

# ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y EVALUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE FASE 2 Y FASE 3 DEL PASEO MARAÑUELAS-ANFI (T.M. MOGÁN)

PETICIONARIO

Ayuntamiento de Mogán  
Unidad Administrativa de Playas,  
Avda. de La Constitución nº4  
Mogán - CP 35140  
Tlf.: 928 158 800

REDACTORA

RAQUEL GARCÍA FERRERA  
INGENIERA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
COLEGIADA Nº 20.599  
Móvil: 617444116



Situación: Arguineguín T.M. Mogán

ABRIL 2019

# MEMORIA

# DESCRIPTIVA

## ÍNDICE

1.-	OBJETO	1
2.-	PETICIONARIO	1
3.-	REDACTORA DEL PROYECTO	1
4.-	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	1
5.-	CONTENIDO DEL ESTUDIO	2
6.-	ESTUDIO BATIMÉTRICO	3
7.-	ESTUDIO DE CLIMA MARÍTIMO	4
8.-	ESTUDIO DE ALTURA DE OLA DE CÁLCULO	5
9.-	ESTUDIO DE DINÁMICA LITORAL	6
10.-	NORMATIVA DE APLICACIÓN	7
11.-	AFECCIÓN A LAS FIGURAS DE PROTECCIÓN	7
12.-	PROPUESTA DE MINIMIZACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS Y MEDIDAS CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS	9
13.-	PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS	10
	ANEJO Nº 1. ESTUDIO DE CLIMA MARÍTIMO	
	ANEJO Nº 2. ESTUDIO DE ALTURA DE OLA DE CÁLCULO	
	ANEJO Nº 3. ESTUDIO DE DINÁMICA LITORAL	

## 1.- OBJETO

El objeto del presente documento es la redacción del proyecto denominado “ESTUDIO BÁSICO DE LA DINÁMICA DEL LITORAL Y EVALUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE FASE 2 Y FASE 3 DEL PASEO MARAÑUELAS-ANFI (T.M. MOGÁN)”, a petición del Ayuntamiento de Mogán, a raíz de del expediente de tramitación de proyecto de ejecución de la Fase 2 del paseo marítimo y en cumplimiento con el artículo 91 y 93 del Real Decreto 876/2014 de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.

## 2.- PETICIONARIO

Se redacta el presente a petición de la unidad administrativa de Playas del Ayuntamiento de Mogán de la isla de Gran Canaria, según resolución nº 1246/2019 de fecha 10 de abril de 2019.

## 3.- REDACTORA DEL PROYECTO

La autora del presente ESTUDIO es la Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos Raquel García Ferrera, con DNI 44.716.784 T, colegiada número 20.599, con domicilio en la calle Vicario Juan Artiles Sánchez 6, CP 35218, Telde.

### DATOS DE CONTACTO:

Móvil: 617444116/ E-mail: [raquelgferrera@gmail.com](mailto:raquelgferrera@gmail.com)

## 4.- SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El presente estudio se localiza la costa de Arguineguín al sur oeste de la isla de Gran Canaria en el término municipal de Mogán. El paseo transcurre en aproximadamente un kilómetro desde el Dorado Beach hasta el Green Beach.



## 5.- CONTENIDO DEL ESTUDIO

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

- Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escalares.

*(Véase apartado 7 de la presente Memoria y el Anejo N° 1 de Clima Marítimo del presente documento)*

- Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, Naturaleza geológica de los fondos y Condiciones de la biosfera submarina y efectos sobre la misma de las actuaciones previstas en la forma que señala el artículo 88 e) de este reglamento (es decir, la determinación de la posible afección a espacios de la Red Natura 2000 o cualesquiera otros dotados de figuras de protección ambiental). *(Véase:*

- *La batimetría en el apartado 6 de la presente Memoria,*
- *la naturaleza geológica y la biosfera submarina en el apartado 9 de la presente Memoria y*
- *la afección a las figuras de protección en el apartado 11 de la presente Memoria)*

- Formas de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado. *(Véase apartado 9 de la presente Memoria y apartado 3 del Anejo N° 2 de Dinámica Litoral del presente documento)*

- Estudio de la capacidad de transporte litoral. *(Véase apartado 9 de la presente Memoria y apartado 4.1 del Anejo N° 3 de Dinámica Litoral del presente documento)*

- Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible. *(Véase apartado 9 de la presente Memoria y apartado 4.2 del Anejo N° 3 de Dinámica Litoral del presente documento)*

- Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arenas. *(No existe previsión de dragados o trasvase de arena en el proyecto que da lugar este estudio de dinámica litoral)*

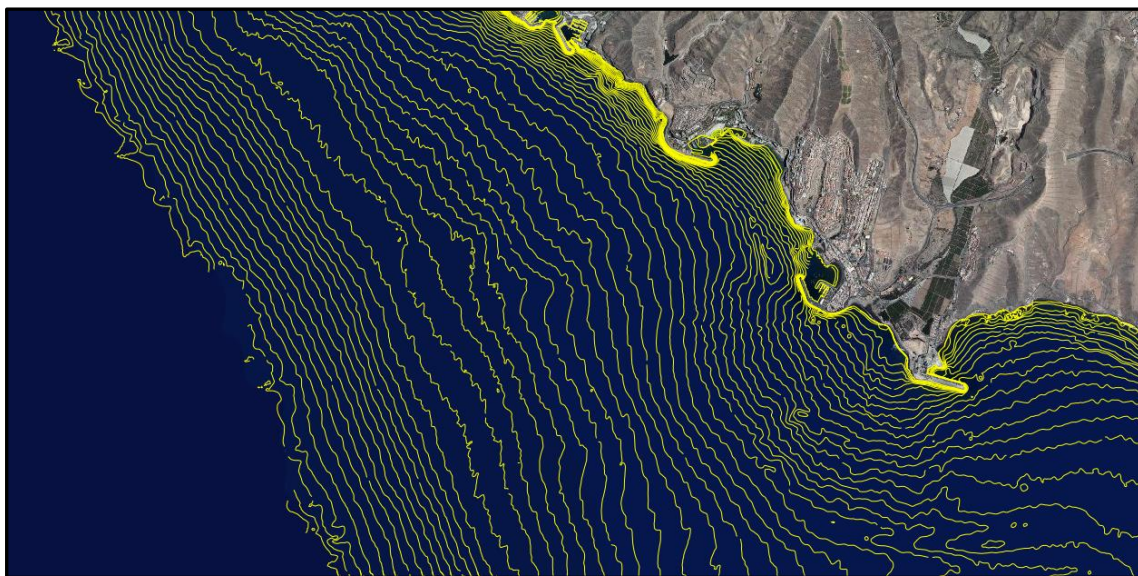
- Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático. *(Véase apartado 9 de la presente Memoria y apartado 5 del Anejo N° 3 de Dinámica Litoral del presente documento)*

- Propuesta para la minimización de la incidencia de las obras y medidas correctoras y compensatorias. *(Véase apartado 12 de la presente Memoria)*
- Plan de seguimiento de las actuaciones previstas. *(Véase apartado 13 de la presente Memoria).*

Se especifica entre paréntesis *(cursiva y color verde)* la remisión a los apartados del documento donde se desarrollan los apartados requeridos por normativa.

## 6.- ESTUDIO BATIMÉTRICO

Se ha discretizado la zona de estudio a partir de la batimetría de detalle suministrada por el Estudio Ecocartográfico de la Isla de Gran Canaria, realizado Dentro del Plan de Ecocartografías del litoral español. Este trabajo se llevó a cabo por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar del Ministerio de Medio Ambiente, en el año 2000. La batimetría resultante, se recoge en la imagen siguiente.



*Imagen de la batimetría utilizada (Fuente: GRAFCAN)*

## 7.- ESTUDIO DE CLIMA MARÍTIMO

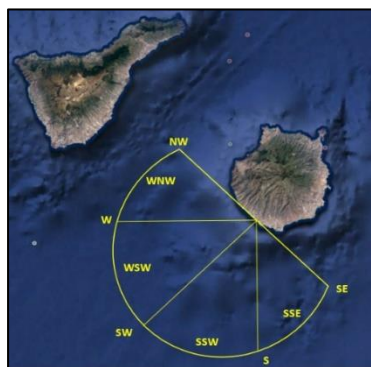
El objetivo de este estudio es conocer el clima marítimo en aguas profundas que servirá de base para el estudio de dinámica litoral y estudio de la altura de ola de cálculo para el nuevo muro que se quiere proyectar entre la zona de Dorado Beach y Green Beach.

La zona elegida para este estudio de clima marítimo ha sido frente a las costas de Arguineguín, litoral perteneciente al T.M. de Mogán en la isla de Gran Canaria, para la proyección de un muro en el paseo marítimo entre Dorado Beach y Green Beach. Los datos del Punto SIMAR elegido 1016011 han servido de base para el cálculo y estudio objeto de este trabajo.

Las características de la obra marítima elegida son las siguientes:

- Vida útil: 25 años
- $Tr = 71$  años
- $R = 30\%$

Los resultados obtenidos se reflejan en la tabla y figura 6.1 que se presentan a continuación.



$\theta$	Hsed	Hsed + BC 90%	$Tp$
SSW	5.32	5.81	13 y 15s
SW	6.82	7.61	10 y 15s
WSW	7.31	8.20	12 y 15s
W	7.28	8.17	10 y 15s

**Tabla y Figura:**  $Tp$  asociados a las  $Hs$  direccionales extremas que afectan a la zona de estudio

- $\theta$  = Direcciones que afectan a la obra
- **Hsed** =  $Hs$  extremas direccionales Aguas profundas (MR2<sup>1</sup>)
- **Hsed + BC 90%** =  $Hs$  extremas direccionales Aguas profundas más Banda de confianza del 90%
- **$Tp$**  =  $Tp$  asociados en "temporal" a cada  $Hs$

Los resultados del **Régimen Medio**, teniendo en cuenta el de Puertos del Estado indica que el

<sup>1</sup> MR2: Método Relativo 2 de J.A. Afonso (2010)

abánico de direcciones de procedencia del oleaje ordinario es el siguiente: NNE - N - WSW - W - NW, predominando por estaciones climáticas y de manera general las direcciones del **NE y N**. Las **alturas de ola** predominantes se encuentran entre los **0,5 y 1,5m** con **periodos de pico** que rondan entre los **6 y 10s**, variando estos valores en función de la estación climática. Las probabilidades de NO Excedencia para la F.D.D. utilizada por Puertos del Estado indica que el rango de la altura de ola se encuentra entre 0.4 y 3.2m.

Los resultados obtenidos del **Régimen Extremal** indican que la zona de estudio se encuentra influenciada por temporales que abarcan el siguiente abánico de direcciones: **SSW - SW - WSW - W**.

La altura de ola de cálculo obtenida con la F.D.D. de Gumbel indica que la **Hs Extremal Escalar** es de 7.31m, que con la banda de confianza del 90% alcanza los **8.20m**. Para el abánico de direcciones comentado las **Hs Extremales Direccionales** varían desde los casi **6m**, procedentes del **SSW**, hasta los **8.20m** del **WSW** y sus periodos de pico asociados se encuentran entre los **10 y los 15s**.

Se adjunta en el Anejo N° 1 del presente documento el estudio completo del clima marítimo.

## 8.- ESTUDIO DE ALTURA DE OLA DE CÁLCULO

En el anejo N° 2 se describen los cálculos necesarios para conocer el comportamiento de la rotura del oleaje en la zona de estudio. Su análisis ayudará al dimensionamiento de la protección del muro que se quiere proyectar entre Dorado Beach y Green Beach, en Arguineguín.

Para ello se deberá conocer la altura de cálculo, con lo que es necesario conocer la propagación del oleaje desde aguas profundas hasta la profundidad de pie del muro. Estas propagaciones, se obtienen con el modelo numérico SMC, con los datos de oleaje obtenidos del clima marítimo, desde aguas profundas hasta costa.

A continuación, se indican los resultados del estudio de rotura. Estos datos servirán de base para el cálculo de la estructura.

MURO			
NO ROTURA	Hb (m)	ds (m)	
PMVE	5	-2.00	
ROTURA	Hb (m)	db min - db max (m)	Batimétricas (m)
PMVE	6.25	7.50 ↔ 9.37	-4.8 ↔ -6.67
OLA ROTA	Hb (m)	db min - db max (m)	Batimétricas (m)
PMVE	3.48	4.13 ↔ 5.18	-1.43 ↔ -2.48



Tras los resultados obtenidos, se puede concluir que la estructura se encuentra en zona de **OLA ROTA**. Tras el análisis de esta situación de Rotura, se ha obtenido que la estructura sufre una rotura en Pleamar de una ola de **3.48m**. Se puede concluir que este valor sea la altura de ola de cálculo para el dimensionamiento de la protección de la estructura.

Se adjunta en el Anejo N° 2 del presente documento el estudio completo de la altura de ola.

## 9.- ESTUDIO DE DINÁMICA LITORAL

El material nativo de la zona de estudio se caracteriza por ser mayoritariamente arenas finas, con un  $D_{50}$  de 02mm para la zona de playa seca y arenas medias con un  $D_{50}$  de 0.5mm para la zona infralitoral.

En cuanto al Límite de Transporte Significativo o Profundidad de Cierre, los resultados muestran que éste se establece entre las batimétricas -15 y -18m con condiciones de oleaje de temporal, y una batimétrica de -7m para un oleaje medio.

Los valores de transporte potencial anual obtenidos muestran valores positivos, es decir que el transporte toma dirección SE-NW. La distribución de este transporte potencial mensual, tanto en datos brutos como netos, se intensifica durante los meses de invierno y disminuye en los meses de verano.

Con estas características y las condiciones de oleaje obtenidas de estudio de clima marítimo, los resultados obtenidos en cuanto a la dinámica litoral muestran que para oleajes procedentes del SW y SSW la dinámica litoral toma una dirección NW, pero para oleajes del WSW esta dinámica cambia su dirección a W en el entorno de la Playa de La Carrera y dirección SE en el entorno de Aquamarina.

En cuanto a los valores tanto de corrientes de rotura como de transporte potencial son prácticamente nulos cuando las condiciones de oleaje que se simulan son las del régimen medio. Cuando se considera el régimen extremal, estos valores aumentan, pero tampoco muestran resultados demasiado significativos. De igual manera ocurre cuando la simulación se realiza con las variaciones del nivel del mar producidas por el efecto del cambio climático.

Como conclusión, la obtención de los diferentes resultados nos muestra que la zona de estudio está conformada por arenas medias, donde su transporte en profundidad se produce hasta la batimétrica -7m en condiciones de oleaje medio y entre la -15 y -18m con oleaje de temporal. En general la dirección de esta dinámica es SE-NW, pero cambia W-SE cuando los oleajes proceden del WSW, y que las tasas de transporte potencial no son significativas.

Se adjunta en el Anejo N° 3 del presente documento el estudio completo de la dinámica litoral por el transporte litoral como por el efecto del cambio climático.

## 10.- **NORMATIVA DE APLICACIÓN**

### Ley y Reglamento de Costas

Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas

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

Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas

### Protección del medio marino

Ley 41/2010 de Protección del Medio Marino

## 11.- **AFECCIÓN A LAS FIGURAS DE PROTECCIÓN**

La Red Natura 2000 es una red ecológica europea que nace de la unión de la red de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), establecida en virtud de la Directiva Aves (Directiva 79/409/CEE) y la Red de Zonas de Especial Conservación (ZEC), declarada conforme a la Directiva Hábitats (Directiva 92/43/CEE). Las ZEPA son áreas que tienen como objeto la protección de las aves silvestres y los hábitats donde. Las ZEC son zonas que primeramente se proponen como Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), para la protección de los hábitats naturales y las especies de flora y fauna silvestre consideradas de interés para la Unión Europea, según los listados establecidos en la Directiva Hábitats. Una vez adoptadas las correspondientes medidas de conservación, los LIC se declaran por la Unión Europea como ZEC.

Los espacios de la Red Natura 2000 en Canarias disponen de planes de gestión que contribuyen a la conservación de sus hábitats naturales y sus hábitats de especies.



En el ámbito de actuación existe una franja de especial protección en el litoral marino, por las siguientes figuras de protección:

- **LIC ES7010017** Franja marina de Mogán (Fecha declaración 28-12-2002 con una superficie de 29.993,09 Ha y un perímetro de 95,71 Km
- **ZEC 33\_GC** (aprobado por Decreto 174/2009 el 29 de diciembre de 2009, publicando las disposiciones generales del Plan de Gestión en el BOC nº 221 de 19-09-2011)
- **Reserva de la Biosfera 39-Gran Canaria** (declarada el 29 de junio de 2005)

Nº ZEC	Denominación	
<b>33_GC</b>	<b>Franja marina de Mogán</b>	
Ref. actual LIC	Ámbito	Isla
ES7010017	Marítimo	Gran Canaria
Hábitats o especies que motivan la declaración		
- Hábitats de especies:		
1224 * Caretta caretta		
1349 Tursiops truncatus		
1349 Tursiops truncatus		
- Hábitats naturales:		
1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda		

Al no dragado ni trasvase no se considera que la afección sea significativa en la legalización y ejecución de una edificación de restauración en el Morro de Aquamarina, no obstante se llevarán a cabo las propuestas para la minimización y evitar la alteración de las figuras de protección expuestas.

## **12.- PROPUESTA DE MINIMIZACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS Y MEDIDAS CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS**

El impacto sobre el medio marino al no haber trasvase ni dragado en la costa es prácticamente inexistente. Debe contemplar el proyecto de legalización de la actuación prevista, un estudio del impacto ambiental de las obras.

No obstante, en el presente estudio se incluyen una serie de medidas y buenas prácticas organizativas con el objeto de limitar posibles afecciones a la calidad del aire, del suelo y del agua, y minimizar las posibles molestias ocasionales sobre el entorno.

Básicamente pueden considerarse las siguientes:

- ⇒ Se delimitará la zona de actuación y señalarán los elementos de valor para evitar accidentes.
- ⇒ Realizar una mecánica preventiva con relación a la maquinaria de obra con objeto de evitar derrames de combustible o aceites.
- ⇒ Se colocarán casetas de aseos estancos, para uso de los trabajadores de la obra, realizándose su vaciado periódicamente por gestor autorizado.
- ⇒ El almacenamiento de bidones con combustible o aceite se realizará fuera del ámbito de la obra con objeto de evitar ser alcanzados por la maquinaria.
- ⇒ Evitar la realización de las operaciones de limpieza y mantenimiento de vehículos y maquinaria en obra: estas operaciones deberán ser realizadas en talleres, gasolineras o lugares convenientemente acondicionados (superficie impermeabilizada) donde los residuos o vertidos generados sean convenientemente gestionados.
- ⇒ Limitar las operaciones de carga/descarga de materiales, ejecución de excavaciones y en general todas aquellas actividades que puedan dar lugar a la emisión/movilización de polvo o partículas a períodos en los que el rango de velocidad del viento (vector dispersante) sea inferior a 10 km/h. Así, en la planificación diaria de estas actividades la dirección de obra debería incorporar como un factor más a tener en cuenta, la previsión meteorológica. Como norma general se intentará evitar la realización de estas actividades durante días o períodos de fuerte inestabilidad (en un día soleado, la inestabilidad es máxima al mediodía, coincidiendo con los períodos de máxima radiación solar, y mínima por la mañana o a última hora de la tarde) o los días en los que se prevé la entrada de frentes.

⇒ Otra buena práctica habitualmente usada para mitigar la dispersión de polvo, especialmente en operaciones de carga/descarga, es un ligero riego previo de los materiales, siempre que no dé lugar a la generación de un vertido líquido.

⇒ Medidas de limpieza y seguridad vial tales como limpieza de camiones antes de su incorporación a la carretera y cubrición de la carga para evitar la dispersión del polvo. Así mismo se deberá señalar debidamente la entrada y salida de camiones.

⇒ En cuanto a las emisiones de vehículos y maquinaria pesada, éstas pueden ser reducidas mediante un adecuado mantenimiento técnico de las mismas (que asegure una buena combustión en el motor) y el empleo, en la medida de lo posible, de material nuevo o reciente (es política de todas las marcas incorporar como parámetro de diseño a sus nuevos modelos, criterios medioambientales de bajo consumo, mejores rendimientos, etc.). Este aspecto podría ser incorporado por el licitante como criterio adicional de valoración de contratistas.

⇒ En cuanto al ruido generado durante la fase de obras, una mecánica preventiva de toda la maquinaria (tal y como se ha descrito anteriormente) puede evitar la generación de ruido innecesario como consecuencia de la existencia de piezas en mal estado. En este sentido también se podría pensar en la colocación de barreras sónicas perimetrales para evitar la propagación de ruidos molestos, y limitar el trabajo de las unidades más molestas a horas diurnas.

⇒ Durante la fase de obras se asignará un responsable medioambiental que se encargue de vigilar y registrar las incidencias surgidas durante el desarrollo de las mismas (ver Plan de Vigilancia).

⇒ Queda prohibida la acumulación de materiales de obra o la ubicación de sobrantes utilizables o no, temporales o permanentes, en las proximidades de los cursos de agua o en zonas arboladas.

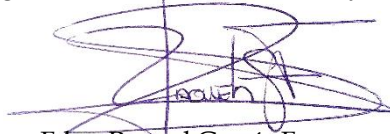
### **13.- PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS**

Se propone como medida de seguimiento de las actuaciones, un levantamiento topobatemétrico del ámbito de actuación, tomando como referencia el inicial contemplado en el presente estudio. El objeto es la verificación y contraste de los cambios producidos en el transporte sedimentario y en la dinámica del litoral, y así predecir los posibles efectos destructivos que se pudieran ocasionar en el caso que se detectase modificaciones en la dinámica del litoral y dinámica previstas en el presente estudio.

Asimismo, durante las obras se llevará a cabo un seguimiento de los hábitats que sirven de base para las figuras de protección del litoral de Mogán del ámbito de actuación realizando un informe final que constata la NO AFECCIÓN a la misma.

Las Palmas de Gran Canaria a 30 de abril de 2019

La Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Raquel', is written over a faint grid background.

Fdo.- Raquel García Ferrera

Colegiada nº 20.599

**ANEJO N°1.**

**ESTUDIO DE CLIMA**

**MARÍTIMO**

## ÍNDICE

1.-	INTRODUCCIÓN	1
2.-	ELECCIÓN BASE DE DATOS	1
3.-	METODOLOGÍA	2
3.1.-	PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	3
3.1.1.-	Régimen Medio	3
3.1.2.-	Régimen Extremal	3
3.1.1.1.-	Funciones de distribución	4
3.2.-	MÉTODOS DE AJUSTE	5
3.2.1.-	Método Gráfico o del Papel Probabilístico	5
3.2.2.-	Método de los Máximos Anuales	6
4.-	REGÍMENES DE OLEAJES ORDINARIOS EN AGUAS PROFUNDAS	6
4.1.-	RÉGIMEN MEDIO DE PUERTOS DEL ESTADO	6
4.2.-	CONCLUSIONES	16
5.-	RÉGIMEN DE OLEAJE EXTREMAL EN AGUAS PROFUNDAS	17
5.1.-	RÉGIMEN EXTREMAL ESCALAR (REET)	17
5.1.1.-	Riesgo de Presentación de la Hs Extremal Escalar	19
5.1.2.-	Probabilidad de No Excedencia	22
5.1.3.-	Intervalos de confianza	23
5.2.-	RÉGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL	24
5.3.-	RELACIÓN Hs/TP EN TEMPORALES	26
6.-	RESULTADOS FINALES DEL ESTUDIO DE CLIMA MARÍTIMO	28
7.-	CONCLUSIONES	29
	APÉNDICE N° 1. CÁLCULOS DE CLIMA MARÍTIMO	



## 1.- INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como fin el cálculo del clima marítimo en aguas profundas, tanto el régimen medio como el extremal, de la zona frente a las costas de Arguineguín, litoral perteneciente al T.M. de Mogán en la isla de Gran Canaria. El objetivo de este estudio es conocer el clima marítimo en aguas profundas que servirá de base para el estudio de dinámica litoral y estudio de la altura de ola de cálculo para el nuevo muro que se quiere proyectar entre la zona de Dorado Beach y Green Beach. En la imagen 1.1 se visualiza la situación de la zona de estudio.



Imagen 1.1: Localización de la zona de estudio

## 2.- ELECCIÓN BASE DE DATOS

Para el estudio del oleaje en esta zona se ha elegido la base de datos SIMAR del ente Público Puertos del Estado. Los datos son accesibles en la página web de Puertos del Estado, en la sección "Oceanografía y Meteorología". En este apartado y eligiendo "Datos Históricos" y "Oleaje" se pueden visualizar los puntos alrededor del archipiélago canario que proporcionan los datos de oleaje.

El conjunto de datos SIMAR está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico. Las series SIMAR surgen de la concatenación de los dos grandes conjuntos de datos simulados de oleaje con los que tradicionalmente ha contado Puertos del Estado: SIMAR-44 y WANA. De este modo el conjunto SIMAR ofrece series temporales desde el año 1958 hasta la actualidad, actualizadas diariamente.

La zona de estudio se encuentra situada en la costa SW de Canarias, por lo que el punto elegido debe quedar claramente expuesto a los temporales del 3º cuadrante.

Como la estructura se va a encontrar ubicada en el propio litoral se he elegido el punto de aguas

profundas situado justo en frente de la zona de actuación. Dicho punto es el SIMAR 1016011. Este punto recoge todas las direcciones de procedencia del oleaje a la que se verá afectada la costa de interés (véase imagen 2.2) y se encuentra a profundidades indefinidas, véase imagen 2.1. Se tendrán en cuenta un registro de 60 años de datos, desde 1958 hasta 2017 ambos inclusive.

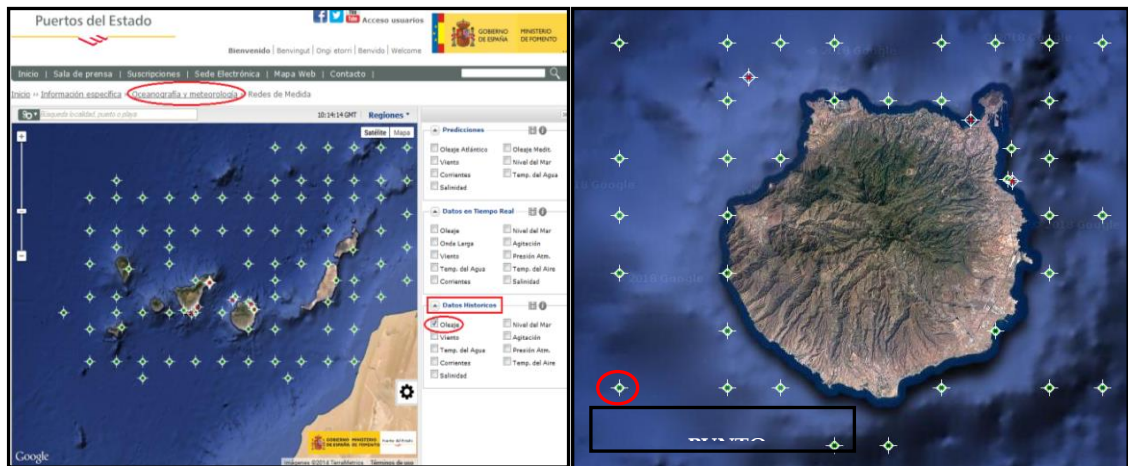


Imagen 2.1: Base de datos SIMAR y Localización del punto SIMAR 1016011 (Fuente: [www.puertos.es](http://www.puertos.es))

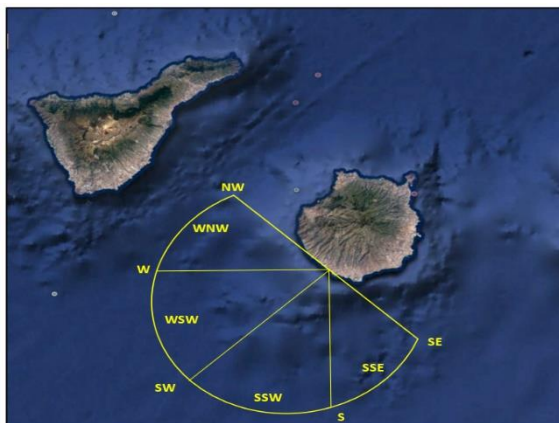


Imagen 2.2.- Direcciones del oleaje de temporal que afectan a la zona (Fuente: elaboración propia)

### 3.- METODOLOGÍA

El estudio más simple del clima marítimo consiste en la estimación de los valores medios mensuales, estacionales y anuales de los parámetros característicos de los múltiples estados del mar, como son la altura significativa ( $H_s$ ) o el periodo de pico ( $T_p$ ). Estos valores resultan bastante útiles para describir las condiciones de oleaje en una zona dada. Otro estadístico del clima marítimo empleado con gran frecuencia es la distribución marginal de la altura significativa ( $H_s$ ) en forma de probabilidad acumulada o de no excedencia ( $P(H_s \leq h)$ ).

A continuación, se describirán las teorías y métodos utilizados en el presente trabajo para el

cálculo del régimen medio y extremal. Básicamente lo que se hará es trabajar con una serie de datos, que para el régimen medio será la frecuencia de aparición de alturas significantes del oleaje con su dirección de procedencia y para el régimen extremal las alturas máximas anuales, para en un primer paso calcular su probabilidad de no excedencia, seguidamente aplicarles una función de distribución y finalmente ajustar la función de distribución a la muestra de datos con algún método de ajuste.

### 3.1.- Probabilidad de no excedencia

Para el cálculo de la Probabilidad de No Excedencia existen diferentes métodos tanto para el Régimen Medio como para el Régimen Extremal.

#### 3.1.1.- Régimen Medio

Para el estudio del RÉGIMEN MEDIO se utilizará el método en función de la base de datos que se utilice para el cálculo.

##### Datos de Registros Discretos

Cuando el tipo de datos que se presenten lo hagan de forma discreta. Este es el caso de datos de boyas virtuales ó los puntos WANA. En el presente trabajo como se utiliza la base de datos de los puntos SIMAR se calculará la Probabilidad de No Excedencia a partir del n° de observaciones en cada intervalo, respecto al n° total de observaciones disponibles.

$$P(H \leq h) = \frac{n^{\circ} \text{ observaciones en } \zeta x? \text{ años que } H \leq h}{n^{\circ} \text{ total de observaciones en } \zeta x? \text{ años } (N)}$$

#### 3.1.2.- Régimen Extremal

Para el RÉGIMEN EXTREMAL se utilizará un método u otro en función de la Función de Distribución que se vaya a aplicar a la muestra de datos.

##### Método de Distribución de Frecuencias

Se utilizará cuando la función de distribución que se va a aplicar es la F.D.D. de Gumbell. Considera que si  $H_i$  es una variable aleatoria  $P(H_i)$  también lo será.

$$F(H_s) = \frac{1 - i}{N + 1}$$

Donde:

- $F(H_s)$  = Probabilidad de No Excedencia de un suceso dado ( $H_s$ )
- $N$  = n° total de datos
-

Método de los Momentos Estadísticos de la Muestra

Se utilizará cuando la función de distribución que se va a aplicar es la F.D.D. de Weibull.

$$F(Hs) = 1 - \frac{(i - 0.2 - 0.27)/\sqrt{C}}{(N + 0.20 + 0.23)/\sqrt{C}}$$

Donde:

- $F(Hs)$  = Probabilidad de No Excedencia de un suceso dado ( $Hs_i$ )
  - $i$  = n° de orden de cada dato
  - $N$  = n° total de datos
  - $C$  = Parámetro de Weibull

1.1.1. Funciones de distribución

No parece que exista una función de densidad de probabilidad capaz de describir adecuadamente el comportamiento estadístico de la altura de ola significativa en todas las condiciones y en cualquier lugar del océano, por ello existen algunas distribuciones teóricas que permiten describir de forma más ó menos adecuada el comportamiento probabilístico de dicho parámetro.

En el presente trabajo se utilizarán las distribuciones de Weibull para el régimen medio, y Weibull y Gumbel para el régimen extremal. Éstas se explican a continuación de forma resumida.

Función de Distribución de Weibull

$$F(Hs < h) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{Hs - A}{B} \right)^C \right]$$

$A, B$  y  $C > 0$ . Son parámetros a determinar en el ajuste que se utilice, en este caso se usará el ajuste por mínimos cuadrados.

- $B$  = Parámetro de escala: Controla la dispersión en el eje x
- $A$  = Parámetro de localización: Determina la cercanía de la función respecto del origen ( $A=0$  → centrada)
- $C$  = Parámetro de forma: Controla la forma de la función.

Es una distribución triparamétrica pero se suele hacer biparamétrica tomando  $A=0$ . Se va fijando el valor de  $C$  para obtener  $A$  y  $B$ . Se elige el caso en el que el ajuste sea mejor.

$$\text{Variable Reducida: } z = Lny = Ln(-Ln(1 - F(Hs)))$$

Y la ecuación de la recta queda:  $t = \frac{1}{c}z + \text{Ln}B$

Función de Distribución Exponencial

$$F(Hs < h) = 1 - \exp [(-Hs/A)]$$

Sólo hay un parámetro, A, el parámetro de escala.

Variable Reducida:  $y = -\text{Ln}(1 - F(Hs)) = 1 \frac{1}{A}h$

Y la ecuación de la recta queda:  $Hs = \frac{1}{B}y + A$

Función de Distribución de Gumbell

$$F(Hs < h) = \exp \left\{ \exp \left[ - \left( \frac{Hs - A}{B} \right) \right] \right\}$$

Variable Reducida:  $y = -\text{Ln}(-\text{Ln}(F(Hs)))$

Y la ecuación de la recta queda:  $Hs = By + A$

**3.2.- Métodos de ajuste**

Para la estimación de los parámetros existen varios métodos, tanto para el régimen medio como para el extremal. A continuación, se explican los métodos que se utilizarán en este estudio.

3.2.1.- Método Gráfico o del Papel Probabilístico

Para el estudio del RÉGIMEN MEDIO se utilizará el método gráfico o del Papel Probabilístico.

Primero se hará la representación de los valores observados frente a los valores predichos por la distribución, que dará una gráfica con una nube de puntos. En el segundo paso mediante el uso de variables reducidas se transformará cada Función de Distribución en una recta dibujada sobre el papel probabilístico. Para ello se hará una regresión lineal mediante el Método de los Mínimos Cuadrados.

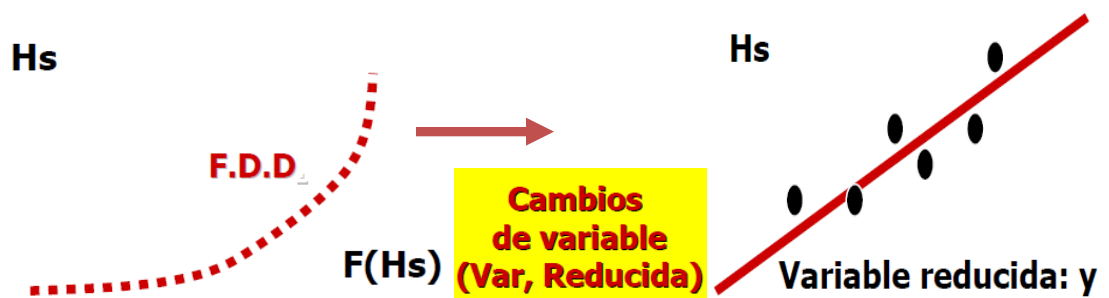


Imagen 3.1: Transformación del F.D.D. a una recta en papel probabilístico

### 3.2.2.- Método de los Máximos Anuales

Para el estudio del RÉGIMEN EXTREMAL se utilizará el Método de los Máximos Anuales.

Conociendo los valores máximos anuales de temporales de cómo mínimo 20 años de datos en aguas profundas se trata de calcular las probabilidades de NO excedencia ( $F(H_s)$ ). Después habrá que encontrar la función de distribución que mejor se ajuste a la muestra de datos y que permita extrapolar los eventos extremales a un  $n^\circ$  de años superior a la muestra.

Las funciones de distribución más usadas para este método son las funciones de Gumbell y Weibull.

Weibull ya fue descrita en el apartado anterior, solo que en este caso esta distribución utiliza sus 3 parámetros, no como en el régimen medio donde se tomaba  $A=0$ . Aquí el problema se resuelve dando valores al parámetro C que usualmente corresponden con  $C=0.75$ ,  $C=1.0$ ,  $C=1.4$  y  $C=2.0$ .

## 4.- **REGÍMENES DE OLEAJES ORDINARIOS EN AGUAS PROFUNDAS**

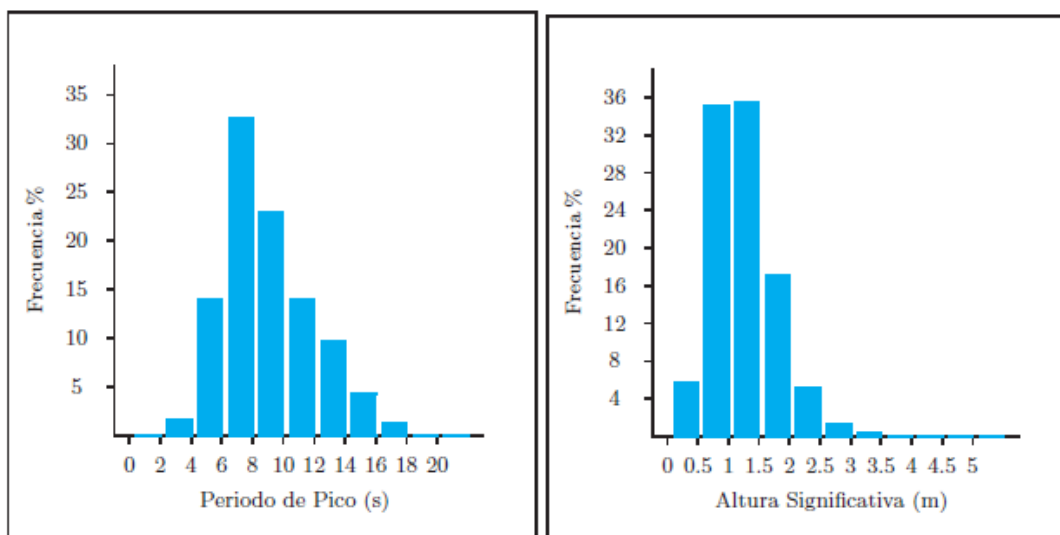
Para este trabajo, en el estudio de los regímenes ordinarios, se tendrán en cuenta los obtenidos directamente del punto SIMAR elegido mediante el análisis que realiza Puertos del Estado.

Puertos del Estado usa la Función de Distribución de Weibull para el análisis estadístico de los datos, proporcionando gráficos de probabilidad acumulada tanto de  $H_s$  como  $T_p$ , rosas de oleaje y tablas de distribución de frecuencias, así como gráficos de Probabilidad de NO Excedencia mediante la F.D.D. de Weibull, tanto en régimen escalar como direccional, sobre la totalidad de los años completos registrados como por estaciones climáticas.

La F.D.D. de Weibull que utiliza es tri-paramétrica, es decir, toma valores los 3 parámetros, A, B y C, dándoles además la siguiente terminación, A es su parámetro de escala, B su parámetro de localización y C su parámetro de forma.

### 4.1.- **Régimen medio de Puertos del Estado**

Se obtiene directamente de la web de puertos del estado. A continuación, se muestran algunos de los resultados del mismo. El análisis completo puede consultarse en el documento adjunto a este trabajo "Régimen Medio PE SIMAR 1016011".



**Imagen 4.1:** Histograma de frecuencias anuales de Altura Significativa (Hs) y Periodo de Pico en % Periodo 1958-2017 (Fuente: Puertos del Estado)

Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	-	0.061	0.578	0.842	1.553	1.605	0.844	0.269	0.040	0.012	-	5.804
1.0	-	0.615	4.415	6.355	6.004	9.948	7.143	3.673	0.764	0.050	0.005	38.970
1.5	-	0.038	3.567	7.498	5.485	4.988	5.912	3.684	1.252	0.111	0.005	32.540
2.0	-	-	1.143	3.168	3.270	2.626	2.305	1.553	0.766	0.097	0.012	14.940
2.5	-	-	0.123	0.955	1.490	1.155	0.592	0.606	0.248	0.019	-	5.186
3.0	-	-	-	0.297	0.526	0.396	0.170	0.139	0.071	0.002	-	1.601
3.5	-	-	-	0.156	0.153	0.198	0.052	0.066	0.007	0.002	-	0.634
4.0	-	-	-	0.024	0.106	0.078	0.002	0.012	0.012	-	-	0.233
4.5	-	-	-	0.002	0.050	0.024	-	-	-	-	-	0.075
5.0	-	-	-	-	0.005	0.005	-	-	-	-	-	0.009
> 5.0	-	-	-	-	0.002	0.005	-	-	-	-	-	0.007
Total	-	0.714	9.825	19.297	18.644	21.027	17.019	10.002	3.159	0.292	0.021	100 %

**Imagen 4.2:** Tabla de distribución de frecuencias de Altura Significativa (Hs) y Periodo de Pico (Tp) en %, Periodo 1958-2017 (Fuente: Puertos del Estado)

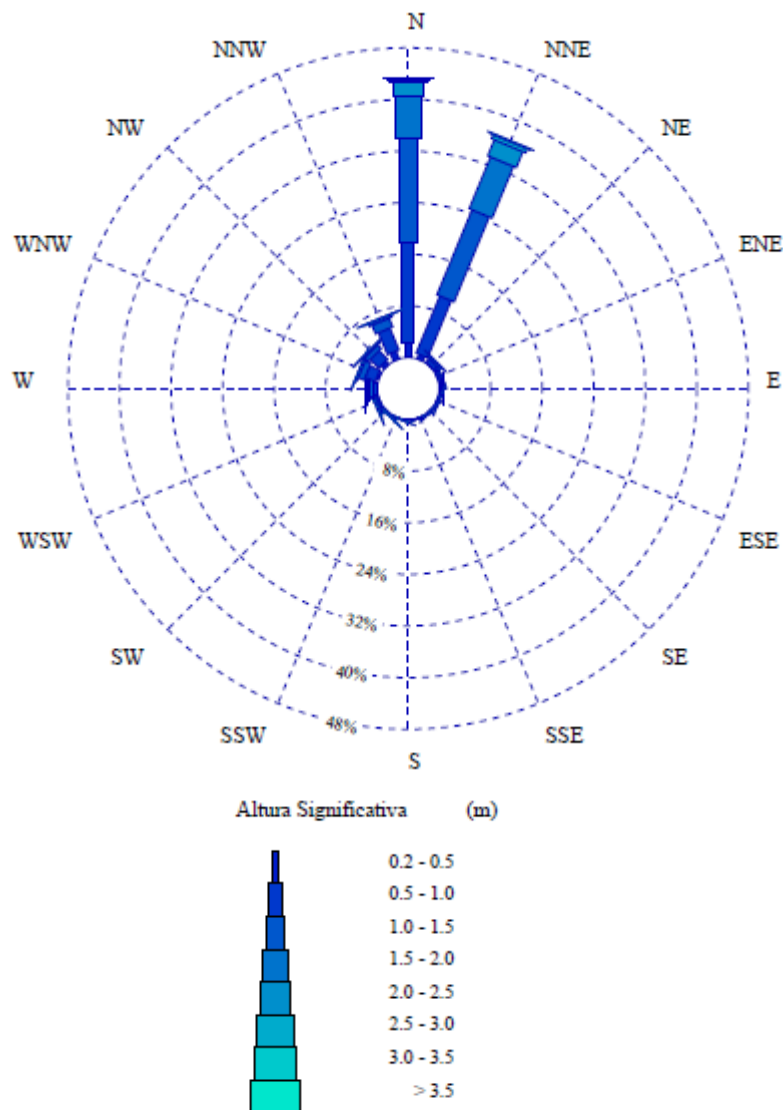
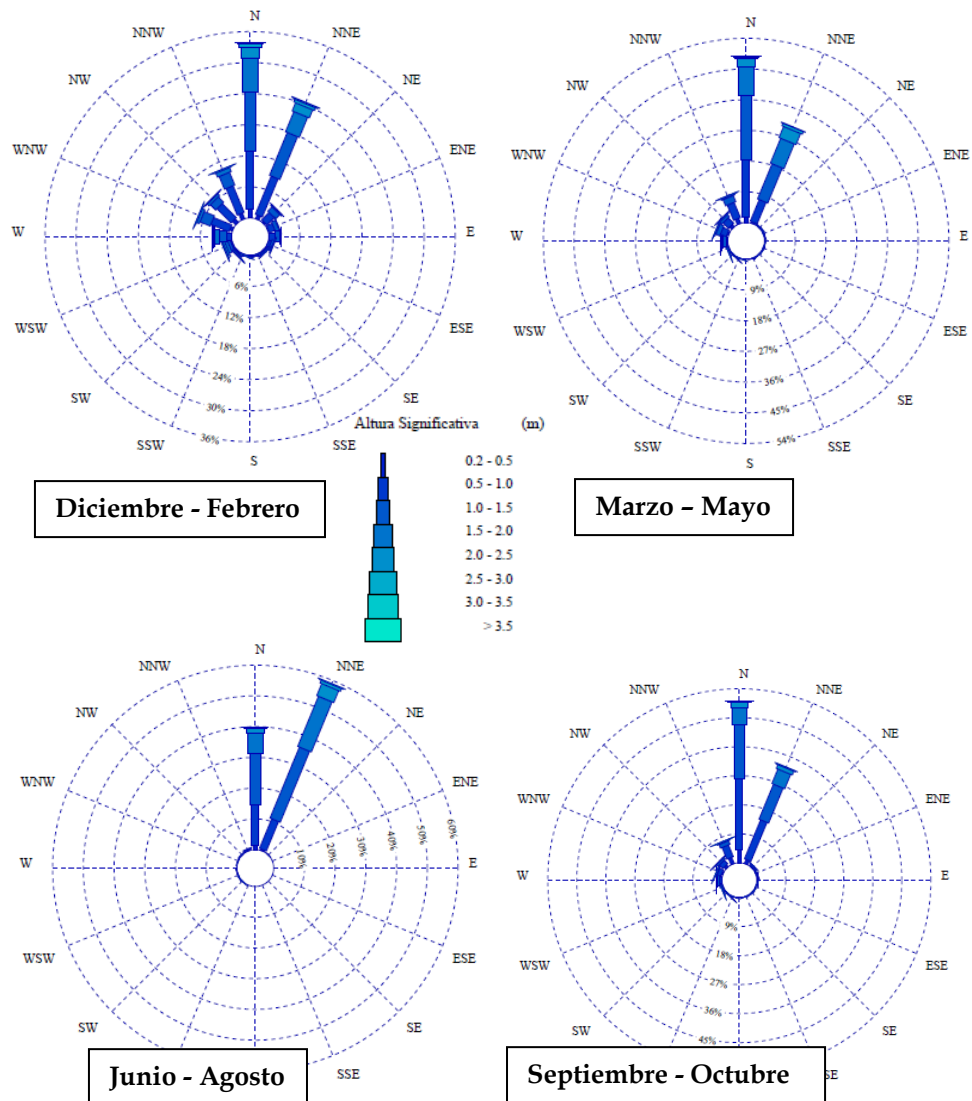
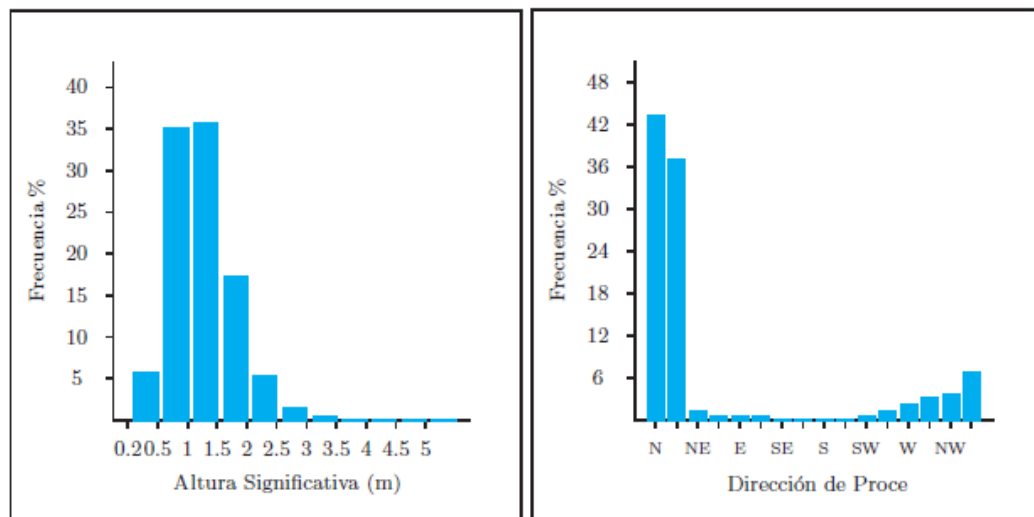


Imagen 4.3: Rosa Anual de Altura significativa, Período 1958-2017 (Fuente: Puertos del Estado)





**Imagen 4.4:** Rosas Estacionales de Altura significativa, Periodo 1958-2017 (Fuente: Puertos del Estado)

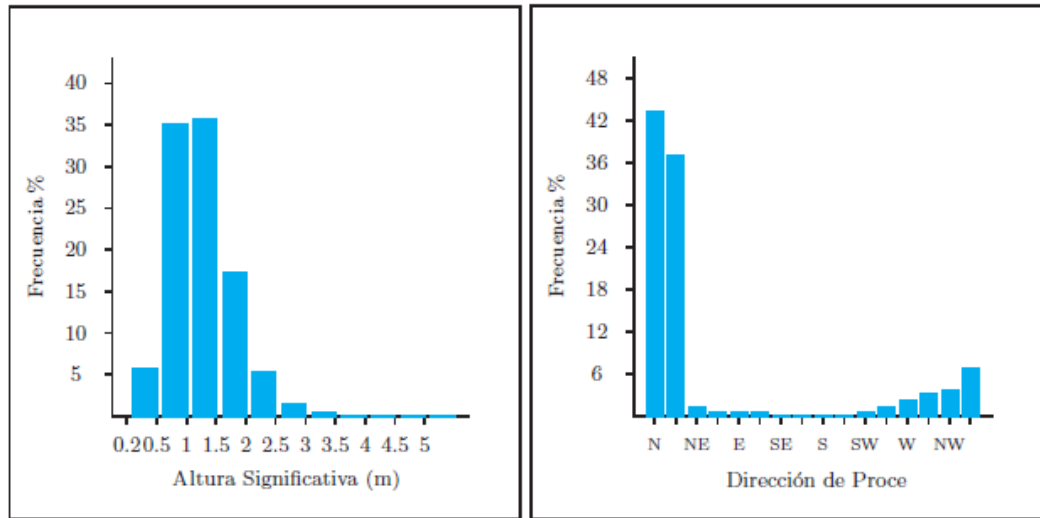


**Imagen 4.5:** Histograma de frecuencias anuales de Altura Significativa (Hs) y Direcciones de Procedencia en %.  
Periodo 1958-2018 (Fuente: Puertos del Estado)

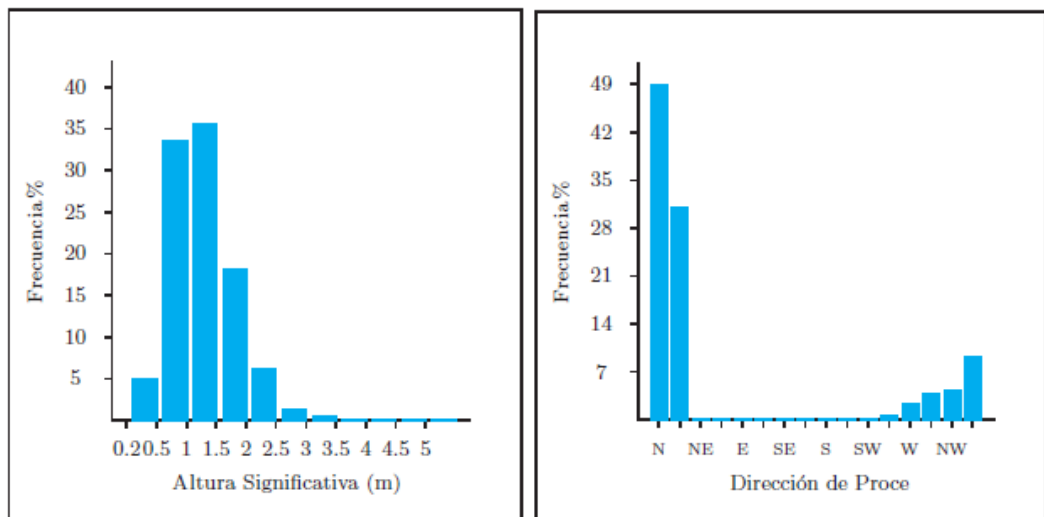
Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	.074												.074
N 0.0	2.241	15.709	15.995	6.698	1.918	.472	.108	.022	.002	-	-	-	43.165
NNE 22.5	.753	9.582	14.244	8.673	2.681	.648	.145	.024	.005	-	-	-	36.755
NE 45.0	.108	.666	.351	.072	.008	-	-	-	-	-	-	-	1.204
ENE 67.5	.059	.394	.223	.030	.003	-	-	-	-	-	-	-	.709
E 90.0	.040	.364	.209	.041	.005	-	-	-	-	-	-	-	.659
ESE 112.5	.010	.171	.132	.038	.008	-	-	-	-	-	-	-	.358
SE 135.0	.003	.056	.083	.025	.007	-	-	-	-	-	-	-	.174
SSE 157.5	.002	.034	.028	.011	.002	-	-	-	-	-	-	-	.077
S 180.0	.001	.020	.017	.003	.002	-	-	-	-	-	-	-	.044
SSW 202.5	.002	.022	.024	.012	.008	.001	-	-	-	-	-	-	.069
SW 225.0	.005	.026	.076	.079	.031	.019	.020	.015	.004	-	-	-	.275
WSW 247.5	.005	.130	.240	.213	.132	.049	.027	.010	.007	.003	.002	-	.817
W 270.0	.044	.530	.651	.413	.138	.030	.010	.003	.006	-	-	-	1.824
WNW 292.5	.367	1.693	.950	.233	.045	.016	.004	.002	.001	-	-	-	3.313
NW 315.0	.664	1.912	.737	.230	.044	.007	.002	-	.001	-	-	-	3.597
NNW 337.5	1.288	3.661	1.458	.382	.076	.012	.005	.003	.002	-	-	-	6.887
Total	.074	5.591	34.968	35.416	17.152	5.107	1.254	.324	.079	.029	.005	.002	100 %

**Imagen 4.6:** Distribución Conjunta Anual de altura significativa y direcciones de procedencia, Periodo 1958-2017.  
(Fuente: Puertos del Estado)

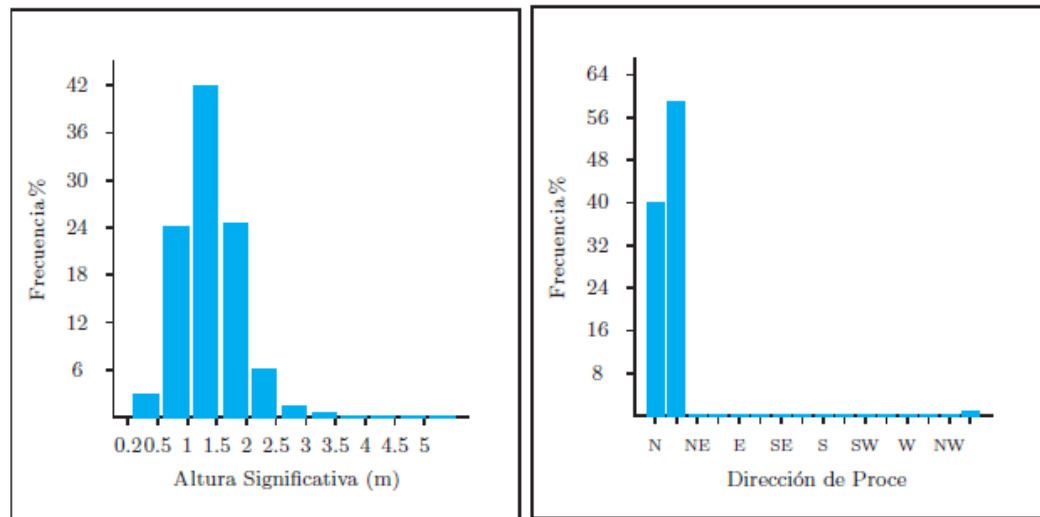


Diciembre - Febrero

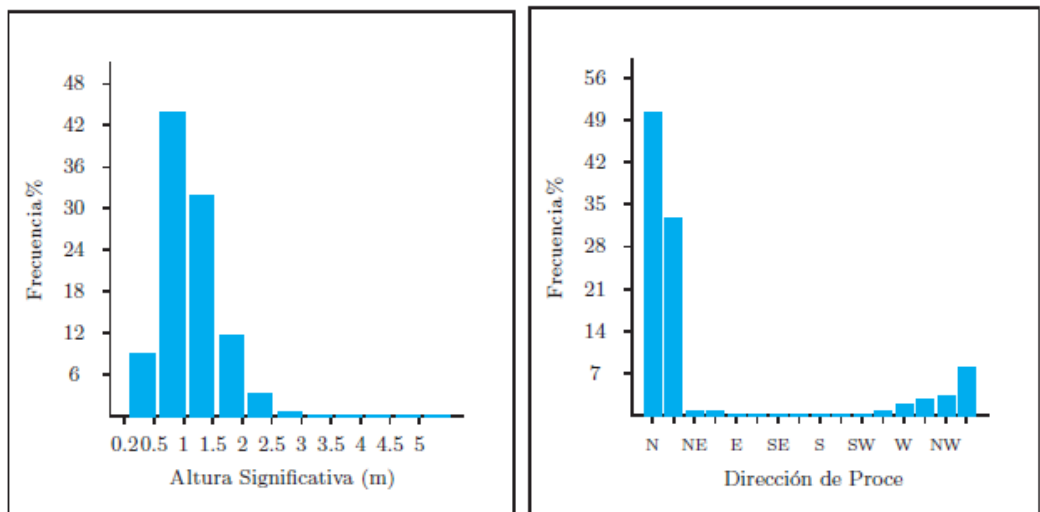


Marzo - Mayo

Imagen 4.7: Histograma de frecuencias Estacionales de Altura Significativa (Hs) y Direcciones de Procedencia en %. Periodo 1958-2017 (Fuente: Puertos del Estado)



Junio - Agosto



Septiembre - Noviembre

**Imagen 4.8:** Histograma de frecuencias Estacionales de Altura Significativa (Hs) y Direcciones de Procedencia en %. Periodo 1958-2017 (Fuente: Puertos del Estado)

REGIMEN MEDIO DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 1016011  
SERIE : Ene. 1958 - Ene. 2017  
PERIODO : Anual

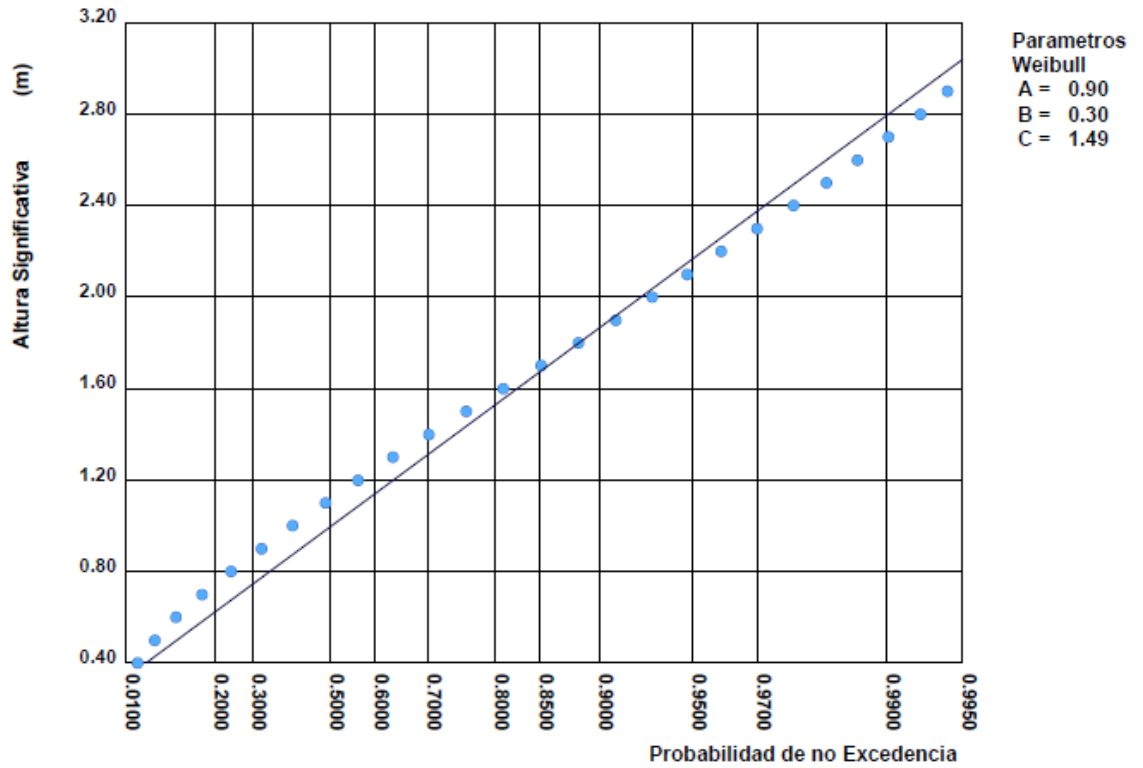
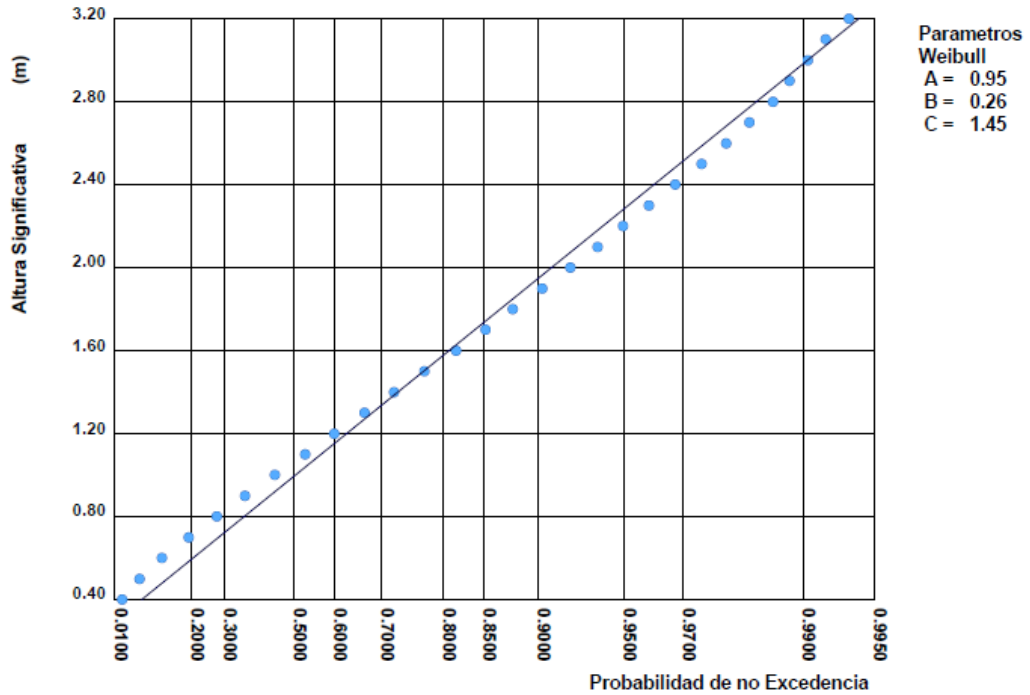


Imagen 4.9: Probabilidad Acumulada Anual de Altura significativa por F.D.D. de Weibull

(Fuente: Puertos del Estado)

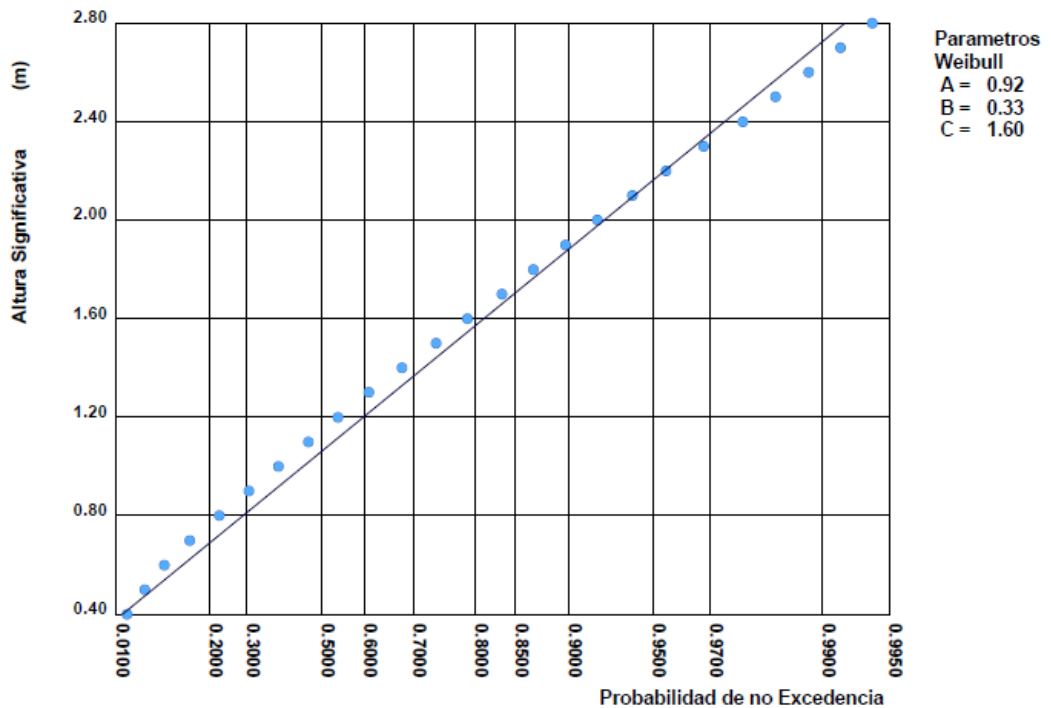
REGIMEN MEDIO DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 1016011  
SERIE : Ene. 1958 - Ene. 2017  
PERIODO : Dic. - Feb.

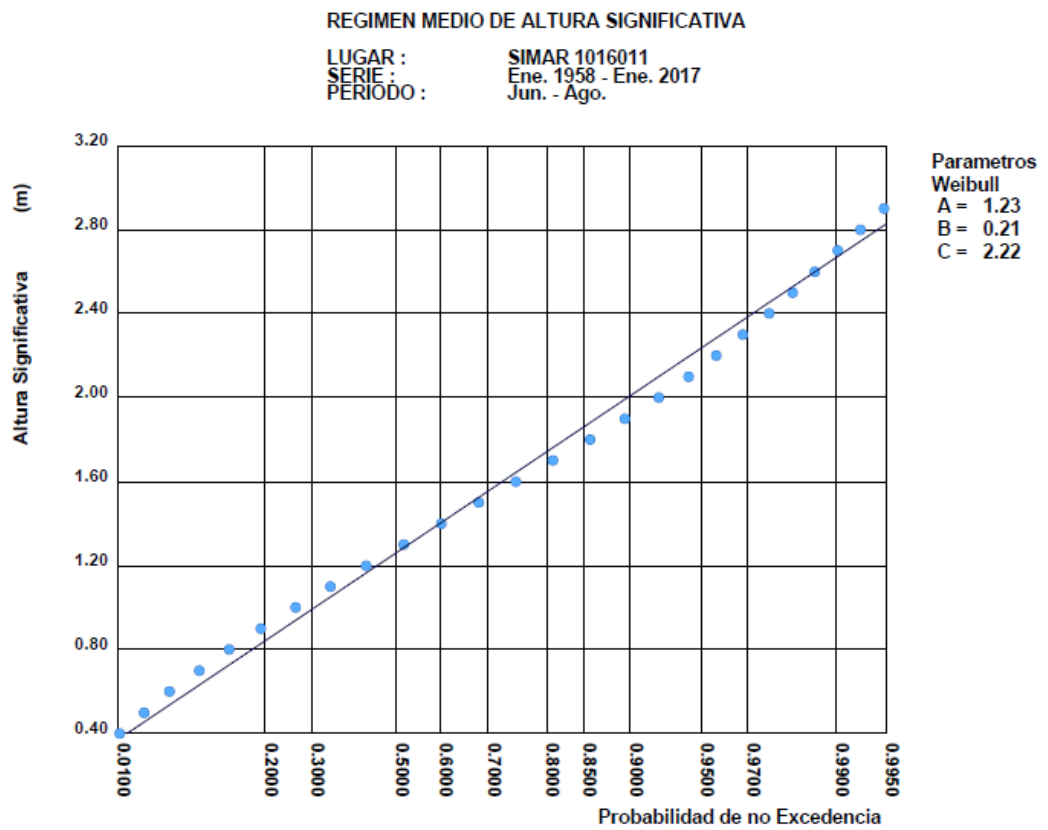


REGIMEN MEDIO DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 1016011  
SERIE : Ene. 1958 - Ene. 2017  
PERIODO : Mar. - May.



**Imagen 4.10:** Probabilidad Acumulada Estacional Direccional de Altura significativa por F.D.D. de Weibull  
(Fuente: Puertos del estado)



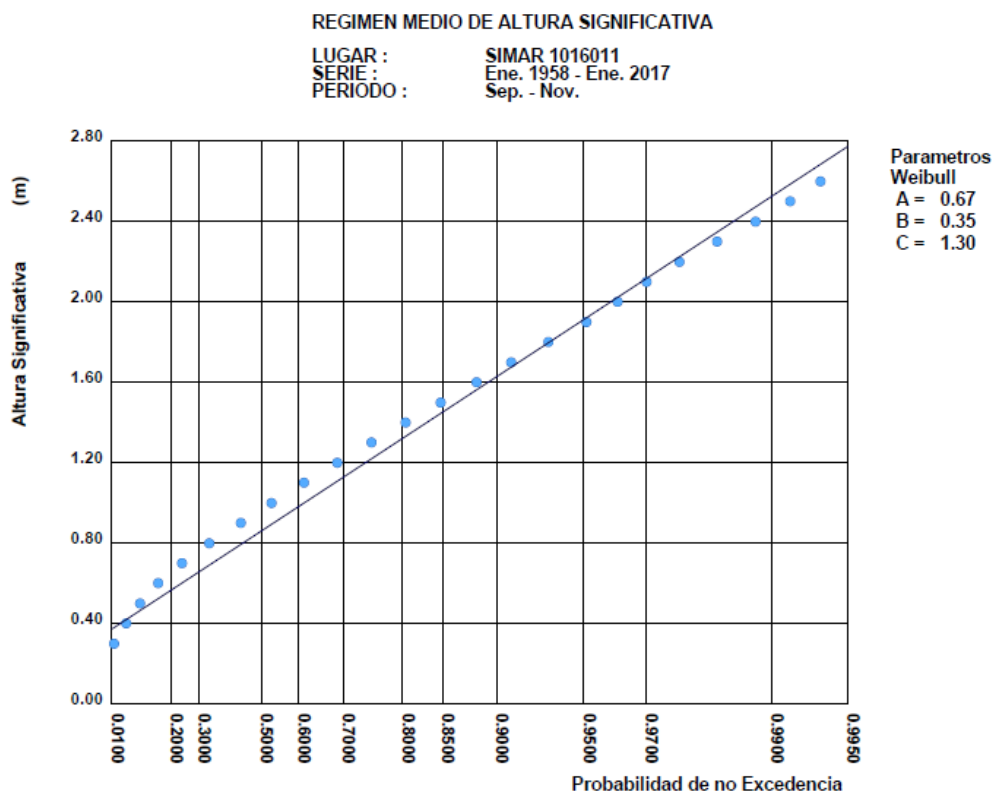


Imagen 4.11: Probabilidad Acumulada Estacional Direccional de Altura significativa por F.D.D. de Weibull  
(Fuente: Puertos del estado)

#### 4.2.- Conclusiones

Los resultados de Puertos del Estado proporcionan la siguiente información:

- Las "Distribuciones Conjuntas" muestran histogramas y tablas de contingencia para la Hs y Tp. Las tablas de contingencia permiten cruzar la información de forma sectorial.
- Las "Rosas de Oleaje" representan la altura y dirección del oleaje asociadas a su probabilidad de ocurrencia.
  - Los gráficos del "Régimen Medio mediante Weibull" informan de la Probabilidad de no Excedencia de las Hs.
  - Los gráficos de "Duración media y máxima de Excedencia" proporcionan información de duraciones máximas y mínimas en horas de las excedencias observadas por encima o debajo de un umbral.
- Las gráficas "N° medio de Superaciones" dan promedios anuales o estacionales de n° de casos de Hs mayores a unos valores establecidos con duración mayor a un n° de días dado.
- Las gráficas "Porcentaje de Superaciones" dan promedios anuales o estacionales en % de Hs



mayores a unos valores establecidos con duración mayor a un n° de días dado.

De la información de Puertos del Estado se puede concluir que la zona presenta un oleaje ordinario predominante que abarca el siguiente abanico de direcciones: NNE - N - WSW - W - NW, predominando por estaciones climáticas y de manera general las siguientes, ordenadas de mayor a menor frecuencia de aparición:

- Anual: N y NE
- Invierno: N y NE
- Primavera: N y NE
- Verano: N y NE
- Otoño: N y NE

Del periodo total de serie de datos analizada se observa que las alturas de ola más frecuentes se encuentran entre los 0,5 y 1,5m, y los periodos de pico predominantes son entre 6 y 8s, seguidos de entre 8 y 10s y en menor frecuencia  $\leq 6s$  y  $\geq 10s$ .

Del ajuste de Weibull se concluye que la Probabilidad de NO Excedencia de las Alturas de ola, en el periodo total de la serie de datos analizada, se encuentra entre 1% y 99.5% para Hs 0.4 y 3.2m respectivamente. Este análisis también se hace por estaciones climáticas siendo el siguiente:

- Invierno: 1% y 99.5% para Hs 0.4 y 3.2m respectivamente
- Primavera: 1% y 99.5% para Hs 0.4 y 2.8m respectivamente
- Verano: 1% y 99.5% para 0.4 y 3.2m respectivamente
- Otoño: 1% y 99.5% para Hs <0.4 y 2.8m respectivamente

## **5.- RÉGIMEN DE OLEAJE EXTREMAL EN AGUAS PROFUNDAS**

El estudio del régimen de oleaje extremal aguas profundas que puede afectar a la zona de estudio tendrá en cuenta los temporales registrados en el punto SIMAR 1016011 y para ello se hará una caracterización de dichos eventos extremos tanto a nivel escalar como direccional.

1.

### **5.1.- Régimen Extremal Escalar (REET)**

Para obtener el Régimen Extremal Escalar de Temporales (REET) en aguas profundas del sector de direcciones que afecta a la zona se hará una caracterización de los eventos extremos o temporales. Estos eventos extremos ó temporales se consideran cuando tienen una probabilidad reducida de

presentarse en la vida útil de una instalación u obra.

Este análisis se ha realizado por el método de los máximos anuales para el cálculo del régimen extremal teniendo en cuenta las distribuciones de Gumbell y de Weibull.

Tras el análisis de los resultados obtenidos se concluye que la **DISTRIBUCIÓN DE GUMBELL** es la que mejor se ajusta. La consulta de todos los cálculos se puede realizar en el *Apéndice 1: Cálculos de Clima Marítimo*.

A continuación, se muestra una tabla resumen con los valores obtenidos de las distribuciones elegidas para el estudio del régimen extremal escalar en aguas profundas y la gráfica donde se representa la muestra de datos con la FDD de Gumbell.

F.D.D.	EC. DE REGRESIÓN LINEAL	R	R <sup>2</sup>	S(Hs )	S(A)	S(B)
1 Gumbel	$H_s = 0.922009y + 3.403474$	0.98 6	0.97 2	0.188	0.02 7	0.02 1
C=2 Weibull	$H_s = 0.499766y + 0.990753$	0.98 2	0.96 4	0.338	0.04 8	0.03 6
C=1.4 Weibull	$H_s = 0.713869y + 0.773288$	0.95 4	0.91 1	1E- 08	1.4E -09	1.1E -09

**Tabla 5.1:** Resultados de las distribuciones de Gumbell y Weibull en el estudio del Régimen Extremal Escalar

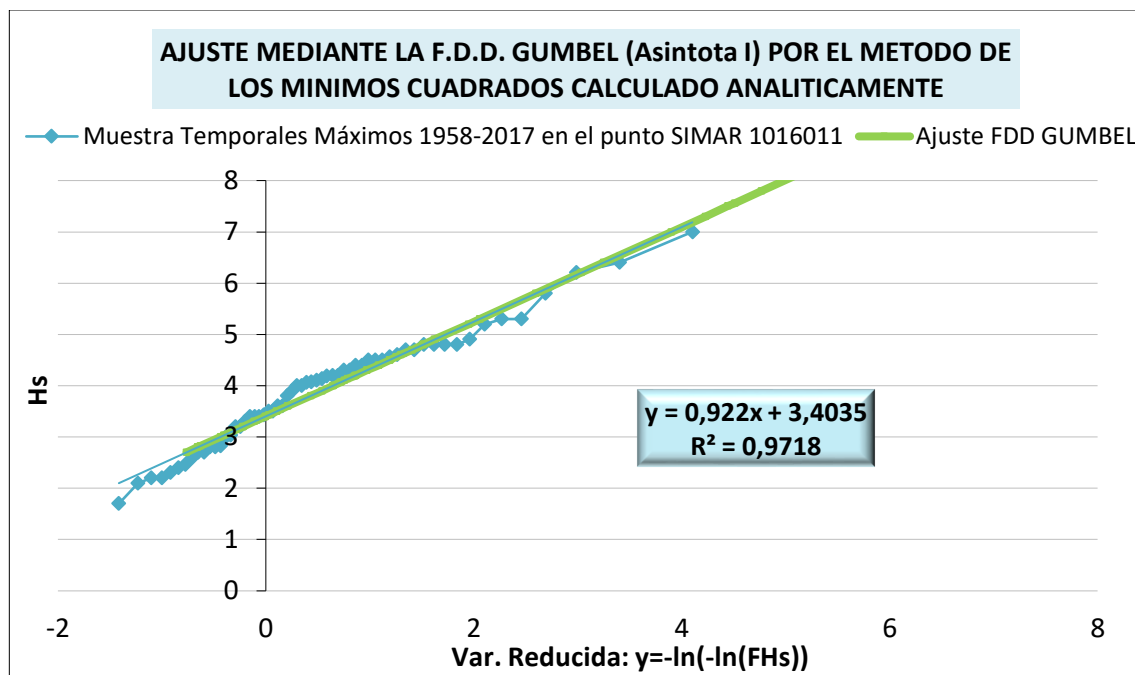


Imagen 5.1: Función de Distribución de Gumbel

2.

3.

3.1.

#### 5.1.1.- Riesgo de Presentación de la Hs Extremal Escalar

Para el análisis del riesgo de presentación de la Hs extremal escalar del sector en la vida útil de la obra se llevarán a cabo una serie de cálculos y consideraciones, que llevan desde la elección de la vida útil de la obra que se verá sometida a los temporales de oleaje, así como el periodo de retorno de los mismos.

##### Elección de la vida útil de la obra

El periodo de tiempo que transcurre durante la fase de servicio se denomina vida útil de proyecto o vida útil y, en general, corresponde al periodo de tiempo en el que la obra cumple la función principal para la cual ha sido concebida.

Para la elección de la vida útil se ha hecho un análisis teniendo en cuenta la recomendada por las ROM 02-90. Para ello se tendrá en cuenta las vidas útiles mínimas para obras o instalaciones de carácter definitivo que se reflejan en la tabla 2.2.1.1 de la ROM 02-90: *Acciones al proyectar Obra Marítima y Portuaria de Puertos del Estado*.

**TABLA 2.2.1.1. VIDAS ÚTILES MÍNIMAS PARA OBRAS O INSTALACIONES DE CARÁCTER DEFINITIVO (en años)**

TIPO DE OBRA O INSTALACIÓN	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL	25	50	100
DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO	15	25	50

**Imagen 5.2:** *Tabla de Vidas útiles Mínimas para Obras e Instalaciones de Carácter Definitivo (Fuente: ROM 02-90 de Puertos del Estado)*

En este método la elección de la vida útil se realizará ajustándose al tiempo en que se prevé en servicio la estructura. Para su valoración se tendrá en cuenta la posibilidad, facilidad y factibilidad económica de las reparaciones, la probabilidad y posibilidad de cambios en las circunstancias y condiciones de utilización previstas en el proyecto como consecuencia de variaciones en operaciones y la viabilidad de refuerzos y readaptaciones a nuevas necesidades de servicio.

- Las infraestructuras de carácter general son las relativas a obras de carácter general que no están ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto.
- Las infraestructuras de carácter industrial específico son las relativas a una instalación industrial concreta o ligada a la explotación de recursos o yacimientos de naturaleza transitoria.

El presente proyecto se encuentra dentro de la categoría infraestructura de carácter general, por lo que se tendrá en cuenta para la elección de la vida útil.

Los distintos niveles reflejados en la tabla son referidos al riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura de la instalación, siendo el nivel 1 referido a un riesgo bajo, el nivel 2 a un riesgo moderado y el nivel 3 a un riesgo elevado. El muro de un paseo marítimo se encontraría en un nivel 1, ya que en caso de rotura de la instalación el riesgo de pérdidas humanas es pequeño, así como los daños medioambientales.

Por lo expuesto en el apartado anterior para la obra de este presente informe se tomará una vida útil **L= 25 años**.

Acotación del riesgo de presentación de la Hs Extremal Escalar

Para la acotación del riesgo de presentación de la Hs extremal escalar del sector en aguas profundas en la vida útil de la obra se tendrá en cuenta de nuevo la ROM 02.90. Dicha ROM establece los Riesgos (R) ADMISIBLES de presentación de una Hs Extremal cuyo periodo de retorno es Tr, en la vida útil de la obra (L), según la tabla siguiente:

TABLA 3.2.3.1.2. RIESGOS MÁXIMOS ADMISIBLES PARA LA DETERMINACIÓN, A PARTIR DE DATOS ESTADÍSTICOS, DE VALORES CARACTERÍSTICOS DE CARGAS VARIABLES PARA FASE DE SERVICIO Y CONDICIONES EXTREMAS

a) RIESGO DE INICIACIÓN DE AVERÍAS

		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Índice: $\frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,50	0,30
	MEDIA	0,30	0,20
	ALTA	0,25	0,15

b) RIESGO DE DESTRUCCIÓN TOTAL

		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Índice r: $\frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,20	0,15
	MEDIA	0,15	0,10
	ALTA	0,10	0,05

Se adoptará como riesgo máximo admisible el de iniciación de averías o el de destrucción total según las características de deformabilidad y de posibilidad o facilidad de reparación de la estructura resistente.  
Para obras rígidas o de rotura frágil sin posibilidad de reparación se adoptará el riesgo de destrucción total.  
Para obras flexibles, semirrígidas o de rotura en general reparable (daños menores que un nivel prefijado función del tipo estructural) se adoptará el riesgo de iniciación de averías. En este tipo de obras podrá adoptarse también el riesgo de destrucción total, definiendo para cada tipo estructural el nivel de daños aceptado como de destrucción total. La acción resultante se considerará como accidental.

Imagen 5.3: Riesgos máximos admisibles según la ROM 0.2-90

Para el muro del paseo marítimo, objeto de este trabajo, se considera una obra flexible y fácilmente reparable, en caso de rotura o destrucción. La posibilidad de pérdidas humanas se considera reducida, y la repercusión económica en caso de inutilización de la obra se establece en el rango bajo, por lo que se acotará el riesgo entre el 30% y el 50%.

Elección del periodo de retorno

El periodo de retorno se define según la siguiente fórmula:

$$Tr = \frac{1}{(1 - (1 - R)^{(1/L)})}$$

Donde:

- $L$  = Vida útil
- $R$  = Riesgo

La vida útil se ha fijado en  $L = 25$  años. El riesgo se ha establecido entre  $R = 20\%$  y  $R = 50\%$ .  
Teniendo en cuenta estos datos los  $Tr$  que se obtienen son los siguientes:

- $L = 25$  años y  $R = 30\% \rightarrow Tr = 70.6$  años
- $L = 25$  años y  $R = 50\% \rightarrow Tr = 36.6$  años

Se elige un  $Tr = 71$  años.

Como se ha elegido un  $Tr$  de 71 años se calcula su riesgo  $R$ :

$$R = 1 - \left[ 1 - \left( \frac{1}{Tr} \right) \right]^L$$

$L = 25$  años  $\rightarrow R = 30\%$ . Entra dentro del rango de riesgo elegido.

#### 5.1.2.- Probabilidad de No Excedencia

Con los  $Tr$  obtenidos se calcula la Probabilidad de No Excedencia mediante la fórmula:

$$Tr = \frac{1}{1 - F(Hs)}$$

Con  $F(Hs)$  se obtiene el valor de la variable reducida para las dos funciones de distribución que hemos elegido, Gumbell y Weibull. Con estos datos y utilizando las gráficas del Régimen Extremal Escalar de Temporales (REET) mediante el ajuste de la F.D.D. y sus bandas de confianza del 90% se obtendrá la  $Hs$  asociada (altura de ola de cálculo para el dimensionamiento de una obra marítima) al  $Tr$ . Después de analizar los datos obtenidos se elige la  $Hs$  y su  $Tr$  obtenido de la gráfica del Régimen Extremal Escalar de Temporales mediante el ajuste de la F.D.D. de Gumbel. La consulta de todos los cálculos se puede realizar en el *Apéndice 1: Cálculos de Clima Marítimo*.

Periodo de Retorno $Tr$ (años)	Altura significativa $Hs$ (m)	
	Gumbell	Weibull
36.6	6.70	6.88
70.6	7.31	7.35
71	7.31	7.35

**Tabla 5.2:**  $Tr$  y  $Hs$  para las F.D.D. de Gumbell y Weibull

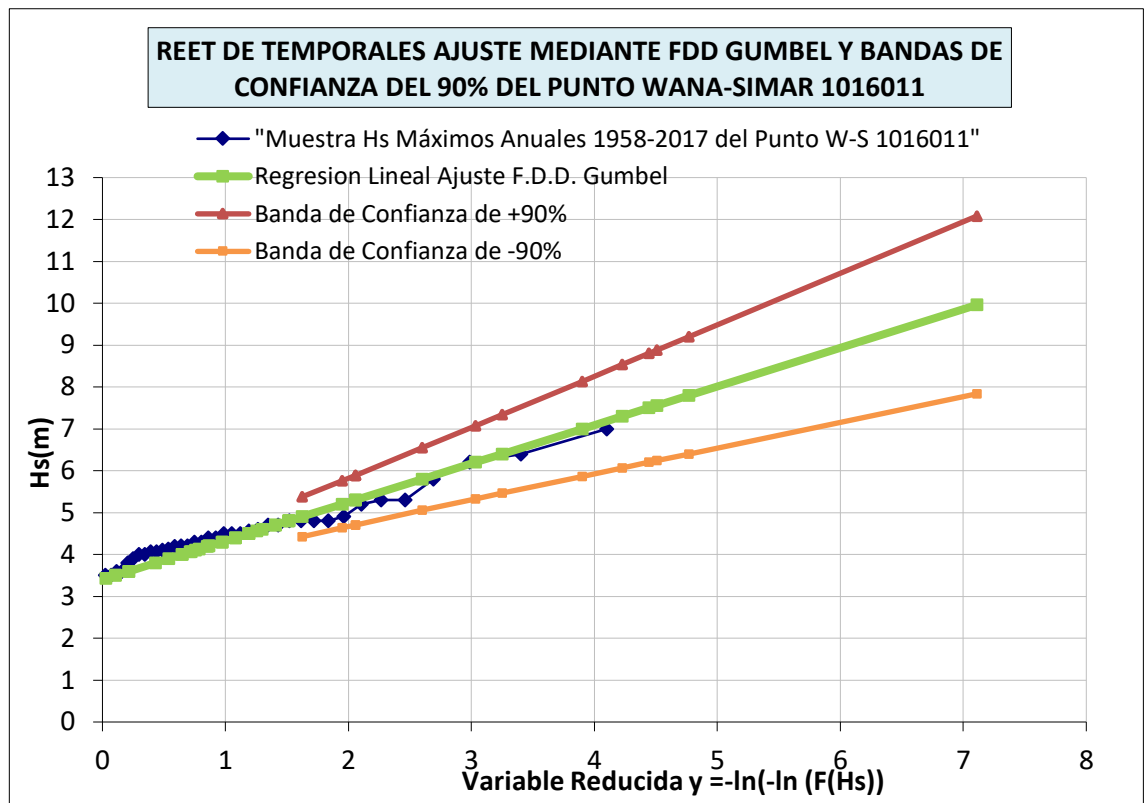


Imagen 5.4: Gráfica Hs y Variable Reducida "y" por ajuste de F.D.D. de Gumbell

### 5.1.3.- Intervalos de confianza

Los intervalos de confianza de las Hs de un F.D.D. del Régimen Extremal se calcularán en este trabajo en base a la ROM 02.90, en la que las bandas de confianza se establecen con el percentil +90%. La F.D.D. que se elige en este caso es la F.D.D. de Gumbell, teniendo en cuenta los resultados de Hs obtenidos en el apartado anterior.

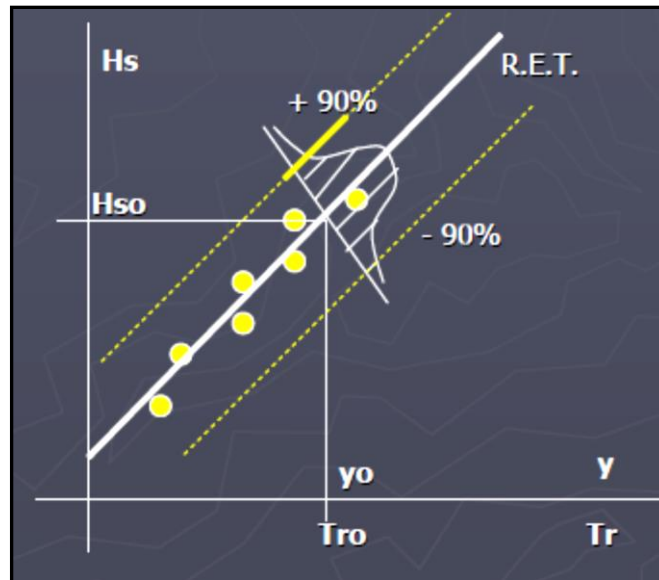


Imagen 5.5: Representación gráfica de los intervalos de confianza

Para la F.D.D. de Gumbell la  $H_s = 7.31\text{m}$  y el  $\Delta H_{s90\%} = \pm 1,65\sigma = 0.89\text{m}$ , un  $\pm 12.1\%$  de banda de confianza. Donde:

- $\Delta H_{s90\%}$  = Intervalo de confianza del  $\pm 90\%$
- $\sigma$  = Desviación típica

La consulta de todos los cálculos se puede realizar en el Apéndice 1: Cálculos de Clima Marítimo.

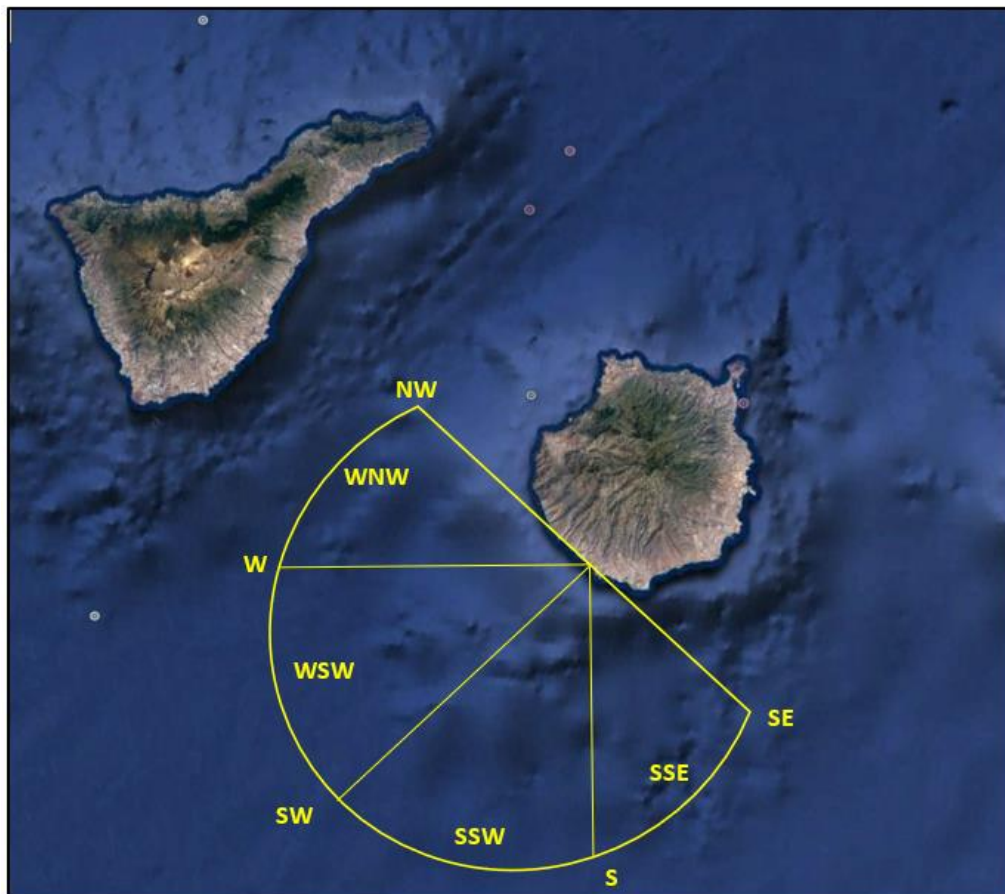
### 5.2.- Régimen Extremal Direccional

Para la obtención de las  $H_s$  extremales direccionales en aguas profundas, hay que tener en cuenta las direcciones del abanico que afectan a la obra que cumplan la siguiente condición:

*"Que tengan igual riesgo que la  $H_s$  escalas del sector, es decir, que tenga el mismo periodo de retorno y la misma probabilidad de presentación en la vida útil de la obra"*

La obra está afectada por los temporales que presentan las siguientes direcciones de oleaje:





**Imagen 5.6:** Direcciones del oleaje de temporal que afectan a la obra (Fuente: elaboración propia)

El método usado para su cálculo ha sido el "Método Relativo 2 (J.A. Afonso, 2010). Este consiste en elegir 10 puntos WANA-SIMAR alrededor del archipiélago en aguas profundas y totalmente expuestos a las 16 direcciones de la Rosa de los Vientos para analizar las Hs máximas mensuales durante 52 años de datos. De dicho análisis se obtiene para cada dirección 16 series de 52 valores de Hs máximas mensuales, las cuales se ordenan de mayor a menor y se obtienen las Hs correspondientes a los percentiles 85%, 90% y 95%. Al final se calculan unos coeficientes llamados "Coeficientes de Direccionalidad" con los cuales y a través de la siguiente fórmula se pueden obtener las Alturas Significantes Extremales Direccionales en aguas profundas.

$$Hsdir = Hsee * Cd$$

Para este trabajo la Hsee obtenida es 7.31m, con una Vida útil, L, de 25 años, y un riesgo, R, del 30%. Las Hsdir, Alturas significantes Extremales Direccionales, obtenidas por el método Relativo 2 de J.A. Afonso (2010), así como dichas alturas con sus bandas de confianza al  $\pm 90\%$ , para las direcciones que afectan a la obra son las que se muestran en la tabla 5.3.

Direcciones	Cd	Hsdir	$\pm 1.65 \sigma$	Hsdir $\pm 1.65 \sigma$
SE	0.564	4.12	0.31	4.43
SSE	0.464	3.40	0.25	3.65
S	0.467	3.41	0.25	3.66
SSW	0.728	5.32	0.49	5.81
SW	0.933	6.82	0.79	7.61
WSW	1.000	7.31	0.89	8.20
W	0.996	7.28	0.89	8.17
WNW	1.000	7.31	0.89	8.20
NW	1.000	7.31	0.89	8.20

**Tabla 5.3:** Alturas Significantes Extremales Direccionales (Hsdir) con la Banda de confianza del  $\pm 90\%$  obtenidas por el Método Relativo 2 de J.A. Afonso (2010) en Aguas Profundas

La consulta de todos los cálculos se puede realizar en el *Apéndice 1: Cálculos de Clima Marítimo*.

### 5.3.- Relación Hs/Tp en temporales

El objeto fundamental es calcular los periodos de pico Tp de cálculo con los que se presentan los temporales en aguas profundas, en cada una de las direcciones que afecta a la costa u obra estudiada. Estos datos son indispensables para poder hacer la propagación del oleaje desde aguas profundas hasta la costa y para el diseño y el cálculo de las obras marítimas.

Como base de cálculo se volverá a tomar la información proporcionada por el punto SIMAR 1016011, pero en este caso tomando las tablas con los datos de Hs máximas mensuales con sus Tp asociados, dirección y día y hora del temporal. Se tendrá en cuenta el mismo periodo de datos que para los regímenes medios y extremales, desde 1958 hasta 2017.

Analizando las frecuencias de aparición de las Hs y sus Tp (Véase *Apéndice 1: Cálculos de Clima Marítimo*) asociados para cada dirección de procedencia que afecta al punto elegido en este trabajo se han sacado las siguientes conclusiones.

Se ha decidido no tener en cuenta las direcciones WNW y NW porque, aunque la costa se encuentra afectada por ellas, la isla de Tenerife hace sombra, por lo que su incidencia no es tan significativa en términos de régimen extremal.

En cuanto a las direcciones SE, SSE y S, no se han incluido en la relación de Hs/Tp en temporales, ya que el punto SIMAR 1016011 no ha registrado ningún temporal procedente de las mismas

Por lo que las direcciones que se han obtenido, con sus alturas significativas extremales y sus periodos de pico asociados son las que se reflejan en la tabla 5.4.

		Hsdir	Observaciones
Direcciones que afectan a la obra	SSW	5,81	No se ha registrado temporales con alturas mayores a 5m en los 60 años de datos. Las Hs que se pueden considerar temporal superan los 3m, rondando los 13s de Tp. En general, los temporales superiores a los 5m suelen presentar Tp superiores a 13s. Se eligen <b>Tp 13 y 15s.</b>
	SW	7,61	Pocos temporales han superado los 5 m de Hs, todos con Tp cercanos a los 10s. En general, los temporales superiores a los 7m suelen presentar Tp superiores a 15s. Se eligen <b>Tp 10 y 15s.</b>
	WSW	8,20	Pocos temporales han superado los 5m en 60 años de datos, todos ellos con Tp que rondan los 12s. Se han registrado temporales de hasta 7 m con Tp de 15s. Se eligen los <b>Tp 12 y 15s</b>
	W	8,17	Pocos temporales han alcanzado los 5m en 60 años de datos, todos ellos con Tp que rondan los 10s. En general, los temporales superiores a los 7m suelen presentar Tp superiores a 15s. Se eligen los <b>Tp 10 y 15s.</b>

**Tabla 5.4:** *Tp asociados a las Hs direccionales extremales que afectan a la zona de estudio*

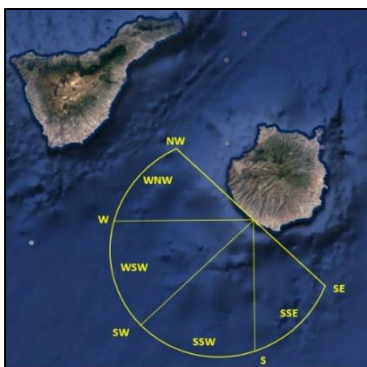
## 6.- RESULTADOS FINALES DEL ESTUDIO DE CLIMA MARÍTIMO

La zona elegida para este estudio de clima marítimo ha sido frente a las costas de Arguineguín, litoral perteneciente al T.M. de Mogán en la isla de Gran Canaria, para la proyección de un muro en el paseo marítimo entre Dorado Beach y Green Beach. Los datos del Punto SIMAR elegido 1016011 han servido de base para el cálculo y estudio objeto de este trabajo.

Las características de la obra marítima elegida son las siguientes:

- Vida útil: 25 años
- $T_r = 71$  años
- $R = 30\%$

Los resultados obtenidos se reflejan en la tabla y figura 6.1 que se presentan a continuación.



$\theta$	Hsed	Hsed + BC 90%	$T_p$
SSW	5.32	5.81	13 y 15s
SW	6.82	7.61	10 y 15s
WSW	7.31	8.20	12 y 15s
W	7.28	8.17	10 y 15s

Tabla y Figura 6.1:  $T_p$  asociados a las Hs direccionales extremales que afectan a la zona de estudio

- $\theta$  = Direcciones que afectan a la obra
- **Hsed** = Hs extremales direccionales Aguas profundas (MR2<sup>1</sup>)
- **Hsed + BC 90%** = Hs extremales direccionales Aguas profundas más Banda de confianza del 90%
- **$T_p$**  =  $T_p$  asociados en "temporal" a cada Hs

<sup>1</sup> MR2: Método Relativo 2 de J.A. Afonso (2010)

## 7.- CONCLUSIONES

Los resultados del **Régimen Medio**, teniendo en cuenta el de Puertos del Estado indica que el abanico de direcciones de procedencia del oleaje ordinario es el siguiente: NNE - N - WSW - W - NW, predominando por estaciones climáticas y de manera general las direcciones del **NE y N**. Las **alturas de ola** predominantes se encuentran entre los **0,5 y 1,5m** con **periodos de pico** que rondan entre los **6 y 10s**, variando estos valores en función de la estación climática. Las probabilidades de NO Excedencia para la F.D.D. utilizada por Puertos del Estado indica que el rango de la altura de ola se encuentra entre 0.4 y 3.2m.

Los resultados obtenidos del **Régimen Extremal** indican que la zona de estudio se encuentra influenciada por temporales que abarcan el siguiente abanico de direcciones: **SSW - SW - WSW - W**.

La altura de ola de cálculo obtenida con la F.D.D. de Gumbel indica que la **Hs Extremal Escalar** es de 7.31m, que con la banda de confianza del 90% alcanza los **8.20m**. Para el abanico de direcciones comentado las **Hs Extremales Direccionales** varían desde los casi **6m**, procedentes del **SSW**, hasta los **8.20m** del **WSW** y sus periodos de pico asociados se encuentran entre los **10 y los 15s**.

Las Palmas de Gran Canaria a 30 de abril de 2019

La Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos.



Fdo.- Raquel García Ferrera

Colegiada nº 20.599

# APÉNDICE N° 1.

---

## CÁLCULOS DE CLIMA MARÍTIMO

## ÍNDICE

1.- RÉGIMEN EXTREMAL	1
1.1.- MUESTRA DE TEMPORALES	1
1.2.- RÉGIMEN ESCALAR	6
1.2.1.- F.D.D. Gumbel	9
1.2.2. F.D.D. Weibull C=2	10
1.2.2.- F.D.D. Weibull C=1.4	11
1.3.- PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	12
1.3.1.- F.D.D. Gumbel	12
1.3.2.- F.D.D. Weibull C=2	13
1.4.- INTERVALOS DE CONFIANZA	14
1.5.- RÉGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL	16
1.6.- RELACIÓN Hs/TP EN TEMPORALES	19

## 1.- RÉGIMEN EXTREMAL

### 1.1.- Muestra de temporales

RELACIÓN DE TEMPORALES MÁXIMOS ANUALES ENTRE 1958-2017 MEDIDOS EN EL PUNTO SIMAR 1016011 ORDENADO POR AÑOS CORRELATIVOS				
Año	Mes	Hs Max. (m)	Tp (s)	Dir (°)
1958	1-dic	4,1	8,4	259
1959	6-nov	4,6	9,4	266
1960	16-feb	7	14,9	250
1961	31-dic	5,3	9,8	220
1962	1-ene	5,8	10,2	220
1963	6-feb	4,7	10,4	243
1964	12-ene	5,3	11,6	254
1965	29-ene	4,5	9,7	254
1966	20-feb	3,6	18,4	315
1967	7-ene	2,2	12,6	309
1968	6-dic	5,2	8,8	309
1969	24-mar	4	15,4	276
1970	3-ene	6,4	12,3	249
1971	31-ene	2,46	12,05	5
1972	17-dic	3,4	7,9	266
1973	20-nov	2,7	11,1	248
1974	27-mar	4,3	9,4	272
1975	27-feb	2,3	7,8	263
1976	4-feb	4,8	18,1	290
1977	31-dic	3,9	13,8	285
1978	11-oct	2,7	6,9	295
1979	23-ene	6,2	12	241



1980	25-ene	4,9	10,3	244
1981	14-feb	4,3	8,6	285
1982	29-mar	4,2	9,2	259
1983	25-dic	3,4	14,8	277
1984	3-feb	4	10,2	238
1985	7-feb	3,5	18,1	270
1986	29-mar	3,03	9,01	13
1987	3-dic	4,5	9,2	274
1988	5-nov	3,2	8,2	256
1989	26-nov	4,8	10,2	248
1990	7-abr	3,5	7,9	284
1991	4-dic	4,4	9,3	232
1992	4-sep	2,82	8,7	13
1993	29-oct	4,8	9,4	230
1994	19-ene	4,13	10,75	13
1995	13-dic	3,8	9,2	239
1996	21-dic	4,5	9	286
1997	19-dic	3	18	329
1998	27-ene	4,2	10	270
1999	12-ene	3,43	12,99	2
2000	22-dic	3,4	8,4	268
2001	22-dic	2,4	6,9	232
2002	11-ene	3,3	13,5	207
2003	13-abr	1,7	18	286
2004	14-dic	2,1	6,5	230
2005	29-nov	4,4	9	256

2006	28-feb	3,6	14,4	284
2007	20-dic	2,2	13,6	262
2008	16-feb	2,6	9,1	245
2009	6-feb	2,8	15,4	305
2010	18-feb	4,8	9,5	262
2011	25-ene	2,8	7,1	256
2012	31-oct	3,2	8,2	246
2013	4-mar	4,7	9,4	246
2014	24-ene	4,56	9,99	15
2015	25-feb	4,19	11,4	17
2016	16-feb	4,07	9,43	14
2017	12-feb	4,06	8,26	256

**Tabla 1.1:** Relación de alturas máximas con periodos y direcciones asociadas registradas en el punto SIMAR 1016011 durante el periodo 1958-2017, ordenadas por años correlativos

DATOS DE LA MUESTRA DE TEMPORALES MÁXIMOS ANUALES DEL SIMAR 1016011, ENTRE 1958 Y 2017 ORDENADOS DE MAYOR A MENOR VALOR DE "Hs				
Año	Mes	Hs Max. (m)	Tp (s)	Dir (°)
1960	16-feb	7	14,9	250
1970	3-ene	6,4	12,3	249
1979	23-ene	6,2	12	241
1962	1-ene	5,8	10,2	220
1964	12-ene	5,3	11,6	254
1961	31-dic	5,3	9,8	220
1968	6-dic	5,2	8,8	309
1980	25-ene	4,9	10,3	244
2010	18-feb	4,8	9,5	262
1993	29-oct	4,8	9,4	230

1989	26-nov	4,8	10,2	248
1976	4-feb	4,8	18,1	290
2013	4-mar	4,7	9,4	246
1963	6-feb	4,7	10,4	243
1959	6-nov	4,6	9,4	266
2014	24-ene	4,56	9,99	15
1996	21-dic	4,5	9	286
1987	3-dic	4,5	9,2	274
1965	29-ene	4,5	9,7	254
2005	29-nov	4,4	9	256
1991	4-dic	4,4	9,3	232
1981	14-feb	4,3	8,6	285
1974	27-mar	4,3	9,4	272
1998	27-ene	4,2	10	270
1982	29-mar	4,2	9,2	259
2015	25-feb	4,19	11,4	17
1994	19-ene	4,13	10,75	13
1958	1-dic	4,1	8,4	259
2016	16-feb	4,07	9,43	14
2017	12-feb	4,06	8,26	256
1984	3-feb	4	10,2	238
1969	24-mar	4	15,4	276
1977	31-dic	3,9	13,8	285
1995	13-dic	3,8	9,2	239
2006	28-feb	3,6	14,4	284
1966	20-feb	3,6	18,4	315

1990	7-abr	3,5	7,9	284
1985	7-feb	3,5	18,1	270
1999	12-ene	3,43	12,99	2
2000	22-dic	3,4	8,4	268
1983	25-dic	3,4	14,8	277
1972	17-dic	3,4	7,9	266
2002	11-ene	3,3	13,5	207
2012	31-oct	3,2	8,2	246
1988	5-nov	3,2	8,2	256
1986	29-mar	3,03	9,01	13
1997	19-dic	3	18	329
1992	4-sep	2,82	8,7	13
2011	25-ene	2,8	7,1	256
2009	6-feb	2,8	15,4	305
1978	11-oct	2,7	6,9	295
1973	20-nov	2,7	11,1	248
2008	16-feb	2,6	9,1	245
1971	31-ene	2,46	12,05	5
2001	22-dic	2,4	6,9	232
1975	27-feb	2,3	7,8	263
2007	20-dic	2,2	13,6	262
1967	7-ene	2,2	12,6	309
2004	14-dic	2,1	6,5	230
2003	13-abr	1,7	18	286

**Tabla 1.2:** Relación de alturas máximas con periodos y direcciones asociadas registradas en el punto SIMAR 1016011 durante el periodo 1958-2017, ordenadas de mayor a menor

1.2.- Régimen Escalar

AÑO	Hs (m)	F(Hs) Gumbell	F(Hs) Weibull C=2	F(Hs) Weibull C=1.4
1960	7	0,983607	0,98991	0,99037
1970	6,4	0,967213	0,97334	0,97354
1979	6,2	0,950820	0,95678	0,95670
1962	5,8	0,934426	0,94021	0,93986
1964	5,3	0,918033	0,92364	0,92303
1961	5,3	0,901639	0,90708	0,90619
1968	5,2	0,885246	0,89051	0,88935
1980	4,9	0,868852	0,87394	0,87252
2010	4,8	0,852459	0,85738	0,85568
1993	4,8	0,836066	0,84081	0,83884
1989	4,8	0,819672	0,82424	0,82201
1976	4,8	0,803279	0,80768	0,80517
2013	4,7	0,786885	0,79111	0,78833
1963	4,7	0,770492	0,77454	0,77150
1959	4,6	0,754098	0,75798	0,75466
2014	4,56	0,737705	0,74141	0,73782
1996	4,5	0,721311	0,72484	0,72099
1987	4,5	0,704918	0,70828	0,70415
1965	4,5	0,688525	0,69171	0,68731
2005	4,4	0,672131	0,67515	0,67048
1991	4,4	0,655738	0,65858	0,65364
1981	4,3	0,639344	0,64201	0,63680

1974	4,3	0,622951	0,62545	0,61997
1998	4,2	0,606557	0,60888	0,60313
1982	4,2	0,590164	0,59231	0,58629
2015	4,19	0,573770	0,57575	0,56946
1994	4,13	0,557377	0,55918	0,55262
1958	4,1	0,540984	0,54261	0,53578
2016	4,07	0,524590	0,52605	0,51895
2017	4,06	0,508197	0,50948	0,50211
1984	4	0,491803	0,49291	0,48527
1969	4	0,475410	0,47635	0,46844
1977	3,9	0,459016	0,45978	0,45160
1995	3,8	0,442623	0,44321	0,43476
2006	3,6	0,426230	0,42665	0,41793
1966	3,6	0,409836	0,41008	0,40109
1990	3,5	0,393443	0,39351	0,38425
1985	3,5	0,377049	0,37695	0,36742
1999	3,43	0,360656	0,36038	0,35058
2000	3,4	0,344262	0,34381	0,33374
1983	3,4	0,327869	0,32725	0,31691
1972	3,4	0,311475	0,31068	0,30007
2002	3,3	0,295082	0,29411	0,28324
2012	3,2	0,278689	0,27755	0,26640
1988	3,2	0,262295	0,26098	0,24956
1986	3,03	0,245902	0,24442	0,23273
1997	3	0,229508	0,22785	0,21589

1992	2,82	0,213115	0,21128	0,19905
2011	2,8	0,196721	0,19472	0,18222
2009	2,8	0,180328	0,17815	0,16538
1978	2,7	0,1639344	0,16158	0,14854
1973	2,7	0,147541	0,14502	0,13171
2008	2,6	0,131148	0,12845	0,11487
1971	2,46	0,114754	0,11188	0,09803
2001	2,4	0,098361	0,09532	0,08120
1975	2,3	0,081967	0,07875	0,06436
2007	2,2	0,065574	0,06218	0,04752
1967	2,2	0,049180	0,04562	0,03069
2004	2,1	0,032787	0,02905	0,01385
2003	1,7	0,016393	0,01248	-0,00299
		30,000	30,07180	29,62455

Tabla 1.3: Datos de la Muestra y Probabilidad de No excedencia para Gumbell y Weibull (C=2 y C=1.4)

1.2.1.- F.D.D. Gumbel

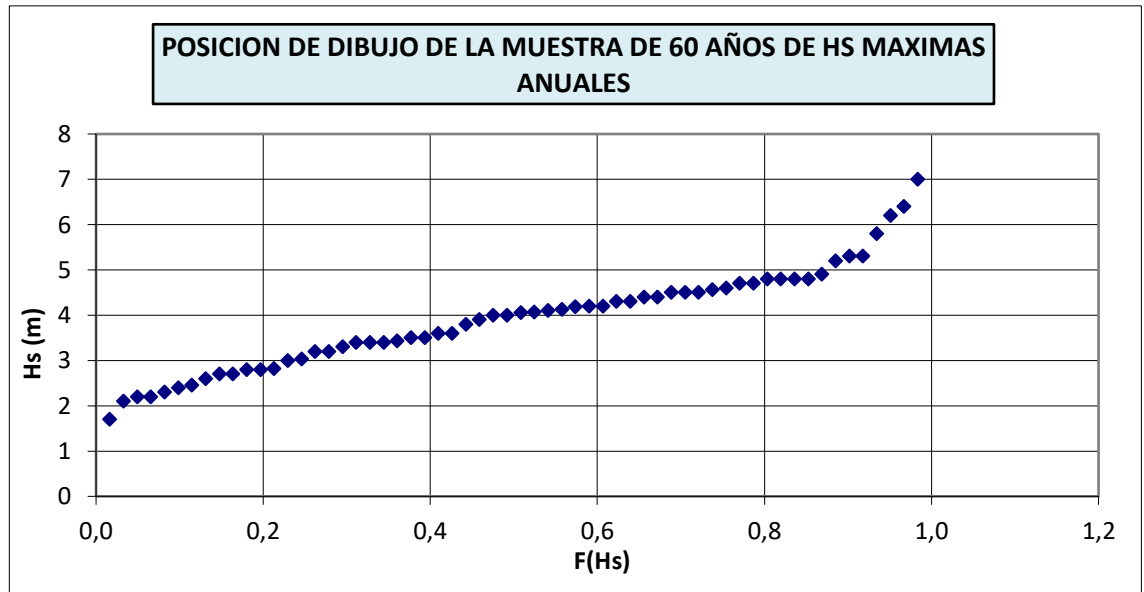


Imagen 1.1: Representación gráfica de la Probabilidad de No excedencia para Gumbell

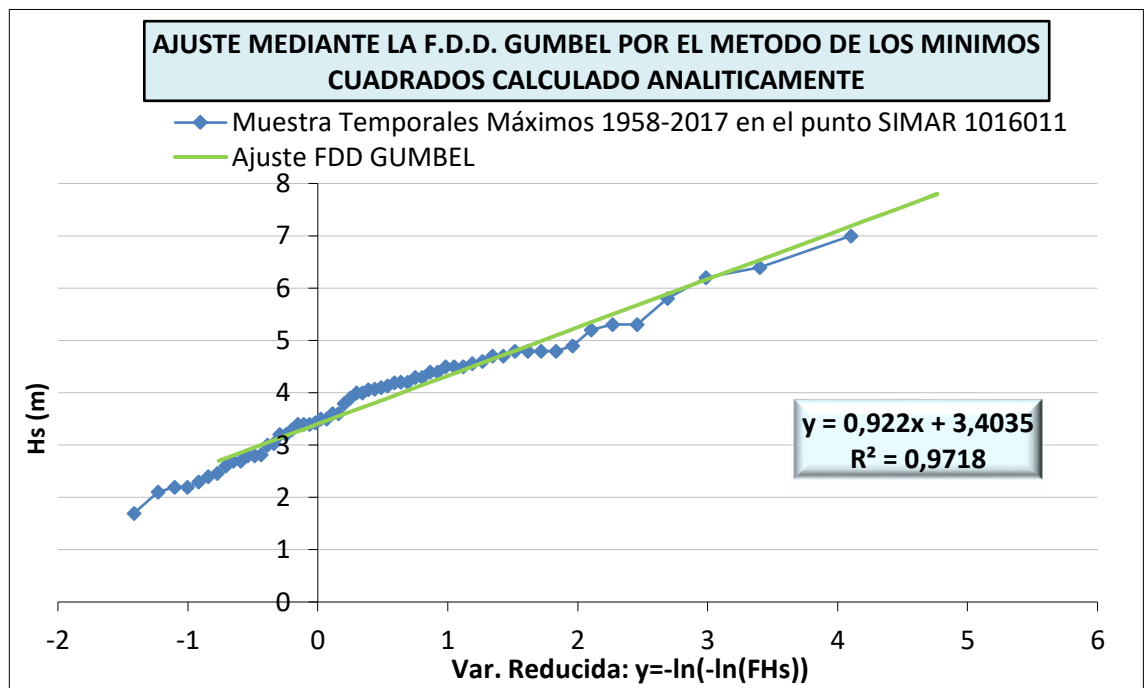


Imagen 1.2: Función de Distribución de Gumbel



1.1.1.F.D.D. Weibull C=2

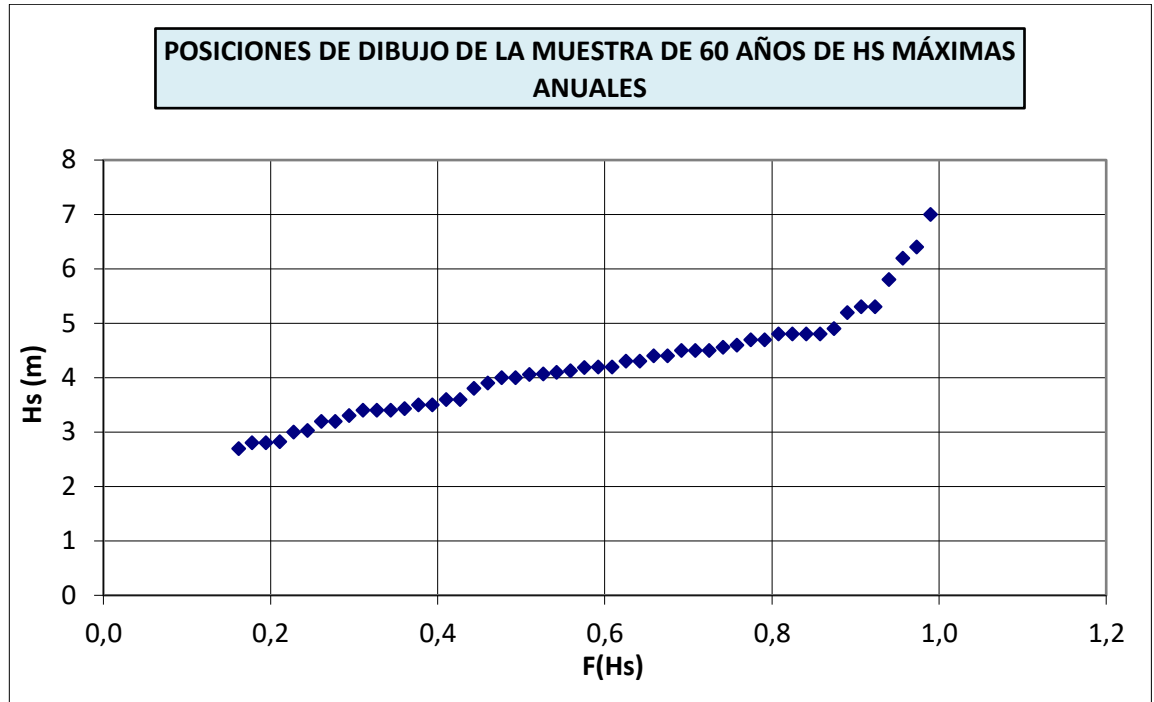


Imagen 1.3: Representación gráfica de la Probabilidad de No excedencia para Weibull C=2

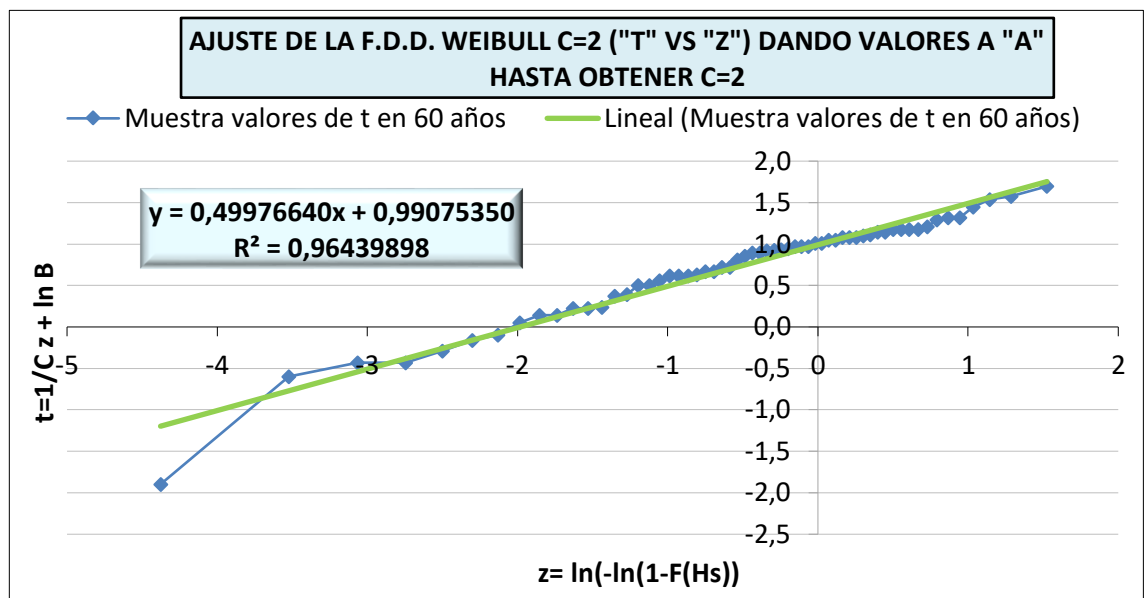


Imagen 1.4: Función de Distribución de Weibull con C=2

1.2.2.- F.D.D. Weibull C=1.4

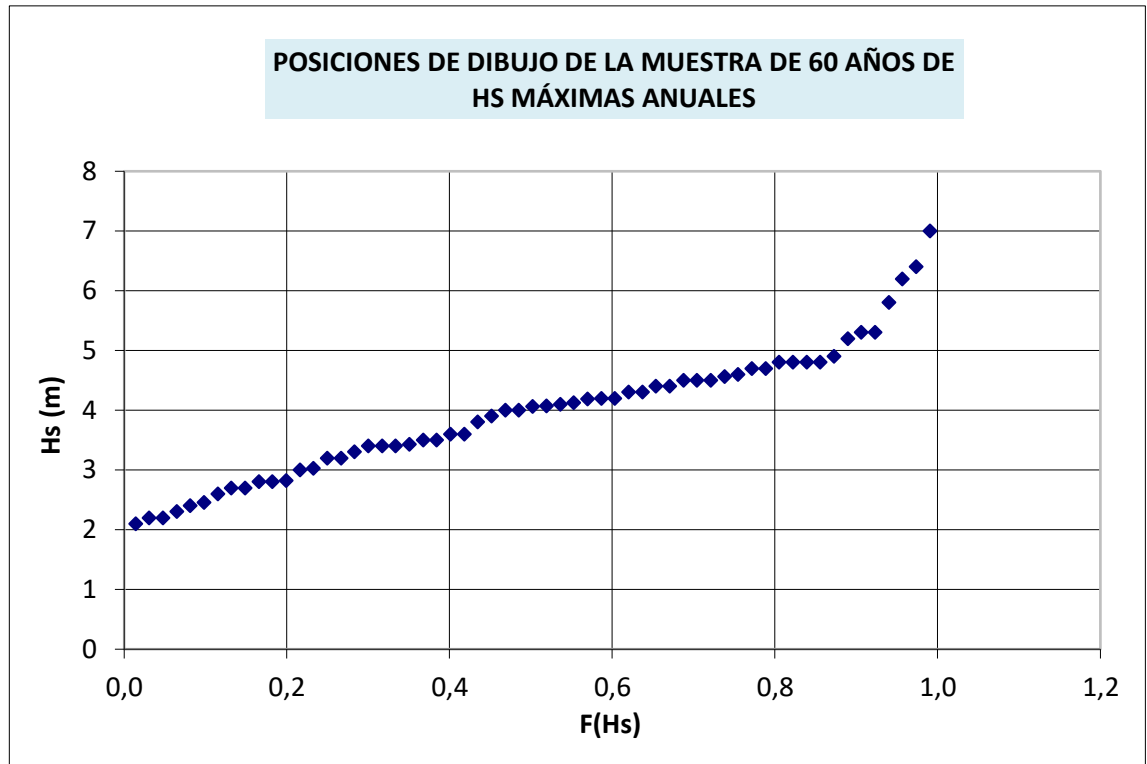


Imagen 1.5: Representación gráfica de la Probabilidad de No excedencia para Weibull C=1.4

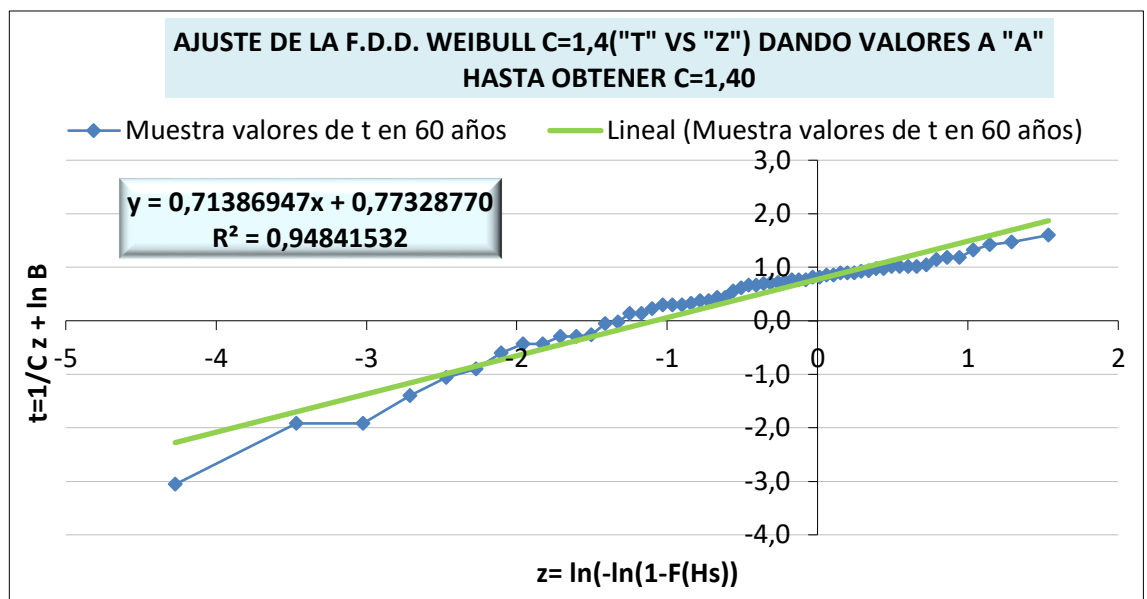


Imagen 1.6: Función de Distribución de Weibull con C=1.4

### 1.3.- Probabilidad de No Excedencia

#### 1.3.1.- F.D.D. Gumbel

El valor de  $F(Hs)$  teniendo en cuenta  $Tr$  se calcula mediante:

$$Tr = \frac{1}{1 - F(Hs)}$$

El valor de la variable reducida “ $y$ ”, para los  $Tr$  calculados, es:

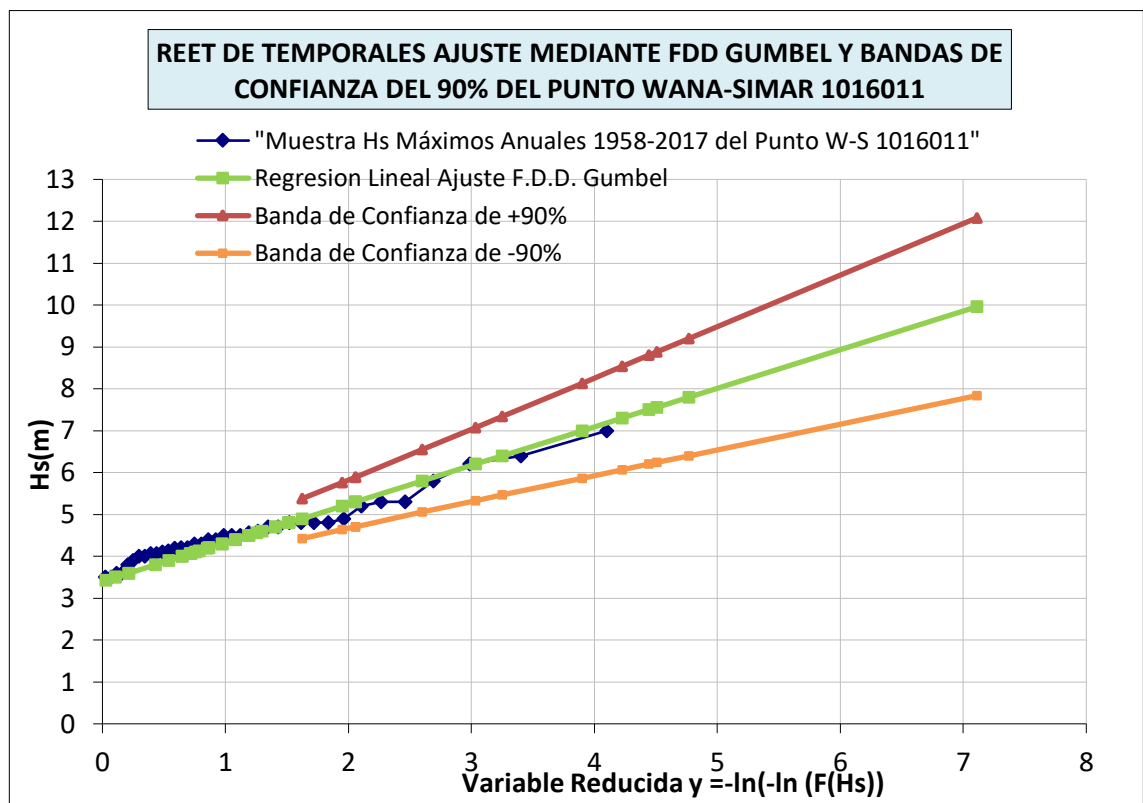
$$y = -Ln(-Ln(F(Hs)))$$

- $Tr = 36.6$  años  $\rightarrow F(Hs) = 0.97268 \rightarrow y = 3.5862$
- $Tr = 70.6$  años  $\rightarrow F(Hs) = 0.98583 \rightarrow y = 4.2495$
- $Tr = 71$  años  $\rightarrow F(Hs) = 0.98591 \rightarrow y = 4.2556$

Teniendo en cuenta la gráfica y los valores de A y B para Gumbel, la  $Hs$  para los  $Tr$  elegidos son los siguientes.

A=3.40, B=0.92

- $Tr = 36.6$  años  $\rightarrow y = 3.5862 \rightarrow Hs = 6.70m$
- $Tr = 70.6$  años  $\rightarrow y = 4.2495 \rightarrow Hs = 7.31m$
- $Tr = 71$  años  $\rightarrow y = 4.2556 \rightarrow Hs = 7.31m$



**Imagen 1.7:** Gráfica Hs y Variable Reducida "y" por ajuste de F.D.D. de Gumbell

1.3.2.- F.D.D. Weibull C=2

El valor de  $F(Hs)$  teniendo en cuenta  $Tr$  se calcula mediante:

$$Tr = \frac{1}{1 - F(Hs)}$$

El valor de la variable reducida "y", para los  $Tr$  calculados, es:

$$y = -Ln(1 - F(Hs))$$

- $Tr = 36.6$  años  $\rightarrow F(Hs) = 0.972677 \rightarrow y = 3.5862$
- $Tr = 70.6$  años  $\rightarrow F(Hs) = 0.98583 \rightarrow y = 4.2566$
- $Tr = 71$  años  $\rightarrow F(Hs) = 0.98591 \rightarrow y = 4.2623$

Teniendo en cuenta la gráfica y los valores de A y B para Weibull C=2, la Hs para los  $Tr$  elegidos son los siguientes.

A=1.55, B=2.81 y C=2

- $Tr = 36.6$  años  $\rightarrow y = 3.5862 \rightarrow Hs = 6.88m$
- $Tr = 70.6$  años  $\rightarrow y = 4.2566 \rightarrow Hs = 7.35m$
- $Tr = 71$  años  $\rightarrow y = 4.2623 \rightarrow Hs = 7.35m$

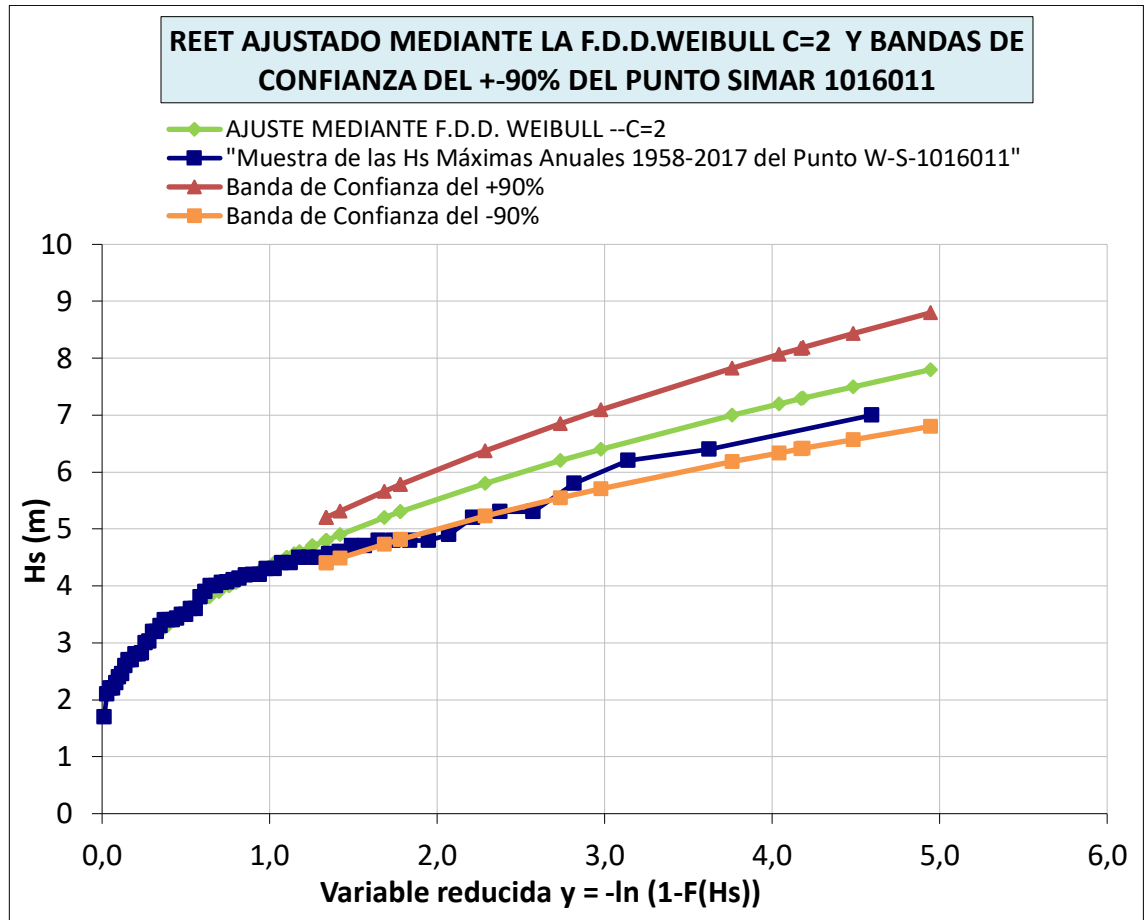


Imagen 1.8: Gráfica Hs y Variable Reducida "y" por ajuste de F.D.D. de Weibull C=2

#### 1.4.- Intervalos de confianza

Los intervalos de confianza se han calculado a partir del valor absoluto de la desviación típica del suceso extremo, según la siguiente fórmula:

$$\sigma_r = \sigma_{nor} \times \sigma_{Hs}$$

Donde:

- $\sigma_r$  = Desviación típica
- $\sigma_{nor}$  = Desviación típica normalizada
- $\sigma_{Hs}$  = Desviación típica de las Hs

La desviación típica de las Hs de la muestra de 60 años de temporales del punto SIMAR 1016011 usado para la costa de Mogán se calcula con la siguiente fórmula obteniendo el siguiente resultado,  $\sigma_{Hs} = 1.09$ :

$$\sigma_{Hs} = \sqrt{(Hsi - \mu)^2 / N}$$

Donde:

- $\sigma H_s$  = Desviación típica de las  $H_s$
- $H_{si}$  = Desviación típica normalizada
- $\mu$  = Media de las  $H_s$
- $N = n^\circ$  de  $H_s$  de la muestra
- $(H_{si} - \mu)^2$  = Sumatorio de todas los resultados de la resta para cada  $H_{si}$

La desviación típica normaliza de una  $H_s$  correspondiente a un  $Tr$  dado se ha calculado con la siguiente ecuación:

$$\sigma_{nor} = \sqrt{[1,0 + a(yr - c + \epsilon \ln v)^2]/N}$$

Donde:

- $\sigma_{nor}$  = Desviación típica normalizada
- $N = n^\circ$  de  $H_s$  de la muestra
- $a$ ,  $c$  y  $\epsilon$  = Coeficientes de las formulas empíricas para la desviación típica normalizada  $\sigma_{nor}$  (Goda 1988)
- $v = N/Nt$  ( $Nt$ = estimación del  $n^\circ$  total de eventos de la muestra)
- $yr$  = variable reducida correspondiente al periodo de retorno  $Tr$

Los valores de los coeficientes de las fórmulas empíricas para la desviación típica normalizada  $\sigma_{nor}$  por Goda (1988) para la F.D.D. de Gumbel son los siguientes:

FDD de Weibull	
Coeficientes	Valores
a1	2,24
a2	11,4
$\kappa$	1,34
c	0,5
$\epsilon$	0,54

**Tabla 1.4:** Valores de los coeficientes de las fórmulas empíricas para la desviación típica normalizada  $\sigma_{nor}$  por Goda (1988) para la F.D.D. de Gumbel

Se han calculado las fronteras de confianza en base a los percentiles del +90%, +85% y +80% y sus fronteras de intervalo de confianza para cada  $H_s$ .

$H_s$	$\sigma_{nor}$	$\sigma H_s$	$\sigma_r$	B.C. 90% $\pm 1,65 \sigma_r$	B.C. 85% $\pm 1,44 \sigma_r$	B.C. 80% $\pm 1,28 \sigma_r$
7.31m	0.49	1.09	0.54	0.89	0.78	0.69

**Tabla 1.5:** Fronteras de los Intervalos de Confianza para la  $H_s$  Extremal

Como se ha indicado al principio del apartado se tendrán en cuenta las calculadas para el percentil +90%. A continuación se muestran las gráficas donde se representan las bandas de confianza  $\pm 90\%$  y la frontera de intervalo de confianza para la Hs obtenida en el estudio del REET.

Para la F.D.D. de Gumbell la Hs = 7.31m y el  $\Delta Hs_{90\%} = \pm 1,65\sigma = 0.89m$ , un  $\pm 12.1\%$  de banda de confianza.

### 1.5.- Régimen Extremal Direccional

El método que se usará para el cálculo será el “Método Relativo 2 (J.A. Afonso, 2010)”. El método consiste en elegir 10 puntos WANA-SIMAR alrededor de todo el archipiélago en aguas profundas y totalmente expuestos a las 16 direcciones de la Rosa de los Vientos para analizar las Hs máximas mensuales de los 10 puntos durante 52 años, obteniendo para cada dirección 16 series de 52 valores de Hs máximas mensuales. Estas Hs de cada una de las 16 series direccionales se ordenaron de mayor a menor depurando los datos “atípicos” de cada serie y aplicándoles las regresiones lineales, obteniendo las Hs correspondientes a los percentiles 85%, 90% y 95%. En este método se han tenido en cuenta las siguientes hipótesis:

- Hipótesis 1: Se admite que la Hsee, Altura Significante Extremal Escalar, del abanico de direcciones que afectan a la obra se presenta en la dirección en la que hemos obtenido la Hs mayor de las 16 direcciones.
- Hipótesis 2: La relación entre  $Hs_{dir}/Hs_{ee} = cte = C_d$  independientemente del periodo de retorno elegido para la Hsee. Esta  $cte = C_d$  es el coeficiente de Direccionalidad.

El  $C_d$  para cada dirección obtenido por este método se muestra en la siguiente tabla:

Dirección	$C_d$	Dirección	$C_d$
N	0.802	S	0.345
NNE	0.758	SSW	0.538
NE	0.64	SW	0.69
ENE	0.527	WSW	0.739
E	0.417	W	0.736
ESE	0.401	WNW	0.823
SE	0.417	NW	1
SSE	0.343	NNW	0.945

**Tabla 1.6:** Coeficientes de direccionalidad obtenidos por el Método Relativo 2 de J.A. Afonso (2010)

Estos coeficientes de direccionalidad no son válidos para el presente estudio ya que el punto elegido no está afectado por la dirección NW. Por lo que habrá que recalcular estos Cd.

Del abanico de direcciones que afectan al punto de la costa elegido, la más desfavorable, es decir, la que tiene un mayor "Cd", es la dirección WSW. A los efectos de calcular las Hs extremas direccionales para el presente estudio, el "Cd" correspondiente a dicha dirección tomará el valor 1, modificando así todos los coeficientes de las demás direcciones de afección directa. Aquellas direcciones que tomen valores mayores de 1, en este nuevo cálculo, se igualará su Cd a 1.

El resultado final de los nuevos coeficientes y las Hs extremas direccionales en aguas profundas se listan a continuación:

Dirección	Cd	Nuevo Cd
SE	0.564	0.564
SSE	0.464	0.464
S	0.467	0.467
SSW	0.728	0.728
SW	0.933	0.933
WSW	1.000	1.000
W	0.996	0.996
WNW	1.114	1.000
NW	1.353	1.000

**Tabla 1.7:** Coeficientes de direccionalidad obtenidos para la costa de Mogán

La Hsdir se calculará con la siguiente fórmula:

$$Hsdir = Cd * Hsee$$

Para este trabajo la Hsee obtenida es 7.31m, con una Vida útil, L, de 25 años, y un riesgo, R, del 30%. Las Hsdir, Alturas significantes Extremas Direccionales, obtenidas por el método Relativo 2 de J.A. Afonso (2010) para las direcciones que afectan a la obra son las que se muestran en la tabla 2.7.

Direcciones	Cd	Hsdir
SE	0.564	4.12



<b>SSE</b>	0.464	3.40
<b>S</b>	0.467	3.41
<b>SSW</b>	0.728	5.32
<b>SW</b>	0.933	6.82
<b>WSW</b>	1.000	7.31
<b>W</b>	0.996	7.28
<b>WNW</b>	1.000	7.31
<b>NW</b>	1.000	7.31

**Tabla 1.8:** Alturas Significantes Extremales Direccionales (*Hsdir*) obtenidas por el Método Relativo 2 de J.A. Afonso (2010) en Aguas Profundas

Teniendo en cuenta la metodología para el cálculo de las bandas de confianza, y ya habiendo elegido la banda de confianza del  $\pm 90\%$ , se obtienen las siguientes Alturas Significantes Extremales Direccionales con la Banda de Confianza del  $\pm 90\%$ .

Direcciones	Cd	Hsdir	$\pm 1.65 \sigma$	Hsdir $\pm 1.65 \sigma$
<b>SE</b>	0.564	4.12	0.31	4.43
<b>SSE</b>	0.464	3.40	0.25	3.65
<b>S</b>	0.467	3.41	0.25	3.66
<b>SSW</b>	0.728	5.32	0.49	5.81
<b>SW</b>	0.933	6.82	0.79	7.61
<b>WSW</b>	1.000	7.31	0.89	8.20
<b>W</b>	0.996	7.28	0.89	8.17
<b>WNW</b>	1.000	7.31	0.89	8.20
<b>NW</b>	1.000	7.31	0.89	8.20

**Tabla 1.9:** Alturas Significantes Extremales Direccionales (*Hsdir*) con la Banda de confianza del  $\pm 90\%$  obtenidas por el Método Relativo 2 de J.A. Afonso (2010) en Aguas Profundas

### 1.6.- Relación Hs/Tp en temporales

Como base de cálculo se volverá a tomar la información proporcionada por el punto SIMAR 1016011, pero en este caso tomando las tablas con los datos de Hs máximas mensuales con sus Tp asociados, dirección y día y hora del temporal. Se tendrá en cuenta el mismo periodo de datos que para los regímenes medios y extremales, desde 1958 hasta 2017.

Los datos han sido procesados de manera que se han obtenido las Hs y los Tp agrupados por tramos, en los que se han hecho el recuento de los datos que son iguales y se ha calculado su % de aparición, en función de su dirección de procedencia.

Las direcciones que se han tenido en cuenta han sido las del SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW. Para las direcciones SE, SSE y S no se cuentan con datos como para poder hacer el estudio de Tp asociados a temporales.

Las frecuencias de aparición obtenidas para los tramos de Hs y Tp elegidos se muestran a continuación para cada dirección de procedencia del oleaje.

% APARICIÓN PARA LA DIRECCIÓN DEL SSW										
Hs (m)	Tp(s)									
	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17
2 - 3										
3 - 4						100,00				
4 - 5										
> 5										
										SUMA 100,00

**Tabla 1.10:** % de aparición de Hs/Tp para la Dirección del SSW, periodo de datos 1958-2017

% APARICIÓN PARA LA DIRECCIÓN DEL SW										
Hs (m)	Tp(s)									
	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16
2 - 3	33,33									
3 - 4										
4 - 5				33,33						
> 5				16,67	16,67					
										SUMA 100,00

**Tabla 1.11:** % de aparición de Hs/Tp para la Dirección del SW, periodo de datos 1958-2017

% APARICIÓN PARA LA DIRECCIÓN DEL W												
Hs (m)	Tp(s)											
	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	17 - 18	18 - 19	
2 - 3	8,33						8,33					
3 - 4	8,33	8,33						8,33			8,33	
4 - 5			8,33	8,33					8,33			
> 5												
											SUMA	100,00

Tabla 2.11: % de aparición de Hs/Tp para la Dirección del W, periodo de datos 1958-2017

% APARICIÓN PARA LA DIRECCIÓN DEL WSW												
Hs (m)	Tp(s)											
	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	17 - 18	18 - 19	
2 - 3	5,56		5,56		5,56							
3 - 4			5,56	5,56								
4 - 5		11,11	22,22	22,22								
5 - 6					5,56							
6 - 7						11,11						
> 5												
											SUMA	100,00

Tabla 2.12: % de aparición de Hs/Tp para la Dirección del WSW, periodo de datos 1958-2017

Las Palmas de Gran Canaria a 30 de abril de 2019

La Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos.



Fdo.- Raquel García Ferrera

Colegiada n° 20.599

**ANEJO N°2.**

**ESTUDIO DE ALTURA DE**

**OLA DE CÁLCULO**

## ÍNDICE

1.-	INTRODUCCIÓN	1
2.-	OBTENCIÓN DE LA HS A PIE DE OBRA	1
2.1.-	ANÁLISIS DE LA NO ROTURA	3
2.2.-	ANÁLISIS DE LA ROTURA	5
2.2.1.-	<i>Cálculos Intervalo de la Profundidad de Rotura</i>	8
2.3.-	ANÁLISIS DE OLA ROTA	11
2.3.1.-	<i>Cálculos Intervalo de Profundidad de Ola Rota</i>	11
3.-	RESULTADOS FINALES	13
4.-	FIGURAS DEL SHORE PROTECTION MANUAL (SPM)	14

## **1.- INTRODUCCIÓN**

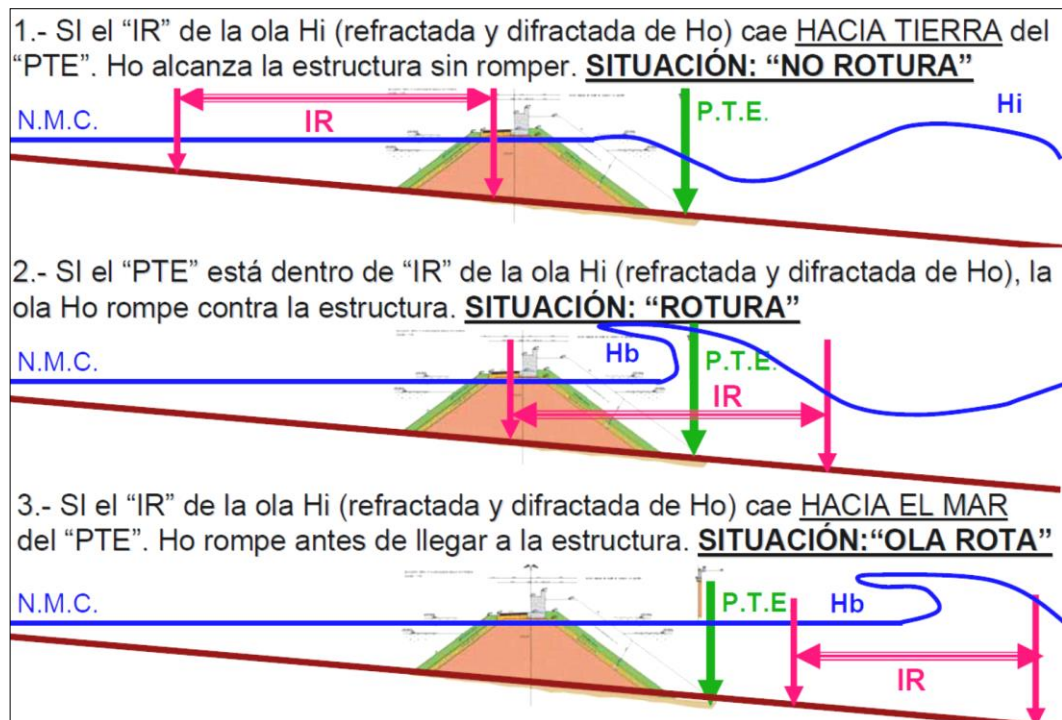
En el presente anejo se describirán los cálculos necesarios para conocer el comportamiento de la rotura del oleaje en la zona de estudio. Su análisis ayudará al dimensionamiento de la protección del muro que se quiere proyectar entre Dorado Beach y Green Beach, en Arguineguín.

Para ello se deberá conocer la altura de cálculo, con lo que es necesario conocer la propagación del oleaje desde aguas profundas hasta la profundidad de pie del muro. Estas propagaciones, normalmente, se obtienen con el uso de modelos numéricos como el SMC o el Mike21. En este caso se utilizará el SMC, en el cual se realizarán las propagaciones con los datos de oleaje obtenidos del clima marítimo, desde aguas profundas hasta costa.

Con esta herramienta se podrá analizar el comportamiento de rotura y no rotura del oleaje para la obtención de la altura de cálculo en la estructura, y de igual manera servirá para ver si dicha estructura, cuando sufra la rotura del oleaje, sobre todo por temporales de mar, pueda sufrir fallos y desperfectos en la obra.

## **2.- OBTENCIÓN DE LA HS A PIE DE OBRA**

Para poder dimensionar y calcular la estabilidad de las estructuras marítimas hay que conocer la altura de ola a pie de obra. Pero de igual manera se debe saber si esa ola llega rota, no rota o rompe contra la estructura. Por ello es necesario hacer este análisis. El pie del muro de la estructura puede encontrarse en 3 situaciones diferentes, como se puede observar en la figura 2.1.



**Imagen 2.1:** Situaciones en las que el pie de la estructura pueda encontrarse frente al intervalo de rotura (IR)

- NO ROTURA: La ola alcanza a la estructura sin romper. Es el caso de:
  - Estructuras situadas en aguas profundas respecto a la ola incidente
  - Estructuras situadas en aguas someras pero sometida a alturas de ola pequeñas
- ROTURA: La ola rompe directamente contra la estructura. Es el caso de estructuras situadas en zona de rompientes de cualquier oleaje o temporal. Esta situación suele ser siempre la más desfavorable, ya que la altura de ola de rotura, puede ser muy superior que la altura de ola en aguas profundas que la genera.
- OLA ROTA: La ola rompe antes de llegar a la estructura. Es el caso de estructuras situadas en aguas muy someras respecto al oleaje incidente. Por ejemplo, defensas de costa.

A veces en una misma obra y un mismo temporal se pueden dar las 3 situaciones. Hay que calcular la estructura con la más desfavorable.

### 2.1.- Análisis de la No Rotura

En el apartado del Clima Marítimo se ha obtenido las Hs significantes extremales en aguas profundas correspondiente a cada una de las direcciones de oleaje que afectan a la obra (Hsdir) y la gama de periodos (Tp) asociados a cada una de ellas. Para este caso las direcciones más desfavorables con sus Hs y sus Tp son las siguientes:

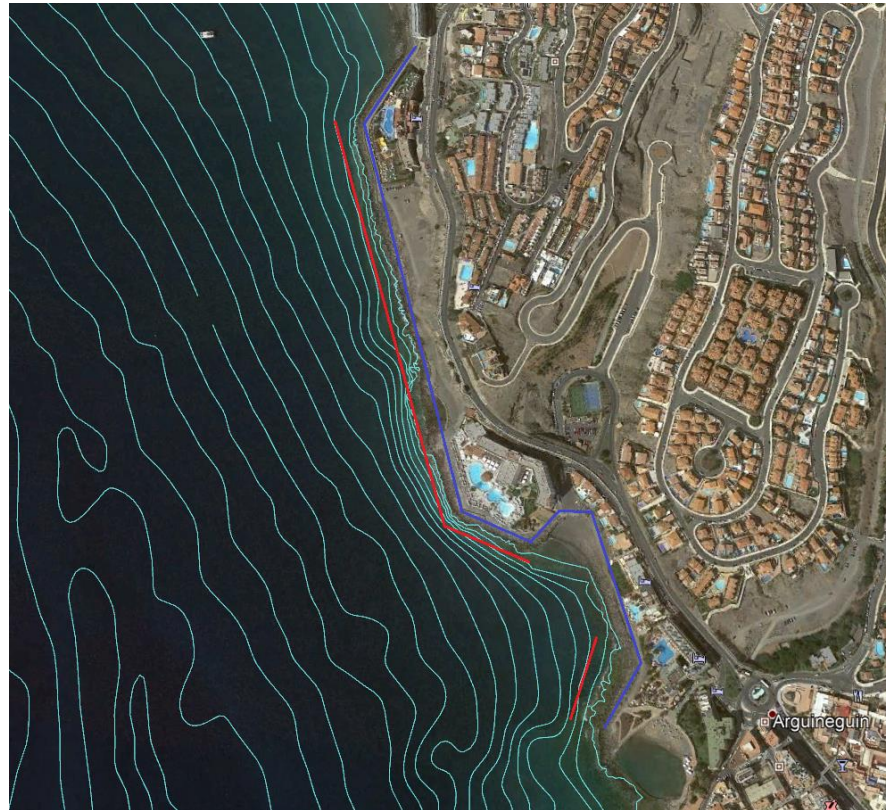
$\theta$	Hsed	Hsed + BC 90%	Tp
SSW	5.32	5.81	13 y 15s
SW	6.82	7.61	10 y 15s
WSW	7.31	8.20	12 y 15s

- $\theta$  = Direcciones que afectan a la obra
- **Hsed** = Hs extremales direccionales Aguas profundas (MR2<sup>1</sup>)
- **Hsed + BC 90%** = Hs extremales direccionales Aguas profundas más Banda de confianza del 90%
- **Tp** = Tp asociados en “temporal” a cada Hs

Con los datos de oleaje del clima marítimo se ha realizado la propagación del oleaje desde aguas profundas, mediante el modelo numérico SMC. Mediante esta metodología se obtendrá la **ALTURA DE OLA EN NO ROTURA**, la cual corresponderá con la isolínea de Altura de Ola inmediata anterior a la línea del pie del talud de la estructura, en este caso la protección del muro entre Dorado Beach y Green Beach. El pie del talud de la estructura se ha establecido en la batimétrica -2m, como puede observarse en la imagen 2.2.

<sup>1</sup> MR2: Método Relativo 2 de J.A. Afonso (2010)





**Imagen 2.2:** Localización del pie del talud de la estructura (línea roja)

Los resultados de las Hso de No Rotura obtenidos para el presente estudio se muestra en la siguiente tabla. Las propagaciones obtenidas se pueden visualizar en el *Anejo n° X: Modelización con SMC (Sistema de Modelado Costero)*.

OLEAJE	Hso (m)
Oleaje en aguas profundas	Hso (m)
SSW - 5.81m - 13s PM	4
SSW - 5.81m - 15s PM	4
SW - 7.61m - 10s PM	4
SW - 7.61m - 15s PM	4
WSW - 8.20m - 12s PM	4
WSW - 8.20m - 15s PM	5

**Tabla 2.1:** Hso en No Rotura que afecta al muro

Las alturas de No Rotura que llegan a la obra se encuentran alrededor de los 4m. La mayor altura que se registra es de 5m, procedente de un oleaje en aguas profundas del WSW- 8.20m - 15s. Este será

el temporal que se tendrá en cuenta para los cálculos de Rotura que se exponen en el siguiente apartado.

## 2.2.- Análisis de la rotura

Cuando las olas ( $H_0$ ) viajan en aguas profundas ( $d > L_0/2$ ), se propagan sin ser afectadas por el fondo marino. Cuando entran en aguas de transición ( $L_0/2 > d > L_0/25$ ), comienza a manifestarse la influencia del fondo. En esta zona domina la Refracción. La influencia del fondo es mucho más notable en aguas someras ( $d < L_0/25$ ) donde el oleaje se deforma hasta la rotura. En esta zona domina el Shoaling.



Imagen 2.3: Deformación del oleaje desde aguas profundas hasta aguas someras; proceso de rotura del oleaje

Finalmente, cuando el oleaje, debido fundamentalmente al Shoaling, alcanza un grado de deformación extremo, tiene lugar la **ROTURA** y  $H_0$  se transforma en  $H_b$ . La profundidad a la que se inicia la rotura la llamamos  $d_b$ . En realidad la ola no rompe siempre a una profundidad exacta, sino en un "intervalo"  $d_{bmax} - d_{bmin}$ , que son los límites superior e inferior de los valores experimentales de  $d_b$ .

La ROTURA del oleaje se puede analizar para una playa o para una estructura, en este caso se hará para una estructura marítima.

Para analizar la rotura se opta por hacerlo sólo en la dirección más desfavorable obtenida en el apartado anterior "Análisis de la No Rotura". Esta simplificación está justificada porque son las  $H_s$  y  $T_p$  que generan una mayor altura de rotura ( $H_b$ ) al romper contra la estructura. Esto implica obtener la  $H_b$  e intervalo de rotura ( $d_{bmax} - d_{bmin}$ ) para esa  $H_{sdir} = H_0 =$  en aguas profundas.

Para este análisis se usará el método de Juan A. Afonso (1988): Método con REFRACCIÓN+DIFRACCIÓN, que tiene en cuenta el Shoaling, la Refracción y la Difracción, pero no la Reflexión. A continuación, se exponen los resultados de dicho análisis.

Los datos de partida son:

DIRECCIÓN	Hs (m)	Tp (s)
WSW	8.20	15

Se obtiene la Longitud de onda para el periodo considerado:

$$L_o = \frac{g T^2}{2\pi} = \frac{9.81 \cdot 15^2}{2\pi} = 351m$$

Del plano de planta, se obtiene el pie del talud de la estructura donde puede romper la mayor ola (ds), que en este caso es igual -2,00m. Se analizará la rotura en la dirección más desfavorable.

La pendiente de la costa ( $m = \tan \alpha$ ) frente a la estructura, en dirección WSW, es 0.009.

$$m = \tan \alpha = \frac{50}{5800} = 0.0086 \approx 0.009$$

Elegida la dirección de temporal más desfavorable se procede en 2 pasos:

1<sup>er</sup> paso:

Se determina la máxima Hb que puede romper directamente contra la estructura, conocidos ds y Tp. Para ello se utiliza la figura 7-4 del Shore Protection Manual, en adelante SPM. Obtenida la máxima Hb se calcula su Ho' en aguas profundas que la genera. Para ello se utiliza la figura 7 - 5 del SPM.

Pueden ocurrir dos situaciones:

1. Si  $H_o' < H_s$  extremal en aguas profundas de la dirección y Tr elegidos, iniciamos el 2° paso con la (Hó) recién calculada, ya que la Hs extremal romperá antes de llegar a la estructura.
2. Si  $H_o' > H_s$  extremal en aguas profundas de la dirección y Tr elegidos quiere decir que esta Hó corresponde a un Tr superior al elegido para el cálculo, por lo tanto, se inicia el 2° paso con la Hs extremal del Tr elegido.

2° paso:

Se realiza de la siguiente manera; Entrando en la figura 7-3 del SPM con Ho se obtiene su Hb generada. Después entrando con esa Hb en la figura 7- 2 del SPM se obtiene el intervalo de rotura ( $d_{bmax} - d_{bmin}$ ) que se corresponden con los valores límite superior de todos los taludes e inferior obtenido para cada talud en el laboratorio con solo Shoalling.

A continuación, se detallan los cálculos.

2.2.1.- Cálculos Intervalo de la Profundidad de Rotura

PASO 1	PMVE		
ds (m)	carrera de marea (m)	ds (m)	m
-2,00	2.97	4.97	0,009

$$\frac{d_s}{gT^2} = \frac{4.97}{9.81 * 15^2} = 0.0022 ;$$

De la figura 7.4 del SPM:  $\frac{H_b}{d_s} = 0.85$ ;  $H_b = d_s * 0.85 = 4.97 * 0.85 = 4.22m$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{4.22}{9.81 * 15^2} = 0.0019;$$

De la figura 7.5 del SPM:  $\frac{H_b}{H_{o'}} = 1.4$ ;  $H_{o'} = H_b * 1.4 = 4.22 * 1.4 = 5.91m$

Como  $H_{o'} < H_s$  ( $5.91 < 8.20$ ) implica que la  $H_s$  romperá antes de llegar a la estructura. Por lo tanto, se inicia el 2º paso con este valor de  $H_{o'}$ .

PASO 2
Ho' (m)
5.91

$$\frac{H_{o'}}{gT^2} = \frac{5.91}{9.81 * 15^2} = 0.0027$$

De la figura 7.3 del SPM:  $\frac{H_b}{H_{o'}} = 1.15$ ;  $H_b = H_{o'} * 1.15 = 5.91 * 1.15 = 6.8m$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{6.8}{9.81 * 15^2} = 0.0031$$

De la figura 7.2 del SPM:  $\frac{d_b}{H_b} = 1.2$  y  $1.50125$

$$d_{bmin} = H_b * 1.2 = 6.8 * 1.2 = 8.16m$$

$$d_{bmax} = H_b * 1.50125 = 6.8 * 1.50125 = 10.21m$$

	Batimétrica Min	Batimétrica Max
	5.46	7.51
<b>*H1' (m)</b>	<b>5.55</b>	

\*H1' Obtenida en el punto de control, caso propagado WSW - Hs=5.91m - Tp=15s.

Como H1' es < a Ho' (5.55 < 5.91) significa que Ho' no ha roto al llegar al intervalo al rebajarse por refracción + shoaling + difracción. Se inicia el siguiente paso con el valor de H1' obtenido.

PASO 3	
	<b>H1' (m)</b>
	5.55

$$\frac{H_{o'}}{gT^2} = \frac{5.55}{9.81 * 15^2} = 0.0025$$

De la figura 7.3 del SPM:  $\frac{H_b}{H_{o'}} = 1.15$ ;  $H_b = H_{o'} * 1.15 = 5.55 * 1.15 = \mathbf{6.38m}$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{6.38}{9.81 * 15^2} = 0.0029$$

De la figura 7.2 del SPM:  $\frac{d_b}{H_b} = 1.2$  y 1.50125

$$d_{bmin} = H_b * 1.2 = 6.38 * 1.18 = \mathbf{7.65m}$$

$$d_{bmax} = H_b * 1.50125 = 6.38 * 1.50125 = \mathbf{9.58m}$$

\*H1' Obtenida en el punto de control, caso propagado WSW - Hs=5.55m - Tp=15s.

	Batimétrica Min	Batimétrica Max
	4.95	6.88
<b>H2' (m)</b>	<b>5.40</b>	

Como H2' es < a H1' (5.40 < 5.55) significa que H1' no ha roto al llegar al intervalo al rebajarse por refracción + shoaling + difracción. Se inicia el siguiente paso con el valor de H2' obtenido.

PASO 4	
	<b>H2' (m)</b>

5.40

$$\frac{H_{o'}}{gT^2} = \frac{5.40}{9.81 * 15^2} = 0.0024$$

De la figura 7.3 del SPM:  $\frac{H_b}{H_{o'}} = 1.175$  ;  $H_b = H_{o'} * 1.175 = 5.40 * 1.175 = 6.34m$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{6.34}{9.81 * 15^2} = 0.0029$$

De la figura 7.2 del SPM:  $\frac{d_b}{H_b} = 1.2$  y  $1.50125$

$$d_{bmin} = H_b * 1.2 = 6.34 * 1.2 = 7.60m$$

$$d_{bmax} = H_b * 1.50125 = 6.34 * 1.50125 = 9.52m$$

\*H1' Obtenida en el punto de control, caso propagado WSW - Hs=5.40m - Tp=15s.

	Batimétrica Min	Batimétrica Max
H3' (m)	4.9	6.82
	5.32	

Como H3' es < a H2' (5.32 < 5.40) significa que H2' no ha roto al llegar al intervalo al rebajarse por refracción + shoaling + difracción. Se inicia el siguiente paso con el valor de H3' obtenido.

PASO 4
H3' (m)
5.32

$$\frac{H_{o'}}{gT^2} = \frac{5.32}{9.81 * 15^2} = 0.0024$$

De la figura 7.3 del SPM:  $\frac{H_b}{H_{o'}} = 1.175$  ;  $H_b = H_{o'} * 1.175 = 5.32 * 1.175 = 6.25m$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{6.25}{9.81 * 15^2} = 0.0028$$

De la figura 7.2 del SPM:  $\frac{d_b}{H_b} = 1.2$  y  $1.5$

$$d_{bmin} = H_b * 1.2 = 6.25 * 1.2 = 7.50m$$

$$d_{bmax} = H_b * 1.5 = 6.25 * 1.5 = 9.37m$$

\*H1' Obtenida en el punto de control, caso propagado WSW - Hs=5.32m - Tp=15s.

	Batimétrica Min	Batimétrica Max
	4.8	6.67
H4' (m)	5.28	

Como H4' ≈ H3' paramos la iteración. La Hb será **6.25 en PMVE**.

PMVE	Hb (m)	db mín - db max (m)	Batimétricas (m)	SITUACIÓN
MURO	6.25	7.50 ↔ 9.37	-4.8 ↔ -6.67	OLA ROTA

### 2.3.- Análisis de Ola Rota

Las estructuras situadas en aguas someras pueden quedar sometidas a situaciones de **OLA ROTA** excepcionalmente, pero en ese caso también estar sometidas a ROTURA de olas menores que siempre será más desfavorable. Las situaciones de OLA ROTA, como más desfavorables para una estructura, solo suelen darse en defensas de costa u obras en aguas muy someras, como es el caso de estudio.

Al encontrarse en situación de OLA ROTA, se ha calculado la situación de rotura para alturas de ola menores. Este cálculo se ha realizado para la situación de Pleamar. A continuación, se describen los cálculos

#### 2.3.1.- Cálculos Intervalo de Profundidad de Ola Rota

DATOS	PMVE			
ds (m)	carrera de marea (m)	H3' (m)	ds (m)	m
-2,00	2.97	4.32	4.97	0.009

H3 = H3' - 1 (m)
3.32

$$\frac{H_o'}{gT^2} = \frac{3.32}{9.81 * 15^2} = 0.0015$$



De la figura 7.3 del SPM:  $\frac{H_b}{H_{o'}} = 1.3$  ;  $H_b = H_{o'} * 1.3 = 3.32 * 1.3 = 4.32m$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{4.32}{9.81 * 15^2} = 0.0019$$

De la figura 7.2 del SPM:  $\frac{d_b}{H_b} = 1.1875$  y  $1.5$

$$d_{bmin} = H_b * 1.1875 = 4.32 * 1.1875 = 5.13m$$

$$d_{bmax} = H_b * 1.5 = 4.32 * 1.5 = 6.48m$$

Batimétrica Min	Batimétrica Max
2.43m	3.78m

SITUACIÓN OLA ROTA

Ho = Ho' - 2 (m)
2.32

$$\frac{H_{o'}}{gT^2} = \frac{2.32}{9.81 * 15^2} = 0.0010$$

De la figura 7.3 del SPM:  $\frac{H_b}{H_{o'}} = 1.5$  ;  $H_b = H_{o'} * 1.5 = 2.32 * 1.5 = 3.48m$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{3.48}{9.81 * 15^2} = 0.0016$$

De la figura 7.2 del SPM:  $\frac{d_b}{H_b} = 1.1875$  y  $1.4875$

$$d_{bmin} = H_b * 1.1875 = 3.48 * 1.1875 = 4.13m$$

$$d_{bmax} = H_b * 1.4875 = 3.48 * 1.4875 = 5.18m$$

Batimétrica Min	Batimétrica Max
1.43m	2.48m

SITUACIÓN DE ROTURA

### 3.- RESULTADOS FINALES

A continuación, se indican los resultados del estudio de rotura. Estos datos servirán de base para el cálculo de la estructura.

MURO			
NO ROTURA	Hb (m)	ds (m)	
PMVE	5	-2.00	
ROTURA	Hb (m)	db min - db max (m)	Batimétricas (m)
PMVE	6.25	7.50 ↔ 9.37	-4.8 ↔ -6.67
OLA ROTA	Hb (m)	db min - db max (m)	Batimétricas (m)
PMVE	3.48	4.13 ↔ 5.18	-1.43 ↔ -2.48

Tras los resultados obtenidos, se puede concluir que la estructura se encuentra en zona de **OLA ROTA**. Tras el análisis de esta situación de Rotura, se ha obtenido que la estructura sufre una rotura en Pleamar de una ola de **3.48m**. Se puede concluir que este valor sea la altura de ola de cálculo para el dimensionamiento de la protección de la estructura.

4.- FIGURAS DEL SHORE PROTECTION MANUAL (SPM)

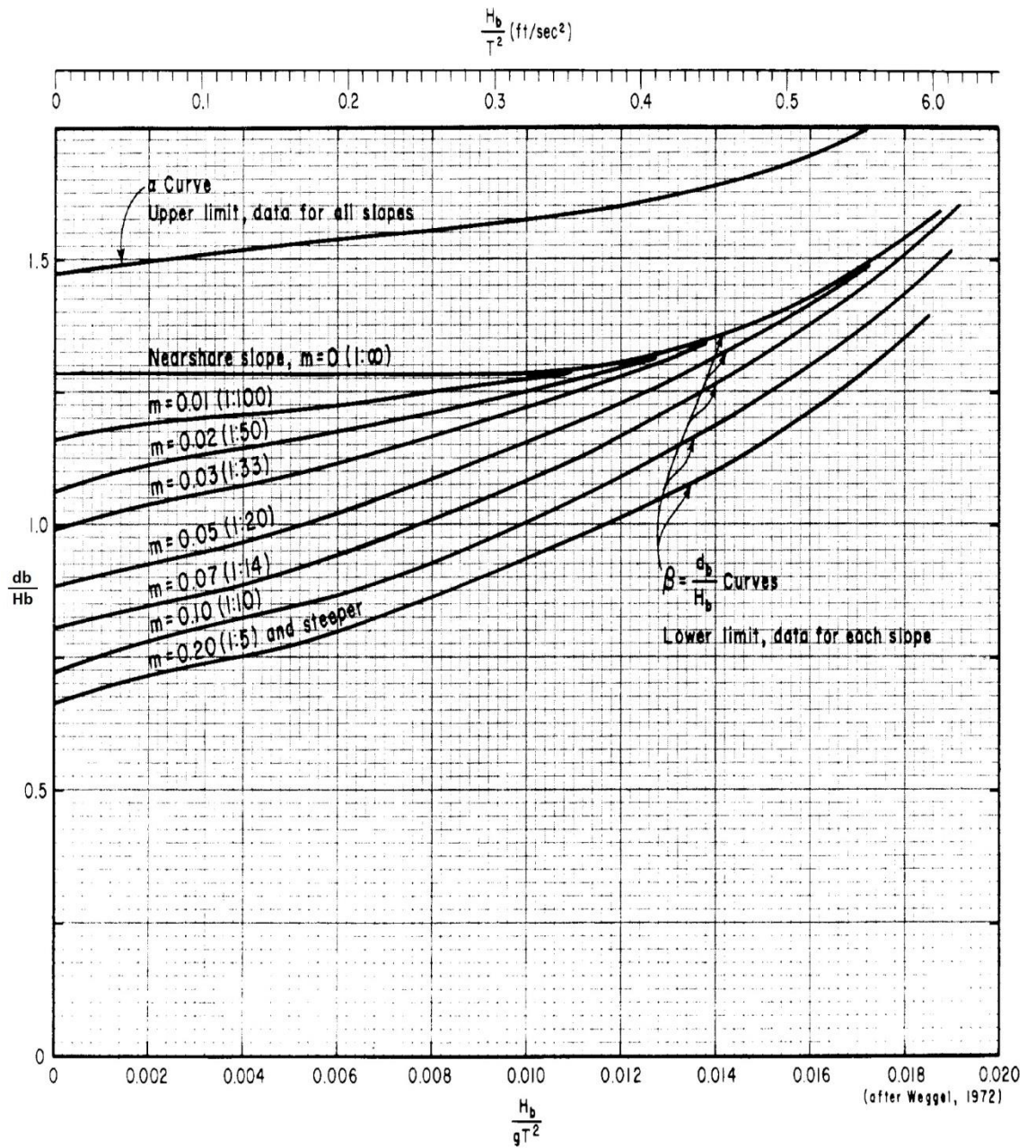


Figure 7-2.  $\alpha$  and  $\beta$  versus  $H/gT^2$ .

Imagen 4.1: Figura 7.2 SPM (Fuente: Shore Protection Manual)

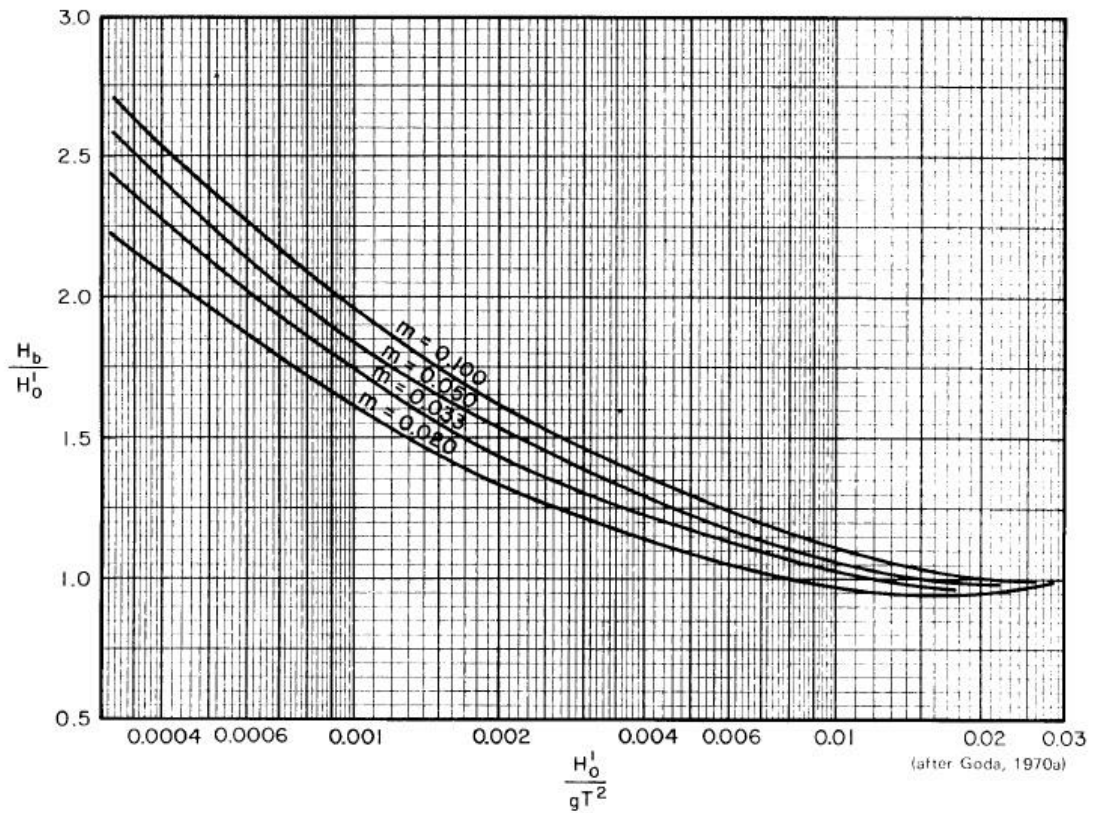


Figure 7-3. Breaker height index  $H_b/H_0$  versus deepwater wave steepness  $H_0'/gT^2$ .

Imagen 4.2: Figura 7.3 SPM (Fuente: Shore Protection Manual)

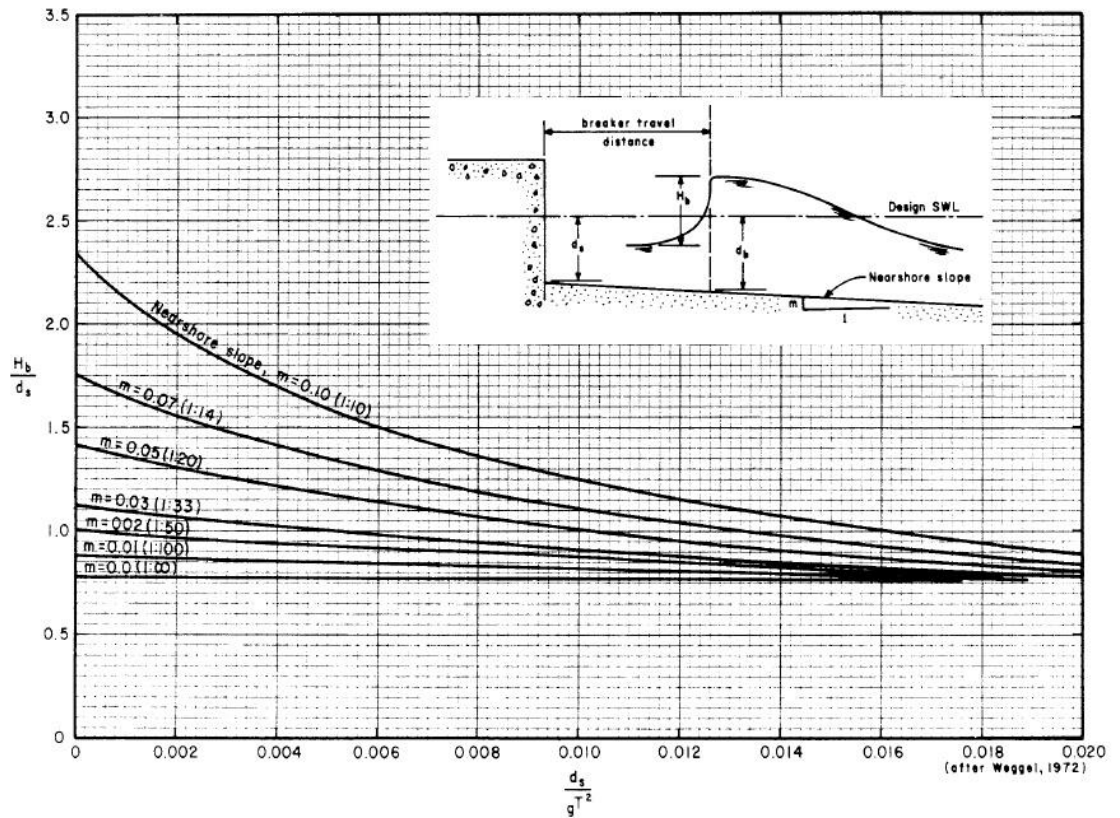


Figure 7-4. Dimensionless design breaker height versus relative depth at structure.

Imagen 4.3: Figura 7.4 SPM (Fuente: Shore Protection Manual)

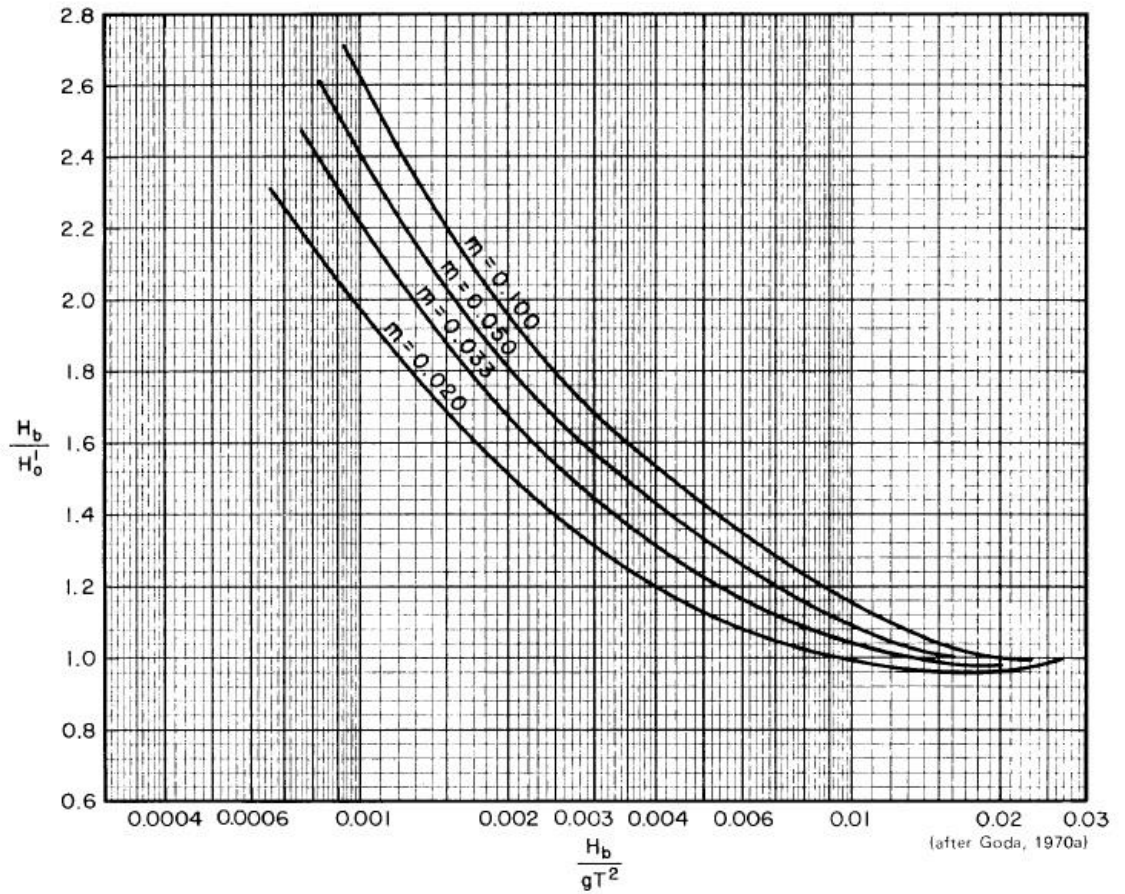


Figure 7-5. Breaker Height index  $H_b/H_o$  versus  $H_b/gT^2$ .

Imagen 4.4: Figura 7.5 SPM( Fuente: Shore Protection Manual)

Las Palmas de Gran Canaria a 30 de abril de 2019

La Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos.

Fdo.- Raquel García Ferrera

Colegiada nº 20.599

**ANEJO N°3.**

**ESTUDIO DE DINÁMICA**

**LITORAL**

## **ÍNDICE**

<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2.- ESTUDIO DEL MATERIAL NATIVO</b>	<b>1</b>
2.1.- ESTUDIO GRANULOMÉTRICO	1
<b>3.- ESTUDIO DEL PERFIL DE PLAYA</b>	<b>3</b>
3.1.- CÁLCULO DEL LÍMITE DE TRANSPORTE SIGNIFICATIVO	3
<b>4.- ANÁLISIS DE LA DINÁMICA LITORAL</b>	<b>4</b>
4.1.- CAPACIDAD DE TRANSPORTE	5
4.2.- DINÁMICA LITORAL	6
4.2.1.- Agentes Generadores del Transporte Sedimentario	6
4.2.2.- Simulaciones con SMC	8
4.2.3.- Datos de Entrada	8
4.2.4.- Resultados	10
<b>5.- DINÁMICA LITORAL POR EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>22</b>
5.1.- METODOLOGÍA	22
5.1.1.- Datos Proyecto C3R publicados por el Ministerio de Alimentación, Agricultura y Medio Ambiente	23
5.2.- RESULTADOS	27
<b>6.- CONCLUSIONES</b>	<b>34</b>
<b>APÉNDICE N° 1. CÁLCULOS DE LA DINÁMICA LITORAL</b>	
<b>APÉNDICE N° 2. GRÁFICOS SMC</b>	



## **1.- INTRODUCCIÓN**

El presente anejo pretende determinar la dinámica litoral de la costa de Arguineguín, entre las localizaciones de Dorado Beach y Green Beach. Para ello se realiza un análisis bibliográfico de las características del sedimento, y se modeliza la capacidad de transporte litoral y su dinámica, así como las dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático con el software SMC, Sistema de Modelado Costero.

## **2.- ESTUDIO DEL MATERIAL NATIVO**

El conocimiento del material nativo de la zona es fundamental para saber cómo se comporta frente a la influencia del oleaje. Para ello se ha tenido en cuenta la información obtenida del estudio Ecocartográfico del Sur de la zona Sur de la Isla de Gran Canaria, realizado por La Demarcación de Costas en el año 2000. La información que se ha obtenido de este trabajo proporcionará el tamaño medio del grano y tipo de sedimento, así como parámetros estadísticos que nos ayudarán a realizar un estudio del transporte sedimentario de la zona, a través del programa de simulación SMC.

### **2.1.- Estudio granulométrico**

Para la zona de estudio, en el estudio Ecocartográfico se tomaron varias muestras de sedimento, a las cuales se les realizó su correspondiente estudio granulométrico. Posteriormente se elaboró una estadística descriptiva en función de los resultados que se obtuvieron.

<b>ESTADÍSTICA TOTAL</b>				
	<b>% Gravas</b>	<b>% Arenas</b>	<b>% Finos</b>	<b>D50 (mm)</b>
<b>MÁX</b>	84,07	98,17	23,08	4,75
<b>MÍN</b>	0,00	15,19	0,74	0,11
<b>MEDIA</b>	6,04	87,76	6,17	0,50
<b>STD</b>	11,67	11,51	3,23	0,62

<b>GRAVAS</b>				
	<b>% Gravas</b>	<b>% Arenas</b>	<b>% Finos</b>	<b>D50 (mm)</b>
<b>MÁX</b>	84,07	65,23	6,66	4,75

MÍN	28,11	15,19	0,74	1,23
MEDIA	62,83	33,61	3,56	3,39
STD	30,32	27,51	2,97	1,89

ARENAS				
	% Gravas	% Arenas	% Finos	D50 (mm)
MÁX	19,44	98,17	23,08	1,12
MÍN	0,00	75,54	1,81	0,11
MEDIA	4,29	89,45	6,25	0,41
STD	4,17	5,03	3,22	0,23

PLAYA SECA				
	% Gravas	% Arenas	% Finos	D50 (mm)
MÁX	0,28	98,17	2,46	0,28
MÍN	0,02	97,26	1,81	0,02
MEDIA	0,15	97,72	2,14	0,15
STD	0,18	0,64	0,46	0,18

PARÁMETRO	ZONA	
	Infralitoral	Playa Seca
Moda predominante	Arenas Medias	Arenas Finas
Arenas (%)	87,76	97,72
Finos (%)	6,17	2,14
D <sub>50</sub> (mm)	0,50	0,23

**Tabla 2.1:** Resultados granulométricos por la zona de estudio (Fuente: Estudio Ecocartográfico de la zona Sur de Gran Canaria)

### **3.- ESTUDIO DEL PERFIL DE PLAYA**

En este apartado se estudiará el comportamiento en perfil de la costa de Arguineguín, en cuanto a la ubicación del Límite de Transporte Significativo o LTS, es decir, la profundidad a la que el sedimento deja de moverse por la influencia del oleaje.

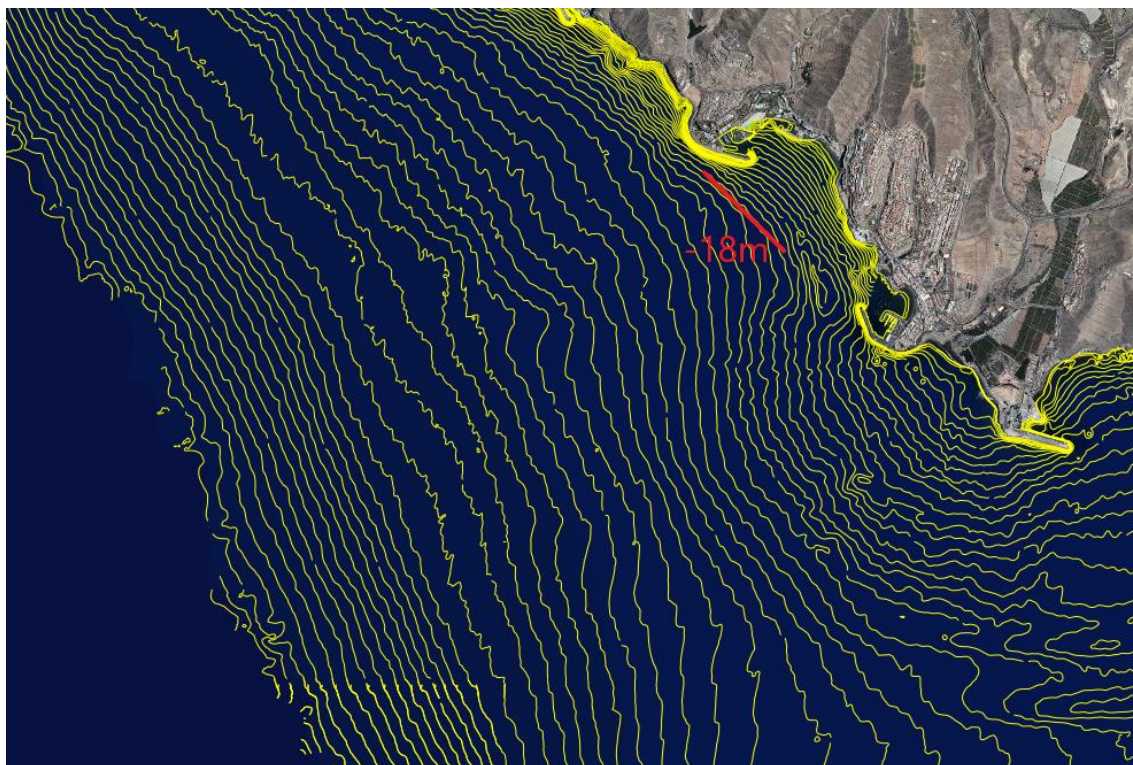
#### **3.1.- Cálculo del Límite de Transporte Significativo**

El Límite de Transporte Significativo, en adelante LTS, ó Profundidad de Cierre es el punto del perfil a partir del cual NO se producen movimiento de sedimentos. Es decir, los fenómenos de la dinámica litoral ya no actúan.

Dicho de otra manera, es la profundidad a partir de la cual el fondo marino, cualquiera que sea su naturaleza, no se ve afectado significativamente, ni siquiera por los mayores temporales que pueden llegar a esa costa, y es, por tanto, donde termina la playa activa y comienza la base de la playa.

Varios autores han descrito fórmulas para calcular esta profundidad de cierre, en este trabajo se han utilizado las fórmulas de Garau y de Hellermeier - Bikermeier.

Observando la batimetría de la costa de Mogán se puede apreciar como a la altura de las batimétricas -18m el fondo cambia, esto hace intuir que a esa profundidad puede establecerse el LTS.



**Imagen 3.2:** Batimétricas donde se visualiza el LTS para la costa de Mogán

Utilizando las fórmulas anteriormente citadas se obtienen los siguientes valores para el LTS. Todos los cálculos pueden consultarse en el *Apéndice 1: Cálculos Dinámica Litoral*.

LTS	
Visual	-18m
Garau	-15m
Hallermeier - Bikermeier	dl: -7m
	di: -14m

**Tabla 3.1:** LTS obtenidos por los distintos métodos para la costa de Arguineguín

#### 4.- ANÁLISIS DE LA DINÁMICA LITORAL

El objetivo de este apartado es describir el comportamiento de la dinámica litoral de la costa de Arguineguín, litoral perteneciente al T.M. de Mogán en la isla de Gran Canaria. Este estudio tendrá como base los datos obtenidos del estudio de clima marítimo y las condiciones de oleaje en aguas profundas para este trabajo.

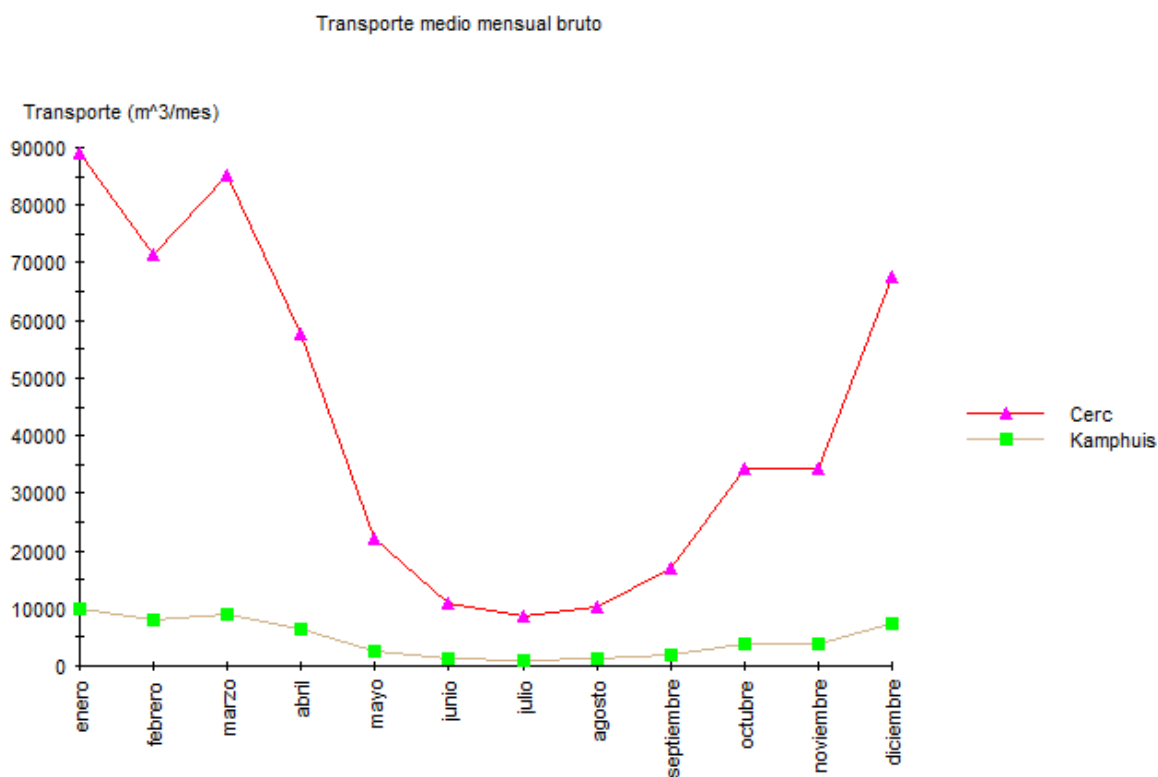
#### 4.1.- Capacidad de transporte

Para el cálculo de la capacidad de transportes se ha utilizado el programa ODIN del SMC, que da una estimación del transporte neto medio anual, utilizando las formulaciones del CERC y de Kamphuis. Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

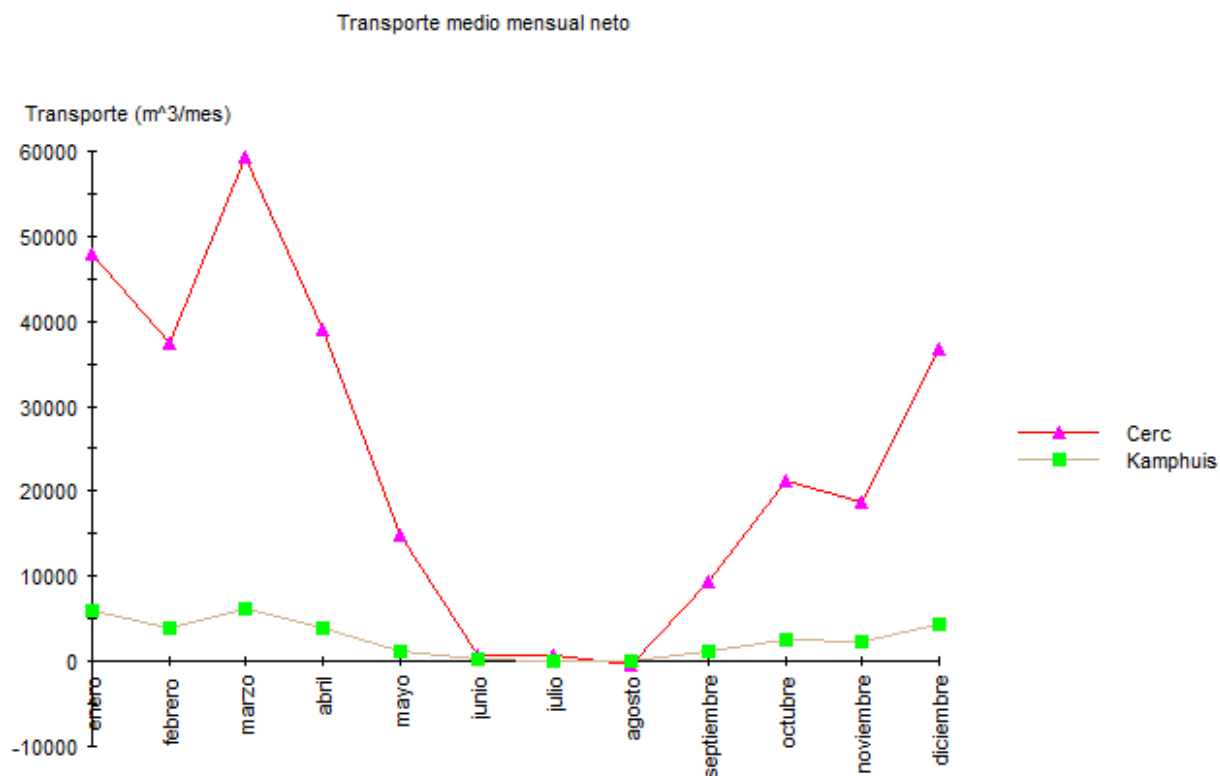
Resultado según ODIN - SMC		
<b>Cerc</b>	Q* (m <sup>3</sup> /año)	285992.27
<b>Kamphuis</b>	Q* (m <sup>3</sup> /año)	31663.72

**Tabla 4.1:** Transporte litoral neto anual obtenido para la costa de Mogán por ODIN-SMC

Los valores de transporte potencial anual, obtenidos, muestran valores positivos, eso se interpretaría de la siguiente manera, el transporte toma dirección SE-NW. En cuanto a los valores del transporte potencial, difieren bastante dependiendo del método utilizado. En lo que sí coinciden es en la distribución de este transporte potencial mensual, tanto en datos brutos como netos, como puede verse en la imagen 4.2.



**Imagen 4.2:** Transporte medio mensual bruto obtenido para la costa de Mogán por ODIN-SMC



**Imagen 4.3:** Transporte medio mensual neto obtenido para la costa de Mogán por ODIN-SMC

El mayor transporte se da en los meses de invierno.

## 4.2.- Dinámica litoral

### 4.2.1.- Agentes Generadores del Transporte Sedimentario

El sedimento situado en la costa puede ser movido por tres agentes diferentes, en función de su situación relativa en el perfil de playa:

- Movimientos debido a la acción del viento.
- Movimiento debido a la acción del oleaje.
- Movimiento debido a la acción de las corrientes.

Excepto en la zona de la trasplaya, donde el movimiento se debe exclusivamente a la acción eólica, todos los movimientos del sedimento se deben a una combinación de los tres agentes mencionados.

En el tramo intermareal del perfil de playa y a mayores profundidades los movimientos del sedimento se deben casi siempre a una combinación de la acción del oleaje y de las corrientes. En el perfil activo, las corrientes que determinan el transporte litoral son las generadas por la

rotura del propio oleaje, mientras que, a mayores profundidades, las corrientes que actúan sobre los fondos sedimentarios son las corrientes generales, las cuales suelen tener importancia en zonas con carrera de marea significativa, pero no es este caso.

### Oleaje

El conocimiento de los regímenes direccionales de oleaje es una herramienta sumamente valiosa para determinar el sentido dominante de la circulación sedimentaria a lo largo del litoral, ya que el oleaje es uno de los mayores factores modeladores de nuestra costa en las diferentes escalas consideradas. La caracterización del clima de oleaje se ha realizado de los datos suministrados por Puertos del Estado, el cual se ha desarrollado en el *Anejo de Estudio de Clima Marítimo* de este trabajo.

Los datos resultantes del clima marítimo se han propagado desde aguas profundas hacia la costa, con el objeto de caracterizar correctamente la dinámica del oleaje en la zona de estudio. Esta propagación se ha realizado utilizando el Modelo de Propagación de Oleaje y Corrientes (OLUCA) del SMC (Sistema de Modelado Costero).

### Corrientes

La rotura del oleaje genera una corriente paralela a la playa, en función del ángulo con el que el oleaje aborda la costa y de su altura de ola. Estas corrientes, denominadas corrientes longitudinales, son de especial importancia tanto para el transporte a lo largo de la costa como en la disposición de equilibrio de una playa.

En efecto, las corrientes longitudinales se producen en la zona de rotura del oleaje y, por tanto, en un área donde el sedimento se encuentra en suspensión y es fácilmente transportable por efecto de dichas corrientes.

En el caso que nos ocupa, la complejidad de los contornos y de la batimetría existente, dan como resultado que estas corrientes sólo puedan ser calculadas por métodos numéricos. Para el presente estudio se ha utilizado como modelo de cálculo de corrientes asociado a la rotura del oleaje, el modelo COPLA del SMC (Sistema de Modelado Costero).

### Transporte Sedimentario

Para el cálculo del transporte sedimentario se ha utilizado el modelo EROS, también del SMC (Sistema de Modelado Costero), el cual resuelve las ecuaciones del flujo de sedimentos dentro de la zona de rompiente del oleaje, así como los cambios en la batimetría asociados a las

variaciones espaciales del transporte de sedimentos. Para ello toma como datos de entrada los datos de salida del oleaje calculados por el modelo OLUCA y los datos de salida del campo de corrientes de rotura calculado por el modelo COPLA, así como los datos de características del sedimento de la zona de estudio, obtenidos del estudio granulométrico.

#### 4.2.2.- Simulaciones con SMC

Teniendo en cuenta las direcciones de propagación predominantes en dicha costa, así como los parámetros de oleaje, alturas y periodos más significativos, se realiza el estudio de propagación del oleaje, corrientes de rotura y transporte potencial con el soporte informático SMC (Sistema de Modelado Costero), software específico desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas G.I.O.C. de la Universidad de Cantabria para la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente.

#### 4.2.3.- Datos de Entrada

##### 4.2.3.1.- *Batimetría*

Se ha discretizado la zona de estudio a partir de la batimetría de detalle suministrada por el Estudio Ecocartográfico de la Isla de Gran Canaria, realizado Dentro del Plan de Ecocartografías del litoral español. Este trabajo se llevó a cabo por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar del Ministerio de Medio Ambiente, en el año 2000. La batimetría resultante, se recoge en la imagen 4.4.



Imagen 4.4: Imagen de la batimetría utilizada (Fuente: GRAFCAN)



#### *4.2.3.2.- Oleaje*

Los datos de oleaje han sido proporcionados por el estudio de clima marítimo correspondiente a este tramo de costa realizado en este trabajo. A continuación, se expone en una tabla los parámetros de oleaje utilizados en las simulaciones.

Propagación de Oleaje						Transporte Sedimentario			
Parámetros	Reg. Medio			Reg. Extremal			Parámetros	Playa seca	Intermareal
	NE	1	N	SSW	SW	WSW			
$\theta$	NE	1	N	SSW	SW	WSW	$D_{50}$ (mm)	0.23	0.50
Hs (m)	1.5	1	1.5	5.81	7.61	8.20			
Tp (s)	8 - 10	8 - 10	8 - 10	13-15	10 - 15	12-15	$\sigma_1$	0.18	0.62
Nivel de marea	B - P	B - P	B - P	B - P	B - P	B - P	Densidad (g/l)	1.99	1.99

- $\theta_m$ : Dirección del oleaje
- Hs (m): Altura significativa en aguas profundas
- Tp (s): Periodo de pico
- B: Bajamar - P: Pleamar
- $D_{50}$  (mm): Tamaño medio de grano
- $D_{90}$  (mm): Tamaño donde pasa el 90% del material
- $\sigma_1$ : Desviación típica

#### *4.2.3.3.- Mallas de Propagación*

Se han utilizado dos mallas de propagación que abarcan las direcciones de propagación del oleaje de entrada. Las dimensiones abarcaban desde la -60m hasta la línea de costa.

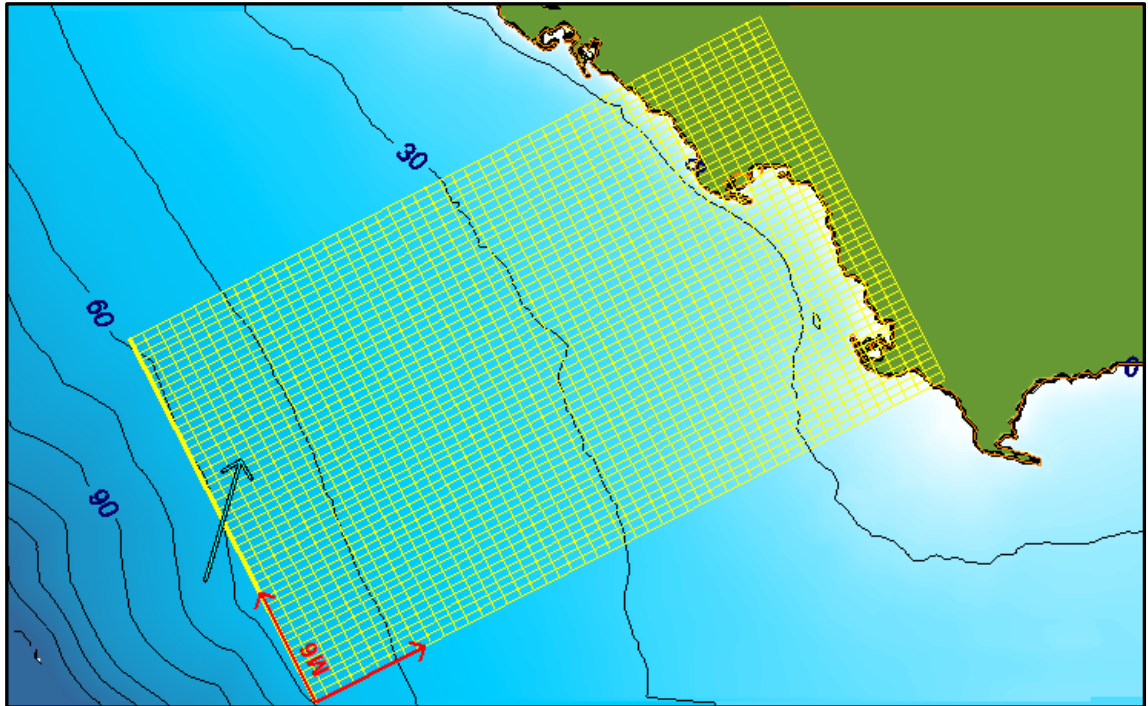


Imagen 4.5: Imagen de la malla utilizada para los oleajes procedentes del SSW-SW-WSW

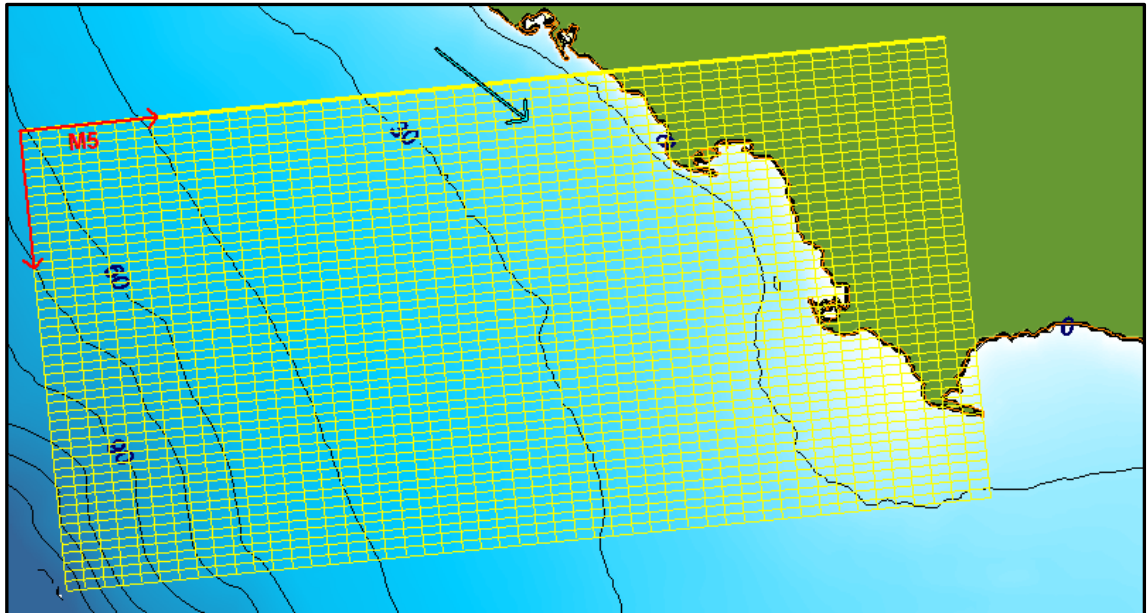


Imagen 4.6: Imagen de la malla utilizada para los oleajes procedentes del NE-N

#### 4.2.4.- Resultados

Los resultados muestran lo siguiente:

### 1. Corrientes de Rotura

En las simulaciones con oleaje de régimen medio se observa cómo para un oleaje ordinario del sector NE las corrientes que se producen son poco significativas. Las corrientes más intensas se generan al sur y al norte de la zona de estudio, pero estas corrientes toman valores muy poco significativos, variando en función del periodo entre 0.0001m/s y 0.00018m/s. Sólo se observa una velocidad de 0.0004m/s para el oleaje del N, con altura 1.5m y periodo de 15s en pleamar.

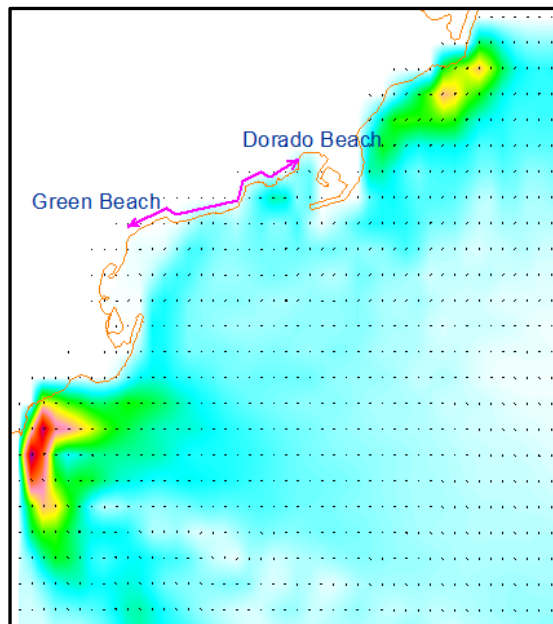
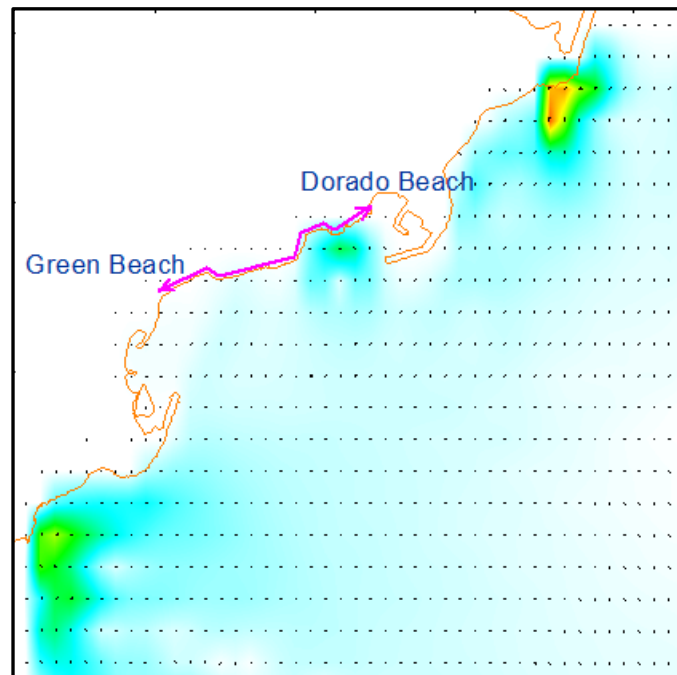


Imagen 4.7: Oleaje NE,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 10s$  en Pleamar



**Imagen 4.8:** Oleaje NE,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 8s$  Bajamar

Para los casos de oleaje procedente del N ocurre lo mismo, las corrientes son muy débiles, en algún caso de pleamar puede tomar valores por encima de 0 pero muy bajos. Para estos casos las mayores corrientes se dan en la zona sur de la costa de estudio, donde el valor varía entre  $0.0014m/s$  hasta  $0.0026m/s$  para los oleajes con altura de  $1m$  y en función del periodo del oleaje, y entre  $0.0032m/s$  y  $0.0058m/s$  para alturas de  $1.5m$  y en función del periodo.

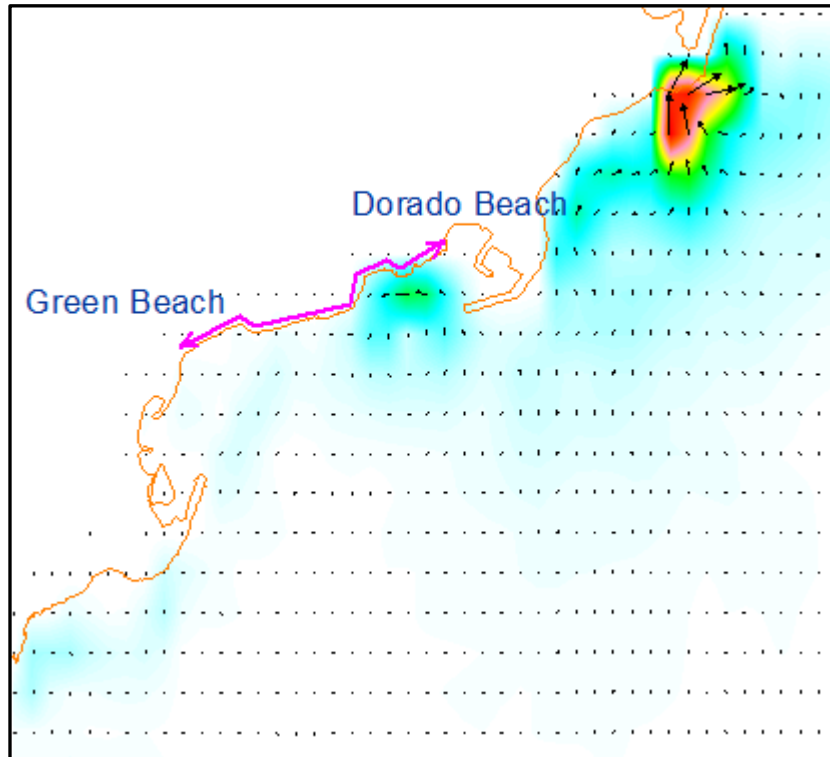


Imagen 4.9: Oleaje N,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 8s$  en Bajamar

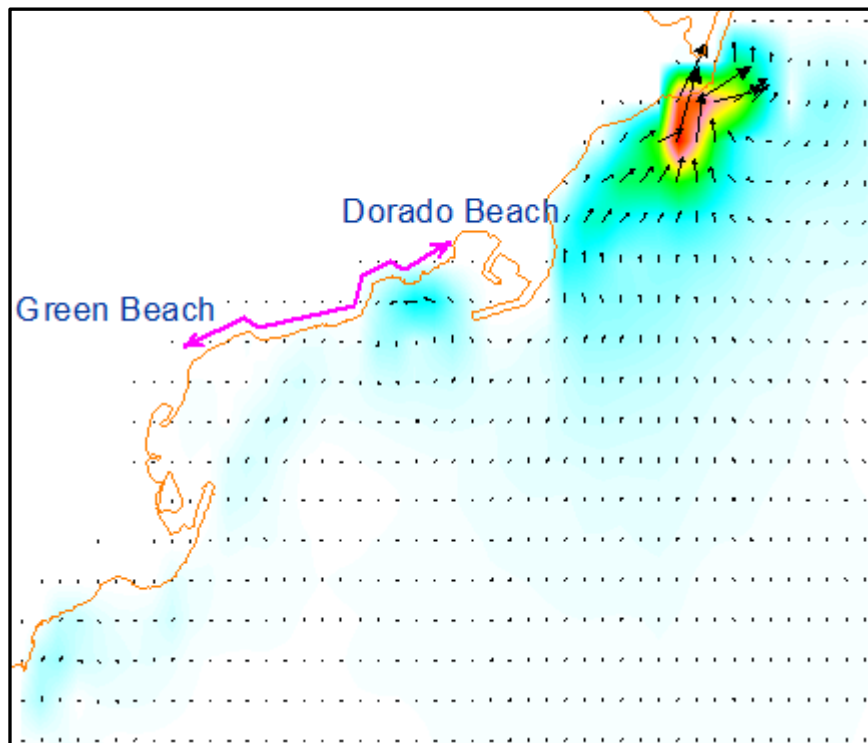
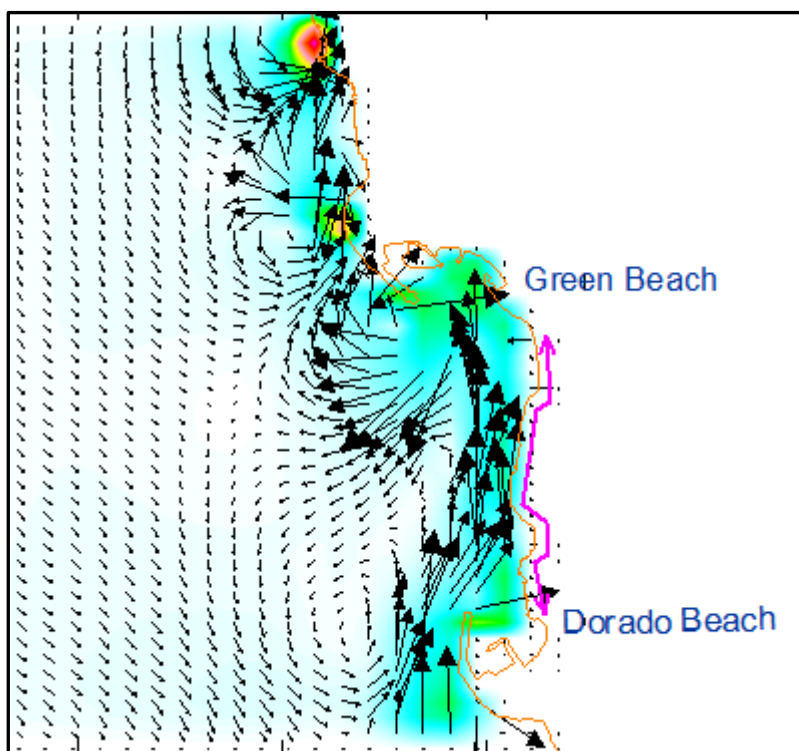


Imagen 4.10: Oleaje N,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 10s$  en Bajamar

En las simulaciones con oleaje del régimen extremal se observa cómo para los oleajes del sector SW y SSW las corrientes toman dirección NW, pero cuando el oleaje procede del sector WSW se producen corrientes con dirección W en las inmediaciones de la playa de la Carrera, y de dirección SE en las inmediaciones del dique de Aquamarina.

En cuanto a las velocidades, los valores máximos en la zona de estudio se vuelven a producir en las zonas N y S, con velocidades que varían entre 0.2-0.3 m/s para los oleajes de SW y SSW, y entre 0.3-0.4 m/s para los oleajes del WSW.



**Imagen 4.11:** Oleaje SSW,  $H_s = 5.81m$ ,  $T_p = 13s$  en Bajamar

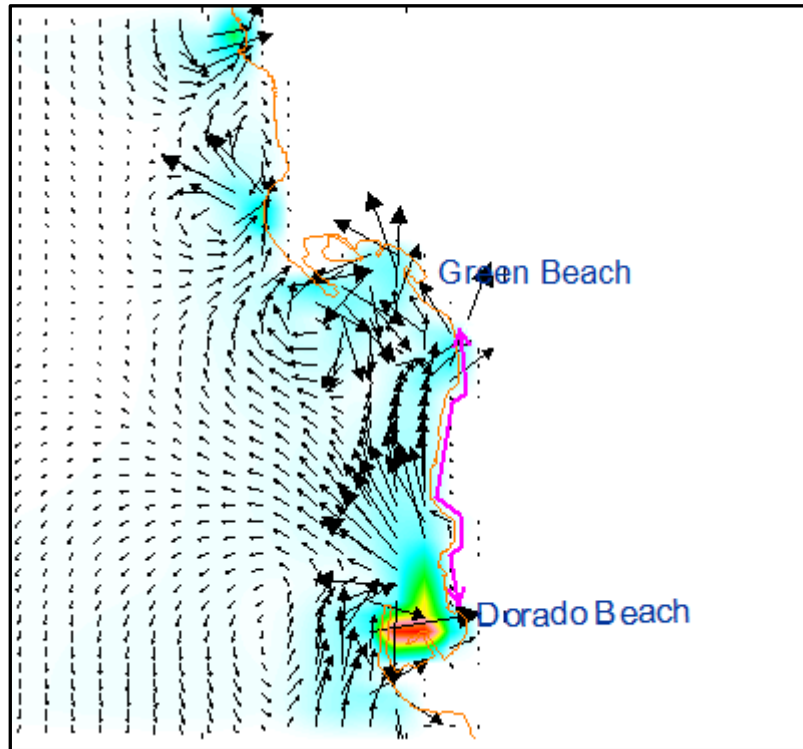


Imagen 4.12: Oleaje SW,  $H_s = 7.61m$ ,  $T_p = 15s$  en Pleamar

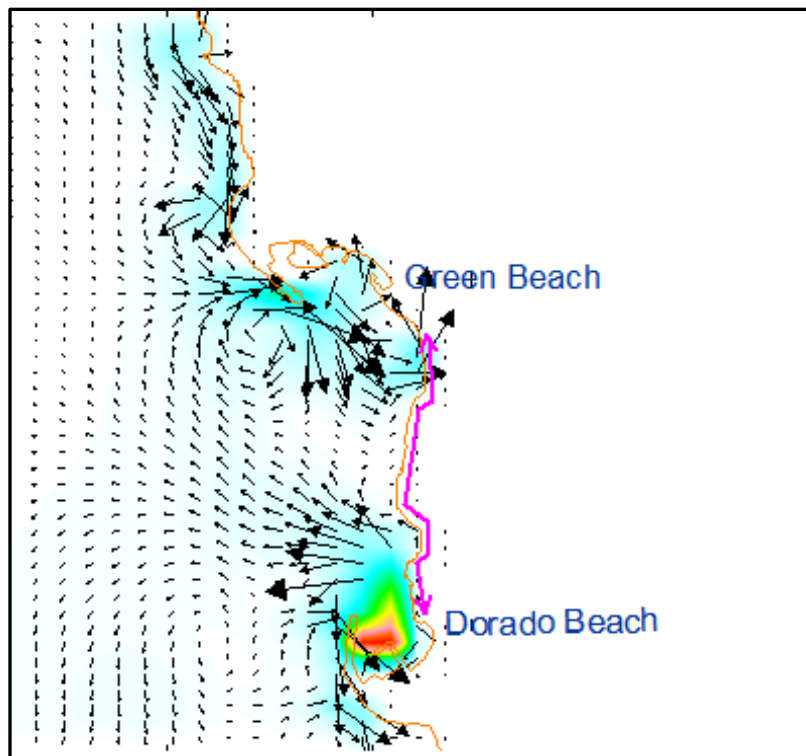
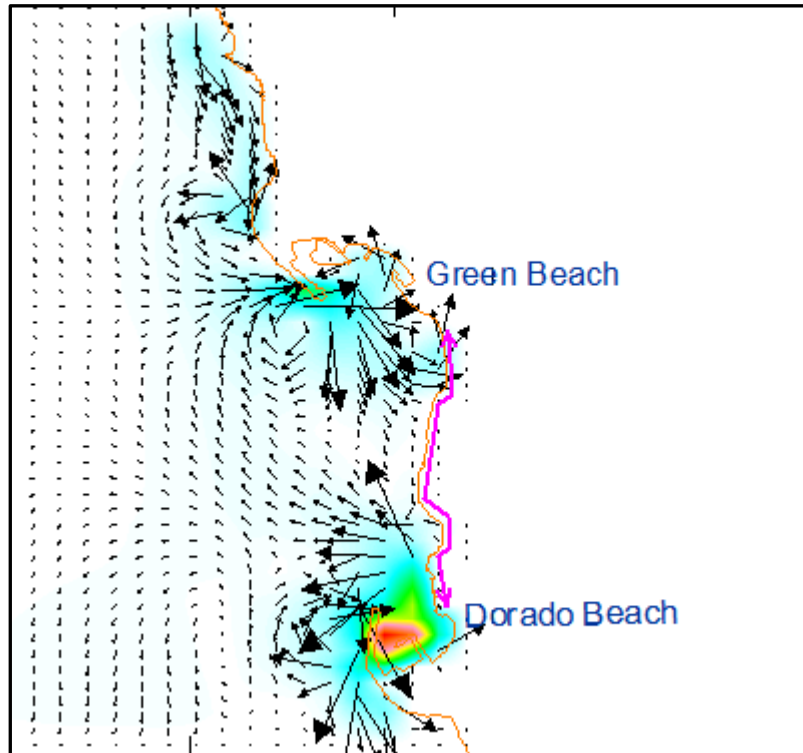


Imagen 4.13: Oleaje WSW,  $H_s = 8.20m$ ,  $T_p = 12s$  en Pleamar



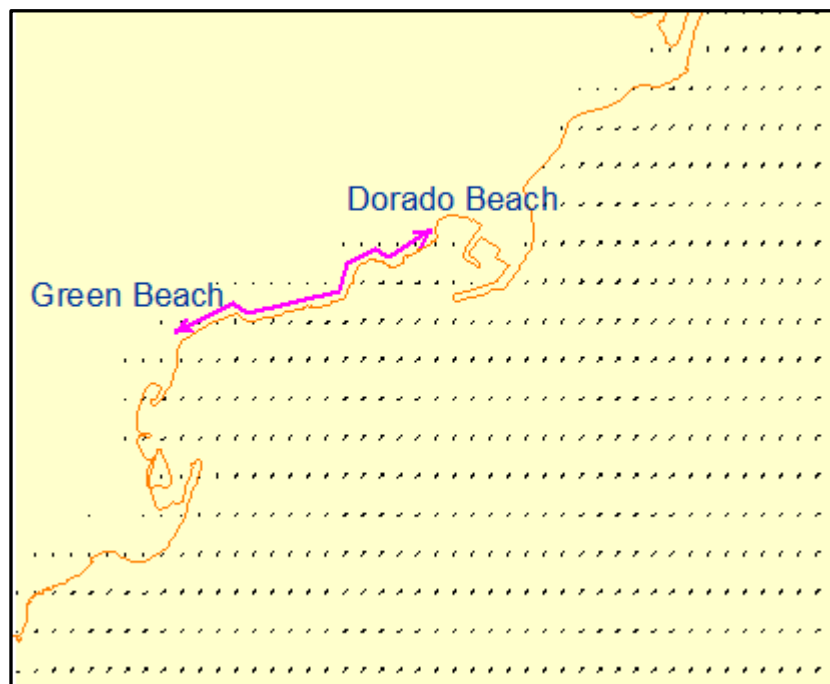
**Imagen 4.14:** Oleaje WSW,  $H_s = 8.20m$ ,  $T_p = 15s$  en Pleamar

Todos los gráficos pueden consultarse en el Apéndice 2: Gráficos de SMC.



## 2. Transporte Sedimentario

En las simulaciones con oleaje del régimen medio se observa cómo el transporte es muy poco significativo. Los valores son prácticamente nulos. Esto concuerda con los resultados de los valores de corrientes, ya que estas al tomar velocidades tan bajas no producen un transporte litoral importante.



**Imagen 4.15:** Oleaje NE,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 10s$  en Bajamar

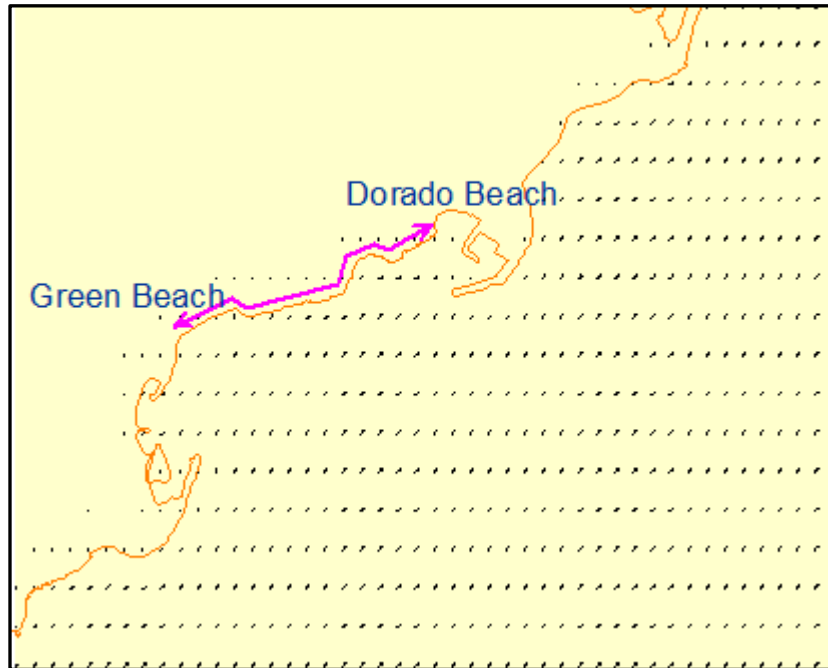


Imagen 4.16: Oleaje NE,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 8s$  en Bajamar

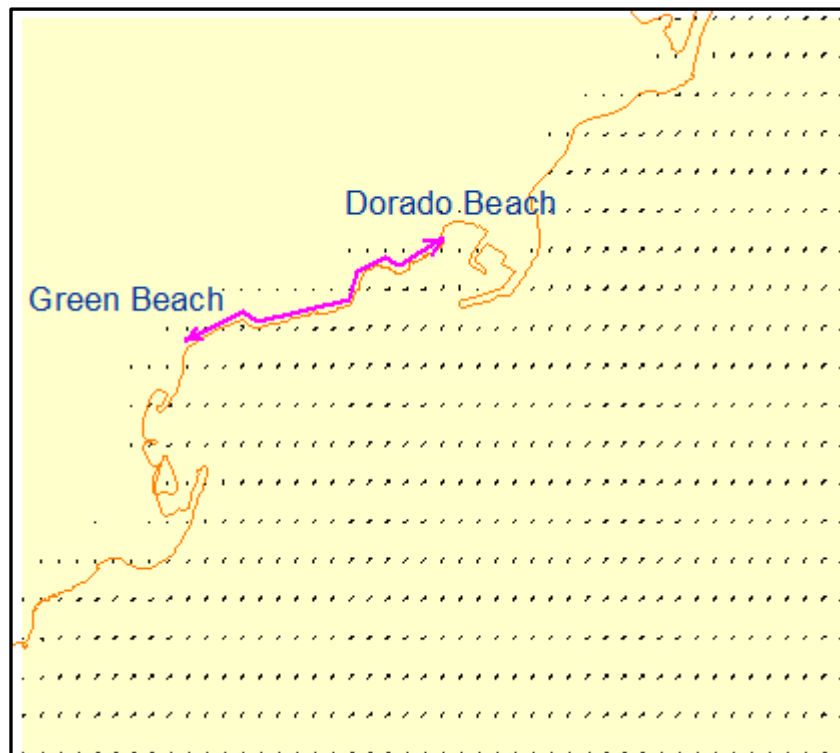
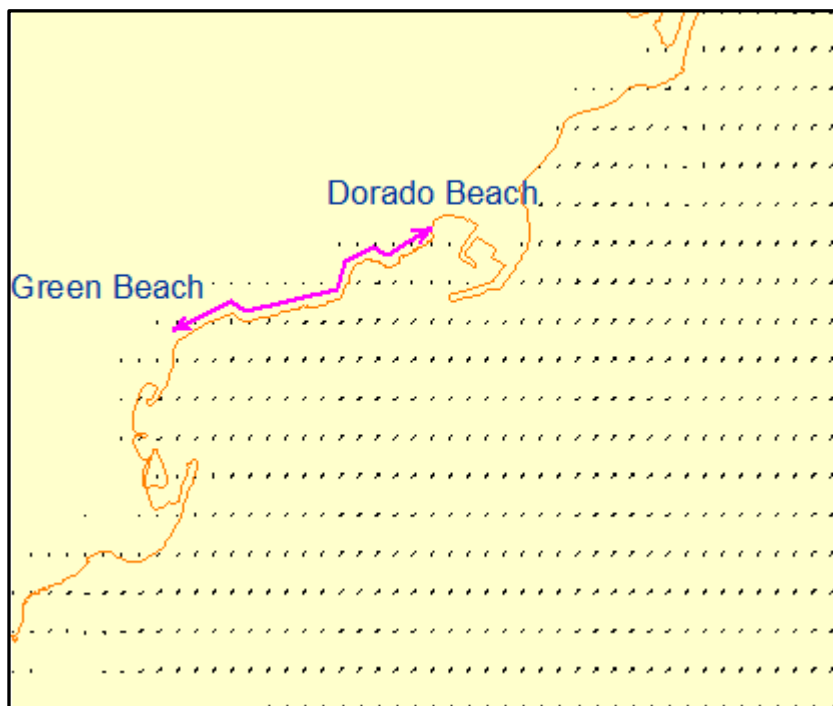


Imagen 4.17: Oleaje N,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 8s$  en Pleamar



**Imagen 4.18:** Oleaje N,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 10s$  en Bajamar

En las simulaciones con oleaje del régimen extremal se observas que el transporte toma dirección NW para los oleajes que proceden del SW y SSW. Para los oleajes que proceden del WSW el transporte toma dirección SE n las inmediaciones del dique de Aquamarina y dirección W en las inmediaciones de la playa de La Carrera. Esto coincide con los resultados en dirección de las corrientes de rotura.

En cuanto a los valores son bastante bajos. El mayor transporte se produce al N y al S de la zona de estudio con valores que varían entre  $15 - 56 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m.l.}$  para los oleajes del SW y SSW, y  $9.50 - 23 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m.l.}$  para el oleaje del WSW.

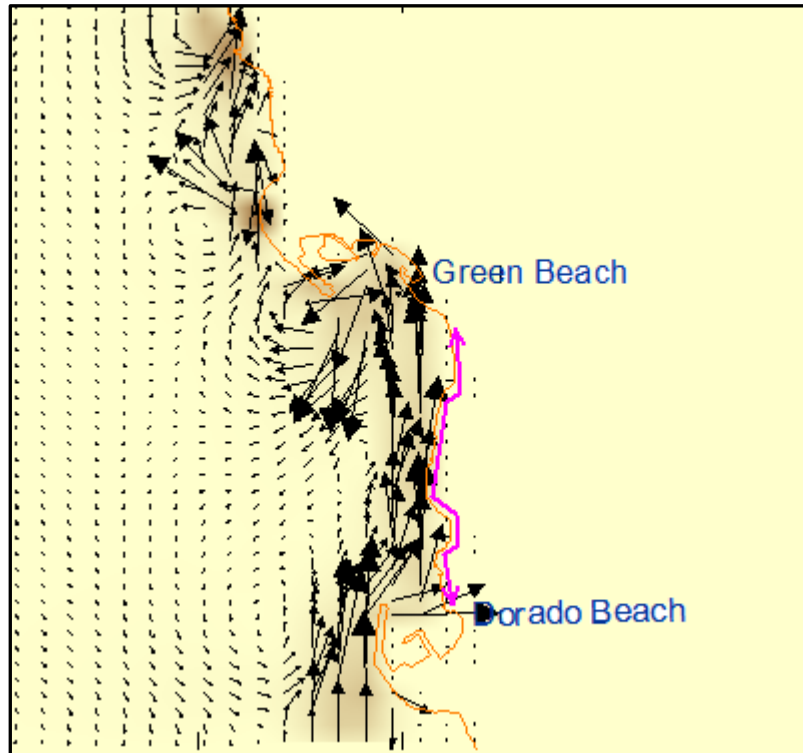


Imagen 4.19: Oleaje SSW,  $H_s = 5.81m$ ,  $T_p = 13s$  en Bajamar

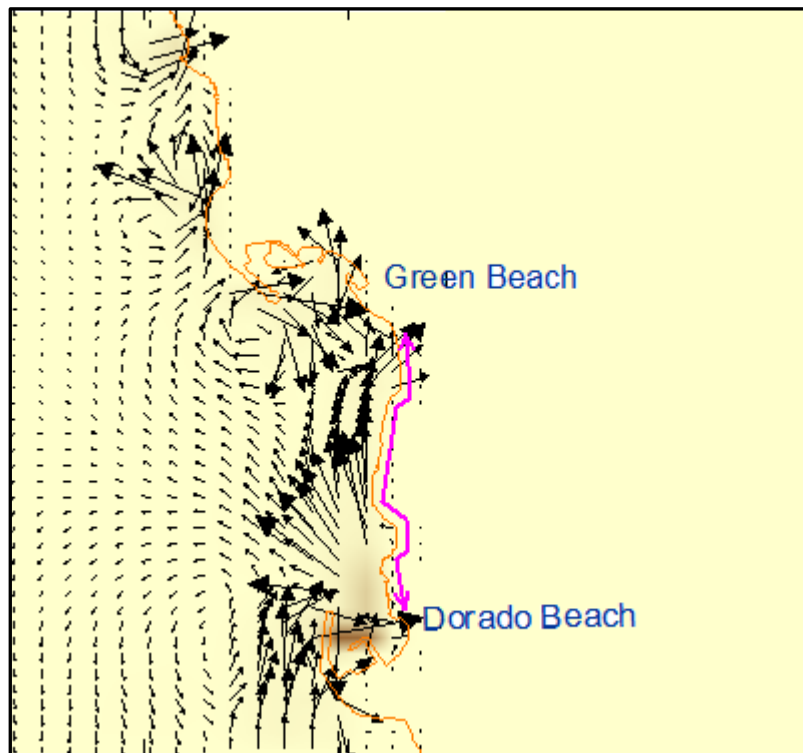


Imagen 4.20: Oleaje SW,  $H_s = 7.61m$ ,  $T_p = 15s$  en Pleamar

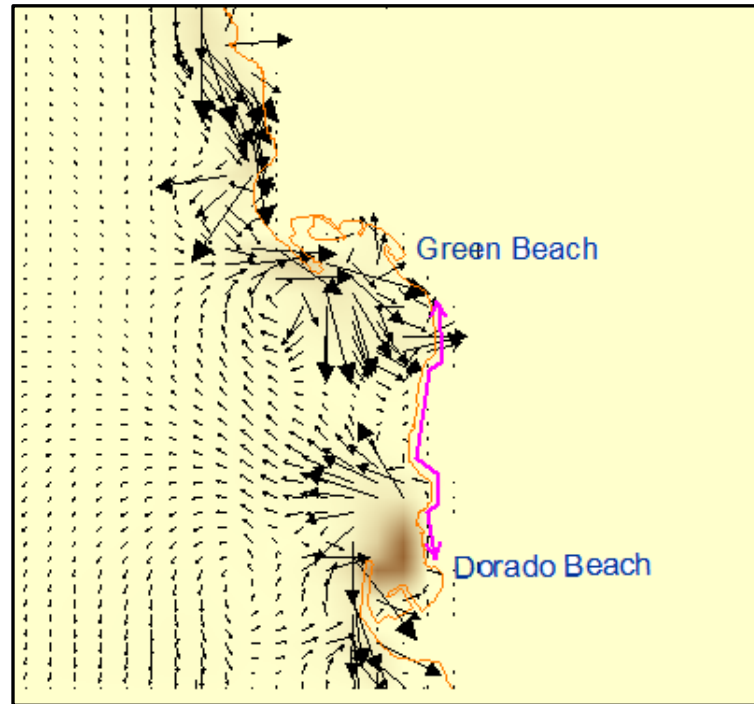


Imagen 4.21: Oleaje WSW,  $H_s = 8.20m$ ,  $T_p = 12s$  en Pleamar

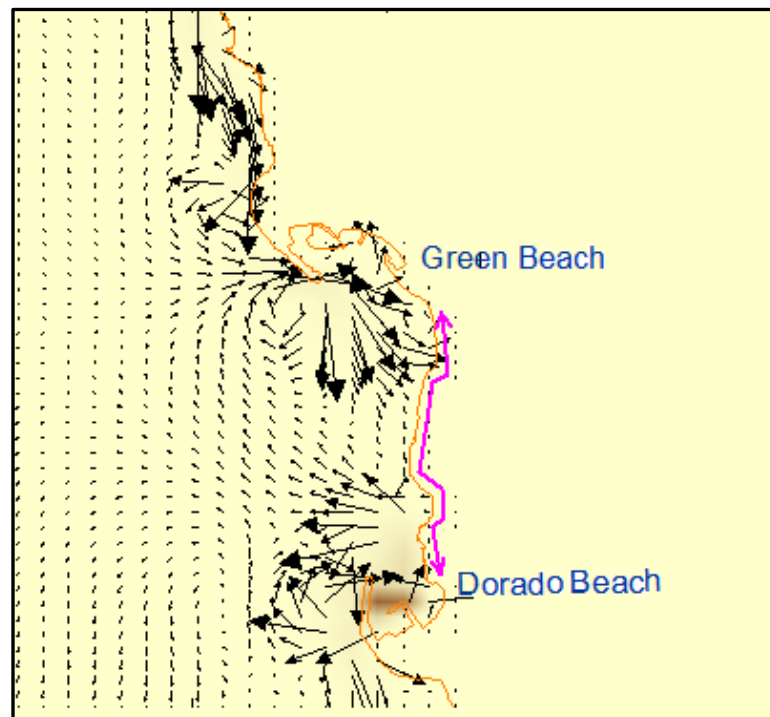


Imagen 4.22: Oleaje WSW,  $H_s = 8.20m$ ,  $T_p = 15s$  en Pleamar

Todos los gráficos pueden consultarse en el Apéndice 2: Gráficos de SMC.

## 5.- DINÁMICA LITORAL POR EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

### 5.1.- METODOLOGÍA

Se ha realizado un análisis del efecto derivado del cambio climático de acuerdo con el modelo SMC, Sistema de Modelado Costero desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas G.I.O.C. de la Universidad de Cantabria para la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente. Para ello se ha realizado una calibración con los resultados ya existentes que se encuentran publicados en la base de datos del Proyecto C3R financiado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y realizado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IHC).

Se han trasladado las condiciones de contorno de los modelos generales de cambio climático al entorno local del litoral de Arguineguín. Estas variables, en los casos de dinámica litoral, se suelen traducir en un aumento del nivel del mar, un aumento de las condiciones de precipitaciones, modificación en la dirección de vientos, cambios en corrientes, etc. Con todas esas nuevas variables se ha simulado los escenarios más desfavorables propuestos en el análisis de la dinámica litoral sobre los que se han sustentado la elaboración de este informe.

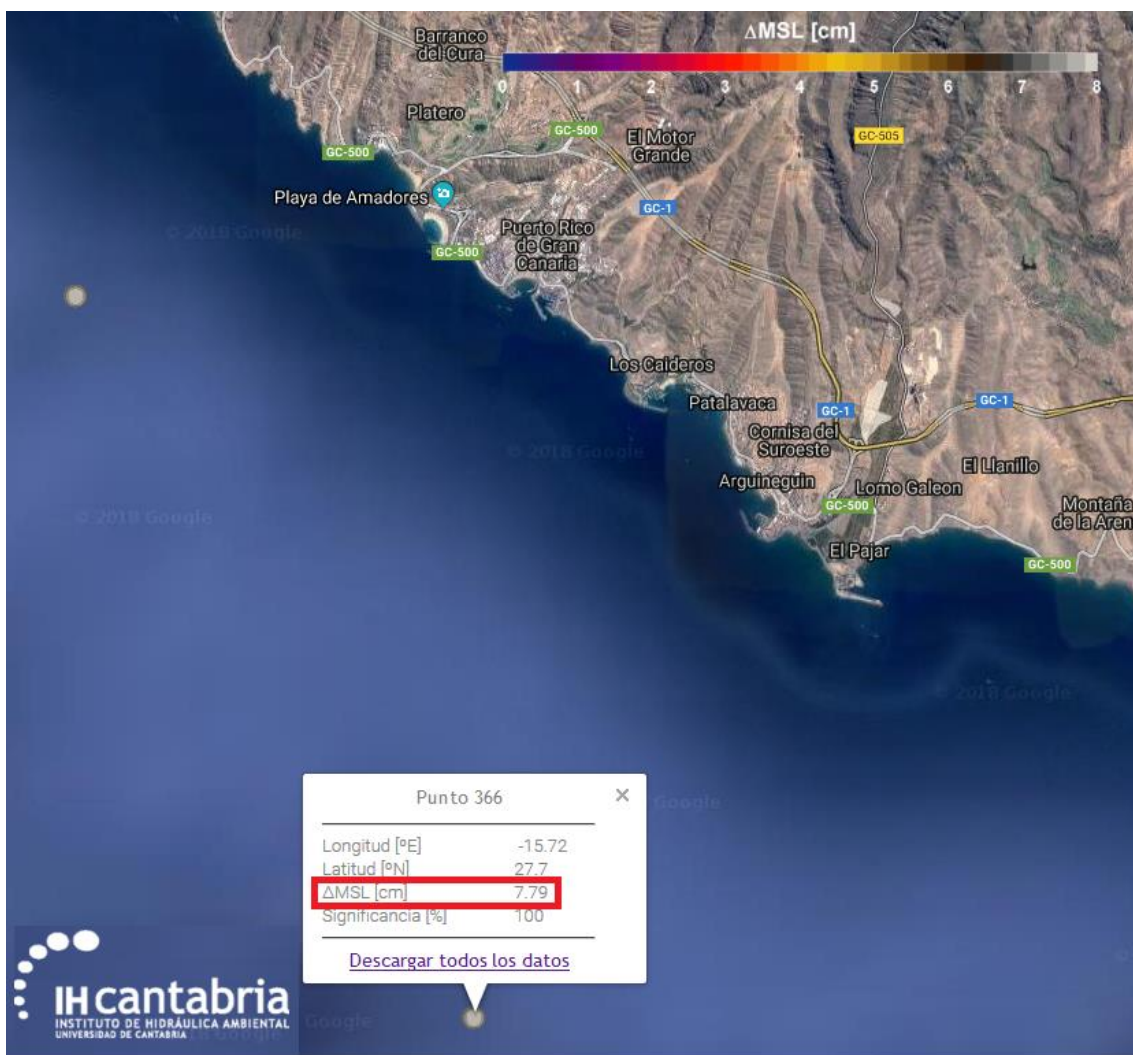
Propagación de Oleaje						Transporte Sedimentario		
Parámetros	Reg. Medio		Reg. Extremal			Parámetros	Playa seca	Intermareal
$\theta$	NE	N	SSW	SW	WSW	D <sub>50</sub> (mm)	0.23	0.50
Hs (m)	1.5	1.5	5.81	7.61	8.20			
Tp (s)	10	10	15	5	15	$\sigma_1$	0.18	0.62
Nivel de marea	P	P	P	P	P	Densidad (g/l)	1.99	1.99

- $\theta_m$ : Dirección del oleaje
- Hs (m): Altura significativa en aguas profundas
- Tp (s): Periodo de pico
- B: Bajamar - P: Pleamar
- D<sub>50</sub> (mm): Tamaño medio de grano
- D<sub>90</sub> (mm): Tamaño donde pasa el 90% del material
- $\sigma_1$ : Desviación típica

Se han comprobado las diferencias que presentan los resultados obtenidos con las simulaciones realizadas para la situación actual en relación con el año horizonte (2040).

5.1.1.- Datos Proyecto C3R publicados por el Ministerio de Alimentación, Agricultura y Medio Ambiente

Para validar la modelización realizada se ha utilizado la base de datos del proyecto C3R publicada por el MAGRAMA que dispone de los posibles efectos del cambio climático en función de la localización de la zona. El punto de control y los datos que se han utilizado para el escenario modelizado serían los que se representan en la imagen 5.1 y tabla 5.1.



**Imagen 5.1.-** Punto de control utilizado para la validación del modelo. (Fuente: Ministerio de Alimentación, Agricultura y Medio Ambiente)

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA DEL LITORAL Y EVALUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE  
FASE 2 Y FASE 3 DEL PASEO MARAÑUELAS-ANFI (T.M. MOGÁN)

Anejo N° 3.

Estudio de Dinámica Litoral

Cambio Climático en la Costa Española		C3 XXI		GOBIERNO DE ESPAÑA		MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE		oecc		IH cantabria		INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		
VALORES ANUALES																
Punto		366		Histórico			Proyecciones									
Longitud:		-15.72		Actualidad	2020	2030	2040	2010-2040			2040-2070			2070-2100		
Latitud:		27.70						B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1	A1B	A2
VIENTO	PW(W/m2)	media	291,345	-33,84	-41,897	-49,955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	39,402	-30,375	-37,608	-44,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OLEAJE	Hs (m)	media	0,599	0,006	0,007	0,009	0,007	0,012	0,016	0,004	0,005	0,006	0,005	0,009	-0,012	
		desviación	0,031	-0,009	-0,011	-0,013	0,001	0	0,001	0,001	0	0,002	0,002	0,003	-0,002	
	Hs95% (m)	media	1,038	-0,01	-0,012	-0,014	0,039	0,056	0,077	0,025	0,028	0,035	0,025	0,046	-0,059	
		desviación	0,142	-0,01	-0,012	-0,015	0,008	0,005	0,003	0,003	0,003	0,008	0,008	0,016	-0,013	
	Hs12 (m)	media	2,168	-0,045	-0,056	-0,067	0,099	0,134	0,175	0,044	0,065	0,062	0,052	0,094	-0,142	
		desviación	0,376	0,032	0,04	0,047	0,03	0,029	0,03	0,025	0,02	0,014	0,01	0,002	0,017	
	Tp (s)	media	10,383	0,361	0,447	0,533	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación	0,263	-0,026	-0,032	-0,039	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FE (kW/m)	media	0,915	0,002	0,003	0,003	0,074	0,107	0,146	0,053	-0,06	0,074	0,054	-0,09	-0,118	



		desviación	0,183	-0,022	-0,028	-0,033	0,017	0,011	-	-	0,003	-	-	-	-0,02	
	Dir FE (°)	media	271,499	-	<b>-25,32</b>	-	<b>4,668</b>	<b>6,637</b>	<b>9,503</b>	3,334	4,022	5,159	1,062	6,026	<b>10,886</b>	
		desviación	25,723	<b>7,502</b>	<b>9,288</b>	<b>11,075</b>	5,558	<b>8,01</b>	<b>8,875</b>	3,165	5,715	6,025	0,554	4,835	9,468	
	Hs extremal (m)	Hs50	3,004	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		umbral	1,979	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,499	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv escala Pareto	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media Forma Pareto	-0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv Forma Pareto	0,053	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Poisson Media	1,479	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Poisson Desv	0,156	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NIVEL DEL MAR	Referencia Alicante (cm)		37,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Rango marea (cm)		264,353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MSL (cm)	Media	3,289	<b>2,061</b>	<b>4,822</b>	<b>7,79</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	0,537	0	0,005	0,019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MM95% (cm)	Media	0,843	<b>-1,072</b>	<b>-1,327</b>	<b>-1,582</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		desviación	0,954	0,053	0,065	0,078	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MM extremal (m)	MM50	0,176	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		umbral	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Media escala Pareto	0,028	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Desv escala Pareto	0,004	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Media Forma Pareto		-0,044	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Desv Forma Pareto		0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Poisson Media	2,042	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

	Poisson Desv	0,183	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
--	--------------	-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Tabla 5.1.-** Datos del Punto de control utilizado para la validación del modelo. (Fuente: Ministerio de Alimentación, Agricultura y Medio Ambiente)

*	Los valores Medios de Mean Sea Level están referidos al año 1998 (cero de Alicante)		
**	La fiabilidad (incertidumbre) de los resultados se representa por colores:		
	+0.5	Muy probable	>95%
	+0.11	Fiable	[90,95]
	+0.01	Poco fiable	<90%

De forma general y sirviendo como ejemplo de los cambios en el aumento del nivel del mar, se calcula una elevación de 7.79 centímetros entre el año actual y el año 2040.

## 5.2.- RESULTADOS

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

### 1. Corrientes de Rotura

En las simulaciones con oleaje de régimen medio se observa cómo para un oleaje ordinario del sector NE y N en el litoral de Arguineguín se producen corrientes muy débiles. Las corrientes más intensas se generan al norte para el oleaje del NE, pero estas corrientes toman valores muy poco significativos, variando en función del periodo entre 0.00010m/s y 0.00013m/s. y al sur para el caso de oleaje del N, con velocidades máximas de 0.00046-0.00048m/s.

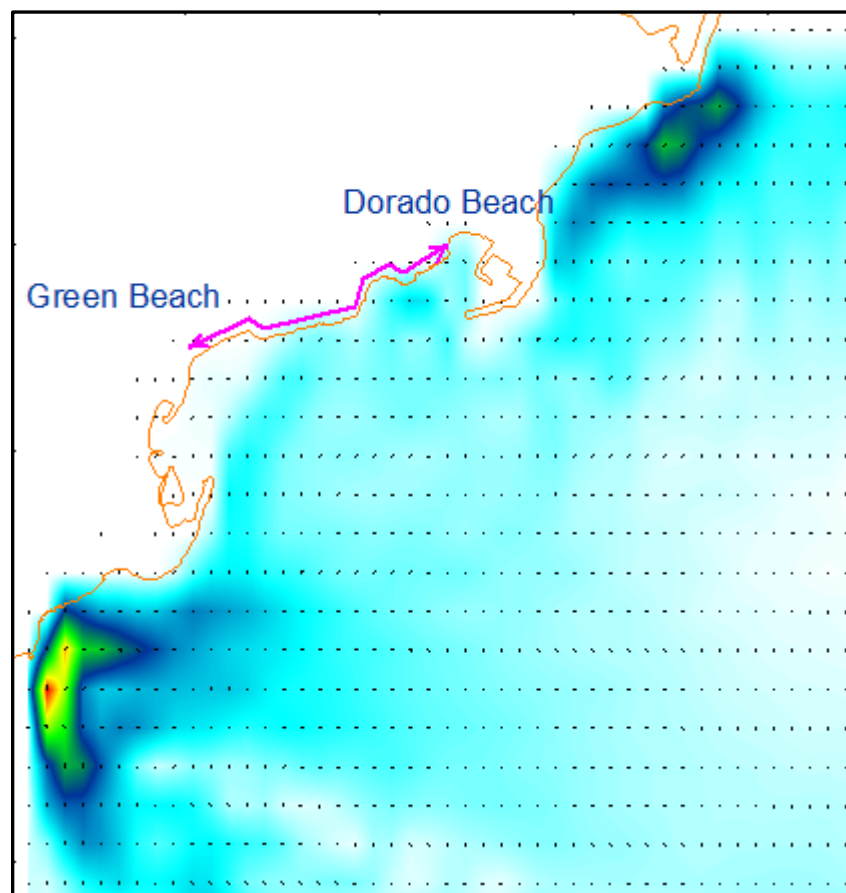
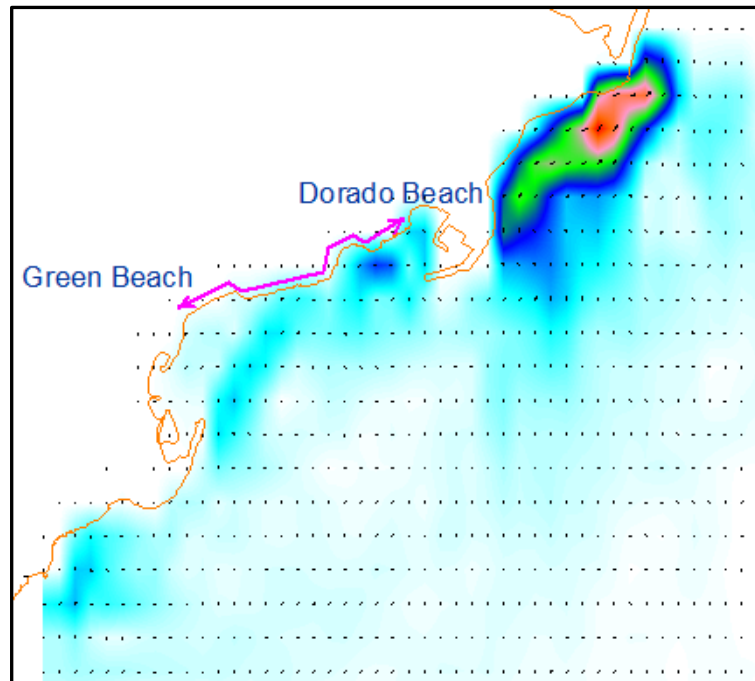


Imagen 5.2: Oleaje NE,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 10s$  en Pleamar



**Imagen 5.3:** Oleaje N,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 10s$  en Pleamar

En las simulaciones con oleaje del régimen extremal se observa cómo para los oleajes del sector SW y SSW las corrientes toman dirección NW, pero cuando el oleaje procede del sector WSW las corrientes toman dirección W en el entorno de la Playa de La Carrera y del SE en el entorno del Aquamarina.

En cuanto a las velocidades, los valores máximos en la zona de estudio se producen en las zonas S, con velocidades que varían entre 0.24-0.32 m/s para los oleajes de SW y SSW, y entre 0.38-0.4 m/s para los oleajes del WSW.

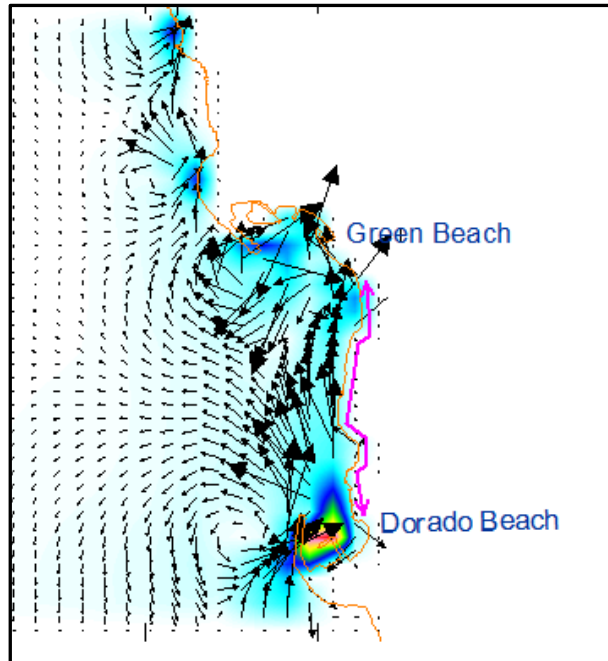


Imagen 5.4: Oleaje SSW,  $H_s = 5.81m$ ,  $T_p = 15s$  en Pleamar

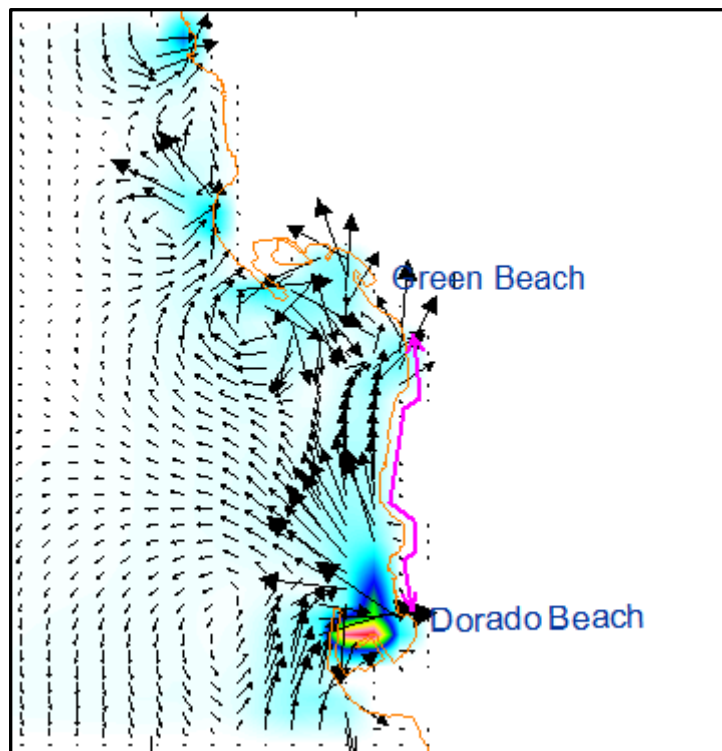
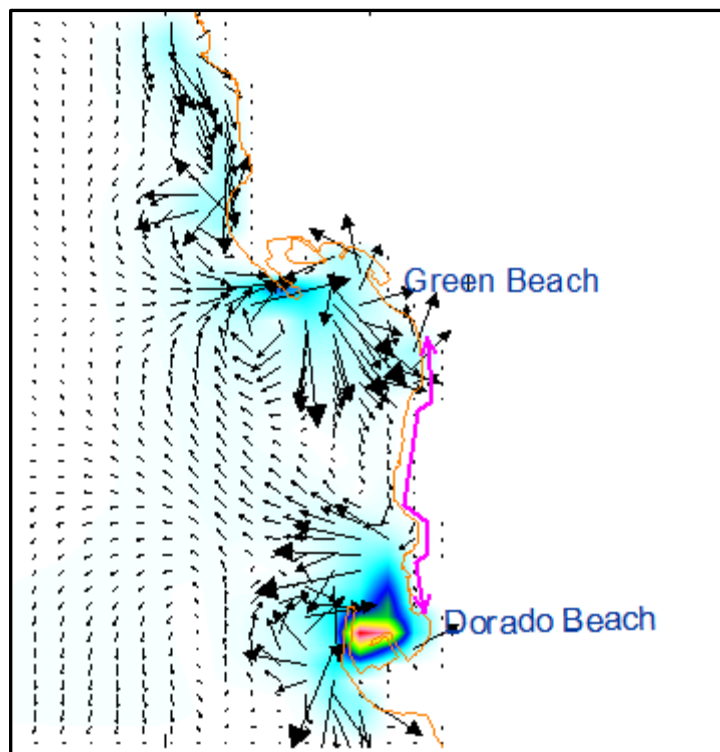


Imagen 5.5: Oleaje SW,  $H_s = 7.61m$ ,  $T_p = 15s$  en Pleamar



**Imagen 5.6:** Oleaje WSW,  $H_s = 8.20m$ ,  $T_p = 15s$  en Pleamar

Todos los gráficos pueden consultarse en el *Apéndice 2: Gráficos de SMC Cambio Climático*

### 1. Transporte Sedimentario

En las simulaciones con oleaje del régimen medio se observa cómo el transporte es muy poco significativo. Los valores son prácticamente nulos. Esto concuerda con los resultados de los valores de corrientes, ya que estas al tomar velocidades tan bajas no producen un transporte litoral importante.

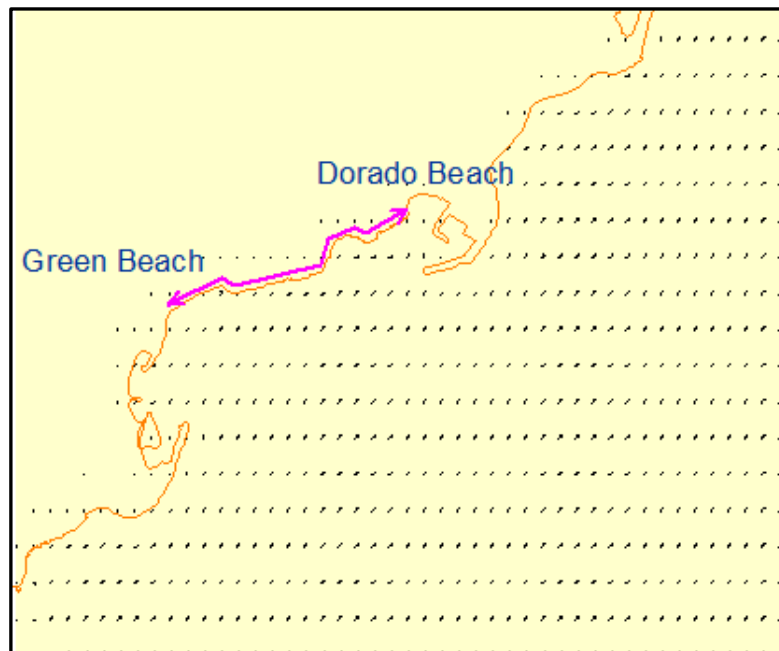


Imagen 5.7: Oleaje NE,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 10s$  en Pleamar

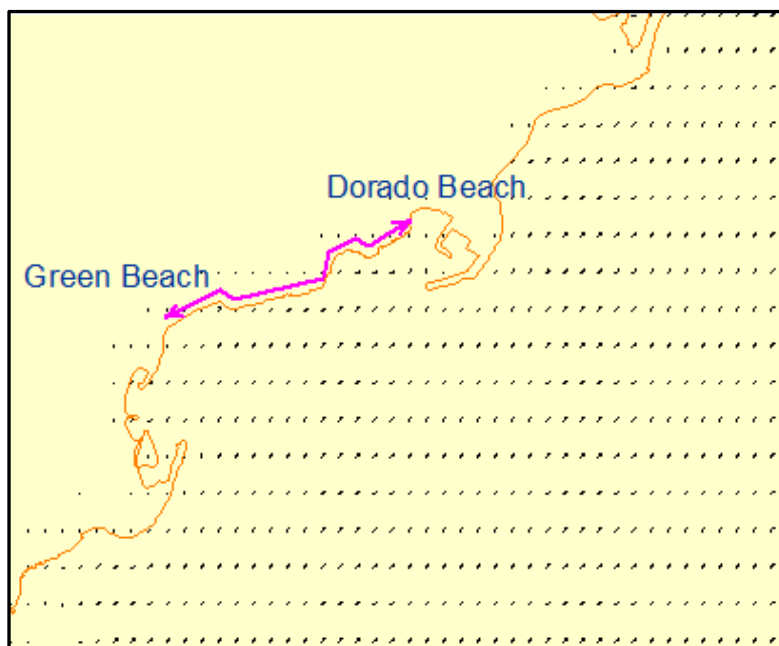


Imagen 5.8: Oleaje N,  $H_s = 1.5m$ ,  $T_p = 10s$  en Pleamar

En las simulaciones con oleaje del régimen extremal se observas que el transporte toma dirección NW para los oleajes que proceden del SW y SSW, y para los oleajes que proceden del WSW el transporte toma dirección W en el entorno de la Playa de La Carrera y dirección SE en el entorno de Aquamarina. Esto coincide con los resultados en dirección de las corrientes de rotura.

En cuanto a los valores, el mayor transporte se produce al N y al S de la zona de estudio. Los valores varían entre 23 – 30 m<sup>3</sup>/h/m.l. para los oleajes del SSW al N, y valores en torno a 100m<sup>3</sup>/h/m.l. o superiores para el oleaje del SSW y WSW.

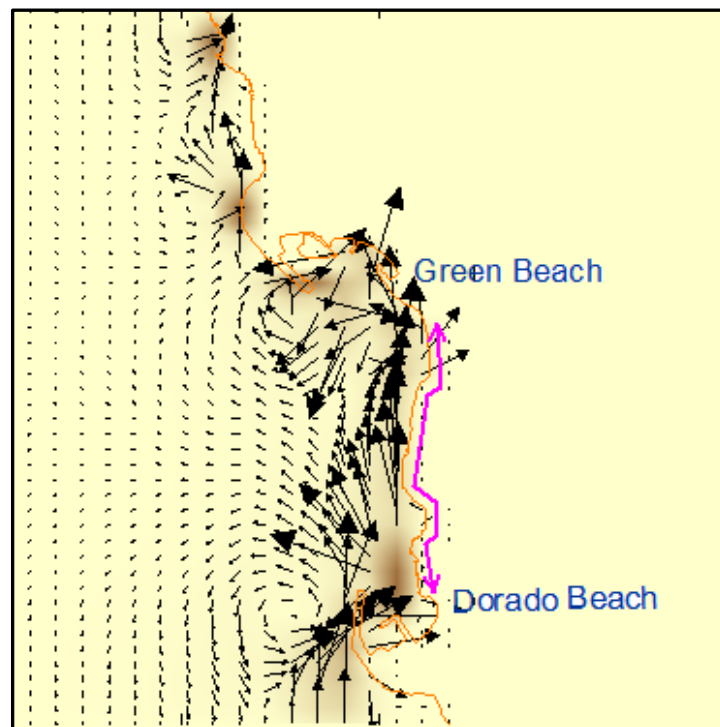
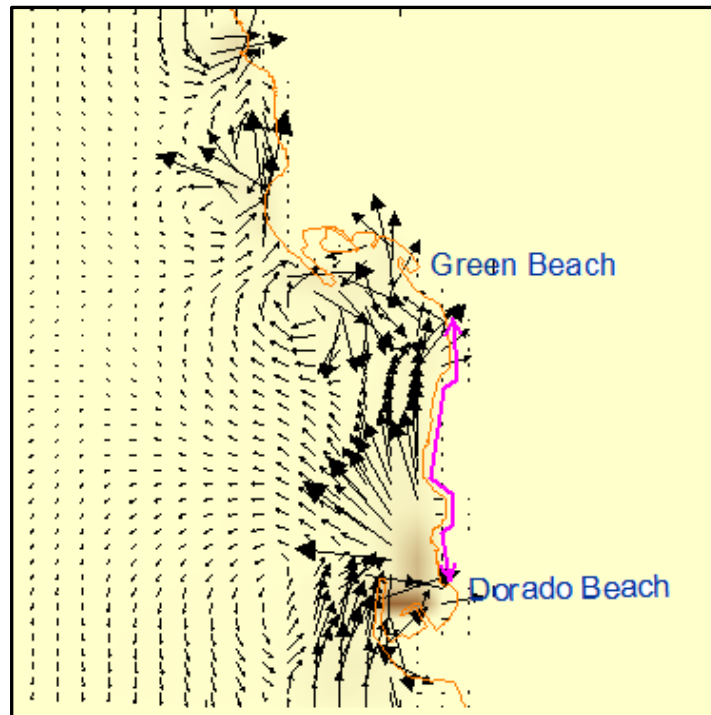
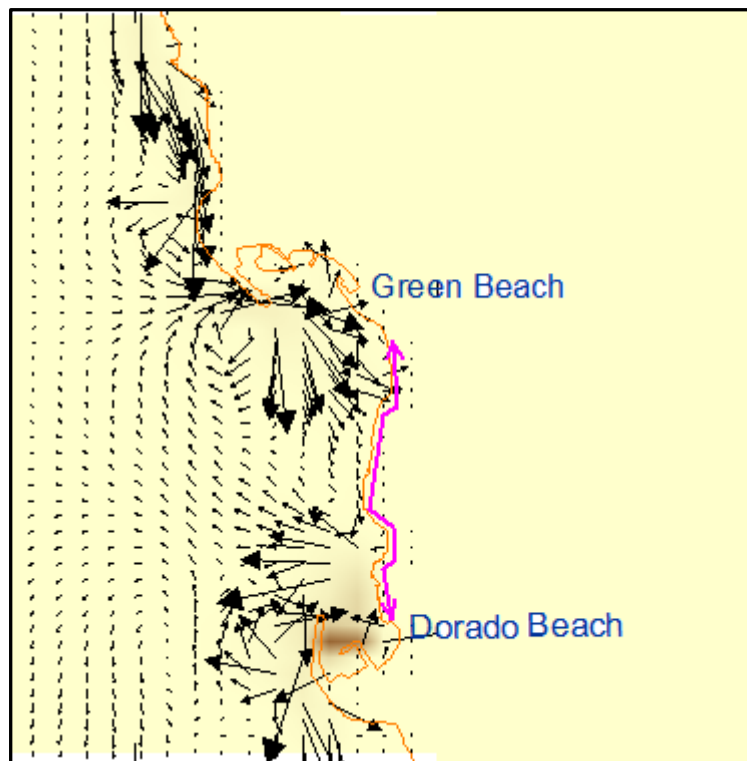


Imagen 5.9: Oleaje SSW, Hs = 5.81m, Tp = 15s en Pleamar





**Imagen 5.10:** Oleaje SW,  $H_s = 7.61m$ ,  $T_p = 15s$  en Pleamar



**Imagen 5.11:** Oleaje WSW,  $H_s = 8.20m$ ,  $T_p = 15s$  en Pleamar

Todos los gráficos pueden consultarse en el *Apéndice 2: Gráficos de SMC Cambio Climático*

## **6.- CONCLUSIONES**

El material nativo de la zona de estudio se caracteriza por ser mayoritariamente arenas finas, con un  $D_{50}$  de 0,2mm para la zona de playa seca y arenas medias con un  $D_{50}$  de 0,5mm para la zona infralitoral.

En cuanto al Límite de Transporte Significativo o Profundidad de Cierre, los resultados muestran que éste se establece entre las batimétricas -15 y -18m con condiciones de oleaje de temporal, y una batimétrica de -7m para un oleaje medio.

Los valores de transporte potencial anual obtenidos muestran valores positivos, es decir que el transporte toma dirección SE-NW. La distribución de este transporte potencial mensual, tanto en datos brutos como netos, se intensifica durante los meses de invierno y disminuye en los meses de verano.


Con estas características y las condiciones de oleaje obtenidas de estudio de clima marítimo, los resultados obtenidos en cuanto a la dinámica litoral muestran que para oleajes procedentes del SW y SSW la dinámica litoral toma una dirección NW, pero para oleajes del WSW esta dinámica cambia su dirección a W en el entorno de la Playa de La Carrera y dirección SE en el entorno de Aquamarina.

En cuanto a los valores tanto de corrientes de rotura como de transporte potencial son prácticamente nulos cuando las condiciones de oleaje que se simulan son las del régimen medio. Cuando se considera el régimen extremal, estos valores aumentan, pero tampoco muestran resultados demasiado significativos. De igual manera ocurre cuando la simulación se realiza con las variaciones del nivel del mar producidas por el efecto del cambio climático.

Como conclusión, la obtención de los diferentes resultados nos muestra que la zona de estudio está conformada por arenas medias, donde su transporte en profundidad se produce hasta la batimétrica -7m en condiciones de oleaje medio y entre la -15 y -18m con oleaje de temporal. En general la dirección de esta dinámica es SE-NW, pero cambia W-SE cuando los oleajes proceden del WSW, y que las tasas de transporte potencial no son significativas.

Las Palmas de Gran Canaria a 30 de abril de 2019

La Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos.



Fdo.- Raquel García Ferrera

Colegiada nº 20.599

# APÉNDICE N° 1.

---

## CÁLCULOS DE LA DINÁMICA LITORAL

## **ÍNDICE**

<b>1.</b>	<b>CÁLCULO DEL LÍMITE DE TRANSPORTE SIGNIFICATIVO</b>	<b>1</b>
1.1.	FÓRMULA DE C. GARAU	1
1.2.	FÓRMULA DE HALLERMEIER - BIKERMEIER	1

## 1. CÁLCULO DEL LÍMITE DE TRANSPORTE SIGNIFICATIVO

Varios autores han descrito fórmulas para calcular esta profundidad de cierre, en este trabajo se utilizarán las siguientes:

### 1.1. Fórmula de C. Garau

Ajustó las dos expresiones basadas en las fórmulas de Swart, para determinar el L.T.S. y la cota de la berma de la playa, respecto al nivel de marea de cálculo.

$$(h_o) s/D_{50} = 7 * (0.992 - e^{-0.012 \frac{T_s^{1.6}}{D_{50}^{0.8}}})$$

$$h_m = 0.01 T_s^2 e^{\frac{3.4}{T_s^{0.2}}}$$
$$T_s = 0.95 T_p$$

$$\text{Máximo } T_p = 15s \rightarrow T_s = 0.95 * 19 = 14.25s$$

$$hm = 0.01 * 14.25^2 * e^{3.4/14.25^{0.2}}$$

$$hm = 14.98m \approx \mathbf{15m}$$

### 1.2. Fórmula de Hallermeier – Bikermeier

Con las simplificaciones aportadas por la CUR (Centre for Civil Engineering and Codes Rijswaterstaat) las fórmulas son las siguientes:

$$d_i = 2KHs_{0.137}$$

$$d_l = d_i/2$$

Donde:

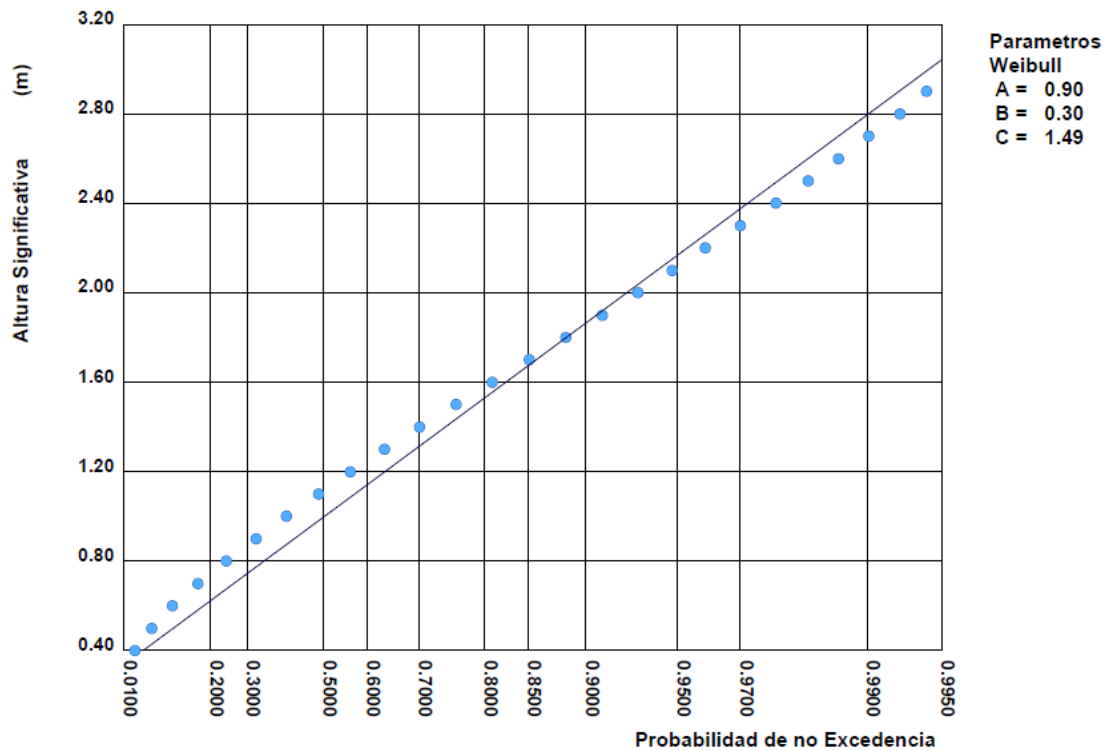
- $d_i$ : Profundidad máxima
- $d_l$ : Profundidad activa
- $Hs_{0.137}$ : Hs 12 h /año
- $K$  varía entre 2 y 1,46

Se ha elegido el WANA 1016022. Del régimen medio tomamos la distribución de Weibull, imagen

2.1.

REGIMEN MEDIO DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 1016011  
SERIE : Ene. 1958 - Ene. 2017  
PERIODO : Anual



**Imagen 2.1:** Distribución de Weibull obtenida del punto WANA 1016011(Fuente: Puertos del Estado)

La F.D.D. de Weibull es:

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

La  $H_s$  que se presenta 12 h / año, tiene una presentación de:

$$P = \frac{12}{356 * 24} = 0.00137$$

La Probabilidad de presentación de  $H_s \leq H_{s0,137} = 1 - 0,137 = 0,99863$

Sustituyendo en la expresión de la FDD de Weibull, tenemos:

$$0.99863 = 1 - \exp\left(-\left(\frac{H_{s0,137} - 0.30}{0.90}\right)^{1.49}\right)$$

Despejando  $H_{s0,137}$ :

$$H_{s0,137} = 3,49 \text{ m} \approx \mathbf{3,5 \text{ m}}$$

Dado que estas formulas no han sido taradas para las costas canarias, aplicando la formula

simplificada del CUR nos queda:

$$d_i = 2KHs_{0.137}$$

$$d_l = d_i/2$$

Según lo observado en el perfil natural los valores de "K" serían:

- Si L.T.S. = -38m → K= 5.43

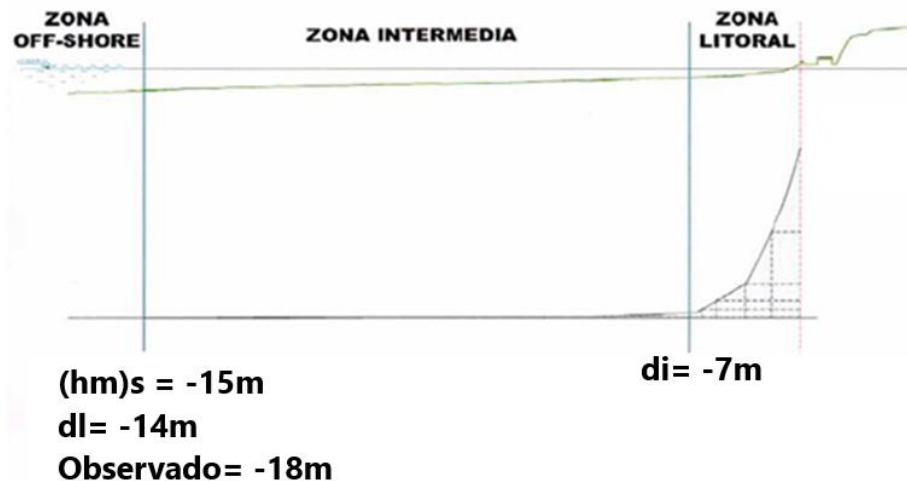
El máximo valor propuesto por el CUR (1987) es K=2. La profundidad del LTS y la profundidad activa toman los siguientes valores:

$$d_l: -7m$$

$$d_i: -14m$$

LTS	
Visual	-18m
Garau	-15m
Hallermeier - Bikermeier	dl: -14m di: -7m

Tabla 2.1: LTS obtenidos por los distintos métodos para la costa de Quintanilla



Las Palmas de Gran Canaria a 30 de abril de 2019

La Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos.

*(Firma manuscrita)*

Fdo.- Raquel García Ferrera

Colegiada n° 20.599

# APÉNDICE N° 2.

---

## GRÁFICOS SMC



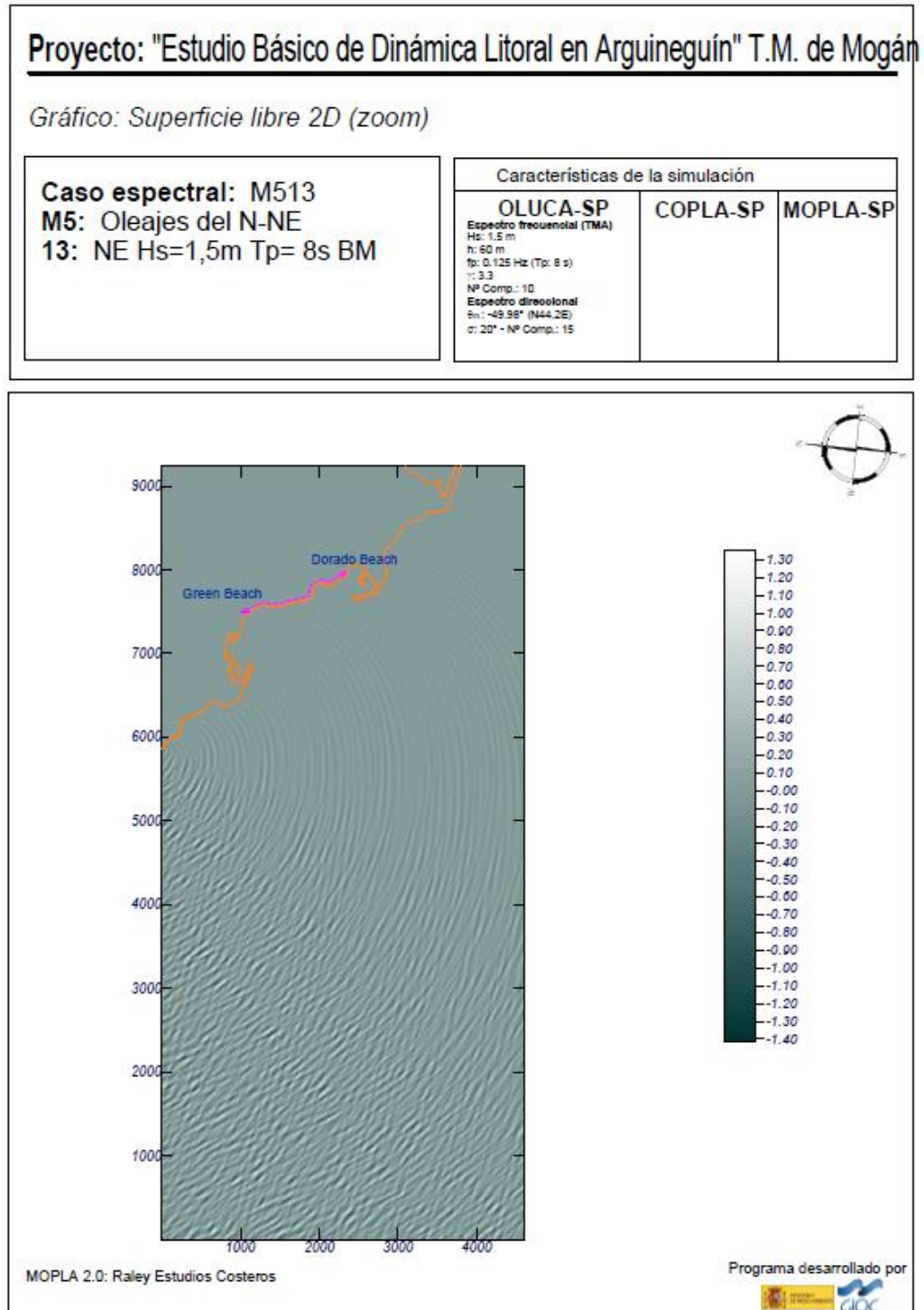
## ÍNDICE

1.- RESULTADOS	1
1.1.- GRÁFICOS DE SUPERFICIE LIBRE	1
1.2.- GRÁFICOS DE LAS CORRIENTES DE ROTURA	25
1.3.- GRÁFICOS DEL TRANSPORTE POTENCIAL	49
1.4.- GRÁFICOS DE SUPERFICIE LIBRE - EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO	73
1.5.- GRÁFICOS DE LAS CORRIENTES DE ROTURA - EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO	78
1.6.- GRÁFICOS DEL TRANSPORTE POTENCIAL - EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO	83
1.7.- SIMULACIONES DE OLAJE - ALTURA DE OLA DE CÁLCULO	88
1.7.1.- Malla utilizada	88
1.7.2.- Línea Batimétrica para el Estudio de la No Rotura	88
1.7.3.- Punto de Control para el Estudio de la Rotura	89
1.7.4.- Propagación del oleaje	90

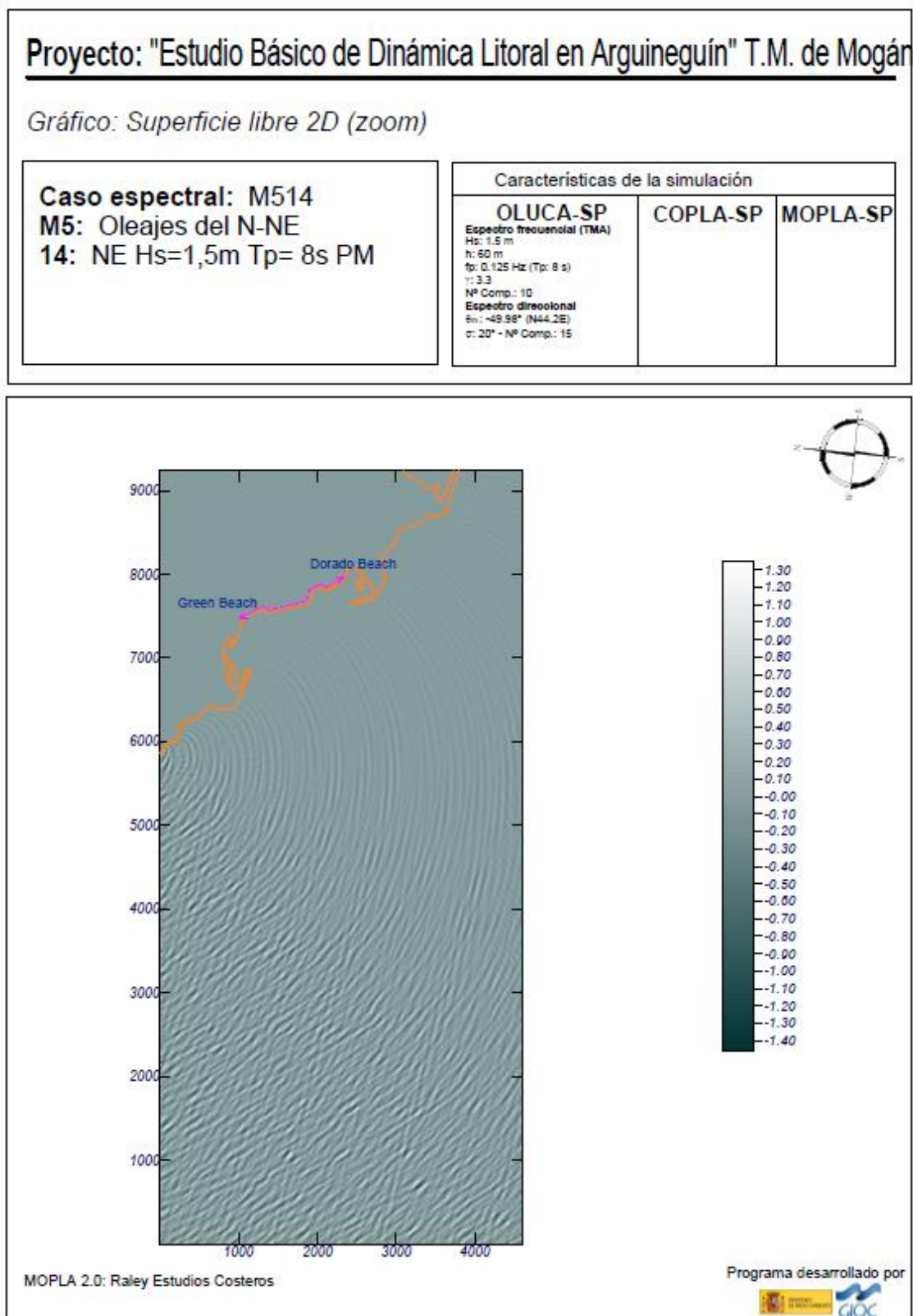
## 1.- RESULTADOS

### 1.1.- Gráficos de Superficie Libre

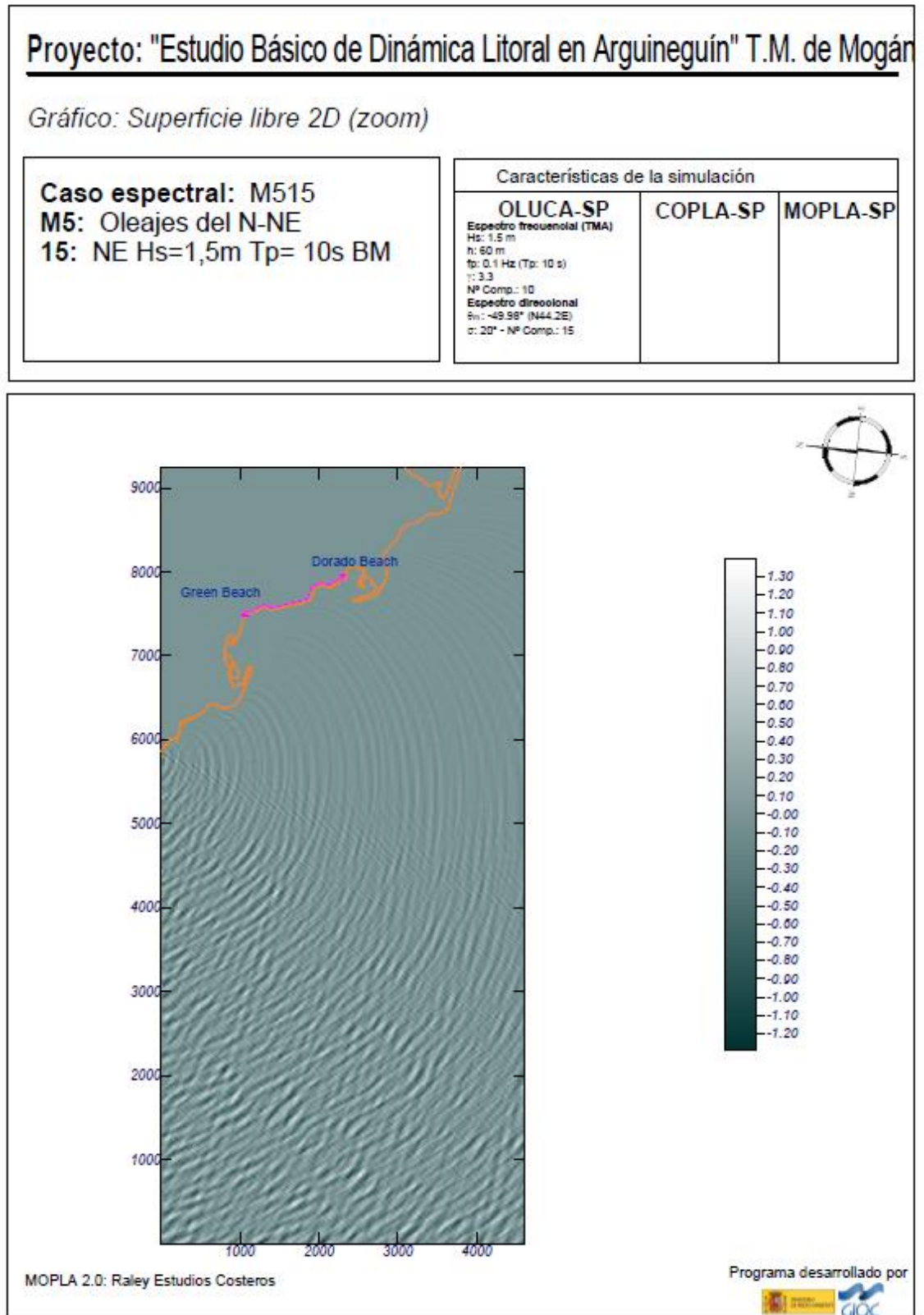
#### 1. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=8s, Bajamar



2. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=8s, Pleamar



3. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=10s, Bajamar



4. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar

Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán

Gráfico: Superficie libre 2D (zoom)

**Caso espectral: M516**  
**M5:** Oleajes del N-NE  
**16:** NE Hs=1,5m Tp= 10s PM

Características de la simulación

**OLUCA-SP**

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 1.5 m

h: 50 m

fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s)

r: 3.3

NP Comp.: 10

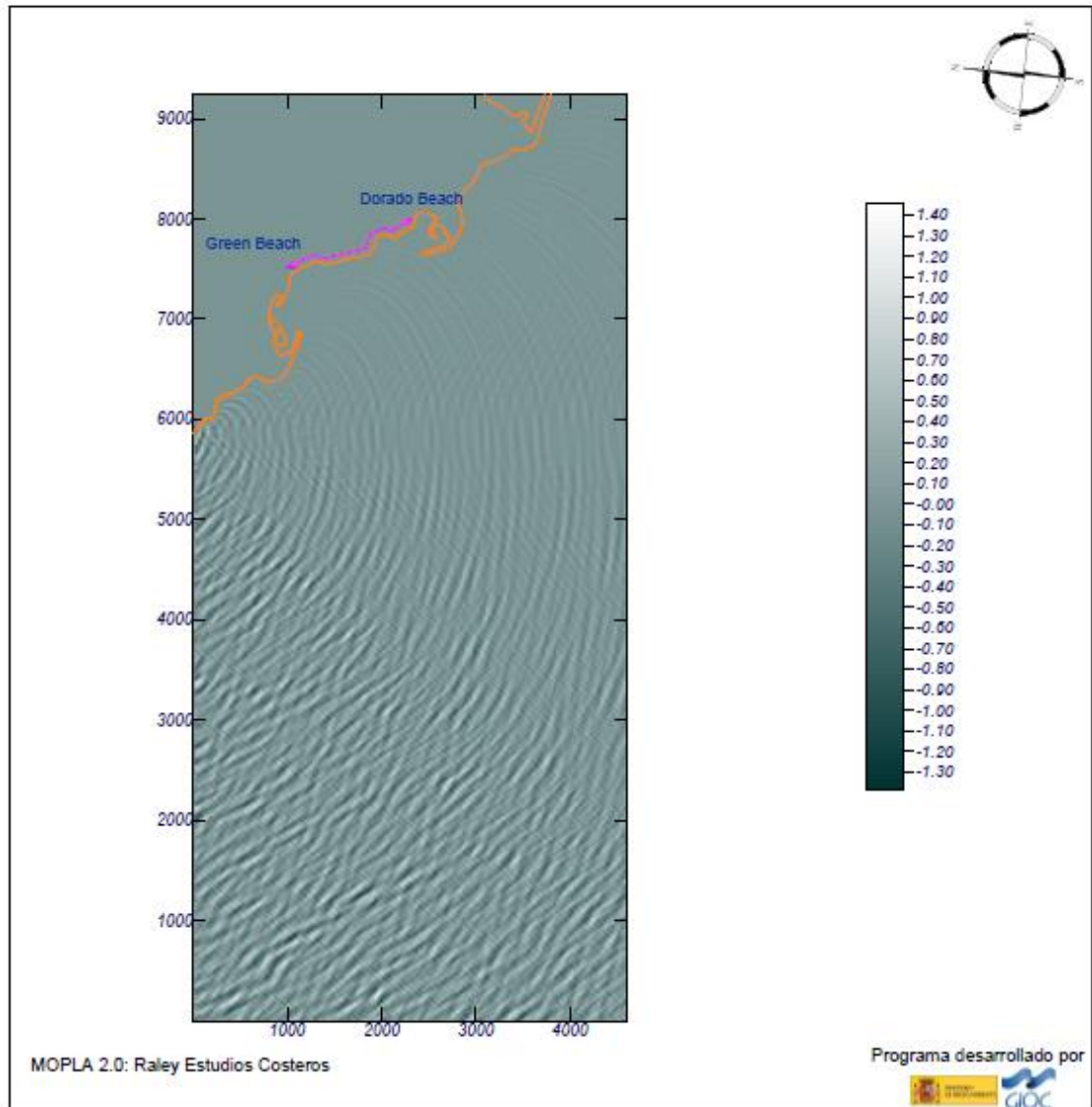
Espectro direccional

θm: -49.58° (N44.2E)

σ: 20° - NP Comp.: 15

**COPLA-SP**

**MOPLA-SP**



5. Dirección N, Hs= 1m, Tp=8s, Bajamar

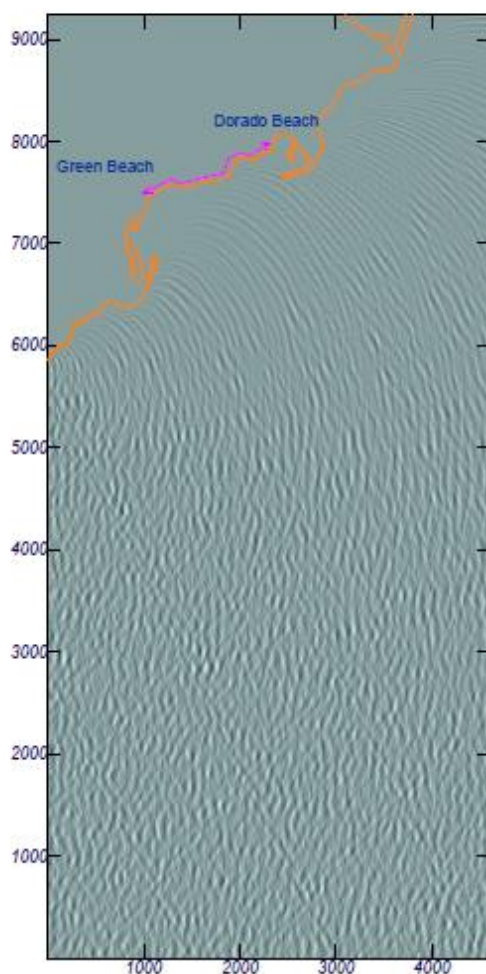
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Superficie libre 2D (zoom)

**Caso espectral: M517**  
**M5: Oleajes del N-NE**  
**17: N Hs=1m Tp= 8s BM**

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
<b>Espectro frecuencial (TMA)</b> Hs: 1 m h: 60 m Tp: 0.125 Hz (Tp: 8 s) r: 3.3 N° Comp.: 10 <b>Espectro direccional</b> θm: -5.18° (ND.4E) σ: 20° - N° Comp.: 15		



MOPLA 2.0: Raley Estudios Costeros

Programa desarrollado por



6. Dirección N, Hs= 1m, Tp=8s, Pleamar

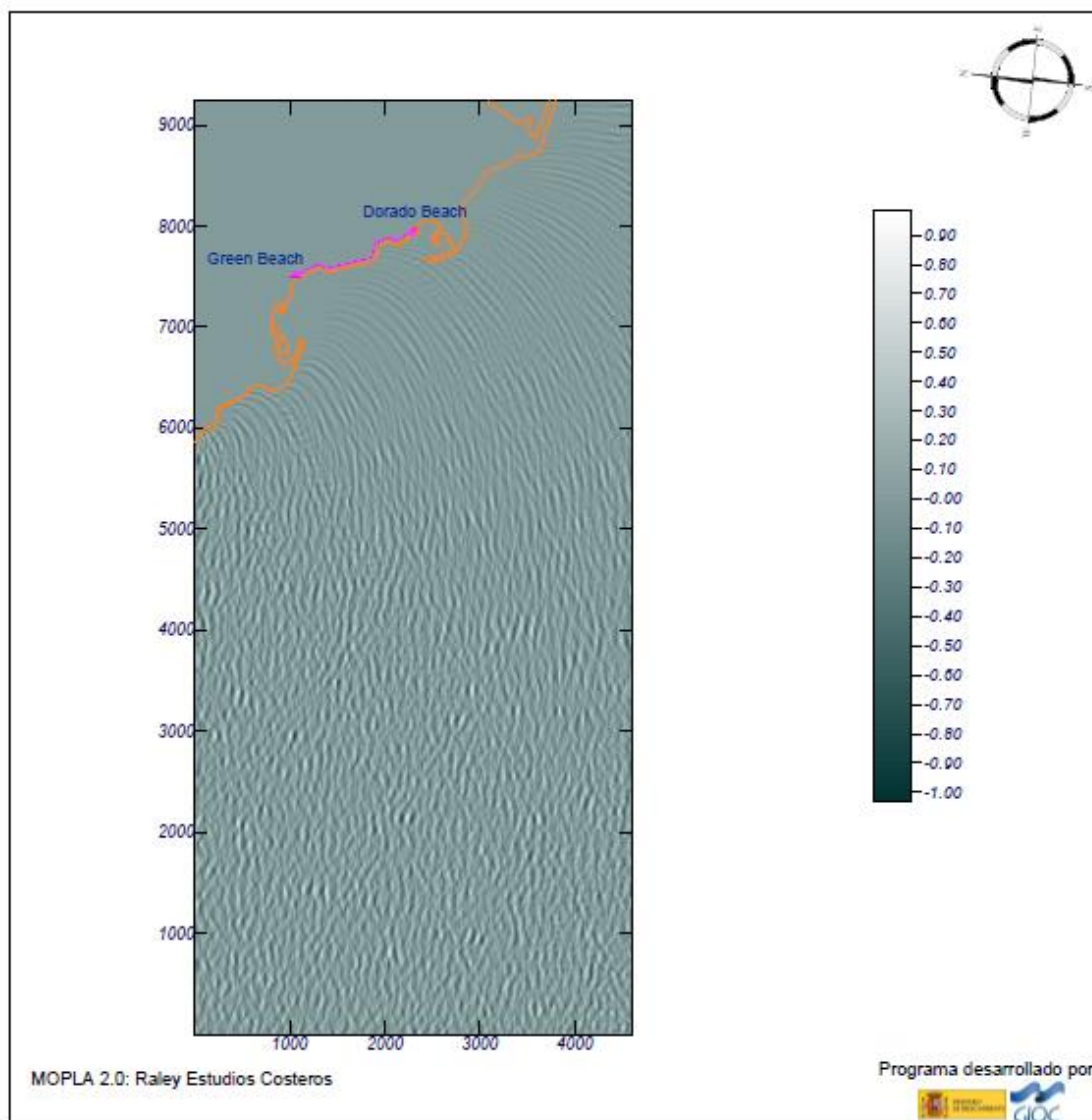
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Superficie libre 2D (zoom)

**Caso espectral: M518**  
**M5:** Oleajes del N-NE  
**18:** N Hs=1m Tp= 8s PM

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
<b>Espectro frecuencial (TMA)</b> Hs: 1 m h: 60 m fp: 0.125 Hz (Tp: 8 s) γ: 3.3 NP Comp.: 10 <b>Espectro direccional</b> θs: -6.18° (NO.4E) σ: 20° - NP Comp.: 15		



7. Dirección N, Hs= 1m, Tp=10s, Bajamar

**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Superficie libre 2D (zoom)

**Caso espectral: M519**  
**M5:** Oleajes del N-NE  
**19:** N Hs=1m Tp= 10s BM

Características de la simulación

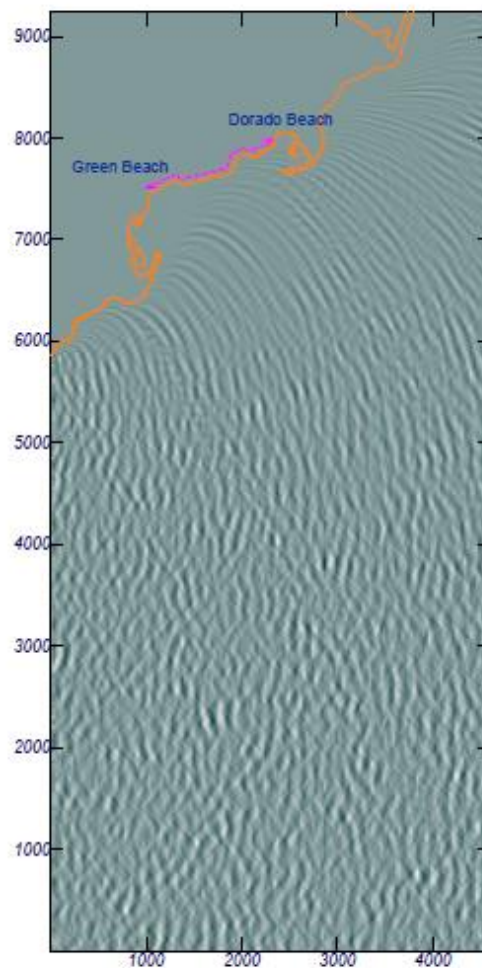
**OLUCA-SP**

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 1 m  
h: 60 m  
fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s)  
T: 3.3  
NP Comp.: 10  
Espectro direccional  
θm: -5.18° (NO.4E)  
σ: 20° - NP Comp.: 15

**COPLA-SP**

**MOPLA-SP**



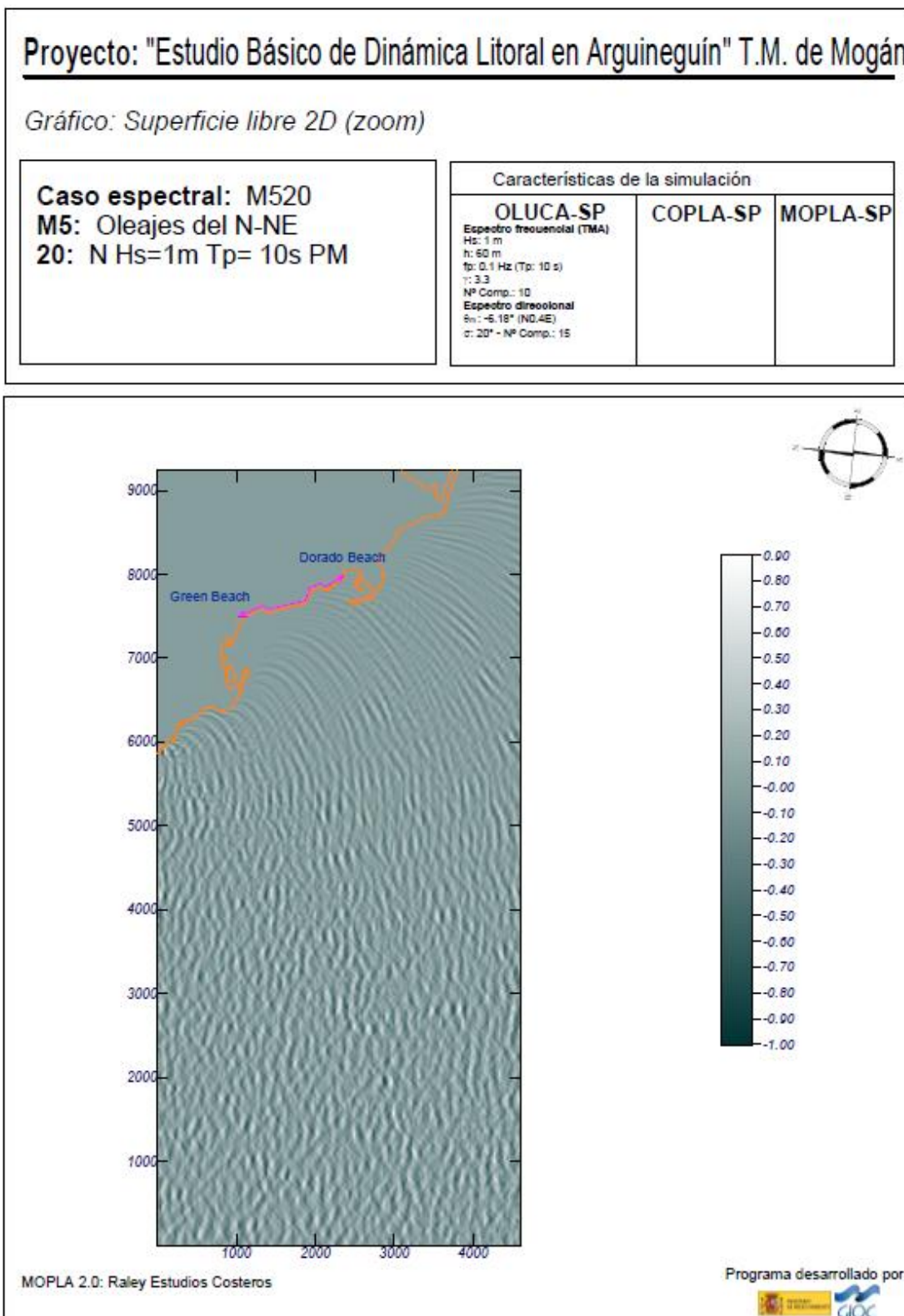
MOPLA 2.0: Raley Estudios Costeros

Programa desarrollado por





8. Dirección N, Hs= 1m, Tp=10s, Pleamar



9. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=8s, Bajamar

**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Superficie libre 2D (zoom)

**Caso espectral: M521**  
**M5: Oleajes del N-NE**  
**21: N Hs=1,5m Tp= 8s BM**

Características de la simulación

**OLUCA-SP**

Espectro frecuencial (TMA)

Hs: 1.5 m

Tp: 8 s

f<sub>0</sub>: 0.125 Hz (Tp: 8 s)

N Comp.: 10

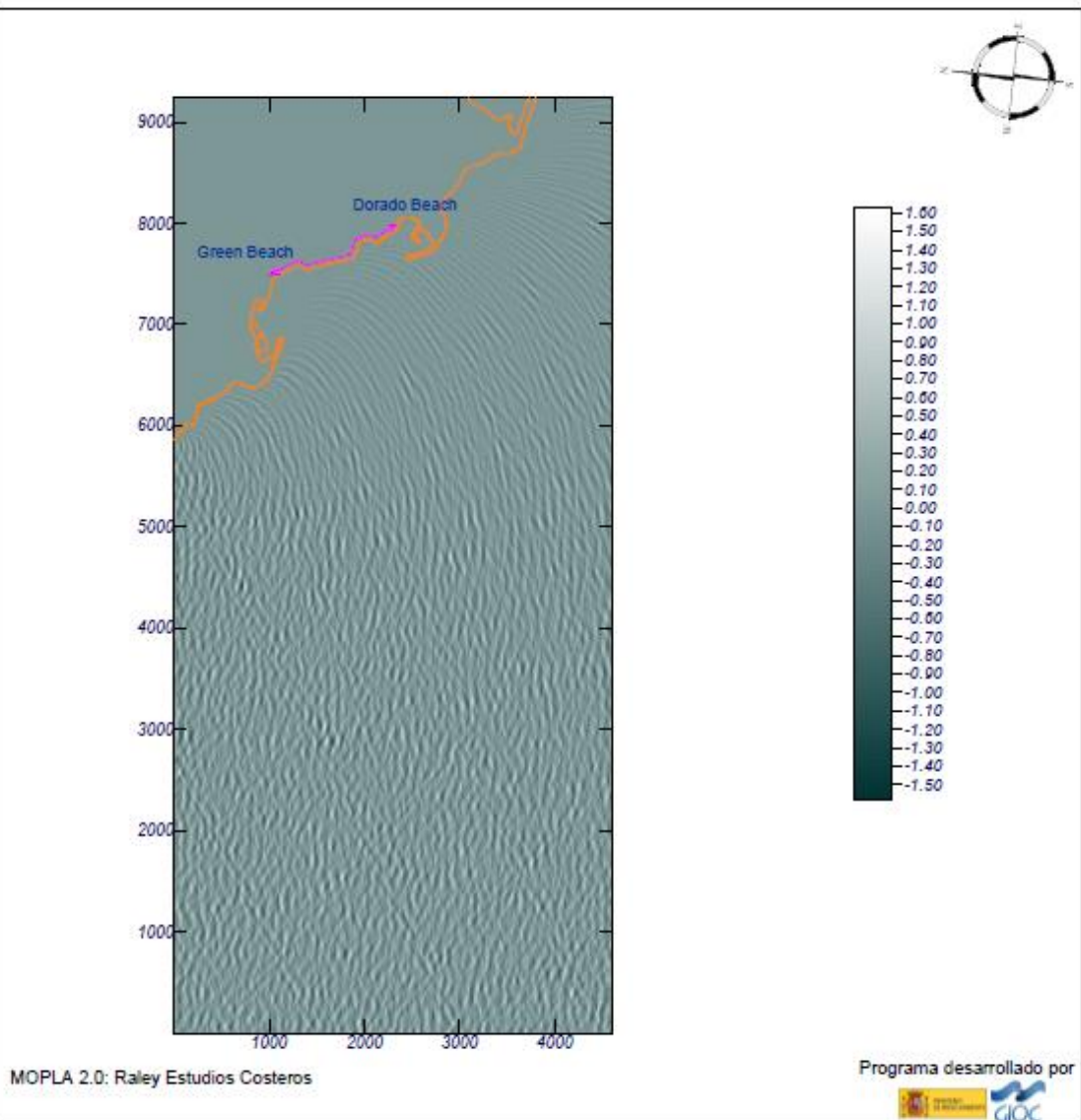
Espectro direccional

θ<sub>m</sub>: -5.38° (ND,4W)

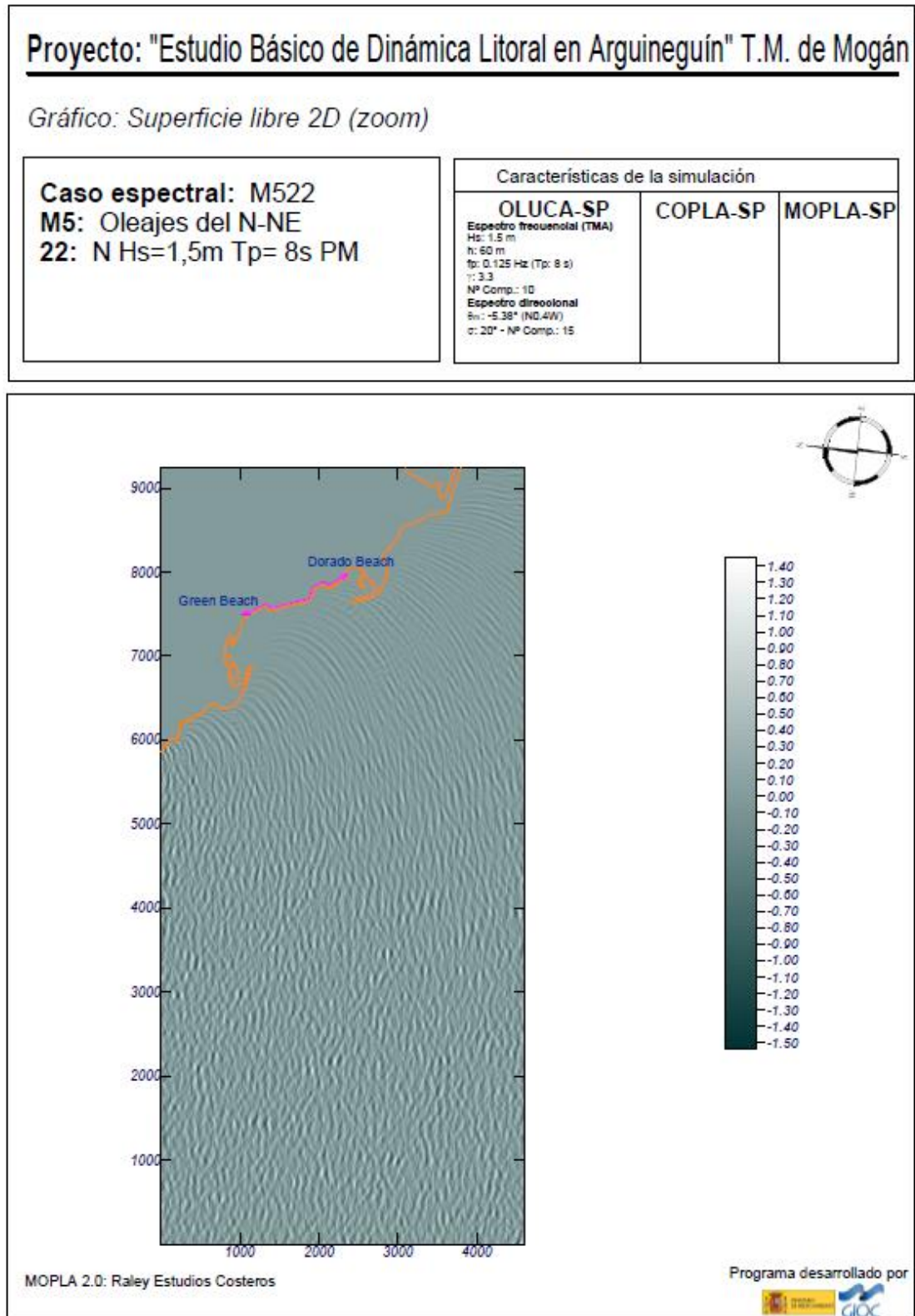
σ: 20° - N Comp.: 15

**COPLA-SP**

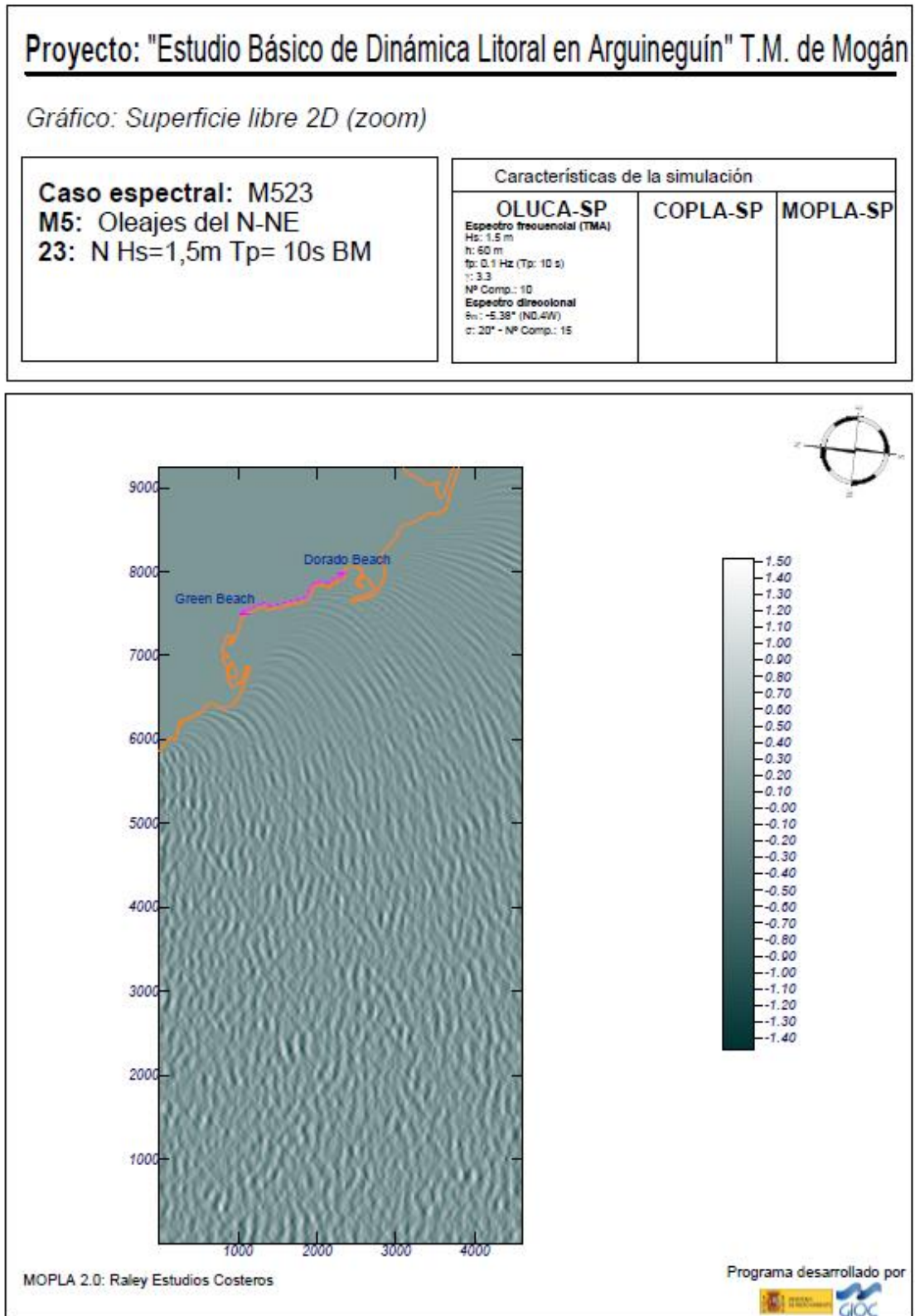
**MOPLA-SP**



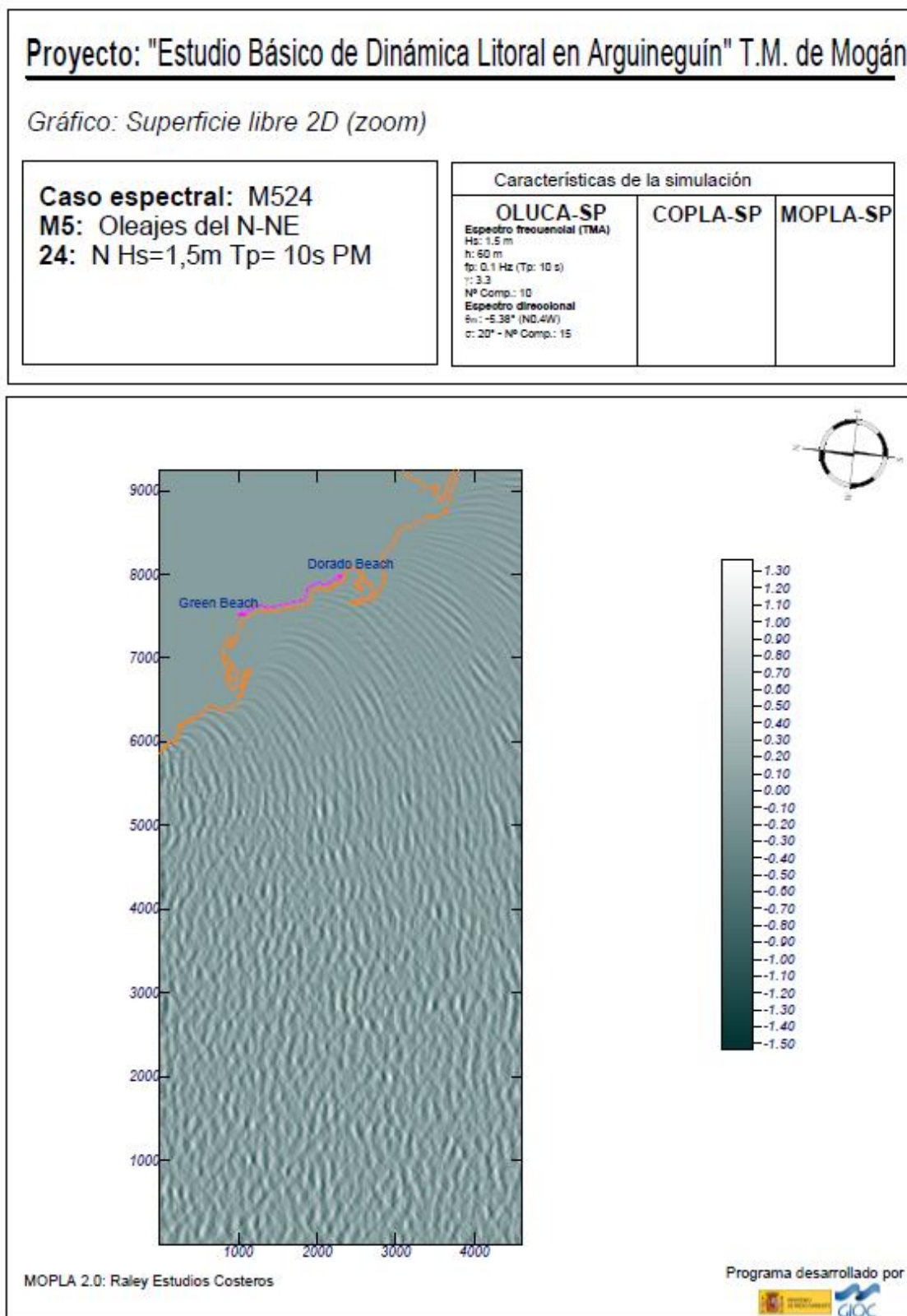
10. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=8s, Pleamar



11. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=10s, Bajamar



12. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar



13. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=13s, Bajamar

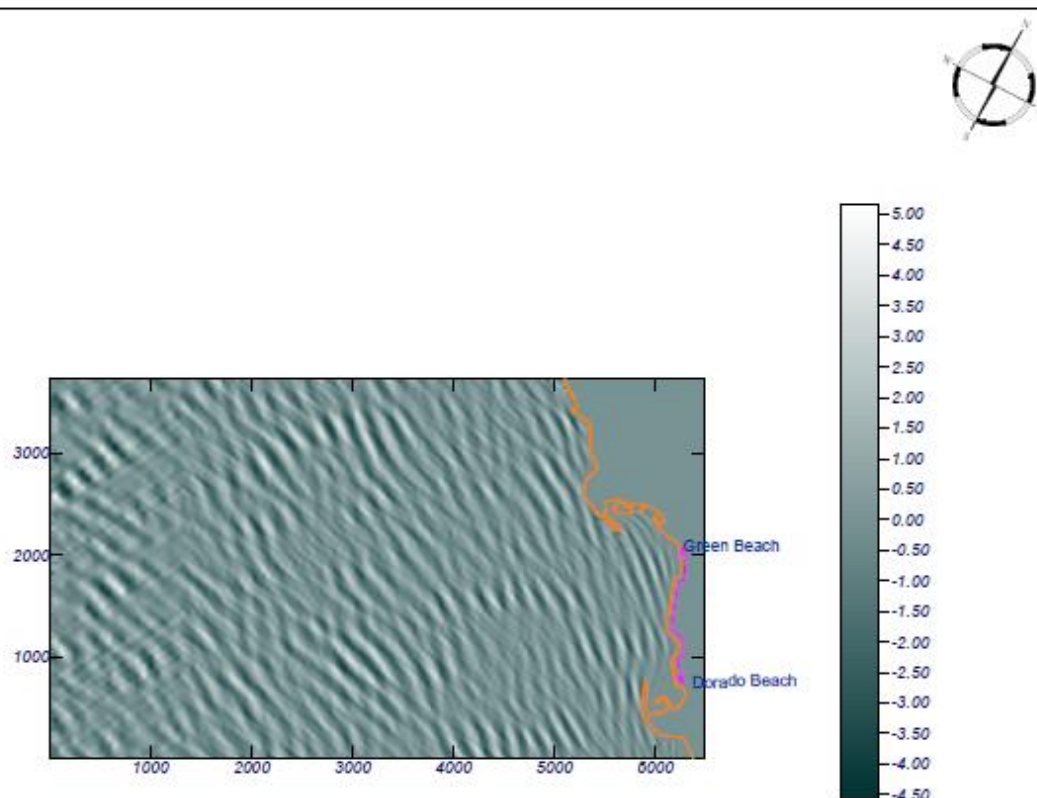
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Superficie libre 2D (zoom)

**Caso espectral: M625**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**25:** SSW, Hs= 5.81m, Tp= 13s BM

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
<b>Espectro frecuencial (TMA)</b> Hs: 5.81 m h: 60 m fp: 0.07692 Hz (Tp: 13.0005 s) T: 10 NP Comp.: 10 <b>Espectro direccional</b> θm: 40.36° (S22.5W) σ: 20° - NP Comp.: 15		

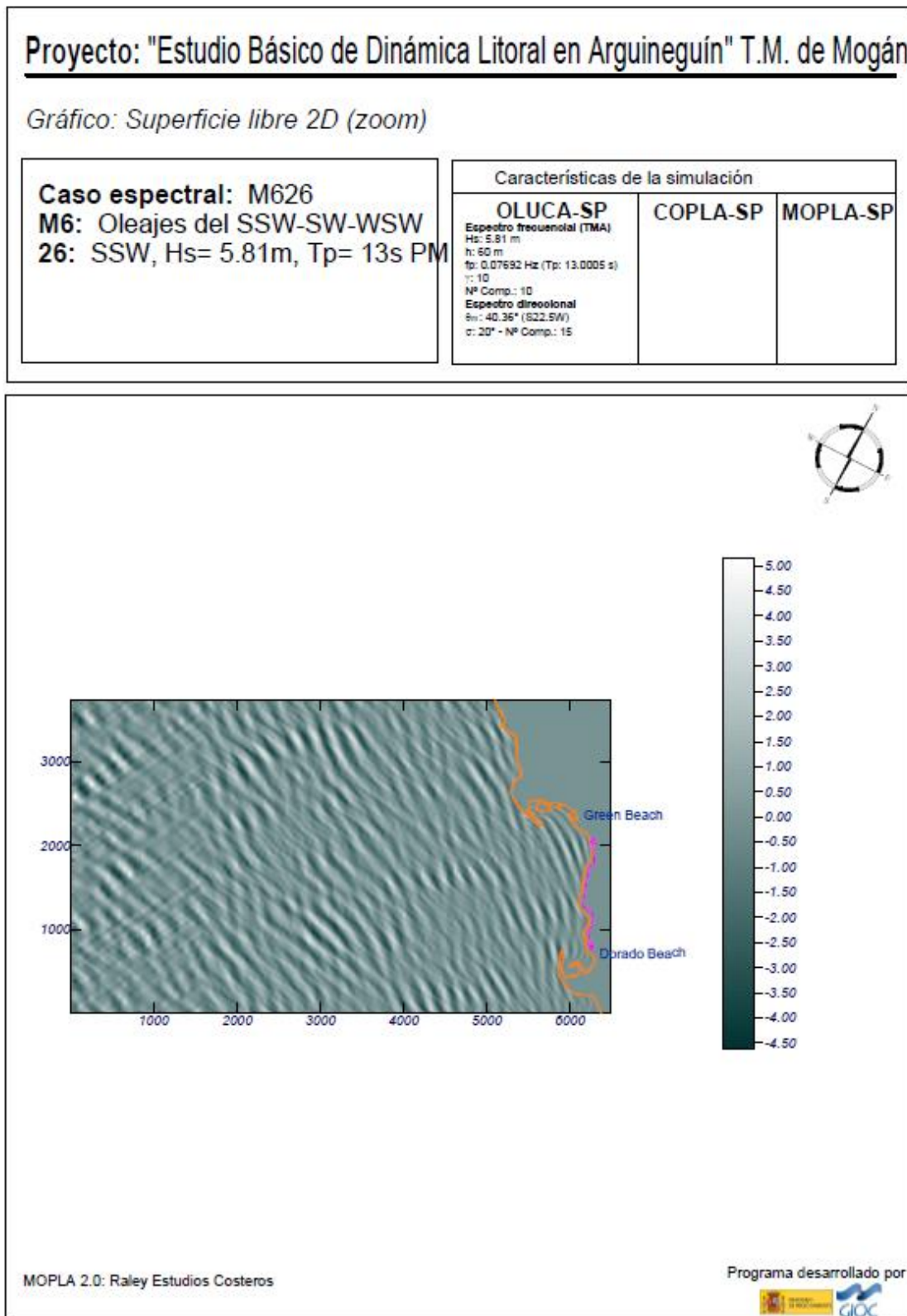


MOPLA 2.0: Raley Estudios Costeros

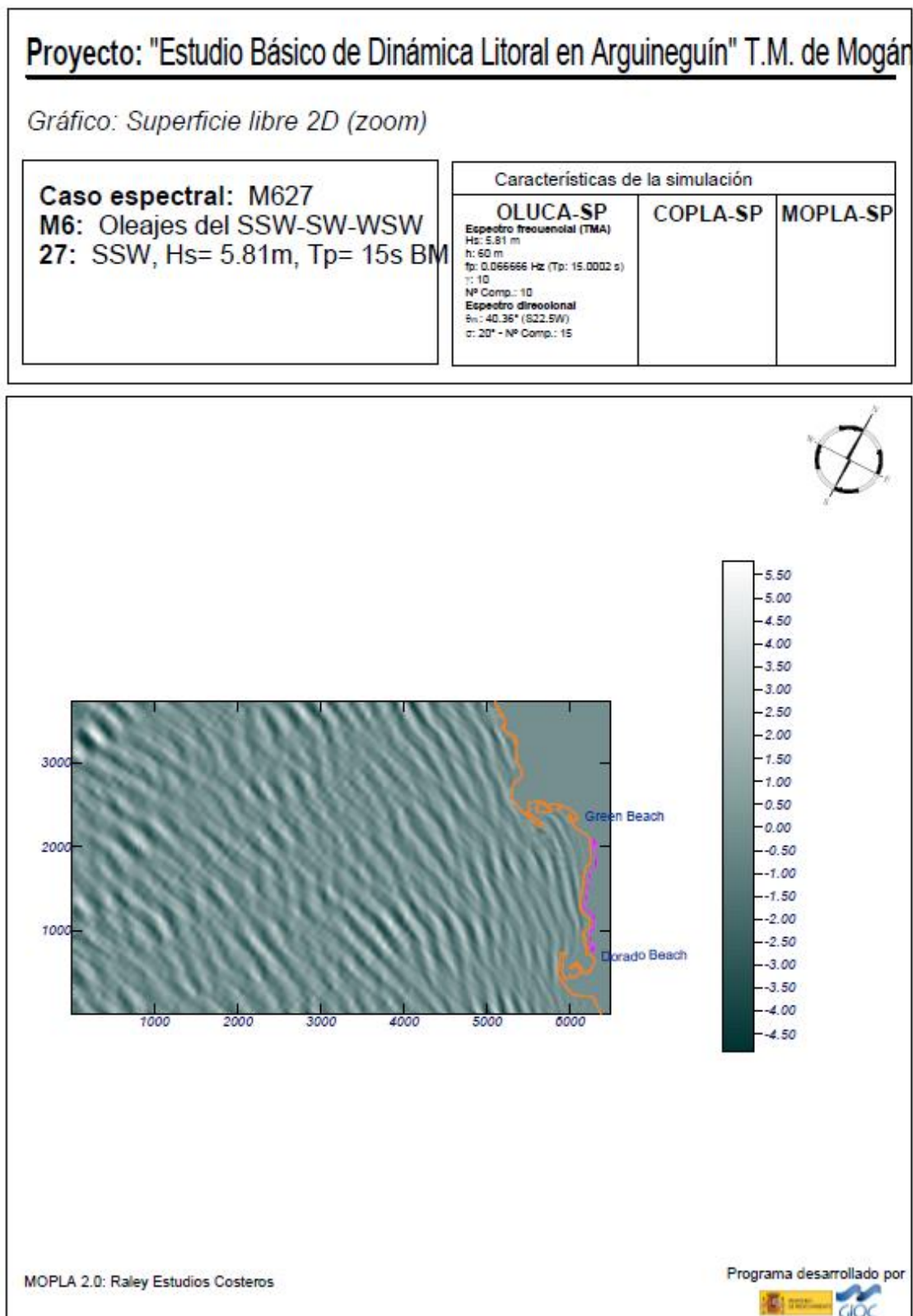
Programa desarrollado por



14. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=13s, Pleamar

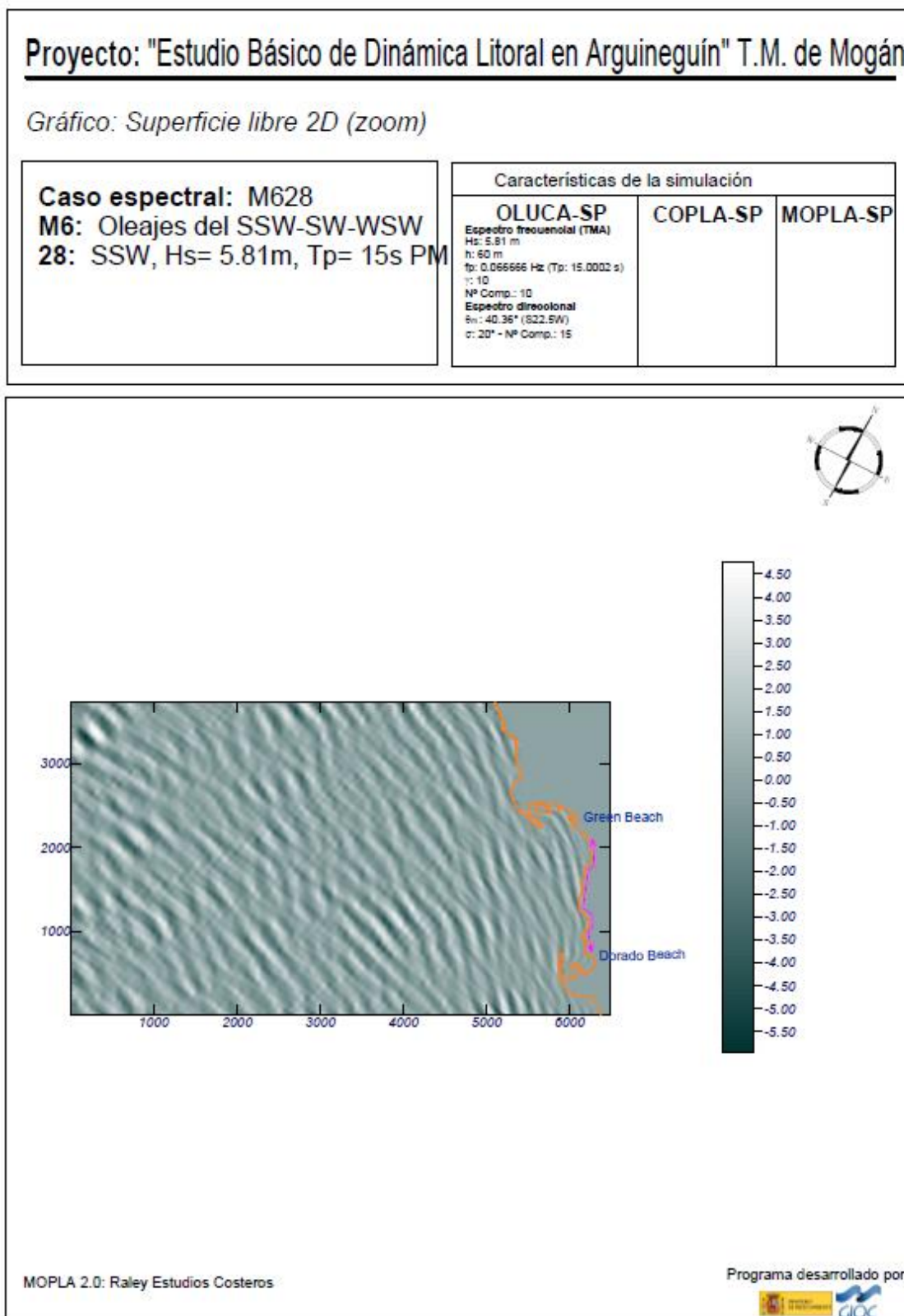


15. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=15s, Bajamar

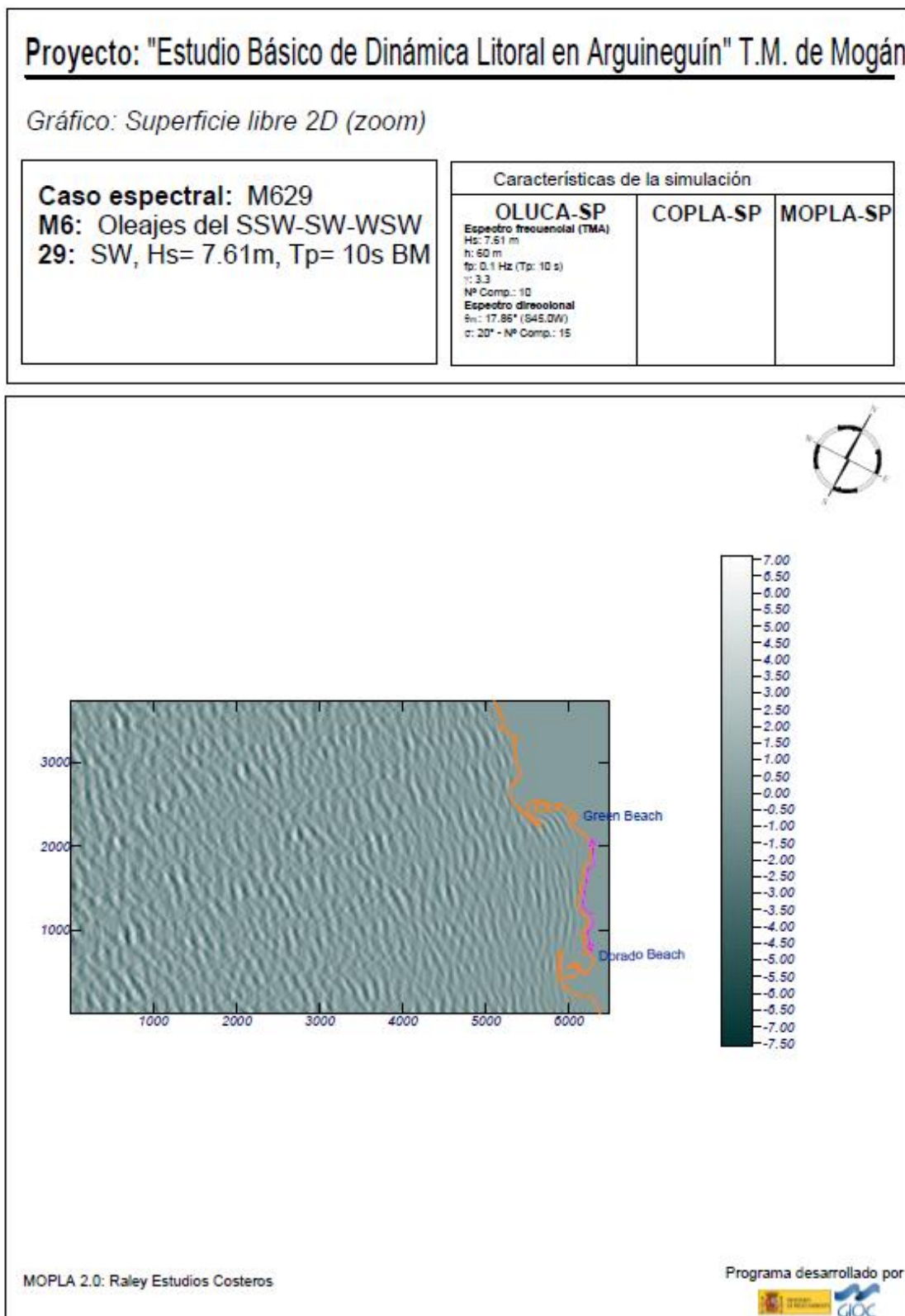




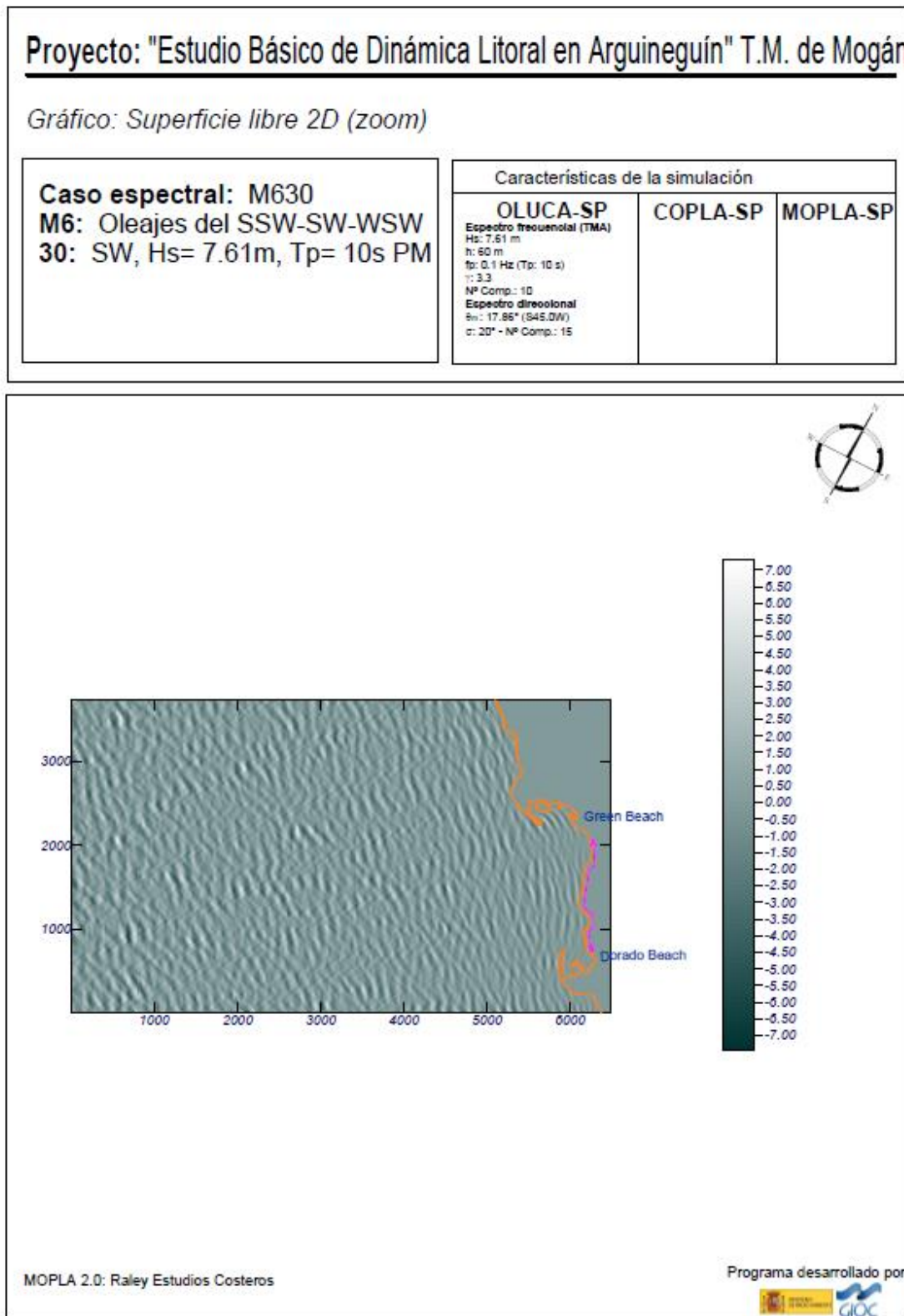
16. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=15s, Pleamar



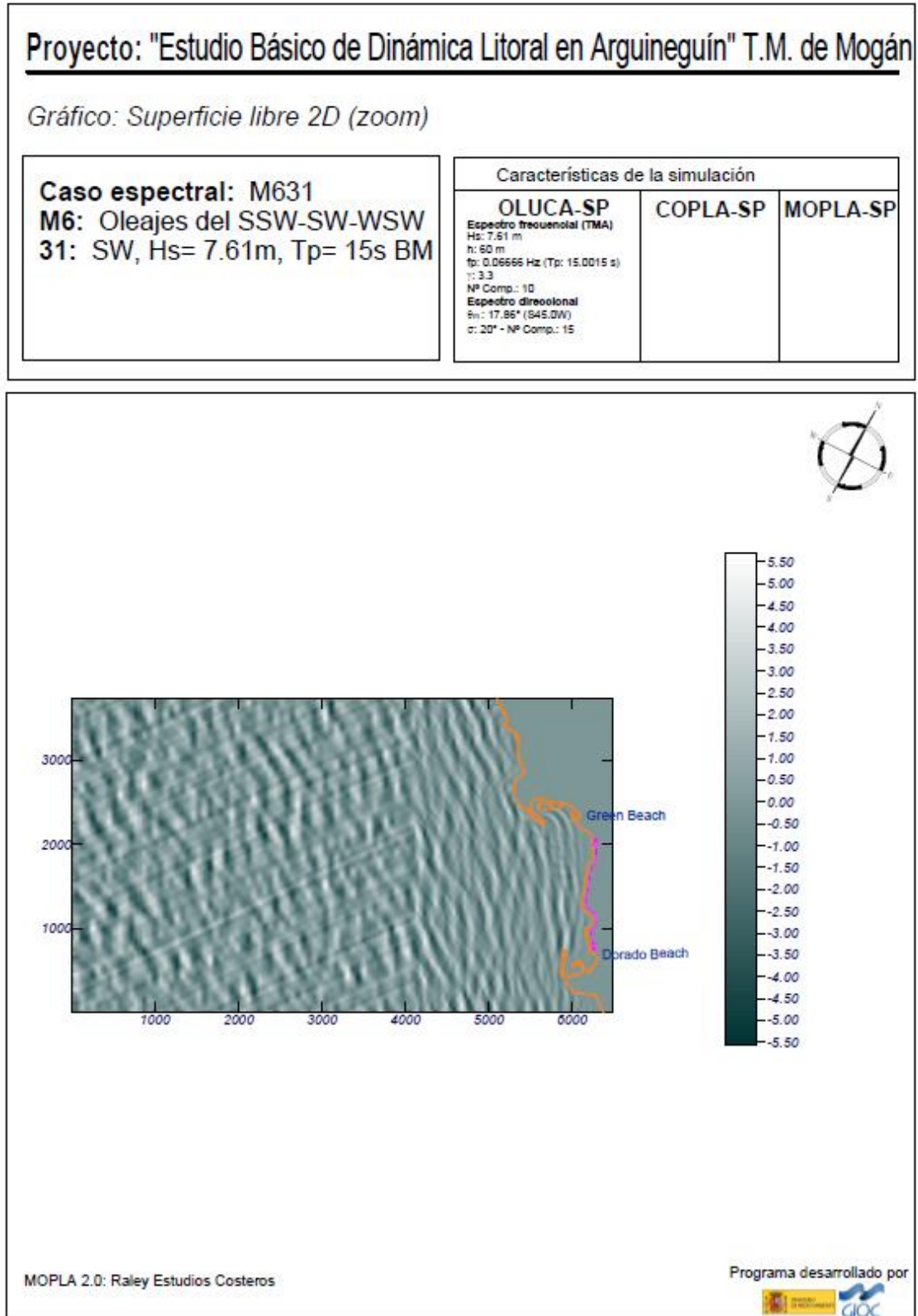
17. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=10s, Bajamar



18. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=10s, Pleamar



19. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=15s, Bajamar



20. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=15s, Pleamar

**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Superficie libre 2D (zoom)

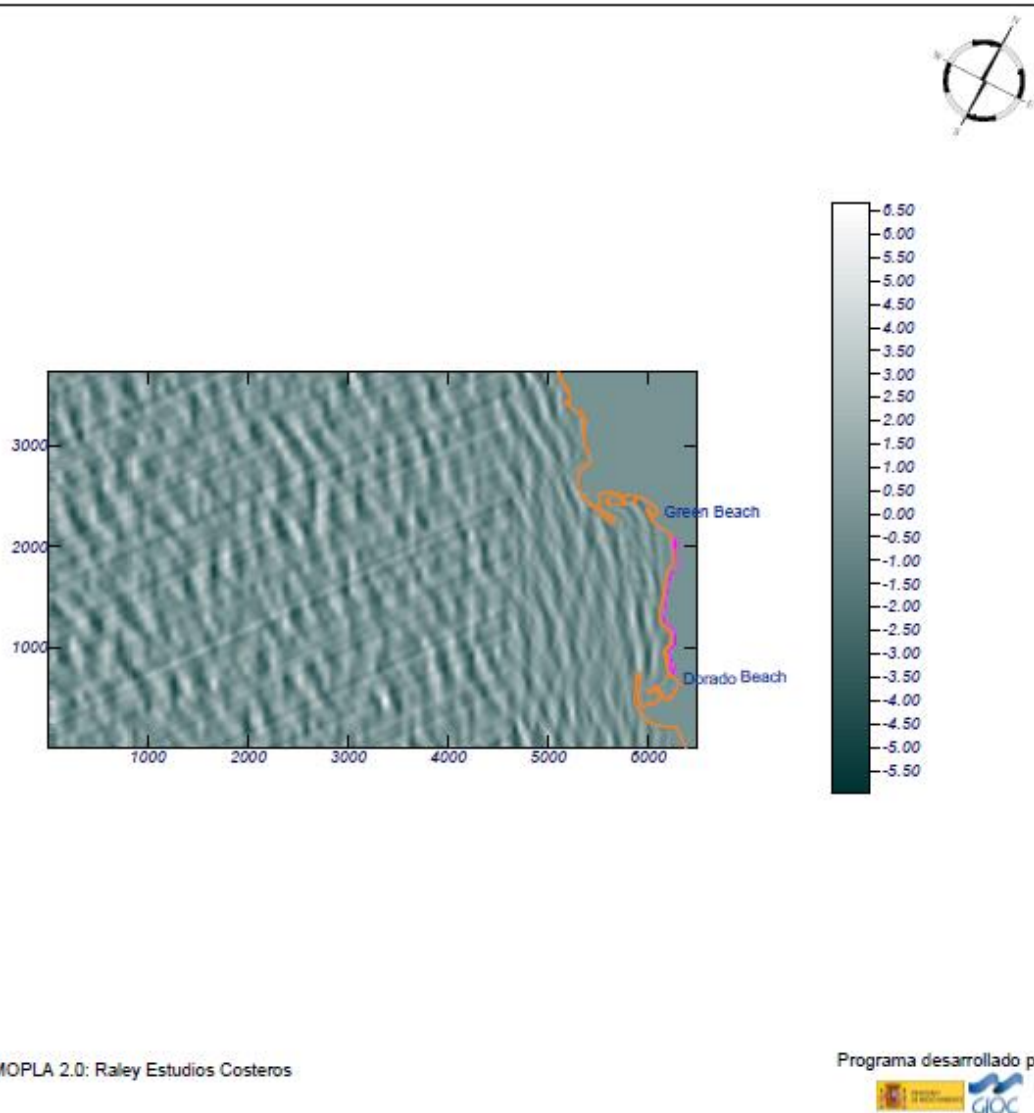
**Caso espectral: M632**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**32:** SW, Hs= 7.61m, Tp= 15s PM

Características de la simulación

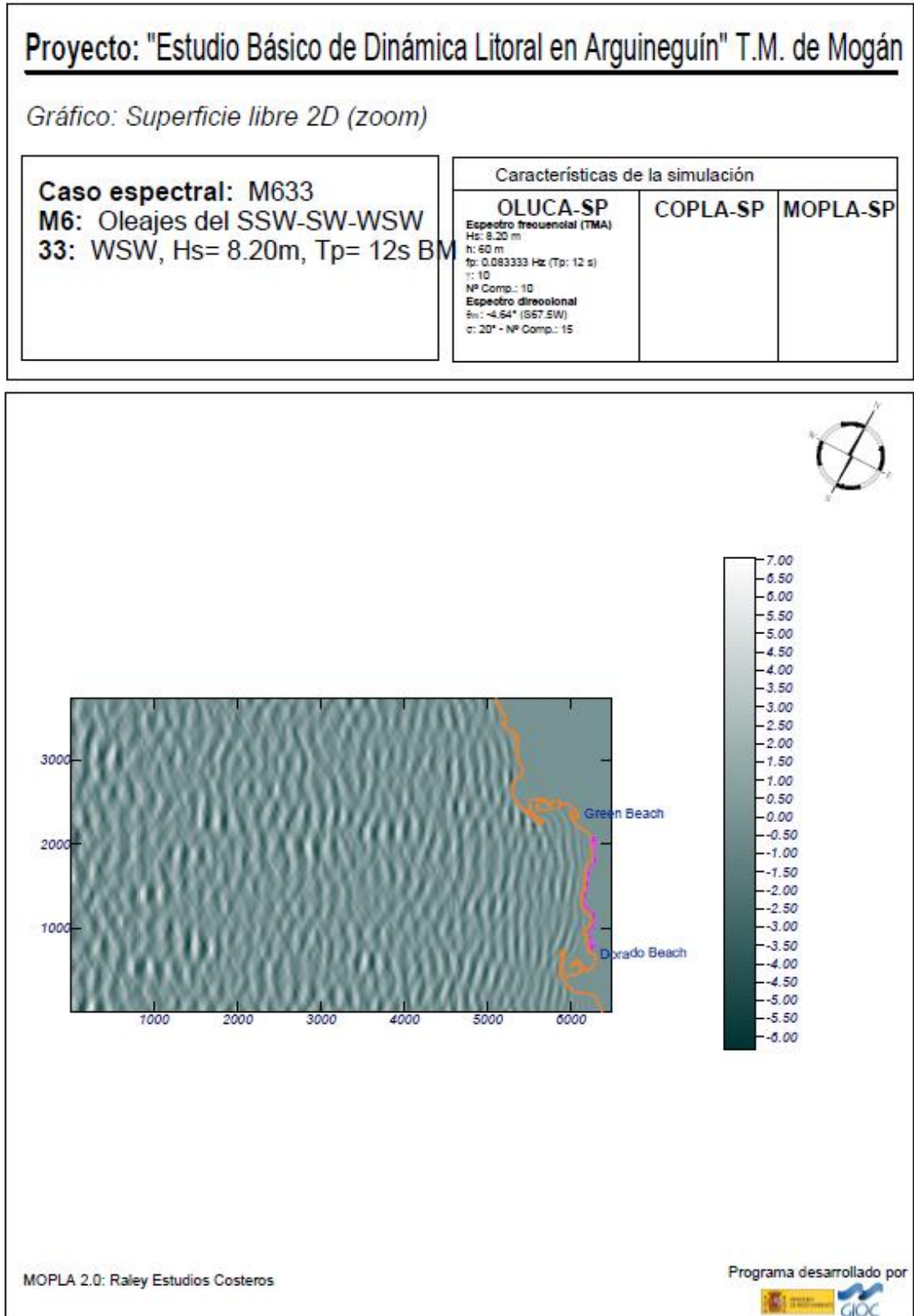
**OLUCA-SP**  
Espectro frecuencial (TMA)  
Hs: 7.61 m  
h: 60 m  
fp: 0.06666 Hz (Tp: 15.0015 s)  
γ: 3.3  
NP Comp.: 10  
Espectro direccional  
θm: 17.86° (S45.0W)  
σ: 20° - NP Comp.: 15

COPLA-SP

MOPLA-SP



21. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=12s, Bajamar



22. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=12s, Pleamar

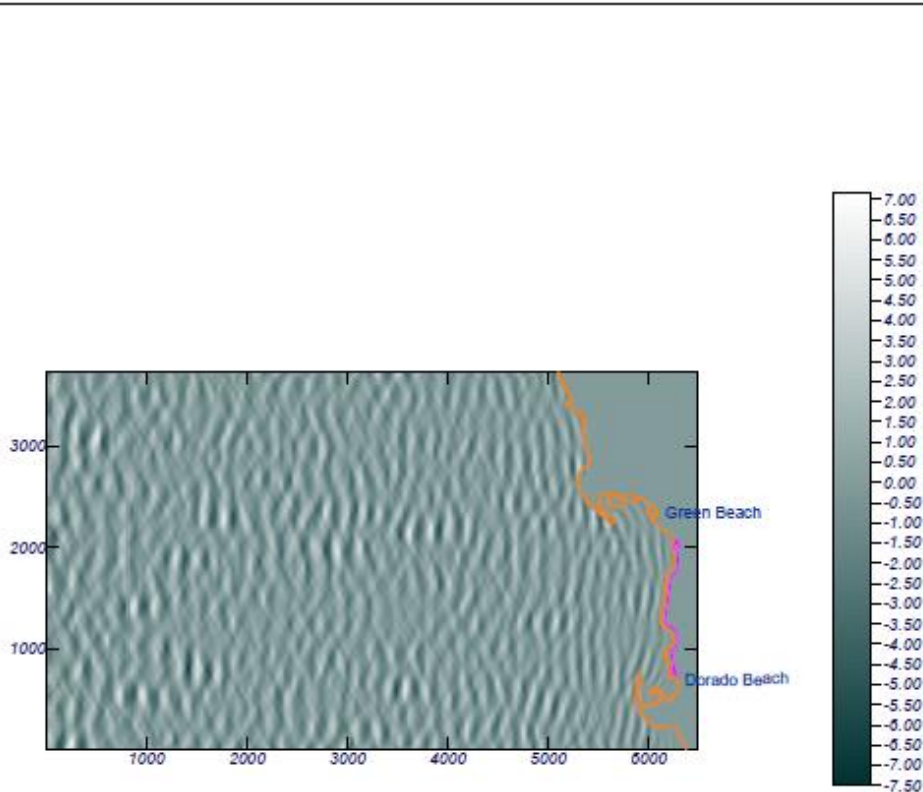
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Superficie libre 2D (zoom)

**Caso espectral: M634**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**34:** WSW, Hs= 8.20m, Tp= 12s PM

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 8.20 m h: 60 m fp: 0.083333 Hz (Tp: 12 s) r: 10 Nº Comp.: 10 Espectro direccional θm: -4.64° (S67.5W) σ: 20° - Nº Comp.: 15		

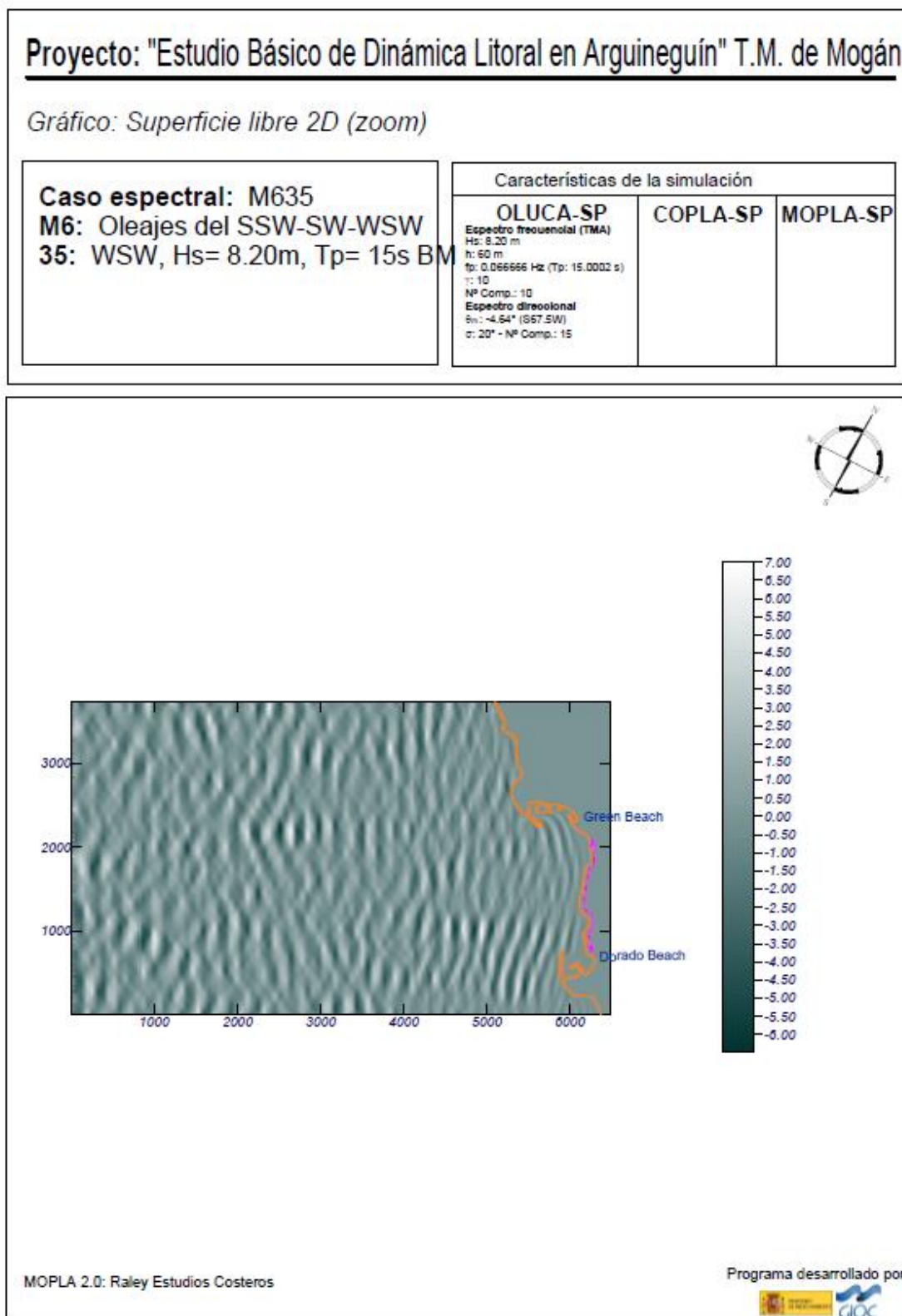


MOPLA 2.0: Raley Estudios Costeros

Programa desarrollado por

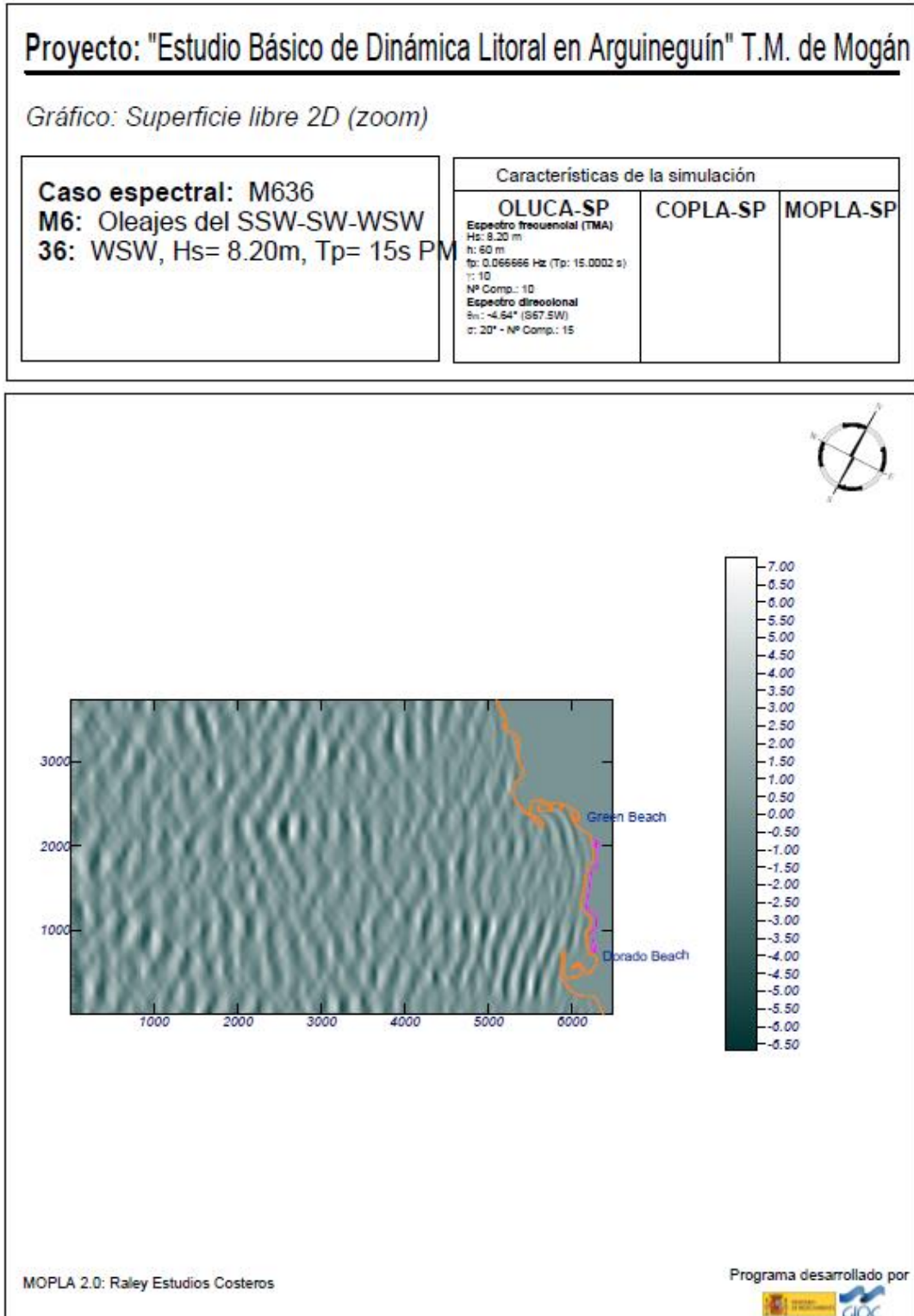


23. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=15s, Bajamar



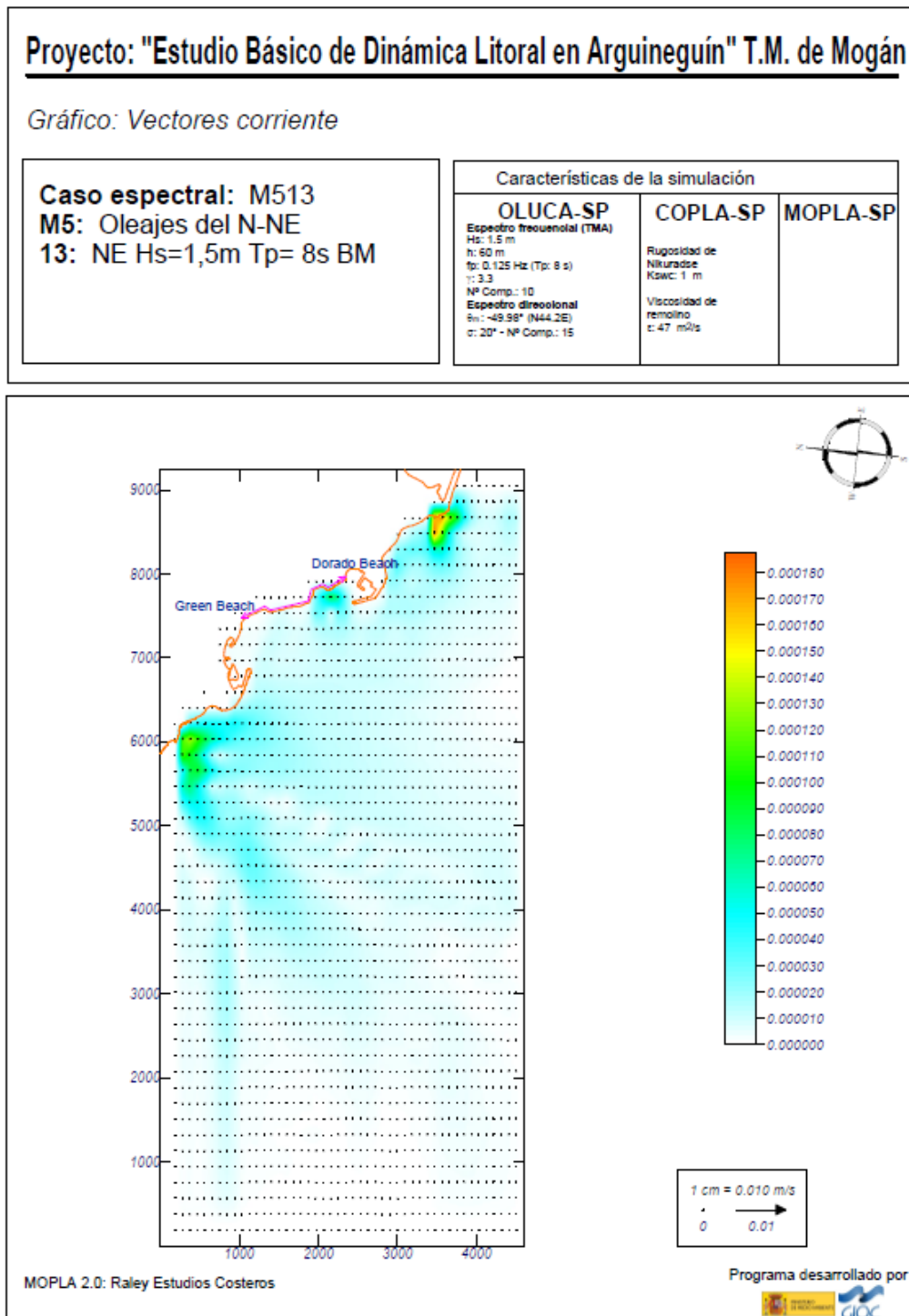


24. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=15s, Pleamar



1.2.- Gráficos de las Corrientes de Rotura

1. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=8s, Bajamar



2. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=8s, Pleamar

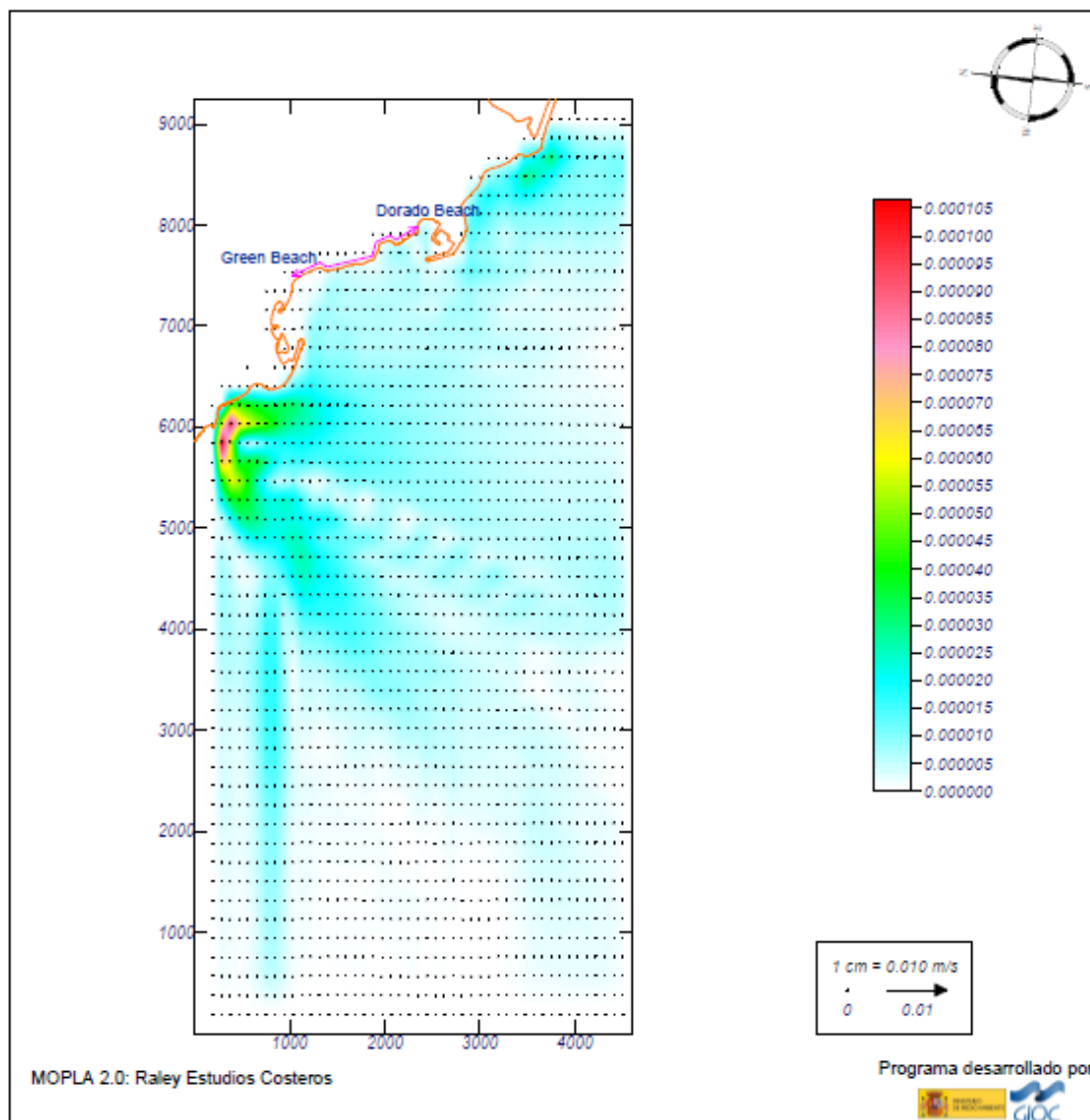
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: *Vectores corriente*

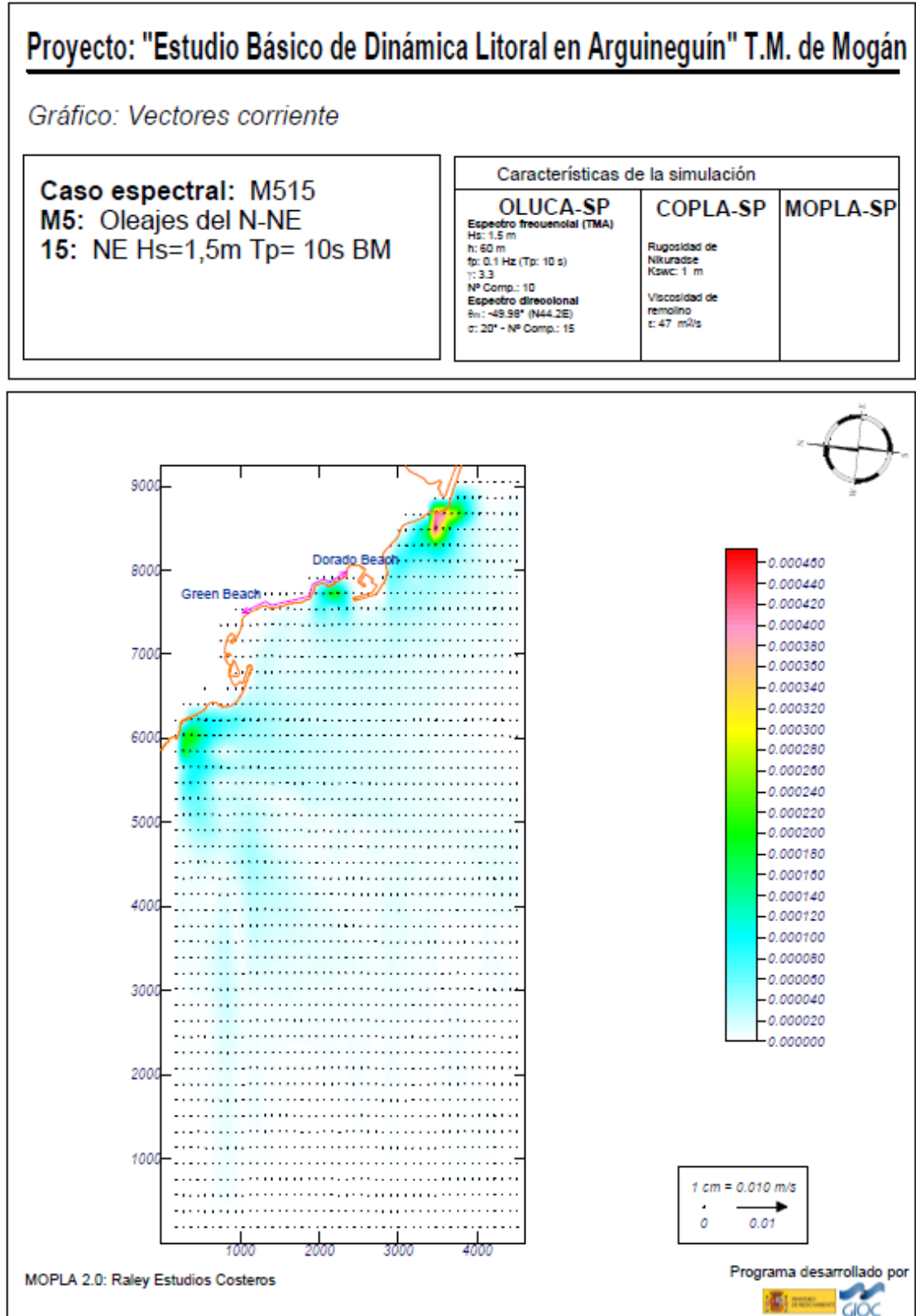
**Caso espectral: M514**  
**M5: Oleajes del N-NE**  
**14: NE Hs=1,5m Tp= 8s PM**

Características de la simulación

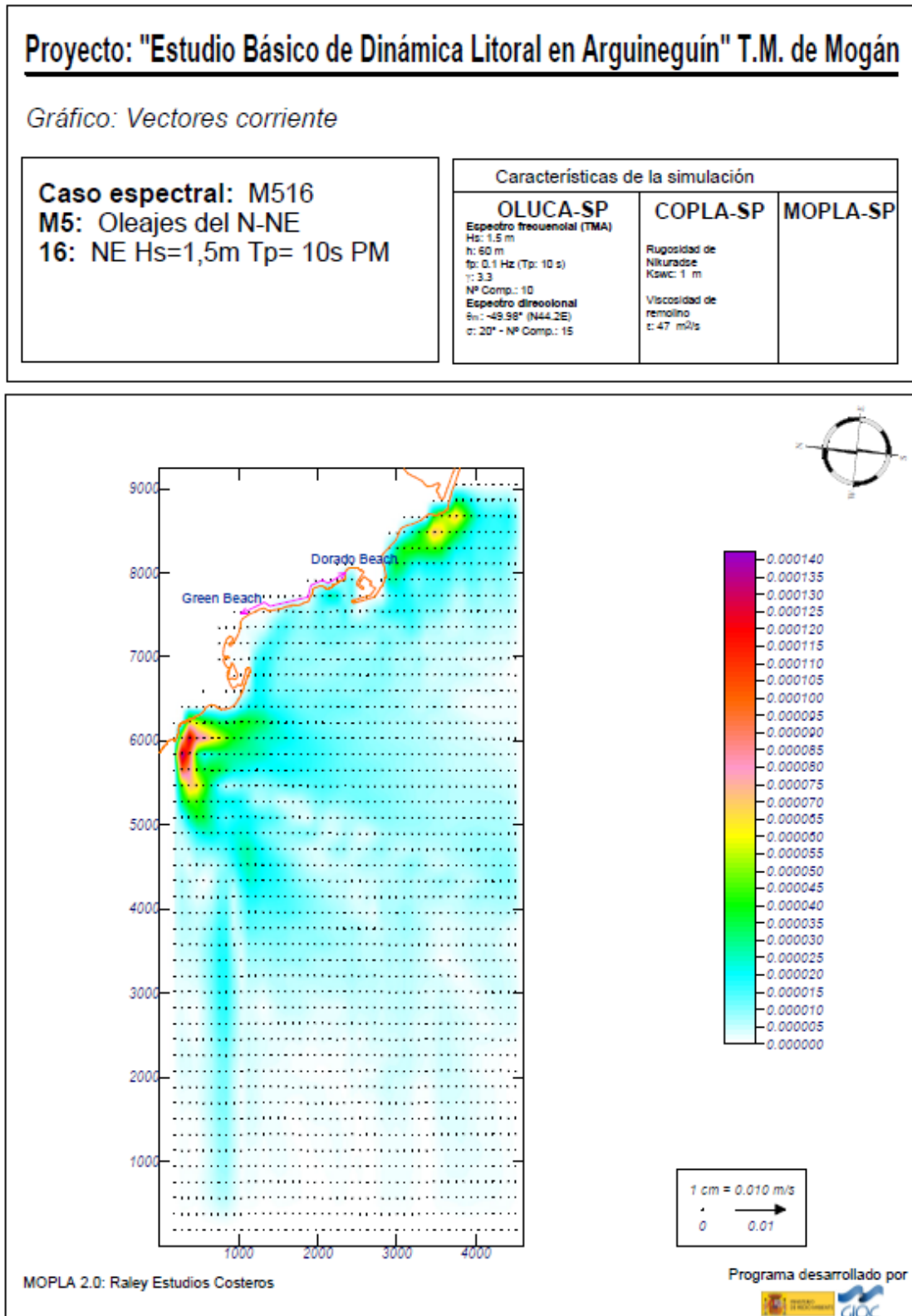
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.5 m h: 60 m fp: 0.125 Hz (Tp: 8 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Ksw: 1 m	
Espectro direccional θ: -49.98° (N44.2E) σ: 20° - Nº Comp.: 15	Viscosidad de remolino ν: 47 m <sup>2</sup> /s	



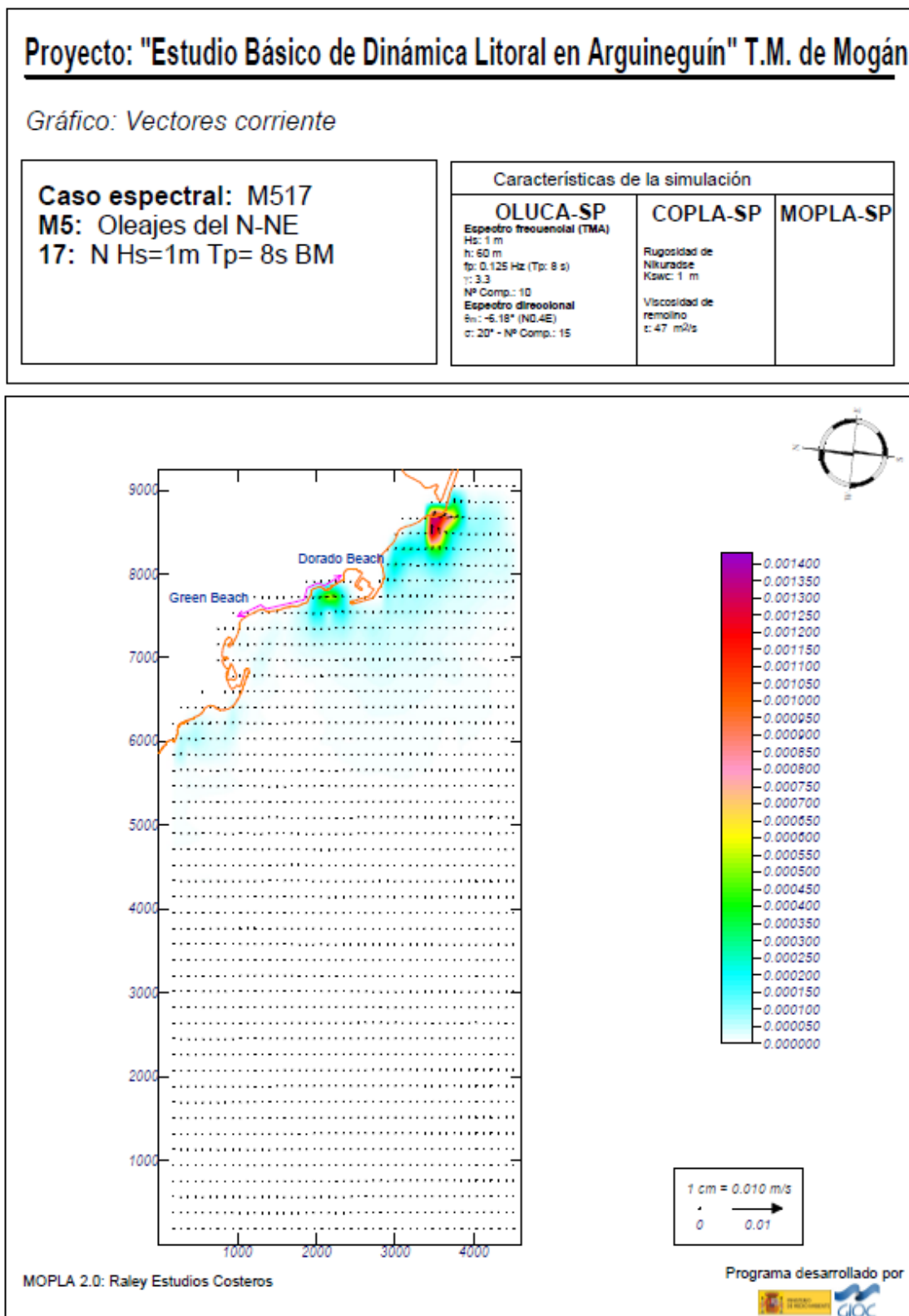
3. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=10s, Bajamar



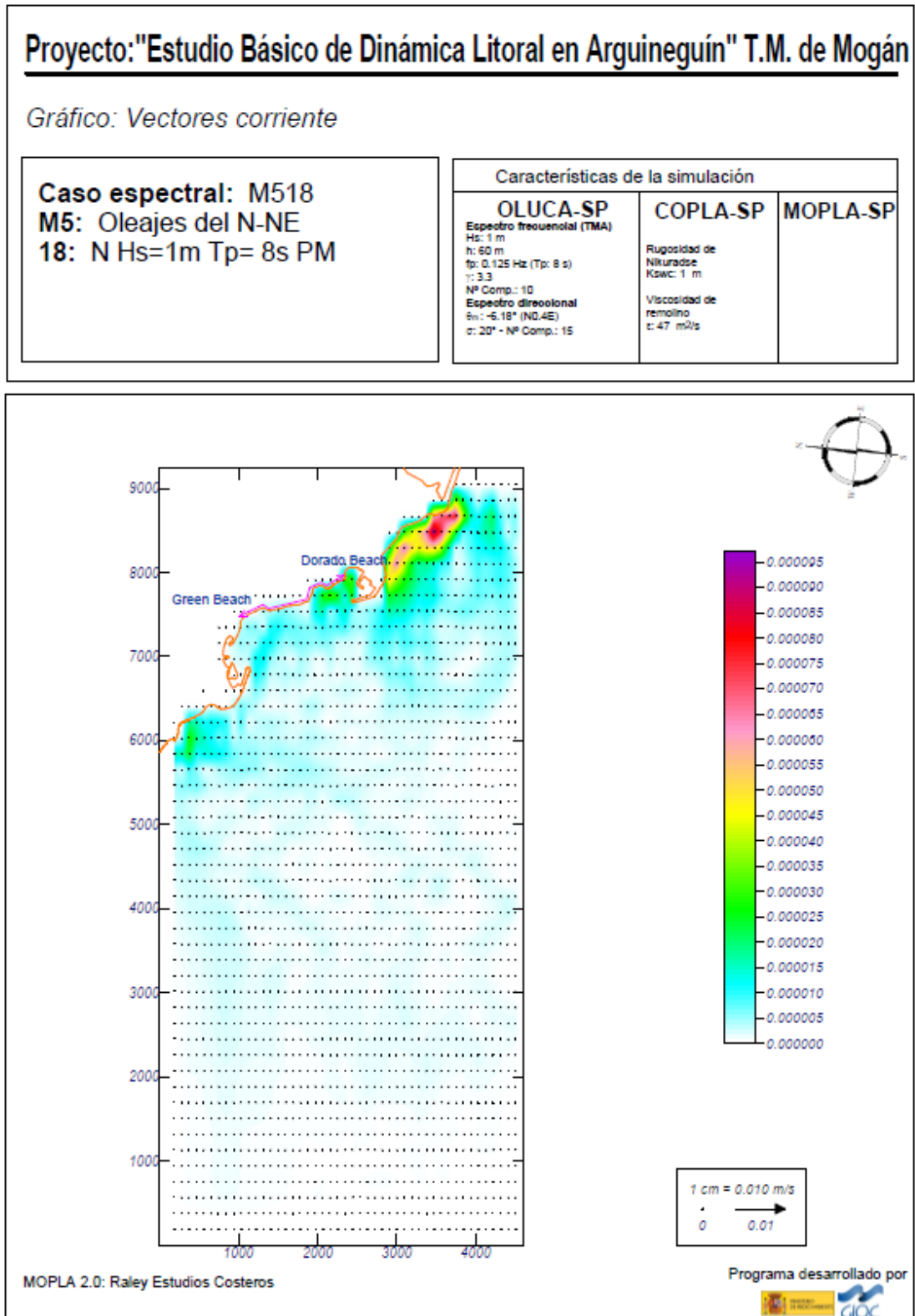
4. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar



5. Dirección N, Hs= 1m, Tp=8s, Bajamar



6. Dirección N, Hs= 1m, Tp=8s, Pleamar



7. Dirección N, Hs= 1m, Tp=10s, Bajamar

**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: *Vectores corriente*

**Caso espectral: M519**  
**M5:** Oleajes del N-NE  
**19:** N Hs=1m Tp= 10s BM

Características de la simulación

**OLUCA-SP**

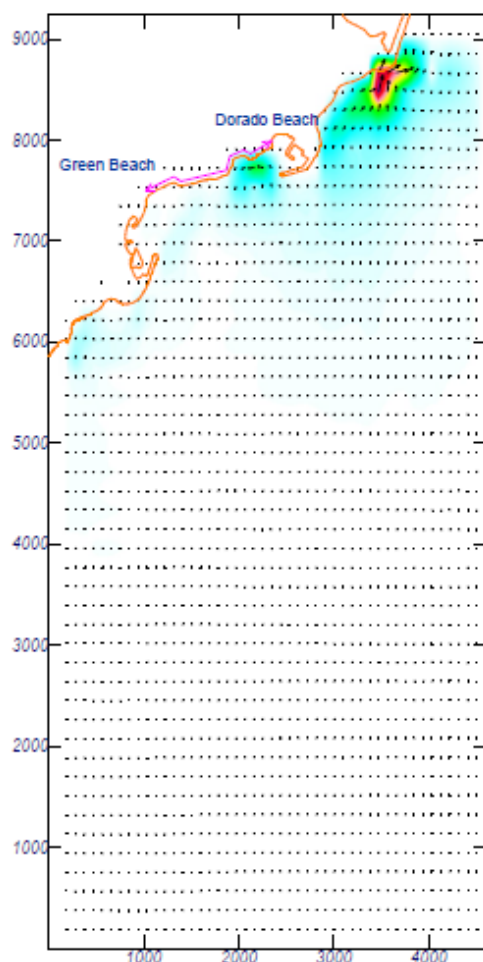
Espectro frecuencial (TMA)  
Hs: 1 m  
h: 60 m  
fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s)  
γ: 3.3  
NP Comp.: 10  
Espectro direccional  
βs: -6.18° (ND.4E)  
α: 20° - NP Comp.: 15

**COPLA-SP**

Rugosidad de Nikuradse  
Ksw: 1 m

Viscosidad de remolino  
ν: 47 m<sup>2</sup>/s

**MOPLA-SP**



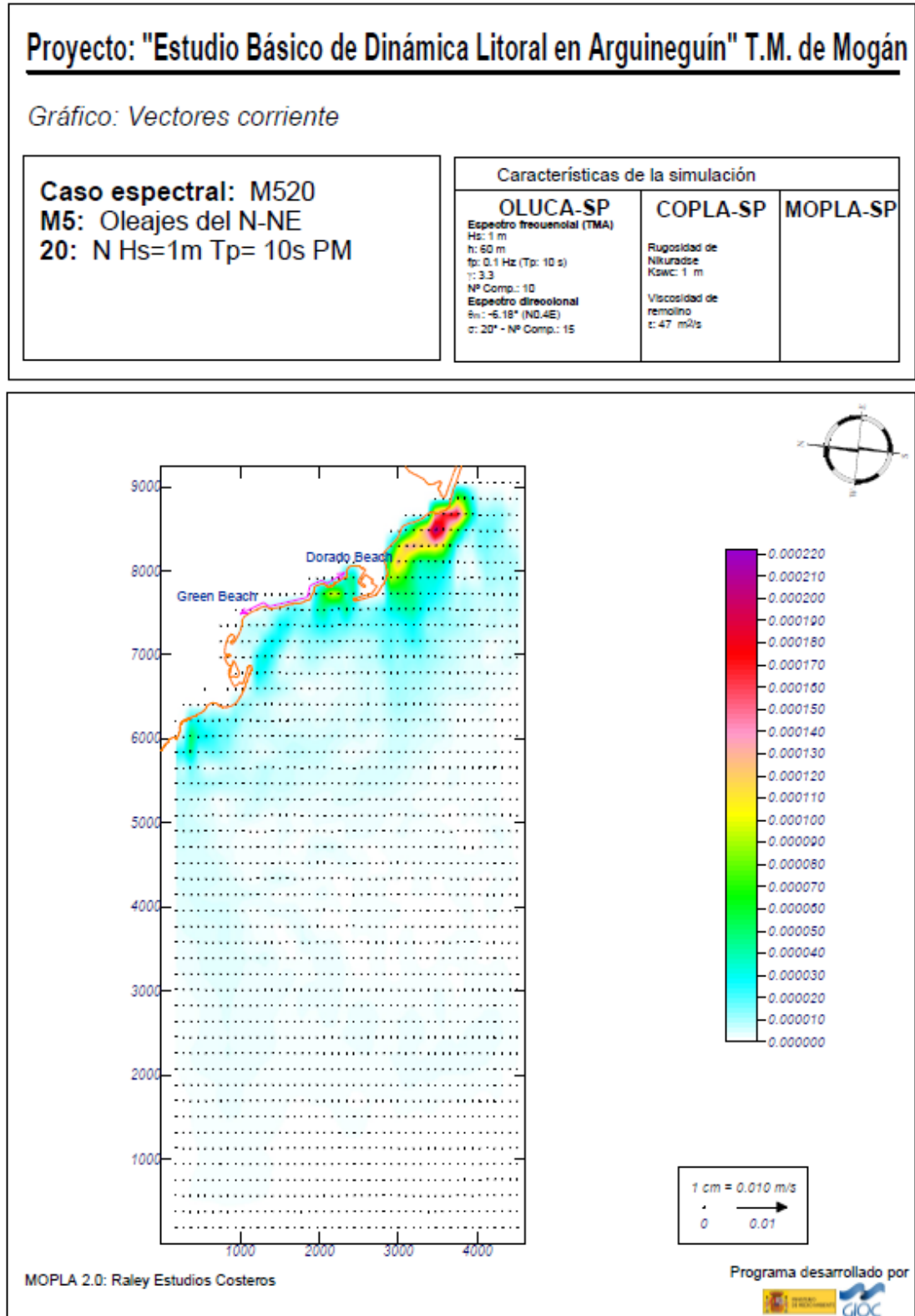
MOPLA 2.0: Raley Estudios Costeros

Programa desarrollado por

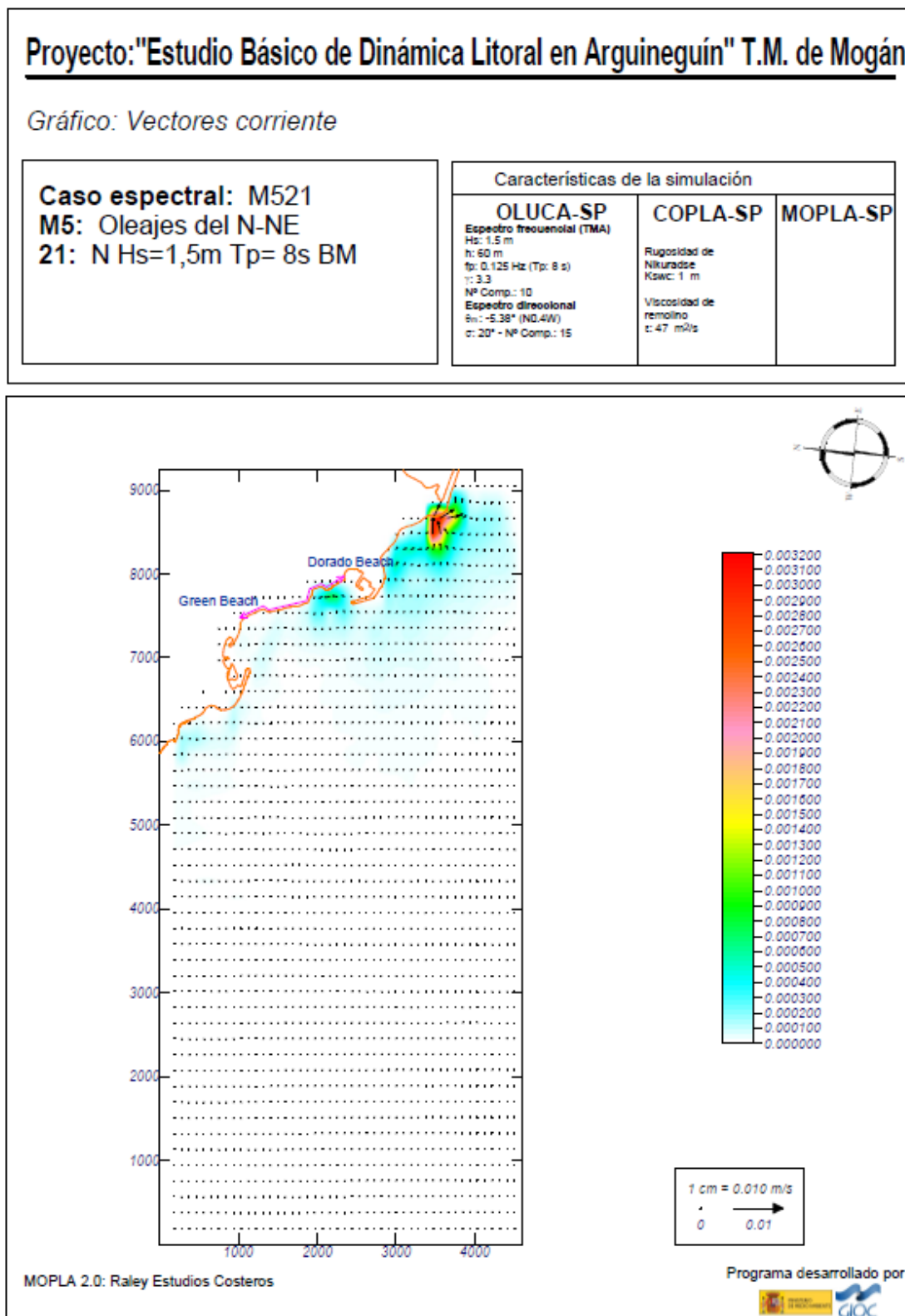




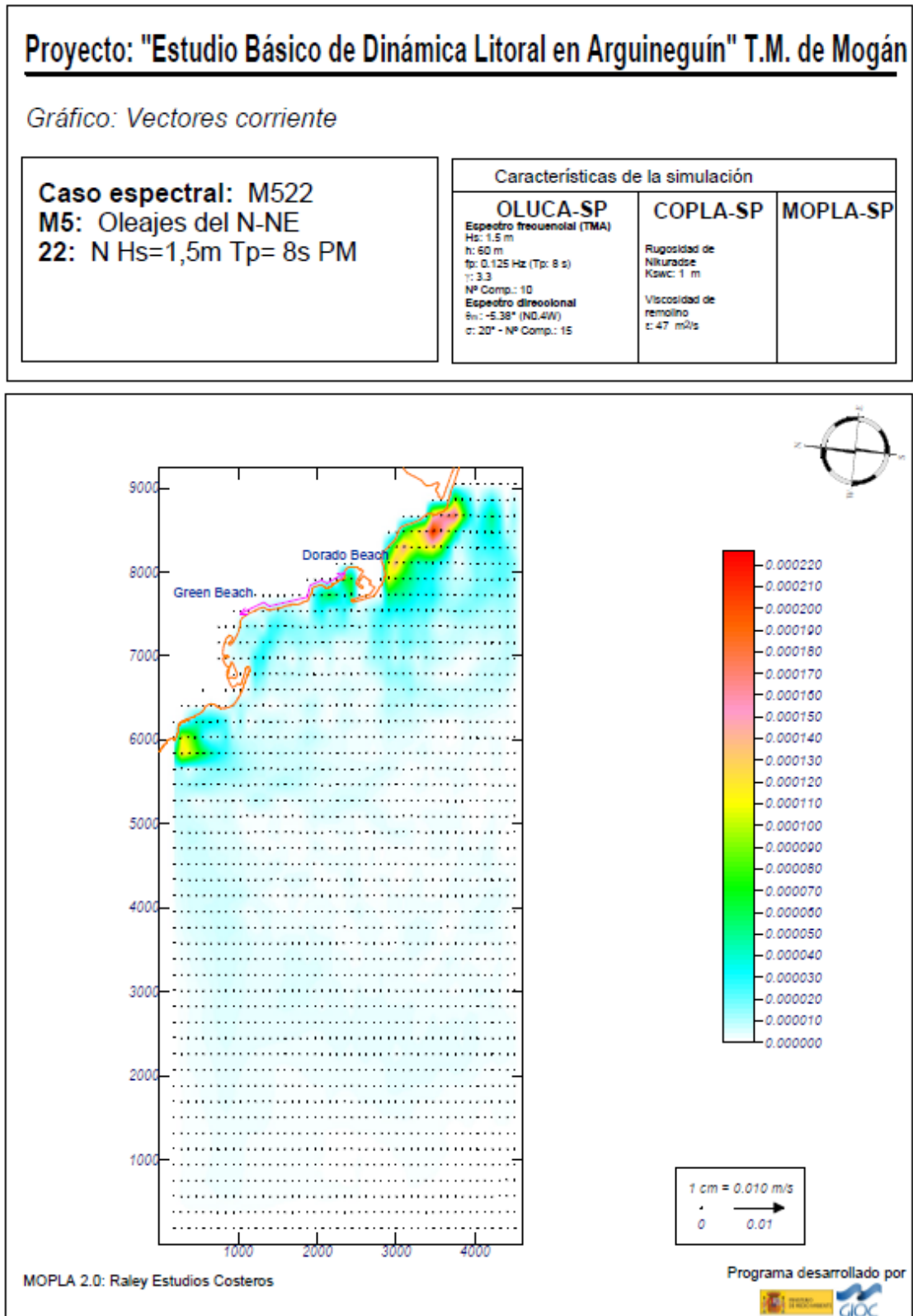
8. Dirección N, Hs= 1m, Tp=10s, Pleamar



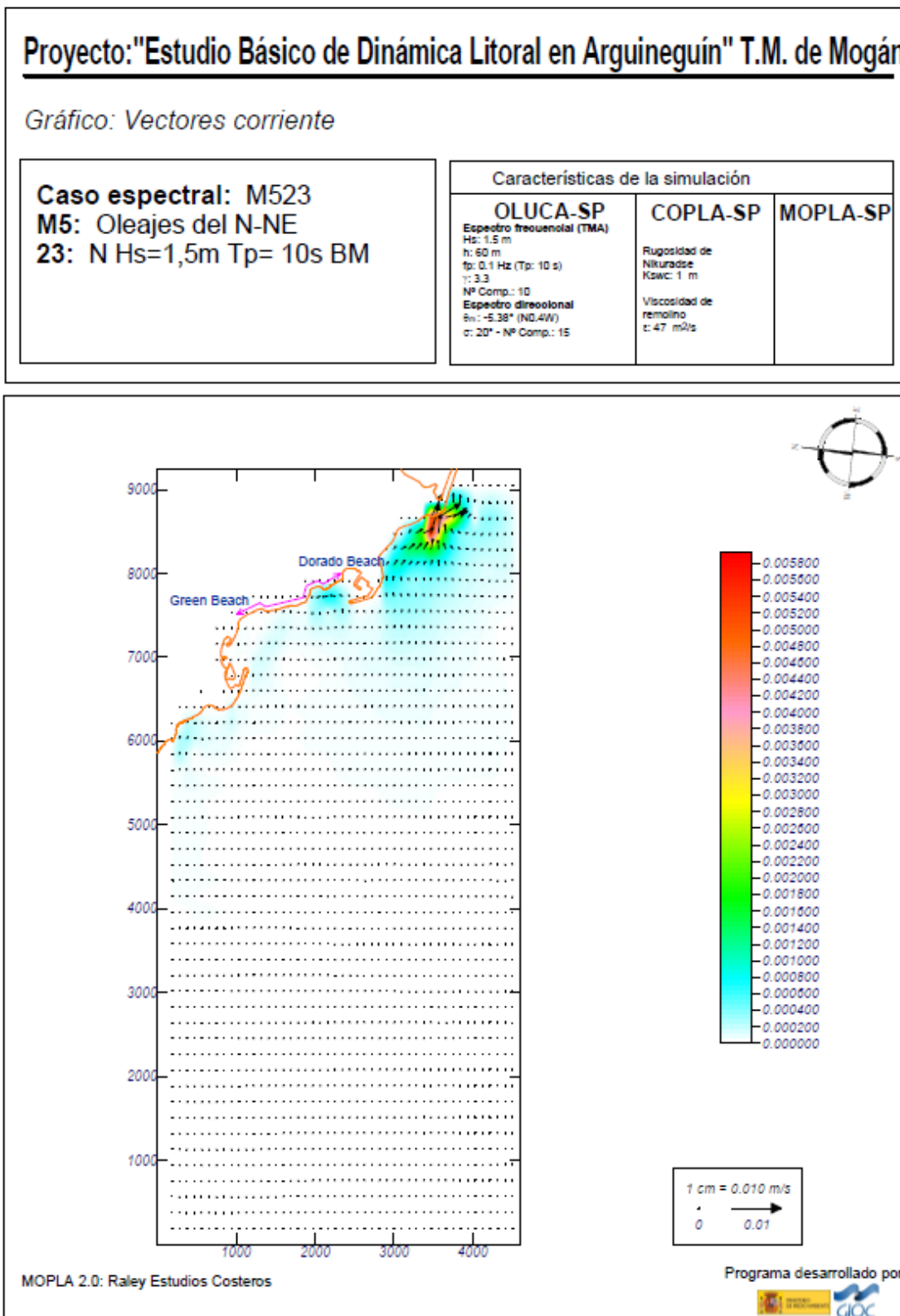
9. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=8s, Bajamar



10. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=8s, Pleamar



11. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=10s, Bajamar



12. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar

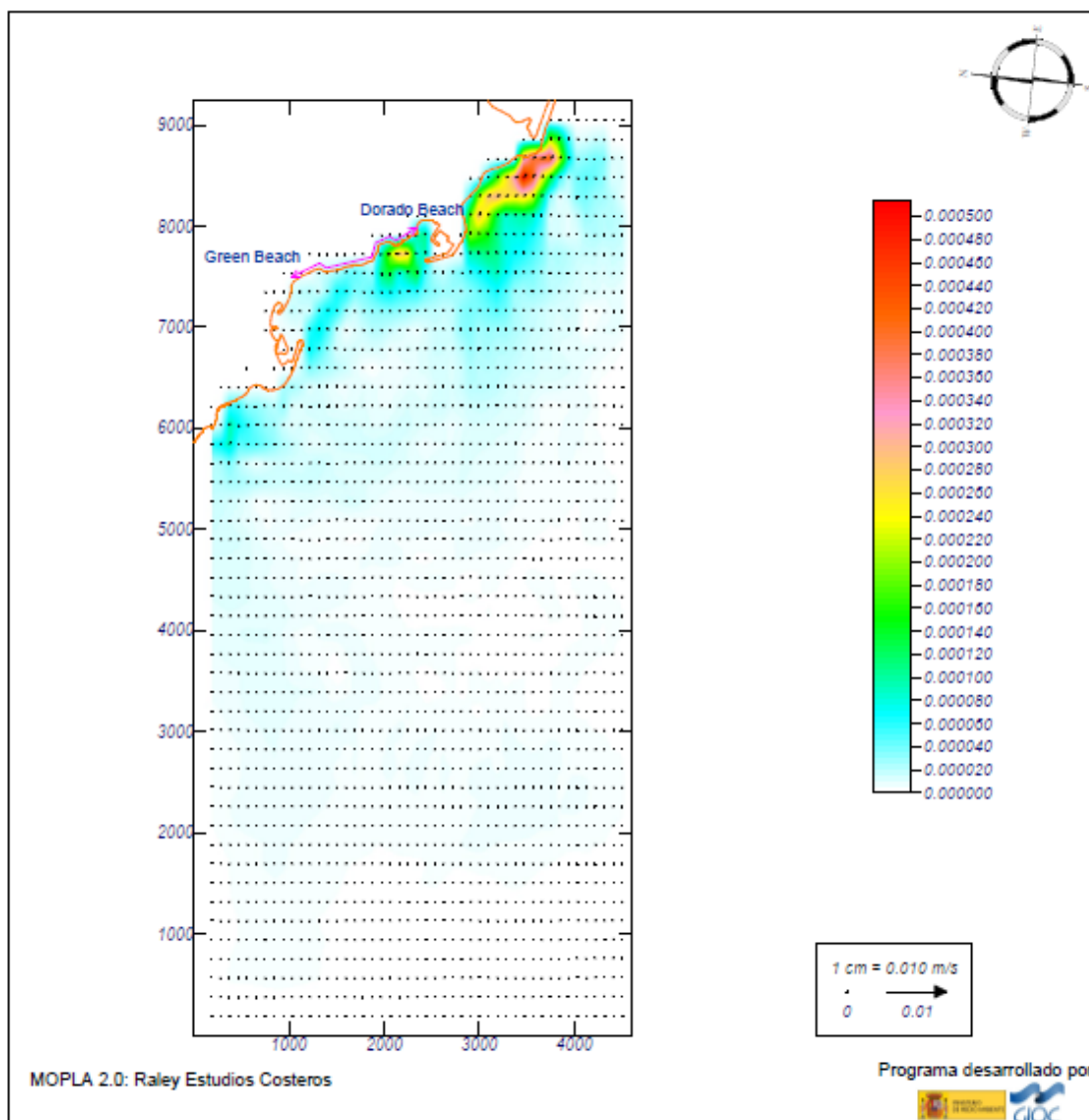
Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán

Gráfico: Vectores corriente

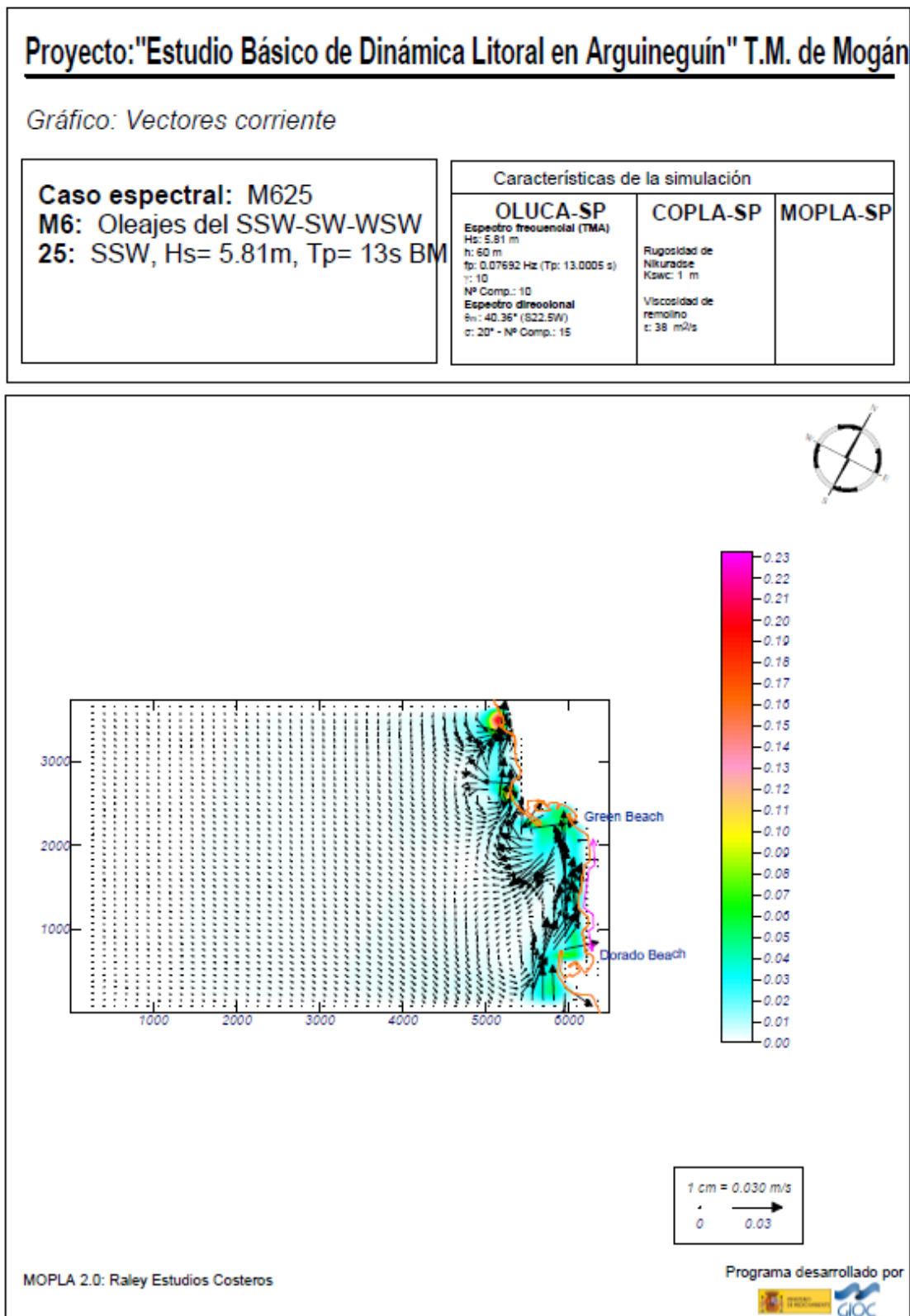
**Caso espectral: M524**  
**M5: Oleajes del N-NE**  
**24: N Hs=1,5m Tp= 10s PM**

Características de la simulación

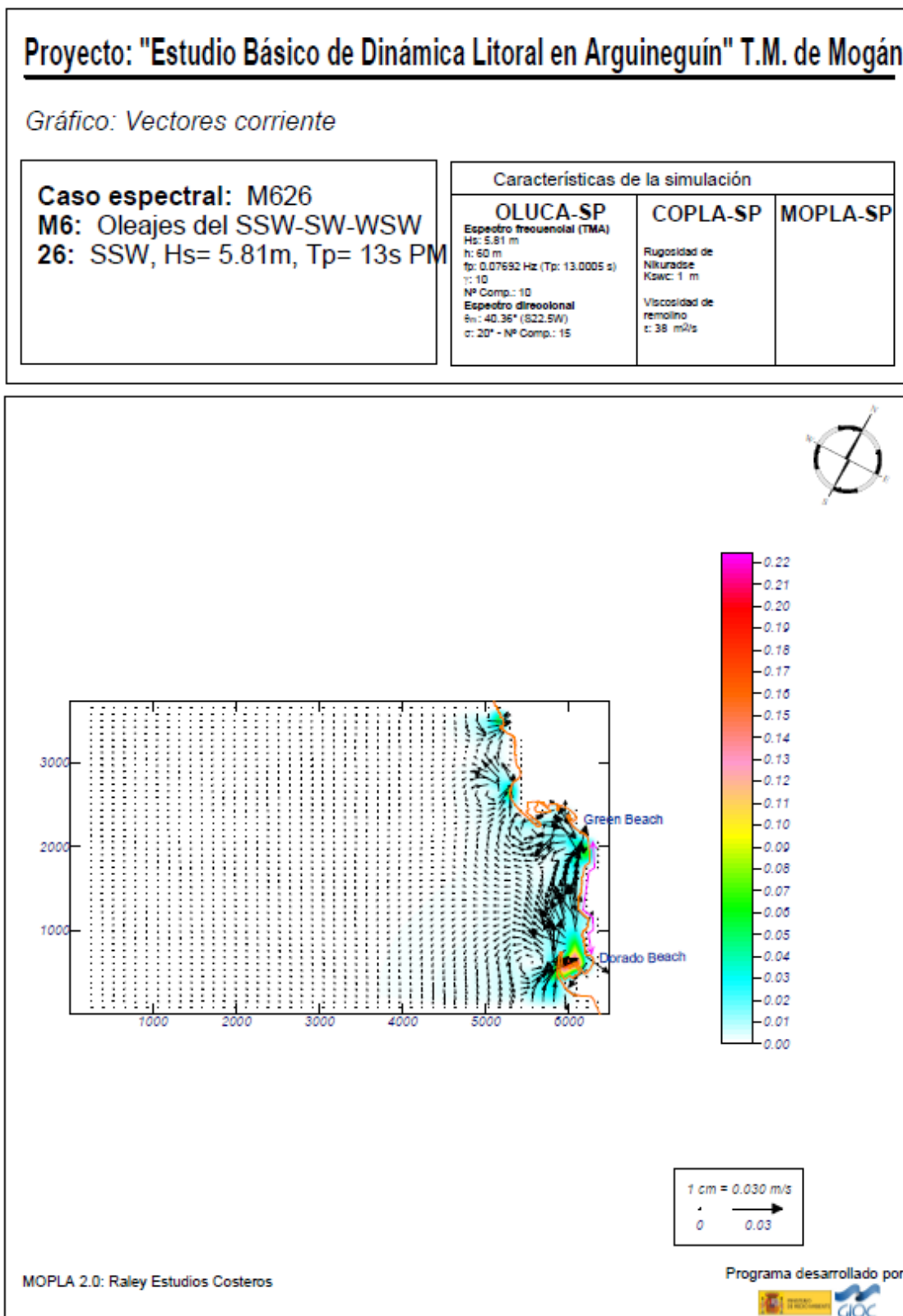
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
<b>Espectro frecuencial (TMA)</b> Hs: 1.5 m h: 50 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) T: 3.3 NP Comp.: 10 <b>Espectro direccional</b> $\theta_m$ : -5.38° (ND,4W) $\sigma$ : 20° - NP Comp.: 15	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m  Viscosidad de remolino $\nu$ : 47 m <sup>2</sup> /s	



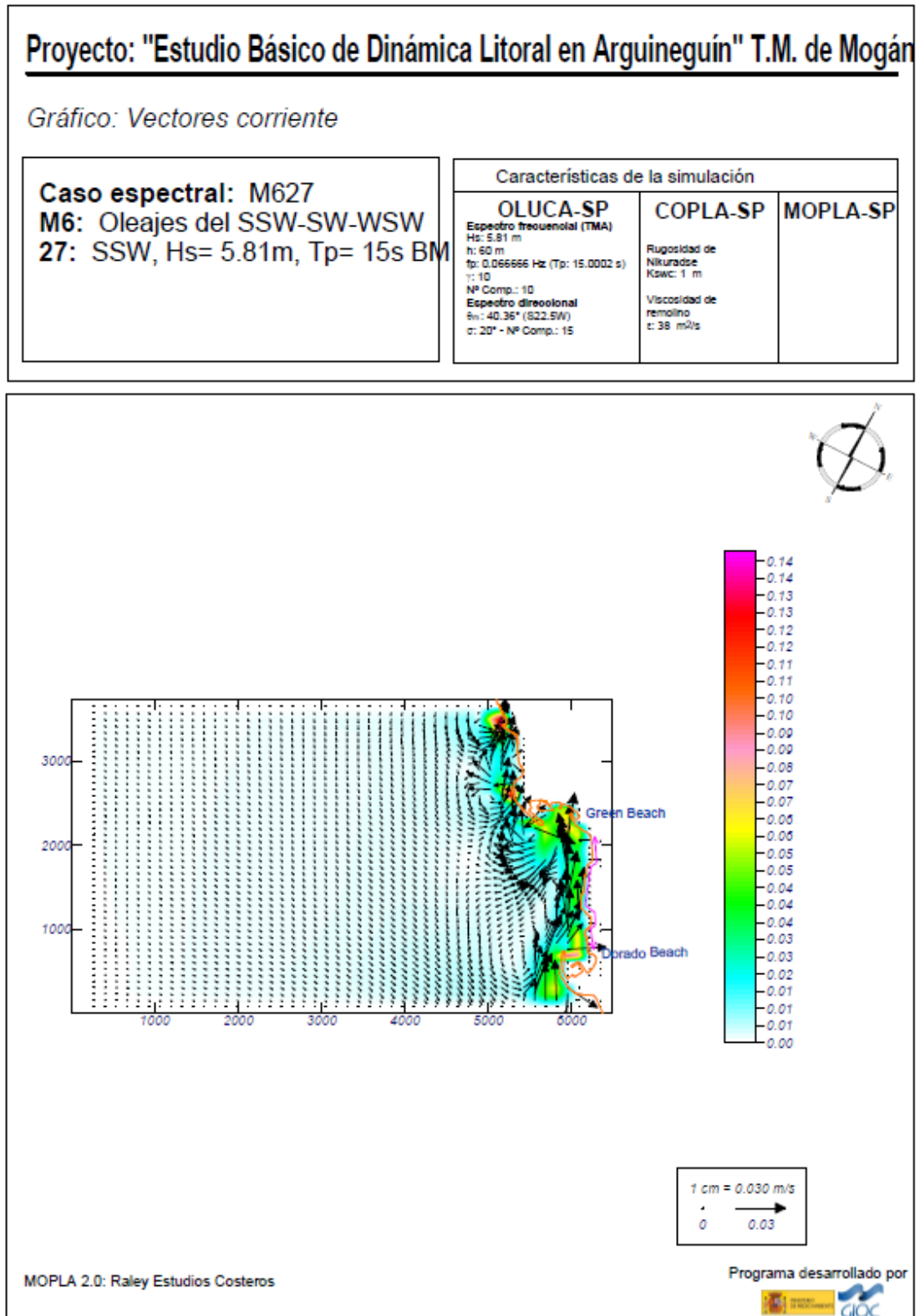
13. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=13s, Bajamar



14. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=13s, Pleamar

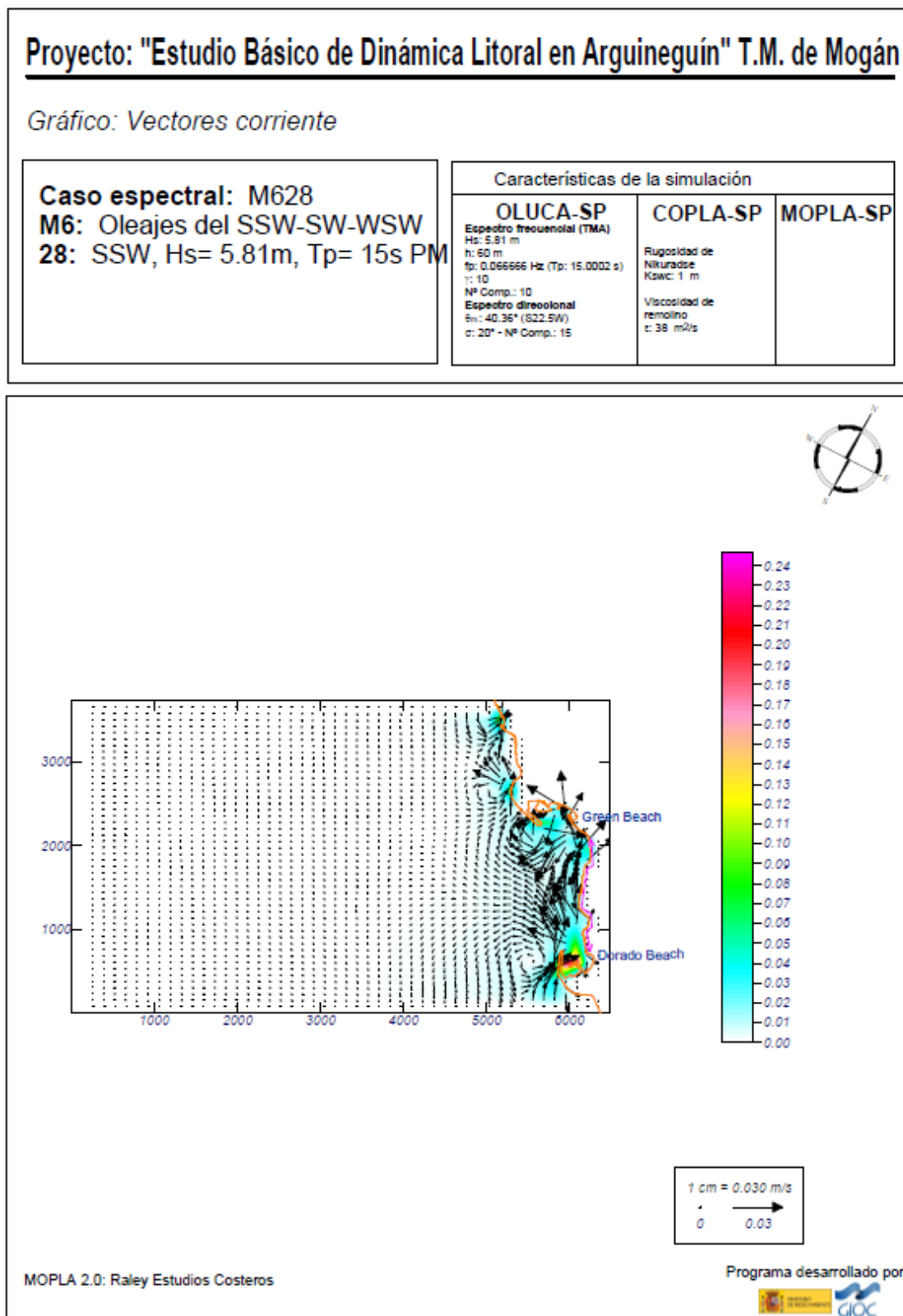


15. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=15s, Bajamar

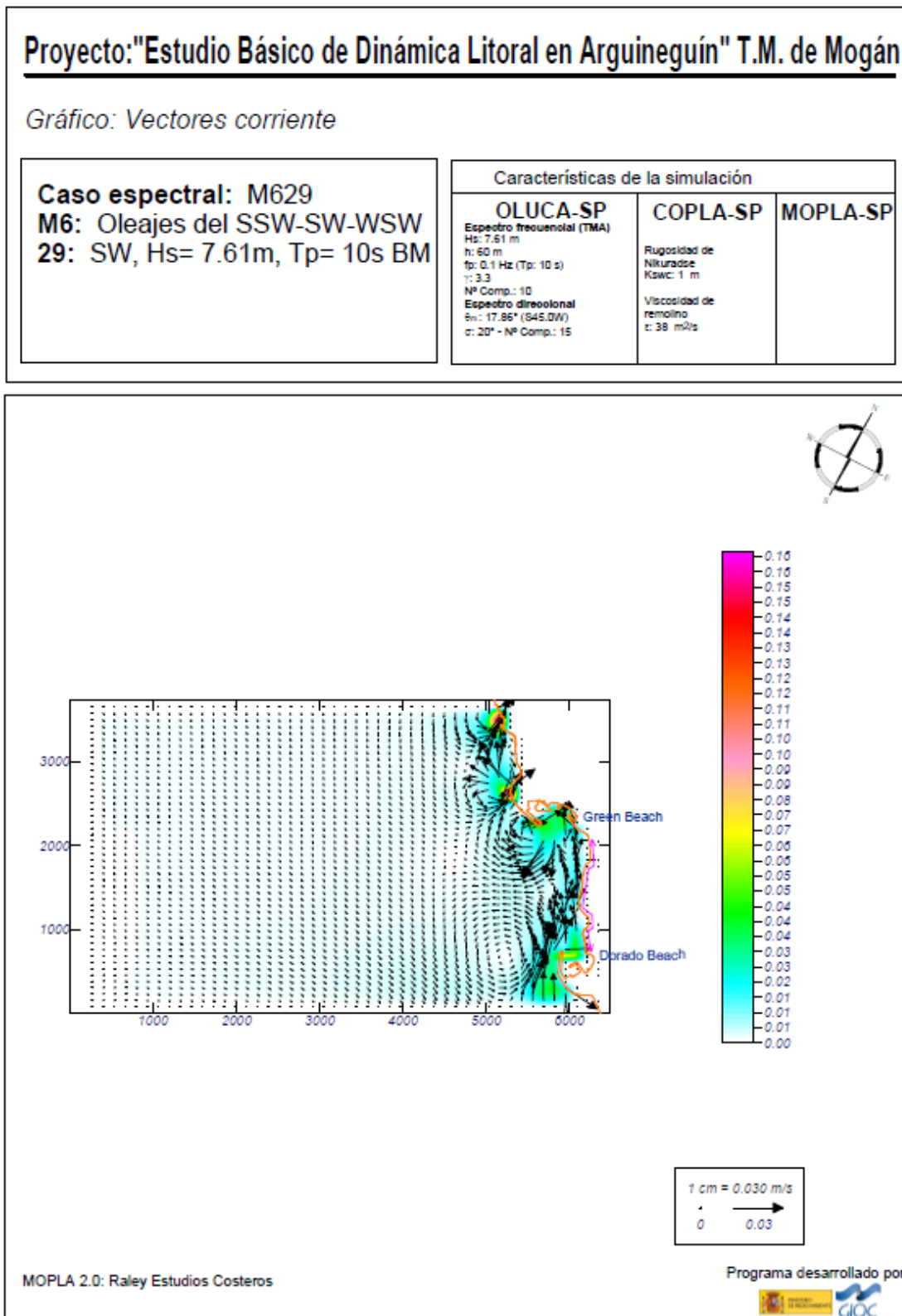




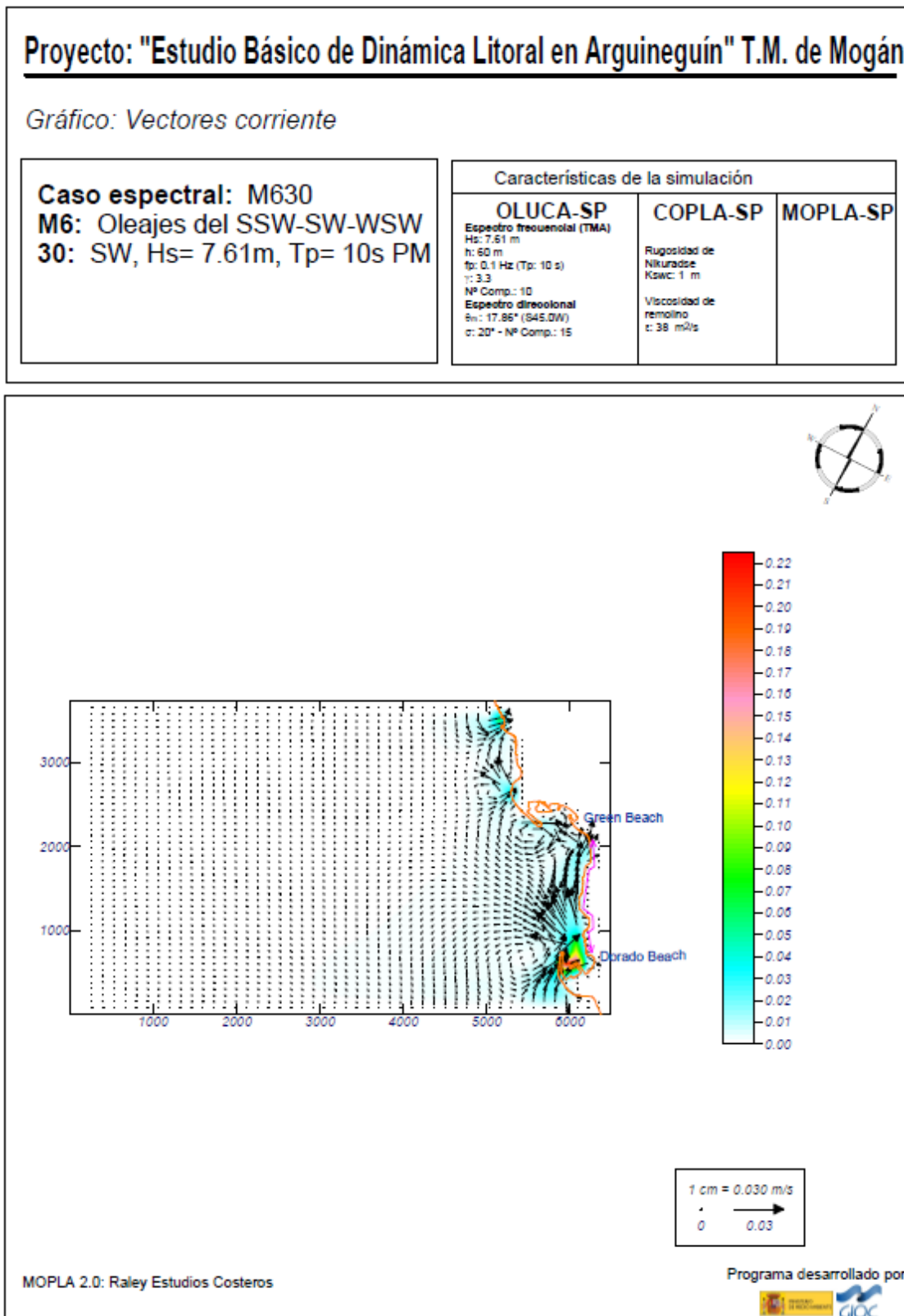
16. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=15s, Pleamar



17. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=10s, Bajamar



18. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=10s, Pleamar



19. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=15s, Bajamar

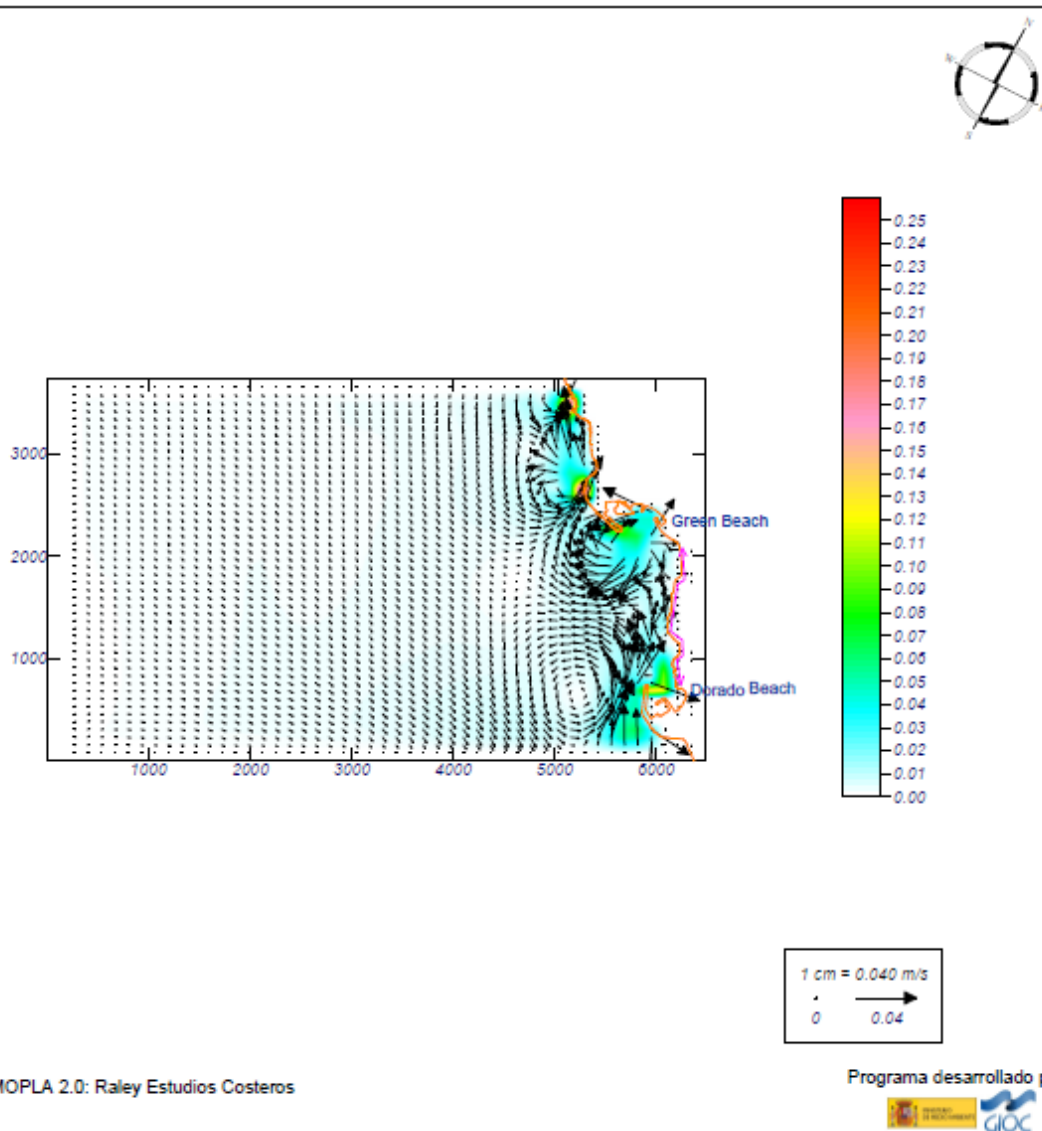
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: *Vectores corriente*

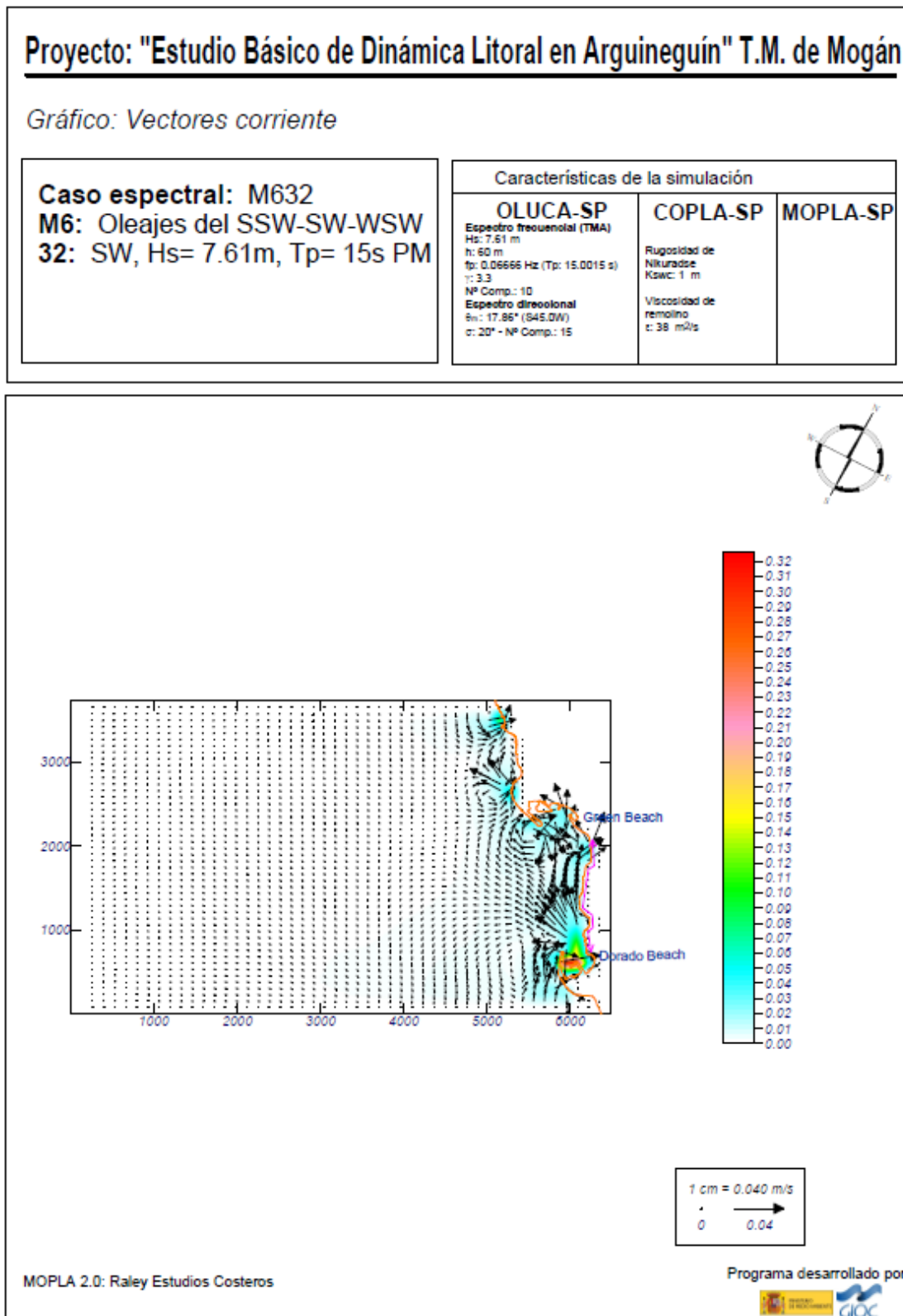
**Caso espectral: M631**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**31:** SW, Hs= 7.61m, Tp= 15s BM

Características de la simulación

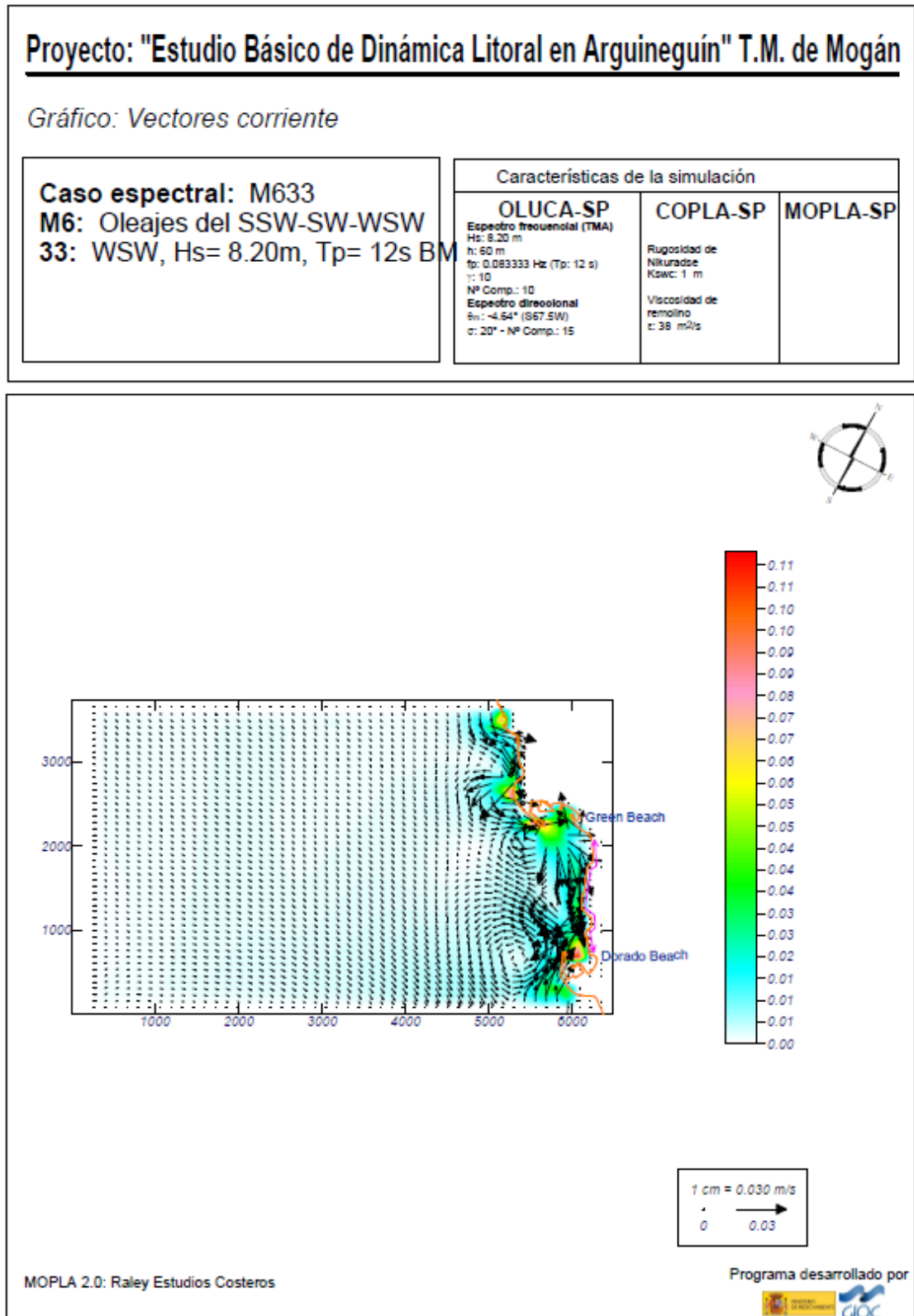
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
<b>Espectro frecuencial (TMA)</b> Hs: 7.61 m h: 60 m fp: 0.06666 Hz (Tp: 15.0015 s) γ: 3.3 NP Comp.: 10 <b>Espectro direccional</b> θm: 17.85° (S45.0W) σ: 20° - NP Comp.: 15	Rugosidad de Nikuradse Ksaw: 1 m  Viscosidad de remolino ε: 38 m <sup>2</sup> /s	



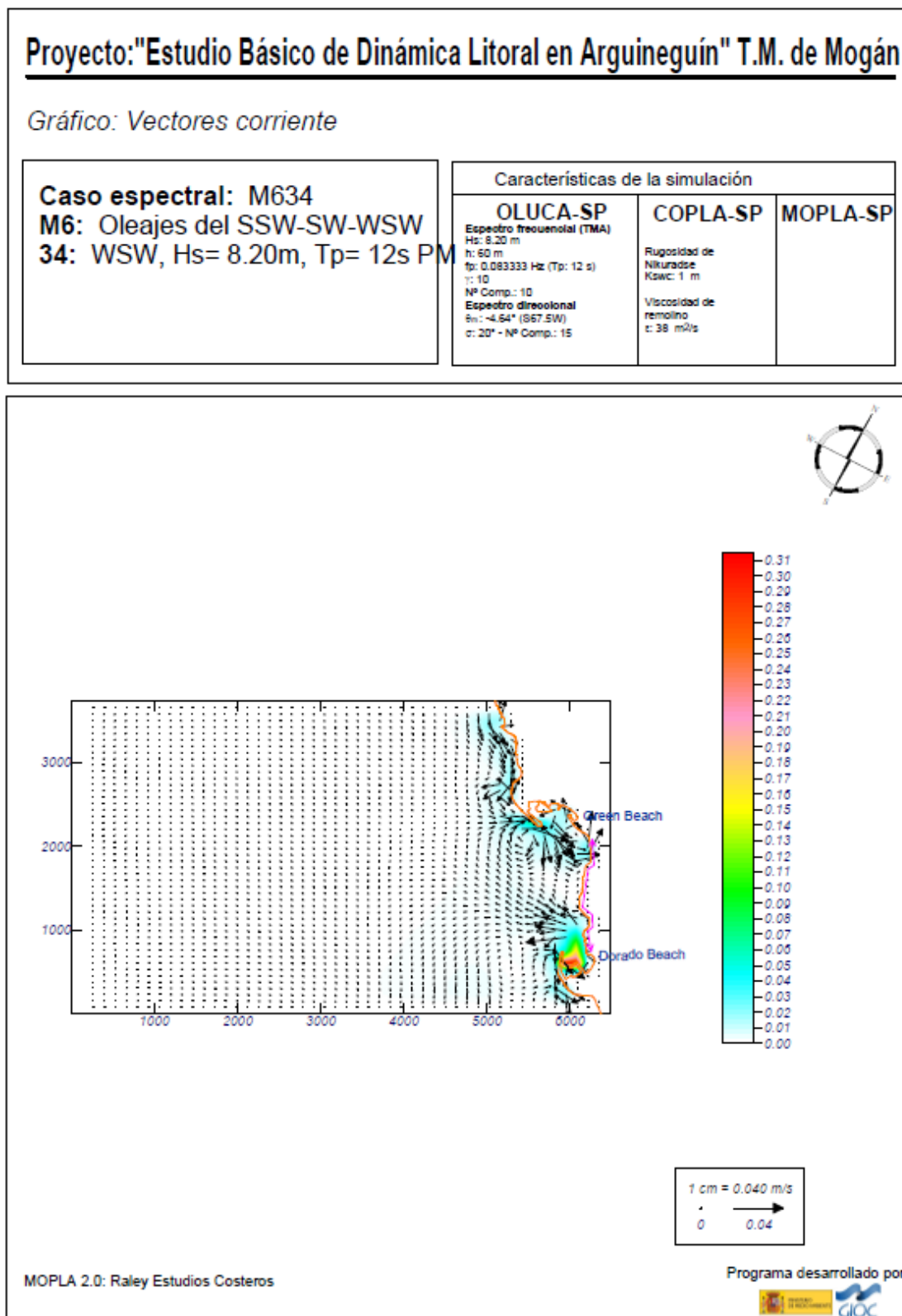
20. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=15s, Pleamar



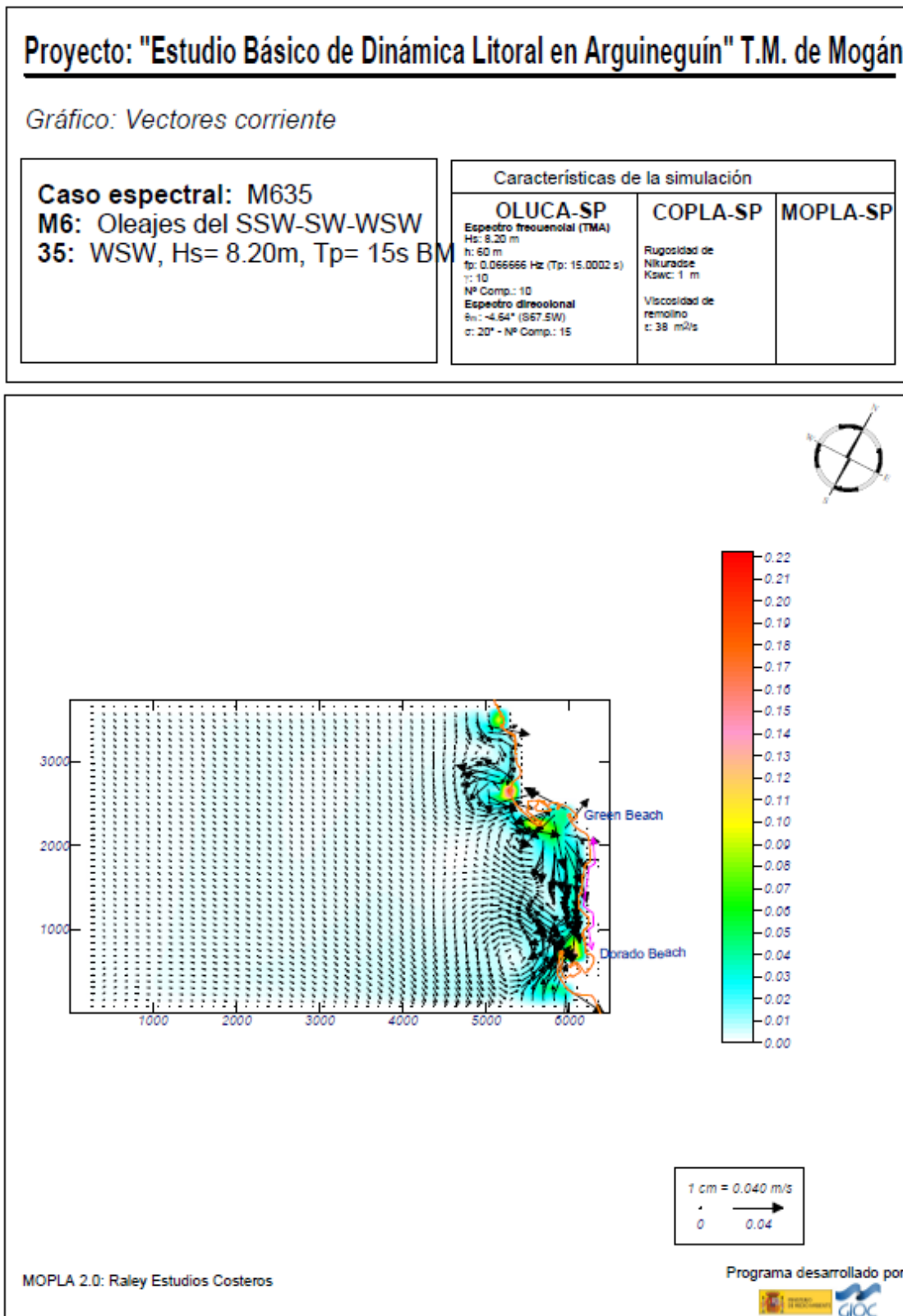
21. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=12s, Bajamar



22. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=12s, Pleamar

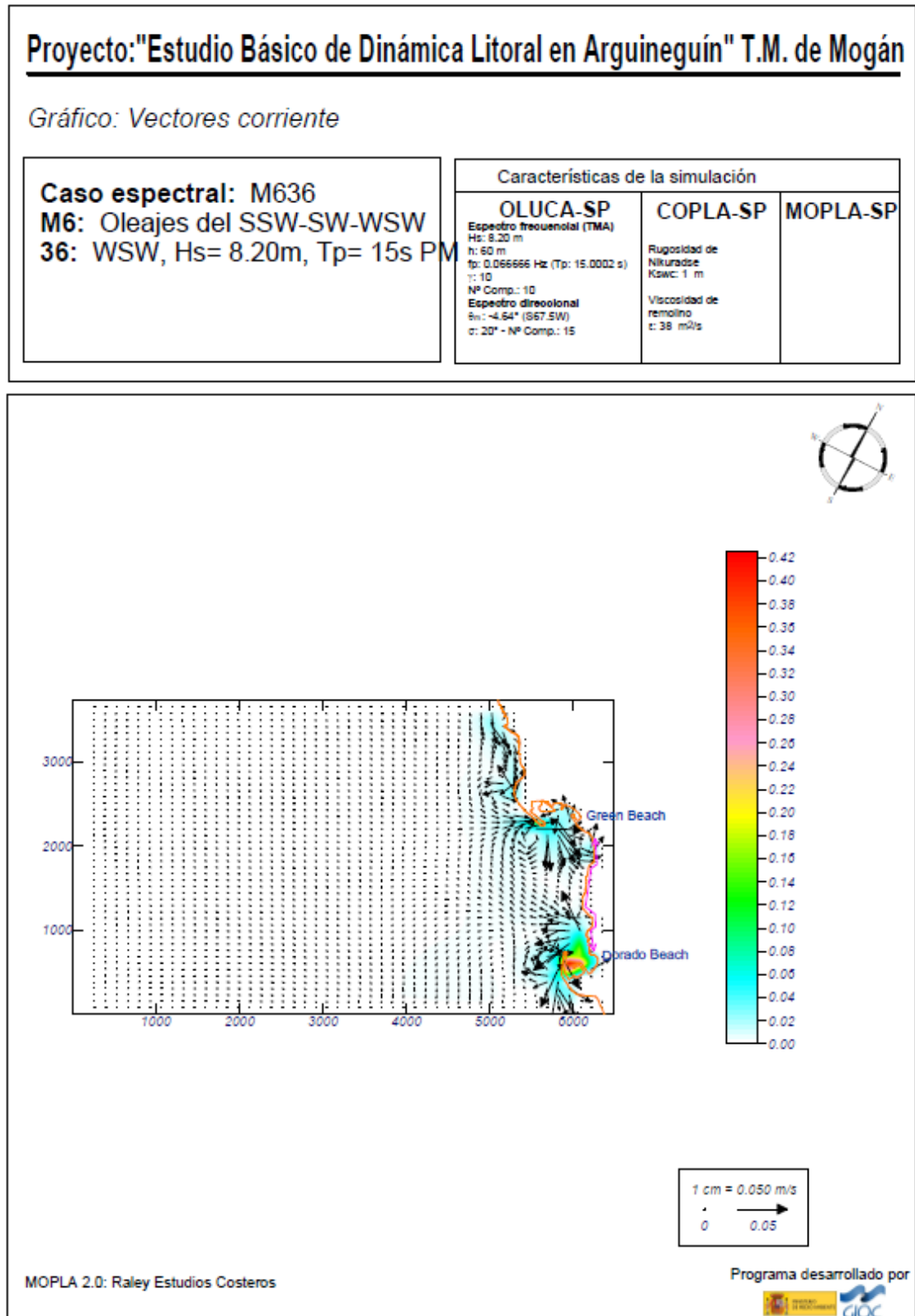


23. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=15s, Bajamar



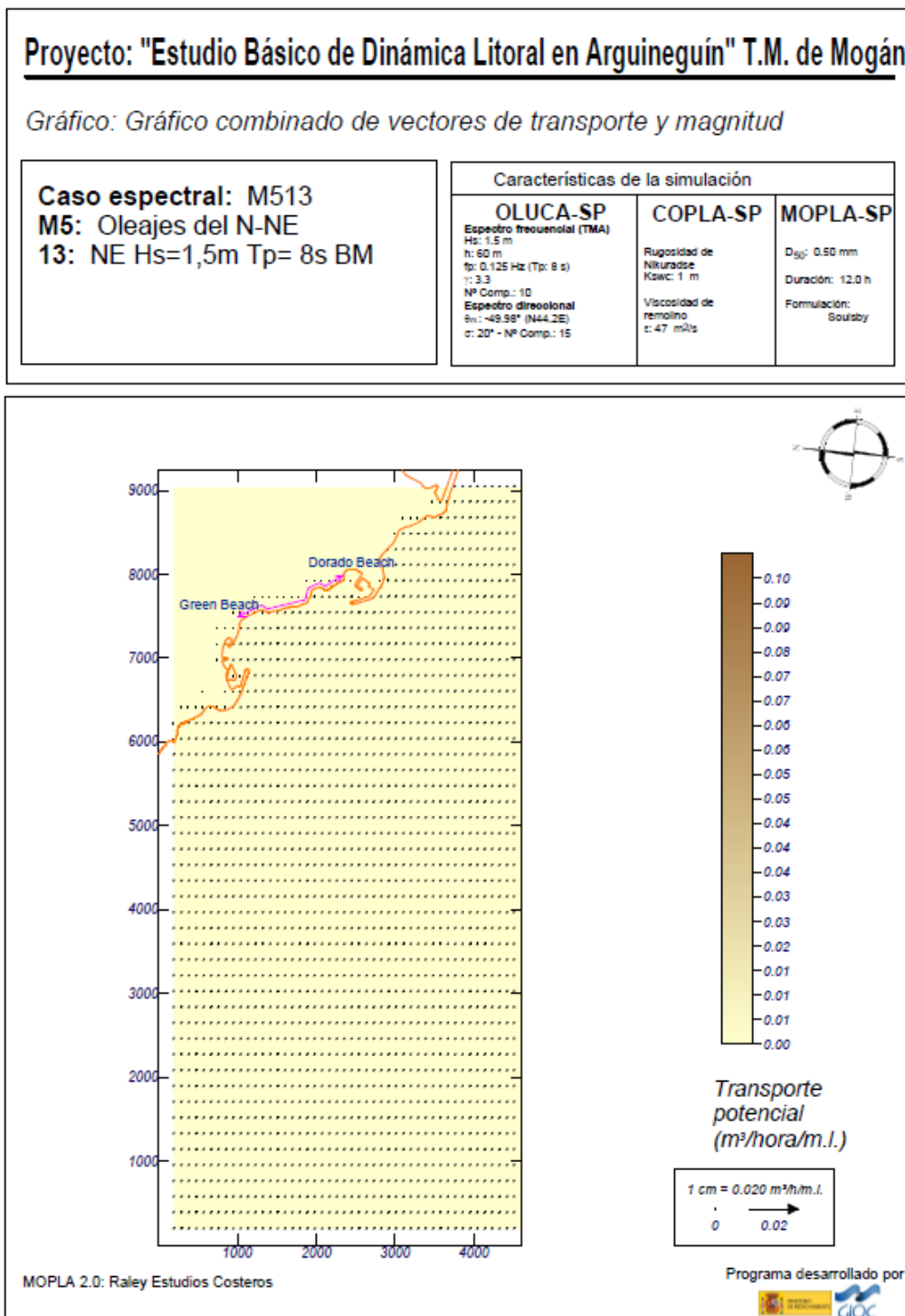


24. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=15s, Pleamar

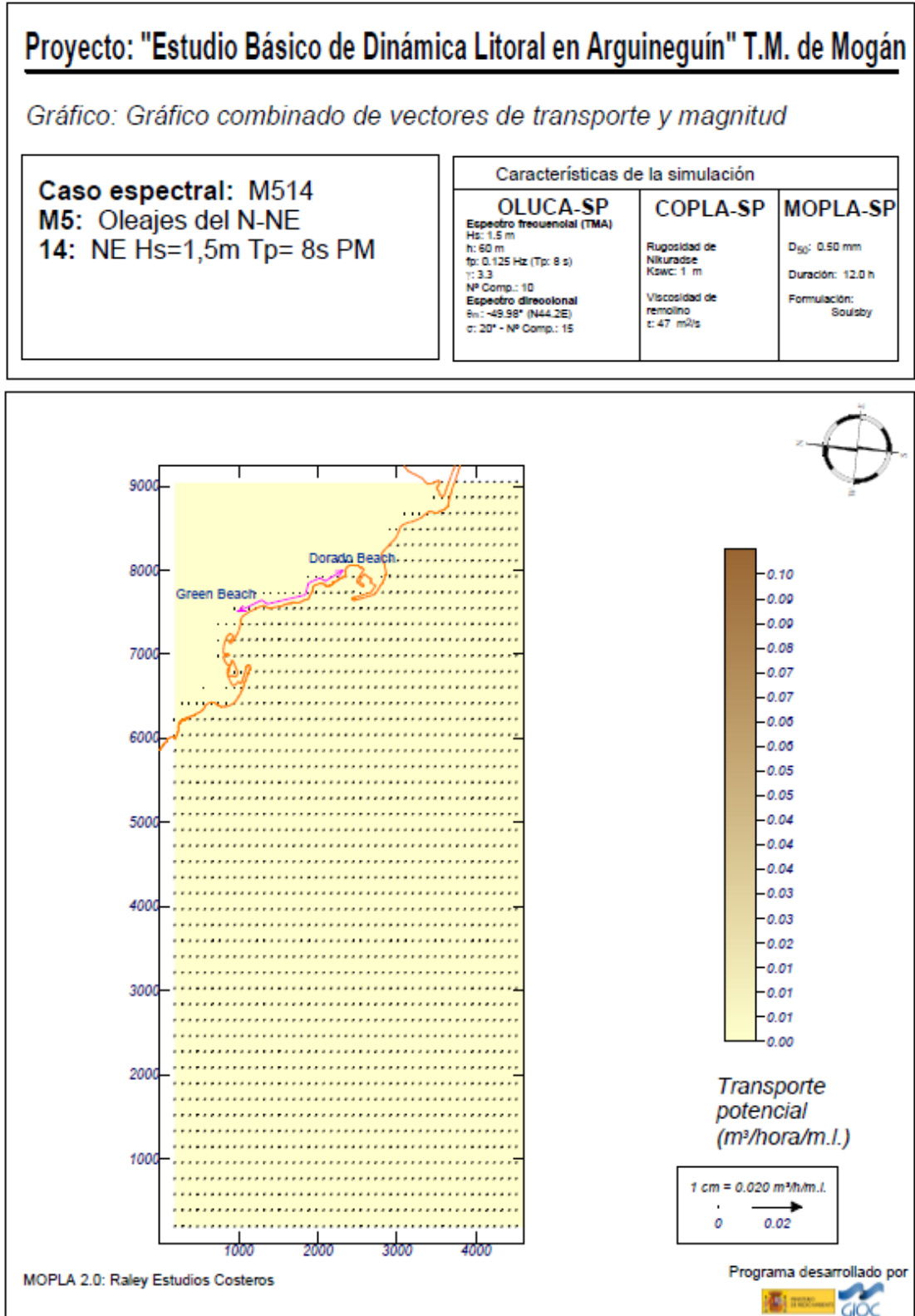


1.3.- Gráficos del Transporte Potencial

1. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=8s, Bajamar



2. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=8s, Pleamar



3. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=10s, Bajamar

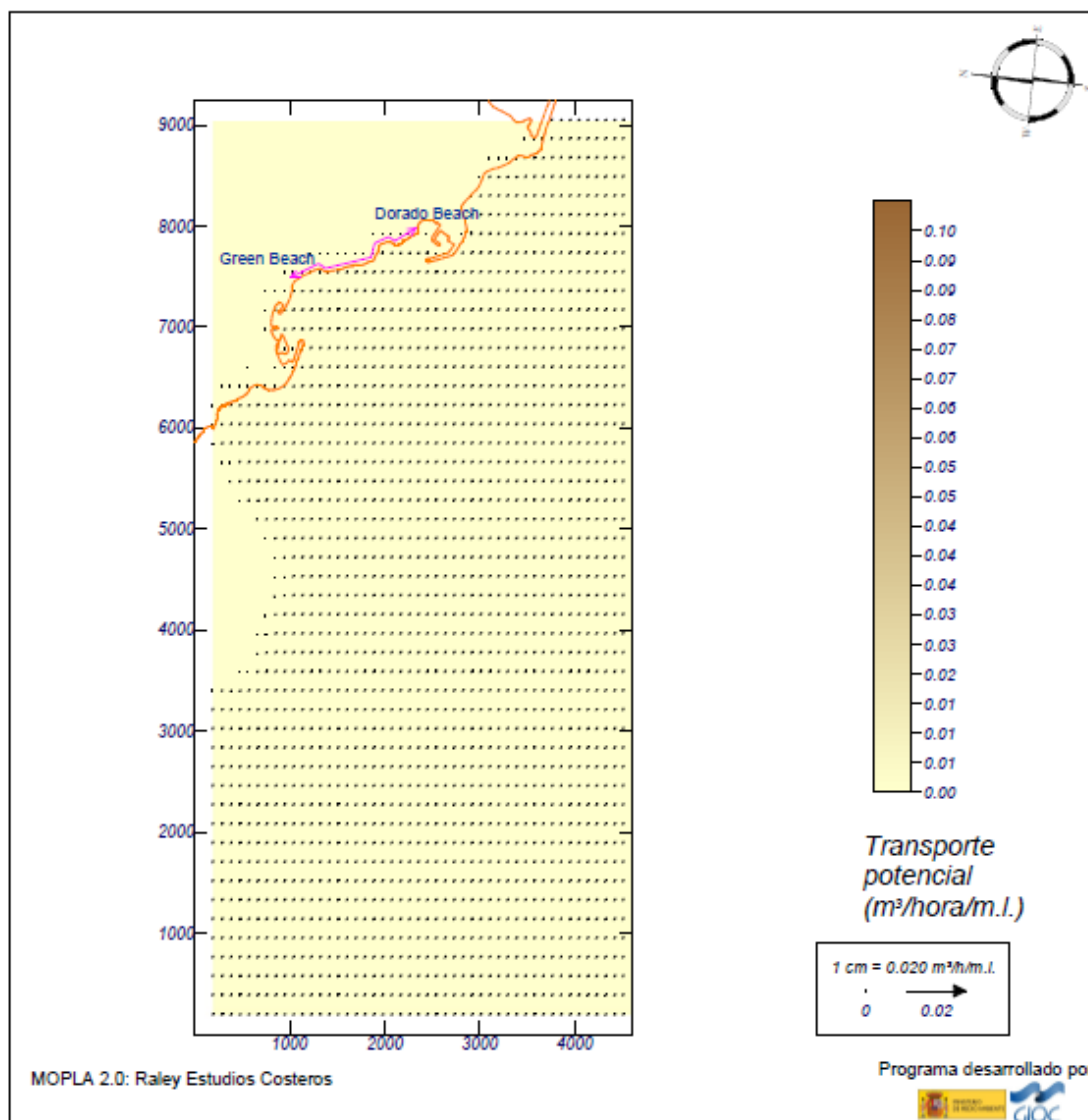
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

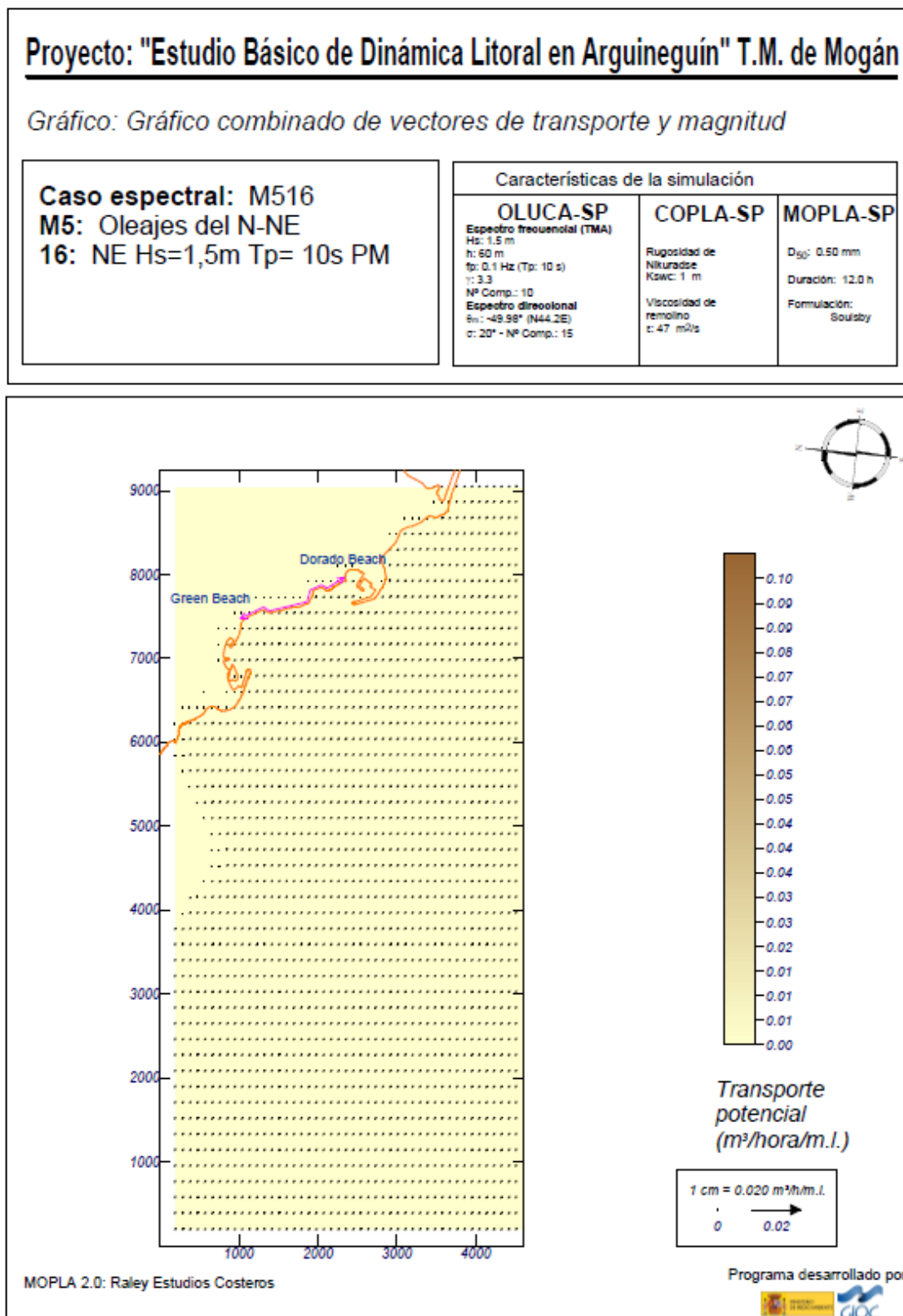
**Caso espectral: M515**  
**M5:** Oleajes del N-NE  
**15:** NE Hs=1,5m Tp= 10s BM

Características de la simulación

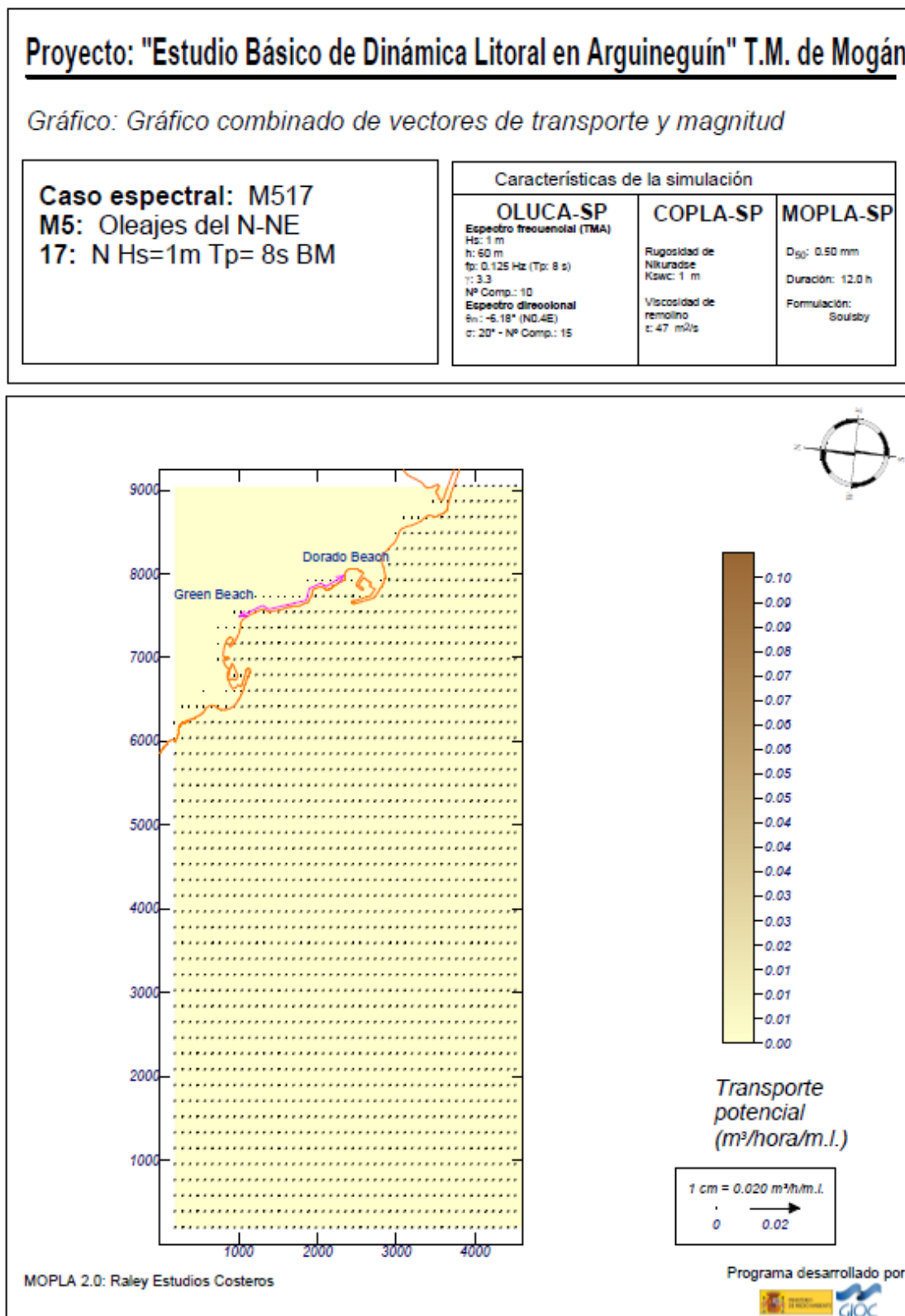
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.5 m h: 60 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 NP Comp.: 10 Espectro direccional θm: -49.58° (N44.2E) σ: 20° - NP Comp.: 15	Rugosidad de Nikuradse KsWC: 1 m  Viscosidad de remolino ν: 47 m <sup>2</sup> /s	Dgg: 0.50 mm  Duración: 12.0 h  Formulación: Soulby



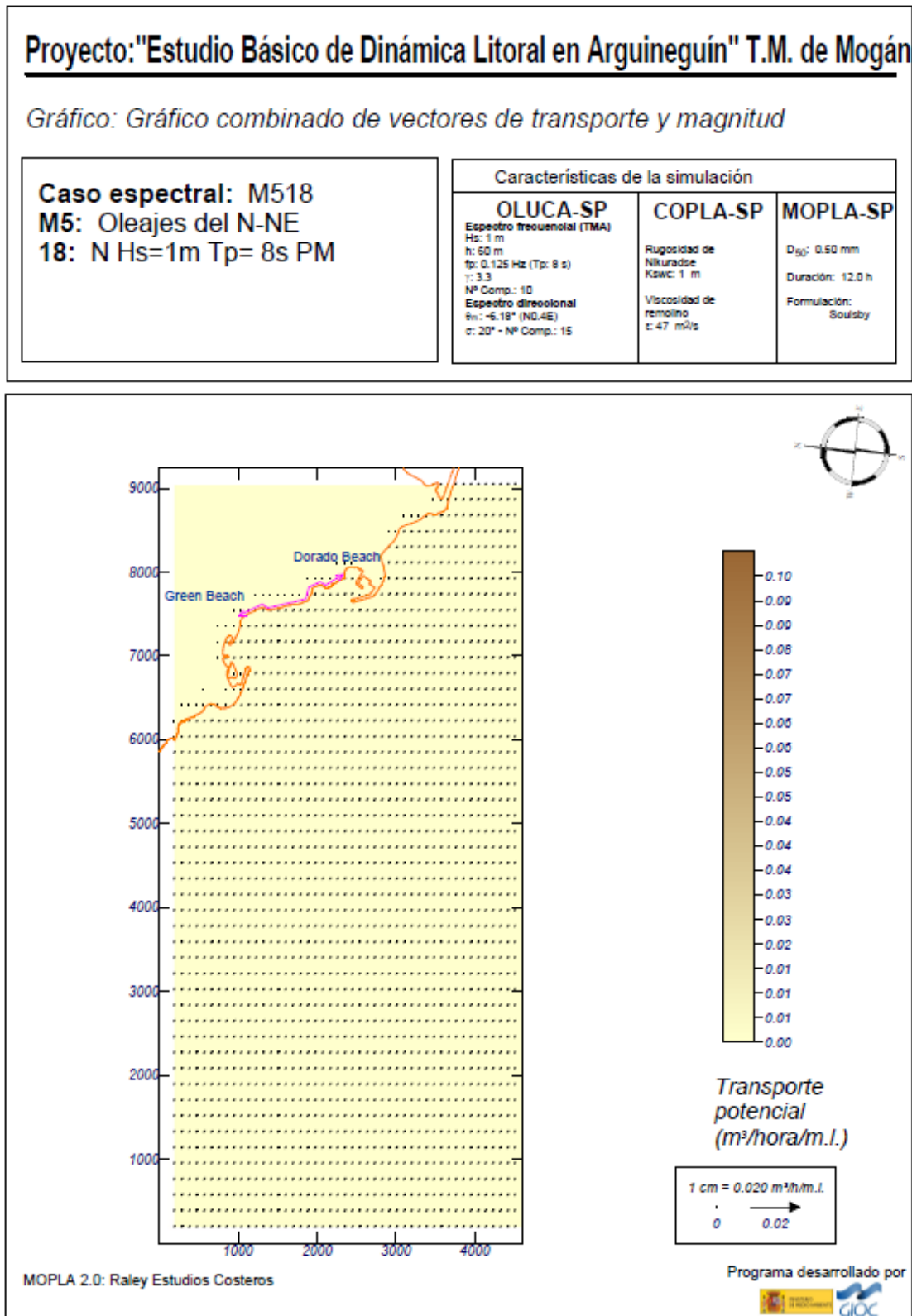
4. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar



5. Dirección N, Hs= 1m, Tp=8s, Bajamar



6. Dirección N, Hs= 1m, Tp=8s, Pleamar



7. Dirección N, Hs= 1m, Tp=10s, Bajamar

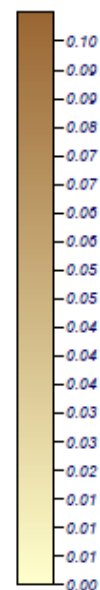
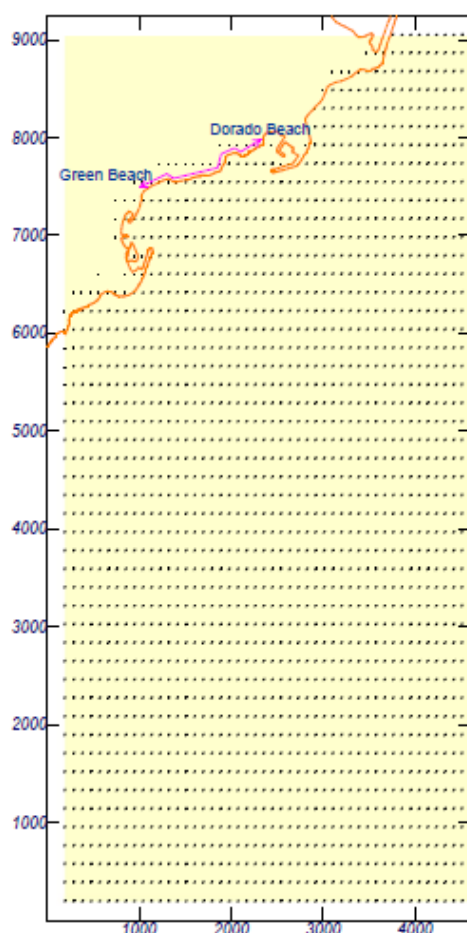
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

**Caso espectral: M519**  
**M5: Oleajes del N-NE**  
**19: N Hs=1m Tp= 10s BM**

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1 m h: 60 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 NP Comp.: 10 Espectro direccional θ <sub>0</sub> : -6.18° (ND.4E) σ: 20° - NP Comp.: 15	Rugosidad de Nikuradse K <sub>sw</sub> : 1 m Viscosidad de remolino ε: 47 m <sup>2</sup> /s	D <sub>50</sub> : 0.50 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulby



Transporte potencial  
(m<sup>3</sup>/hora/m.l.)

1 cm = 0.020 m<sup>3</sup>/h/m.l.  
0 → 0.02

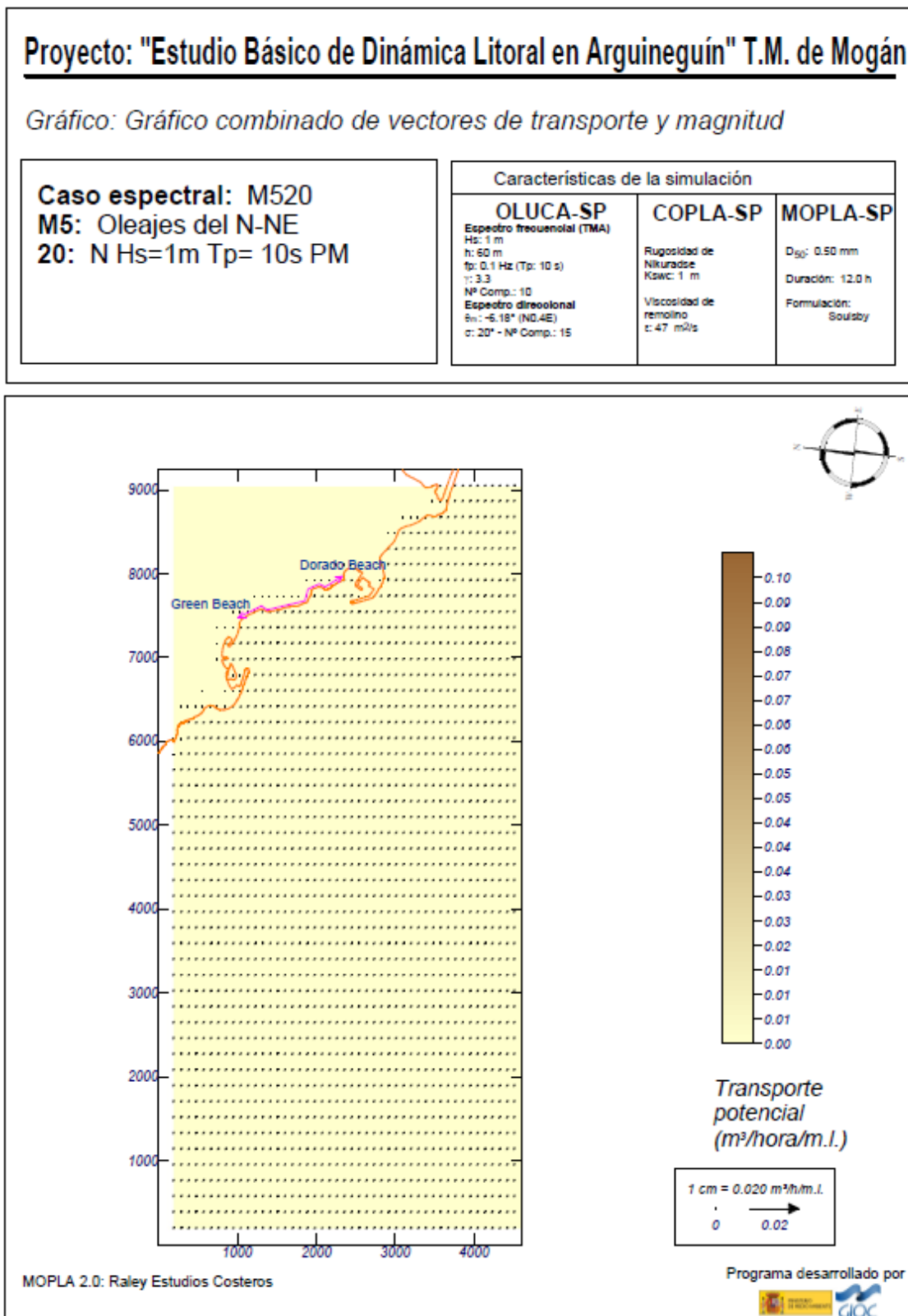
MOPLA 2.0: Raley Estudios Costeros

Programa desarrollado por

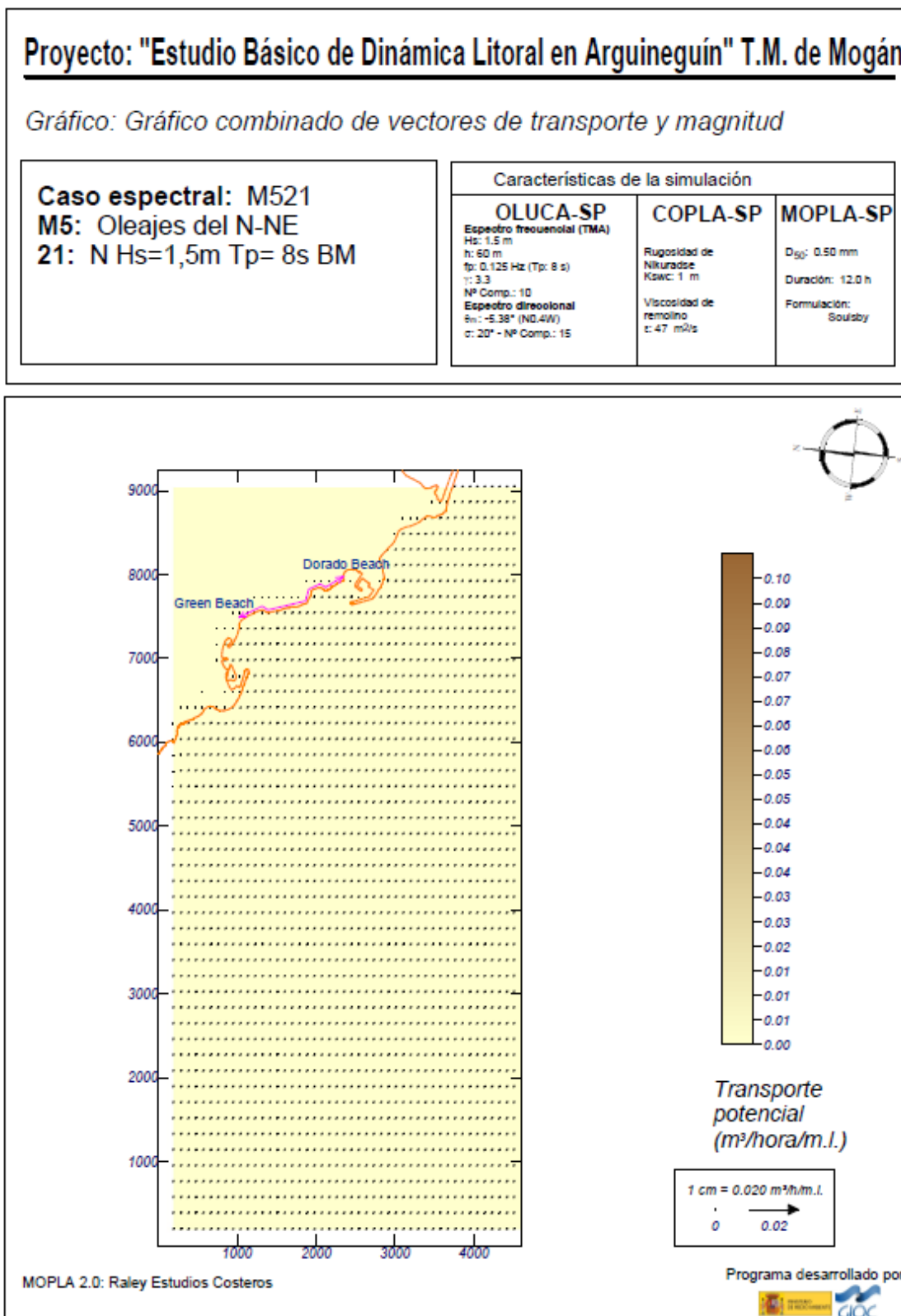




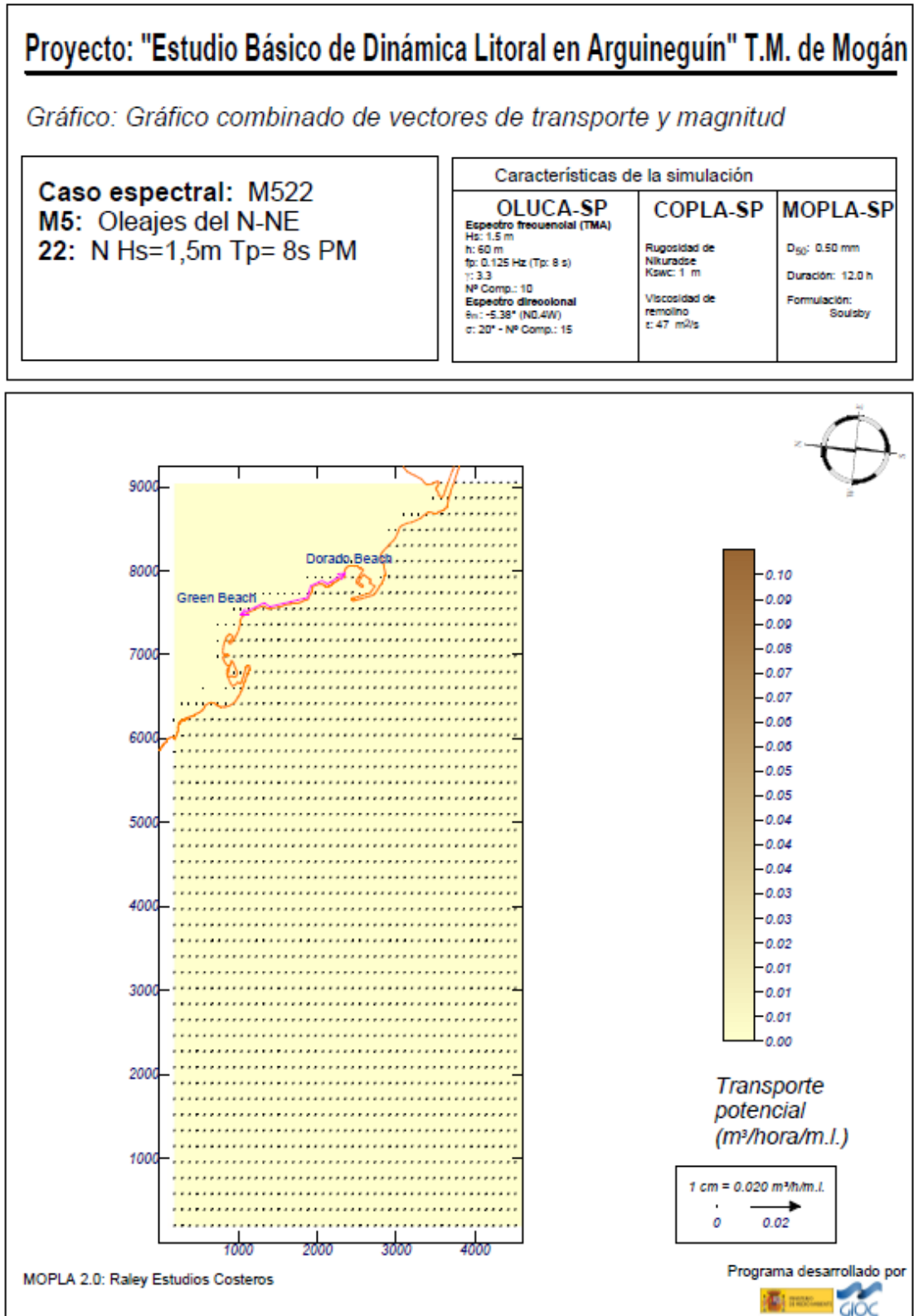
8. Dirección N, Hs= 1m, Tp=10s, Pleamar



9. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=8s, Bajamar



10. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=8s, Pleamar



11. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=10s, Bajamar

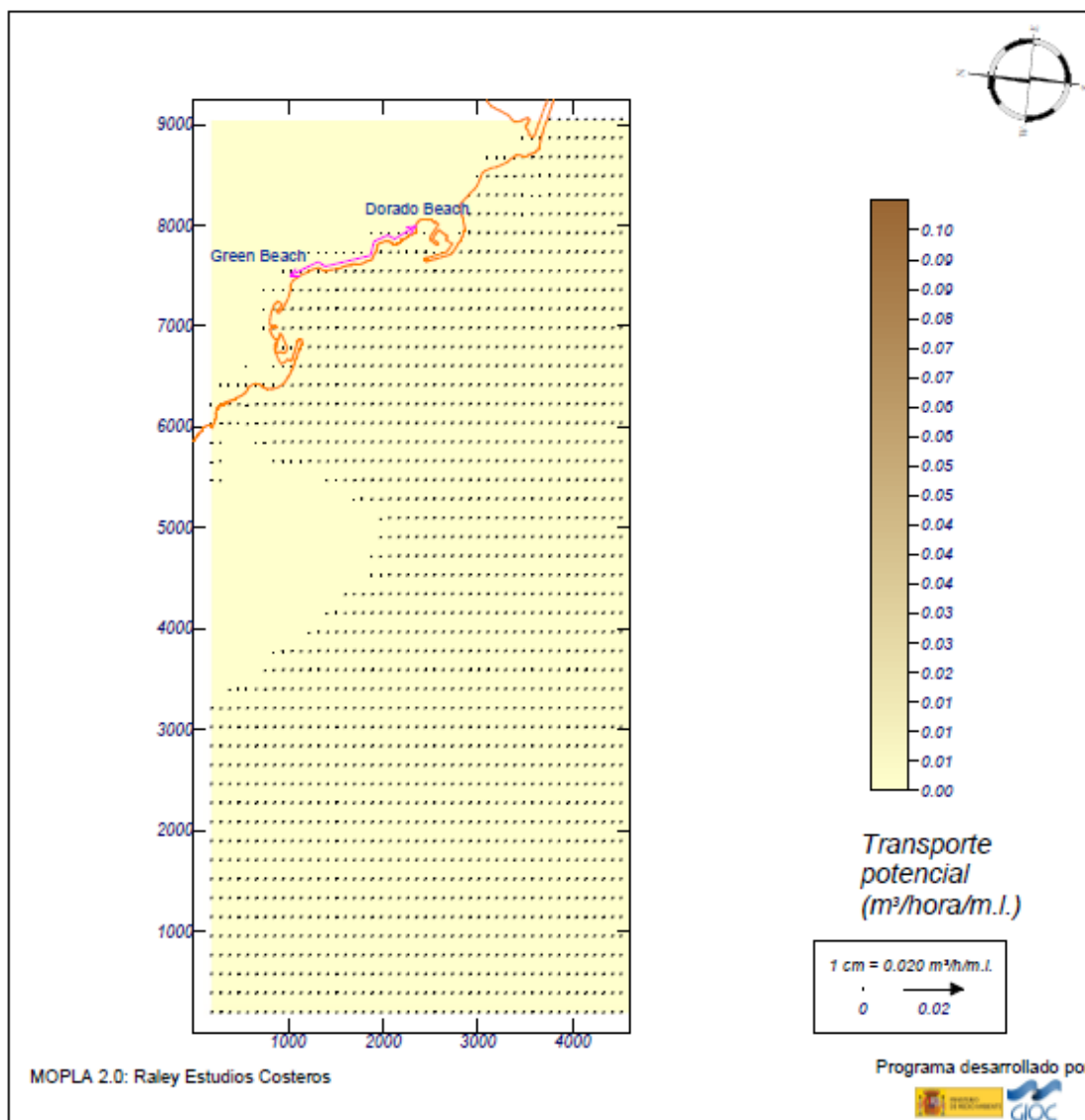
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

**Caso espectral: M523**  
**M5:** Oleajes del N-NE  
**23:** N Hs=1,5m Tp= 10s BM

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.5 m h: 60 m Tp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) T: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse KsWC: 1 m Viscosidad de remolino t: 47 m <sup>2</sup> /s	D <sub>50</sub> : 0.50 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulby



12. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar

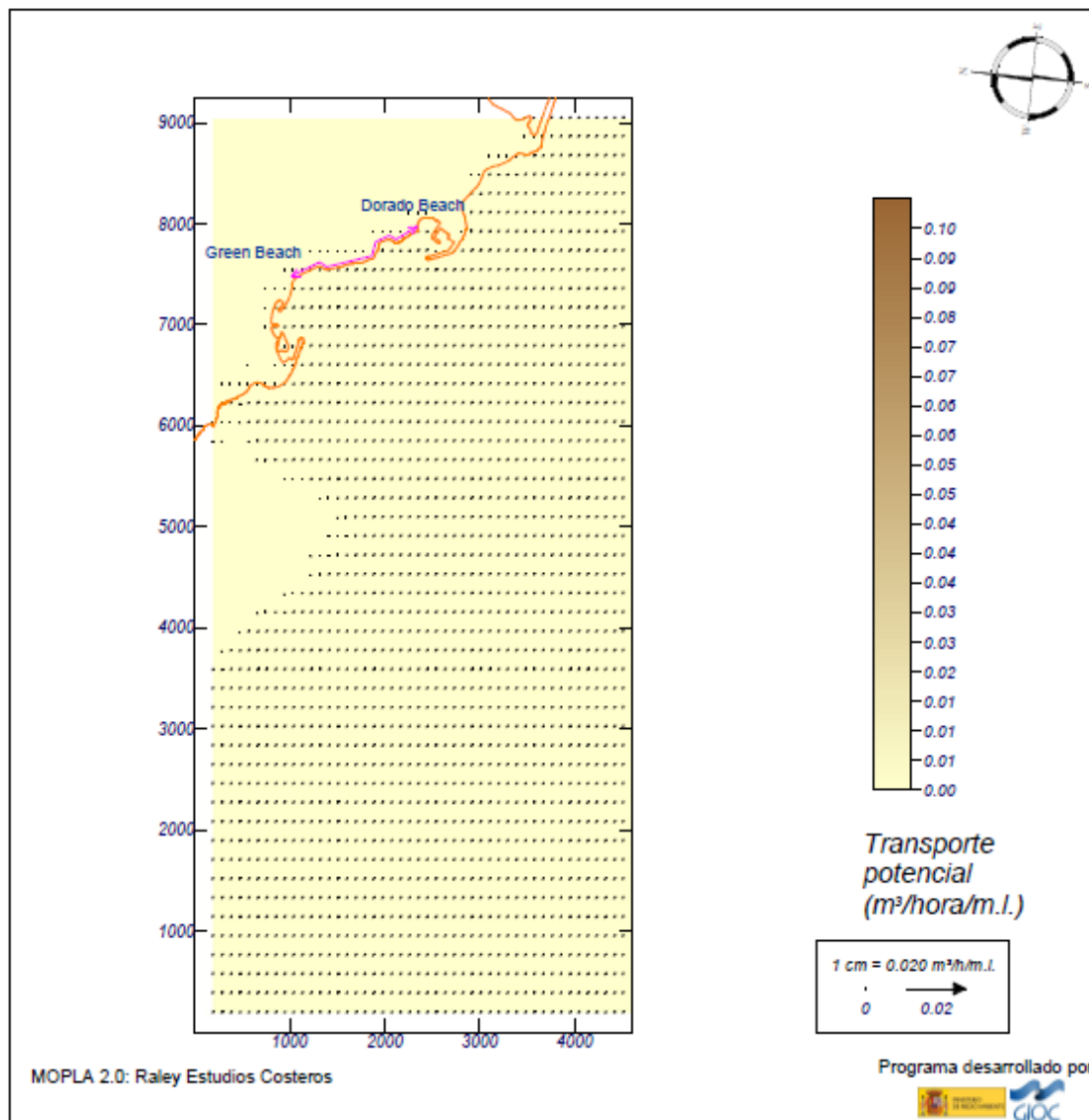
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

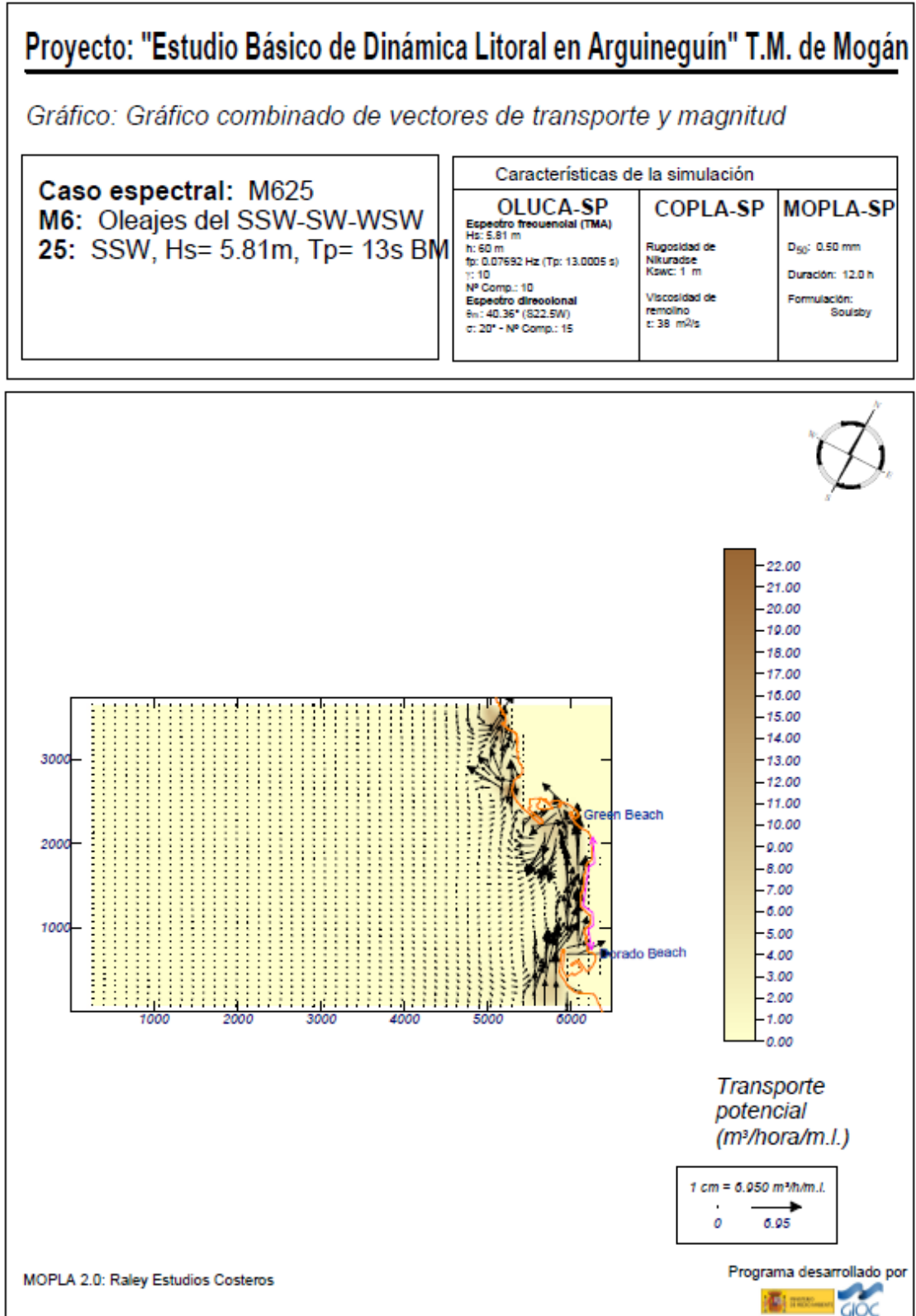
**Caso espectral: M524**  
**M5: Oleajes del N-NE**  
**24: N Hs=1,5m Tp= 10s PM**

Características de la simulación

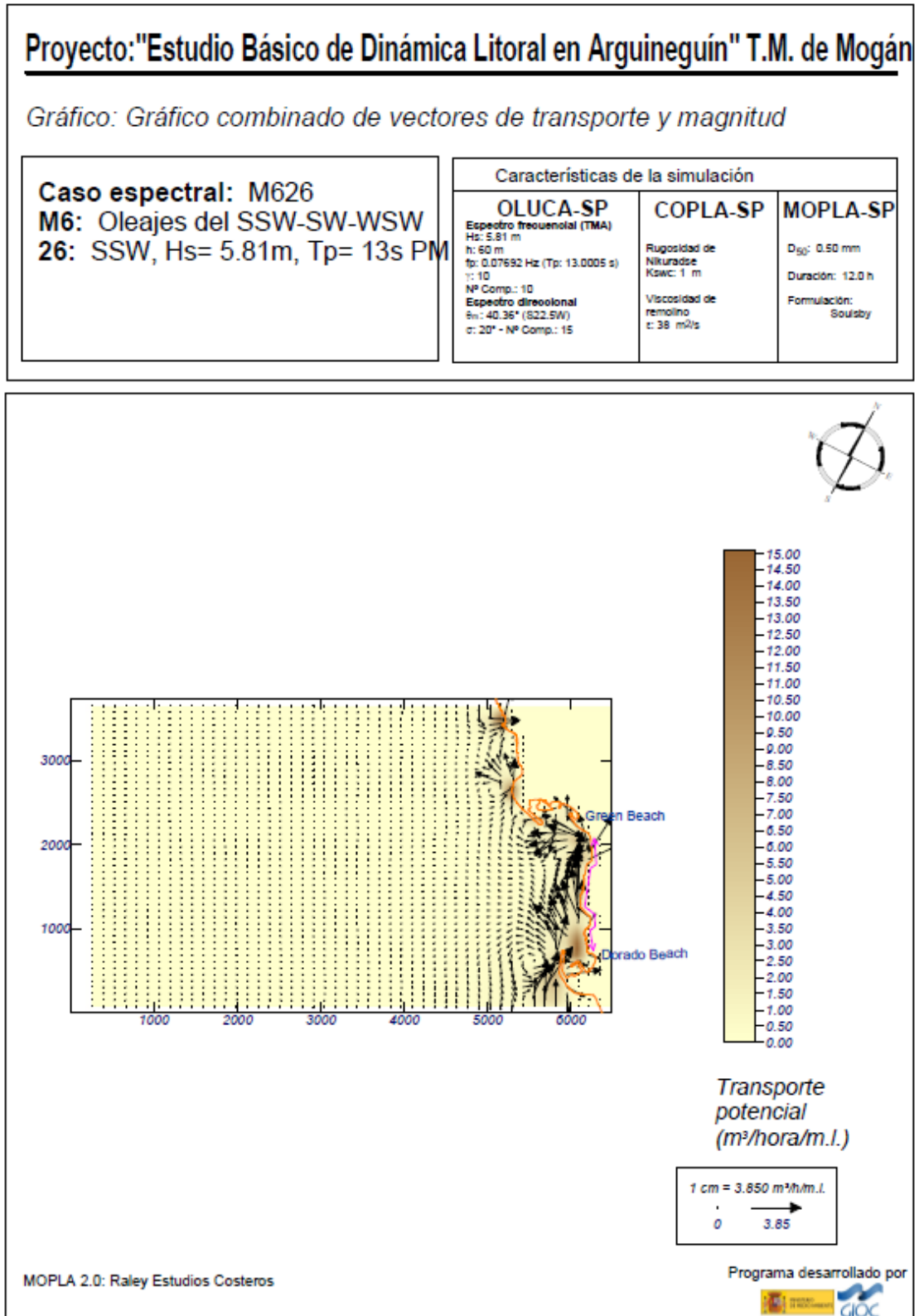
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 1.5 m h: 50 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 Espectro direccional βo: -5.38° (NO,4W) σ: 20° - Nº Comp.: 15	Rugosidad de Nikuradse KsWC: 1 m  Viscosidad de remolino ν: 47 m <sup>2</sup> /s	D <sub>50</sub> : 0.50 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulby



13. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=13s, Bajamar



14. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=13s, Pleamar



15. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=15s, Bajamar

**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

**Caso espectral: M627**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**27:** SSW, Hs= 5.81m, Tp= 15s BM

Características de la simulación

**OLUCA-SP**

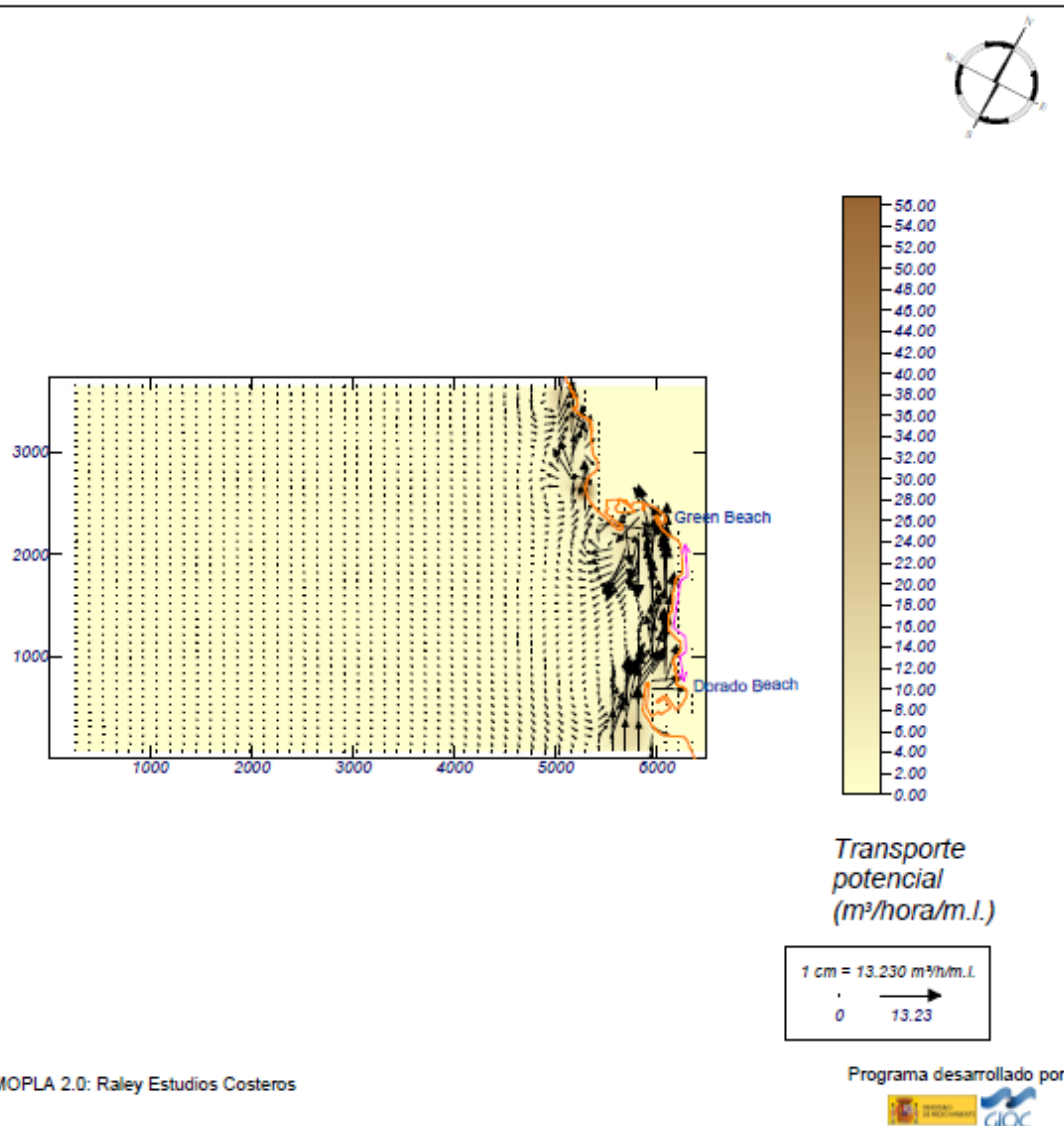
Espectro frecuencial (TMA)  
Hs: 5.81 m  
h: 60 m  
fp: 0.066666 Hz (Tp: 15.0002 s)  
N Comp.: 10  
Espectro direccional  
θs: 40.36° (S22.5W)  
σ: 20° - N Comp.: 15

**COPLA-SP**

Rugosidad de Nikuradse  
Ksw: 1 m  
Viscosidad de remolino  
ε: 38 m<sup>2</sup>/s

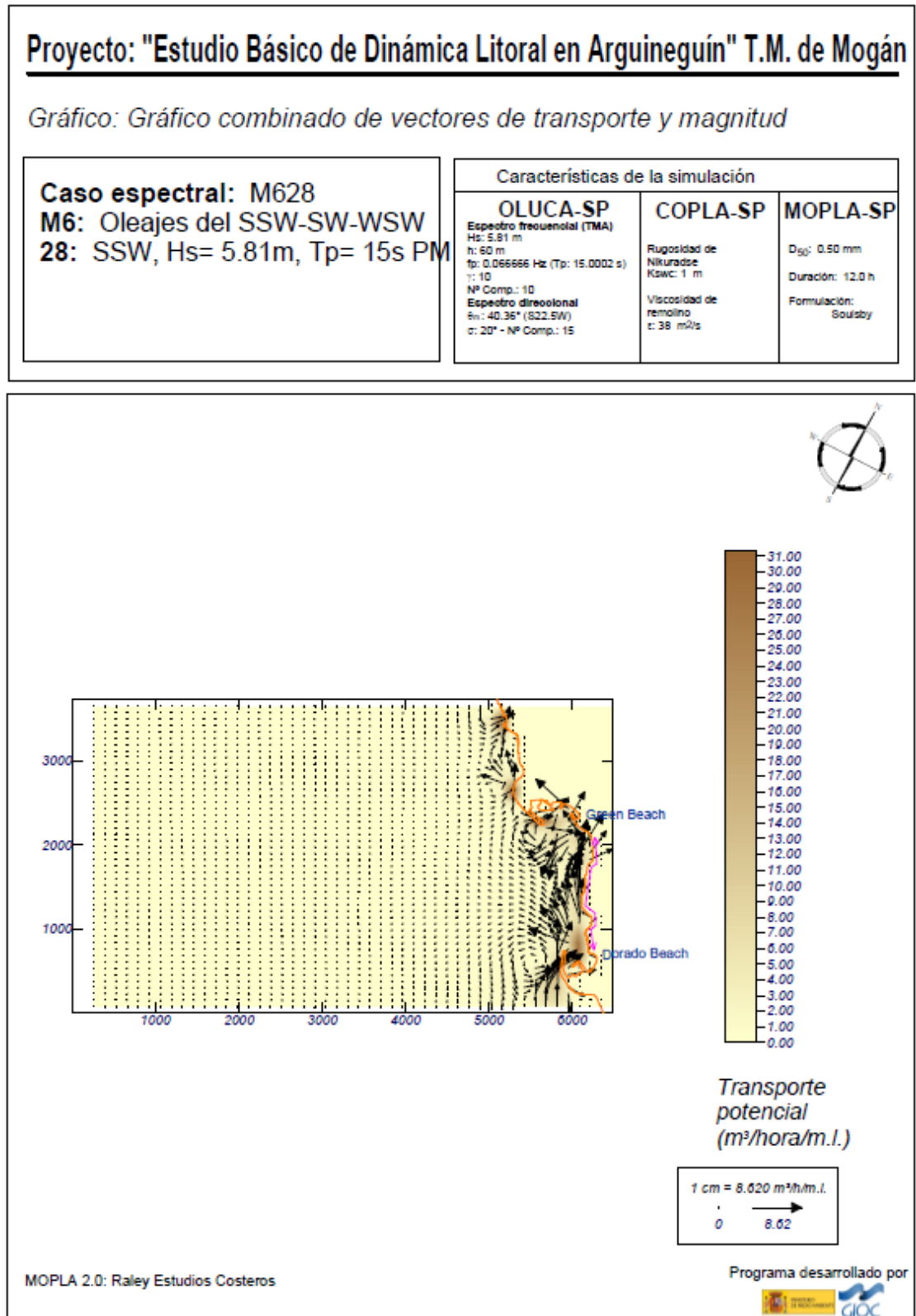
**MOPLA-SP**

D<sub>50</sub>: 0.50 mm  
Duración: 12.0 h  
Formulación:  
Soulby

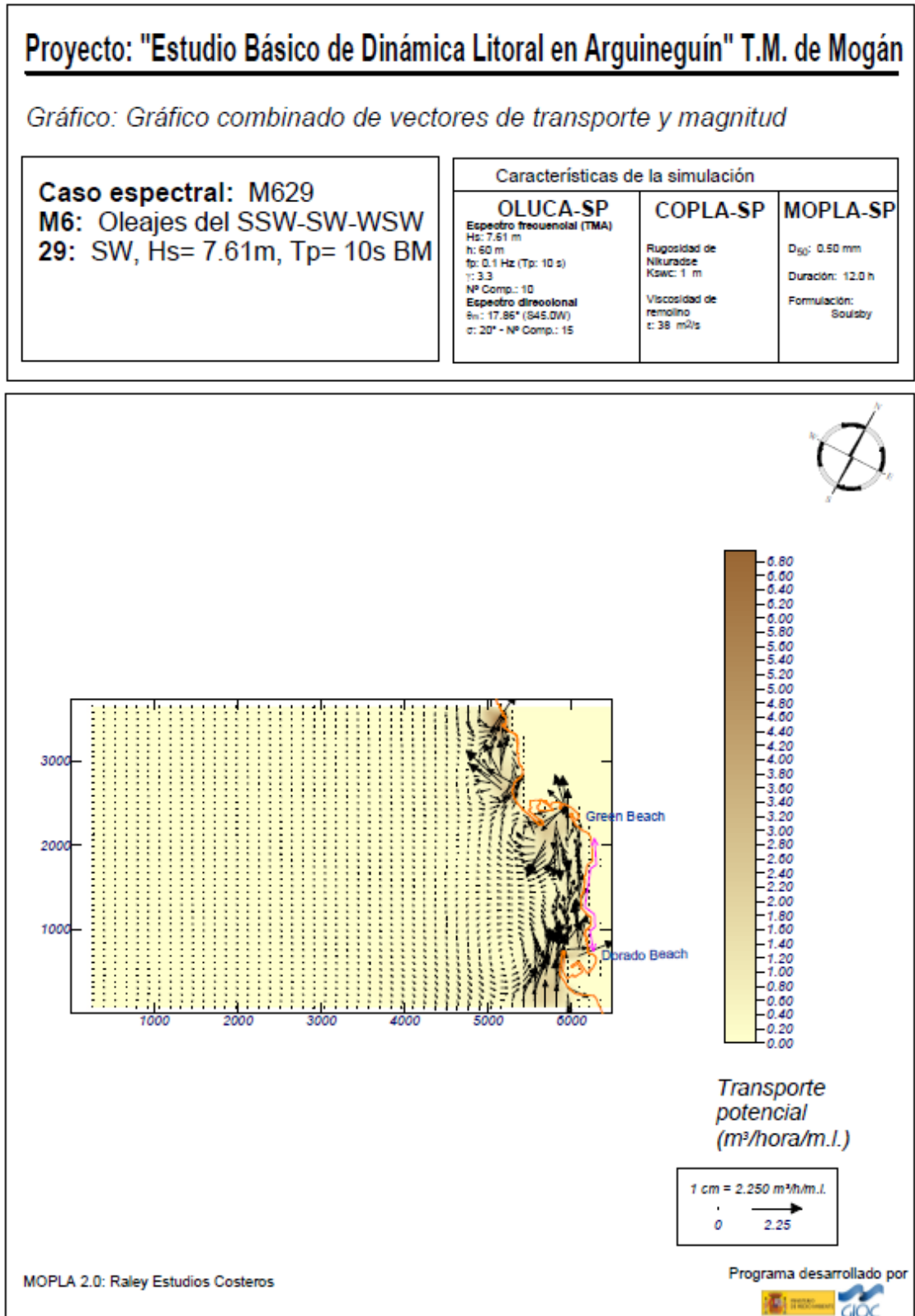




16. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=15s, Pleamar



17. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=10s, Bajamar



18. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=10s, Pleamar

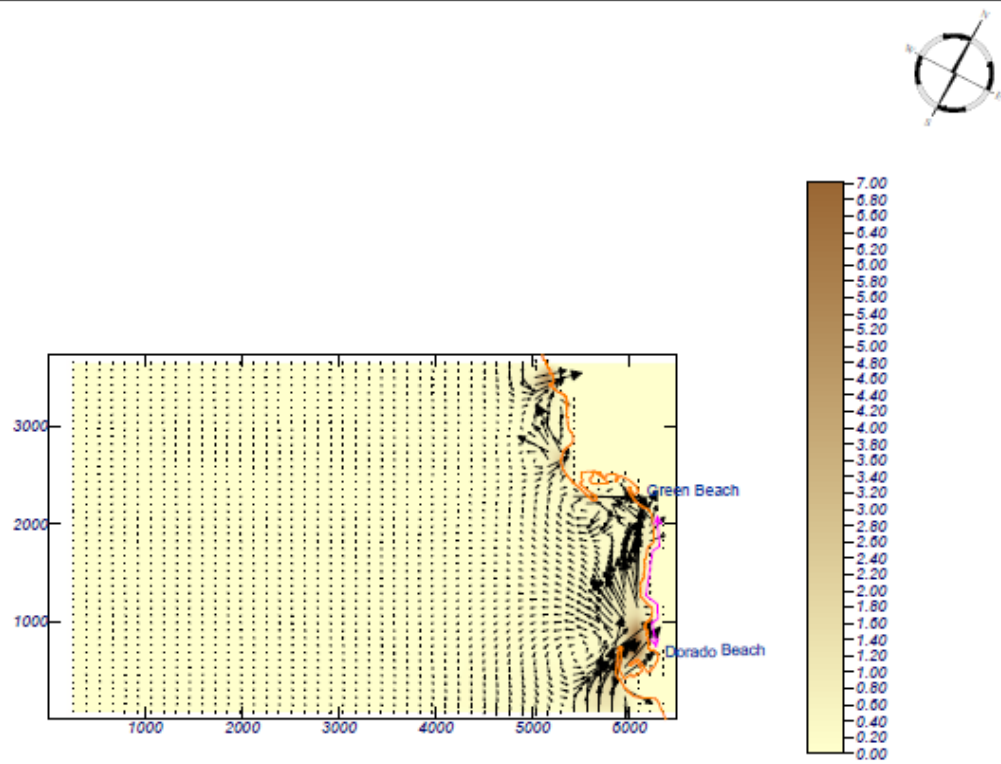
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

**Caso espectral: M630**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**30:** SW, Hs= 7.61m, Tp= 10s PM

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 7.61 m h: 60 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) r: 3.3 NP Comp.: 10 Espectro direccional θm: 17.86° (S45,0W) σ: 20° - NP Comp.: 15	Rugosidad de Nikuradse Kz0w: 1 m Viscosidad de remolino ν: 38 m <sup>2</sup> /s	D <sub>50</sub> : 0.50 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulby



Transporte potencial (m³/hora/m.l.)

1 cm = 1.400 m³/h/m.l.  
0 → 1.40

MOPLA 2.0: Raley Estudios Costeros

Programa desarrollado por

19. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=15s, Bajamar

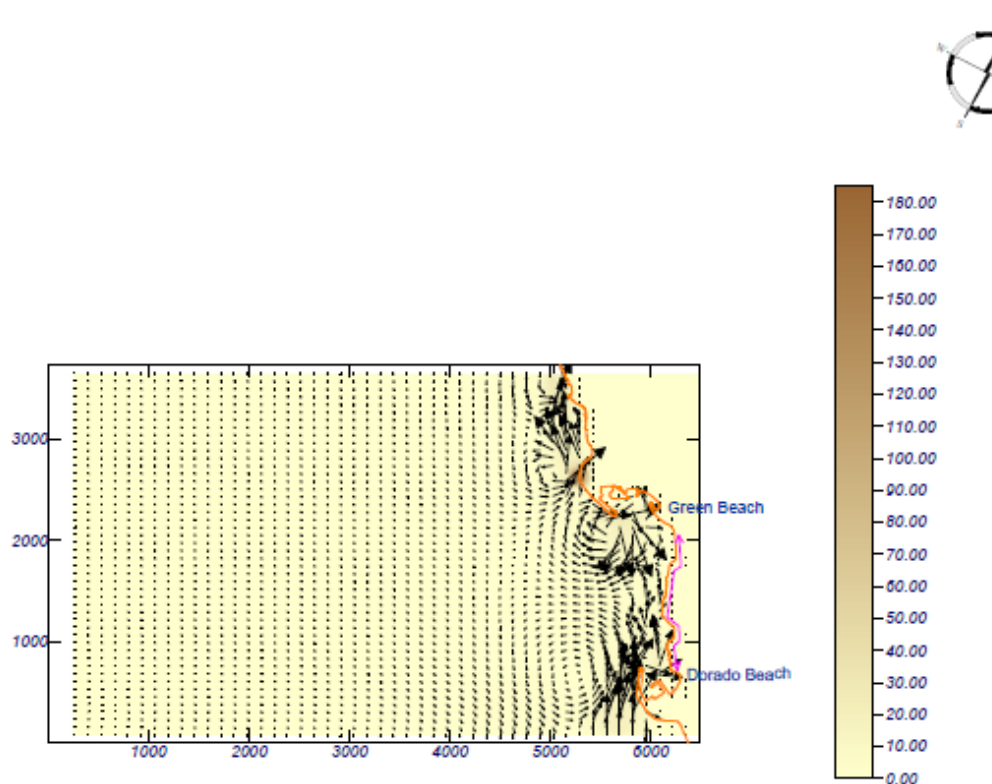
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

**Caso espectral: M631**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**31:** SW, Hs= 7.61m, Tp= 15s BM

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 7.61 m h: 60 m fp: 0.06666 Hz (Tp: 15.0015 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m	D <sub>50</sub> : 0.50 mm
Espectro direccional θ <sub>m</sub> : 17.86° (845.0W) σ: 20° - Nº Comp.: 15	Viscosidad de remolino ν: 38 m <sup>2</sup> /s	Duración: 12.0 h
		Formulación: Soulby



Transporte potencial  
(m<sup>3</sup>/hora/m.l.)

1 cm = 23.110 m<sup>3</sup>/h.m.l.  
0 → 23.11

MOPLA 2.0: Raley Estudios Costeros

Programa desarrollado por



20. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=15s, Pleamar

**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

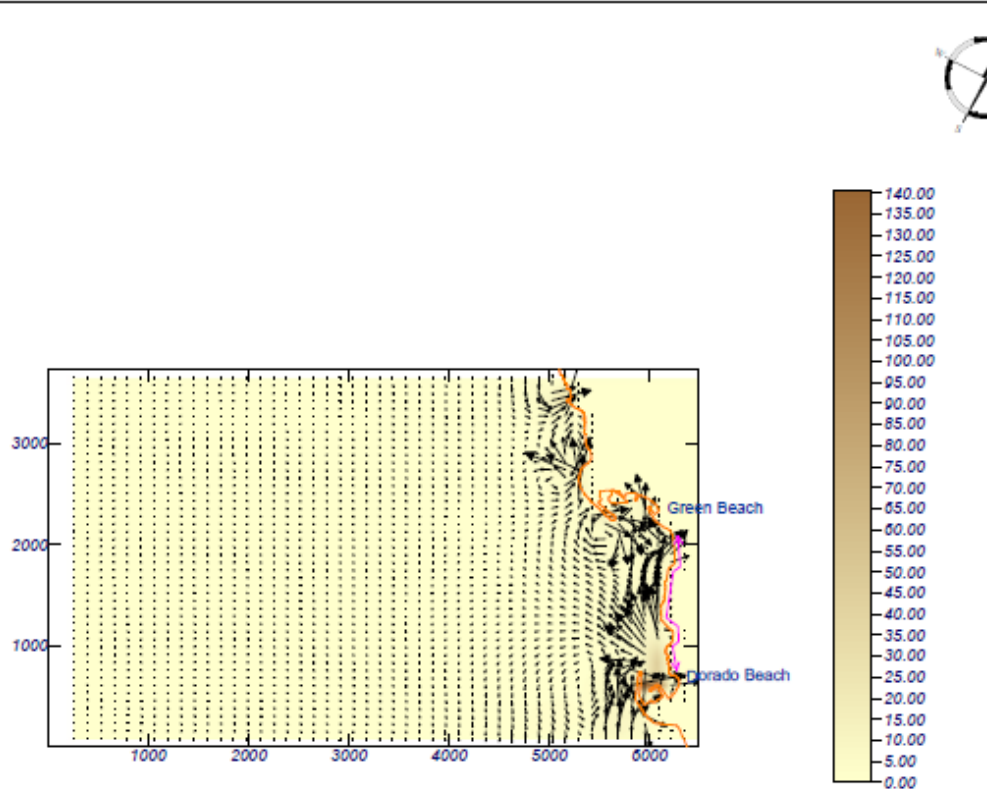
**Caso espectral: M632**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**32:** SW, Hs= 7.61m, Tp= 15s PM

Características de la simulación

**OLUCA-SP**  
Espectro frecuencial (TMA)  
Hs: 7.61 m  
h: 60 m  
fp: 0.06666 Hz (Tp: 15.0015 s)  
γ: 3.3  
NP Comp.: 10  
Espectro direccional  
θm: 17.86° (S45.0W)  
σ: 20° - NP Comp.: 15

**COPLA-SP**  
Rugosidad de Nikuradse  
Ksw: 1 m  
Viscosidad de remolino  
ν: 38 m<sup>2</sup>/s

**MOPLA-SP**  
D<sub>50</sub>: 0.50 mm  
Duración: 12.0 h  
Formulación: Soulsby



Transporte potencial  
(m<sup>3</sup>/hora/m.l.)

1 cm = 13.850 m<sup>3</sup>/h/m.l.  
0 → 13.85

MOPLA 2.0: Raley Estudios Costeros

Programa desarrollado por



21. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=12s, Bajamar

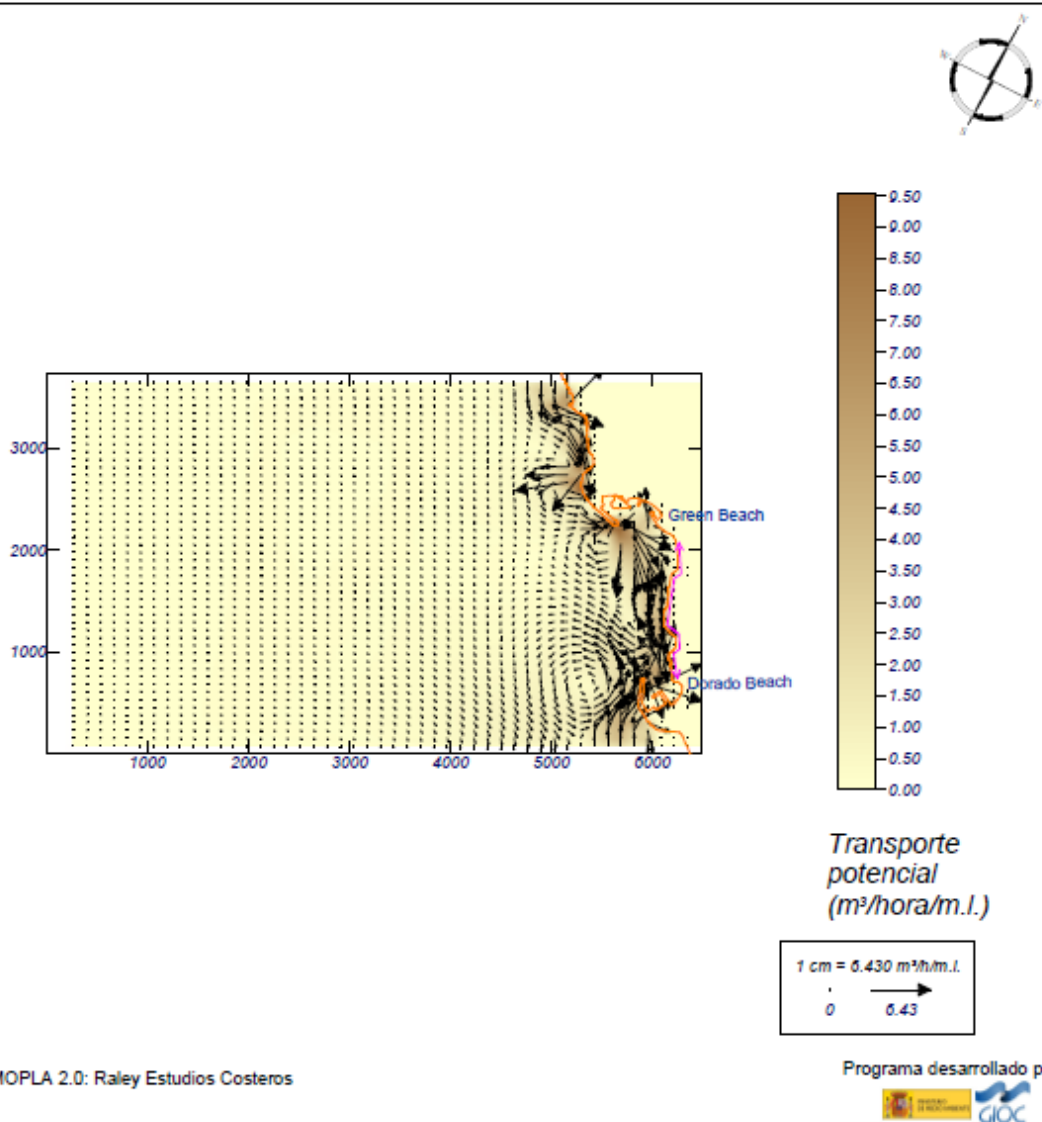
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

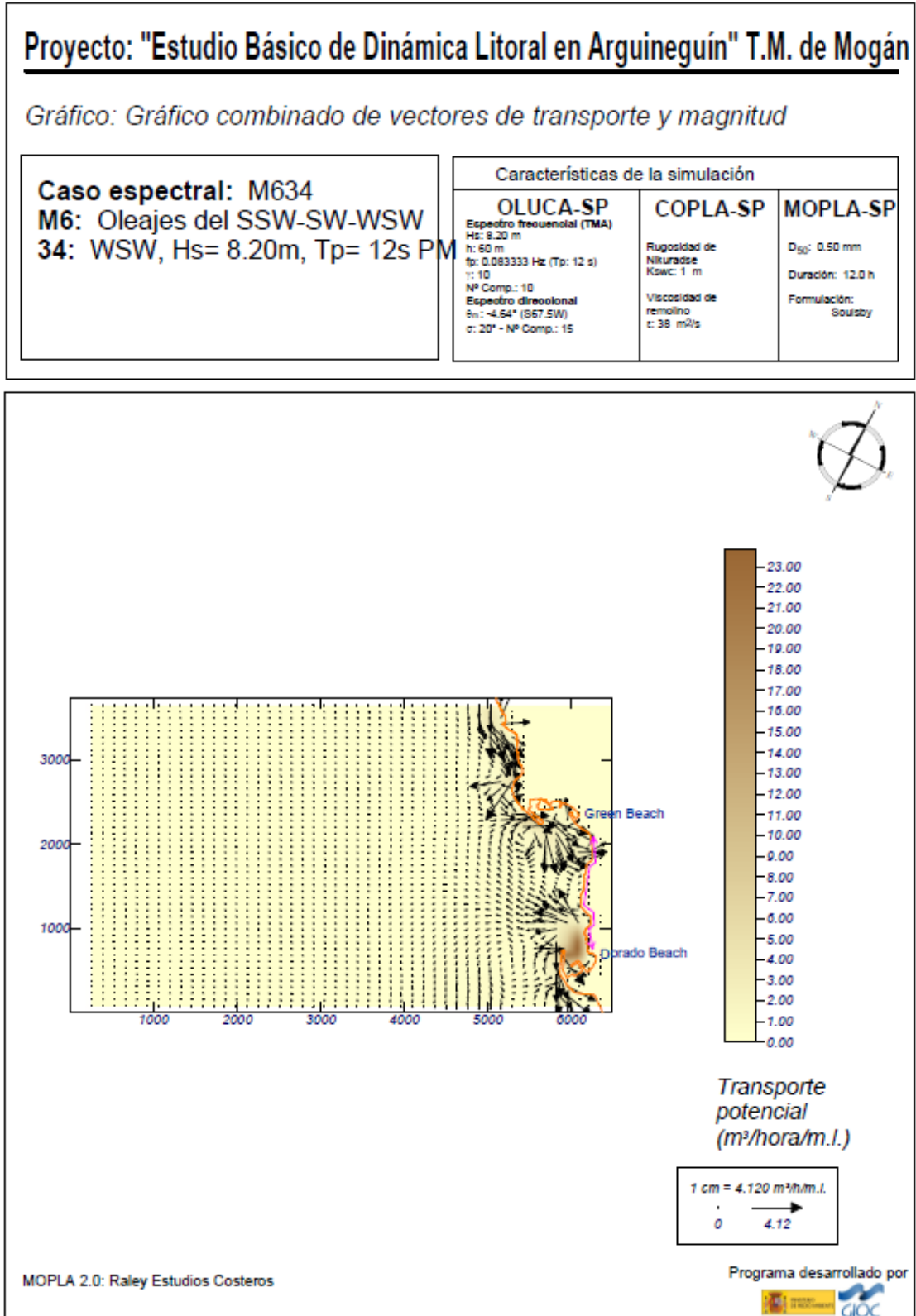
**Caso espectral: M633**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**33:** WSW, Hs= 8.20m, Tp= 12s BM

Características de la simulación

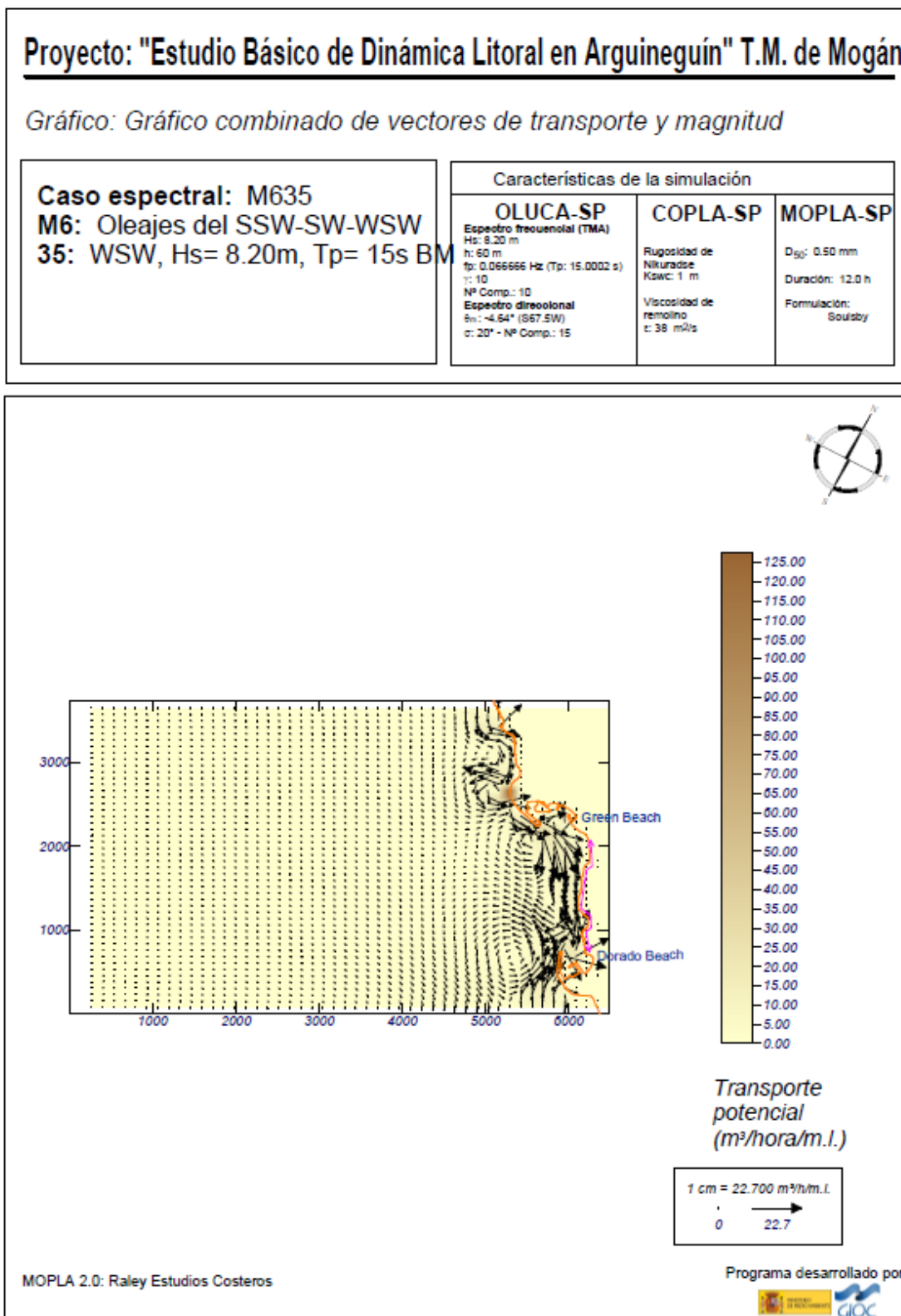
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 8.20 m h: 60 m fp: 0.083333 Hz (Tp: 12 s) γ: 10 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m Viscosidad de remolino ν: 38 m <sup>2</sup> /s	D <sub>50</sub> : 0.50 mm Duración: 12.0 h Formulación: Svendsen



22. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=12s, Pleamar

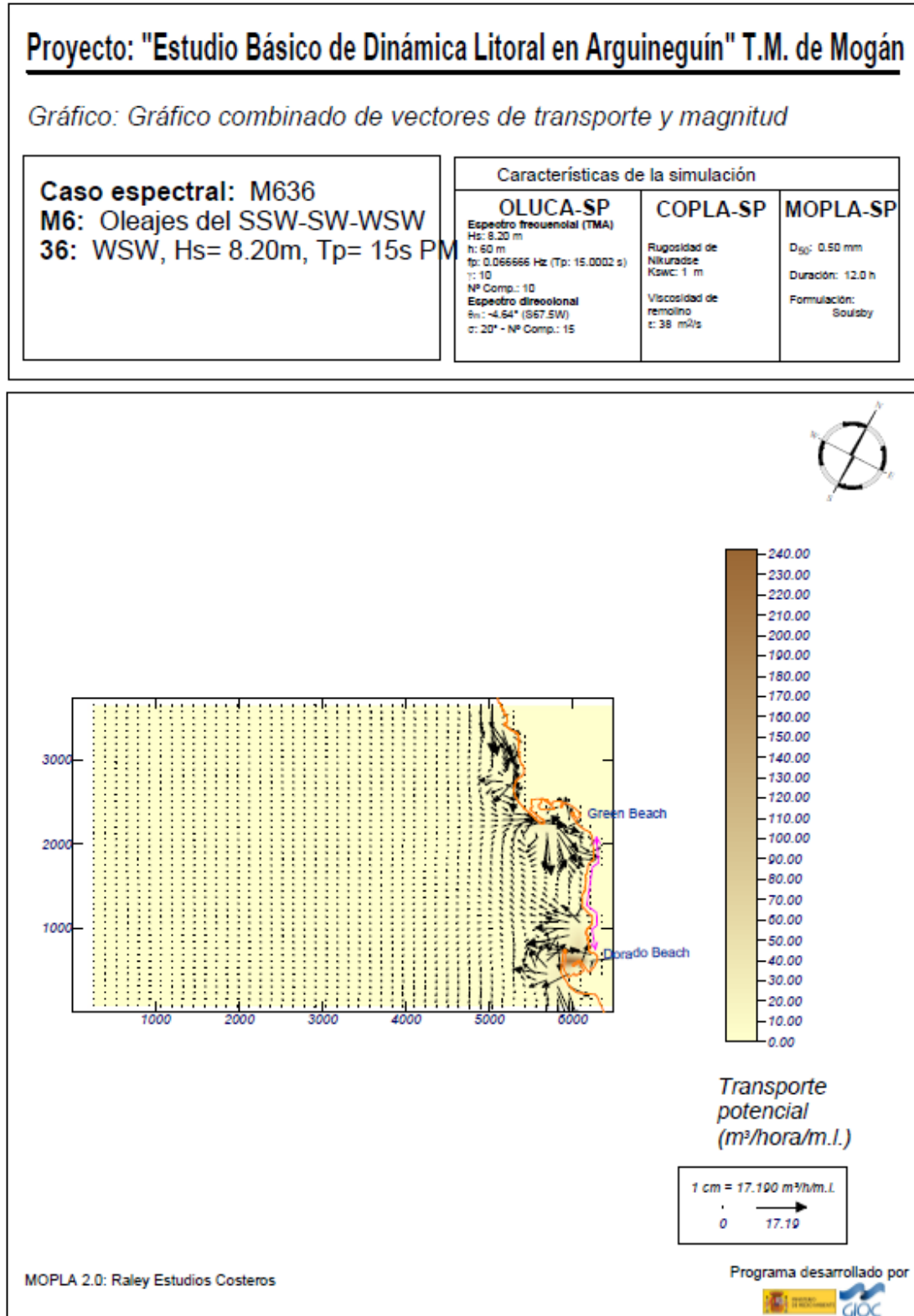


23. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=15s, Bajamar



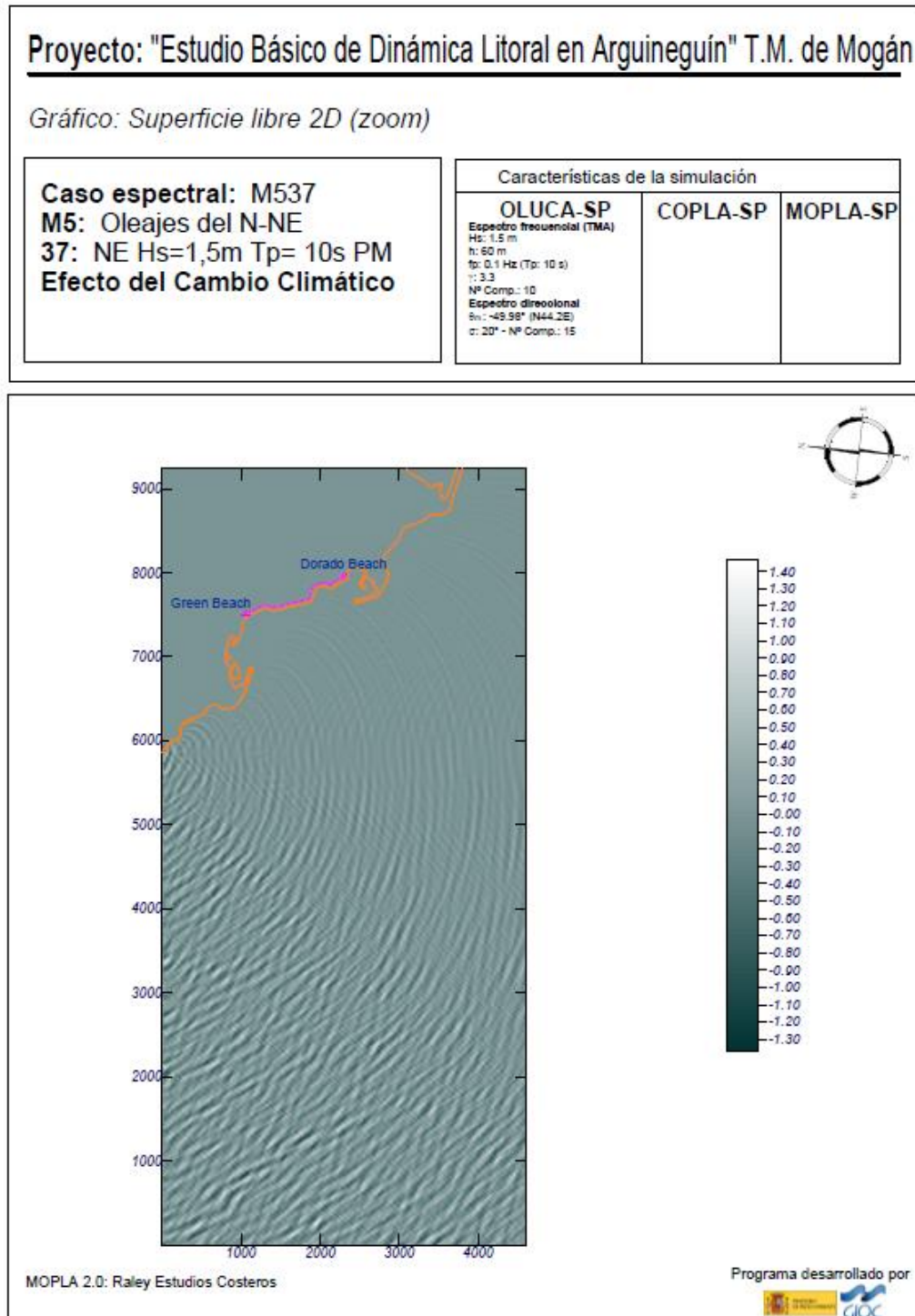


24. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=15s, Pleamar

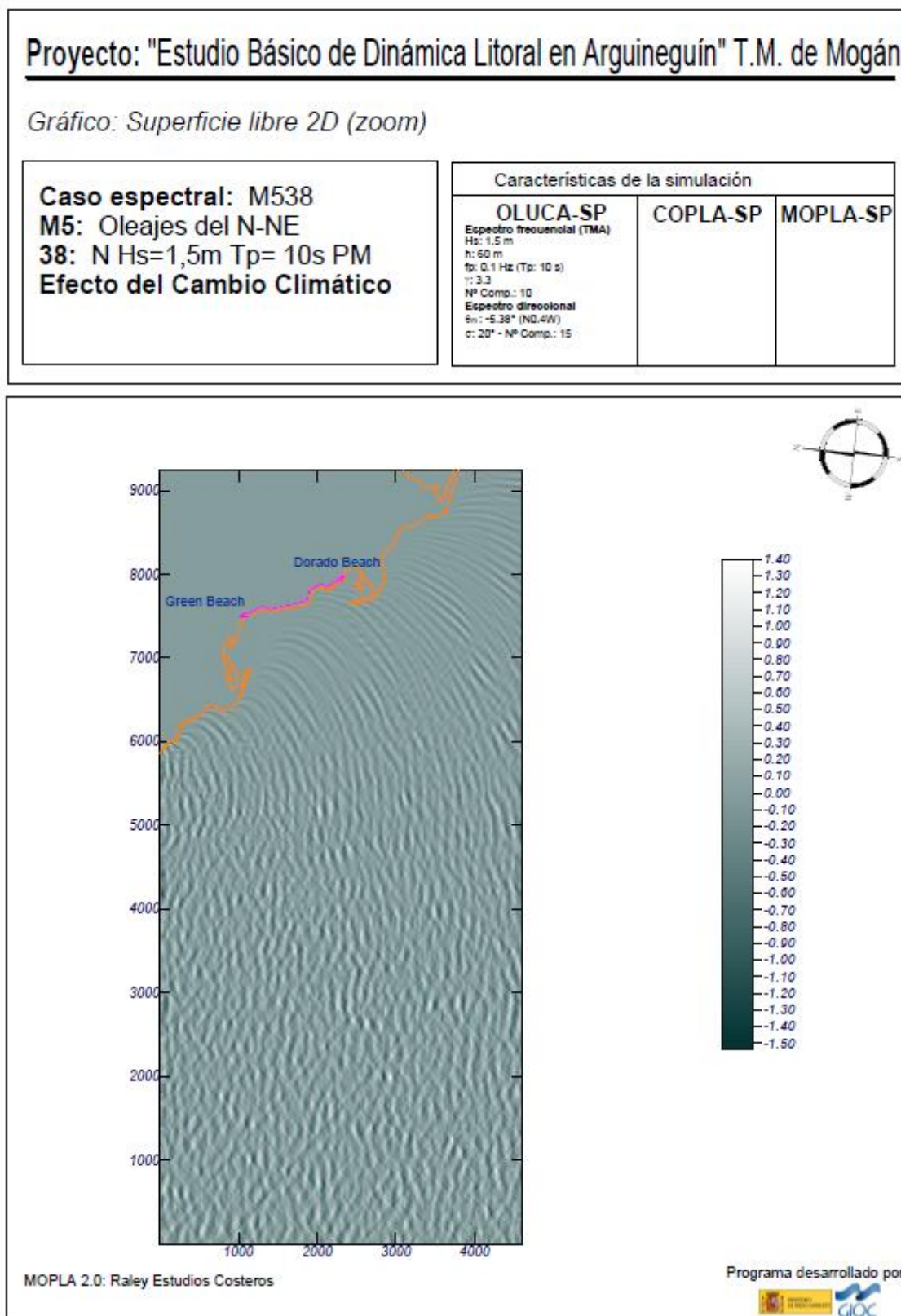


**1.4.- Gráficos de Superficie Libre – Efecto del Cambio Climático**

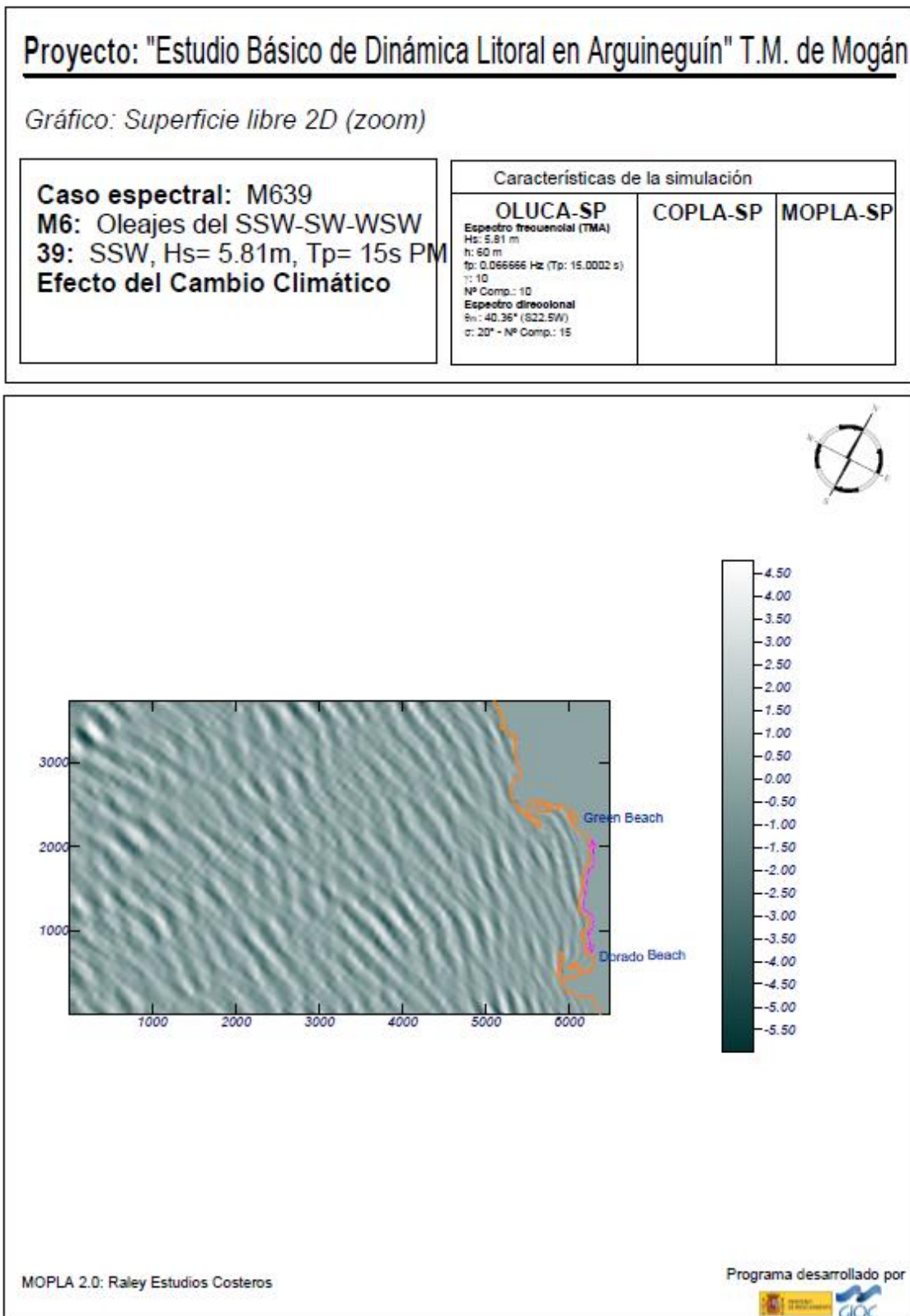
**1. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar**



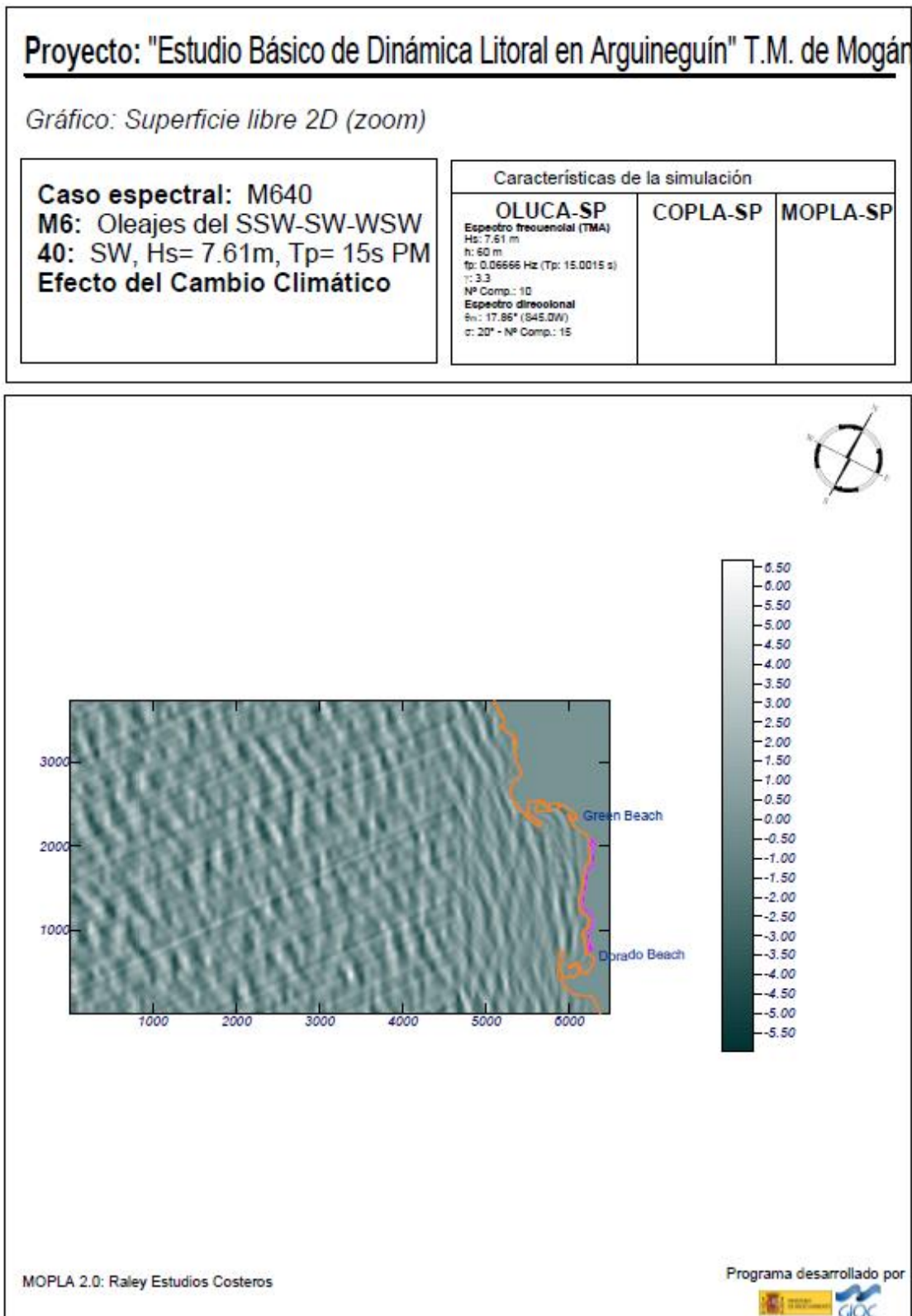
2. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar



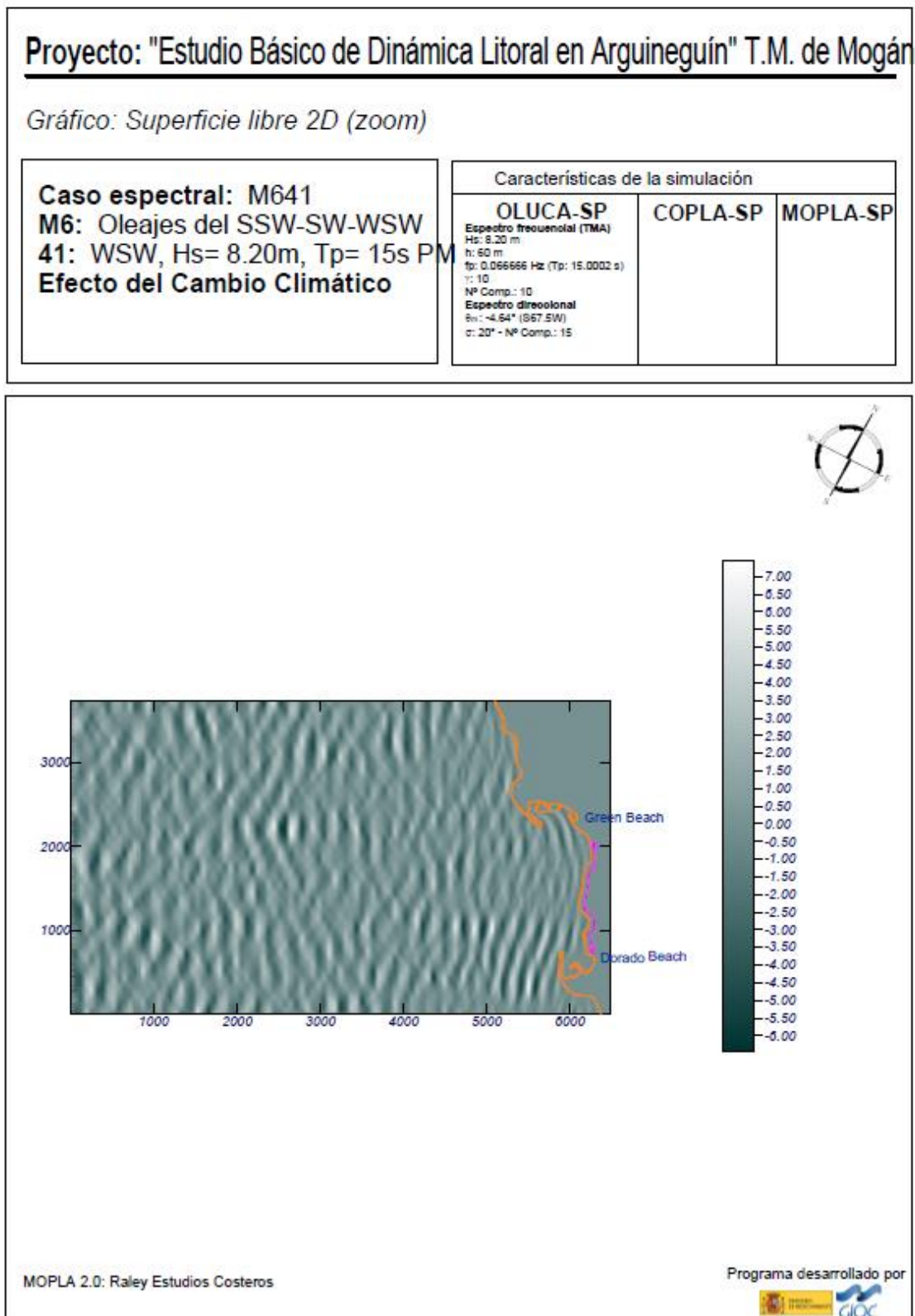
3. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=15s, Pleamar



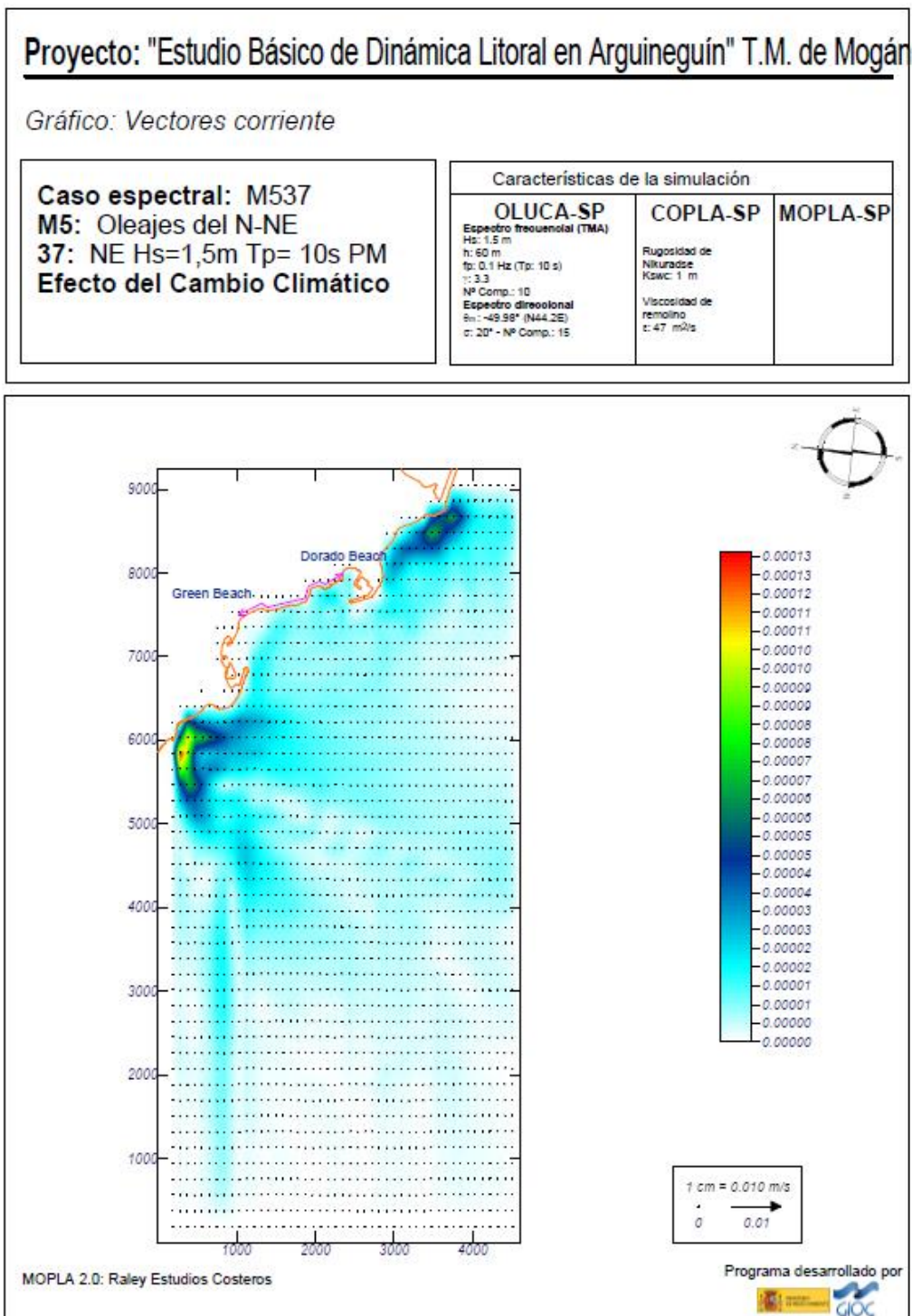
4. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=15s, Pleamar



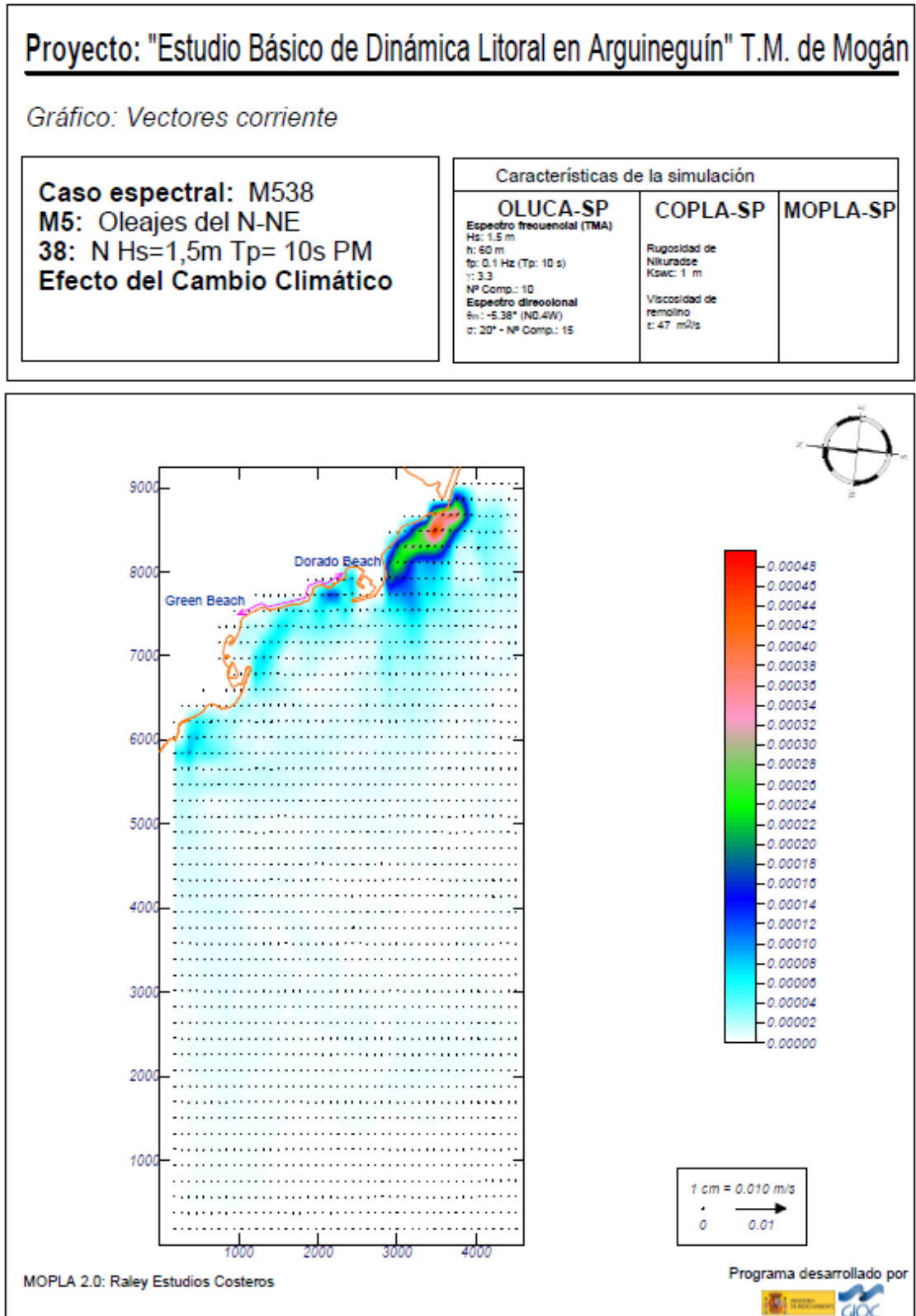
5. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=15s, Pleamar



1.5.- Gráficos de las Corrientes de Rotura – Efecto del Cambio Climático  
1. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar

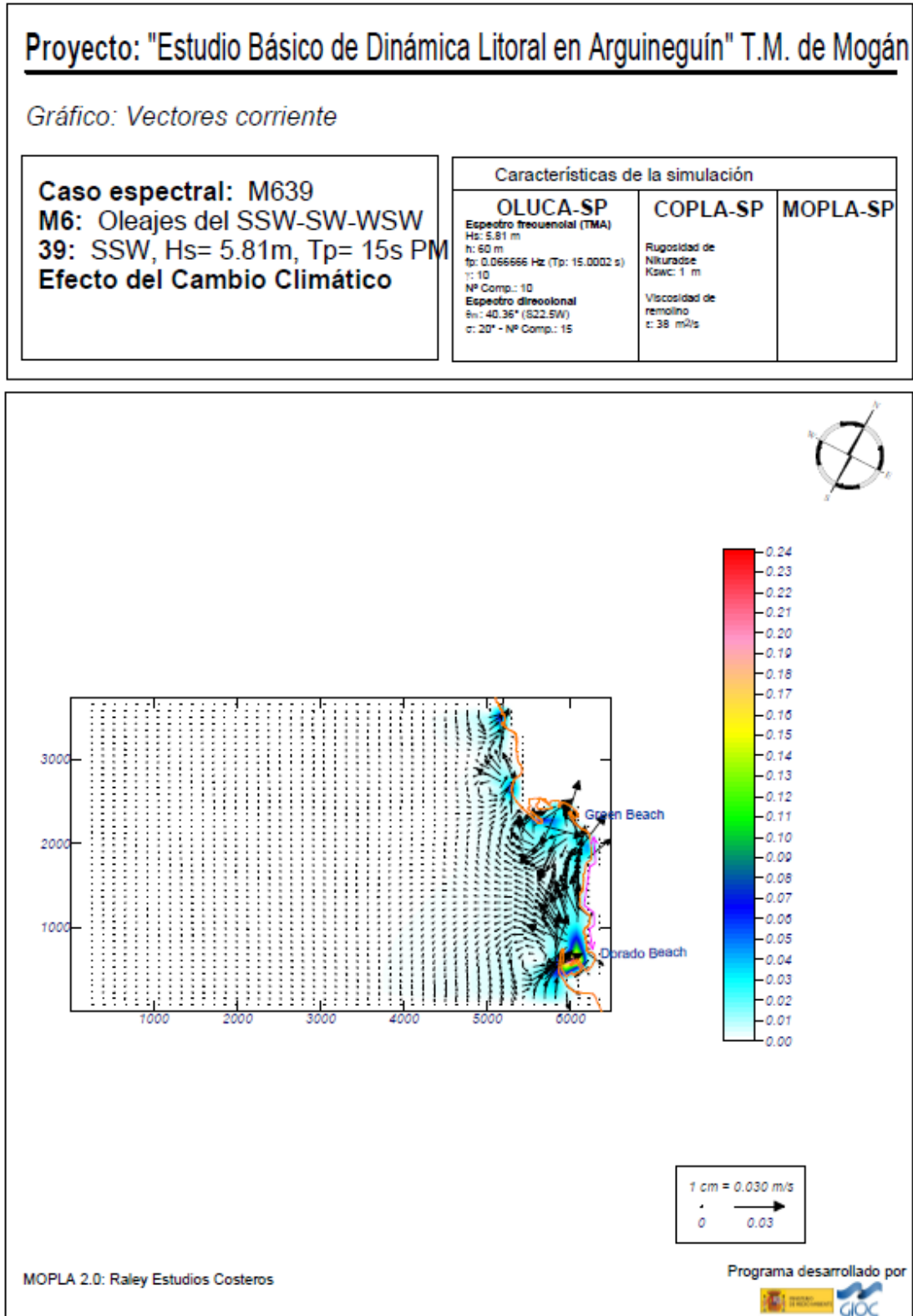


2. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar

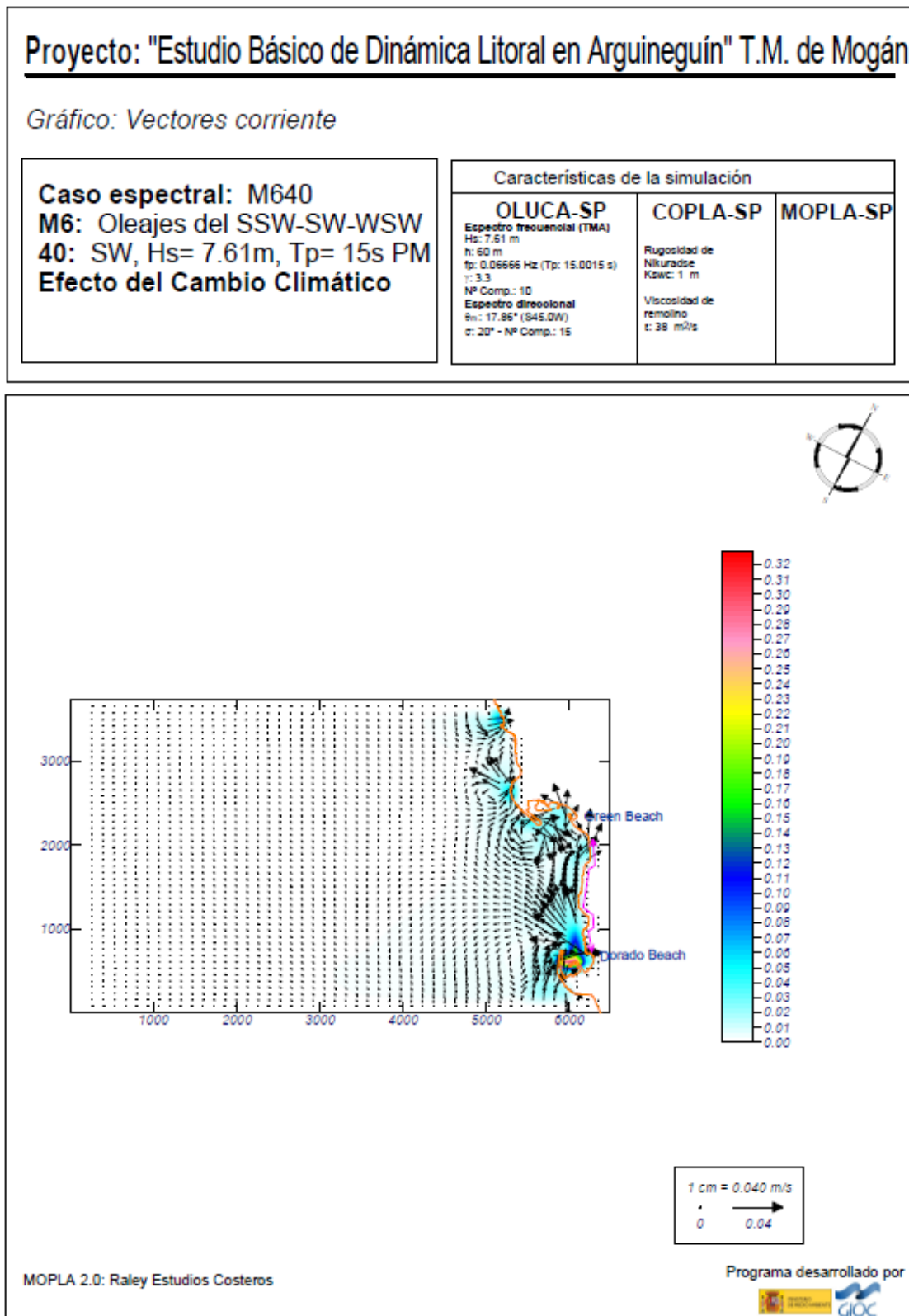




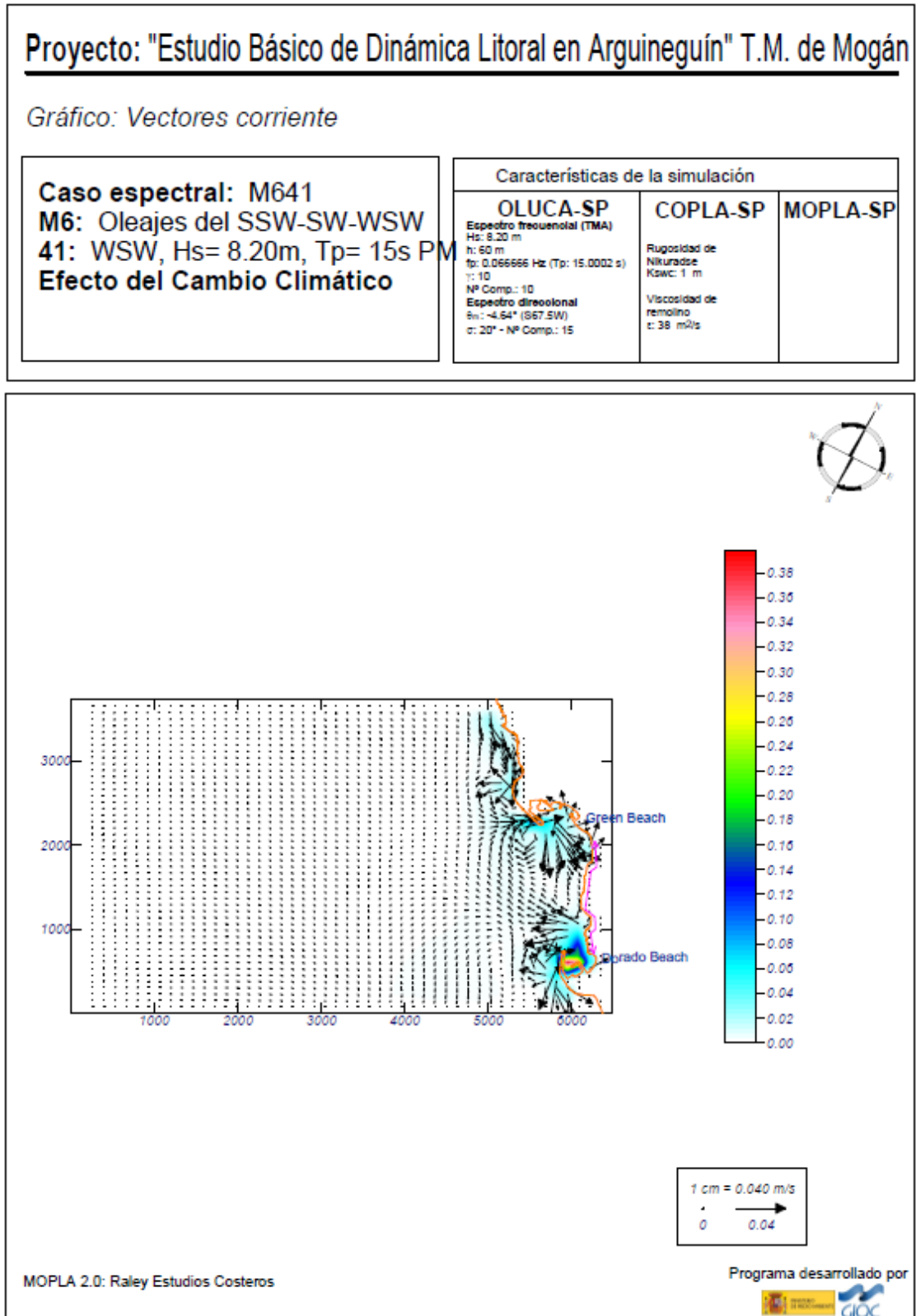
3. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=15s, Pleamar



4. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=15s, Pleamar

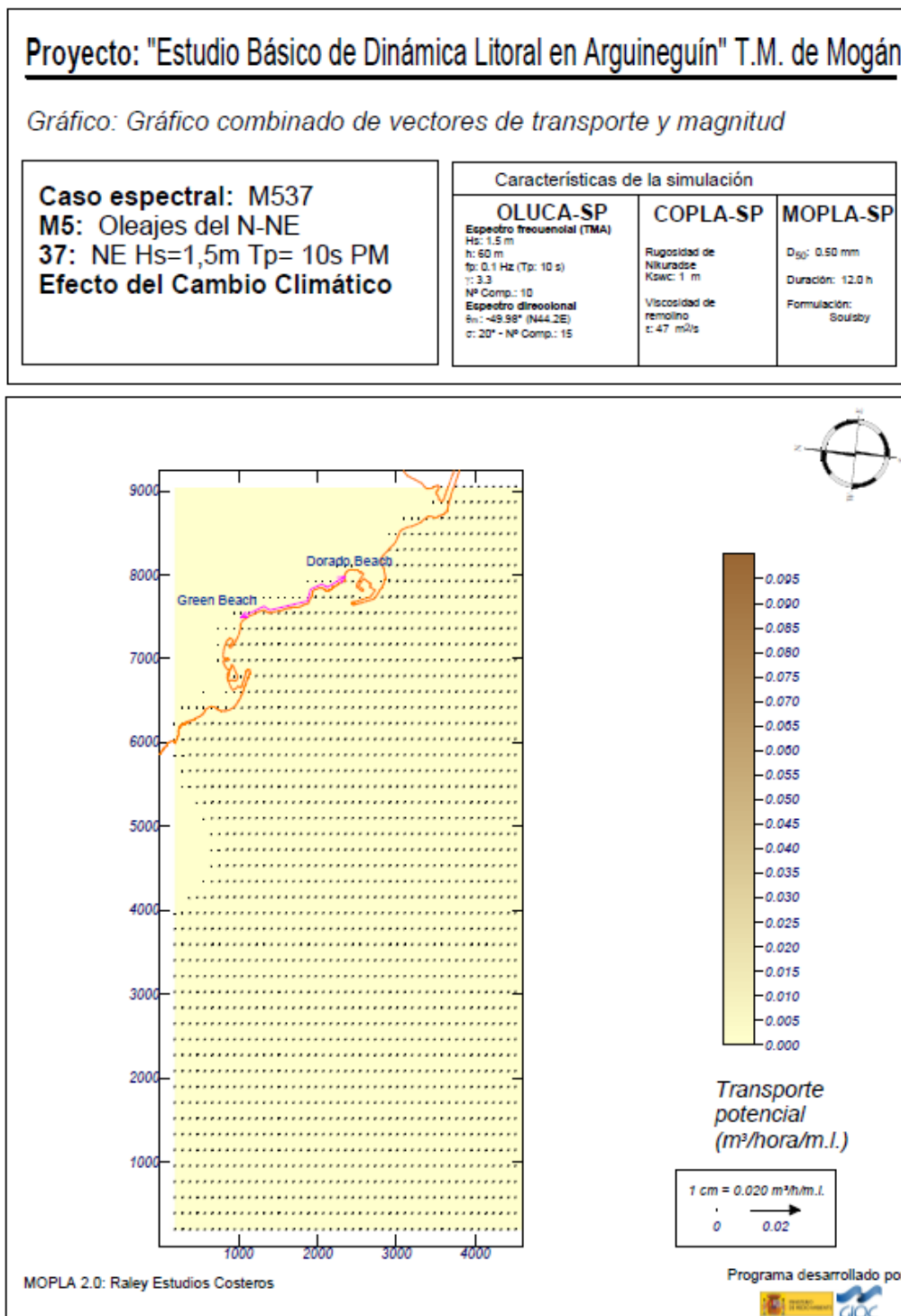


5. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=15s, Pleamar

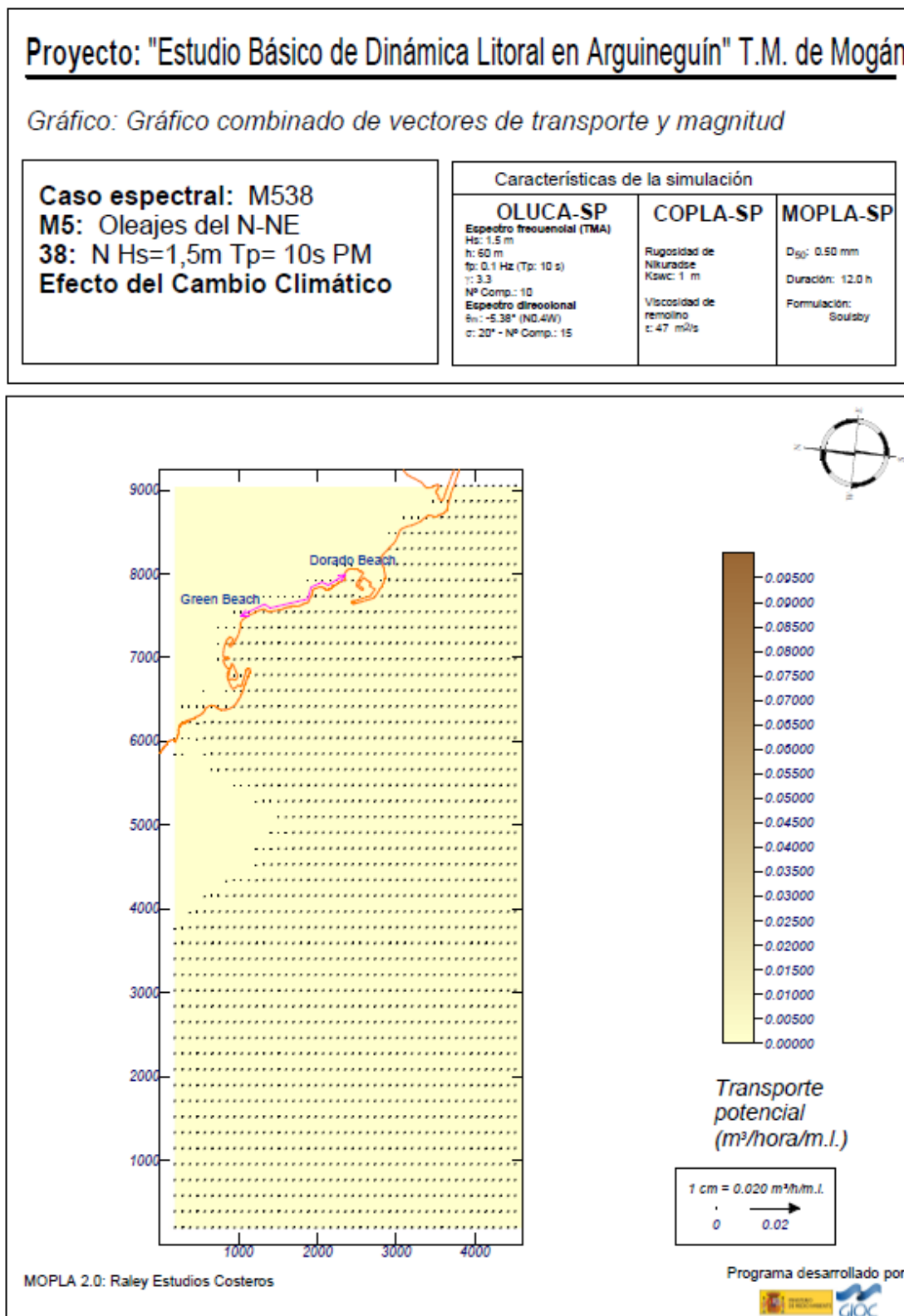


1.6.- Gráficos del Transporte Potencial – Efecto del Cambio Climático

1. Dirección NE, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar



2. Dirección N, Hs= 1.5m, Tp=10s, Pleamar



3. Dirección SSW, Hs= 5.81m, Tp=15s, Pleamar

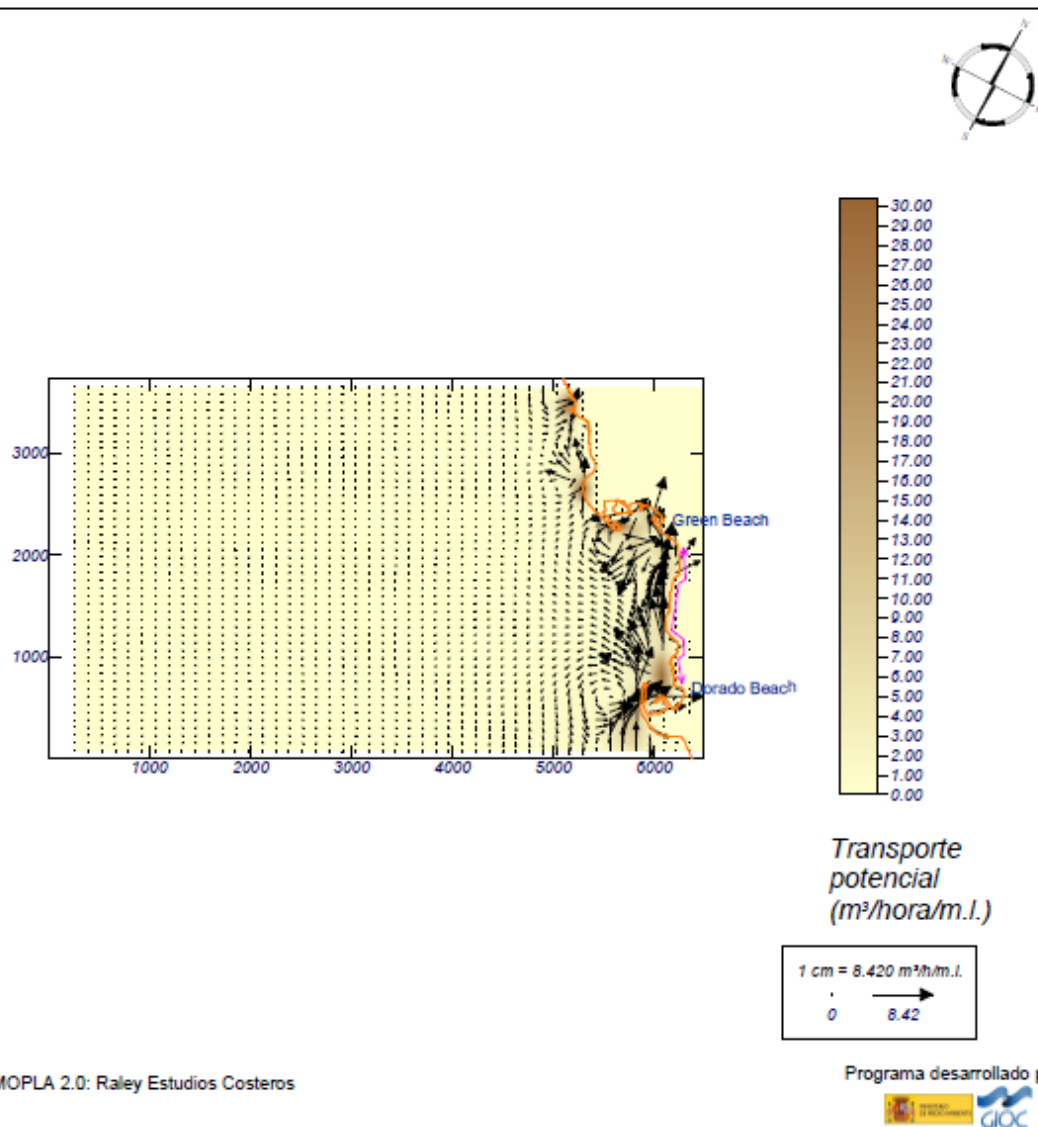
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

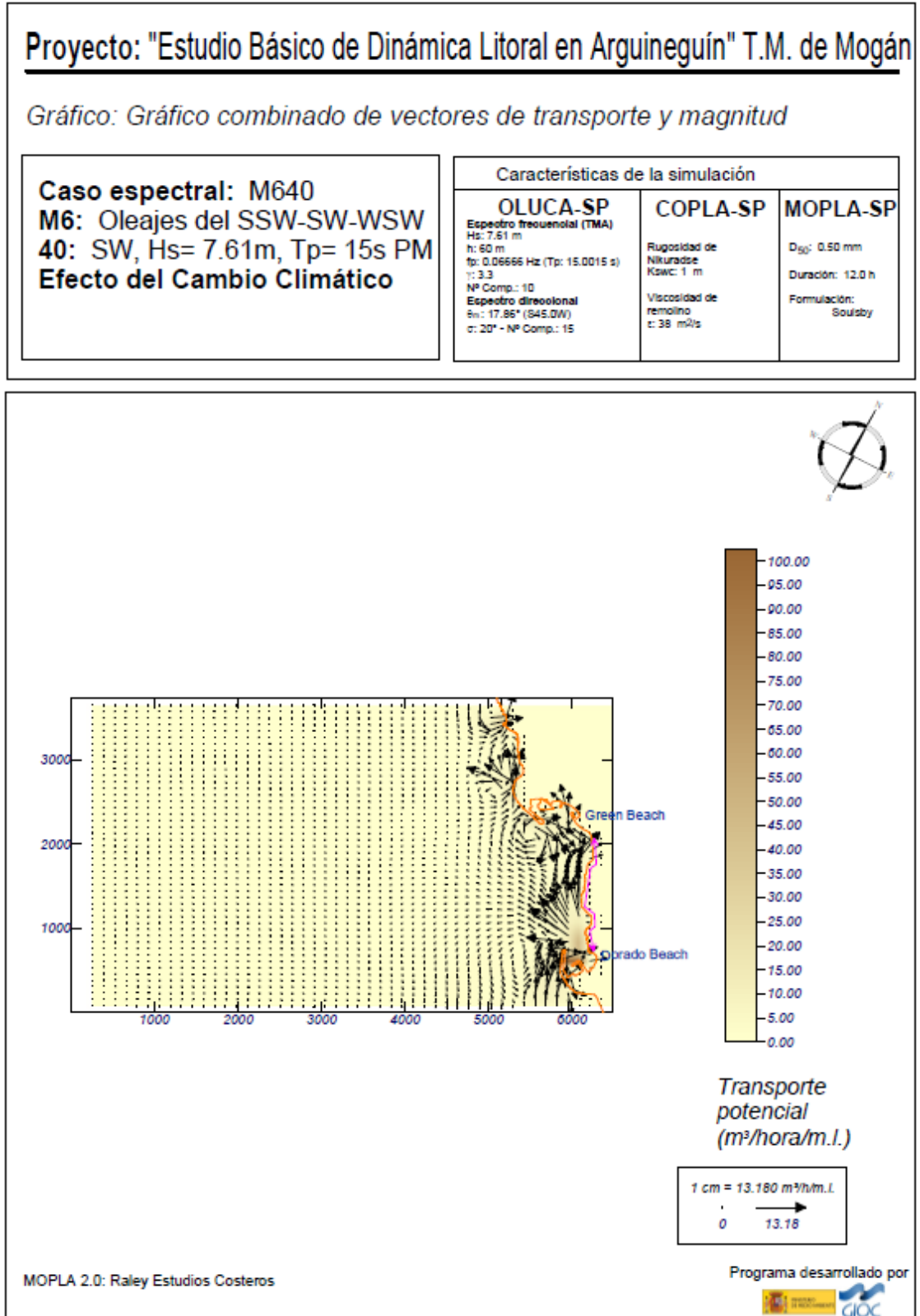
**Caso espectral: M639**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**39:** SSW, Hs= 5.81m, Tp= 15s PM  
**Efecto del Cambio Climático**

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro frecuencial (TMA) Hs: 5.81 m h: 60 m fp: 0.066666 Hz (Tp: 15.0002 s) T: 10 Nº Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse Kswc: 1 m  Viscosidad de remolino ε: 38 m <sup>2</sup> /s	D <sub>50</sub> : 0.50 mm  Duración: 12.0 h  Formulación: Soulby



4. Dirección SW, Hs= 7.61m, Tp=15s, Pleamar



5. Dirección WSW, Hs= 8.20m, Tp=15s, Pleamar

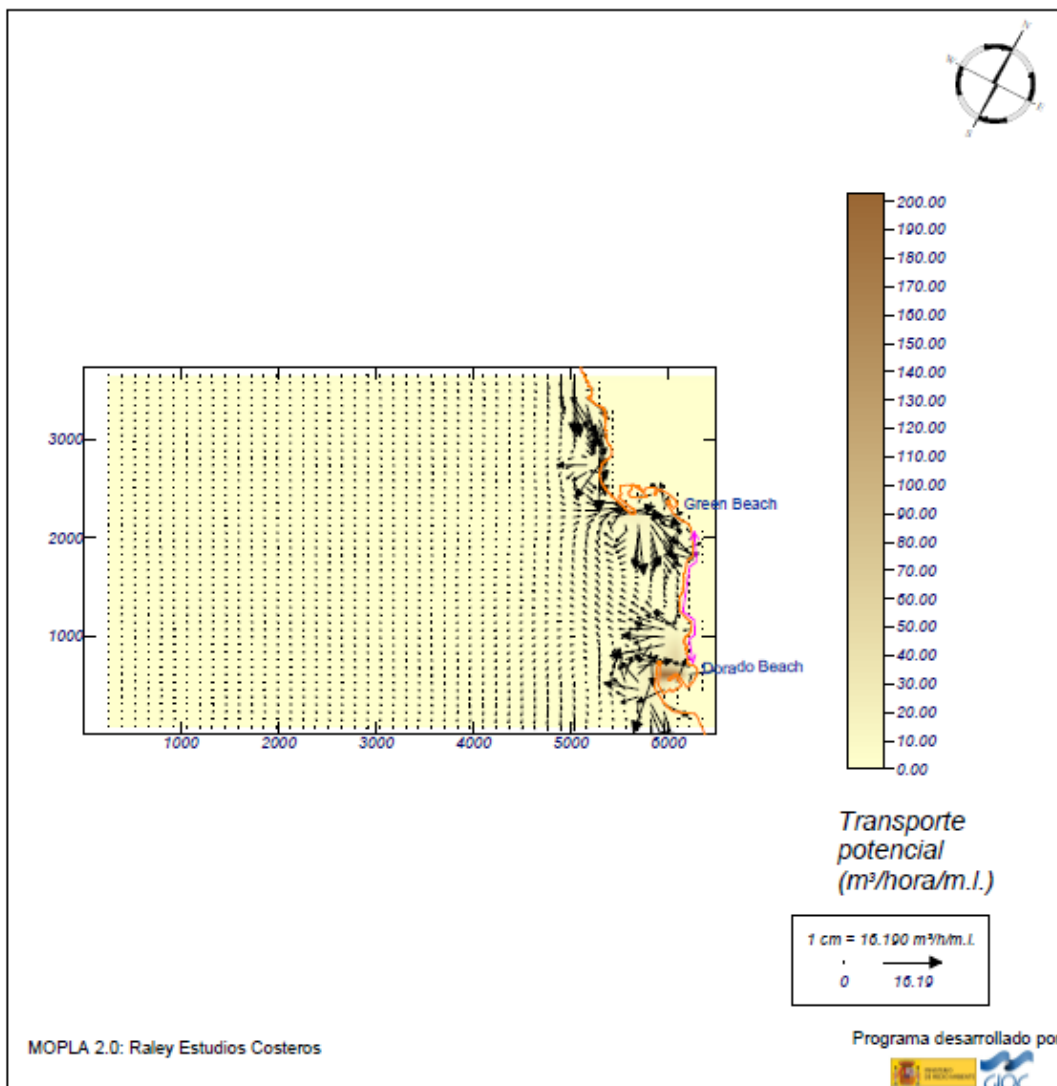
Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán

Gráfico: Gráfico combinado de vectores de transporte y magnitud

**Caso espectral: M641**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**41:** WSW, Hs= 8.20m, Tp= 15s PM  
**Efecto del Cambio Climático**

Características de la simulación

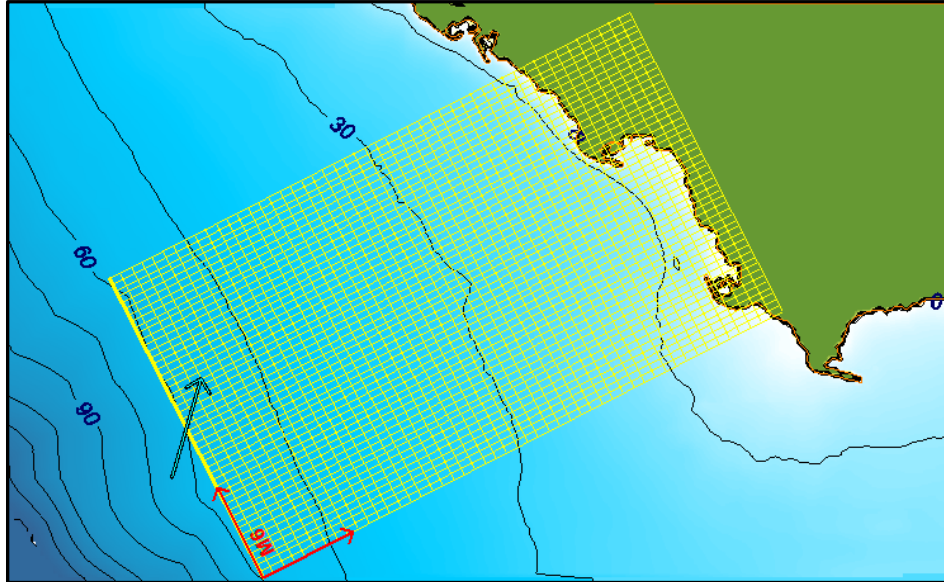
OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
Espectro freuquenotal (TMA) Hs: 8.20 m h: 60 m fpr: 0.066666 Hz (Tp: 15.0002 s) γ: 10 NP Comp.: 10	Rugosidad de Nikuradse K <sub>swc</sub> : 1 m  Viscosidad de remolino ε: 38 m <sup>2</sup> /s	D <sub>50</sub> : 0.50 mm Duración: 12.0 h Formulación: Soulsby





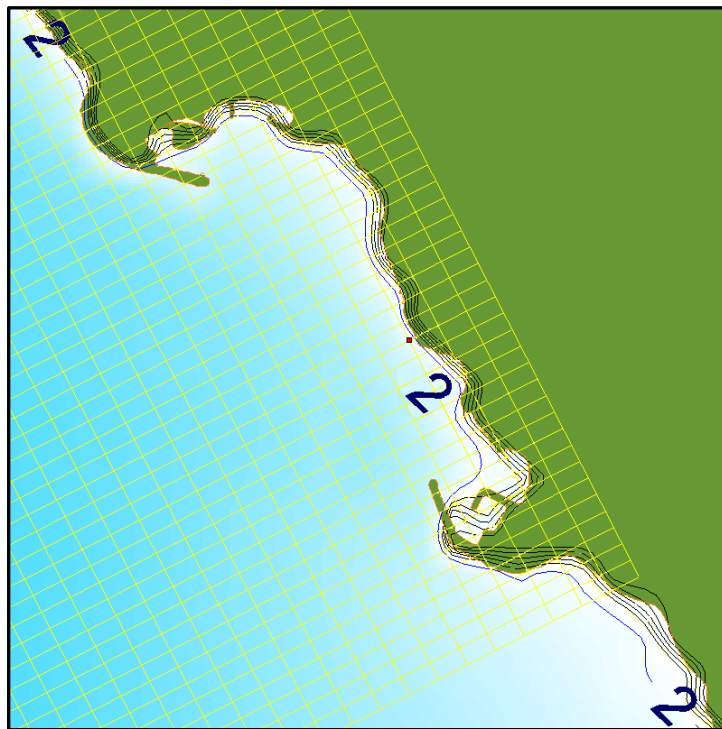
### 1.7.- Simulaciones de Oleaje – Altura de Ola de Cálculo

#### 1.7.1.- Malla utilizada



**Imagen 4.1:** Imagen de la malla utilizada para los oleajes procedentes del SSW-SW-WSW

#### 1.7.2.- Línea Batimétrica para el Estudio de la No Rotura



**Imagen 4.2:** Imagen de la línea batimétrica utilizada para el cálculo de la altura de ola en no rotura

1.7.3.- Punto de Control para el Estudio de la Rotura

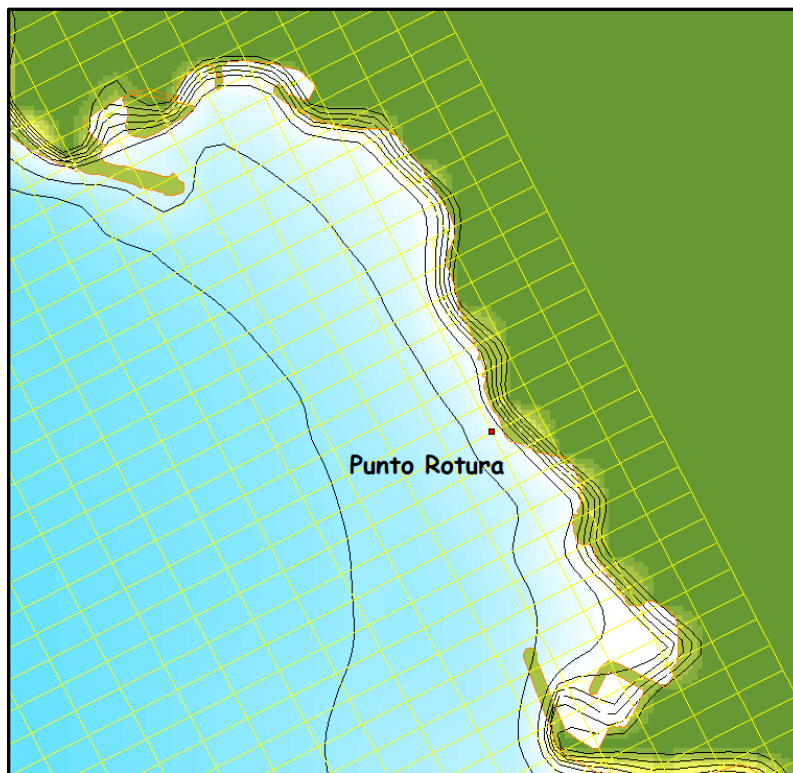


Imagen 4.3: Imagen del punto utilizado para el cálculo de la altura de ola en rotura

PUNTO PARA EL CÁLCULO DE LA ROTURA		
COORDENADA X (m)	COORDENADA Y (m)	COORDENADA Z (m)
432247.311	3071238.276	-5

1.7.4.- Propagación del oleaje

- Dirección SSW,  $H_s = 5.81\text{m}$ ,  $T_p = 13\text{s}$  Pleamar

Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán

Gráfico: *Altura de ola significativa*

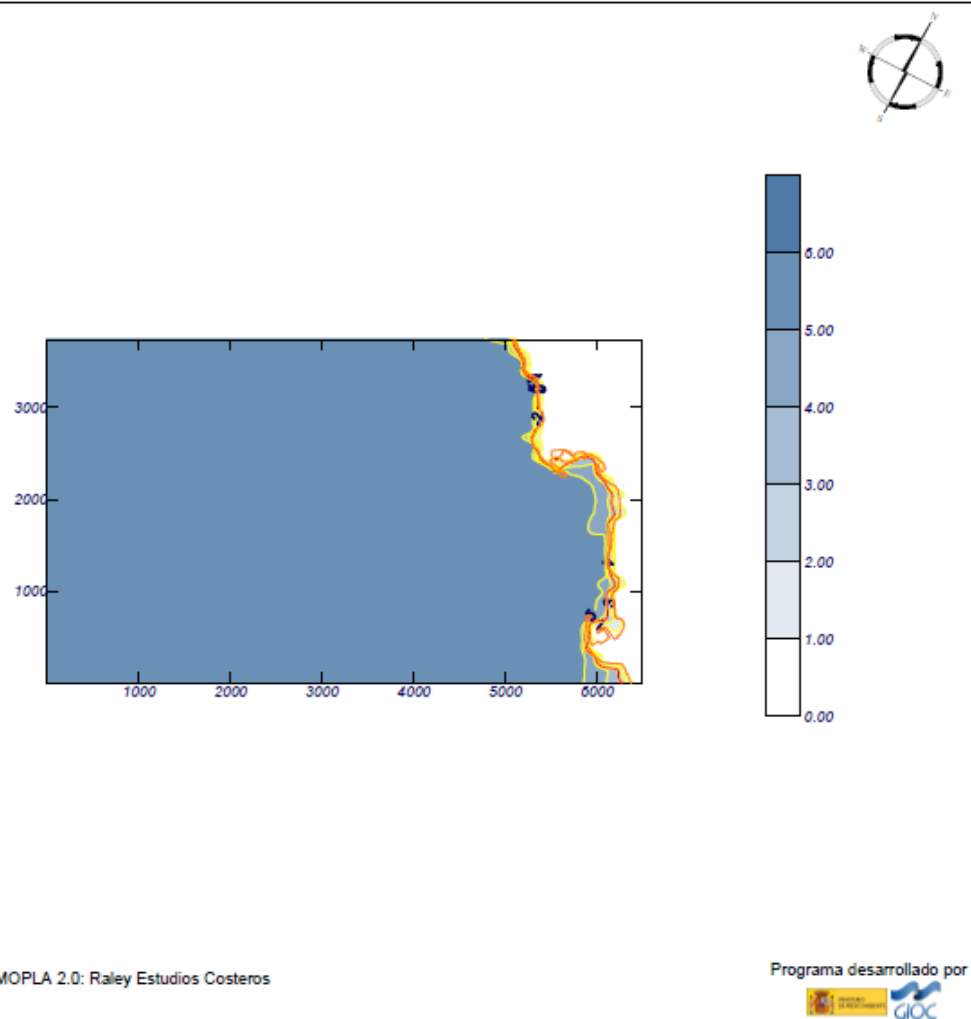
**Caso espectral: M626**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**26:** SSW,  $H_s = 5.81\text{m}$ ,  $T_p = 13\text{s}$  PM

Características de la simulación

**OLUCA-SP**  
Espectro frecuencial (TMA)  
 $H_s: 5.81\text{ m}$   
 $h: 60\text{ m}$   
 $f_p: 0.07692\text{ Hz}$  ( $T_p: 13.0005\text{ s}$ )  
 $\gamma: 10$   
NP Comp.: 10  
Espectro direccional  
 $\theta_m: 40.36^\circ$  (S22.5W)  
 $\sigma: 20^\circ$  - NP Comp.: 15

COPLA-SP

MOPLA-SP



- Dirección SSW, Hs = 5.81m, Tp = 15s Pleamar

**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: *Altura de ola significativa*

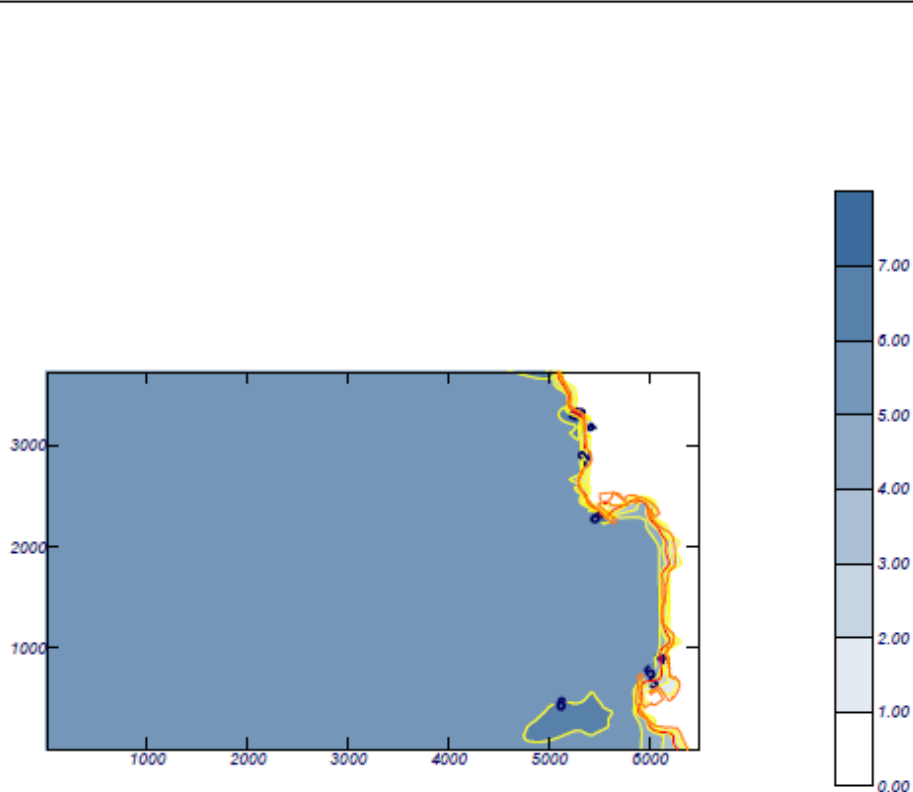
**Caso espectral: M628**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**28:** SSW, Hs= 5.81m, Tp= 15s PM

Características de la simulación

**OLUCA-SP**  
Espectro frecuencial (TMA)  
Hs: 5.81 m  
h: 60 m  
fp: 0.066666 Hz (Tp: 15.0002 s)  
T: 10  
Nº Comp.: 10  
Espectro direccional  
Rm: 40.36° (822.5W)  
σ: 20° - Nº Comp.: 15

COPLA-SP

MOPLA-SP



MOPLA 2.0: Raley Estudios Costeros

Programa desarrollado por



- Dirección SW, Hs = 7.61m, Tp = 10s Pleamar

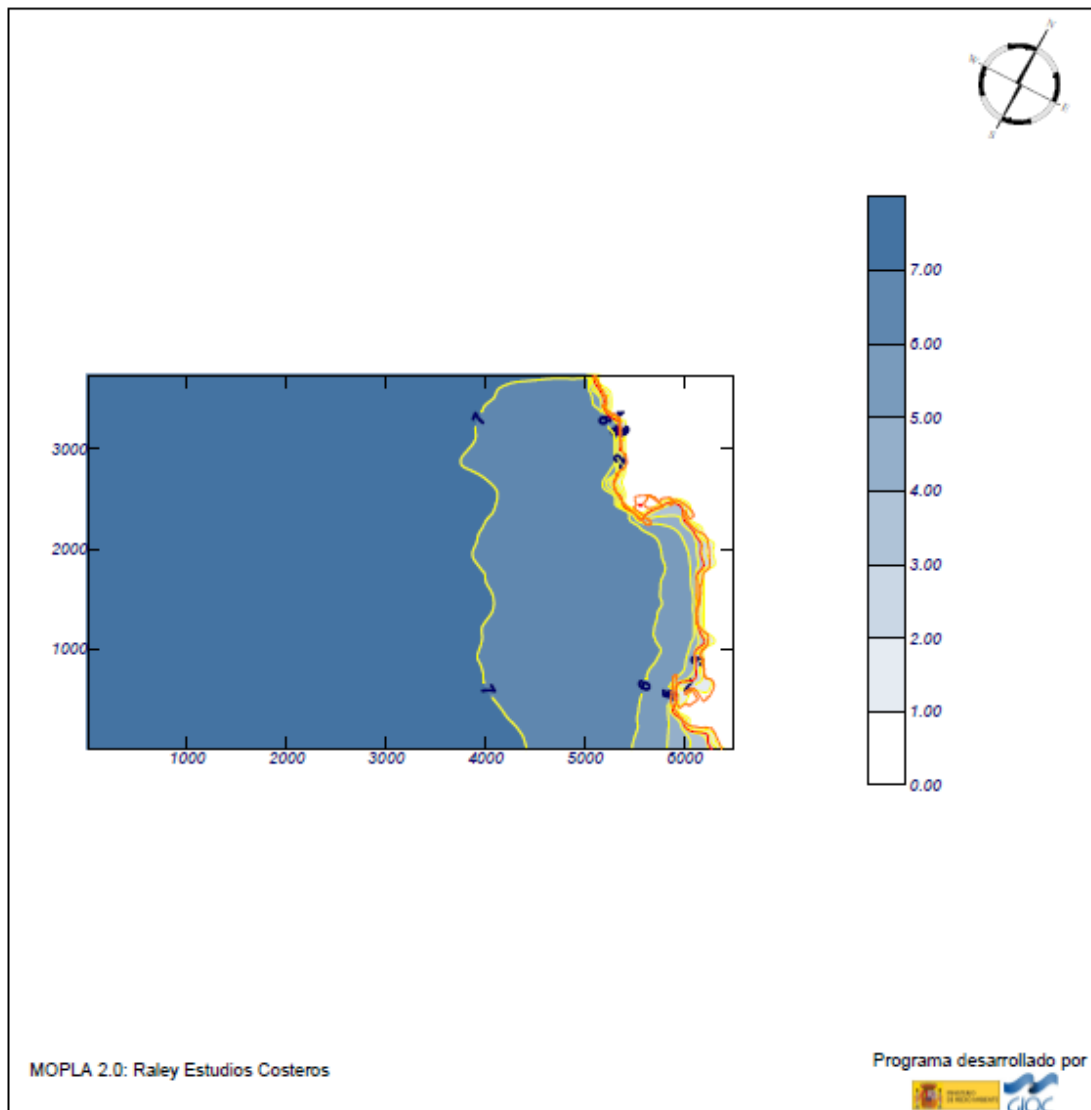
**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: *Altura de ola significativa*

**Caso espectral: M630**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**30:** SW, Hs= 7.61m, Tp= 10s PM

Características de la simulación

OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
<b>Espectro frecuencial (TMA)</b> Hs: 7.61 m It: 60 m fp: 0.1 Hz (Tp: 10 s) γ: 3.3 Nº Comp.: 10 <b>Espectro direccional</b> θm: 17.86° (S45.0W) σ: 20° - Nº Comp.: 15		



- Dirección SW, Hs = 7.61m, Tp = 15s Pleamar

**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: *Altura de ola significativa*

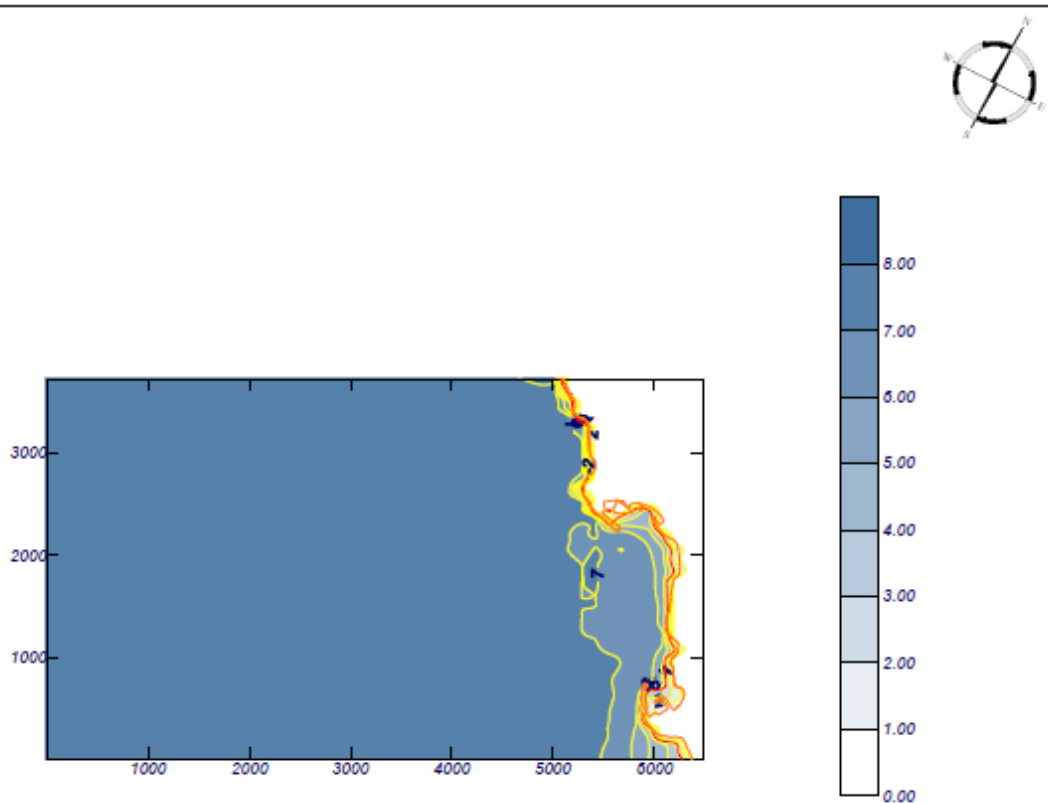
**Caso espectral: M632**  
**M6:** Oleajes del SSW-SW-WSW  
**32:** SW, Hs= 7.61m, Tp= 15s PM

Características de la simulación

**OLUCA-SP**  
Espectro frecuencial (TMA)  
Hs: 7.61 m  
h: 60 m  
fp: 0.06666 Hz (Tp: 15.0015 s)  
T: 3.3  
Nº Comp.: 10  
Espectro direccional  
θm: 17.86° (S45.0W)  
σ: 20° - Nº Comp.: 15

COPLA-SP

MOPLA-SP

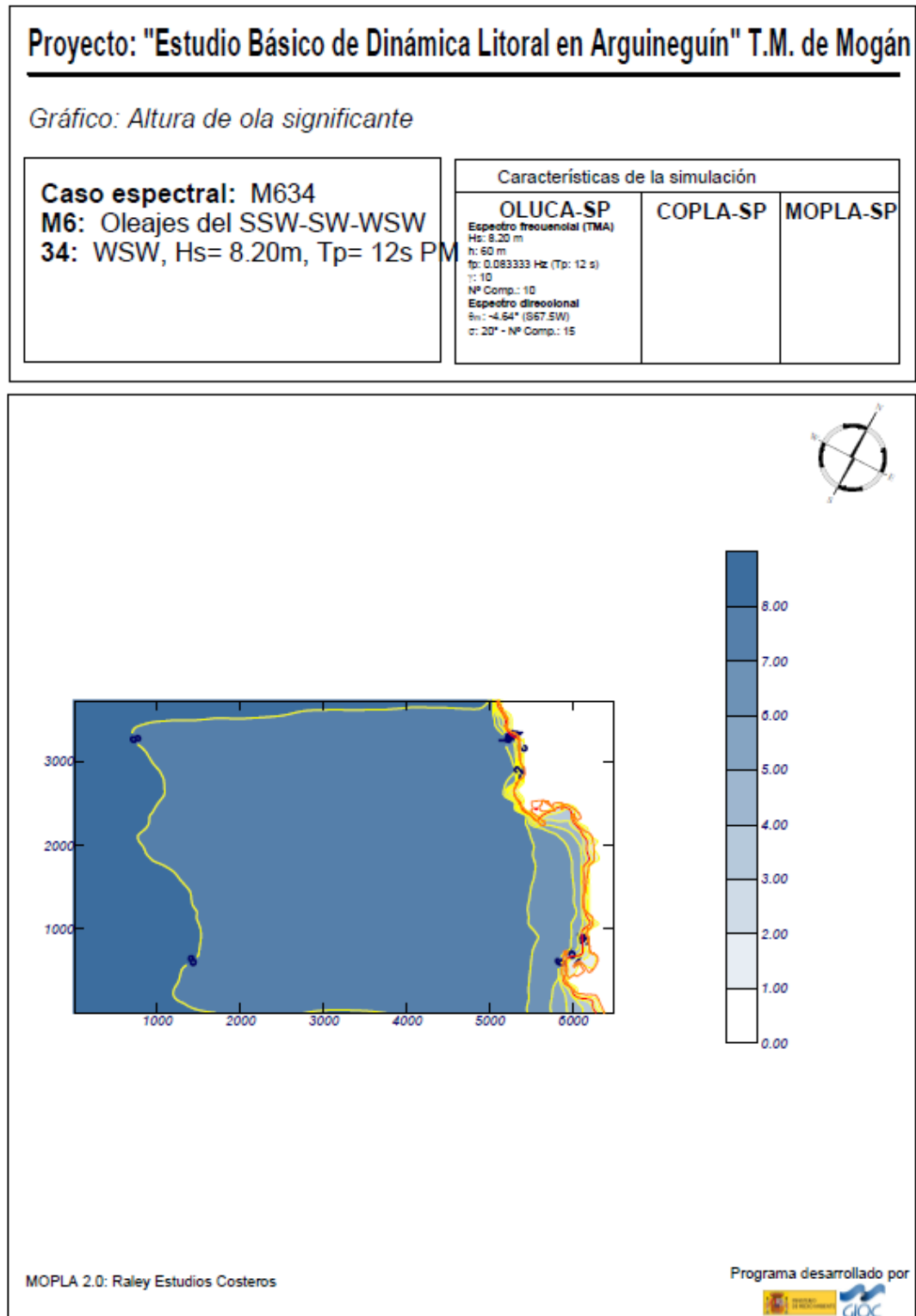


MOPLA 2.0: Raley Estudios Costeros

Programa desarrollado por



- Dirección WSW, Hs = 8.20m, Tp = 12s Pleamar



- Dirección WSW, Hs = 8.20m, Tp = 15s Pleamar

**Proyecto: "Estudio Básico de Dinámica Litoral en Arguineguín" T.M. de Mogán**

Gráfico: *Altura de ola significativa*

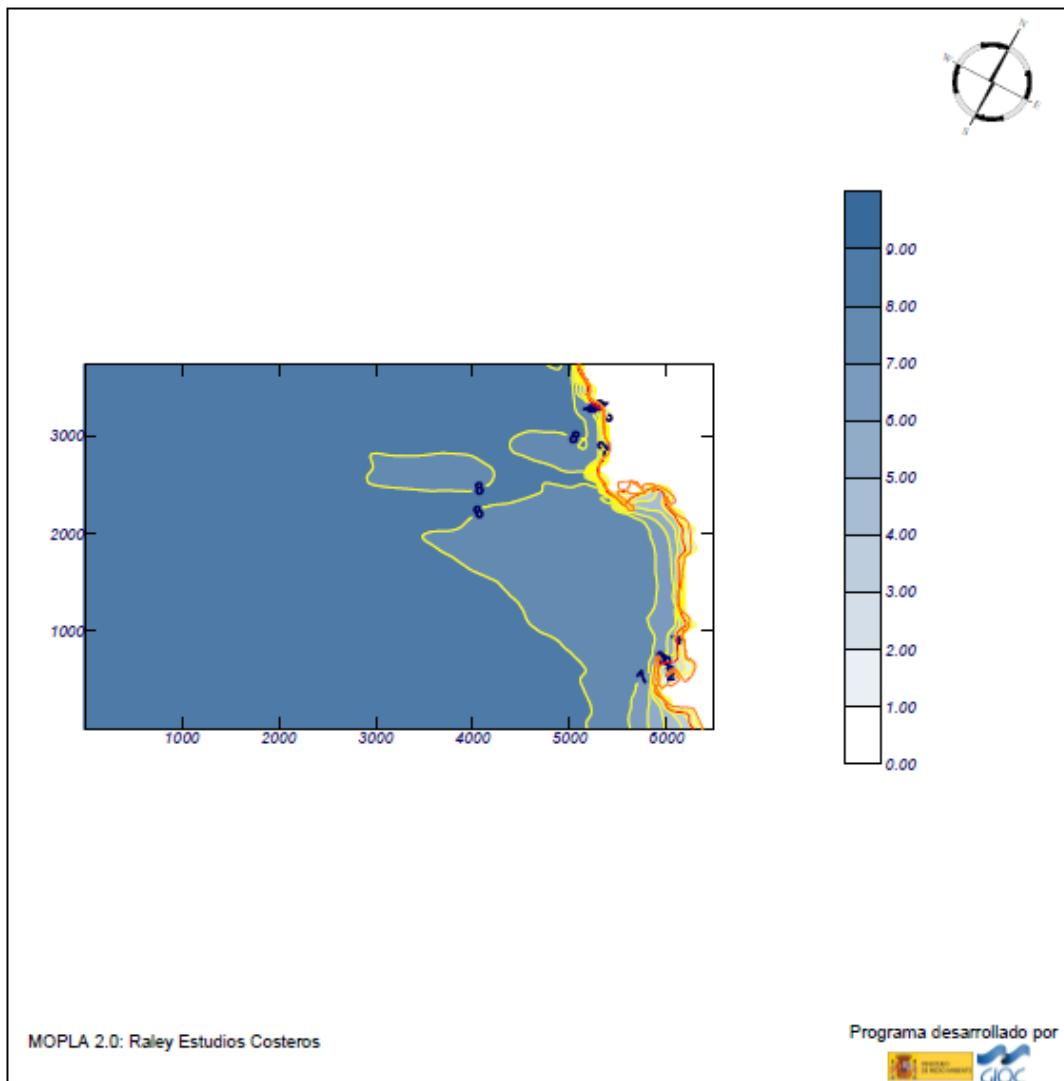
**Caso espectral: M636**  
**M6: Oleajes del SSW-SW-WSW**  
**36: WSW, Hs= 8.20m, Tp= 15s PM**

Características de la simulación

**OLUCA-SP**  
Espectro frecuencial (TMA)  
Hs: 8.20 m  
h: 60 m  
fp: 0.066666 Hz (Tp: 15.0002 s)  
γ: 10  
Nº Comp.: 10  
**Espectro direccional**  
θm: -4.64° (S67.5W)  
σ: 20° - Nº Comp.: 15

COPLA-SP

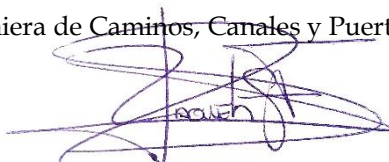
MOPLA-SP





Las Palmas de Gran Canaria a 30 de abril de 2019

La Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos.



Fdo.- Raquel García Ferrera

Colegiada n° 20.599