zona urbana/interurbana con baja dificultad de circulación, descarga, y extendido a criterio de la dirección de la obra.</b>			
		m3	€/m3	
		6.125	4,52	
				<b>IMPORTE – 27.685,00 €</b>

o

**Presupuesto parcial Nº 2 MATERIAL APORTACIÓN A LA PLAYA : 2.562.700,35 €**

**Presupuesto parcial nº 3 MEDIDAS CORRECTORAS Y VIGILANCIA AMBIENTAL**

Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe
3.1	Ud	Campaña arqueológica con buzos arqueólogos	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			1				1,000	
							1,000	1,000
		<b>Total Ud .....</b>				<b>1,000</b>	<b>8.000,01</b>	<b>8.000,01</b>
3.2	Ud	Analisis calidad aguas con la determinación de los siguientes parámetros: Sólidos en suspensión Temperatura Salinidad Carbono orgánico total Nitratos Nitrógeno Kjeldahl Ortofosfatos pH Transparencia Oxígeno disuelto Nitrógeno total Nitritos Fósforo total Clorofila a E. coli E. Intestinales	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			6				6,000	
							6,000	6,000
		<b>Total Ud .....</b>				<b>6,000</b>	<b>968,87</b>	<b>5.813,22</b>
3.3	M	Suministro y montaje de cortinas antiturbidez con faldón de 2 a 10 m. de profundidad, fabricadas en tejido de polipropileno reforzado con fibra de PET de alta resistencia	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			2	330,000			660,000	
							660,000	660,000
		<b>Total M .....</b>				<b>660,000</b>	<b>53,38</b>	<b>35.230,80</b>
3.4	Ud	Campaña topobatimétrica	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			3				3,000	
							3,000	3,000
		<b>Total Ud .....</b>				<b>3,000</b>	<b>3.000,00</b>	<b>9.000,00</b>
3.5	Ud	Prospección mediante buzos de la zona. Se consideran 2 días de trabajo de 4 buzos biólogos y arqueólogos.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			10				10,000	
							10,000	10,000
		<b>Total Ud .....</b>				<b>10,000</b>	<b>2.636,80</b>	<b>26.368,00</b>
3.6	Ud	Medición turbidez	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			25				25,000	
							25,000	25,000
		<b>Total Ud .....</b>				<b>25,000</b>	<b>160,00</b>	<b>4.000,00</b>
<b>Total presupuesto parcial nº 3 MEDIDAS CORRECTORAS Y VIGILANCIA AMBIENTAL :</b>							<b>88.412,03</b>	

**Presupuesto parcial nº 4 SEGURIDAD Y SALUD**

Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe
4.1	Ud	Partida Alzada a justificar para el abono de las medidas de Seguridad y Salud en las obras de acuerdo con el Plan de Seguridad y Salud aprobado.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			1				1,000	
							1,000	1,000
		<b>Total Ud .....</b>				<b>1,000</b>	<b>40.000,00</b>	<b>40.000,00</b>
<b>Total presupuesto parcial nº 4 SEGURIDAD Y SALUD :</b>							<b>40.000,00</b>	

**Presupuesto parcial nº 5 GESTIÓN DE RESIDUOS**

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
5.1	M3	Todoño de recebo procedente de cantera, incluido suministro a obra, transporte, y colocación.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		En caminos de acceso a espigones y posterior retirada de dichos caminos	1	330,000	4,000	0,400	528,000	
							528,000	528,000
		<b>Total m3 .....</b>				<b>528,000</b>	<b>3,62</b>	<b>1.911,36</b>
<b>Total presupuesto parcial nº 5 GESTIÓN DE RESIDUOS :</b>							<b>1.911,36</b>	

**Presupuesto parcial nº 6 SERVICIOS Y EQUIPAMIENTOS**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	Ud	Dren de salida del canal			
		<b>Total ud .....</b>	<b>1,000</b>	<b>3.500,00</b>	<b>3.500,00</b>
6.2	Ud	Acceso escalera y rampa			
		<b>Total ud .....</b>	<b>1,000</b>	<b>28.000,00</b>	<b>28.000,00</b>
6.3	Ud	Colector de salida de la E.D.A.R.			
		<b>Total ud .....</b>	<b>1,000</b>	<b>165.000,00</b>	<b>165.000,00</b>
6.4	Ud	Regularización urbanización.			
		<b>Total UD .....</b>	<b>1,000</b>	<b>70.000,00</b>	<b>70.000,00</b>
6.5	Ud	Muro de salida de la escuela de vela.			
		<b>Total ud .....</b>	<b>1,000</b>	<b>10.000,00</b>	<b>10.000,00</b>
<b>Total presupuesto parcial nº 6 SERVICIOS Y EQUIPAMIENTOS :</b>					<b>276.500,00</b>

Presupuesto parcial nº 7 VARIOS

Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe
7.1	Ud	Cartel informativo de obras según formato del ministerio, incluido diseño, maquetación, impresión, transporte, colocación, cimentación, postes, totalmente instalado.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			2				2,000	
							2,000	2,000
			<b>Total UD .....</b>			<b>2,000</b>	<b>1.204,83</b>	<b>2.409,66</b>
7.2	Pa	Instalación de una boya de señalización de 5 MN de alcance luminoso con todos sus elementos: linterna marina con destellador, paneles solares, batería, cadena y muerto de fondeo, incluso colocación en obra.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			1				1,000	
							1,000	1,000
			<b>Total pa .....</b>			<b>1,000</b>	<b>12.500,38</b>	<b>12.500,38</b>
7.3	J...	Reperfilado de celdas con tractor-cajón a criterio de la dirección de la obra.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			4				4,000	
							4,000	4,000
			<b>Total jorna .....</b>			<b>4,000</b>	<b>357,99</b>	<b>1.431,96</b>
7.4	Ud	Reportaje fotográfico y de vídeo aéreo georreferenciado entregado en soporte informático compatible con dwg y con GIS, así como en soporte papel.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			2				2,000	
							2,000	2,000
			<b>Total UD .....</b>			<b>2,000</b>	<b>500,00</b>	<b>1.000,00</b>
			<b>Total presupuesto parcial nº 7 VARIOS :</b>					<b>17.342,00</b>

Presupuesto de ejecución material

1 ESPIGONES	948.748,57
2 VERTIDO DE MATERIAL DE APORTACIÓN A LA PLAYA	2.562.700,35
3 MEDIDAS CORRECTORAS Y VIGILANCIA AMBIENTAL	88.412,03
4 SEGURIDAD Y SALUD	1.911,36
5 GESTIÓN DE RESIDUOS	276.500,00
6 SERVICIOS Y EQUIPAMIENTOS	17.342,00
7 VARIOS	
<b>Total .....</b>	<b>3.935.616,31</b>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de TRES MILLONES SETECIENTOS SETENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y TRES EUROS CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Castellón de la Plana, diciembre de 2021.  
Jefe del Servicio Provincial de Proyectos y Obras.

Leonardo Monzonís Forner  
Ingeniero de caminos, canales y puertos.

Autores del proyecto

Francisca Berenguer Albero Miguel Puerta  
López-Guzmán  
Ingenieros de caminos, canales y puertos.  
TECNOMEDITERRÁNEA, S.L.

Visto Bueno,

Fernando Pérez Burgos.  
Ingeniero de caminos, canales y puertos.  
Jefe del Servicio Provincial en Castellón.

PROYECTO BÁSICO DE REGENERACIÓN DE LA PLAYA AL SUR DEL T.M. DE BURRIANA (CASTELLÓN)

<b>Capítulo</b>	<b>Importe</b>
Capítulo 1 ESPIGONES	948.748,57
Capítulo 2 VERTIDO DE MATERIAL DE APORTACION A LA PLAYA	2.562.700,35
Capítulo 3 MEDIDAS CORRECTORAS Y VIGILANCIA AMBIENTAL	88.412,03
Capítulo 4 SEGURIDAD Y SALUD	40.000,00
Capítulo 5 GESTION DE RESIDUOS	1.911,36
Capítulo 6 SERVICIOS Y EQUIPAMIENTOS	276.500,00
Capítulo 7 VARIOS	17.342,00
Presupuesto de ejecución material	3.935.614,31
13% de gastos generales	511.629,86
6% de beneficio industrial	236.136,86
Presupuesto	4.683.381,03
21% IVA	983.510,02
Presupuesto con IVA	5.666.891,05

Asciende el presupuesto con IVA a la expresada cantidad de CINCO MILLONES SEISCIENTOS SESENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y UN EUROS CON CINCO CÉNTIMOS.

Castellón de la Plana, diciembre de 2021.  
Jefe del Servicio Provincial de Proyectos y Obras.

Leonardo Monzonís Forner  
Ingeniero de caminos, canales y puertos.

Autores del proyecto

Francisca Berenguer Alberó Miguel Puerta López-Guzmán  
Ingenieros de caminos, canales y puertos.  
TECNOMEDITERRÁNEA, S.L.

Visto Bueno,

Fernando Pérez Burgos.  
Ingeniero de caminos, canales y puertos.  
Jefe del Servicio Provincial en Castellón.