



ÍNDICE

Memoria

1. Introducción	1
2. Sumario y conclusiones.....	4
3. Entorno y agentes actuantes.....	8
3.1. Introducción.....	8
3.2. Clima Marítimo Exterior.....	8
3.3. Mareas	15
4. Incidencia del oleaje exterior	17
4.1. Metodología	17
4.2. Propagaciones realizadas y resultados	19
4.3. Oleaje frente a la playa	20
5. Propagación de la onda de marea	23
5.1. Introducción.....	23
5.2. Modelización hidrodinámica.....	25
5.3. Interacción oleaje-corriente.....	30
5.4. Desfase de la onda de marea.....	32
6. Hidrodinámica del canal de marea.....	33
6.1. Introducción.....	33
6.2. Descripción del sistema estuario-playa	33
6.3. Parametrización del sistema	37
6.4. Asimetría de las corrientes en el canal.....	45
6.5. Conclusiones.....	48
7. Estabilidad de las playas	49
7.1. Introducción.....	49
7.2. Evolución histórica de las playas	49
7.3. Planta de playa de equilibrio	58
7.4. Conclusiones.....	63
8. Alternativas de estabilización	66
8.1. Introducción.....	66
8.2. Descripción de alternativas.....	67
8.3. Criterios de análisis y selección.....	72



Apéndices

Apéndice 1	Muestras de sedimento
Apéndice 2	Medida de corrientes
Apéndice 3	Propagaciones de oleaje exterior: Resultados
Apéndice 4	Modelización hidrodinámica: Resultados
Apéndice 5	Clima marítimo: Informes
Apéndice 6	Ejemplos de ajuste de plantas de playa
Apéndice 7	Modelos Matemáticos: Descripción Técnica
Apéndice 8	Datos metereológicos



Figuras

- Figura 1.1 Ubicación de la zona de estudio.
- Figura 1.2 Fotografía general de la ría de Foz y playa de Altar.
- Figura 1.3 Batimetría general y toponimia de la ría de Foz y playa de Altar.
- Figura 1.4 Fotografía ortogonal de las playas de Altar y Rapadora (año 2001).
- Figura 1.5 Fotografía oblicua de la playa de Altar, antes de su reciente regeneración (año 2001).
- Figura 3.1 Ubicación del punto WANA 1050076 y de la Boya de Estaca de Bares.
- Figura 3.2 Rosa de oleaje exterior correspondiente a los datos de la Boya de Estaca de Bares.
- Figura 3.3 Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente a los datos de la Boya de Estaca de Bares.
- Figura 3.4 Serie de distribución Hs-Tp correspondiente a los datos de la Boya de Estaca de Bares.
- Figura 3.5 Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente a los datos de la Boya de Estaca de Bares.
- Figura 3.6 Representación polar correspondiente a los datos de la Boya de Estaca de Bares.
- Figura 3.7 Series de distribución Hs-Dirección correspondiente a los datos de la Boya de Estaca de Bares para diferentes rangos de Tp.
- Figura 3.8 Rosa de oleaje exterior correspondiente a los datos del punto WANA 1050076.
- Figura 3.9 Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente a los datos del punto WANA 1050076.
- Figura 3.10 Serie de distribución Hs-Tp correspondiente a los datos del punto WANA 1050076.
- Figura 3.11 Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente a los datos del punto WANA 1050076.
- Figura 3.12 Representación polar correspondiente a los datos del punto WANA 1050076.
- Figura 3.13 Series de distribución Hs-Dirección correspondiente a los datos del punto WANA 1050076 para diferentes rangos de Tp.
- Figura 3.14 Relación Hs-wana y Hs-boya.
- Figura 3.15 Relación Tp-wana y Tp-boya.
- Figura 3.16 Rosa de oleaje exterior correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del punto WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.



- Figura 3.17 Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.
- Figura 3.18 Serie de distribución Hs-Tp correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.
- Figura 3.19 Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.
- Figura 3.20 Representación polar correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.
- Figura 3.21 Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.
- Figura 3.22 Rosa de viento y serie de distribución Velocidad-Dirección correspondiente a los datos del punto WANA 1050076.
- Figura 3.23 Distribución del nivel medio del mar en el Puerto de A Coruña.
- Figura 3.24 Distribución del rango de marea en el Puerto de A Coruña.
- Figura 4.1 Mallas definidas para las simulaciones de oleaje exterior.
- Figura 4.2 Ubicación del punto definido para el análisis de clima marítimo.
- Figura 4.3 Rosa de oleaje exterior correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del punto WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada y propagados hasta la zona de estudio.
- Figura 4.4 Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada y propagados hasta la zona de estudio.
- Figura 4.5 Serie de distribución Hs-Tp correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada y propagados hasta la zona de estudio.
- Figura 4.6 Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada y propagados hasta la zona de estudio.



- Figura 4.7 Representación polar correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del punto WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada y propagados hasta la zona de estudio.
- Figura 4.8 Series de distribución Hs-Dirección correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del punto WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada y propagados hasta la zona de estudio.
- Figura 5.1 Mallas definidas para las simulaciones del estudio hidrodinámico.
- Figura 5.2 Batimetría correspondiente a la malla general.
- Figura 5.3 Batimetría correspondiente a la malla de detalle 1.
- Figura 5.4 Batimetría correspondiente a la malla de detalle 2.
- Figura 5.5 Batimetría correspondiente a la malla de detalle 3.
- Figura 5.6 Onda de marea de la Coruaña.
- Figura 5.7 Ubicación de los puntos de medida.
- Figura 5.8 Resultados de la calibración del modelo los días 24 y 25.
- Figura 5.9 Resultados de la calibración del modelo el día 28.
- Figura 5.10 Tramos de la onda de marea analizada para mareas vivas.
- Figura 5.11 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla general. Mareas vivas.
- Figura 5.12 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 1. Mareas vivas.
- Figura 5.13 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 2. Mareas vivas.
- Figura 5.14 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 3. Mareas vivas.
- Figura 5.15 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Maxima llenante. Mareas vivas.
- Figura 5.16 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Maxima vaciante. Mareas vivas.
- Figura 5.17 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla general. Dirección N-15-W. $T_p=14s$. $H_s=2.5$ m.
- Figura 5.18 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 1. Dirección N-15-W. $T_p=14s$. $H_s=2.5$ m.



- Figura 5.19 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 2. Dirección N-15-W. $T_p=14s$. $H_s=2.5$ m.
- Figura 5.20 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 3. Dirección N-15-W. $T_p=14s$. $H_s=2.5$ m.
- Figura 5.21 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Maxima llenante. Mareas vivas. Dirección N-15-W. $T_p=14s$. $H_s=2.5$ m.
- Figura 5.22 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Maxima vaciante. Mareas vivas. Dirección N-15-W. $T_p=14s$. $H_s=2.5$ m.
- Figura 5.23 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla general. Mareas vivas. Onda de marea sinuoidal. Rango =3.5 m.
- Figura 5.24 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 1. Mareas vivas. Onda de marea sinuoidal. Rango =3.5 m.
- Figura 5.25 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 2. Mareas vivas. Onda de marea sinuoidal. Rango =3.5 m.
- Figura 5.26 Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 3. Mareas vivas. Onda de marea sinuoidal. Rango =3.5 m.
- Figura 5.27 Desfase de la onda de marea y análisis de velocidades.
- Figura 6.1 Flujos de llenantes y vaciante en el canal de Foz, y esquema básico del transporte de sedimentos.
- Figura 6.2 Cálculo de la sección mínima A_{mw} y de la longitud del canal L_{mw} .
- Figura 6.3 Relación entre la sección mínima del canal de entrada A_{mw} y el prisma de marea P para diversos estuarios de la costa americana. Situación del estuario de Foz en la gráfica.
- Figura 6.4 Relación entre el parámetro K de Keulegan, el desfase de marea en el estuario y la elevación relativa de la marea.
- Figura 6.5 Relación entre los parámetros K_1 y K_2 de King, el desfase de marea en el estuario y la elevación relativa de la marea. Aplicación a la ría de Foz.
- Figura 7.1 Relación H_s -wana y H_s -boya.
- Figura 7.2 Ensenada de Foz en 1965, con la topografía actual superpuesta.



- Figura 7.3 Ensenada de Foz en 1975, con la topografía actual superpuesta (fotografía en marea baja).
- Figura 7.4 Ensenada de Foz en 1975, con la topografía actual superpuesta (fotografía en marea alta).
- Figura 7.5 Ensenada de Foz en 1985, con la topografía actual superpuesta.
- Figura 7.6 Ensenada de Foz en 1990, con la topografía actual superpuesta.
- Figura 7.7 Fases de crecimiento de la playa de La Rapadoira, propiciadas por el apoyo del encauzameinto del canal.
- Figura 7.8 Fotografías antiguas oblicuas de la playa de Altar.
- Figura 7.9 Evolución de la playa de Altar.
- Figura 7.10 Batimetría de marzo 2003.
- Figura 7.11 Batimetría de junio 2004.
- Figura 7.12 Batiemtría de octubre 2005.
- Figura 7.13 Comparación de batimetrías de seguimiento del relleno de la playa de Altar.
- Figura 7.14 Zonas de acumulación y erosión en el periodo 2003-2004.
- Figura 7.15 Zonas de acumulación y erosión en el periodo 2004-2005.
- Figura 7.16 Zonas de acumulación y erosión en el periodo 2003-2005.
- Figura 7.17 Zonas de acumulación y erosión en el periodo 2003-2004. Detalle.
- Figura 7.18 Zonas de acumulación y erosión en el periodo 2003-2004. Detalle.
- Figura 7.19 Zonas de acumulación y erosión en el periodo 2003-2005. Detalle.
- Figura 7.20 Serie de vistas aéreas del relleno de la playa de Altar de 2003 y erosión propgresiva del mismo.
- Figura 7.21 Incidencia de los oleajes exteriores en la playa de Altar. Representación polar de los oleajes exteriores propagados.
- Figura 7.22 Incidencia de los oleajes exteriores en la playa de Altar. Rosa de oleaje.
- Figura 7.23 Playa de Altar: ajuste de la planta a curvas teóricas (Año 1975).
- Figura 7.24 Playa de Altar: ajuste de la planta a curvas teóricas (Playa sin regenerar).
- Figura 7.25 Playa de Altar: ajuste de la planta a curvas espirales teóricas. Comparación de la influencia de los dos posibles polos de disfracción.
- Figura 7.26 Playa de Altar: ajuste de la playa a curvas teóricas (Playa regenerada).
- Figura 7.27 Esquema general del impacto causado por el encauzamiento del canal sobre la ensenada.
- Figura 8.1 Alernativa 1.
- Figura 8.2 Alternativa 1. Batimetría previsible.
- Figura 8.3 Alernativa 2



- Figura 8.4 Alternativa 2. Batimetría previsible.
- Figura 8.5 Alernativa 3.
- Figura 8.6 Alternativa 3. Batimetría previsible.
- Figura 8.7 Alernativa 4.
- Figura 8.8 Alternativa 5.



Capítulo 1

Introducción

Objeto y contenido del estudio

Objeto del informe

El objeto del presente informe es definir las condiciones actuales de la dinámica litoral en el entorno de la desembocadura de la ría de Foz (Lugo). Para ello, se realiza un análisis hidrodinámico de la ría y un estudio de la propagación de los oleajes en la playa, permitiendo esta combinación de resultados un análisis en profundidad de los patrones de transporte de sedimentos en la zona.

Basándose en estos resultados, se proponen y analizan diversas alternativas para la estabilización de la playa de Altar, la cual se ha visto intensamente erosionada después de la regeneración llevada a cabo en la misma.



Figura 1.1 - Ubicación de la zona de estudio

Contenido del trabajo

El presente Informe Preliminar resume los resultados de los estudios de dinámica litoral realizados hasta la fecha, siendo su estructura la que se presenta a continuación.



En el Capítulo 2, se realiza un resumen de los trabajos realizados y las conclusiones obtenidas en el estudio.

En el Capítulo 3, se describe la morfología costera y se resumen las condiciones generales del clima marítimo exterior que controla los procesos litorales.

El Capítulo 4, está dedicado al análisis de la incidencia del oleaje exterior sobre la costa, incluyendo las propagaciones de los temporales desde aguas profundas.

En el Capítulo 5, se describe la propagación de la onda de marea en el estuario mediante un modelo matemático bidimensional.

En el Capítulo 6, se estudia el comportamiento hidrodinámico del canal de marea, incluyendo la descripción del sistema estuario-playa, los parámetros básicos que lo definen y la asimetría de las corrientes llenantes y vaciantes.

El Capítulo 7, se centra en el análisis de las condiciones de estabilidad en planta y perfil de las playas de Altar y La Rapadoira.

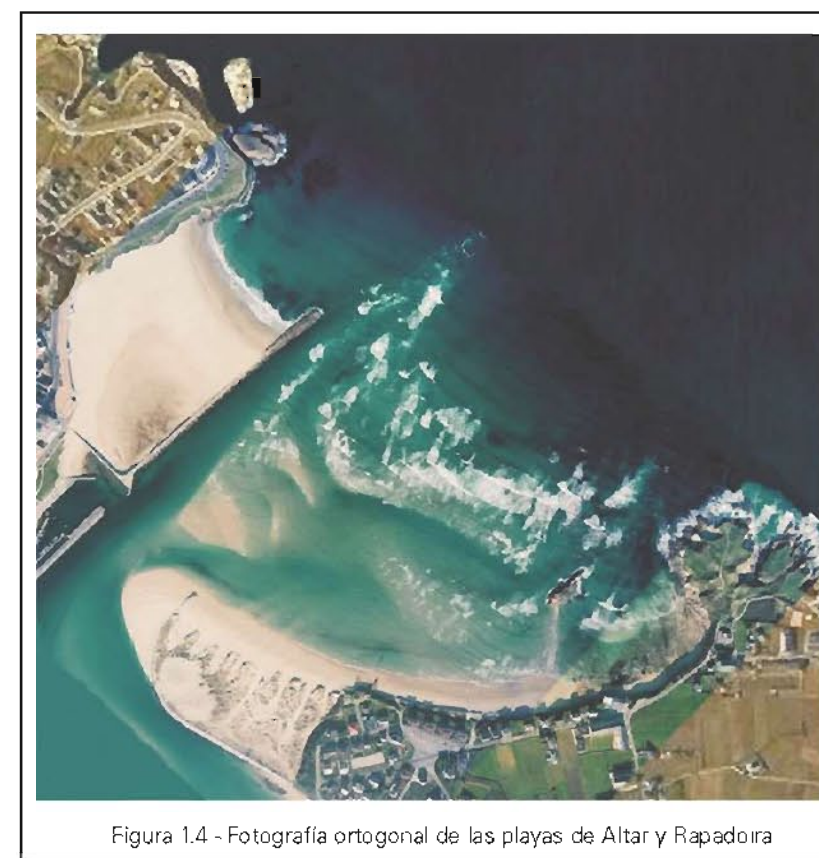


Figura 1.4 - Fotografía ortogonal de las playas de Altar y Rapadoira



El Capítulo 8, describe y analiza las posibles alternativas de actuación para la regeneración de la playa de Altar.

La figura 1.1, muestra el plano de situación de la zona de estudio.

La figura 1.2, presenta la batimetría general y la toponimia de la ría de Foz y playas de La Rapadoira y Altar.

En la figura 1.3, se incluye una fotografía general de la ría de Foz y las playas exteriores de la ensenada, mientras que en la figura 1.4, se muestra una fotografía ortogonal del mismo sector.

La figura 1.5, presenta el estado de la playa de Altar (año 2001) antes de que fuera regenerada en el año 2003.



Capítulo 2

Sumario y conclusiones

Resumen del trabajo y alternativas propuestas

Análisis realizados

Se ha efectuado un estudio completo de la dinámica litoral en la Ría de Foz, consistente en lo siguientes apartados:

- Análisis del clima marítimo exterior y de su incidencia final frente a la ría. Este estudio incluye los oleajes, vientos y mareas en la zona.
- Se han estudiado la circulación de corrientes en la ría, para lo cual se ha empleado un modelo matemático anidado, calibrado mediante medidas de campo. Este modelo incluye el efecto de la propagación de la onda de marea y la acción simultánea del oleaje.
- Se ha descrito el sistema estuario-playa por medio de la caracterización de los procesos hidrodinámicos que tienen lugar en el mismo, y se ha parametrizado el sistema mediante diferentes métodos analíticos.

Comportamiento del sistema playa-estuario

Mediante este análisis se concluye que el desfase de la onda de marea en el interior de la ría con respecto al exterior es muy reducido, y que la amplitud de la marea dentro de la laguna es casi igual a la exterior. Como resultado, las velocidades máximas de la corriente en el canal de entrada en llenante y vaciante se producen muy cerca del nivel de media marea, por lo que el flujo de entrada y salida está poco canalizado y, en consecuencia, a ambos lados del canal de marea se localizan bajos arenosos relativamente extensos.

El estuario de Foz presenta una dominancia de la marea llenante, consecuencia de una menor duración de esta fase de marea, lo que produce picos de velocidad superiores en llenante que en vaciante.



La consecuencia morfológica de este hecho es la existencia de un canal de entrada con escaso calado y presencia de bajos en su entorno. En estas condiciones, la acción de temporales exteriores intensos refuerza ocasionalmente la dominancia estructural de marea llenante de la ría de Foz, introduciendo grandes cantidades de sedimento hacia el interior del estuario.

El encauzamiento del canal ha mejorado sustancialmente sus condiciones hidráulicas, dando lugar a una disminución de la asimetría de las corrientes llenantes. En consecuencia, el avance de 190 m de la playa de La Rapadoira hacia el exterior tras la prolongación del encauzamiento se ha producido a costa de sedimento procedente de la playa de Altar y del interior del estuario.

Estabilidad de las playas

La playa de Altar, se caracteriza por tener una dinámica sedimentaria muy influenciada por los procesos hidrodinámicos que tienen lugar en el canal de entrada a la ría. El canal de entrada al estuario presenta una dominancia estructural de la marea llenante, lo que da lugar a una tendencia general a la entrada de sedimentos hacia el interior de la ría.

Las sucesivas obras de encauzamiento del canal de entrada han alterado sustancialmente el equilibrio de la playa de Altar en las últimas tres décadas. La última ampliación, ejecutada en 1980, produjo un impacto muy notable en las dos playas de la ensenada: el canal de salida se desvió hacia el Oeste, siguiendo la traza de la nueva obra, y se produjo la acumulación de gran cantidad de sedimento en ese sector, dando lugar a la formación de los bajos de vaciante. El impacto de estas transformaciones sobre la playa de Altar supuso su basculamiento hacia el encauzamiento, desapareciendo gradualmente la arena de su extremo oriental y descubriendo las rasas rocosas del fondo en el entorno de la Pedra Rubia.

La regeneración de la playa de Altar realizada en el año 2003 no se ajustaba a la planta de equilibrio de playa actual de la ensenada, de forma que se ha producido una erosión rápida del sedimento vertido, el cual se ha desplazado hacia los bajos de vaciante y hacia el interior del estuario.

Propuesta de alternativas de estabilización

Puesto que el origen de las transformaciones sufridas por la playa de Altar se encuentra en las sucesivas ampliaciones del encauzamiento de la margen izquierda del canal de entrada, se plantean tres posibles vías de actuación:



1. Construcción de un nuevo encauzamiento en la margen derecha, que sirva a la vez de protección del canal de acceso y de apoyo de un relleno de playa.
2. Independizar el tramo oriental de la playa de Altar erosionado mediante obras locales de apoyo.
3. Eliminar total o parcialmente el encauzamiento izquierdo, de forma que se restituya la situación original de estabilidad de la ensenada.

Estas vías de solución han dado lugar al diseño de 5 alternativas diferentes:

- Alternativa 1: Construcción de un nuevo encauzamiento derecho de 550 m.
- Alternativa 2: Construcción de un encauzamiento derecho y un espigón en Pedra Rubia.
- Alternativa 3: Similar a la Alternativa 1, prolongando ambos encauzamientos 300 m hacia el exterior.
- Alternativa 4: Espigón de cierre en Pedra Rubia.
- Alternativa 5: Recorte del encauzamiento y espigón en Pedra Rubia.

Todas las alternativas que incluyen la construcción de un doble encauzamiento en el canal de entrada –Alternativas 1, 2 y 3– suponen la necesidad de aportar grandes volúmenes de arena a la playa de Altar (entre 790.000 y 1.900.000 m³). Estas alternativas tienen dos grandes inconvenientes:

4. La mayor parte del material de aportación se invierte en avanzar la playa de Altar en su extremo Oeste, donde menos necesario es dicho avance.
5. El doble encauzamiento no garantiza la formación de un canal de entrada con un calado superior al calado mínimo actual.

Si los calados futuros a la entrada del canal son similares a los actuales, los procesos de rotura que afectan a la entrada de embarcaciones seguirán produciéndose con la misma intensidad, por lo que un doble encauzamiento tampoco logrará una mejora efectiva de las condiciones de navegación. Por todo ello, se estima que con un doble encauzamiento no es posible conseguir un canal de entrada con condiciones de navegación sustancialmente más seguras que las actuales, ya que persistirán los problemas de calado y rotura del oleaje, y se agravarán los problemas de gobernabilidad de las embarcaciones y de la energía de oleaje incidente sobre las mismas.



La Alternativa 5 supondrá la disminución del grado de canalización del canal de entrada, con el riesgo de que éste se desvíe hacia el Este como en épocas más antiguas. Por tanto, y a pesar de los beneficios que esta alternativa supone para la playa de Altar, el recorte del encauzamiento sólo debe abordarse si el mantenimiento o la mejora de las condiciones de navegación deja de ser un factor socio-económicamente relevante en Foz.



Capítulo 3

Entorno y agentes actuantes

Descripción de la costa y Clima Marítimo exterior

3.1. Introducción

En el presente apartado se describen los elementos básicos que caracterizan el Clima Marítimo en el entorno de la playa de Altar.

Como agente actuante básico de la dinámica litoral, se realiza una detallada caracterización del oleaje exterior, a partir de los datos más recientes disponibles.

El estudio del clima marítimo incluye un análisis direccional, el cual servirá de base para los cálculos teóricos del transporte litoral, que se realiza en apartados posteriores.

Este apartado incluye una descripción del estado actual de la costa y de los sedimentos que componen sus playas.

3.2. Clima Marítimo Exterior

En el presente apartado se analiza el clima marítimo medio incidente en el entorno de Foz, a partir de nuevos datos de oleaje registrados en las Bases de Datos de Puertos del Estado.

Para el análisis de los oleajes principales que se presentan en la costa, se han usado tradicionalmente fuentes de datos diversas, como son:

- Datos visuales recopilados por el National Weather Record Centre (Ashville, EEUU), procedentes de observaciones a bordo de barcos en ruta. Proporcionan información sobre oleaje visual (altura de ola, periodo y dirección de procedencia).
- Diversas boyas de registro de oleaje, siendo la más cercana la de Estaca de Bares.



- Datos de oleaje calculados en los puntos de la red WANA (Puertos del Estado).

Según se ha comprobado en diversos estudios realizados por HIDTMA, los datos proporcionados por los puntos de cálculo WANA son de una calidad muy elevada, principalmente en lo referente a oleajes medios.

Además, la red de puntos WANA es muy tupida y, por tanto, es la fuente de datos que suele proporcionar la mayor aproximación a todas las zonas de estudio de la costa española. Por ello, y dado que en este caso se dispone además de medidas de oleaje real proporcionadas por los registros de la boya, que permiten calibrar los datos del punto WANA, son éstas las dos fuentes básicas de información a partir de las que se calcula el régimen medio de oleaje de la zona de estudio.

Características de los datos WANA

El modelo WAM de generación de oleaje (WAMDI, 1988), en su versión 4 (Günther et al., 1991), integra la ecuación básica de transporte. Esta ecuación describe la evolución de un espectro bidimensional de energía de oleaje con respecto a la frecuencia y dirección, sin hacer ninguna presunción inicial sobre la forma del espectro.

El modelo WAM fue desarrollado por un amplio grupo de investigadores de diferentes institutos (grupo WAMDI), siguiendo las recomendaciones derivadas del proyecto "Sea Wave Modeling Project" (grupo SWAMP, 1985). Uno de los objetivos del grupo fue montar y poner en servicio rutinario una aplicación global del modelo en el Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo (ECMWF), lo que se consiguió en 1992.

Basado en los trabajos anteriores, se ha desarrollado una aplicación para la costa española. La malla del modelo de oleaje define la Costa Atlántica Española con una resolución de un cuarto de grado, y la Costa Mediterránea con un octavo de grado; por lo tanto, los datos producidos cerca de la costa ya tienen en cuenta apantallamientos del oleaje por la costa (aunque con la limitación de esta resolución). La versión del modelo utilizada para el Atlántico es de aguas profundas, y, por lo tanto, no se tiene en cuenta ningún fenómeno producido por el fondo marino. Para el Mediterráneo se utiliza la versión de aguas someras y, por lo tanto, se tiene en cuenta la atenuación y refracción causadas por el fondo marino en los puntos de malla que pueden considerarse como aguas someras.



La información producida por el modelo para cada punto de malla es el espectro direccional de energía de oleaje, de donde se puede extraer gran cantidad de información, como por ejemplo los parámetros Hs, Tp, Tm, dirección media, componentes de mar de viento, de mar de fondo y otros. Los resultados del modelo presentan resultados no adecuados en algunas zonas de costa protegidas.

Los datos WANA proporcionan valores de viento y oleaje en intervalos de 3 horas. La dirección de incidencia del oleaje está referida al norte geográfico.

Datos procedentes de la Boya de Estaca de Bares

La boya más cercana a la zona de estudio es la boya de Estaca de Bares, perteneciente a la red de aguas profundas, cuya ubicación se muestra en la figura 3.1.

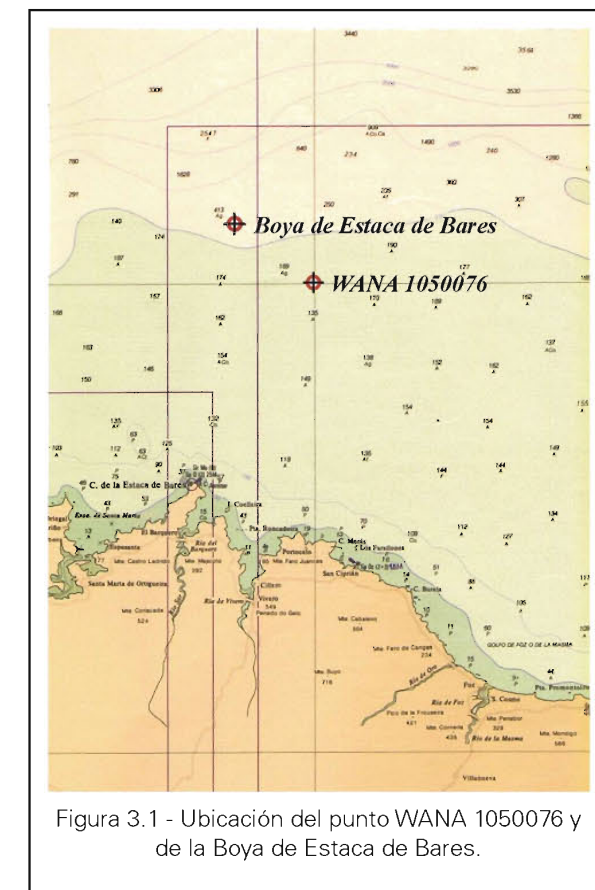
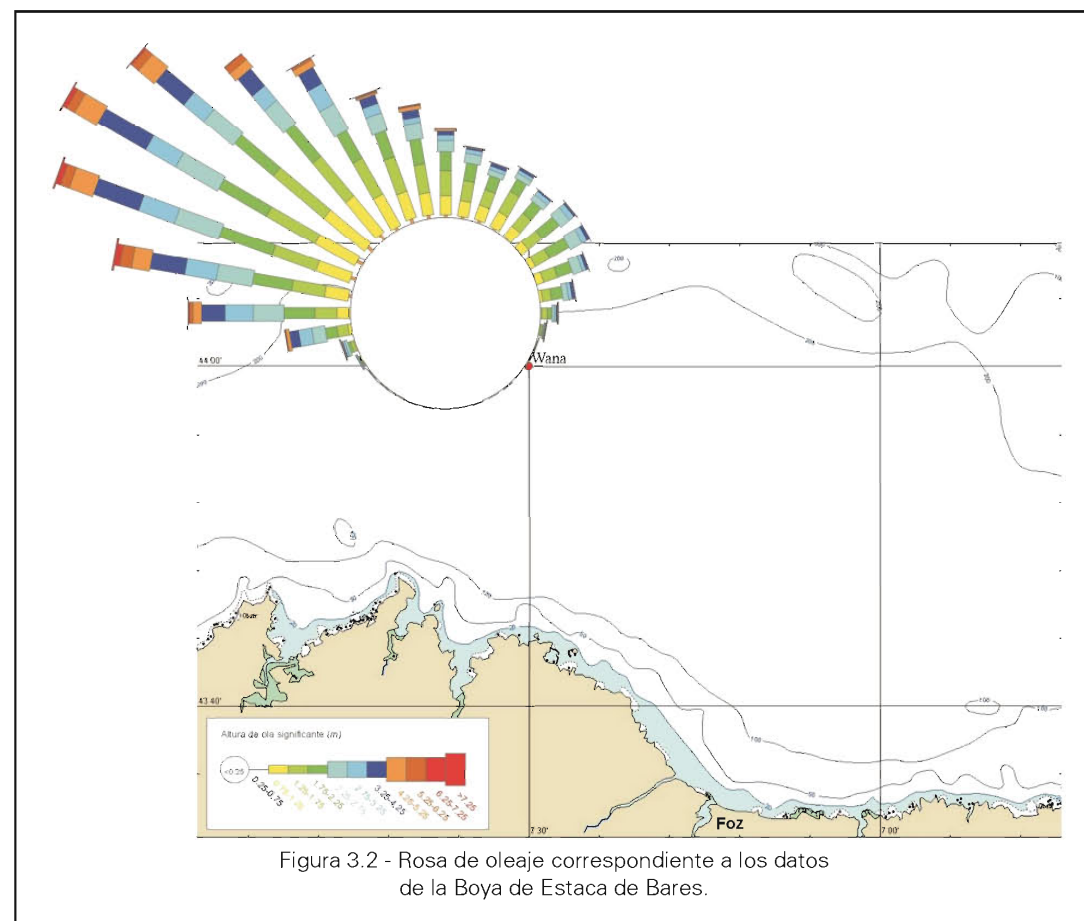


Figura 3.1 - Ubicación del punto WANA 1050076 y de la Boya de Estaca de Bares.

Se trata de una boya RAYO provista de un sensor de oleaje direccional, fondeada a una profundidad de 382 m con periodo de cobertura desde 1998 hasta la actualidad.



Es una boya de tipo Seawatch constituida por una plataforma flotante capaz de alojar varios sensores que tienen como objeto medir parámetros atmosféricos y meteorológicos. Las comunicaciones con la boya se realizan vía satélite, y la alimentación corre a cargo de paneles solares que, combinados con baterías, dotan a la boya de suficiente autonomía. Los datos que registra son alturas y periodos de oleaje con una frecuencia de 3 horas, proporcionando además direcciones de procedencia del oleaje.



Las figuras 3.2 a 3.6, muestran la rosa de oleaje y las series de distribución Hs-Dirección, Hs-Tp y Tp-Dirección correspondientes a los registros de la boya, así como la representación polar de los mismos.

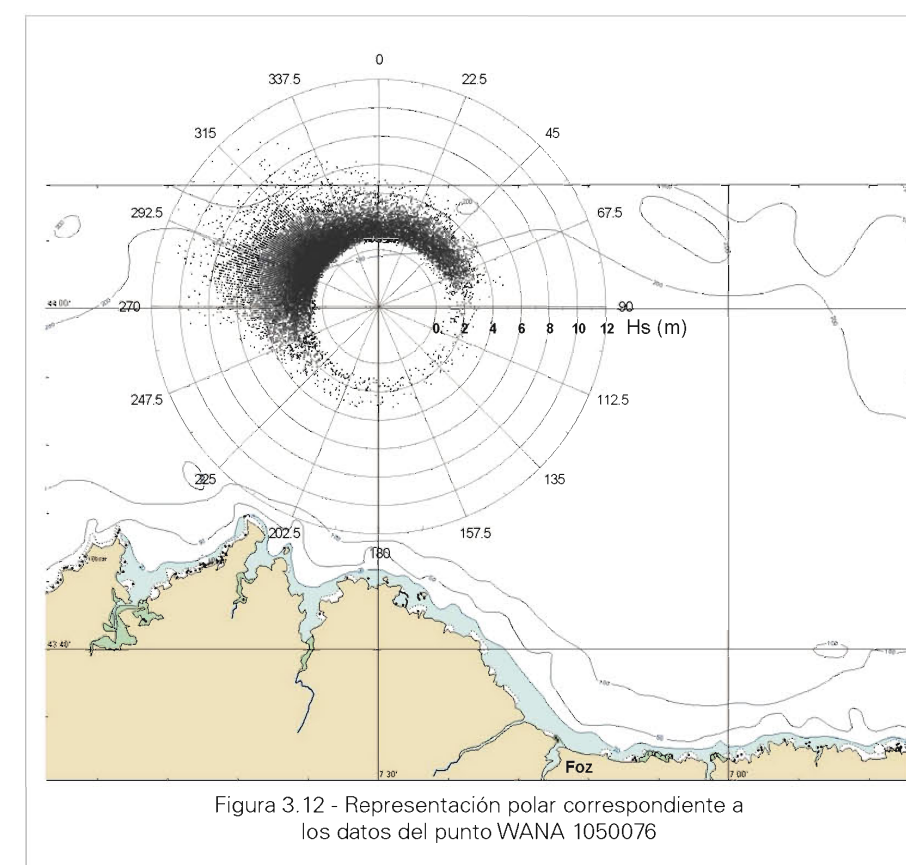
En la figura 3.7, se recogen las series de distribución Hs-Dirección para diferentes rangos de Tp.



Datos procedentes del punto WANA1050076

El punto WANA seleccionado para el estudio es el WANA1050076, cuya ubicación se muestra en la figura 3.1, junto con la boya de Estaca de Bares.

Las figuras 3.8 a 3.12, muestran la rosa de oleaje y las series de distribución Hs-Dirección, Hs-Tp y Tp-Dirección correspondientes al punto WANA, así como la representación polar de los mismos.



En la figura 3.13, se recogen las series de distribución Hs-Dirección para diferentes rangos de Tp.



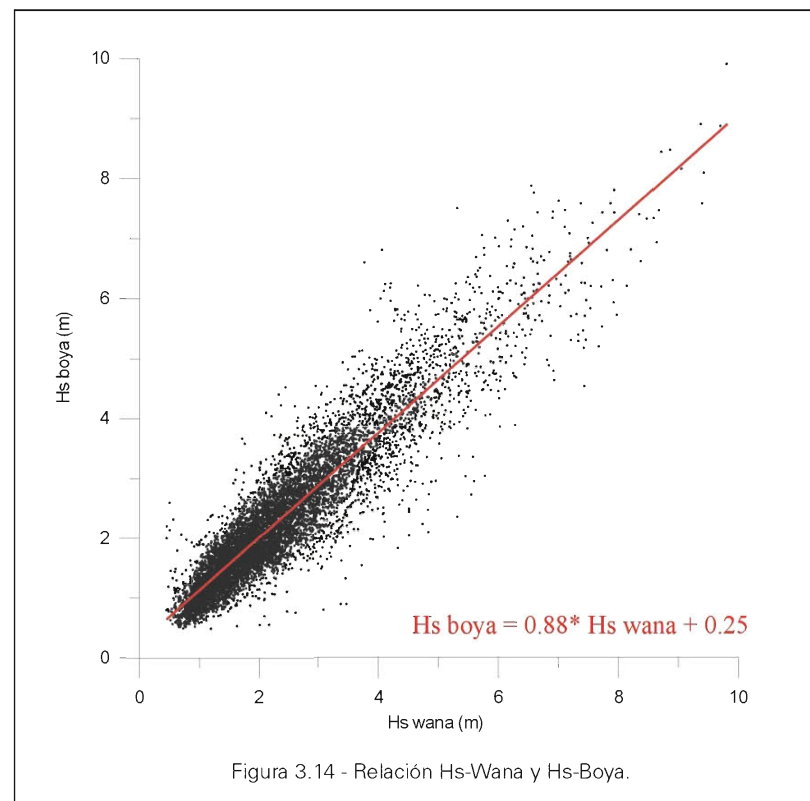
Calibración de los datos

Para el análisis de calibración se comparan los datos de la boya con datos del punto WANA 1050076, que es el mismo punto que se va a analizar para determinar las condiciones de clima marítimo existentes en la zona. El interés radica en que la boya cuenta con datos de medición real de oleaje, de modo que puede utilizarse para realizar la calibración de los datos WANA, producto de una modelización numérica.

En primer lugar se analizan las alturas significantes correspondientes a ambas fuentes de datos, y se representan según se indica en el gráfico de la figura 3.14.

La expresión que relaciona los datos del punto WANA y de la boya se resume en la siguiente ecuación:

$$Hs_{boya} = 0.88 * Hs_{WANA} + 0.25$$



Esta ecuación puede aplicarse a los datos correspondientes al punto WANA, lo que permite corregir los datos del registro y obtener valores más ajustados a lo que sería una medición real con una boya.

Se procede del mismo modo para los registros del periodo de pico. La figura 3.15 muestra el gráfico obtenido, junto con la ecuación de ajuste.

$$Tp_{boya} = 0.81 * Tp_{WANA}$$

En este caso concreto, dada la cercanía de ambas fuentes de datos y debido a que los registros de la boya comienzan en el año 1998 mientras que los del punto WANA lo hacen en 1995, se hace una composición de ambos, procediendo del siguiente modo: en aquellos casos en los que haya datos de la boya, se toman éstos. En los casos en los que se disponga de datos correspondientes al punto WANA pero no de la boya, se tomarán los registros del punto WANA aplicándoles el ajuste obtenido anteriormente.

Las figuras 3.16 a 3.20, muestran la rosa de oleaje y las series de distribución Hs-Dirección, Hs-Tp y Tp-Dirección correspondientes a la composición de los datos de la boya y del punto WANA ajustados, así como la representación polar de los mismos.

En la figura 3.21, se recogen las series de distribución Hs-Dirección para diferentes rangos de Tp.

Vientos

El régimen de vientos que actúa sobre la Ría de Foz muestra un predominio de los vientos de componente oeste. Para los vientos procedentes del mar, los más frecuentes e intensos son los procedentes del primer cuadrante.

La figura 3.22, muestra la Rosa de Vientos calculada a partir de los datos del punto WANA1050076.

El viento proporcionado por el modelo puede asimilarse a la llamada Velocidad Básica del viento (V_b) o viento de referencia, que corresponde a la velocidad media del viento en un intervalo de 10 minutos medida, a 10 m de altura en la superficie del mar o en campo abierto.

La velocidad máxima de viento a una altura z o velocidad de ráfaga asociada a diferentes duraciones t y a diferentes varianzas de la velocidad de fluctuación ($V_{v,t\ max}(z)$) puede asimilarse a:



$$V_{v.t \max}(z) = V_b \cdot F_A \cdot F_T \cdot F_R$$

siendo:

V_b Velocidad básica del viento.

F_A Factor de altura y rugosidad superficial.

F_T Factor topográfico.

F_R Factor de ráfaga.

3.3. Mareas

De acuerdo con el número norma de las mareas en Galicia (relación entre las componentes diurnas principales y las semidiurnas principales), el régimen de marea astronómica para los niveles de la costa gallega tiene un carácter típicamente semidiurno. La componente principal M2 tiene una amplitud de 1.198 m en el Puerto de A Coruña (Puertos del Estado).

Para el análisis de las estadísticas de rangos y niveles de marea en la zona de la ría de Foz, se ha realizado un cálculo de la curva de marea a lo largo del periodo enero 1970-diciembre 2003; esta curva de marea ha sido calculada a partir de las componentes armónicas de marea correspondientes al Puerto de A Coruña (mareógrafo de Puertos del Estado).

Rango de marea

La figura 3.23, presenta la distribución anual del rango de marea en el Puerto de A Coruña, y la probabilidad de presentación de los diversos rangos de marea, para la serie temporal de 33 años analizada. En esta figura se aprecian los siguientes valores medios y extremos:

- Rango máximo: 4.32 m.
- Rango mínimo: 0.85 m.
- Rango medio: 2.73 m.
- Rango más probable: 2.85 m.



Estadística de Niveles medios

A partir de las curvas de marea calculadas mediante las componentes armónicas, se ha realizado la estadística de niveles medios del mar instantáneos que se representa en la figura 3.24. Esta estadística establece la probabilidad de que, en un momento determinado, un nivel medio del mar dado no resulte sobrepasado.

En esta figura se observa que los niveles medios con más frecuencia de presentación son los valores 1.50 m y 2.98 m.



Capítulo 4

Incidencia del oleaje exterior

Propagaciones de oleaje hasta la costa

4.1. Metodología

En este capítulo se realizan los cálculos necesarios para conocer la forma en la que los oleajes exteriores llegan hasta la costa de Foz. El resultado de estos cálculos servirá posteriormente para determinar el clima marítimo en diversos puntos de la playa y a diversas profundidades.

El cálculo de la propagación del oleaje se ha realizado mediante el modelo matemático MIKE-21 NS, cuyas características fundamentales son las que se describen a continuación.

- El modelo propaga un espectro de oleaje irregular y direccional.
- Las propagaciones incluyen la refracción, *shoaling*, rozamiento y rotura.
- La propagación se realiza sobre una malla rectangular.
- Los datos de entrada al modelo son:
 - Altura significativa del oleaje (H_s).
 - Periodo medio (T_m).
 - Dirección media del oleaje (MWD).
 - Desviación máxima del espectro direccional con respecto a la dirección media (DWD).
 - Coeficiente de *spreading* (S) del oleaje.
- El modelo proporciona los valores de los cuatro primeros parámetros en toda la zona modelizada.
- El modelo permite la inclusión de generación de oleaje por acción del viento.



Las ecuaciones básicas en el modelo se derivan de la ecuación de la conservación de la densidad espectral del oleaje. La parametrización de esta ecuación en el dominio de las frecuencias se realiza introduciendo el momento de orden cero y uno del espectro como variables dependientes. Esto nos lleva a las ecuaciones diferenciales siguientes:

$$\frac{\partial(C_{gx}M_0)}{\partial x} + \frac{\partial(C_{gy}M_0)}{\partial y} + \frac{\partial(C_{\theta}M_0)}{\partial \theta} = T_0$$

$$\frac{\partial(C_{gx}M_1)}{\partial x} + \frac{\partial(C_{gy}M_1)}{\partial y} + \frac{\partial(C_{\theta}M_1)}{\partial \theta} = T_1$$

$$\frac{\partial(C_{gx}M_0)}{\partial x} + \frac{\partial(C_{gy}M_0)}{\partial y} + \frac{\partial(C_{\theta}M_0)}{\partial \theta} = T_0$$

Donde:

$m_0(x,y,\theta)$ Momento de orden cero del espectro.

$m_1(x,y,\theta)$ Momento de orden uno del espectro.

C_{gx} y C_{gy} Componentes en la dirección x e y respectivamente, de la velocidad de grupo.

C_{θ} Velocidad de propagación representando el cambio de la acción en la dirección θ .

x e y Coordenadas cartesianas.

θ Dirección de propagación de la ola.

T_0 y T_1 Términos fuente.

El momento $m_n(\theta)$ se define como:

$$m_n(\theta) = \int_0^{\infty} \omega^n A(\omega, \theta) d\omega$$

donde ω es la frecuencia absoluta y A es la densidad espectral del oleaje. La velocidad de propagación C_{gx} , C_{gy} y C_{θ} se ha obtenido la teoría de la onda lineal.

La otra parte de las ecuaciones básicas tienen en cuenta los efectos de la refracción y el shoaling.

Los términos fuente T_0 y T_1 tienen en cuenta el efecto de generación por vientos locales y la disipación de energía, debido a fricción con el fondo y rotura de oleaje. Se incluyen también los efectos de las corrientes sobre estos fenómenos.

Aunque este modelo no considera la difracción, el hecho de considerar una distribución direccional del oleaje hace que, en cierta medida, los resultados del modelo puedan asimilarse a otro que considera la difracción pero no considera oleaje direccional.

4.2. Propagaciones realizadas y resultados

A la vista de las direcciones de incidencia de los principales oleajes exteriores (ver figuras 3.18 a 3.23), y de la orientación general de la costa, se han propagado las direcciones exteriores WNW, NW, NNW, N, NNE, NE, ENE, lo que cubre todo el rango de posibles oleajes incidentes en la Ría de Foz.

Para cada una de las direcciones consideradas se han propagado los periodos de pico de 4, 10, 15 y 20 s, cubriendo así todo el rango de presentación de periodos del oleaje.

La zona modelizada para el estudio del oleaje exterior, ha dependido en cada caso de la orientación del oleaje a ensayar. Las mallas correspondientes a cada una de las direcciones de incidencia se representan en la figura 4.1.

Para cada uno de los oleajes propagados se ha simulado una altura de ola significativa de $H_s=1$ m, de forma que los resultados finales obtenidos son los coeficientes de altura de ola en cada punto del modelo.

Los resultados de cada una de las propagaciones realizadas se presentan en el *Apéndice 3 “Propagaciones de oleaje exterior: Resultados”*, incluyendo vectores de dirección y altura de ola incidente.

Estos resultados serán empleados posteriormente para determinar la propagación hasta la costa de cada uno de los oleajes que componen el registro de datos WANA empleado en el presente estudio.

4.3. Oleaje frente a la playa

Con el objeto de definir las condiciones de clima marítimo a la entrada de la ría, se ha definido un punto próximo a la zona de estudio, a una profundidad de 20 m, en el que se han obtenido los coeficientes de propagación y la dirección del oleaje. La Figura 4.2., muestra la ubicación del punto definido.

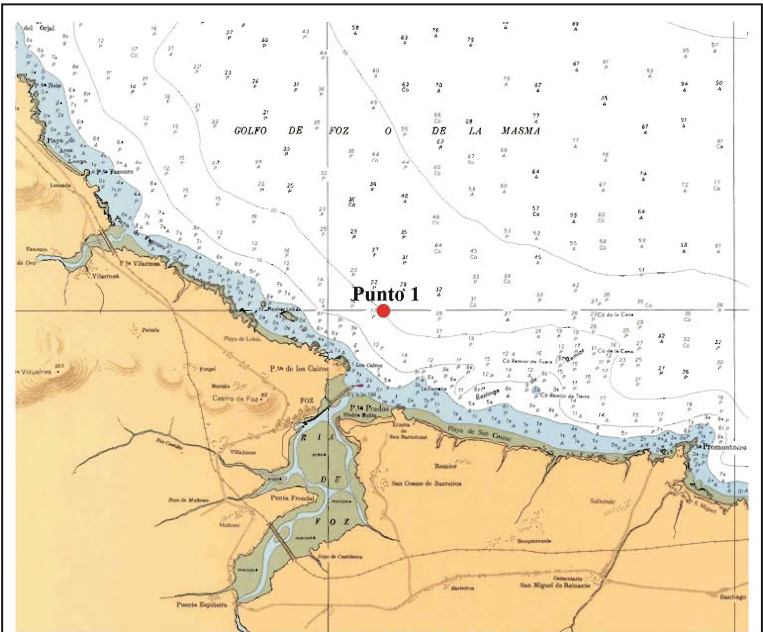


Figura 4.2 - Ubicación del punto definido para el análisis de clima marítimo

Los resultados de las propagaciones obtenidos en este punto, se resumen en las siguientes tablas:

Coefficiente de propagación:

<i>T_p</i> (s)	<i>WNW</i>	<i>NW</i>	<i>NNW</i>	<i>N</i>	<i>NNE</i>	<i>NE</i>	<i>ENE</i>
4	0.215	0.630	0.939	1.000	1.000	1.000	0.992
10	0.141	0.333	0.561	0.771	0.837	0.826	0.702
15	0.062	0.239	0.455	0.684	0.767	0.760	0.652
20	0.038	0.241	0.495	0.735	0.798	0.757	0.726

Dirección del oleaje:

<i>T_p</i> (s)	<i>WNW</i>	<i>NW</i>	<i>NNW</i>	<i>N</i>	<i>NNE</i>	<i>NE</i>	<i>ENE</i>
4	321	331	340	1	22	45	66
10	345	357	5	10	26	41	51
15	349	8	17	18	29	37	42
20	350	10	21	22	30	34	37

Para efectuar la propagación del clima exterior hasta la costa, cada uno de los oleajes incluidos en la composición de datos Boya-WANA ajustados que componen el régimen direccional, se propaga teniendo en cuenta su periodo y su dirección inicial de incidencia. Con estos parámetros se asigna, por interpolación entre los oleajes propagados, un valor del coeficiente de altura de ola (K_h), y un ángulo final de incidencia hasta el punto deseado.

Para las direcciones de oleaje y periodos no incluidos en la propagación de oleaje, los coeficientes y ángulos finales de propagación se calculan mediante interpolación lineal con los valores disponibles.

Con esta metodología, el resultado es la mejor aproximación posible a un régimen direccional del oleaje exterior en el punto deseado.

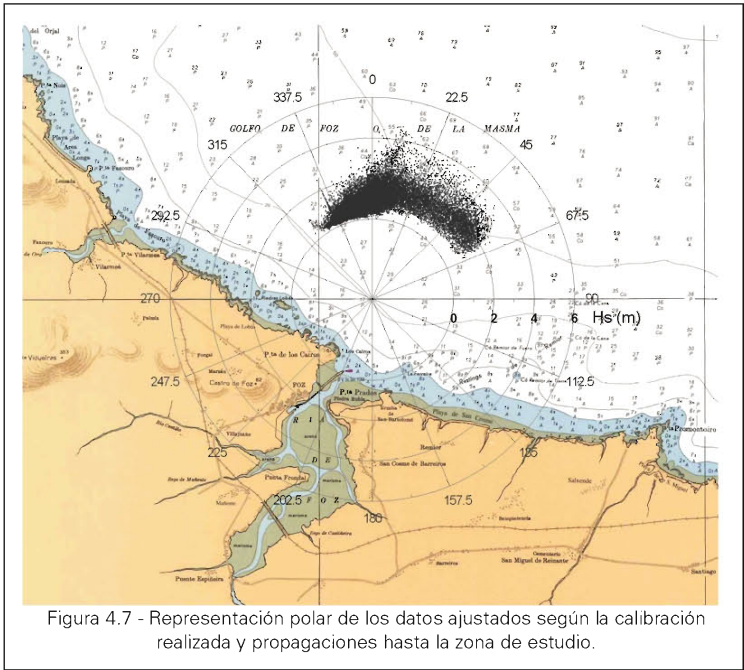


Figura 4.7 - Representación polar de los datos ajustados según la calibración realizada y propagaciones hasta la zona de estudio.

En las figuras 4.3 a 4.7, se representa el resultado gráfico de la propagación hasta la zona de estudio, de cada uno de los oleajes que componen el régimen exterior corregido, por medio de la rosa de oleaje y de las series de distribución Hs-Dirección, Hs-Tp y Tp-Dirección, así como de la representación polar de los mismos.

En la figura 4.8, se representan las series Hs-Dirección para diferentes rangos del periodo de pico.



Capítulo 5

Propagación de la onda de marea

Simulaciones hidrodinámicas de corrientes

5.1. Introducción

En este capítulo se analizan las corrientes en la zona de estudio, mediante un modelo matemático bidimensional.

Las rías tienen un comportamiento hidrodinámico básico en dos capas: la inferior más salina, densa y pesada, procedente de agua del Atlántico, y la superior menos salina, densa y pesada, procedente de aportaciones continentales. Se tiene constancia, por medio de diversos trabajos, de la entrada de agua oceánica por la capa inferior y salida de agua menos salobre por la capa superior.

La estratificación de la ría es mayor en épocas invernales cuando aumenta la aportación de aguas continentales de las cuencas de los ríos Masma, Mañente y Centiño.

La técnica de simulación utilizada es bidimensional, utilizando el paquete de programas MIKE 21, de máxima reputación a nivel mundial. Se puede obtener una simulación más exacta mediante el empleo de modelos tridimensionales, sin embargo se han de realizar las siguientes consideraciones a este respecto:

- Para analizar los impactos se deben considerar prioritariamente los agentes que facilitan que éstos se produzcan, siendo los principales en este caso, los siguientes: mareas, vientos locales, aportaciones fluviales y afloramientos.
- Los tres primeros, mareas, vientos y aportaciones fluviales se encuentran bien caracterizados, espacial y temporalmente. El último, sin embargo, debido a su fuerte variabilidad y dificultad de medición, no se encuentra tan bien caracterizado, ni espacial, ni temporal, ni cuantitativamente, y es difícilmente predecible.



- Las corrientes de marea son las más importantes como agentes mezcladores y transportadores de sustancias dentro de las rías, aunque su importancia es escasa como agente de intercambio entre la ría y la plataforma costera.
- Las corrientes residuales son definibles como la corriente promedio a lo largo de varios ciclos de marea y son utilizadas para simplificar el análisis de procesos a largo plazo. En el caso en que el interés radique en el análisis de material vertido a corto plazo, es necesaria la consideración de todas las corrientes y no sólo las residuales.

Además, la utilización de modelos tridimensionales, requiere una completa definición de las velocidades de corriente en el contorno abierto del modelo. Ello requiere un extenso trabajo de campo, en el tiempo y en el espacio, que no siempre resulta posible.

Para zonas interiores, como es el caso de la ría de Foz, donde el calado es reducido y la mezcla vertical de las aguas muy completa, la descripción integrada en la vertical de los flujos es una aproximación suficiente al fenómeno real de propagación de la onda de marea.

La calibración del modelo se ha obtenido empleando el modelo MIKE 21 NHD para obtener las corrientes de marea, de poca importancia en zonas abiertas, pero de gran importancia en las rías.

Tomando como base los resultados de la campaña de medición realizada en la ría de Foz y recogida en el Apéndice 4, se analizan las condiciones a introducir en el modelo de simulación hidrodinámica, de modo que el funcionamiento de éste se ajuste a los datos de medida de corrientes y experiencias de biplanos. De este modo, los resultados de la modelización numérica reflejarán el comportamiento real de las corrientes en el interior de la ría de Foz.

Una vez calibrado el modelo y comprobado su correcto funcionamiento, se realizan simulaciones con diferentes condiciones de marea y oleaje, con el objeto de definir la dinámica de las corrientes de un modo detallado.



5.2. Modelización hidrodinámica

Metodología

El modelo hidrodinámico MIKE 21 NHD (Nested Hydrodynamic), tiene las mismas características técnicas que el modelo MIKE 21 HD (Hydrodynamic), añadiendo las facilidades propias de un modelo anidado.

El anidamiento permite obtener resoluciones espaciales satisfactorias en todas las zonas del área a modelizar, sin necesidad de realizar simulaciones posteriores de mayor detalle.

MIKE 21 NHD puede trabajar con un máximo de 9 batimetrías de distinta resolución espacial, con la restricción de que entre una batimetría, y la que la contiene, la relación debe ser 1:3, debiendo evitar que se solapen áreas con el mismo nivel de detalle.

MIKE 21 NHD es un sistema de modelización numérico general para la simulación de niveles de agua y flujos en estuarios, bahías y zonas costeras. Simula flujos variables en dos dimensiones horizontales y en una sola capa vertical (flujos verticalmente homogéneos).

Los resultados del Módulo NHD son flujos (velocidades) y niveles en toda el área que se trate, y sus variaciones a lo largo del período considerado.

El Módulo NHD tiene las características siguientes:

- La red de cálculo puede tener cualquier forma, adaptándose a la morfología de la zona a modelizar.
- Se pueden incluir fuentes, como vertidos y ríos, y sumideros.
- Se puede incluir anegación y sequía de zonas inundables.
- Los datos necesarios para hacer un cálculo con el Módulo HD son:
 - Batimetría de la zona.
 - Condiciones de contorno (caudales o niveles de agua).
 - Condiciones iniciales.

MIKE 21 HD hace uso de la técnica denominada ADI (*Alternating Direction Implicit*) para integrar las ecuaciones de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento, en el espacio y en el tiempo.

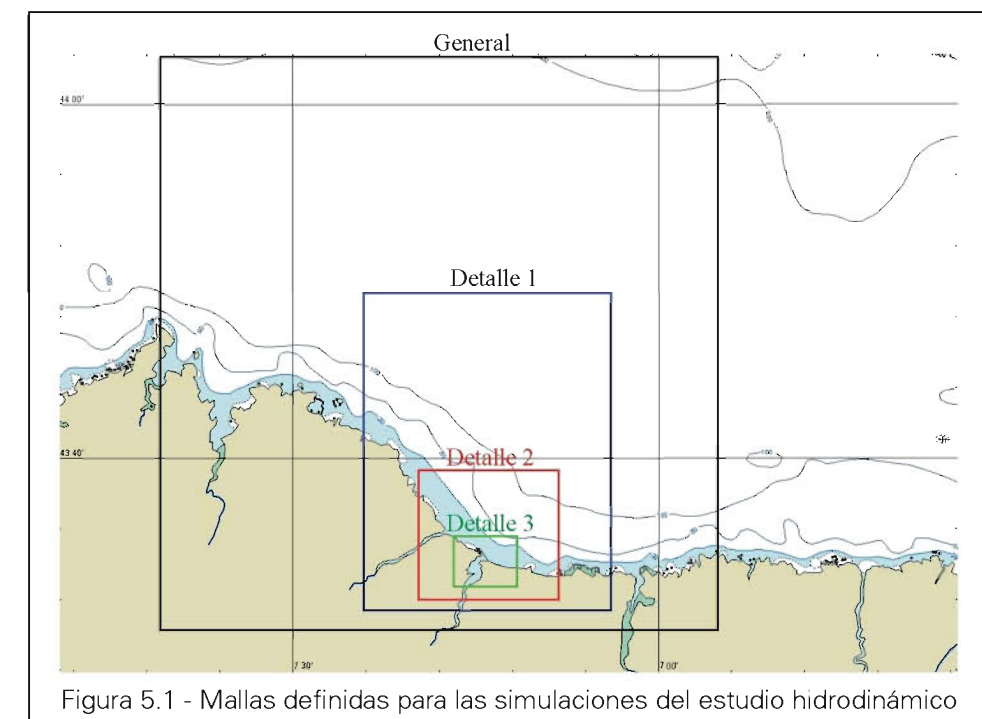


Las matrices que resultan de las ecuaciones, para cada dirección y para cada línea de malla, se resuelven por el algoritmo de doble barrido.

Simulaciones realizadas

Se han considerado 4 mallas anidadas para la realización de las simulaciones, con el objetivo de determinar condiciones hidrodinámicas tanto en zonas más abiertas, donde la separación entre nodos puede ser elevada, como en las zonas interiores de la ría de Foz, donde es necesaria una mayor definición.

Las 4 mallas consideradas se representan en la figura 5.1.



Según puede observarse, la malla general incluye una zona extensa, que abarca las rías del Barquero, Vivero, Foz y Ribadeo, lo que facilita la calibración de las condiciones del modelo en una zona exterior, poco afectada por el comportamiento de la ría.

Las siguientes mallas, incluyen zonas más reducidas, hasta llegar a la malla de mayor detalle, centrada en la ría de Foz.

La siguiente tabla recoge las características de las diferentes mallas:

	General	Detalle 1	Detalle 2	Detalle 3
Dimensiones (m)	61.965 x 63.666	27.459 x 35.235	15.552 x 14.337	7.047 x 5.589
Nº de nodos	255 x 262	339 x 435	576 x 531	783 x 621
Separación	243 m	81 m	27 m	9 m
Origen (*)		(93,9)	(75,15)	(144,54)

(*) El origen se refiere siempre al nodo correspondiente a la malla anterior en tamaño.

Las figuras 5.2 a 5.5, muestran las batimetrías correspondientes a cada una de las mallas definidas.

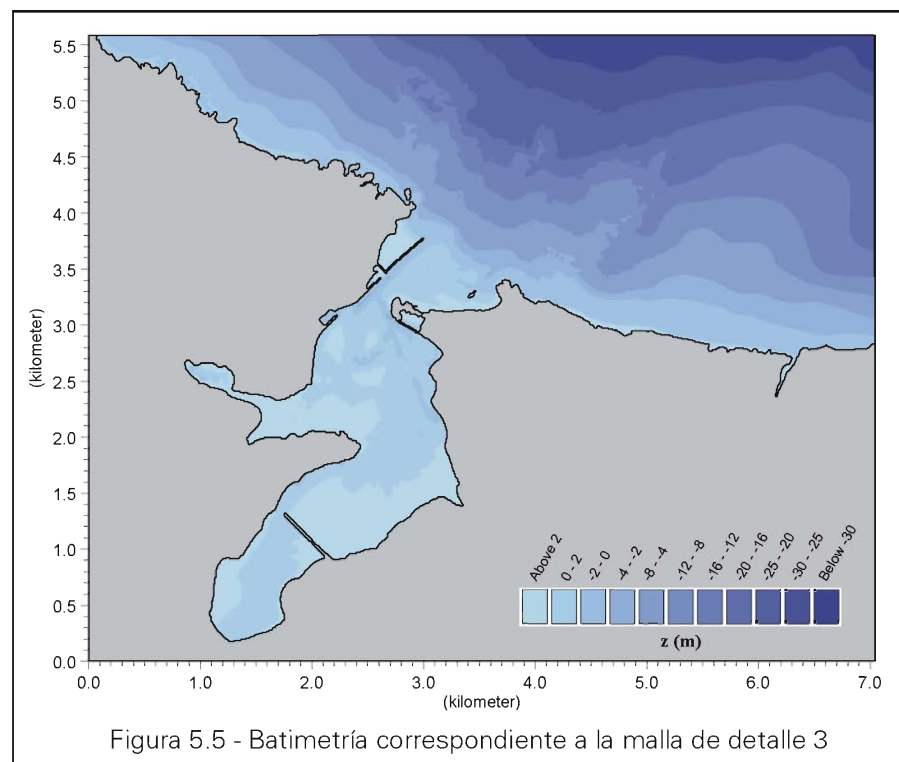


Figura 5.5 - Batimetría correspondiente a la malla de detalle 3

El análisis de resultados se centra en la malla de mayor detalle, puesto que es la que tiene la definición suficiente para que puedan analizarse a fondo los resultados.

Calibración del modelo

Se parte inicialmente de la onda de marea de La Coruña, obtenida a partir de las constantes armónicas, haciendo coincidir las fechas de la simulación con los días y el estado de marea correspondientes a los existentes en el momento de la toma de datos durante la campaña. La onda de marea se representa en la figura 5.6.

La campaña de muestreo se realizó durante los días 24, 25 y 28 de octubre de 2005, abarcando tanto estados de marea llenante como vaciante.

Los rangos de marea existentes en esas fechas corresponden a un periodo de mareas muertas, alcanzando un rango máximo de unos 1.5 m.

La tabla que se muestra a continuación recoge la relación de las fechas y horas en las que se midieron velocidades de la corriente, y el estado de la marea de cada uno de los registros. Se indica asimismo el punto al que corresponde cada una de las medidas.

Día	Hora	Estado de marea	Punto de medida
24/10/2005	16:34 – 17:20	llenante	P1
25/10/2005	11:40 – 12:23	vaciante	P2
25/10/2005	12:35 – 13:25	vaciante	P3
28/10/2005	10:03 – 10:42	llenante	P8
28/10/2005	11:10 – 11:26	llenante	P6
28/10/2005	11:36 – 11:48	llenante	P7
28/10/2005	14:24 – 14:47	vaciante	P5
28/10/2005	15:36 – 15:44	vaciante	P4

La figura 5.7 recoge la ubicación de los puntos en los que se realizó la toma de datos.

Debido a la variación en los rangos de marea de los días en que se realizaron las medidas que se van a tomar como referencia, se llevan a cabo dos simulaciones para calibrar las condiciones del modelo: una de ellas correspondiente a los días 24 y 25, y otra correspondiente al día 28.

Por lo que se refiere a las condiciones climatológicas, se incluyen condiciones de viento semejantes a las existentes durante los días de campaña: vientos del SW (10 m/s) para los días 24 y 25, y vientos del NW (5m/s) durante el día 28.



Dada la aleatoriedad a que están sujetas las medidas del correntímetro, puesto que se trata de una medida puntual en un momento determinado, pudiendo por tanto verse influenciada por una serie de factores (ráfagas, rachas) que no se contemplan en el modelo, se obtiene una media de la intensidad de la corriente a lo largo del tiempo que abarca la simulación, y que se ha hecho coincidir con las fechas y estados de marea de la campaña de medida, tal y como se ha explicado anteriormente. De este modo, pueden compararse los órdenes de magnitud de las velocidades en uno y otro caso.

En las figuras 5.8 y 5.9, se muestran dos ejemplos gráficos de resultados de las simulaciones junto con datos de las medidas de campo. En todos los casos analizados puede verse que los rangos de velocidad del modelo numérico en la zona del canal en la que se ubican los puntos, son del mismo orden que los registrados durante la campaña de medida.

Otras simulaciones

Una vez comprobado el funcionamiento del modelo, se hacen simulaciones con el objeto de estudiar el comportamiento hidrodinámico de la ría en situación de rangos de marea mayores. Para ello se realiza una simulación correspondiente a mareas vivas. En la figura 5.10, se indica la zona de la onda de marea escogida para este caso.

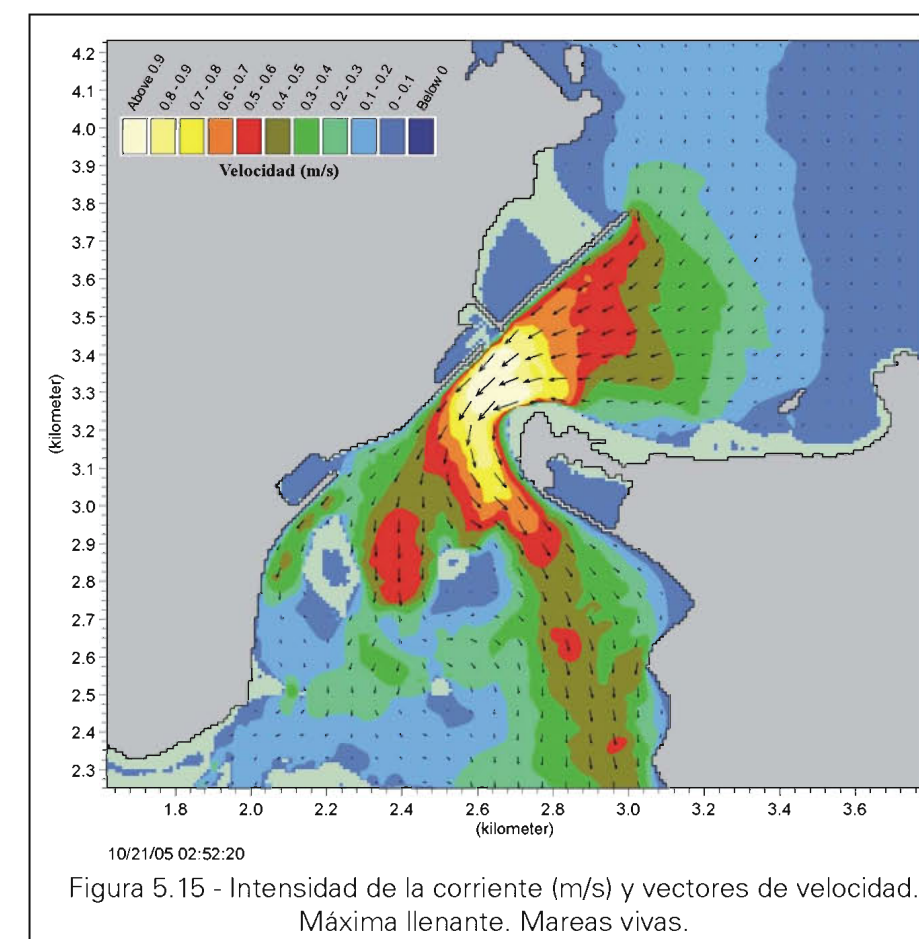
Las mallas utilizadas en esta simulación son las mismas que las definidas para las simulaciones de calibración, representadas en la figura 5.1.

Con el objeto de ilustrar el proceso realizado a lo largo de esta condición analizada, se muestran gráficos correspondientes a las simulaciones hidrodinámicas en todas las mallas anidadas.

Las figuras 5.11 a 5.14, representan las intensidades de la corriente y vectores de velocidad en diferentes instantes de la simulación, para las mallas general, detalle 1, detalle 2 y detalle 3 respectivamente, en el periodo de mareas vivas analizado.

Las figuras 5.11 a 5.14, representan las intensidades de la corriente y vectores de velocidad en diferentes instantes de la simulación, para las mallas general, detalle 1, detalle 2 y detalle 3 respectivamente, en el periodo de mareas vivas analizado.

Las figuras 5.15 y 5.16, muestran un detalle de la zona de estudio en situación de máxima llenante y máxima vaciante respectivamente.



5.3. Interacción oleaje-corriente

Para analizar la interacción del oleaje con la corriente y sus efectos en el comportamiento hidrodinámico de la ría de Foz, se toman como base los datos del régimen de oleaje frente a la entrada de la ría, desarrollados en el capítulo 3.

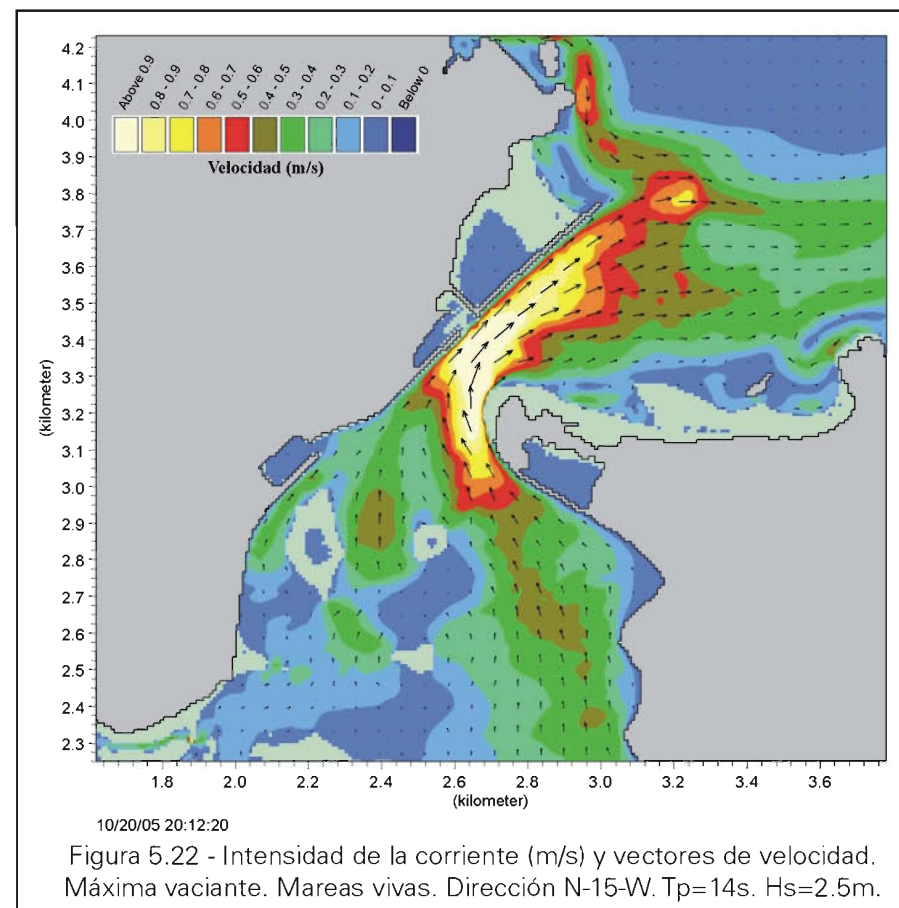
Se analizan las simulaciones de oleaje exterior y el régimen de oleaje obtenido, con el objeto de escoger las condiciones más significativas para la zona de estudio.

A la vista de estos resultados, se realizan simulaciones con el módulo MIKE 21 NSW, para oleaje de dirección N-15-W, con $T_p=14s$ y una altura de ola inicial $H_s=2.5$ m, para obtener resultados de tensores de radiación, que son los datos de oleaje a introducir en el modelo hidrodinámico junto con la onda de marea.



Con el objeto de obtener unas condiciones de oleaje variables en el tiempo y acordes con la elevación de la onda de marea en cada momento de la simulación, se realizan las simulaciones de oleaje indicadas anteriormente, para diferentes elevaciones de la superficie, coincidentes con la elevación en cada punto del registro de la onda de marea. La concatenación de los archivos de tensores de radiación obtenidos en cada una de estas simulaciones proporciona un registro del oleaje a lo largo de los días que comprende la simulación hidrodinámica.

Para la realización de estas simulaciones hidrodinámicas que incluyen tanto los efectos de la propagación de la onda de marea (en situación de mareas vivas), como del oleaje, se han utilizado las mismas mallas anidadas que en los casos anteriores.



Las figuras 5.17 a 5.20, representan las intensidades de la corriente y vectores de velocidad en diferentes instantes de la simulación, para las mallas general, detalle 1, detalle 2 y detalle 3 respectivamente, en las condiciones analizadas.



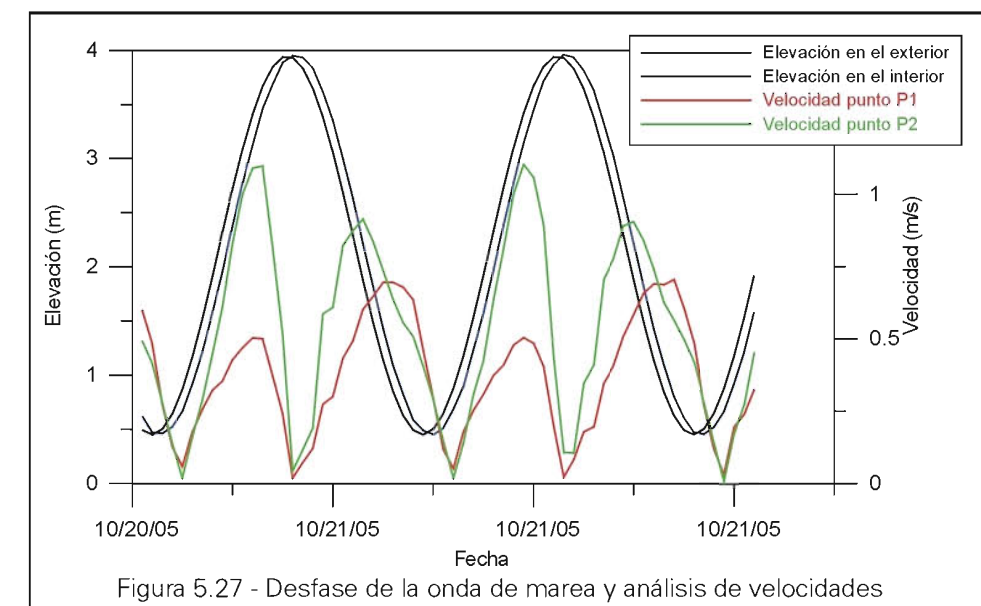
Las figuras 5.21 y 5.22, muestran un detalle de la zona de estudio en situación de máxima llenante y máxima vaciante respectivamente.

5.4. Desfase de la onda de marea

Las simulaciones hidrodinámicas realizadas en este estudio, ponen de manifiesto el desfase existente entre la onda de marea en el exterior y la onda en el interior del estuario. Con el objeto de estudiar este fenómeno, que se analiza detalladamente en el capítulo 6, se incluye una simulación en la que se propaga una onda de marea sinusoidal de 3.5 m de rango, tomando como base las mismas mallas anidadas que en los casos anteriores.

En las figuras 5.23 a 5.26, se representan las intensidades de la corriente y vectores de velocidad en diferentes instantes de la simulación, para cada una de las mallas anidadas.

La figura 5.27, recoge las series temporales de elevación que muestran el desfase existente entre la onda de marea en el exterior y el interior del estuario. También se representa la velocidad de la corriente en el interior del canal.





Capítulo 6

Hidrodinámica del canal de marea

Caracterización del sistema estuario-playa

6.1. Introducción

Un canal de marea se define como la conexión entre un mar donde existe una carrera de marea y un cuerpo de agua interior, siendo este canal la interfase que comunica ambos medios. Dado que el canal de marea es el filtro a través del cual la onda de marea se propaga hacia el interior del estuario, los fenómenos hidrodinámicos y sedimentarios que en él ocurren son el reflejo de las características climatológicas exteriores y, al mismo tiempo, la manifestación de las condiciones físicas y morfológicas del propio estuario.

El estudio de un canal de marea implica analizar todas las áreas o secciones en las que éste se subdivide, donde la influencia de los oleajes y las corrientes es muy diversa. Para ello, el presente capítulo se inicia con la nomenclatura y descripción de los elementos que componen el sistema estuario-playa de Foz, y de los procesos que tienen lugar en cada uno de ellos.

Posteriormente, se realiza una parametrización del sistema, que ayuda a comprender el por qué de los procesos sedimentarios e hidrodinámicos que en él tienen lugar, y permite comprender la dominancia relativa o asimetría de los flujos de entrada y salida del estuario.

6.2. Descripción del sistema estuario-playa

Zonificación y procesos hidrodinámicos básicos

Los procesos sedimentarios que ocurren en el entorno de un canal de marea están muy relacionados con las condiciones de las corrientes y los oleajes; estos procesos sedimentarios también dependen de aspectos diversos, como el tipo de sedimento presente en el sistema o el transporte litoral exterior.



La complejidad del sistema hace recomendable proceder a una división del conjunto en partes, cada una de las cuales está sometida a un proceso dominante distinto.

En la ría de Foz podemos distinguir las siguientes zonas:

- El estuario interior o ría, donde desagua el río Masma.
- La zona interior del canal de marea o canal interior, donde se expande el flujo de entrada y se concentran los flujos de salida. En este sector los procesos sedimentarios están dominados básicamente por las corrientes de marea.
- El canal de marea propiamente dicho, donde tienen lugar las máximas velocidades de corriente.
- La zona exterior del canal o canal exterior, controlado por la acción de los oleajes y por los flujos de entrada y salida.
- La costa adyacente, formada por las playas de Altar y La Rapadoira, así como por el litoral al este y oeste de la ensenada, en el que se produce una dinámica sedimentaria prácticamente independiente de la hidrodinámica del estuario.

La energía requerida para producir la entrada de agua en el estuario procede de la onda de marea; el gradiente de niveles que se produce entre el mar y el estuario genera el flujo a través del canal de Foz. El canal actúa como un filtro para la transmisión de la onda de marea hacia el interior del estuario, generando, ocasionalmente, componentes armónicas diferentes a las que le llegan desde mar abierto.

La superficie del estuario es un parámetro muy relevante, que condiciona el desfase existente entre las ondas de marea exterior e interior: un estuario grande responde menos a la acción de la marea que uno pequeño, dado que el volumen a rellenar durante un semiperiodo de marea es mayor, resultando en una elevación del nivel del agua menor. Esto tiene como consecuencia la generación de menores gradientes del nivel medio y, en consecuencia, menores velocidades en el canal. A este respecto, el estuario de Foz tiene unas dimensiones relativamente reducidas, lo que implica un llenado y vaciado casi completo del mismo durante cada periodo de marea.

Las aportaciones del río Masma son bastante reducidas en comparación con el prisma de marea del estuario, de forma que este factor no será tenido en cuenta en la parametrización del estuario.



La sección del canal principal juega un papel muy relevante en los procesos hidrodinámicos del estuario, dado que impone los límites a la cantidad de flujo que puede llegar hasta la laguna: cuanto mayor es la sección del canal de salida mayor es su capacidad de descarga. Por otro lado, un canal de salida largo implica una mayor resistencia al flujo por fricción, de forma que el flujo de entrada y salida se ralentiza, y se incrementa el desfase entre la onda de marea interior y la exterior.

El efecto de los oleajes exteriores es también muy importante, especialmente en el canal exterior, donde los procesos de refracción y difracción sobre los bajos pueden alterar el esquema básico de las corrientes de marea. A su vez, la formación de bajos arenosos altera los flujos de corrientes, ya que modifica la distribución de las tensiones de rozamiento en el fondo; así, el flujo llenante puede producirse de forma preferente a través de un canal entre bajos, mientras que el flujo vaciante puede circular preferiblemente sobre los propios bajos o viceversa.

Flujos mareales y transporte de sedimentos en Foz

Partiendo de la configuración de los fondos en el entorno del canal de Foz y de los resultados del modelo hidrodinámico (ver capítulo 5), se ha determinado el esquema básico de circulación de los flujos de corriente y de los sedimentos, tal y como se presenta en la figura 6.1.

Dado que los flujos mareales cambian sustancialmente con el nivel de marea, en este esquema se analiza separadamente la situación con la marea por debajo del nivel medio y la situación con la marea por encima.

Cuando el nivel medio del mar es bajo y la marea comienza a subir, el flujo de entrada al estuario se produce, casi exclusivamente, a través del canal principal, entrando posteriormente en funcionamiento el canal secundario. Cuando el nivel medio del mar ha subido lo suficiente para anegar los bajos arenosos, el flujo de entrada se expande hacia el sur, por encima de dichos bajos, alcanzando también al



Figura 6.1.A - Flujos de llenante en el canal de Foz



canal internareal que recorre el frente de la playa de Altar. En la punta del encauzamiento izquierdo se produce una separación del flujo de entrada, que se curva hacia el este, para volver a centrarse en el canal principal a mitad de su longitud; esta separación del flujo se incrementa con la incidencia de oleaje exteriores, al generarse una corriente oeste->este a lo largo de la playa de La Rapadoira. Los canales que forma esta separación del flujo son visibles ocasionalmente, como en la fotografía aérea del año 1990 (ver figura 7.6).

El transporte de sedimentos en el exterior del canal durante la fase de marea llenante sigue de forma bastante aproximada el esquema de flujos descrito.

En el interior del estuario, tras una primera fase en la que el agua penetra únicamente a través del canal que bordea la playa de Altar, el flujo principal se establece por encima del bajo de levante, donde se deposita la mayor parte del sedimento transportado desde el exterior a través del canal.

Al comienzo de la fase de vaciante, el flujo principal de salida se establece rápidamente a través del canal que bordea la barra de Altar, tras una primera fase en la que la corriente pasa sobre el bajo de llenante; en esta primera fase también se produce una salida de flujo a lo largo del canal del puerto de Foz. En el exterior, el flujo se expande rápidamente en todas direcciones una vez atravesado el estrechamiento máximo del canal, depositando el sedimento sobre el gran bajo de vaciante que se forma frente a la playa de Altar. Según la marea va descubriendo los bajos de la salida, el flujo tiende a encauzarse a lo largo del canal principal, formando el bajo alargado de vaciante que sirve como encauzamiento derecho natural.

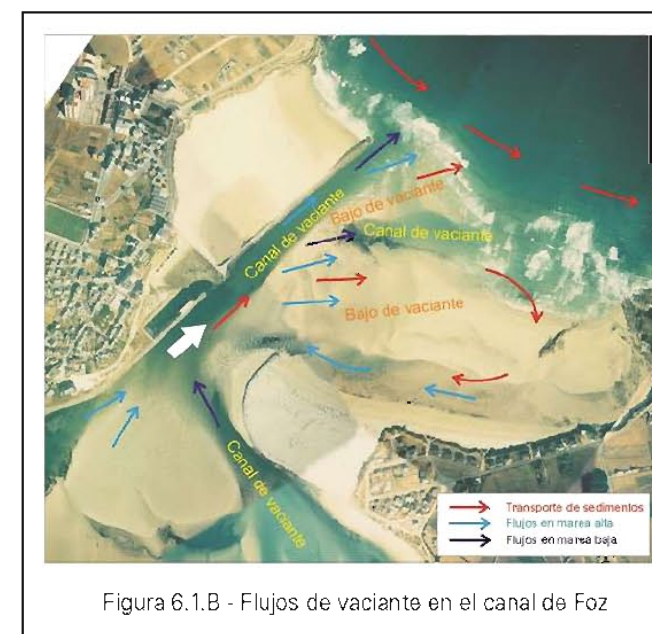


Figura 6.1.B - Flujos de vaciante en el canal de Foz

Un aspecto muy relevante de este esquema general de circulación es que el flujo a lo largo de la playa de Altar se dirige casi permanentemente hacia el canal de salida, incluso durante la fase de vaciante.



Esto es debido a que el intenso flujo vaciante produce un remolino en sentido horario en la salida del canal, haciendo circular el agua frente a la playa en dirección oeste; además, los bajos próximos al canal de entrada provocan la refracción y rotura del oleaje, generando una corriente litoral en el mismo sentido.

6.3. Parametrización del sistema

En los estuarios se producen procesos hidráulicos y sedimentarios extraordinariamente complicados, de forma que su funcionamiento global está influido por numerosos factores morfológicos y climatológicos. Por eso, desde hace tiempo la literatura científica ha tratado de parametrizar los datos básicos de estos sistemas, en busca de relaciones que permitan explicar y comprender mejor su comportamiento a gran escala.

Parámetros básicos de la Ría de Foz

A continuación, se definen una serie de parámetros que serán empleados en formulaciones teóricas posteriores, y que tratan de esquematizar las medidas más relevantes de la ría y el canal de Foz. Estos parámetros son los siguientes:

- A_{mw} Superficie de la sección mínima del canal.
- P Prisma de marea, o volumen de agua que entra y sale del estuario cada ciclo de marea.
- A_b Superficie del estuario.
- L_{mw} Longitud del canal de entrada.
- T Periodo de la marea, que es de 12.25 h en Foz.
- a_0 Amplitud de la onda de las mareas vivas, próximo a 2.1 m en Foz.

Para determinar el prisma de marea se ha cubicado el volumen de agua almacenado entre el nivel máximo de las mareas vivas (+4.20 m) y el nivel de BMVE. De esta forma:

$$P_{Foz} = 7.97 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$



El cálculo de A_{mw} se ha realizado determinando la sección del canal bajo el nivel medio del mar (+2.10 m), a lo largo de diversos perfiles cercanos a su máximo estrechamiento, tal y como se muestra en la figura 6.2, de dicha figura resulta el valor:

$$A_{mw} = 377.70 \text{ m}$$

En la misma figura se determina la longitud del canal de entrada, definida ésta como la distancia entre el máximo estrechamiento y el punto de control exterior, o punto donde se alcanza la mínima profundidad. La medida se realiza a lo largo de una línea irregular que recorre el canal en su máxima profundidad. El valor resultante es (figura 6.2):

$$L_{mw} = 840 \text{ m}$$

Por su parte, la cartografía del terreno permite determinar la superficie inundable del estuario, que resulta ser:

$$A_b = 2.28 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

Relación de O'Brien entre A_{mw} y P

Uno de los primeros y más interesantes trabajos para la parametrización de estuarios la realizó O'Brien (1931, 1969), determinando la relación entre la sección mínima del canal A_{mw} y el prisma de marea P . Basándose en datos procedentes de estuarios naturales, propuso la relación de equilibrio:

$$A_{mw} \sim P^{0.85}$$

Esta relación permite calcular uno de los dos parámetros a partir del otro, pero no explica de forma satisfactoria los procesos físicos en el canal de entrada. Sin embargo, la relación apunta a que un aumento del prisma de marea en un estuario como resultado, por ejemplo, del dragado de bajos intermareales, supone el aumento de su sección mínima de equilibrio. De igual forma, una entrada masiva de sedimentos que atierre parcialmente un canal puede conducir a la reducción del prisma de marea en el estuario.

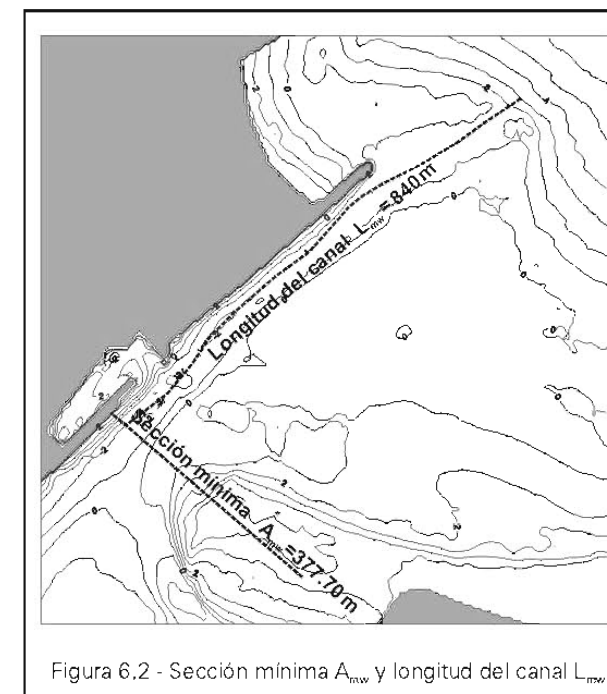


Figura 6.2 - Sección mínima A_{mw} y longitud del canal L_{mw}



A partir de datos de estuarios reales, O'Brien calculó relaciones para estuarios con entradas naturales o con dos encauzamientos laterales, expresados en la siguiente relación:

$$A_{mw} = 6.6 \cdot 10^{-5} P$$

$$A_{mw} = 9.04 \cdot 10^{-4} P^{0.85}$$

La relación de O'Brien fue determinada, básicamente, a partir de estuarios de la costa del Pacífico americano, donde el flujo de vaciante suele ser dominante. Puesto que la relación entre los distintos armónicos de la marea tiene influencia en la dominancia del flujo de un estuario (ver apartado 6.4), es de esperar que la relación entre A_{mw} y P varíe para distintos mares.

Jarret (1976) prosiguió el análisis de O'Brien para otras fachadas americanas, como la Atlántica o la del Golfo, determinando la serie de relaciones que se representan en

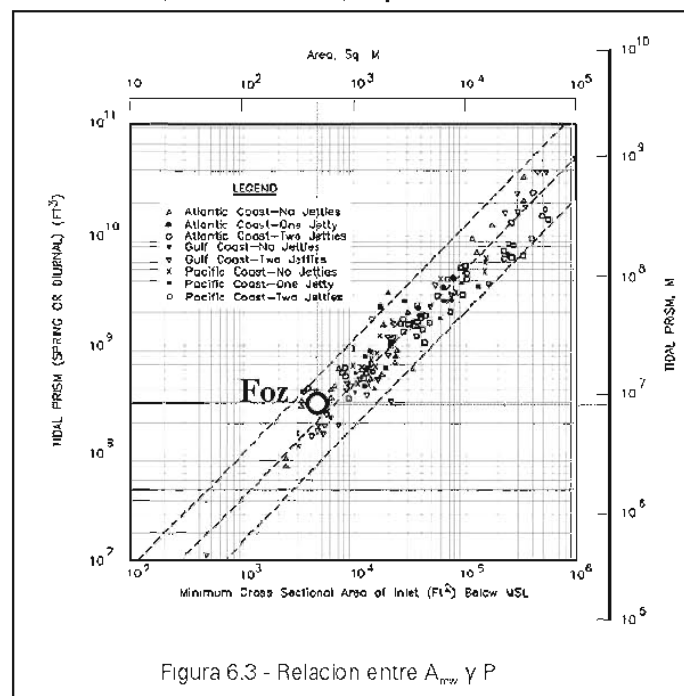


Figura 6.3 - Relación entre A_{mw} y P

la figura 6.3. La misma figura indica la posición del estuario de Foz en la gráfica, pudiéndose constatar un adecuado ajuste de los parámetros de esta ría a las relaciones de Jarret.

Soluciones analíticas de Keulegan y King

Las soluciones analíticas para la caracterización de estuarios se basan en simplificaciones del sistema, que lo hagan más manejable para el cálculo. Keulegan (1967) desarrolla las ecuaciones hidrodinámicas básicas que determinan el flujo a través del canal de entrada en un estuario, simplificando el sistema con las siguientes condiciones:

- La sección del canal de entrada es rectangular.
- No hay entrada de agua continental al sistema.



- No hay corrientes de densidad relevantes.
- La onda de marea es sinusoidal.
- El nivel medio en el estuario sube de forma homogénea, son desfases.

Utilizando la ecuación de la energía en el canal de entrada y la de continuidad, y despreciando los términos de inercia, Keulegan llega a una ecuación en la que el desfase de niveles entre el exterior y el interior del estuario es consecuencia de la fricción a lo largo del canal de entrada y a las pérdidas de carga, introduciendo en las ecuaciones el parámetro K , llamado coeficiente de llenado, que se expresa como:

$$K = \frac{TA_{avg}}{2\pi A_b} \sqrt{\frac{2g}{a_o \left[k_{en} + k_{ex} + \frac{fL}{4R} \right]}}$$

- A_{avg} Área media a lo largo del canal de entrada.
- k_{en} Coeficiente de pérdida de entrada en llenante.
- k_{ex} Coeficiente de pérdida de entrada en vaciante.
- R Radio hidráulico del canal de entrada.
- f Término de fricción de Darcy-Weisbach.

El valor de k_{en} varía entre 0.005 y 0.25, en función de la geometría de la entrada y, en particular, de la existencia o no de diques de encauzamineto. Para k_{ex} se suele adoptar el valor unidad. La variación en estos dos coeficientes no resulta muy significativa para el cálculo de K .

Para el caso de la ría de Foz, y tomando los valores de los parámetros calculado anteriormente, se ha determinado un valor de K de:

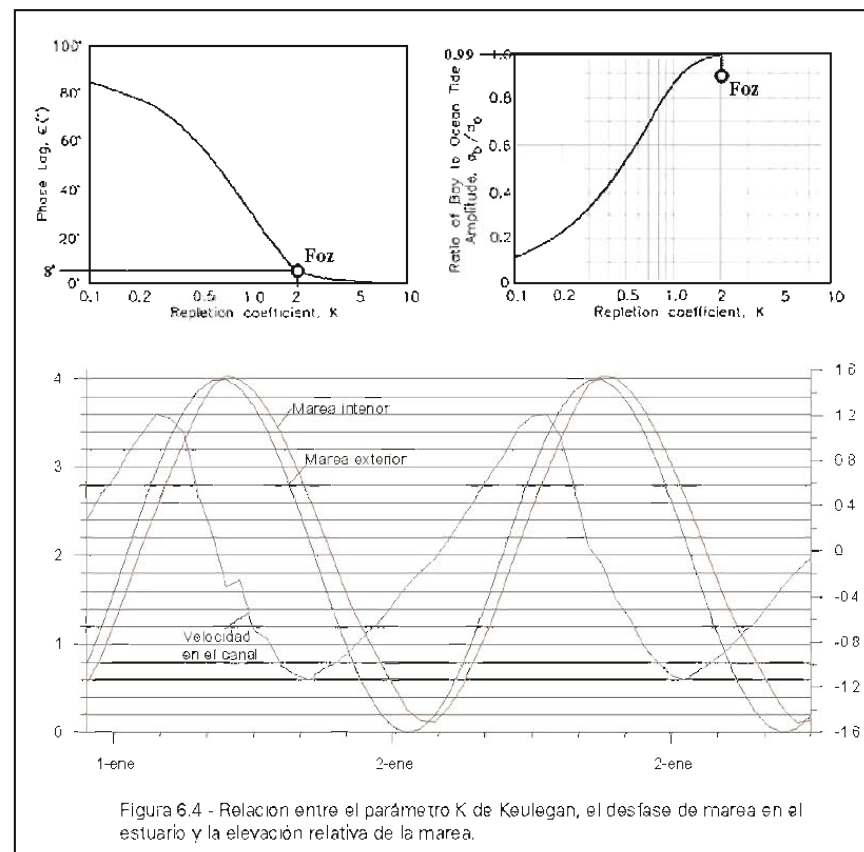
$$K_{Foz} = 2.02$$



El parámetro K está relacionado con el desfase existente entre la marea en el interior del estuario y la marea en el exterior, así como con la relación entre las amplitudes máximas de la marea exterior e interior. La figura 6.4, muestra las gráficas de Keulegan donde se relacionan estos parámetros, y la situación de la ría de Foz en las mismas. Para el valor K_{Foz} , la relación entre la amplitud de la marea exterior y la interior debería ser 0.99, mientras que el desfase de la onda de marea debería ser de unos 8° aproximadamente. Según se pone de manifiesto en la misma figura, la simulación hidrodinámica bidimensional con una onda de marea sinusoidal indica que el desfase real de la marea en el interior es de 9.9° , mientras que la relación entre la amplitud de la marea dentro y fuera del estuario es:

$$a_o/a_{Foz} = 0.98$$

Por tanto, el parámetro K describe, de forma muy precisa, los procesos hidrodinámicos que tienen lugar en la ría de Foz. La interpretación física de este resultado se realiza en el apartado siguiente.



King (1974), resolvió las mismas ecuaciones anteriores pero incluyendo los términos de inercia en la solución. La inercia de la masa de agua es un efecto muy relevante, dado que permite que el flujo siga penetrando en el estuario cuando la marea exterior ya ha comenzado a bajar. Esto puede ocurrir por dos motivos principales:

La existencia de un canal de entrada prolongado, de forma que la masa de agua en su interior tenga inercia suficiente para oponerse a un gradiente de nivel medio inverso.

La existencia de un acoplamiento entre la onda de marea y el propio estuario, de forma que se produzca una amplificación adicional de la onda dentro del mismo.

La solución de King incluye el cálculo de dos parámetros principales:

$$K_1 = \frac{a_o A_b F}{2 L A_{avg}}$$

$$K_2 = \frac{2\pi}{T} \sqrt{\frac{L A_b}{g A_{avg}}}$$

donde F se define como:

$$F = k_{en} + k_{ex} + \frac{fL}{4R}$$

Denominando *impedancia* del canal (Jarret, 1975). Para el cálculo de este valor, es conveniente utilizar un valor fijo de la rugosidad de Manning n , en lugar de un valor fijo de f . Así, podemos estimar f en función del radio hidráulico R mediante la relación:

$$f = 0.059/R^{1/3}$$

Con estos parámetros, la ría de Foz queda caracterizada por los siguientes valores:

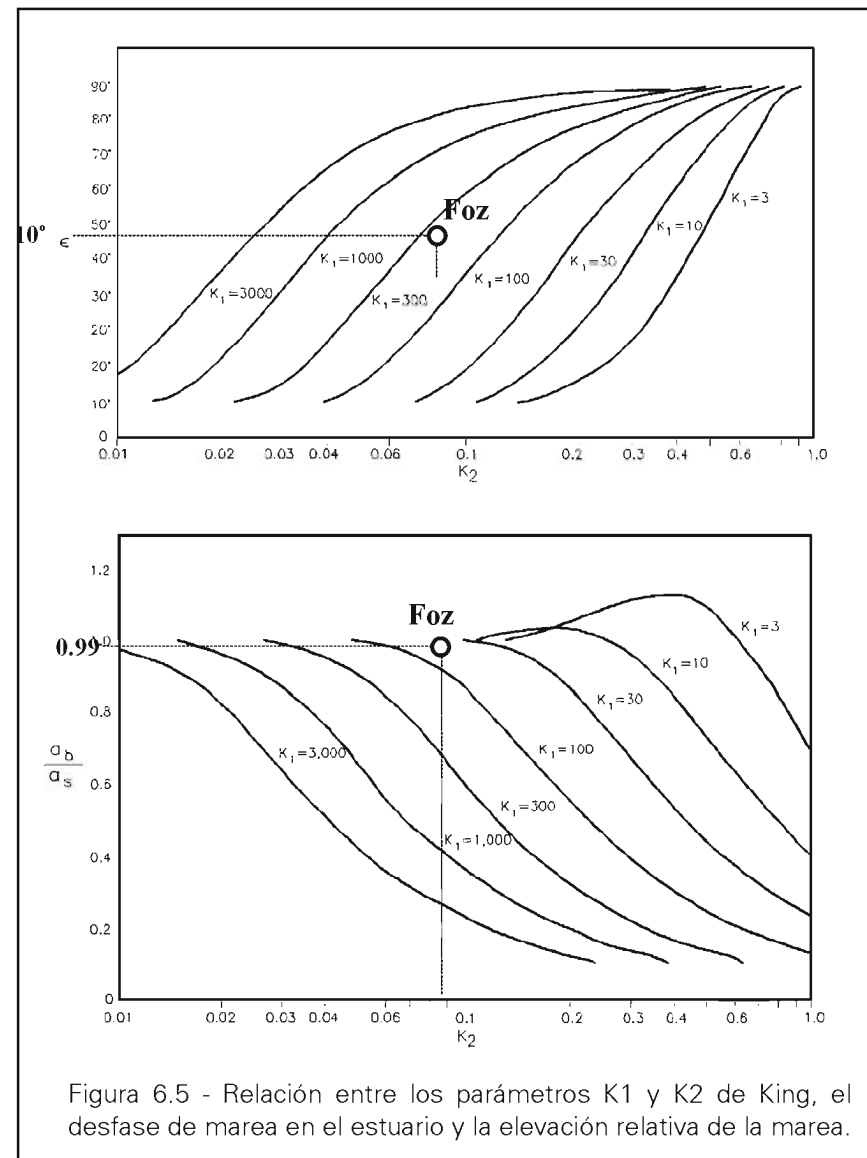
$$K_1 = 30.9$$

$$K_2 = 0.089$$

En la figura 6.5, se muestran las gráficas que relacionan las constantes de King con el desfase de la marea en el interior y con la amplitud relativa.



Puede observarse que la ría de Foz se encuentra muy próxima al límite de las gráficas, con desfases muy reducidos y amplitudes relativas de onda en el interior de casi la unidad, confirmando el diagnóstico realizado mediante el parámetro K de Keulegan.



Comportamiento hidráulico de la ría de Foz

El significado físico del parámetro K de Keulegan está relacionado con la eficiencia con la que el sistema es capaz de utilizar el volumen de agua almacenado en el estuario. Así, una sección de entrada grande y un periodo de marea largo permitirá la entrada de un mayor volumen de agua y, por tanto, una mayor elevación de los niveles en el interior; por el contrario, una gran superficie de estuario hará que el nivel suba menos en el interior, por lo que el intercambio de agua con el exterior será menor y disminuirán los gradientes de elevación y, consecuentemente, las velocidades en el canal de entrada.

Puesto que K indica el intercambio de agua entre el mar y el estuario a lo largo de un periodo de marea, el aumento de K tendrá como consecuencia el aumento de las velocidades máximas en el canal.

K puede también interpretarse como un coeficiente de llenado, de forma que un valor bajo indica un llenado relativo de la laguna reducido, mientras que un valor alto indica que la laguna se llena casi por completo; el desfase de la marea en el interior presenta la tendencia inversa, de forma que la onda en el interior se retrasa mucho cuando la laguna se llena poco, y se desfaza muy poco de la exterior cuando la laguna se llena por completo.

Este análisis se puede relacionar también con la distribución temporal de velocidades en el canal de entrada. La velocidad máxima a la entrada se produce cuando la diferencia de niveles entre el exterior y el interior es máxima: según se reduce el valor de K , las velocidades máximas de llenante y vaciante pasan de tener lugar en el entorno de la media marea, a desplazarse hacia los extremos de la onda. En la ría de Foz, atendiendo al valor elevado de K , las máximas velocidades de corriente se producen en el entorno de la media marea, tal y como se deduce de la gráfica de la figura 6.4.

Las condiciones hidrodinámicas tienen implicaciones decisivas en el transporte sedimentario y en la morfología del canal de entrada y los bajos adyacentes, tanto en el interior como en el exterior de la laguna. Cuando el valor de K es muy reducido, el elevado desfase de la onda de marea interior hace que las máximas corrientes salientes se produzcan con el nivel medio muy bajo, de forma que la corriente de salida tiende a estar muy canalizada; por el contrario, las máximas velocidades llenantes se producen cuando el nivel medio es muy alto, de forma que el flujo se distribuye de forma muy homogénea a la entrada de la laguna.



Por el contrario, si el valor de K es elevado, como en la ría de Foz, las máximas velocidades de corriente tienen lugar a media marea, de forma que el flujo de salida no está muy canalizado, y el caudal se distribuye por una gran superficie a lo largo de mucho tiempo. Lo mismo ocurre con el flujo de llenante que, al producirse cerca de la media marea, permite la coexistencia en el interior de un bajo relativamente grande con un canal principal activo.

Capacidad de arrastre en el canal

La descripción anterior tiene efectos también sobre el transporte de sedimentos en el canal de entrada. Así, Mota Oliveira (1970), determinó que en los estuarios con valores $K < 0.6$ se produce una tendencia neta del transporte sedimentario hacia el exterior, mientras que con $K > 0.8$ se produce una preponderancia del transporte sedimentario hacia el interior, como es el caso de la ría de Foz.

Este resultado se ve reforzado con el análisis de la asimetría en las velocidades de corriente en el canal de entrada, que se realiza en el siguiente apartado.

6.4. Asimetría de las corrientes en el canal

Definición de asimetría

El transporte de sedimentos en el canal de entrada está relacionado de forma no lineal con la velocidad, de forma que una asimetría en el flujo tiene como efecto la predominancia del transporte sedimentario hacia el interior o hacia el exterior del estuario.

Un estuario con asimetría de marea llenante (marea llenante dominante), es aquel en el que la duración de la vaciante es mayor que la de la llenante, de forma que las velocidades vaciantes son menores. Cuando la duración de la fase llenante es superior a la vaciante y, en consecuencia, las velocidades de pico en esta fase llenante son menores que durante la fase vaciante, el estuario tiene una asimetría de marea vaciante (marea vaciante dominante).

La asimetría de las corrientes y su correspondiente asimetría en la tasa de transporte determinan la evolución a largo plazo del estuario. Así, los estuarios con marea llenante dominante tienden a formar grandes bajos, extrayendo sedimento de la costa exterior; cuando la marea dominante es la vaciante, el sedimento es transportado por el flujo saliente a mayor distancia de la costa, propiciando la formación de canales de entrada de mayor calado.



Asimetría generada por la propagación de la marea

Numerosos autores (Pingree and Griffith, 1979), han relacionado la asimetría en las velocidades a lo largo del canal con las asimetrías en la propia onda de marea causadas por la interacción de sus componentes armónicas. Así, una fuente usual de asimetrías en los estuarios es la generación de componentes armónicas de la onda de marea, causadas por la distorsión no lineal de la misma al propagarse hacia el interior de un estuario.

La componente semidiurna principal de la marea en la costa de Foz es la llamada M_2 , acompañada por su armónico M_4 . Cuando en el interior del estuario se genera un desfase de la componente M_4 respecto a la M_2 , se produce una asimetría en las corrientes llenantes o vaciantes, lo que da lugar a una dominancia del flujo llenante o del vaciante, en función del ángulo de desfase existente. Cuanto mayor es la amplitud relativa de la onda M_4 con respecto a la M_2 , la dominancia de uno de los dos flujos llenante o vaciante será mayor.

Asimetría generada por fricción en el canal

Por medio de las ecuaciones de la energía que describen el funcionamiento de un canal de entrada, se puede comprobar que la pérdida de carga asociada a una fricción elevada puede comportar un descenso del prisma de marea y, en consecuencia, disminuir la capacidad de limpieza del canal de entrada, llevando al estuario a un modo de marea llenante dominante (Mota Oliveira, 1970; Seeling y Sorenson, 1978; Speer y Autrey, 1985). De igual forma se deduce que los canales con escaso calado producen flujos llenantes dominantes, a la inversa que los canales de gran calado.

De acuerdo con el análisis realizado mediante modelos, los canales de entrada con grandes calados presentan una tendencia a la dominancia de la vaciante, mientras que los canales de escaso calado y fondo rugoso presentan una mayor fricción y una tendencia a la dominancia de llenante.

Una geometría del canal que cambia con la elevación de la marea puede ser también la causa de asimetrías en el sistema. La ecuación de continuidad en el canal puede expresarse como:

$$VA_{avg} = A_b \frac{dh_b}{dt}$$



Siendo V la velocidad media en el canal, h_b la marea en el interior del estuario, A_c la sección media del canal y A_b la superficie del estuario. Suponiendo que V se mantiene constante tenemos:

$$A_c/A_b \sim dh_b/dt$$

En la relación anterior, si A_b se mantiene constante y A_c aumenta al subir la marea, entonces la tasa de subida de la marea aumenta con el tiempo, mientras que la tasa de descenso decrece con el tiempo. Esto significa que la fase de subida de la marea se acorta y la de bajada se prolonga, produciéndose picos de velocidad en la subida mayores que en la bajada, por lo que el sistema se caracterizará por una marea llenante dominante.

Por el mismo motivo, si la superficie del estuario aumenta mucho cuando sube el nivel medio, como es el caso de estuarios con grandes bajos intermareales, la fase de subida de marea se alarga y la de bajada se acorta con el tiempo, provocando picos de velocidad en la fase de bajada que dan lugar a una dominancia de los flujos de vaciante. Este mecanismo permite que se llegue a un equilibrio sedimentario a largo plazo en el estuario, de forma que la acumulación excesiva de arena en su interior, ya sea por aportaciones continentales o por entrada de sedimento desde el exterior durante los temporales, provoca una situación de dominancia de marea vaciante que restablece el equilibrio original. En la ría de Foz, tenemos constancia de la ocurrencia de este mecanismo natural de ajuste sedimentario, ya que los episodios de entrada masiva de sedimentos hacia el interior (como por ejemplo se aprecia en las fotografías de 1965 y 1980, en las figuras 7.2 y 7.5 respectivamente), han sido llevados de nuevo a su equilibrio natural por el sistema en los años posteriores.

Speer y Aubrey (1985), dedujeron que un canal de acceso con bajos intermareales en el canal de salida desarrolla una asimetría caracterizada por una mayor duración de la fase de descenso de la marea que la de ascenso, con la consecuencia de la aparición de un flujo llenante dominante, como ocurre en el canal de entrada de Foz.

Otras causas de la asimetría de velocidades

La asimetría de velocidades puede producirse por otros motivos diferentes a la propia onda marea, como puede ser por la acción persistente de vientos que actúan sobre estuarios de poco calado, por la existencia de asimetrías en la vertical del canal de salida, con corrientes llenantes y vaciantes circulando a distinto nivel, o por la descarga de agua continental a través del canal de salida.



La acción de un temporal exterior intenso que produzca una gran sobreelevación del nivel medio, puede producir una asimetría de marea llenante, introduciendo grandes cantidades de sedimento hacia el interior del estuario, tal y como parece haber ocurrido en algunas ocasiones en el canal de Foz (ver apartado 7.2).

6.5. Conclusiones

El estuario de Foz tiene una superficie relativamente reducida, de forma que se produce un llenado y vaciado casi completo del mismo durante cada periodo de marea.

Tanto la modelización matemática del sistema estuario-playa como su caracterización teórica -basada en parámetros como la sección del canal de salida, el prisma de marea o la longitud del canal de marea-, indican que el desfase de la onda de marea en el interior de la ría con respecto al exterior es muy reducido, y que la amplitud de la marea dentro de la laguna es casi igual a la de fuera. Como resultado de lo anterior, las velocidades máximas de la corriente en el canal de entrada en llenante y vaciante se producen muy cerca del nivel de media marea, por lo que el flujo de entrada y salida está poco canalizado y, en consecuencia, a ambos lados del canal de marea se localizan bajos arenosos relativamente extensos.

El estuario de Foz presenta una dominancia de la marea llenante, consecuencia de una menor duración de esta fase de marea, lo que produce picos de velocidad superiores en llenante que en vaciante. La consecuencia morfológica de este hecho es la existencia de un canal de entrada con escaso calado y presencia de bajos en su entorno.

La acción de temporales exteriores intensos refuerza ocasionalmente la dominancia estructural de marea llenante de la ría de Foz, introduciendo grandes cantidades de sedimento hacia el interior del estuario.



Capítulo 7

Estabilidad de las playas

Evolución, dinámica sedimentaria y forma en planta de la playa

7.1. Introducción

La elaboración de alternativas para la estabilización de la playa de Altar requiere la comprensión de los procesos litorales que tienen lugar en ella, cuestión a la que se dedica el presente capítulo.

Con este objetivo, se comienza analizando la evolución histórica de las playas de Altar y La Rapadoira, ligada a los procesos hidrodinámicos que tienen lugar en el sistema estuario-playa y al avance de las obras de encauzamiento del canal de entrada. En este apartado se analiza también el proceso seguido por el relleno efectuado en el año 2003 para la regeneración de la playa de Altar.

Posteriormente, se emplean los resultados del modelo matemático desarrollado en el Capítulo 5 para examinar los detalles de la dinámica sedimentaria en el exterior de la ría, y los cambios que en ella han provocado las sucesivas obras de mejora de los calados en la entrada al puerto.

Finalmente, se estudia la forma en planta que ha adoptado la playa de Altar, empleando para ello formas en planta teóricas, completando el análisis con una revisión del perfil de equilibrio.

7.2. Evolución histórica de las playas

Las playas de Altar y La Rapadoira han formado históricamente una única unidad sedimentaria, habiendo sido ambas playas relativamente independizadas por la construcción y posterior prolongación del encauzamiento de la margen izquierda de la ría.



La figura 7.1, muestra una serie fotográfica de la ensenada de Foz, que incluye la época anterior a la construcción del primer encauzamiento (1965), la ensenada con el primer encauzamiento construido (1975), la playa (1985), tras la prolongación de la obra efectuada en 1980 y la playa (1995), en un estado anterior al relleno de Altar del año 2003.

Evolución del canal de salida

Antes del inicio de la construcción del encauzamiento derecho del canal (figura 7.2), el canal de salida se doblaba bruscamente hacia el Este, una vez abandonada la salida principal del extremo izquierdo de la ría. Así, el canal natural de Foz desembocaba por la zona más resguardada del oleaje exterior (lado izquierdo), y era impulsado hacia el lado contrario por las corrientes de oleaje que se forman frente a la Punta do Cabo y a la playa de La Rapadoira. La fotografía inferior de la figura 7.8, correspondiente al año 1974, muestra la gran variabilidad que tenía el canal de salida antiguo, que podía encauzarse por la mitad del arenal de Altar o a lo largo de la Pedra Rubia.

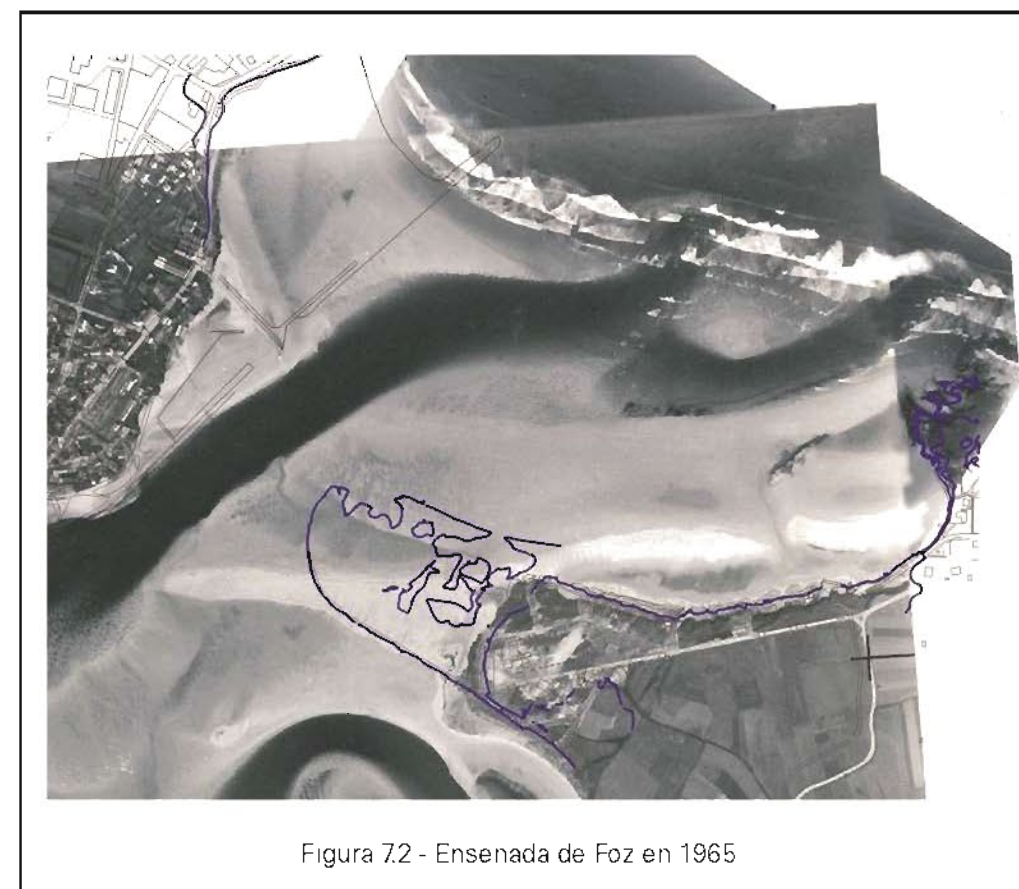


Figura 7.2 - Ensenada de Foz en 1965



La construcción de la primera alineación del encauzamiento de Foz, a principios de los años 70, no fue aparentemente suficiente para rectificar el canal de salida, tal y como se aprecia en la figura 7.3. En esta fotografía de 1975, se observa cómo el canal de salida sigue prácticamente la misma traza que tenía en 1965, estando la nueva obra parcialmente aterrada por los bajos de la margen izquierda. Sí se aprecia un considerable aumento de la playa de La Rapadoira, propiciado por el nuevo apoyo que le proporciona el encauzamiento artificial.

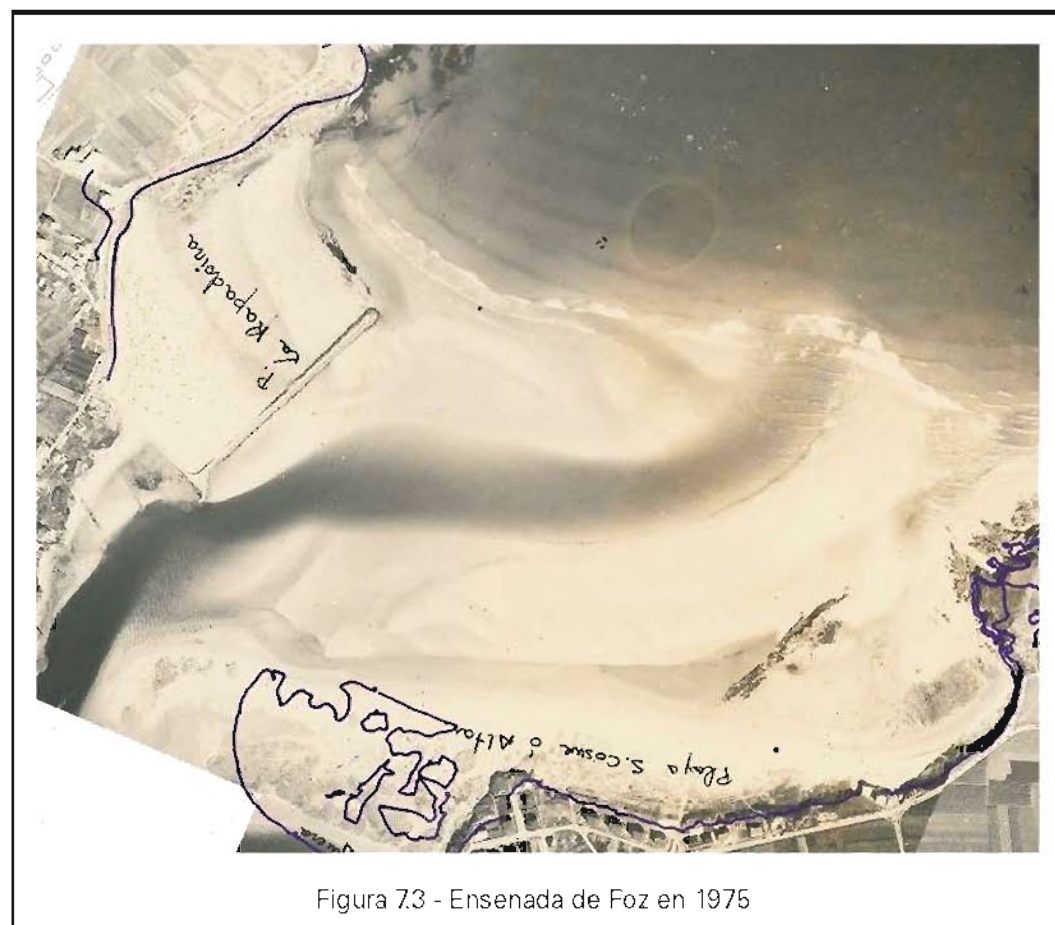


Figura 7.3 - Ensenada de Foz en 1975

La rectificación definitiva del canal de salida se produce en 1980 tras la prolongación del encauzamiento de la margen izquierda, tal y como se comprueba en la fotografía de 1985, que se presenta en la figura 7.5.



En esta fotografía se aprecia un notable crecimiento de la playa de La Rapadoira con respecto a 1975, y una marcada inflexión de la barra de Altar hacia el interior del estuario; esta barra presenta en esta época una anchura notablemente inferior a la de la fotografía de 1975. Esta inflexión de la barra hacia el estuario es consecuencia probable de algún temporal de oleaje especialmente intenso, el cual pudo producir una sobreelevación del nivel medio del mar en el exterior lo suficientemente intensa como para generar una asimetría de la velocidad de llenante en el canal; esta asimetría provocó un transporte de sedimentos extraordinario hacia el interior de la ría, dando lugar a la formación de un depósito de arena de gran tamaño, el cual llegó incluso a desviar el curso del canal de vaciante que recorre el frente de la playa de Anguleira.

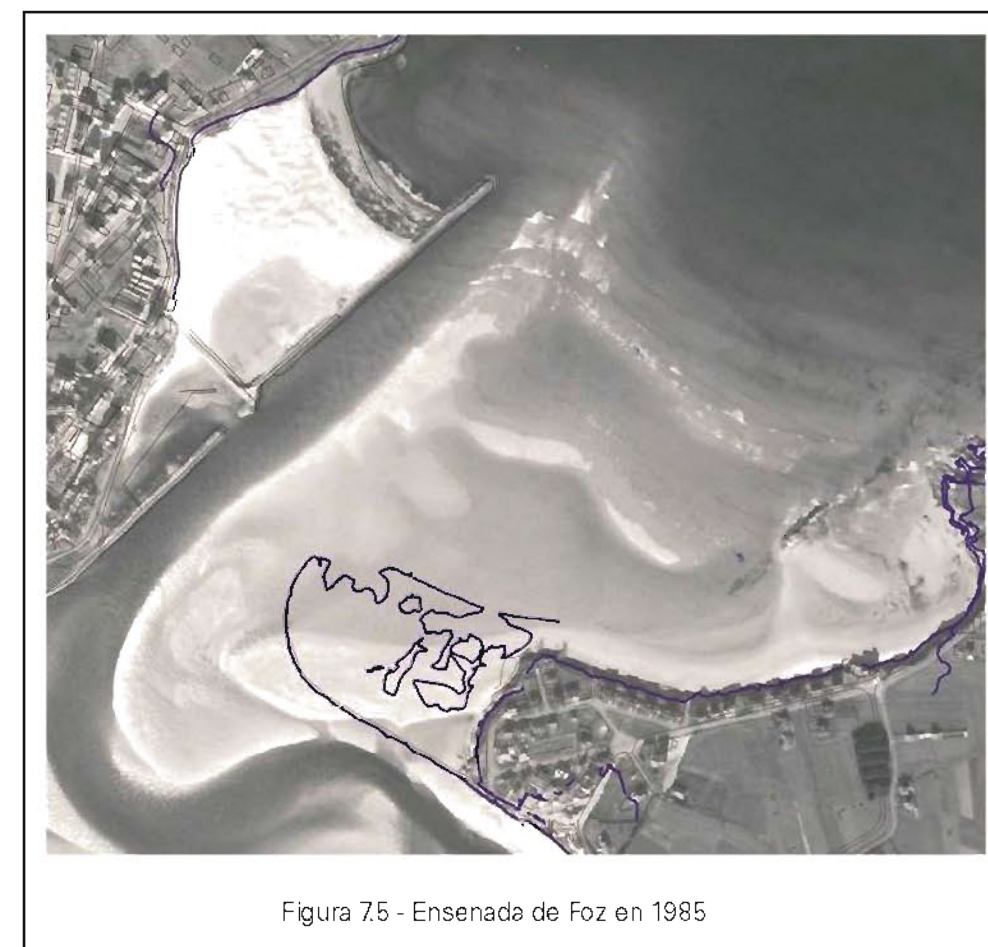


Figura 7.5 - Ensenada de Foz en 1985



El desplazamiento de grandes volúmenes de arena hacia el interior de la ría provoca en el sistema una respuesta natural en sentido inverso, que tiende a equilibrar de nuevo la situación mediante un incremento de las velocidades de vaciante. Esta respuesta natural del sistema se explica mediante la relación (ver apartado 6.4) siguiente:

$$A_c/A_b \sim dh_b/dt$$

en la que h_b es el nivel de marea en el interior del estuario, A_c la sección media del canal y A_b la superficie del estuario. Cuando se forman bajos intermareales de dimensiones relativas elevadas, A_b aumenta progresivamente al subir la marea, de forma que la fase de subida de marea se alarga y la de bajada se acorta con el tiempo, provocando picos de velocidad en la fase de bajada que dan lugar a una dominancia de los flujos de vaciante; esta dominancia fuerza la salida de los sedimentos acumulados hacia el exterior, restableciéndose el equilibrio inicial.

En la fotografía correspondiente al año 1990 (figura 7.6), la barra de Altar tiene ya una configuración muy similar a la actual, después de que la obra del incipiente encauzamiento derecho sirviera para estabilizar el arenal y evitar su desplazamiento ocasional hacia el interior del estuario.

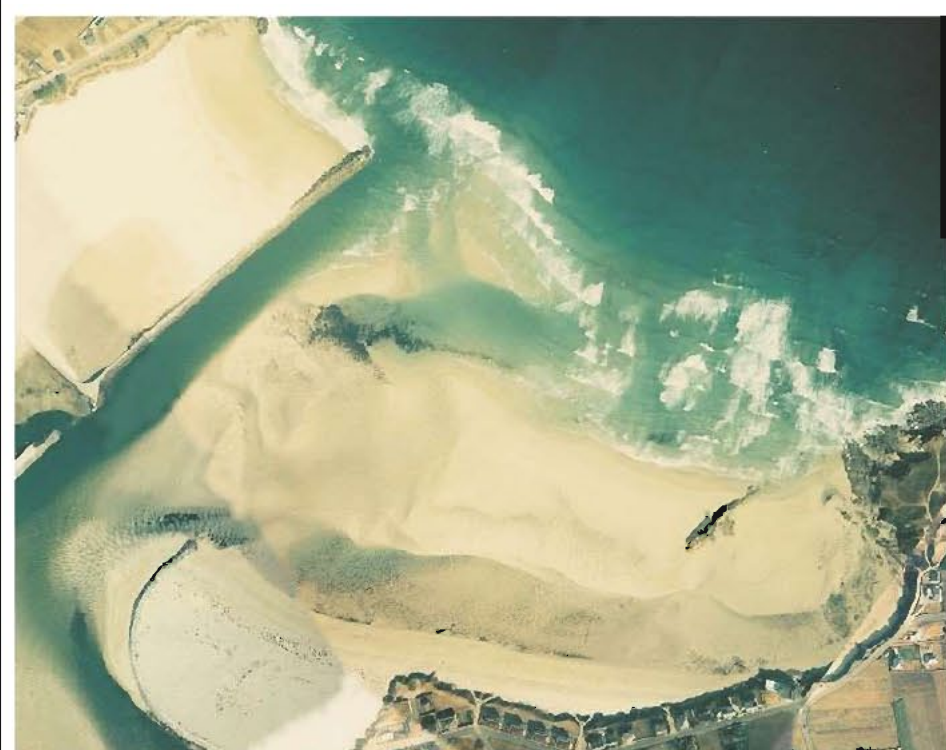


Figura 7.6 - Ensenada de Foz en 1990



Evolución de la playa de La Rapadoira

La evolución de la playa de La Rapadoira está marcada por las sucesivas ampliaciones del encauzamiento izquierdo del canal. Como se muestra en la figura 7.7, antes de la primera prolongación la playa seca era un pequeño triángulo arenoso apoyado en el dique de cierre de la ensenada.

El primer tramo de 310 m de encauzamiento, construido a principios de los años 70, supuso el avance de unos 160 m de la playa hacia el exterior. Posteriormente, tras la nueva ampliación de 150 m concluida en 1980, la playa de La Rapadoira volvió a avanzar otros 190 m hacia el exterior, de forma que hoy en día el arenal tiene unos 350 m de anchura de playa seca.

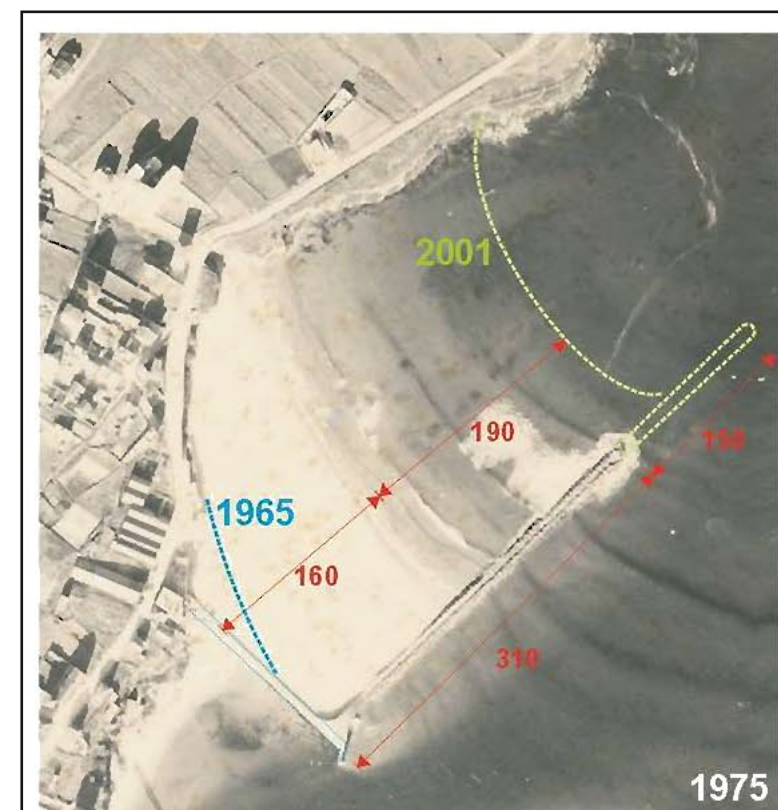


Figura 7.7 - Crecimiento de la playa de La Rapadoira



Evolución de la playa de Altar

Las fotografías históricas de la figura 7.8, y la secuencia fotográfica de la figura 7.9, ilustran la evolución sufrida por la playa de Altar a lo largo de las últimas décadas.

La playa de Altar contaba antiguamente con un arenal ancho y continuo en su extremo oriental, tal y como reflejan las fotografías oblicuas de los años 60 y de 1974 (figura 7.8), a pesar de que los temporales podían hacer desaparecer la playa seca ocasionalmente (ver la fotografía correspondiente a 1967 en la figura 7.9). La gran anchura de playa permitía incluso el crecimiento de una cubierta vegetal al pie de los acantilados, la cual aparece reflejada por última vez en la fotografía de 1974; su desaparición pudo estar causada por la construcción del tramo inicial del encauzamiento del canal, que provocó un primer basculamiento de la playa hacia el Oeste de la ensenada.

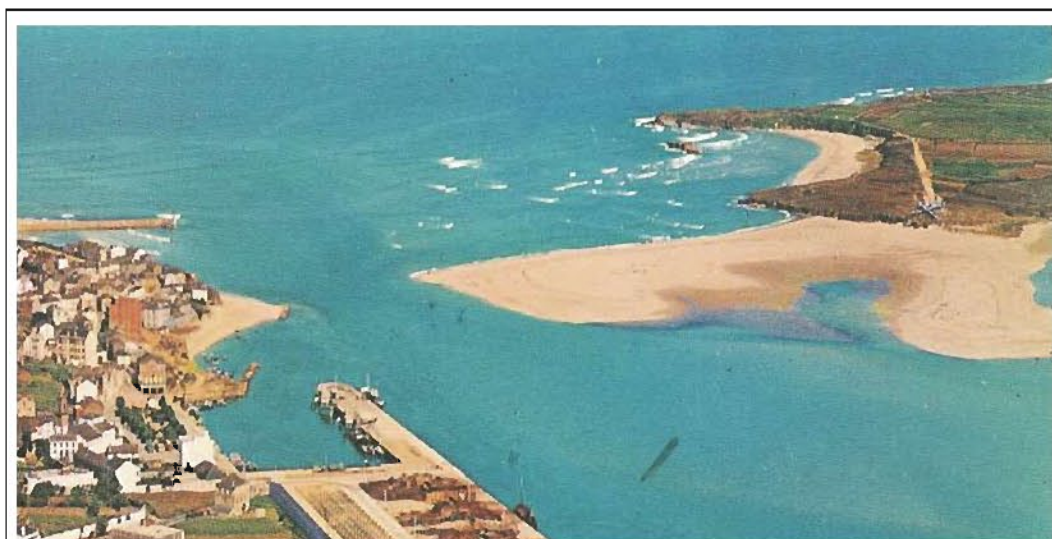


Figura 7.8 - La playa de Altar en los años 60

Una característica de esta unidad es la gran movilidad de sus sedimentos, en función de las condiciones mareales y de oleaje que se producen en su entorno. Los temporales parecen afectar de forma muy relevante a la anchura de playa seca, particularmente en las fotografías de 1967 y 1985, cuando la barra de Altar se encontraba desplazada hacia el interior del estuario y muy mermada en su anchura por los oleajes exteriores.



Esta playa manifiesta en la actualidad una disminución muy apreciable en su volumen neto de arena disponible, habiendo sido muy afectada por los cambios hidrodinámicos derivados de la ampliación del encauzamiento del canal.

En el año 1975, tras la primera obra del encauzamiento, desaparece la cubierta vegetal del extremo oriental de la playa, la cual se podía apreciar de forma ocasional hasta 1974. Sin embargo, en este periodo anterior a la segunda prolongación todavía se formaba una playa de gran anchura en ese sector oriental de Altar.

En las fotografías de 1985 y 1990, tomadas después de la prolongación del encauzamiento del año 1980, la playa aparece ya con una anchura muy menguada y, posteriormente, en el año 2001, todo el fondo arenoso intermareal, que se mantenía incluso cuando la playa seca desaparecía, ha sido erosionado y deja a la vista el fondo rocoso en torno a la Pedra Rubia.



Figura 7.9 - Evolución de la playa de Altar



Evolución del relleno de 2003

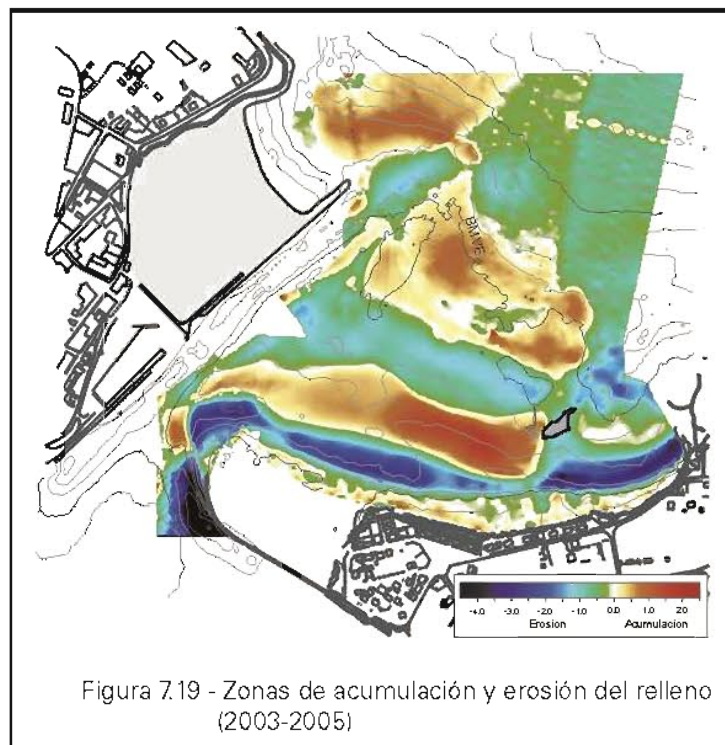
La evolución sufrida por el relleno efectuado en el año 2003, ha sido analizada mediante las tres batimetrías de seguimiento disponibles hasta la fecha, y que son las siguientes:

- Batimetría de marzo de 2003.
- Batimetría de junio de 2004.
- Batimetría de octubre de 2005, correspondiente al presente trabajo.

También se dispone de una batimetría del año 2002, anterior al relleno de la playa de Altar; sin embargo, el desajuste de niveles entre esta batimetría y las de seguimiento del relleno impide su comparación.

Las figuras 7.10, 7.11 y 7.12, muestran la representación gráfica de cada una de las tres batimetrías analizadas, que aparecen conjuntamente en la figura 7.13. Las figuras 7.14, 7.15 y 7.16, muestran la comparación entre las sucesivas batimetrías, mientras que en las figuras 7.17, 7.18 y 7.19, se representa un detalle de los cambios sufridos por la playa de Altar.

La conclusión principal que reflejan estas figuras es que desde la regeneración de la playa de Altar hasta octubre de 2005, se ha producido una pérdida neta de arena de unos 227.000 m³ en la parte alta de la playa, parte de los cuales (66.900 m³) han sido transportados hacia la zona intermareal de la playa, mientras que el resto ha sido desplazado hacia el interior del estuario o hacia mayores profundidades.



A diferencia del tramo central de la playa, donde parte del material ha permanecido depositado en partes inferiores del perfil de playa, en el extremo más oriental de la unidad, entre el islote y el cabo, el retroceso sufrido por el relleno es general, sin que las zonas inferiores del perfil hayan acumulado apenas material. La explicación de esta erosión tan rápida del relleno se deduce del análisis de la forma en planta que se realiza en el apartado siguiente de este capítulo.

7.3. Planta de playa de equilibrio

Metodología

Muchos autores han analizado la posibilidad de que la forma en planta de equilibrio de playas que se encuentran localizadas a resguardo de obstáculos naturales o artificiales, se ajusten a formas geométricas definidas (p.ej: medias elipses, espirales logarítmicas, parábolas). Yasso (1965), midió las formas en planta de cuatro bahías en las costas Este y Oeste de los E.E.U.U. y mostró que se aproximaban a una espiral logarítmica. La estabilidad de estas formas en planta tiene un gran interés dentro de la ingeniería de costas, ya que es una herramienta muy útil para el diseño de playas.

En 1960, Silvester empezó a realizar ensayos en modelos físicos para estudiar la forma en planta de playas al resguardo de obstáculos, llegando a la conclusión que el ángulo de la familia de espirales logarítmicas es función de la oblicuidad del oleaje incidente. Silvester separa la línea de costa en tres zonas con diferentes curvaturas:





- Un primer tramo situado en la zona de sombra a resguardo del polo de difracción que se corresponde con un arco circular.
- Una segunda zona, después de la zona de sombra, cuya forma se ajusta a una espiral logarítmica.
- Un tercer tramo, tangente al anterior, que se prolonga en forma recta en el sentido del transporte longitudinal hacia el siguiente saliente.

Yasso (1965), afirmó que la curva de la forma en planta de una playa encajada, puede ser definida por una espiral logarítmica; afirmación que posteriormente comprobó Silvester (1970), cuya ecuación se define como:

$$R_2/R_1 = e^{\vartheta \cot \alpha}$$

donde ϑ es el ángulo entre los radios R_2 , R_1 y (α) es el ángulo constante entre cada radio y la tangente a la curva.

Garau (1973), realizó diversas observaciones en playas del Mediterráneo, llegando a la conclusión de que la mayoría de ellas se ajustaban a espirales logarítmicas, siendo el ángulo de estas espirales función del rozamiento interno de las arenas, y generalizó este ángulo en 30° . La teoría de Garau se ajusta muy bien en mares sin marea (Mediterráneo), aunque en mares con marea los ajustes no son buenos.

Rafael Consuegra (1996), comprobó que la mayoría de las playas mediterráneas se ajustan de forma parecida a formas parabólicas y espirales logarítmicas de ángulo característico 30° . Sin embargo, en mares con carrera de marea elevada, como sucede en la costa atlántica española, la espiral de 30° se ajusta manifiestamente mal a las formas en planta de las playas, siendo las espirales de $25-26^\circ$ las que proporcionan una mayor aproximación a la planta real de playa, tal y como se comprueba en los ejemplos que se presentan en el *Apéndice 6 - Ejemplos de ajuste de plantas de playa*.

Hsu et al. (1987), vieron que los ajustes realizados mediante espirales logarítmicas, cuando su origen coincidía con el punto de control, no se adaptaban bien a los tramos rectos de las playas analizadas. A partir de los ajustes realizados, utilizando los ensayos de Ho (1971) y algunas bahías naturales de Australia, Hsu y Evans (1989) derivaron el siguiente polinomio:

$$R/R_0 = C_0 + C_1(B/\Phi) + C_2(B/\Phi)^2$$



donde Φ es el ángulo entre el frente del oleaje y los radios vectores (R) que pasan por el punto de control, R_0 es la línea de control que une el punto de control y el punto de tangencia entre la playa y el frente del oleaje. El ángulo B es la oblicuidad del oleaje definido entre el frente del oleaje y la línea de control, y C_0 , C_1 y C_2 son unos coeficientes que varían uniformemente con B . El origen del modelo parabólico se localiza en el punto de control, lugar donde se produce la difracción del oleaje y se considera que el frente del oleaje en la dirección predominante es paralelo a la parte tangente de la playa.

Esta ecuación de segundo orden es válida para describir la mayor parte de la forma en planta de una playa encajada en equilibrio estable. Los parámetros principales de este modelo son la oblicuidad del oleaje y la localización de los puntos de control, no habiéndose incluido en el modelo parámetros como: altura de ola, periodo, pendiente del perfil de playa y tamaño del sedimento.

Para playas con un doble abrigo en difracción, en las cuales la anchura del espacio entre polos es comparable a la longitud de onda incidente, Berenguer y Enríquez (1985) establecieron que la planta de playa se ajusta de forma bastante precisa a una semicircunferencia con el centro en el punto medio de los polos de difracción.

Orientación de equilibrio de la playa de Altar

Siguiendo la metodología descrita en el apartado 4.3, se ha propagado el clima marítimo exterior hasta el frente de la playa de Altar, en un punto situado en la batimétrica -10 m. La figura 7.21, muestra la representación polar de los oleajes exteriores propagados hasta el frente de la playa, mientras que la figura 7.22, representa la rosa de oleaje calculada con dichos oleajes. En la figura anterior se ha incluido la dirección de la energía media incidente, calculada según la formulación siguiente:

$$P = \frac{1}{16} \rho g (H^2 C_g)_b \sin(2\theta_b)$$

siendo:

H = altura de ola,

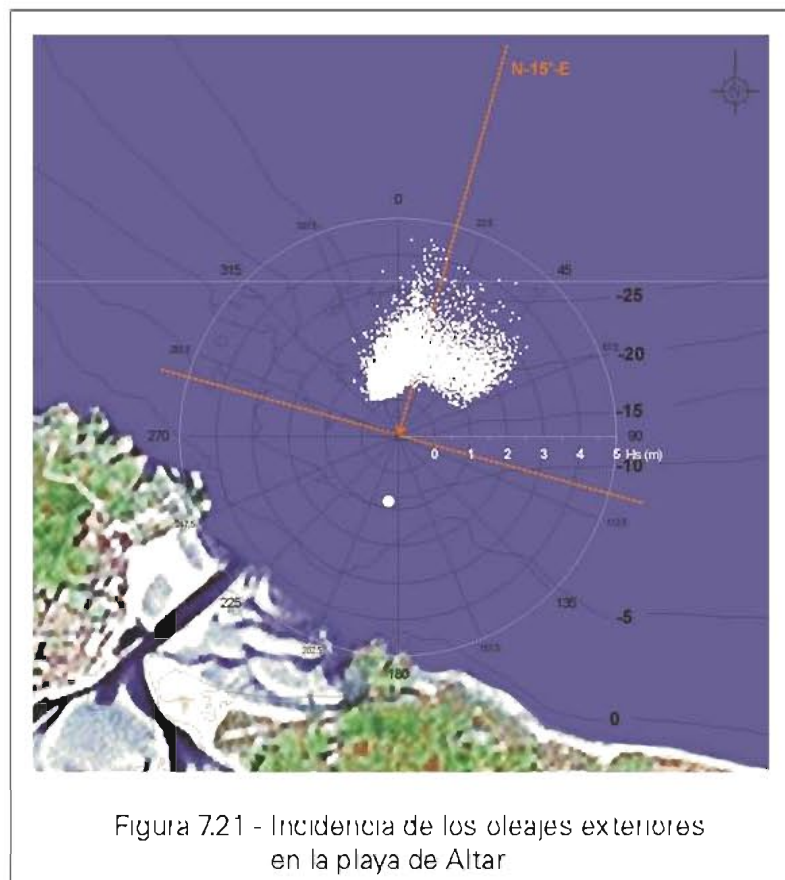
C_g = celeridad de grupo (teoría lineal),

b = subíndice que representa condiciones del oleaje en rotura,

θ_{bs} = ángulo entre el oleaje en rotura y la línea de costa local,



ρ = densidad del agua (1.025 t/m³).



Así, se ha calculado la energía producida por cada uno de los oleajes integrantes del clima marítimo antes de la rotura, y se ha compuesto cada uno de ellos hasta determinar la dirección de su componente media. La resultante energética media del oleaje a esta profundidad resulta ser la dirección N-15°-E, la cual será empleada en el ajuste de la playa a curvas teóricas.

Planta teórica de la playa de Altar

Según se ha descrito en apartados anteriores, la playa de Altar tiene una dinámica sedimentaria muy influenciada por la acción de las corrientes de marea.



Por ello, no se puede esperar que las batimétricas situadas en niveles medios del mar donde estas corrientes resultan ser más intensas, muestren una forma en planta ajustada a curvas teóricas que tienen en cuenta únicamente los efectos de la propagación del oleaje, y no los derivados de corrientes de marea más o menos intensas.

Esta conclusión se obtiene tras analizar el ajuste de otras playas de la costa cantábrica a curvas teóricas, tal y como se muestra en el Apéndice 6 - Ejemplos de ajuste de plantas de playa. En este apéndice se aprecia cómo las playas situadas en las salidas de ríos y estuarios muestran un ajuste muy bueno de sus líneas de playa seca a espirales logarítmicas y parábolas de Hsu, pero las líneas batimétricas a niveles inferiores de la pleamar se apartan sustancialmente de estas curvas teóricas.

Como conclusión de lo anterior, en la playa de Altar únicamente se ha buscado el ajuste de la línea de pleamar a las curvas teóricas descritas al inicio de este apartado.

La figura 7.23, muestra el ajuste a curvas teóricas de la playa de Altar en el año 1975, antes de la segunda prolongación del encauzamiento de la margen izquierda. La figura muestra cómo la playa se ajusta bastante bien a una espiral de 26° y a una parábola de Hsu caracterizada por una orientación media del oleaje N-15°-E. Como era de esperar, la playa se aleja de la posición teórica de equilibrio en las proximidades del canal de entrada, donde la influencia de las corrientes de marea es más intensa. En lo referente al polo de difracción, tanto la Punta do Cabo como el morro del encauzamiento pueden actuar como punto de control en distintas zonas del frente de playa.

La figura 7.24, muestra el ajuste de la playa de Altar en el año 2001 a curvas teóricas. Al igual que en el año 1975, la playa sigue situándose en una posición muy cercana a la que marcan la espiral o la parábola teórica; incluso en este caso, al desviarse los flujos de salida más hacia el nuevo cauce prolongado, la punta de la





barra de Altar está más próxima a la posición teórica marcada por ambas curvas que en el año 1975. La figura 7.25, muestra cómo, en la actualidad, tanto la Punta do Cabo como el morro del encauzamiento del canal pueden considerarse como los polos de difracción que controlan la posición de la playa de Altar.

Estas plantas de playa teóricas nos muestran la razón por la cual el relleno efectuado en el año 2003 no se ha mantenido estable, siendo progresivamente erosionado por los oleajes y las corrientes de marea. En la figura 7.26, se superponen las plantas de playa de equilibrio calculadas a la planta de playa del relleno, apreciándose la gran distancia a la que se encuentra ésta de las curvas teóricas.

Además, esta obra de regeneración se realizó mediante el dragado de 400.000 m³ de sedimento procedente de los bajos del interior del estuario; según la exposición del funcionamiento del sistema estuario-playa realizada en apartados anteriores (ver apartado 6.4), la disminución de los bajos internareales provoca el aumento de la asimetría de las mareas llenantes, lo que da lugar a un incremento del transporte de sedimentos desde el exterior de la ensenada hacia el estuario. De esta forma, parte del material vertido en el exterior está volviendo de forma natural a su posición de origen en el interior.

7.4. Conclusiones

La playa de Altar se caracteriza por tener una dinámica sedimentaria muy influenciada por los procesos hidrodinámicos que tienen lugar en el canal de entrada a la ría. La confluencia de intensos oleajes exteriores con corrientes de marea elevadas ha dado lugar históricamente a un sistema muy cambiante, en el cual la playa seca podía ocupar todo el frente del acantilado de Altar o podía desaparecer por completo durante largos periodos.

El canal de entrada al estuario presenta una dominancia estructural de la marea llenante, lo que da lugar a una tendencia general a la entrada de sedimentos hacia el interior de la ría. Cuando esta asimetría se ve acentuada por temporales exteriores extraordinarios, se puede producir un desplazamiento de la barra arenosa de Altar hacia el interior de la ría, desapareciendo casi por completo y formando un amplio bajo arenoso interior, que incluso llega a provocar el desvío del canal principal de desagüe interior.



Las sucesivas obras de encauzamiento del canal de entrada han alterado sustancialmente el equilibrio de la playa de Altar en las últimas tres décadas. Tras la construcción de los primeros 300 m a principios de los años 70, apenas se produjeron cambios de importancia en la playa de Altar, dado que el canal principal seguía saliendo hacia el Este de la ensenada, después de trazar una amplia curva sobre la zona intermareal de la playa. Esta primera obra provocó ya un notable avance de la playa de La Rapadoira hacia el exterior, generando una superficie de playa seca de 160 m.

La prolongación adicional del encauzamiento en 150 m, ejecutada en 1980, produjo un impacto muy notable en las dos playas de la ensenada. Además de propiciar una vía de salida más eficaz al flujo vaciante del estuario, el dique alteró significativamente las corrientes de oleaje que, procedentes del entorno de la Punta do Cabo, pasaban frente al arenal de La Rapadoira y recorrían la playa de Altar hacia el Este, impulsando el antiguo canal de salida en esa dirección. Como consecuencia, el canal de salida se desvió hacia el Oeste, siguiendo la traza de la nueva obra, y se produjo la acumulación de gran cantidad de sedimento en ese sector, dando lugar a la formación de los bajos de vaciante.

El impacto de estas transformaciones sobre la playa de Altar supuso su basculamiento hacia el encauzamiento, desapareciendo gradualmente la arena de su extremo oriental y descubriendo las rasas rocosas del fondo en el entorno de la Pedra Rubia.

El encauzamiento del canal ha mejorado sustancialmente sus condiciones hidráulicas, dando lugar a una disminución de la asimetría de las corrientes llenantes. En consecuencia, el avance de 190 m de la playa de La Rapadoira hacia el exterior tras la prolongación del encauzamiento se ha producido a costa de sedimento procedente de la playa de Altar y del interior del estuario.



Figura 7.27 - Impacto del encauzamiento en la ensenada



El crecimiento de los bajos frente a la punta de la barra de Altar ha reducido la incidencia del oleaje sobre la misma, mejorando su grado de estabilidad, permitiendo un incremento de su anchura y curvando su extremo hacia el exterior. Por su parte, el encauzamiento de la margen derecha ha tenido una influencia muy limitada en los procesos hidrodinámicos a la entrada del estuario, dado que se encuentra excesivamente alejado del encauzamiento izquierdo. Esta obra ha estabilizado definitivamente el lado interior de la barra de Altar.

La regeneración de la playa de Altar realizada en el año 2003, no se ajustaba a la planta de equilibrio de playa actual de la ensenada, de forma que se ha producido una erosión rápida del sedimento vertido, el cual se ha desplazado hacia los bajos de vaciante y hacia el interior del estuario.



Capítulo 8

Alternativas de estabilización

Propuestas y análisis de posibles actuaciones

8.1. Introducción

En el presente capítulo se plantean tres enfoques diferentes para abordar la estabilización de la playa de Altar, partiendo del análisis de los procesos que han condicionado su evolución reciente, y que han sido descritos en el apartado anterior.

Puesto que el origen de las transformaciones sufridas por la playa de Altar se encuentra en las sucesivas ampliaciones del encauzamiento de la margen izquierda del canal de entrada, se plantean tres posibles vías de actuación:

6. Construcción de un nuevo encauzamiento en la margen derecha, que sirva a la vez de protección del canal de acceso y de apoyo de un relleno de playa.
7. Independizar el tramo oriental de la playa de Altar erosionado mediante obras locales de apoyo.
8. Eliminar total o parcialmente el encauzamiento izquierdo, de forma que se restituya la situación original de estabilidad de la ensenada.

A continuación, se exponen en detalle las alternativas descritas, junto con las diversas variantes de diseño que pueden surgir para cada una de ellas. La planta de equilibrio de la playa de Altar en cada una de las alternativas ha sido calculada mediante las mismas curvas teóricas descritas en el apartado 7.3.



8.2. Descripción de alternativas

8.2.1. Alternativa 1 – Encauzamiento derecho de 550 m

Descripción

La obra propuesta (ver figura 8.1) consiste en:

- La construcción de un nuevo encauzamiento en la margen derecha del canal de salida, de la misma longitud que el actual. Para ello sería necesaria una obra con una primera alineación curva, que rodee la barra de Altar por su interior, y otro tramo rectilíneo, de 550 m de longitud.
- La aportación neta de 1.100.000 m³ de arena, como volumen necesario para conseguir una anchura de playa suficiente en el extremo oriental de la playa de Altar.

Ventajas e inconvenientes

El volumen de sedimento necesario en esta alternativa es muy elevado, y la mayor parte se invierte en el avance de la playa en una zona donde no es necesario un aumento de anchura.

Esta obra serviría para fijar de manera definitiva el canal de acceso, aunque probablemente no supondría un incremento muy sustancial de su calado mínimo, al formarse bajos frente a la nueva salida. Por otro lado, el nuevo encauzamiento, al concentrar y aumentar el flujo de salida de la ría, producirá un efecto adicional de basculamiento de la playa hacia el canal, que obligará a aumentar todavía más la tasa de aportación de arena prevista.



Figura 8.1 - Alternativa 1



8.2.2. Alternativa 2 – Encauzamiento derecho y espigón en Pedra Rubia

Descripción

Esta alternativa (ver figura 8.3) incluye las siguientes obras:

- Nuevo encauzamiento en la margen derecha del canal de salida, de 550 m de longitud, similar al de la Alternativa 1.
- Espigón de cierre en el tómbolo de Pedra Rubia, para independizar el extremo oriental de la playa del resto de la unidad.
- Aportación neta de 790.000 m³, necesaria para conseguir una planta de playa estable sin zonas erosionadas.

Ventajas e inconvenientes

El volumen de sedimento necesario en esta alternativa es inferior al de la Alternativa 1, ya que permite independizar el extremo oriental de la playa; sin embargo, también en este caso el mayor avance de la playa se produce en una zona donde no es necesario ese aumento de anchura.

Al igual que en el caso anterior, esta obra fijaría el canal de acceso al interior de la ría, pero no supondría un incremento relevante de su calado mínimo, al formarse nuevos bajos frente a la nueva salida.

La alternativa requiere la construcción de un espigón sobre la playa actual, con su consiguiente impacto visual.



Figura 8.3 - Alternativa 2



8.2.3. Alternativa 3 – Doble encauzamiento prolongado

Descripción

Esta alternativa (ver figura 8.5) incluye las siguientes obras:

- Prolongación del encauzamiento izquierdo en 300 m, hasta la cota -5 m actual aproximadamente.
- Nuevo encauzamiento en la margen derecha del canal de salida de 850 m de longitud, paralelo al actual.
- Aportación neta de 1.700.000 m³ de sedimento, para conseguir un frente arenoso completo a lo largo de la playa de Altar.

Ventajas e inconvenientes

El objetivo de esta alternativa sería alcanzar con el doble encauzamiento una profundidad suficiente como para que no se formasen bajos arenosos en el canal de salida, y propiciar el mantenimiento natural permanente de los calados.

El volumen de aportación necesario en esta alternativa es muy elevado y, al igual que en el caso de las dos alternativas anteriores, la mayor parte del material vertido en la playa se emplearía en adelantar la playa en la zona menos necesaria.



Figura 8.5 - Alternativa 3



8.2.4. Alternativa 4 – Espigón de cierre en Pedra Rubia

Descripción

Esta alternativa (ver figura 8.7) incluye las siguientes obras:

- Espigón de cierre en el tómbolo de Pedra Rubia, para independizar el extremo oriental de la playa del resto de la unidad.
- Aportación neta de unos 200.000 m³ de sedimento.

Ventajas e inconvenientes

El objetivo de esta alternativa es centrar las actuaciones sobre la zona más afectada por la erosión, evitando la intervención en las proximidades del canal de salida que puedan afectar a las condiciones de calado a la entrada del puerto.

El volumen de sedimento necesario en esta alternativa es muy reducido, dado que la longitud de playa efectiva regenerada es en este caso relativamente corta.

Esta alternativa garantiza la existencia y estabilidad de la playa seca en el extremo oriental de la playa, entre Pedra Rubia y la Punta de Prados. Sin embargo, la anchura de playa conseguida hacia el Oeste será reducida, y alcanzará una distancia máxima de 100-200 m, debiendo de ser protegido el resto del acantilado mediante una defensa longitudinal o actuación similar.



Figura 8.7 - Alternativa 4



8.2.5. Alternativa 5 – Recorte del encauzamiento y espigón en Pedra Rubia

Descripción

Esta alternativa (ver figura 8.8) consiste en las siguientes obras:

- Demolición parcial del encauzamiento izquierdo, en una longitud aproximada de 100 m.
- Espigón de cierre en el tómbolo de Pedra Rubia, para independizar el extremo oriental de la playa del resto de la unidad.
- Aportación neta de unos 200.000 m³ de sedimento.

Ventajas e inconvenientes

El objetivo de esta alternativa es reducir el basculamiento de la playa de Altar hacia el encauzamiento por medio de la reducción del flujo de salida. Esta actuación haría que se liberara parte del sedimento acumulado en la playa de La Rapadoira y, al mismo tiempo, que se redujera la potencia de los bajos de vaciante; con todo ello se propiciaría el retorno parcial de los sedimentos hacia el extremo oriental de la ensenada.

Puesto que la demolición del dique es sólo parcial, seguiría siendo necesaria la construcción de un cierre en Pedra Rubia para estabilizar de forma permanente el extremo de la playa. La anchura de playa conseguida al Oeste de Pedra Rubia sería mayor que en el caso de la Alternativa 4, al reducirse el grado de basculamiento de la playa.

El volumen de sedimento de aportación necesario es el mismo que en la Alternativa 4, dado que la ganancia de anchura al Oeste de Pedra Rubia se produciría a costa de material procedente del entorno de la desembocadura y la playa de La Rapadoira.

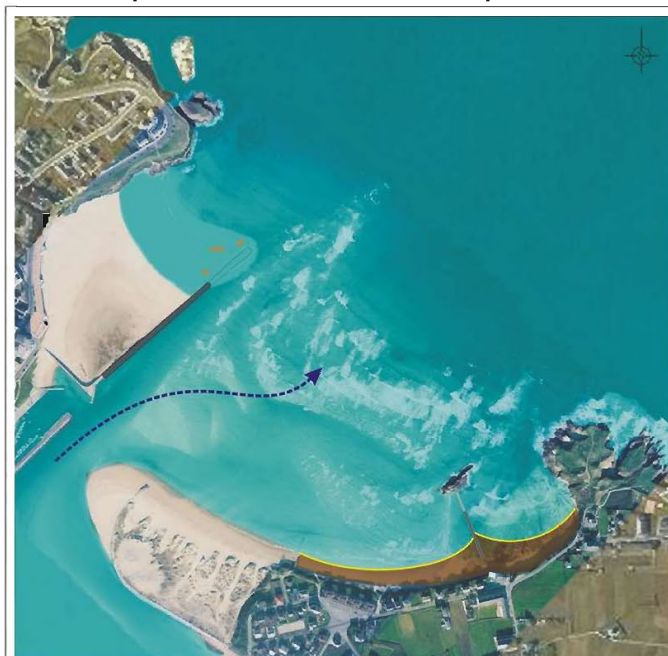


Figura 8.8 - Alternativa 5



8.3. Criterios de análisis y selección

Criterios a aplicar

Dada la amplitud y variedad de las posibles medidas a tomar para estabilizar la playa de Altar, es necesario exponer los diversos criterios a aplicar para el análisis y selección de la más adecuada.

Los criterios básicos que han de ser tenidos en cuenta para el análisis de las alternativas pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

9. **Eficacia y seguridad de la solución:** definidas por la anchura y longitud de playa seca conseguida en el sector más erosionado de la playa de Altar, y por el grado de estabilidad a largo plazo del relleno.
10. **Efectos sobre el canal de entrada:** aumento o disminución de calados en el acceso al puerto, e influencia sobre la estabilidad a largo plazo del canal.
11. **Impacto ambiental** producido sobre el entorno marino y el estuario.
12. Costes de construcción.

Dado que el objeto del proyecto es estabilizar la playa de Altar en aquellos tramos donde el basculamiento de la unidad ha dejado una mayor huella erosiva, las alternativas que permitan alcanzar esta estabilidad con un menor coste, un menor impacto ambiental y una menor afección a las condiciones actuales del canal de entrada será la más adecuada de todas; también podrán ser consideradas como válidas aquellas alternativas que, al mismo tiempo, permitan una mejora de las condiciones de navegabilidad del canal de entrada.

Alternativas con doble encauzamiento

Todas las alternativas que incluyen la construcción de un doble encauzamiento en el canal de entrada –Alternativas 1, 2 y 3– suponen la necesidad de aportar grandes volúmenes de arena a la playa de Altar (entre 790.000 y 1.900.000 m³). Estas alternativas tienen dos grandes inconvenientes:

13. La mayor parte del material de aportación se invierte en avanzar la playa de Altar en su extremo Oeste, donde menos necesario es dicho avance.



14. El doble encauzamiento no garantiza la formación de un canal de entrada con un calado superior al calado mínimo actual (-1.20 m aproximadamente), dado que éste es un parámetro que depende de otros factores, como la estructura del sistema estuario-playa.

Tal y como se ha señalado en el Capítulo 6, en el canal de entrada de Foz las mayores intensidades de corriente llenante y vaciante se producen durante el nivel de media marea, y no en los extremos de la onda de marea. Eso significa que el flujo de entrada y salida está poco encauzado, tal y como se comprueba por la estructura actual de canales y bajos descrita anteriormente; este hecho supone la existencia de canales naturales con escaso calado.

Por otro lado, el prisma de marea del estuario de Foz es relativamente reducido, lo que supone que los flujos más intensos no se mantienen durante periodos prolongados, con lo que la formación de los bajos arenosos se produce en las proximidades de la entrada y salida del canal. De esta forma, a pesar de que el doble encauzamiento lograra un canal rectilíneo con un calado estable superior a -2.00 m, al final de dicho encauzamiento seguirán formándose bajos que supondrán que el calado mínimo de entrada será muy similar al actual.

Si los calados futuros a la entrada del canal son similares a los actuales, los procesos de rotura que afectan a la entrada de embarcaciones seguirán produciéndose con la misma intensidad, por lo que un doble encauzamiento tampoco logrará una mejora efectiva de las condiciones de navegación.

Por lo demás, una entrada de anchura reducida, donde el oleaje incide de popa a las embarcaciones que tratan de ganar aguas tranquilas, supone un riesgo añadido para la navegación, dado que dentro del canal artificial el oleaje recorrerá un gran trayecto sin sufrir una amortiguación efectiva de su energía. En la actualidad, gran parte de la energía que llega hasta las proximidades del encauzamiento se concentra en los bajos de vaciante, con lo que el oleaje sobre el canal de navegación es relativamente reducido; con un doble encauzamiento esta energía tardará mucho en ser amortiguada por la rotura sobre los bordes interiores de escollera, lo que supondrá un grave riesgo para la navegación.



Por todo ello, se estima que con un doble encauzamiento no es posible conseguir un canal de entrada con condiciones de navegación sustancialmente más seguras que las actuales, ya que persistirán los problemas de calado y rotura del oleaje, y se agravarán los problemas de gobernabilidad de las embarcaciones y de la energía de oleaje incidente sobre las mismas.

Recorte del encauzamiento izquierdo

La Alternativa 5 supondrá la disminución del grado de canalización del canal de entrada, con el riesgo de que éste se desvíe hacia el Este como en épocas más antiguas.

Este efecto se debería tanto a la morfología natural de la ría, en la que el sistema produce flujos de entrada y salida poco canalizados, como al restablecimiento parcial de la corriente de oleaje que pasa por delante de la playa de La Rapadoira, y que impulsa constantemente las corrientes de salida hacia el Este; esta corriente se ve en la actualidad muy interrumpida por la prolongación del encauzamiento izquierdo llevada a cabo en el año 1980.

Por tanto, y a pesar de los beneficios que esta alternativa supone para la playa de Altar, el recorte del encauzamiento sólo debe abordarse si el mantenimiento o la mejora de las condiciones de navegación deja de ser un factor relevante para el futuro portuario de Foz.



SECRETARÍA GENERAL
PARA EL TERRITORIO
Y LA BIODIVERSIDAD
DIRECCIÓN GENERAL
DE COSTAS





*Proyecto de estabilización de la playa de Altar
T.M. de Barreiros (Lugo)*







Anejo 2: Estudio de Dinámica Litoral

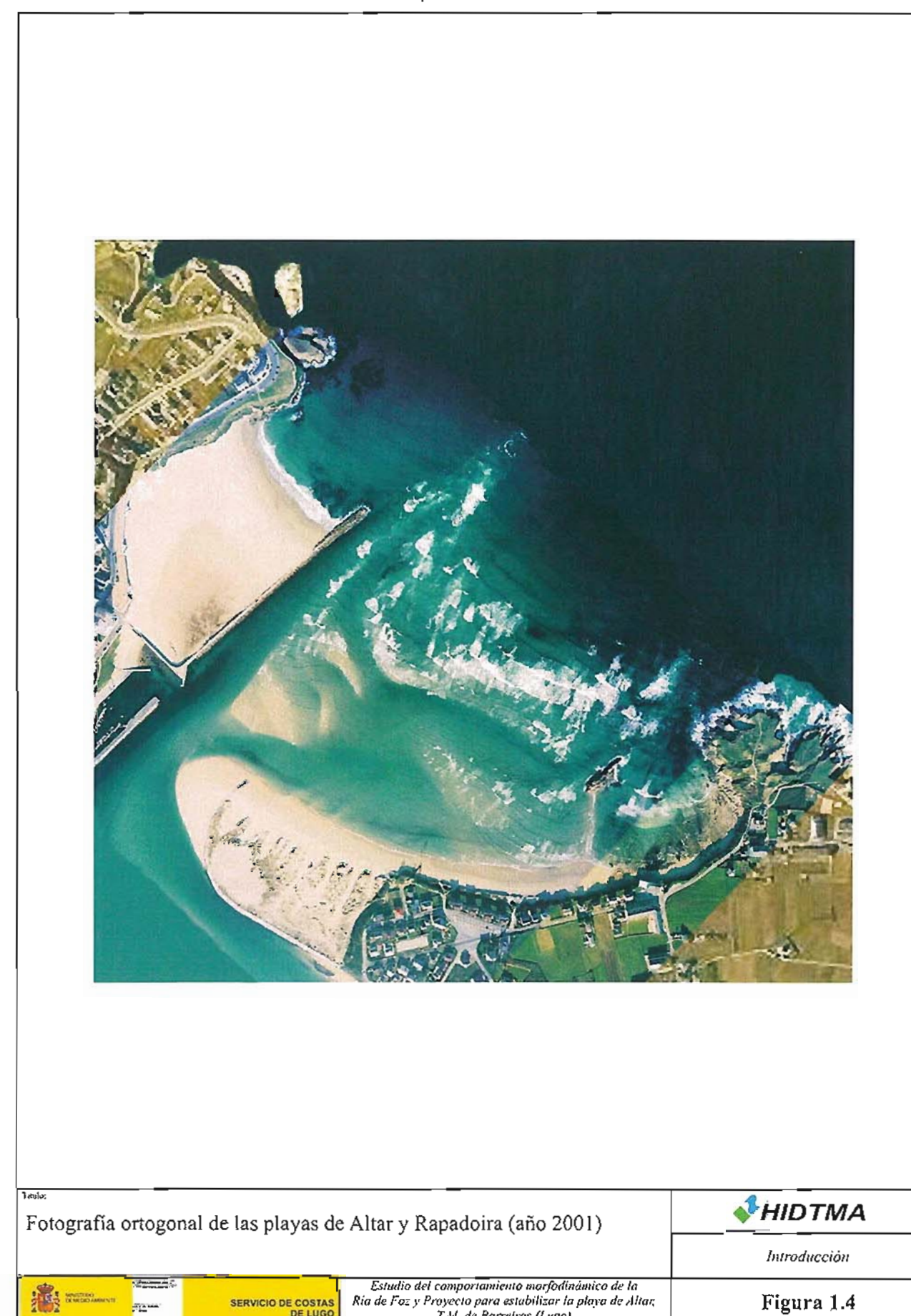
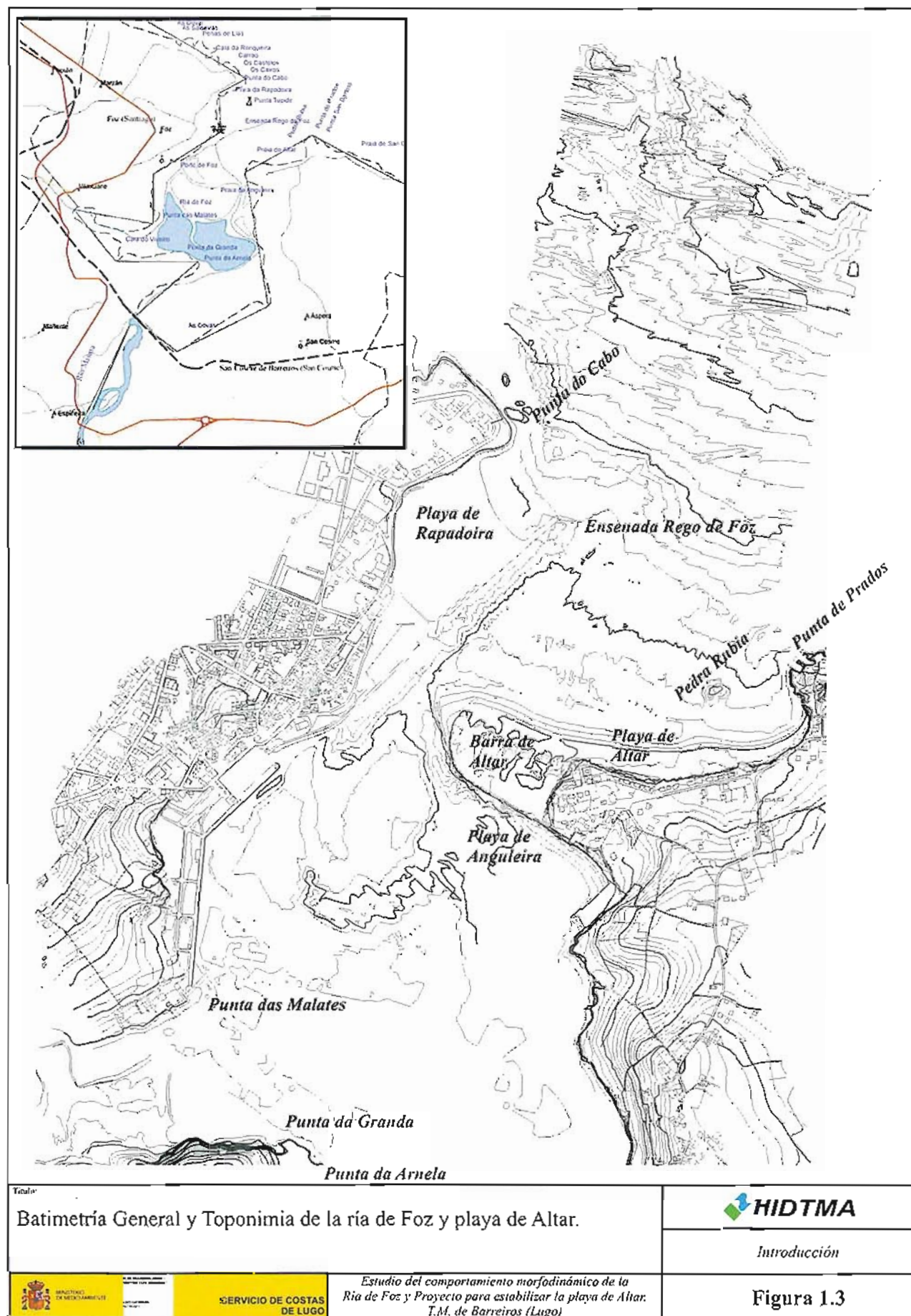
Figuras



<p>Título:</p> <p>Ubicación de la zona de estudio</p>	<p></p> <p>Introducción</p>
<p>  </p> <p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p> <p>Estudio del comportamiento morfológico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	<p>Figura 1.1</p>



<p>Título:</p> <p>Fotografía general de la ría de Foz y playa de Altar.</p>	<p></p> <p>Introducción</p>
<p>  </p> <p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p> <p>Estudio del comportamiento morfológico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	<p>Figura 1.2</p>





Título:
Fotografía oblicua de la playa de Altar, antes de su reciente regeneración
(año 2001)



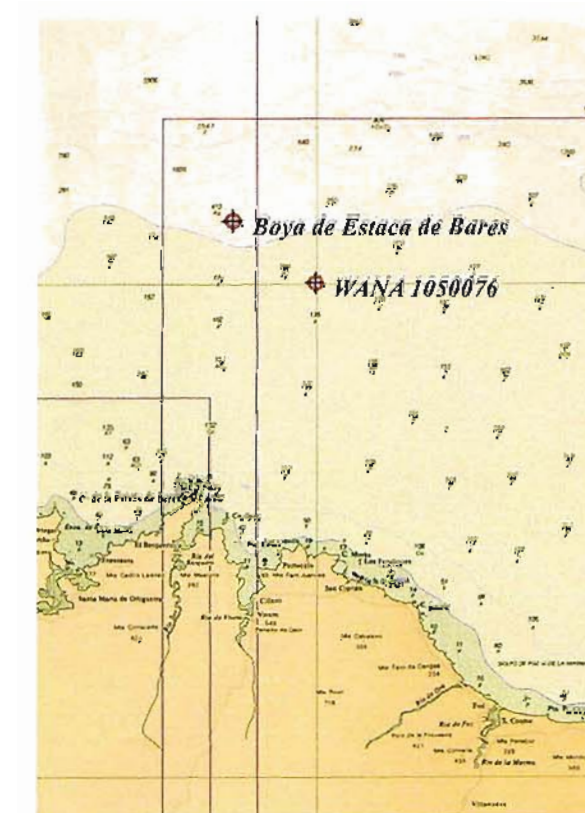
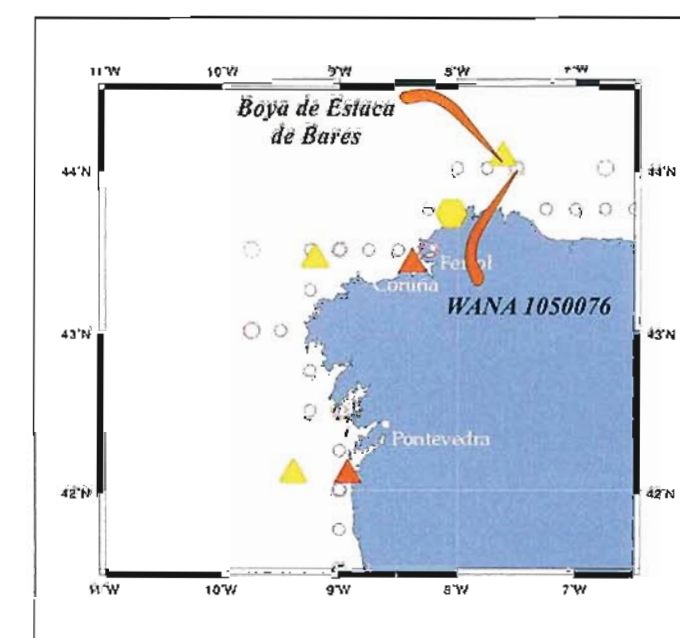
Introducción



SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar,
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 1.5



Título:
Ubicación del punto WANA 1050076 y de la Boia de Estaca de Bares



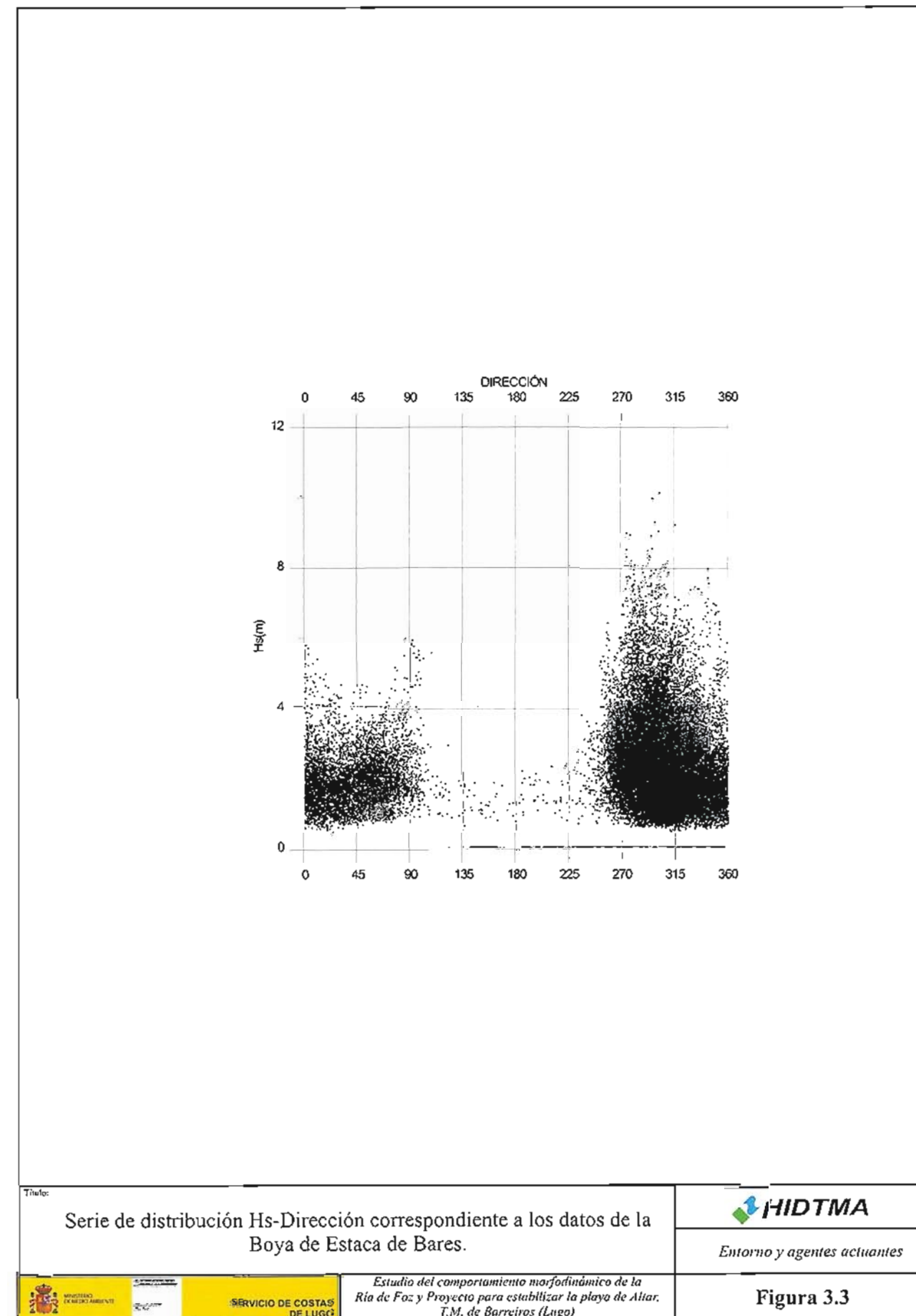
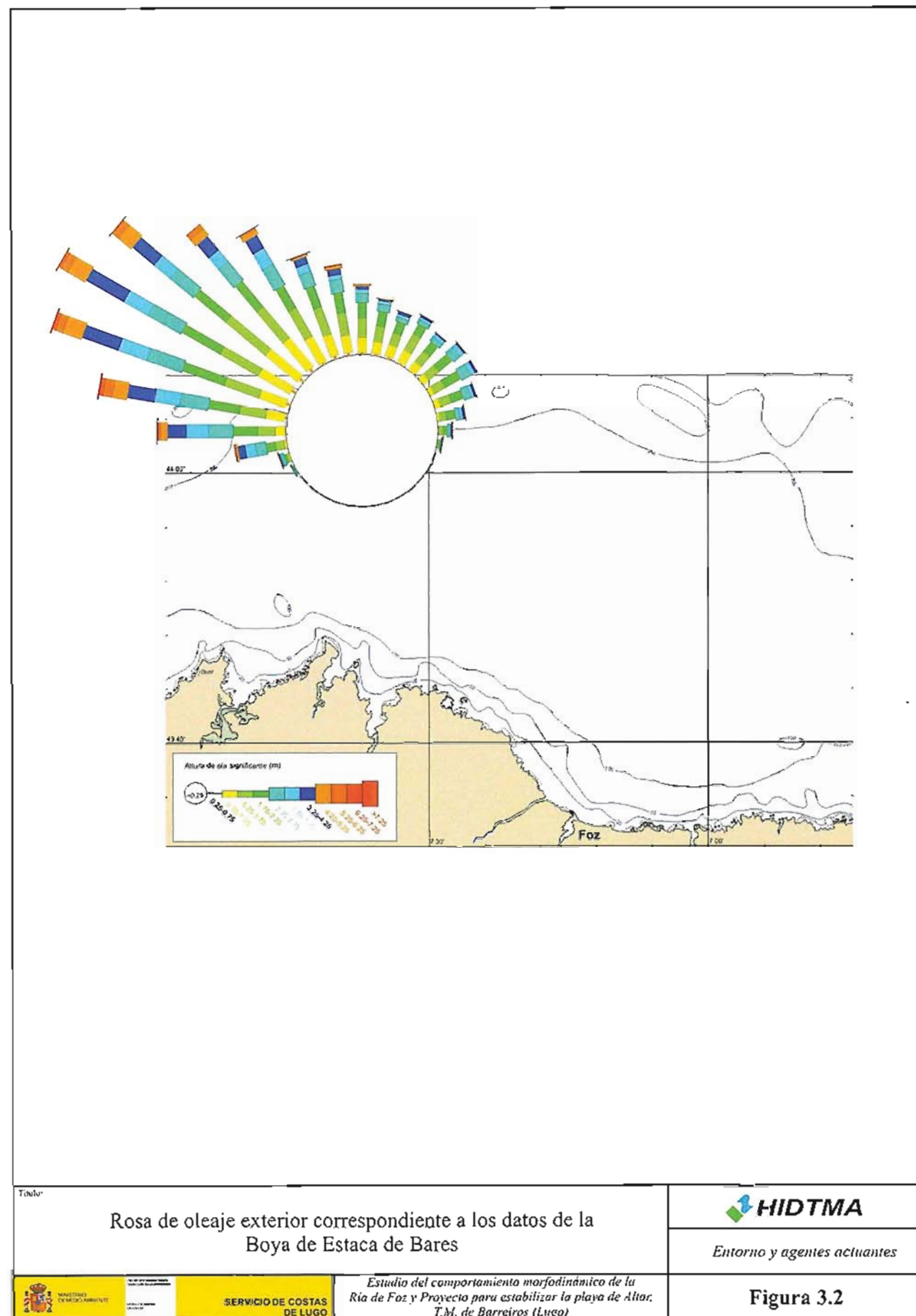
Entorno y agentes actuantes

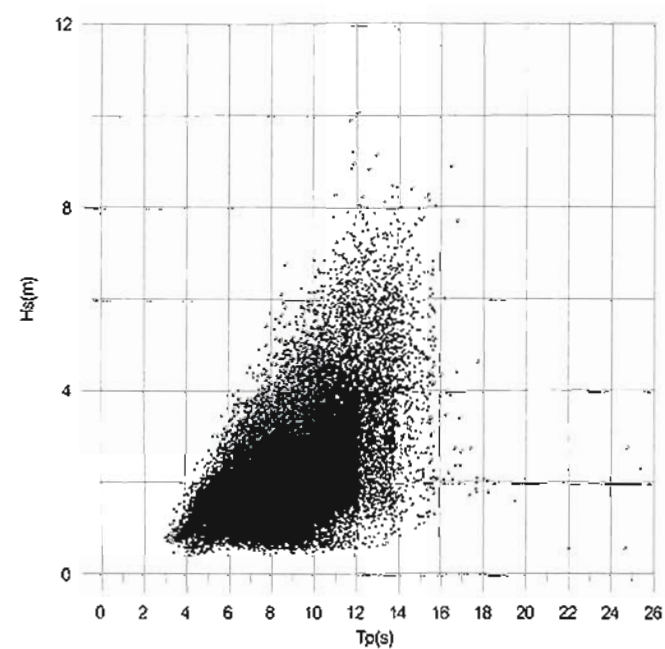




SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

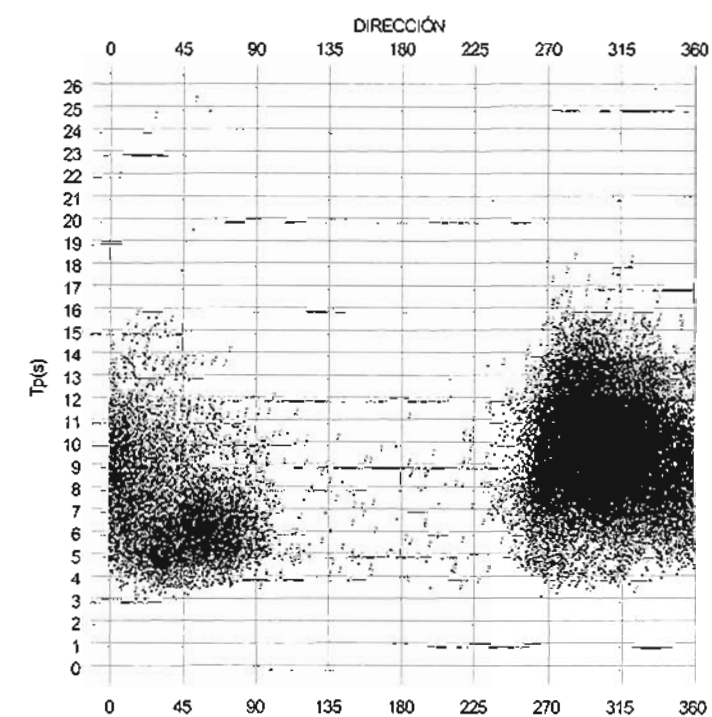
Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar,
T.M. de Barreiros (Lugo)




Figura 3.1

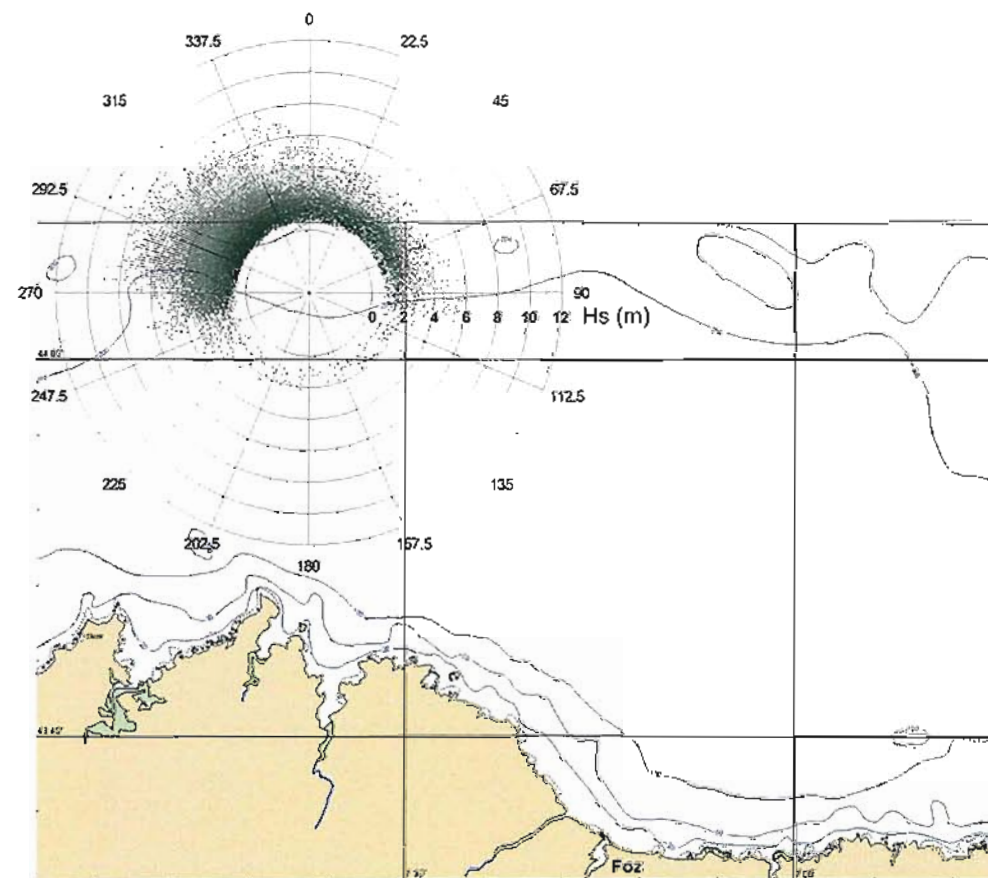




Título:		 Entorno y agentes actuantes
Serie de distribución Hs-Tp correspondiente a los datos de la Boya de Estaca de Bares.		
	SERVICIO DE COSTAS DE LUGO	<i>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ria de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</i>
		Figura 3.4



Título:		 Entorno y agentes actuantes
Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente a los datos de la Boya de Estaca de Bares.		
 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE	 SERVICIO DE COSTAS DE LUGO	<i>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</i>
		Figura 3.5

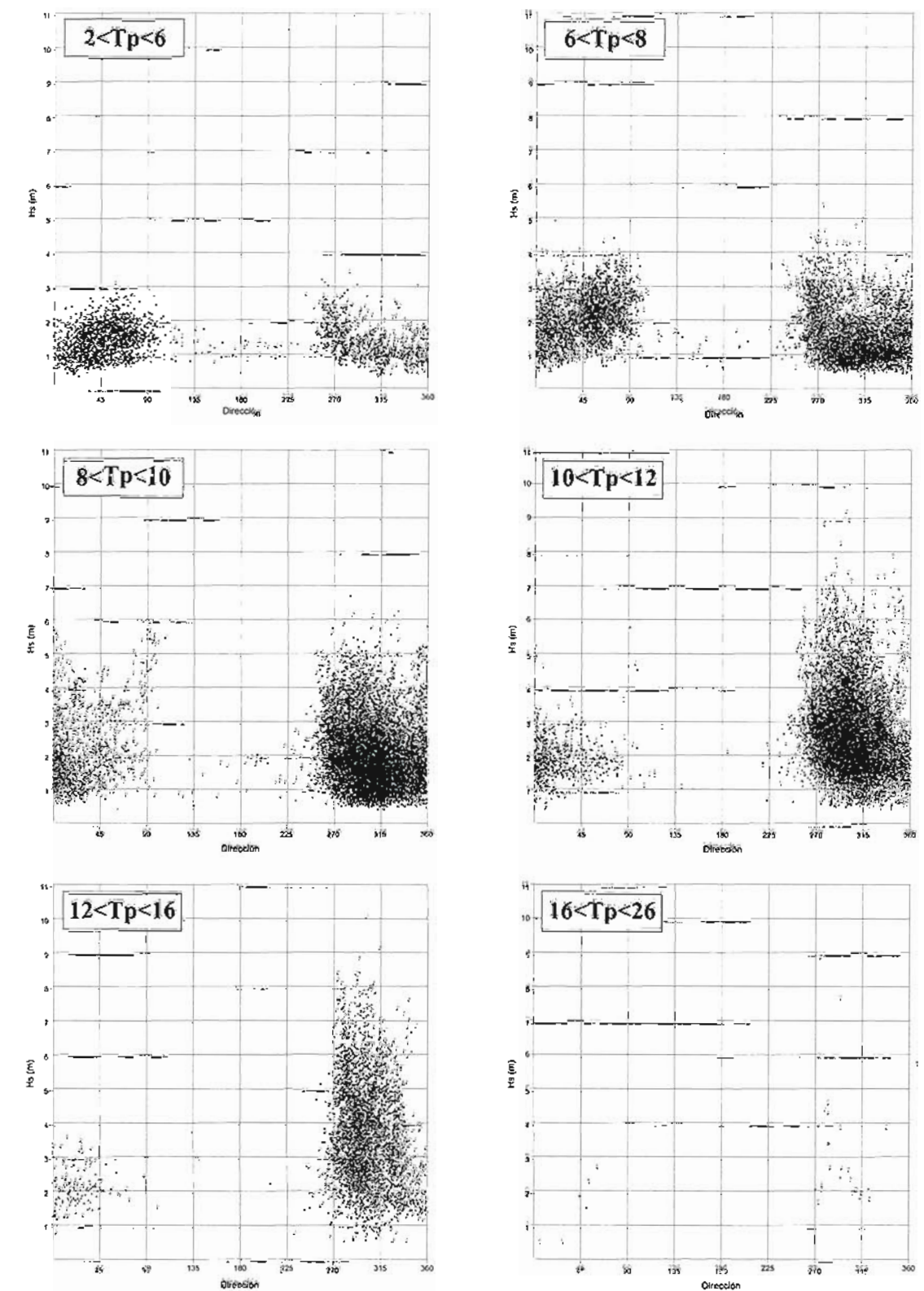


Representación polar correspondiente a los datos de la
Boya de Estaca de Bares

HIDTMA

Entorno y agentes actuantes

Figura 3.6

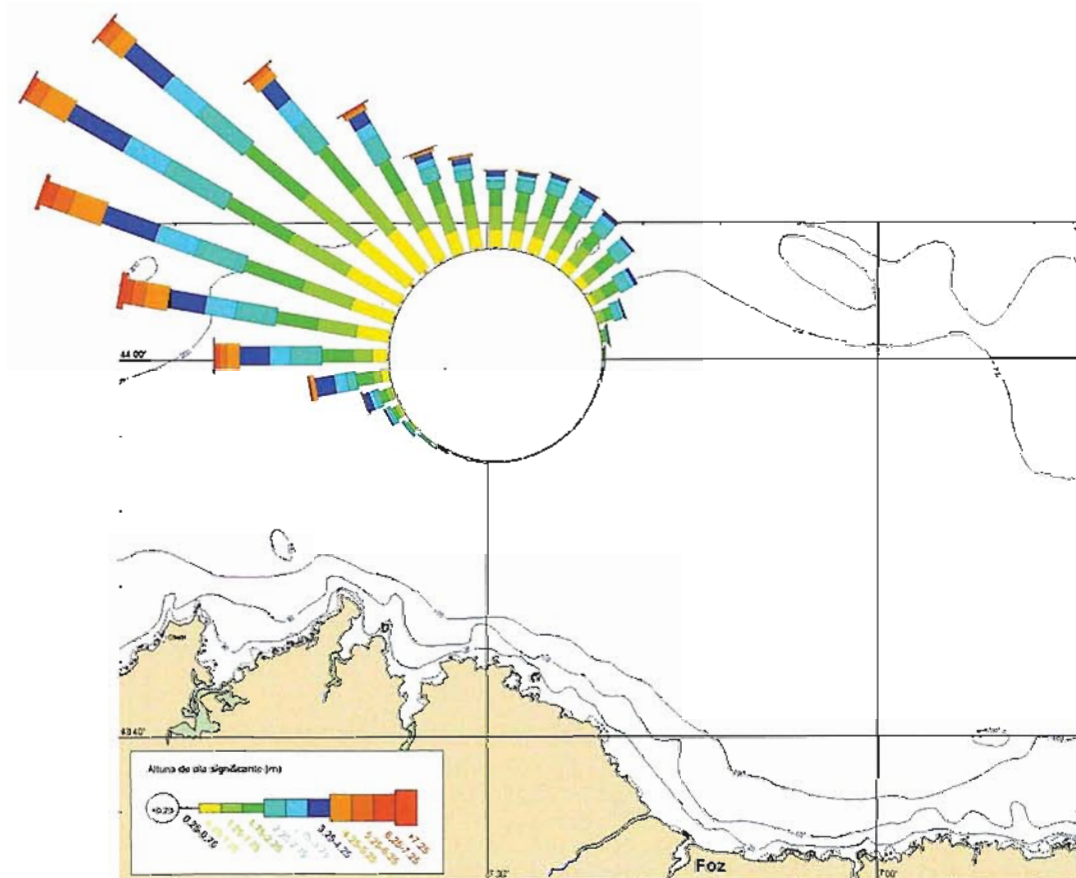


Series de distribución Hs-Dirección correspondientes a los datos
de la boya de Estaca de Bares para diferentes rangos de Tp

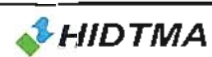
HIDTMA

Entorno y agentes actuantes

Figura 3.7

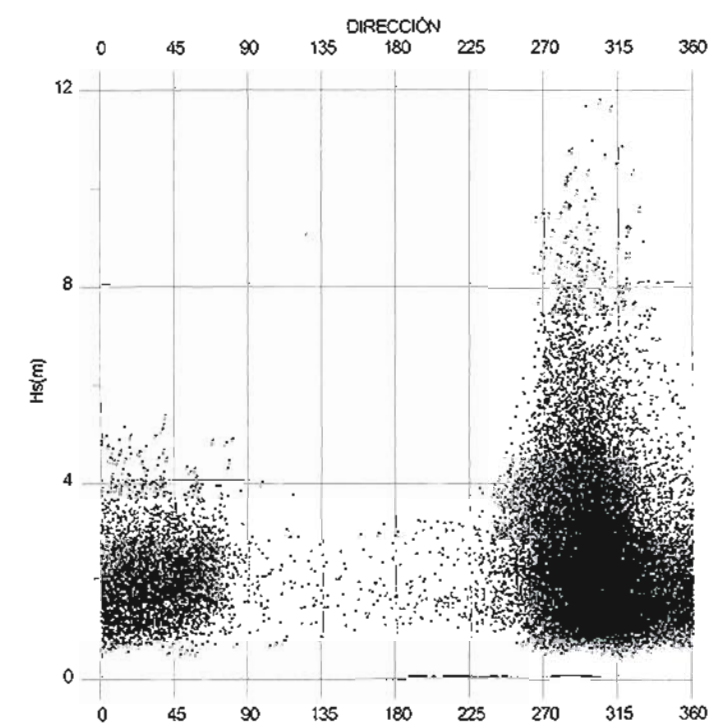


Rosa de oleaje exterior correspondiente a los datos del punto WANA 1050076



Entorno y agentes actuantes

Figura 3.8

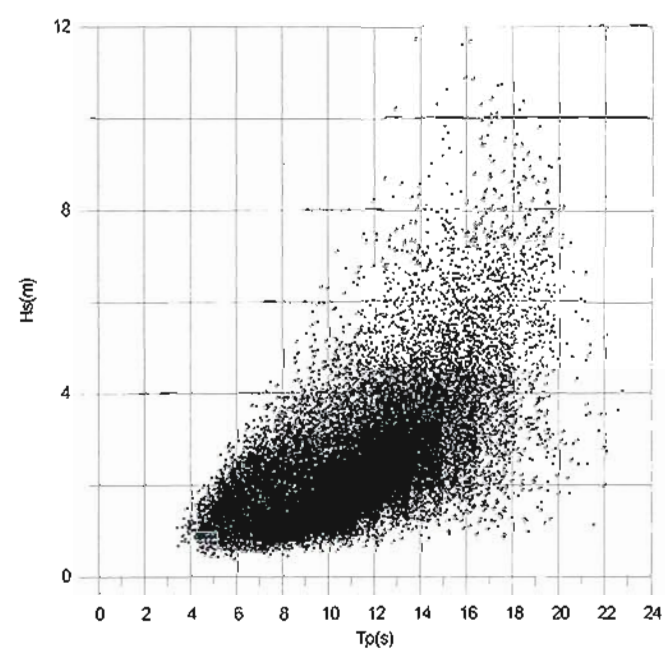




Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente a los datos del punto WANA 1050076

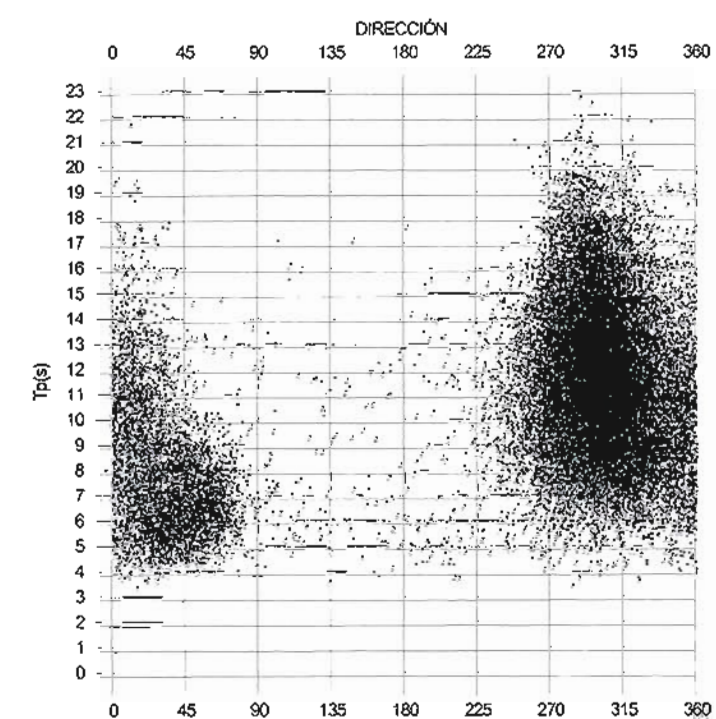




Entorno y agentes actuantes

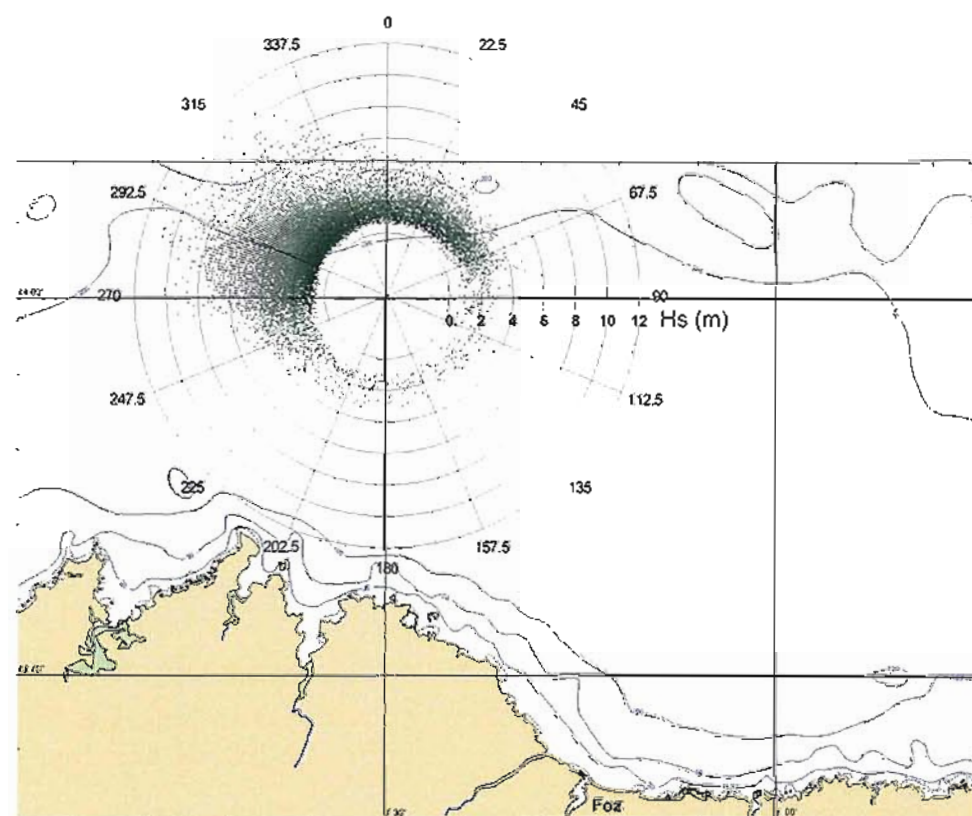
Figura 3.9



<p>Título:</p> <p>Serie de distribución Hs-Tp correspondiente a los datos del punto WANA 1050076</p>		 <p>Entorno y agentes actuantes</p>
 <p>MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE</p>	<p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p>	<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</p> <p>Figura 3.10</p>



<p>Título:</p> <p>Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente a los datos del punto WANA 1050076</p>		 <p>Entorno y agentes actuantes</p>
 <p>MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE</p>	<p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p>	<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</p> <p>Figura 3.11</p>



Representación polar correspondiente a los datos del punto WANA 1050076

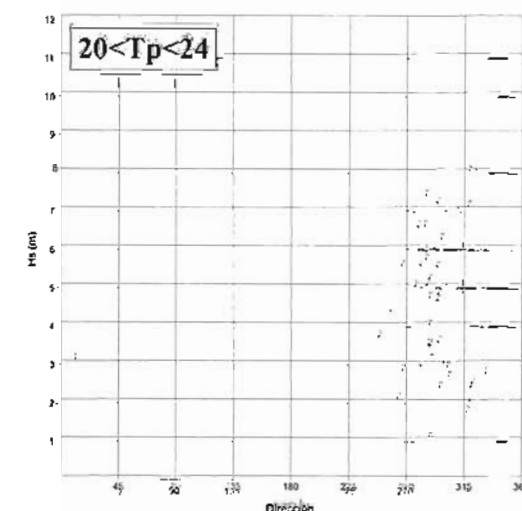
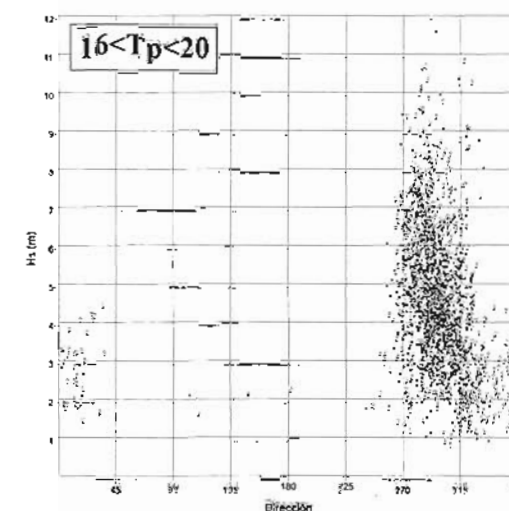
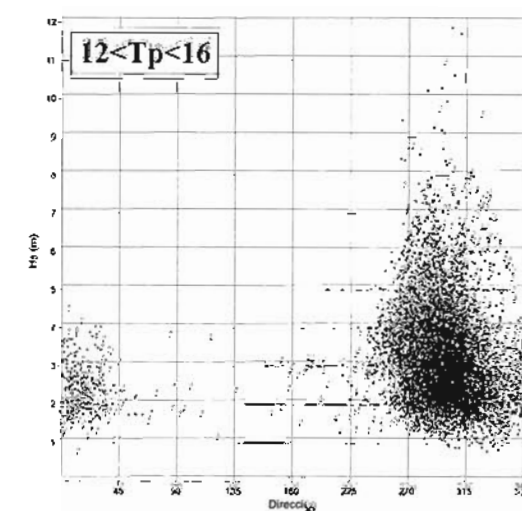
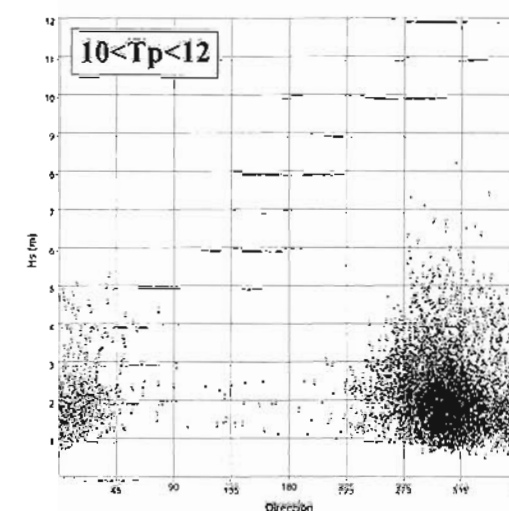
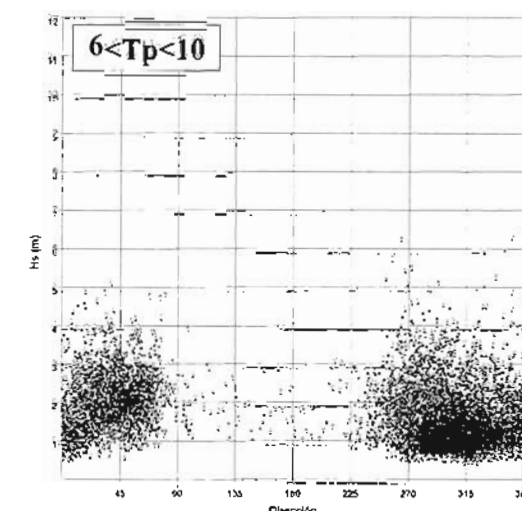
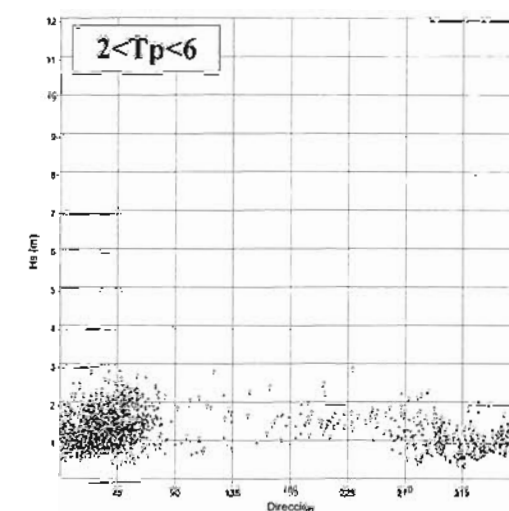
HIDTMA

Entorno y agentes actuantes

Figura 3.12

Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar. T.M. de Barreiros (Lugo)

SERVICIO DE COSTAS DE LUGO



Series de distribución Hs-Dirección correspondientes a los datos del punto WANA 1050076 para diferentes rangos de Tp

HIDTMA

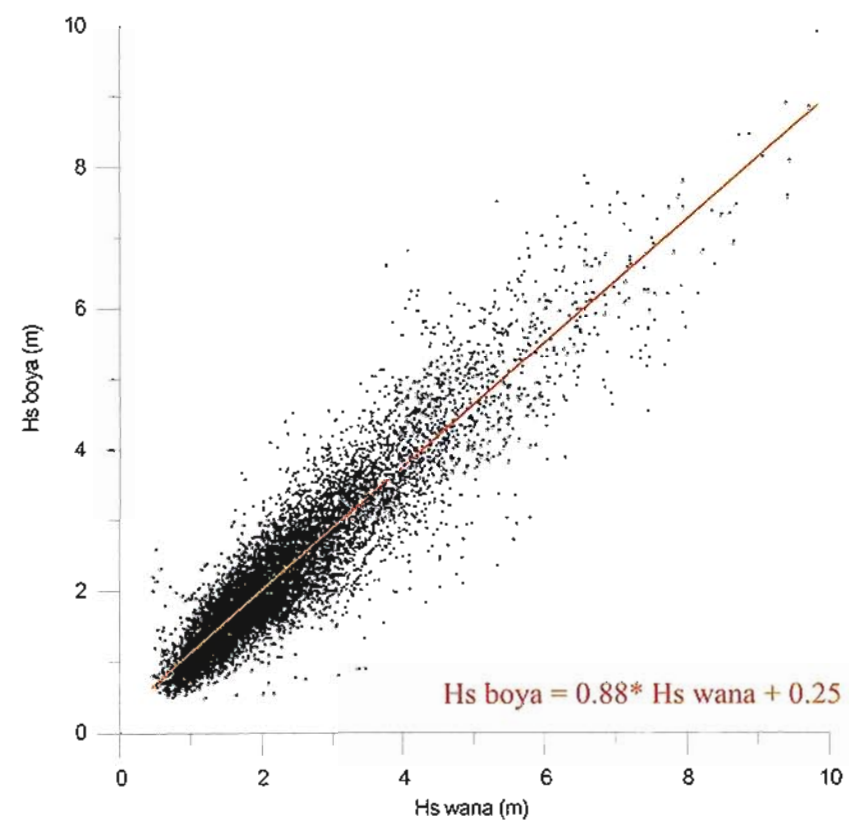
Entorno y agentes actuantes



Figura 3.13

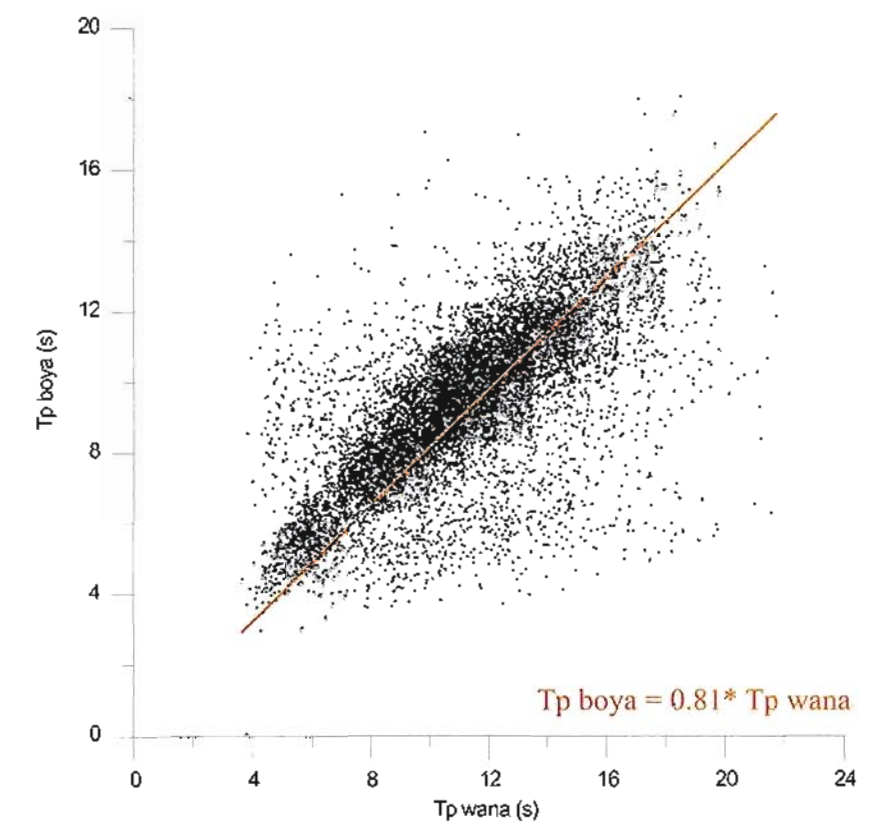
Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar. T.M. de Barreiros (Lugo)



SERVICIO DE COSTAS DE LUGO

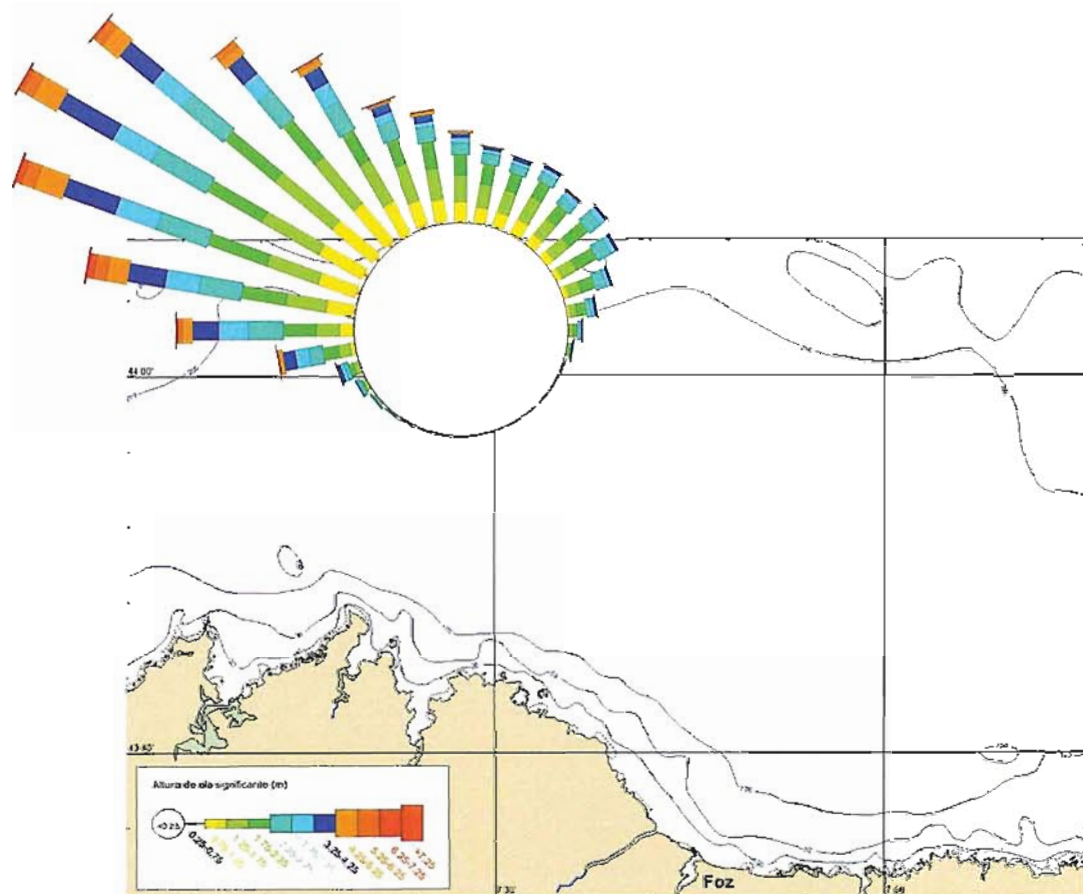




Título:		 Entorno y agentes actuantes
Relacion Hs-wana y Hs-boya		
 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE SERVICIO DE COSTAS DE LUGO	Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Ahar, T.M. de Barreiros (Lugo)	Figura 3.14



Título:		 HIDTMA
Relacion Tp-wana y Tp-boya		
		Entorno y agentes actuantes
 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE SERVICIO DE COSTAS DE LUGO	Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Ahar, T.M. de Barreiros (Lugo)	Figura 3.15



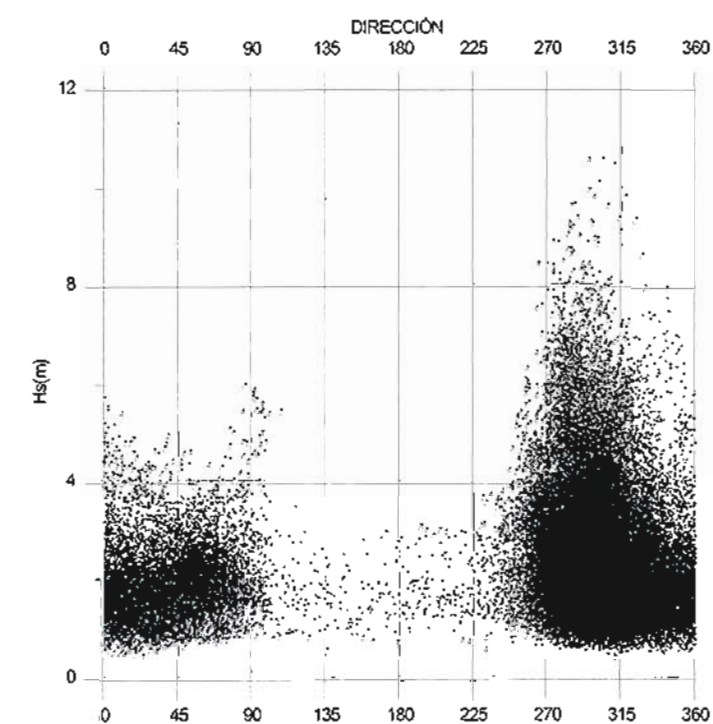
Título:
Rosa de oleaje exterior correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del punto WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.



Entorno y agentes actuantes

Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 3.16



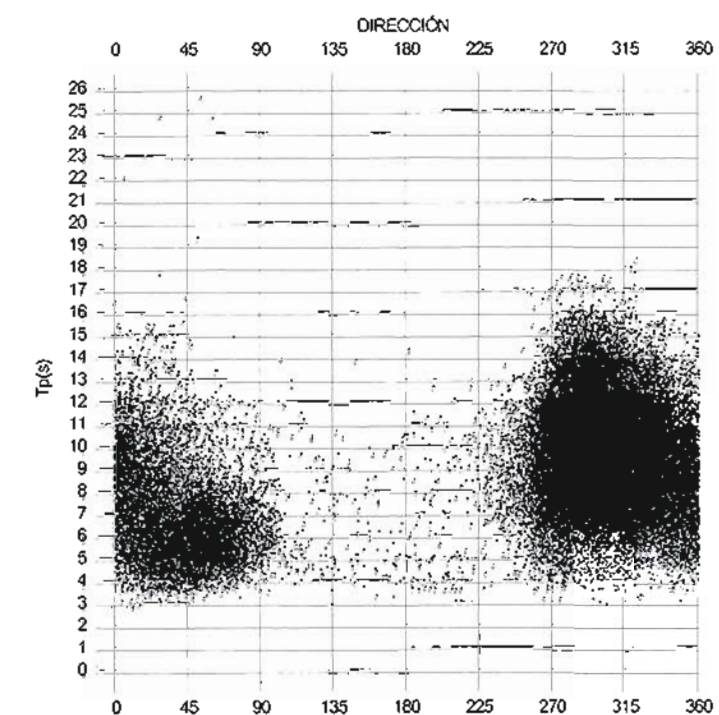
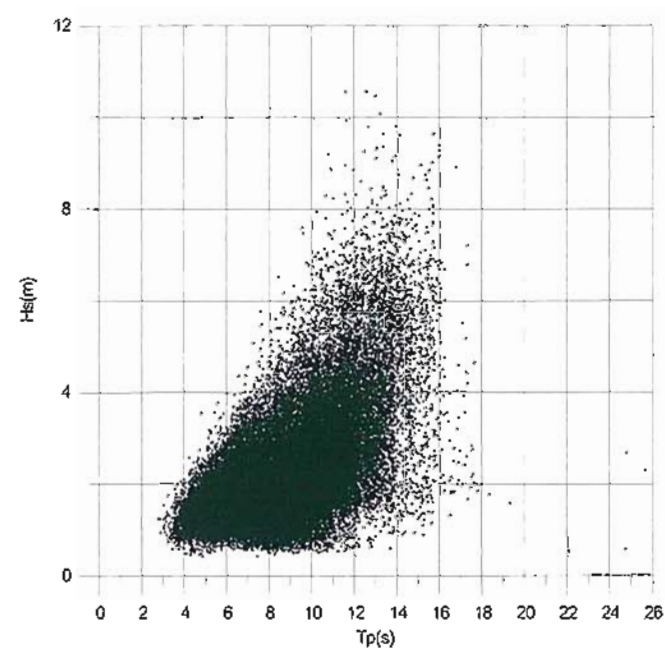
Título:
Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.









Entorno y agentes actuantes

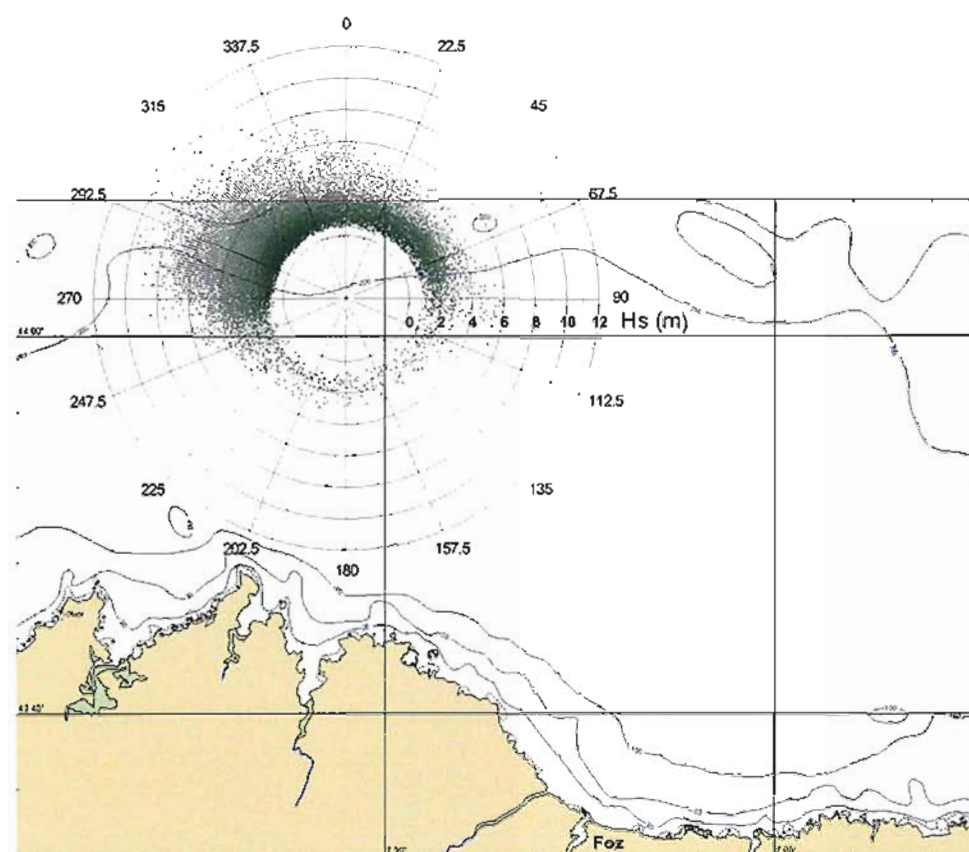
Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 3.17



<p>Título</p> <p>Serie de distribución Hs-Tp correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.</p>	<p> HIDTMA</p> <p>Entorno y agentes actuantes</p>
<p> MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE</p> <p> MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE</p> <p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p> <p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	<p>Figura 3.18</p>

<p>Título</p> <p>Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.</p>	<p> HIDTMA</p> <p>Entorno y agentes actuantes</p>
<p> MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE</p> <p> MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE</p> <p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p> <p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	<p>Figura 3.19</p>

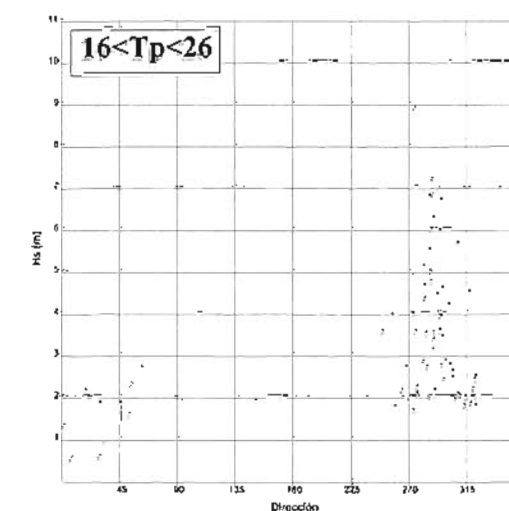
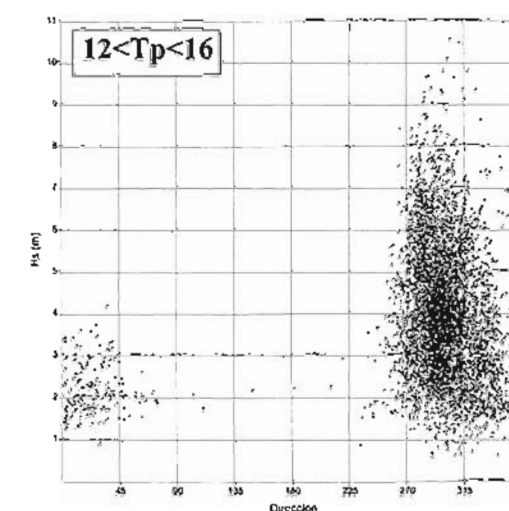
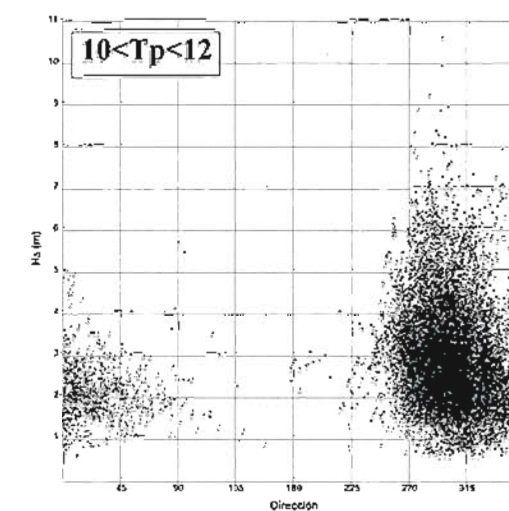
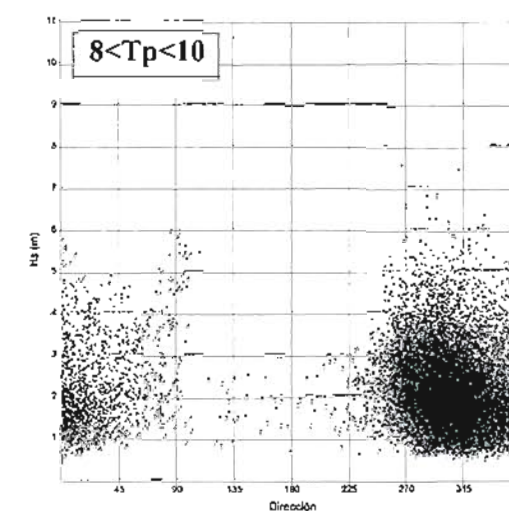
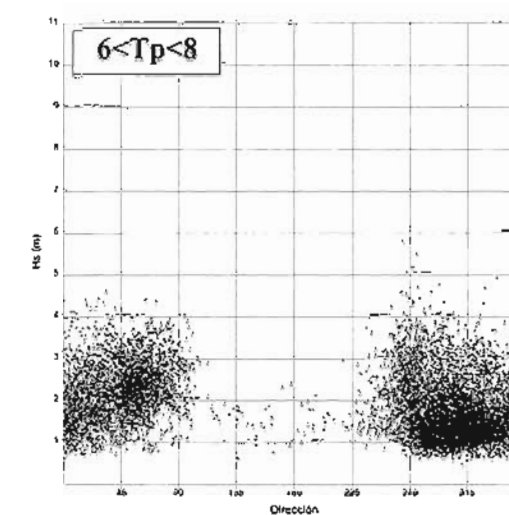
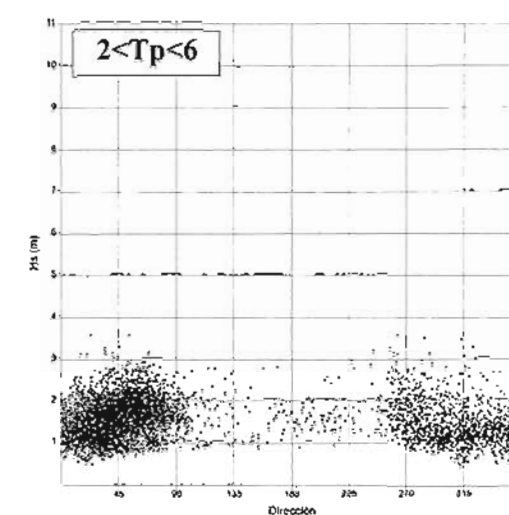


Representación polar correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del punto WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.

HIDTMA

Entorno y agentes actuantes

Figura 3.20

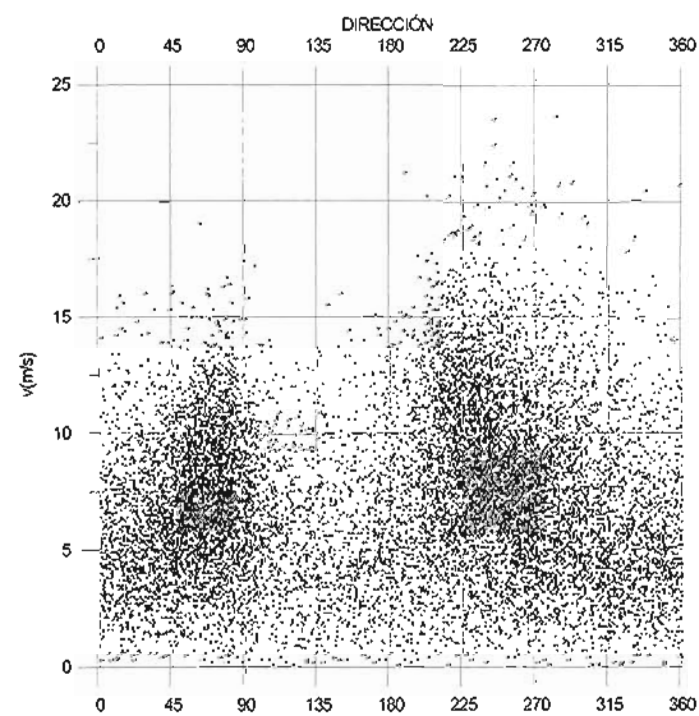
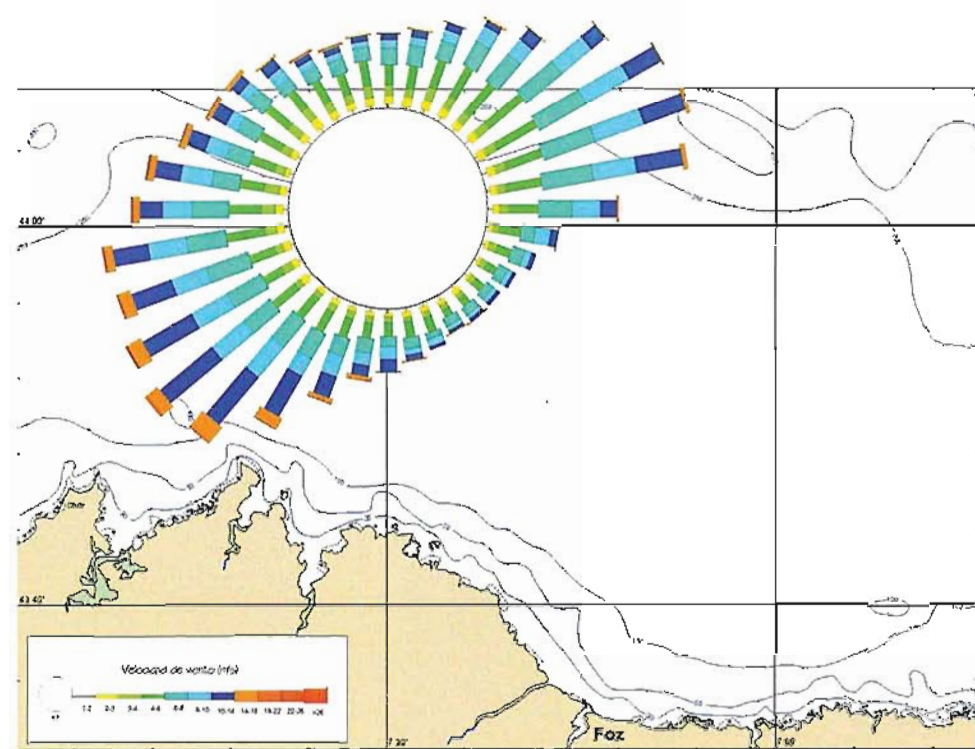


Series de distribución Hs-Dirección correspondientes a la composición de los datos de la boyas de Estaca de Bares y del punto WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada.

HIDTMA

Entorno y agentes actuantes

Figura 3.21

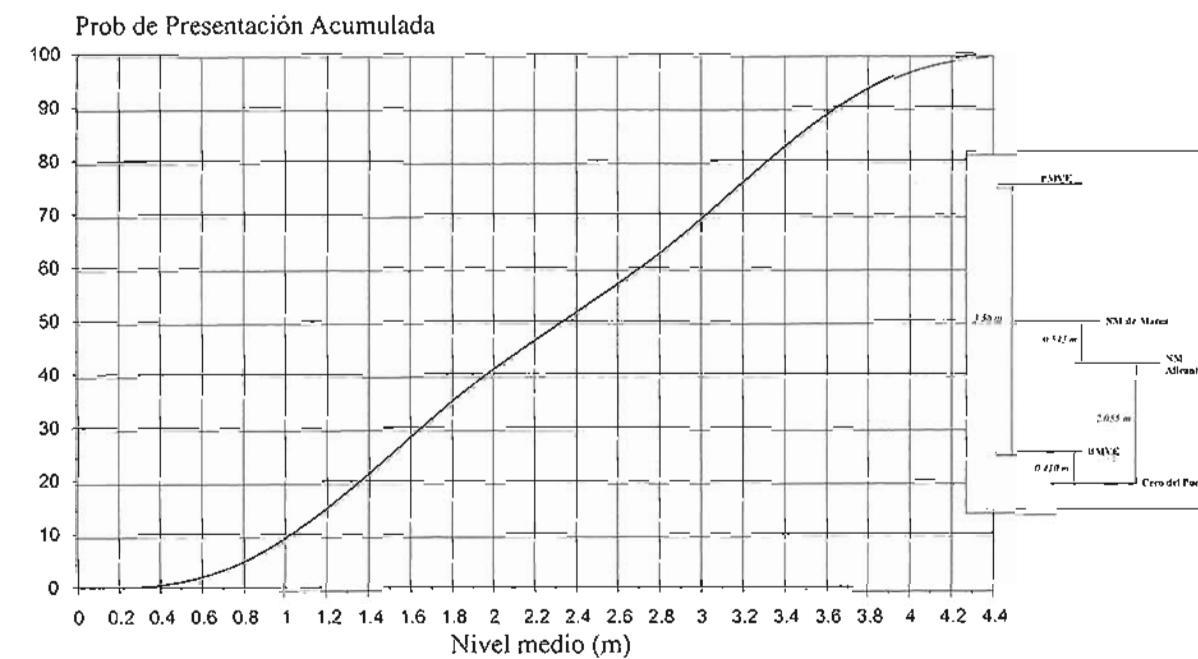


Título:
Rosa de viento y serie de distribución Velocidad-Dirección correspondiente a los datos del punto WANA 1050076

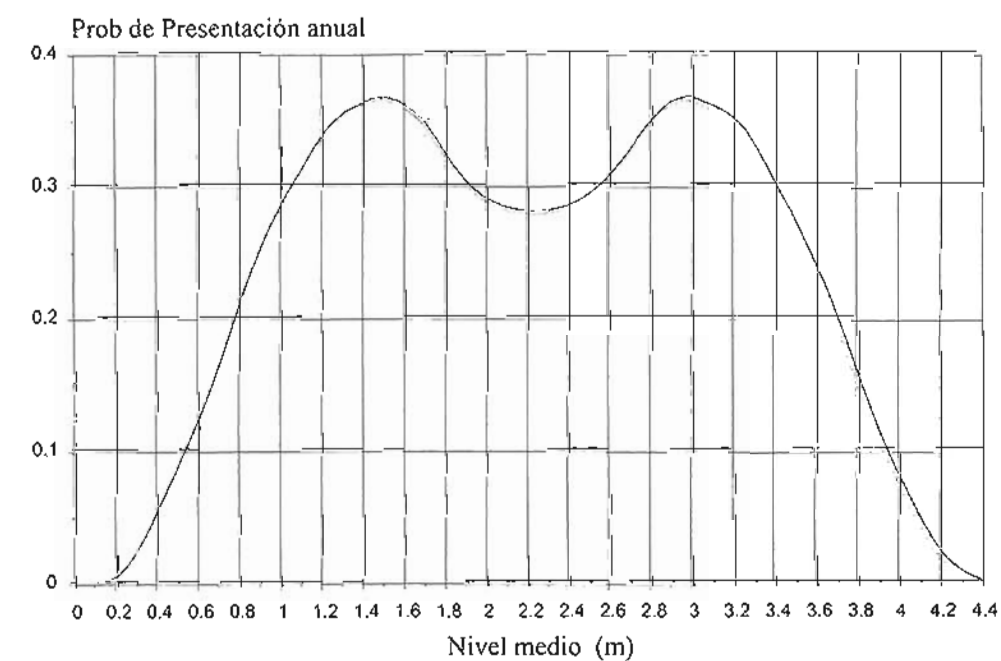
HIDTMA
Entorno y agentes actuantes

Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 3.22



3.5 – Clima marítimo frente al puerto

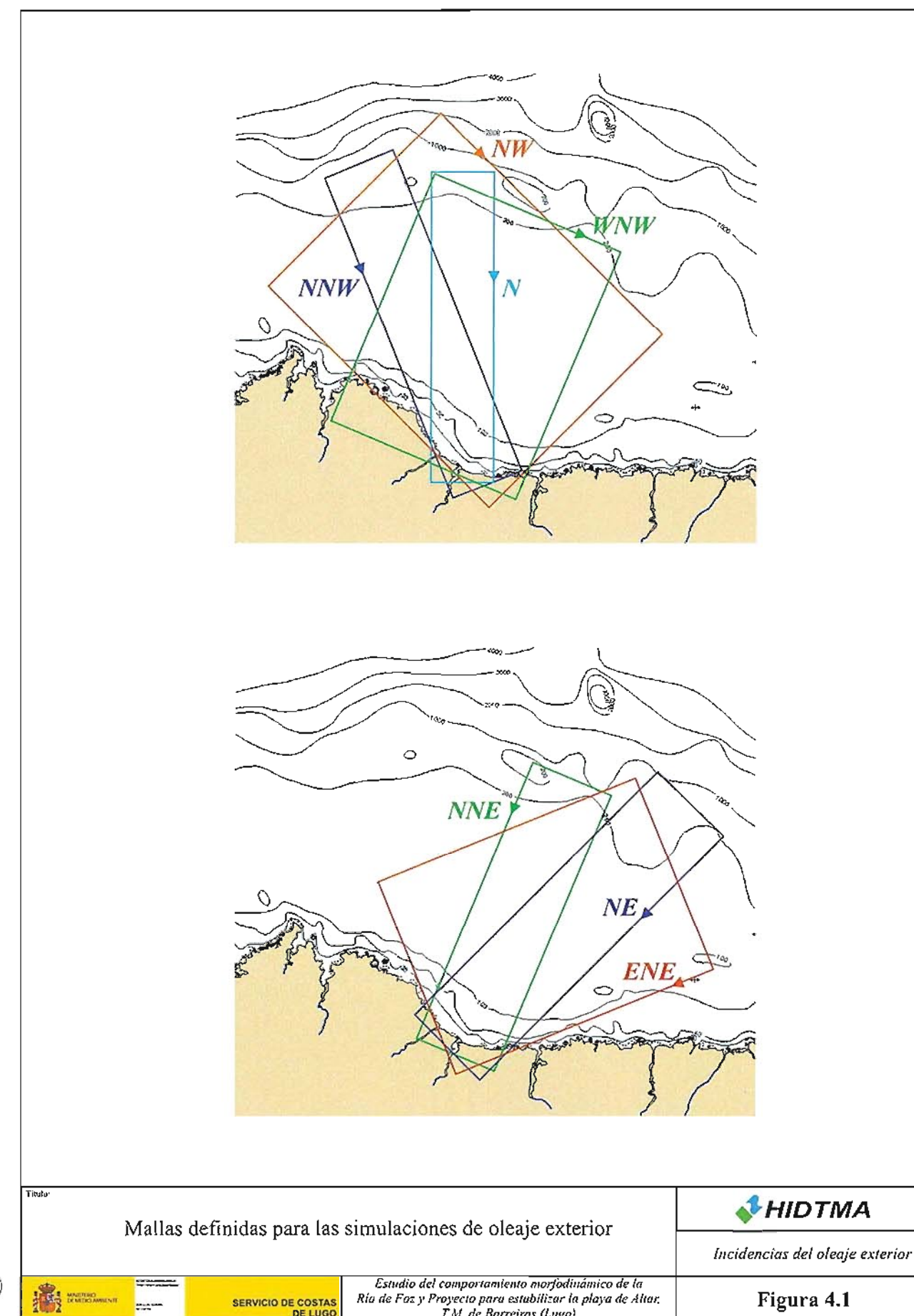
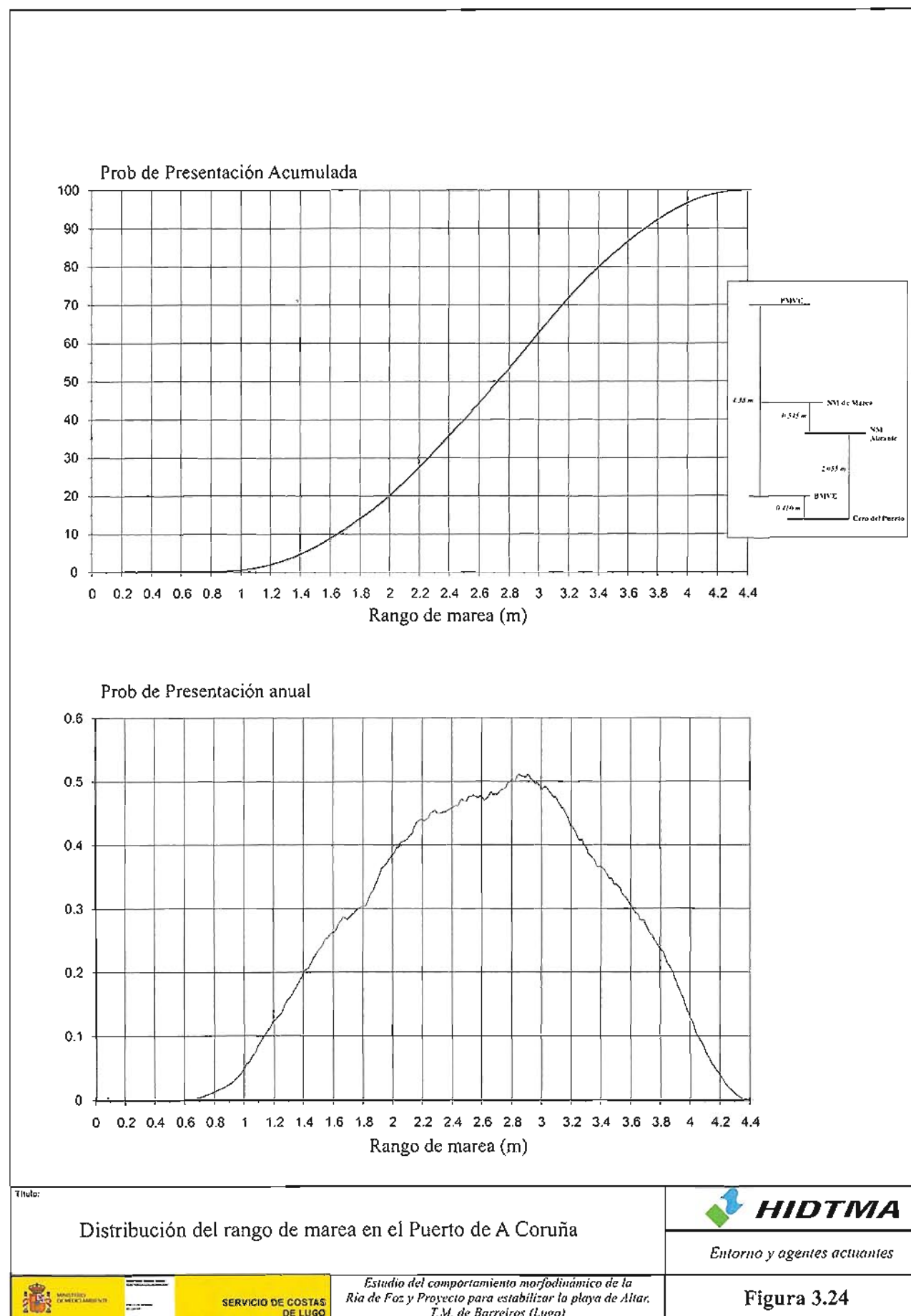


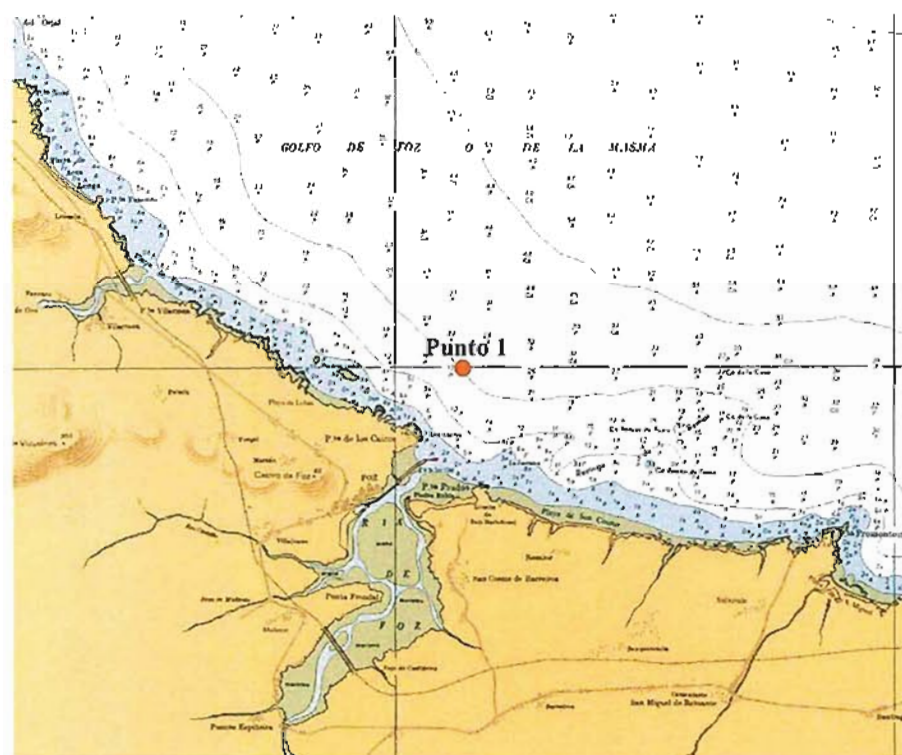
Título:
Distribución del nivel medio del mar en el Puerto de A Coruña

HIDTMA
Entorno y agentes actuantes

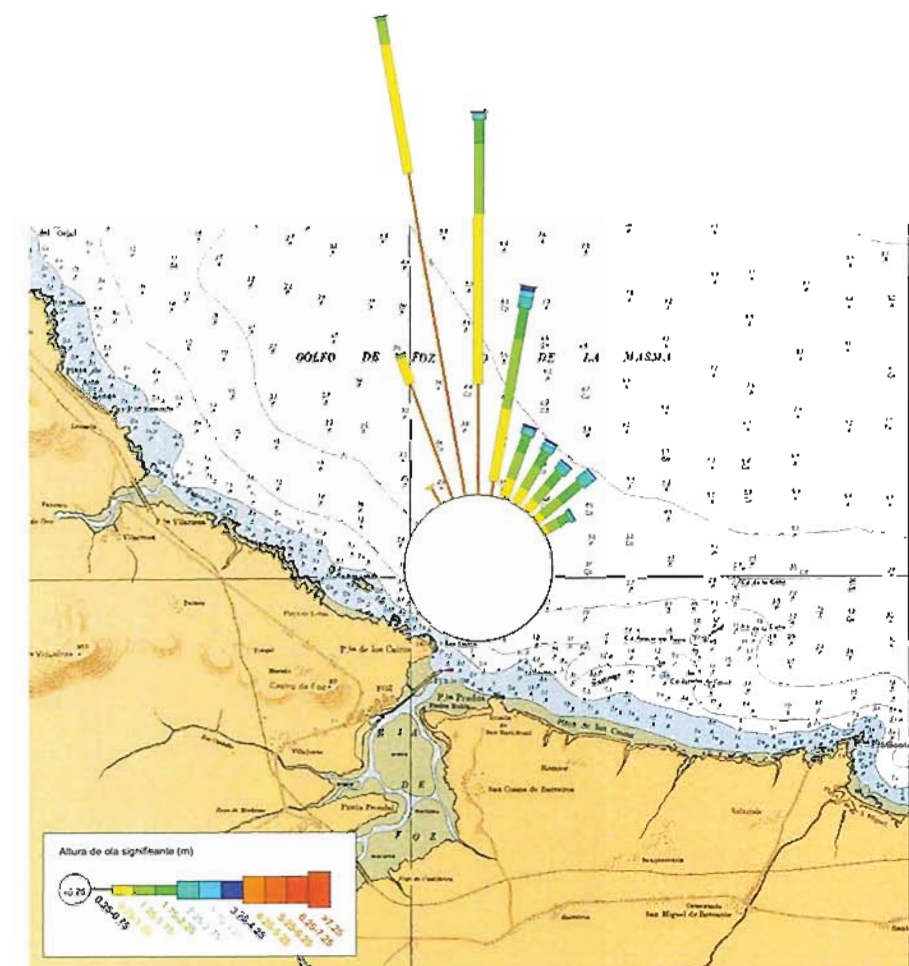
Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 3.23

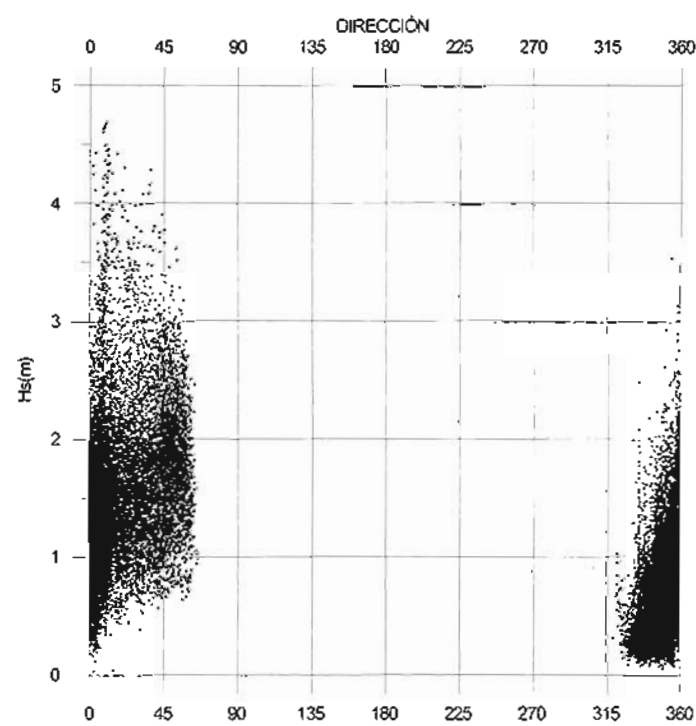




<p>Título:</p> <p>Ubicación del punto definido para el análisis de clima marítimo</p>		<p>HIDTMA</p>
		<p>Incidencias del oleaje exterior</p>
<p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESQUERÍA Y RURAL</p>	<p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p>	<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar. T.M. de Barreiros (Lugo)</p>
		<p>Figura 4.2</p>



<p>Título:</p> <p>Rosa de oleaje exterior correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del punto WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada y propagados hasta la zona de estudio.</p>		<p>HIDTMA</p>
		<p>Incidencias del oleaje exterior</p>
<p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESQUERÍA Y RURAL</p>	<p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p>	<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar. T.M. de Barreiros (Lugo)</p>
		<p>Figura 4.3</p>



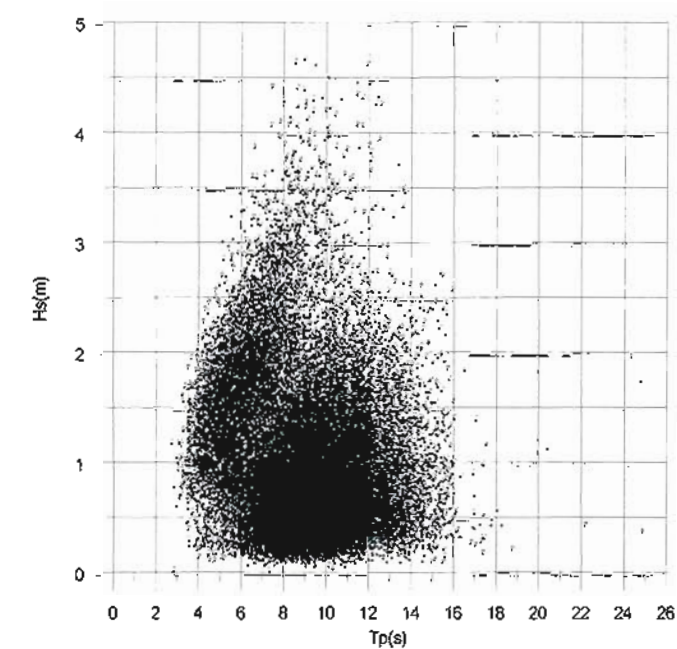
Título:
Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada y propagados hasta la zona de estudio.



Incidencias del oleaje exterior

Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 4.4



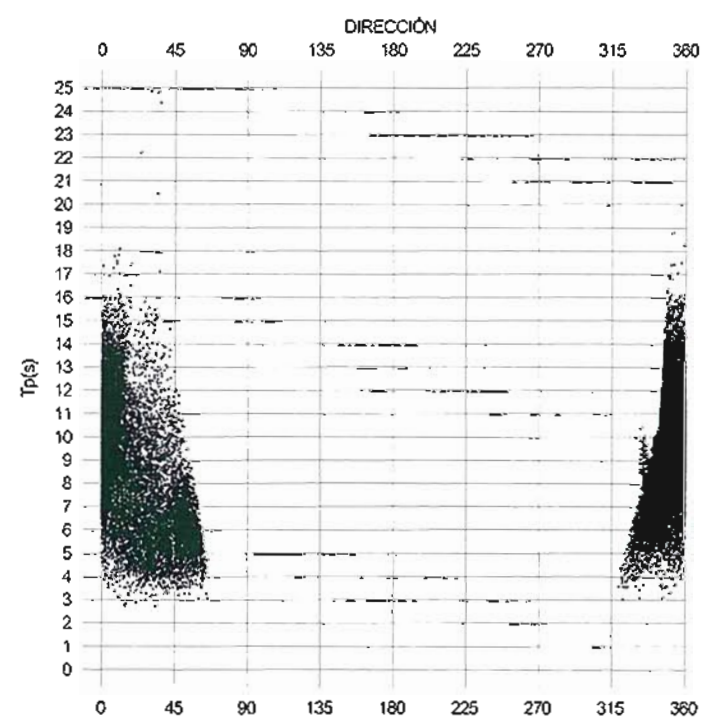
Título:
Serie de distribución Hs-Tp correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada y propagados hasta la zona de estudio.



Incidencias del oleaje exterior

Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 4.5



Título:
Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada y propagados hasta la zona de estudio.



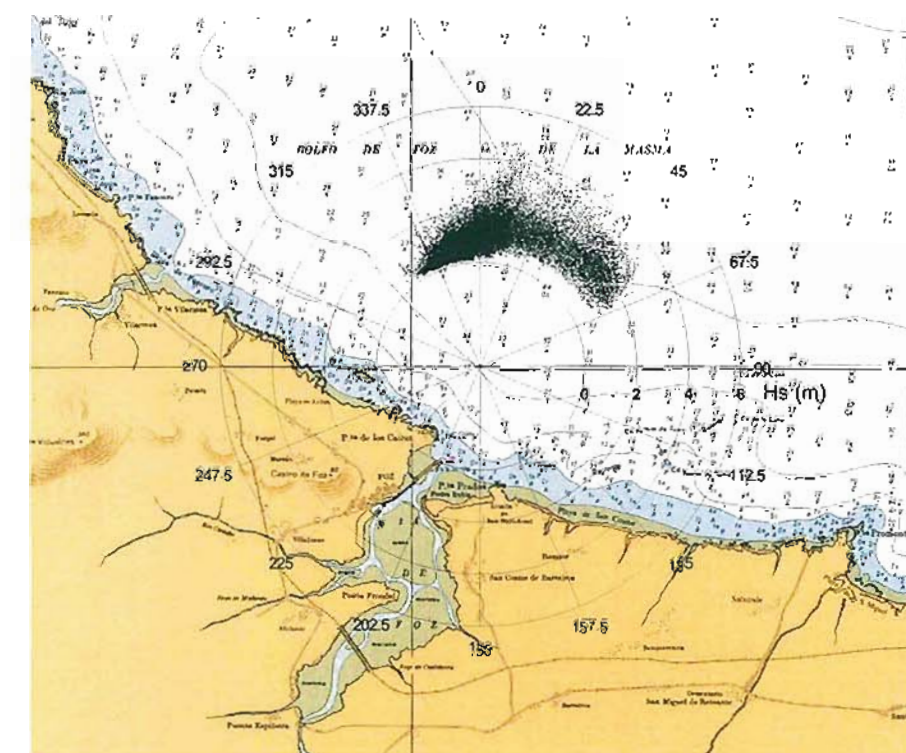
Incidencias del oleaje exterior



SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ria de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar,
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 4.6



Título:
Representación polar correspondiente a la composición de los datos de la Boya de Estaca de Bares y del punto WANA 1050076 ajustados según la calibración realizada y propagados hasta la zona de estudio.



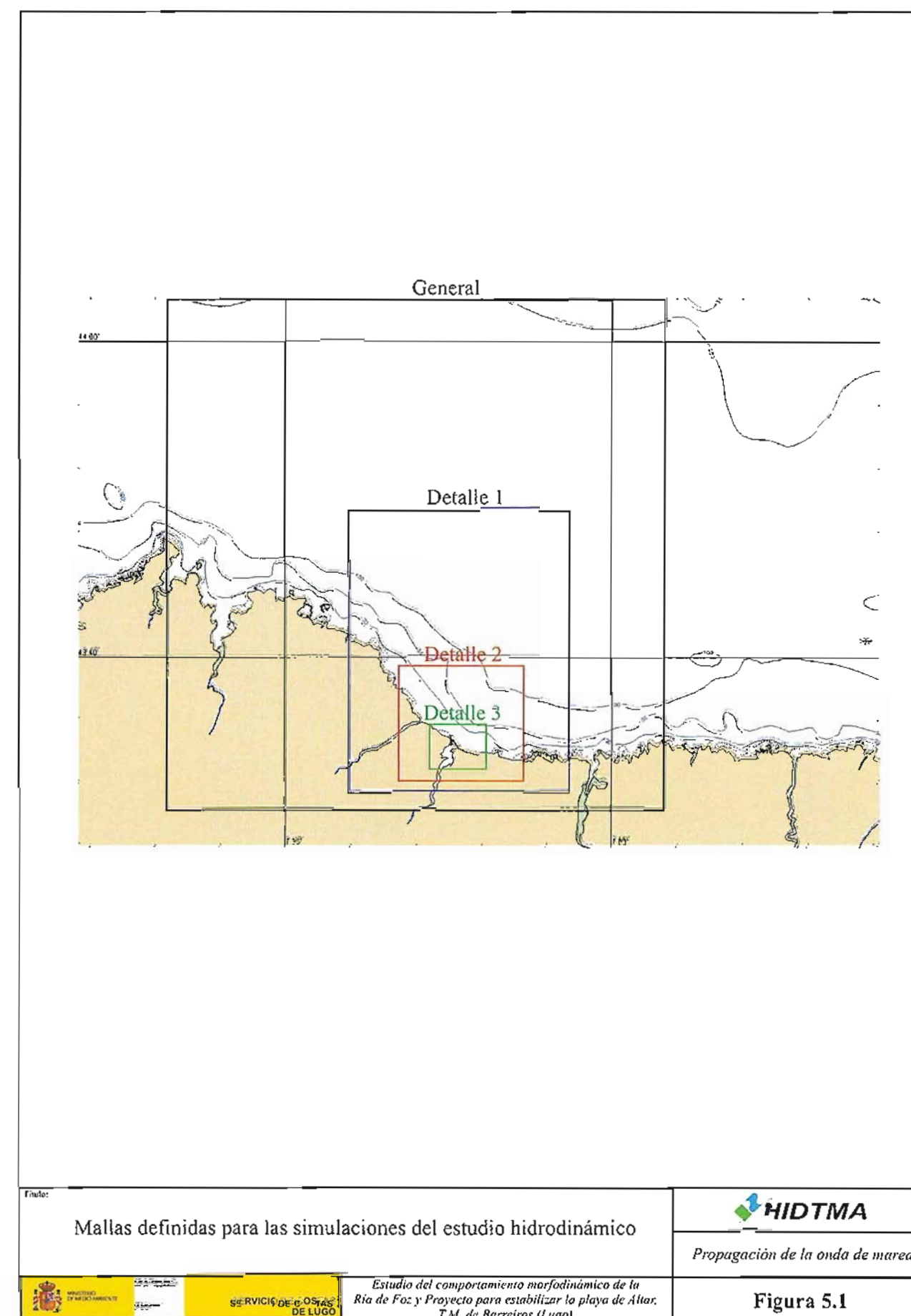
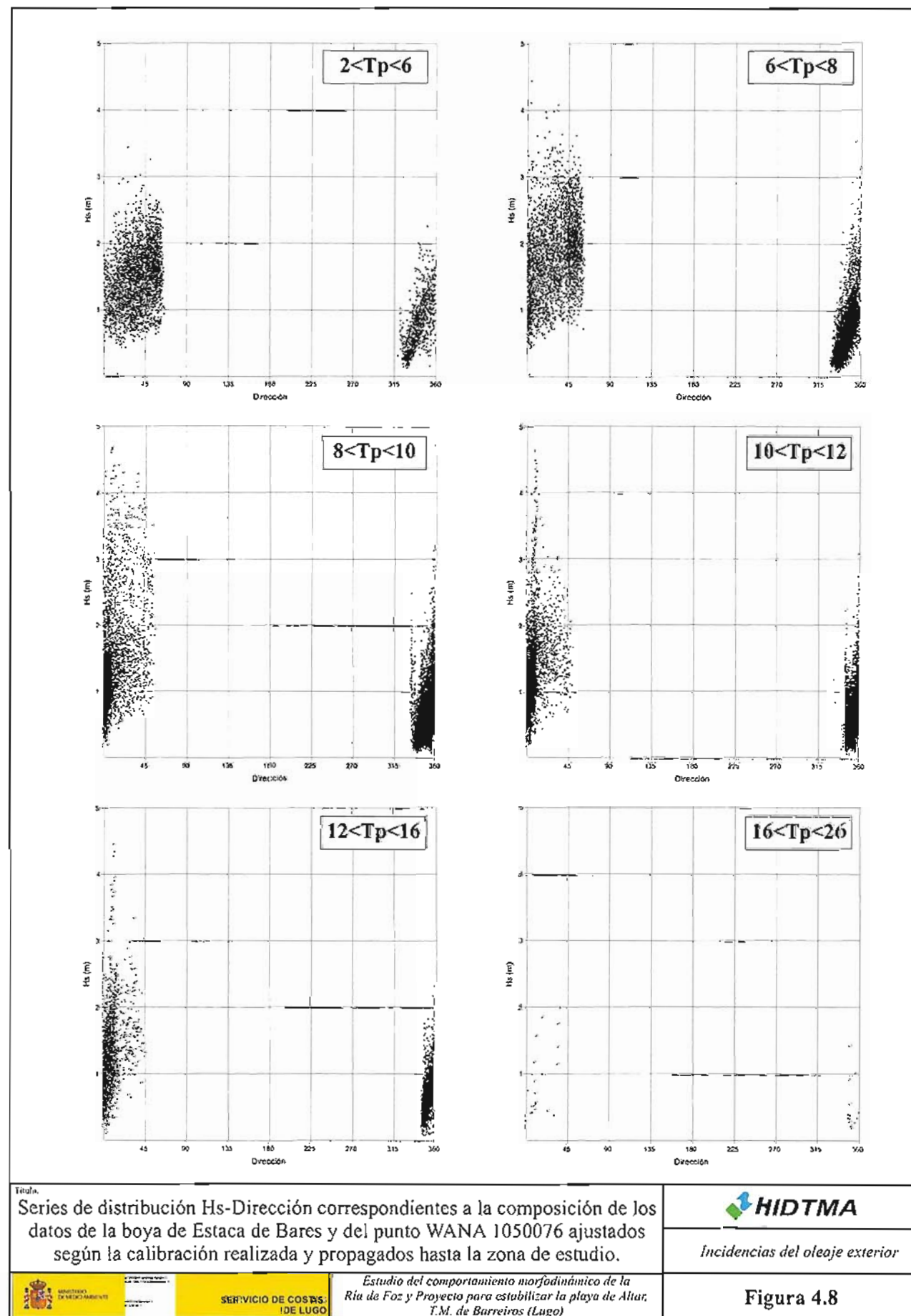
Incidencias del oleaje exterior

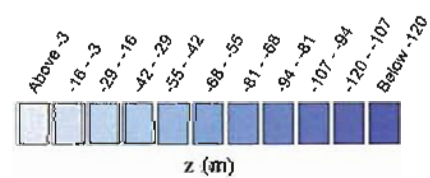
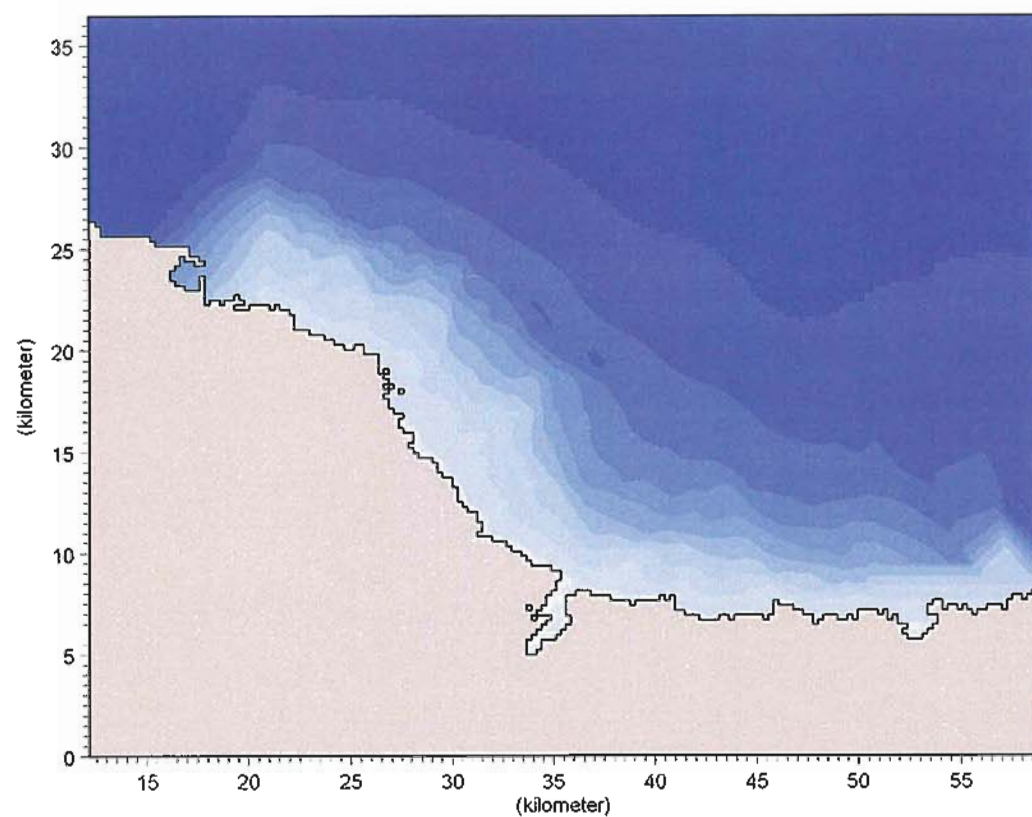


SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ria de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar,
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 4.7









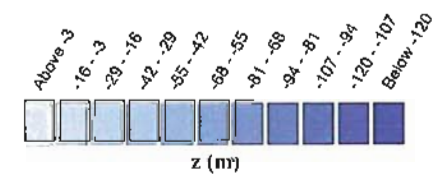
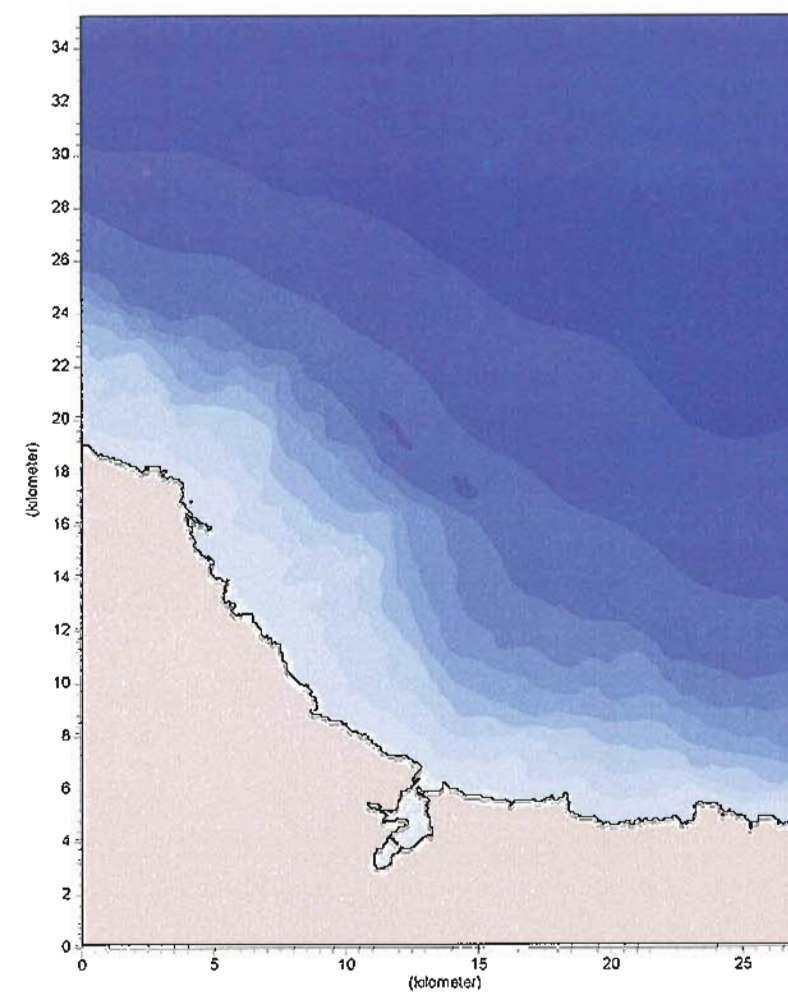
Título			
Batimetría correspondiente a la malla general		Propagación de la onda de marea	
			Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 5.2







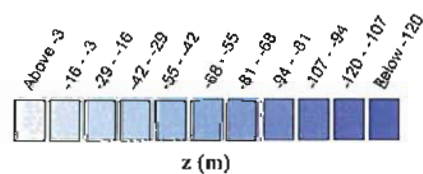
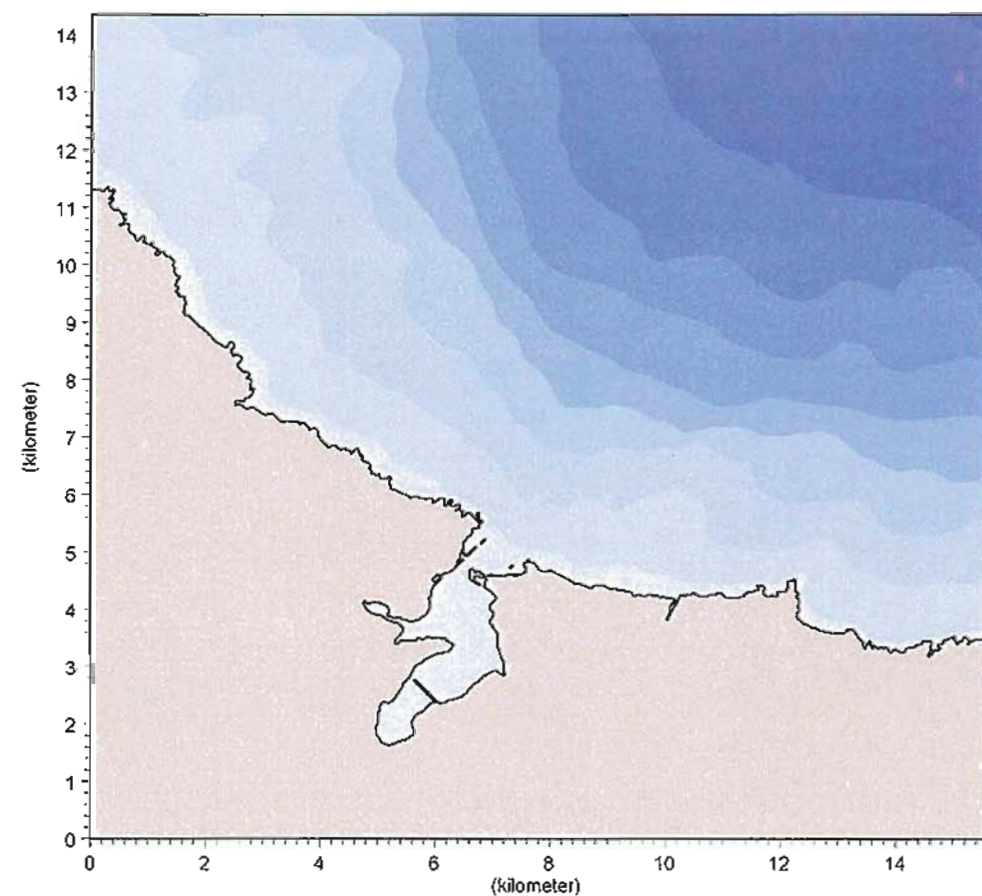
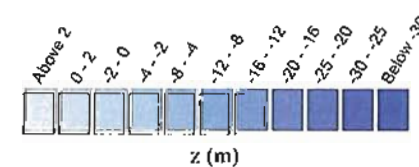
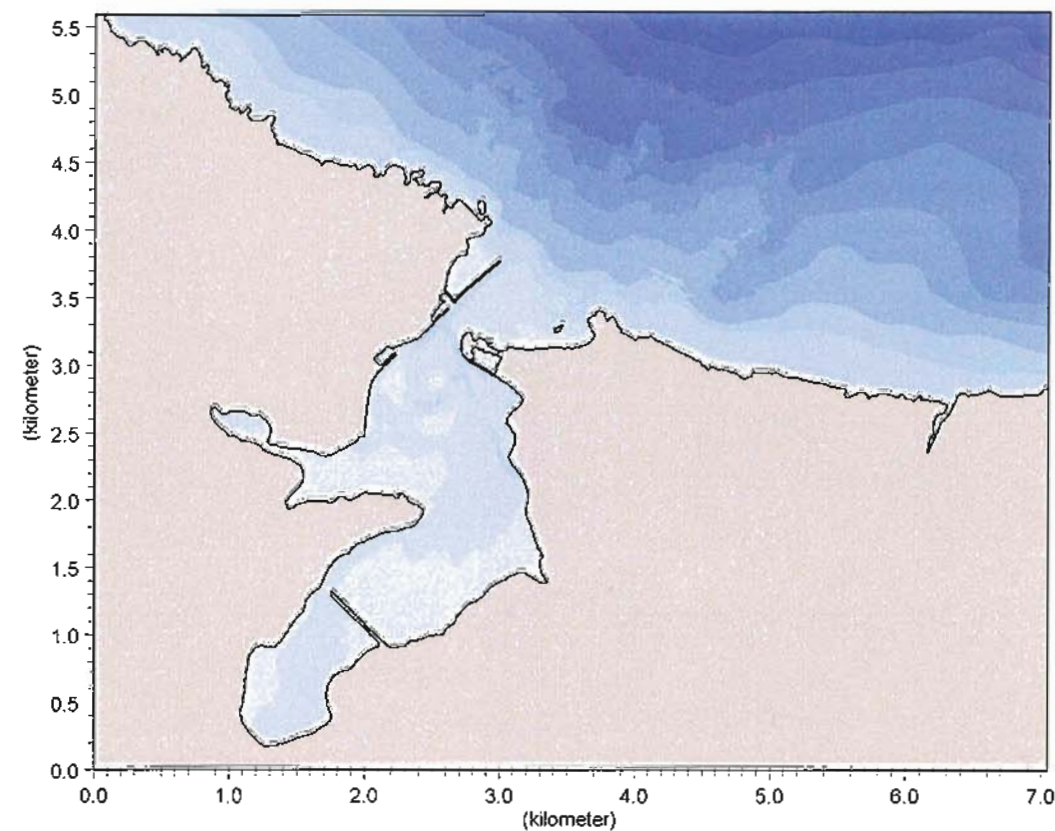
Título			
Batimetría correspondiente a la malla de detalle 1		Propagación de la onda de marea	
			Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

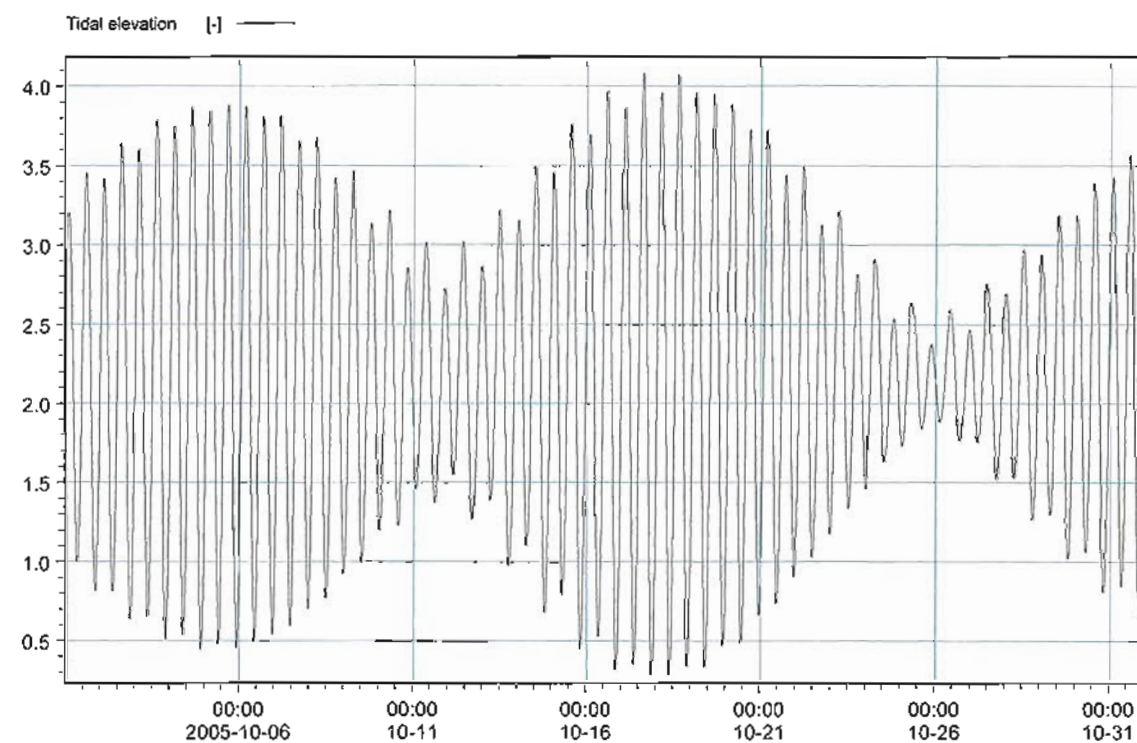
Figura 5.3



<p>Titular</p> <p>Batimetría correspondiente a la malla de detalle 2</p>	<p>HIDTMA</p>
	<p>Propagación de la onda de marea</p>
<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar. T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	<p>Figura 5.4</p>



<p>Titular</p> <p>Batimetría correspondiente a la malla de detalle 3</p>	<p>HIDTMA</p>
	<p>Propagación de la onda de marea</p>
<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar. T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	<p>Figura 5.5</p>



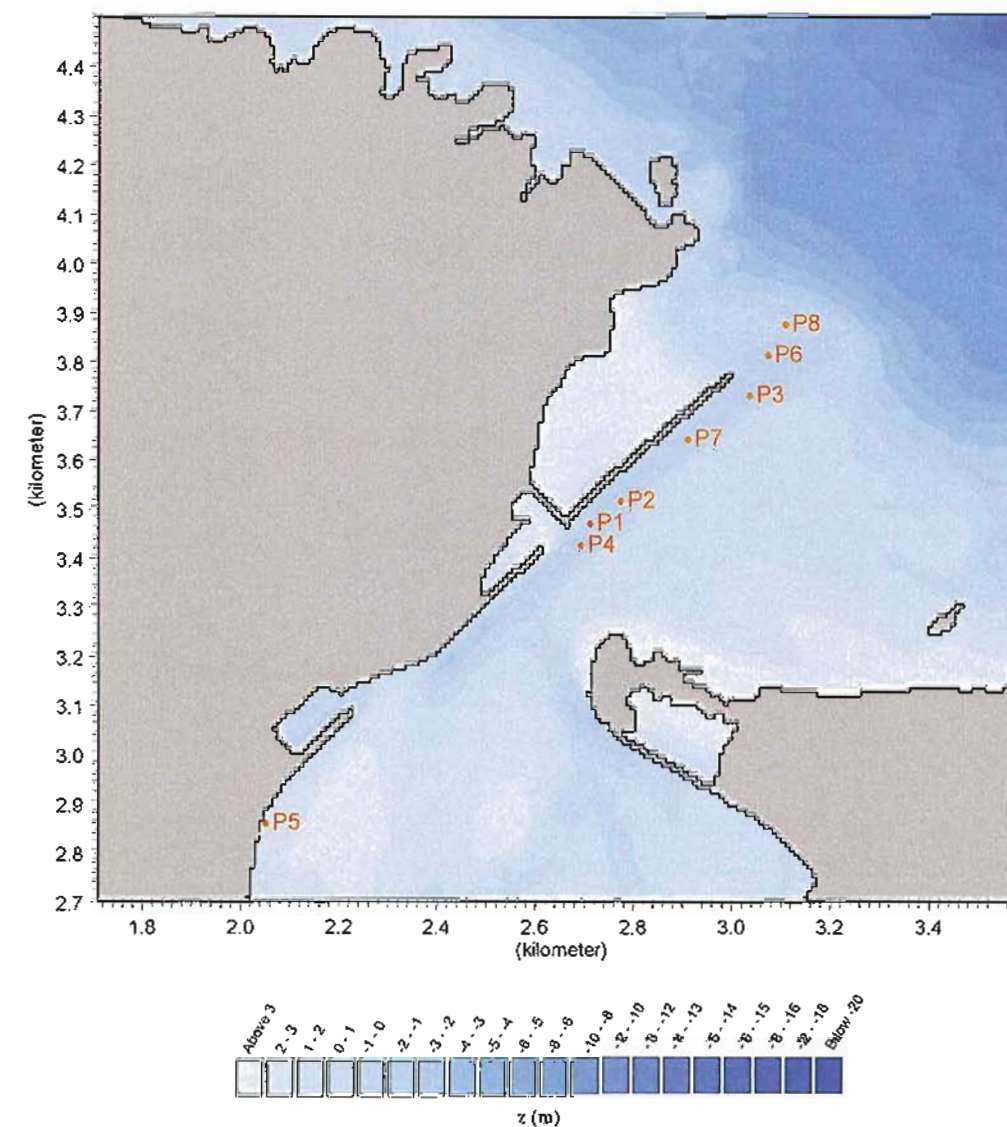
Onda de marea de la Coruña



Propagación de la onda de marea

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar,
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 5.6



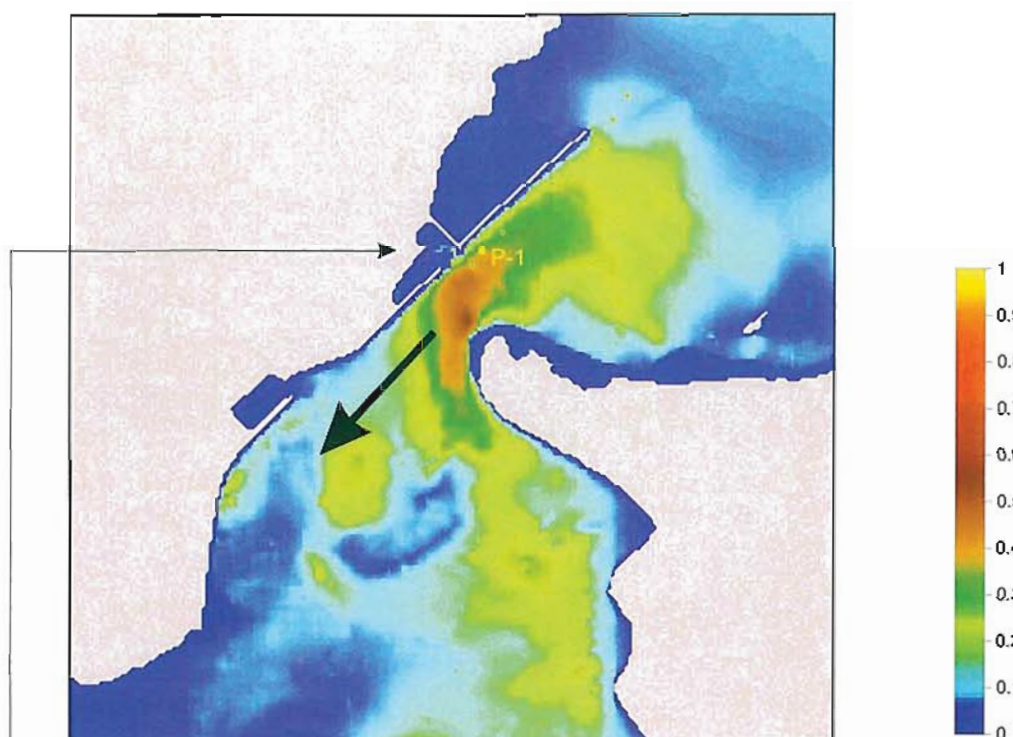
Ubicación de los puntos de medida



Propagación de la onda de marea

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar,
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 5.7



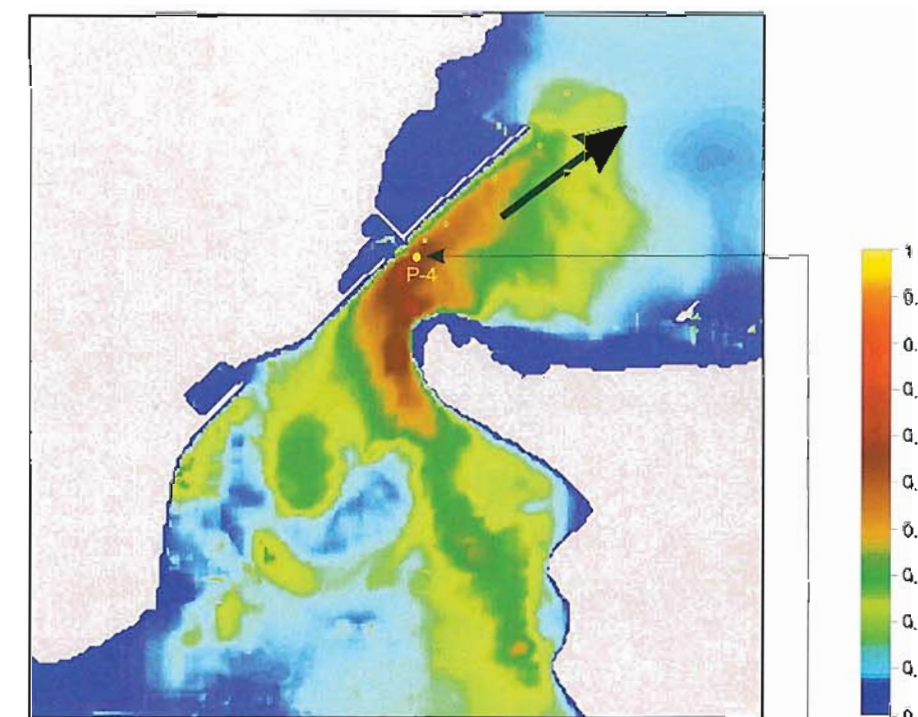
Medidas de campo

Día 24-10-05		Día 25-10-05			
Hora	Vel. (m/s)	Hora	Vel. (m/s)	Hora	Vel. (m/s)
16:34	0,35	11:40	0,35	12:51	0,7
16:36	0,45	11:41	0,35	12:53	0,65
16:37	0,35	11:45	0,4	12:56	0,055
16:39	0,45	11:48	0,6	12:58	0,5
16:41	0,45	11:50	0,7	12:59	0,6
16:44	0,3	11:54	0,5	13:00	0,75
16:48	0,4	11:55	0,6	13:04	0,7
16:51	0,4	11:58	0,7	13:05	0,75
16:53	0,4	12:00	0,753	13:08	0,75
16:55	0,35	12:04	0,35	13:10	0,6
16:59	0,35	12:06	0,5	13:11	0,75
17:03	0,45	12:10	0,4	13:13	0,6
17:04	0,55	12:11	0,5	13:16	0,4
17:05	0,5	12:14	0,55	13:17	0,5
17:06	0,45	12:16	0,6	13:19	0,55
17:08	0,45	12:17	0,65	13:20	0,65
17:09	0,6	12:20	0,7	13:21	0,45
17:10	0,45	12:23	0,65	13:22	0,6
17:11	0,45	12:35	0,4	13:24	0,55
17:12	0,45	12:39	0,4	13:25	0,6
17:14	0,45	12:41	0,3		
17:17	0,3	12:42	0,7		
17:18	0,45	12:44	0,7		
17:19	0,5	12:46	0,7		
17:20	0,5	12:48	0,7		

Título:
Resultados de la calibración del modelo los días 24 y 25.



Propagación de la onda de marea



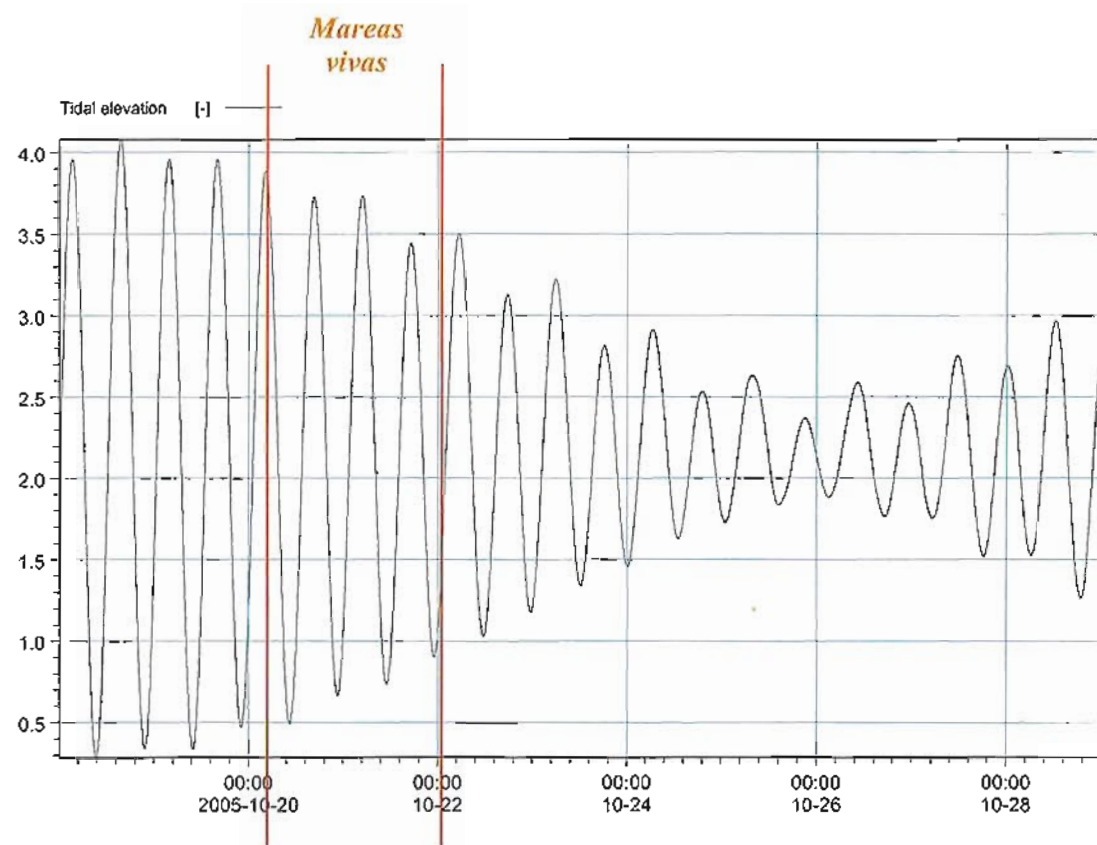
Medidas de campo



Día 28-10-05		Día 28-10-05	
Hora	Vel. (m/s)	Hora	Vel. (m/s)
10:03	0,3	11:36	0,15
10:12	0,15	11:39	0,2
10:14	0,15	11:40	0,15
10:17	0,2	11:42	0,15
10:19	0,1	11:43	0,2
10:20	0,1	11:44	0,2
10:34	0,3	11:45	0,2
10:36	0,3	11:47	0,2
10:37	0,3	11:48	0,25
10:03	0,4	14:24	0,075
10:38	0,35	14:41	0,05
10:39	0,35	14:47	0,1
10:40	0,4	15:36	0,85
10:41	0,4	15:38	0,8
10:42	0,3	15:40	0,5
11:10	0,15	15:41	0,5
11:11	0,1	15:42	0,55
11:12	0,15	15:43	0,6
11:15	0,1	15:44	0,65
11:16	0,2		
11:18	0,15		
11:19	0,2		
11:24	0,5		
11:25	0,5		
11:26	0,5		

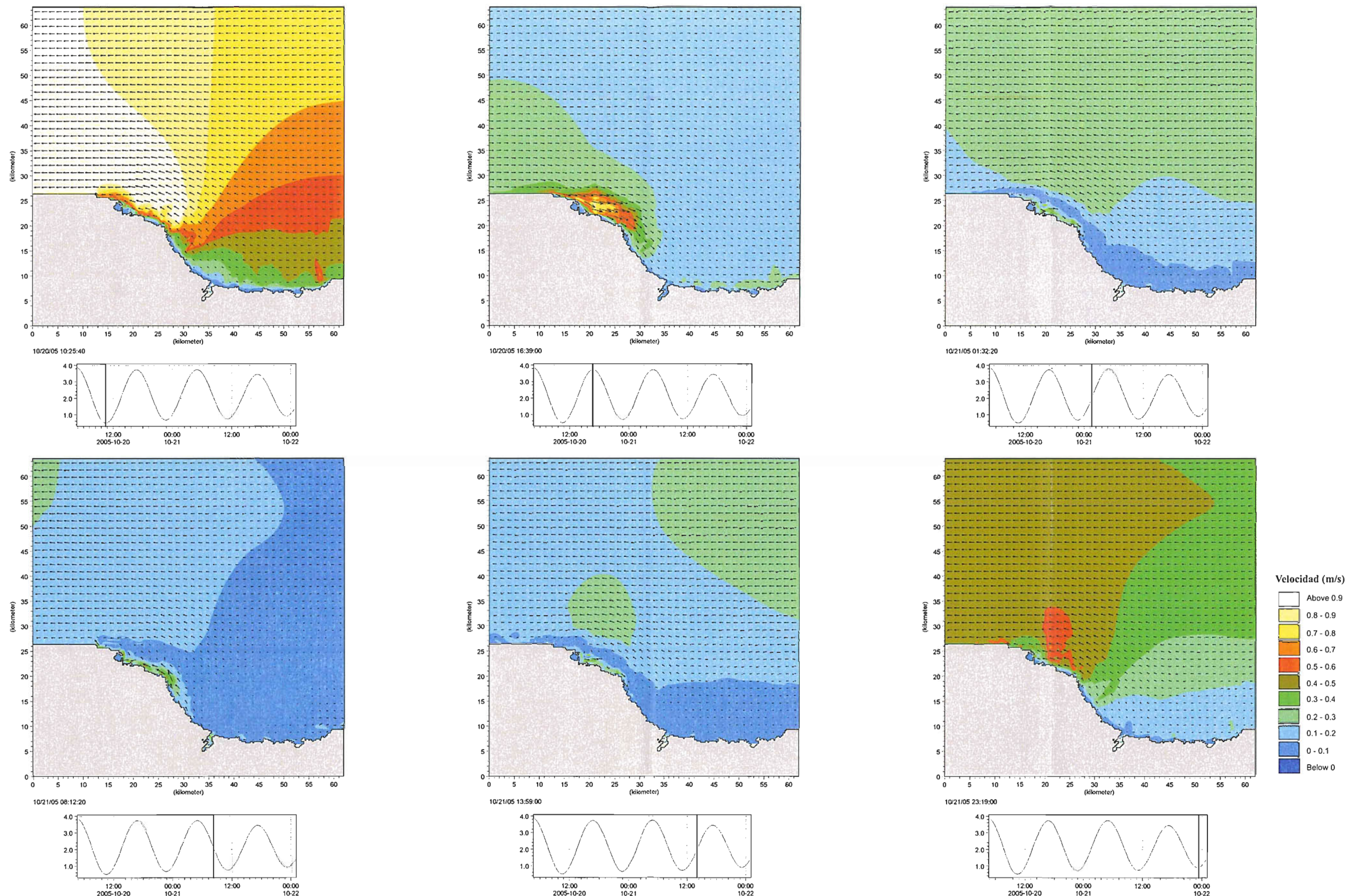
Título:
Resultados de la calibración del modelo el día 28.



Propagación de la onda de marea

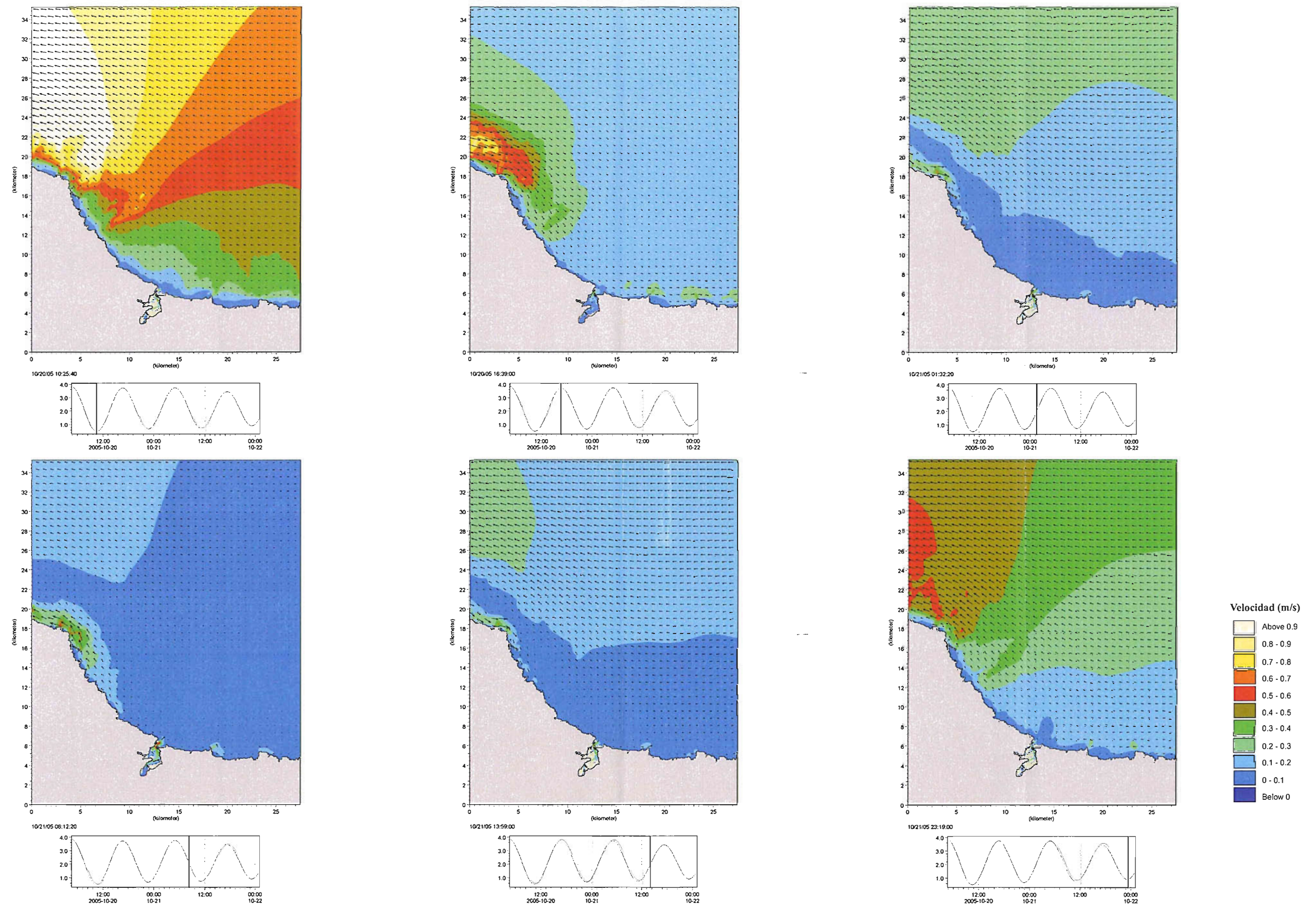


<p>Título:</p> <p>Tramos de la onda de marea analizada para mareas vivas</p>	<p> HIDTMA</p>
	<p><i>Propagación de la onda de marea</i></p>
<p> MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE</p> <p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p>	<p><i>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altur. T.M. de Barreiros (Lugo)</i></p> <p>Figura 5.10</p>



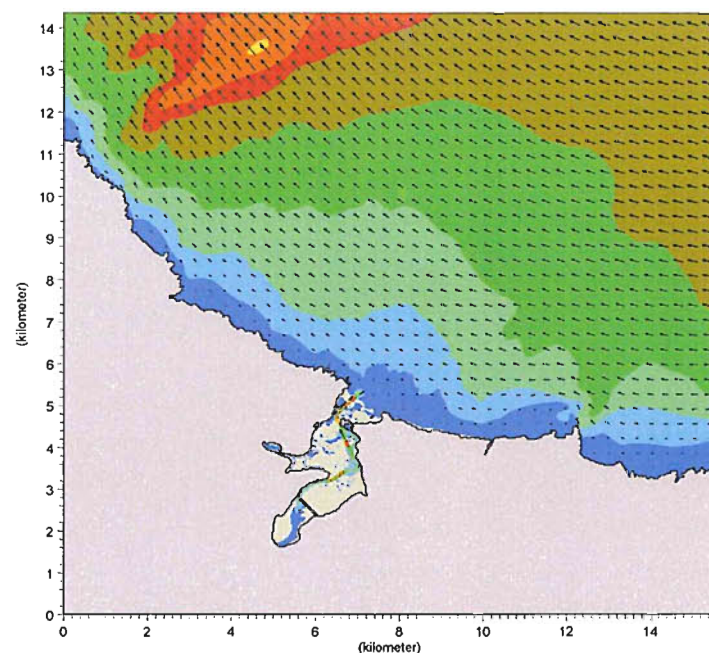
Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla general. Mareas vivas.

Propagación de la onda de marea

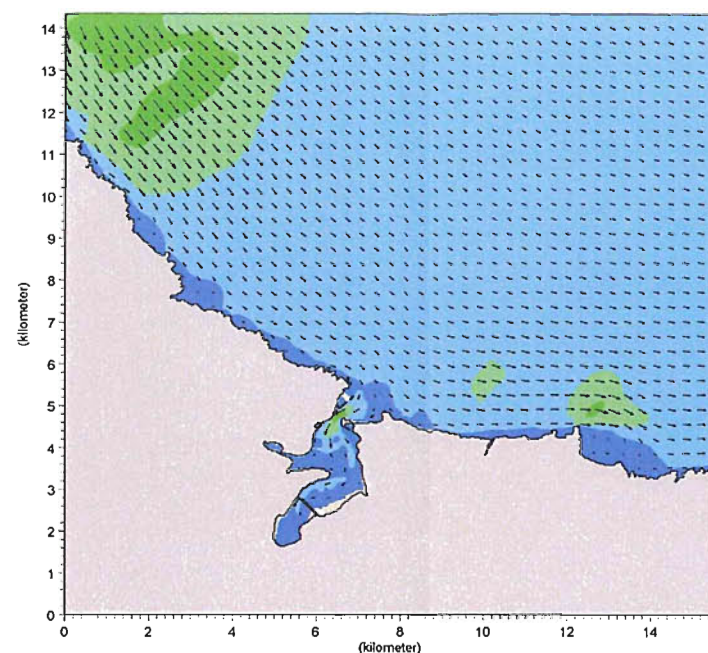
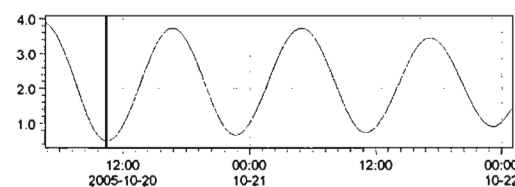


Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 1. Mareas vivas.

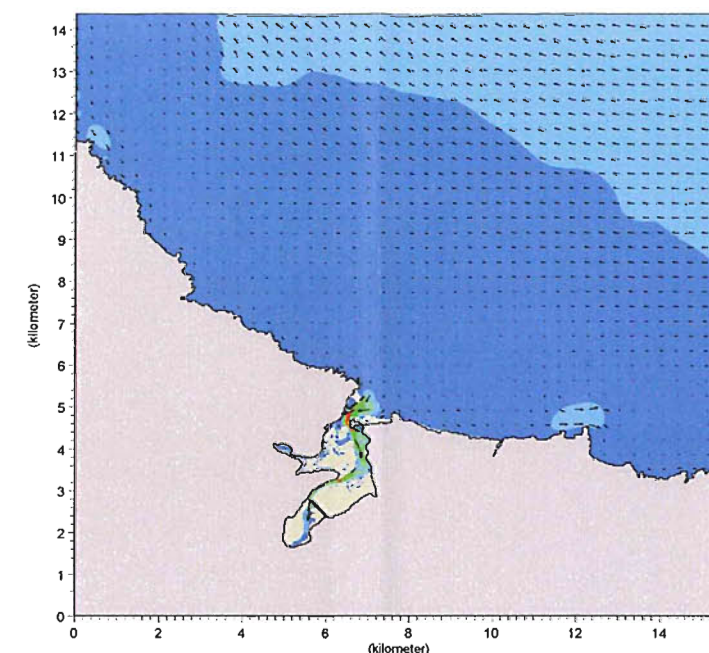
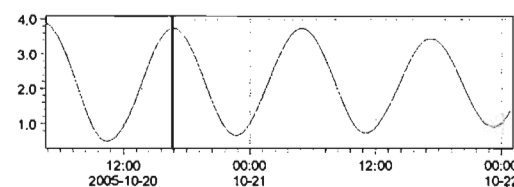
Propagación de la onda de marea



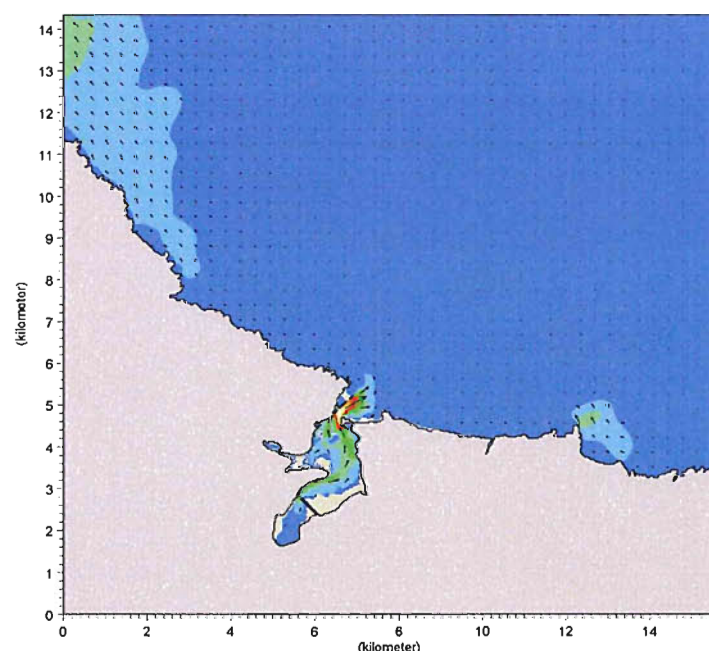
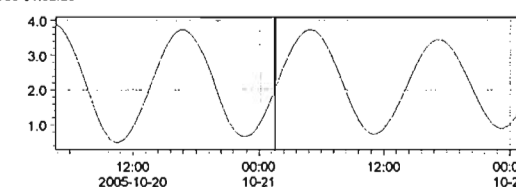
10/20/05 10:25:40



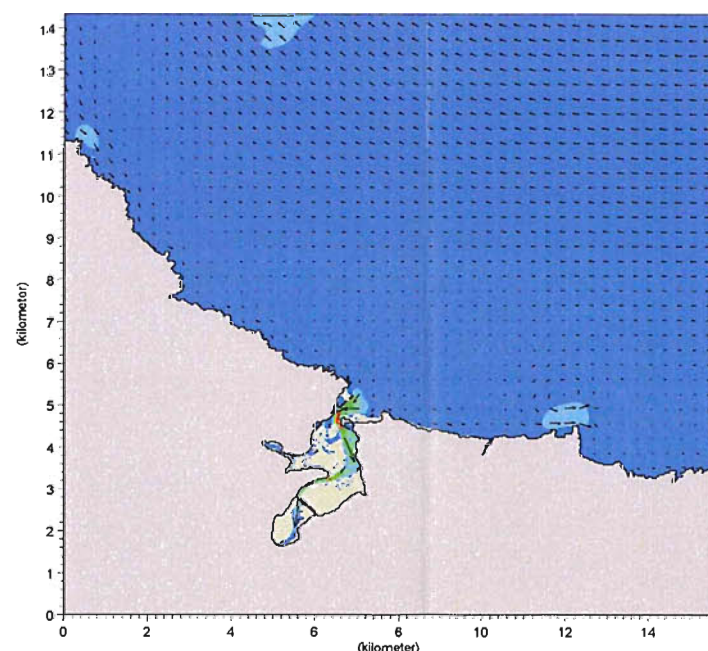
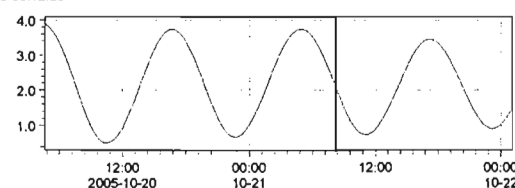
10/20/05 16:39:00



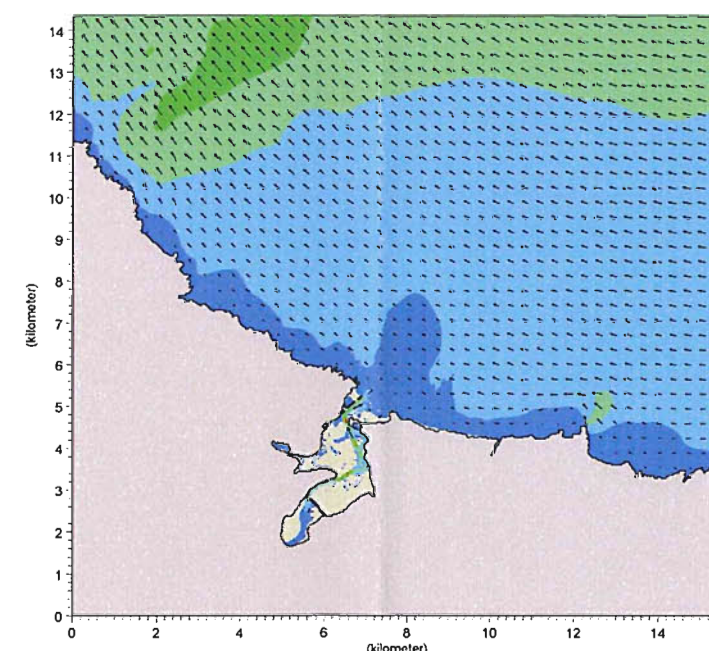
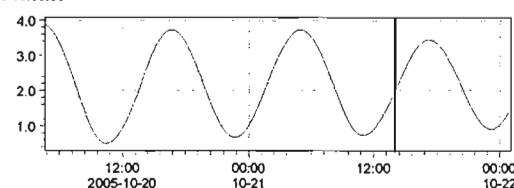
10/21/05 01:32:20



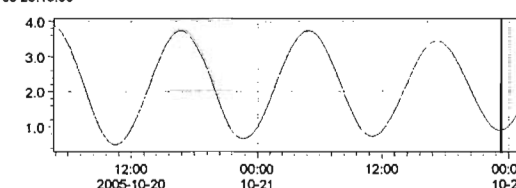
10/21/05 08:12:20



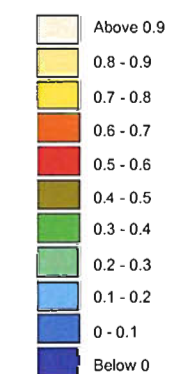
10/21/05 13:59:00



10/21/05 23:19:00



Velocidad (m/s)



Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 2. Mareas vivas.

Propagación de la onda de marea



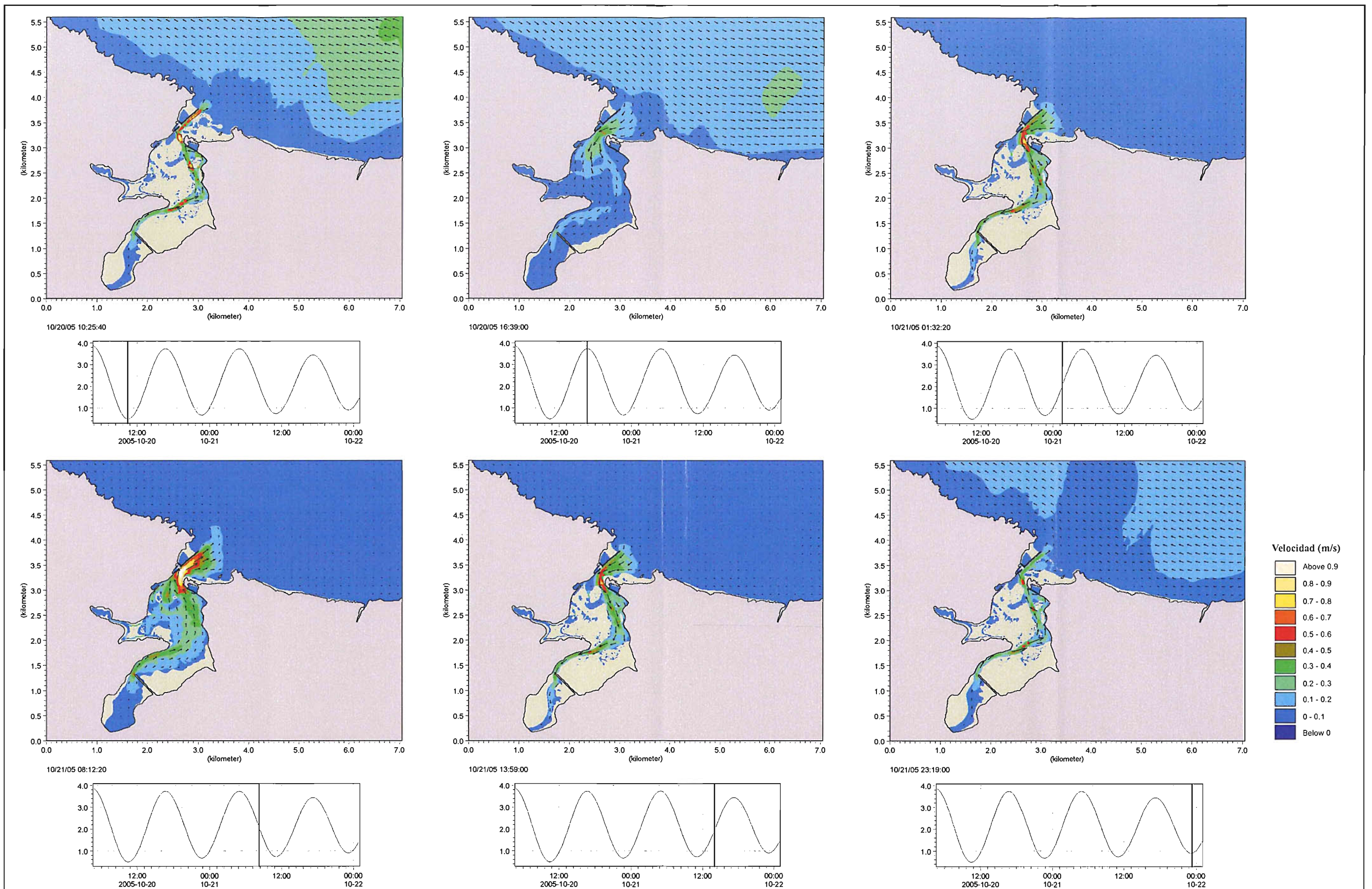
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE
DIRECCIÓN GENERAL DE COSTAS
Y PUERTOS

SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto
para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

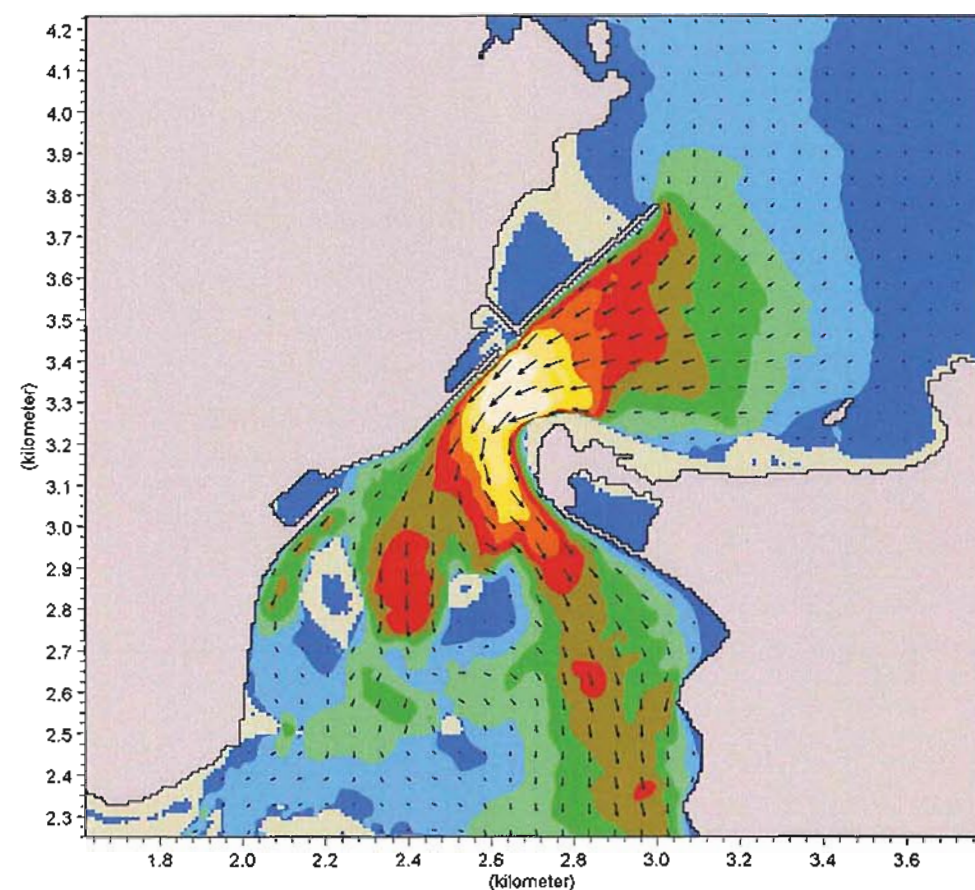


Figura 5.13

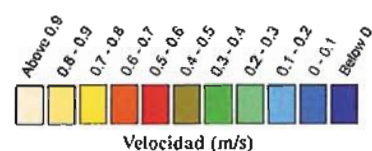


Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 3. Mareas vivas.

Propagación de la onda de marea



10/21/05 02:52:20



Título:
Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Máxima llenante.
Mareas vivas.

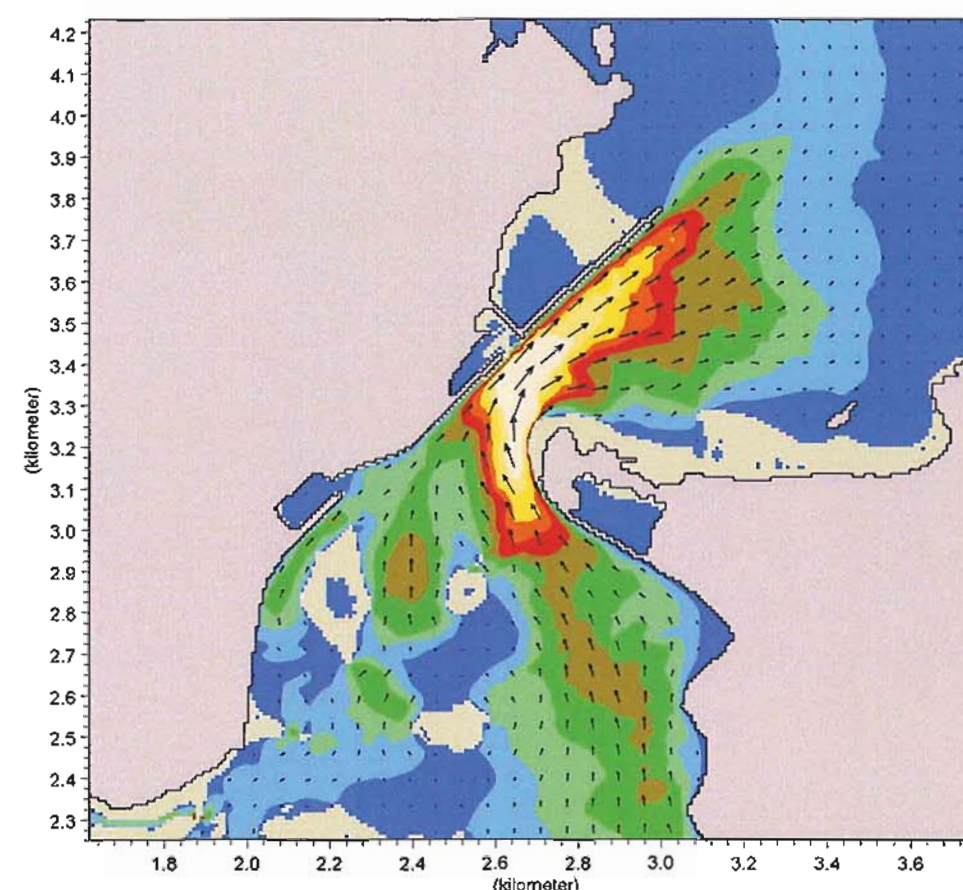


Propagación de la onda de marea

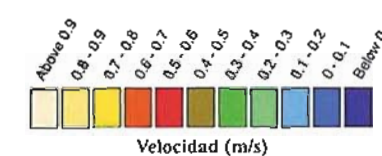
Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ria de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Figura 5.15



10/20/05 20:12:20



Título:
Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Máxima vaciante.
Mareas vivas.

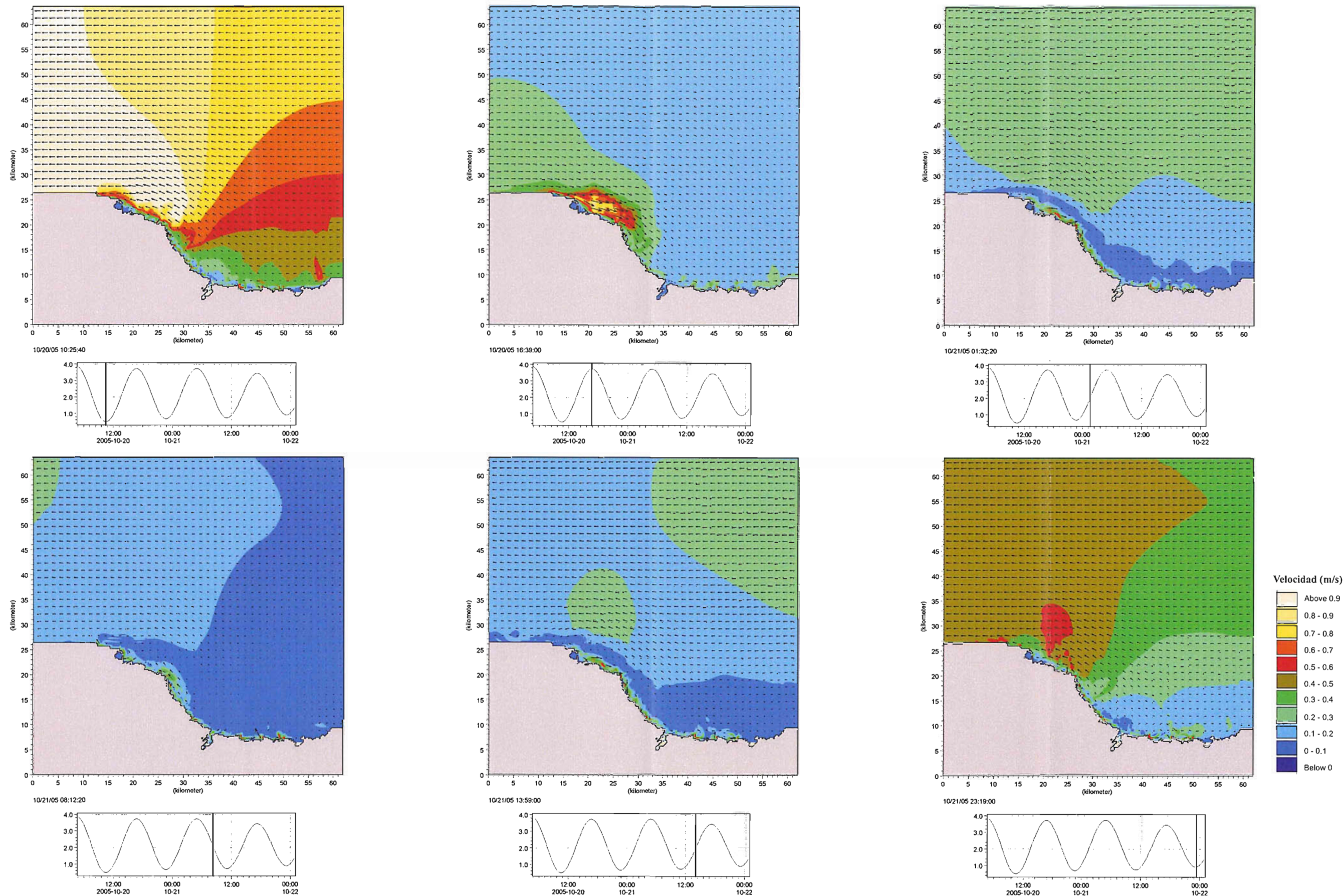


Propagación de la onda de marea

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ria de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

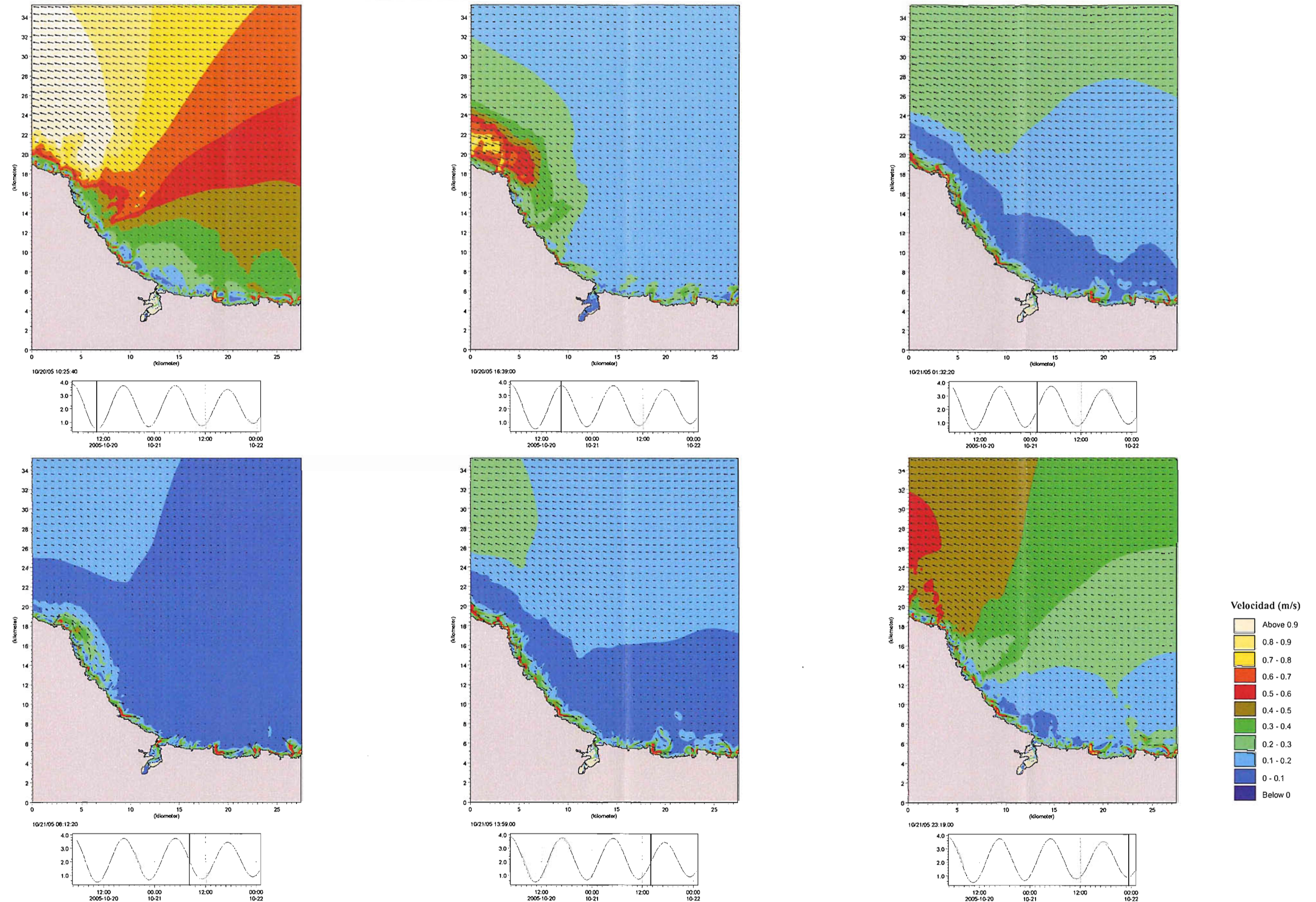
SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Figura 5.16



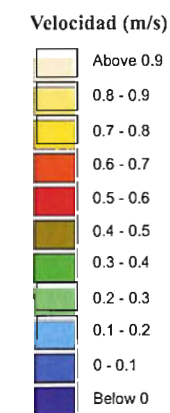
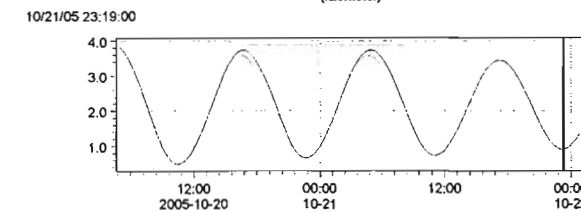
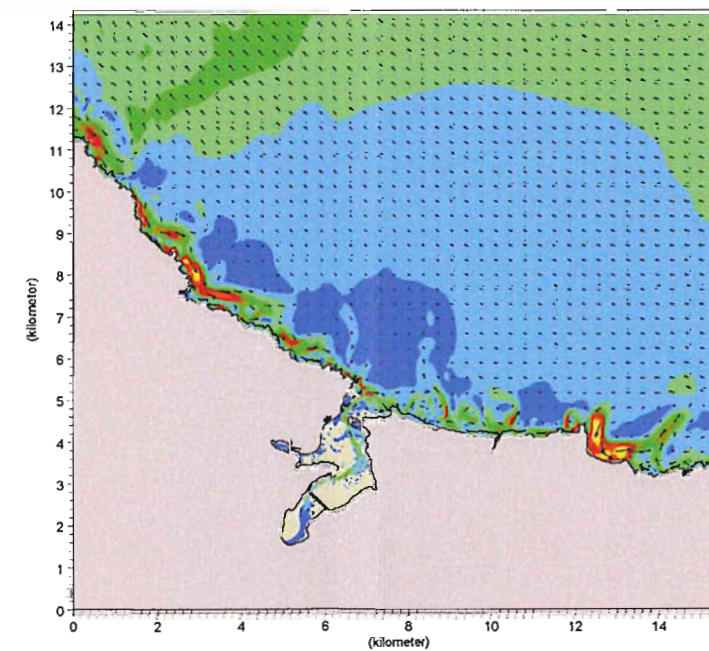
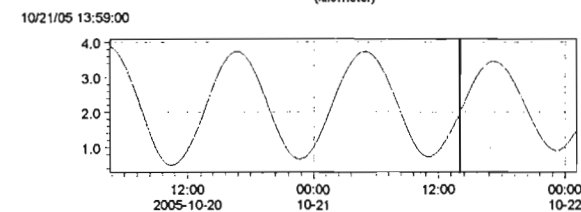
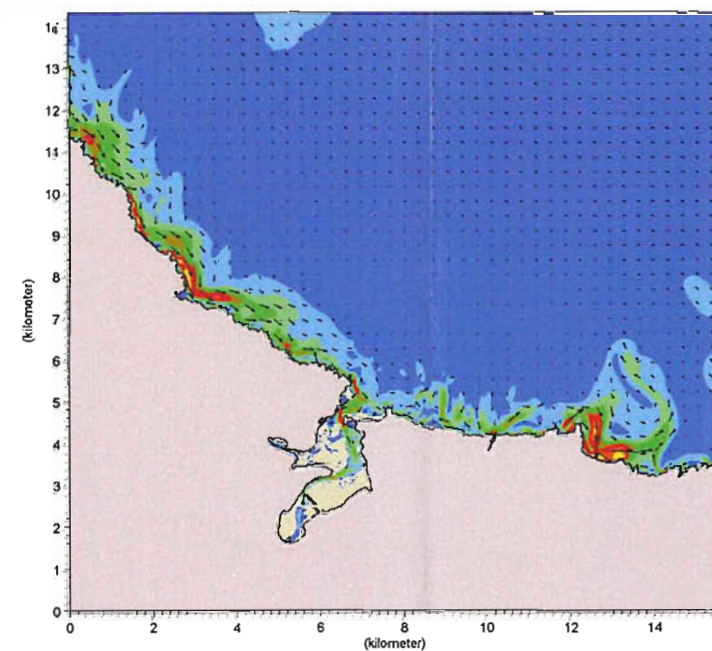
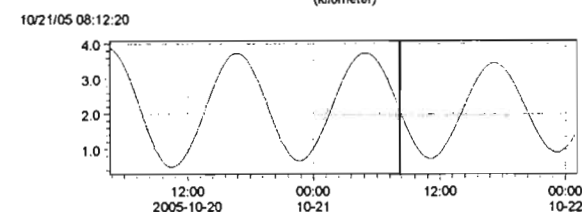
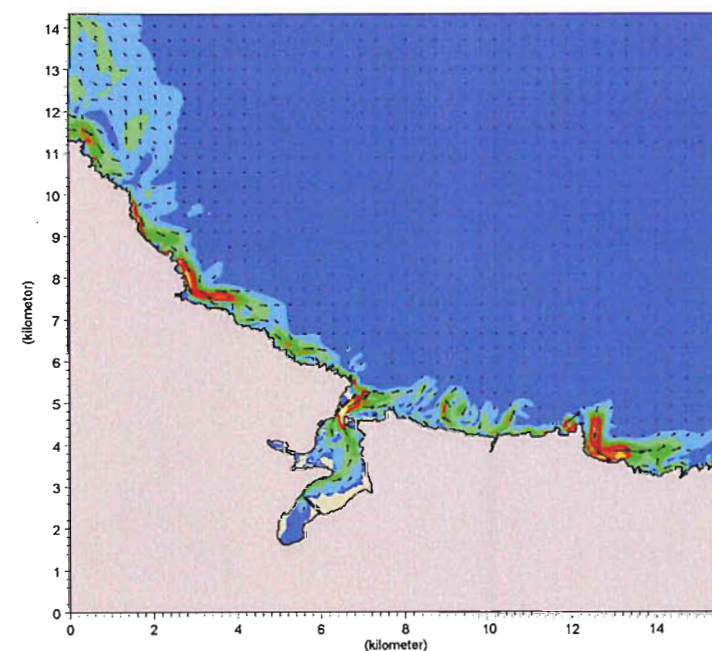
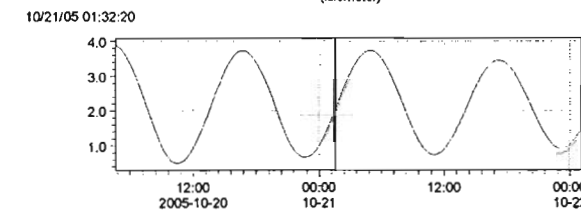
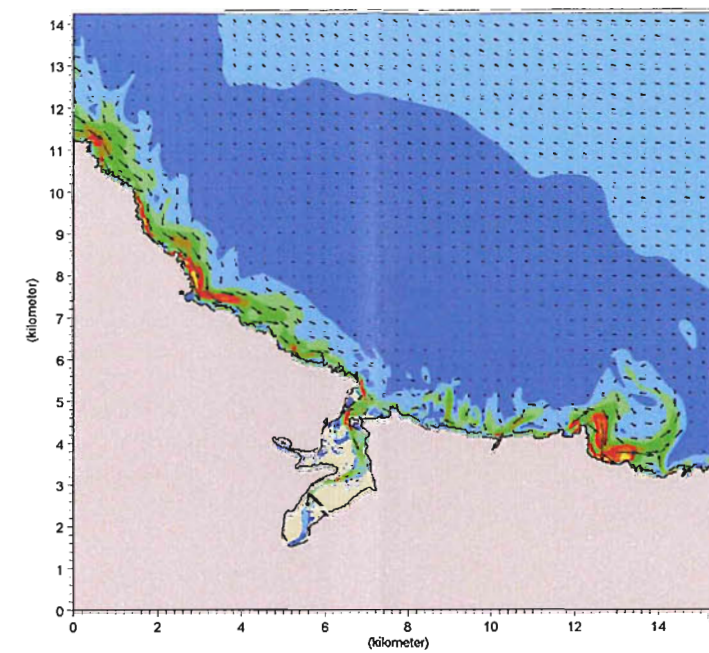
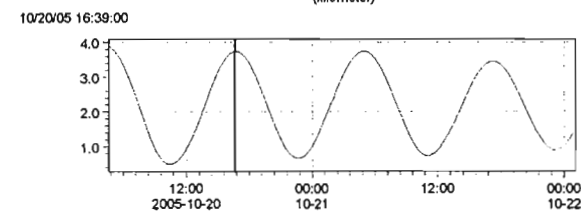
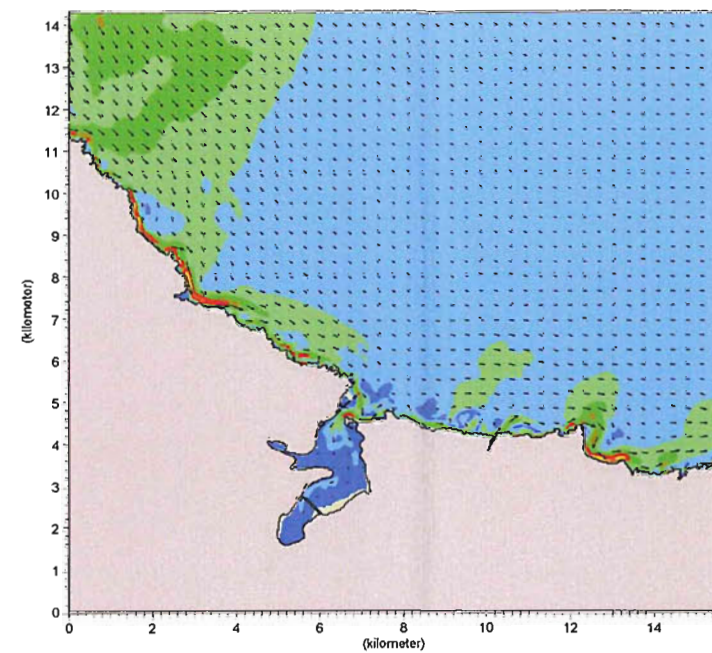
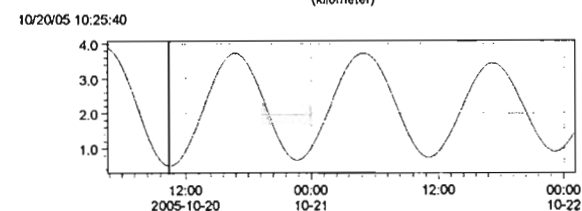
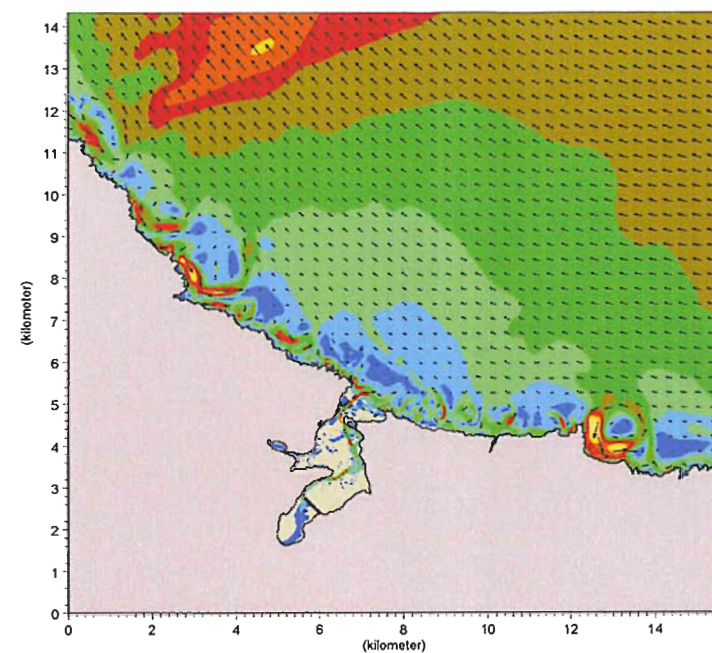
Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla general. Mareas vivas.
Dirección N-15-W. $T_p = 14s$. $H_s = 2.5m$.

Propagación de la onda de marea



Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 1. Mareas vivas.
Dirección N-15-W. $T_p = 14s$. $H_s = 2.5m$.

Propagación de la onda de marea



Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 2. Mareas vivas.
Dirección N-15-W. $T_p = 14s$. $H_s = 2.5m$.

Propagación de la onda de marea



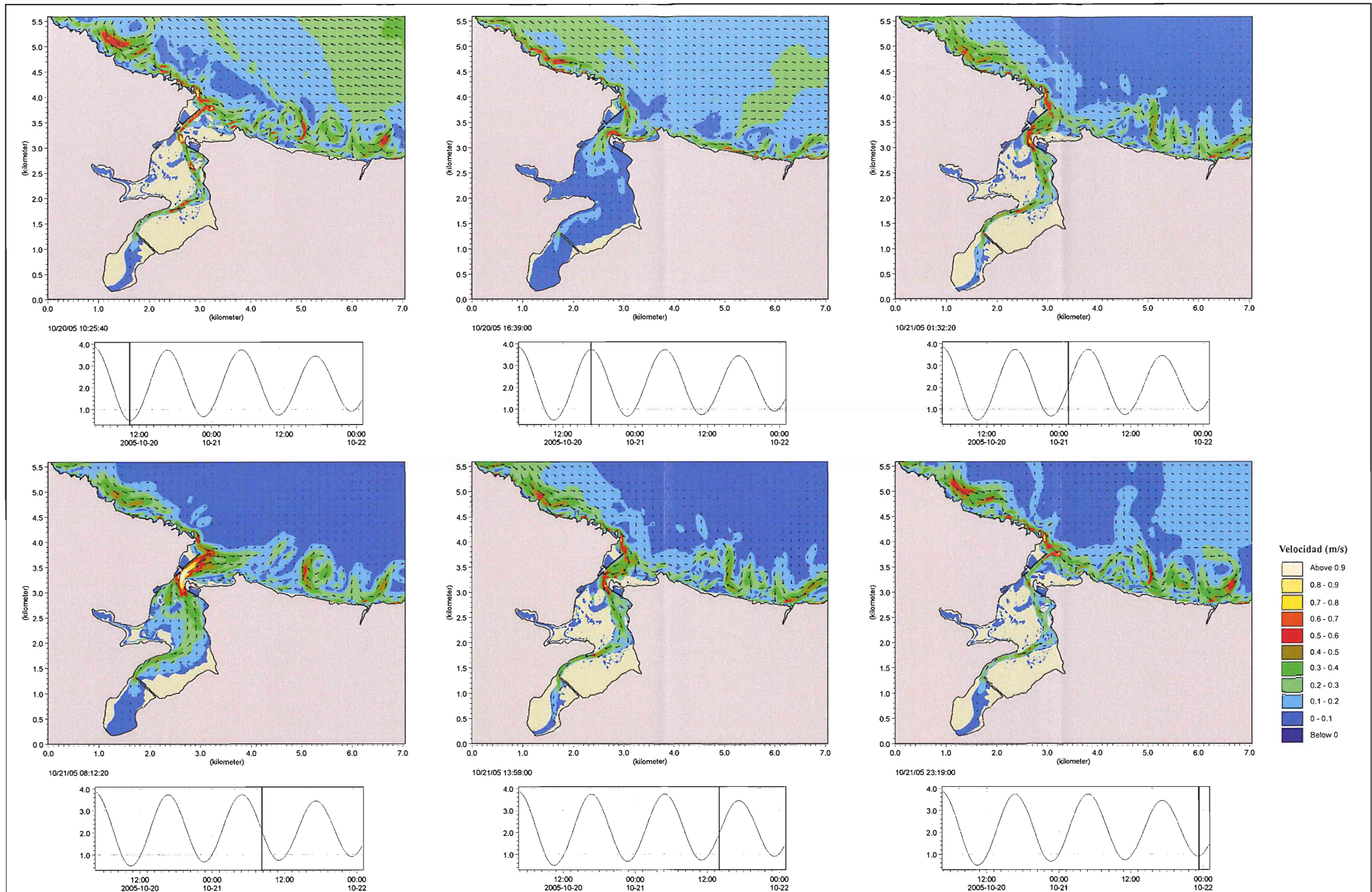
SECRETARÍA GENERAL DE
PLANIFICACIÓN Y POLÍTICA
AMBIENTAL

SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto
para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

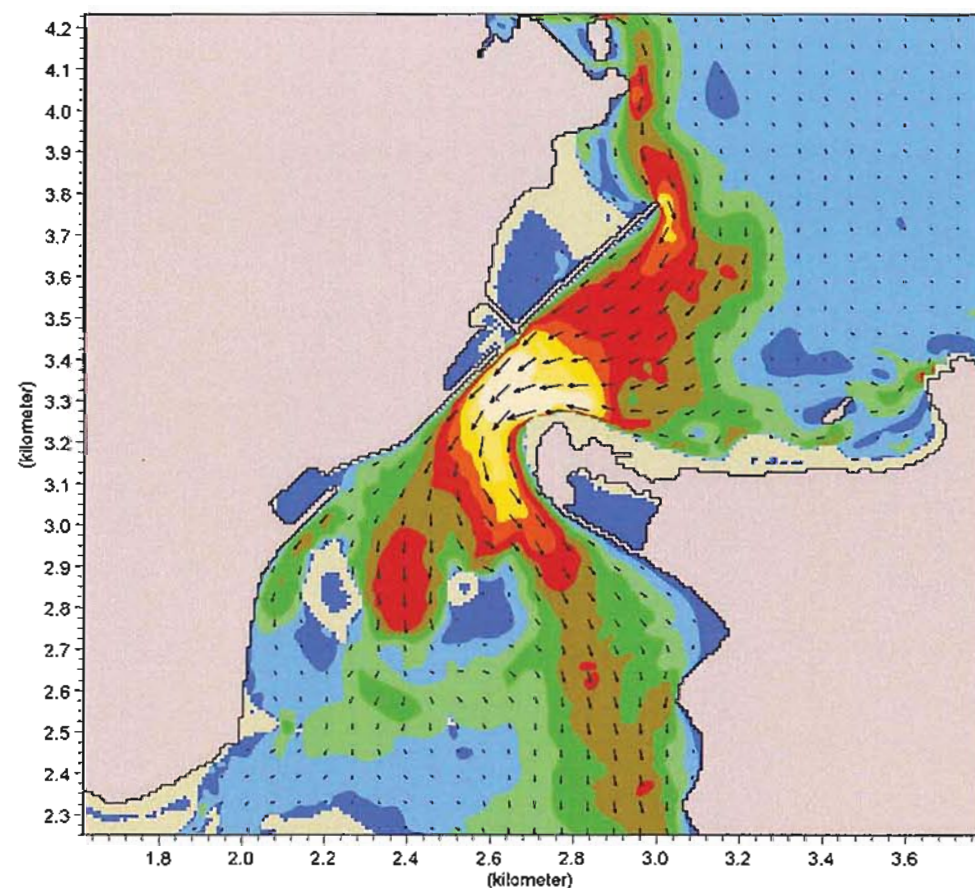


Figura 5.19

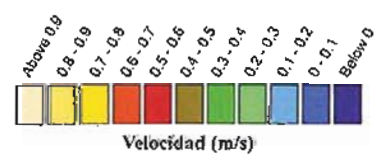


Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 3. Mareas vivas.
Dirección N-15-W. $T_p = 14s$. $H_s = 2.5m$.

Propagación de la onda de marea



10/21/05 02:52:20



Título:
Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Máxima llenante.
Mareas vivas. Dirección N-15-W. $T_p=14s$. $H_s=2.5m$.



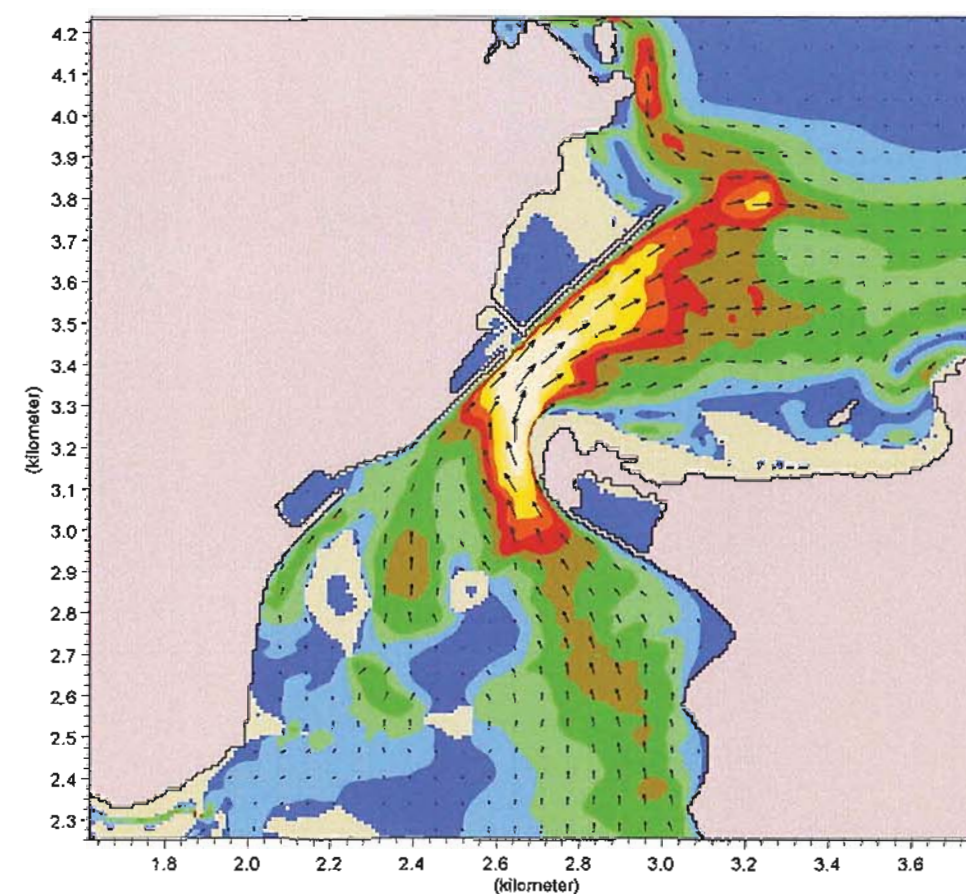
Propagación de la onda de marea



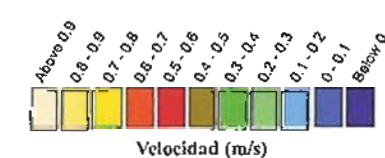
SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 5.21



10/20/05 20:12:20



Título:
Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Máxima vaciante.
Mareas vivas. Dirección N-15-W. $T_p=14s$. $H_s=2.5m$.



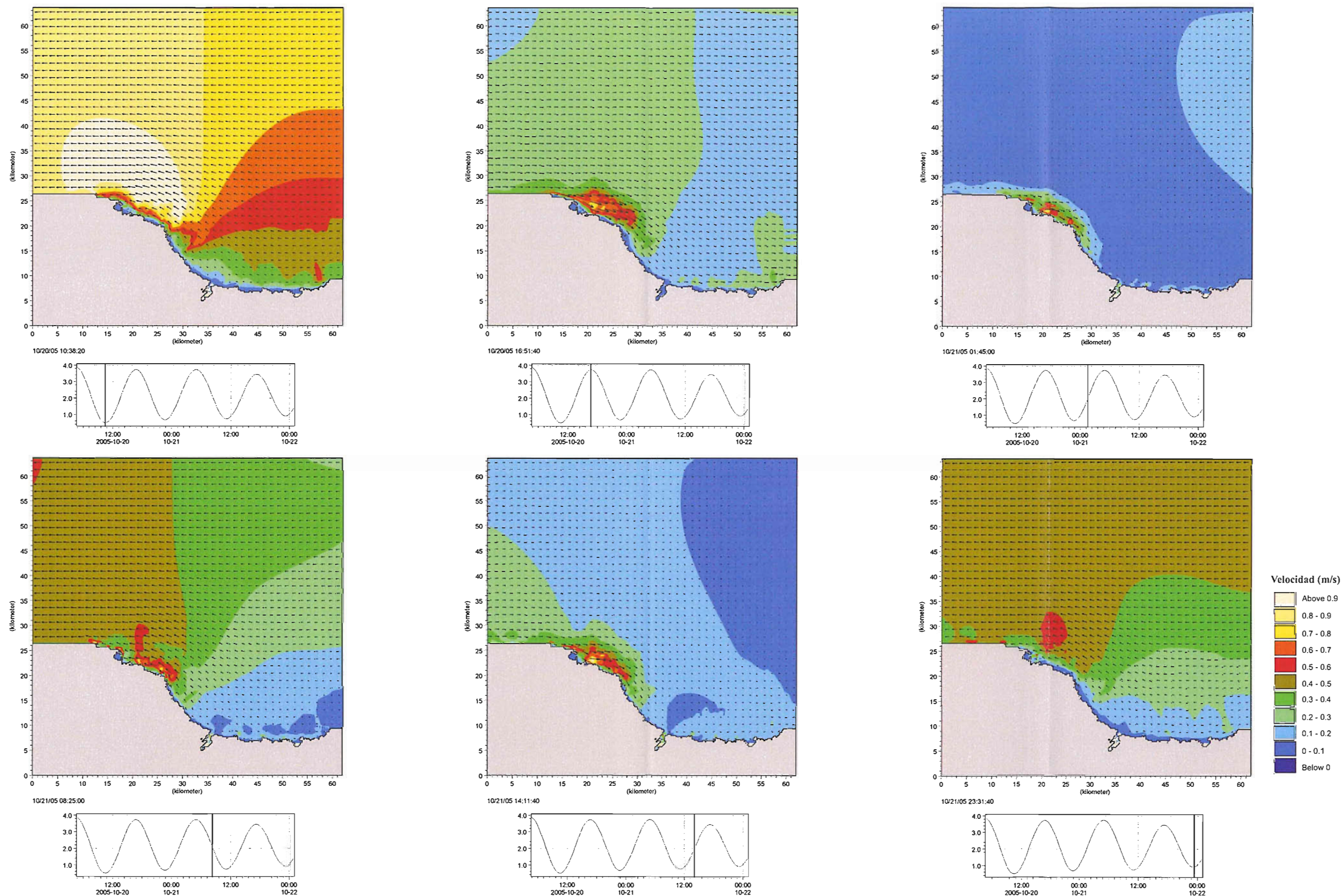
Propagación de la onda de marea



SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

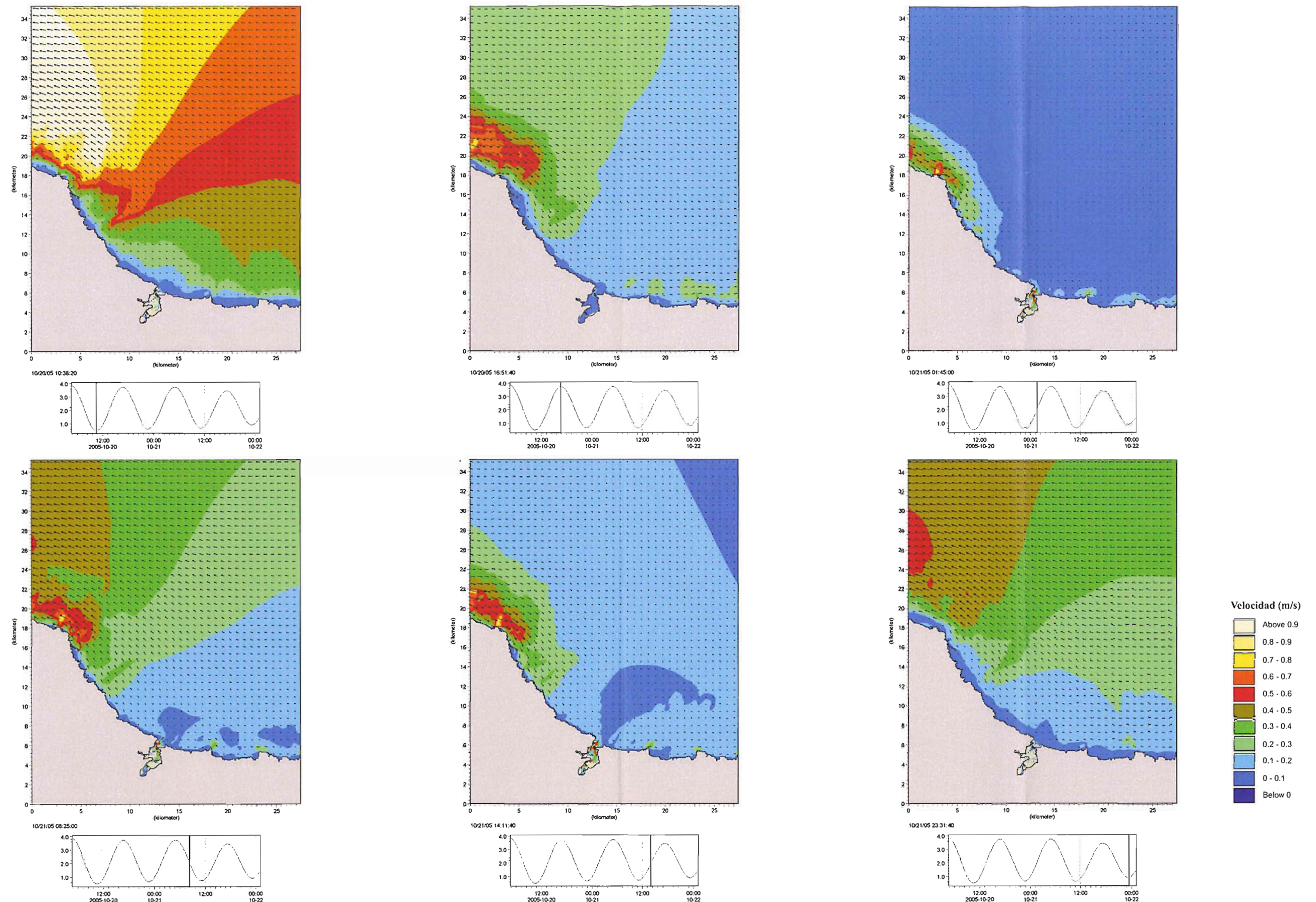
Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 5.22



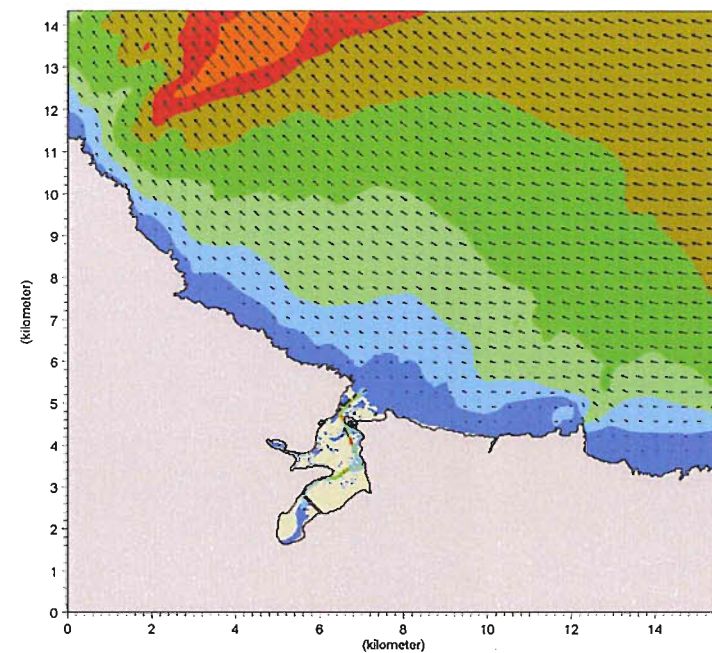
Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla general. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.5m.

Propagación de la onda de marea

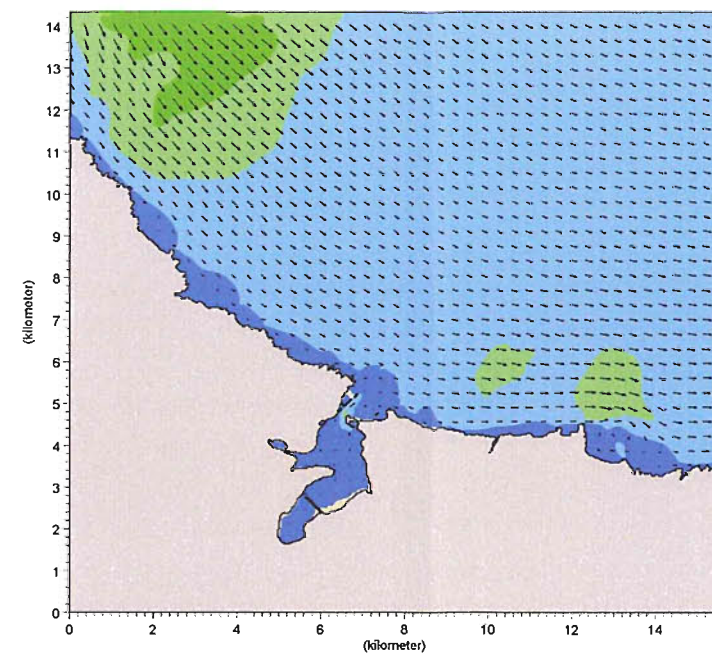
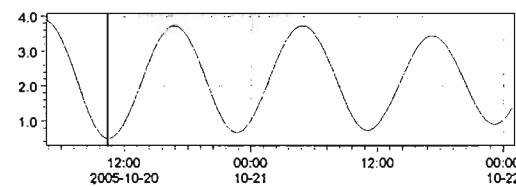


Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 1. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.5m.

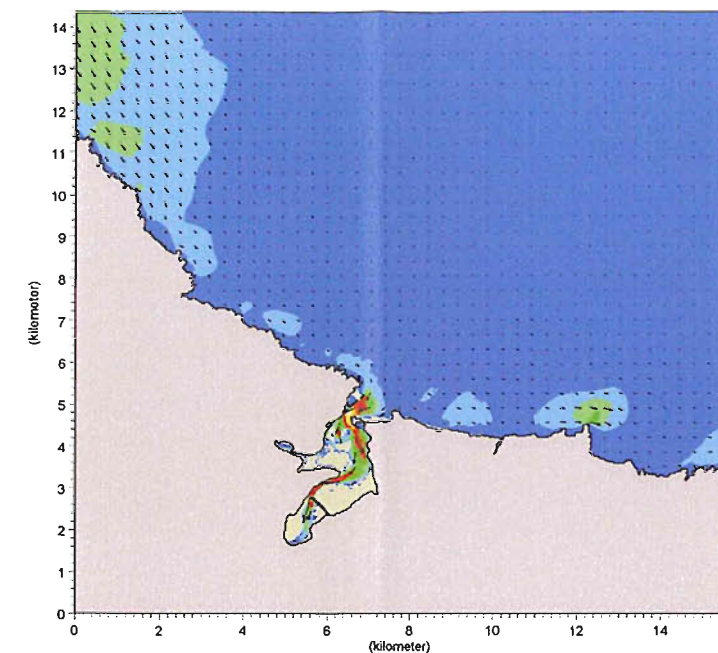
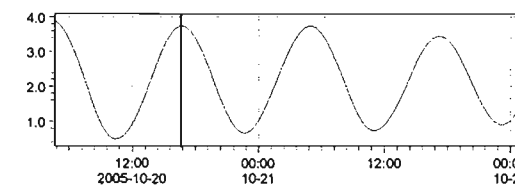
Propagación de la onda de marea



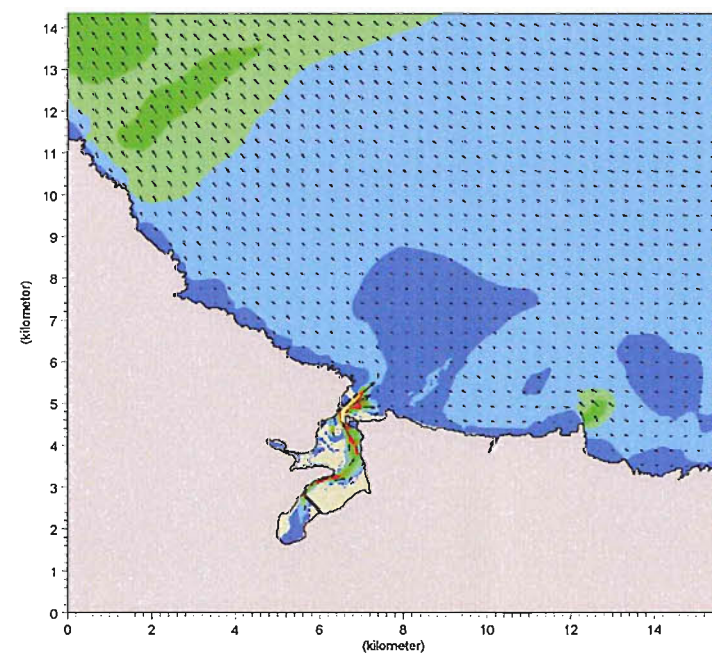
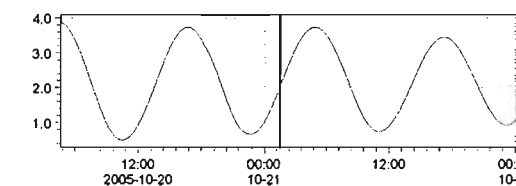
10/20/05 10:38:20



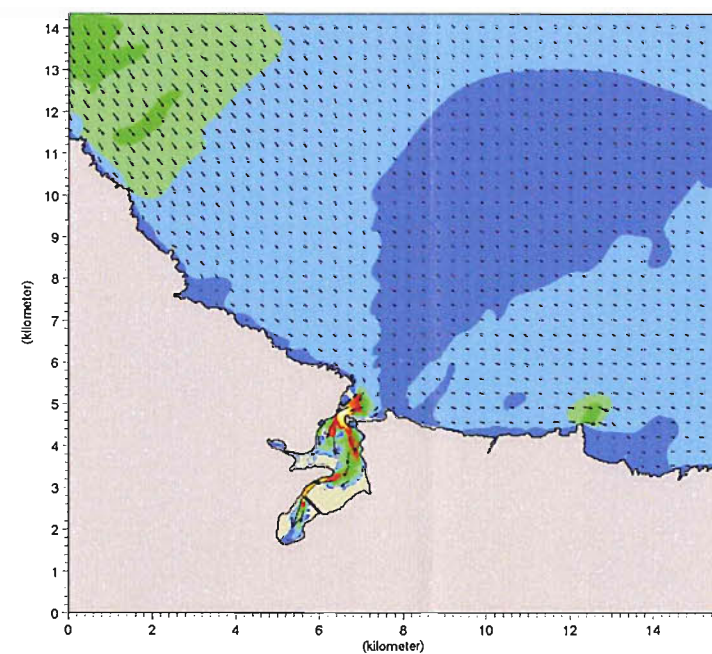
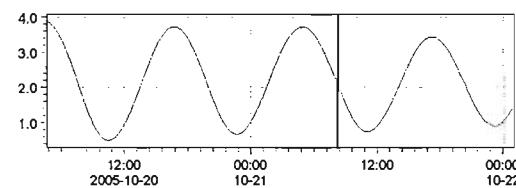
10/20/05 16:51:40



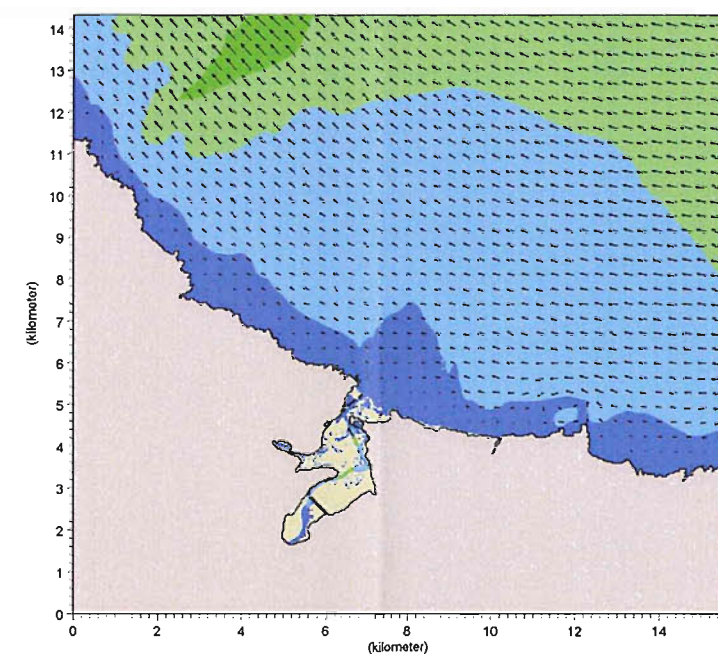
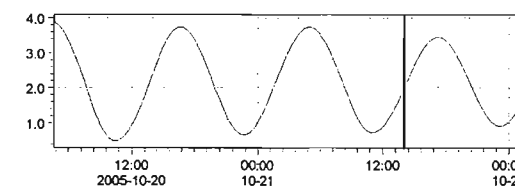
10/21/05 01:45:00



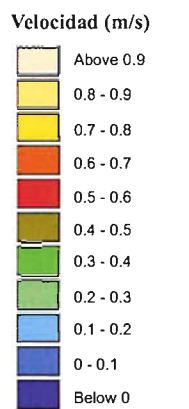
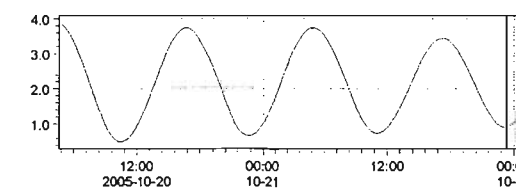
10/21/05 08:25:00



10/21/05 14:11:40

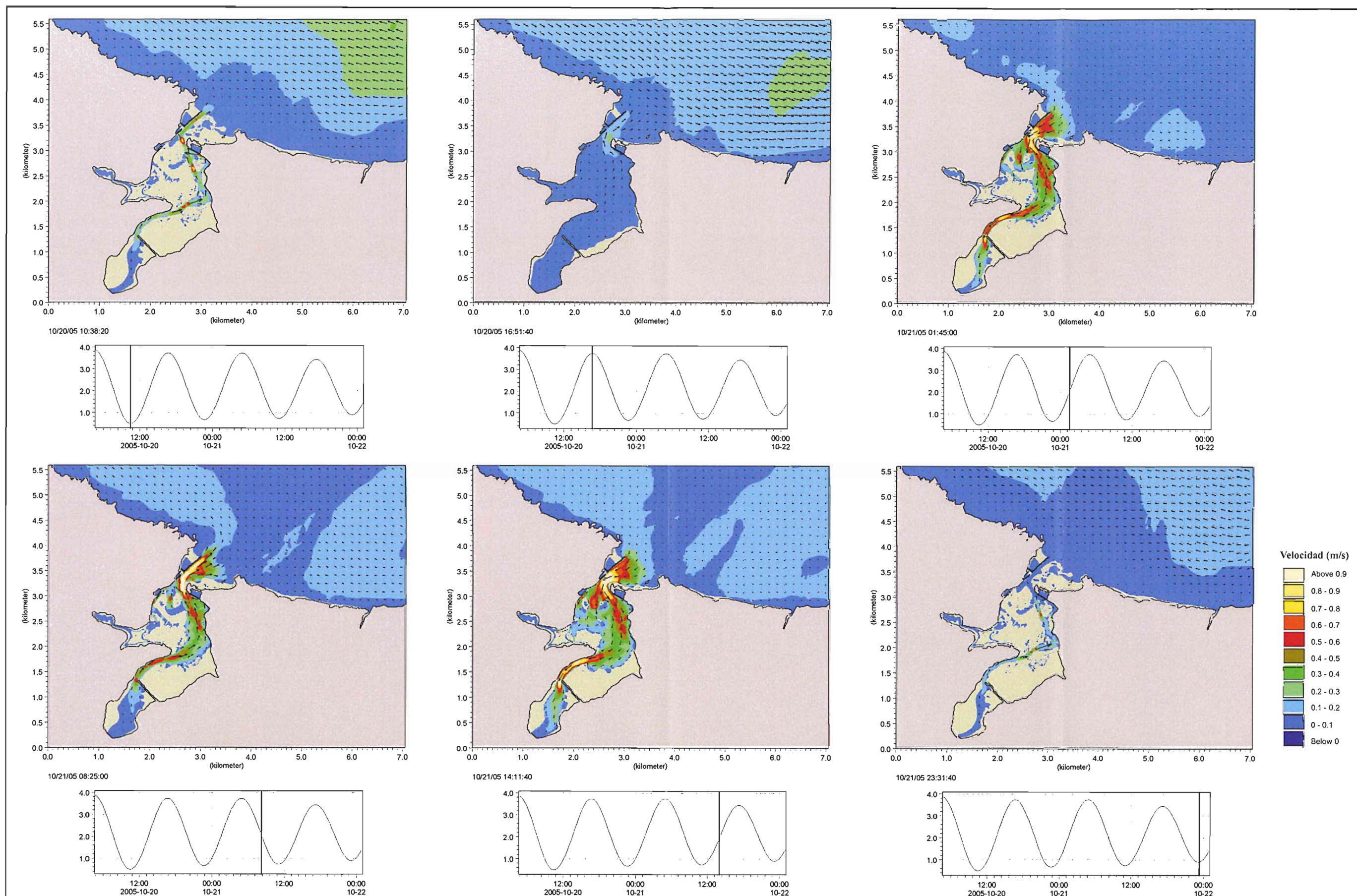


10/21/05 23:31:40



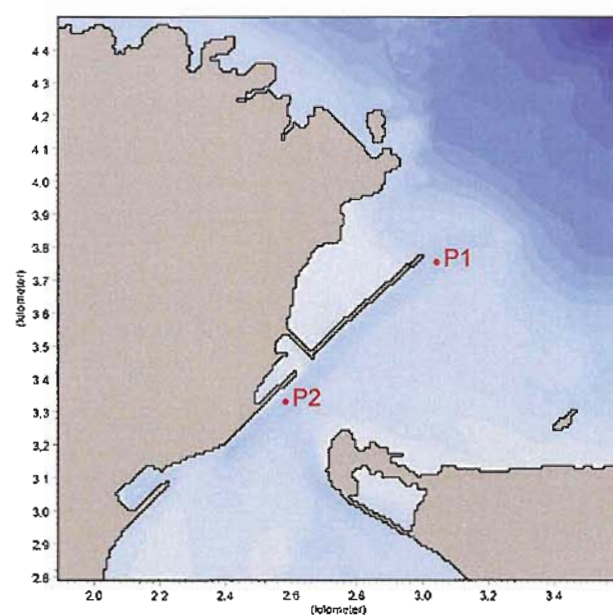
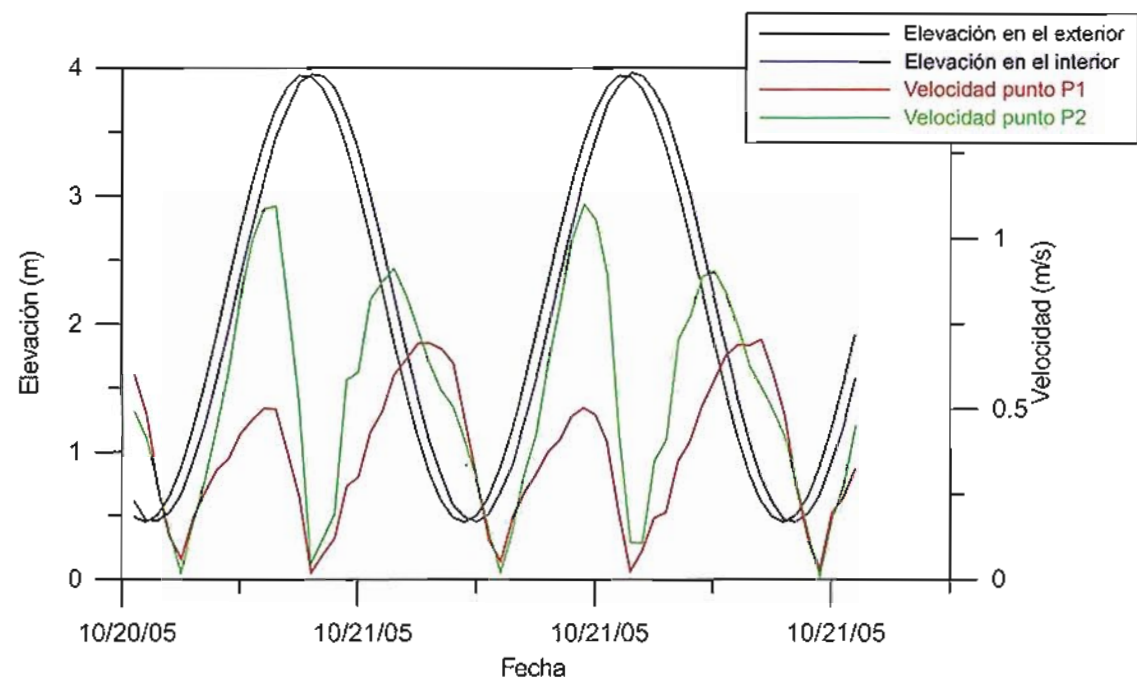
Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 2. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.5m.

Propagación de la onda de marea



Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Diferentes instantes a lo largo de la simulación. Malla de detalle 3. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.5m.

Propagación de la onda de marea



<p>Título:</p> <p>Desfase de la onda de marea y análisis de velocidades</p>		<p>HIDTMA</p> <p>Propagación de la onda de marea</p>
<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar. T.M. de Barreiros (Lugo)</p>		<p>Figura 5.27</p>

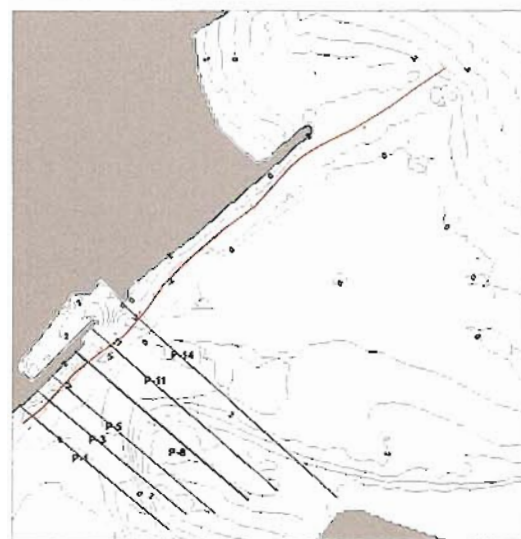


→ Transporte de sedimentos
 → Flujos en marea alta
 → Flujos en marea baja

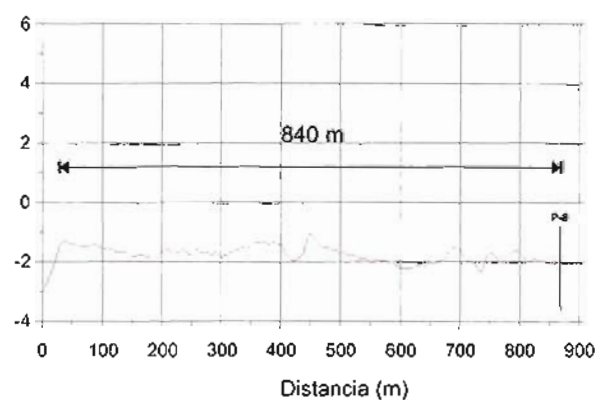


<p>Título:</p> <p>Flujos de llenante y vaciante en el canal de Foz, y esquema básico del transporte de sedimentos</p>		<p>HIDTMA</p> <p>Estabilización de la playa de Altar</p>
<p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p>		<p>Figura 6.1</p>

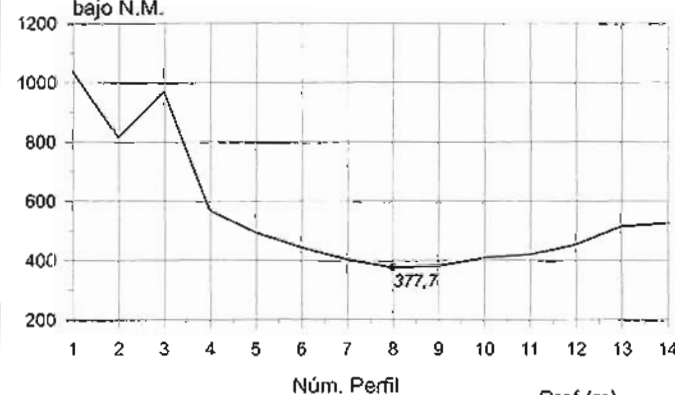
Situación de perfiles
y eje del canal



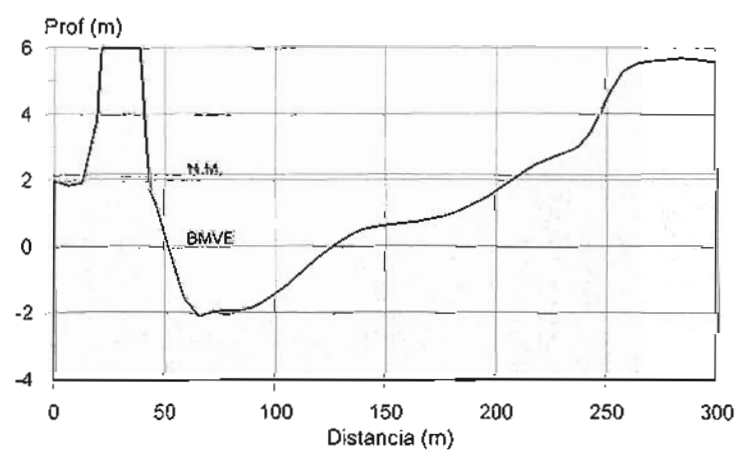
Perfil a lo largo del
eje del canal



Sección del canal (m²)
bajo N.M.



Sección del canal
por perfiles



Sección mínima del canal
Perfil - 8

Título:
Cálculo de la sección mínima A_{mw} y de la longitud del canal L_{mw}

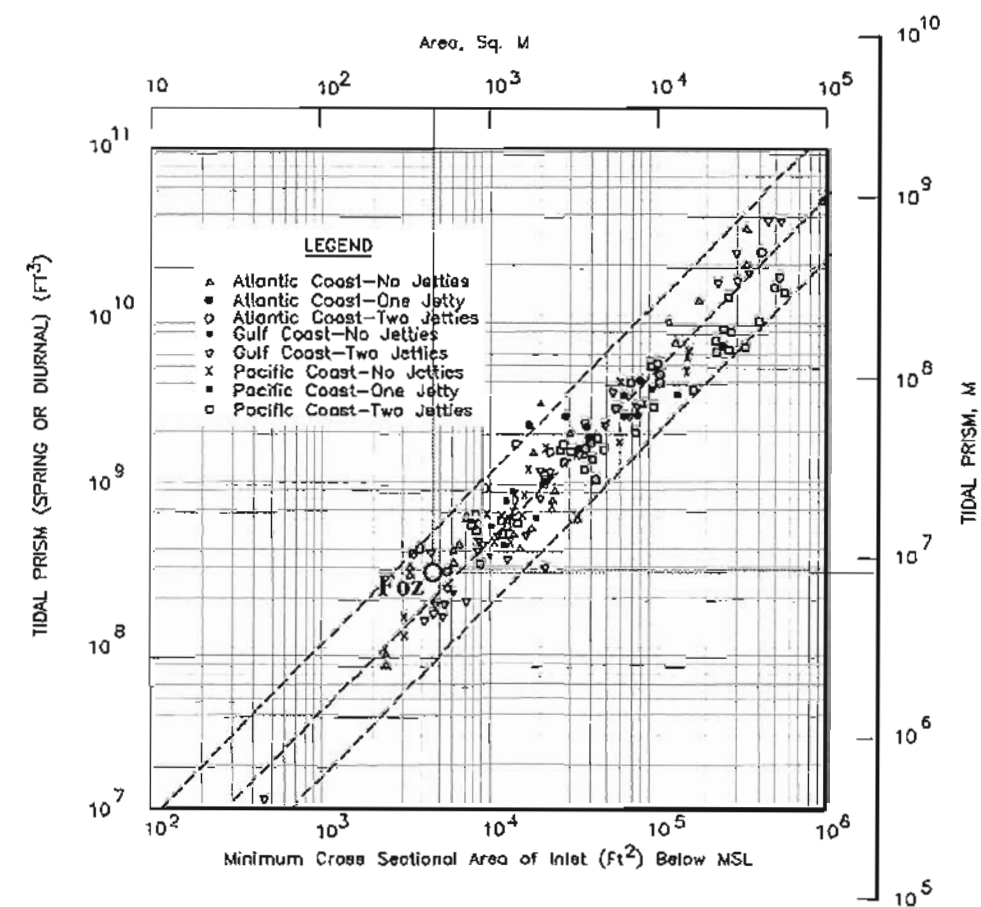
HIDTMA

Estabilización de la
playa de Altar

Figura 6.2



SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO



Título:
Relación entre la sección mínima del canal de entrada A_{mw} y el prisma
de marea P para diversos estuarios de la costa americana.
Situación del estuario de Foz en la gráfica.

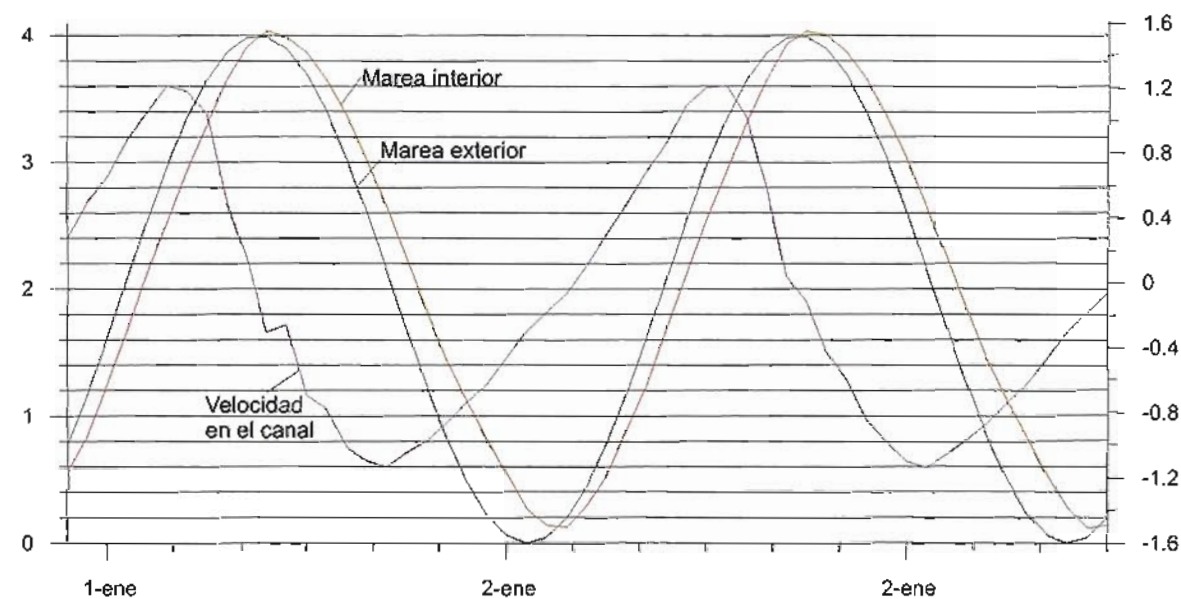
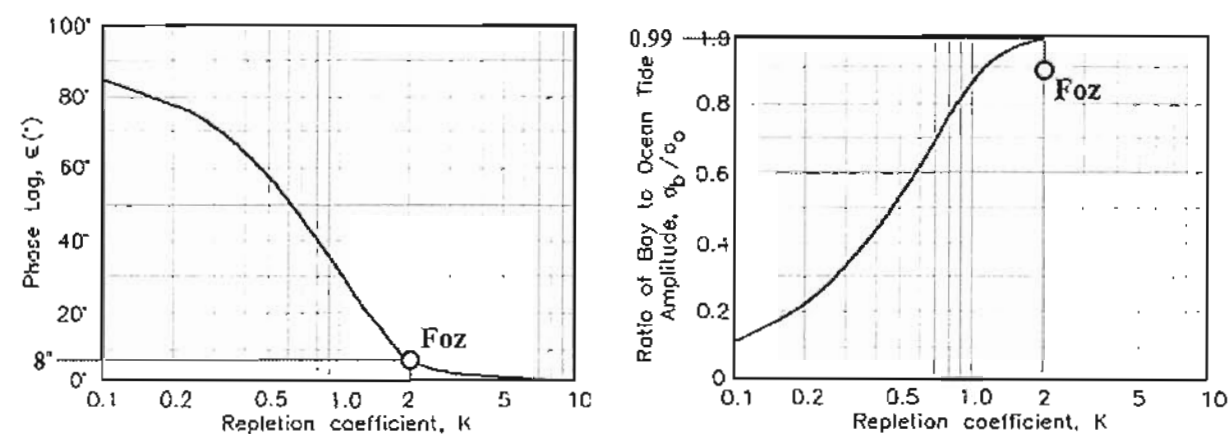
HIDTMA

Estabilización de la
playa de Altar

Figura 6.3



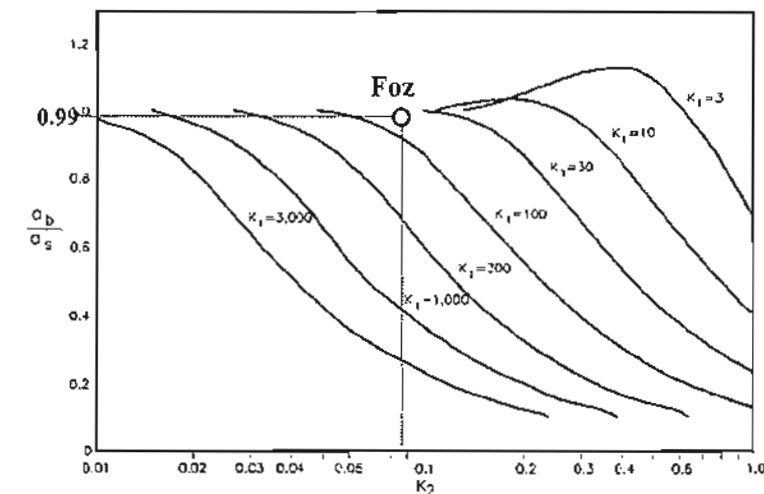
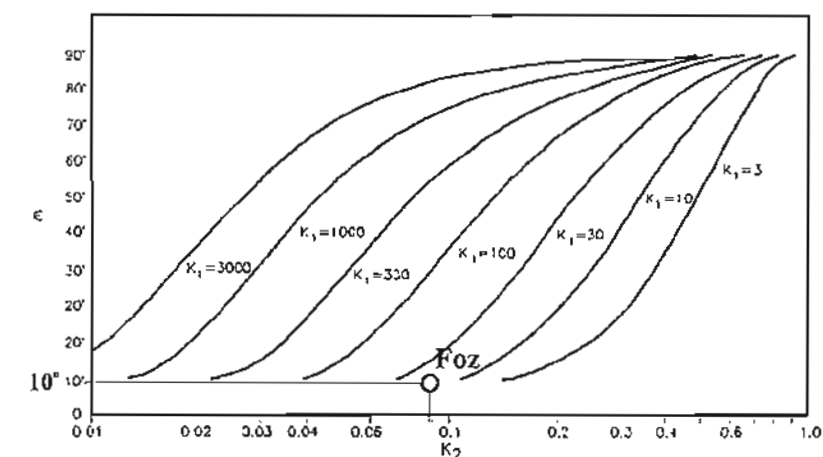
SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO



Título:
Relacion entre el parámetro K de Keulegan, el desfase de marea en el estuario y la elevación relativa de la marea.

HIDTMA
Estabilización de la
playa de Altar

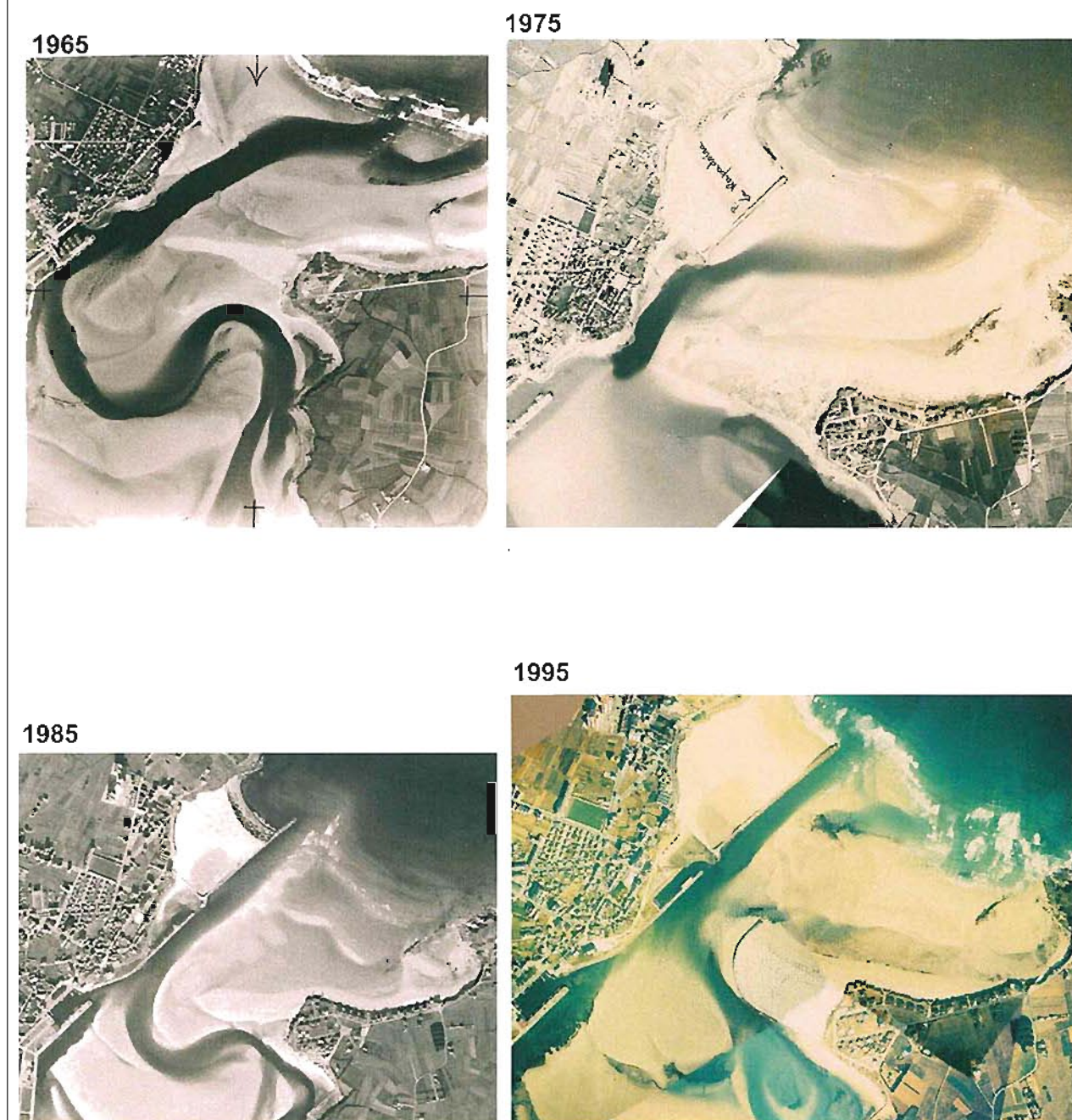
Figura 6.4



Título:
Relacion entre los parámetros K_1 y K_2 de King, el desfase de marea en el estuario y la elevación relativa de la marea. Aplicación a la ría de Foz.

HIDTMA
Estabilización de la
playa de Altar

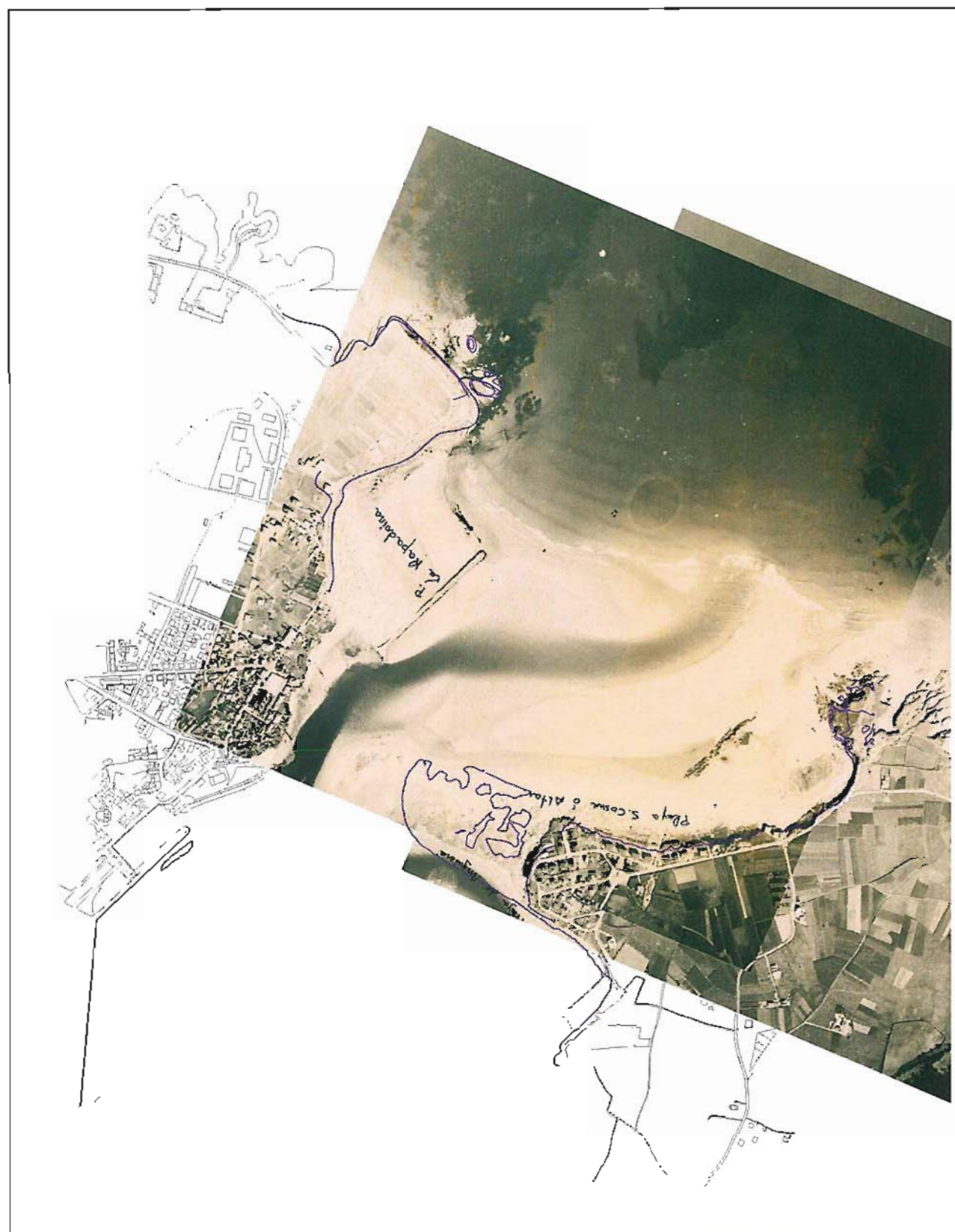
Figura 6.5



<p>Título:</p> <p>Relacion Hs-wana y Hs-boya</p>		<p>HIDTMA</p> <p>Estabilidad de las playas</p>	
<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</p>		<p>Figura 7.1</p>	



<p>Título:</p> <p>Ensenada de Foz en 1965, con la topografía actual superpuesta</p>		<p>HIDTMA</p> <p>Estabilidad de las playas</p>	
<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</p>		<p>Figura 7.2</p>	



<p>Título:</p> <p>Ensenada de Foz en 1975, con la topografía actual superpuesta (fotografía en marea baja)</p>		<p>HIDTMA</p> <p>Estabilidad de las playas</p>
<p>MINISTERIO DE LA VIVIENDA</p> <p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p>	<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar. T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	<p>Figura 7.3</p>



<p>Título:</p> <p>Ensenada de Foz en 1975, con la topografía actual superpuesta. (Fotografía en marea alta).</p>		<p>HIDTMA</p> <p>Estabilidad de las playas</p>
<p>MINISTERIO DE LA VIVIENDA</p> <p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p>	<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar. T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	<p>Figura 7.4</p>



Título:
Ensenada de Foz en 1985, con la topografía actual superpuesta



Estabilidad de las playas



SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 7.5



Título:
Ensenada de Foz en 1990, con la topografía actual superpuesta



Estabilidad de las playas



SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 7.6

1965



1975



2001



Título:

Fases de crecimiento de la playa de La Rapadoira, propiciadas por el apoyo del encauzamiento del canal.



Estabilidad de las playas

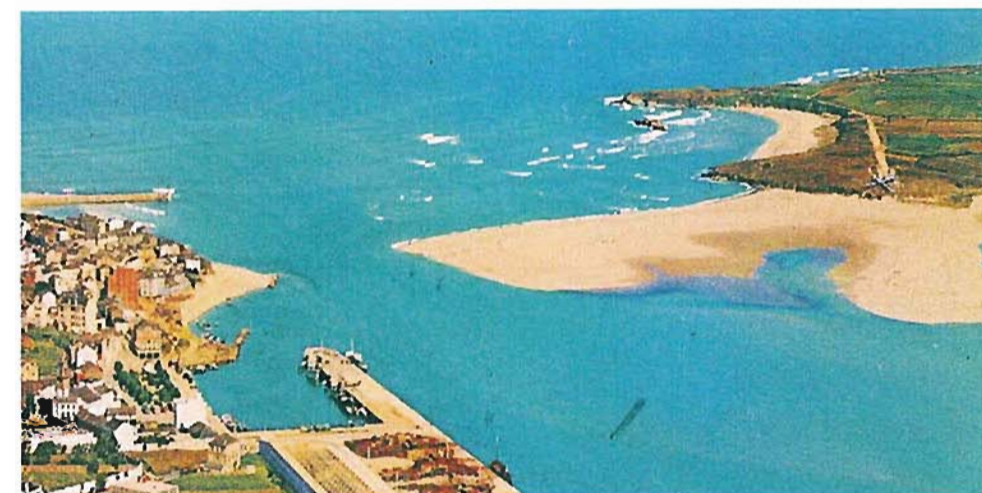


SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 7.7

Años 60

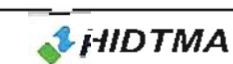


1974



Título:

Fotografías antiguas oblicuas de la playa de Altar



Estabilidad de las playas



SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

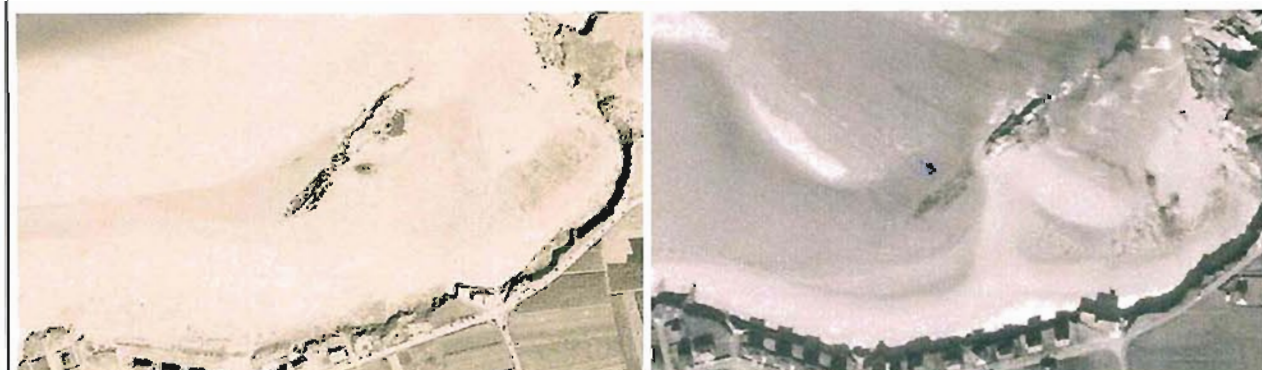
Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 7.8



1967

1974





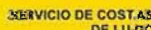
1975

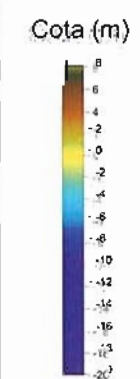
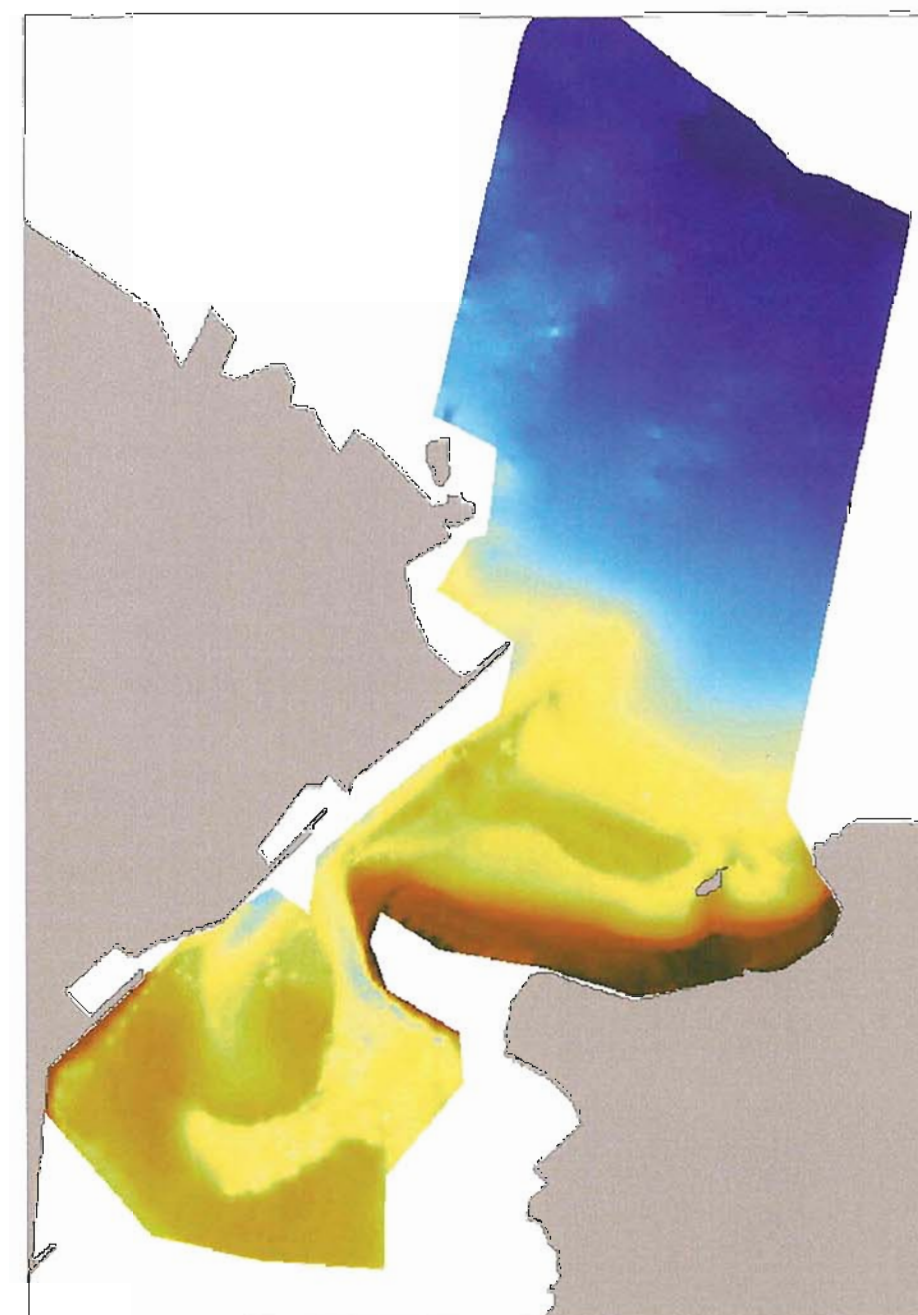
1985



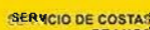


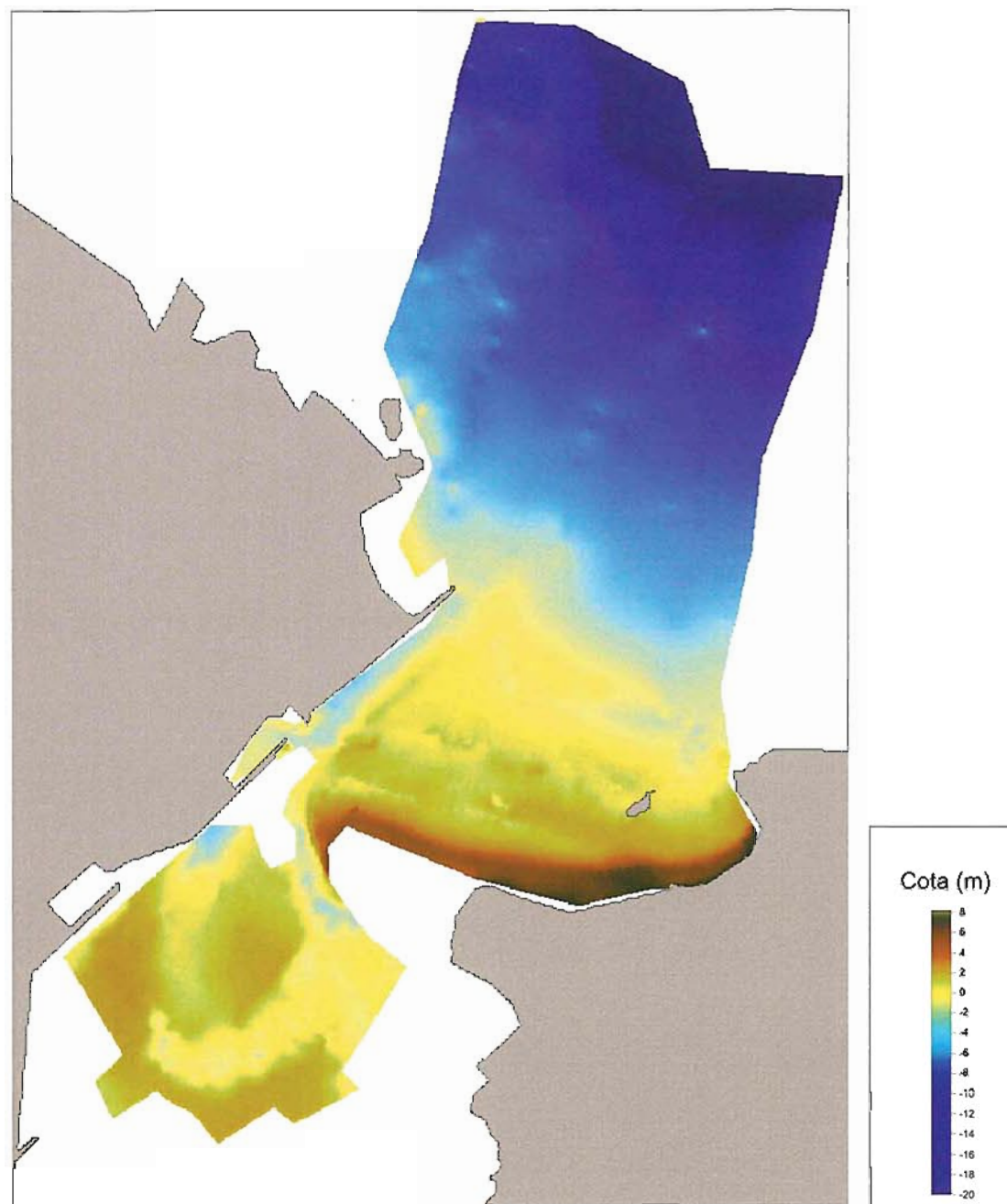
1990

2001

<p>Título:</p> <p>Evolución de la playa de Altar</p>			 <p>Estabilidad de las playas</p>
		<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	<p>Figura 7.9</p>



<p>Título:</p> <p>Batimetría de Marzo 2003</p>			 <p>Estabilidad de las playas</p>
		<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	<p>Figura 7.10</p>



Título:
Batimetría de Junio 2004

HIDTMA

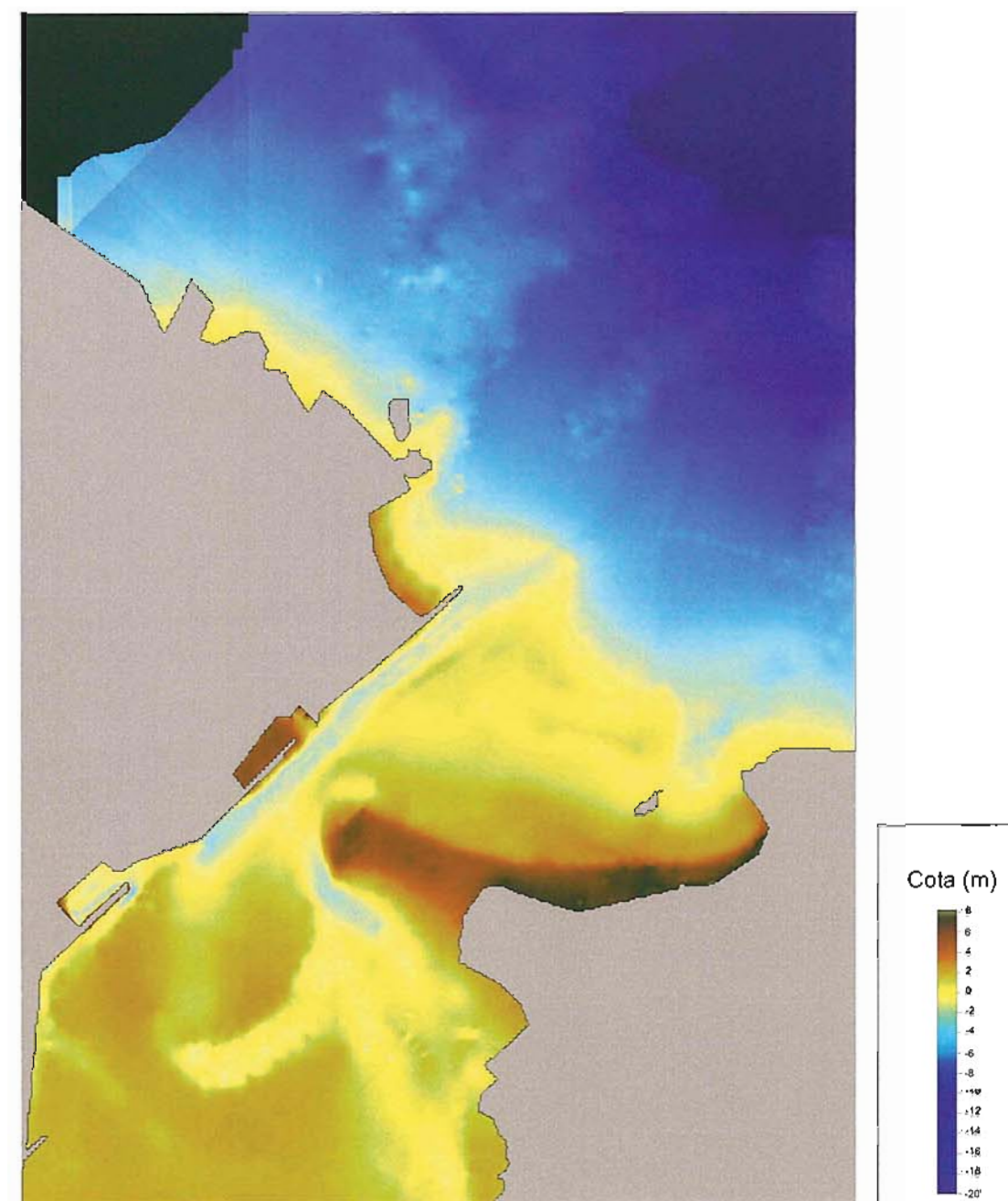
Estabilidad de las playas



SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

*Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar,
T.M. de Barreiros (Lugo)*

Figura 7.11



Título:
Batimetría de Octubre 2005

HIDTMA

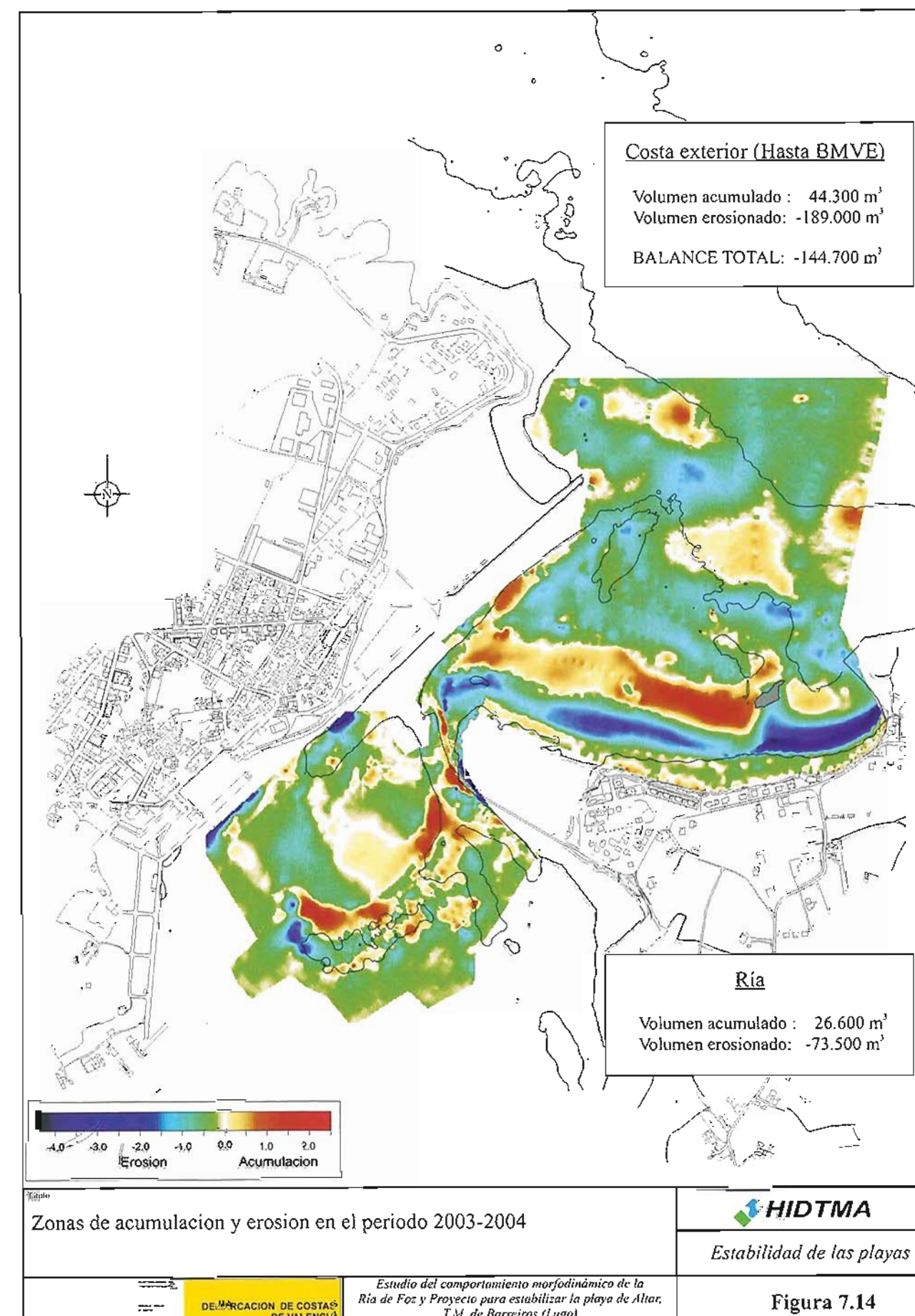
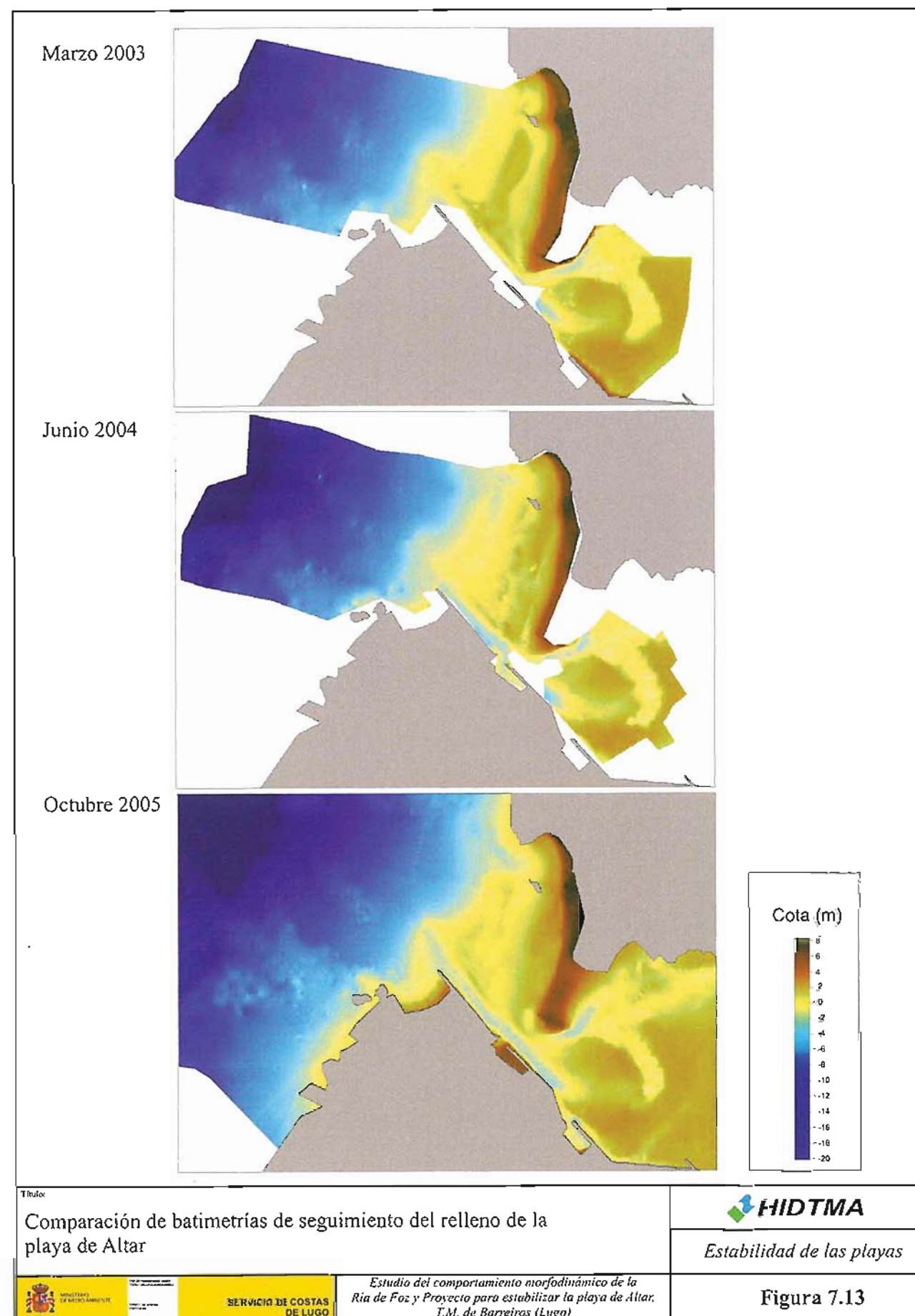
Estabilidad de las playas

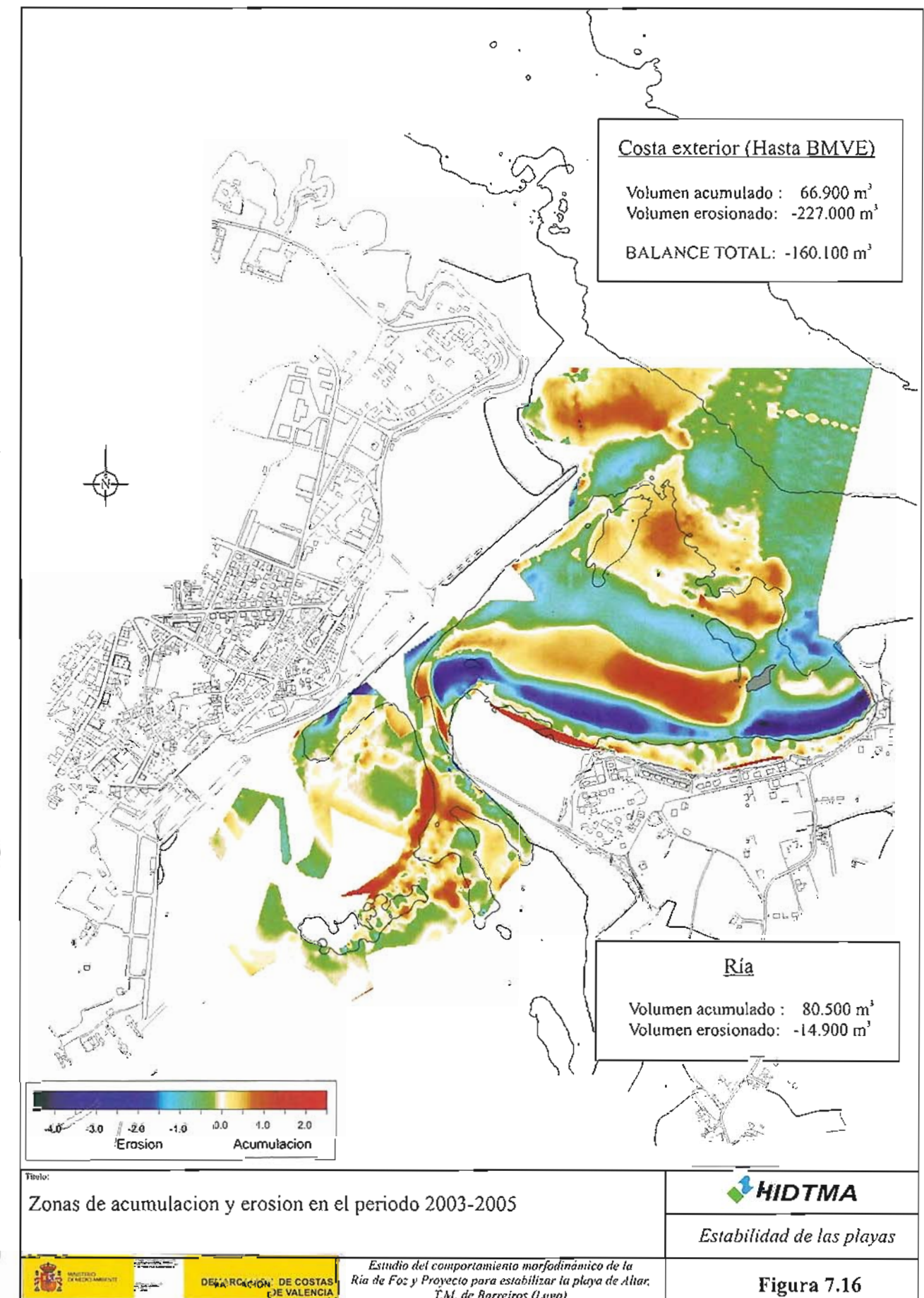
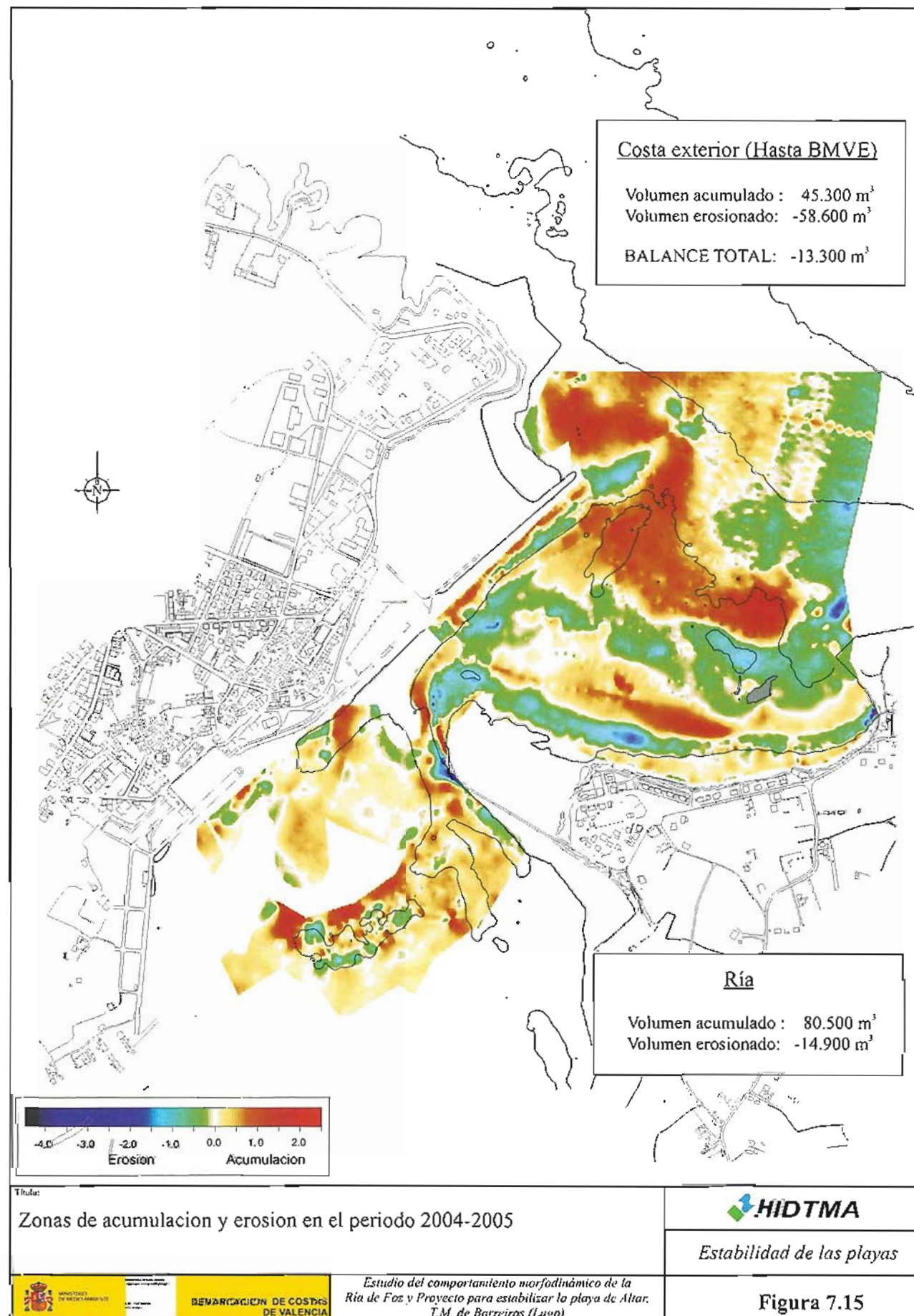


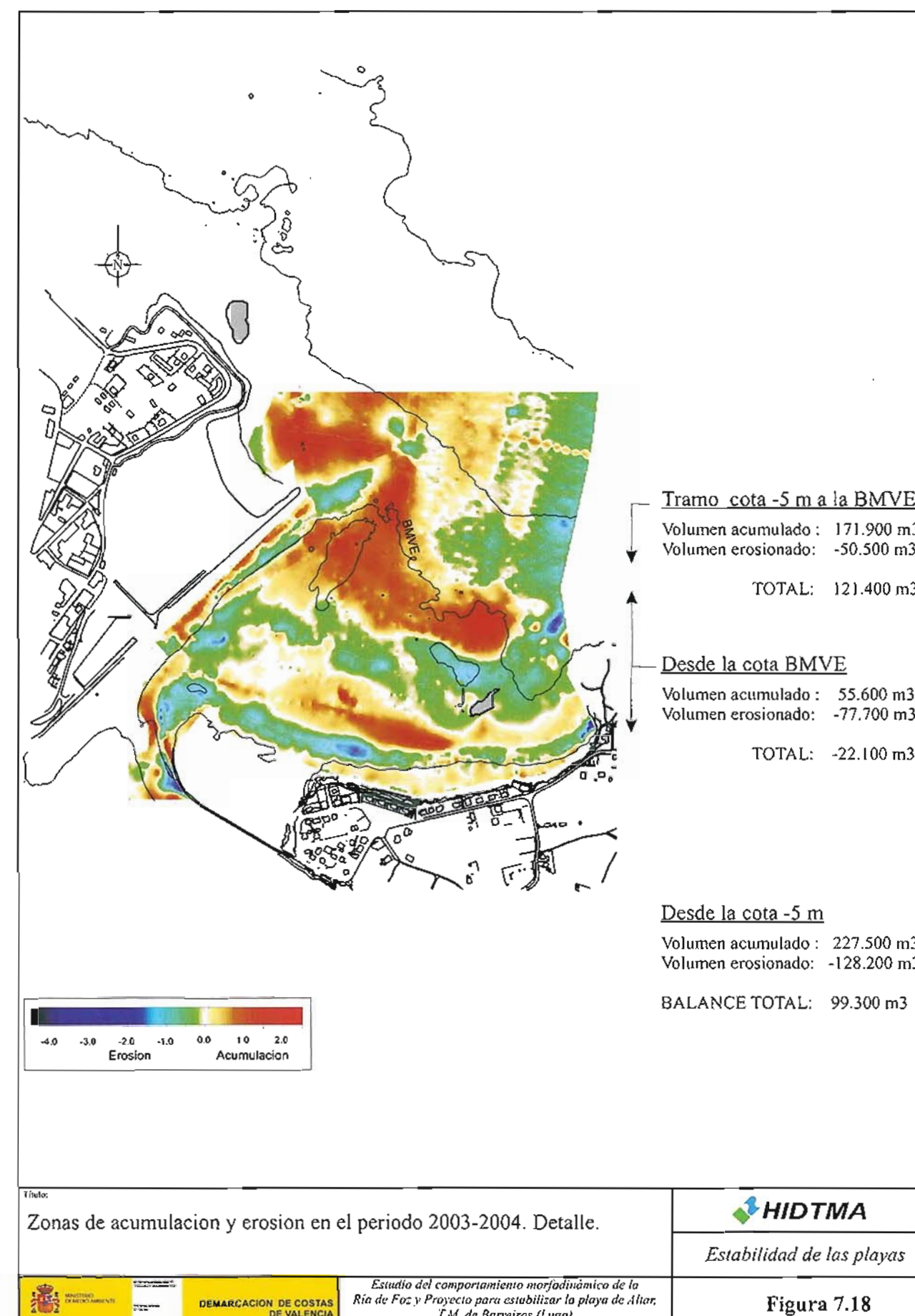
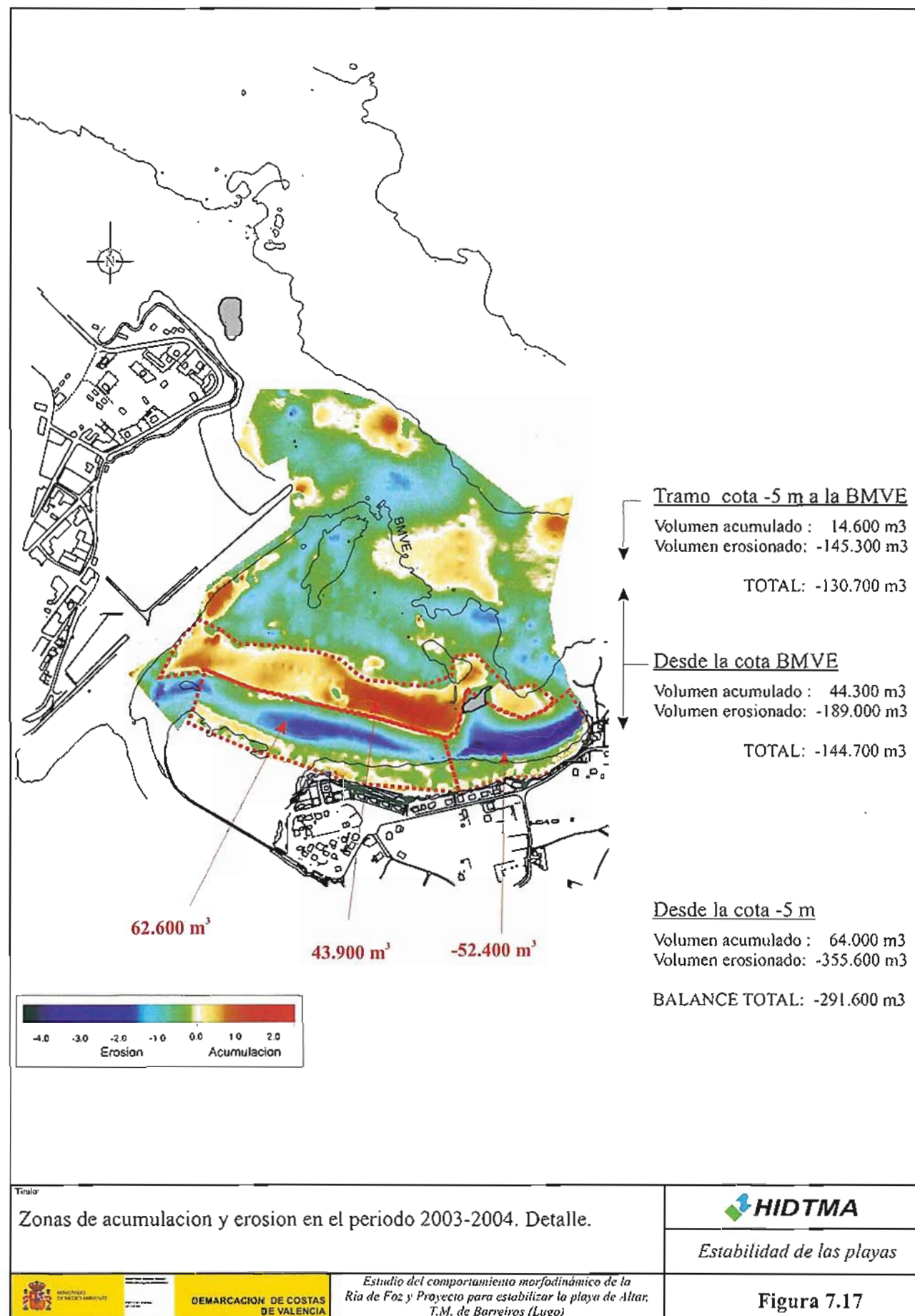
SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

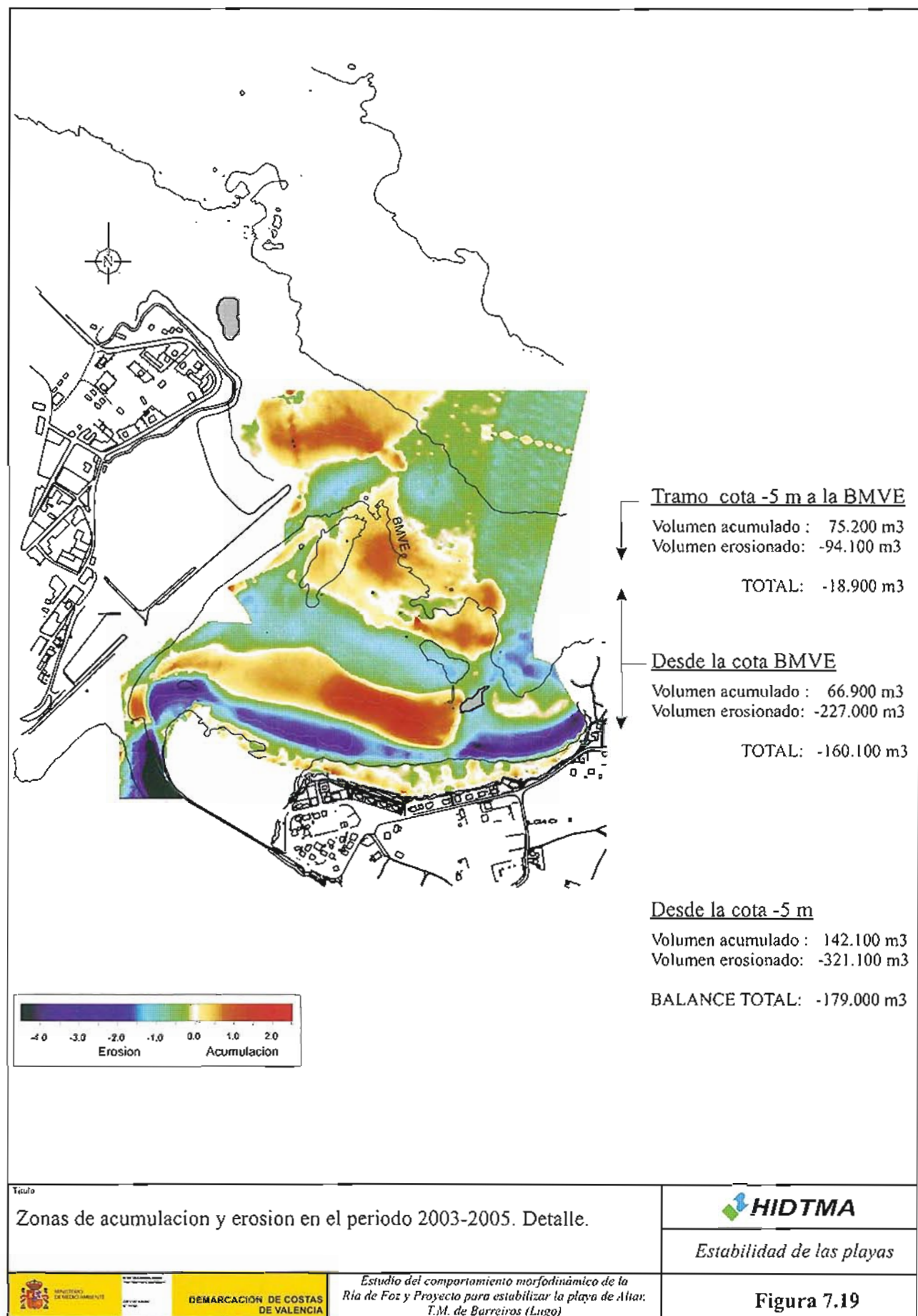
*Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar,
T.M. de Barreiros (Lugo)*

Figura 7.12





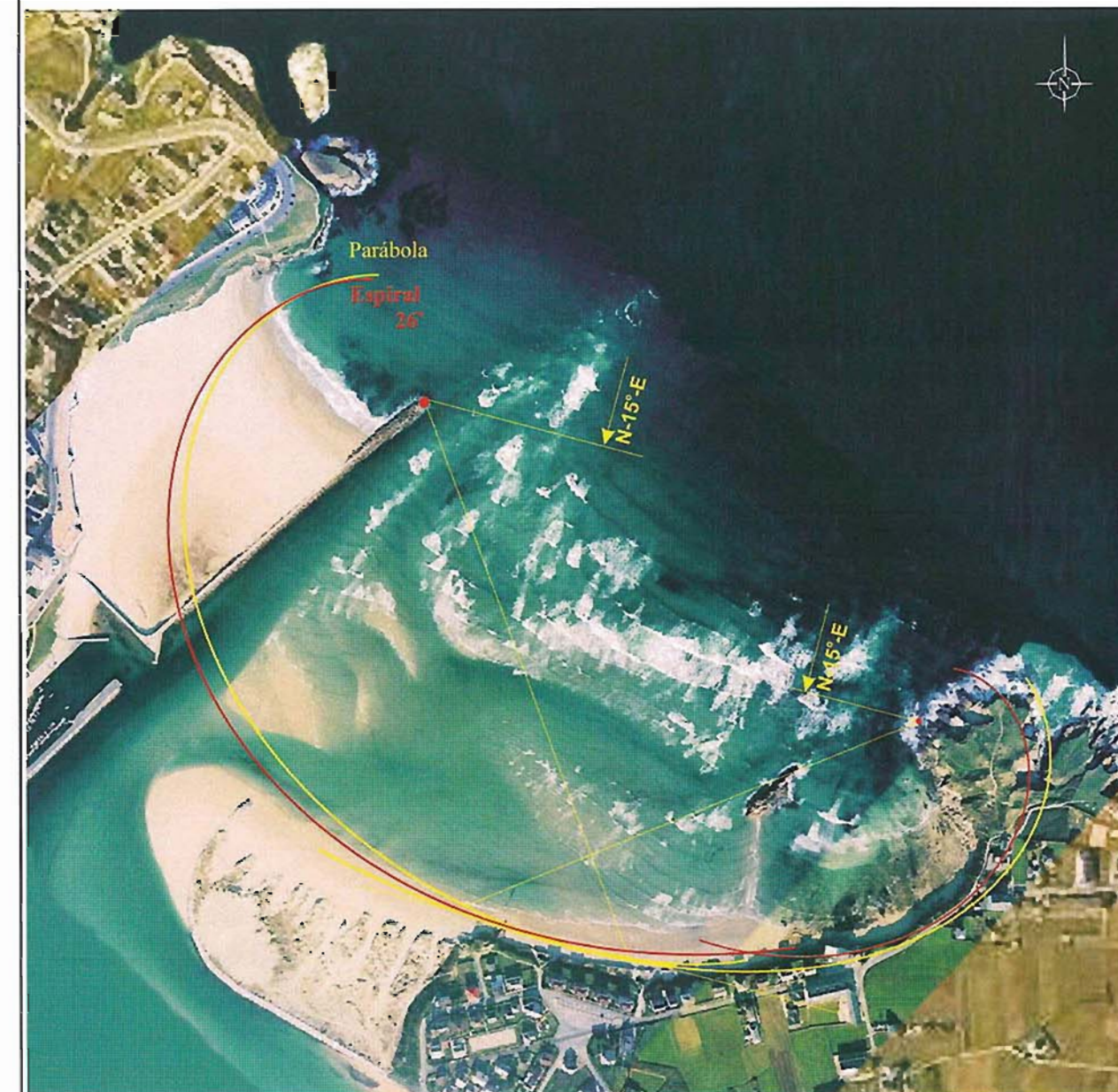






<p>Título:</p> <p>Playa de Altar: ajuste de la planta a curvas teóricas (Año 1975).</p>		<p>Estabilidad de las playas</p>
<p>SERVICIO DE COSTAS DE LUGO</p>	<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar. T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	

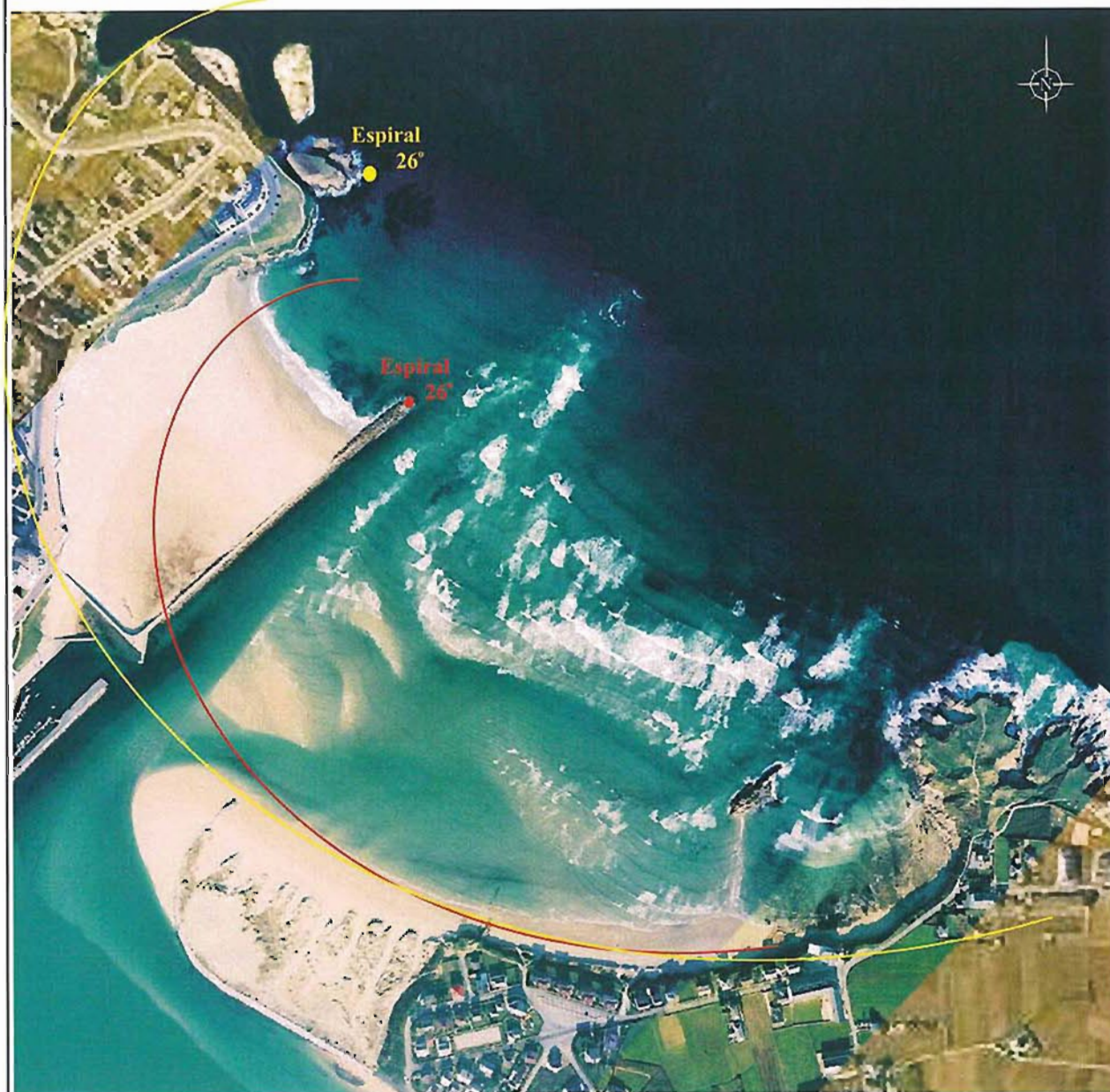
Figura 7.23



0 400

<p>Título:</p> <p>Playa de Altar: ajuste de la planta a curvas teóricas (Playa sin regenerar).</p>		<p>Estabilidad de las playas</p>
<p>DENARACION DE COSTAS DE VALENCIA</p>	<p>Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar. T.M. de Barreiros (Lugo)</p>	

Figura 7.24



0 400

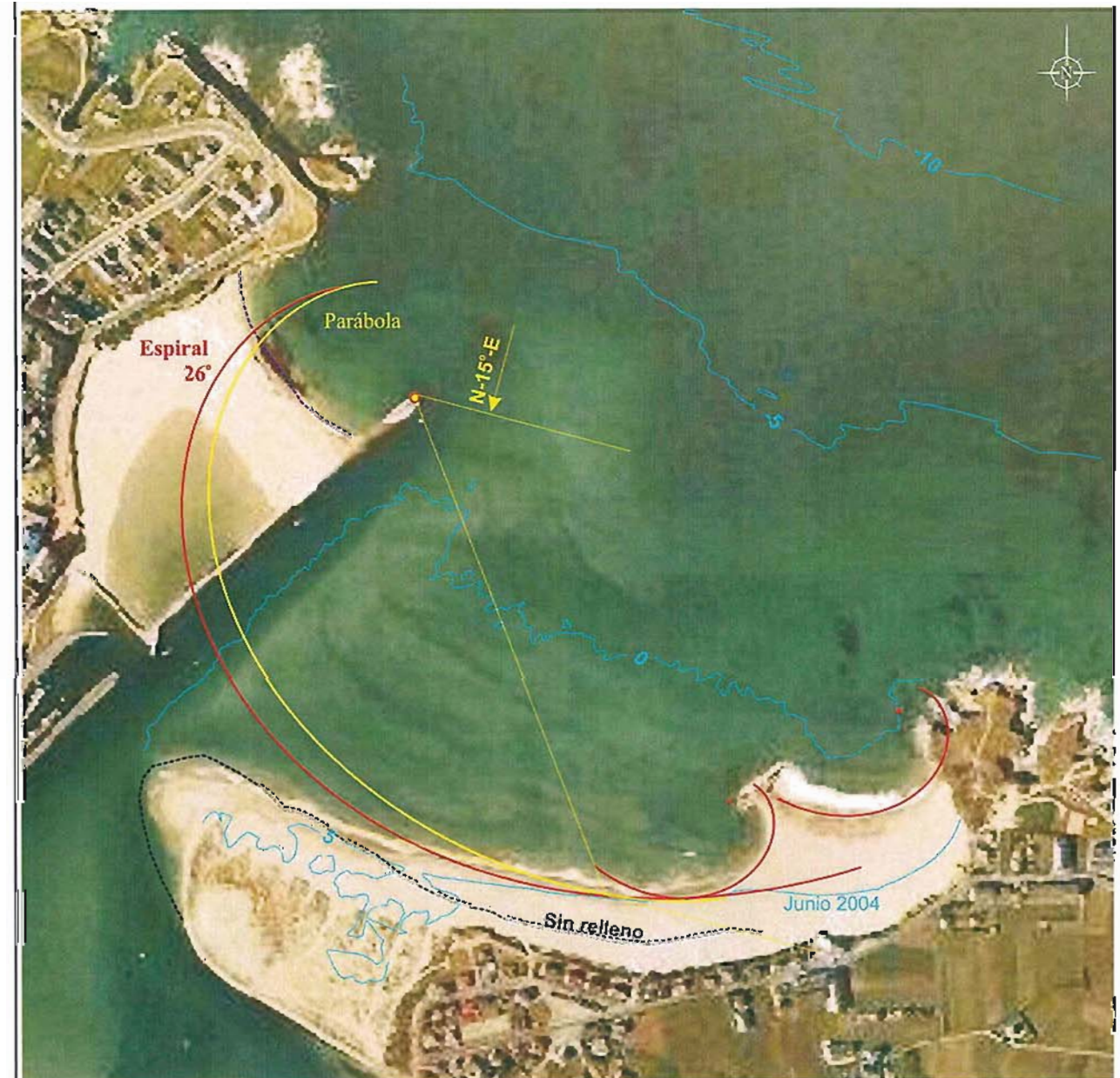
Título:
Playa de Altar: ajuste de la planta a curvas espirales teóricas.
Comparación de la influencia de los dos posibles polos de difracción



Estabilidad de las playas

Ministerio de Medio Ambiente
DEPARTAMENTO DE COSTAS DE VALENCIA
Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar,
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 7.25



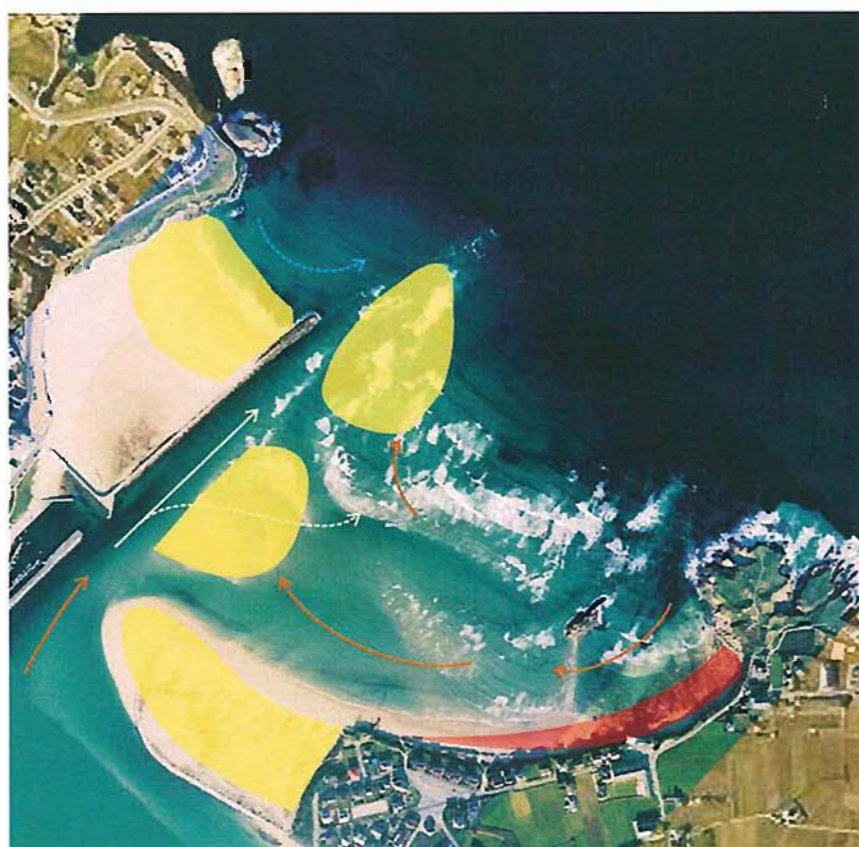
Título:
Playa de Altar: ajuste de la planta a curvas teóricas (Playa regenerada).



Estabilidad de las playas

Ministerio de Medio Ambiente
DEPARTAMENTO DE COSTAS DE VALENCIA
Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar,
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 7.26



- Transporte de sedimentos
- Desvío de corrientes de marea
- Desvío corrientes de oleaje
- Zonas de acumulación
- Zonas de erosión

Título:
Esquema general del impacto causado por el encuzamiento del canal sobre la ensenada.



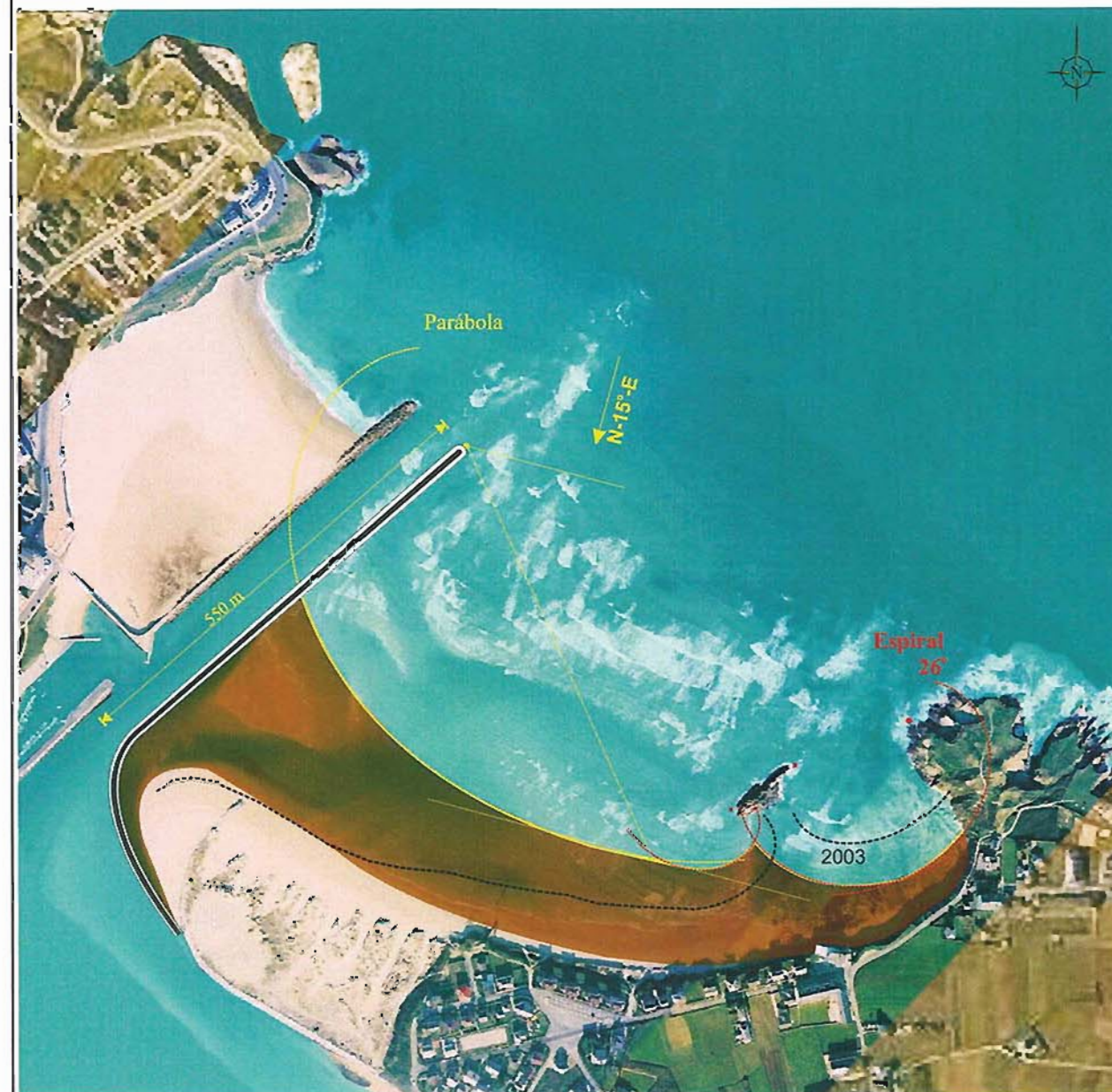
Estabilidad de las playas



SERVICIO DE COSTAS DE LUGO

Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 7.27



0 400

Título:
Alternativa I



Alternativas de estabilización



DELMARCAÇÓN DE COSTAS DE VALENCIA

Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 8.1



0 400

Título:
Alternativa 1. Batimetría previsible.



Estabilidad de las playas



DEMARCAÇÃO DE COSTAS
DE VALENCIA

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ria de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 8.2



0 400

Título:
Alternativa 2



Alternativas de estabilización



DEMARCAÇÃO DE COSTAS
DE VALENCIA

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ria de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 8.3



0 400

Título
Alternativa 2. Batimetría previsible.

HIDTMA

Alternativas de estabilización



DEMARCAÇÃO DE COSTAS
DE VALENCIA

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 8.4



0 400

Título
Alternativa 3

HIDTMA

Alternativas de estabilización



DEMARCAÇÃO DE COSTAS
DE VALENCIA

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 8.5



0 400

Título:
Alternativa 3. Batimetría previsible.

HIDTMA

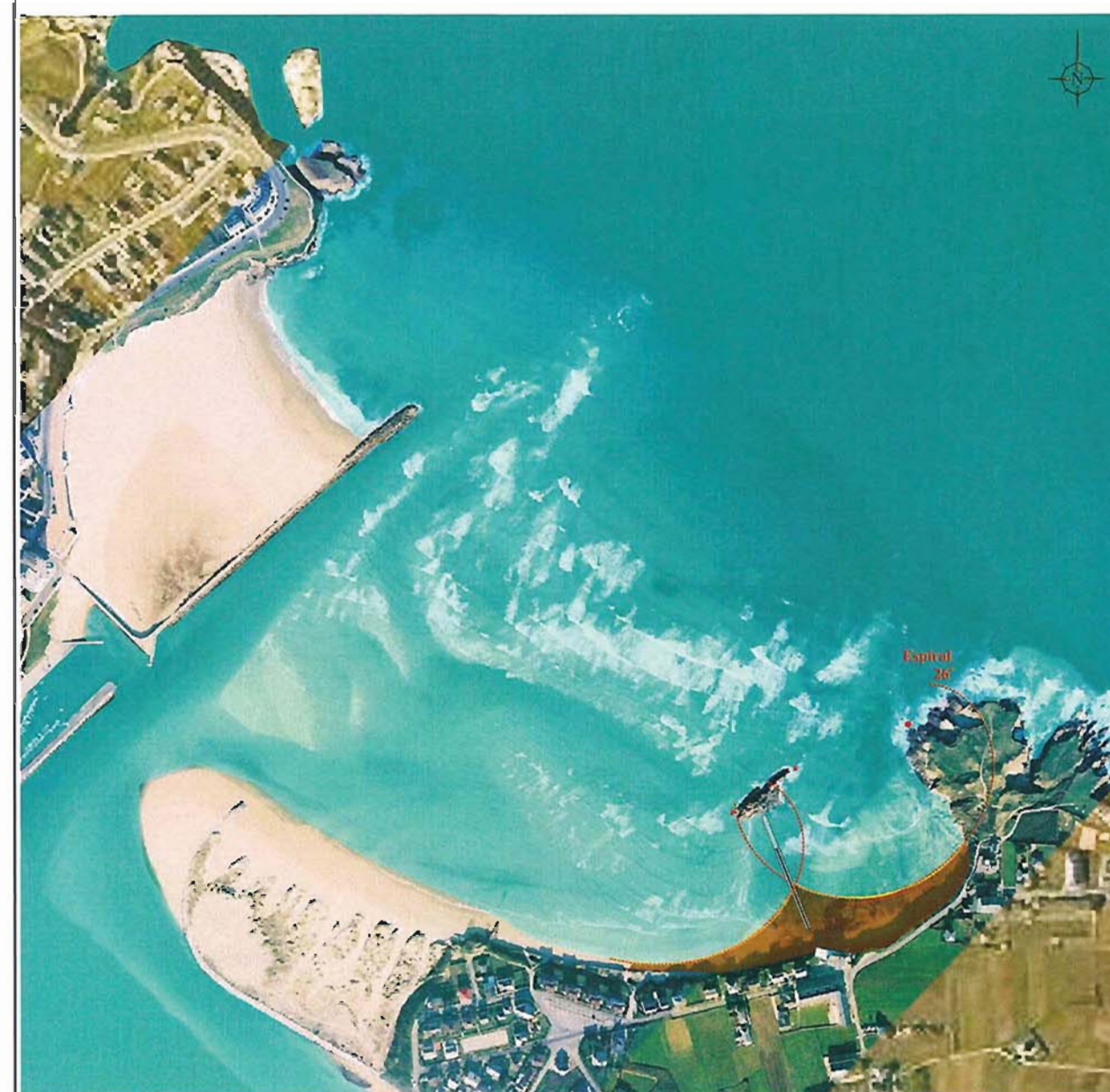
Alternativas de estabilización



DEMARCAÇÃO DE COSTAS
DE VALENCIA

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ria de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 8.6



0 400

Título:
Alternativa 4

HIDTMA

Alternativas de estabilización






DEMARCAÇÃO DE COSTAS
DE VALENCIA

Estudio del comportamiento morfodinámico de la
Ria de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar.
T.M. de Barreiros (Lugo)

Figura 8.7



0 400

Título:		HIDTMA	
Alternativa 5		Alternativas de estabilización	
  		Estudio del comportamiento morfodinámico de la Ría de Foz y Proyecto para estabilizar la playa de Altar, T.M. de Barreiros (Lugo)	
		Figura 8.8	



Anejo 2: Estudio de Dinámica Litoral

Apéndice 1 – Muestreo de sedimento



TOMA DE MUESTRAS

Para las muestras de sedimentos se ha contado con una draga Van Veen, la cual obtiene una porción del sustrato por tracción mecánica.



Figura 1 - Draga Van Veen

Las muestras una vez obtenidas, se mandan a laboratorio para sus distintos análisis físico-químicos a fin de obtener su granulometría y composición.



Figura 2 - Análisis granulométrico



Las muestras, una vez secadas a temperatura ambiente, serán trasladadas a una torre de tamices de luz de malla decreciente (4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.063, 0.044 mm) correspondiente a la escala WENTWORTH, que es la más utilizada en los estudios de bentos marino. Una vez tamizado el sedimento, se pesa la cantidad retenida en cada tamiz y se calcula el porcentaje de cada fracción respecto del total. De esta forma, se consigue la clasificación del sedimento en función de la importancia de las distintas fracciones:

Ø de partícula	Denominación de los contingentes
> 4 mm	Gravas
4-2 mm	Gravillas
2 – 1 mm	Arenas muy gruesas
1 – 0.5 mm	Arenas gruesas
0.5 – 0.25 mm	Arenas medias
0.25 – 0.125 mm	Arenas finas
0.125 – 0.063 mm	Arenas muy finas
0.063 - 0.044 mm	Fangos
< 0.044 mm	Arcillas

Este análisis se completará, para cada muestra, con la obtención de diferentes parámetros granulométricos con significación ecológica precisa, como son la *talla media* y la *moda*, *clasificación*, *triaje o selección*, *asimetría* y *curtosis*. Por último, en cada muestra se obtendrá el valor dado por cada una de ellas sobre un diagrama triangular, basado en las tres variables texturales principales.

Gravas: Ø > 2mm

Arenas: 2 > Ø > 0.063 mm

Lutitas: Ø < 0.063 mm

De esta forma se obtendrá la *Clasificación textural* del sedimento de cada una de las estaciones de muestreo estudiadas.

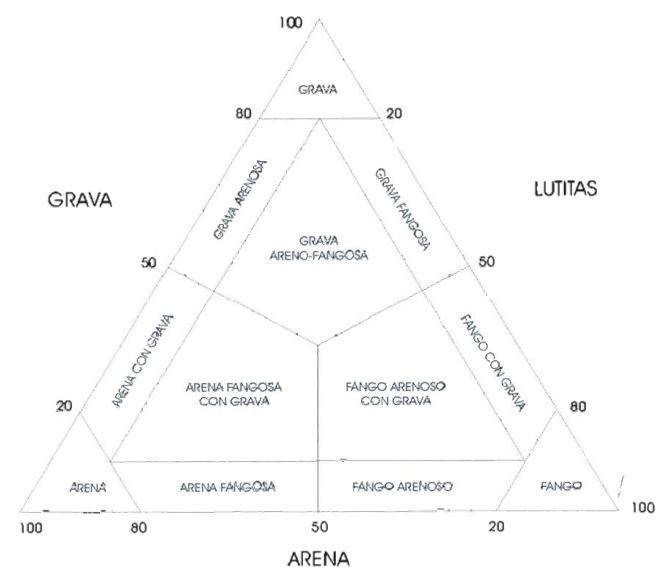


Figura 3 - Clasificación textural



Anejo 2: Estudio de Dinámica Litoral

Apéndice 2 – Medida de corrientes

EXPERIENCIA	1	FECHA	28/10/2005	BIPLANOS A 1 m
MAREA	llenante	VIENTO	6 m/s S-SW	

Coordenada X	Coordenada Y	Hora	Distancia	Velocidad (cm/s)
641973,02	4826203,87	10:04:00		
641716,07	4825948,94	10:27:00	361,96	26,23
641101,21	4825270,56	10:49:00	915,56	69,36
			Velocidad media	47,8

EXPERIENCIA	2	FECHA	28/10/2005	BIPLANOS A 1 m
MAREA	llenante	VIENTO	6 m/s S-SW	

Coordenada X	Coordenada Y	Hora	Distancia	Velocidad (cm/s)
641963,76	4826207,21	10:08:00		
641831,93	4826022,42	10:26:00	226,99	21,02
641286,28	4825522,28	10:48:00	740,19	56,08
			Velocidad media	38,55

EXPERIENCIA	3	FECHA	28/10/2005	BIPLANOS A 1 m
MAREA	llenante	VIENTO	5 m/s S-SW	

Coordenada X	Coordenada Y	Hora	Distancia	Velocidad (cm/s)
641943,25	4826144,64	11:09:00		
641716,24	4825918,91	11:31:00	320,14	24,25
641336,65	4825545,96	11:53:00	532,15	40,31
641226,75	4825334,72	12:07:00	238,12	28,35
			Velocidad media	30,97

EXPERIENCIA	4	FECHA	28/10/2005	BIPLANOS A 1 m
MAREA	llenante	VIENTO	5 m/s S-SW	

Coordenada X	Coordenada Y	Hora	Distancia	Velocidad (cm/s)
641941,61	4826153,53	11:15:00		
641845,61	4825999,38	11:30:00	181,6	20,18
641505,14	4825722,38	11:51:00	438,92	34,83
641312,91	4825514,2	12:05:00	283,36	33,73
			Velocidad media	29,58

EXPERIENCIA	5	FECHA	28/10/2005	BIPLANOS A 1 m
MAREA	vaciante	VIENTO	4.2 m/s NW	

Coordenada X	Coordenada Y	Hora	Distancia	Velocidad (cm/s)
640917,76	4825190,19	14:25:00		
641104,2	4825422,99	14:51:00	298,25	19,12
641410,61	4825672,48	15:10:00	395,14	34,66
641579,1	4825848,91	15:22:00	243,96	33,88
			Velocidad media	29,22

EXPERIENCIA	6	FECHA	28/10/2005	BIPLANOS A 1 m
MAREA	vaciante	VIENTO	4.2 m/s NW	

Coordenada X	Coordenada Y	Hora	Distancia	Velocidad (cm/s)
640914,84	4825188,98	14:20:00		
641146,15	4825466,08	14:52:00	360,96	18,8
641487,25	4825748,13	15:11:00	442,61	38,83
641894,39	4826114,06	15:23:00	547,42	76,03
			Velocidad media	44,55

EXPERIENCIA	7	FECHA	28/10/2005	BIPLANOS A 1 m
MAREA	vaciante	VIENTO	3.5 m/s NW	

Coordenada X	Coordenada Y	Hora	Distancia	Velocidad (cm/s)
641556,92	4825754,17	15:32:00		
641967,16	4826229,49	15:50:00	627,87	58,14
			Velocidad media	58,14

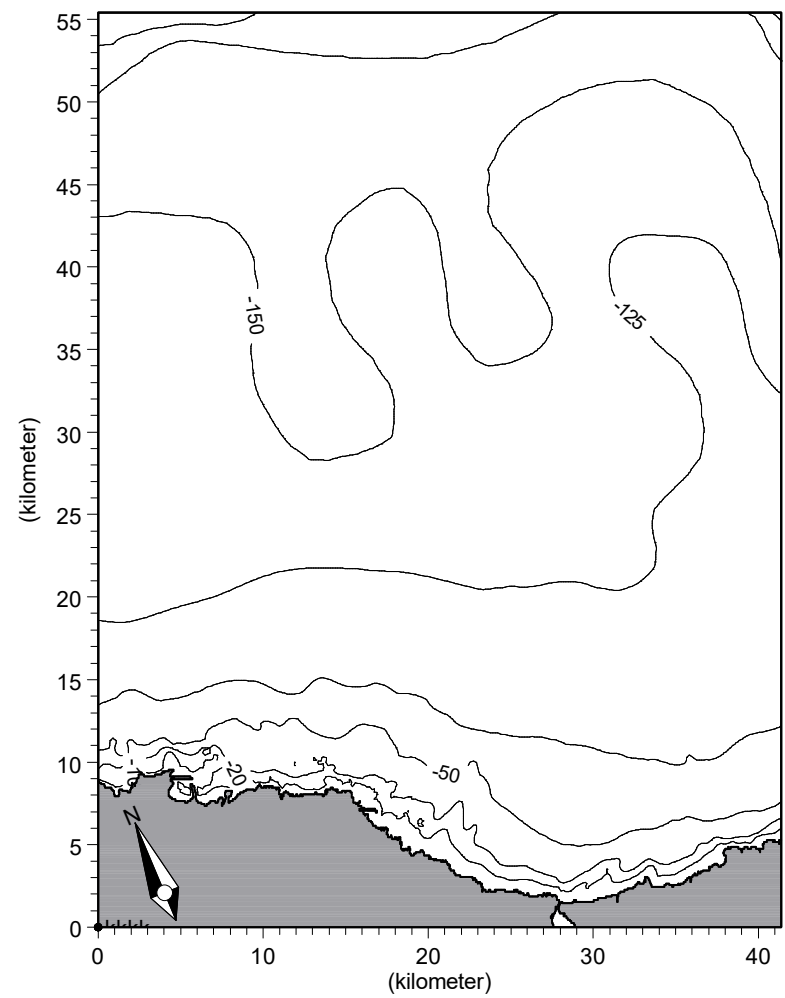
EXPERIENCIA	8	FECHA	28/10/2005	BIPLANOS A 1 m
MAREA	vaciante	VIENTO	3.5 m/s NW	

Coordenada X	Coordenada Y	Hora	Distancia	Velocidad (cm/s)
641558,84	4825755,31	15:34:00		
642159,69	4826184,33	15:52:00	738,29	68,36
			Velocidad media	68,36

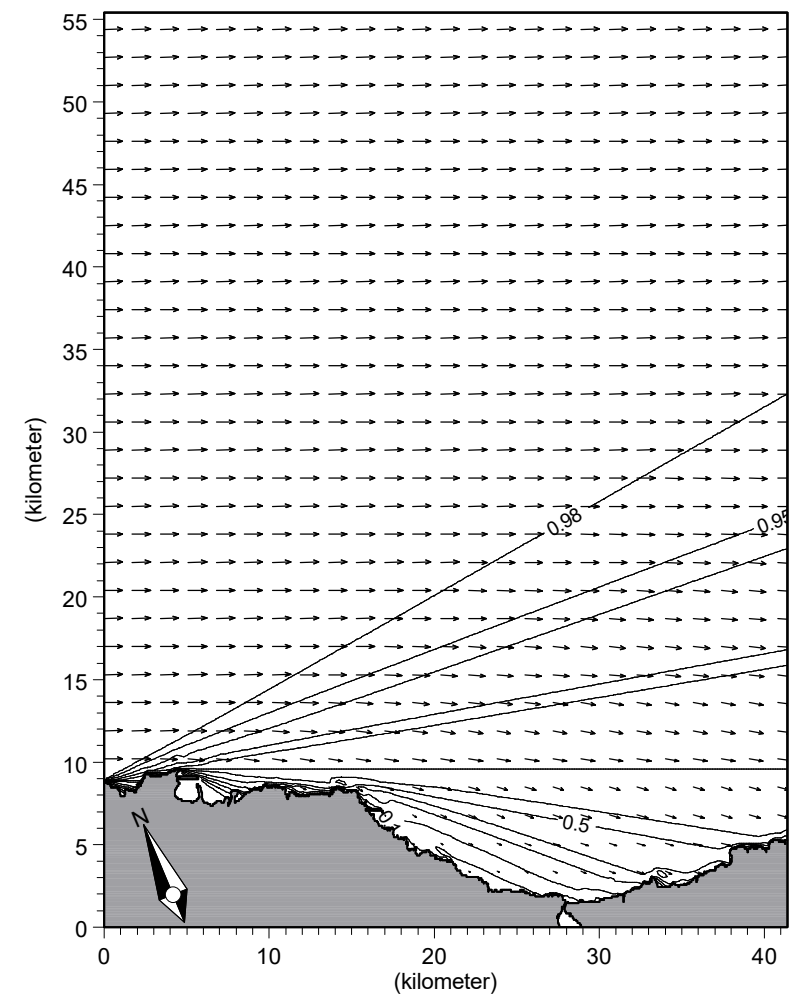


Anejo 2: Estudio de Dinámica Litoral



Apéndice 3 – Propagaciones de oleaje exterior: Resultados





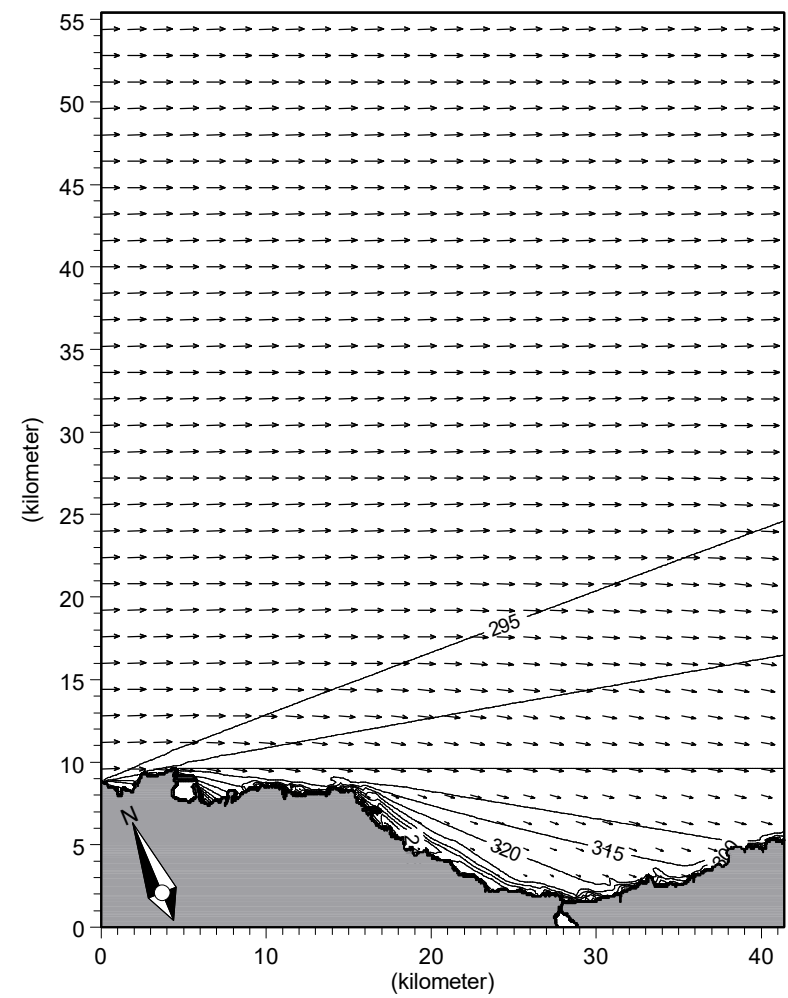
Scale 1:400000



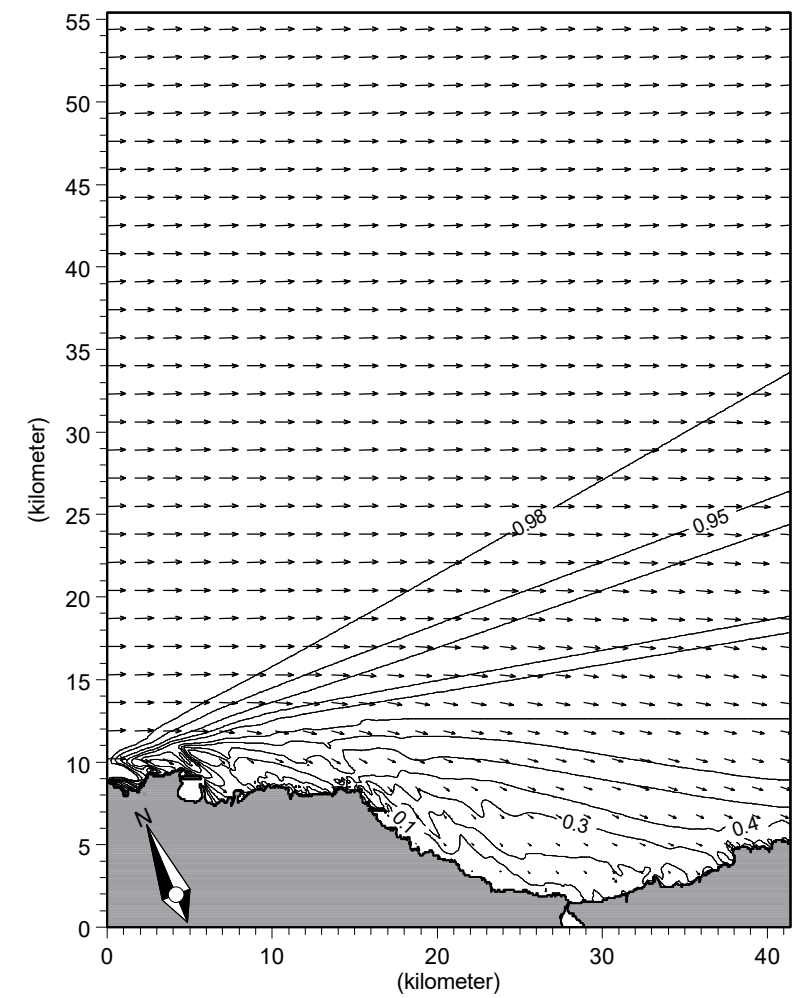
Scale 1:400000

		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Batimetría para las propagaciones según dirección WNW		Drawing no. Figura 1
	Init: Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección WNW $T_p=4s$		Drawing no. Figura 2
	Init: Dpto. Modelos			





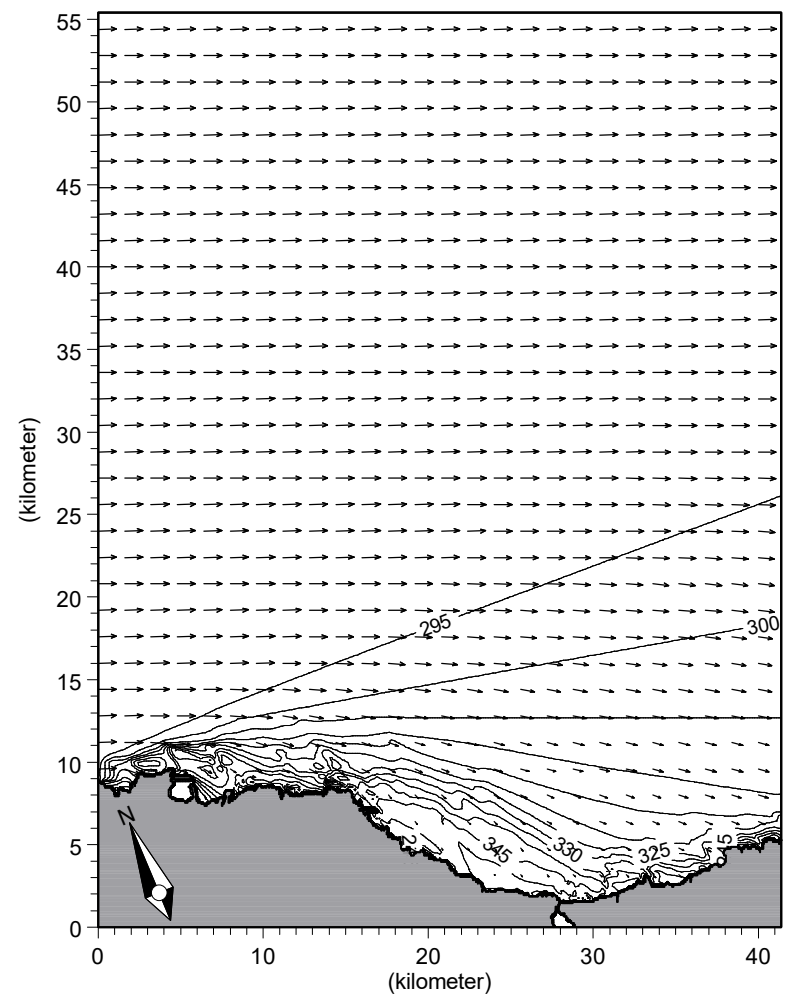
Scale 1:400000



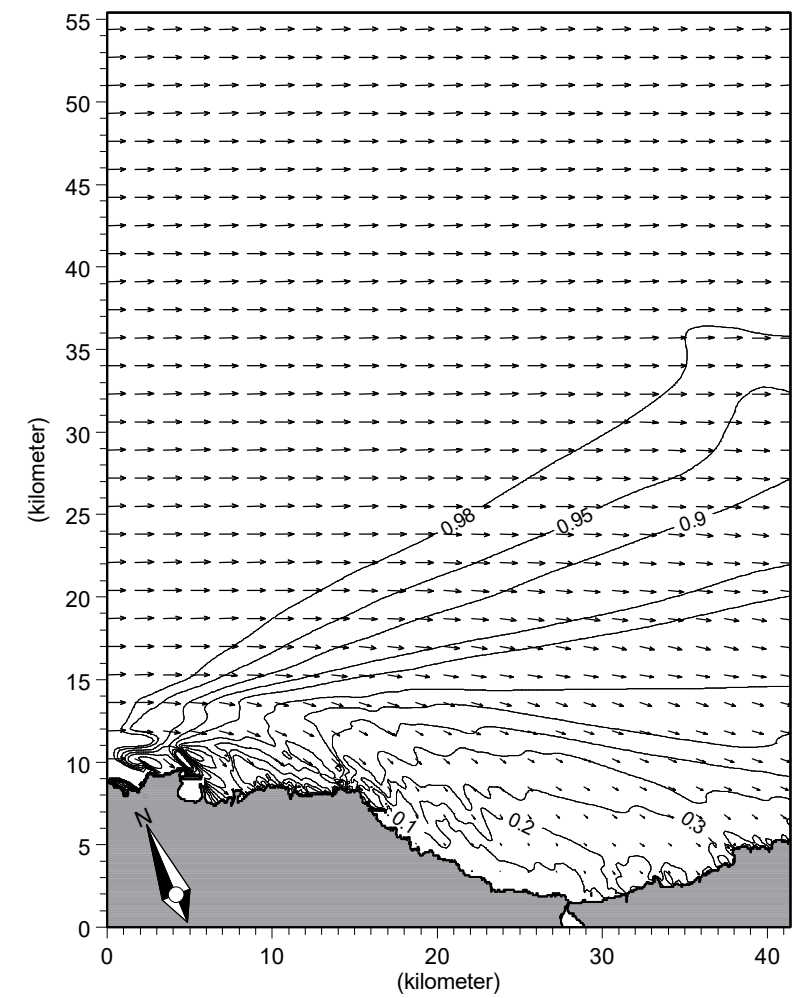
Scale 1:400000

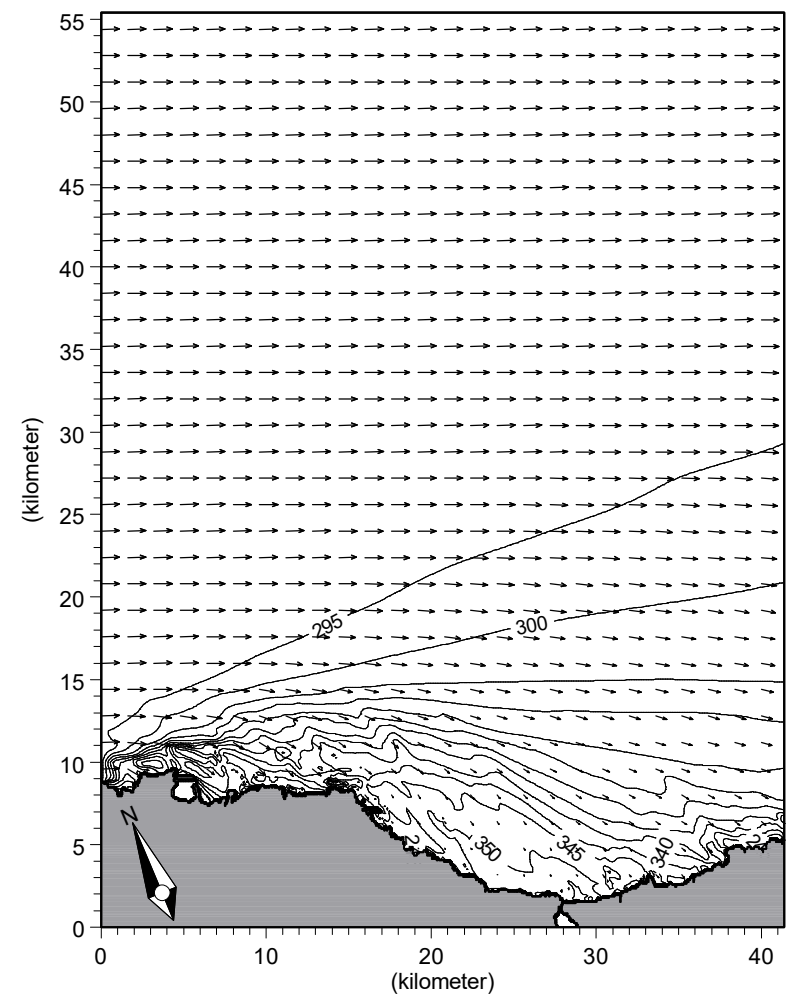
		Client: Dirección Gral. de Costas		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección WNW $T_p=4s$		Drawing no. Figura 3
	Init: Dpto. Modelos			

		Client:	Dirección Gral. de Costas		
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo	Date:	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección WNW $T_p=10s$		Drawing no. Figura 4	
M21 NSW	27/09/2005				
	Init:				
	Dpto. Modelos				

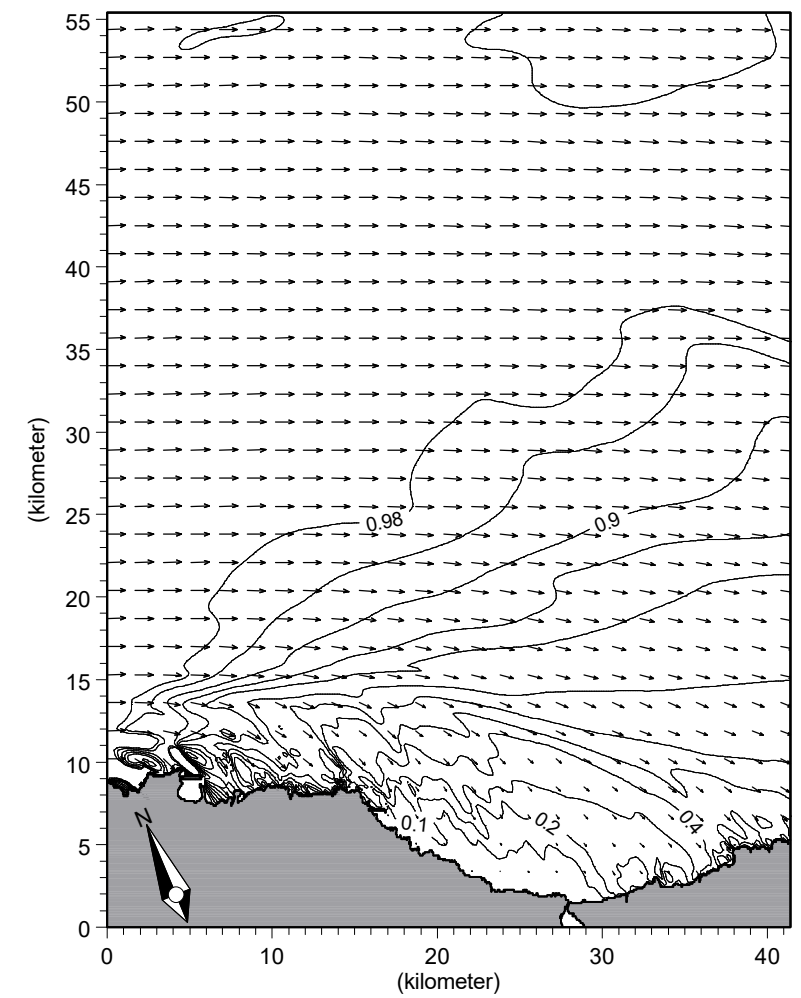


Scale 1:400000









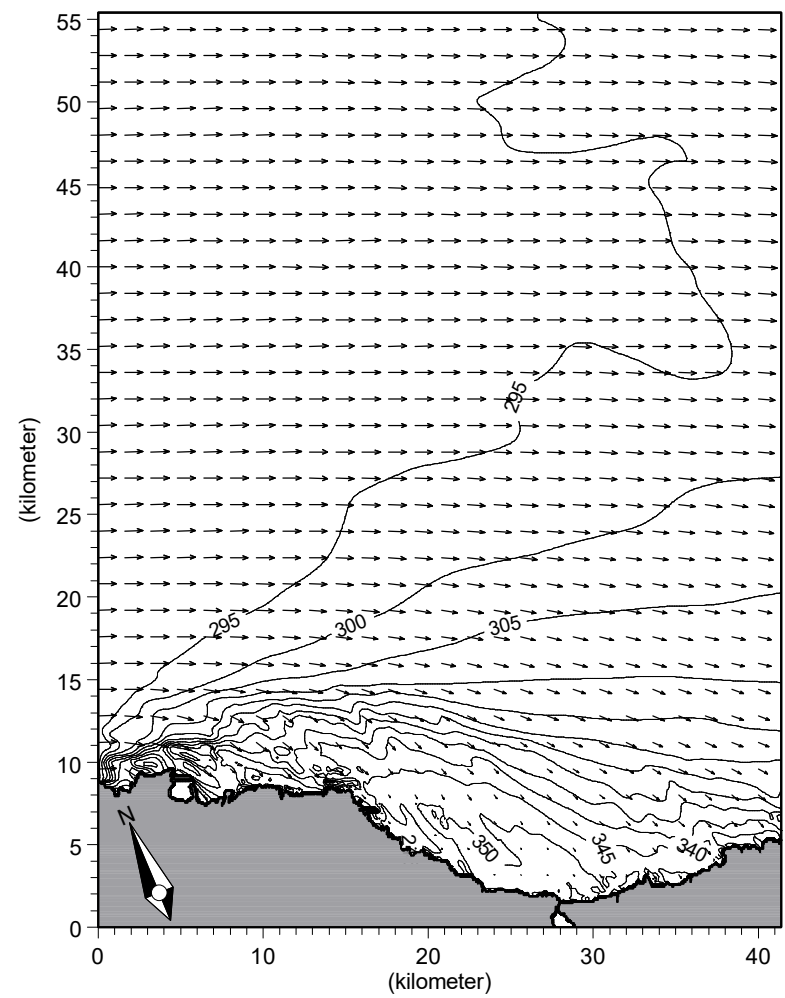
Scale 1:400000



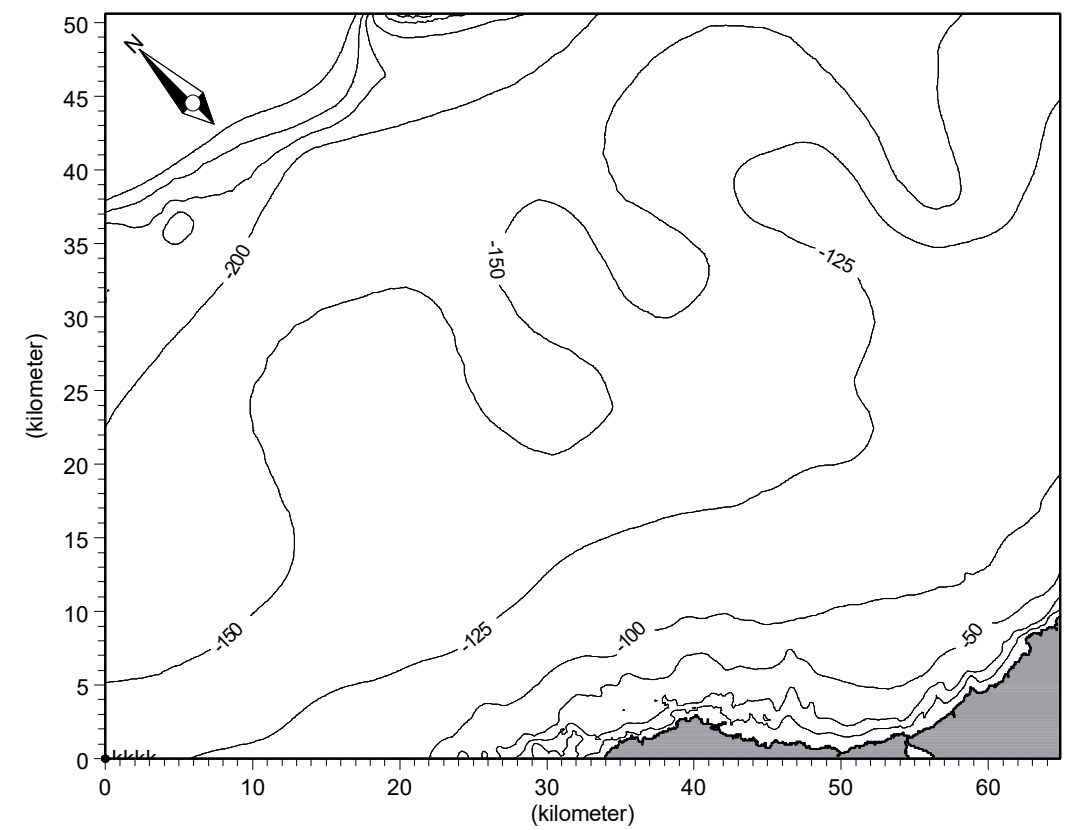
Scale 1:400000

		Client:	Dirección Gral. de Costas		
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección WNW $T_p=15s$		Drawing no. Figura 7	
M21 NSW	27/09/2005				
	Init:				
	Dpto. Modelos				



		Client:		Dirección Gral. de Costas		
		Project:		Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo	Date:	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección WNW $T_p=20s$				Drawing no. Figura 8
M21 NSW	27/09/2005					
	Init:					
	Dpto. Modelos					





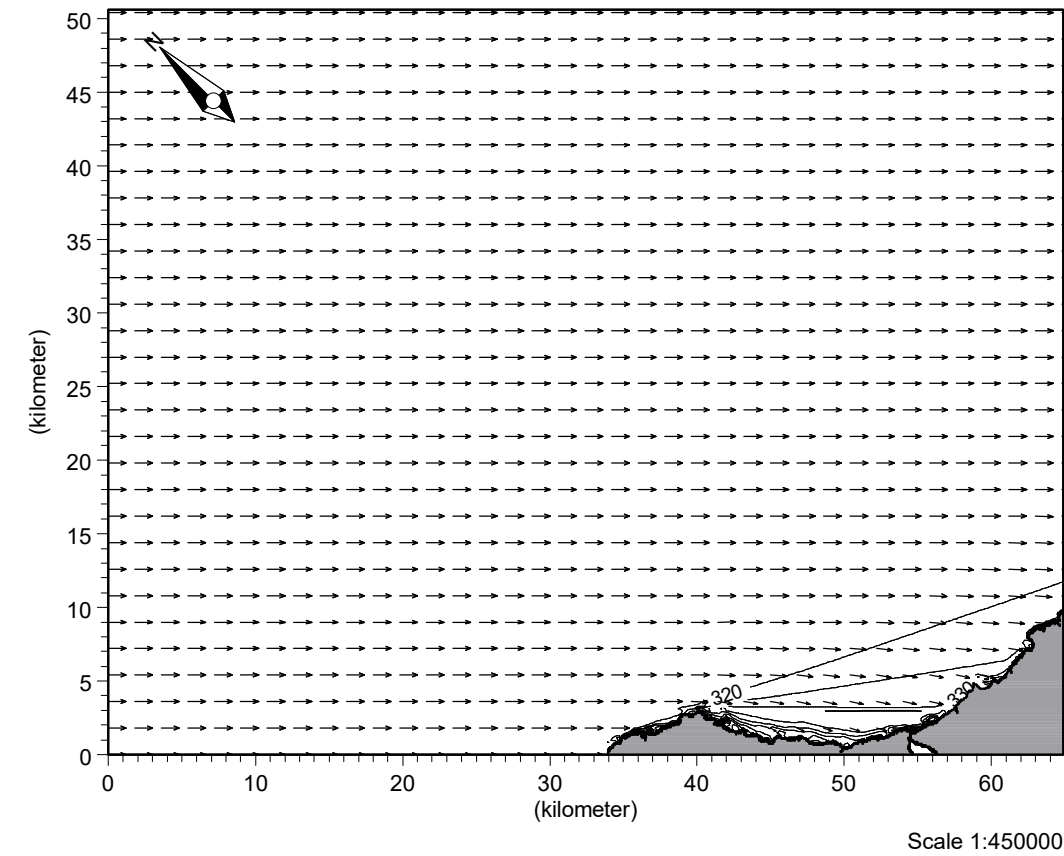
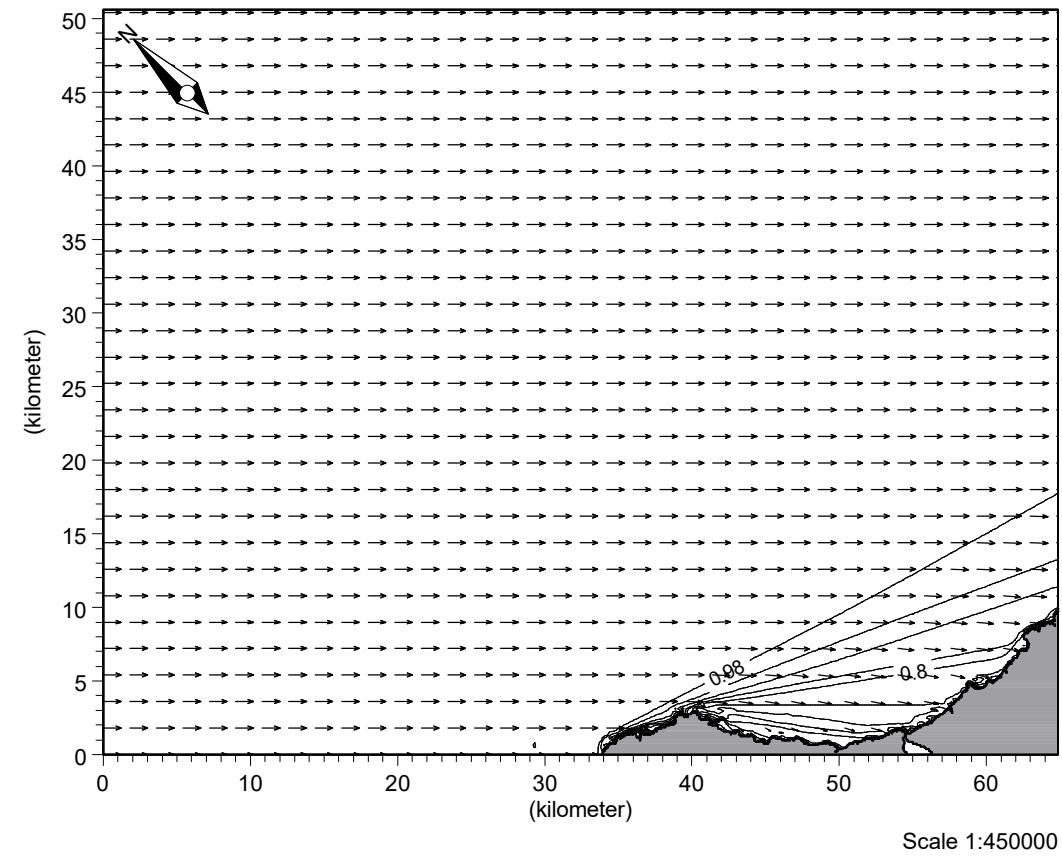
Scale 1:400000







Scale 1:450000

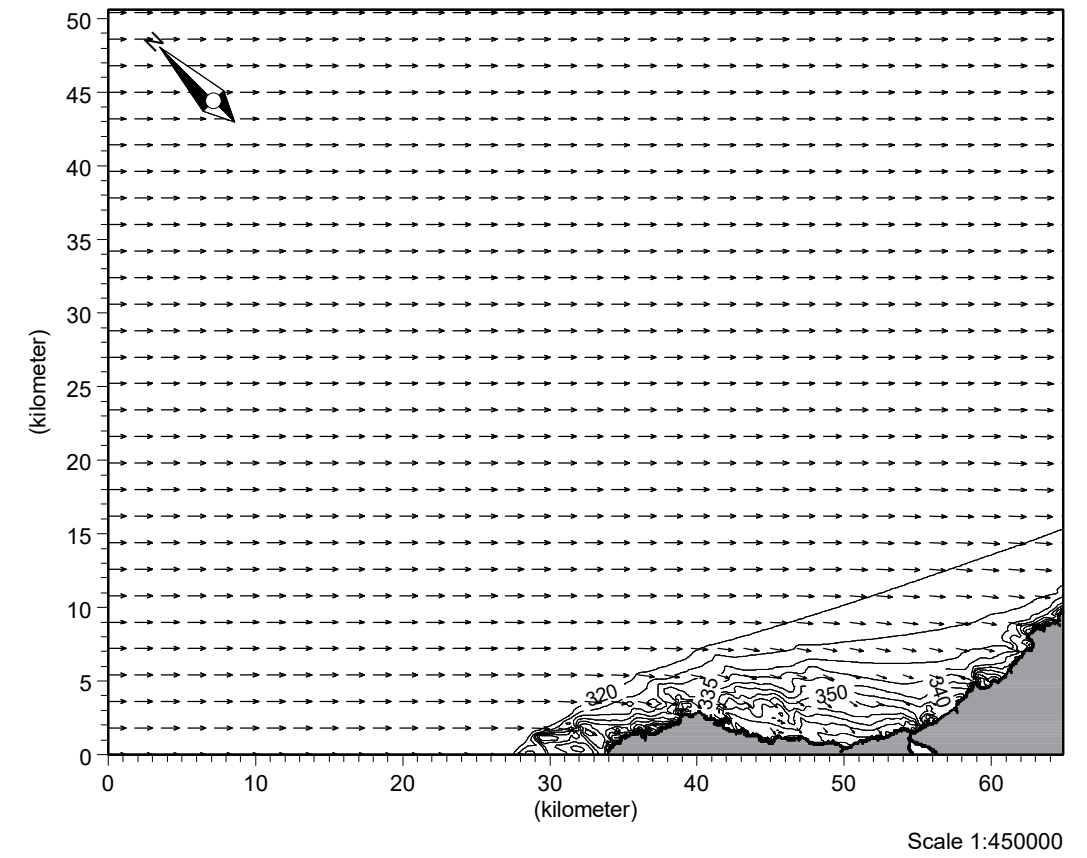
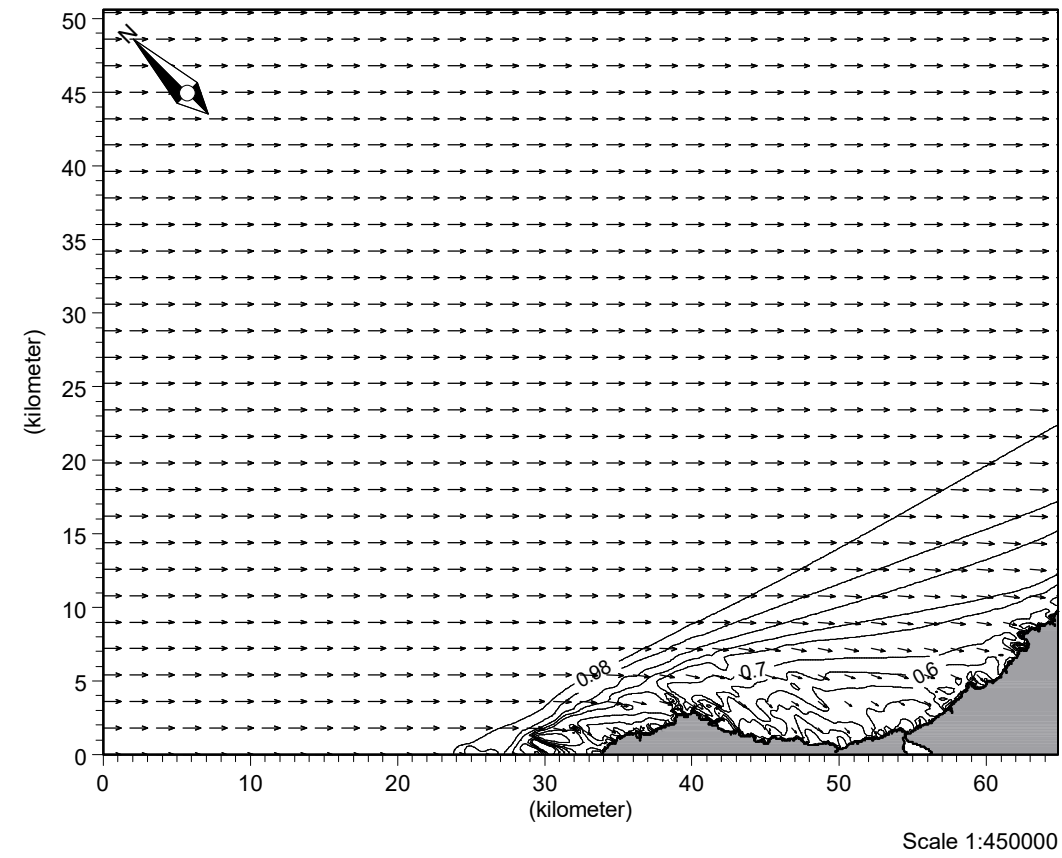
		Client: Dirección Gral. de Costas			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección WNW $T_p=20s$			Drawing no. Figura 9
	Init: Dpto. Modelos				



		Client: Dirección Gral. de Costas			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Batimetría para las propagaciones según dirección NW			Drawing no. Figura 10
	Init: Dpto. Modelos				





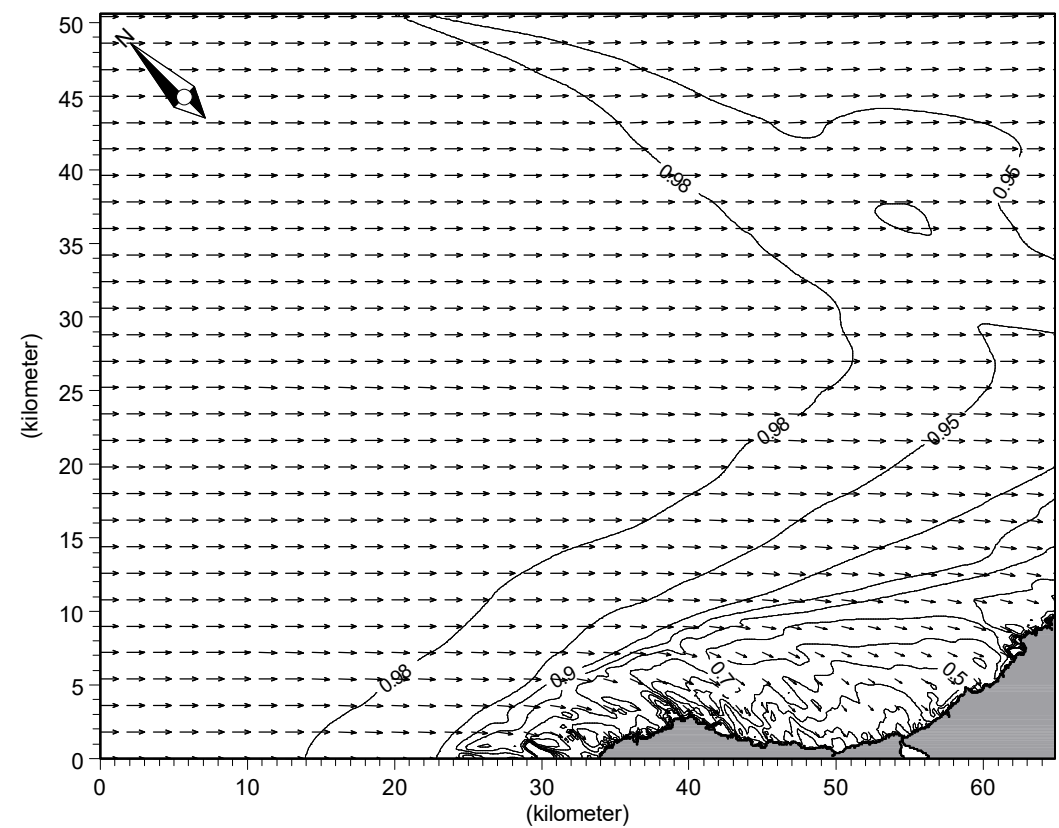
		Client: Dirección Gral. de Costas		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NW $T_p=4s$		Drawing no. Figura 11
	Init: Dpto. Modelos			

		Client: Dirección Gral. de Costas			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NW $T_p=4s$			Drawing no. Figura 12
	Init: Dpto. Modelos				

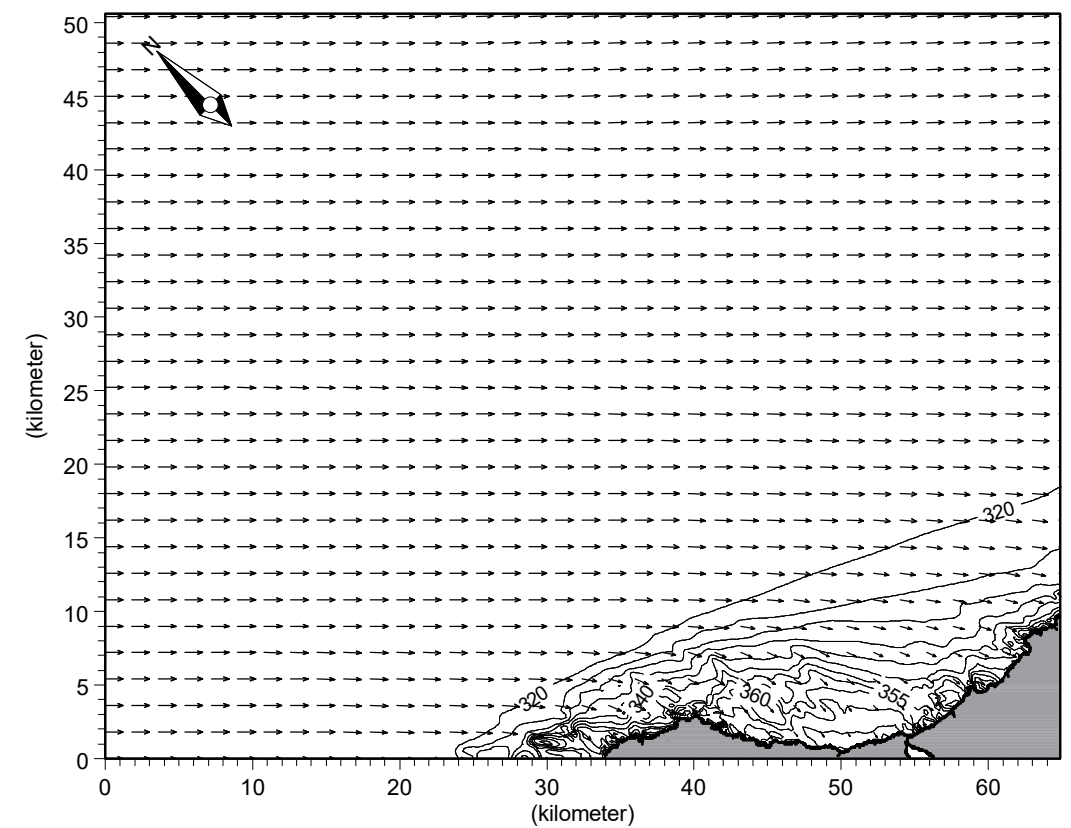


		Client:	Dirección Gral. de Costas		
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo	Date:	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NW $T_p=10s$		Drawing no.	
M21 NSW	27/09/2005				
	Init:	Dpto. Modelos		Figura 13	



		Client:		Dirección Gral. de Costas		
		Project:		Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NW Tp=10s				Drawing no.
M21 NSW	27/09/2005					
	Init:	Dpto. Modelos				
			Figura 14			





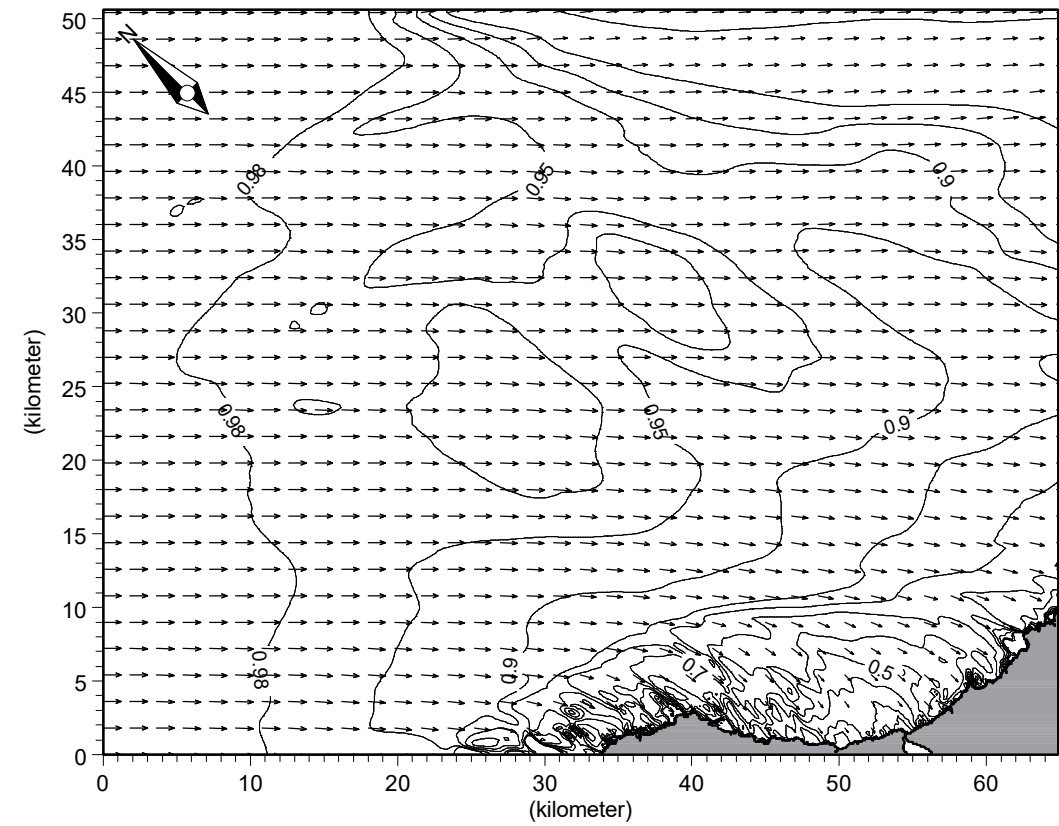
Scale 1:450000



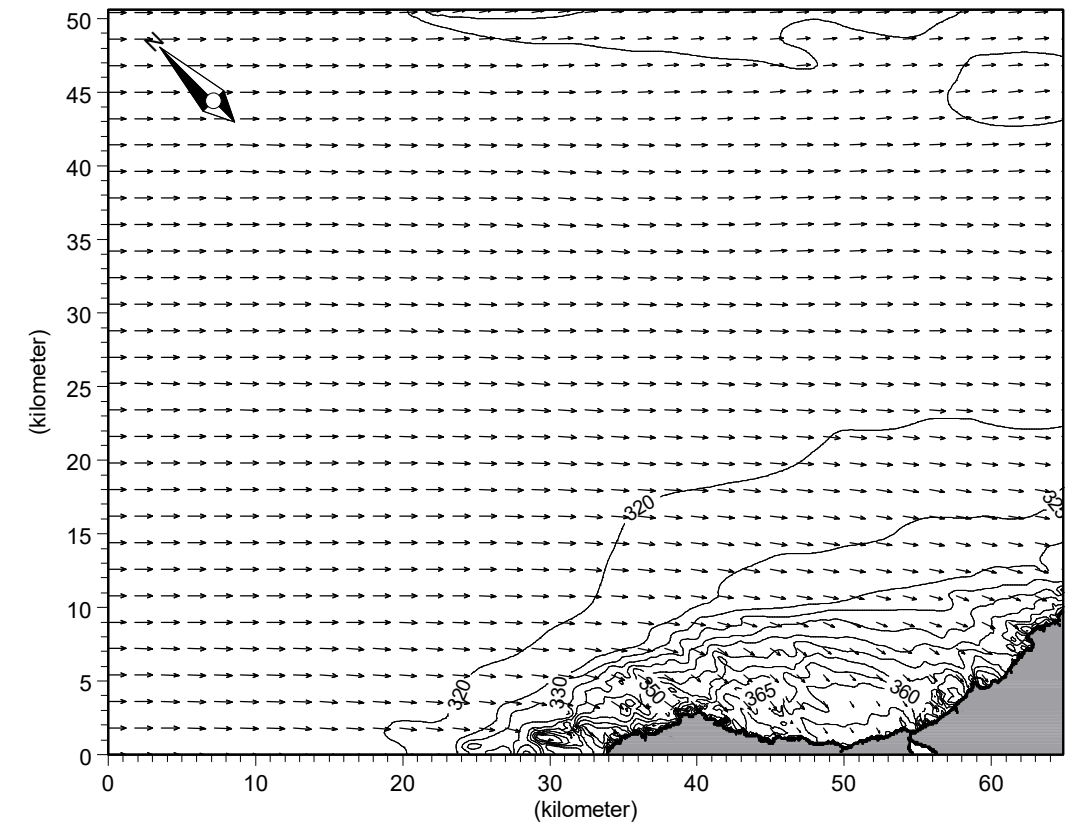
Scale 1:450000

		Client: Dirección Gral. de Costas		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NW Tp=15s		Drawing no. Figura 15
	Init: Dpto. Modelos			



		Client:		Dirección Gral. de Costas	
		Project:		Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NW Tp=15s		Drawing no. Figura 16	
M21 NSW	27/09/2005				
	Init:				
	Dpto. Modelos				





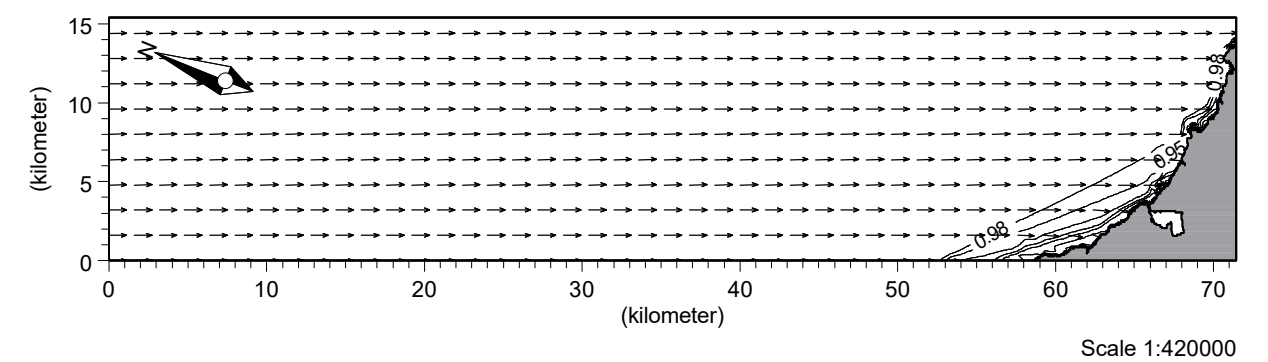
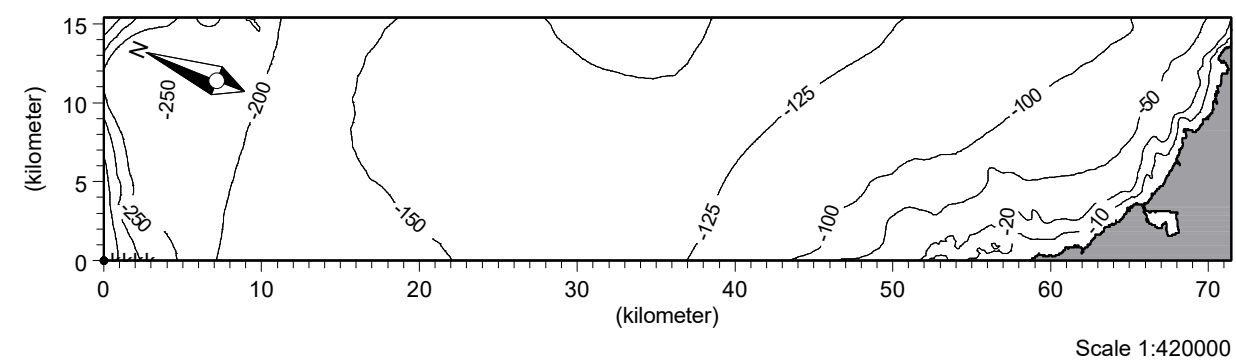
Scale 1:450000







Scale 1:450000

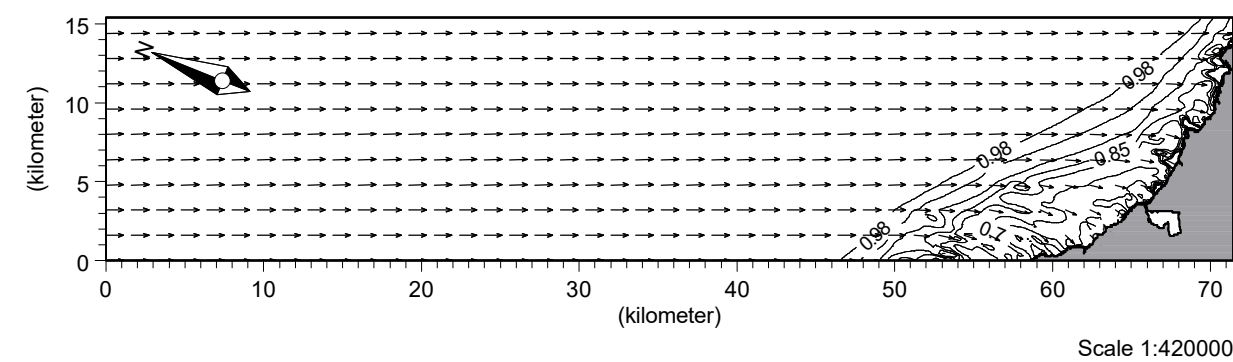
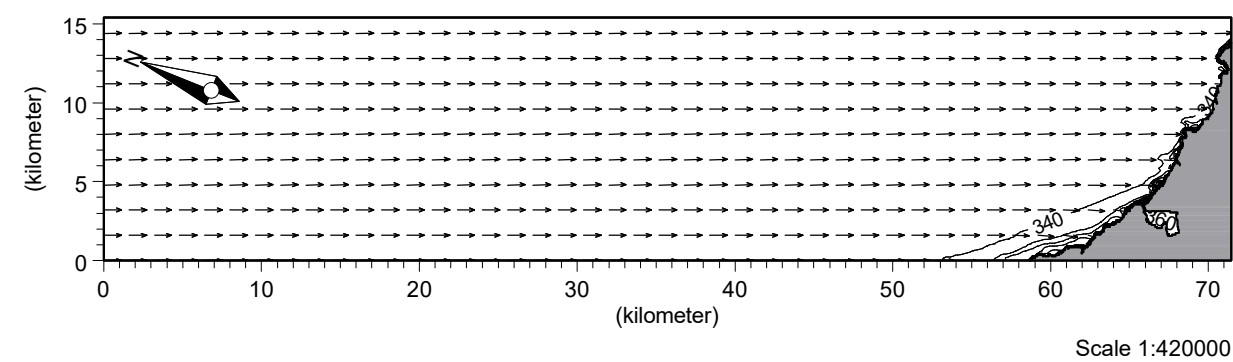
		Client: Dirección Gral. de Costas			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NW Tp=20s			Drawing no. Figura 17
	Init: Dpto. Modelos				



		Client: Dirección Gral. de Costas		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NW Tp=20s		Drawing no. Figura 18
	Init: Dpto. Modelos			





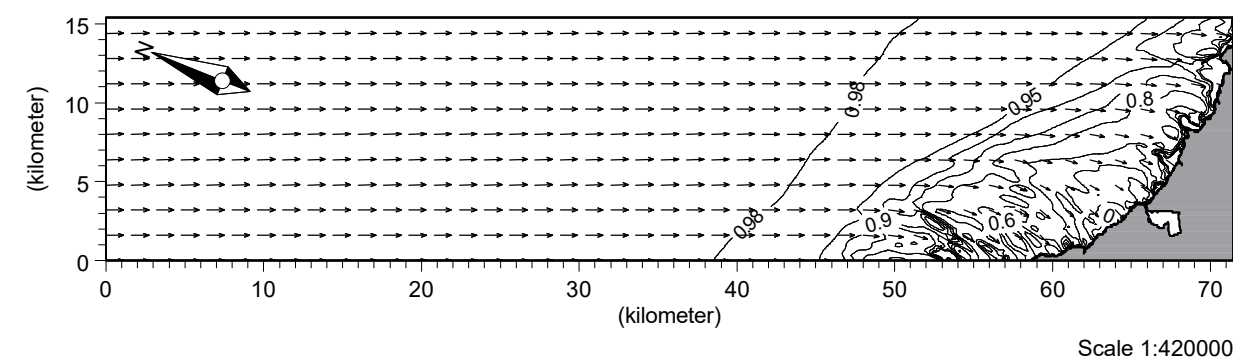
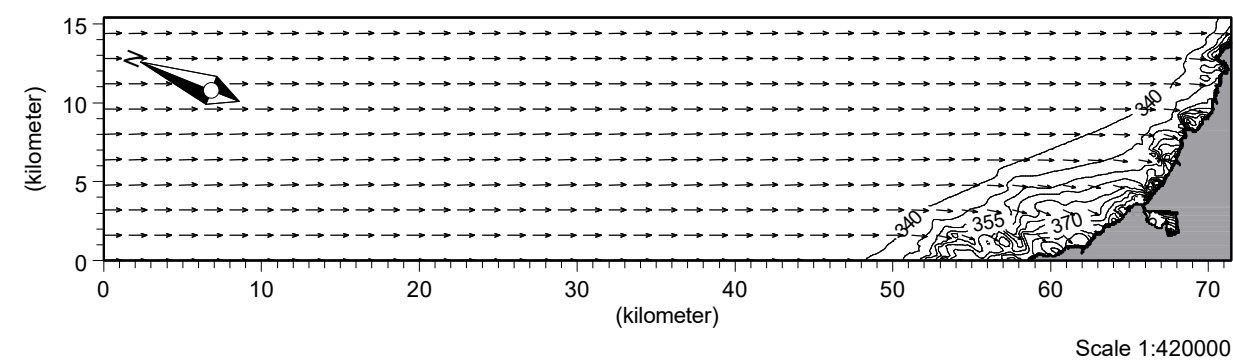
		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Batimetría para las propagaciones según dirección NNW		Drawing no. Figura 19
	Init: Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NNW $T_p=4s$		Drawing no. Figura 20
	Init: Dpto. Modelos			





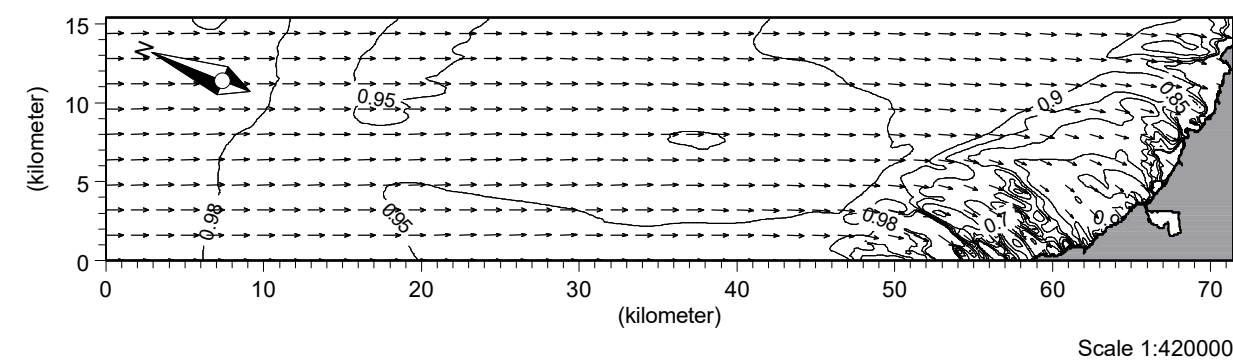
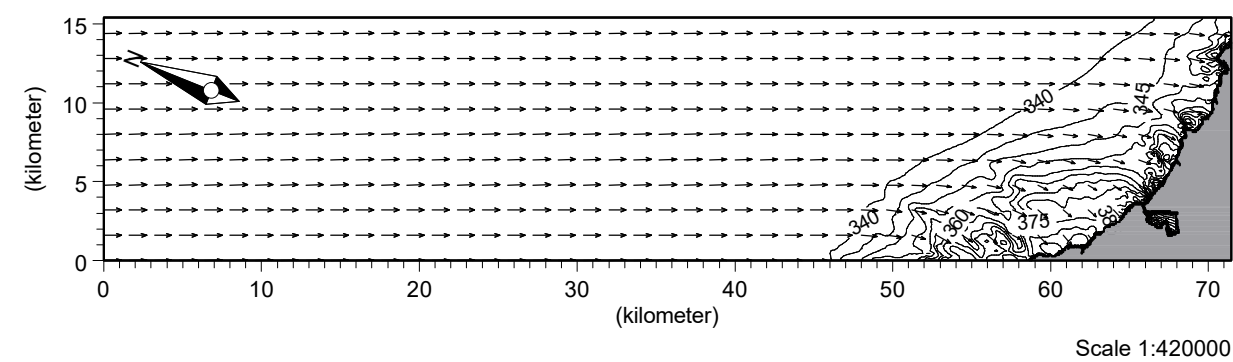
		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NNW $T_p=4s$		Drawing no.
M21 NSW	27/09/2005			
	Init:	Figura 21		
	Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NNW $T_p=10s$		Drawing no.
M21 NSW	27/09/2005			
	Init:	Figura 22		
	Dpto. Modelos			





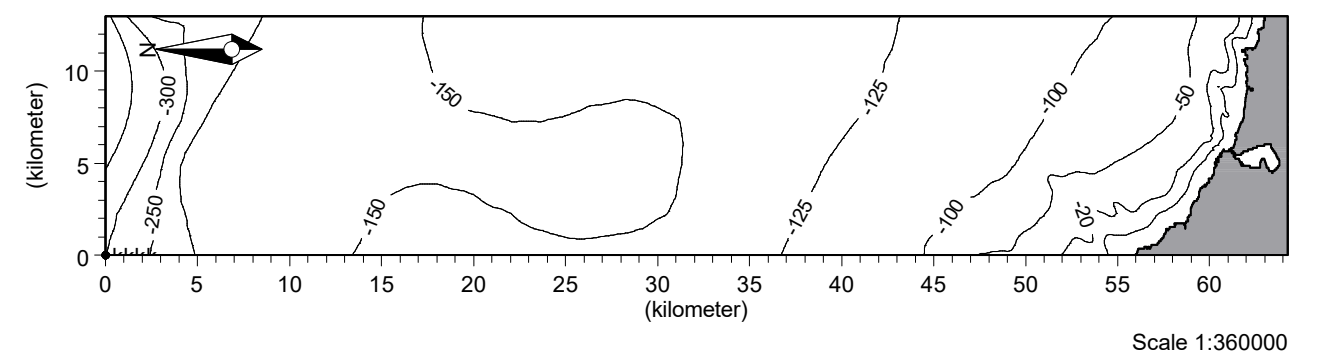
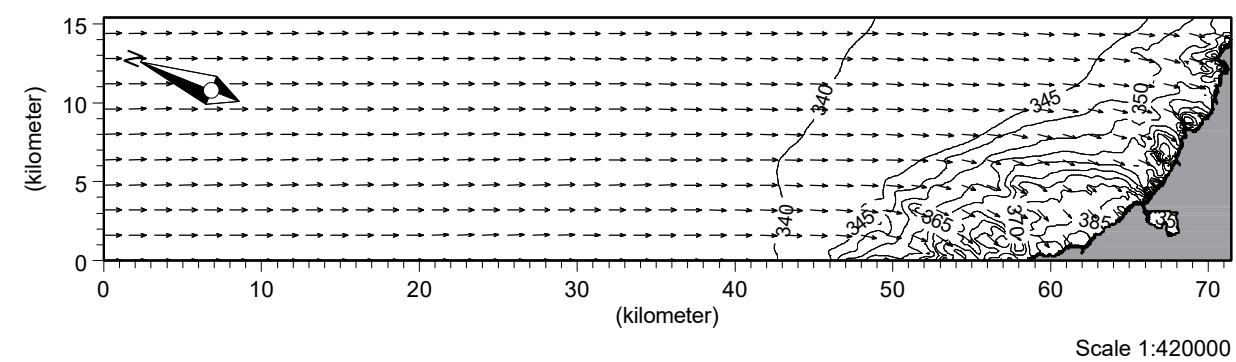
		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NNW $T_p=10s$		Drawing no. Figura 23
	Init: Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NNW $T_p=15s$		Drawing no. Figura 24
	Init: Dpto. Modelos			





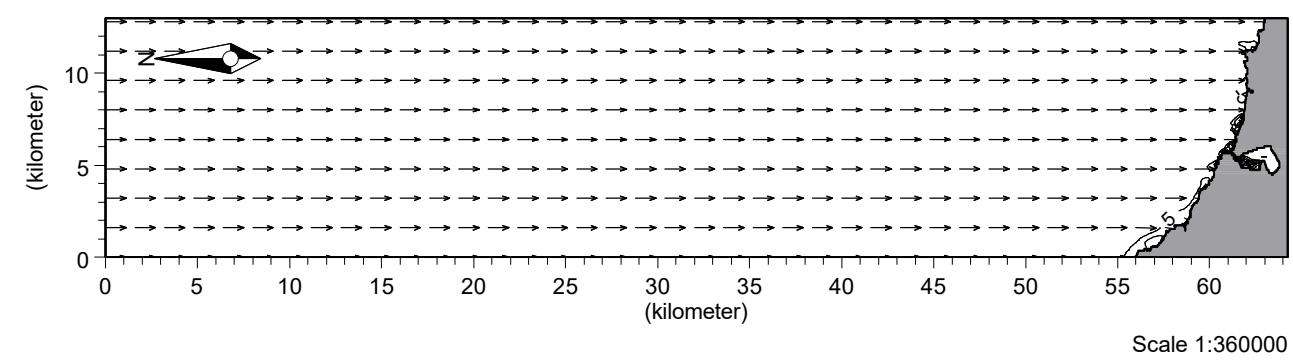
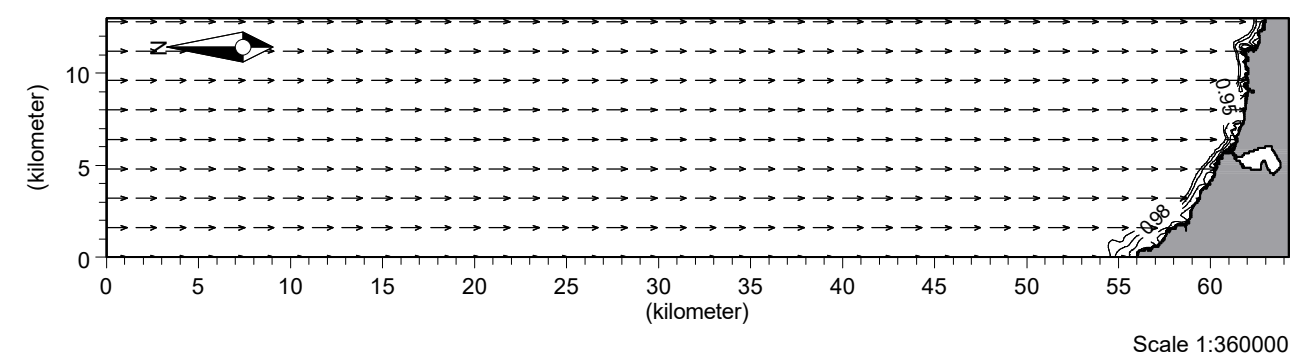
		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NNW $T_p=15s$		Drawing no.
M21 NSW	27/09/2005			
	Init:	Figura 25		
	Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NNW $T_p=20s$		Drawing no.
M21 NSW	27/09/2005			
	Init:	Figura 26		
	Dpto. Modelos			





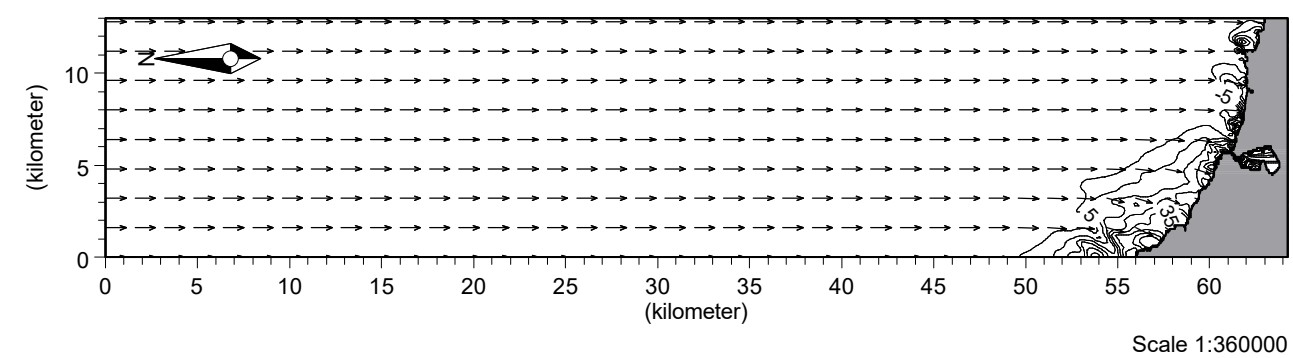
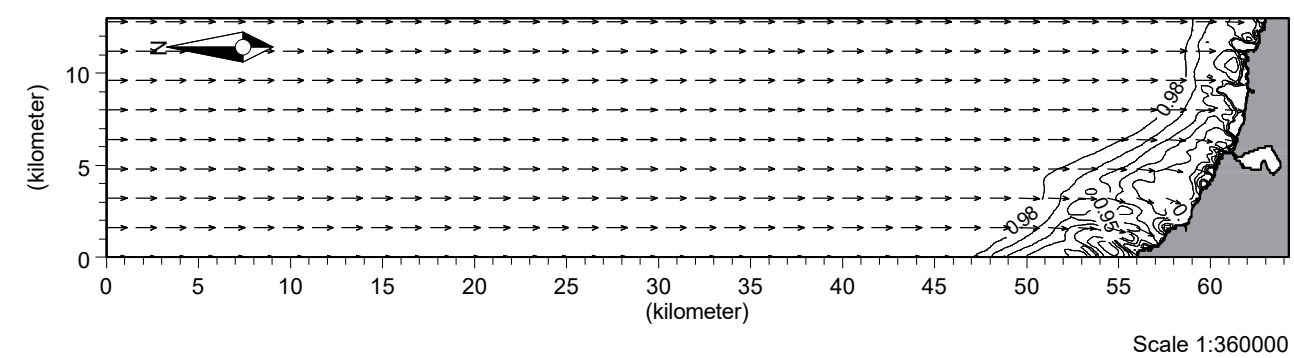
		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NNW $T_p=20s$		Drawing no. Figura 27
	Init: Dpto. Modelos			


		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Batimetría para las propagaciones según dirección N		Drawing no. Figura 28
	Init: Dpto. Modelos			




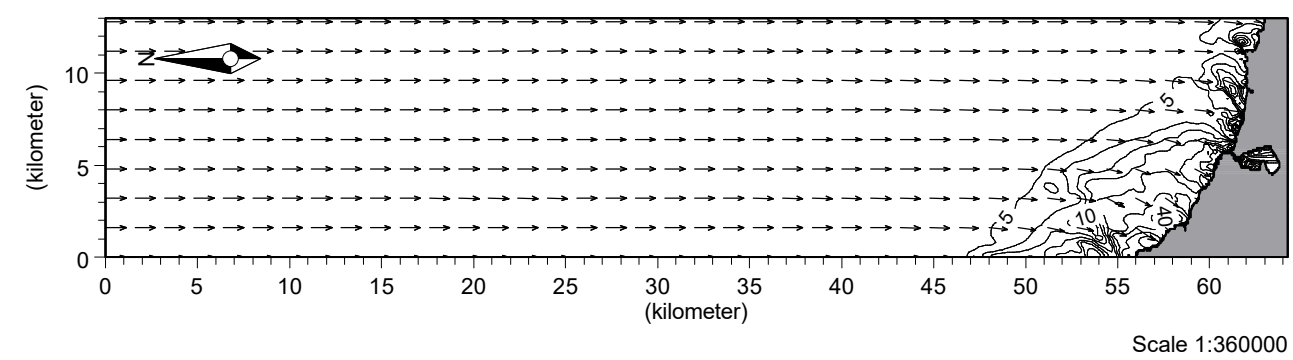
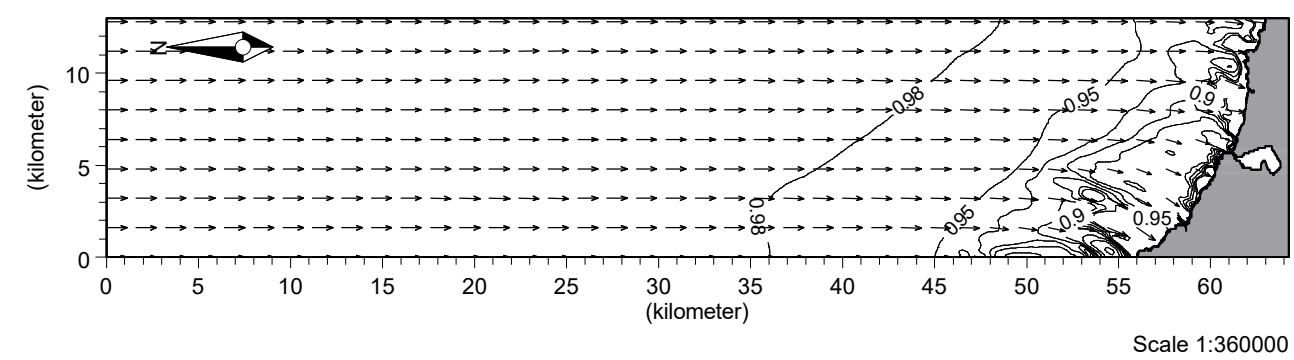
		Client: Dirección Gral. de Costas			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección N Tp=04s			Drawing no. Figura 29
	Init: Dpto. Modelos				



		Client: Dirección Gral. de Costas			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección N Tp=4s			Drawing no. Figura 30
	Init: Dpto. Modelos				





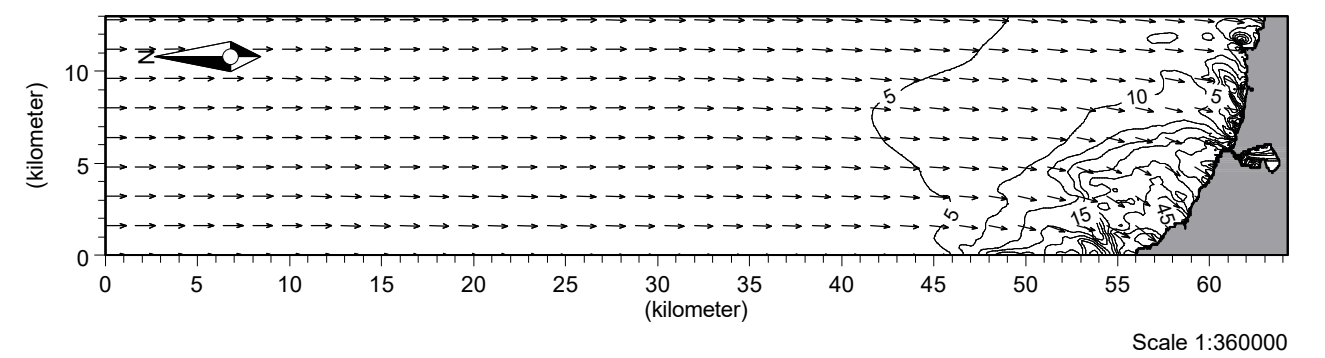
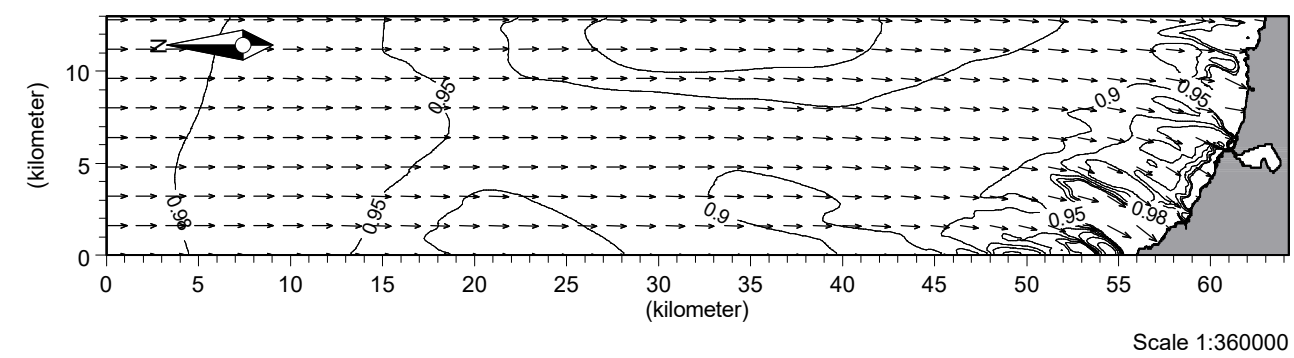
		Client: Dirección Gral. de Costas		MIKEZero
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección N Tp=10s		Drawing no. Figura 31
	Init: Dpto. Modelos			



		Client: Dirección Gral. de Costas		MIKEZero
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección N Tp=10s		Drawing no. Figura 32
	Init: Dpto. Modelos			





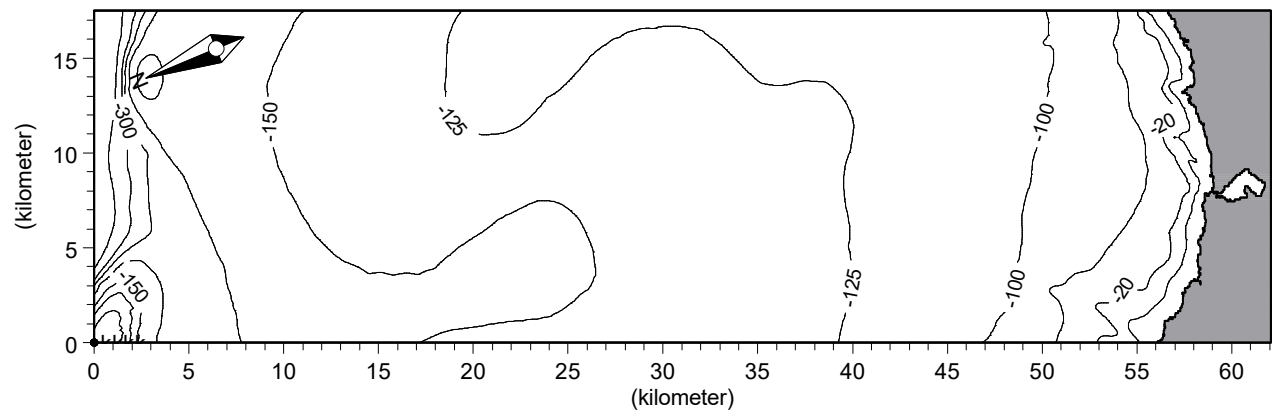
		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección N $T_p=15s$		Drawing no. Figura 33
	Init: Dpto. Modelos			

		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección N $T_p=15s$		Drawing no. Figura 34
	Init: Dpto. Modelos			

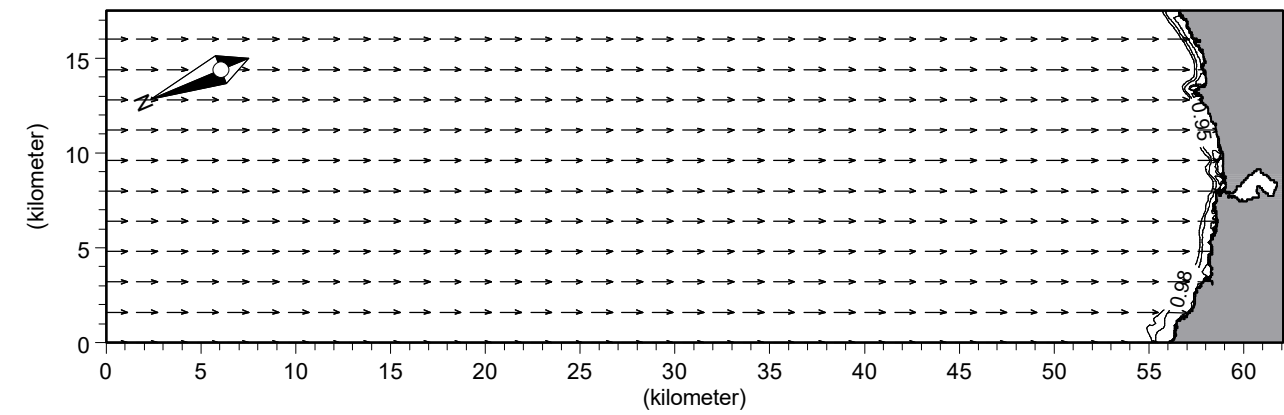


		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección N Tp=20s		Drawing no. Figura 35
	Init: Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección N Tp=20s		Drawing no. Figura 36
	Init: Dpto. Modelos			





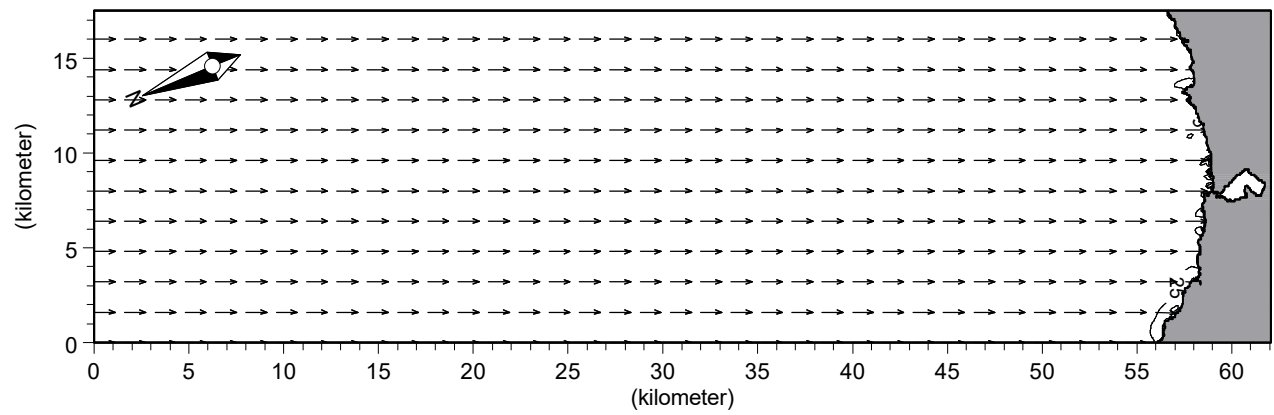
Scale 1:350000



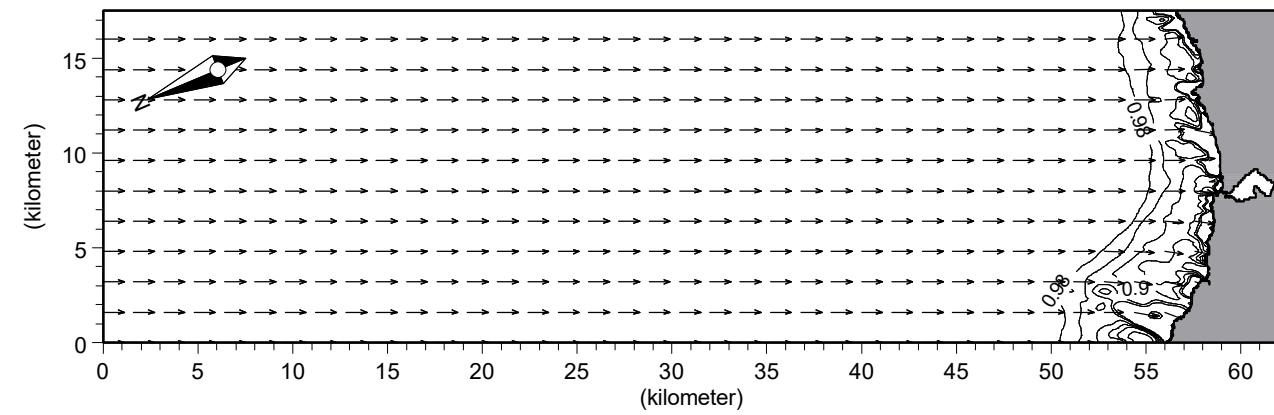
Scale 1:350000

		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Batimetría para las propagaciones según dirección NNE		Drawing no. Figura 37
	Init: Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NNE $T_p=4s$		Drawing no. Figura 38
	Init: Dpto. Modelos			





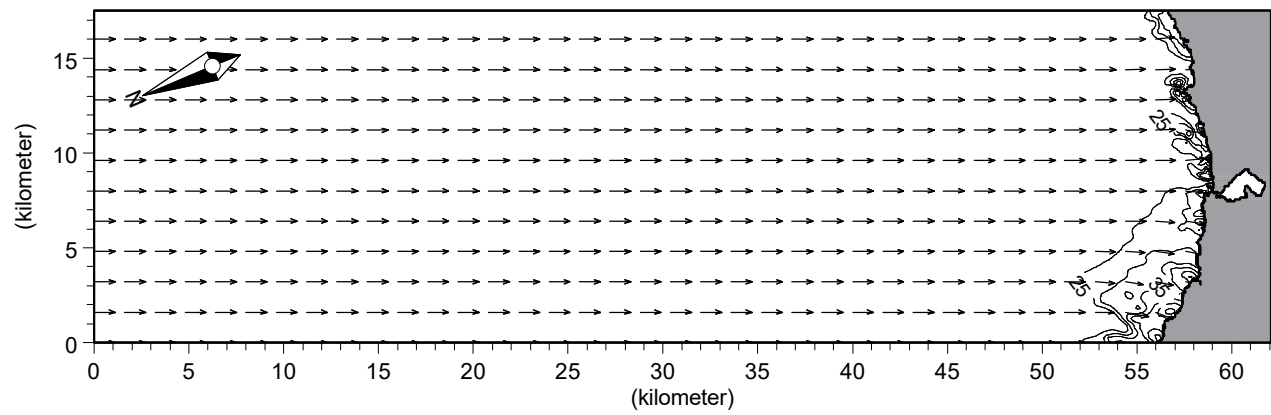
Scale 1:350000



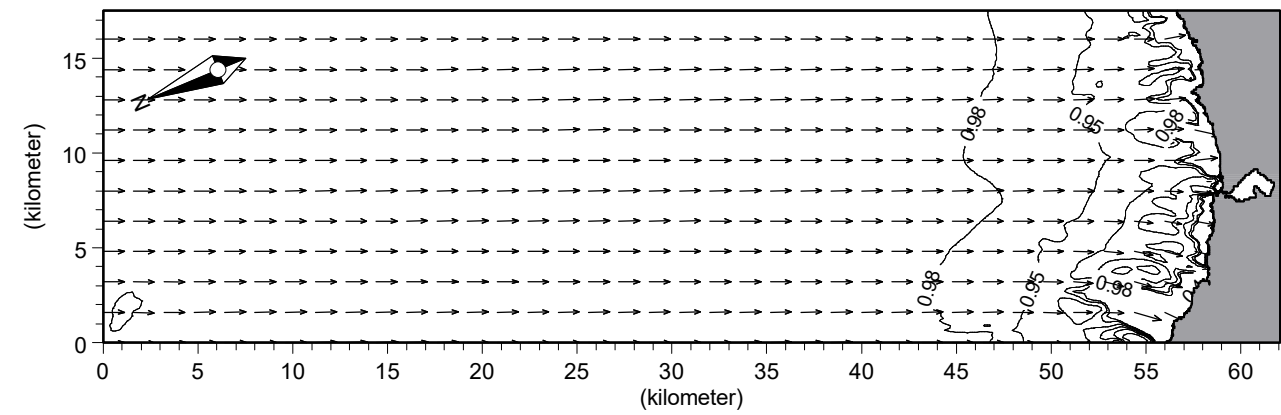
Scale 1:350000

		Client: Dirección Gral. de Costas			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NNE $T_p=4s$			Drawing no. Figura 39
	Init: Dpto. Modelos				



		Client: Dirección Gral. de Costas			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NNE Tp=10s			Drawing no. Figura 40
	Init: Dpto. Modelos				





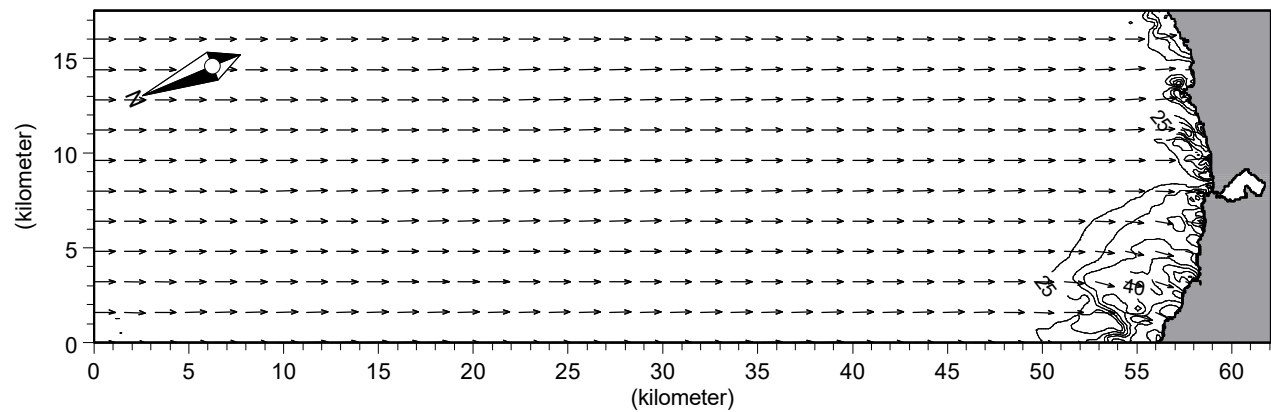
Scale 1:350000



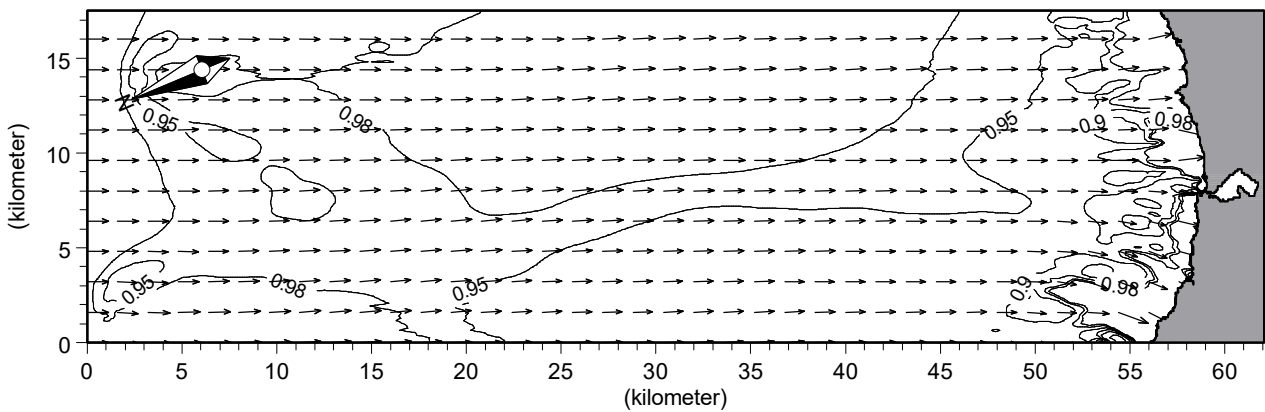
Scale 1:350000

		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NNE $T_p=10s$		Drawing no. Figura 41
	Init: Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NNE $T_p=15s$		Drawing no. Figura 42
	Init: Dpto. Modelos			





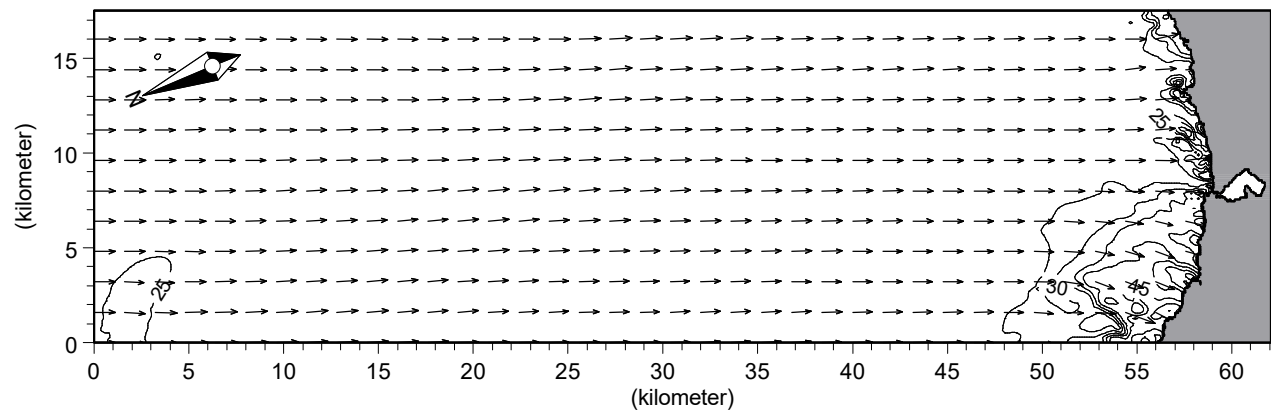
Scale 1:350000



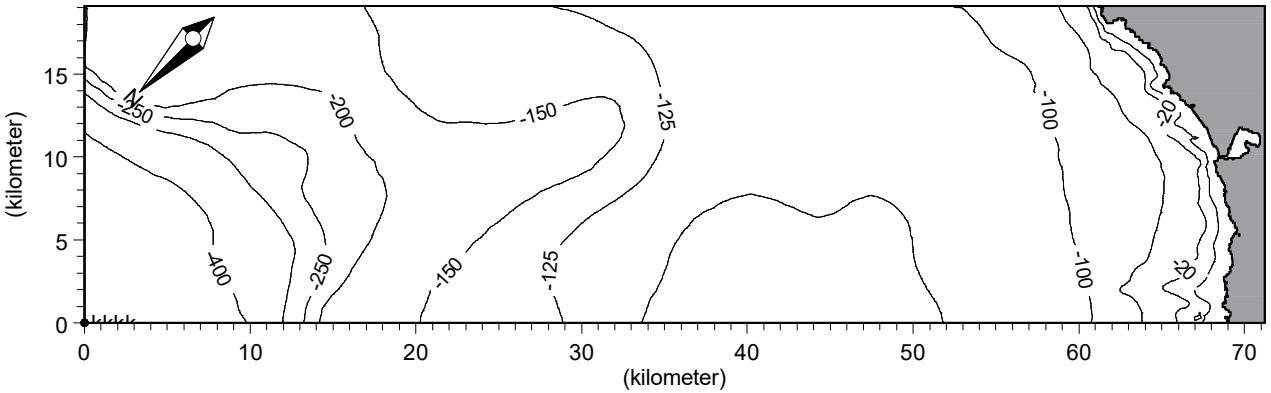
Scale 1:350000

		Client: Dirección Gral. de Costas		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NNE $T_p=15s$		Drawing no. Figura 43
	Init: Dpto. Modelos			



		Client: Dirección Gral. de Costas		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NNE $T_p=20s$		Drawing no. Figura 44
	Init: Dpto. Modelos			





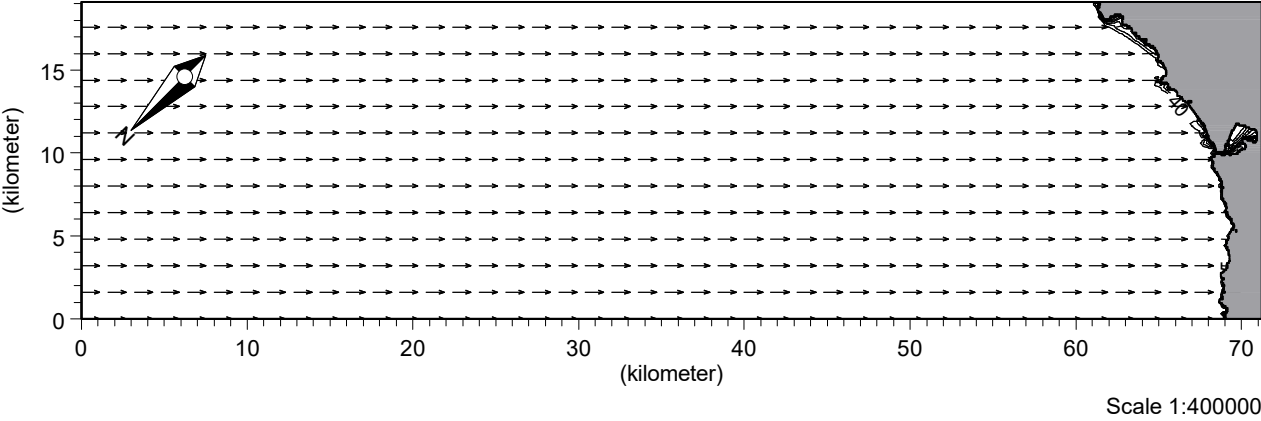
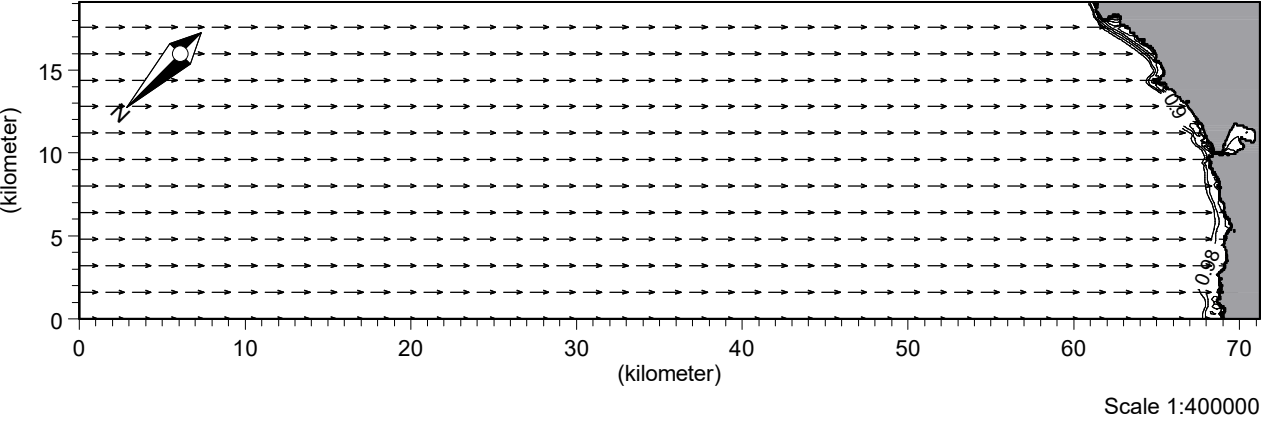
Scale 1:350000





Scale 1:400000

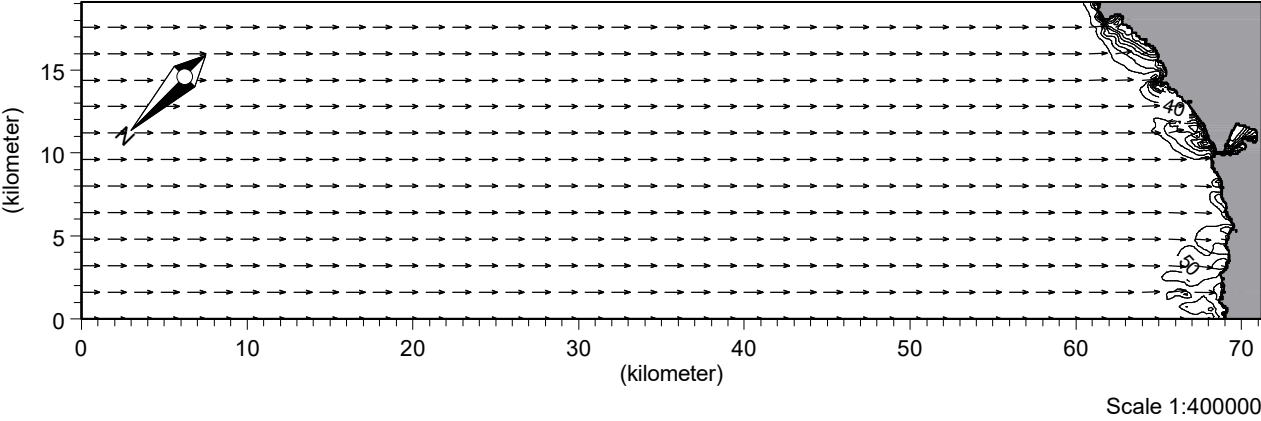
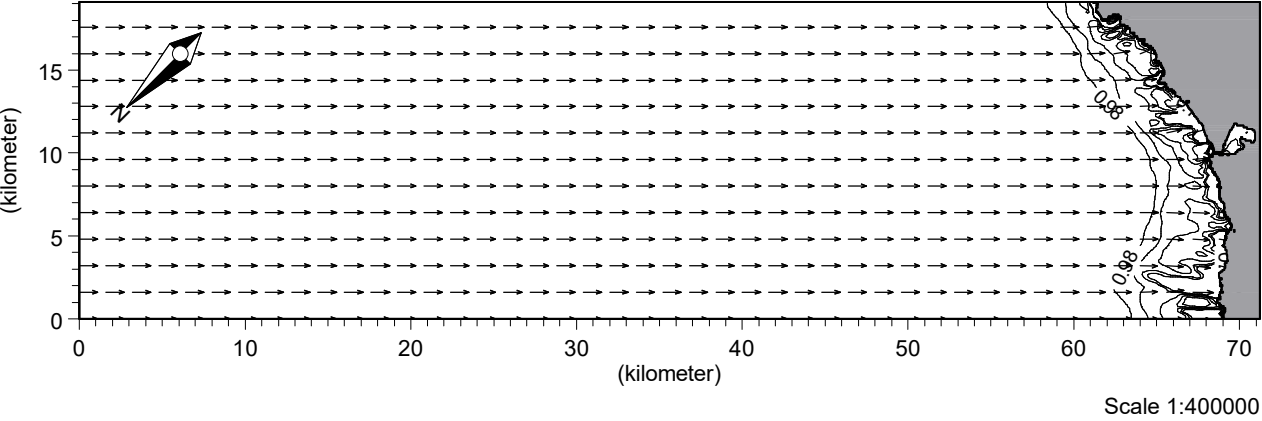
		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NNE $T_p=20s$		Drawing no. Figura 45
	Init: Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Batimetría para las propagaciones según dirección NE		Drawing no. Figura 46
	Init: Dpto. Modelos			





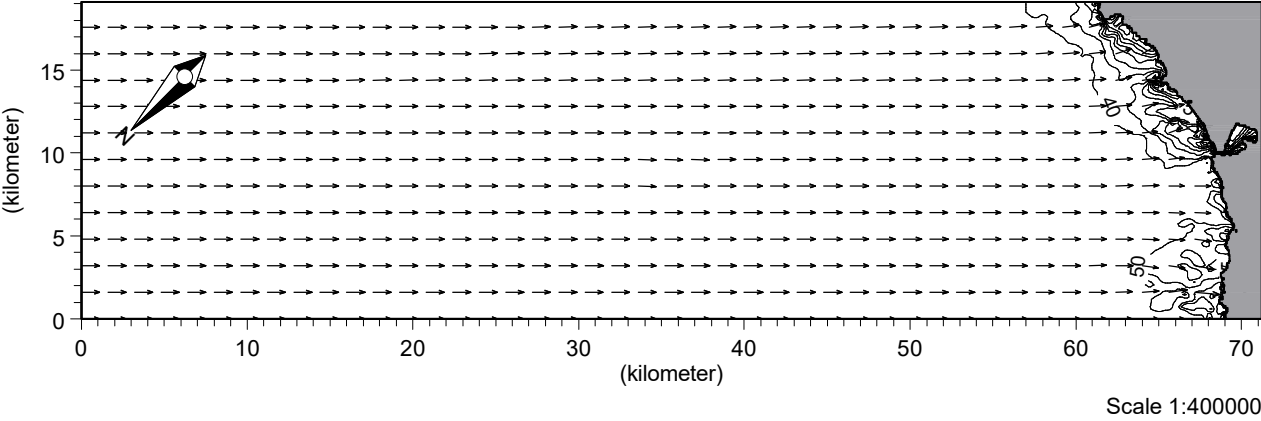
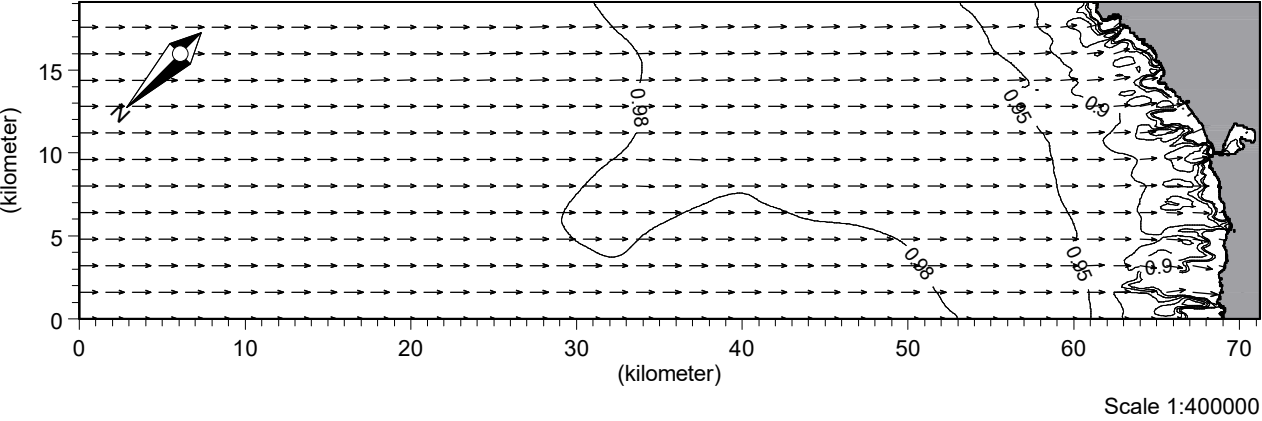
		Client:	Dirección Gral. de Costas	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE $T_p=4s$		Drawing no. Figura 47
	Init: Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE $T_p=4s$		Drawing no. Figura 48
	Init: Dpto. Modelos			





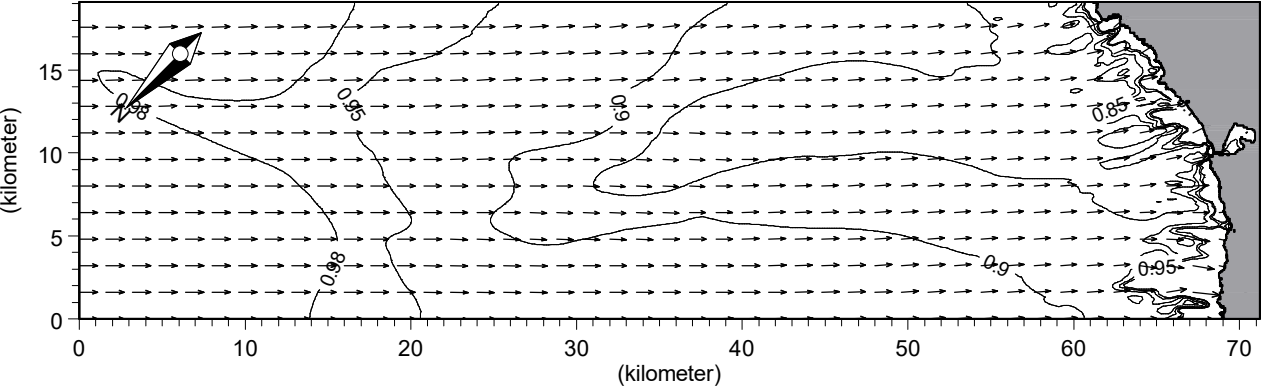
		Client:	Dirección Gral. de Costas		
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo	Date:	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=10s		Drawing no.	
M21 NSW	27/09/2005				
	Init:	Figura 49			
	Dpto. Modelos				

		Client:	Dirección Gral. de Costas		
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=10s		Drawing no.	
M21 NSW	27/09/2005				
	Init:	Figura 50			
	Dpto. Modelos				

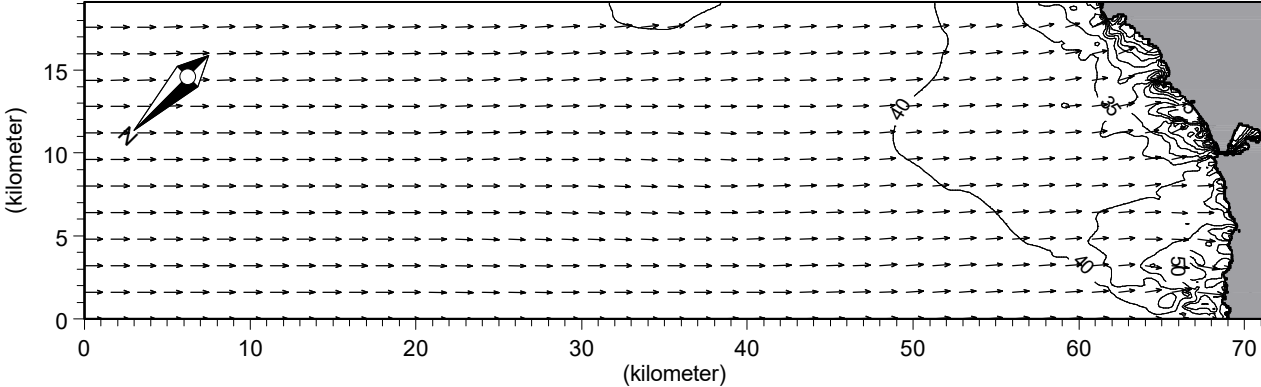


		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=15s		Drawing no. Figura 51
	Init: Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=15s		Drawing no. Figura 52
	Init: Dpto. Modelos			





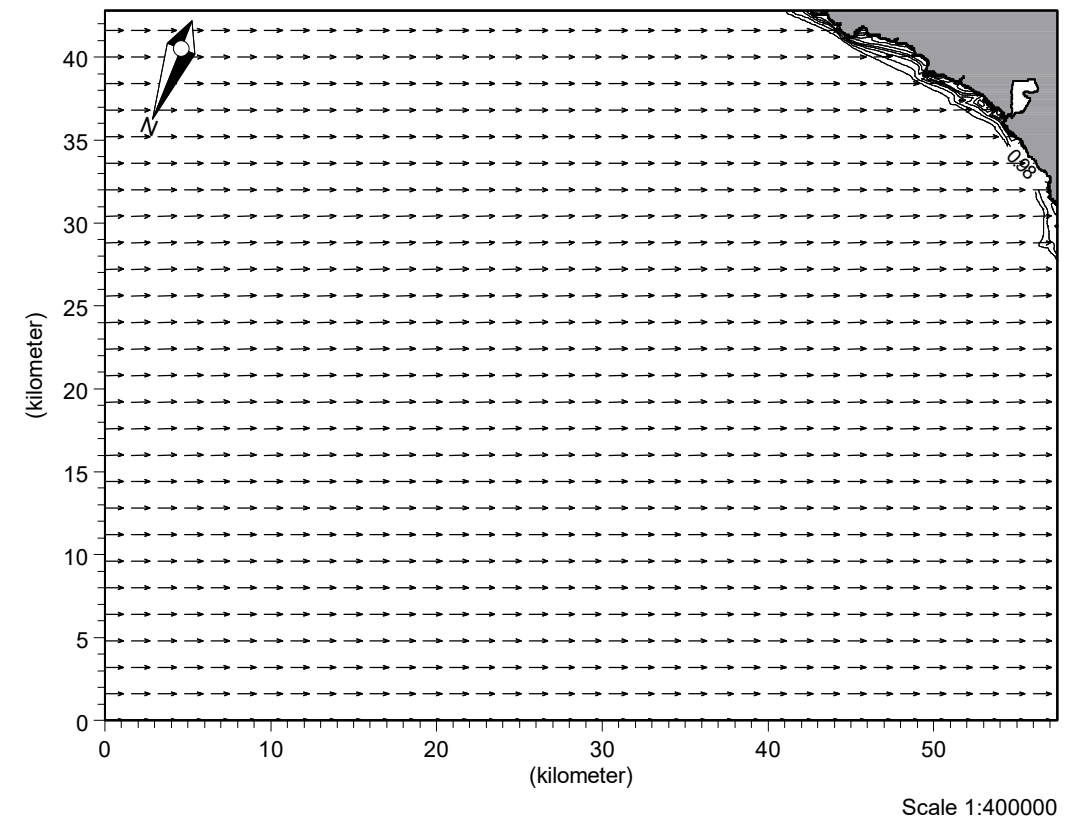
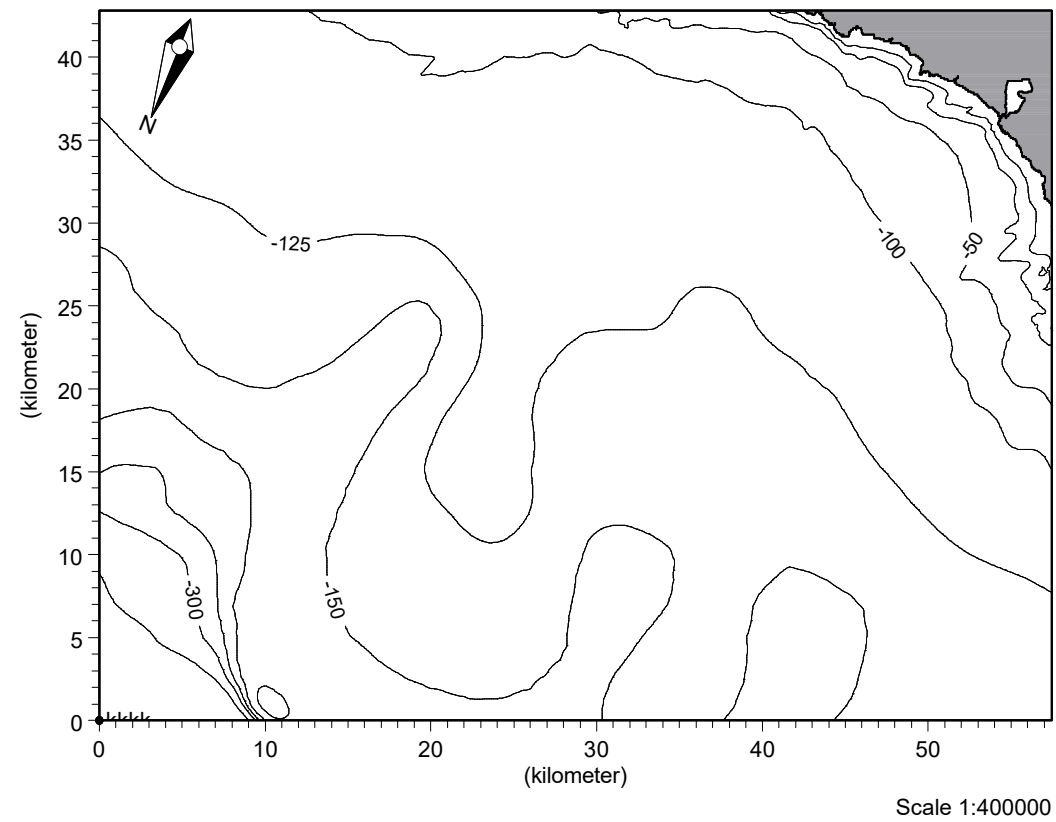
Scale 1:400000







Scale 1:400000

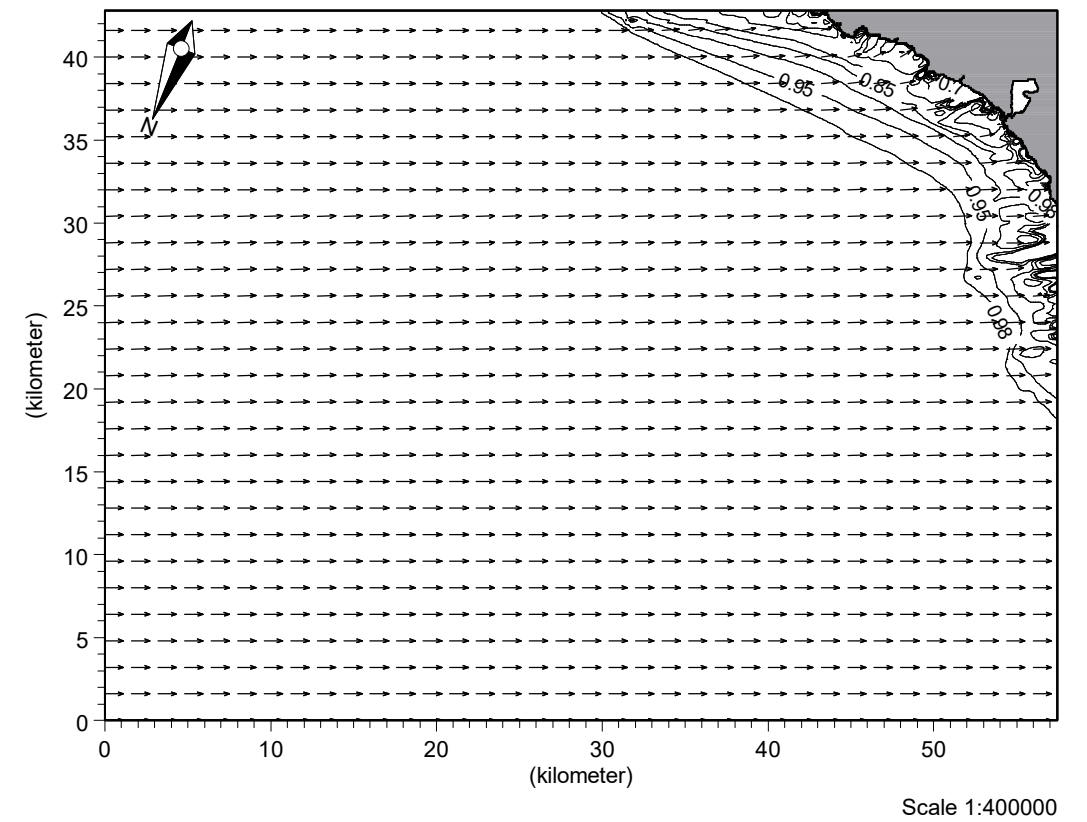
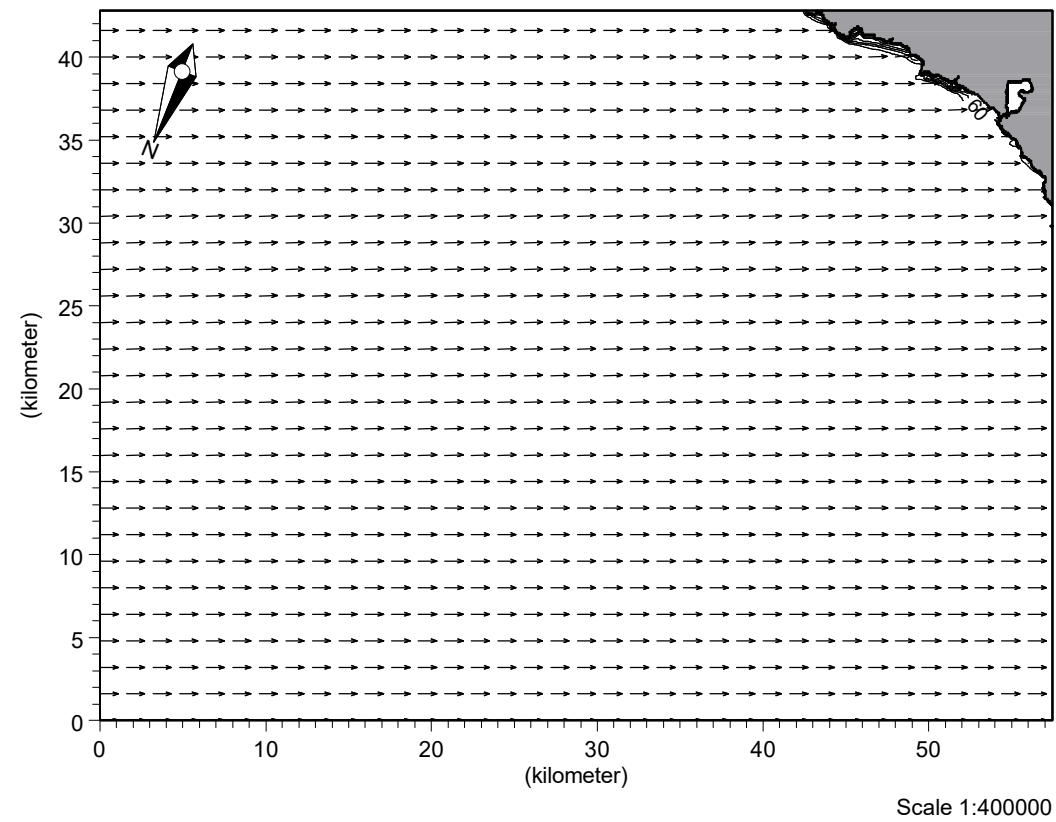
		Client: Dirección Gral. de Costas			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo	Date:	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=20s			Drawing no. Figura 53
M21 NSW	27/09/2005				
	Init:				
	Dpto. Modelos				



		Client:	Dirección Gral. de Costas		
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=20s		Drawing no.	
M21 NSW	27/09/2005				
	Init:	Figura 54			
	Dpto. Modelos				





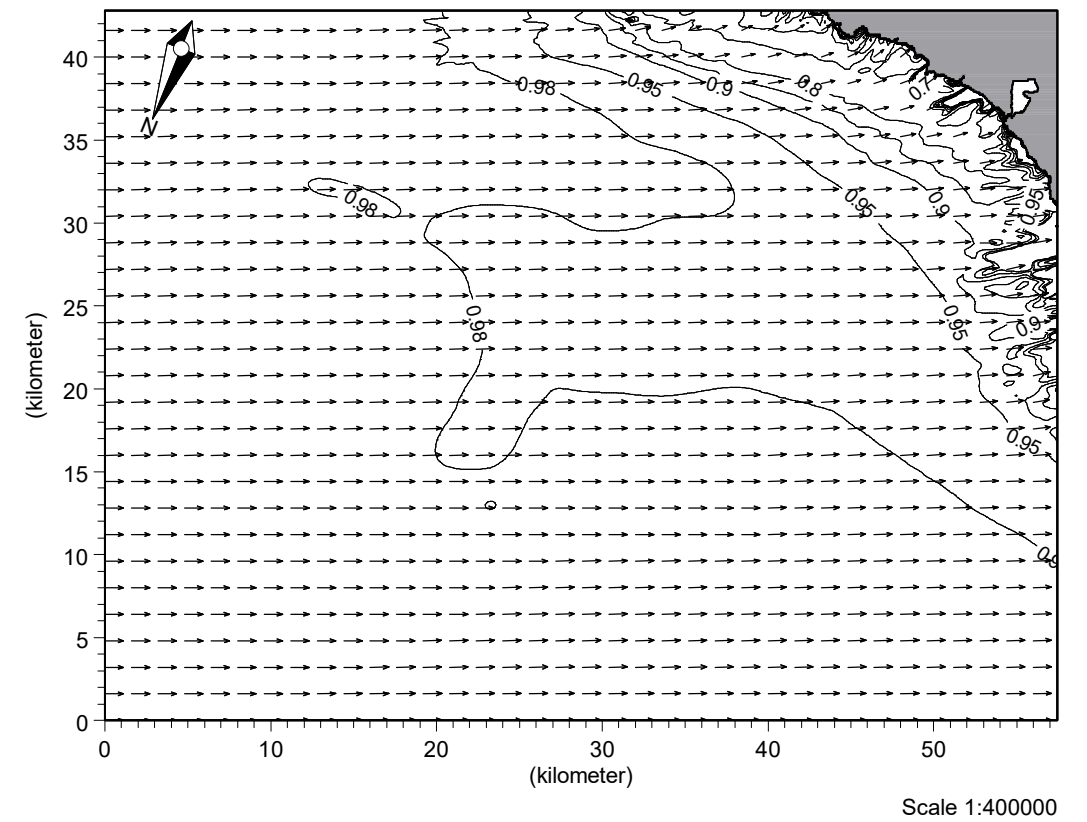
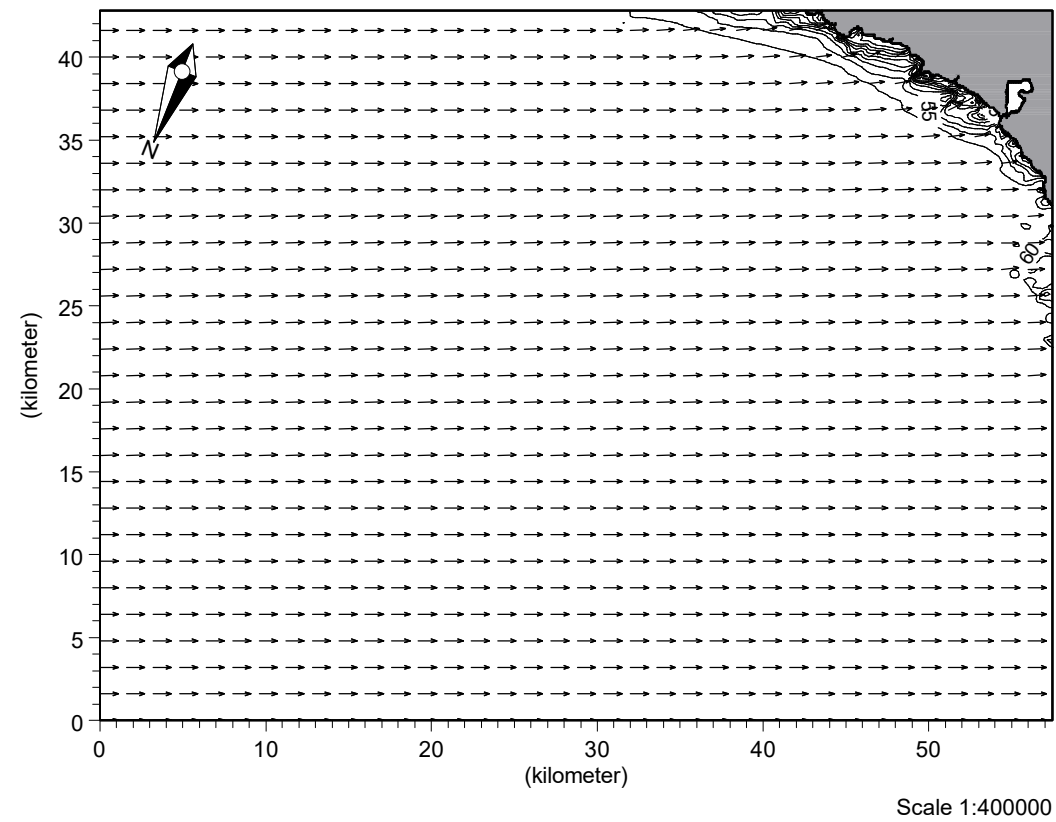
		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Batimetría para las propagaciones según dirección ENE		Drawing no. Figura 55
	Init: Dpto. Modelos			



		Client:	Dirección Gral. de Costas	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=4s$		Drawing no. Figura 56
	Init: Dpto. Modelos			





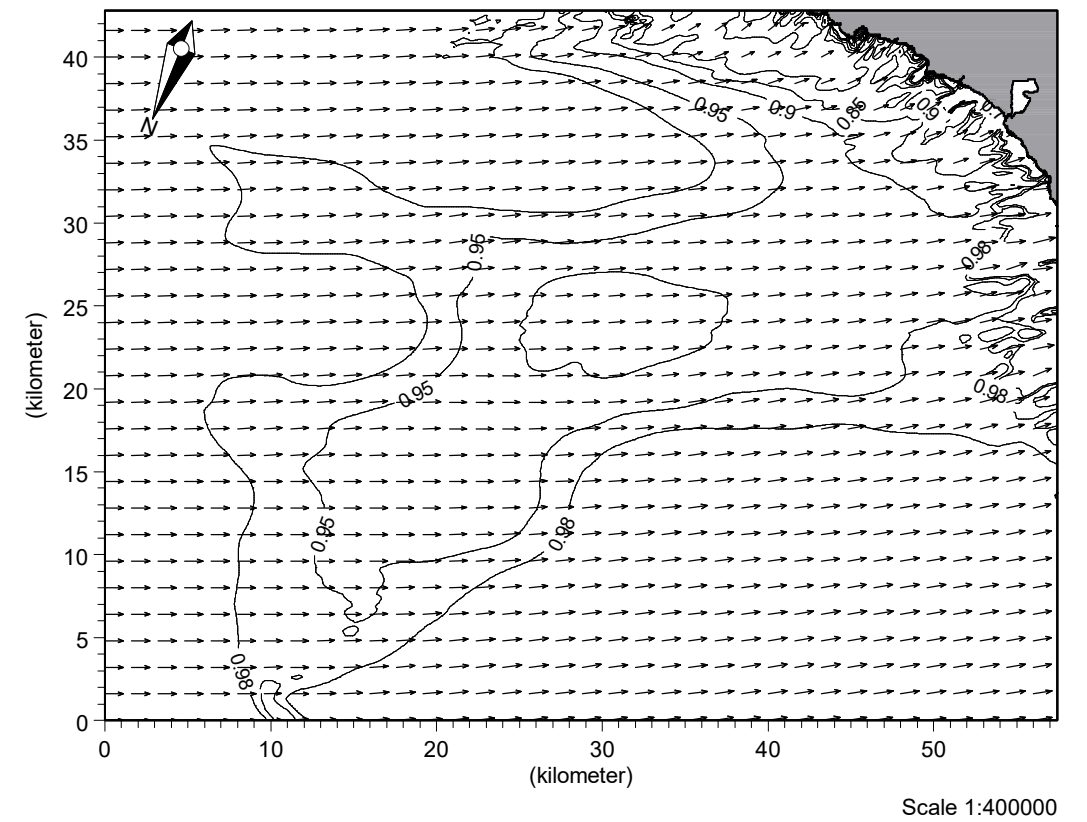
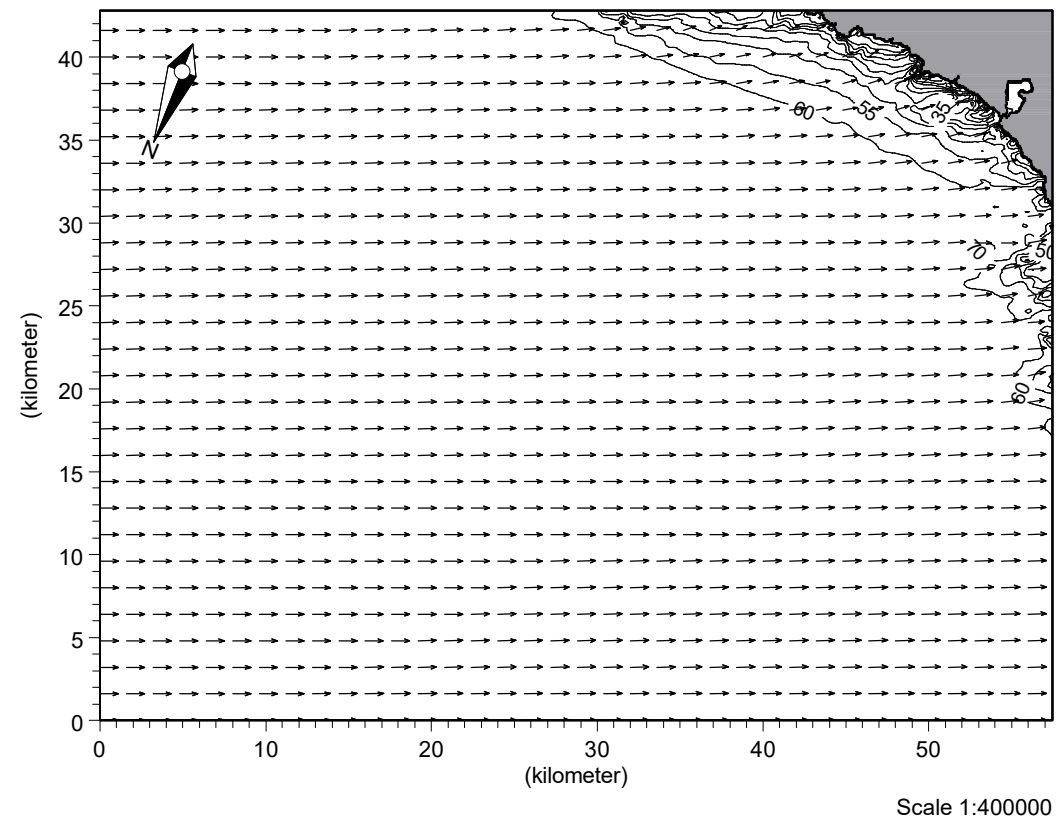
		Client: Dirección Gral. de Costas		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=4s$		Drawing no. Figura 57
	Init: Dpto. Modelos			



		Client: Dirección Gral. de Costas		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=10s$		Drawing no. Figura 58
	Init: Dpto. Modelos			





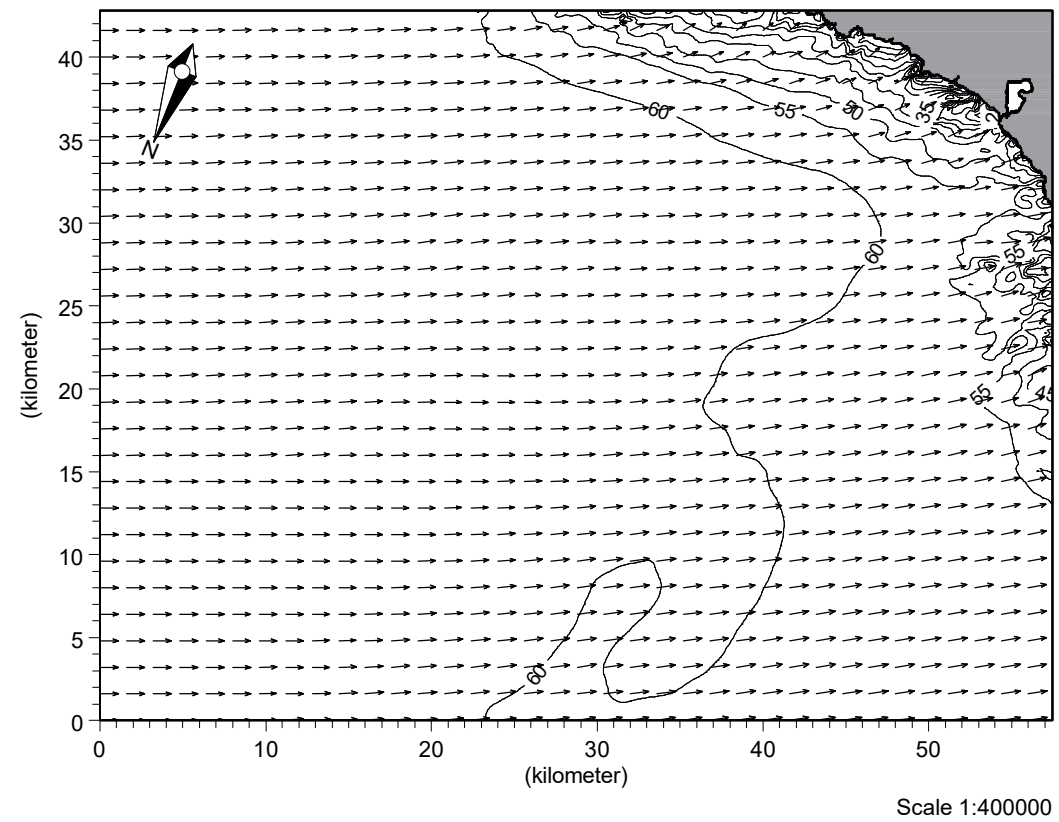
		Client: Dirección Gral. de Costas		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=10s$		Drawing no. Figura 59
	Init: Dpto. Modelos			



		Client: Dirección Gral. de Costas		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=15s$		Drawing no. Figura 60
	Init: Dpto. Modelos			



		Client: Dirección Gral. de Costas			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=15s$			Drawing no. Figura 61
	Init: Dpto. Modelos				

		Client: Dirección Gral. de Costas		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=20s$		Drawing no. Figura 62
	Init: Dpto. Modelos			

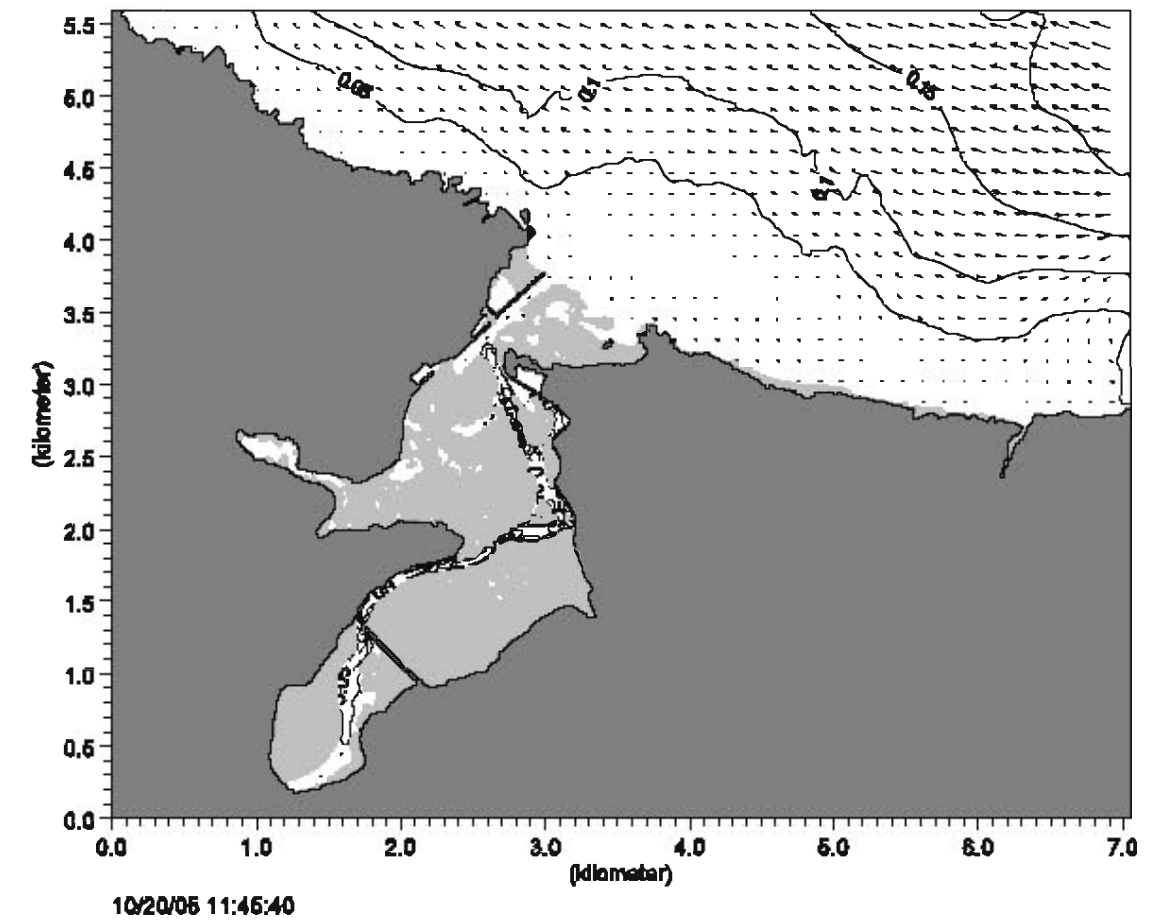
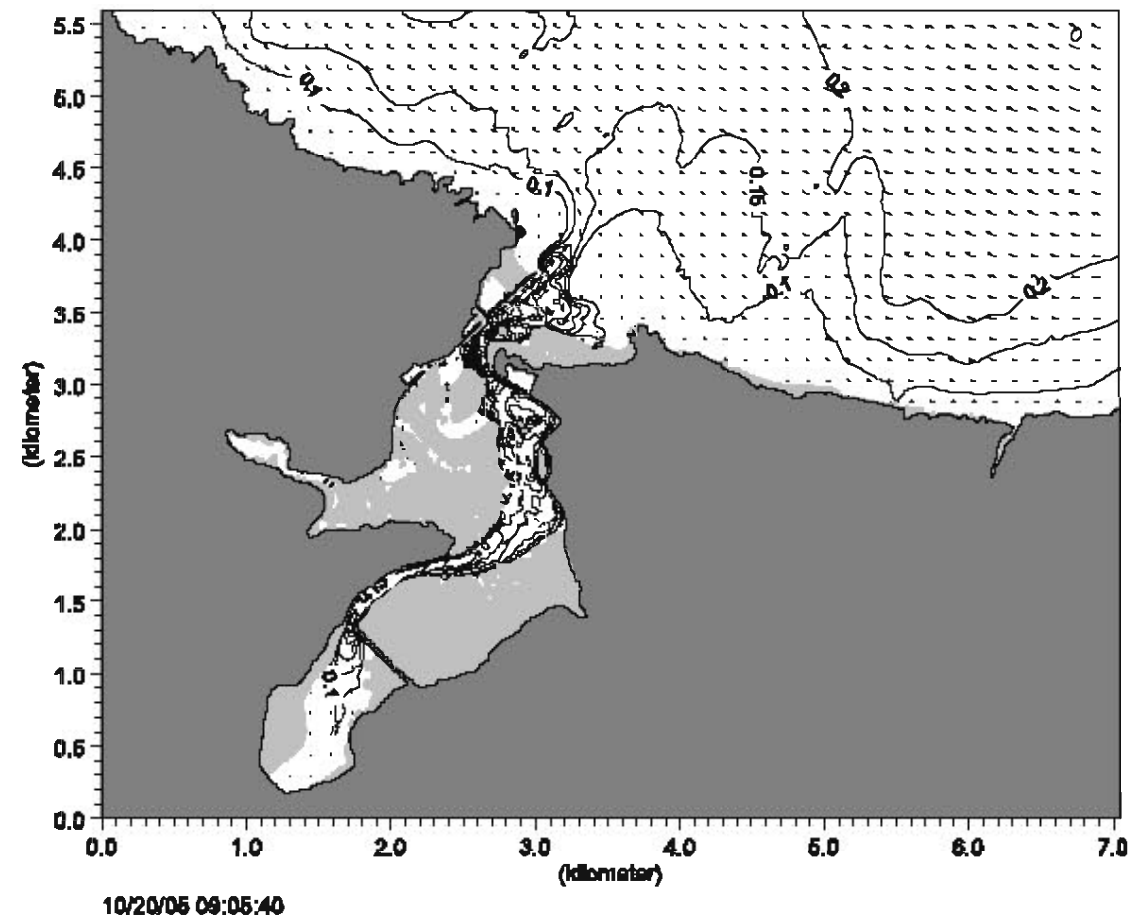



		Client: Dirección Gral. de Costas			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 27/09/2005	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=20s$			Drawing no. Figura 63
	Init: Dpto. Modelos				




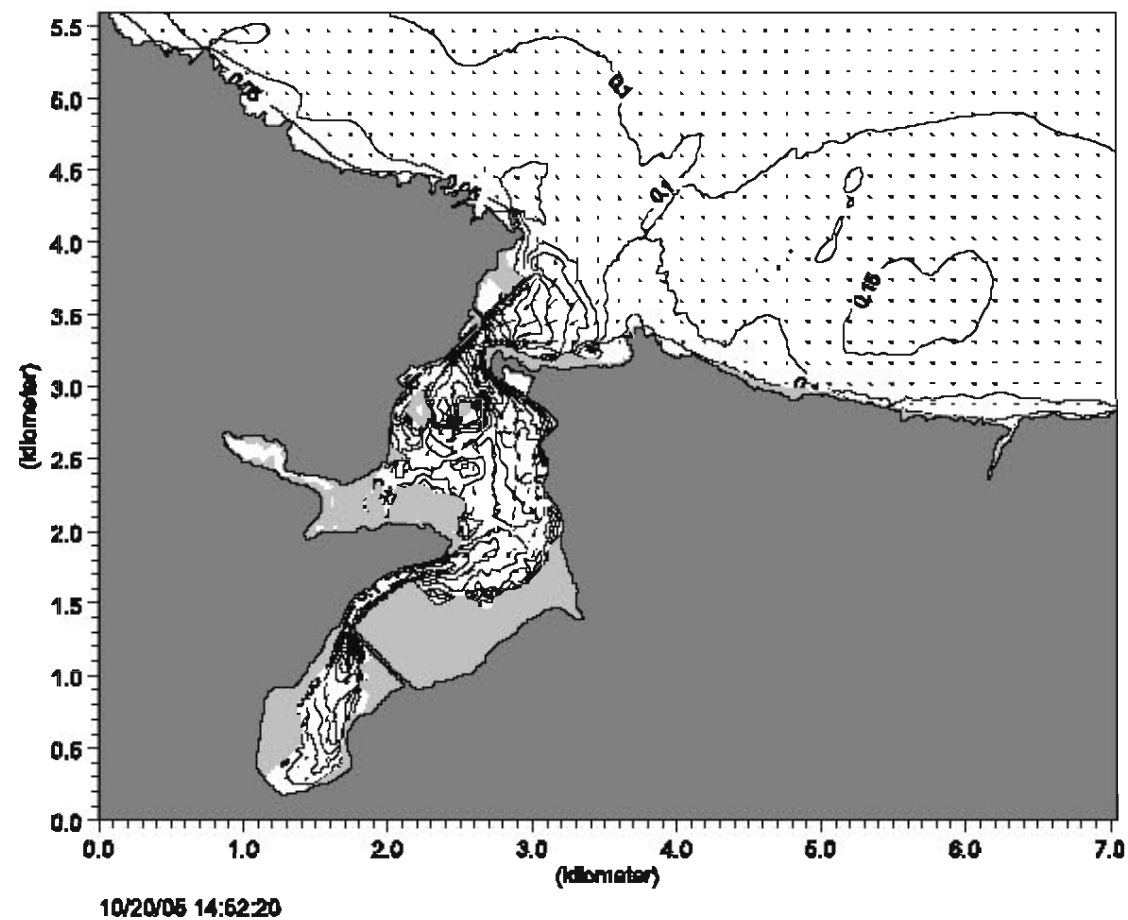
Anejo 2: Estudio de Dinámica Litoral


Apéndice 4 – modelización hidrodinámica: Resultados

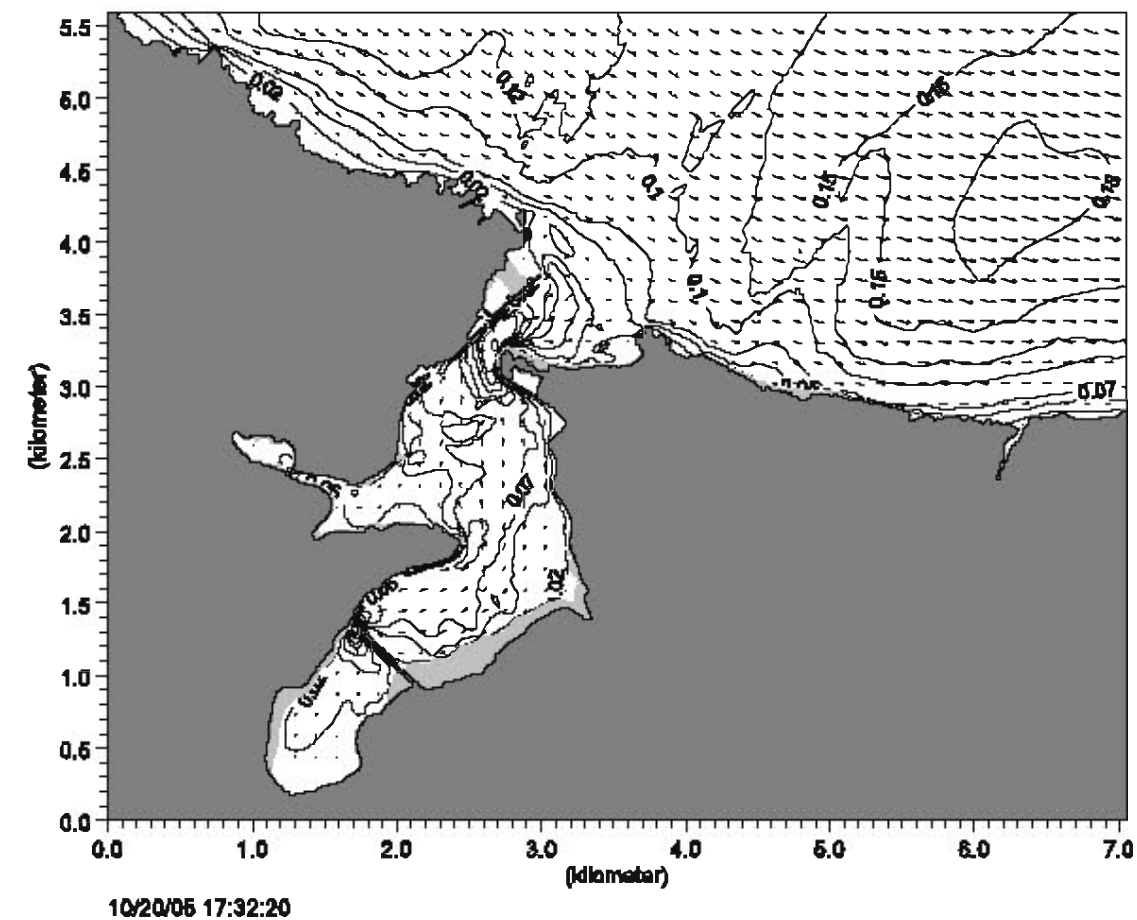



		Client:	Dirección General de Costas		MIKZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	Date:	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.			Drawing no.
M21 NHD	10/02/06				
	Init:				Figura 1
	Dpto. Modelos				

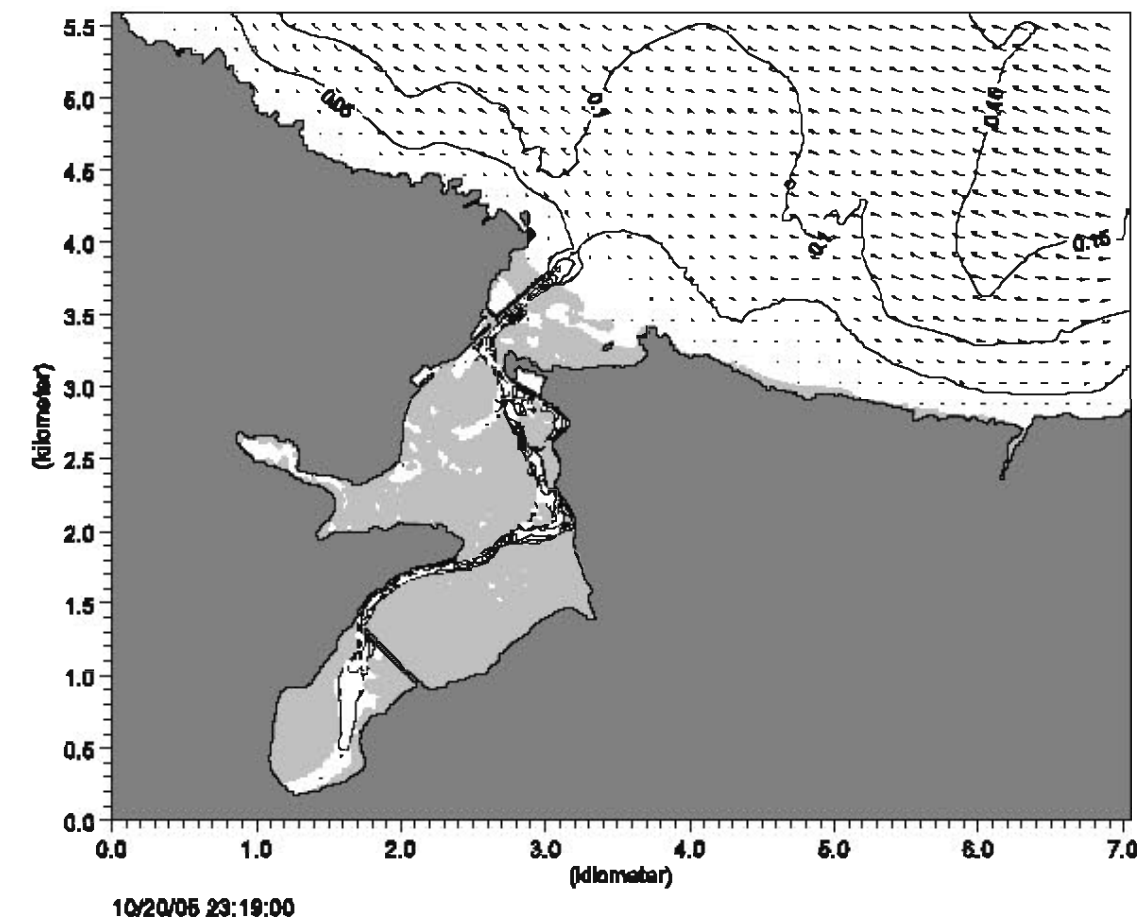
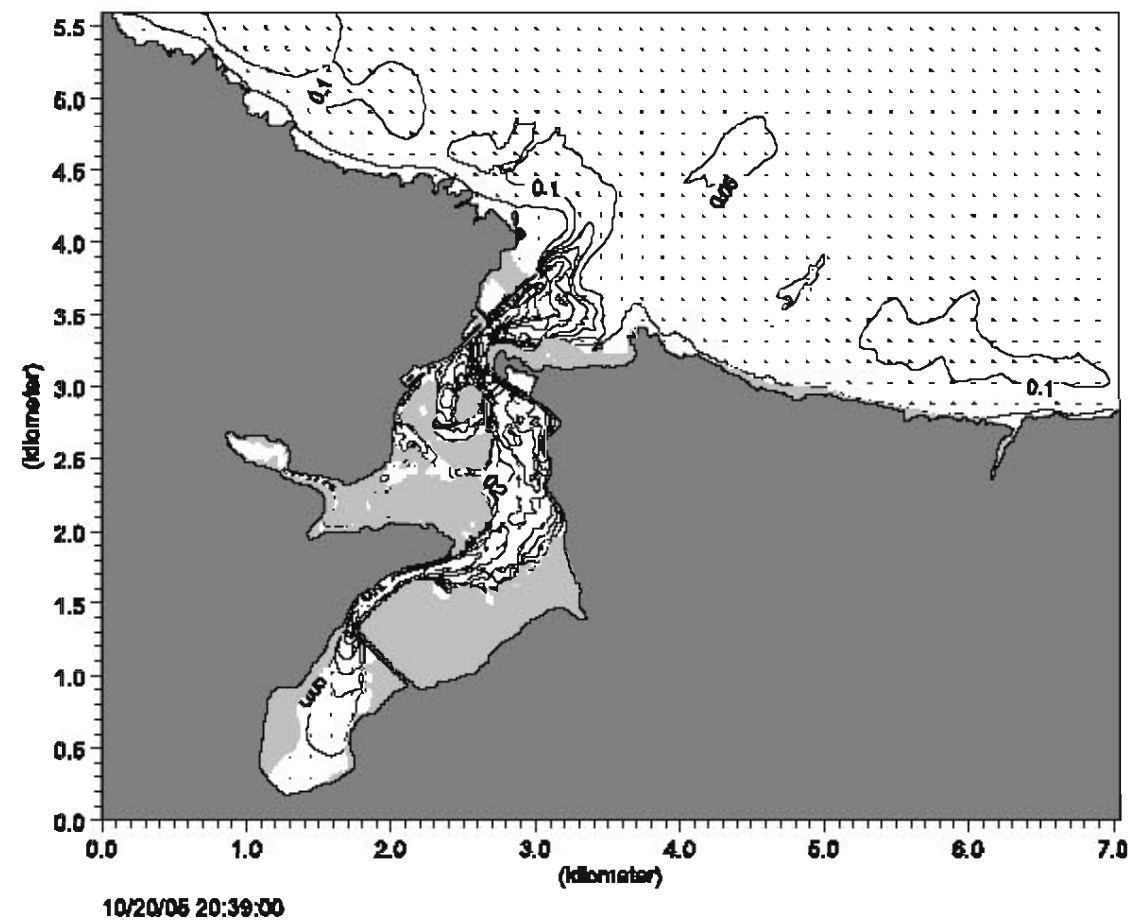
 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas		MIKZero
		Project: Propagación de la onda de marea		
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.		Drawing no. Figura 2
	Init: Dpto. Modelos			





 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		MIKEZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.	Drawing no. Figura 3
		Init:	Dpto. Modelos		

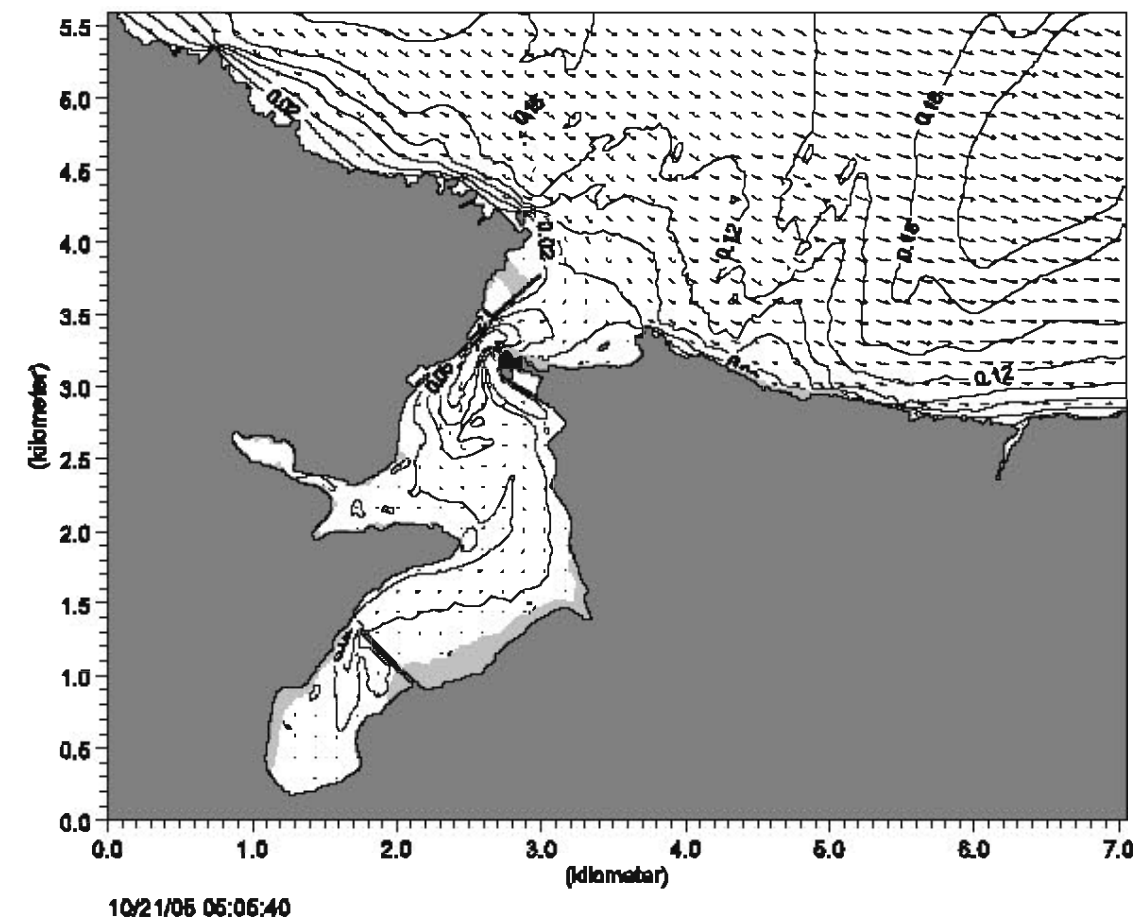
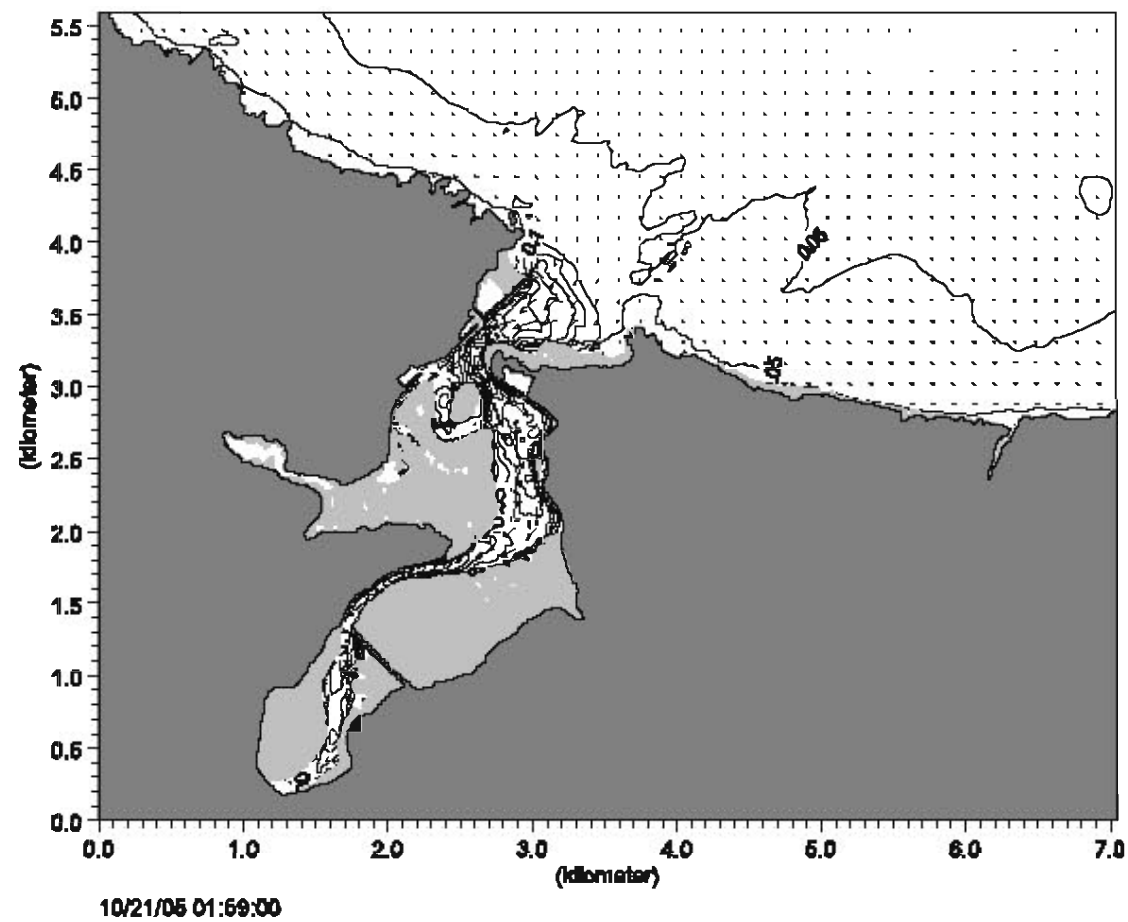



 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas	MIKEZero
		Project: Propagación de la onda de marea	
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.	Drawing no. Figura 4
	Init: Dpto. Modelos		




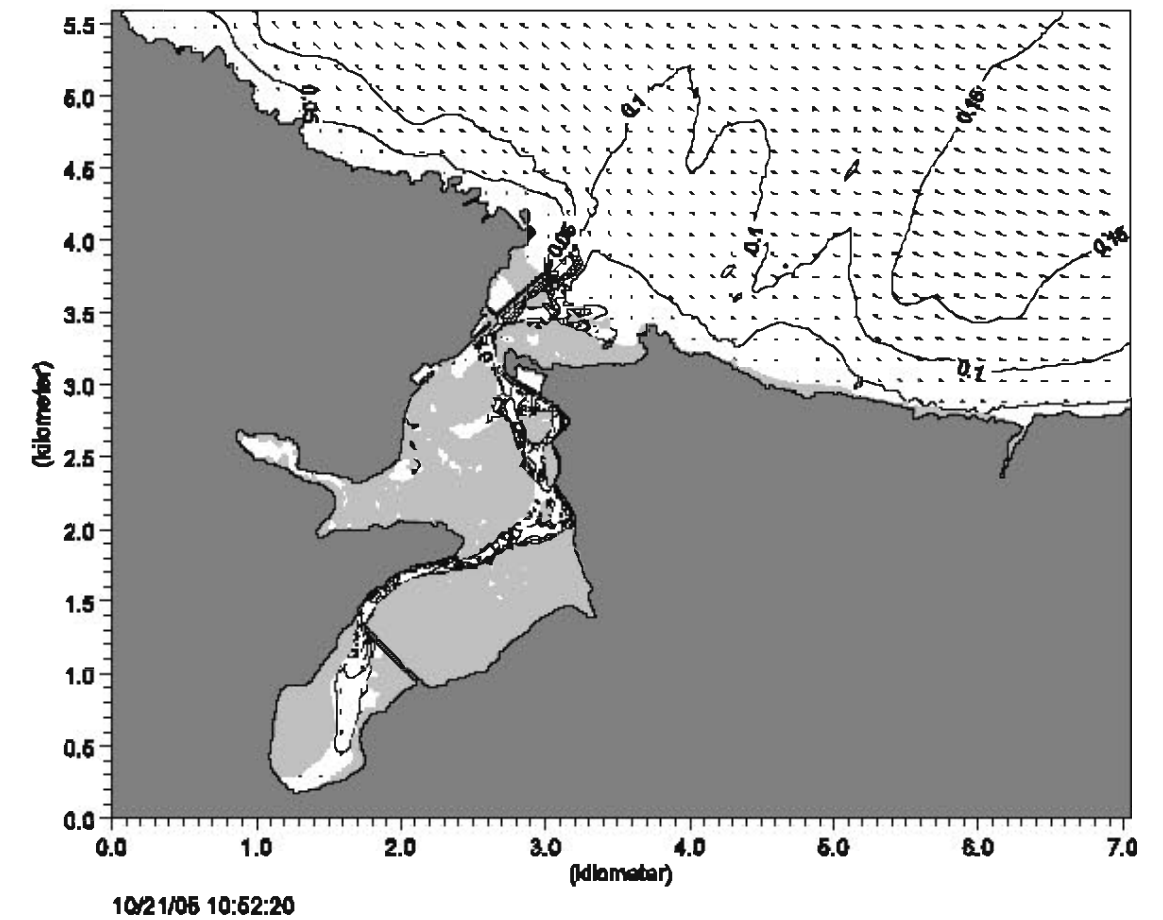
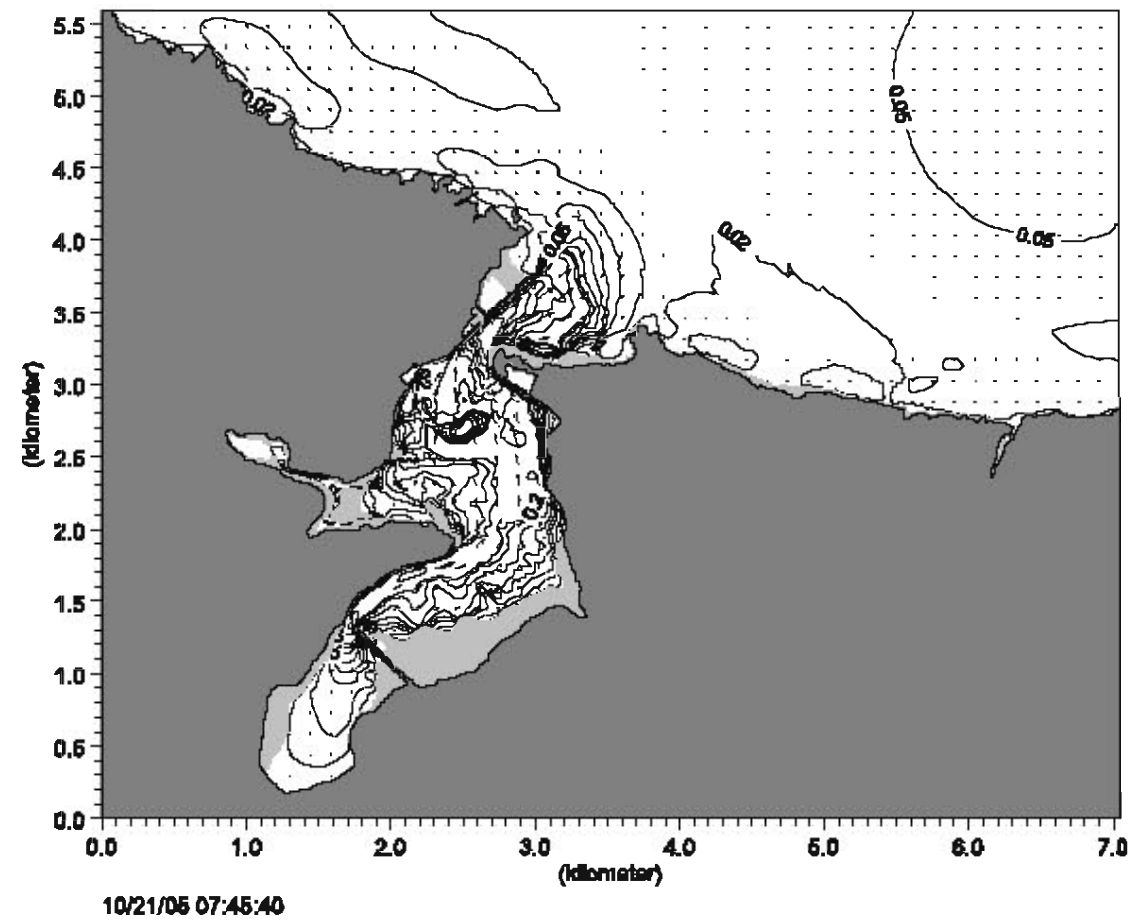
		Client:	Dirección General de Costas		MIKEZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.	Drawing no. Figura 5
		Init:	Dpto. Modelos		


 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas	MIKEZero
		Project: Propagación de la onda de marea	
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.	Drawing no. Figura 6
	Init: Dpto. Modelos		




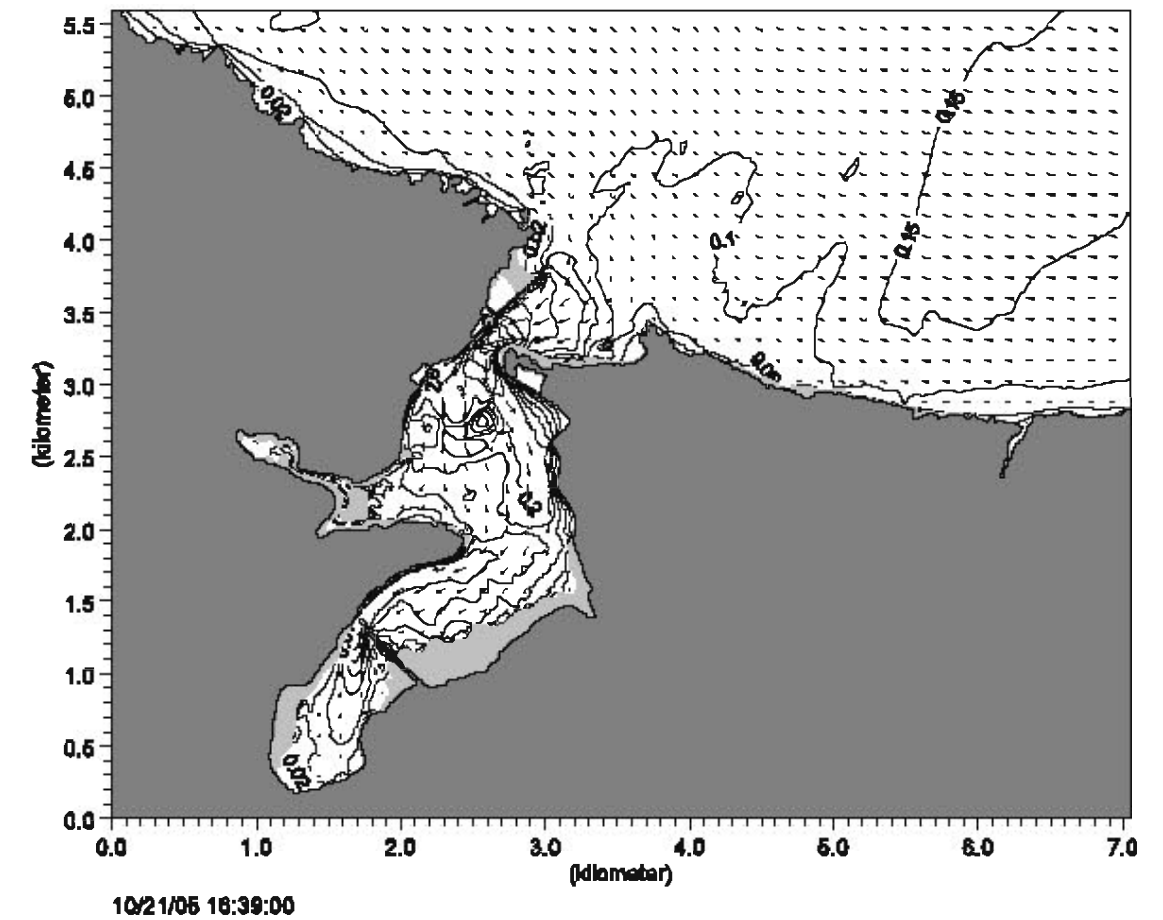
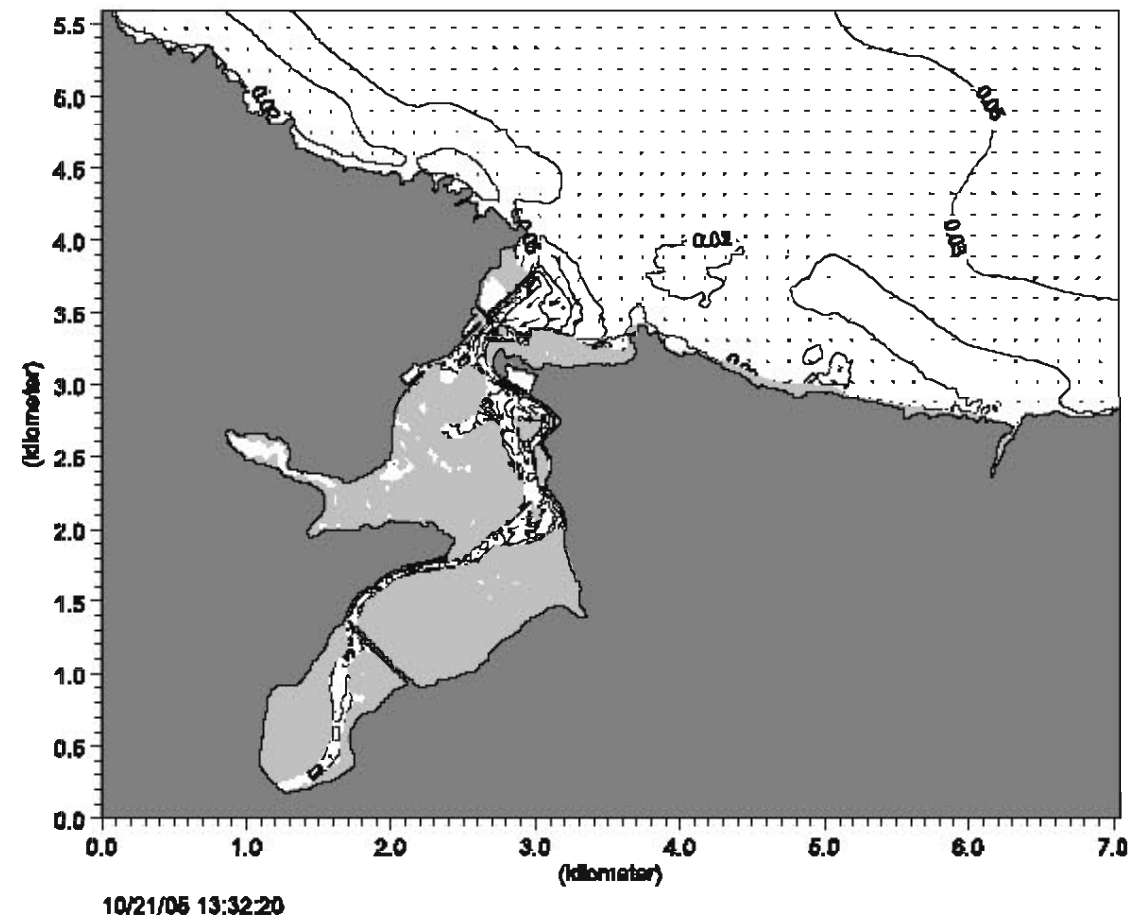
 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas		MIKZero
		Project: Propagación de la onda de marea		
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.	Drawing no. Figura 7	
	Init: Dpto. Modelos			


 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas	MIKZero
		Project: Propagación de la onda de marea	
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.	Drawing no. Figura 8
	Init: Dpto. Modelos		




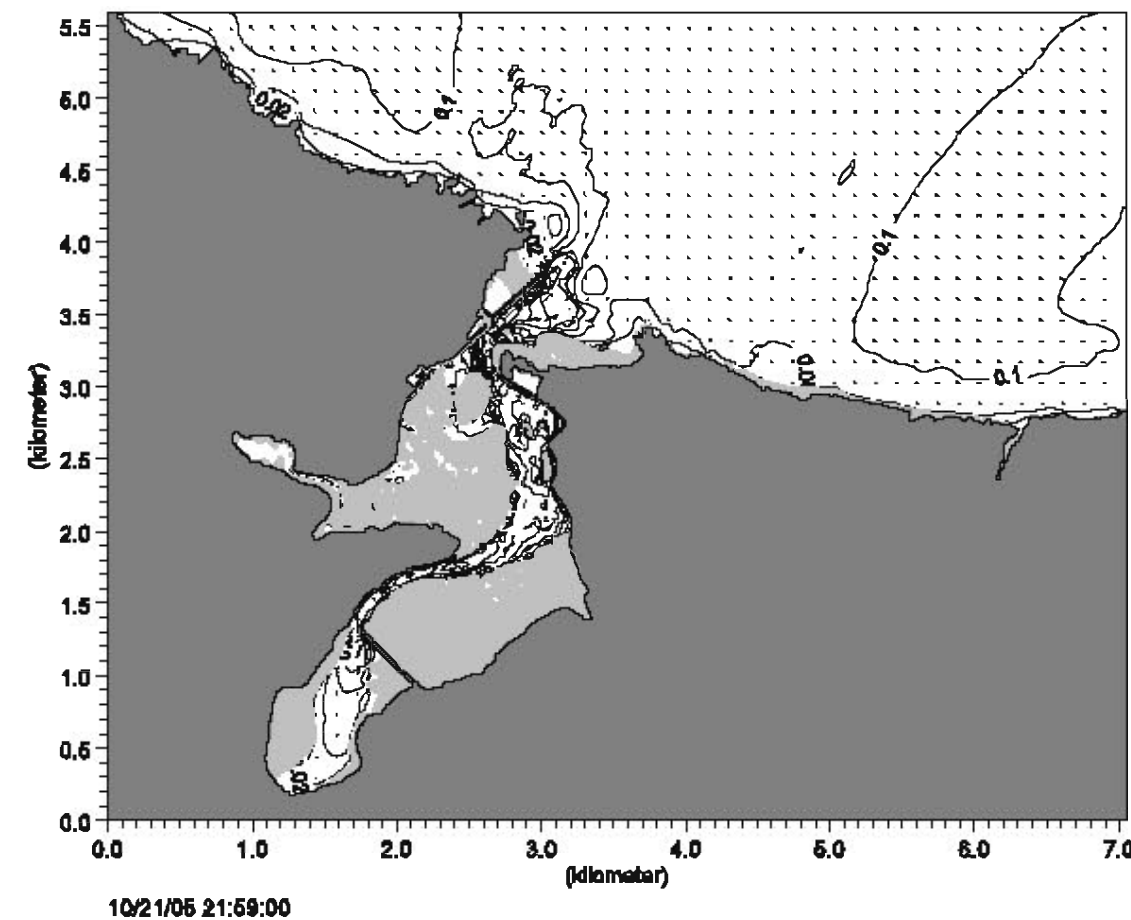
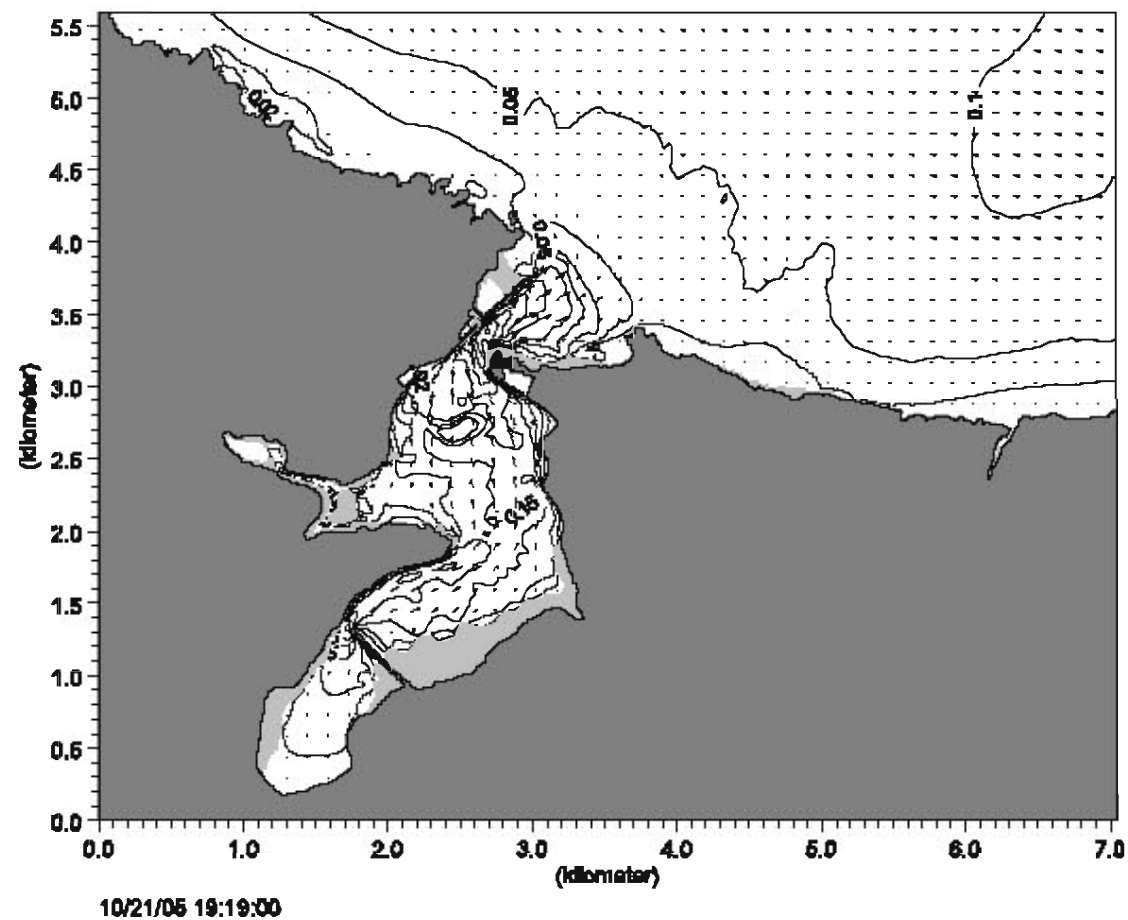
 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas		MIKZero
		Project: Propagación de la onda de marea		
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.	Drawing no. Figura 9	
	Init: Dpto. Modelos			


 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas	MIKZero
		Project: Propagación de la onda de marea	
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.	Drawing no. Figura 10
	Init: Dpto. Modelos		




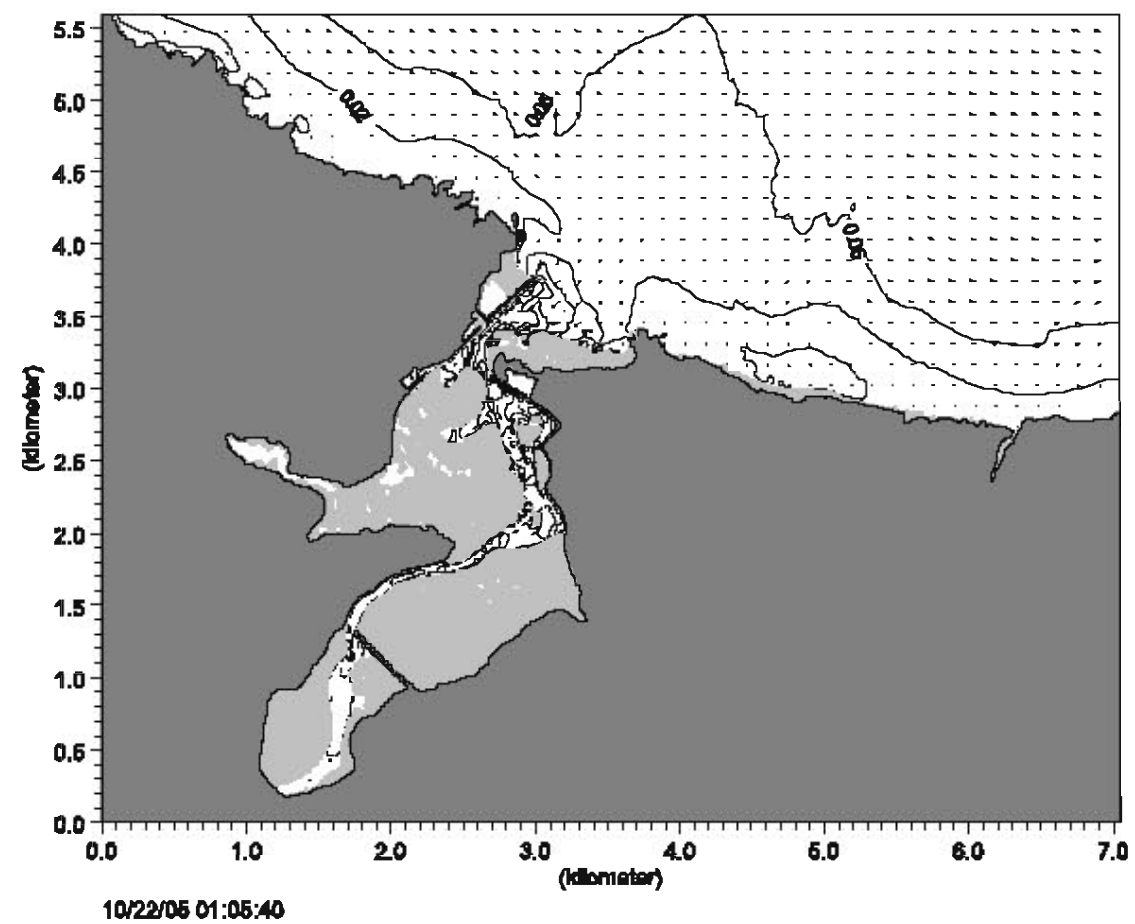
 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas		MIKEZero
		Project: Propagación de la onda de marea		
Módulo M21 NHD	Fecha: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.		Drawing no. Figura 11
	Init: Dpto. Modelos			

 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas		MIKEZero
		Project: Propagación de la onda de marea		
Módulo M21 NHD	Fecha: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.		Drawing no. Figura 12
	Init: Dpto. Modelos			



 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		MIKZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	Date:	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.			Drawing no. Figura 13
M21 NHD	10/02/06				
	Init:				
	Dpto. Modelos				

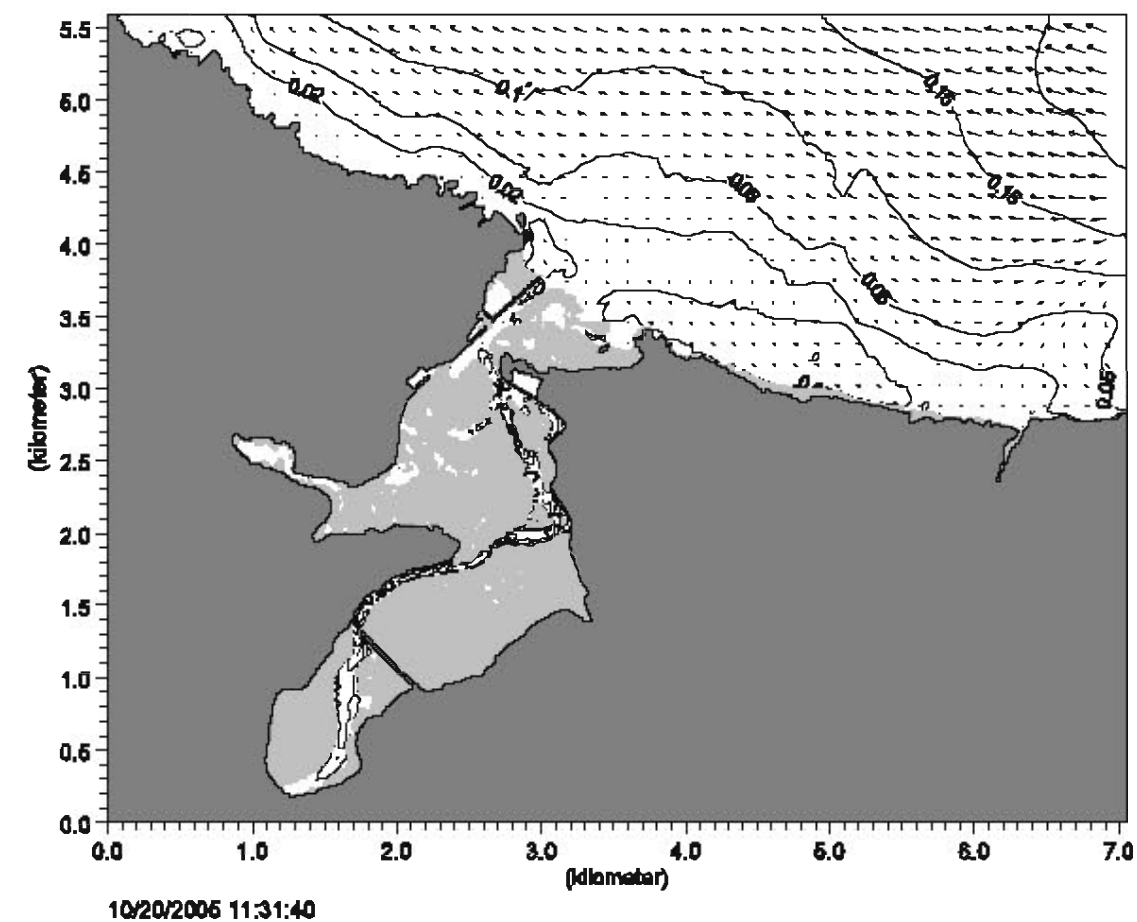
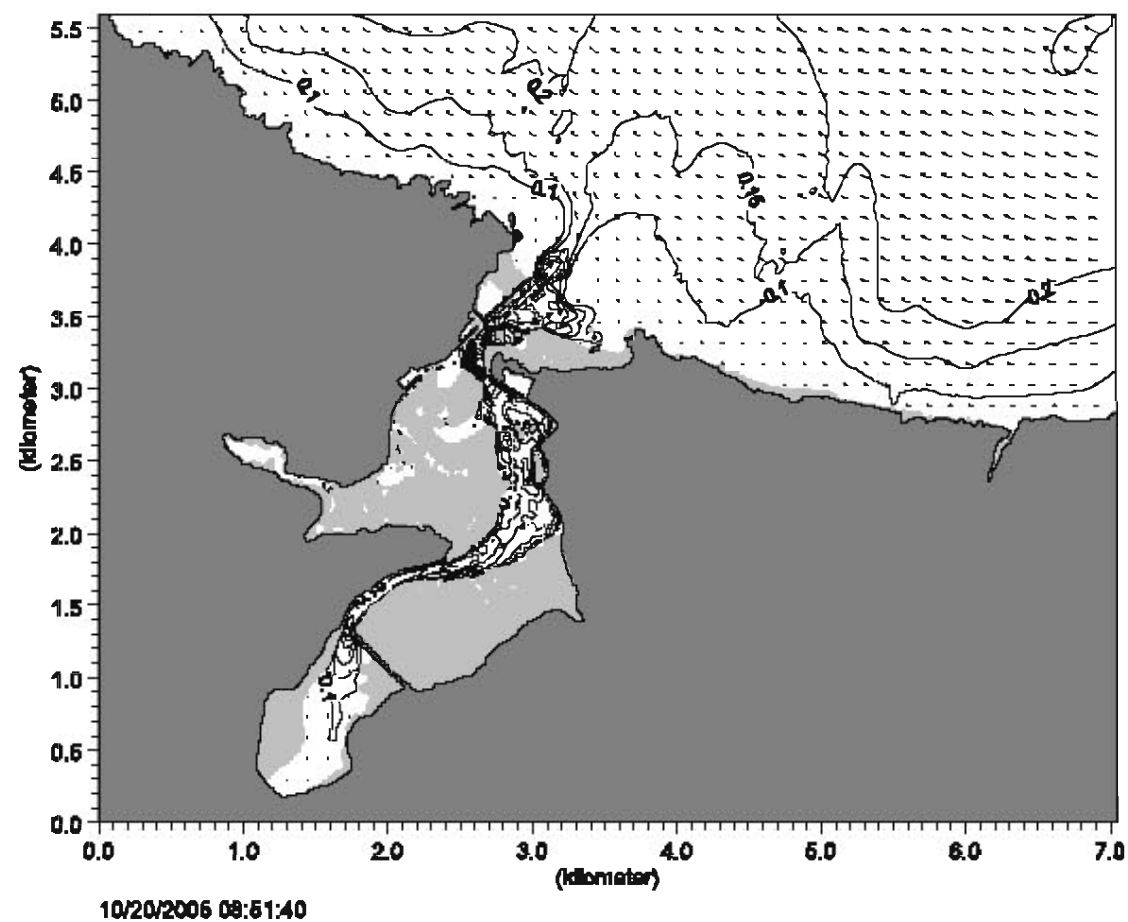
 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas	MIKZero
		Project: Propagación de la onda de marea	
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.	Drawing no. Figura 14
	Init: Dpto. Modelos		





Módulo M21 NHD	Fecha: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas.	Drawing no. Figura 15
	Init: Dpto. Modelos		

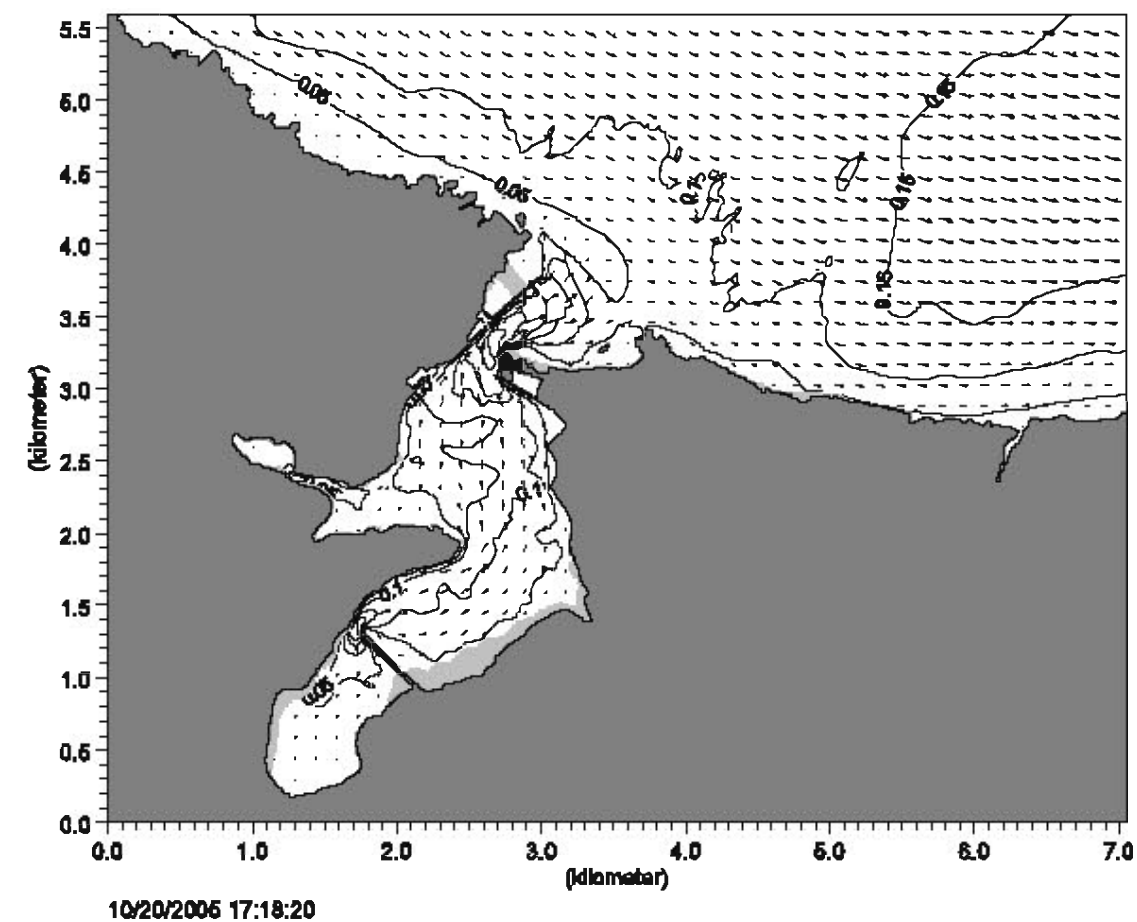
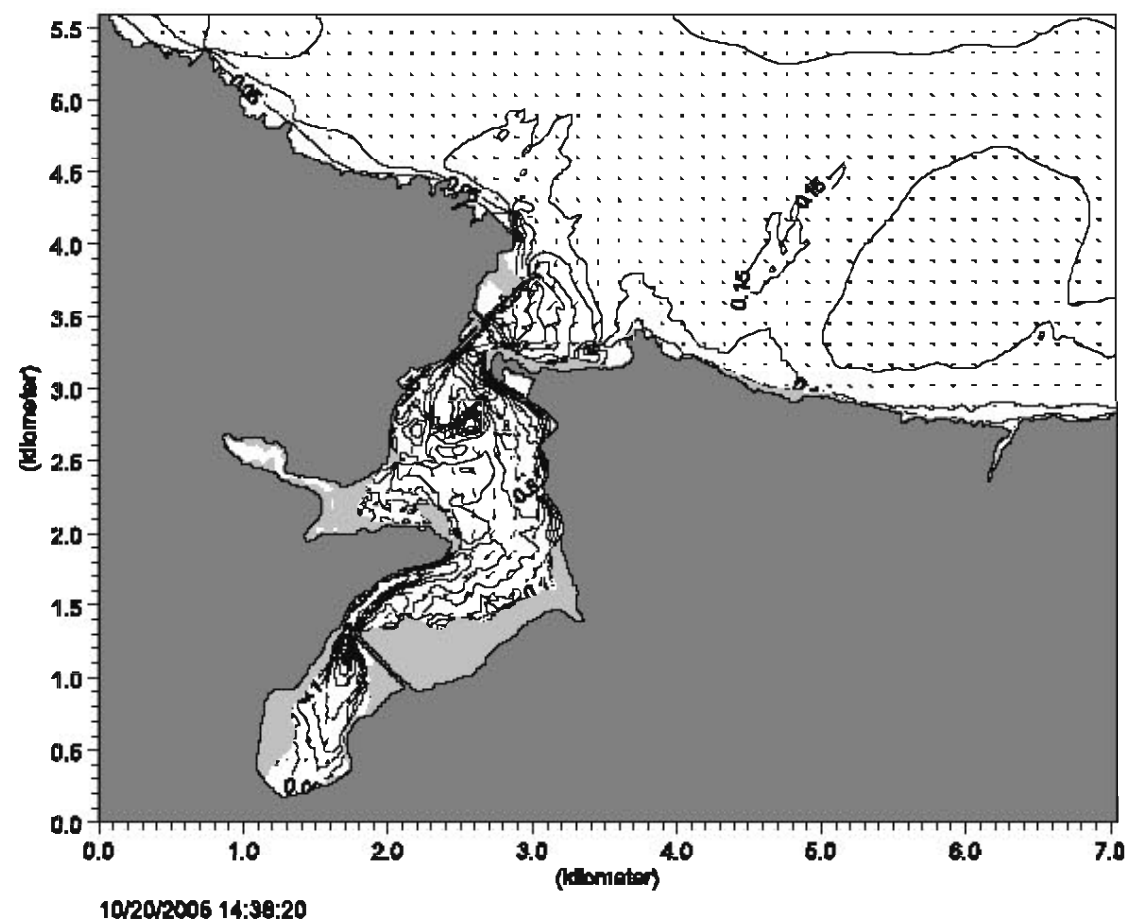
Client: Dirección General de Costas
Project: Propagación de la onda de marea


MIKZero




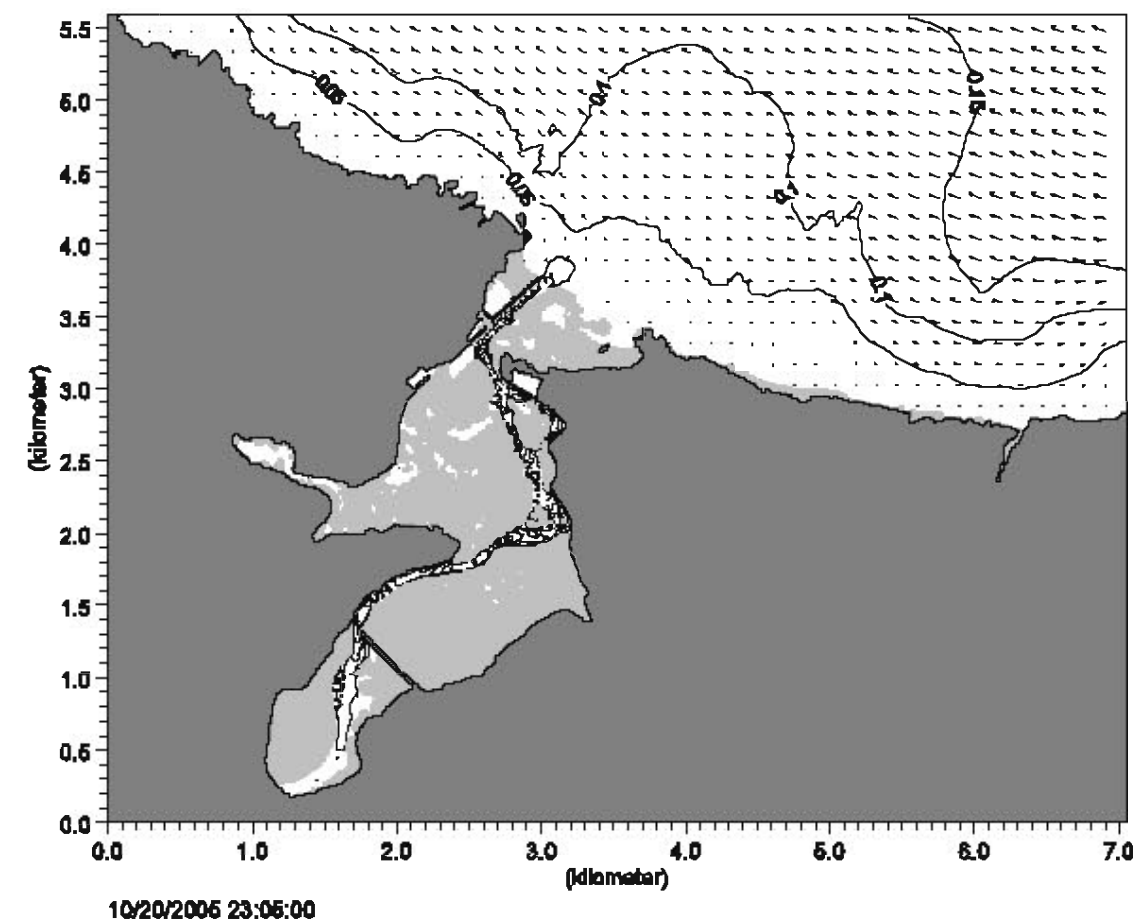
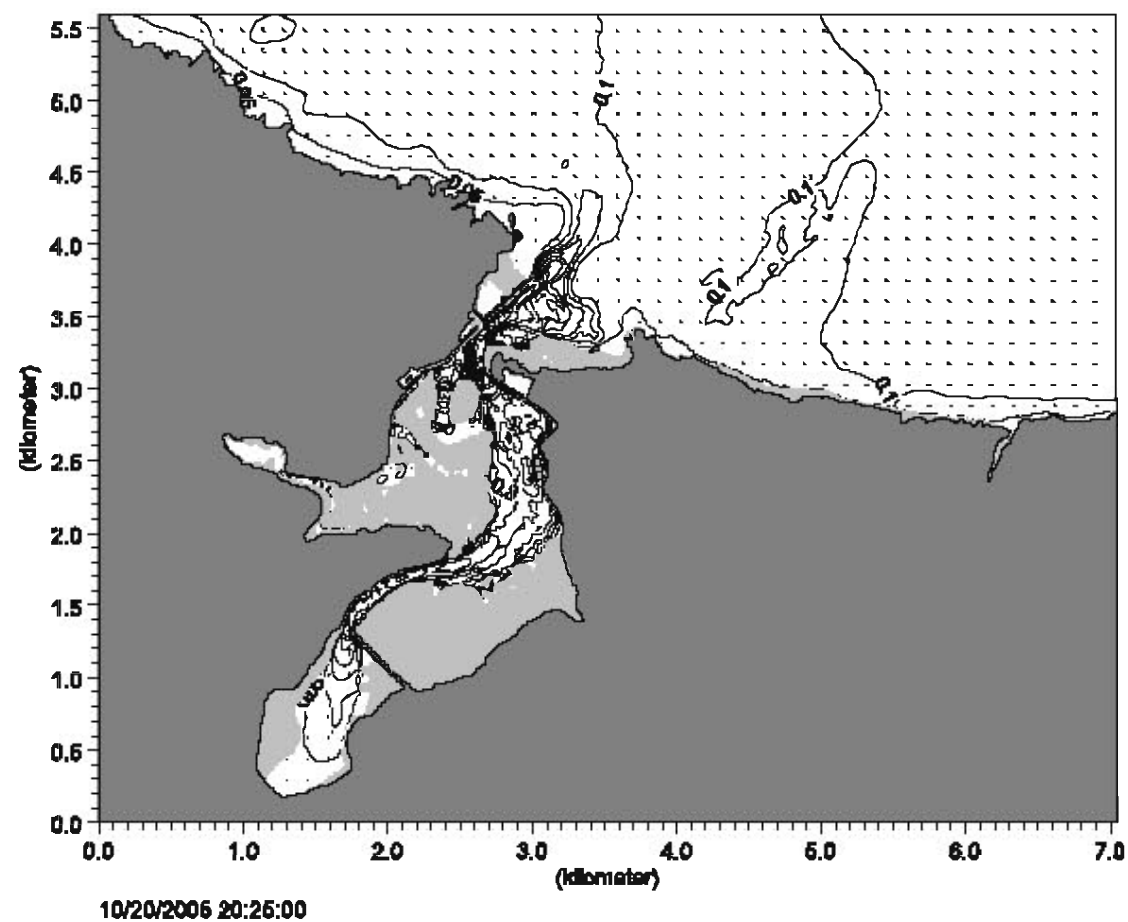
 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas	MIKEZero
		Project: Propagación de la onda de marea	
Módulo M21 NHD	Fecha: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m	Drawing no. Figura 1
	Init: Dpto. Modelos		


 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas	MIKEZero
		Project: Propagación de la onda de marea	
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m	Drawing no. Figura 2
	Init: Dpto. Modelos		




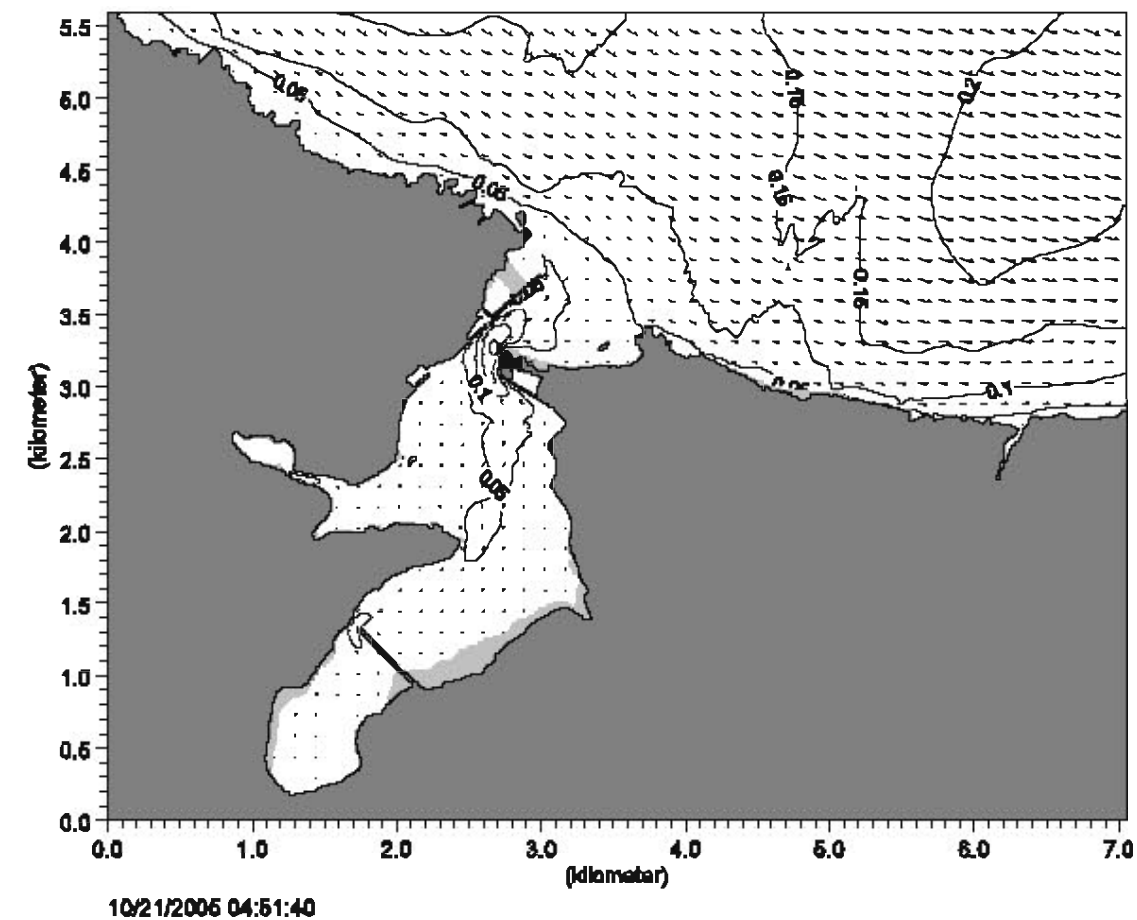
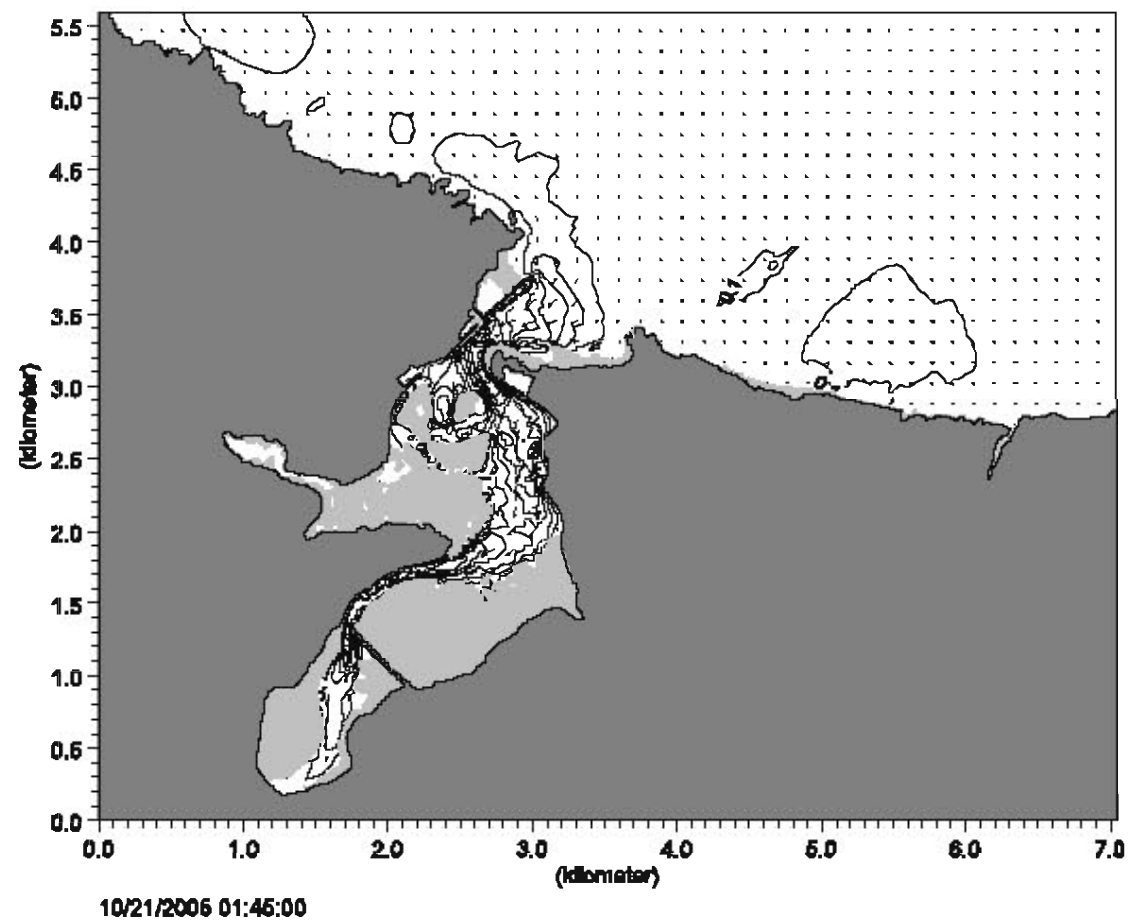
 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		MIKEZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m	Drawing no. Figura 3
		Init:	Dpto. Modelos		


 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		MIKEZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m	Drawing no. Figura 4
		Init:	Dpto. Modelos		




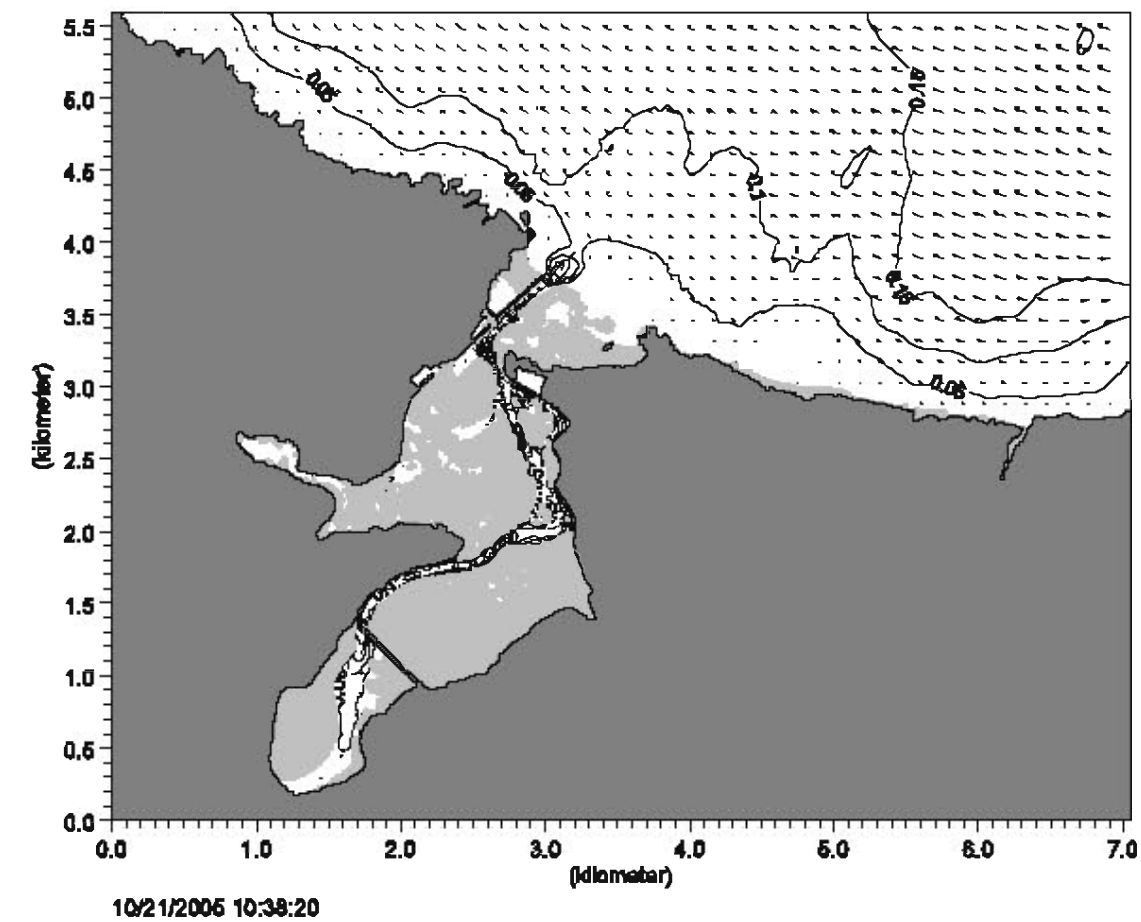
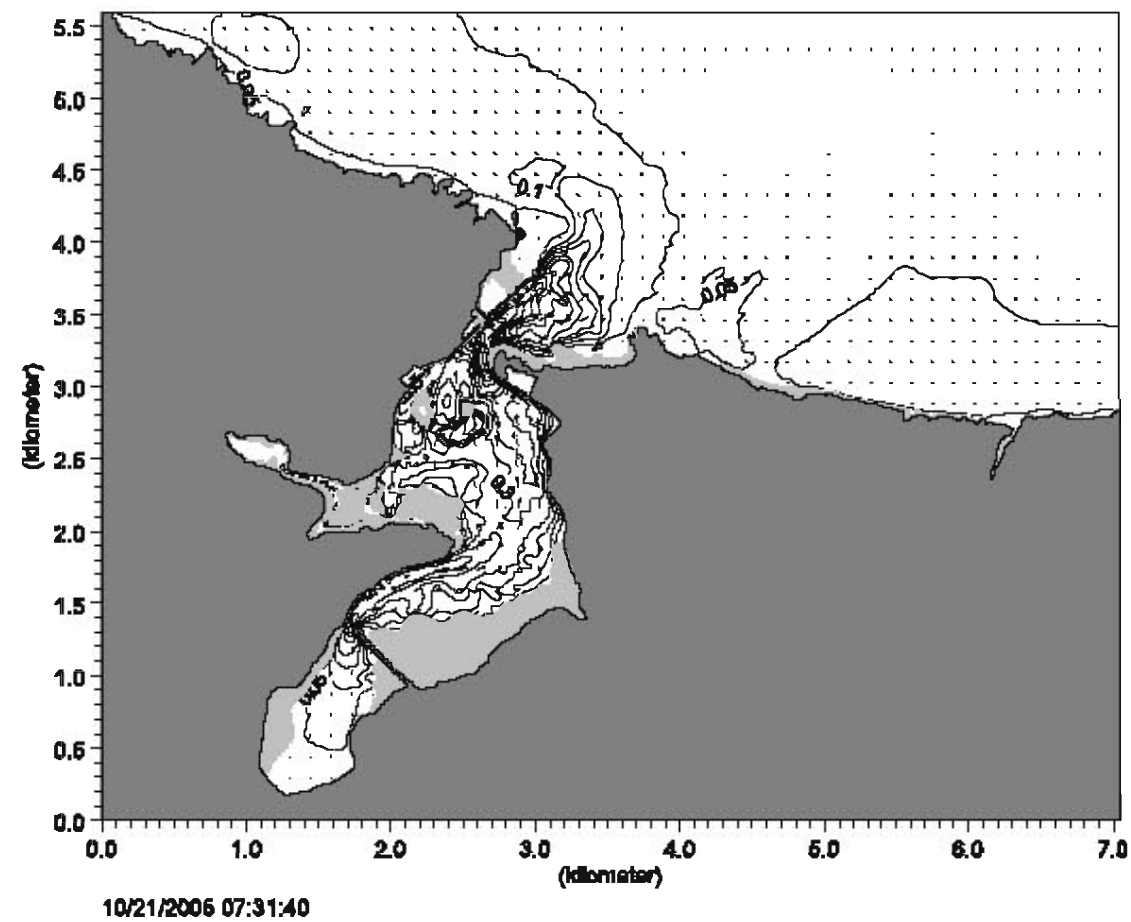
 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas	MIKZero
		Project: Propagación de la onda de marea	
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m	Drawing no. Figura 5
	Int: Dpto. Modelos		



 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas		MIKZero
		Project: Propagación de la onda de marea		
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m	Drawing no. Figura 6	
	Int: Dpto. Modelos			





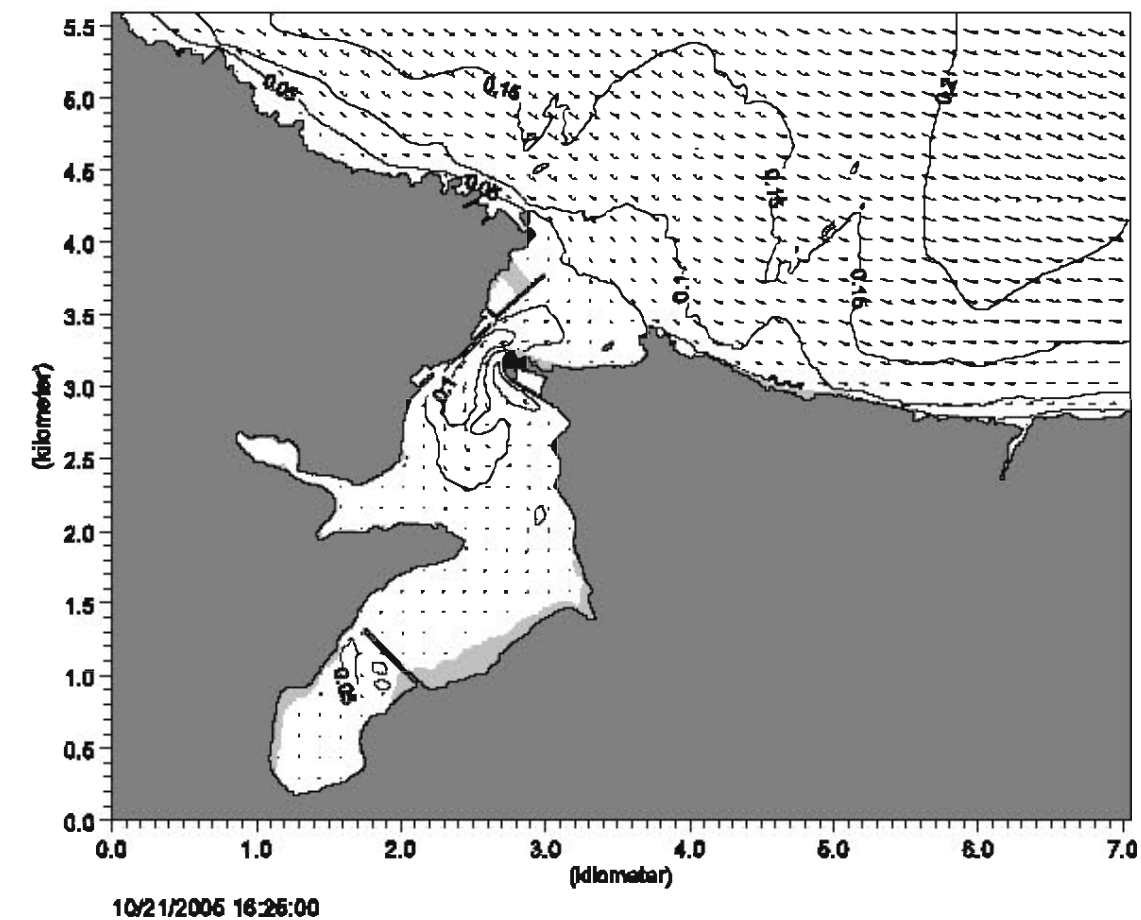
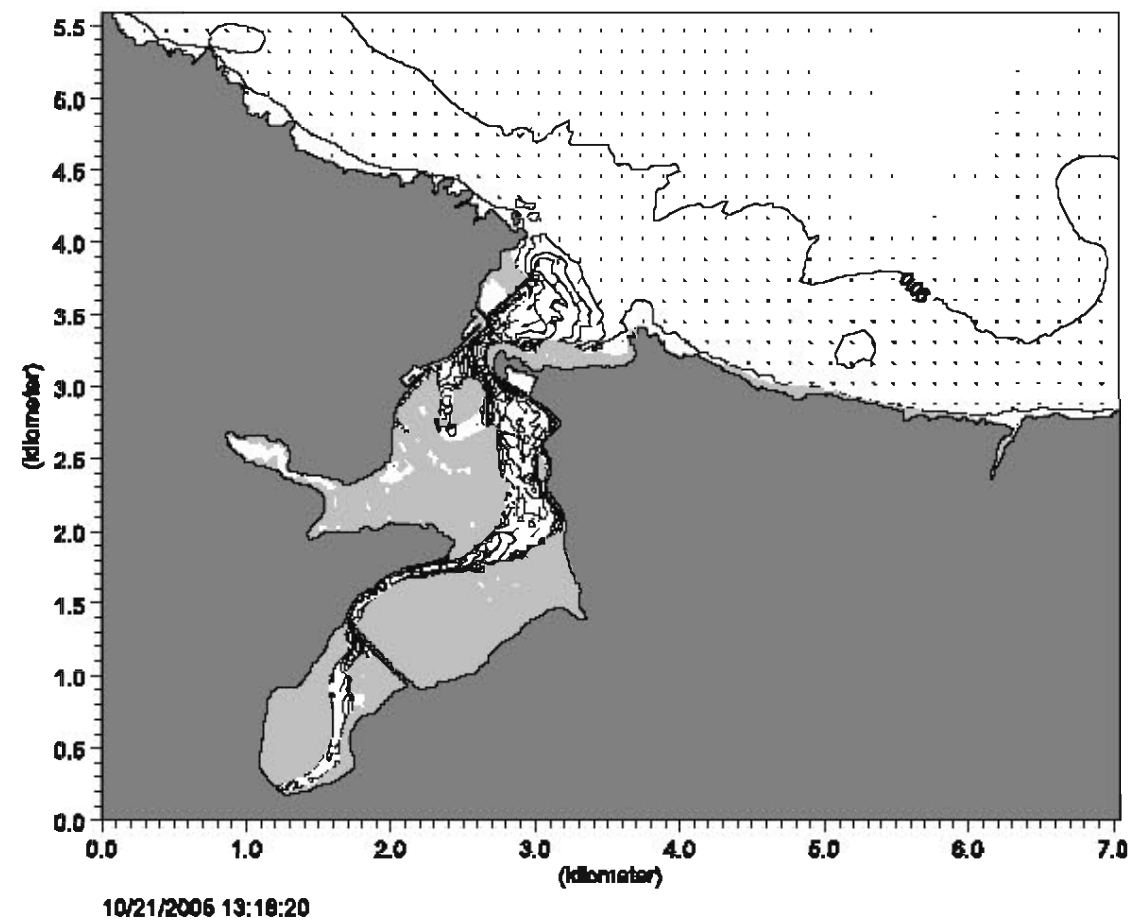
 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		MIKZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m	Drawing no.
		Init:	Dpto. Modelos		Figura 7



 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		MIKZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m	Drawing no. Figura 8
		Init:	Dpto. Modelos		





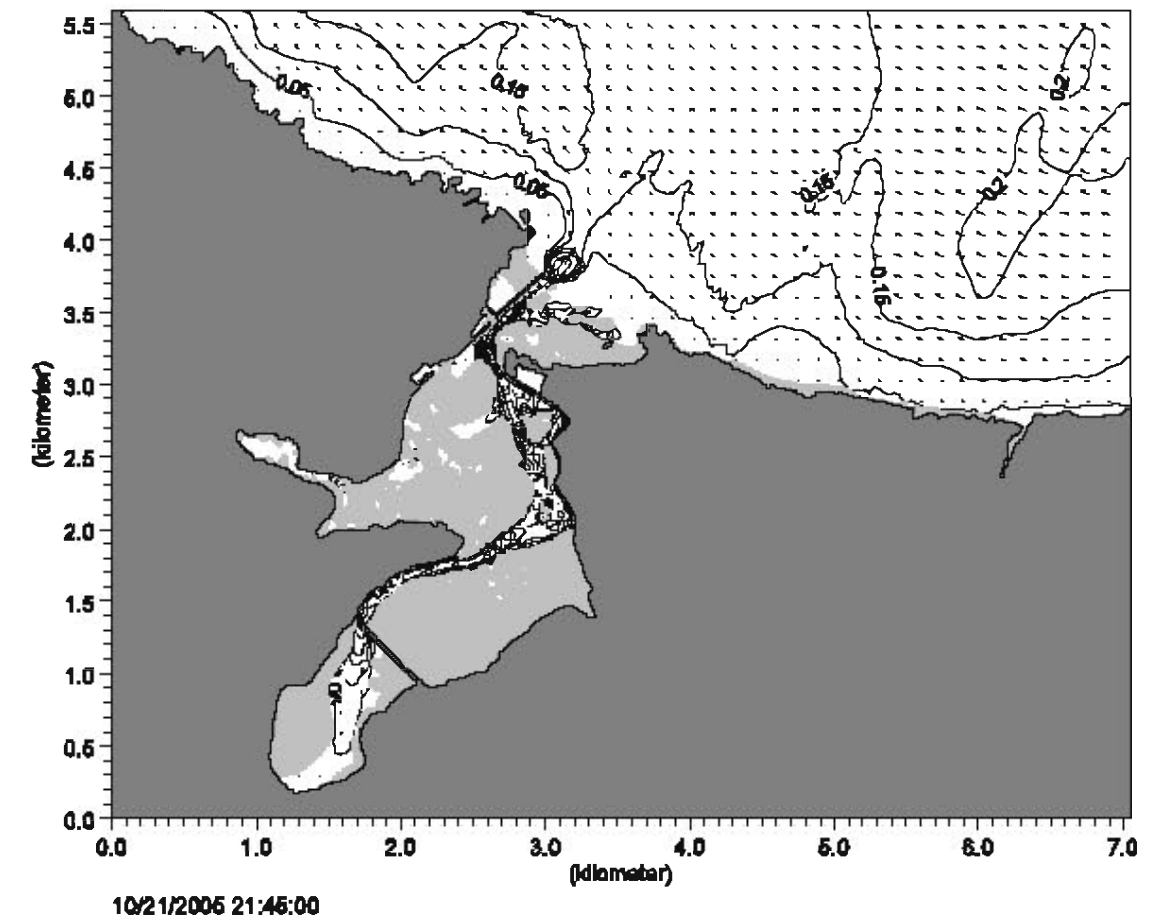
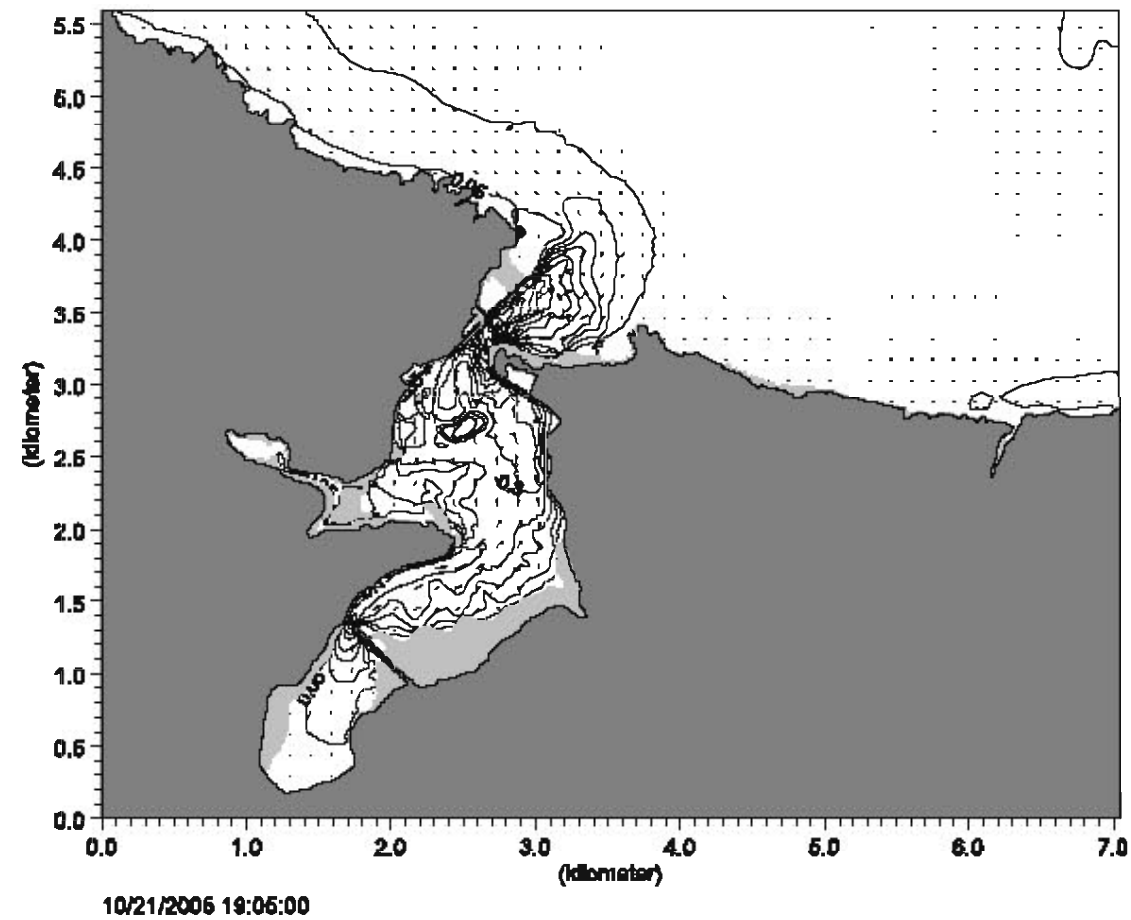
 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	Date:	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m			Drawing no. Figura 9
M21 NHD	10/02/06				
	Init:	Dpto. Modelos			


 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	Date:	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m			Drawing no. Figura 10
M21 NHD	10/02/06				
	Init:				
	Dpto. Modelos				




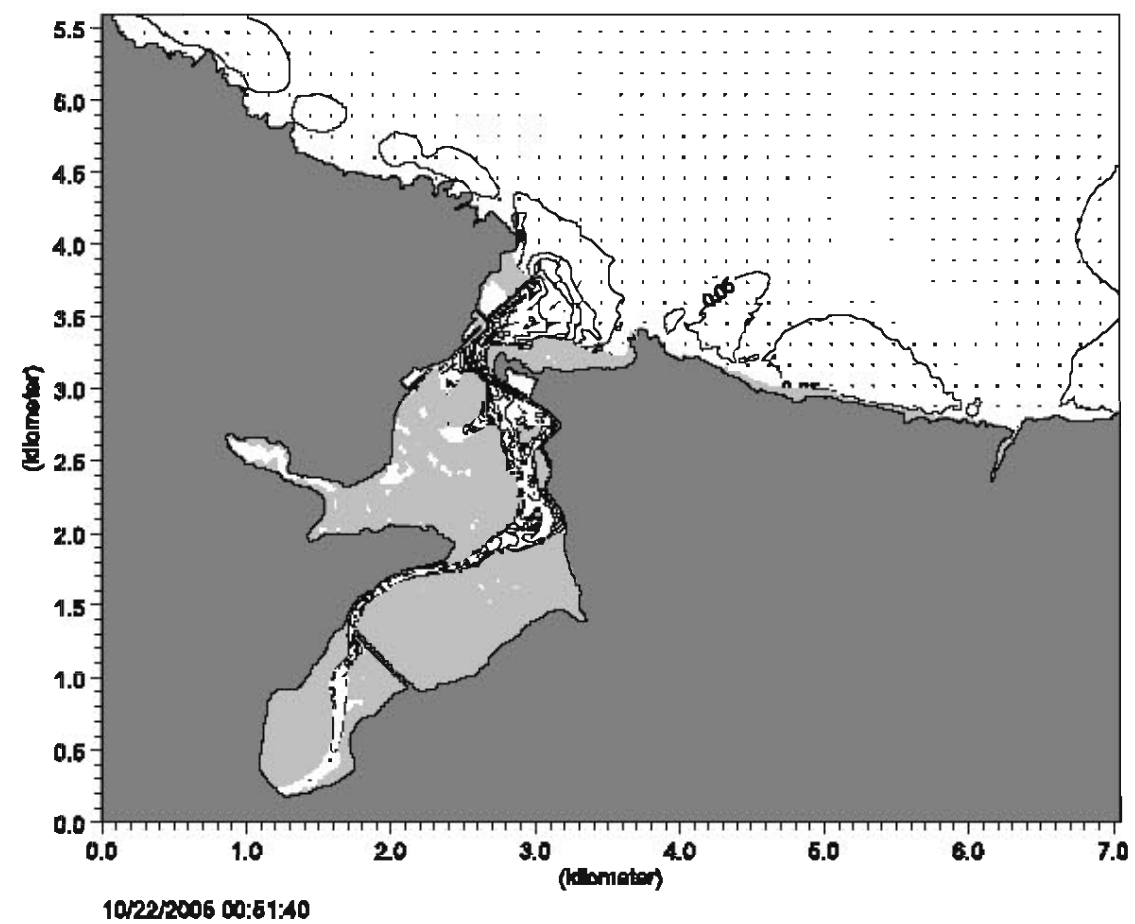
 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m	Drawing no.
		Init:	Dpto. Modelos		Figura 11

 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m	Drawing no. Figura 12
		Init:	Dpto. Modelos		



 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		MIKZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	Date:	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Marea viva. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m			Drawing no.
M21 NHD	10/02/06				
	Init:	Dpto. Modelos			Figura 13

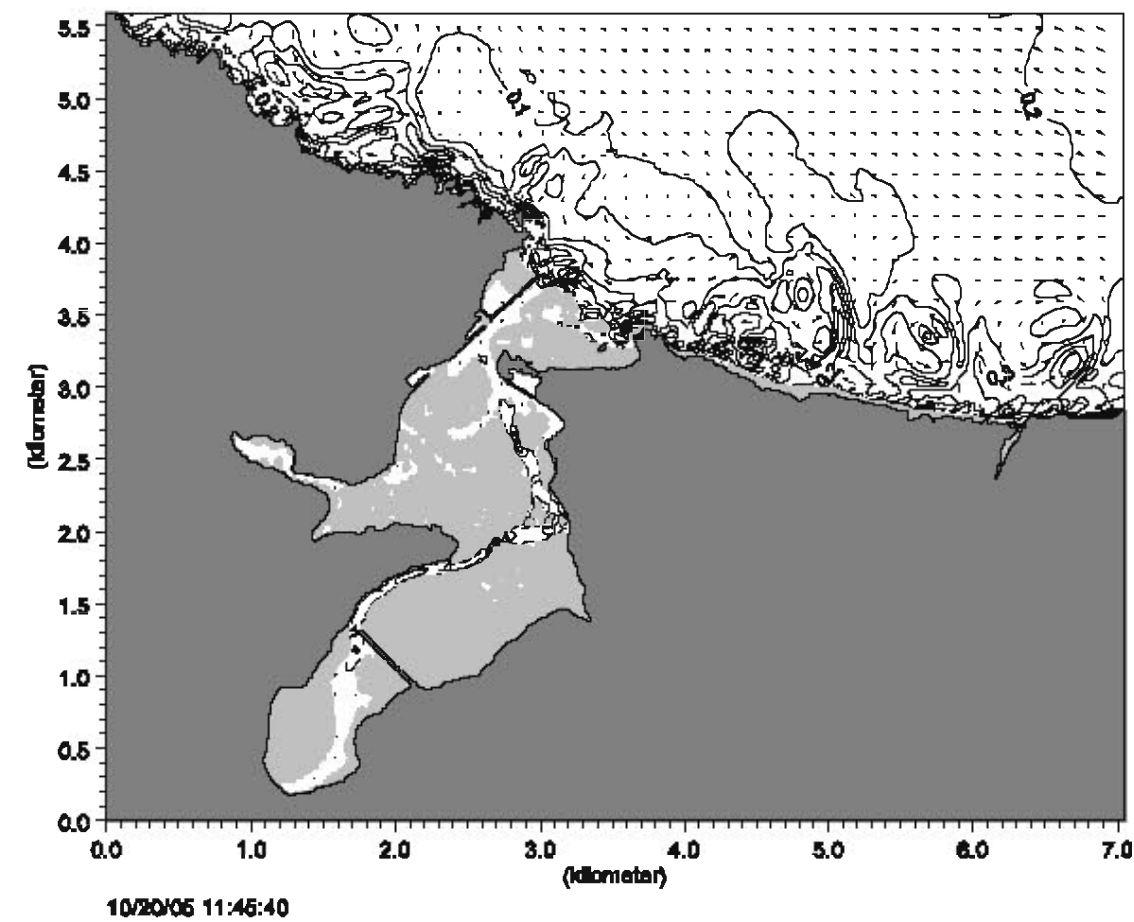
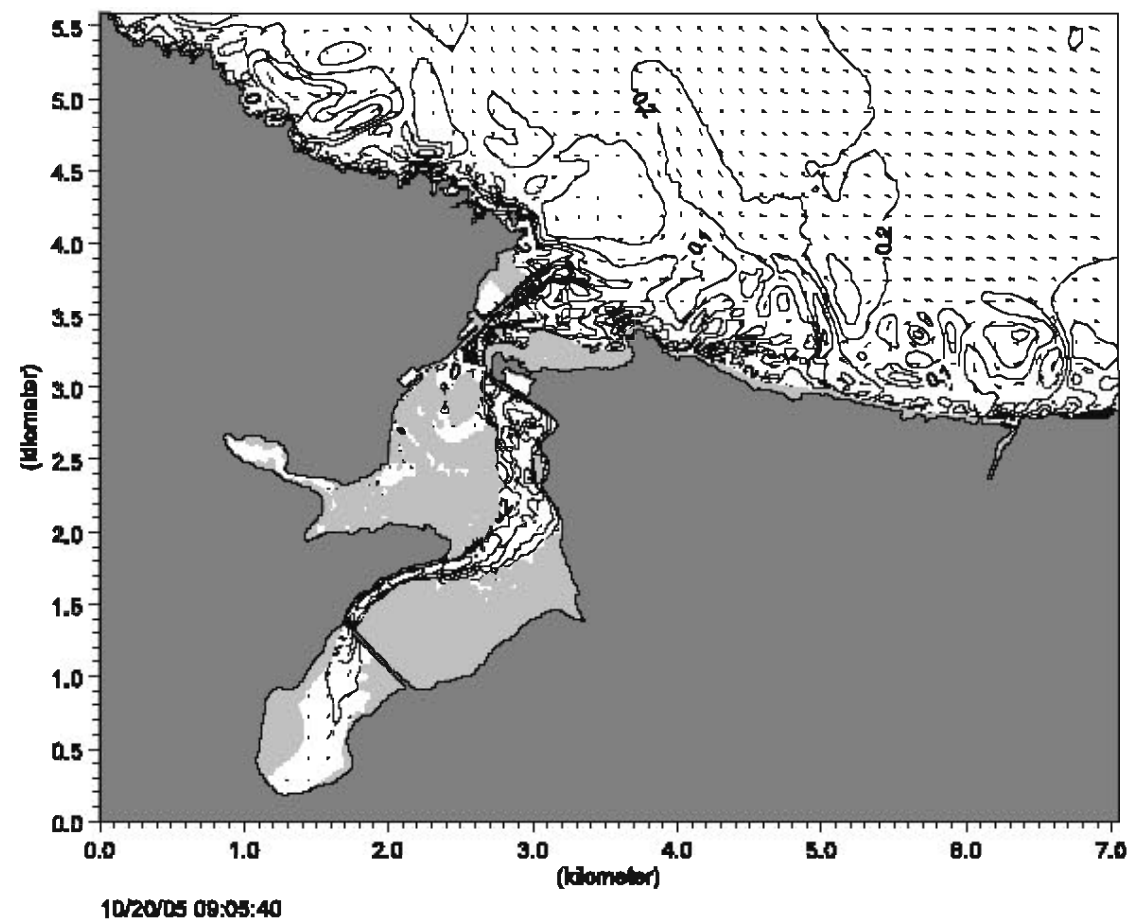
		Client:	Dirección General de Costas		MIKZero
HIDTMA		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	Date:	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m			Drawing no. Figura 14
M21 NHD	10/02/06				
	Init:				
	Dpto. Modelos				







Módulo M21 NHD	Fecha: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Marea viva. Onda de marea sinusoidal. Rango=3.6m	Diseño no. Figura 15
	Inic: Dpto. Modelos		

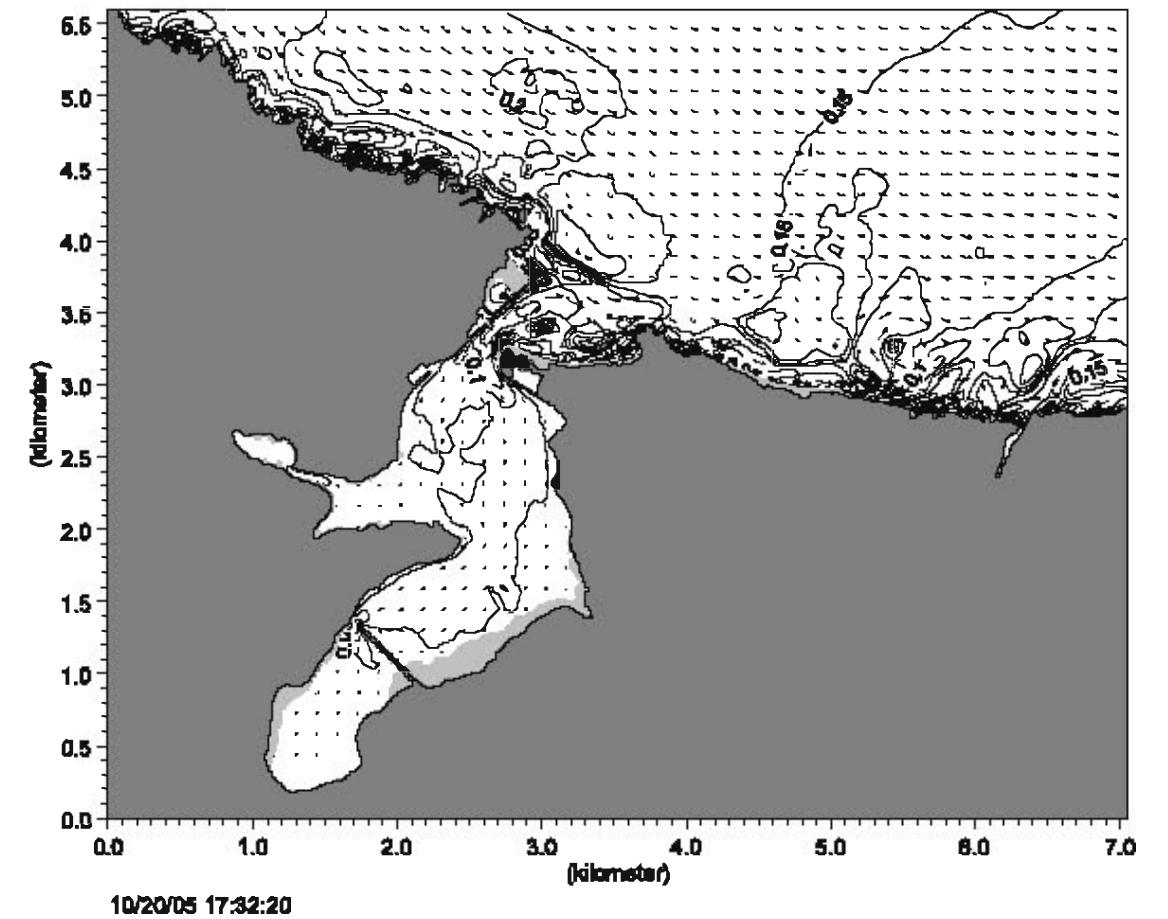
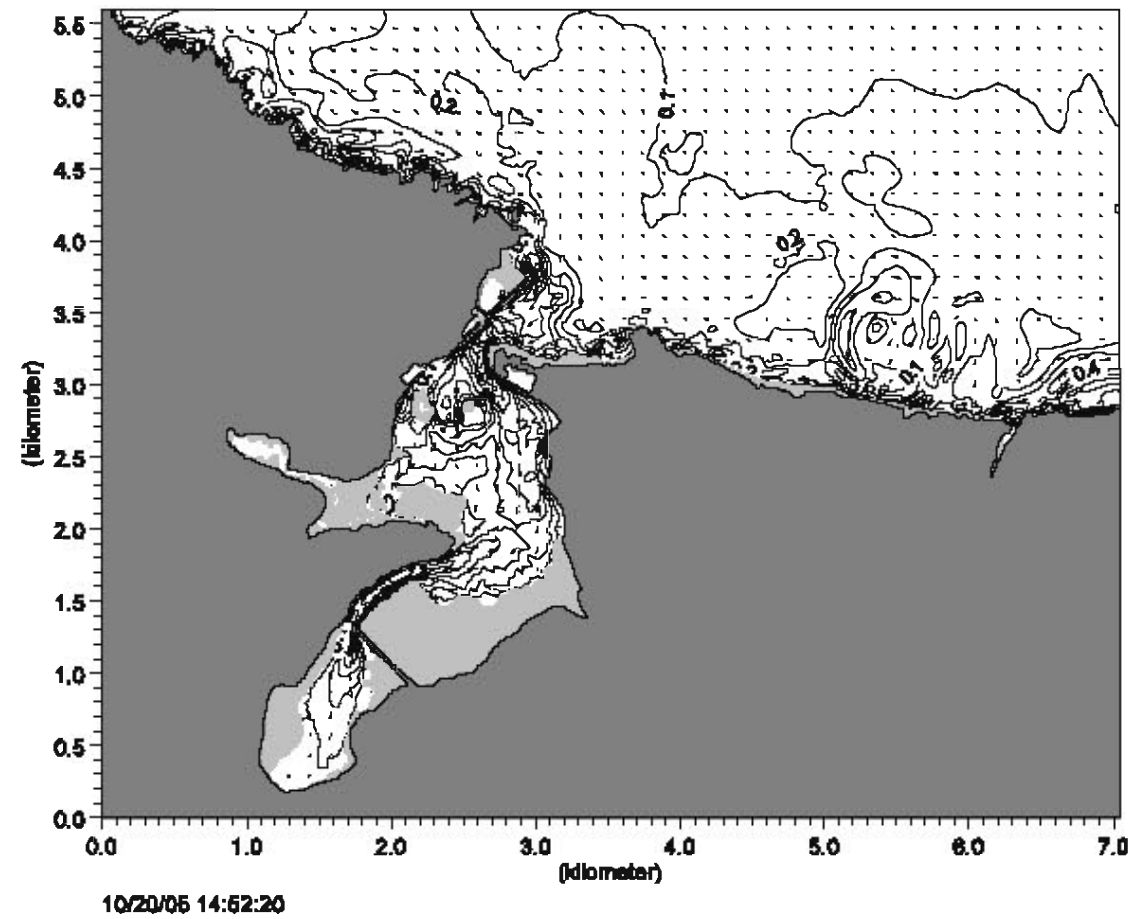
Cliente: Dirección General de Costas
Proyecto: Propagación de la onda de marea


MIKZero




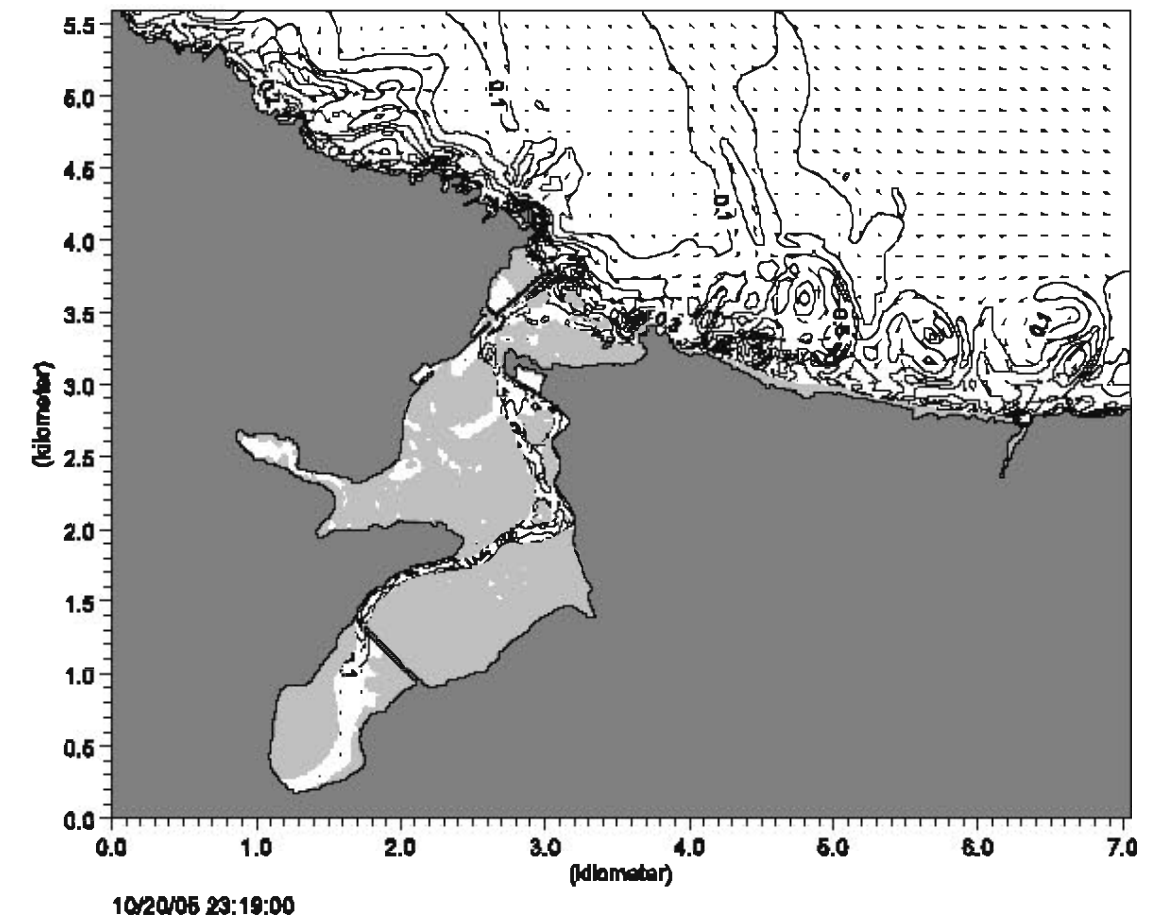
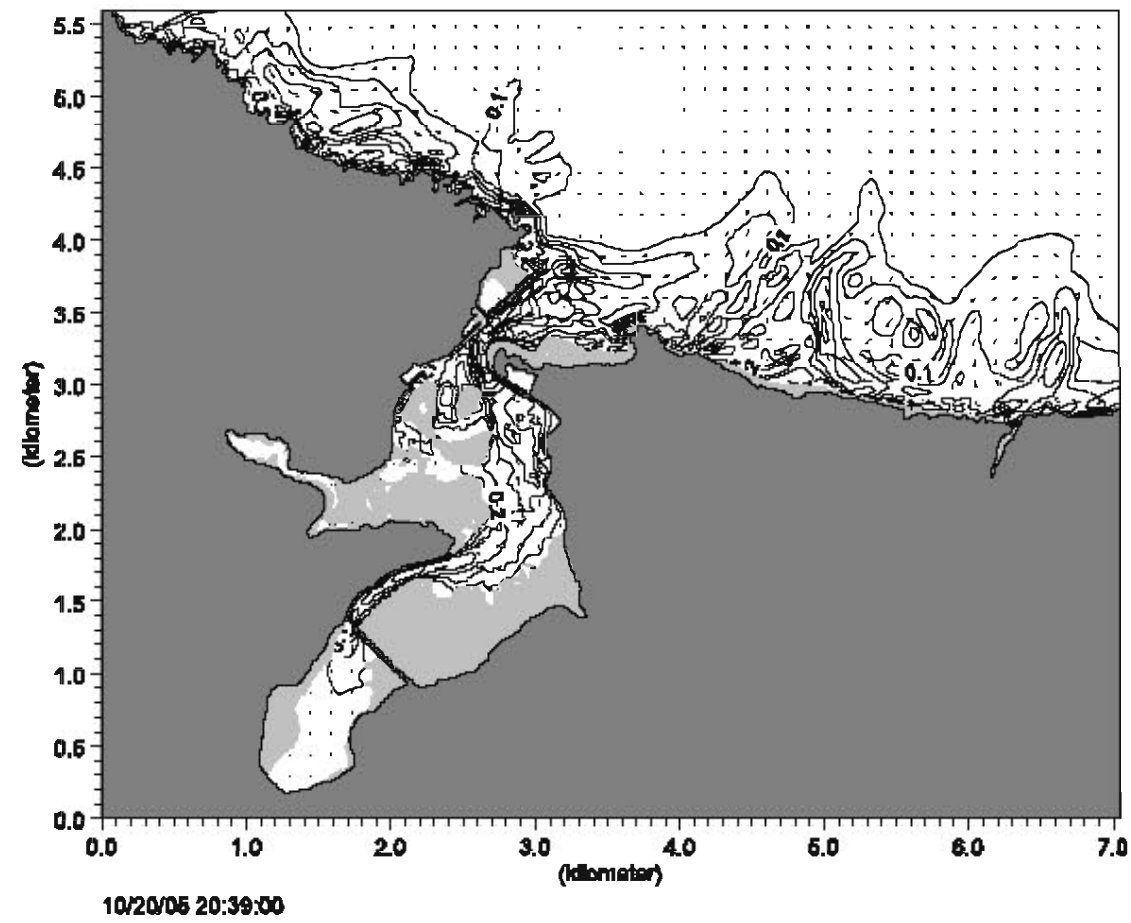
 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/08	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.		Drawing no. Figura 1	
	Init: Dpto. Modelos				


 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas			
		Project:	Propagación de la onda de marea			
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/08	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.				Drawing no. Figura 2
	Init: Dpto. Modelos					




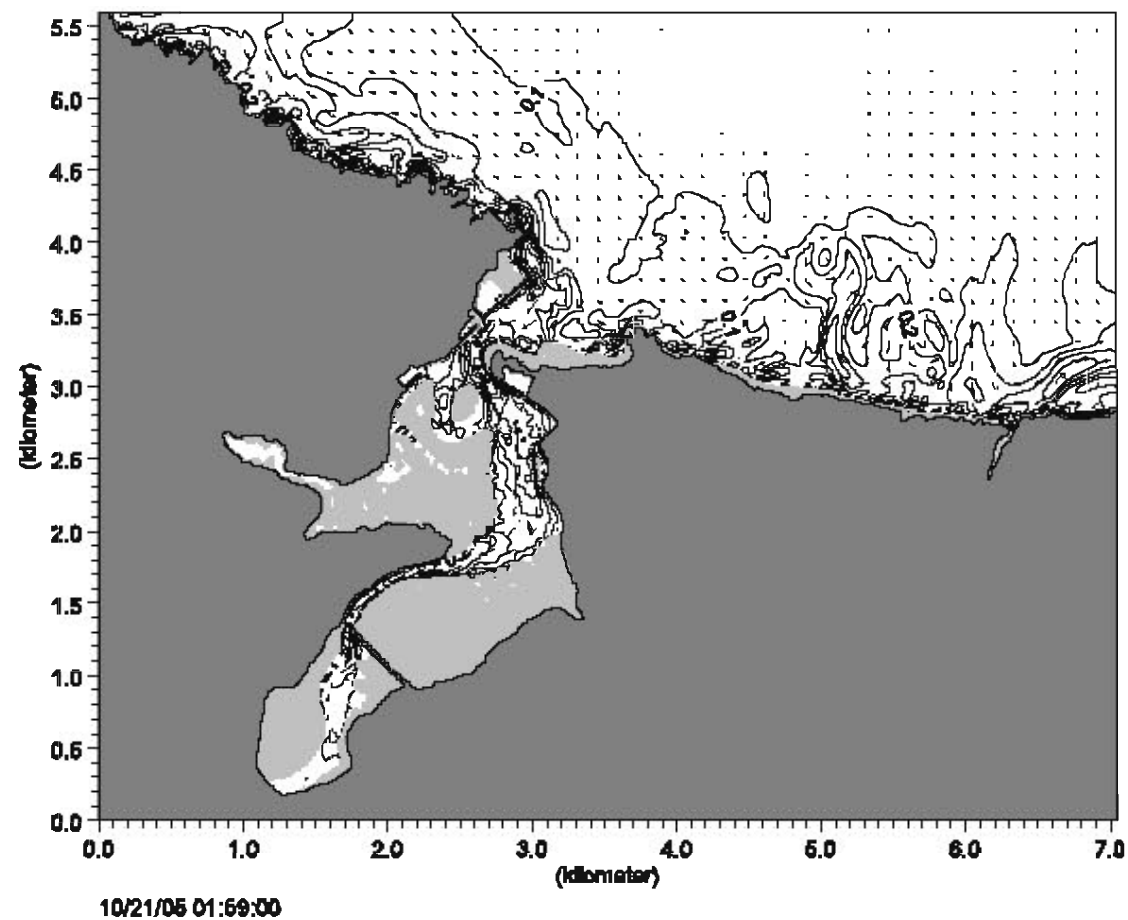
 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas		Mikero
		Project: Propagación de la onda de marea		
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14a. Hs=2.5m.		Drawing no. Figura 3
	Init: Dpto. Modelos			

 HIDTMA		Client: Dirección General de Costas	MINZERO
		Project: Propagación de la onda de marea	
Módulo M21 NHD	Date: 10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14a. Hs=2.5m.	Drawing no. Figura 4
	Init: Dpto. Modelos		



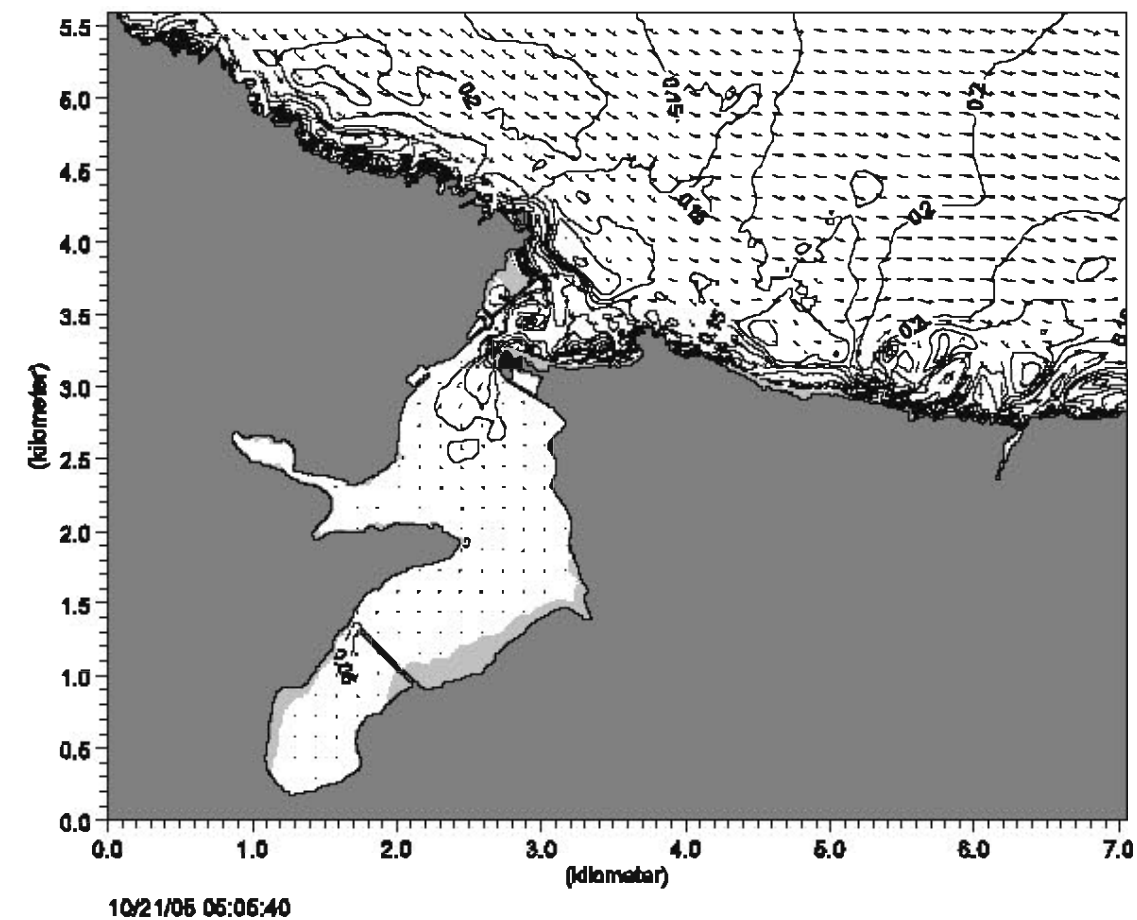
 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		MIKEZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.	Drawing no. Figura 5
		Init:	Dpto. Modelos		

 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		MIKEZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.	Drawing no. Figura 6
		Init:	Dpto. Modelos		



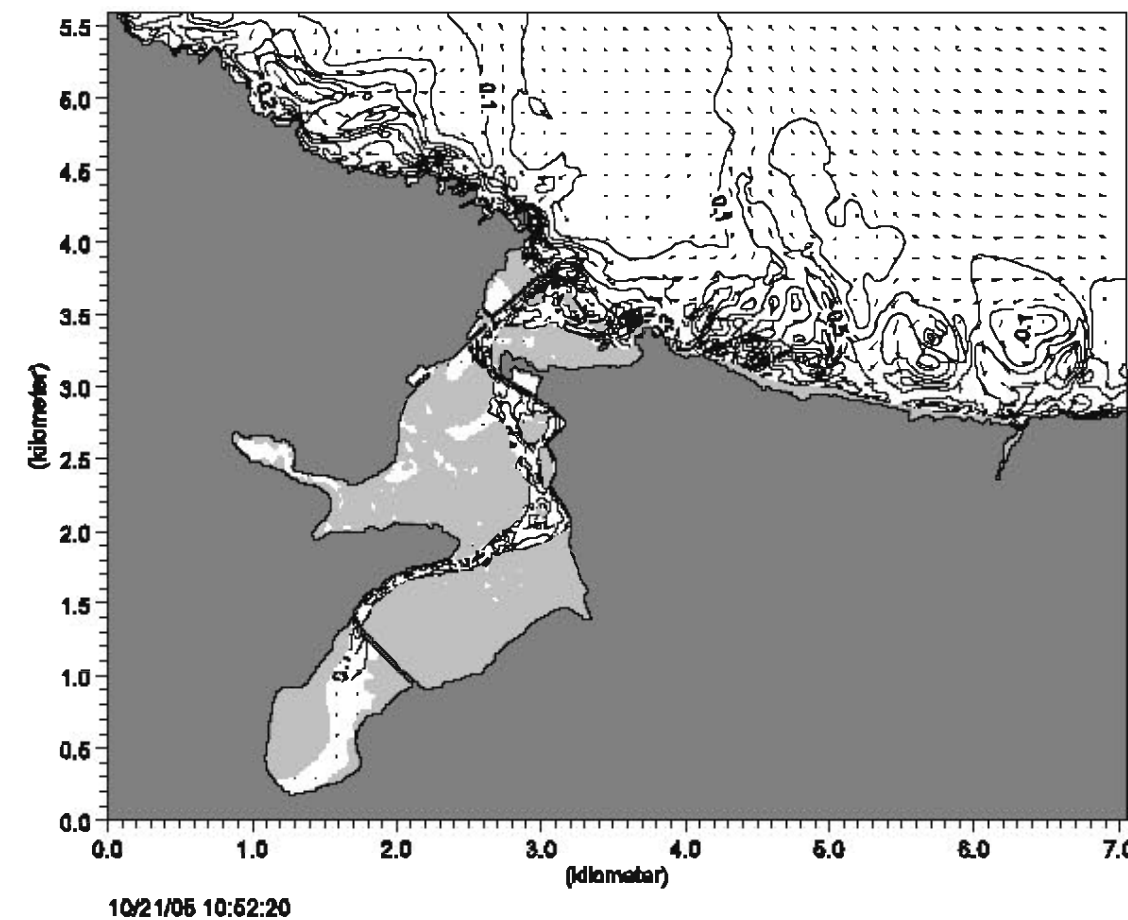
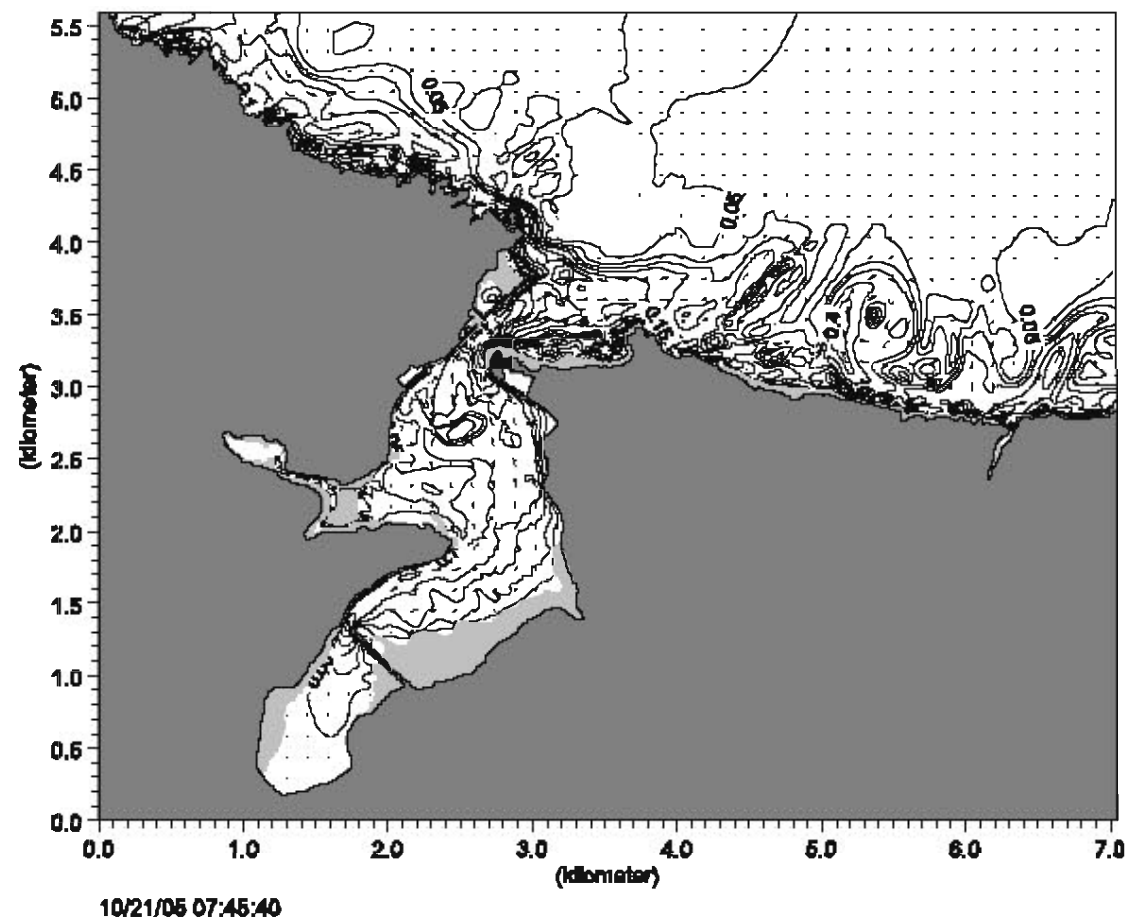
Módulo		Fecha:		Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.	Drawing no. Figura 7
M21 NHD		10/02/06			
		Init:			
		Dpto. Modelos			



MIKEZero





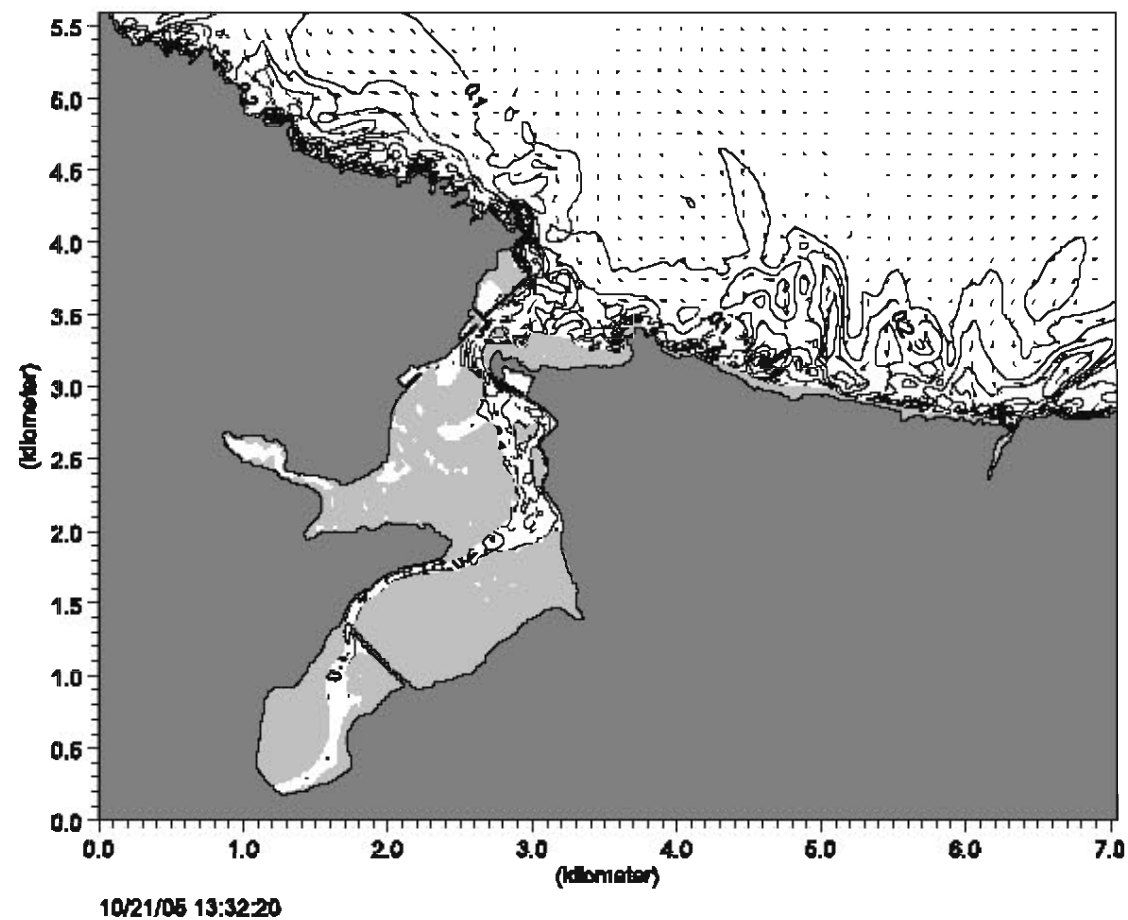
Módulo		Fecha:		Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.	Drawing no. Figura 8
M21 NHD		10/02/06			
		Init:			
		Dpto. Modelos			

MIKEZero



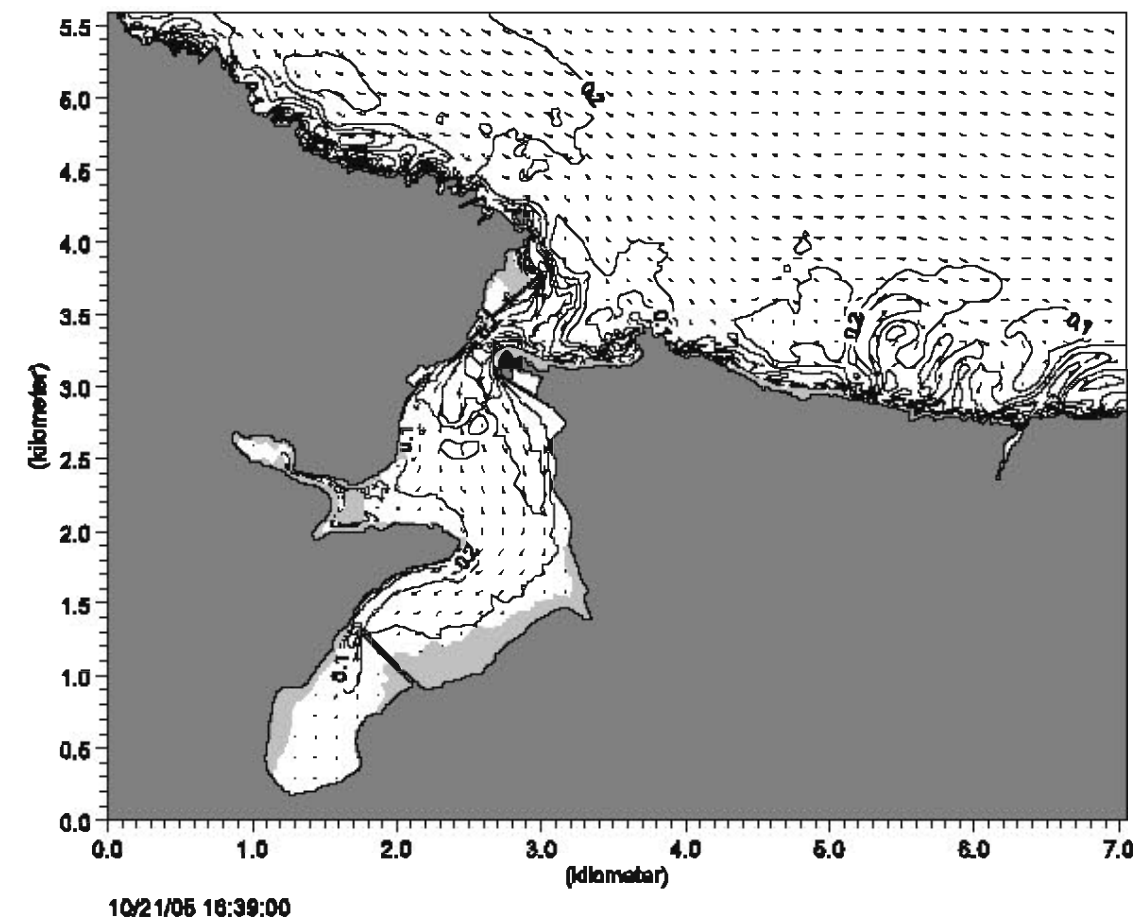
 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.	Drawing no.
		Init:	Dpto. Modelos		Figura 9

 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.	Drawing no.
		Init:	Dpto. Modelos		Figura 10



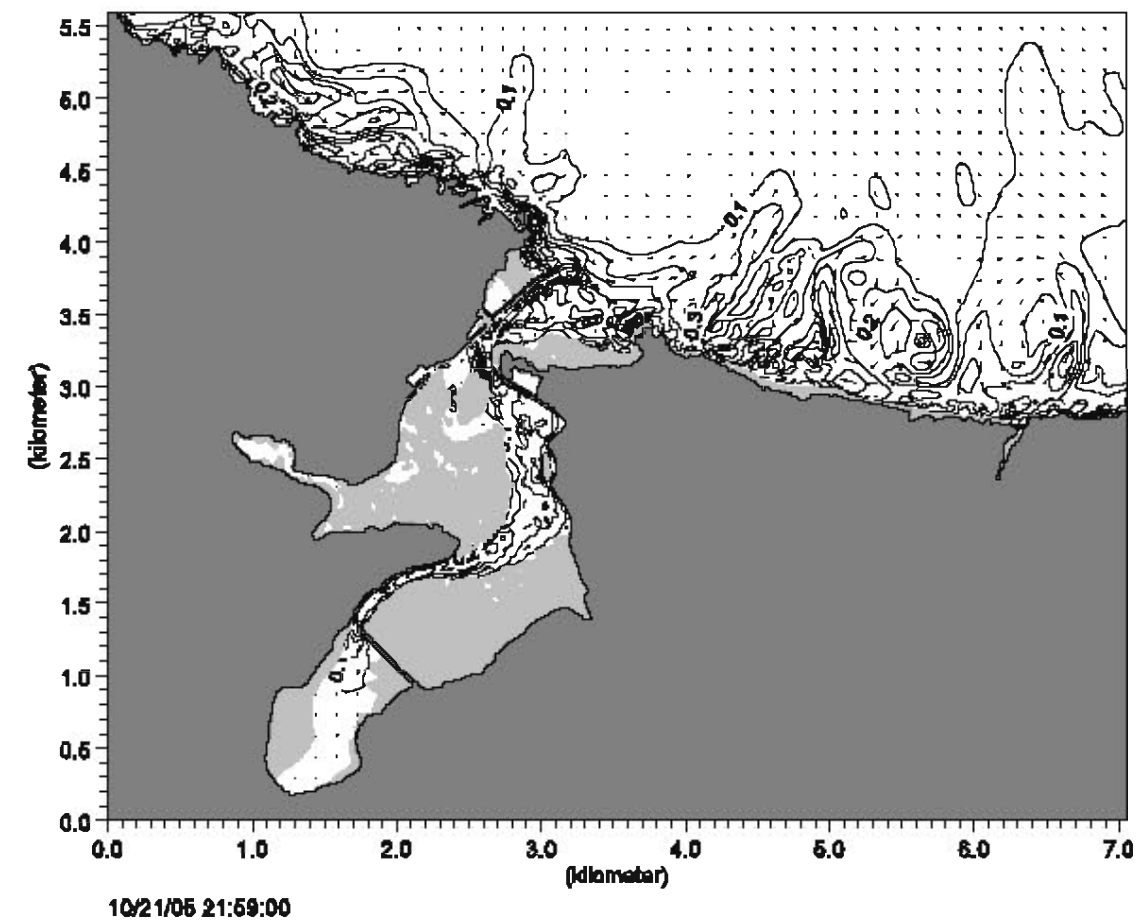
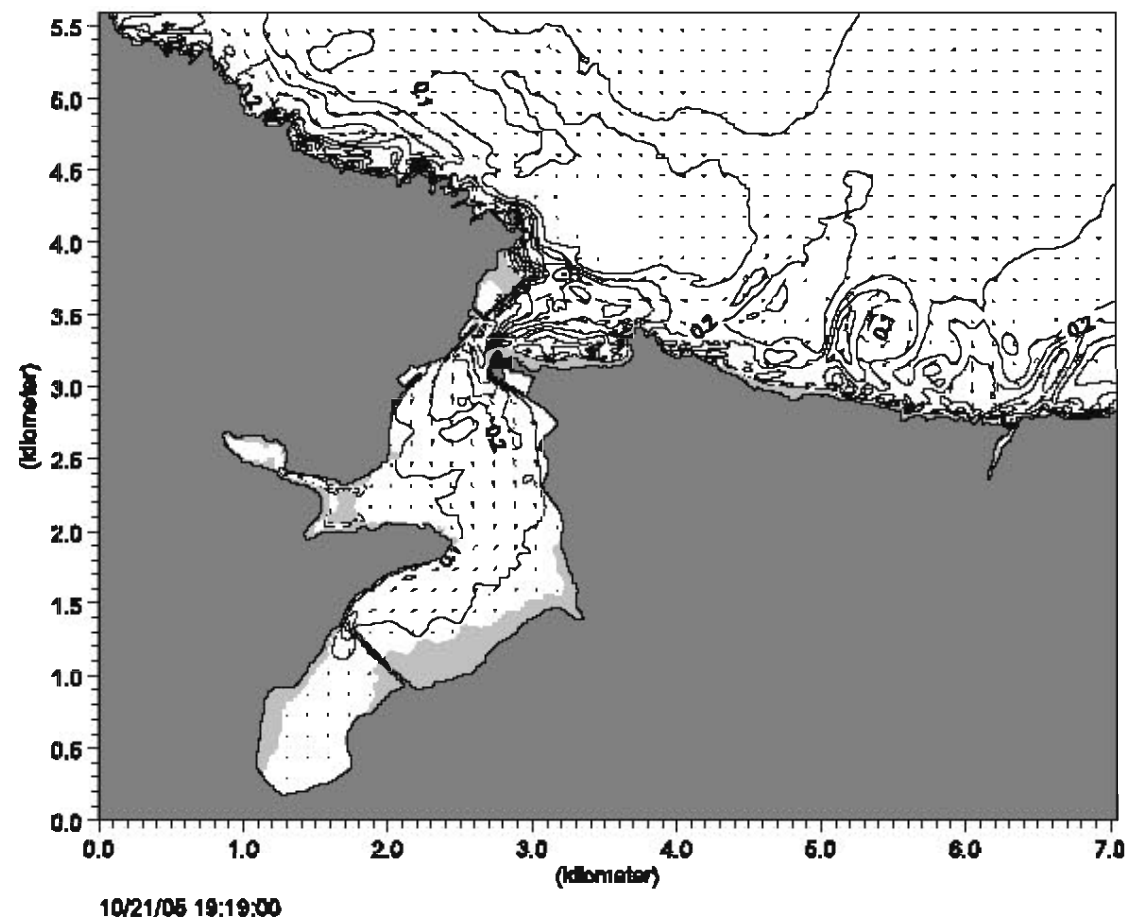
Módulo M21 NHD	Fecha: 10/02/06 Init: Dpto. Modelos	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.	Drawing no. Figura 11
-------------------	--	---	--------------------------



MIKEZero





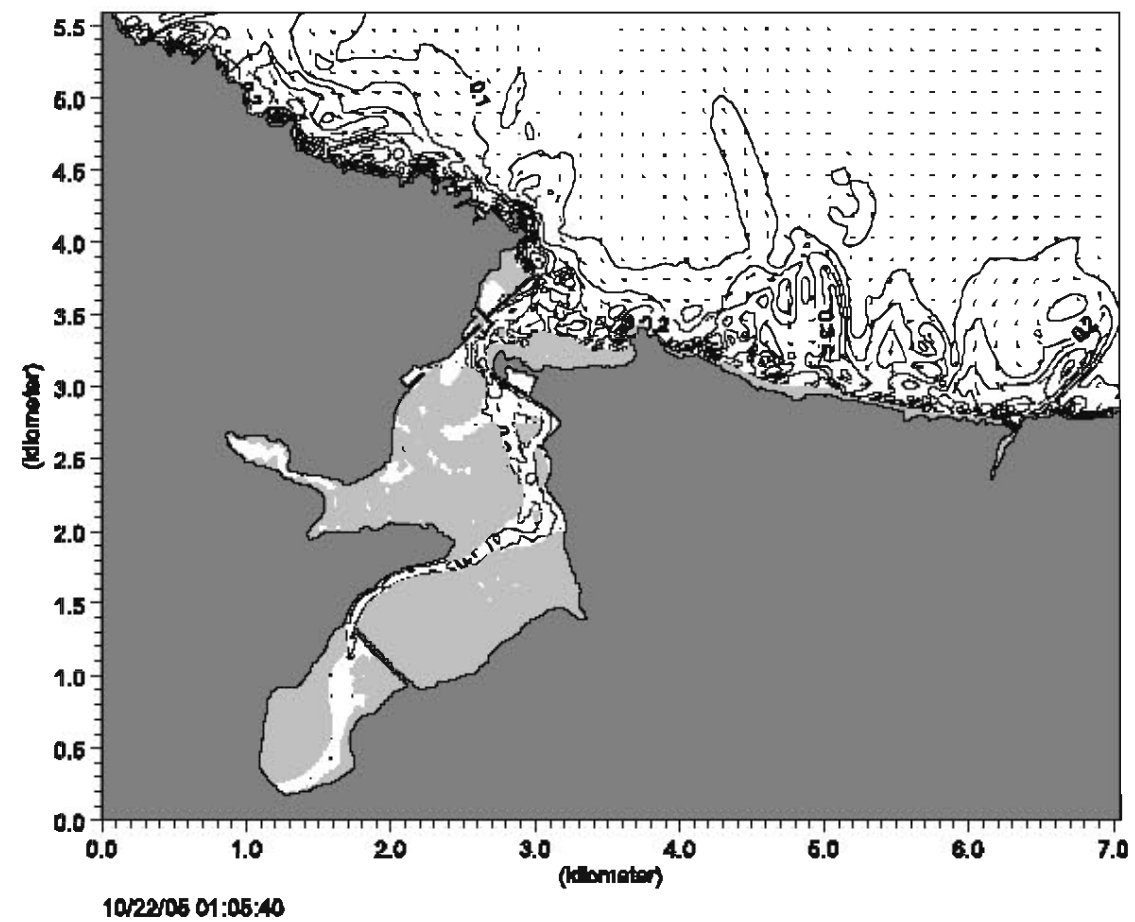
Módulo M21 NHD	Fecha: 10/02/06 Init: Dpto. Modelos	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.	Drawing no. Figura 12
-------------------	--	---	--------------------------


MIKEZero



 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	Date:	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.			Drawing no.
M21 NHD	10/02/06				
	Init:	Dpto. Modelos			Figura 13

 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	Date:	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.			Drawing no. Figura 14
M21 NHD	10/02/06				
	Init:				
	Dpto. Modelos				



 HIDTMA		Client:	Dirección General de Costas		MIKZero
		Project:	Propagación de la onda de marea		
Módulo	M21 NHD	Date:	10/02/06	Intensidad de la corriente (m/s) y vectores de velocidad. Mareas vivas. Dirección N-15-W. Tp=14s. Hs=2.5m.	Drawing no.
		Init:	Dpto. Modelos		Figura 15

MIKZero



Anejo 2: Estudio de Dinámica Litoral

Apéndice 5 – Clima marítimo: Informes



CLIMA MEDIO DE OLEAJE

BOYA DE ESTACA DE BARES

CODIGO B.D.	2244	
LONGITUD	-7.618	E
LATITUD	44.065	N
PROFUNDIDAD	382	m
PERIODO	1997	2003

BANCO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS
DE PUERTOS DEL ESTADO

NOTA:

El presente documento ha sido elaborado utilizando datos procedentes del Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado.

Los datos utilizados proceden tanto de las Redes de Medida como de los Modelos con los que cuenta Puertos del Estado. Dichos datos han sido almacenados tras aplicar controles de calidad y procesos de validación que garanticen la mayor fiabilidad posible.

Los resultados contenidos en este documento tiene carácter consultivo u orientativo, por lo que en ningún caso Puertos del Estado se hará valedor o responsable de las consecuencias que se pudieran derivar de su uso.

Índice General

1	Metodología	4
1.1	Relaciones $H_s - H_{max}$	4
1.2	Régimen Medio	5
2	Estaca de Bares	6
2.1	TABLAS HS-TP (ANUAL)	6
2.2	TABLAS HS-TP (ESTACIONAL)	7
2.3	ROSAS DE OLEAJE (ANUAL)	11
2.4	ROSAS DE OLEAJE (ESTACIONAL)	12
2.5	TABLAS HS - DIR. (ANUAL)	16
2.6	TABLAS HS - DIR. (ESTACIONAL)	17
2.7	REGIMEN MEDIO DE HS (ANUAL)	21
2.8	REGIMEN MEDIO DE HS (ESTACIONAL)	22
2.9	REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ANUAL)	24
2.10	REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: DIC.- FEB.)	26
2.11	REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: MAR.- MAY.)	28
2.12	REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: JUN.- AGO.)	30
2.13	REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: SET.- NOV.)	32

1 Metodología

1.1 Relaciones $H_s - H_{max}$

Cálculo de la Altura Máxima H_{max} : considerando que el comportamiento estadístico de las alturas de ola de un estado de mar puede describirse según una distribución de Rayleigh, la Altura de Ola Máxima H_{max} y la Altura Significativa H_s asociadas a un mismo estado de mar se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$H_{max} = (1.5 \sim 1.9) H_s$$

siendo la relación más utilizada (en media)

$$H_{max} = 1.6 H_s$$

y comúnmente, para obras marítimas en costa,

$$H_{max} = 1.7 H_s$$

1.2 Régimen Medio

Se puede definir como régimen medio de una serie temporal al conjunto de estados de oleaje que más probablemente nos podemos encontrar.

Si representáramos los datos en forma de histograma no acumulado, el régimen medio vendría definido por aquella banda de datos en la que se contiene la masa de probabilidad que hay entorno al máximo del histograma.

El régimen medio se describe, habitualmente, mediante una distribución teórica que ajusta dicha zona media o central del histograma. Es decir no todos los datos participan en el proceso de estimación de los parámetros de la distribución teórica, solo lo hacen aquellos datos cuyos valores de presentación caen en la zona media del histograma.

La distribución elegida para describir el régimen medio de las series de oleaje es *Weibull* cuya expresión es la siguiente.

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

El parámetro B es conocido como parámetro de centrado y su valor a de ser menor que el menor de los valores justados; A es el parámetro de escala y ha de ser mayor que 0; y, finalmente, C es el parámetro de forma y suele moverse entre 0.5 y 3.5

El régimen medio, generalmente, suele representarse de una forma grafica mediante un histograma acumulado y el correspondiente ajuste teorico, todo ello en una escala especial en la cual *Weibull* aparece representada como una recta.

Ajustar los datos a una distribución teórica, en vez de utilizar el histograma permite obtener una expresión compacta que suaviza e interpola la información proporcionada por el histograma.

El régimen medio esta directamente relacionado con lo que se denominan condiciones medias de operatividad. Es decir, caracteriza el comportamiento probabilístico del régimen de viento u oleaje en el que por término medio se va desenvolver una determinada actividad influida por uno de estos agentes.

En éste informe se presenta el régimen medio siguiendo diferentes criterios de selección o agrupación de los datos. En primer lugar se presenta el régimen medio sobre la totalidad de los años completos registrados; seguidamente se presentan los regímenes medios estimados sobre los datos agrupados por estaciones climáticas; y, finalmente, y de modo opcional, los regímenes medios para los datos agrupados por direcciones.

2 Estaca de Bares

2.1 TABLAS HS-TP (ANUAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Estaca de Bares
PERIODO : Anual
SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

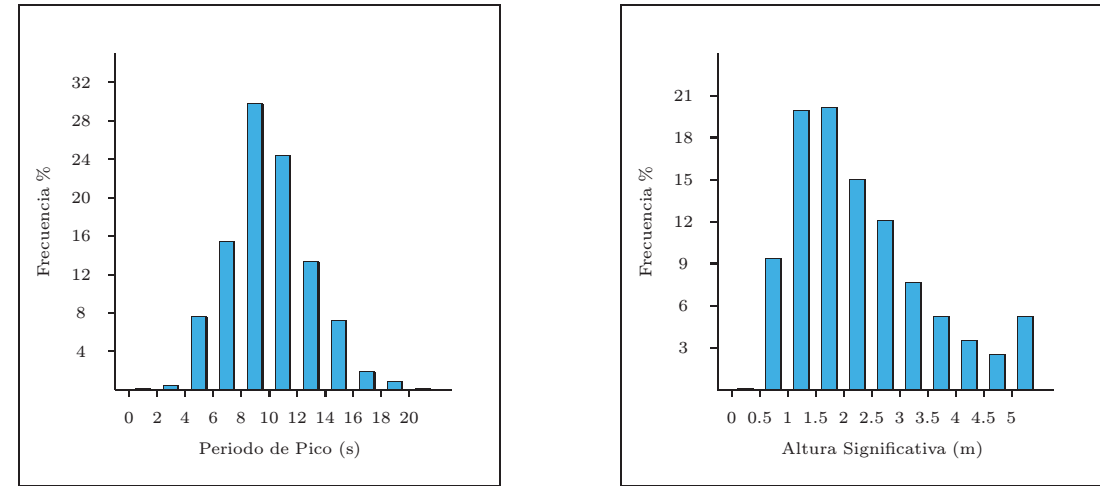


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	-	.024	.008	.039	-	-	-	-	-	-	.071
1.0	-	.212	1.534	2.581	3.800	.968	.165	.031	-	-	.008	9.300
1.5	-	.031	2.833	4.288	8.238	3.163	.905	.346	.031	.047	.071	19.954
2.0	-	-	2.463	3.557	6.665	5.154	1.605	.464	.063	.024	.016	20.009
2.5	-	-	.417	2.573	4.438	4.831	1.920	.559	.118	.031	.031	14.919
3.0	-	-	.063	1.613	3.029	4.021	2.305	.928	.094	.039	.008	12.102
3.5	-	-	-	.677	1.652	2.652	1.723	.795	.126	.024	.008	7.656
4.0	-	-	-	.063	.818	1.692	1.495	.850	.165	.047	-	5.130
4.5	-	-	-	.008	.519	.850	1.125	.779	.126	.031	-	3.439
5.0	-	-	-	-	.189	.488	.700	.700	.205	.047	-	2.329
> 5.0	-	-	-	-	.126	.590	1.346	1.794	.724	.504	.008	5.091
Total	-	.244	7.333	15.367	29.515	24.408	13.290	7.247	1.652	.795	.150	100 %

2.2 TABLAS HS-TP (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Estaca de Bares
PERIODO : Dic. - Feb.
SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

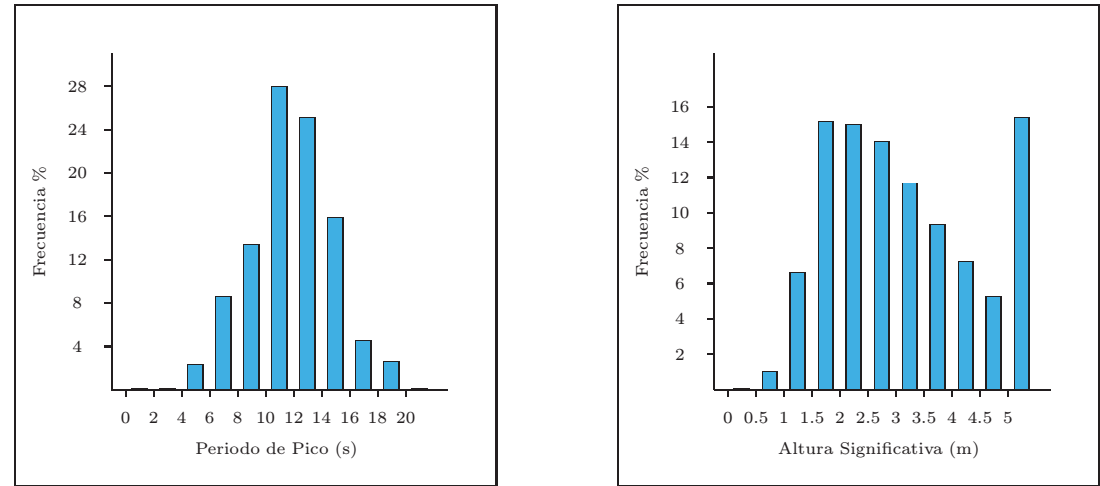


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.0	-	-	.068	.068	.034	.787	.034	-	-	-	-	.993
1.5	-	-	.685	1.096	1.130	2.568	.993	.034	-	.034	-	6.539
2.0	-	-	1.061	2.499	2.362	5.888	2.396	.787	.034	.103	-	15.132
2.5	-	-	.445	2.328	2.910	4.896	3.663	.479	.103	.103	-	14.926
3.0	-	-	.034	1.506	2.602	4.724	3.458	1.335	.137	.068	-	13.865
3.5	-	-	-	1.096	1.746	3.252	3.526	1.746	.274	.068	-	11.708
4.0	-	-	-	.068	.959	2.260	3.252	2.362	.308	.068	-	9.278
4.5	-	-	-	-	.890	1.335	2.670	1.780	.377	.034	-	7.087
5.0	-	-	-	-	.411	.787	1.506	1.814	.548	.103	-	5.169
> 5.0	-	-	-	-	.377	1.198	3.595	5.409	2.773	1.917	.034	15.303
Total	-	-	2.294	8.661	13.420	27.696	25.094	15.748	4.553	2.499	.034	100 %

TABLAS Hs-Tp (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Estaca de Bares

PERIODO : Mar. - May.

SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

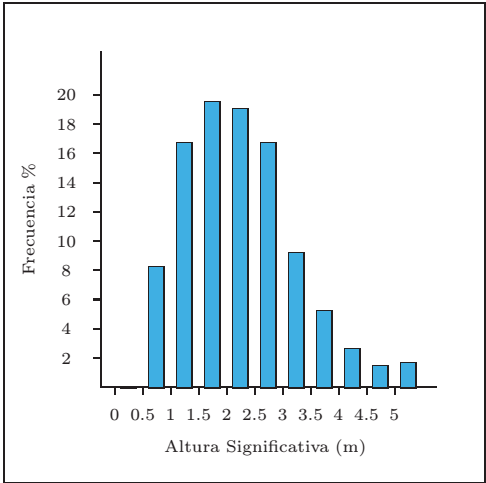
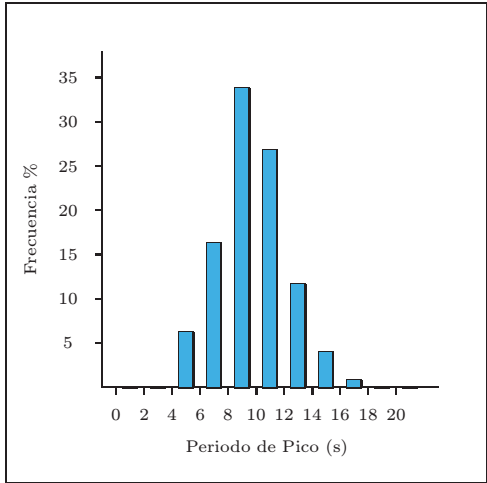


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	-	-	-	.029	-	-	-	-	-	-	.029
1.0	-	.087	1.545	1.458	3.965	.816	.204	.058	-	-	-	8.134
1.5	-	.029	2.303	3.003	6.647	3.061	.962	.408	.117	-	.029	16.560
2.0	-	-	1.953	3.848	7.289	4.461	1.487	.437	.029	-	-	19.504
2.5	-	-	.496	3.819	5.977	5.977	1.983	.671	.087	-	-	19.009
3.0	-	-	.058	2.974	4.985	5.219	2.507	.875	.087	.058	-	16.764
3.5	-	-	-	1.079	2.886	3.090	1.516	.525	.117	-	-	9.213
4.0	-	-	-	.117	1.108	2.041	1.254	.321	.233	.029	-	5.102
4.5	-	-	-	.029	.700	.933	.641	.321	.058	-	-	2.682
5.0	-	-	-	-	.204	.554	.496	.175	.029	-	-	1.458
> 5.0	-	-	-	-	.117	.583	.612	.233	-	-	-	1.545
Total	-	.117	6.356	16.327	33.907	26.735	11.662	4.023	.758	.087	.029	100 %

TABLAS Hs-Tp (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Estaca de Bares

PERIODO : Jun. - Ago.

SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

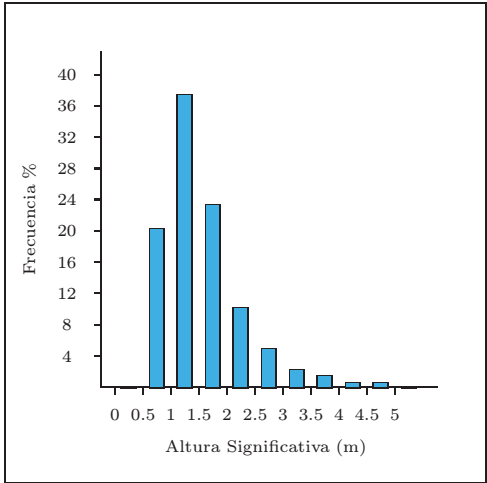
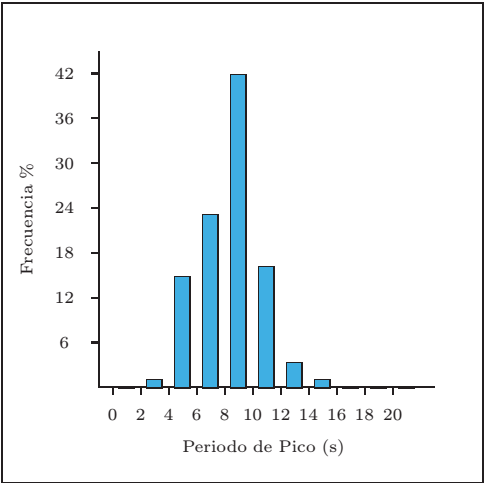


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	-	.031	.031	.062	-	-	-	-	-	-	.123
1.0	-	.739	3.417	6.743	7.882	1.232	.216	.062	-	-	-	20.289
1.5	-	.092	5.757	9.606	17.365	3.664	.616	.123	-	-	.092	37.315
2.0	-	-	4.803	4.249	8.990	4.249	.739	.092	-	-	.031	23.153
2.5	-	-	.339	1.755	4.095	3.048	.647	.154	-	-	.031	10.068
3.0	-	-	.123	.493	1.755	1.817	.493	.185	-	-	-	4.865
3.5	-	-	-	.154	.893	1.108	.154	.062	-	-	-	2.371
4.0	-	-	-	-	.400	.493	.216	-	-	-	-	1.108
4.5	-	-	-	-	.185	.123	.062	-	-	-	-	.369
5.0	-	-	-	-	-	.154	.092	-	-	-	-	.246
> 5.0	-	-	-	-	-	-	.031	.062	-	-	-	.092
Total	-	.831	14.470	23.030	41.626	15.887	3.264	.739	-	-	.154	100 %

TABLAS Hs-Tp (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Estaca de Bares

PERIODO : Sep. - Nov.

SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

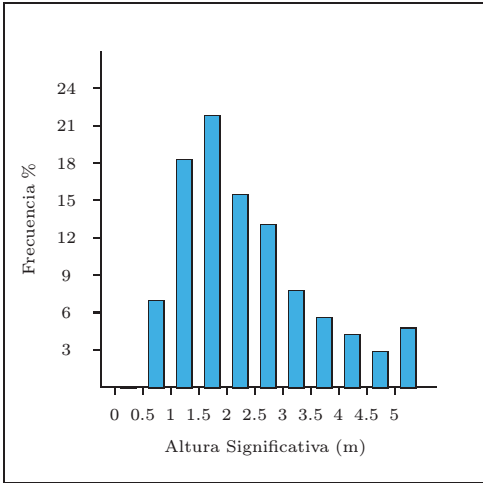
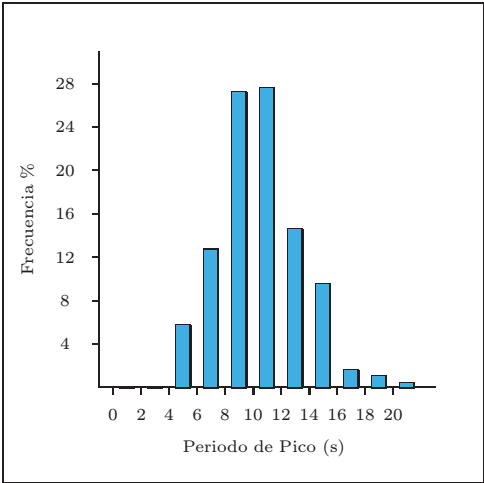


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

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	-	-	.064	-	.064	-	-	-	-	-	-	.129
1.0	-	-	.932	1.833	2.894	1.029	.193	-	-	-	.032	6.913
1.5	-	-	2.379	3.151	7.138	3.312	1.061	.804	-	.161	.161	18.167
2.0	-	-	1.897	3.505	7.588	6.174	1.897	.579	.193	-	.032	21.865
2.5	-	-	.386	2.283	4.534	5.370	1.543	.932	.289	.032	.096	15.466
3.0	-	-	.032	1.383	2.605	4.341	2.894	1.383	.161	.032	.032	12.862
3.5	-	-	-	.386	.997	3.215	1.897	.965	.129	.032	.032	7.653
4.0	-	-	-	.064	.804	2.026	1.447	.900	.129	.096	-	5.466
4.5	-	-	-	-	.322	1.061	1.318	1.158	.096	.096	-	4.051
5.0	-	-	-	-	.161	.482	.804	.965	.289	.096	-	2.797
> 5.0	-	-	-	-	.032	.643	1.415	1.929	.354	.257	-	4.630
Total	-	-	5.691	12.605	27.138	27.653	14.469	9.614	1.640	.804	.386	100 %

2.3 ROSAS DE OLEAJE (ANUAL)

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

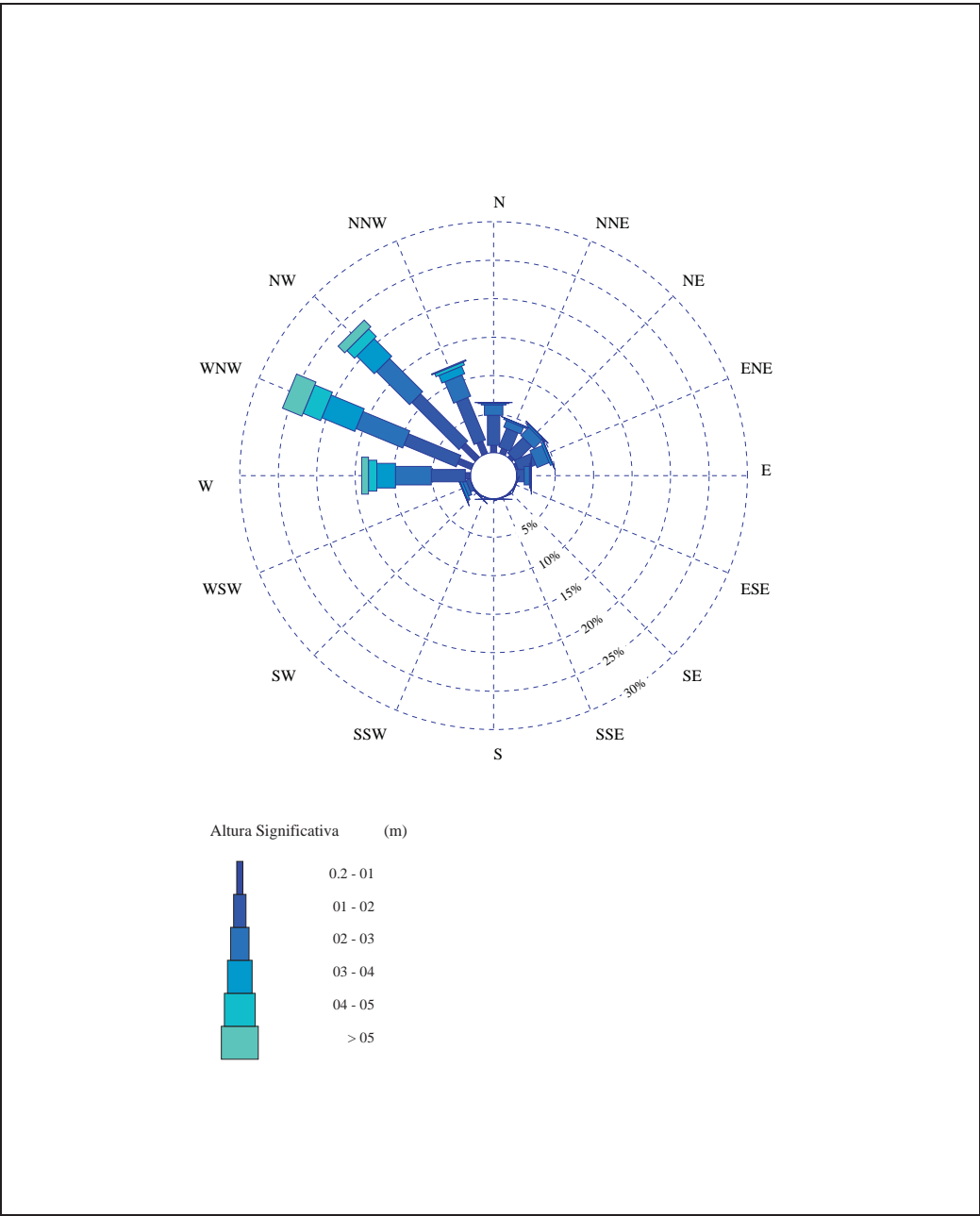
LUGAR : Estaca de Bares

PERIODO : Anual

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

PORCENTAJE DE CALMAS : 0.00 %



2.4 ROSAS DE OLEAJE (ESTACIONAL)

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

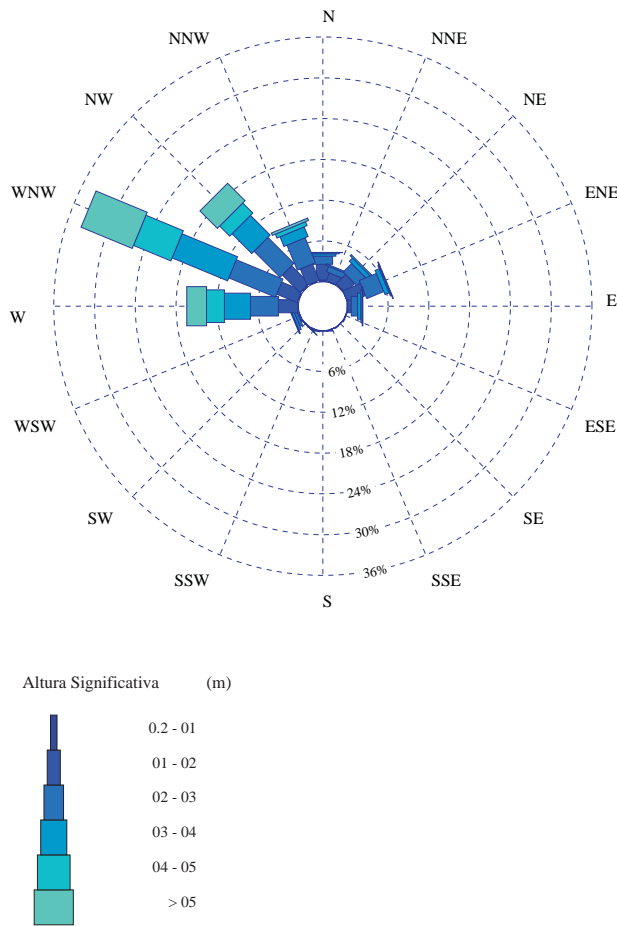
LUGAR : Estaca de Bares

PERIODO : Dic. - Feb.

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

PORCENTAJE DE CALMAS : 0.00 %



ROSAS DE OLEAJE (ESTACIONAL)

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

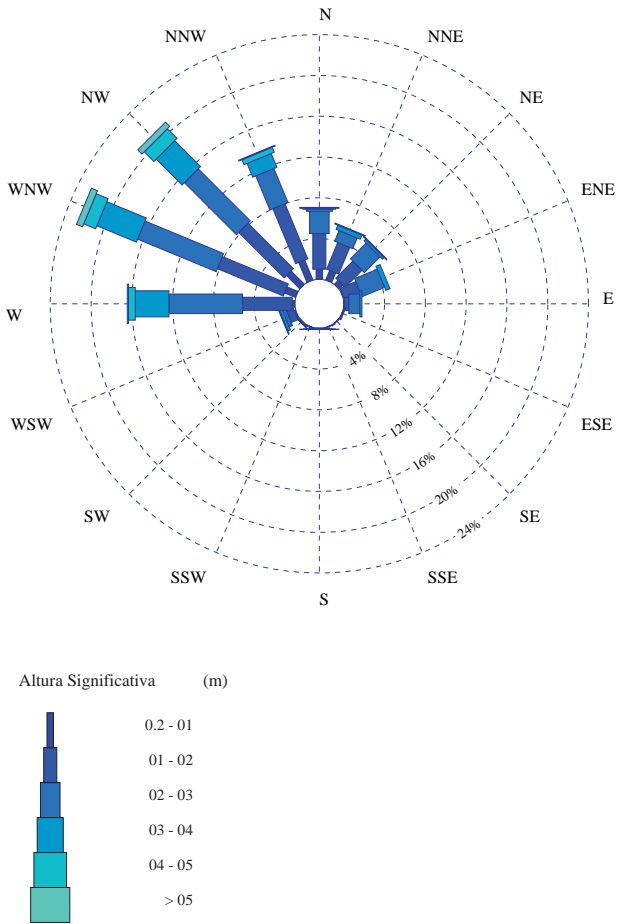
LUGAR : Estaca de Bares

PERIODO : Mar. - May.

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

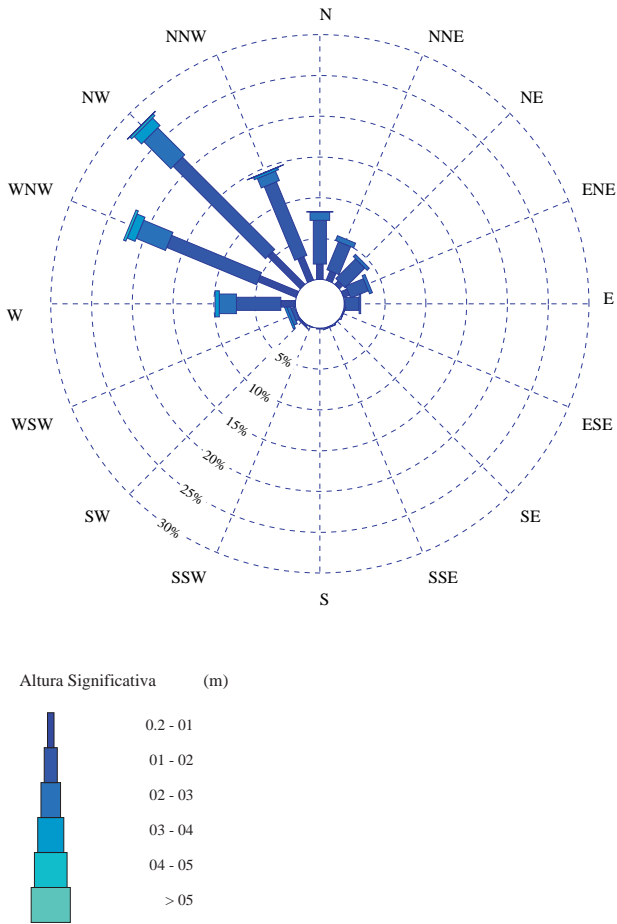
PORCENTAJE DE CALMAS : 0.00 %



ROSAS DE OLEAJE (ESTACIONAL)

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

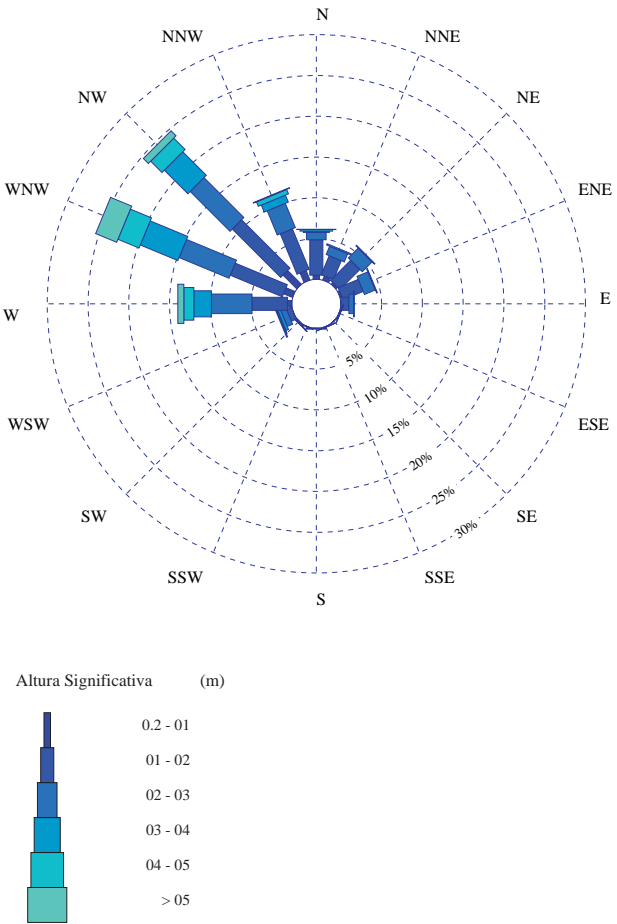
LUGAR : Estaca de Bares
PERIODO : Jun. - Ago.
INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2
SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002
PORCENTAJE DE CALMAS : 0.00 %



ROSAS DE OLEAJE (ESTACIONAL)

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Estaca de Bares
PERIODO : Sep. - Nov.
INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2
SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002
PORCENTAJE DE CALMAS : 0.00 %



2.5 TABLAS Hs - DIR. (ANUAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Estaca de Bares

PERIODO : Anual

SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

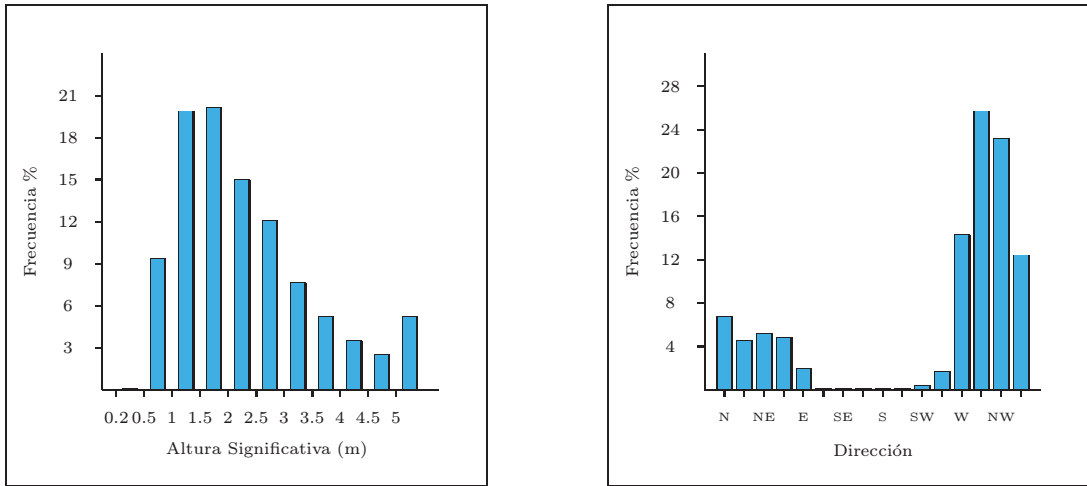


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección en %

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	-												-
N 0.0		.016	.921	2.140	1.763	.913	.433	.126	.063	.039	.071	.039	6.523
NNE 22.5		.024	.700	1.267	1.353	.653	.275	.150	.055	.024	-	-	4.501
NE 45.0		-	.386	1.275	1.542	.921	.582	.197	.039	.071	.008	-	5.020
ENE 67.5		-	.268	.818	1.534	1.196	.519	.220	.071	.031	.008	.024	4.690
E 90.0		-	.031	.330	.614	.378	.315	.173	.008	.016	.031	.024	1.920
ESE 112.5		-	.039	.047	.031	.008	-	-	-	-	-	-	.126
SE 135.0		-	.008	.008	.016	-	-	-	-	-	-	-	.031
SSE 157.5		-	.031	.024	-	.008	-	-	-	-	-	-	.063
S 180.0		-	.024	.031	-	.016	.008	-	-	-	-	.008	.087
SSW 202.5		-	-	.016	.039	-	-	-	-	-	-	-	.055
SW 225.0		-	-	.087	.039	.024	-	.008	-	-	.008	-	.165
WSW 247.5		-	.039	.244	.283	.157	.315	.220	.079	.031	.047	.031	1.448
W 270.0		-	.677	2.062	2.368	2.156	2.494	1.534	.897	.622	.464	.881	14.155
WNW 292.5		-	1.936	3.596	3.769	3.320	3.250	2.518	2.132	1.589	.881	2.730	25.722
NW 315.0		.008	2.557	4.666	4.021	3.320	2.762	1.833	1.408	.803	.598	1.220	23.196
NNW 337.5		.024	1.684	3.344	2.636	1.849	1.149	.677	.378	.212	.212	.134	12.298
Total	-	.071	9.300	19.954	20.009	14.919	12.102	7.656	5.130	3.439	2.329	5.091	100 %

2.6 TABLAS Hs - DIR. (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Estaca de Bares

PERIODO : Dic. - Feb.

SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

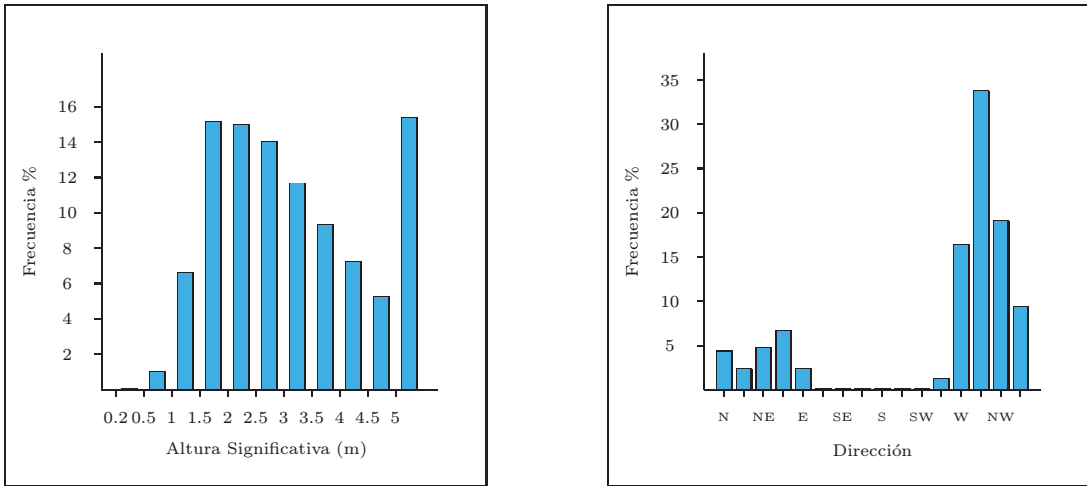


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección en %

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	-												-
N 0.0		-	.274	.993	1.301	.685	.514	.137	.205	.068	.103	.034	4.314
NNE 22.5		-	.034	.171	1.096	.548	.308	.171	.034	-	-	-	2.362
NE 45.0		-	.137	.548	1.404	.993	.753	.479	.171	.205	.034	-	4.724
ENE 67.5		-	-	.753	2.054	1.814	.890	.479	.171	.137	.034	.103	6.436
E 90.0		-	-	.171	.411	.445	.479	.445	.034	.068	.137	.103	2.294
ESE 112.5		-	-	.034	.034	-	-	-	-	-	-	-	.068
SE 135.0		-	-	-	.034	-	-	-	-	-	-	-	.034
SSE 157.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S 180.0		-	-	-	-	.034	-	-	-	-	-	-	.034
SSW 202.5		-	-	.068	-	-	-	-	-	-	-	-	.068
SW 225.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	.034	-	.034
WSW 247.5		-	-	.137	.103	.137	.274	.205	.137	.034	.103	-	1.130
W 270.0		-	.068	.924	1.951	1.609	2.499	2.260	1.575	1.472	1.164	2.910	16.433
WNW 292.5		-	.137	.822	2.396	3.355	4.074	4.519	4.314	3.663	2.294	8.148	33.721
NW 315.0		-	.205	1.130	2.533	2.978	2.431	2.157	1.951	1.164	.924	3.629	19.103
NNW 337.5		-	.137	.787	1.814	2.328	1.643	.856	.685	.274	.342	.377	9.243
Total	-	-	.993	6.539	15.132	14.926	13.865	11.708	9.278	7.087	5.169	15.303	100 %

TABLAS Hs - DIR. (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Estaca de Bares

PERIODO : Mar. - May.

SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

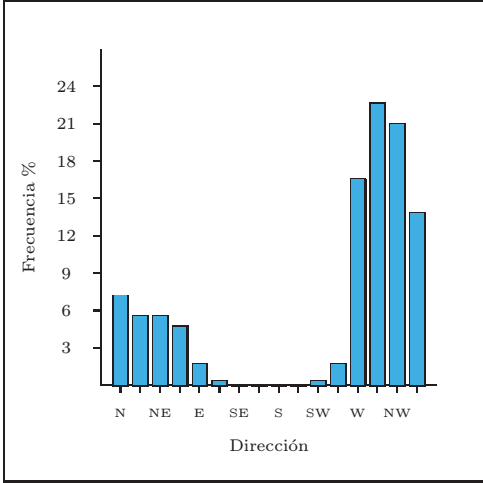
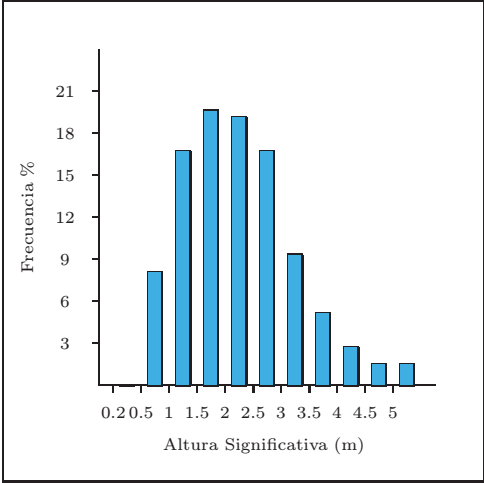


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección en %

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	-												-
N 0.0		-	.991	1.545	1.953	1.603	.583	.204	-	-	.087	.087	7.055
NNE 22.5		-	1.020	1.283	1.545	.700	.437	.321	.117	.087	-	-	5.510
NE 45.0		-	.525	.991	1.370	1.399	.787	.233	-	.087	-	-	5.394
ENE 67.5		-	.058	.554	1.137	1.574	.816	.321	.117	-	-	-	4.577
E 90.0		-	.029	.175	.292	.496	.583	.204	-	-	-	-	1.778
ESE 112.5		-	.029	.087	.029	-	-	-	-	-	-	-	.146
SE 135.0		-	-	.029	-	-	-	-	-	-	-	-	.029
SSE 157.5		-	-	.029	-	-	-	-	-	-	-	-	.029
S 180.0		-	-	.087	-	-	-	-	-	-	-	.029	.117
SSW 202.5		-	-	-	.087	-	-	-	-	-	-	-	.087
SW 225.0		-	-	.146	-	.029	-	-	-	-	-	-	.175
WSW 247.5		-	.117	.408	.321	.146	.204	.262	-	.058	.029	-	1.545
W 270.0		-	.262	1.749	3.120	3.265	3.965	2.274	1.020	.466	.204	.117	16.443
WNW 292.5		-	1.166	3.032	3.965	3.819	4.519	2.420	1.778	.845	.408	.641	22.595
NW 315.0		-	1.837	3.061	3.236	3.703	3.528	2.099	1.487	.816	.525	.583	20.875
NNW 337.5		.029	2.099	3.382	2.449	2.274	1.341	.875	.583	.321	.204	.087	13.644
Total	-	.029	8.134	16.560	19.504	19.009	16.764	9.213	5.102	2.682	1.458	1.545	100 %

TABLAS Hs - DIR. (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Estaca de Bares

PERIODO : Jun. - Ago.

SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

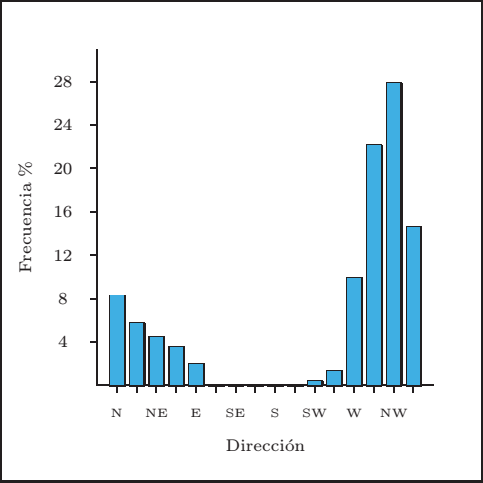
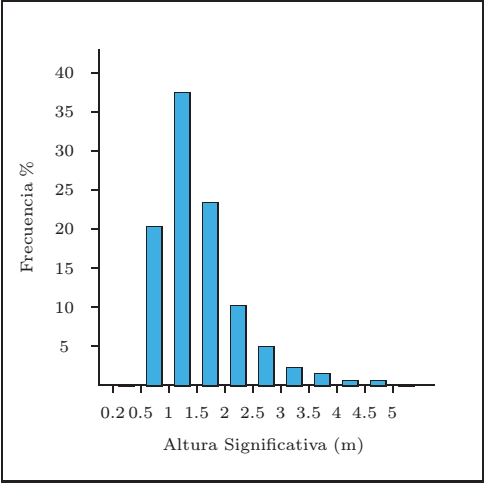


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección en %

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	-												-
N 0.0		.031	1.847	3.356	2.001	.831	.185	.062	-	-	-	-	8.313
NNE 22.5		.031	1.170	2.432	1.293	.585	.031	-	-	-	-	-	5.542
NE 45.0		-	.585	1.847	1.570	.308	.062	-	-	-	-	-	4.372
ENE 67.5		-	.770	1.047	1.293	.246	.123	-	-	-	-	-	3.479
E 90.0		-	.062	.523	1.232	.154	.031	-	-	-	-	-	2.001
ESE 112.5		-	.092	-	.031	-	-	-	-	-	-	-	.123
SE 135.0		-	.031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.031
SSE 157.5		-	.062	.062	-	-	-	-	-	-	-	-	.123
S 180.0		-	.092	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.092
SSW 202.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW 225.0		-	-	.123	.062	.031	-	-	-	-	-	-	.216
WSW 247.5		-	.031	.092	.369	.123	.308	.246	-	-	-	-	1.170
W 270.0		-	1.786	3.417	2.032	1.232	.862	.431	.092	-	-	-	9.852
WNW 292.5		-	5.080	7.635	4.280	2.371	1.509	.677	.369	.246	.062	-	22.229
NW 315.0		-	5.634	10.068	5.942	3.387	1.293	.677	.616	.123	.185	.062	27.986
NNW 337.5		.062	3.048	6.712	3.048	.800	.462	.277	.031	-	-	.031	14.470
Total	-	.123	20.289	37.315	23.153	10.068	4.865	2.371	1.108	.369	.246	.092	100 %

TABLAS Hs - DIR. (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Estaca de Bares

PERIODO : Sep. - Nov.

SERIE ANALIZADA : Feb. 1997 - Nov. 2002

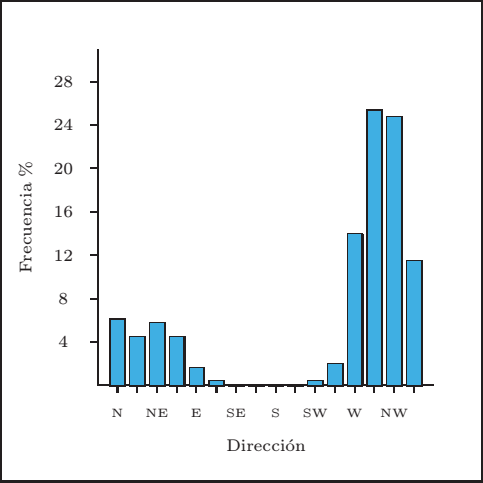
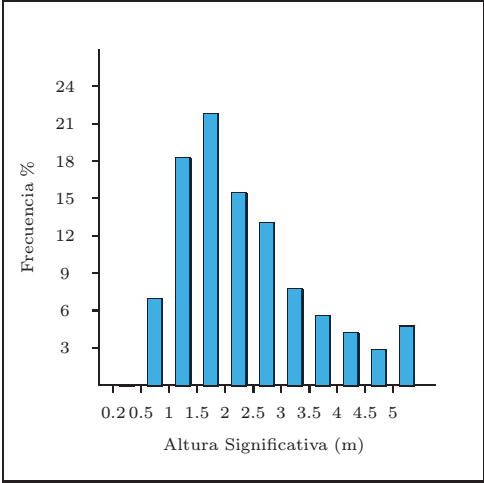
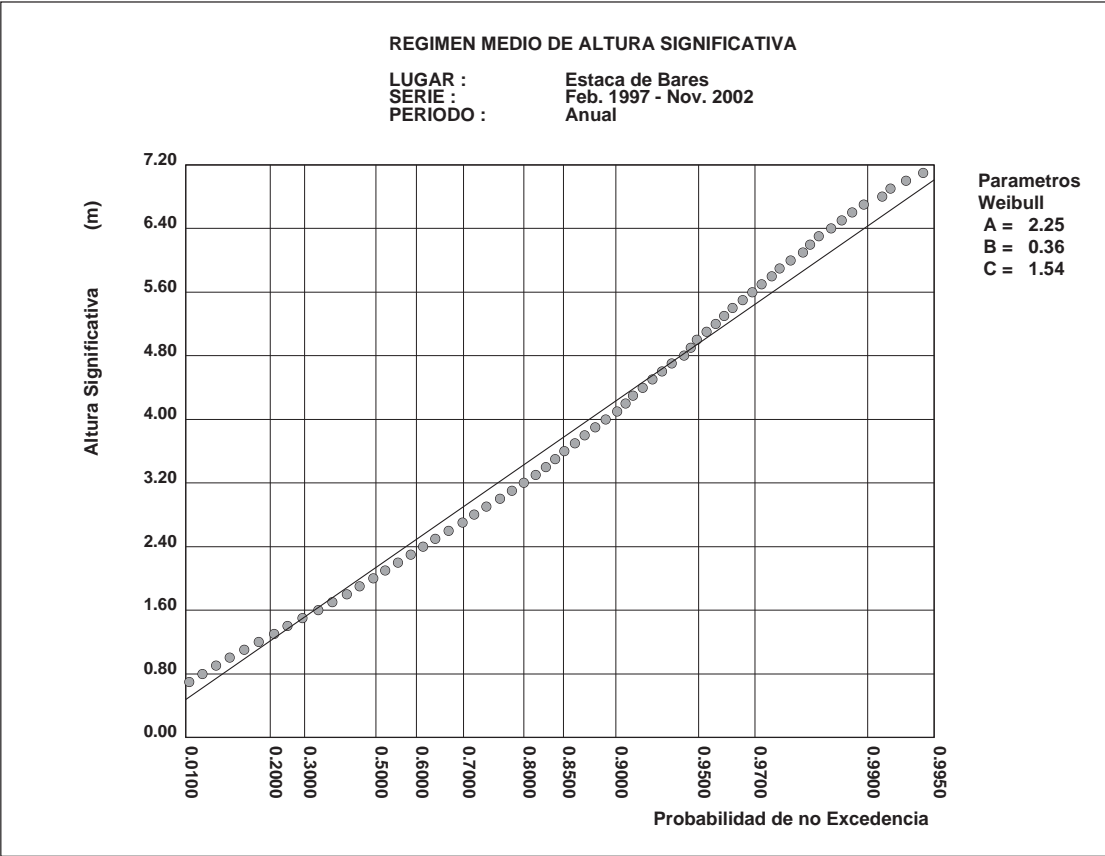


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección en %

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	-												-
N 0.0		.032	.482	2.605	1.736	.450	.450	.096	.064	.096	.096	.032	6.141
NNE 22.5		.064	.482	1.061	1.447	.772	.322	.096	.064	-	-	-	4.309
NE 45.0		-	.257	1.672	1.833	.965	.740	.096	-	-	-	-	5.563
ENE 67.5		-	.225	.932	1.736	1.190	.257	.096	-	-	-	-	4.437
E 90.0		-	.032	.450	.514	.418	.161	.064	-	-	-	-	1.640
ESE 112.5		-	.032	.064	.032	.032	-	-	-	-	-	-	.161
SE 135.0		-	-	-	.032	-	-	-	-	-	-	-	.032
SSE 157.5		-	.064	-	-	.032	-	-	-	-	-	-	.096
S 180.0		-	-	.032	-	.032	.032	-	-	-	-	-	.096
SSW 202.5		-	-	-	.064	-	-	-	-	-	-	-	.064
SW 225.0		-	-	.064	.096	.032	-	.032	-	-	-	-	.225
WSW 247.5		-	-	.322	.322	.225	.482	.161	.193	.032	.064	.129	1.929
W 270.0		-	.547	2.058	2.283	2.412	2.572	1.190	.965	.643	.579	.740	13.987
WNW 292.5		-	1.190	2.605	4.309	3.730	2.894	2.669	2.315	1.865	.932	2.797	25.305
NW 315.0		.032	2.347	4.116	4.277	3.151	3.762	2.444	1.640	1.158	.804	.868	24.598
NNW 337.5		-	1.254	2.186	3.183	2.026	1.190	.707	.225	.257	.322	.064	11.415
Total	-	.129	6.913	18.167	21.865	15.466	12.862	7.653	5.466	4.051	2.797	4.630	100 %

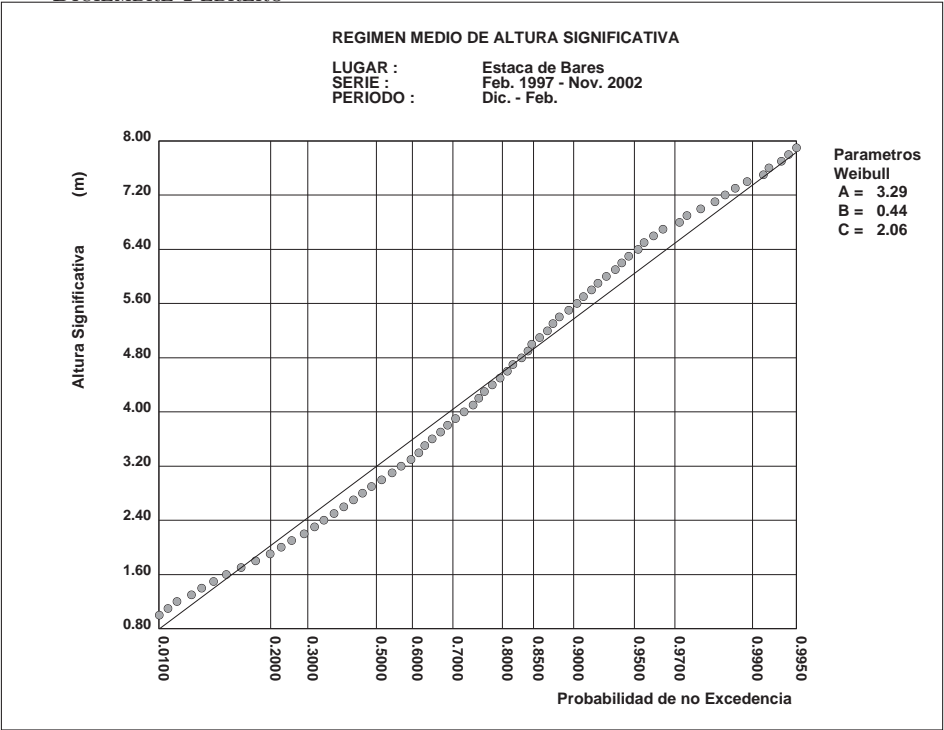
2.7 REGIMEN MEDIO DE Hs (ANUAL)

ANUAL



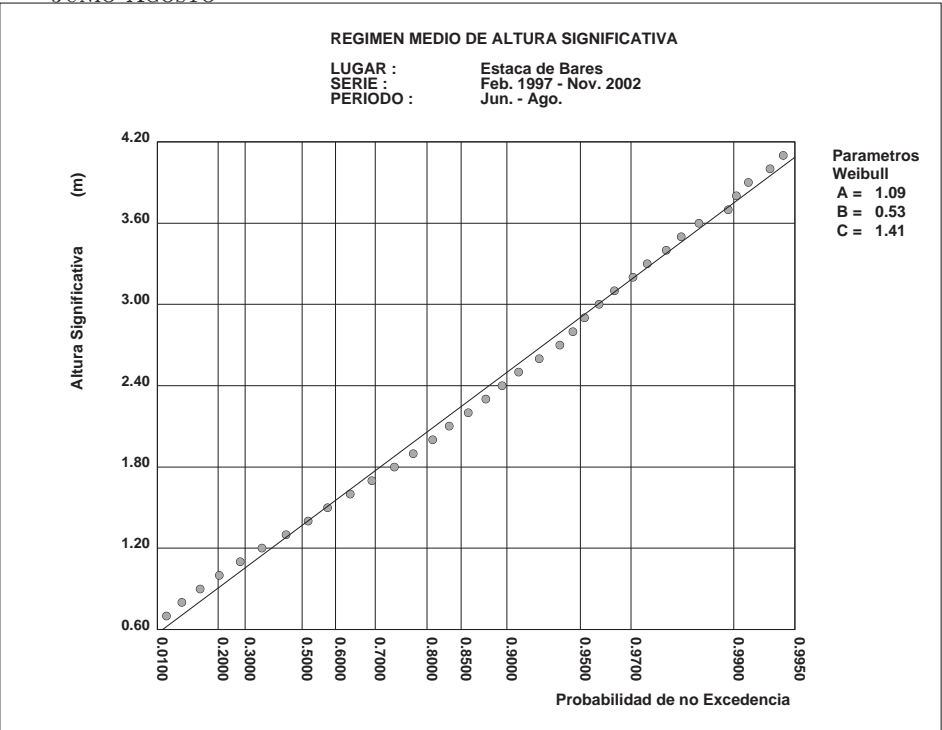
2.8 REGIMEN MEDIO DE HS (ESTACIONAL)

DICIEMBRE-FEBRERO

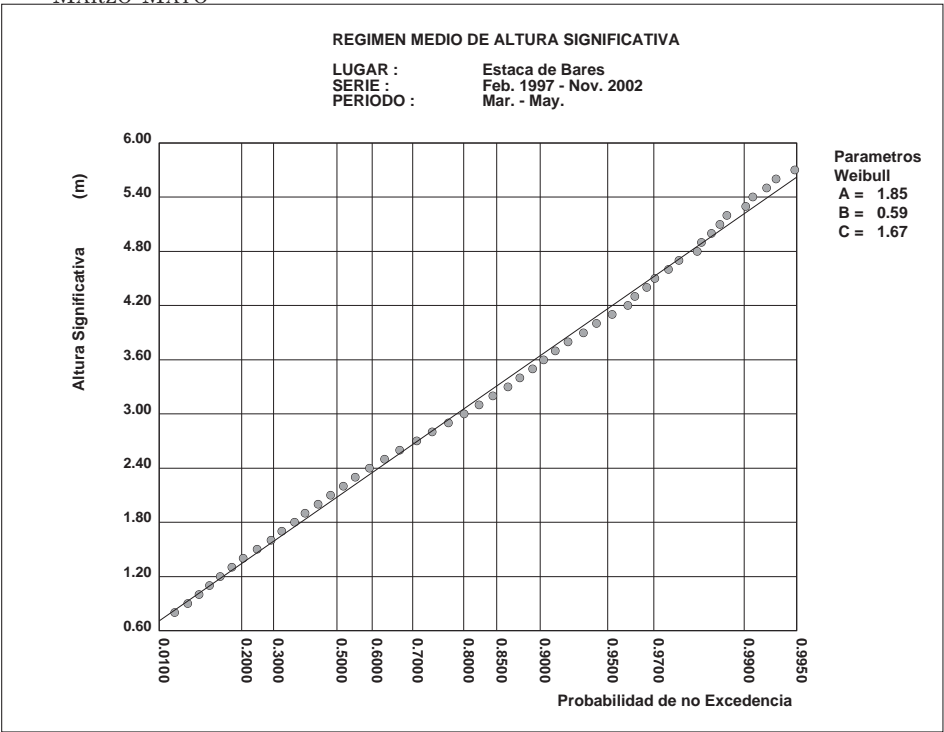


REGIMEN MEDIO DE HS (ESTACIONAL)

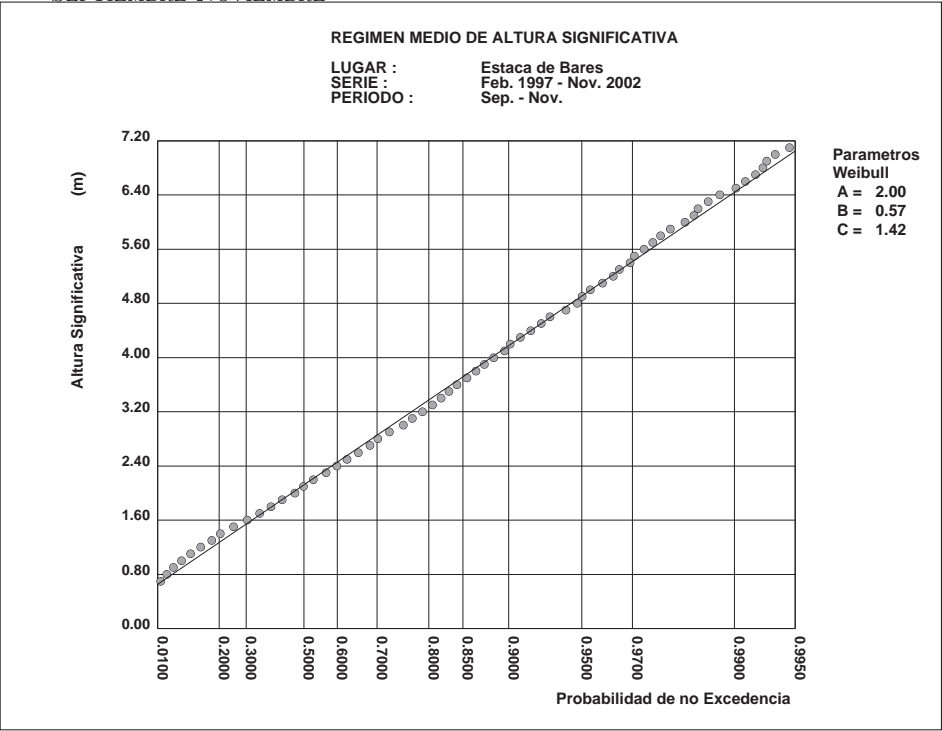
JUNIO-AGOSTO



MARZO-MAYO

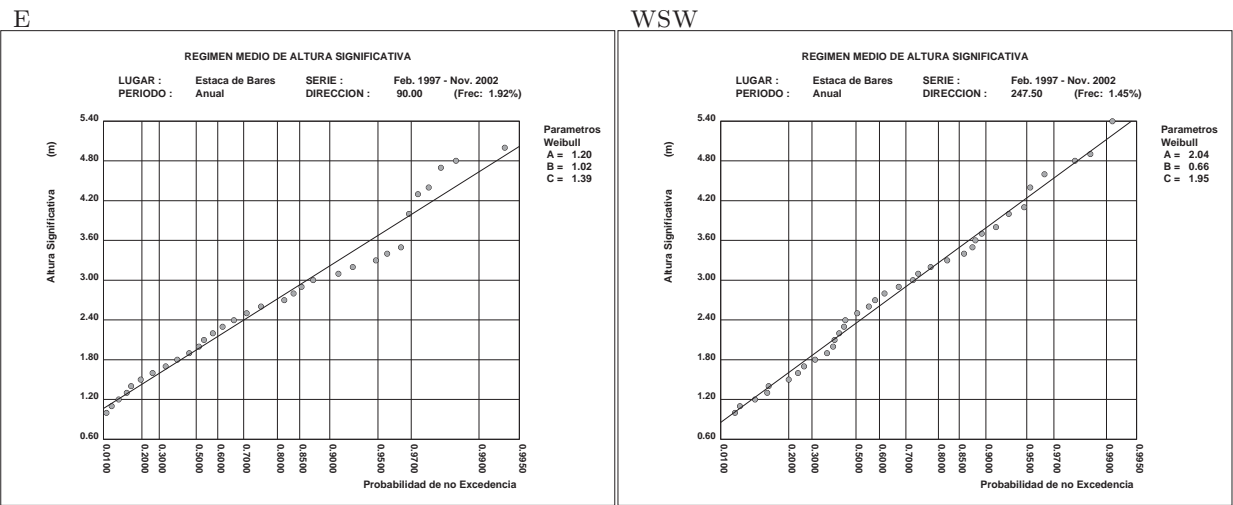
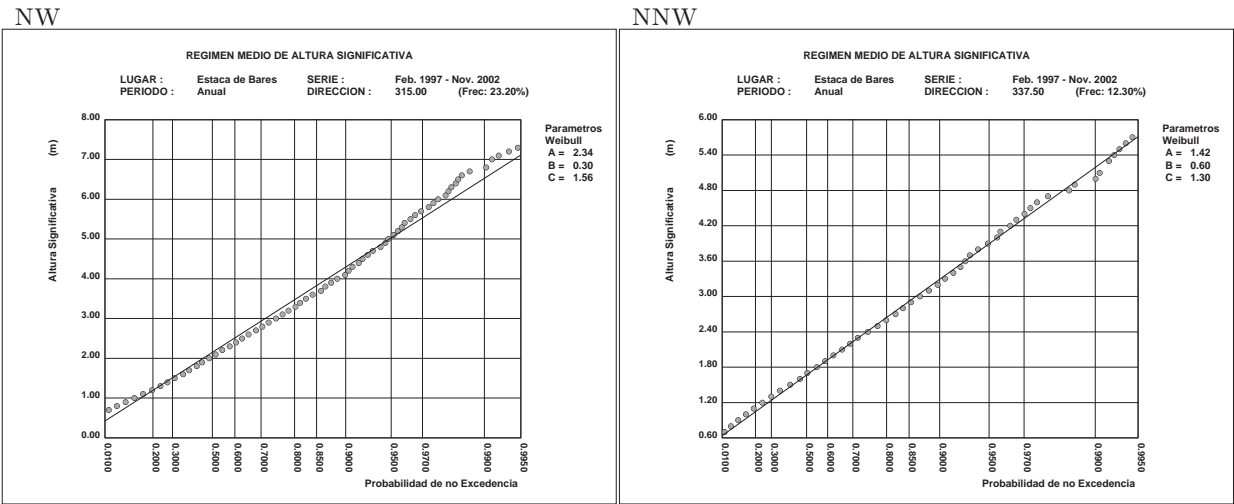
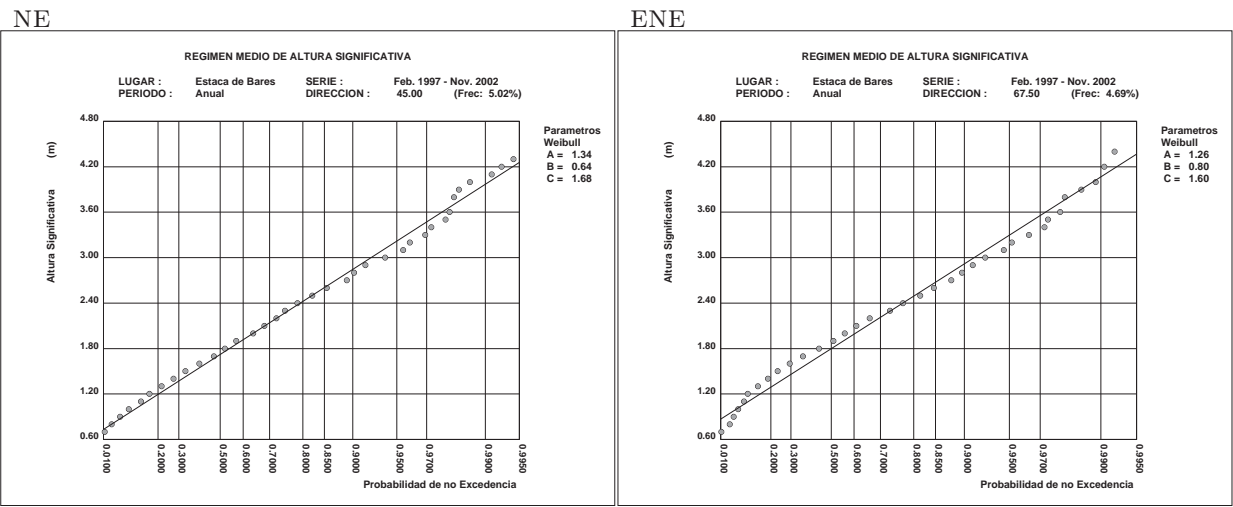
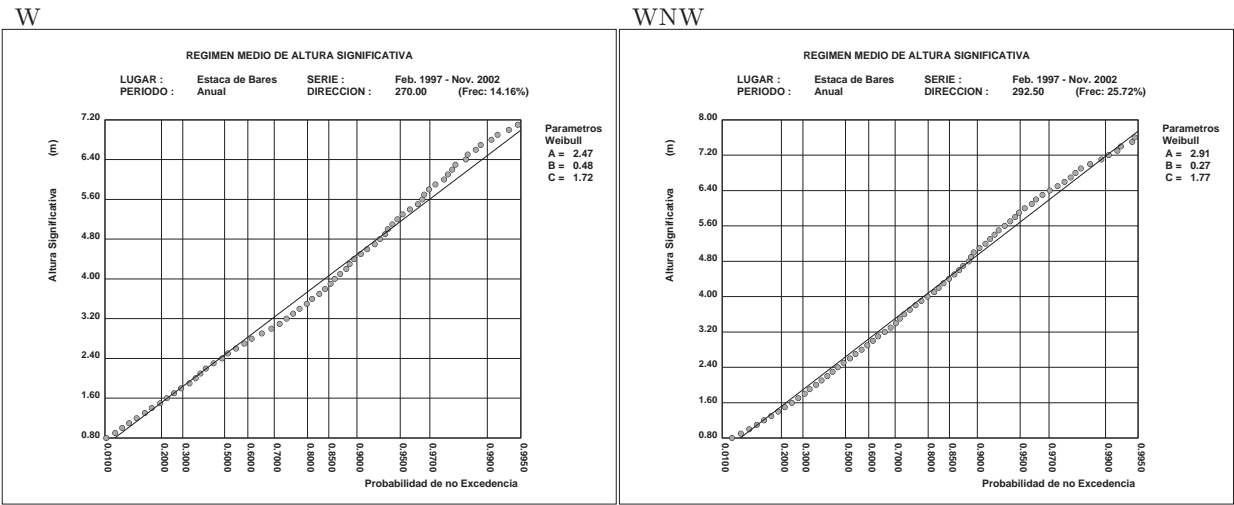
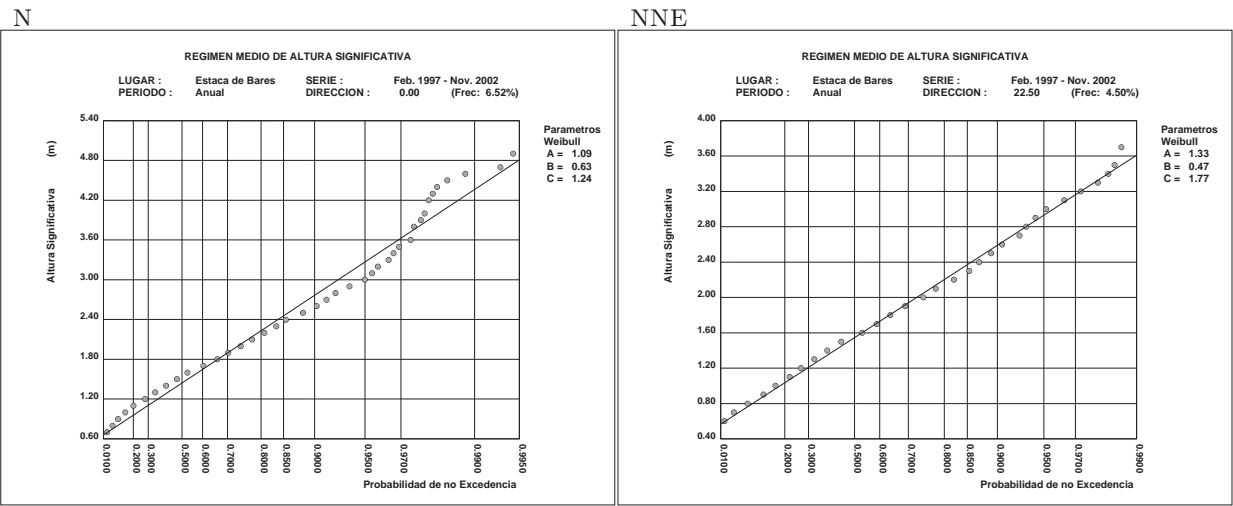


SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE

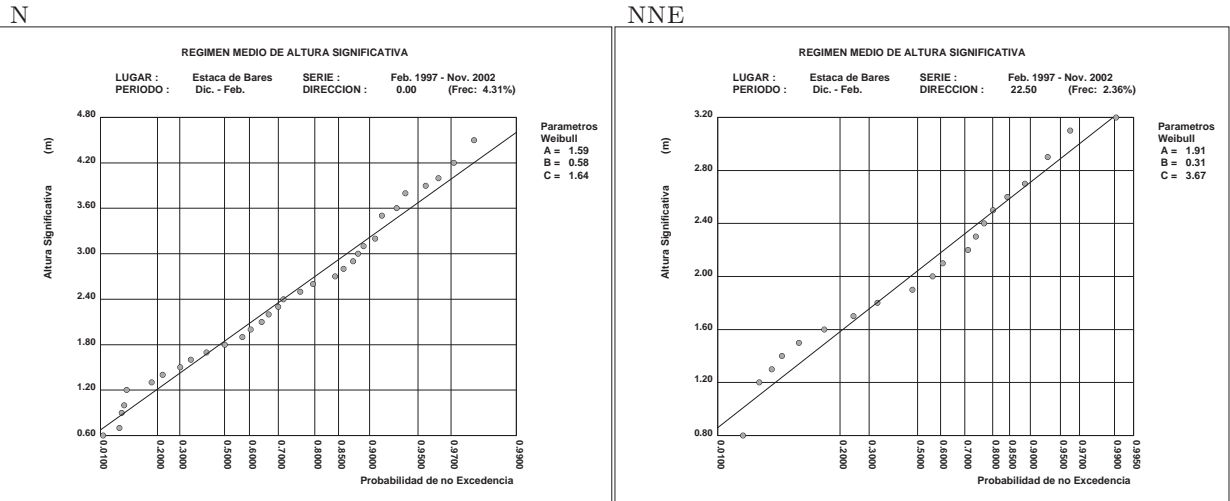


2.9 REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ANUAL)

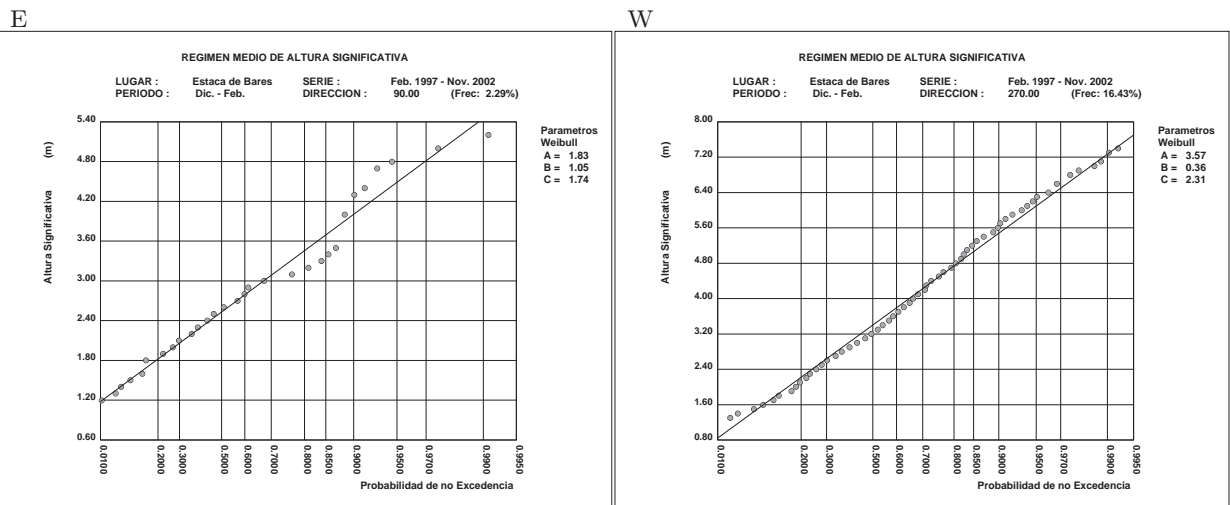
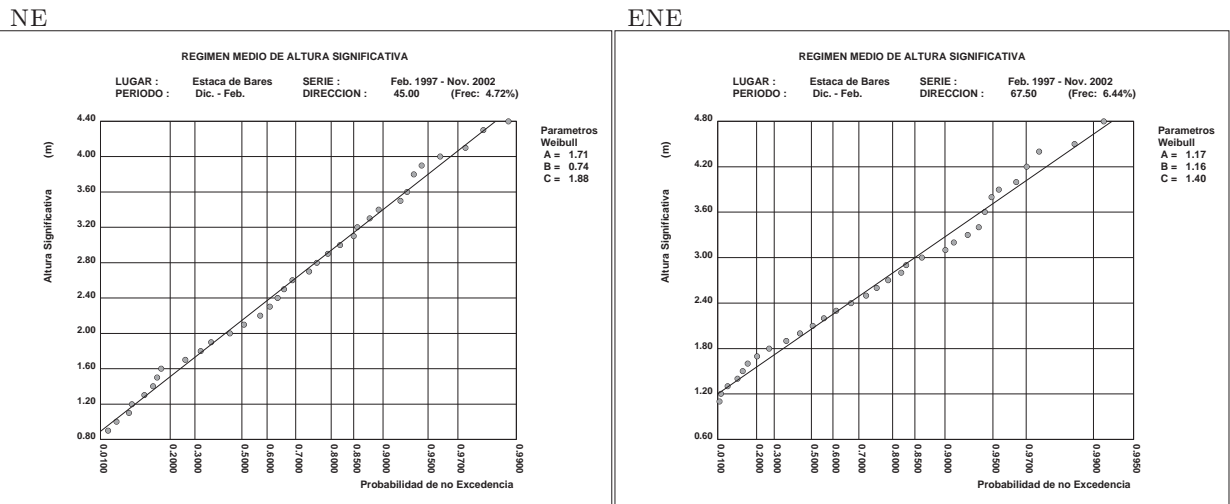
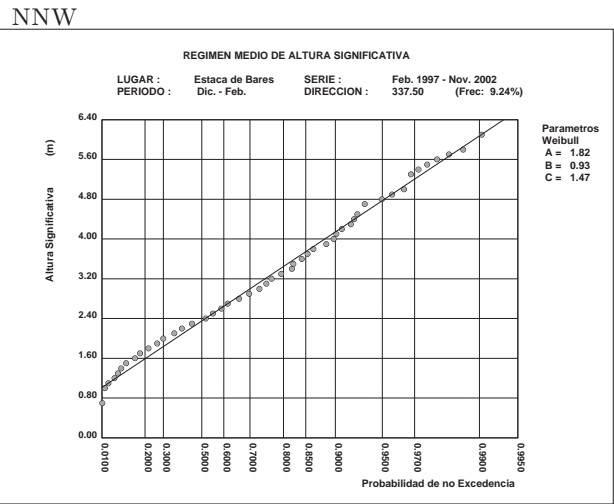
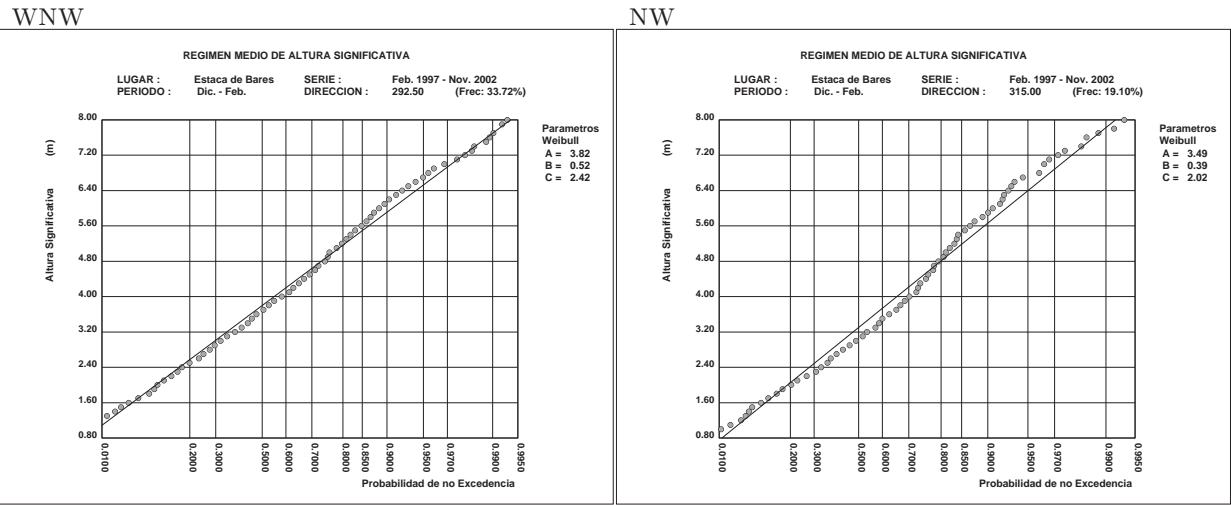
REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ANUAL)



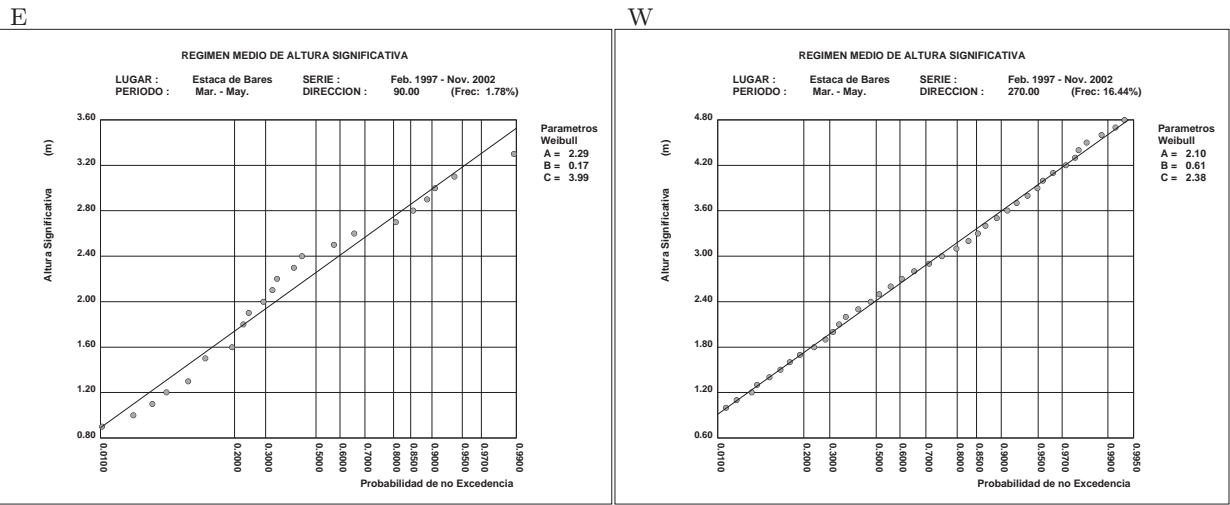
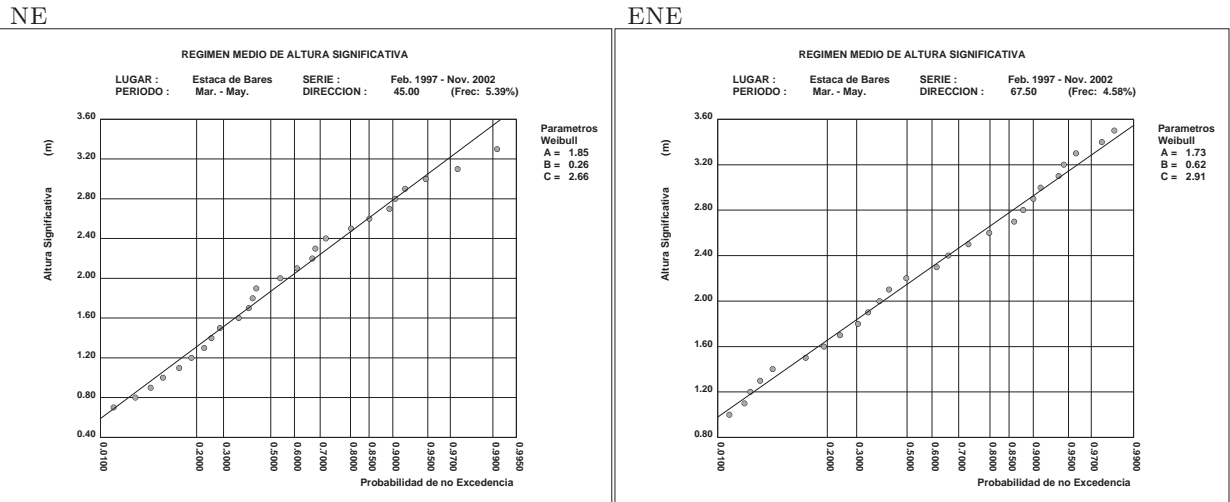
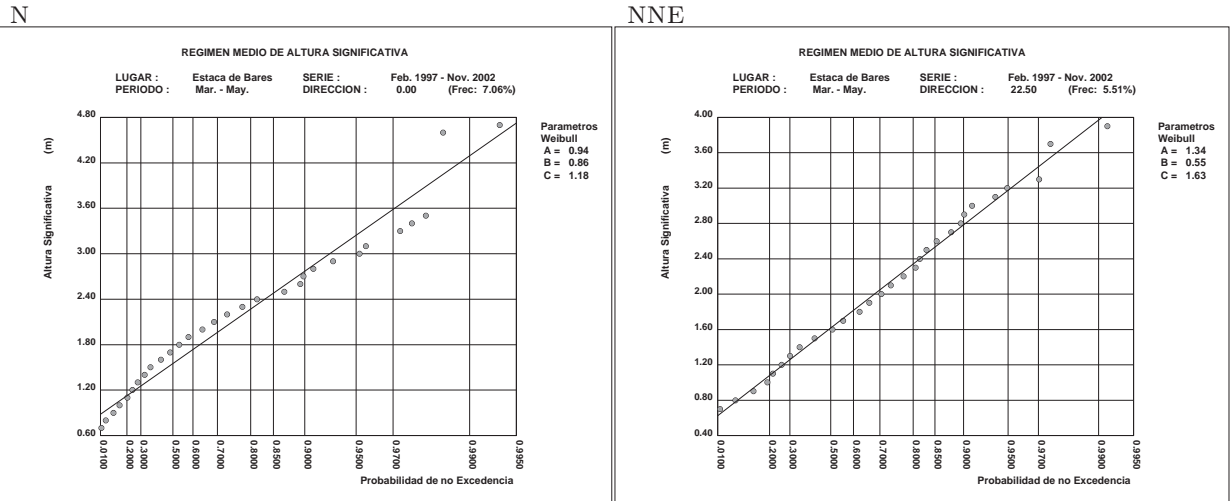
2.10 REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: DIC.-FEB.
)



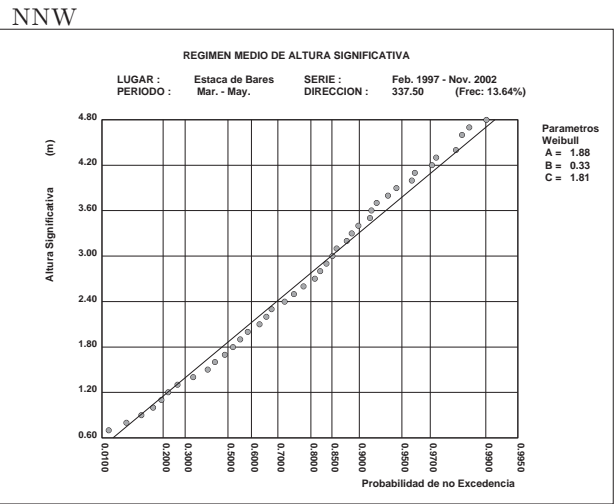
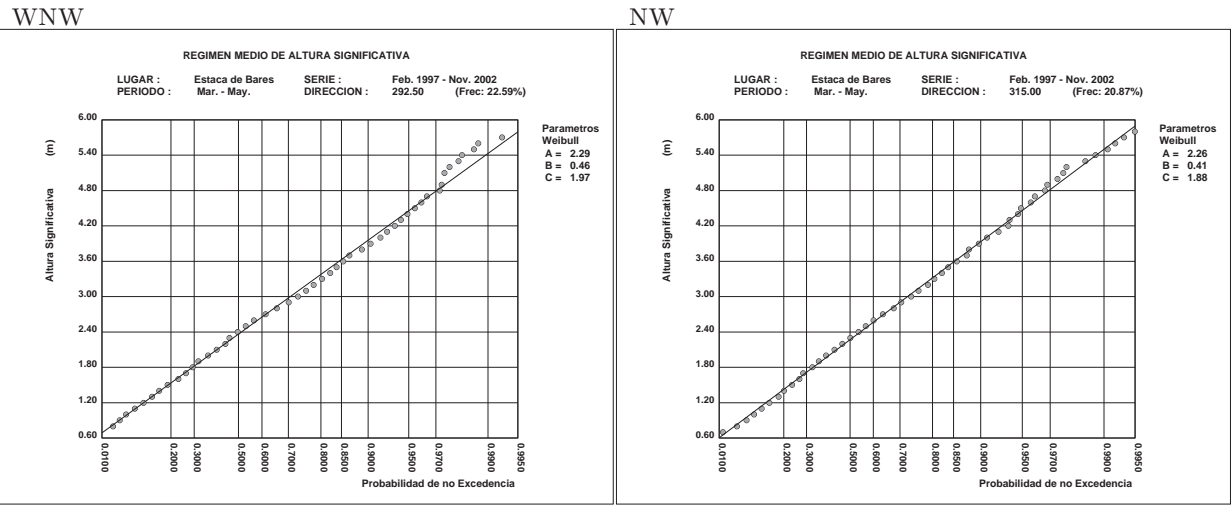
REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: DIC.-FEB.)



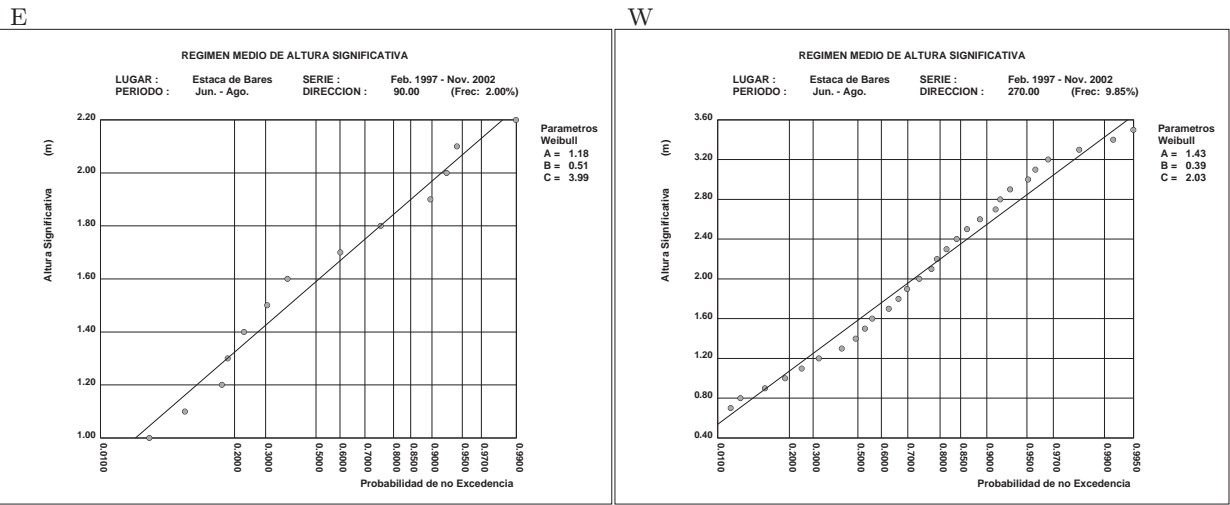
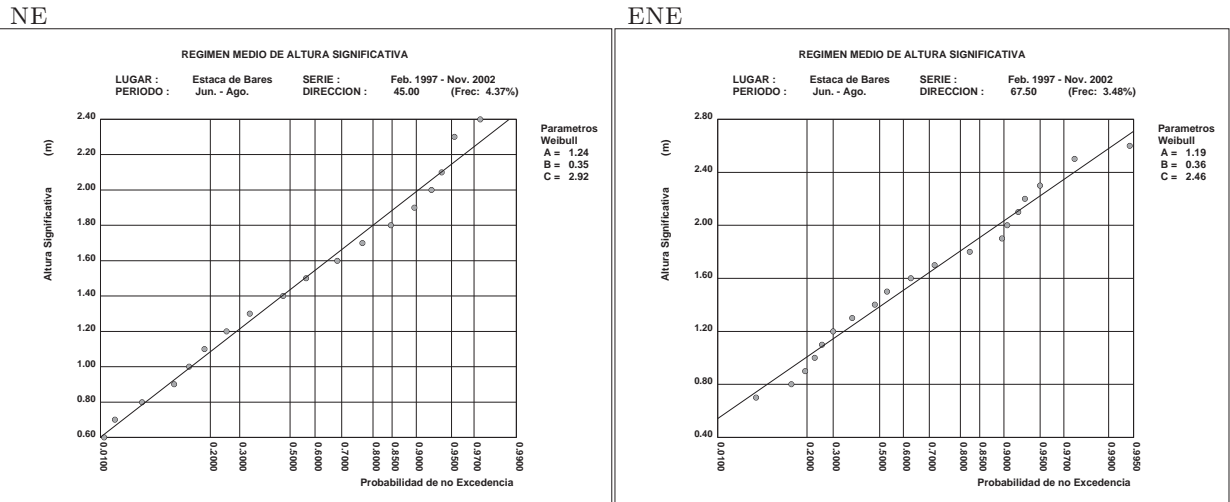
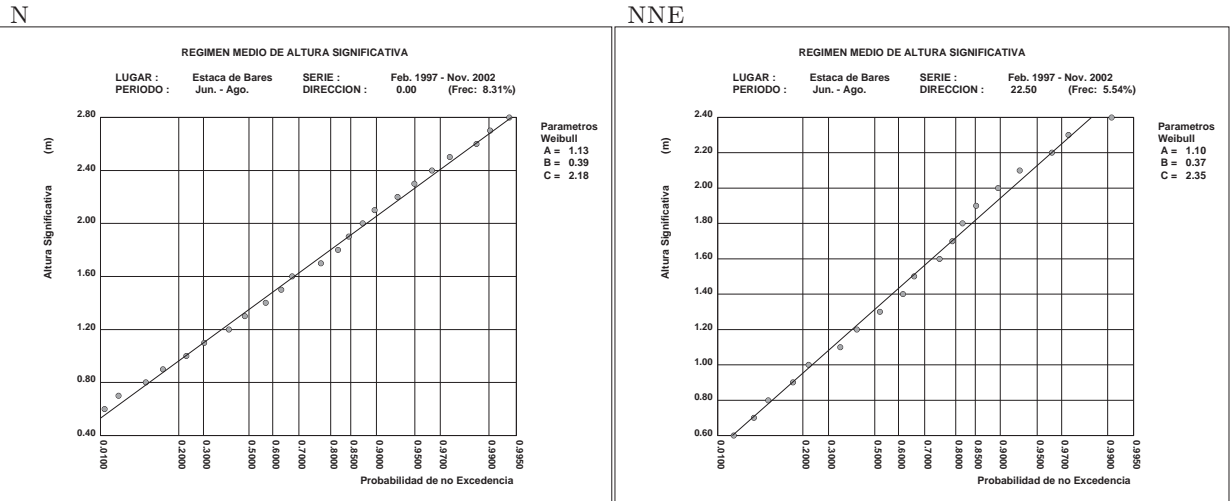
2.11 REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: MAR.-MAY.)



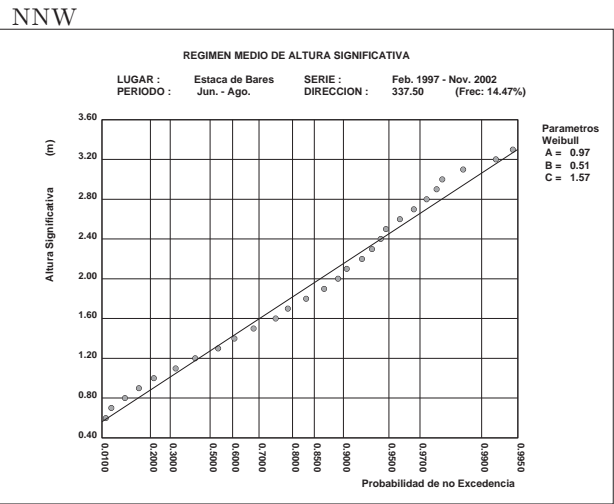
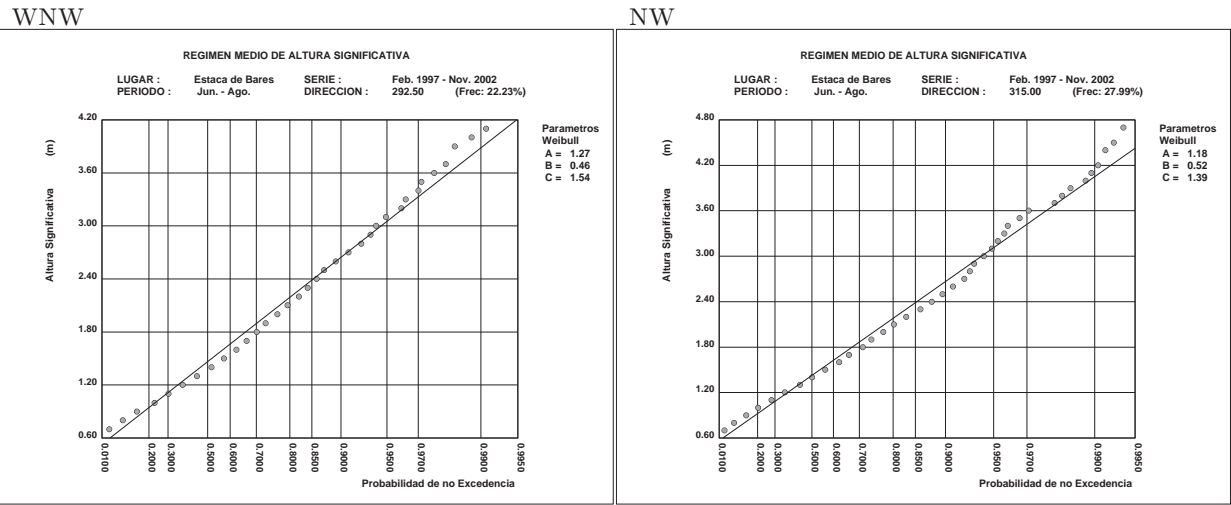
REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: MAR.-MAY.)



2.12 REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: JUN.-AGO.)



REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: JUN.-AGO.)

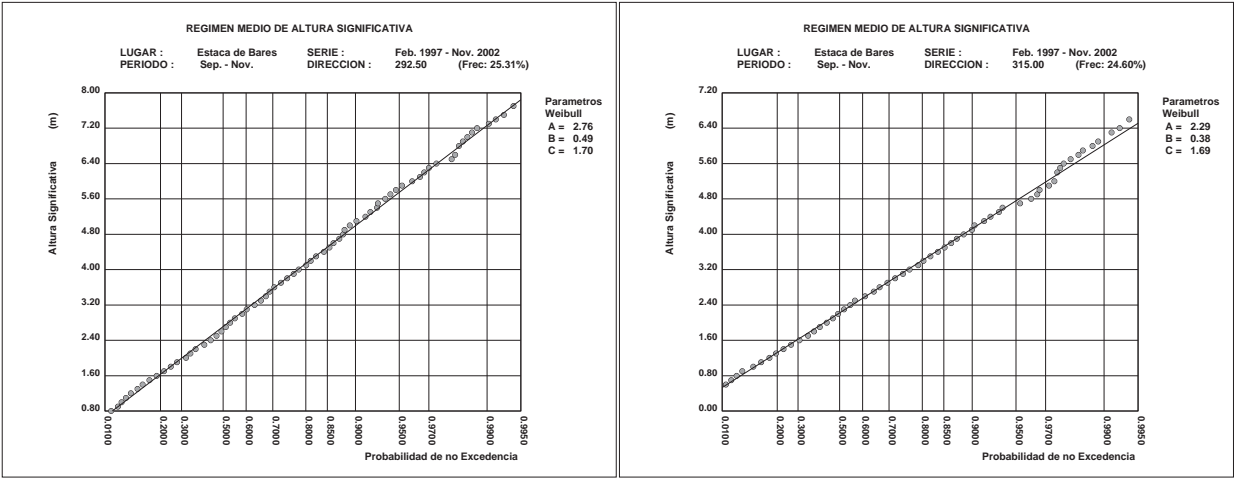


2.13 REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: SET.-NOV.)

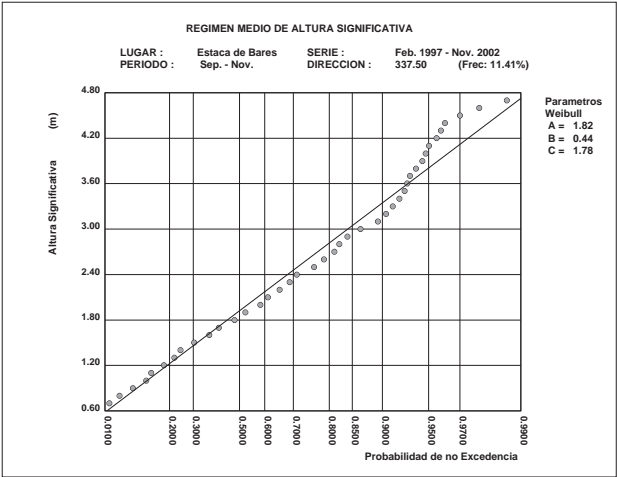
REGIMEN MEDIO DIRECCIONAL HS (ESTACIONAL: SET.-NOV.)

WNW

NW

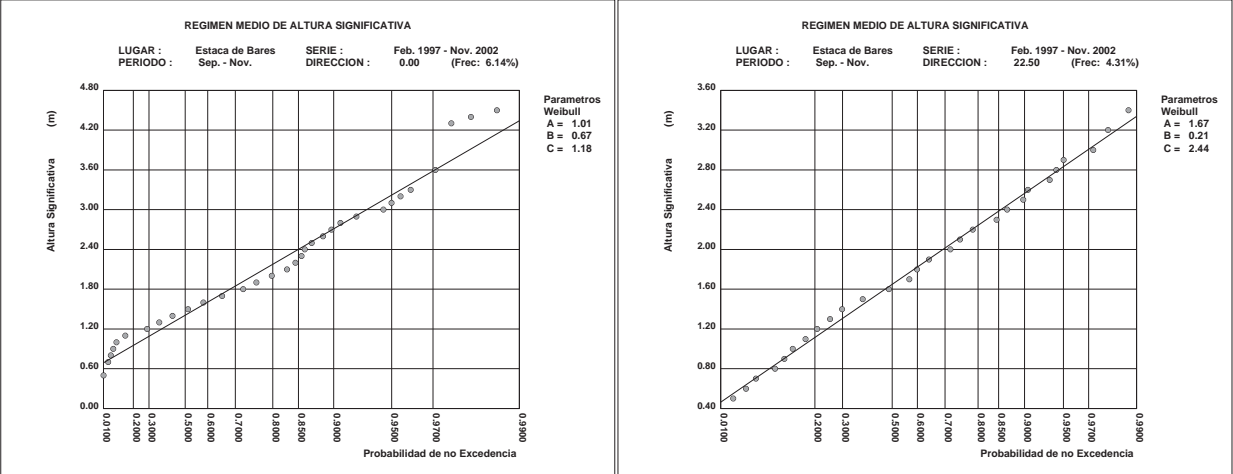


NNW



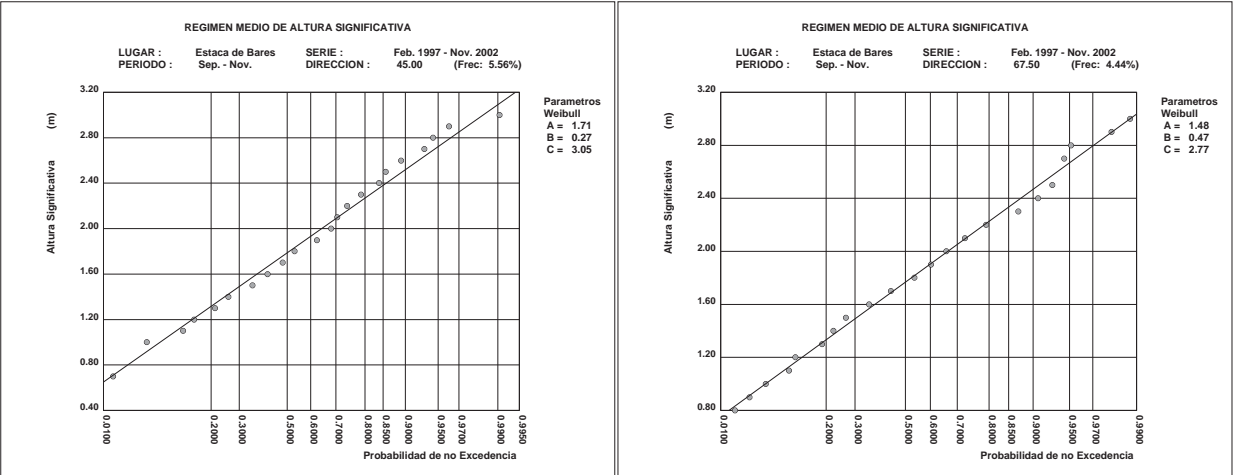
N

NNE



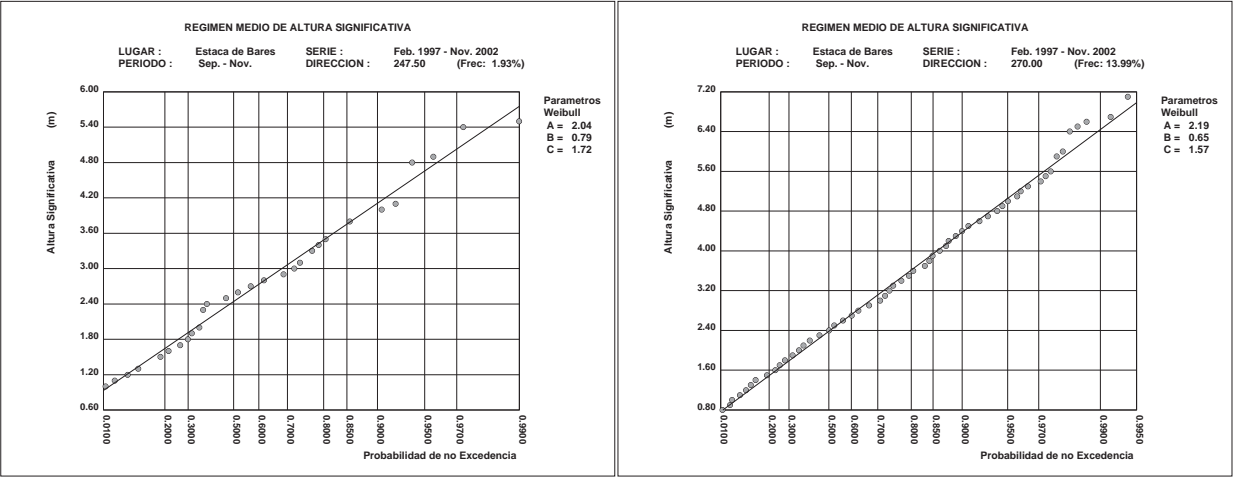
NE

ENE



WSW

W





EXTREMOS MAXIMOS DE OLEAJE
(ALTURA SIGNIFICANTE)

BOYA DE ESTACA

CODIGO B.D.	2244	
LONGITUD	-7.618	E
LATITUD	44.065	N
PROFUNDIDAD	382	m
PERIODO	1996	2004

BANCO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS
DE PUERTOS DEL ESTADO

NOTA:

El presente documento ha sido elaborado utilizando datos procedentes del Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado.

Los datos utilizados proceden tanto de las Redes de Medida como de los Modelos con los que cuenta Puertos del Estado. Dichos datos han sido almacenados tras aplicar controles de calidad y procesos de validación que garanticen la mayor fiabilidad posible.

Los resultados contenidos en este documento tiene carácter consultivo u orientativo, por lo que en ningún caso Puertos del Estado se hará valedor o responsable de las consecuencias que se pudieran derivar de su uso.

Índice General

1	Conceptos y Formulas Utiles	4
1.1	Régimen Extremal	4
1.2	Temporal. Picos sobre un Umbral	4
1.3	Probabilidad Anual de Excedencia	5
1.4	Periodo de Retorno	5
1.5	Vida Util y Probabilidad de Excedencia de la Altura de Diseño. . . .	6
1.6	Altura Significante y Periodo de Pico en situacion de temporal. . . .	6
2	Utilizando la Información de las tablas.	7
3	Resultados: Boya de Estaca (2244)	8

1 Conceptos y Formulas Utiles

1.1 Régimen Extremal

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

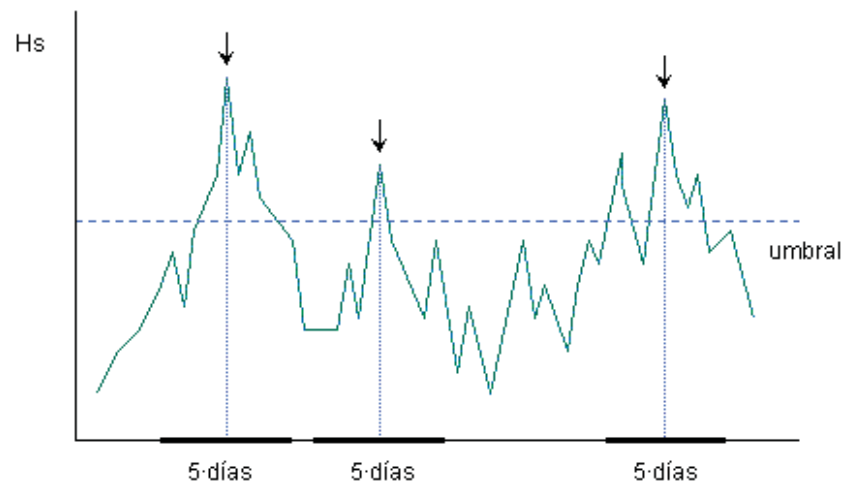
Con el fin de acotar el riesgo que corre una instalación, debido a la acción del oleaje, es necesario tener una estimación de la frecuencia o probabilidad con la que se presentan temporales que superen una cierta Altura Significante de ola

Un régimen extremal de oleaje, es precisamente, un modelo estadístico que describe la probabilidad con la que se puede presentar un temporal de una cierta altura de riesgo.

1.2 Temporal. Picos sobre un Umbral

En este informe se denomina temporal a aquella situación durante la cual la altura del oleaje supera un cierto umbral. Se supone, además, que el tiempo mínimo que transcurre entre la aparición de dos temporales independientes es de 5 días.

Un temporal queda representado por el pico o valor máximo de altura alcanzado por el oleaje durante un periodo de 5 días.



El método de selección de temporales descrito se conoce como POT (Peak Over Threshold). La figura superior ilustra como se realiza la selección de los valores de altura que representan el comportamiento extremal de una serie.

1.3 Probabilidad Anual de Excedencia

La probabilidad de que el **mayor** temporal ocurrido en **un año** tenga una Altura Significante **superior** un cierto valor H_a prestablecido esta dado por la expresión.

$$P_a(x) = 1 - e^{-\lambda(1-F_w(H_a))}$$

Donde " λ " es el numero medio de temporales ocurridos en un año, y F_w es la distribución Weibull de excedencias cuya expresión es

$$F_w(H_a) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{H_a - \alpha}{\beta}\right)^\gamma\right)$$

Los valores de los parametros λ , α , β y γ se proporcionan en la seccion de resultados.

1.4 Periodo de Retorno

El numero de años que **en promedio** transcurren entre temporales que superan un cierto valor de Altura Significante H_r , se denomina Periodo de Retorno T_r asociado a la Altura de Retorno H_r .

La relación entre T_r y H_r está dada por la siguiente expresión

$$T_r = \frac{1}{P_a(H_r)}$$

Donde P_a es la Probabilidad Anual de Excedencia. Sustituyendo P_a por su expresión se obtiene la siguiente relación aproximada valida para valores de T_r superiores a 10 años

$$H_r = \beta(-\ln(\frac{1}{\lambda T_r}))^{\frac{1}{\gamma}} + \alpha$$

El Periodo de Retorno es un modo intuitivo de evaluar como de "raro" o poco frecuente es un suceso. No obstante, es muy importante recordar que T_r **es un tiempo promedio**. De hecho, de modo general, la probabilidad de que la Altura de Retorno H_r asociada al Periodo de Retorno T_r se supere antes de T_r años tiende al valor 0.64.

1.5 Vida Util y Probabilidad de Excedencia de la Altura de Diseño.

Para garantizar un cierto nivel de seguridad en una obra expuesta a la acción del oleaje es necesario proyectarla de modo que este acotada la probabilidad de que, durante un tiempo predeterminado, pueda fallar por excedencia de la Altura de Diseño. La especificación del grado de seguridad conduce a los siguientes conceptos

- Altura de Diseño : Al proyectar una obra se dimensiona de modo que sea capaz de soportar la acción de temporales con altura menor o igual a la Altura de Diseño:
- Vida Util: La Vida Util de un proyecto es el periodo de tiempo durante el cual es necesario garantizar la permanencia en servicio de una instalacion. En el caso de una obra en ejecución la vida util es el tiempo esperado para el desarrollo de la obra.
- Probabilidad de Excedencia: La Probabilidad de Excedencia es la probabilidad de que almenos un temporal supere la Altura de Diseño dentro del tiempo de Vida Util.

La determinación de la Altura de Diseño, y por tanto, el nivel de seguridad, se realiza especificando el valor admisible de la Probabilidad de Excedencia de la Altura de Diseño durante el tiempo de Vida Util. A su vez la Vida Util y la Probabilidad de Excedencia admisible se determinan en funcion de los costos economicos y sociales de un posible fallo.

La Probabilidad de Excedencia P_L de la Altura de Diseño H_d en una Vida Util de L años viene dada por la relación.

$$P_L(H_d) = 1 - (1 - P_a(H_d))^L$$

El Periodo de Retorno T_r asociado a la altura de diseño H_d está ligado la Probabilidad de Excedencia en una Vida Util de L años a traves de la siguiente relación.

$$T_r = -\frac{L}{\ln(1 - P_L)}$$

1.6 Altura Significante y Periodo de Pico en situacion de temporal.

En este trabajo se ha supuesto que la Altura Significante caracteriza de modo principal la severidad de un temporal. No obstante, la acción de un temporal sobre una extructura tambien depende del Periodo del Oleaje.

Por ello, una vez seleccionados los picos de temporal se establece una relación empírica entre el Periodo de Pico y la Altura Significante del oleaje ajustando por mínimos cuadrados una relación del tipo.

$$E(T_p) = aH_s^c$$

Donde $E(T_p)$ es el Valor Esperado o probable del Periodo de Pico para el pico de un temporal de altura significativa H_s

2 Utilizando la Información de las tablas.

De modo general este informe condensa, del siguiente modo, los resultados del modelo extremal ajustado:

- Gráfico con el ajuste de los valores extremos a una distribución Weibull. En dicho gráfico se representa la siguiente información
 - El eje de ordenadas se representa la altura de los temporales
 - El eje de abcisas se representa la probabilidad anual de superación.
 - Los puntos dibujados representan la altura de los temporales observados
 - La recta representa la función de distribución Weibul ajustada.
 - La intersección de las lineas verticales punteadas con la recta de ajuste determina las estimas centrales o alturas de retorno asociadas a diferentes periodos de retorno
 - La intersección de las lineas verticales con la banda superior permite estimar la incertidumbre existente al estimar las alturas de retorno
- Tabla con resultados asociados a un conjunto de Periodos de Retorno de uso frecuente. Esta tabla incluye
 - Lista de Periodos de Retorno
 - Alturas de Retorno asociadas
 - Bandas Superior de Confianza de las Alturas de Retorno
 - Valor Esperado del Periodo de Pico para cada Alturas de Retorno
 - Probabilidad de Excedencia de cada Altura de Retorno en una Vida Util de 20 años.
 - Probabilidad de Excedencia de cada Altura de Retorno en una Vida Util de 50 años.
- Parámetros α (*Alfa*), β (*Beta*), γ (*Gamma*), y λ (*Lambda*) del modelo ajustado.
- Relación entre la Altura Significante de Ola y el Periodo de Pico.

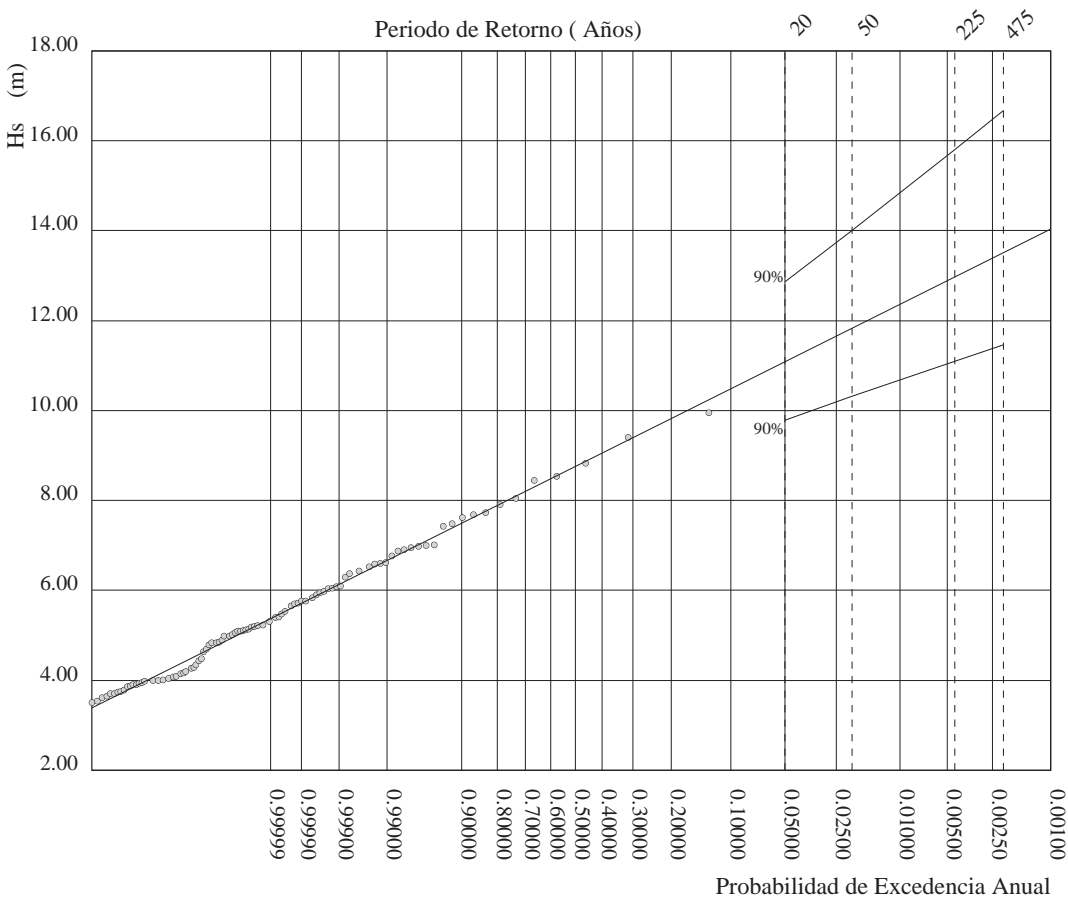
3 Resultados: Boya de Estaca (2244)

REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLEAJE

LUGAR :Estaca

PARÁMETRO :Altura SignificanteSERIE ANALIZADA :Jul. 1996 - Ago. 2004

PROFUNDIDAD :382.0



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	11.09	11.83	12.98	13.52
Banda Sup. 90% Hs	12.87	14.01	15.81	16.68
Valor Esperado de Tp (s)	14.45	14.70	15.07	15.23
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	3.50 (m)	Parametros de la	Alfa = 3.29
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 2.34
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	26.60	de Excedencias	Gamma = 1.52

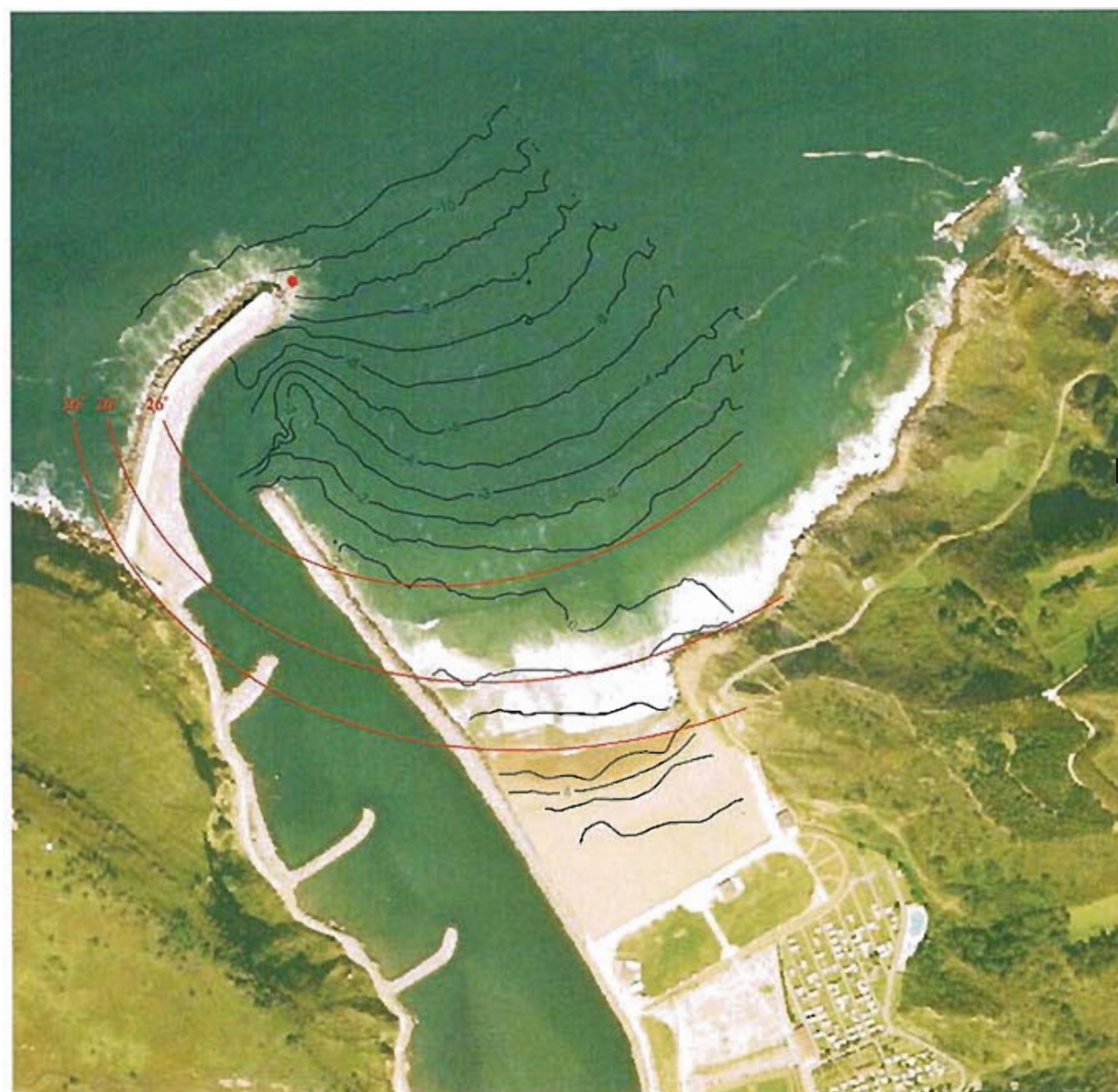
Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$T_p = 7.64 H_s^{0.26}$$



Anejo 2: Estudio de Dinámica Litoral

Apéndice 6 – Ejemplos de ajuste de plantas de playa

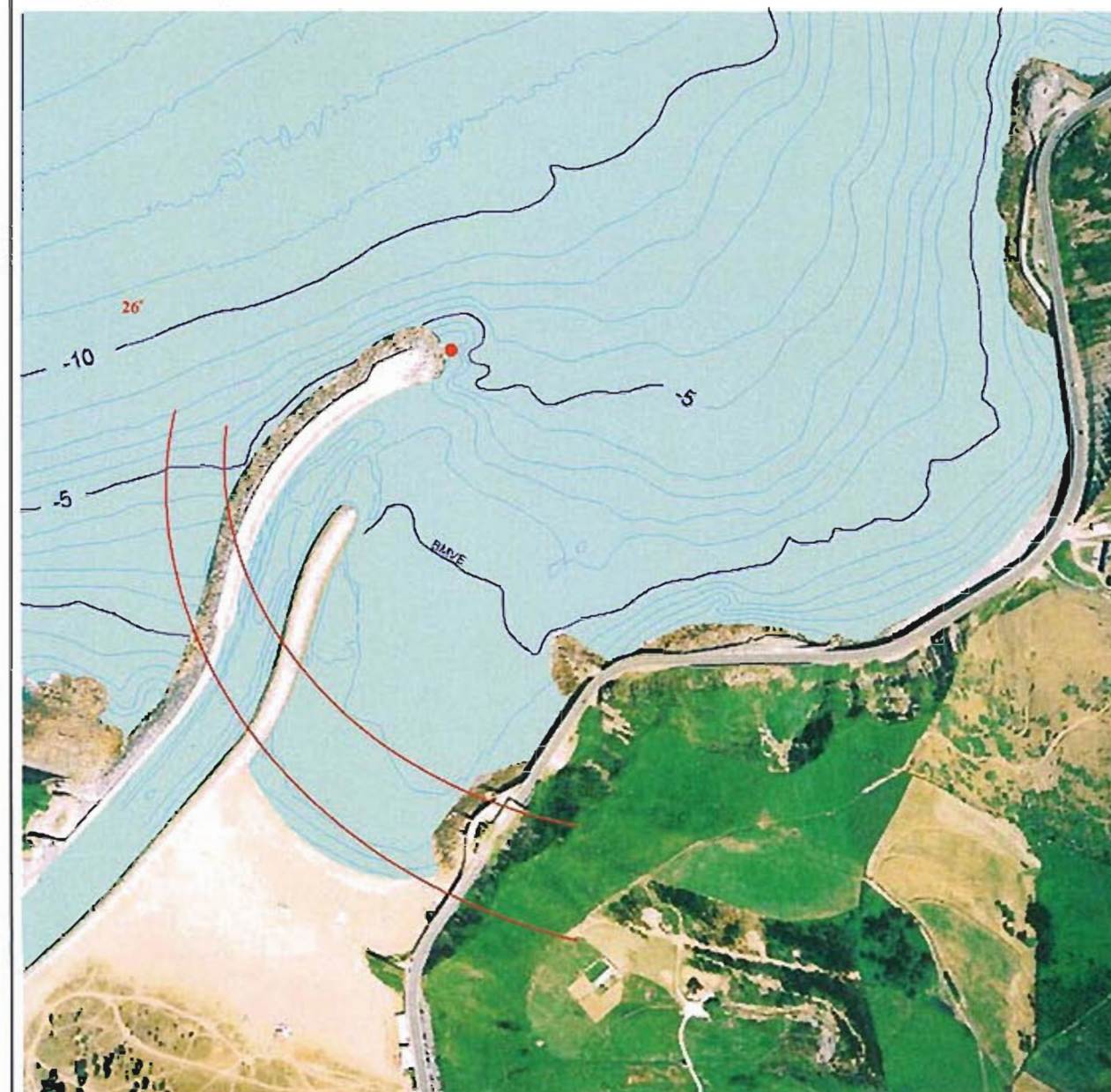


Ajuste de la planta de playa de Orio a espirales logarítmicas

HIDTMA

Estabilización de la
playa de Altar

Figura 01



Ajuste de la planta de playa de Zumaya a espirales logarítmicas

HIDTMA

Estabilización de la
playa de Altar

Figura 02



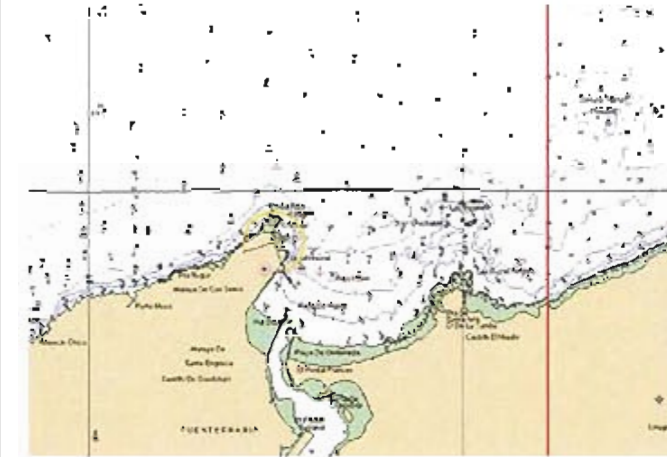


Ajuste de la planta de playa de Ondarroa a espirales logarítmicas

SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Estabilización de la plava de Altar

Figura 03



Ajuste de la planta de playa de Ondarraitz a plantas de playa teóricas

SERVICIO DE COSTAS
DE LUGO

Estabilización de la plava de Altar

Figura 04



Anejo 2: Estudio de Dinámica Litoral

Apéndice 7 – Modelos Matemáticos: Descripción Técnica



MIKE 21
SISTEMA DE MODELIZACIÓN
DE ESTUARIOS, ZONAS COSTERAS Y MARES

ÍNDICE

1.	Áreas de aplicación.....	1
2.	Descripción de los módulos básicos	4
2.1.	Módulo Pre y Post proceso –PP	4
2.2.	Módulo Hidrodinámico –HD	4
2.3.	Advección y dispersión –AD	7
2.4.	Oleaje-SW	8
2.5.	Módulo de transporte de sedimentos –ST	9
2.6.	Calidad del agua –WQ.....	11
2.7.	Eutrofización –EU	12
2.8.	Metales pesados –ME	15
2.9.	Ec. Parabólica del oleaje –PMS	18
2.10.	Ec. Elíptica del oleaje–EMS.....	18
2.11	Módulo de Costa –NS.....	18



1. Áreas de aplicación

MIKE 21 puede aplicarse a un amplio rango de fenómenos hidráulicos, medioambientales y numerosos procesos relacionados. Estos han sido divididos en cuatro principales áreas de aplicación como puede verse en la siguiente figura.



Figura 1. Campos de Aplicación de MIKE 21



- **Hidráulica Costera y Oceanografía.** Incluye la modelización de corrientes de marea, sobreelevaciones del nivel medio, flujos secundarios y olas de inundación. Supone una herramienta óptima para proporcionar parámetros de diseño para obra de protección de costas, pantalanés y otras estructuras, así como emisarios submarinos.

Los módulos de MIKE 21 necesarios son: Hidrodinámico (HD).

- **Hidráulica en Puertos.** Incluye los campos relacionados con la agitación por oleaje en puertos, así como los movimientos de buques.

MIKE 21 es, por tanto, una valiosa herramienta para el diseño de puertos. Puede usarse para comparar alternativas y simular los efectos de nuevos espigones, canales de navegación, agitación interior en dársenas, etc.

Los módulos de MIKE 21 necesarios son: Hidrodinámico (HD) y Oleaje (SW).

- **Hidráulica ambiental.** Puede aplicarse en toda una serie de estudios ambientales que van desde una simulación normal de avección-dispersión de un contaminante conservativo, a complejas simulaciones de calidad del agua con reacciones químicas incluidas.

Esto conlleva la posibilidad de investigar y evaluar los impactos en el entorno marino de vertidos de aguas residuales urbanas e industriales, de lodos de dragado, aguas de tormentas así como vertidos térmicos procedentes de procesos de refrigeración. Los parámetros ambientales que pueden estudiarse son concentración bacteriana, eutrofización, Demanda Biológica de Oxígeno-Oxígeno Disuelto (DVO-OD), y otros.

Puede investigarse también la dispersión de metales pesados y su influencia en la flora y fauna marina.

Los módulos de MIKE 21 necesarios son: Hidrodinámico (HD) y Advección-Dispersión (AD) como mínimo. Otros módulos adicionales son: Calidad del Agua (WQ), Eutrofización (EU), y Metales Pesados (ME).

- **Procesos sedimentarios** en costas, estuarios y ríos. Incluye los estudios de transporte de sedimentos en canales de navegación, entradas de puertos, costas, puertos fluviales y cambios debidos a disposición de lodos y dragados.

Los módulos de MIKE 21 necesarios son: Hidrodinámico (HD), Advección-Dispersión (AD) y adicionalmente Transporte de Sedimentos (ST).



- Finalmente, y dado que MIKE 21 contiene un modelo hidráulico muy general, puede modificarse fácilmente para describir e investigar fenómenos hidráulicos específicos.



2. Descripción de los módulos básicos

MIKE 21 se compone actualmente de los siguientes módulos:

PP	-	Pre y Postproceso
HD	-	Módulo Hidrodinámico
AD	-	Advección y Dispersión
SW	-	Oleaje
ST	-	Transporte de Sedimentos
WQ	-	Calidad del Agua
EU	-	Eutrofización
ME	-	Metales Pesados
PMS	-	Ec. Parabólica del oleaje
EMS	-	Ec. Elíptica del oleaje
NS	-	Costa

2.1. Módulo de pre y post proceso – PP

El módulo de pre y postproceso está orientado a facilitar al usuario la entrada de información a los módulos técnicos y a la interpretación de resultados por medio de gráficos. Es necesario para el resto de los módulos.

2.2. Módulo Hidrodinámico – HD

El módulo hidrodinámico de MIKE 21 (MIKE 21 HD) es un sistema de modelización numérico general, para la simulación de niveles de agua y flujos en estuarios, bahías y zonas costeras. Simula flujos variables en dos dimensiones horizontales y en una sola capa vertical (flujos verticalmente homogéneos).



Los cálculos se hacen en una red bidimensional, que cubre todo el área de estudio. Los resultados del Módulo HD son flujos (velocidades) y niveles en todo el área de estudio. Los resultados del Módulo HD son flujos (velocidades) y niveles en todo el área de que se trate, y sus variaciones a lo largo del período considerado.

El Módulo HD tiene las características siguientes:

- La red de cálculo puede tener cualquier forma, adaptándose a la morfología de la zona a modelizar.
- Se pueden incluir fuentes, como vertidos y ríos, y sumideros.
- Se puede incluir anegación y sequía de zonas inundables.

Los datos necesarios para hacer un cálculo con el Módulo HD son:

- Batimetría de la zona.
- Condiciones de contorno (caudales o niveles de agua).
- Condiciones iniciales.

Son utilizadas las siguientes ecuaciones, integradas en la vertical:

- Conservación de la masa

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

- Conservación de la cantidad de movimiento según x

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \gamma \left[\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right] - \Omega q - fVV_x + h \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{Pa}{pw} \right] = 0$$



- Conservación de la cantidad de movimiento según y

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \gamma \left[\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right] - \Omega q - fVV_y + h \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{Pa}{pw} \right] = 0$$

Donde:

h(x, y, t):	Profundidad
ε(x, y, t):	Nivel de la superficie libre sobre el nivel medio
p(x, y, t):	Densidad de flujo de volumen en dirección x
q(x, y, t):	Densidad de flujo de volumen en dirección y
C(x, y):	Coeficiente de resistencia de Chezy
γ(x, y):	Coeficiente de tensión tangencial lateral
g:	Aceleración de la gravedad
f(V):	Factor de fricción del viento
V:	Velocidad del viento
Vx(x, y, t):	Componente x de la velocidad del viento
Vy(x, y, t):	Componente y de la velocidad del viento
Ω(x, y):	Parámetro de Coriolis
Pa(x, y, t):	Presión atmosférica
pw:	Densidad del agua
x, y:	Coordenadas espaciales
t:	Coordenada temporal



MIKE 21 HD hace uso de la técnica denominada ADI (Alternating Direction Implicit) para integrar las ecuaciones de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento, en el espacio y en el tiempo. Las matrices que resultan de las ecuaciones, para cada dirección y para cada línea de malla se resuelven por el algoritmo de doble barrido.

2.3. Advección y dispersión – AD

Con el Módulo AD se calculan las concentraciones de contaminantes vertidos al área de estudio. Los cálculos están basados en las condiciones hidrodinámicas del sistema, que son obtenidas previamente con el Módulo HD, como paso previo a la aplicación del Módulo AD.

Los resultados del Módulo AD son las concentraciones en todo el área modelizada, y sus variaciones en todo el período considerado.

El Módulo AD tiene las características siguientes:

- Se tiene en cuenta toda la complejidad y todas las características del medio utilizadas anteriormente en el cálculo hidrodinámico.
- Se pueden tratar varios vertidos y varios contaminantes a la vez.
- La cantidad que se vierte puede variar en el tiempo. Los contaminantes pueden ser conservativos o tener un decaimiento lineal.

Los datos necesarios para hacer un cálculo con el Módulo AD son los siguientes:

- Valores de corrientes y niveles obtenidos anteriormente con el módulo hidrodinámico, incluyendo toda la información sobre la batimetría del área en cuestión.
- Las características de los vertidos (ubicación y cantidad vertida) en contornos abiertos, condiciones de contorno (concentración).
- Condiciones iniciales (concentraciones).



2.4. Oleaje – SW

El módulo de oleaje MIKE 21 (MIKE 21 SW) proporciona una solución numérica a las ecuaciones, integradas en la vertical, de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento en dos direcciones, considerando densidad constante. La diferencia fundamental de estas ecuaciones, respecto a las consideradas en el módulo hidrodinámico (MIKE 21 HD), es la inclusión de los términos de Boussinesq.

Las características principales son:

- Considera los fenómenos de refracción, difracción, shoaling, reflexión y transmisión a través de estructuras porosas.
- El oleaje de entrada puede ser regular o irregular, en forma de una serie temporal.
- Los resultados son elevaciones y flujos en cada punto de la malla, para cada intervalo de tiempo.

Las ecuaciones son:

- Conservación de la masa

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

- Conservación de la cantidad de movimiento según x

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{g \sqrt{\frac{p^2}{h^2} + \frac{q^2}{h^2}}}{C^2} - E \left[\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right] = \frac{1}{3} Dh \left(\frac{\partial^3 p}{\partial x^2 \partial t} + \frac{\partial^3 q}{\partial x \partial y \partial t} \right)$$

- Conservación de la cantidad de movimiento según y

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{g \sqrt{\frac{p^2}{h^2} + \frac{q^2}{h^2}}}{C^2} - E \left[\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right] = \frac{1}{3} Dh \left(\frac{\partial^3 p}{\partial y^2 \partial t} + \frac{\partial^3 q}{\partial x \partial y \partial t} \right)$$



Donde:

$\varepsilon(x, y, t)$,

$p(x, y, t)$: Nivel de la superficie libre sobre nivel medio

$q(x, y, t)$: Densidad de flujo de volumen en dirección x

$h(x, y, t)$: Densidad de flujo de volumen en dirección y

$D(x, y)$: Profundidad a nivel medio

g : Aceleración de la gravedad

C : Coeficiente de resistencia Chezy

$E(x, y)$: Coeficiente de viscosidad Eddy

x, y : Coordenadas espaciales

t : Coordenada temporal

Las ecuaciones se resuelven por técnicas de diferencias finitas implícitas, con variables definidas en una malla rectangular.

2.5. Módulo de transporte de sedimentos –ST

El módulo de transporte de sedimentos no cohesivos proporciona cambios del nivel del fondo en zonas costeras, fluviales y de estuario, debido a la acción de las corrientes.

Las variaciones espaciales y temporales de las corrientes deben ser calculadas en una malla rectangular utilizando el módulo MIKE 21 HD. El transporte de sedimentos se calcula para cada nodo en función de la profundidad, corrientes y condiciones de sedimentación.

Los cambios en la batimetría se calculan solucionando la ecuación de la continuidad del sedimento.

El transporte de sedimentos se calcula de una fórmula específica obtenida de una general.

$$\phi = a \left(\frac{g}{C_z^2} \right)^b \cdot (\theta' - C\theta_c)^d$$



Donde:

Φ Coeficiente adimensional de transporte de sedimento

a, b, c, d Constantes de la fórmula del sedimento

g Aceleración de la gravedad

C_z Coeficiente de resistencia de Chezy

θ' Tensión tangencial del fondo adimensional

θ Parámetro crítico de Shields

La selección de a, b, c y d determina la fórmula específica.

Los cambios en la batimetría se describen por medio de la ecuación de continuidad para el material del fondo:

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-n} \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0$$

Donde:

x, y, t : Variables independientes

q_x, q_y : Componentes del transporte de sedimentos en dirección x e y

n : Porosidad del sedimento

z : Nivel del fondo

Esta ecuación se resuelve por medio de un modelo en diferencias finitas.



2.6. Calidad del agua – WQ

El Módulo WQ es una extensión del Módulo AD de transporte y dispersión, que permite calcular las relaciones entre materias que consumen oxígeno y la concentración de oxígeno disuelto en el agua. La concentración de oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de calidad de las aguas. El Módulo WQ tiene sus aplicaciones más importantes en el análisis de las consecuencias de los vertidos de materias que consumen oxígeno, como por ejemplo materias orgánicas y amoniacales. El Módulo WQ no contiene cálculos de crecimiento y mineralización de algas y placton, ya que estos procesos serán incluidos en el Módulo EU.

Al igual que el caso del Módulo AD, los cálculos están basados en cálculos hidrodinámicos, los cuales habrán de ser realizados mediante el Módulo HD como paso previo a la aplicación del Módulo WQ.

Los resultados más importantes del Módulo WQ son concentraciones de oxígeno disuelto en todo el área de que se trate, y sus variaciones en todo el período de tiempo considerado. Se puede utilizar el sistema con diferentes niveles de complejidad y, en función de las opciones seleccionadas, los cálculos dan como resultados todos o algunos de los siguientes parámetros:

- Demanda biológica de oxígeno total.
- Demanda biológica de oxígeno de materias orgánicas disueltas.
- Demanda biológica de oxígeno de materias orgánicas en suspensión.
- Demanda biológica de oxígeno de materias orgánicas en el fondo.
- Concentración de amoníaco.
- Concentración de nitratos.
- Temperatura.

El Módulo WQ tiene las características siguientes:

- Los cálculos son completamente dinámicos.
- Se toma en cuenta toda la complejidad y todas las características del medio utilizadas anteriormente en el cálculo hidrodinámico.
- Se pueden tratar varios vertidos a la vez y la cantidad que se vierte puede variar en el tiempo.



- Se pueden incluir en los cálculos las siguientes reacciones:

- Reoxigenación.
- Degradación de materias orgánicas disueltas, en suspensión y en el fondo.
- Nitrificación.
- Desnitrificación.
- Sedimentación y resuspensión.

Los datos necesarios para hacer un cálculo con el módulo de calidad de aguas son:

- Valores de corrientes y niveles obtenidos anteriormente con el módulo hidrodinámico HD, incluyendo toda la información sobre la geometría de la zona.
- Las características de los vertidos (ubicación y volumen del vertido).
- Diversos parámetros describiendo las condiciones locales en la zona
- Condiciones de contorno (concentraciones).
- Condiciones iniciales.

2.7. Eutrofización – EU

El módulo de eutrofización de MIKE 21 se aplica en investigaciones de los efectos de la eutrofización y como herramienta de predicción en evaluaciones de impacto ambiental. Puede aplicarse para considerar:

- Fuentes contaminantes tales como vertidos de aguas residuales tanto domésticas como industriales.
- Contaminación difusa procedente de las actividades agrícolas.
- Vertidos térmicos procedentes de la refrigeración de centrales térmicas o nucleares, que provocan un calentamiento de las masas de agua.



- Condiciones físicas tales como cargas acumuladas en sedimentos o cambios en la topografía del fondo que afecten a la vegetación bentónica.

El módulo MIKE 21 EU está acoplado al módulo MIKE 21 AD para simular simultáneamente los procesos de transporte, dispersión y biológicos/bioquímicos. El modelo de eutrofización proporciona un sistema de 12 ecuaciones diferenciales describiendo las variaciones para 12 componentes. Todos menos uno de estos 12 componentes se tratan conjuntamente en los módulos MIKE 21 AD y MIKE 21 EU. Este doceavo componente es la vegetación bentónica, sujeta al fondo marino, y que nos es objeto de transporte por el agua o de dispersión.

Los 12 componentes simulados del modelo son:

- | | | |
|-----|------------------------------------|---------|
| 1. | Carbono del fitoplancton | (gC/m3) |
| 2. | Nitrógeno del fitoplancton | (gN/m3) |
| 3. | Fósforo del fitoplancton | (gP/m3) |
| 4. | Clorofila-a | (g/m3) |
| 5. | Zooplancton | (gC/m3) |
| 6. | Carbono del detritus | (gC/m3) |
| 7. | Nitrógenos del detritus | (gN/m3) |
| 8. | Fósforo del detritus | (gP/m3) |
| 9. | Nitrógeno inorgánico | (gN/m3) |
| 10. | Fósforo inorgánico | (gP/m3) |
| 11. | Oxígeno disuelto | (g/m3) |
| 12. | Carbono de la vegetación bentónica | (gC/m3) |

Los procesos y transferencias de carbono, nitrógeno y fósforo en el sistema del modelo de Eutrofización se ilustran en la Figura 2. Se incluye también en el modelo un balance de oxígeno.

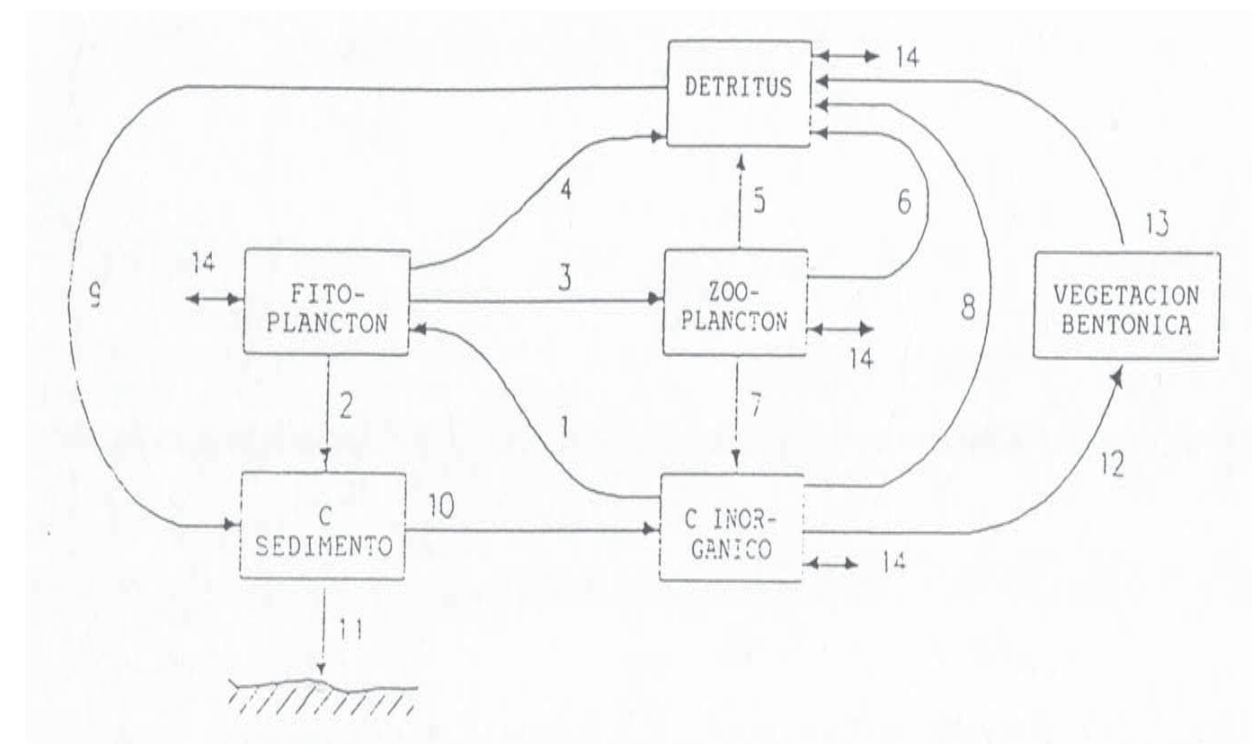


Figura 2. Diagrama de flujos simplificado para el carbono, nitrógeno y fósforo en el modelo de Eutrofización

El modelo de eutrofización describe ciclos de nutrientes, crecimiento del fitoplancton y del zooplancton, crecimiento y distribución de la vegetación bentónica, además de simular condiciones de oxígeno.



Los resultados del modelo proporcionan y describen:

- Concentraciones de fitoplancton.
- Concentraciones de clorofila-a.
- Concentraciones de zooplancton.
- Concentraciones de materia orgánica (detritus).
- Concentraciones de nutrientes orgánicos e inorgánicos.
- Concentraciones de oxígeno.
- Biomasa de vegetación bentónica por unidad de área y tiempo.

Adicionalmente a esto se almacenan toda una serie de variables derivadas:

- Producción primaria.
- Concentraciones totales de nitrógeno y fósforo.
- Demanda de oxígeno del sedimento.
- Profundidad del disco de Secchi.

Los procesos descriptivos de las variaciones de los componentes en el tiempo y en el espacio son dependientes de factores externos como la salinidad, temperatura del agua, insolación y vertidos.

La salinidad y la temperatura del agua pueden proceder de las simulaciones con el MIKE 21 AD o bien de valores específicos.

La primera posibilidad es de importante aplicación para investigaciones de calentamiento del agua, mientras que la otra posibilidad se aplica en áreas en las que únicamente se observan variaciones naturales de temperatura.

2.8. Metales pesados – ME

El módulo de metales pesados (ME) de MIKE 21 se aplica en investigaciones sobre la dispersión de metales pesados y su acumulación potencial en los sedimentos y los organismos vivos. Este módulo puede aplicarse para evaluar el impacto ambiental de:



- Diseminación de metales pesados procedentes de descargas urbanas y/o industriales.
- Operaciones de dragados y vertimiento que alteren el sedimento y provoquen una reintroducción de los metales en el agua.
- Derrames y diseminación de metales pesados de áreas de almacenamiento de residuos.
- Acumulación de metales en sedimentos y potencialmente en organismos vivos.

El modelo describe el comportamiento de metales pesados en el entorno a través de una serie de funciones que describen la dependencia de este comportamiento a una serie de parámetros ambientales (salinidad, pH, potencial redox y temperatura). Ello se realiza de tal manera debido a la gran variabilidad que existe entre los distintos metales pesados en la respuesta a los cambios ambientales. No es, por tanto, un modelo que describa automáticamente el comportamiento de todos los metales pesados en función de las características ambientales. El modelo no considera la especiación.

Los parámetros ambientales: salinidad, pH, potencial redox y temperatura se pueden especificar como constantes, series temporales o mapas bidimensionales. Las entradas al modelo son:

- Topografía.
- Condiciones hidrodinámicas iniciales
- Flujos laterales (concentraciones y cantidades).
- Constantes para los procesos de transferencia.
- Valores de salinidad, pH, potencial redox y temperatura.

El modelo calcula la transferencia resultante de metales pesados entre:

- El agua y la materia en suspensión
- El agua y el sedimento.
- Los efectos de la sedimentación y la resuspensión.

Los procesos se sintetizan de forma esquemática en la figura 3.

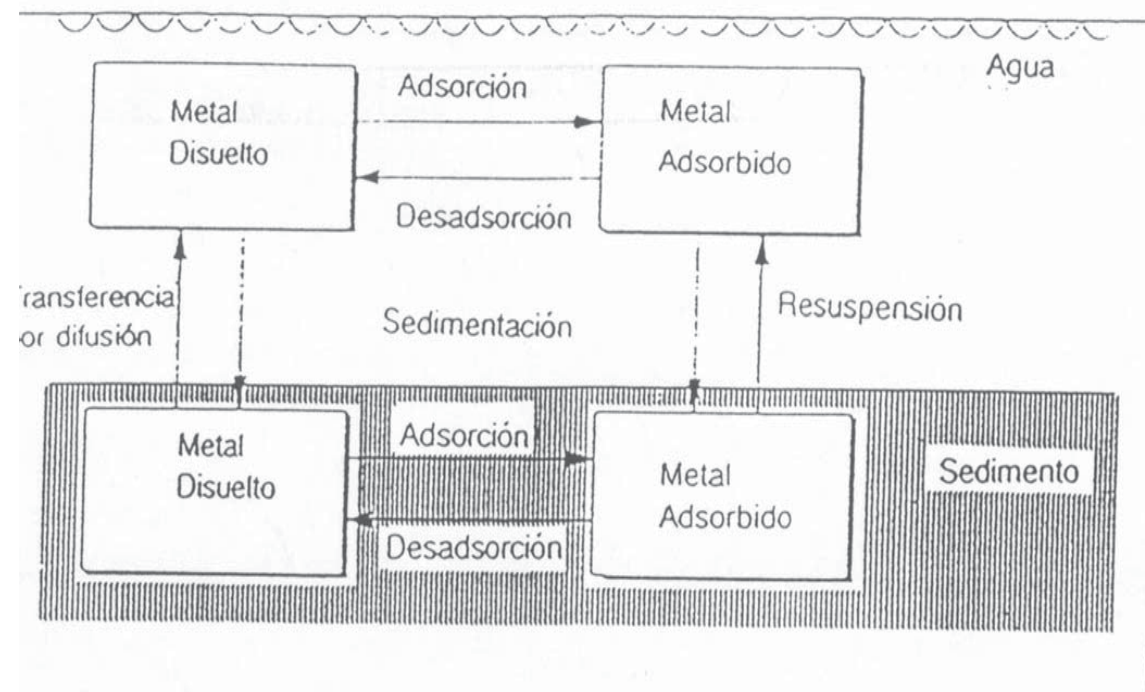


Figura 3. Procesos de transferencia de metales pesados considerados en la modelización

El módulo de metales pesados describe los procesos de adsorción/desadsorción de metales a la materia en suspensión, la sedimentación de metales absorbidos al fondo, así como la resuspensión de metales ya sedimentados. También incluye el intercambio de metales entre las partículas de los sedimentos del fondo y de las aguas intersticiales de este fondo. Se describen, así mismo, los intercambios por difusión de metales en disolución en el agua libre e intersticial.

Los resultados son las concentraciones de:

- Metal pesado disuelto en el agua.
- Metal pesado en el agua intersticial del sedimento.
- Metal pesado en el sedimento.
- Metal pesado en la materia en suspensión.
- Materia en suspensión en el agua.



Adicionalmente, y derivado de los resultados anteriores, se obtiene:

- Bioacumulación de metales en algas y vegetación.
- Bioacumulación en los organismos vivos.

Estos cálculos se realizan basándose en coeficientes específicos de bioconcentración para el metal en cuestión, para la vegetación y el ser vivo que se considere. La bioconcentración para los seres vivos se calculará basándose en la concentración de metal en el agua.

2.9. Ecuación parabólica del oleaje – PMS

El módulo PMS es un modelo de refracción de oleaje regular que considera simultáneamente el shoaling.

2.10. Ecuación elíptica del oleaje – EMS

El módulo EMS es un modelo de refracción-difracción de oleaje regular que considera adicionalmente el shoaling, la fricción del fondo, reflexiones parciales y rotura del oleaje.

Como resultados, además de la altura del oleaje resultante, proporciona información sobre el campo de tensores de radiación generados.

Es especialmente aplicable al estudio de la propagación del oleaje en lugares donde la difracción y la rotura del oleaje tengan una importancia especial y al estudio de ondas largas en puertos. También se puede estudiar el oleaje convencional, sin embargo, dado que el modelo considera oleaje regular se recomienda que esto último se realice con el módulo MIKE 21 SW.

2.11. Módulo de costa – NS

El módulo nearshore es aplicable al estudio de la agitación del oleaje en zonas costeras.

Considera la acción de la refracción, el shoaling, la fricción del fondo y la rotura del oleaje en la propagación de un espectro de oleaje.



Como resultados ofrece información sobre alturas significantes y períodos de pico tras la propagación hasta tierra. También calcula el campo de tensores de radiación generados.



Anejo 2: Estudio de Dinámica Litoral

Apéndice 8 – Datos meteorológicos

Año	Mes	Día	Hora	Velocidad de viento (m/s)	Dirección de viento
2005	9	21	2	4.2	31
2005	9	21	5	4.2	31
2005	9	21	8	3.8	41
2005	9	21	11	3.8	41
2005	9	21	14	6	40
2005	9	21	17	6	40
2005	9	21	20	7.8	51
2005	9	21	23	7.8	51
2005	9	22	2	7.3	57
2005	9	22	5	7.3	57
2005	9	22	8	8	71
2005	9	22	11	8	71
2005	9	22	14	8.2	72
2005	9	22	17	8.2	72
2005	9	22	20	8.9	67
2005	9	22	23	8.9	67
2005	9	23	2	7.3	60
2005	9	23	5	7.3	60
2005	9	23	8	5.6	53
2005	9	23	11	5.6	53
2005	9	23	14	4.5	50
2005	9	23	17	4.5	50
2005	9	23	20	6.3	45
2005	9	23	23	6.3	45
2005	9	24	2	6.6	45
2005	9	24	5	6.6	45
2005	9	24	8	6.1	42
2005	9	24	11	6.1	42
2005	9	24	14	5.1	41
2005	9	24	17	5.1	41
2005	9	24	20	7.3	48
2005	9	24	23	7.3	48
2005	9	25	2	7.5	60
2005	9	25	5	7.5	60
2005	9	25	8	8.9	71
2005	9	25	11	8.9	71
2005	9	25	14	6.6	74
2005	9	25	17	6.6	74
2005	9	25	20	8.4	67
2005	9	25	23	8.4	67
2005	9	26	2	7.3	76
2005	9	26	5	7.3	76
2005	9	26	8	7.8	86
2005	9	26	11	7.8	86
2005	9	26	14	7.6	90
2005	9	26	17	7.6	90
2005	9	26	20	8.8	78

2005	9	26	23	8.8	78
2005	9	27	2	6.9	90
2005	9	27	5	6.9	90
2005	9	27	8	7.3	83
2005	9	27	11	7.3	83
2005	9	27	14	7.1	90
2005	9	27	17	7.1	90
2005	9	27	20	7.7	76
2005	9	27	23	7.7	76
2005	9	28	2	6.8	98
2005	9	28	5	6.8	98
2005	9	28	8	4.5	91
2005	9	28	11	4.5	91
2005	9	28	14	4.8	92
2005	9	28	17	4.8	92
2005	9	28	20	5.2	89
2005	9	28	23	5.2	89
2005	9	29	2	3.7	158
2005	9	29	5	3.7	158
2005	9	29	8	2.5	221
2005	9	29	11	2.5	221
2005	9	29	14	4.9	267
2005	9	29	17	4.9	267
2005	9	29	20	5.1	281
2005	9	29	23	5.1	281
2005	9	30	2	4.6	266
2005	9	30	5	4.6	266
2005	9	30	8	3.9	317
2005	9	30	11	3.9	317
2005	9	30	14	4.2	2
2005	9	30	17	4.2	2
2005	9	30	20	4.4	33
2005	9	30	23	4.4	33
2005	10	1	2	3.2	74
2005	10	1	5	3.2	74
2005	10	1	8	1.2	56
2005	10	1	11	1.2	56
2005	10	1	14	4.4	290
2005	10	1	17	4.4	290
2005	10	1	20	4.1	273
2005	10	1	23	4.1	273
2005	10	2	2	0.5	332
2005	10	2	5	0.5	332
2005	10	2	8	2.2	333
2005	10	2	11	2.2	333
2005	10	2	14	2.3	317
2005	10	2	17	2.3	317
2005	10	2	20	1.7	325
2005	10	2	23	1.7	325
2005	10	3	2	2.9	58

2005	10	3	5	2.9	58
2005	10	3	8	2.8	83
2005	10	3	11	2.8	83
2005	10	3	14	1.5	314
2005	10	3	17	1.5	314
2005	10	3	20	1.3	282
2005	10	3	23	1.3	282
2005	10	4	2	4.7	223
2005	10	4	5	4.7	223
2005	10	4	8	10.6	235
2005	10	4	11	10.6	235
2005	10	4	14	8.6	230
2005	10	4	17	8.6	230
2005	10	4	20	7.1	255
2005	10	4	23	7.1	255
2005	10	5	2	2.6	295
2005	10	5	5	2.6	295
2005	10	5	8	5.5	307
2005	10	5	11	5.5	307
2005	10	5	14	2.7	289
2005	10	5	17	2.7	289
2005	10	5	20	4.1	283
2005	10	5	23	4.1	283
2005	10	6	2	2.4	332
2005	10	6	5	2.4	332
2005	10	6	8	3.6	19
2005	10	6	11	3.6	19
2005	10	6	14	5.3	26
2005	10	6	17	5.3	26
2005	10	6	20	5.5	50
2005	10	6	23	5.5	50
2005	10	7	2	7.9	64
2005	10	7	5	7.9	64
2005	10	7	8	7.2	56
2005	10	7	11	7.2	56
2005	10	7	14	3.3	37
2005	10	7	17	3.3	37
2005	10	7	20	4.5	354
2005	10	7	23	4.5	354
2005	10	8	2	5.3	28
2005	10	8	5	5.3	28
2005	10	8	8	4.8	71
2005	10	8	11	4.8	71
2005	10	8	14	4.3	170
2005	10	8	17	4.3	170
2005	10	8	20	6.2	141
2005	10	8	23	6.2	141
2005	10	9	2	13.1	178
2005	10	9	5	13.1	178
2005	10	9	8	13.6	204

2005	10	9	11	13.6	204
2005	10	9	14	12.6	182
2005	10	9	17	12.6	182
2005	10	9	20	17.6	197
2005	10	9	23	17.6	197
2005	10	10	2	12.2	222
2005	10	10	5	12.2	222
2005	10	10	8	12.2	241
2005	10	10	11	12.2	241
2005	10	10	14	16.3	264
2005	10	10	17	16.3	264
2005	10	10	20	13.4	273
2005	10	10	23	13.4	273
2005	10	11	2	10.4	287
2005	10	11	5	10.4	287
2005	10	11	8	7.8	274
2005	10	11	11	7.8	274
2005	10	11	14	8.3	297
2005	10	11	17	8.3	297
2005	10	11	20	6.5	284
2005	10	11	23	6.5	284
2005	10	12	2	8.1	281
2005	10	12	5	8.1	281
2005	10	12	8	9.1	293
2005	10	12	11	9.1	293
2005	10	12	14	9.5	294
2005	10	12	17	9.5	294
2005	10	12	20	7.8	244
2005	10	12	23	7.8	244
2005	10	13	2	8.6	239
2005	10	13	5	8.6	239
2005	10	13	8	11.2	230
2005	10	13	11	11.2	230
2005	10	13	14	9.8	244
2005	10	13	17	9.8	244
2005	10	13	20	12	269
2005	10	13	23	12	269
2005	10	14	2	10.9	289
2005	10	14	5	10.9	289
2005	10	14	8	10.1	271
2005	10	14	11	10.1	271
2005	10	14	14	10.3	271
2005	10	14	17	10.3	271
2005	10	14	20	11.1	279
2005	10	14	23	11.1	279
2005	10	15	2	10.2	287
2005	10	15	5	10.2	287
2005	10	15	8	11.3	293
2005	10	15	11	11.3	293
2005	10	15	14	12.2	294

2005	10	15	17	12.2	294
2005	10	15	20	9.9	277
2005	10	15	23	9.9	277
2005	10	16	2	11.3	271
2005	10	16	5	11.3	271
2005	10	16	8	12.8	290
2005	10	16	11	12.8	290
2005	10	16	14	9.8	286
2005	10	16	17	9.8	286
2005	10	16	20	7.1	296
2005	10	16	23	7.1	296
2005	10	17	2	7	277
2005	10	17	5	7	277
2005	10	17	8	5.5	283
2005	10	17	11	5.5	283
2005	10	17	14	3.6	241
2005	10	17	17	3.6	241
2005	10	17	20	3.2	230
2005	10	17	23	3.2	230
2005	10	18	2	2.5	207
2005	10	18	17	3.2	192
2005	10	18	20	1	166
2005	10	18	23	1	166
2005	10	19	2	4.9	78
2005	10	19	5	4.9	78
2005	10	19	8	1.2	334
2005	10	19	11	1.2	334
2005	10	19	14	2.7	245
2005	10	19	17	2.7	245
2005	10	19	20	6.2	193
2005	10	19	23	6.2	193
2005	10	20	2	12.3	221
2005	10	20	5	12.3	221
2005	10	20	8	12.3	212
2005	10	20	11	12.3	212
2005	10	20	14	14.9	218
2005	10	20	17	14.9	218
2005	10	20	20	13.7	276
2005	10	20	23	13.7	276
2005	10	21	2	10.3	246
2005	10	21	5	10.3	246
2005	10	21	8	9.5	223
2005	10	21	11	9.5	223
2005	10	21	14	8.8	220
2005	10	21	17	8.8	220
2005	10	21	20	6.3	220
2005	10	21	23	6.3	220
2005	10	22	2	5.3	199
2005	10	23	17	13.1	205
2005	10	23	20	11.9	213

2005	10	23	23	11.9	213
2005	10	24	2	11.5	219
2005	10	24	5	11.5	219
2005	10	24	8	9.7	228
2005	10	24	11	9.7	228
2005	10	24	14	10.2	233
2005	10	24	17	10.2	233
2005	10	24	20	11.4	244
2005	10	24	23	11.4	244
2005	10	25	2	9	234
2005	10	25	5	9	234
2005	10	25	8	6.7	249
2005	10	25	11	6.7	249
2005	10	25	14	5	266
2005	10	25	17	5	266
2005	10	25	20	4.9	270
2005	10	25	23	4.9	270
2005	10	26	2	6.4	270
2005	10	26	5	6.4	270
2005	10	26	8	5.8	258
2005	10	26	11	5.8	258
2005	10	26	14	6	208
2005	10	26	17	6	208
2005	10	26	20	6.5	171
2005	10	26	23	6.5	171
2005	10	27	2	11.7	192
2005	10	31	17	7.5	54
2005	10	31	20	6	36
2005	10	31	23	6	36
2005	11	1	2	5.4	21
2005	11	1	5	5.4	21
2005	11	1	8	5.4	9
2005	11	1	11	5.4	9
2005	11	1	14	6.1	4
2005	11	1	17	6.1	4
2005	11	1	20	3.8	355
2005	11	1	23	3.8	355
2005	11	2	2	3.3	333
2005	11	2	5	3.3	333
2005	11	2	8	2.2	284
2005	11	2	11	2.2	284
2005	11	2	14	3.8	201
2005	11	2	17	3.8	201
2005	11	2	20	3.9	199
2005	11	2	23	3.9	199
2005	11	3	2	10.5	201
2005	11	3	5	10.5	201
2005	11	3	8	8	210
2005	11	3	11	8	210
2005	11	3	14	3.9	189

2005	11	3	17	3.9	189
2005	11	3	20	4	287
2005	11	3	23	4	287
2005	11	4	2	1.8	318
2005	11	4	5	1.8	318
2005	11	4	8	3.8	352
2005	11	4	11	3.8	352
2005	11	4	14	5.2	15
2005	11	4	17	5.2	15
2005	11	4	20	6.9	38
2005	11	4	23	6.9	38
2005	11	5	2	7.6	52
2005	11	5	5	7.6	52
2005	11	5	8	10.2	54
2005	11	5	11	10.2	54
2005	11	5	14	9.7	65
2005	11	5	17	9.7	65
2005	11	5	20	10	71
2005	11	5	23	10	71
2005	11	6	2	11.4	64
2005	11	6	5	11.4	64
2005	11	6	8	9.9	74
2005	11	6	11	9.9	74
2005	11	6	14	10.2	76
2005	11	6	17	10.2	76
2005	11	6	20	10.3	70
2005	11	6	23	10.3	70
2005	11	7	2	9.2	67
2005	11	7	5	9.2	67
2005	11	7	8	8.3	63
2005	11	7	11	8.3	63
2005	11	7	14	7.9	81
2005	11	7	17	7.9	81
2005	11	7	20	8.7	72
2005	11	7	23	8.7	72
2005	11	8	2	6.6	56
2005	11	8	5	6.6	56
2005	11	8	8	6.2	34
2005	11	8	11	6.2	34
2005	11	8	14	5.3	20
2005	11	8	17	5.3	20
2005	11	8	20	5.3	13
2005	11	8	23	5.3	13
2005	11	9	2	6.2	331
2005	11	9	5	6.2	331
2005	11	9	8	8	4
2005	11	9	11	8	4
2005	11	9	14	8.4	6
2005	11	9	17	8.4	6
2005	11	9	20	9.1	358

2005	11	9	23	9.1	358
2005	11	10	2	9.8	352
2005	11	10	5	9.8	352
2005	11	10	8	10.2	357
2005	11	10	11	10.2	357
2005	11	10	14	11.4	341
2005	11	10	17	11.4	341
2005	11	10	20	12.6	359
2005	11	10	23	12.6	359
2005	11	11	2	10.1	0
2005	11	11	5	10.1	0
2005	11	11	8	10.5	8
2005	11	11	11	10.5	8
2005	11	11	14	9.7	24
2005	11	11	17	9.7	24
2005	11	11	20	9.2	27
2005	11	11	23	9.2	27
2005	11	12	2	7.9	26
2005	11	12	5	7.9	26
2005	11	12	8	7.5	38
2005	11	12	11	7.5	38
2005	11	12	14	6.7	65
2005	11	12	17	6.7	65
2005	11	12	20	5.6	63
2005	11	12	23	5.6	63
2005	11	13	2	5.4	45
2005	11	13	5	5.4	45
2005	11	13	8	5.9	44
2005	11	13	11	5.9	44
2005	11	13	14	8.9	32
2005	11	13	17	8.9	32
2005	11	13	20	10.6	47
2005	11	13	23	10.6	47
2005	11	14	2	9.8	61
2005	11	14	5	9.8	61
2005	11	14	8	9.9	67
2005	11	14	11	9.9	67
2005	11	14	14	11.2	65
2005	11	14	17	11.2	65
2005	11	14	20	10.4	68
2005	11	14	23	10.4	68
2005	11	15	2	9.4	71
2005	11	15	5	9.4	71
2005	11	15	8	9.1	78
2005	11	15	11	9.1	78
2005	11	15	14	7.9	77
2005	11	15	17	7.9	77
2005	11	15	20	8.8	78
2005	11	15	23	8.8	78
2005	11	16	2	8.3	82

2005	11	16	5	8.3	82
2005	11	16	8	7.7	78
2005	11	16	11	7.7	78
2005	11	16	14	6.5	79
2005	11	16	17	6.5	79
2005	11	16	20	7.1	76
2005	11	16	23	7.1	76
2005	11	17	2	7	61
2005	11	17	5	7	61
2005	11	17	8	5.7	67
2005	11	17	11	5.7	67
2005	11	17	14	7.6	52
2005	11	17	17	7.6	52
2005	11	17	20	5.7	52
2005	11	17	23	5.7	52
2005	11	18	2	3.7	34
2005	11	18	5	3.7	34
2005	11	18	8	2.1	343
2005	11	18	11	2.1	343
2005	11	18	14	1.6	350
2005	11	18	17	1.6	350
2005	11	18	20	5.8	295
2005	11	18	23	5.8	295
2005	11	19	2	5.5	280
2005	11	19	5	5.5	280
2005	11	19	8	6.7	275
2005	11	19	11	6.7	275
2005	11	19	14	5.5	279
2005	11	19	17	5.5	279
2005	11	19	20	3.6	310
2005	11	19	23	3.6	310
2005	11	20	2	1.1	35
2005	11	20	5	1.1	35
2005	11	20	8	1.5	82
2005	11	20	11	1.5	82
2005	11	20	14	1.8	87
2005	11	20	17	1.8	87
2005	11	20	20	3.4	63
2005	11	20	23	3.4	63
2005	11	21	2	2.5	79
2005	11	21	5	2.5	79
2005	11	21	8	1.4	34
2005	11	21	11	1.4	34
2005	11	21	14	0.4	85
2005	11	21	17	0.4	85
2005	11	21	20	2.5	342
2005	11	21	23	2.5	342
2005	11	22	2	4.3	20
2005	11	22	5	4.3	20
2005	11	22	8	1.9	16

2005	11	22	11	1.9	16
2005	11	22	14	2.3	48
2005	11	22	17	2.3	48
2005	11	22	20	2.7	68
2005	11	22	23	2.7	68
2005	11	23	2	4.2	64
2005	11	23	5	4.2	64
2005	11	23	8	2.4	85
2005	11	23	11	2.4	85
2005	11	23	14	3.8	105
2005	11	23	17	3.8	105
2005	11	23	20	2.5	143
2005	11	23	23	2.5	143
2005	11	24	2	4.1	88
2005	11	24	5	4.1	88
2005	11	24	8	1.8	107
2005	11	24	11	1.8	107
2005	11	24	14	2.2	135
2005	11	24	17	2.2	135
2005	11	24	20	2	127
2005	11	24	23	2	127
2005	11	25	2	0.9	186
2005	11	25	5	0.9	186
2005	11	25	8	3.6	208
2005	11	25	11	3.6	208
2005	11	25	14	5.1	234
2005	11	25	17	5.1	234
2005	11	25	20	4.1	230
2005	11	25	23	4.1	230
2005	11	26	2	4	258
2005	11	26	5	4	258
2005	11	26	8	3.9	282
2005	11	26	11	3.9	282
2005	11	26	14	3.6	246
2005	11	26	17	3.6	246
2005	11	26	20	0.3	189
2005	11	26	23	0.3	189
2005	11	27	2	3.5	96
2005	11	27	5	3.5	96
2005	11	27	8	2.6	164
2005	11	27	11	2.6	164
2005	11	27	14	2.4	209
2005	11	27	17	2.4	209
2005	11	27	20	1.4	94
2005	11	27	23	1.4	94
2005	11	28	2	1.2	13
2005	11	28	5	1.2	13
2005	11	28	8	3.5	307
2005	11	28	11	3.5	307
2005	11	28	14	3.4	338

2005	11	28	17	3.4	338
2005	11	28	20	7.9	7
2005	11	28	23	7.9	7
2005	11	29	2	6.6	40
2005	11	29	5	6.6	40
2005	11	29	8	4.8	50
2005	11	29	11	4.8	50
2005	11	29	14	5.4	57
2005	11	29	17	5.4	57
2005	11	29	20	5.4	93
2005	11	29	23	5.4	93
2005	11	30	2	4.9	105
2005	11	30	5	4.9	105
2005	11	30	8	3.1	150
2005	11	30	11	3.1	150
2005	11	30	14	3.1	203
2005	11	30	17	3.1	203
2005	11	30	20	1.4	88
2005	11	30	23	1.4	88
2005	12	1	2	3	184
2005	12	1	5	3	184
2005	12	1	8	4.5	229
2005	12	1	11	4.5	229
2005	12	1	14	1.1	156
2005	12	1	17	1.1	156
2005	12	1	20	4	56
2005	12	1	23	4	56
2005	12	2	2	5.2	43
2005	12	2	5	5.2	43
2005	12	2	8	8	21
2005	12	2	11	8	21
2005	12	2	14	8.7	14
2005	12	2	17	8.7	14
2005	12	2	20	7.4	17
2005	12	2	23	7.4	17
2005	12	3	2	7.9	21
2005	12	3	5	7.9	21
2005	12	3	8	9.3	45
2005	12	3	11	9.3	45
2005	12	3	14	9	49
2005	12	3	17	9	49
2005	12	3	20	9.1	42
2005	12	3	23	9.1	42
2005	12	4	2	9.3	47
2005	12	4	5	9.3	47
2005	12	4	8	7.9	47
2005	12	4	11	7.9	47
2005	12	4	14	8.7	58
2005	12	4	17	8.7	58
2005	12	4	20	8.8	55

2005	12	4	23	8.8	55
2005	12	5	2	8.6	63
2005	12	5	5	8.6	63
2005	12	5	8	7.6	58
2005	12	5	11	7.6	58
2005	12	5	14	9.4	75
2005	12	5	17	9.4	75
2005	12	5	20	8.7	75
2005	12	5	23	8.7	75
2005	12	6	2	6.3	80
2005	12	6	5	6.3	80
2005	12	6	8	6.3	82
2005	12	6	11	6.3	82
2005	12	6	14	5.1	82
2005	12	6	17	5.1	82
2005	12	6	20	6.1	74
2005	12	6	23	6.1	74
2005	12	7	2	2.4	20
2005	12	7	5	2.4	20
2005	12	7	8	3.6	82
2005	12	7	11	3.6	82
2005	12	7	14	3.8	61
2005	12	7	17	3.8	61
2005	12	7	20	4.6	45
2005	12	7	23	4.6	45
2005	12	8	2	7.3	53
2005	12	8	5	7.3	53
2005	12	8	8	4.3	60
2005	12	8	11	4.3	60
2005	12	8	14	5.1	82
2005	12	8	17	5.1	82
2005	12	8	20	5.6	84
2005	12	8	23	5.6	84
2005	12	9	2	4	75
2005	12	9	5	4	75
2005	12	9	8	2.6	87
2005	12	9	11	2.6	87
2005	12	9	14	3	173
2005	12	9	17	3	173
2005	12	9	20	2.3	141
2005	12	9	23	2.3	141
2005	12	10	2	1.5	199
2005	12	10	5	1.5	199
2005	12	10	8	2.9	211
2005	12	10	11	2.9	211
2005	12	10	14	1.2	205
2005	12	11	17	2.9	148
2005	12	11	20	4.1	93
2005	12	11	23	4.1	93
2005	12	12	2	2.5	99

2005	12	12	5	2.5	99
2005	12	12	8	3	181
2005	12	12	11	3	181
2005	12	12	14	4.1	175
2005	12	12	17	4.1	175
2005	12	12	20	3.1	106
2005	12	12	23	3.1	106
2005	12	13	2	3.9	155
2005	12	13	5	3.9	155
2005	12	13	8	4.8	190
2005	12	13	11	4.8	190
2005	12	13	14	4.7	197
2005	12	13	17	4.7	197
2005	12	13	20	1.2	321
2005	12	13	23	1.2	321
2005	12	14	2	3.1	215
2005	12	14	5	3.1	215
2005	12	14	8	2.4	197
2005	12	14	11	2.4	197
2005	12	14	14	1.1	266
2005	12	14	17	1.1	266
2005	12	14	20	0.3	8
2005	12	14	23	0.3	8
2005	12	15	2	2.2	321
2005	12	15	5	2.2	321
2005	12	15	8	3.6	252
2005	12	15	11	3.6	252
2005	12	15	14	5.2	259
2005	12	15	17	5.2	259
2005	12	15	20	4.3	281
2005	12	15	23	4.3	281
2005	12	16	2	5.7	285
2005	12	16	5	5.7	285
2005	12	16	8	6.6	264
2005	12	16	11	6.6	264
2005	12	16	14	9	278
2005	12	16	17	9	278
2005	12	16	20	7.7	316
2005	12	16	23	7.7	316
2005	12	17	2	7.7	289
2005	12	17	5	7.7	289
2005	12	17	8	9.2	274
2005	12	17	11	9.2	274
2005	12	17	14	11.3	266
2005	12	17	17	11.3	266
2005	12	17	20	10.5	283
2005	12	17	23	10.5	283
2005	12	18	2	7.5	294
2005	12	18	5	7.5	294
2005	12	18	8	8.3	289

2005	12	18	11	8.3	289
2005	12	18	14	9.7	269
2005	12	18	17	9.7	269
2005	12	18	20	12.2	252
2005	12	18	23	12.2	252
2005	12	19	2	11.7	251
2005	12	19	5	11.7	251
2005	12	19	8	13.7	263
2005	12	19	11	13.7	263
2005	12	19	14	13.7	279
2005	12	19	17	13.7	279
2005	12	19	20	12.7	308
2005	12	19	23	12.7	308
2005	12	20	2	11.7	326
2005	12	20	5	11.7	326
2005	12	20	8	7.8	335
2005	12	20	11	7.8	335
2005	12	20	14	5.1	336
2005	12	20	17	5.1	336
2005	12	20	20	5.9	310
2005	12	20	23	5.9	310
2005	12	21	2	5.8	329
2005	12	21	5	5.8	329
2005	12	21	8	8.5	347
2005	12	21	11	8.5	347
2005	12	21	14	9.4	358
2005	12	21	17	9.4	358
2005	12	21	20	11	19
2005	12	21	23	11	19
2005	12	22	2	8.3	29
2005	12	22	5	8.3	29
2005	12	22	8	7.2	20
2005	12	22	11	7.2	20
2005	12	22	14	2.8	339
2005	12	22	17	2.8	339
2005	12	22	20	3.8	277
2005	12	22	23	3.8	277
2005	12	23	2	5.5	314
2005	12	23	5	5.5	314
2005	12	23	8	4.5	332
2005	12	23	11	4.5	332
2005	12	23	14	3.8	294
2005	12	23	17	3.8	294
2005	12	23	20	3.6	312
2005	12	23	23	3.6	312
2005	12	24	2	3.6	311
2005	12	24	5	3.6	311
2005	12	24	8	3.5	278
2005	12	24	11	3.5	278
2005	12	24	14	5.6	240

2005	12	24	17	5.6	240
2005	12	24	20	10.1	249
2005	12	24	23	10.1	249
2005	12	25	2	12.1	301
2005	12	25	5	12.1	301
2005	12	25	8	11.9	298
2005	12	25	11	11.9	298
2005	12	25	14	13.6	312
2005	12	25	17	13.6	312
2005	12	25	20	15.6	327
2005	12	25	23	15.6	327
2005	12	26	2	15.3	333
2005	12	26	5	15.3	333
2005	12	26	8	14.7	349
2005	12	26	11	14.7	349
2005	12	26	14	15.5	353
2005	12	26	17	15.5	353
2005	12	26	20	14	357
2005	12	26	23	14	357
2005	12	27	2	11.6	12
2005	12	27	5	11.6	12
2005	12	27	8	8	26
2005	12	27	11	8	26
2005	12	27	14	3.8	340
2005	12	27	17	3.8	340
2005	12	27	20	7	306
2005	12	27	23	7	306
2005	12	28	2	8.5	277
2005	12	28	5	8.5	277
2005	12	28	8	12.6	264
2005	12	28	11	12.6	264
2005	12	28	14	7.9	325
2005	12	28	17	7.9	325
2005	12	28	20	6	334
2005	12	28	23	6	334
2005	12	29	2	5.7	324
2005	12	29	5	5.7	324
2005	12	29	8	5.9	329
2005	12	29	11	5.9	329
2005	12	29	14	4.2	333
2005	12	30	17	1.1	355
2005	12	30	20	2.8	28
2005	12	30	23	2.8	28
2005	12	31	2	2.9	51
2005	12	31	5	2.9	51
2005	12	31	8	0.9	354
2005	12	31	11	0.9	354
2005	12	31	14	3.2	359
2005	12	31	17	3.2	359
2005	12	31	20	1.7	313

2005	12	31	23	1.7	313
2006	1	1	2	3.3	342
2006	1	1	5	3.3	342
2006	1	1	8	2.1	309
2006	1	1	11	2.1	309
2006	1	1	14	4.5	297
2006	1	1	17	4.5	297
2006	1	1	20	7.2	260
2006	1	1	23	7.2	260
2006	1	2	2	7	274
2006	1	2	5	7	274
2006	1	2	8	6.6	325
2006	1	2	11	6.6	325
2006	1	2	14	5	341
2006	1	2	17	5	341
2006	1	2	20	4.3	3
2006	1	2	23	4.3	3
2006	1	3	2	4.1	40
2006	1	3	5	4.1	40
2006	1	3	8	5.6	70
2006	1	3	11	5.6	70
2006	1	3	14	6	99
2006	1	3	17	6	99
2006	1	3	20	6.2	106
2006	1	3	23	6.2	106
2006	1	4	2	2.5	139
2006	1	4	5	2.5	139
2006	1	4	8	6.1	247
2006	1	4	11	6.1	247
2006	1	4	14	8	240
2006	1	4	17	8	240
2006	1	4	20	6.8	247
2006	1	4	23	6.8	247
2006	1	5	2	5.1	240
2006	1	5	5	5.1	240
2006	1	5	8	6.7	241
2006	1	5	11	6.7	241
2006	1	5	14	8.9	234
2006	1	5	17	8.9	234
2006	1	5	20	7.8	231
2006	1	5	23	7.8	231
2006	1	6	2	7.5	237
2006	1	6	5	7.5	237
2006	1	6	8	5.6	231
2006	1	6	11	5.6	231
2006	1	6	14	5.3	227
2006	1	6	17	5.3	227
2006	1	6	20	2.2	227
2006	1	6	23	2.1	227
2006	1	7	2	0.8	162

2006	1	7	5	0.8	162
2006	1	7	8	4.8	225
2006	1	7	11	4.8	225
2006	1	7	14	7	223
2006	1	7	17	7	223
2006	1	7	20	9	223
2006	1	7	23	9	223
2006	1	8	2	13.2	223
2006	1	8	17	10.5	227
2006	1	8	20	7.8	229
2006	1	8	23	7.8	229
2006	1	9	2	9.7	220
2006	1	9	5	9.7	220
2006	1	9	8	9.2	219
2006	1	9	11	9.2	219
2006	1	9	14	6.9	213
2006	1	9	17	6.9	213
2006	1	9	20	8.6	221
2006	1	9	23	8.6	221
2006	1	10	2	8.9	220
2006	1	10	5	8.9	220
2006	1	10	8	13.3	218
2006	1	10	11	13.3	218
2006	1	10	14	12.7	221
2006	1	10	17	12.7	221
2006	1	10	20	8.8	218
2006	1	10	23	8.8	218
2006	1	11	2	12.1	212
2006	1	11	5	12.1	212
2006	1	11	8	12.6	213
2006	1	11	11	12.6	213
2006	1	11	14	11.3	212
2006	1	11	17	11.3	212
2006	1	11	20	11.8	216
2006	1	11	23	11.8	216
2006	1	12	2	8.8	221
2006	1	12	5	8.8	221
2006	1	12	8	5.2	260
2006	1	12	11	5.2	260
2006	1	12	14	6.1	10
2006	1	12	17	6.1	10
2006	1	12	20	4.7	47
2006	1	12	23	4.7	47
2006	1	13	2	3.8	125
2006	1	13	5	3.8	125
2006	1	13	8	4.4	170
2006	1	13	11	4.4	170
2006	1	13	14	3.6	208
2006	1	14	17	7.4	201
2006	1	14	20	3.8	193

2006	1	14	23	3.8	193
2006	1	15	2	5.8	181
2006	1	15	5	5.8	181
2006	1	15	8	9.1	205
2006	1	15	11	9.1	205
2006	1	15	14	8.4	202
2006	1	17	5	2.2	199
2006	1	17	8	4.2	234
2006	1	17	11	4.2	234
2006	1	17	14	5.6	248
2006	1	17	17	5.6	248
2006	1	17	20	7	262
2006	1	17	23	7	262
2006	1	18	2	9.1	263
2006	1	18	5	9.1	263
2006	1	18	8	15.3	279
2006	1	18	11	15.3	279
2006	1	18	14	12.6	294
2006	1	18	17	12.6	294
2006	1	18	20	10.4	314
2006	1	18	23	10.4	314
2006	1	19	2	11.9	319
2006	1	19	5	11.9	319
2006	1	19	8	9.5	316
2006	1	19	11	9.5	316
2006	1	19	14	9.4	301
2006	1	19	17	9.4	301
2006	1	19	20	7.1	309
2006	1	19	23	7.1	309
2006	1	20	2	7.7	323
2006	1	20	5	7.7	323
2006	1	20	8	5.1	311
2006	1	20	11	5.1	311
2006	1	20	14	5.4	296
2006	1	20	17	5.4	296
2006	1	20	20	3.9	318
2006	1	20	23	3.9	318
2006	1	21	2	6.3	328
2006	1	21	5	6.3	328
2006	1	21	8	3.9	324
2006	1	21	11	3.9	324
2006	1	21	14	4.4	353
2006	1	21	17	4.4	353
2006	1	21	20	3.8	346
2006	1	21	23	3.8	346
2006	1	22	2	4.7	1
2006	1	22	5	4.7	1
2006	1	22	8	3.6	3
2006	1	22	11	3.6	3
2006	1	22	14	4.1	22

2006	1	22	17	4.1	22
2006	1	22	20	4	46
2006	1	22	23	4	46
2006	1	23	2	5.3	27
2006	1	23	5	5.3	27
2006	1	23	8	4	320
2006	1	23	11	4	320
2006	1	23	14	3.8	340
2006	1	23	17	3.8	340
2006	1	23	20	10	46
2006	1	23	23	10	46
2006	1	24	2	12.5	73
2006	1	24	5	12.5	73
2006	1	24	8	13	74
2006	1	24	11	13	74
2006	1	24	14	9.3	75
2006	1	24	17	9.3	75
2006	1	24	20	9.8	57
2006	1	24	23	9.8	57
2006	1	25	2	10.3	55
2006	1	25	5	10.3	55
2006	1	25	8	8.4	52
2006	1	25	11	8.4	52
2006	1	25	14	9.7	38
2006	1	25	17	9.7	38
2006	1	25	20	9	33
2006	1	25	23	9	33
2006	1	26	2	11.4	26