



**PROYECTO DE JARDÍN DUNAR EN LAS PLAYAS DE CABANYAL Y MALVA-ROSA
(T.M. VALENCIA)**



ANEJO5. DINÁMICA LITORAL

ÍNDICE

1. Objeto	1
2. Trabajos realizados	1
2.1. El Sistema Litoral y sus variaciones históricas	2
2.2. Tasa de transporte de sedimentos actual	2
2.3. Rebase de sedimentos por el sur	3
2.4. Evolución actual de la playa	3
3. Entorno y agentes actuantes	4
3.1. Descripción general de la costa	4
3.2. Datos de oleaje disponibles	5
3.3. Características de los datos WANA	6
3.4. Clima Marítimo exterior	7
3.5. Vientos	8
3.6. Sedimentos	8
4. Incidencia del oleaje exterior	8
4.1. Propagaciones de aproximación. Metodología	8
4.2. Propagaciones realizadas y resultados	10
4.3. Propagaciones de detalle con difracción. Metodología	11
4.4. Oleajes ensayados y resultados	12
5. El sistema litoral	12
5.1. Evolución histórica de la costa	12
5.2. Transporte litoral asociado. Estimación del gradiente de la tasa de transporte	14
5.3. Extracciones de arena en la Malva-rosa	16
5.4. Acumulaciones de arena frente al Puerto	16
5.5. Cálculo del transporte litoral	17
5.6. Régimen de oleaje frente a la playa. Metodología	17
5.7. Resultados y orientación de equilibrio	18
5.8. Formulación del CERC	19
5.9. Modelo bidimensional	20
5.10. Descripción final del transporte	24
FIGURAS	27
ANEXO 1. Estudio del clima marítimo	
ANEXO 2. Propagaciones de oleaje exterior: resultados	
ANEXO 3. Propagaciones de oleaje en difracción: resultados	
ANEXO 4. Evolución de la línea de orilla	
6. Evolución reciente de las playas del Cabanyal y Malva-rosa	127

1. OBJETO

El presente anejo tiene como objeto definir la dinámica litoral de las playa del Cabanyal y Malva-rosa, apoyándonos en los trabajos realizados por Hidtma para los proyectos de *“Canal de Acceso a la Dársena Interior Copa América”* y *“Ampliación del puerto de Valencia (Valencia)”*, como del *“Plan de Vigilancia de la Evolución de las Playas al Norte y Sur del Puerto de Valencia en el Periodo de Ejecución de las Obras del Mismo”* y *“Plan de Vigilancia de la Evolución de las Playas al Norte y Sur del Puerto de Valencia tras la Ejecución de las Obras del Mismo”*, estos dos últimos trabajos realizados por D. José C. Serra Peris como director de los dos planes de Vigilancia y ejecutados para la Autoridad Portuaria de Valencia.

El anejo resume los resultados de los estudios de Dinámica Litoral realizados, siendo su estructura la que se presenta a continuación.

Resumen de los trabajos realizados y las conclusiones obtenidas en el estudio.

Descripción general de la costa y se resumen las condiciones generales del clima marítimo exterior que controla los procesos litorales.

Análisis de la incidencia del oleaje exterior sobre la costa.

Sistema Litoral en el tramo situado al norte del Puerto de Valencia.

La información utilizada en los trabajos incluidos en el presente informe ha sido la que se resume a continuación:

Diversas batimetrías y topografías parciales del entorno del Puerto de Valencia.

Estudios de Dinámica Litoral.

Planos de evolución de la línea de costa, proporcionados por la Dirección general de Costas, y que incluye información desde el año 1947 hasta 1995.

Fotografías aéreas históricas de la costa al norte del Puerto.

2. TRABAJOS REALIZADOS

Los estudios y cálculos básicos realizados para analizar la dinámica litoral al norte del Puerto de Valencia sobre las playas de la Malva-rosa y Cabanyal, son los siguientes:

Análisis del clima marítimo exterior de oleaje y propagación del mismo hasta el frente de playa.

Descripción cualitativa de la dinámica litoral, así como de sus cambios históricos más relevantes.

Estudio del Sistema Litoral actual, efectuado por medio de comparaciones de la evolución de la línea de orilla y por medio de un modelo bidimensional de transporte de sedimentos.

Análisis de los cambios producidos por las obras de ampliación sobre el oleaje incidente en la playa.

2.1. El Sistema Litoral y sus variaciones históricas

En la costa al norte del Puerto de Valencia existe una capacidad de transporte neto muy elevada, que puede alcanzar los 100-130.000 m³/año en sentido norte-sur en algunos tramos, dada la elevada oblicuidad del litoral con respecto al clima marítimo exterior.

Sin embargo, los cambios de orientación experimentados por las playas y las drásticas reducciones de los aportes naturales de sedimento a la costa de Castellón y Valencia, combinadas con la construcción de obras de defensa portuarias como las de Sagunto, Pobla de Farnals y Port Saplaya, han reducido drásticamente los aportes reales de sedimento al sur de Port Saplaya.

Esta reducción de aportes ha ocasionado un lento proceso de cambio de orientación de las playas, el cual ha permitido una reducción de las tasas de transporte y un acomodo progresivo de toda la unidad a las nuevas condiciones de contorno.

2.2. Tasa de transporte de sedimentos actual

Teniendo en cuenta el crecimiento global de las playas de Alboraya y la Malva-rosa, y las extracciones de sedimento efectuadas en ellas durante las dos últimas décadas, la acumulación media anual de sedimentos en estas dos playas ha sido de unos 27-30.000 m³/año (periodo 1981-2001). Este resultado es la suma de los 7-10.000 m³/año de material que se ha acumulado en el tramo, según manifiesta el seguimiento de su evolución, más los 20.000 m³/año de extracción media anual de material registrado en el periodo. Puesto que se trata de valores medios referidos a un sector de costa cuya entrada neta de sedimentos desde el norte es claramente decreciente, es lógico estimar que la tasa real actual de acumulación media anual haya descendido sustancialmente con respecto al valor de 27-30.000 m³/año del periodo global 1981-2001.

El orden de magnitud de la tasa de transporte anterior coincide bastante bien con la calculada mediante modelo bidimensional de transporte (20-25.000 m³/año a lo largo de los primeros 1.500 m de playa modelizados y 15-20.000 m³ en los siguientes 1.000 m), así como con

los cálculos realizados mediante la formulación del CERC ($10-20.000 \text{ m}^3/\text{año}$, en función del punto considerado).

En lo que respecta al transporte en sentido sur, el modelo bidimensional indica un transporte en sentido sur en torno a $35-45.000 \text{ m}^3/\text{año}$, mientras que la formulación del CERC indica una tasa en el mismo sentido de $80.000 \text{ m}^3/\text{año}$. Para el transporte en sentido norte, el modelo bidimensional indica un valor en torno a los $20.000 \text{ m}^3/\text{año}$, mientras que la formulación del CERC indica una tasa de $60-70.000 \text{ m}^3/\text{año}$.

Por tanto, y teniendo en cuenta que las coincidencias entre los distintos métodos de cálculo son significativas, y que el seguimiento de la línea de orilla arroja una tasa media extendida a las dos últimas décadas, se puede adoptar para la zona central de la playa de la Malva-rosa una tasa de transporte neta anual actual de unos $20-25.000 \text{ m}^3/\text{año}$ en sentido sur, que se divide en un transporte en sentido sur de $40-45.000 \text{ m}^3/\text{año}$ y un transporte en sentido norte de unos $20.000 \text{ m}^3/\text{año}$.

En el extremo sur de la playa de la Malva-rosa se adoptará una tasa de transporte neta anual actual de unos $15-20.000 \text{ m}^3/\text{año}$ en sentido sur, que se divide en un transporte en sentido sur de $35-40.000 \text{ m}^3/\text{año}$ y un transporte en sentido norte de $20.000 \text{ m}^3/\text{año}$.

2.3. Rebase de sedimentos por el sur

Tal y como se ha puesto de manifiesto anteriormente, a lo largo de los últimos 15 años no se aprecia una acumulación sensible de sedimentos frente al Puerto, siendo, por tanto, el valor del transporte litoral que rebasa el límite sur de la playa de la Malva-rosa muy reducido.

Según las cifras de transporte calculadas mediante el modelo bidimensional, se puede estimar que este rebase de sedimentos será inferior a $10-15.000 \text{ m}^3/\text{año}$, estando compuesto el material transportado hasta el frente del Puerto por fracciones muy finas que, o bien se depositan en zonas amplias y profundas de los fondos cercanos, o bien son llevadas hacia el exterior del Puerto.

2.4. Evolución actual de la playa

Puesto que la pérdida de material transportable al norte de la Malva-rosa ha sido progresiva durante las últimas décadas, es lógico suponer que la tasa actual de entrada de sedimentos a la playa de Alboraya es netamente inferior a los $20-25.000 \text{ m}^3/\text{año}$ de capacidad de transporte que aún mantiene la Malva-rosa. De esta forma, el resultado evolutivo de la unidad ha sido un basculamiento general de la unidad hacia el sur, con erosión al norte de la playa de Alboraya y acreción en la zona central y sur de la Malva-rosa.

3. ENTORNO Y AGENTES ACTUANTES

En el presente apartado se describen los elementos básicos que caracterizan el Clima Marítimo en el entorno del Puerto de Valencia.

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 de la influencia de la ampliación del Puerto sobre la playa norte

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

3.1. Descripción general de la costa

El litoral situado al norte del Puerto de Valencia presenta una alineación general N-15º-S, y se configura como una costa baja y sedimentaria. Los materiales cuaternarios suelen formar restingas que encierran en su interior marjales, albuferas y lagunas litorales, ocupadas hoy en gran parte por el desarrollo urbano.

El Puerto de Sagunto forma el límite norte de la unidad litoral en estudio. El paso de sedimentos por el frente de esta obra es muy reducido y limitado a las fracciones más finas del material. Al sur del Puerto se han ido acumulando las escorias (compuestas por cal, silicio y alúmina) procedentes del proceso de fundición del hierro en los altos hornos, las cuales han ido cementando y ocupando buena parte del frente costero. Estas acumulaciones artificiales han provocado un avance de la orilla superiora 300 m al sur del Puerto, y las trazas del material son visibles en la superficie y los fondos marinos a lo largo de varios kilómetros de costa al sur del vertedero.

A unos 5 km al sur de Sagunto comienza un campo de espigones de casi 6 km de longitud, que ocupa el frente de los TT.MM. de Puig, Pobra de Farnals, Massamagrell y Massalfassar.

El objetivo de estos espigones es detener la creciente erosión del litoral, que se manifiesta desde hace varias décadas en todo el litoral valenciano. Los primeros espigones fueron realizados a finales de los años 60.

En medio de estas defensas se sitúa el Puerto Deportivo de Pobra de Farnals, cuyas obras comenzaron en 1974. La construcción del Puerto produjo un rápido retroceso de la línea de orilla, que llegó a alcanzar los 180 m en algunos puntos, teniendo que ser la costa estabilizada nuevamente mediante la extensión del campo de espigones hacia el sur.

Al sur de estas defensas comienza un revestimiento longitudinal de escollera, destinado a la protección del trazado de la autopista litoral. Esta obra comenzó a construirse en la década de los 50, habiendo sido reformada y ampliada en numerosas ocasiones. La escollera se extiende a lo largo de los TT.MM. de Massalfassar, Albuixech, Albalat dels Sallers, Foya y termina en Meliana.

Al norte del T.M. de Alboraya se construyó, en 1978, la marina de Port Saplaya, cuya bocana de entrada está protegida por dos diques perpendiculares a la costa de unos 200 m de longitud, y que han provocado una ligera acumulación de sedimento al norte y erosión al sur. Esta erosión ha sido contrarrestada mediante la construcción de dos espigones perpendiculares a la costa.

Al sur de estos espigones comienza la playa de Alboraya, que forma una unidad sedimentaria continua con la playa de la Malva-rosa de más de 4 km de longitud.

Las playas de la Malva-rosa y Cabanyal, apoyada, esta última, al sur por el Puerto de Valencia, ha sufrido un continuo avance de su línea de orilla en las últimas décadas, motivado por la acumulación de sedimentos en las obras exteriores del Puerto, presentando una anchura de playa superior a los 100 m en gran parte de su longitud. El sedimento que compone la playa es arena de color claro y granulometría muy fina.

3.2. Datos de oleaje disponibles

En el presente apartado se analiza el clima marítimo medio incidente en el entorno del Puerto de Valencia, 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 del Puerto de Valencia.

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, ésta ha sido la fuente básica a partir de la que se ha calculado el régimen medio de oleaje de la zona de estudio.

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 H_s , T_p , T_m , 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.

3.3. Características de los datos WANA

En la figura 3.1 se indica la situación del punto WANA2046036 a partir del cual se ha realizado el cálculo del régimen de oleajes. Este punto es el más cercano al Puerto de Valencia de los que componen la red WANA de Puertos del Estado.

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

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 de 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.

3.4. Clima Marítimo exterior

Dada la cercanía en la posición del punto WANA y de la boya de medida del oleaje, se considera que el régimen direccional de oleaje más adecuado es derivado de mezclar los registros de oleaje de la boya (H_s y T_p) con las direcciones de oleaje proporcionadas por el punto WANA. De esta forma, se ha elaborado un régimen direccional que supone la aproximación más fiable al régimen direccional real.

En la figura 3.2 se muestra la representación de la rosa exterior de oleaje del régimen direccional elaborado con los datos del punto WANA-2046036 y de la boya, correspondiente a los datos del periodo enero-1996 a junio-2003. La figura 3.3 muestra la correspondiente gráfica H_s -Dirección de los registros de oleaje de ese punto. La figura 3.4 representa la relación H_s -Dirección de incidencia de los datos de clima marítimo, mientras que la figura 3.5 muestra la relación H_s -Dirección de incidencia de los mismos datos.

En la figura anterior puede observarse cómo las direcciones de oleaje predominantes en la zona valenciana son las procedentes del primer cuadrante, y en particular las que cubren el sector NE-E. Las direcciones de oleaje procedentes del sector SE-S también presentan incidencias marcadas en la zona de Valencia.

La altura de ola máxima registrada en los datos de la boya se sitúa en torno al valor $H_s=4.50$ m.

3.5. Vientos

El régimen de vientos que actúa sobre la costa de Valencia 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 3.6 muestra la Rosa de Vientos calculada a partir de los datos del punto WANA2046036.

A pesar de que la acción del viento puede tener alguna relevancia en zonas dunares como las existentes en puntos concretos de la costa de Castellón y Valencia, es el oleaje el factor que influye de forma determinante en el movimiento de los sedimentos.

3.6. Sedimentos

El sedimento que compone la playa de la Malva-rosa es muy fino. Por lo general, las muestras presentan tamaños medios del orden de $D_{50}=0.16-0.18$ mm, aunque es usual encontrar muestras de tamaño medio inferior.

En el perfil sumergido de playa los tamaños medios son inferiores a los indicados anteriormente, con muestras de tamaño medio del orden de $D_{50}=0.11-0.13$ mm.

4. INCIDENCIA DEL OLEAJE EXTERIOR

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

La propagación de los oleajes exteriores hasta la costa se realiza mediante dos fases sucesivas:

En una primera fase se realizan propagaciones generales desde el exterior hasta la costa, en las cuales no interviene la difracción del oleaje en las obras del Puerto de Valencia.

En una segunda fase, aquellas direcciones de oleaje que se ven interferidas por los diques de defensa del Puerto, son propagadas mediante un modelo local con difracción hasta la costa.

4.1. Propagaciones de aproximación. Metodología

La primera fase para el cálculo de la incidencia del oleaje exterior en la costa ha consistido en la aproximación de los temporales exteriores que inciden en la costa hasta la playa. Para ello se

ha empleado 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).

Coefficiente 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.

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. A pesar de ello, para los casos en los que se produce un efecto de difracción en la zona portuaria, se ha empleado un segundo modelo de propagación que considera dicho fenómeno.

4.2. Propagaciones realizadas y resultados

A la vista de las direcciones de incidencia de los principales oleajes exteriores, se han propagado las direcciones exteriores NE, ENE, E, ESE, SE y SSE, lo que cubre todo el rango de posibles oleajes incidentes.

Puesto que los datos exteriores de oleaje han sido determinados a la cota aproximada de -25 m, las propagaciones de oleaje han sido realizadas desde esa profundidad hasta la línea de orilla.

Para cada una de las direcciones consideradas se han propagado los periodos de pico de 5, 8, 12 y 16 s, cubriendo así todo el rango de presentación de periodos del oleaje (ver figura 3.3).

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 Anexo 2. 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. Propagaciones de detalle con difracción. Metodología

Para analizar las condiciones de propagación de los oleajes que se difractan en el entorno de las obras de defensa actuales del Puerto de Valencia, se ha empleado el modelo matemático Mike 21-BW (Boussinesq Wave). Este modelo presenta las siguientes características generales:

El módulo de oleaje de MIKE 21 (MIKE 21 BW) 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.

En la malla de cálculo se han establecido zonas de absorción total del oleaje frente a la playa y en los bordes escollerados del modelo, con el objeto de minimizar la interferencia de las reflexiones numéricas sobre la agitación calculada; de esta forma se evita el que el oleaje reflejado en los bordes artificiales del modelo se propague de nuevo hacia su interior.

4.4. Oleajes ensayados y resultados

Según muestra la figura 4.1, las direcciones de oleaje incidente en la playa, que pueden verse afectadas por la presencia de las obras portuarias actuales y por las correspondientes a la ampliación del Puerto, son las comprendidas entre las direcciones E y E-60º-S. Por tanto, se ha procedido a calcular la propagación hasta la costa de las direcciones de oleaje E, E-20º-S, E-40º-S y E-60º-S, interpolando las direcciones intermedias entre las dos más próximas ensayadas.

Los resultados de cada una de las propagaciones realizadas se presentan en el Anexo 3. Propagaciones de oleaje en difracción: Resultados., incluyendo alturas significante del oleaje incidente y frente de onda resultante.

Combinados con los resultados de la propagación de aproximación sin difracción, 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.

5. EL SISTEMA LITORAL

En el siguiente apartado se analizan los detalles de la dinámica litoral al norte del Puerto de Valencia, lo que servirá de base para determinar los cambios que se producirán en la posición actual de equilibrio de la playa de la Malva-rosa.

Para ello, se comienza estudiando la evolución histórica de la línea de orilla, tomando como base las restitutiones disponibles, elaboradas a partir de fotografías aéreas. Este análisis arroja una luz bastante precisa sobre el desarrollo pasado y reciente de la playa, y permite acotar el orden de magnitud del transporte litoral existente hoy en día.

A continuación, se realiza una descripción cualitativa de la dinámica litoral general y se estudia el régimen de oleaje que incide frente a la playa en diversos puntos de la misma.

5.1. Evolución histórica de la costa

Para analizar la evolución histórica de la costa al norte del Puerto de Valencia, se han empleado los datos de restitución de fotografías aéreas disponible en la Dirección General de Costas, y que abarca el periodo 1947-1995. Además, se ha realizado una restitución de las fotografías aéreas correspondientes al año 2001.

El tramo de costa analizado se extiende hasta una distancia de 6 km al norte del Puerto, cubriendo los TT.MM. de Meliana, Alboraya y Valencia.

Hay que señalar que las escalas de los vuelos correspondientes a 1947 y 1953 son poco adecuadas para una restitución exacta de la línea de orilla, por lo que las mismas únicamente sirven como referencia aproximada de la evolución del litoral.

Por otro lado, este sistema impide determinar la variación efectiva del volumen de playa, dado que nada indica acerca del perfil sumergido ni de su estado evolutivo; por ello, un retroceso de la línea de orilla puede significar una erosión del perfil de playa o un simple acomodo a condiciones de energía de oleaje mayor o más recientes.

Sin embargo, y para periodos de tiempo prolongados, este método fotogramétrico de comparación permite determinar la tendencia evolutiva de la costa con suficiente aproximación.

Las restituciones de la línea de orilla empleadas se presentan en el Anexo 4. Evolución de la línea de orilla, con la ortofotografía del año 2001 superpuesta.

Periodo 1947-1957. Durante este periodo inicial (ver figura 5.1) se producen avances moderados de la línea de orilla en toda la zona analizada, manteniéndose varios tramos en equilibrio.

La playa de Meliana no ve prácticamente alterada su posición de equilibrio, mientras que el extremo norte de la playa de Alboraya avanza una media de 20 m a lo largo de casi 1 km de longitud.

La playa de la Malva-rosa avanza una media de 10 m en todo su frente, aunque el avance aumenta hasta los 20-30 m en su extremo sur, al apoyo del Puerto.

Periodo 1957-1965. A pesar de que las obras de la actual defensa longitudinal del T.M. de Meliana se iniciaron ya en 1956, durante estos ocho años todo el litoral de Alboraya y Valencia experimenta un avance notable de su orilla, que es de 20 m de promedio en Alboraya y de 40 m de promedio en la Malva-rosa (ver figura 5.2). En este último caso, el crecimiento fue mayor en la zona central de la playa que en su extremo sur, que tan sólo avanzó 20 m.

Periodo 1965-1972. En este nuevo periodo (ver figura 5.3) continúan los avances de la línea de costa en todo el tramo, aunque con una intensidad ligera en la playa de Alboraya (10 m de media), y con gran intensidad en la Malva-rosa, que avanza una media de 30 m en este periodo de 7 años.

Periodo 1972-1977. A pesar de que la disponibilidad de sedimentos comienza a decrecer en la década de los años 70, debido a la erosión general costera y a la construcción del Puerto Deportivo de Poble de Farnals (1968), la evolución de la costa en este periodo de 5 años muestra un crecimiento medio de las playas de Alboraya y Malva-rosa de 15-20 m (ver figura 5.4).

El avance de la línea de orilla es ligeramente superior en la playa de Alboraya que al sur, en la Malva-rosa.

En el extremo norte del tramo se produce una erosión creciente, que alcanza los 20 m de retroceso de la costa al sur del T.M. de Meliana.

Periodo 1977-1981. El descenso general de aportes sedimentarios a la costa y el bloqueo provocado por las obras del Puerto Deportivo de Pobla de Farnals y de la marina de Port Saplaya (1978), hacen que en este periodo se produzca una erosión general de la playa de Alboraya, que comienza al norte con más de 30 m de pérdida de anchura y afecta de forma decreciente a toda la playa de la Malva-rosa. Únicamente el extremo sur de esta unidad presenta un avance relativo de su línea de orilla (ver figura 5.5).

Periodo 1981-2001. En este periodo final de control de 20 años de duración se produce una intensa erosión de la playa de Alboraya, que retrocede 30 m en su extremo norte. El extremo norte de la playa de la Malva-rosa se ha mantenido en equilibrio en este periodo, habiendo avanzado hasta 30 m su tramo central. El extremo sur de la playa se ha mantenido estabilizado, indicando que la capacidad de retención local del Puerto está muy próxima a su límite natural.

La distribución del avance experimentado por la playa de la Malva-rosa durante este periodo no es el avance natural de una playa acumulativa con un bloqueo artificial en uno de sus extremos: el hecho de que la zona central de playa haya avanzado más que su extremo sur puede deberse, o bien a efectos locales del oleaje en el extremo sur (reflexiones sobre el dique de abrigo del Puerto), o bien a un cambio estacional del perfil en alguno de los dos años comparados (1981 ó 2001), que haya afectado en distinta medida a ambas zonas de la playa.

También es posible que el extremo sur de la playa reflejara, aún en el año 2001, los efectos de la extracción de 340.000 m³ de sedimentos de la playa seca realizada por la Demarcación de Costas a lo largo de los años 1998 y 1999 (ver apartado 5.3).

5.2. Transporte litoral asociado. Estimación del gradiente de la tasa de transporte

Partiendo de las oscilaciones registradas en la línea de orilla, se puede calcular la variación de la tasa de transporte litoral derivada de dichas oscilaciones. Para ello, es necesario hacer las siguientes suposiciones:

En cada tramo de playa se cumple la ecuación de continuidad, según la cual ($Q_s = Q_e + V_a$), siendo (Q_e) la tasa de transporte que entra en un tramo de playa, (Q_s) el transporte saliente y (V_a) el volumen de sedimento acumulado (o erosionado) del mismo.

Por lo general, el perfil erosionado o acumulado de playa se considera que tiene una altura total de 8 m, equivalente a un perfil activo situado entre el nivel +2.00 de la playa emergida y la profundidad de cierre de 6.00 m. En este caso concreto de las playas de Valencia, se considera que la altura del perfil estaría más próxima al valor de 6, contando una cota de coronación de la playa seca de 1.50 m y una profundidad límite de relleno de 4.50 m aproximadamente. Los cálculos del transporte se realizarán con ambos valores.

El resultado de esta evaluación proporciona una estimación del transporte litoral real, que únicamente será igual a la capacidad de transporte en ese tramo cuando en todo él exista un perfil arenoso erosionable completo.

Con estas suposiciones, la evolución de la línea de orilla permite calcular el gradiente de la tasa de transporte litoral a lo largo de las últimas décadas.

En el caso de la costa norte del Puerto de Valencia se ha supuesto que la tasa de transporte litoral es nula en el extremo sur de la playa de la Malva-rosa. A partir de esta suposición, las figuras 5.7 a 5.12 muestran el resultado obtenido de la evolución relativa de la tasa de transporte para el periodo 1947-2001 analizado.

Durante el periodo 1947-1957 (ver figura 5.7) los avances de la línea de orilla indican que el transporte litoral que entra desde la playa de Meliana es de unos 40-50.000 m³/año.

En el periodo 1957-1965 (ver figura 5.8) los grandes avances de la costa manifiestan la existencia de un transporte litoral de unos 130-160.000 m³/año. Durante el siguiente periodo 1965-1972 (ver figura 5.9) prosiguen las acumulaciones intensas, cifrándose el transporte medio litoral en unos 100-130.000 m³/año.

Los valores de transporte anteriores se mantienen en el periodo 1972-1977 (ver figura 5.10), en el que la tasa de transporte media resulta ser de 100-130.000 m³/año.

Tras el periodo 1977-1981, en el que se aprecia el impacto de las obras de entrada a la marina de Port Saplaya (ver figura 5.11), la evaluación del periodo 1981-2001 indica que la tasa de entrada de sedimento a la playa de la Malva-rosa ha disminuido sustancialmente. Así, en estos últimos 20 años el avance de la orilla se debe a una entrada de sedimentos de unos 7-10.000 m³/año (ver figura 5.12), incluyendo en ella los posibles trasvases artificiales de sedimentos realizados desde la acumulación de Port Saplaya hacia el sur. Para tener una estimación completa del sedimento que realmente ha entrado desde el norte hacia ambas playas, han de sumarse las extracciones artificiales de arena realizadas y las acumulaciones de material en los fondos frente al dique del Puerto, de las cuales no se tienen datos fiables por carecer de una batimetría antigua de la zona.

Como consecuencia del descenso sufrido en el volumen de aportación de sedimentos a las playas, la playa de Alboraya ha experimentado un proceso erosivo general en su extremo norte.

5.3. Extracciones de arena en la Malva-rosa

Para realizar un adecuado balance sedimentario, las cifras indicadas en el apartado anterior han de ser completadas, con el objeto de tener en cuenta las extracciones de sedimento llevadas a cabo en la Malva-rosa.

El registro histórico reciente de las extracciones legales de arena, proporcionado por la Demarcación de Costas de Valencia, es el que se detalla a continuación:

Permiso concedido al Ayuntamiento de Valencia para la extracción de arena: 1.000 m³/año, vigente hasta el año 1991.

Permiso concedido para la extracción de arena destinada a usos agrícolas: 1.500 m³/año en el periodo 1979-1983.

Permiso concedido para la extracción de arena destinada a usos agrícolas: 12.000 m³/año en el periodo 1984-1988.

Extracción de arena de la playa para aportaciones a otras unidades: 340.000 m³ en los años 1998 y 1999.

En total, las extracciones legales de sedimento llevadas a cabo en el periodo 1981-2001 han sido de unos 415.000 m³, aunque es probable que las extracciones reales hayan sobrepasado los volúmenes indicados.

5.4. Acumulaciones de arena frente al Puerto

Con el objeto de de terminar las posibles acumulaciones de sedimento frente a las obras del Puerto, se ha procedido a comparar la batimetría obtenida por HIDTMA en el año 2003 con la carta náutica correspondiente.

La carta náutica empleada ha sido la hoja 476. Cabo Cullera-Puerto de Valencia, editada en el año 1991, y cuyas sondas fueron obtenidas en el periodo 1983-1987.

La figura 5.13 muestra la comparación de ambas batimetrías. En esta gráfica puede verse cómo en este periodo no se ha producido una acumulación manifiesta de sedimento frente al arranque de la primera alineación del Puerto, ya que las sondas de 5 m y 10 m coinciden de forma bastante exacta en ambos sondeos.

Por tanto, a lo largo de los últimos 15 años no se aprecia una acumulación sensible de sedimentos frente al Puerto. Este resultado puede ser consecuencia de dos hechos diferentes y no excluyentes:

1. Que el valor del transporte litoral que rebasa el límite sur de la playa de la Malva-rosa sea relativamente reducido, habiendo ésta alcanzado una orientación de equilibrio en su extremo sur que esté sensiblemente enfrentada a la componente energética media del oleaje.

2. Que el material que rebasa la playa sea extremadamente fino (similar al material que compone los fondos de la misma, con $D_{50}=0.11-0.13$ mm), de forma que su sedimentación se produce sobre fondos muy extensos y alejados, incluso más allá de la primera alineación del dique actual, por lo que su detección mediante comparación de batimetrías de diferente precisión es muy difícil.

En el apartado siguiente se realiza el cálculo de la tasa de transporte litoral en la playa, así como de la cantidad estimada de sedimento que actualmente rebasa su límite sur.

5.5. Cálculo del transporte litoral

Para el cálculo del transporte litoral en la playa de la Malva-rosa se ha determinado previamente el régimen de oleaje frente a la playa, antes de la zona de rotura. Para ello, se ha propagado el clima marítimo exterior hasta la costa, calculándose el nuevo régimen direccional en cada punto seleccionado.

Con este nuevo régimen direccional local de oleaje se han empleado dos sistemas de cálculo diferentes para determinar la tasa teórica anual de transporte en la playa:

El método del flujo de energía, conocido usualmente como la formulación del CERC.

Un modelo bidimensional de transporte de sedimentos, basado en una formulación determinista.

5.6. Régimen de oleaje frente a la playa. Metodología

Utilizando las propagaciones de oleaje exterior hasta la zona de estudio y el clima marítimo exterior, se ha determinado el clima marítimo local frente a la playa de la Malva-rosa.

Para efectuar la propagación del clima exterior hasta la costa, cada uno de los oleajes del clima marítimo exterior (mezcla de datos WANA y registros de boya, 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.

Las tablas de valores de dirección y coeficientes de propagación correspondientes a los oleajes en aguas someras son el resultado de las propagaciones en modelo matemático para este punto. Si el punto está en una zona de incidencia sin difracción, se aplica directamente el valor obtenido en la propagación general; en el caso de que el punto seleccionado se encuentre en zona afectada por la difracción, se aplica además el valor del coeficiente de difracción y la dirección del frente de oleaje proporcionado por las propagaciones específicas de difracción.

Para las direcciones de oleaje y periodos no incluidos en la propagación de oleaje, los coeficientes y ángulos finales de propagación se han calculado 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.

5.7. Resultados y orientación de equilibrio

Se ha calculado el régimen de oleaje en siete puntos situados a la cota -7.0 m frente a la playa (zona previa a la rotura del oleaje), propagando cada uno de los datos de oleaje WANA individuales disponibles, según la metodología explicada anteriormente.

La figura 5.14 muestra un ejemplo de los datos de oleaje propagados hasta el punto 1 desde el exterior. Tal y como se ha indicado, la propagación incluye ya los coeficientes y direcciones del oleaje resultantes de la difracción en las obras portuarias, en aquellos oleajes que se vean influidos por las mismas.

En la figura 5.15 se presentan las rosas del oleaje exterior propagado hasta diversos puntos frente a la playa de la Malva-rosa (cota -5 m).

Dirección de la energía media. En las figuras anteriores 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_b = Ángulo entre el oleaje en rotura y la línea de costa local.

ρ = Densidad del agua (1.025 Tn/m^3).

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.

En la figura 5.16 se compara la dirección media de la energía incidente con la orientación general de la línea de orilla frente a cada punto considerado. Puede observarse cómo se produce una desviación hacia el norte de la energía incidente calculada con respecto a la orientación de la costa, lo cual significa que el transporte litoral neto se dirige hacia el sur. Esta desviación es bastante constante a lo largo de los 3 km de playa analizados (1ª-2ª), excepto en el extremo sur.

5.8. Formulación del CERC

El transporte potencial longitudinal de sedimento se relaciona con la llamada componente longitudinal del flujo de energía, en la forma:

$$P = (E C_g)_b \sin(\theta_b) \cos(\theta_b)$$

Siendo E_b la energía del oleaje calculada en la zona de rotura,

$$E = \frac{\rho g H_b^2}{8}$$

Y C_{gb} la celeridad de grupo en la línea de rotura,

$$C_{gb} = \sqrt{g d_b} = \left[g \frac{H_b}{K} \right]^{1/2}$$

Siendo k el índice en rotura H_b/d_b . El término $(E C_g)_b$ se denomina flujo de energía del oleaje en la zona de rotura. La tasa de transporte litoral sumergido I_l se calcula como:

$$I_l = K P_l$$

Siendo K un coeficiente adimensional de calibración. En definitiva, el volumen de transporte total puede definirse como:

$$Q_l = (H^2 C_g)_b \left[a \sin \theta_{bs} \right]_b$$

$$a = \frac{K}{16 (\rho_s / \rho - 1) (1 - p) (1.416)^{5/2}}$$

Siendo la altura de ola empleada para el cálculo la altura media cuadrática H_{rms} .

El valor de la constante de calibración K ha sido ampliamente discutido en la literatura, con la intención de ligarlo a parámetros locales tales como el tamaño del sedimento, la pendiente del fondo y otros. Komar (1997) propone emplear un valor de $K = 0.70$ cuando se emplea la altura de ola media cuadrática en rotura, $H_{b,rms}$, mientras que el valor $K = 0.35$ se emplearía conjuntamente con la altura de ola significativa $H_{b,s}$.

El parámetro de calibración utilizado para el cálculo de la tasa de transporte ha sido $K = 0.20$, valor resultante de calibraciones realizadas en otros lugares del litoral de levante español por HIDTMA. La altura de ola empleada ha sido la altura significativa H_s .

La evaluación de las características del oleaje en rotura se ha realizado mediante la relación $(H/d)_b = 0.65$.

Con estos valores se han realizado los cálculos del transporte litoral de sedimentos según la formulación del CERC, calculando la tasa de transporte generada por cada uno de los oleajes que componen el régimen direccional frente a la playa.

La figura 5.17 muestra el resultado del cálculo de la tasa neta de transporte anual para cada uno de los 7 puntos de referencia seleccionados a lo largo de los 3 km finales de la playa de la Malva-rosa. En la gráfica puede verse cómo se producen variaciones sensibles del resultado en cada uno de los puntos de control, con valores del transporte situados en el rango 10-20.000 $m^3/año$.

En la figura 5.18 se presenta el cálculo de la tasa de transporte para cada uno de los dos sentidos del mismo. En esta figura se aprecia cómo los transportes en cada sentido son del orden de 70-80.000 $m^3/año$, cifras que parecen ser algo elevadas para las evidencias sobre el movimiento de los sedimentos registradas en la playa.

En la figura 5.19 se presenta la distribución angular de cada una de las tasas de transporte calculadas para los puntos que componen el clima marítimo.

5.9. Modelo bidimensional

Se ha realizado el cálculo de la tasa de transporte litoral mediante el modelo bidimensional Mike21-ST, el cual determina la corriente litoral asociada a un oleaje, y la tasa de transporte generada por dicha corriente. El modelo parte de la simulación de la altura de ola (Modelo Mike21-NS), el cual calcula la tensión de radiación del oleaje, consistente en una contribución debida al exceso de presión (F_p) y otra debida a la cantidad de movimiento (F_m), de forma que:

$S_{11} = F_p + F_m$ (dirección perpendicular a la propagación)

$S_{22} = F_p$ (dirección paralela a la propagación)

De forma que las componentes normal (S_{xx}) y tangencial (S_{xy}) a la costa se escriben como:

$$S_{xx} = \frac{S_{11} + S_{22}}{2} + \frac{S_{11} - S_{22}}{2} \cos(2a)$$

$$S_{xy} = \frac{S_{11} - S_{22}}{2} \sin(2a)$$

Es el gradiente de esta última componente la que genera la corriente litoral. La disipación de la energía del oleaje fuera de la zona *surf* es baja, y la componente S_{xy} es constante cuando el flujo de energía es cero. En la zona *surf* aumenta la disipación, y esta componente decrece hacia la costa. La corriente generada por su gradiente es contrarrestada por la fricción en el fondo y por la turbulencia generada por el oleaje, de forma que la corriente litoral resultante se expresa en la forma:

$$-\frac{\partial S_{xy}}{\partial x} = \tau_b - \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho E D \frac{\partial V}{\partial x} \right)$$

Para la descripción hidrodinámica de la corriente se utilizan relaciones clásicas, tales como las de la distribución logarítmica de la velocidad y la distribución parabólica de la viscosidad *Eddy*:

$$\varepsilon = U_f \cdot K y(1 - y/D)$$

Donde:

U_f = Velocidad tangencial, $U_f = T_b/\rho$

T_b = Tensión tangencial del fondo.

ρ = Densidad del agua.

k = Constante de von Karman (aprox. 0.4).

D = Profundidad.

En el caso de la acción conjunta del oleaje y la corriente, el movimiento orbital de las partículas del agua en las proximidades del fondo inducirá un aumento considerable de los valores instantáneos de la tensión tangencial del fondo y un elevado aumento de la distribución de viscosidad *Eddy* dentro de la capa límite del oleaje. Esta acción conjunta ha sido descrita por la teoría de Fredsoe (1984). En él se asume que el perfil de velocidades en la capa límite del oleaje es logarítmica. El modelo anterior, en combinación con el de Fredsoe, proporciona las bases para los cálculos de transporte de sedimentos en condiciones de rotura del oleaje.

En el modelo aplicado, el transporte por fondo se expresa en función de una tensión tangencial de fondo adimensional:

$$\phi_b = \phi_b(\theta)$$

Donde el transporte por fondo adimensional se define como:

$$\phi_b = \frac{q_b}{(s-1)g d^3}$$

Donde:

q_b = Transporte de por fondo ($m^3/s/m$).

s = Densidad relativa del sedimento.

g = Aceleración de la gravedad.

d = Tamaño medio del sedimento.

La concentración de material en suspensión se determina por medio de la ecuación de la difusión vertical, la cual establece que el cambio en la concentración del sedimento está causado por la difusión turbulenta y la sedimentación.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y}(\varepsilon_s \frac{\partial c}{\partial t}) + \omega \frac{\partial c}{\partial y}$$

Donde los parámetros anteriores se definen como:

c = Concentración del sedimento.

ε_s = Coeficiente de difusión turbulenta (igual a la viscosidad Eddy).

ω = Velocidad de sedimentación del material suspensión.

La condición de contorno inferior para la ecuación de la difusión es muy importante para el cálculo de la cantidad de sedimento en suspensión. Engelund y Fredsoe (1976) expresaron la concentración en el fondo c_b en $y = 2d$ como una función de θ :

$$c_b = c_b(\theta)$$

La relación para la concentración de fondo está basada en las ideas de Bagnold (1954): Los granos en el fondo que no están en movimiento pueden estar sujetos únicamente a una cierta tensión tangencial de fondo (de otra forma comenzarían a moverse). El exceso de tensión tangencial de fondo debe ser transferido a este a través de las partículas de la carga de fondo y de las colisiones entre las partículas en suspensión cerca del fondo. El sedimento necesario en

suspensión para transmitir la tensión tangencial de fondo determina la magnitud de c_b . c_b se considera que varía con el tiempo, utilizando el valor instantáneo de θ .

La carga de transporte en suspensión se calcula como la integral en la vertical del producto de la velocidad del flujo, U y la concentración de sedimento:

$$q_s = \int_0^D c U dy$$

Donde D es la profundidad del flujo. En condiciones inestables (con oleaje) q_s está promediado en el tiempo.

Se ha procedido a aplicar el modelo descrito anteriormente para la playa de la Malva-rosa. Dado lo laborioso del cálculo en modelo bidimensional, las direcciones de oleaje simuladas han sido las correspondientes a las orientaciones 60°, 70°, 110° y 130° (referidos al norte), con alturas de 1.0 m, 2.0 m y 4.0 m. Las direcciones y alturas de ola restantes han sido obtenidas mediante interpolación lineal.

En el Anexo 6. Modelo bidimensional de transporte: Resultados, se muestran todos los gráficos con los cálculos de oleaje, corriente litoral y tasa de transporte obtenidos.

En la zona de escollera del Puerto se ha eliminado el proceso de rotura de oleaje, dado que éste estaría falseado en el modelo por alejarse de su rango de validez.

Por tanto, en esta zona apenas se generan corrientes del oleaje, y las únicas existentes son las debidas al flujo que llega desde la playa al norte.

Para la obtención de resultados se han seleccionado una serie de perfiles a lo largo de los 3 km de playa simulados, y se ha obtenido en cada uno de ellos el transporte transversal de sedimentos calculado para cada dirección y altura de ola ensayada. Las figuras 5.20 y 5.21 muestran las tasas de transporte longitudinal extraídas a lo largo de los 226 perfiles definidos para cada uno de los oleajes ensayados.

La figura 5.22 muestra un ejemplo de los cálculos de transporte bidimensionales para los oleajes provenientes del N-60°-E, mientras que la figura 5.23 muestra el mismo ejemplo para los oleajes provenientes del N-130°-E.

Aplicando el régimen medio direccional de oleaje que llega hasta la playa de la Malva-rosa se calcula la tasa anual de transporte litoral a lo largo de la zona modelizada, tal y como se representa en la figura 5.24. En esta figura se aprecia cómo la tasa de transporte tiene un valor de unos 20-25.000 m³/año a lo largo de los primeros 1.500 m de playa modelizados (perfiles 1 a 100),

descendiendo ligeramente hasta 15-20.000 m³ en los siguientes 1.000 m. La tasa de transporte longitudinal cae bruscamente al llegar al frente escollado de la primera alineación del dique del Puerto.

5.10. Descripción final del transporte

Como resumen de los cálculos realizados en apartados anteriores, se comprueba que en la costa al norte de Valencia existe una capacidad de transporte neto muy elevada, que puede alcanzar los 100-130.000 m³/año en sentido norte-sur en algunos tramos, dada la elevada oblicuidad del litoral con respecto al clima marítimo exterior.

Sin embargo, los cambios de orientación experimentados por las playas y las drásticas reducciones de los aportes naturales de sedimento a la costa de Castellón y Valencia, combinadas con la construcción de obras de defensa portuarias como las de Sagunto, Poble de Farnals y Port Saplaya, han reducido drásticamente los aportes reales de sedimento al sur de Port Saplaya. Esta reducción de aportes ha ocasionado un lento proceso de cambio de orientación de las playas, el cual ha permitido una reducción de las tasas de transporte y un acomodo progresivo de toda la unidad a las nuevas condiciones de contorno.

Teniendo en cuenta el crecimiento global de las playas de Alboraya y la Malva-rosa, y las extracciones de sedimento efectuadas en ellas durante las dos últimas décadas, la acumulación media anual de sedimentos en estas dos playas ha sido de unos 27-30.000 m³/año (periodo 1981-2001). Este resultado es la suma de los 7-10.000 m³/año de material que se ha acumulado en el tramo, según manifiesta el seguimiento de su evolución, más los 20.000 m³/año de extracción media anual de material registrado en el periodo. Puesto que se trata de valores medios referidos a un sector de costa, cuya entrada neta de sedimentos desde el norte es claramente decreciente, es lógico estimar que la tasa real actual de acumulación media anual haya descendido sustancialmente con respecto al valor de 27-30.000 m³/año del periodo global 1981-2001.

El orden de magnitud de la tasa de transporte anterior coincide bastante bien con la calculada mediante modelo bidimensional de transporte (20-25.000 m³/año a lo largo de los primeros 1.500 m de playa modelizados y 15-20.000 m³ en los siguientes 1.000 m), así como con los cálculos realizados mediante la formulación del CERC (10-20.000 m³/año, en función del punto considerado).

En lo que respecta al transporte en sentido sur, el modelo bidimensional indica un transporte en sentido sur en torno a 35-45.000 m³/año, mientras que la formulación del CERC indica una tasa en el mismo sentido de 80.000 m³/año. Para el transporte en sentido norte, el modelo bidimensional indica un valor en torno a los 20.000 m³/año, mientras que la formulación del CERC indica una tasa de 60-70.000 m³/año.

Por tanto, y teniendo en cuenta que las coincidencias entre los distintos métodos de cálculo son significativas, y que el seguimiento de la línea de orilla arroja una tasa media extendida a las dos últimas décadas, se puede adoptar para la zona central de la playa de la Malva-rosa una tasa de transporte neta anual actual de unos 20-25.000 m³/año en sentido sur, que se divide en un transporte en sentido sur de 40-45.000 m³/año y un transporte en sentido norte de unos 20.000 m³/año.

En el extremo sur de la playa de la Malva-rosa se adoptará una tasa de transporte neta anual actual de unos 15-20.000 m³/año en sentido sur, que se divide en un transporte en sentido sur de 35-40.000 m³/año y un transporte en sentido norte de 20.000 m³/año.

Tal y como se ha puesto de manifiesto anteriormente, a lo largo de los últimos 15 años no se aprecia una acumulación sensible de sedimentos frente al Puerto, siendo por tanto el valor del transporte litoral que rebasa el límite sur de la playa de la Malva-rosa muy reducido.

Según las cifras de transporte calculadas mediante el modelo bidimensional, se puede estimar que este rebase de sedimentos será inferior a 10-15.000 m³/año, estando compuesto el material transportado hasta el frente del Puerto por fracciones muy finas que, o bien se depositan en zonas amplias y profundas de los fondos cercanos, o bien son llevadas hacia el exterior del Puerto.

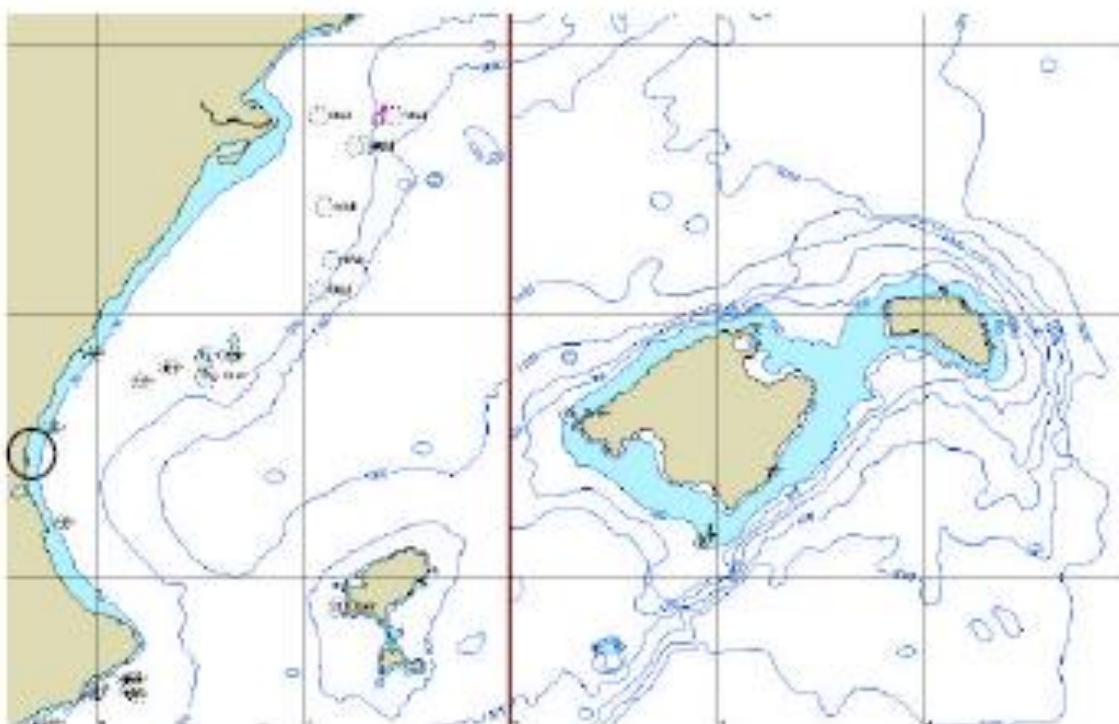
Puesto que la pérdida de material transportable al norte de la Malva-rosa ha sido progresiva durante las últimas décadas, es lógico suponer que la tasa actual de entrada de sedimentos a la playa de Alboraya es netamente inferior a los 20-25.000m³/año de capacidad de transporte que aún mantiene la Malva-rosa. De esta forma, el resultado evolutivo de la unidad ha sido un basculamiento general de la unidad hacia el sur, con erosión al norte de la playa de Alboraya y acreción en la zona central y sur de la Malva-rosa.

Empleando los resultados del modelo bidimensional se ha calculado la distribución transversal anual de la tasa de transporte a lo largo del perfil de la playa de la Malva-rosa. Siguiendo el mismo método de cálculo del transporte longitudinal medio anual, esta distribución se ha obtenido mediante la integración según el clima marítimo medio anual de los temporales ensayados en el modelo bidimensional.

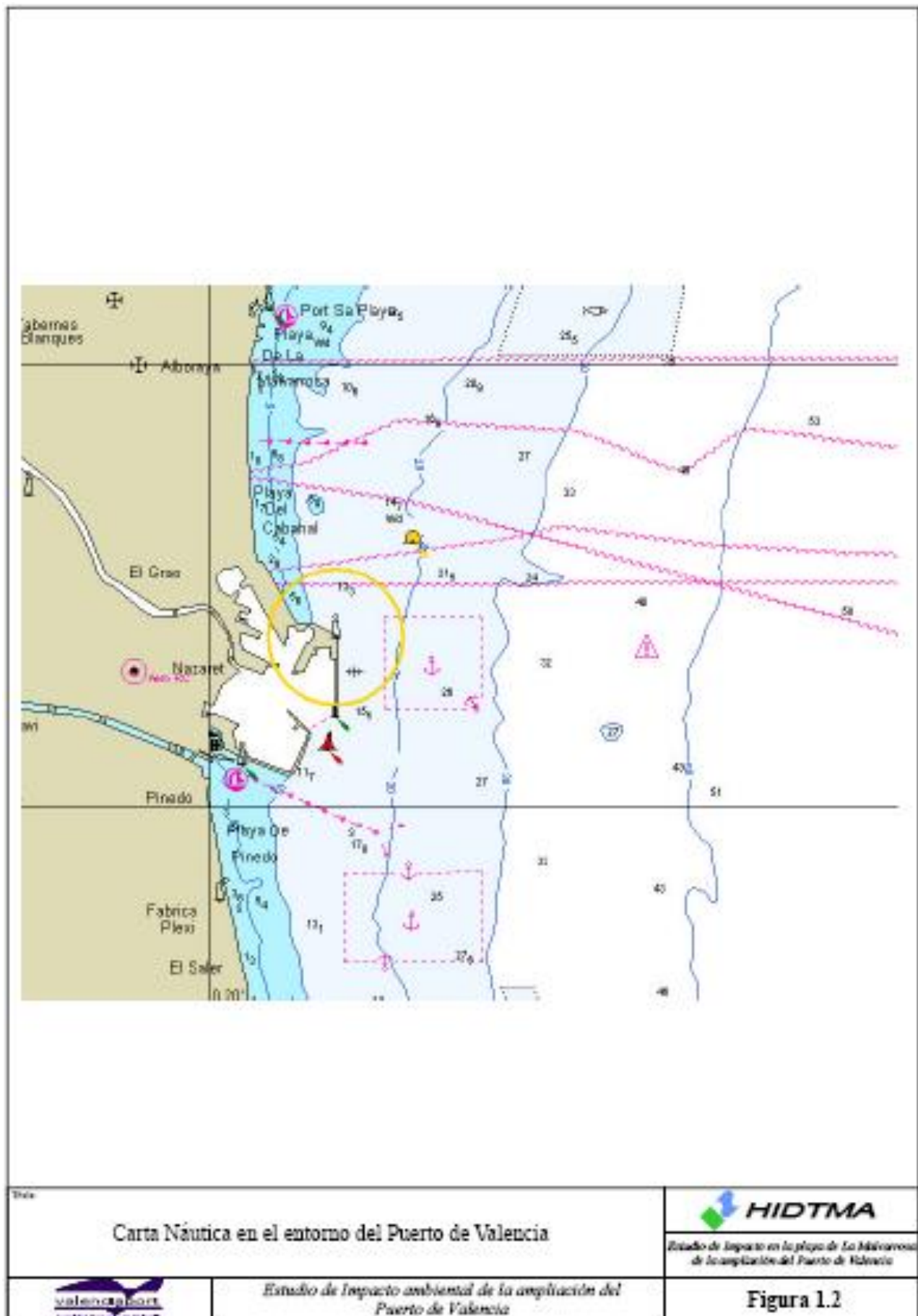
La figura 5.26 muestra el resultado del cálculo efectuado con las distribuciones medias anuales de las tasas de transporte transversal brutas y netas a lo largo de un perfil medio de la playa. En esta figura puede verse cómo la mayor parte del transporte litoral se produce a profundidades menores a los 4-5 m, mientras que el tramo con un mayor transporte se sitúa en el sector de 1-2 m de profundidad del perfil.

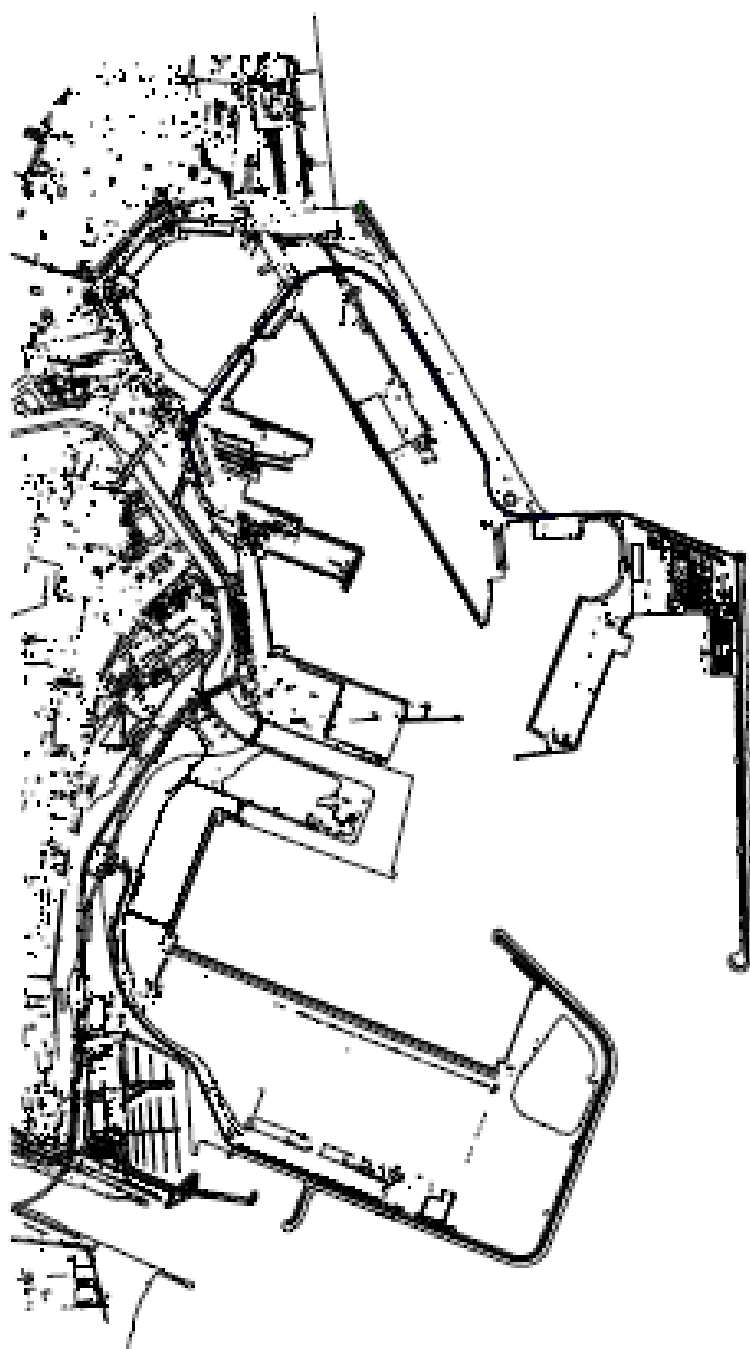






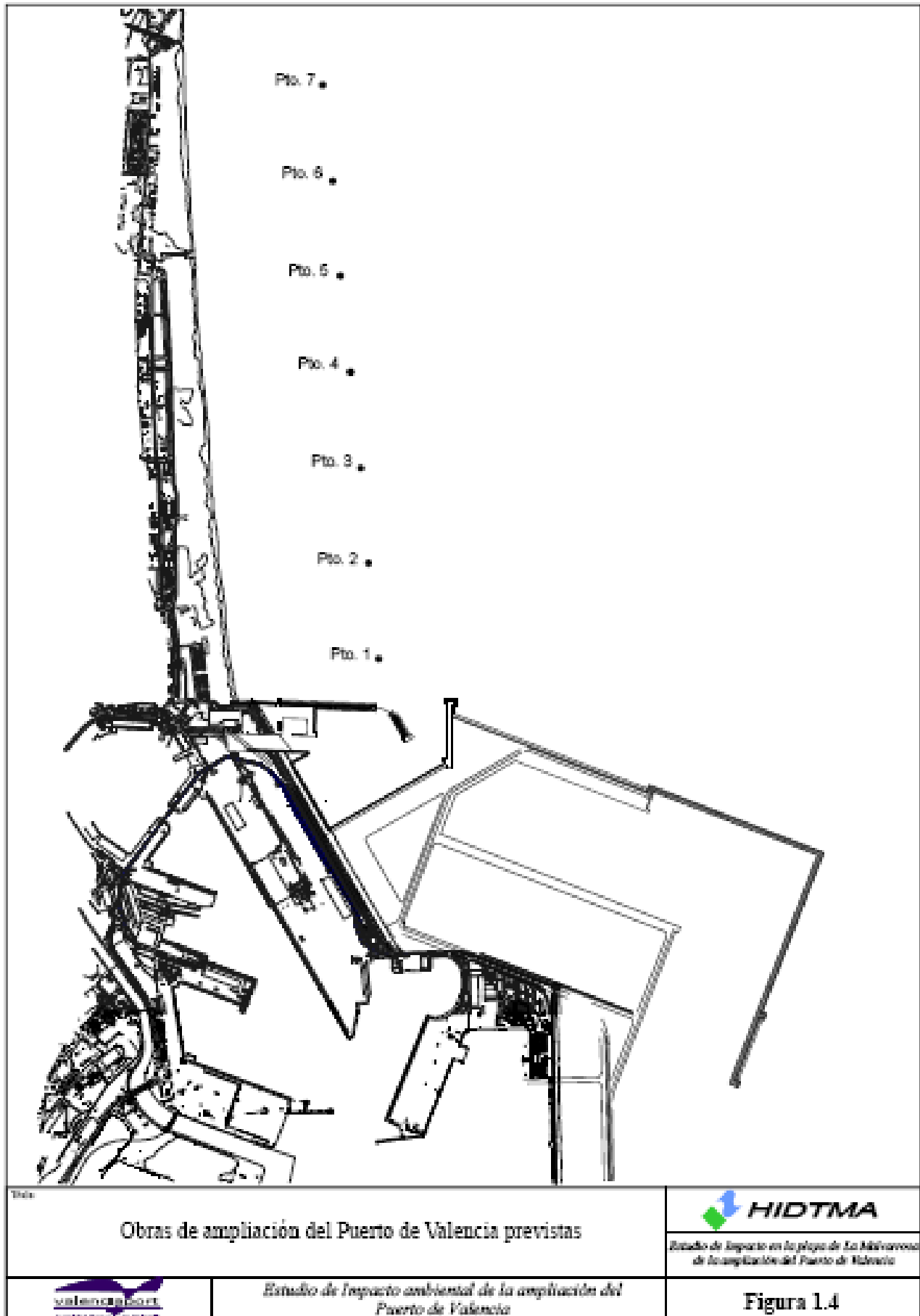


	<p>Plano de situación</p>	<p>Estudio de Impacto en la playa de La Malvarrosa de la ampliación del Puerto de Valencia</p>
	<p>Estudio de Impacto ambiental de la ampliación del Puerto de Valencia</p>	<p>Figura 1.1</p>





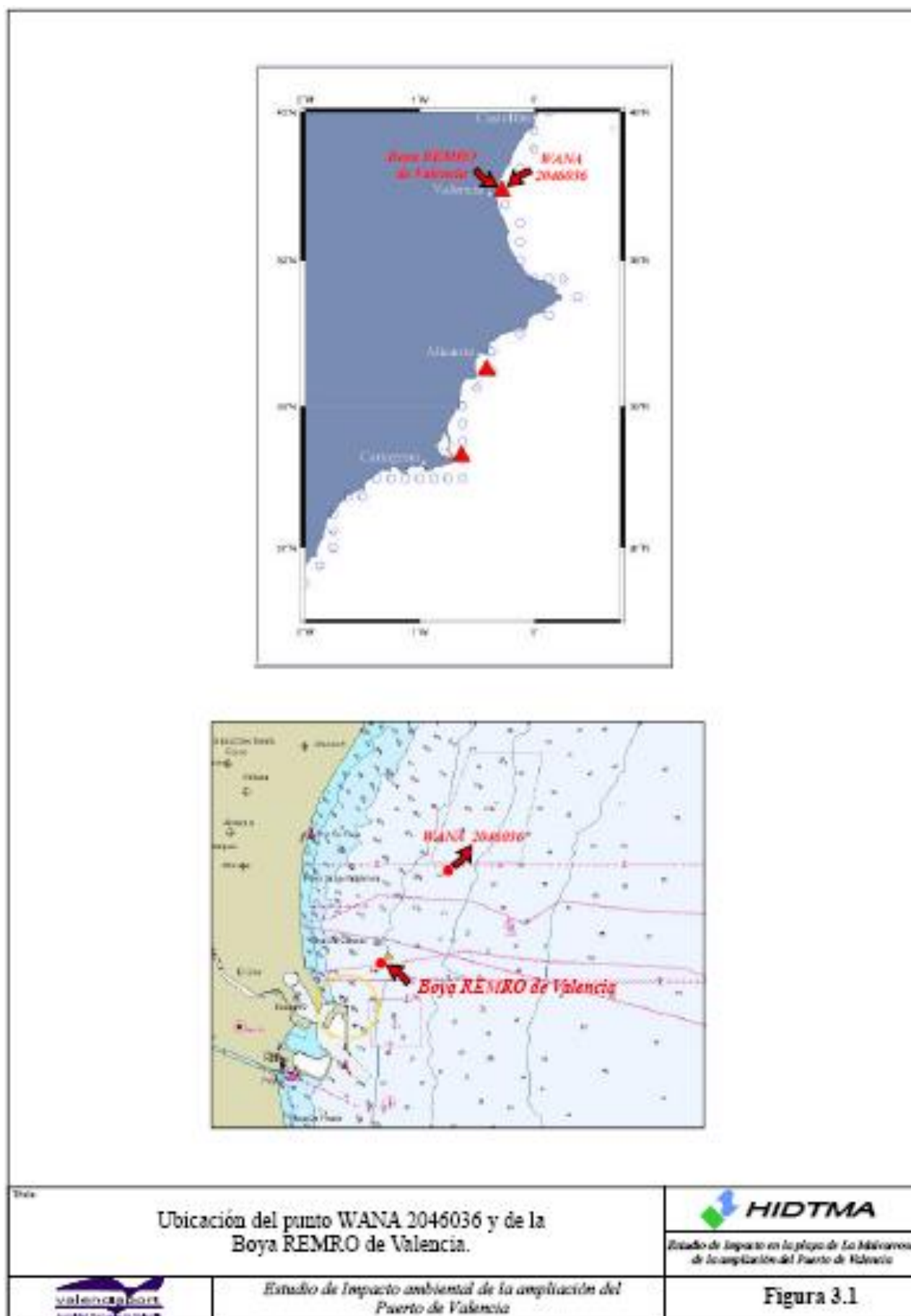


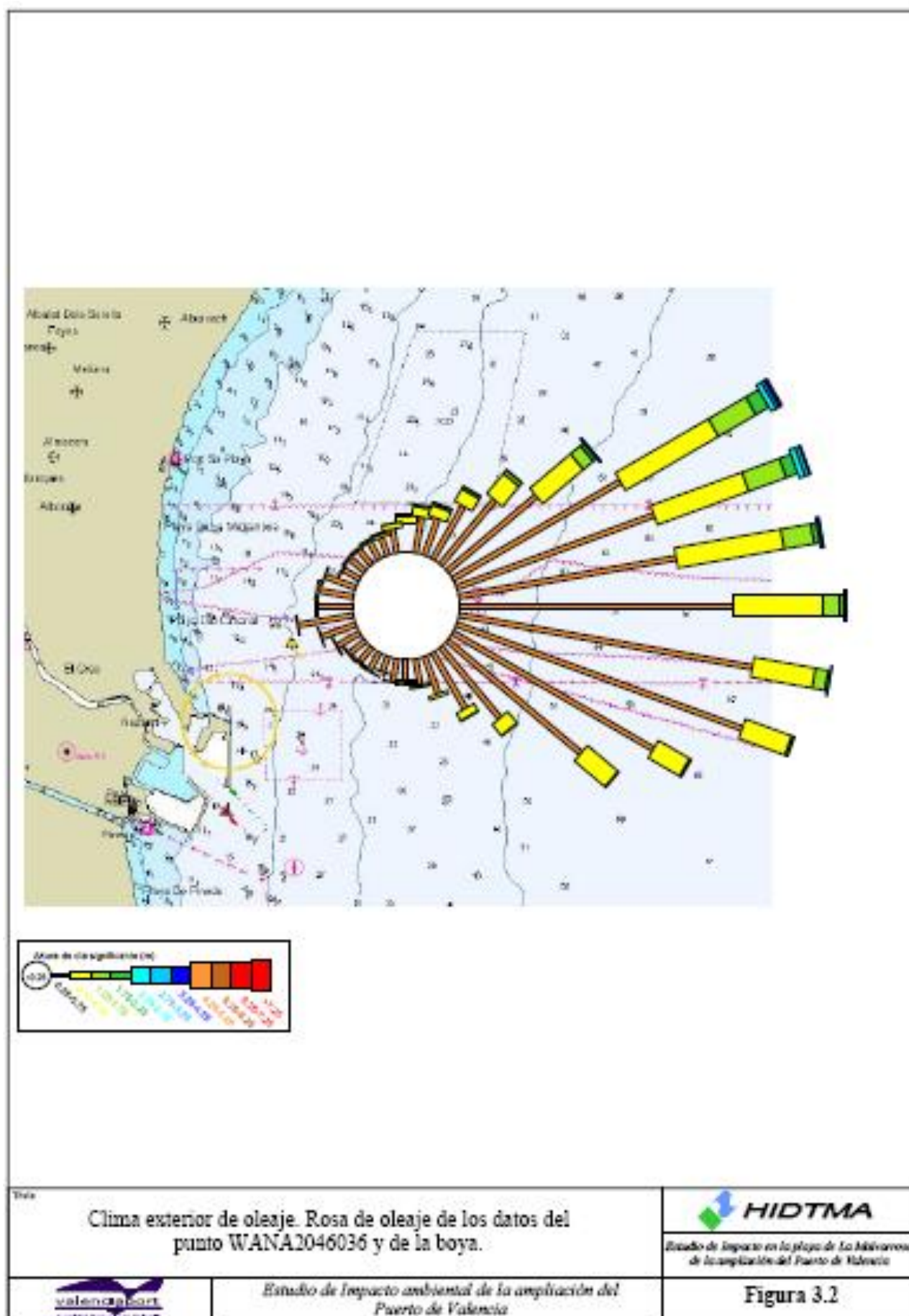
Título		
Estado actual del puerto, sin obras de la Nueva Bocana		Estudio de Impacto en la playa de La Malva-Rosa de la ampliación del Puerto de Valencia
	Estudio de Impacto ambiental de la ampliación del Puerto de Valencia	Figura 1.3

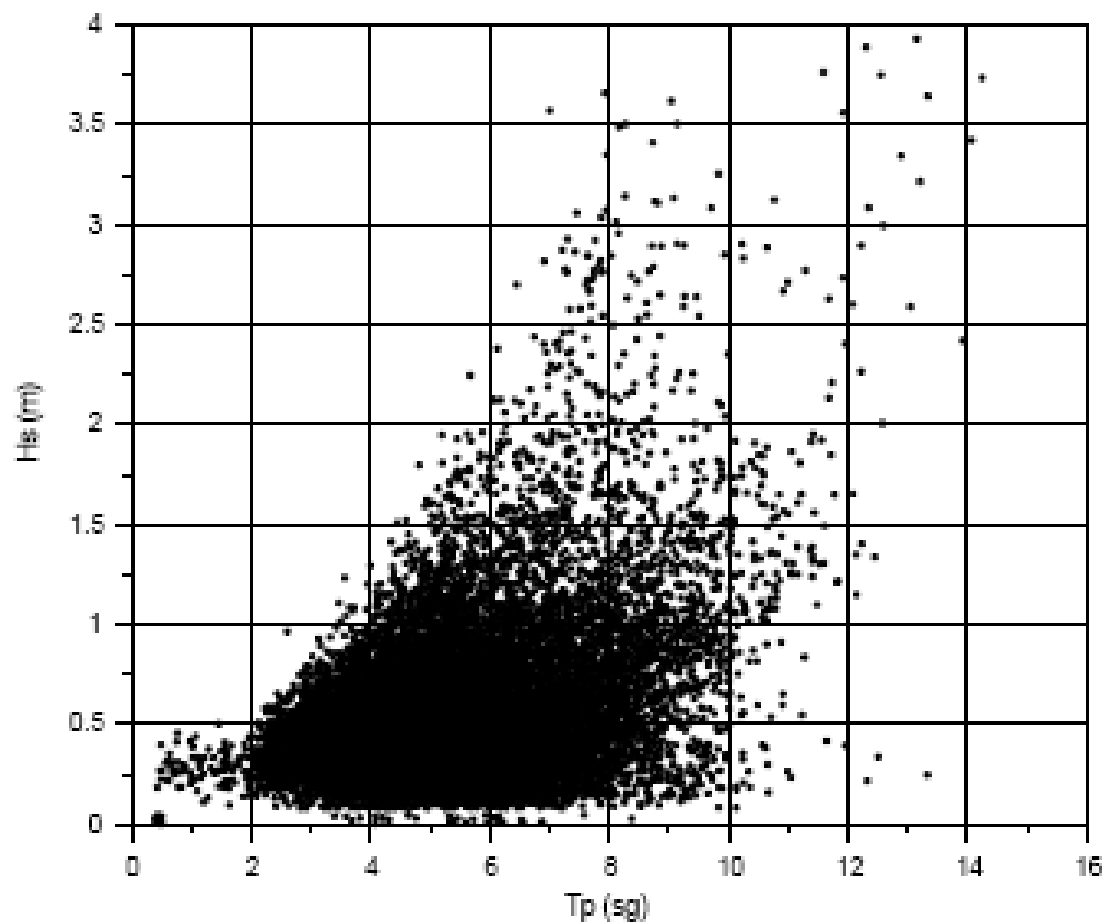




Título		 HIDTMA
Fotografía aérea del puerto de Valencia y playa de la Malvarrosa		Estado de Impacto en la playa de La Malvarrosa de la ampliación del Puerto de Valencia
	Estudio de Impacto ambiental de la ampliación del Puerto de Valencia	Figura 1.5







Título:

Relación entre los valores de H_s y T_p de los datos de oleaje empleados

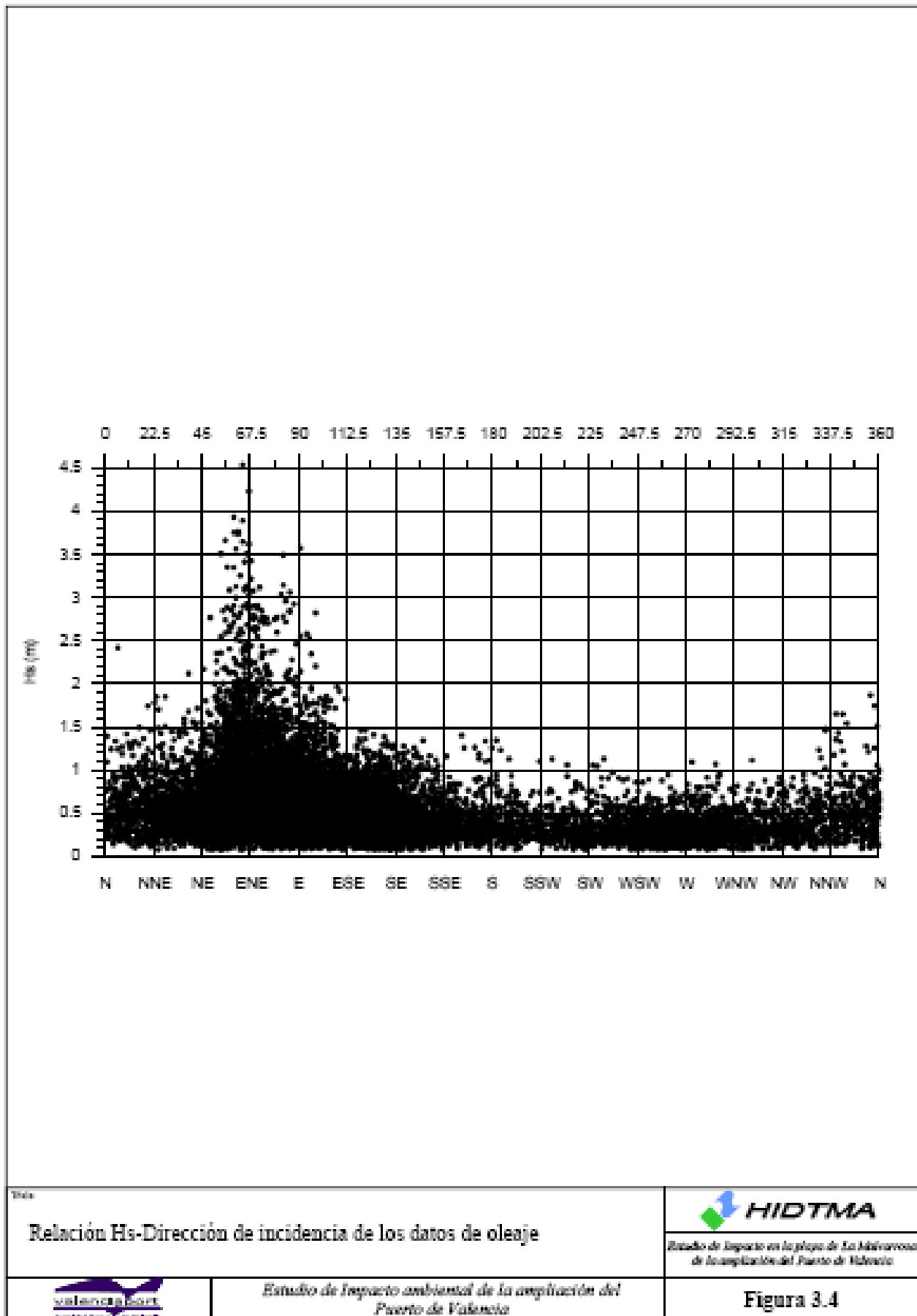


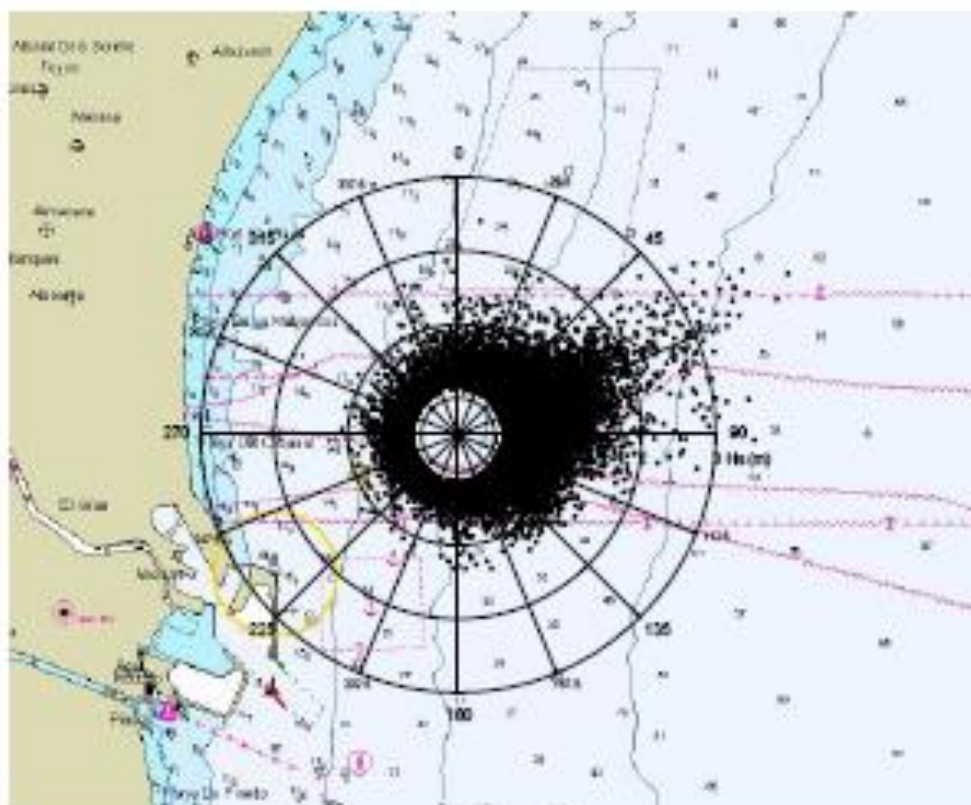
Estudio de Impacto en la playa de La Malva-Rosa de la ampliación del Puerto de Valencia



Estudio de Impacto ambiental de la ampliación del Puerto de Valencia

Figura 3.3





Titulo

Representación angular de los datos de oleaje
Combinación de punto WANA2046036 y datos de boya.

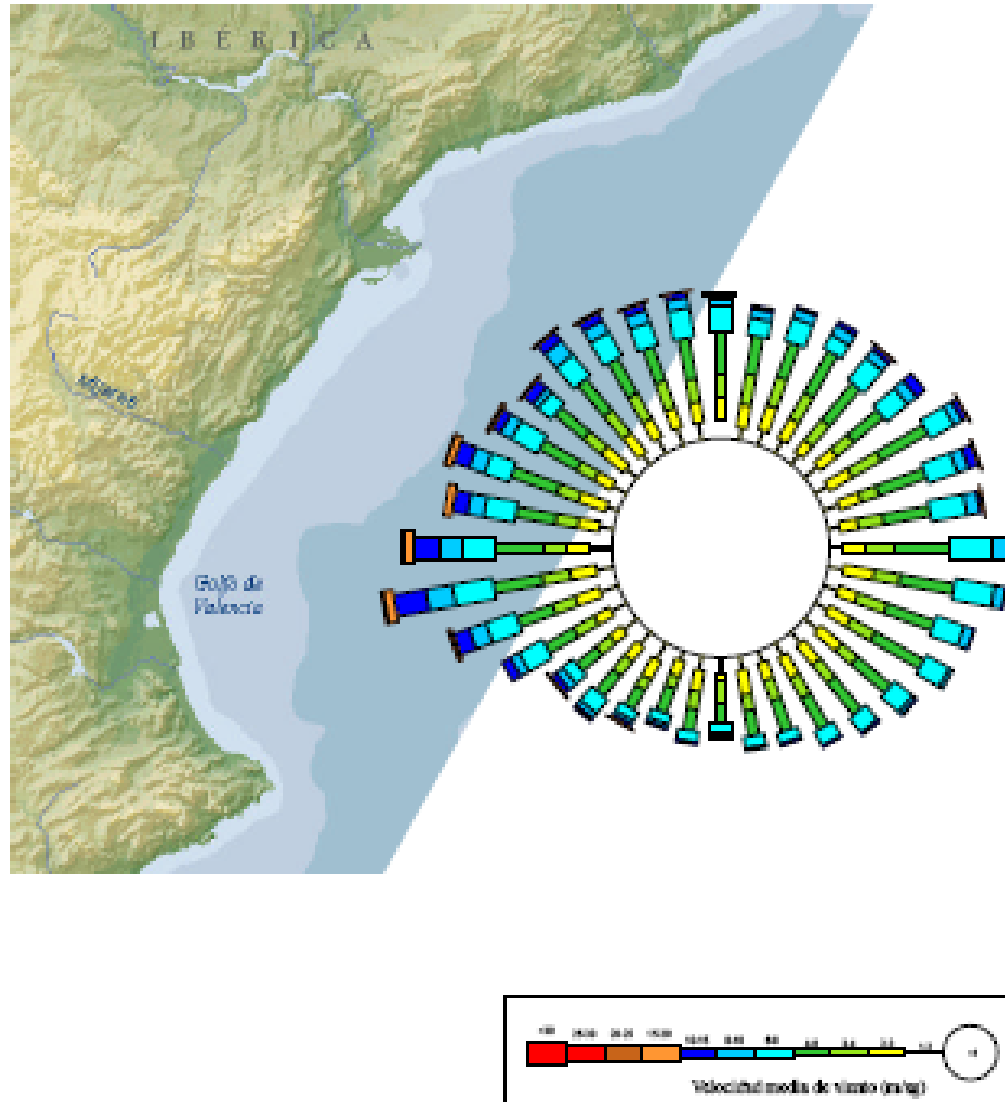


Estudio de Impacto en la playa de La Malvarrosa
de la ampliación del Puerto de Valencia



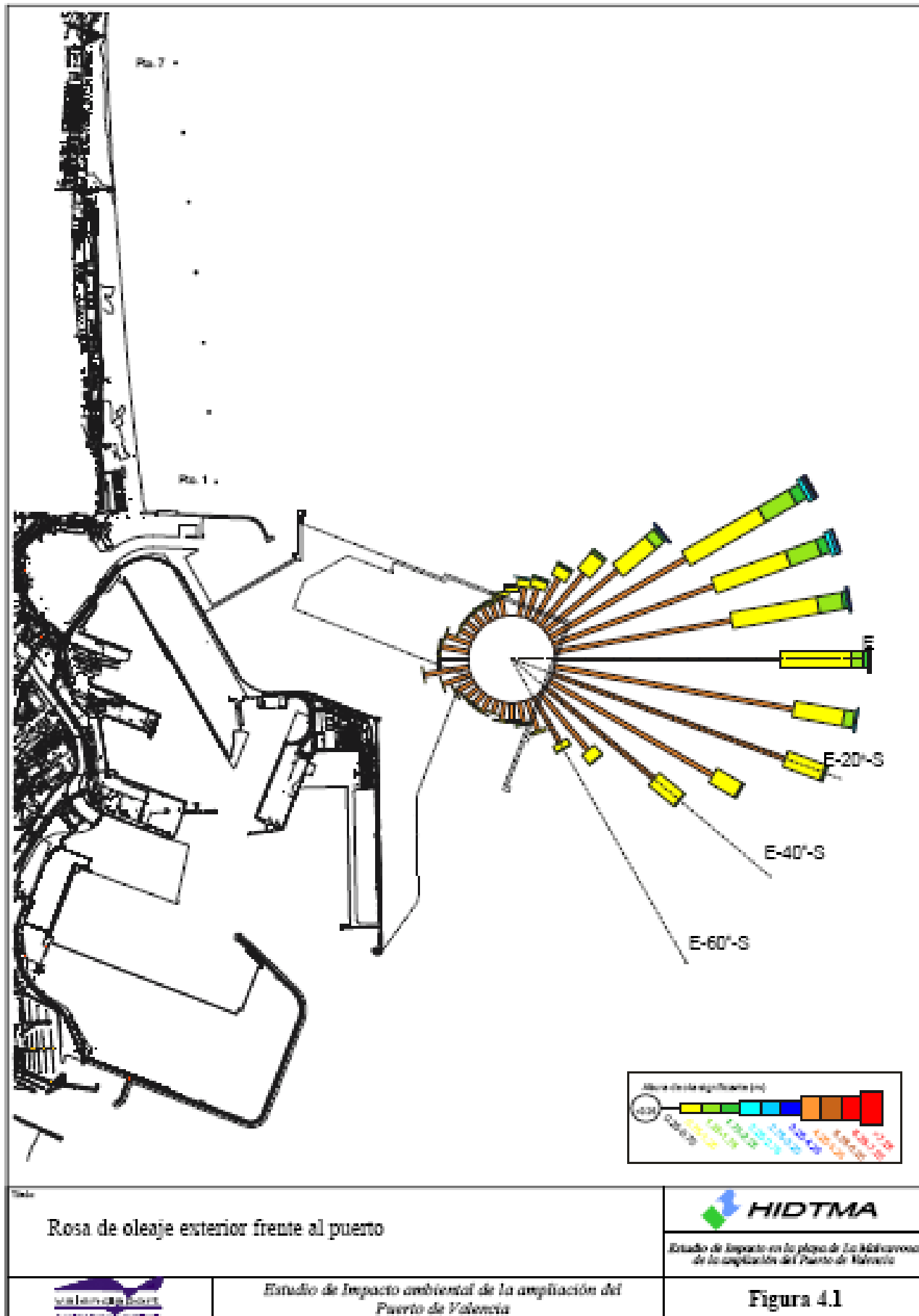
Estudio de Impacto ambiental de la ampliación del
Puerto de Valencia

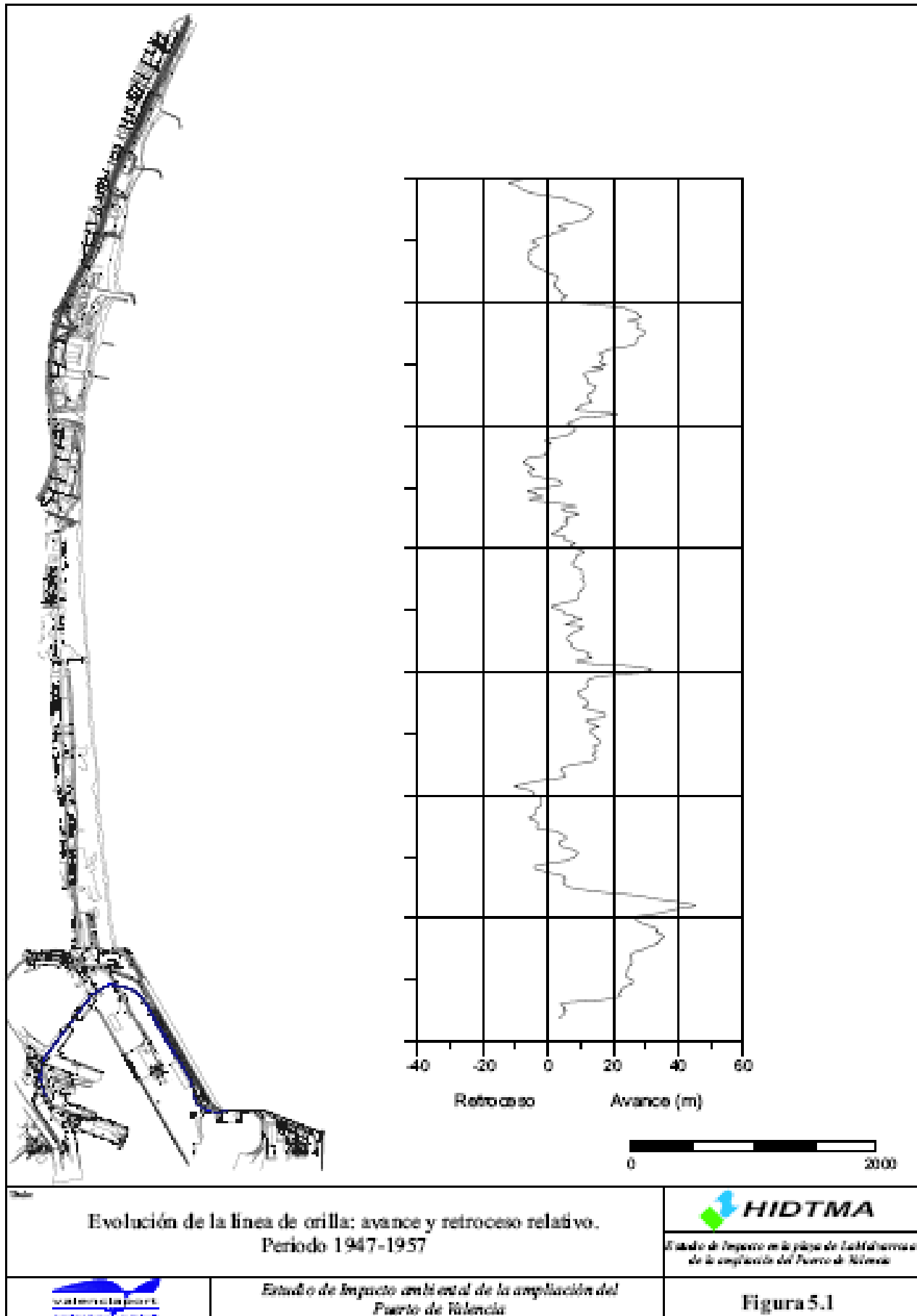
Figura 3.5

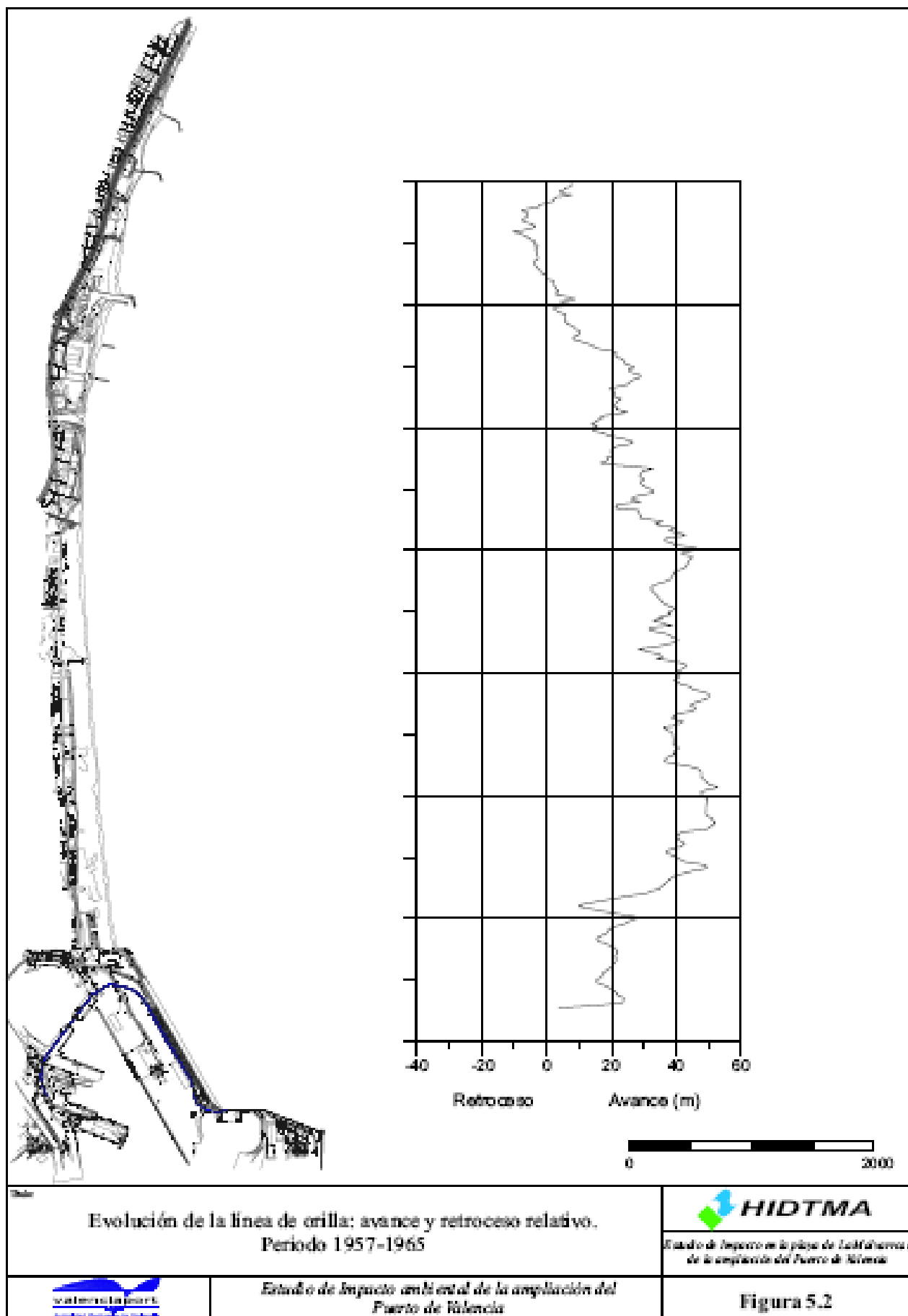


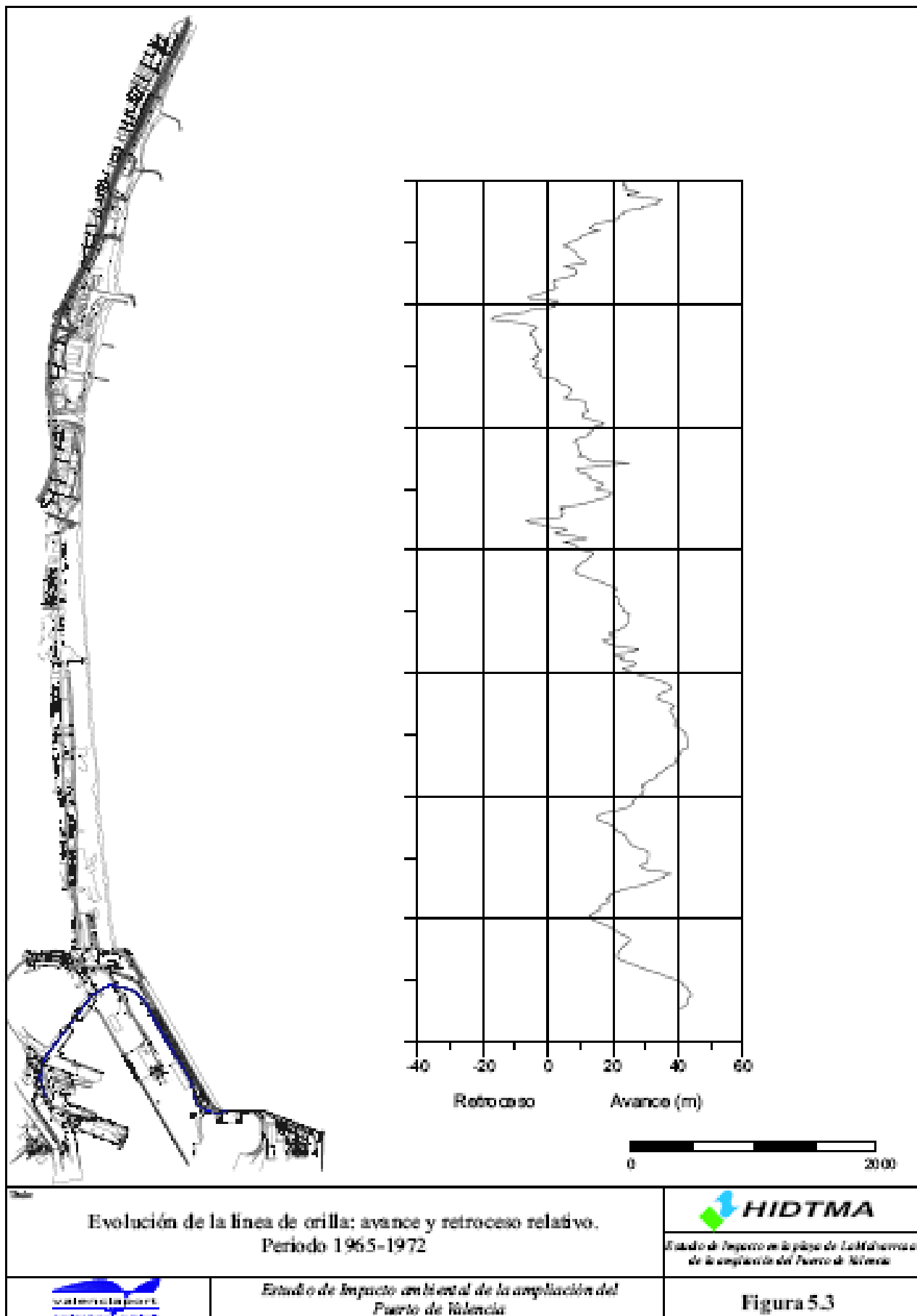
<p>Título</p> <p>Rosa de vientos calculada a partir de los datos del punto WANA</p>		<p>HIDTMA</p> <p>Estudio de Impacto en la playa de La Malva-Rosa de la ampliación del Puerto de Valencia</p>
<p>Valencia Smart</p>	<p>Estudio de Impacto ambiental de la ampliación del Puerto de Valencia</p>	

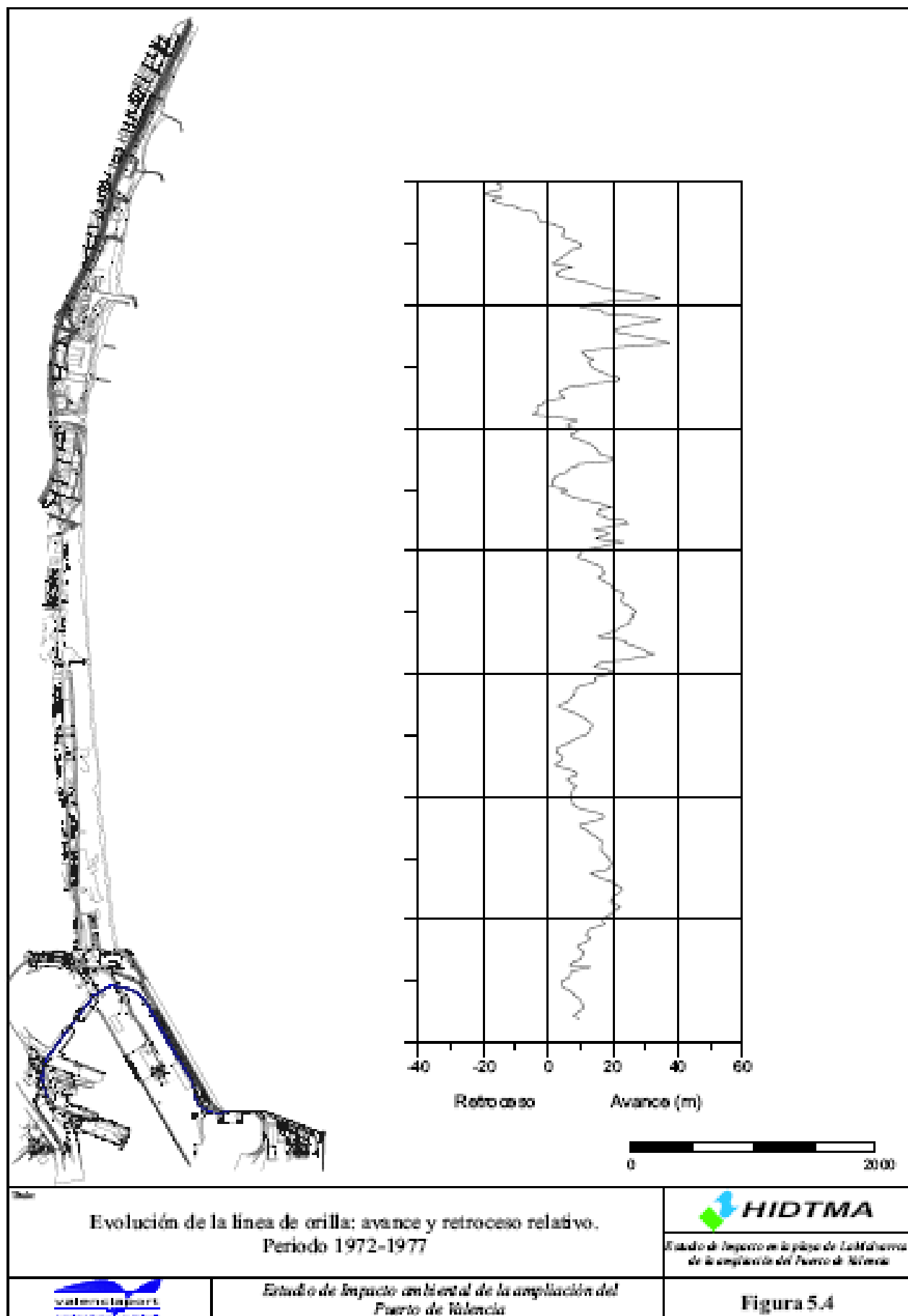
Figura 3.6

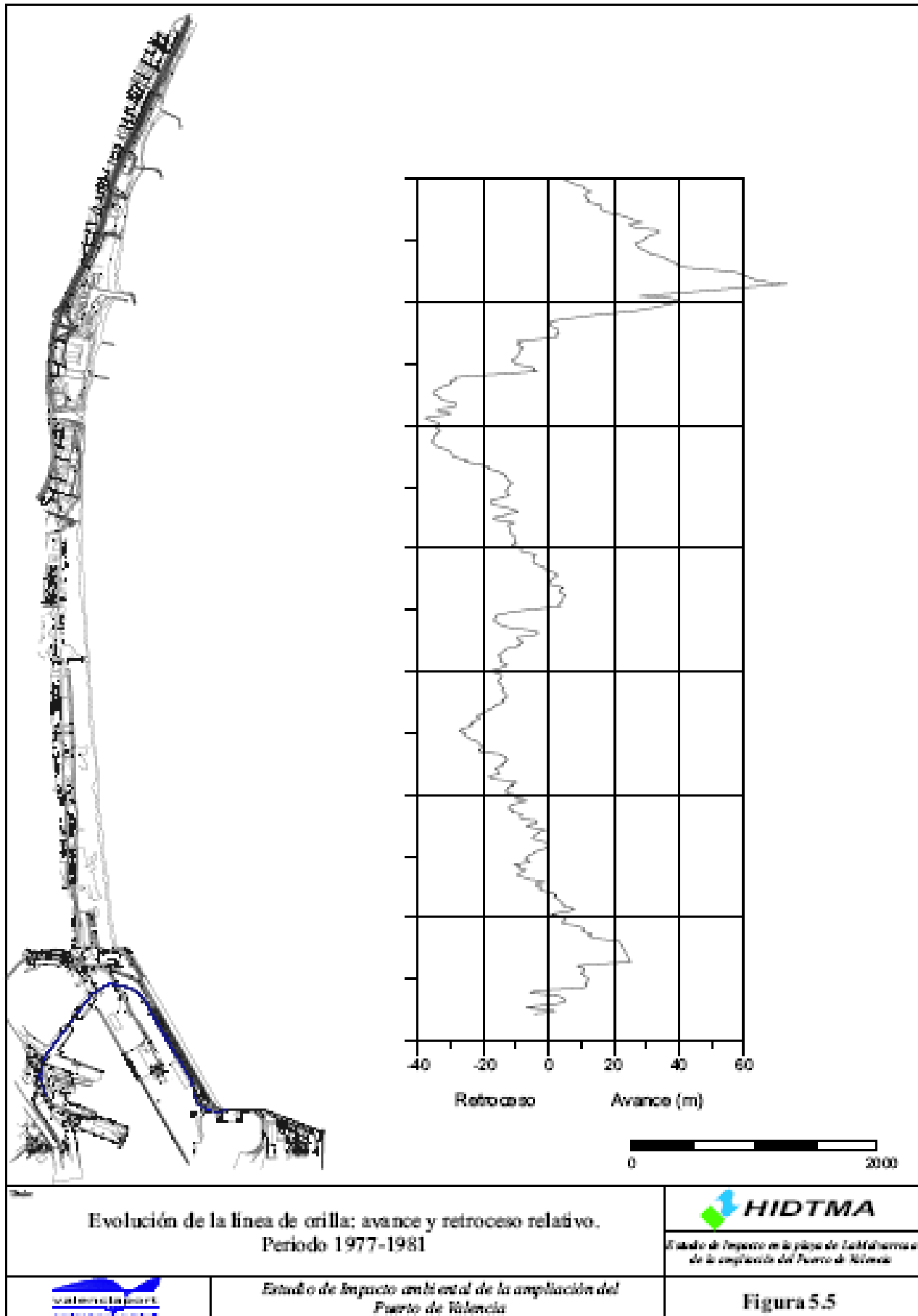


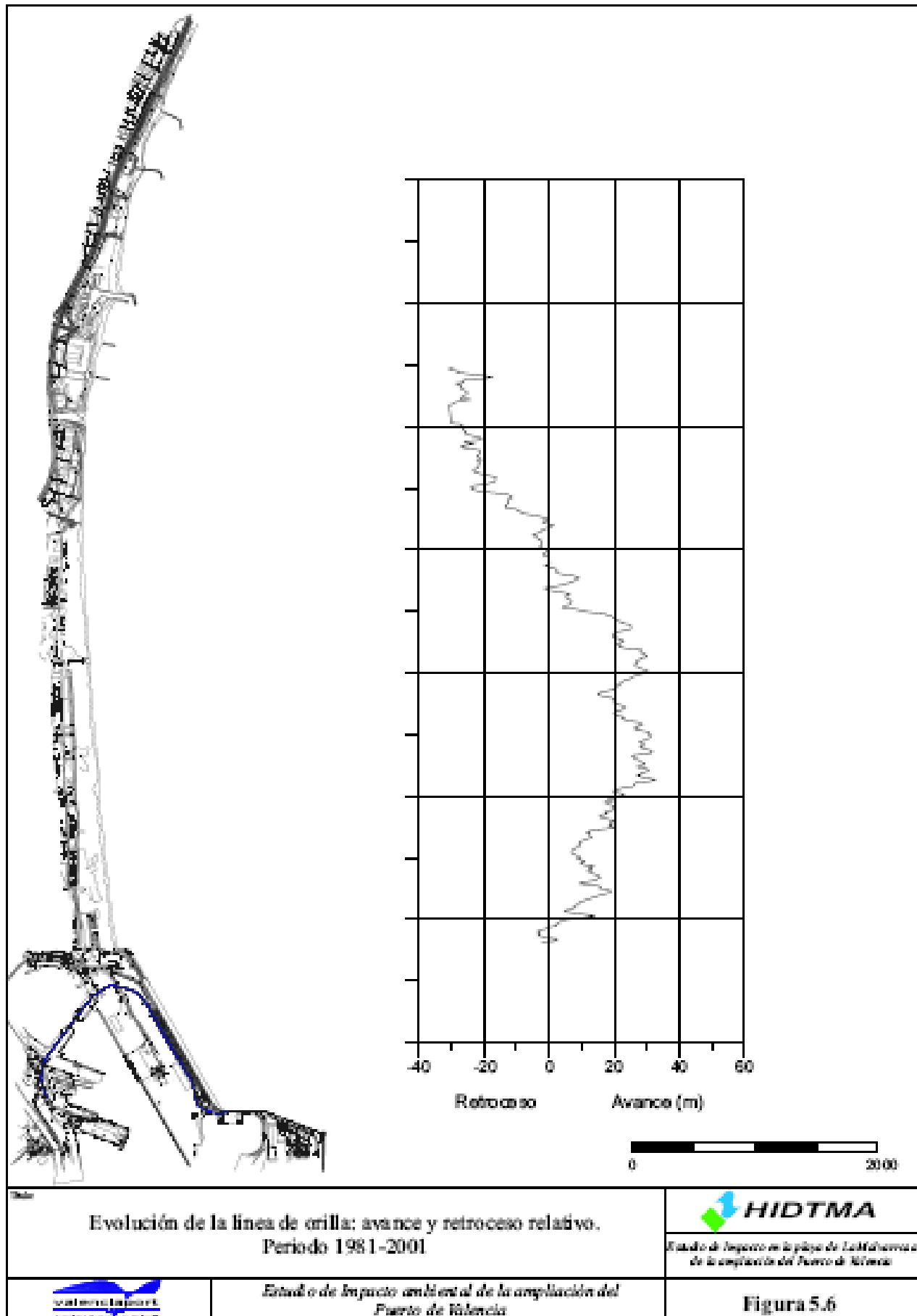


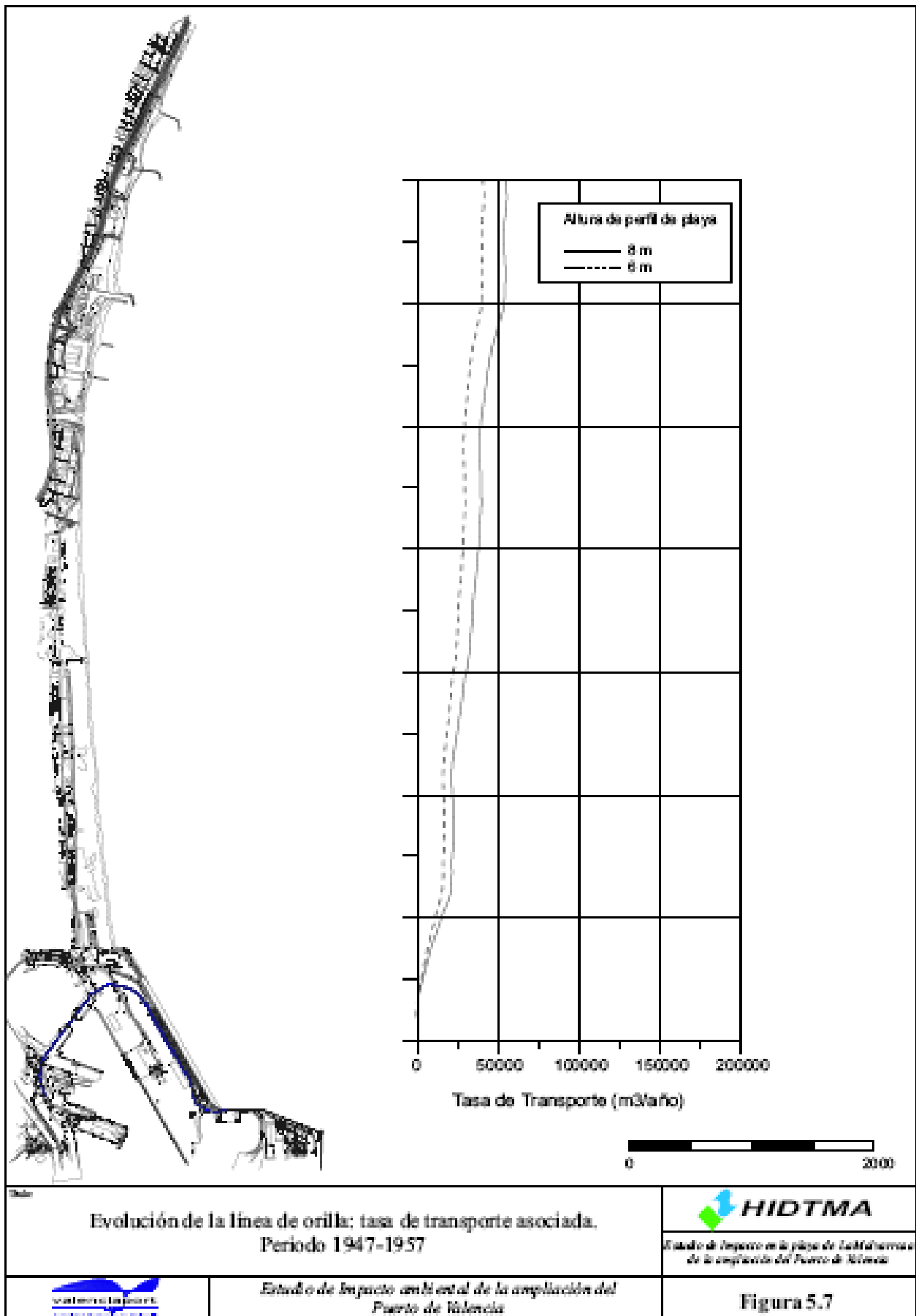


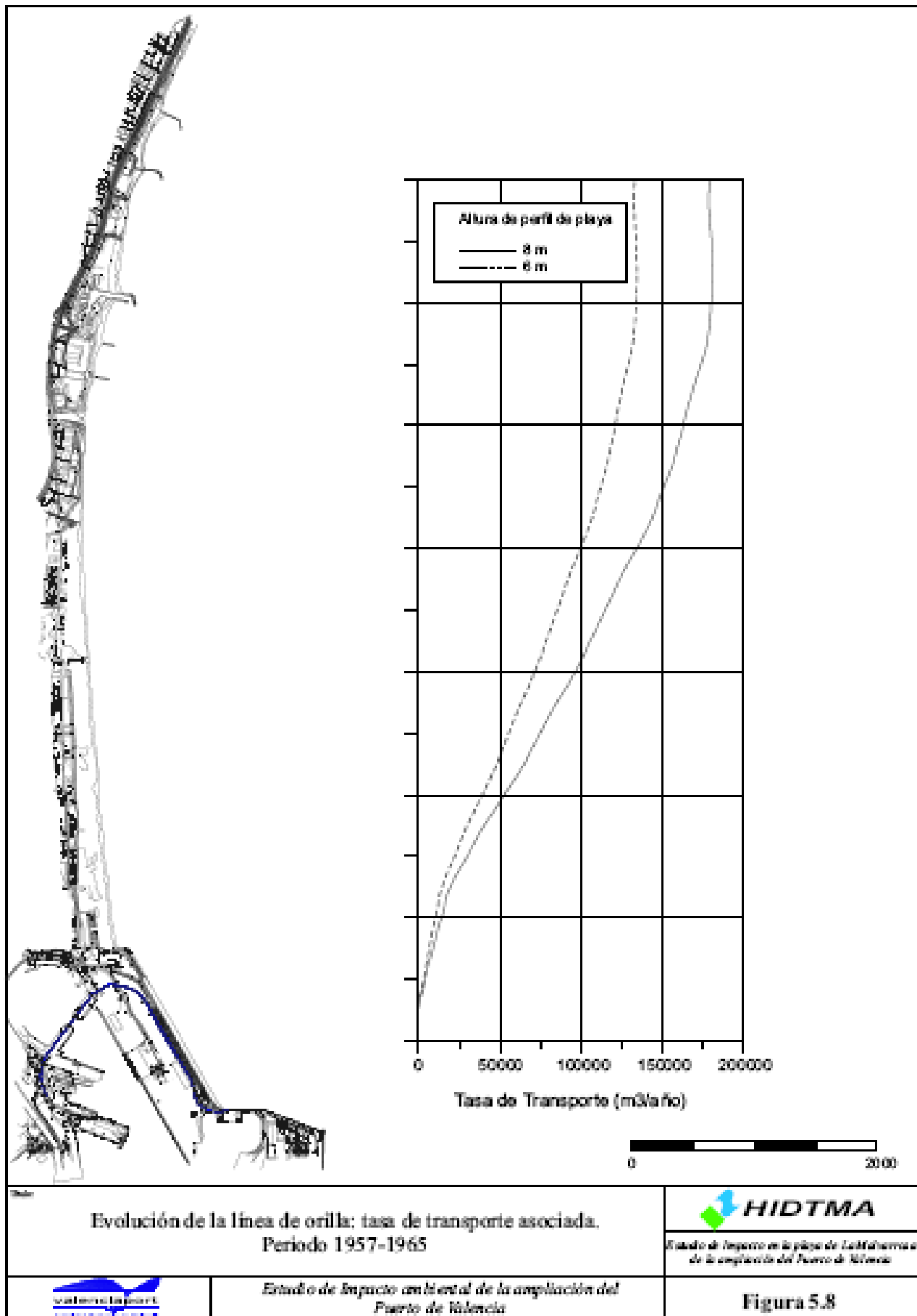


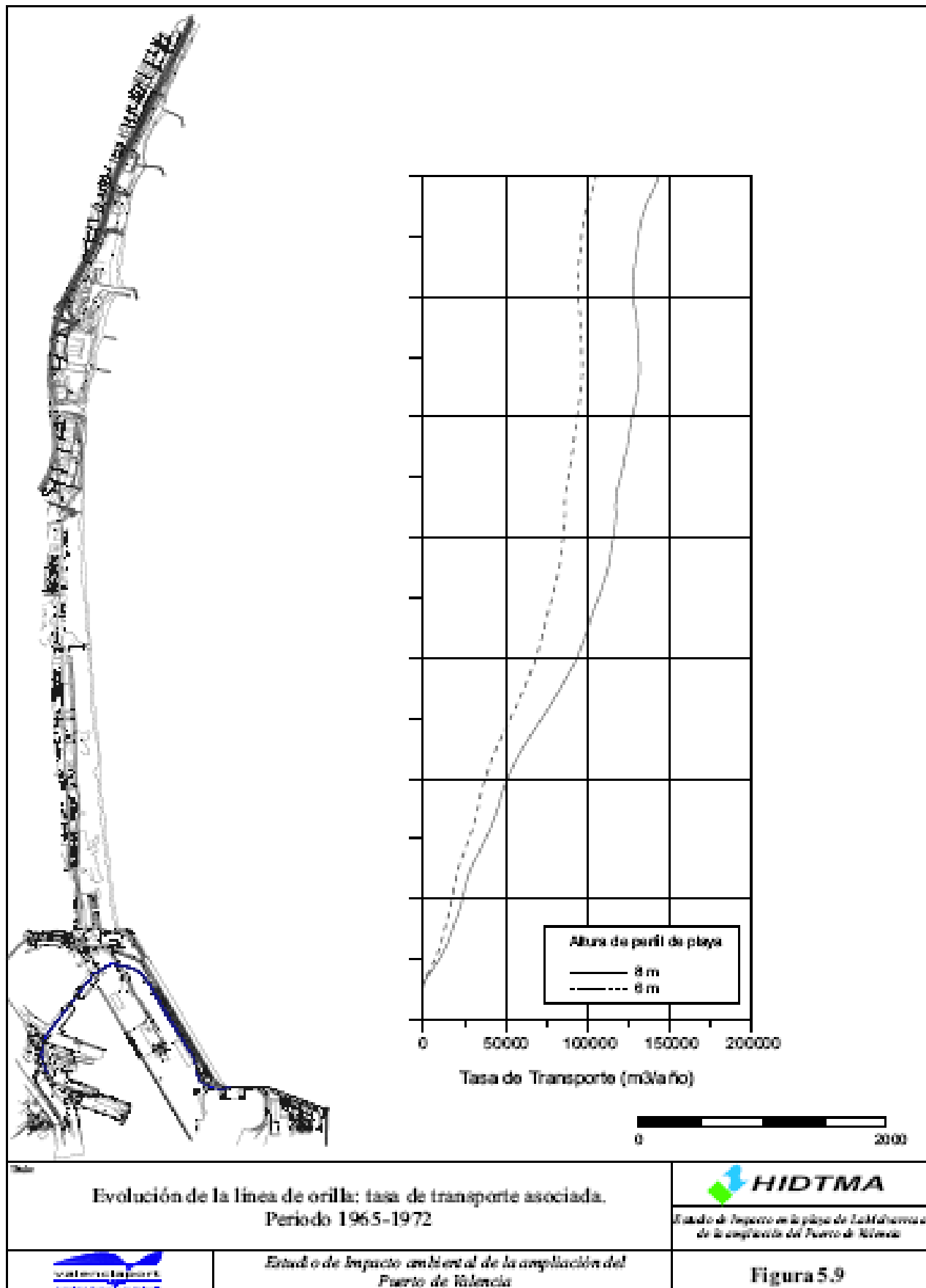


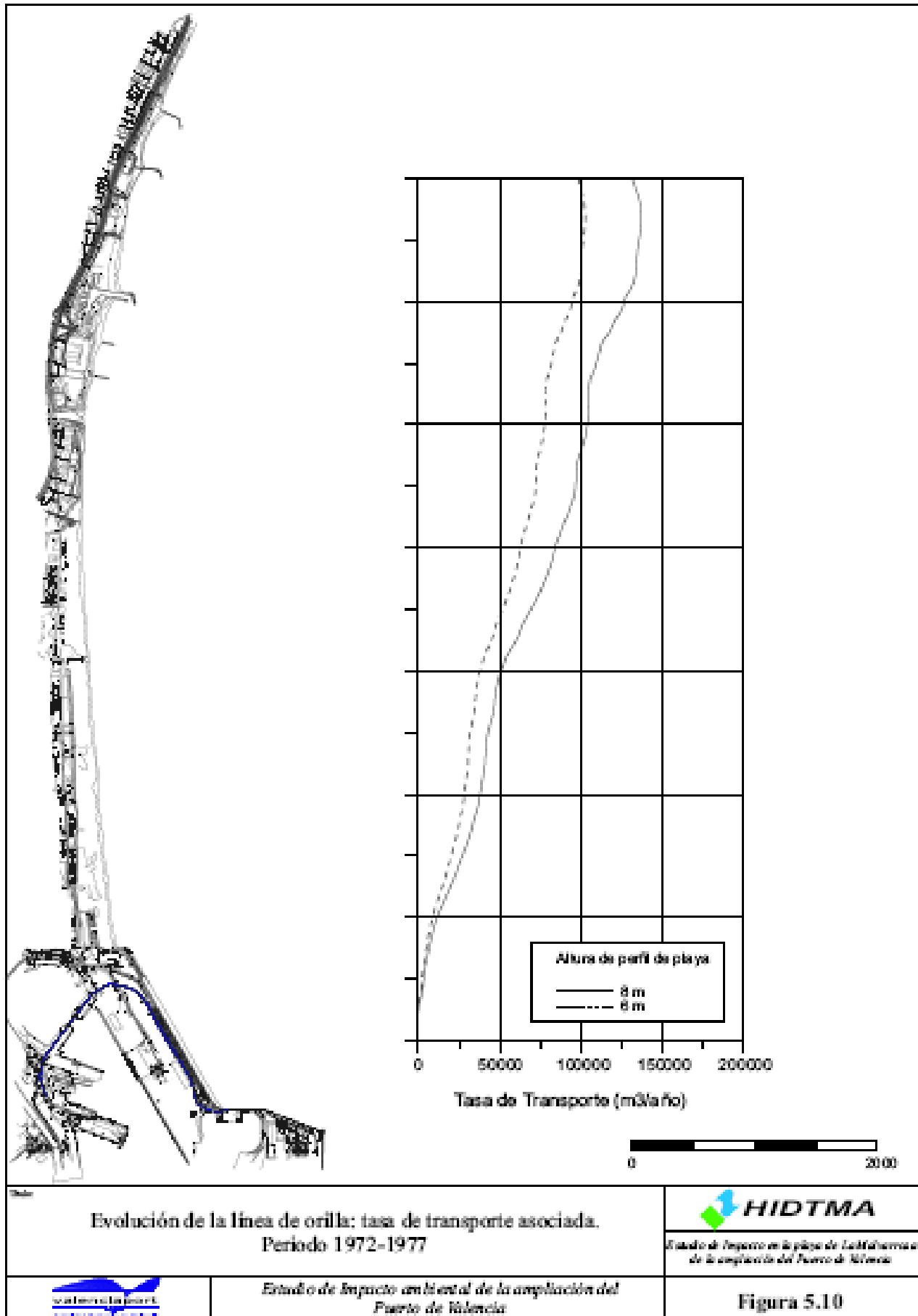


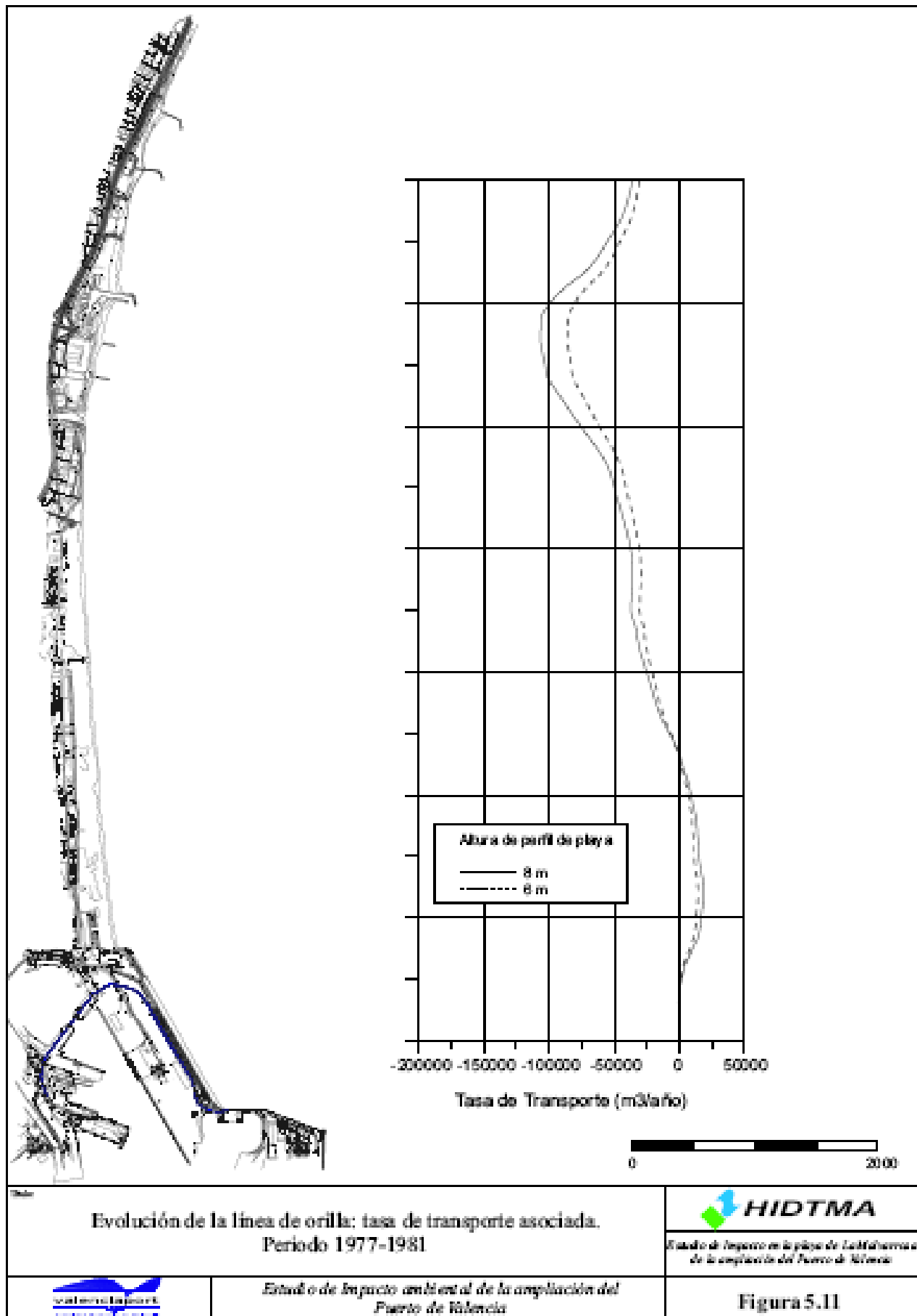


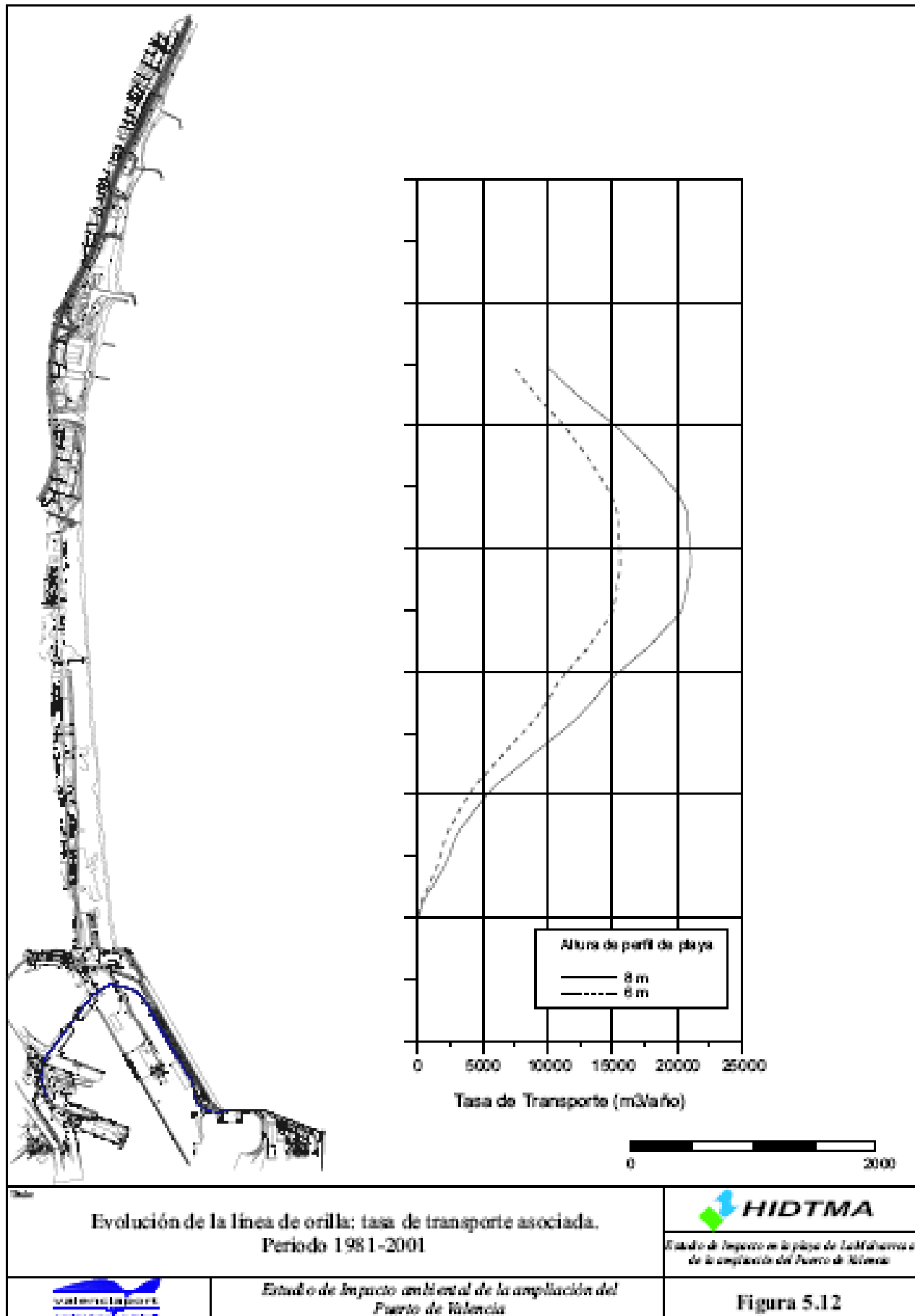


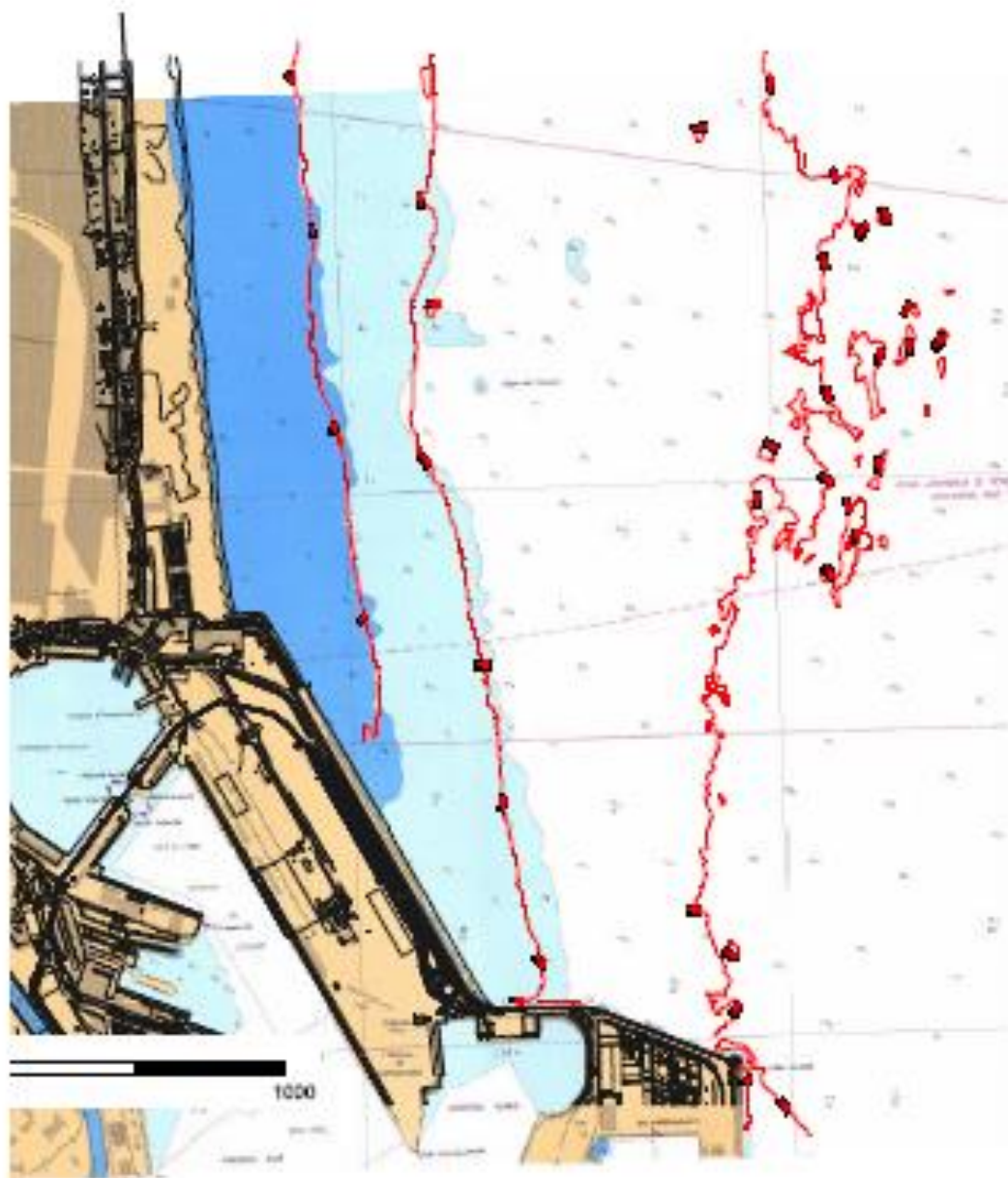






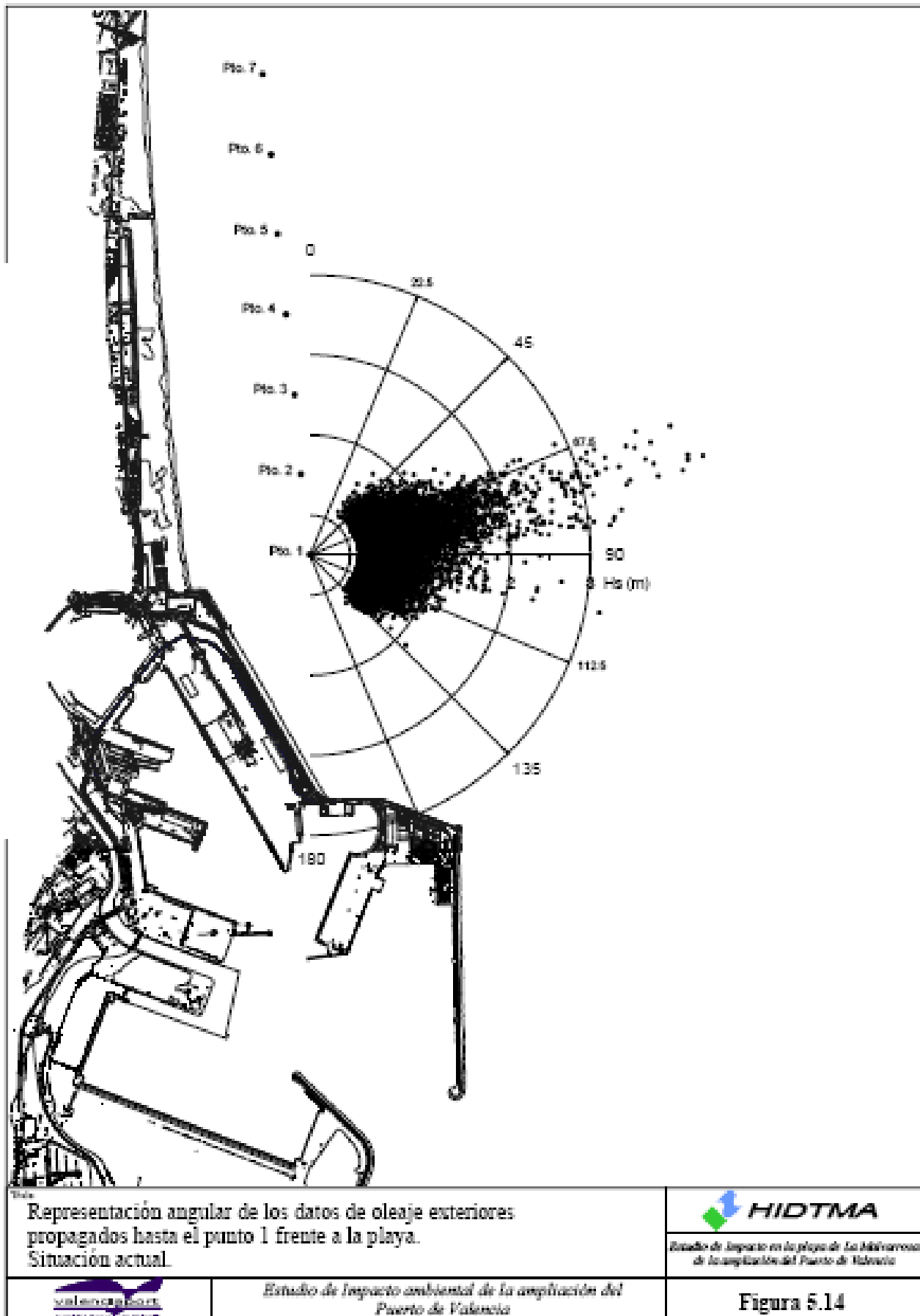


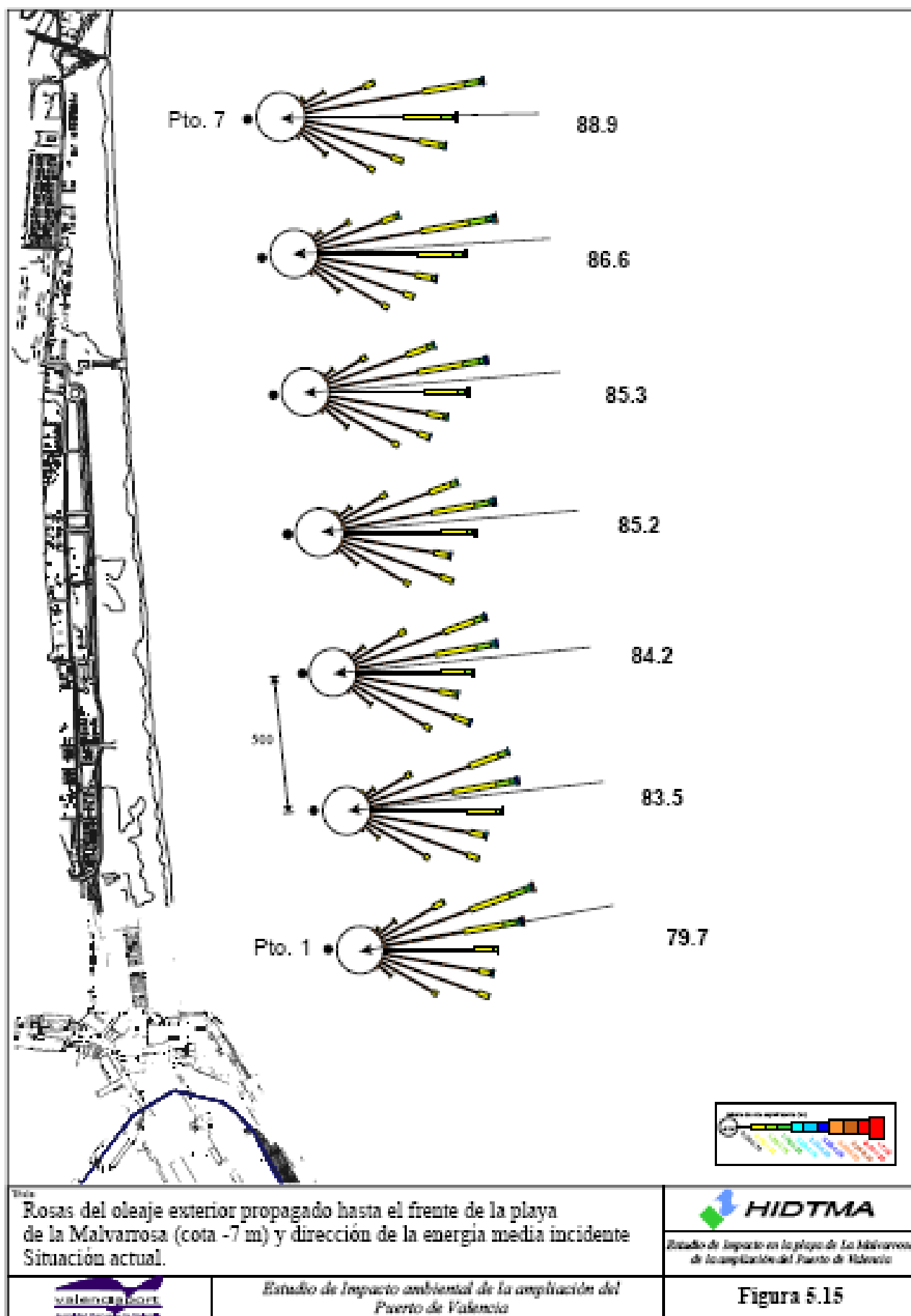


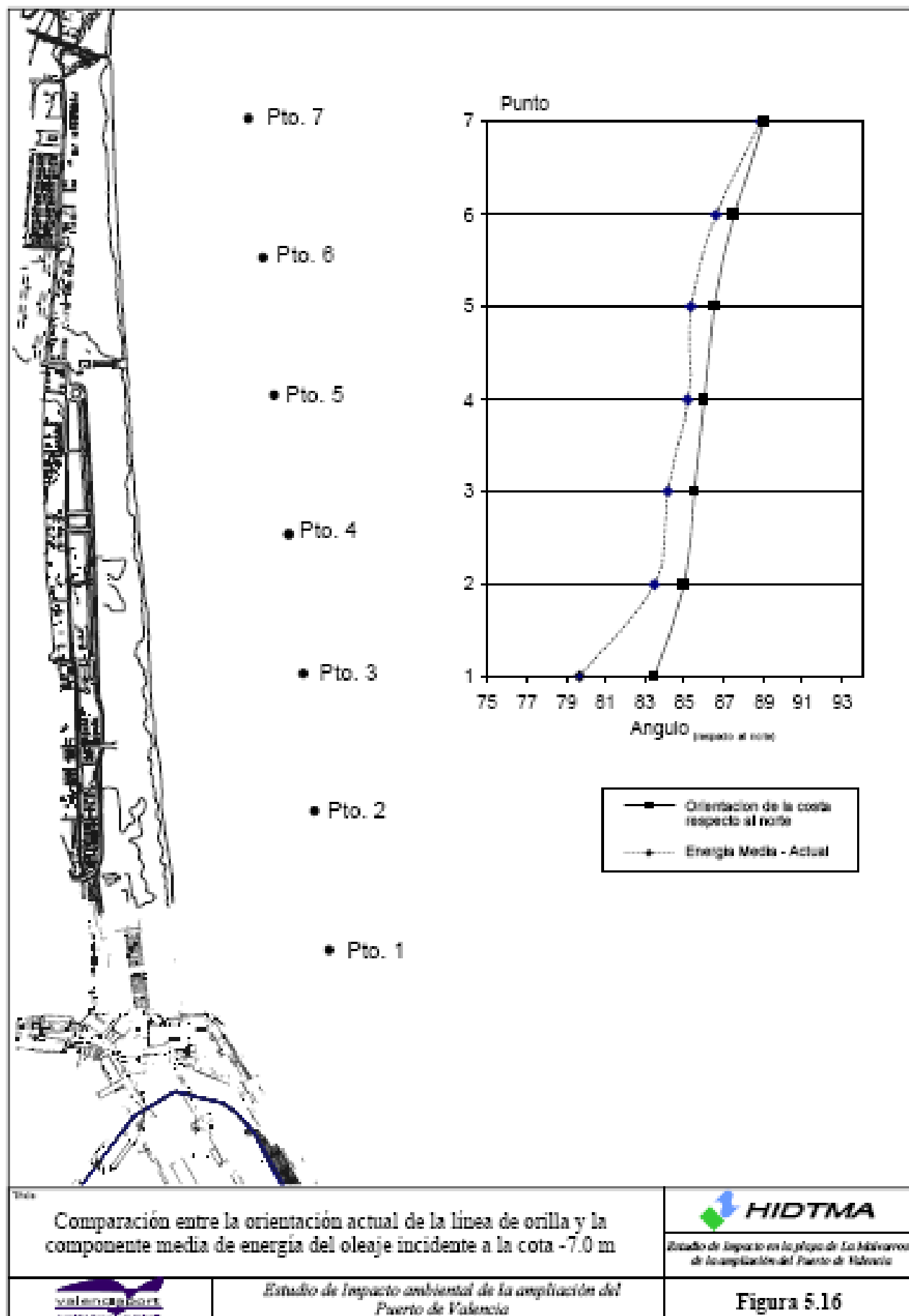


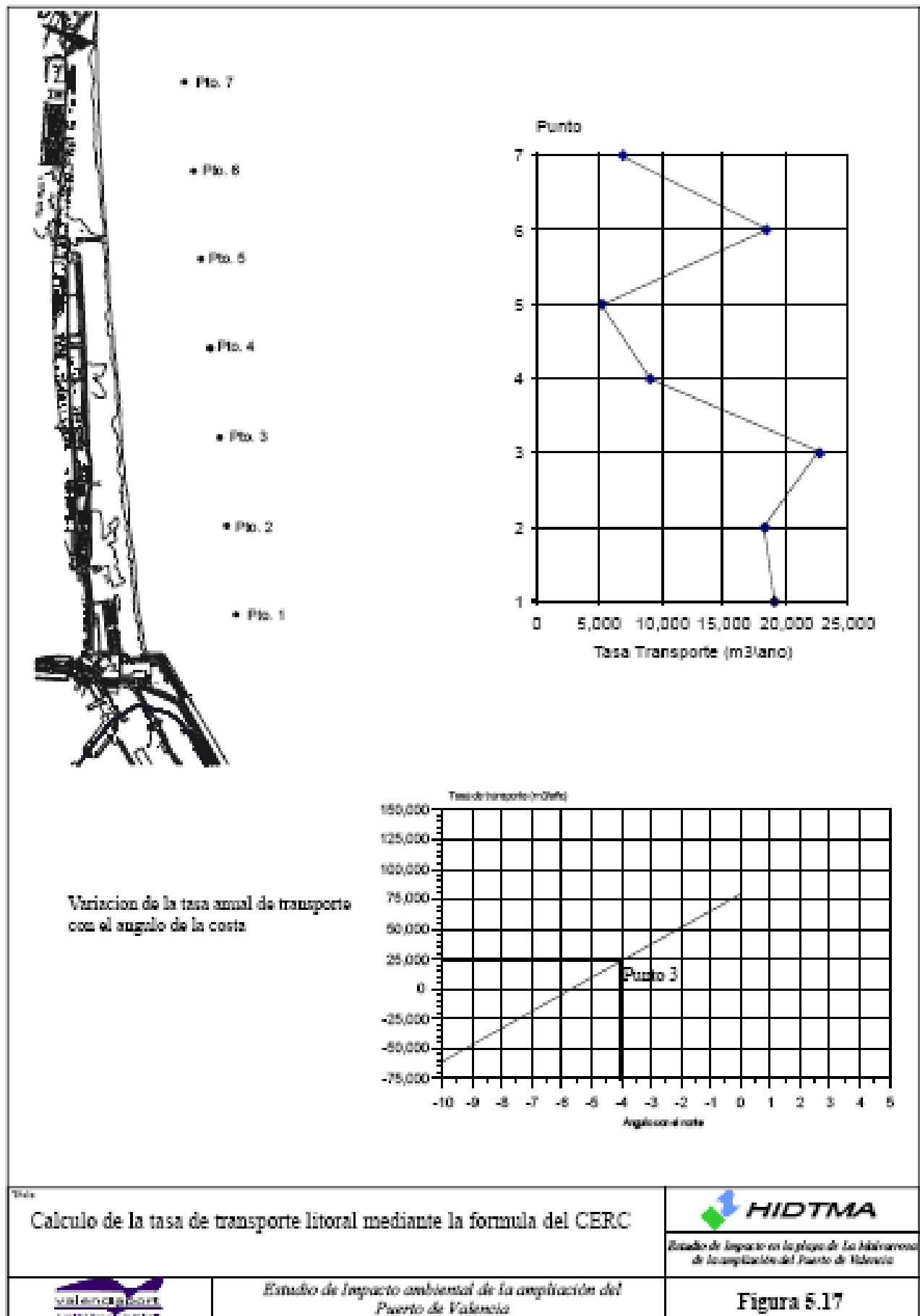


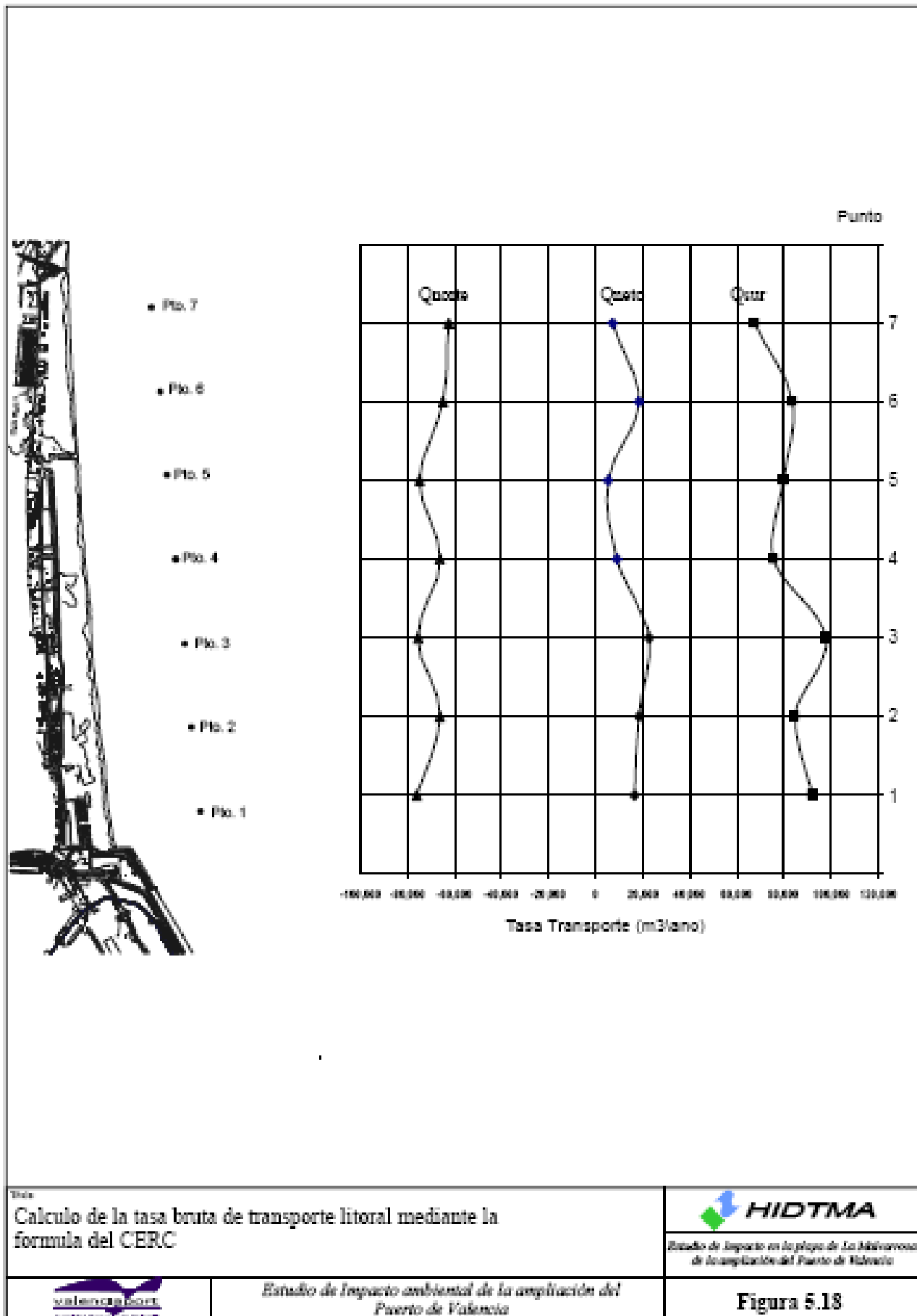
Título		 HIDTMA
Comparacion de cotas batimetricas al norte del puerto. Carta nautica con sondas de 1983/87 y batimetria de 2003.		Estudio de Impacto en la playa de La Malvarrosa de la ampliación del Puerto de Valencia
	Estudio de Impacto ambiental de la ampliación del Puerto de Valencia	Figura 5.13

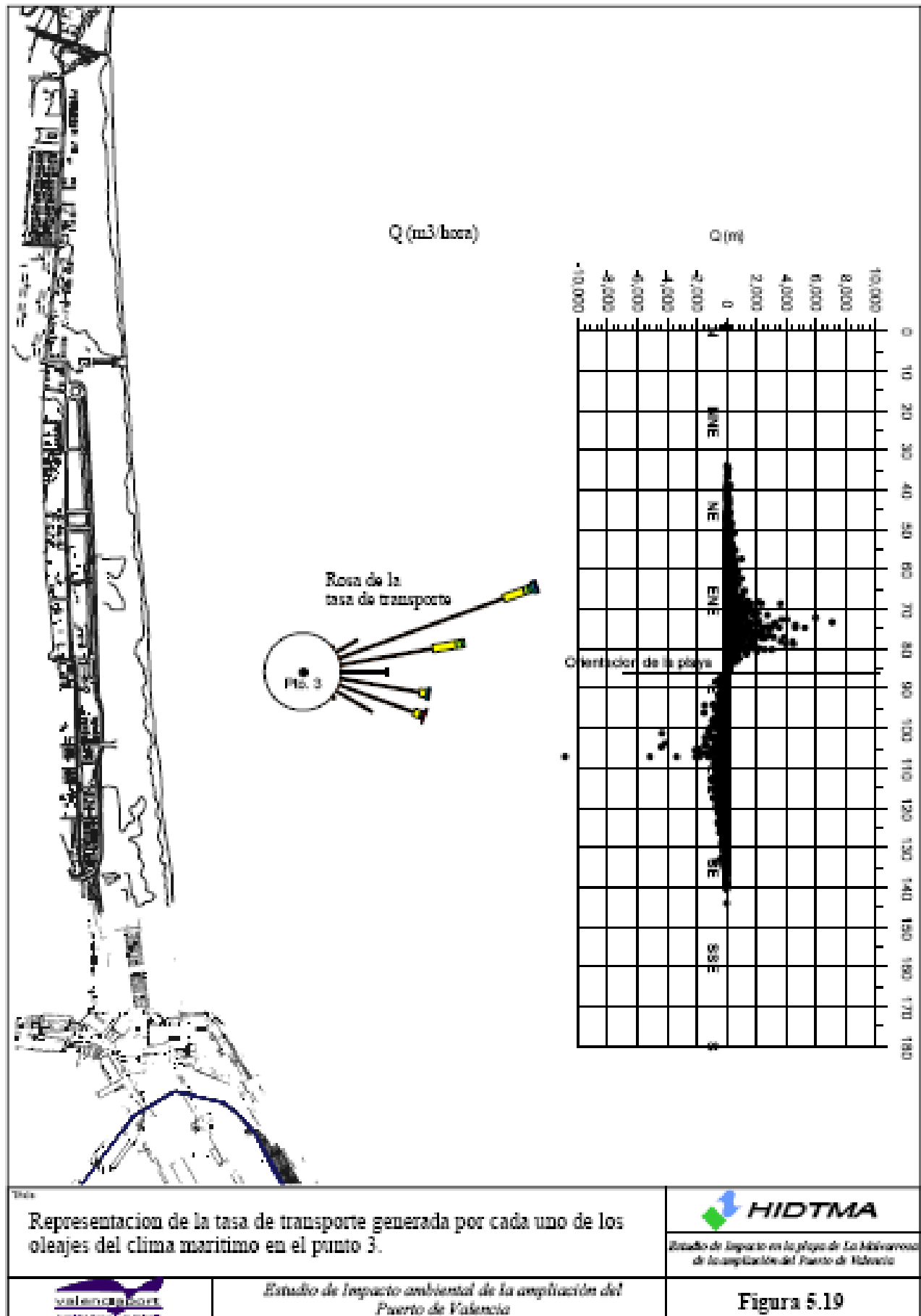


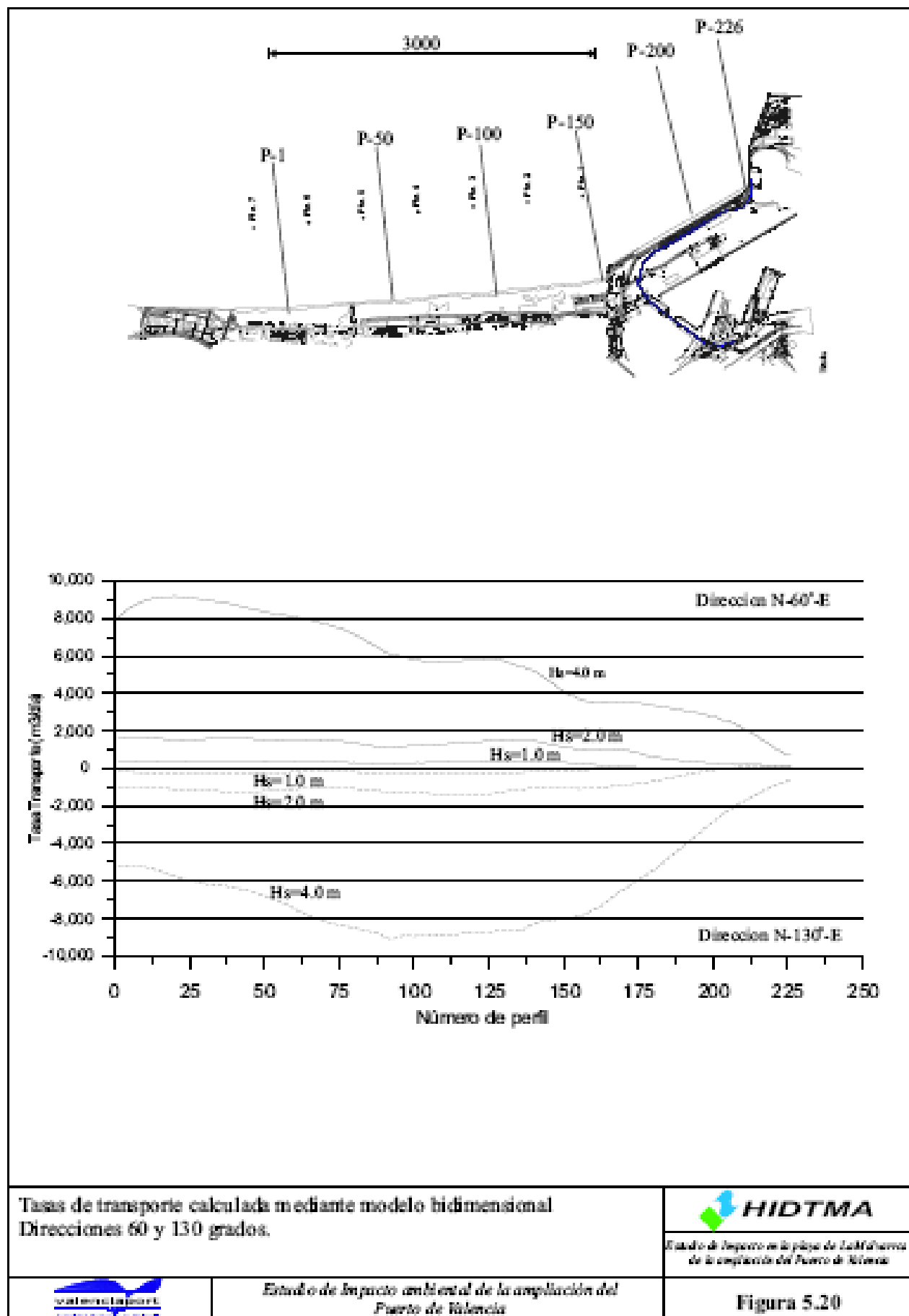


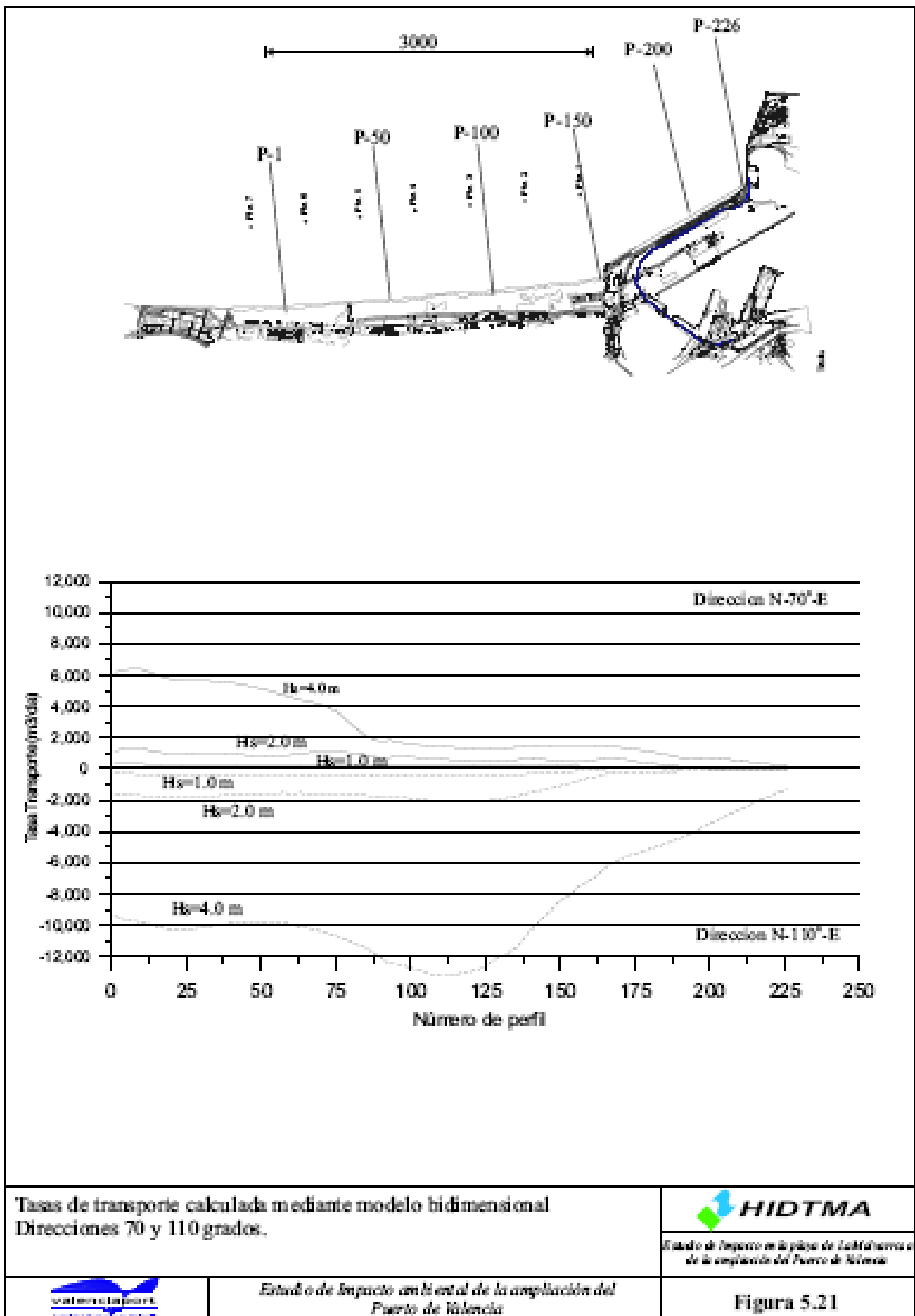


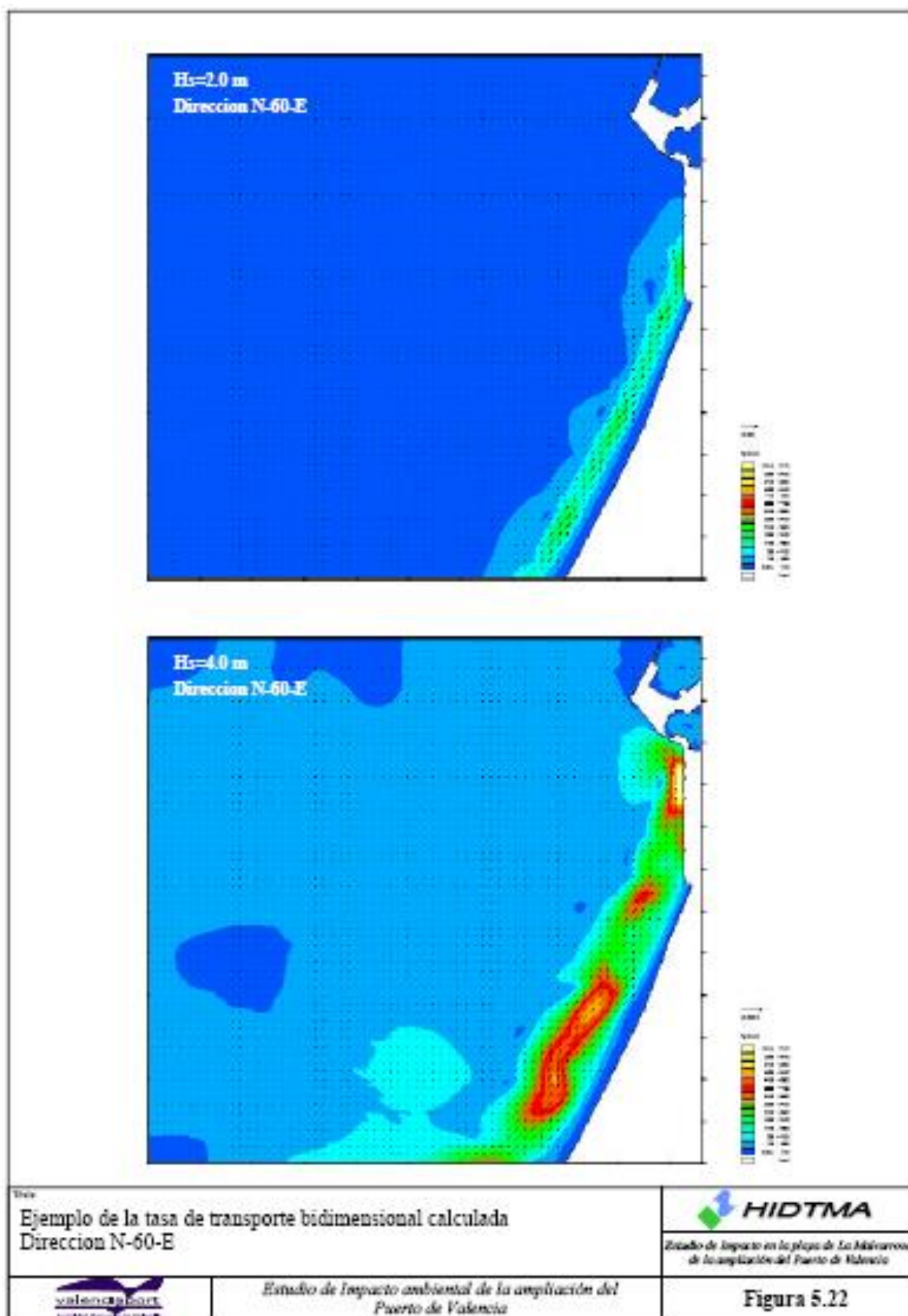


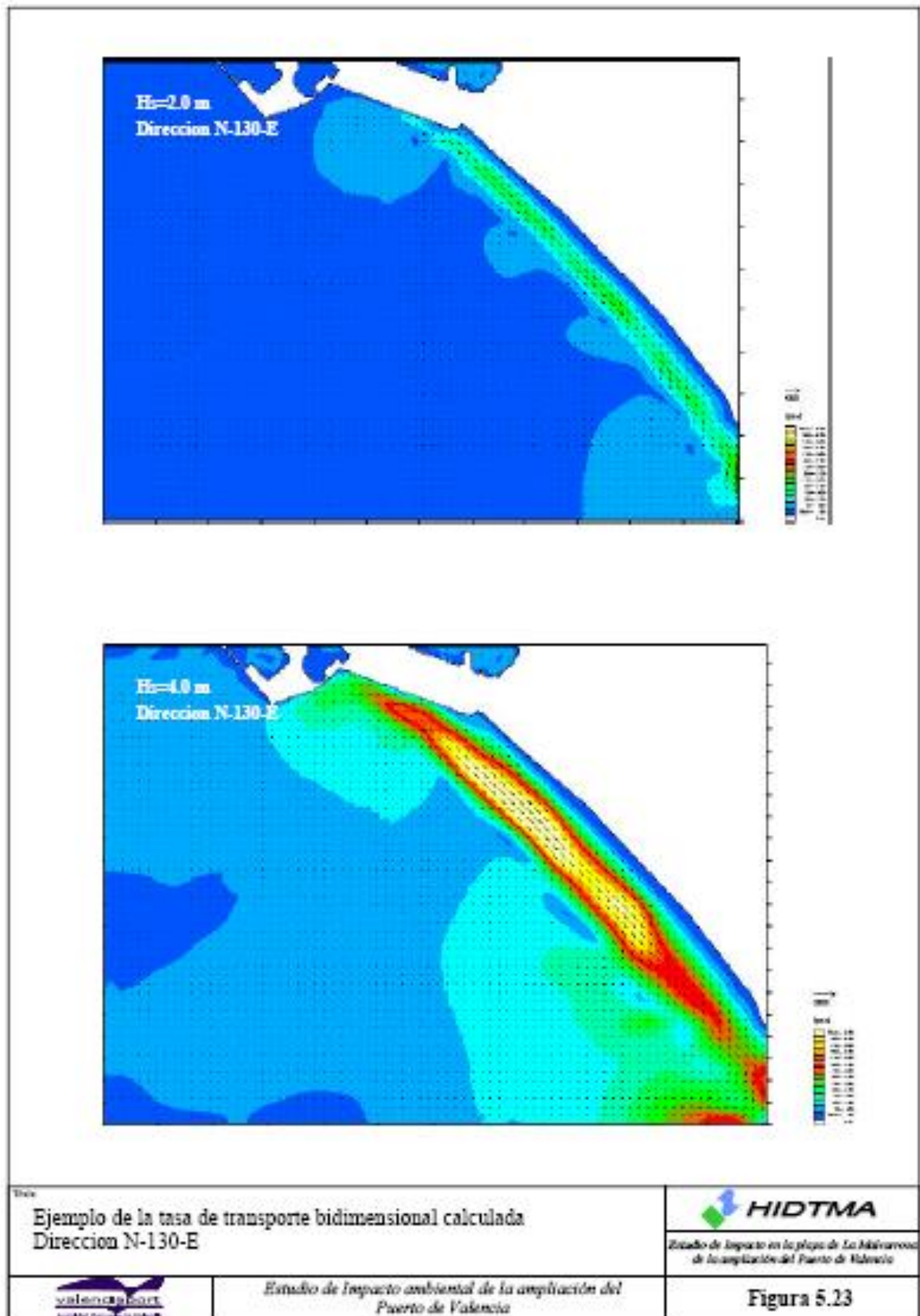


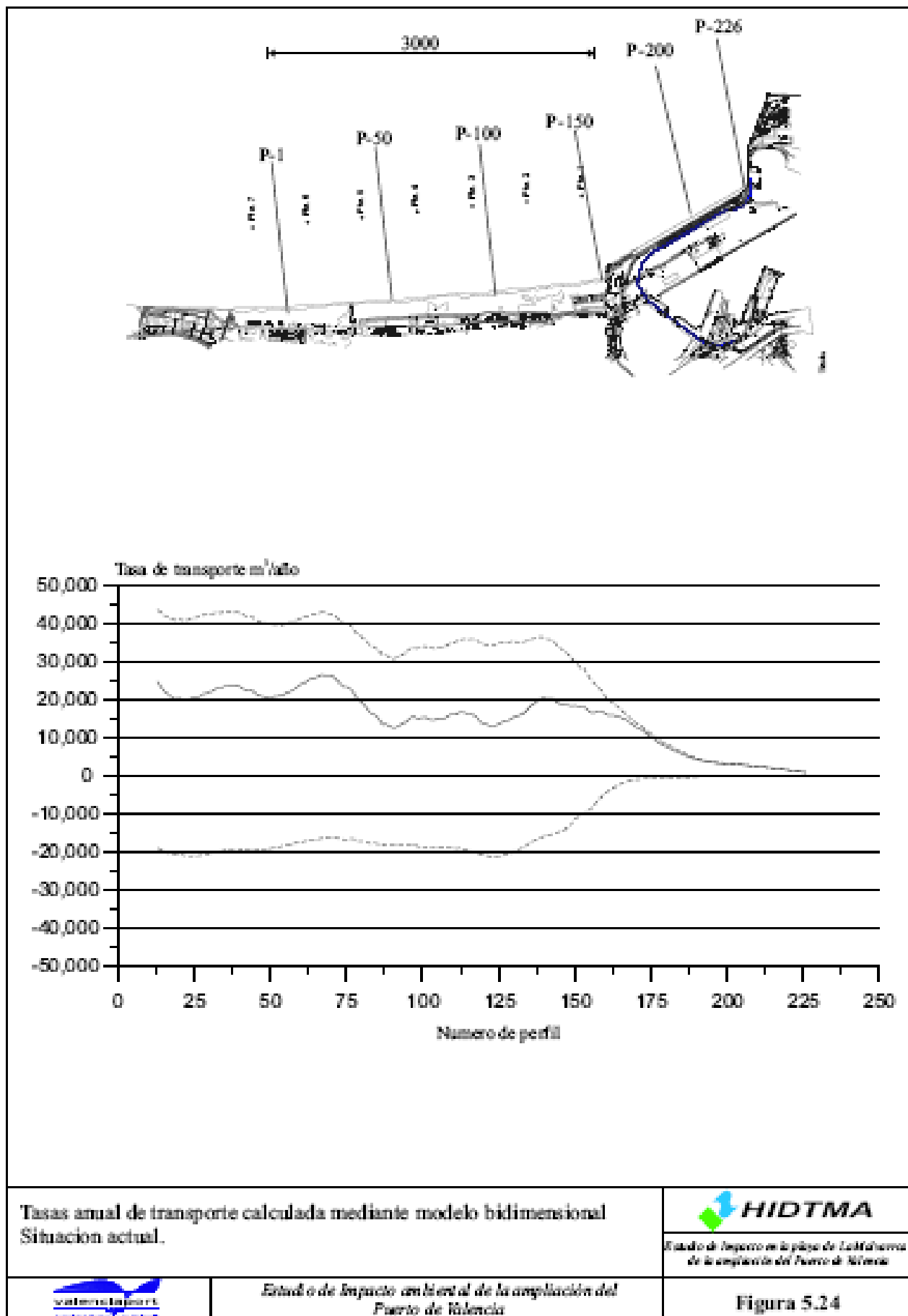


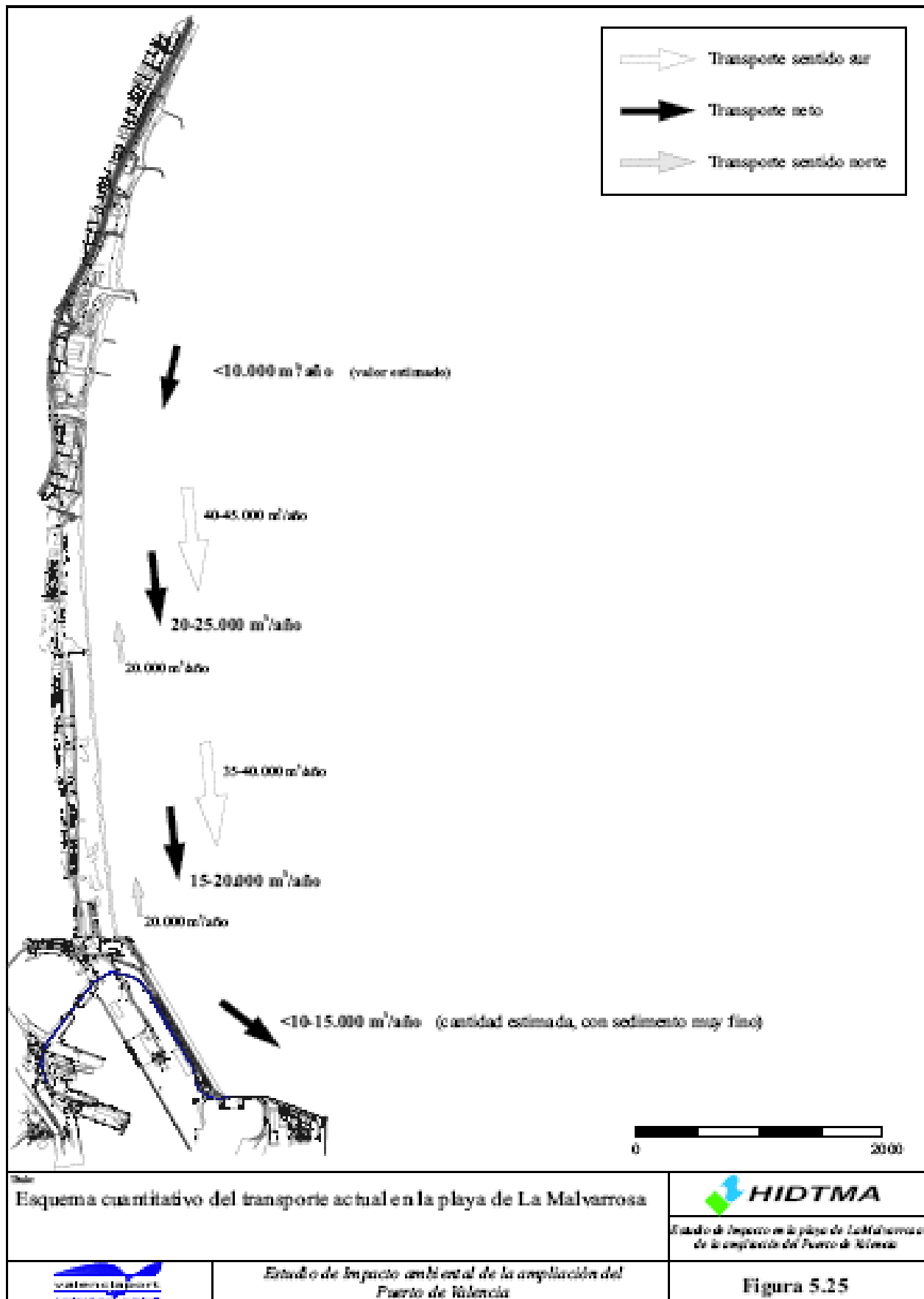


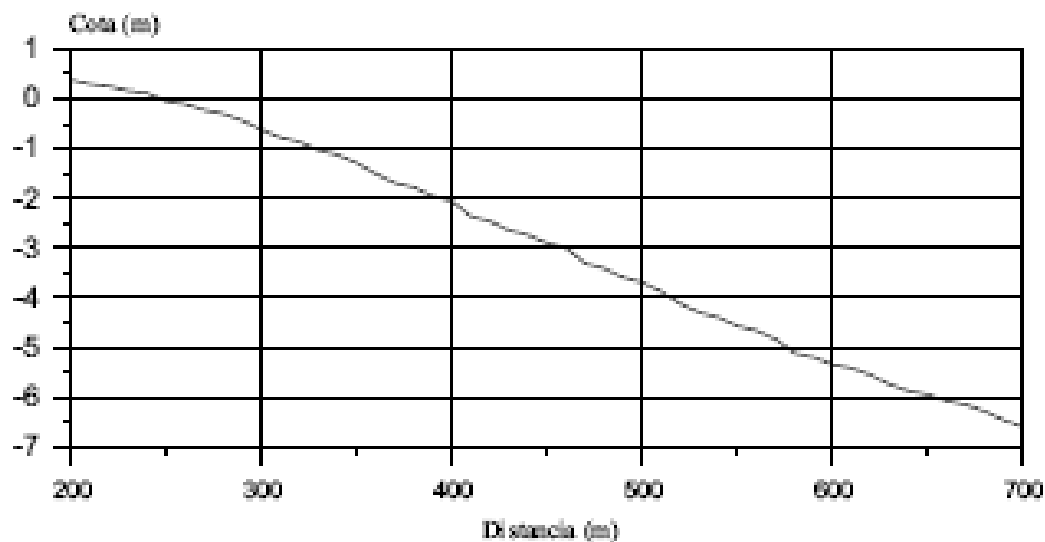
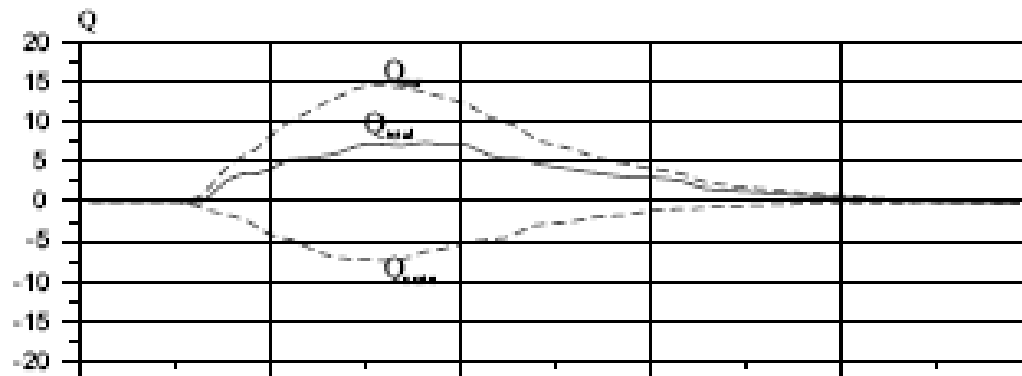
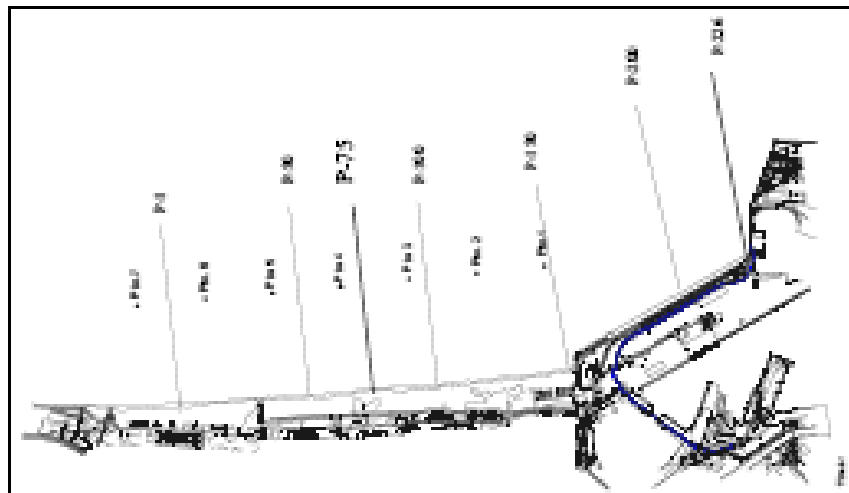












Distribución anual transversal de la tasa de transporte litoral
Perfil num. 75



Estudio de Impacto ambiental de la ampliación del Puerto de Valencia
de la ampliación del Puerto de Valencia



Estudio de Impacto ambiental de la ampliación del
Puerto de Valencia

Figura 5.26





ANEXO 1. ESTUDIO DEL CLIMA MARÍTIMO



1. CLIMA MARÍTIMO

1.1. Introducción

El objetivo del presente apartado es el análisis de las condiciones de clima marítimo en las inmediaciones del Puerto de Valencia (ver Figura A1-1), con el propósito de obtener la información necesaria para el posterior estudio de propagación del oleaje.

1.2. Características del oleaje en aguas profundas

Las características del oleaje en aguas profundas se han obtenido de la información facilitada por el Departamento de Clima Marítimo de Puertos del Estado, correspondiente al punto WANA 2046036 y a la boya REMRO de Valencia, cuya ubicación se muestra en la figura A1-2.

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.

Este modelo 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, por lo que no tiene en cuenta ningún fenómeno producido por el fondo marino. Para el Mediterráneo se utiliza la versión de aguas someras y, por lo tanto, 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 H_s , T_p , T_m , 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.

La figura A1-3 muestra la serie de distribución de datos correspondiente al régimen escalar de la boya.

En las figuras A1-4 a A1-7 se representan las distribuciones H_s -Dirección, T_p -Dirección y H_s - T_p para el punto WANA indicado, así como la correspondiente rosa de oleaje.

1.3. Ajuste de los datos del punto WANA

El Puerto de Valencia se encuentra en una zona protegida de la costa mediterránea española, hecho que ha conducido a la realización de un análisis más exhaustivo de los datos WANA, comparándolos con los registros de la boya REMRO de Valencia, situada en las inmediaciones del puerto, a 20 m de profundidad (ver figura A1-2).

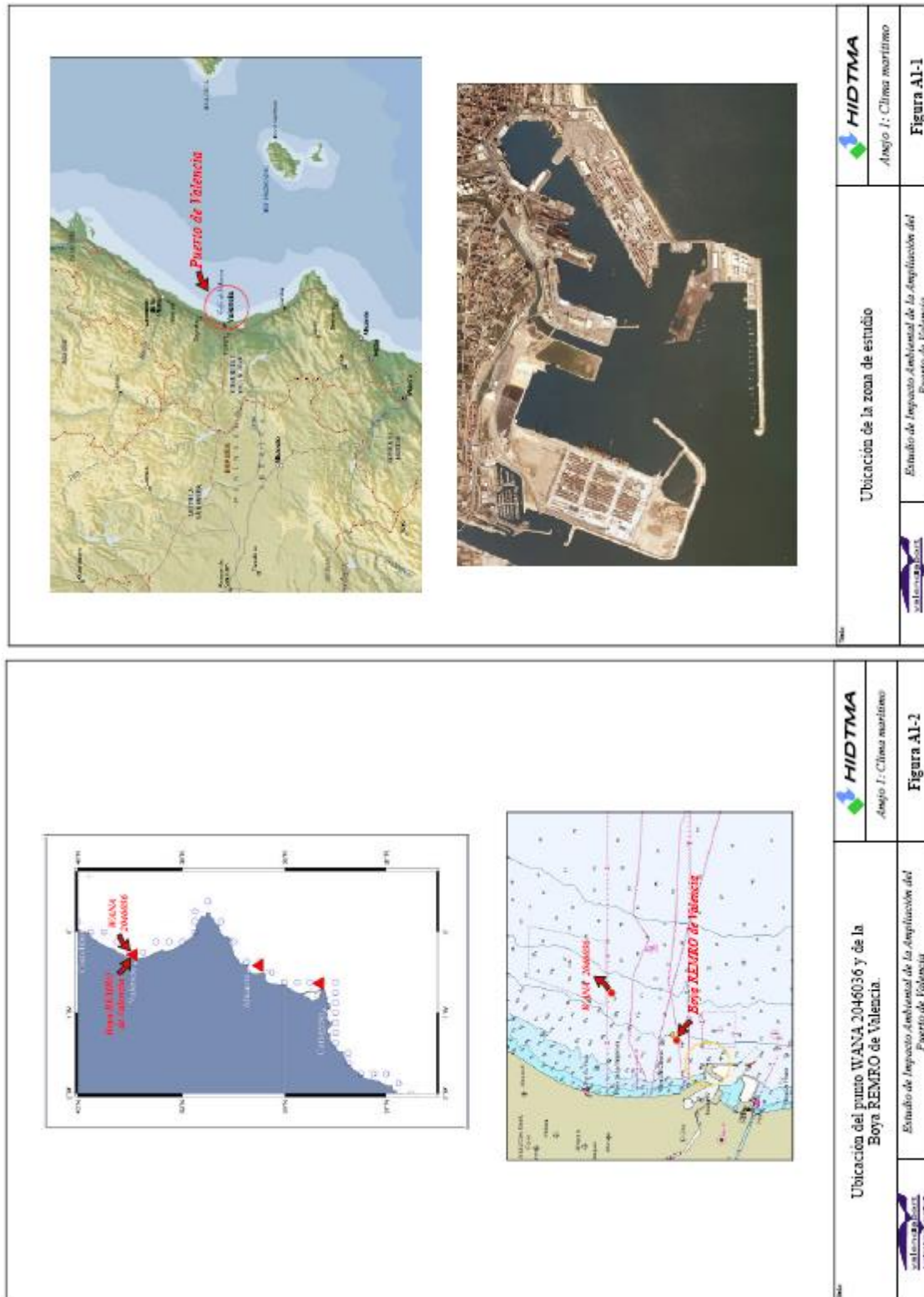
Tal y como se recoge en la figura A1-8, los periodos correspondientes a los registros del punto WANA están en su mayor parte sobredimensionados con respecto a los registros de oleaje de la boya, por lo que se ha desarrollado un ajuste, tomando como base los datos de ambas fuentes.

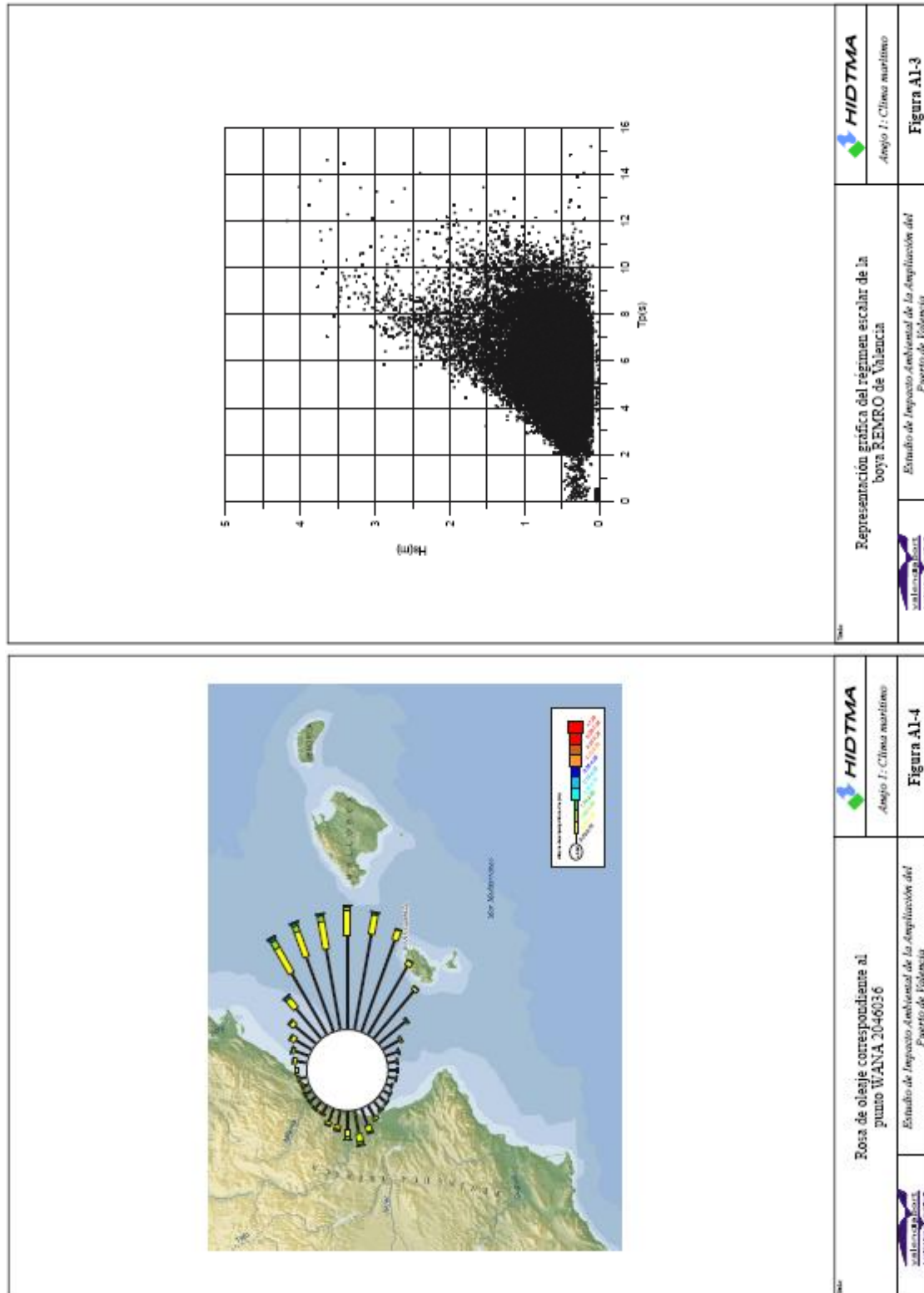
Las coordenadas en las que se ha realizado el cálculo del punto WANA seleccionado, corresponden a una profundidad de 25 m aproximadamente, en un lugar no muy alejado del punto de ubicación de la boya.

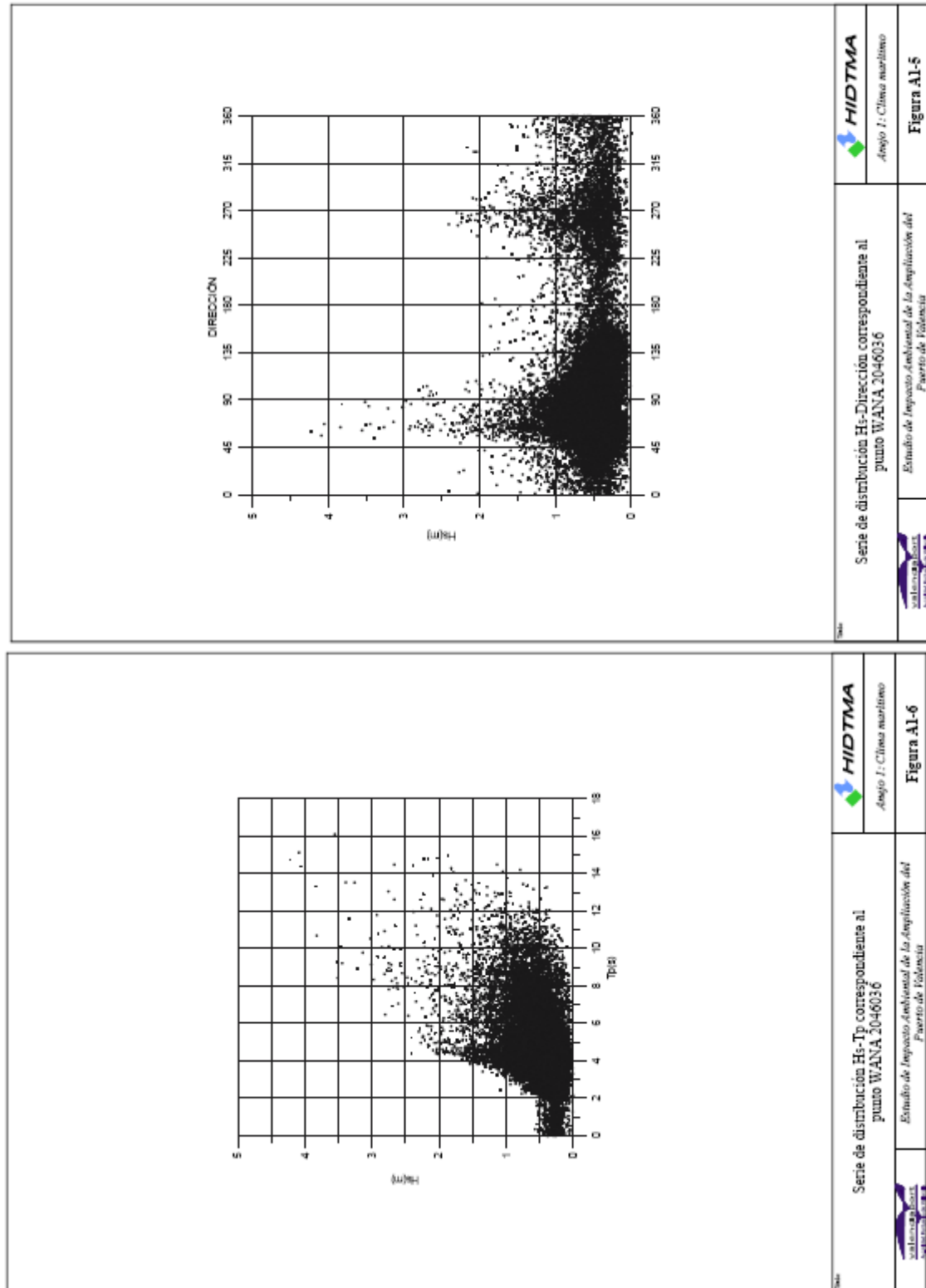
Dado que los registros de la boya corresponden a datos reales de medida del oleaje en la zona, se han tomado como referencia las alturas significantes y los periodos correspondientes a estos registros, adjudicando a cada uno de ellos la dirección correspondiente obtenida del punto WANA, puesto que la boya proporciona un registro escalar y no recoge esta información.

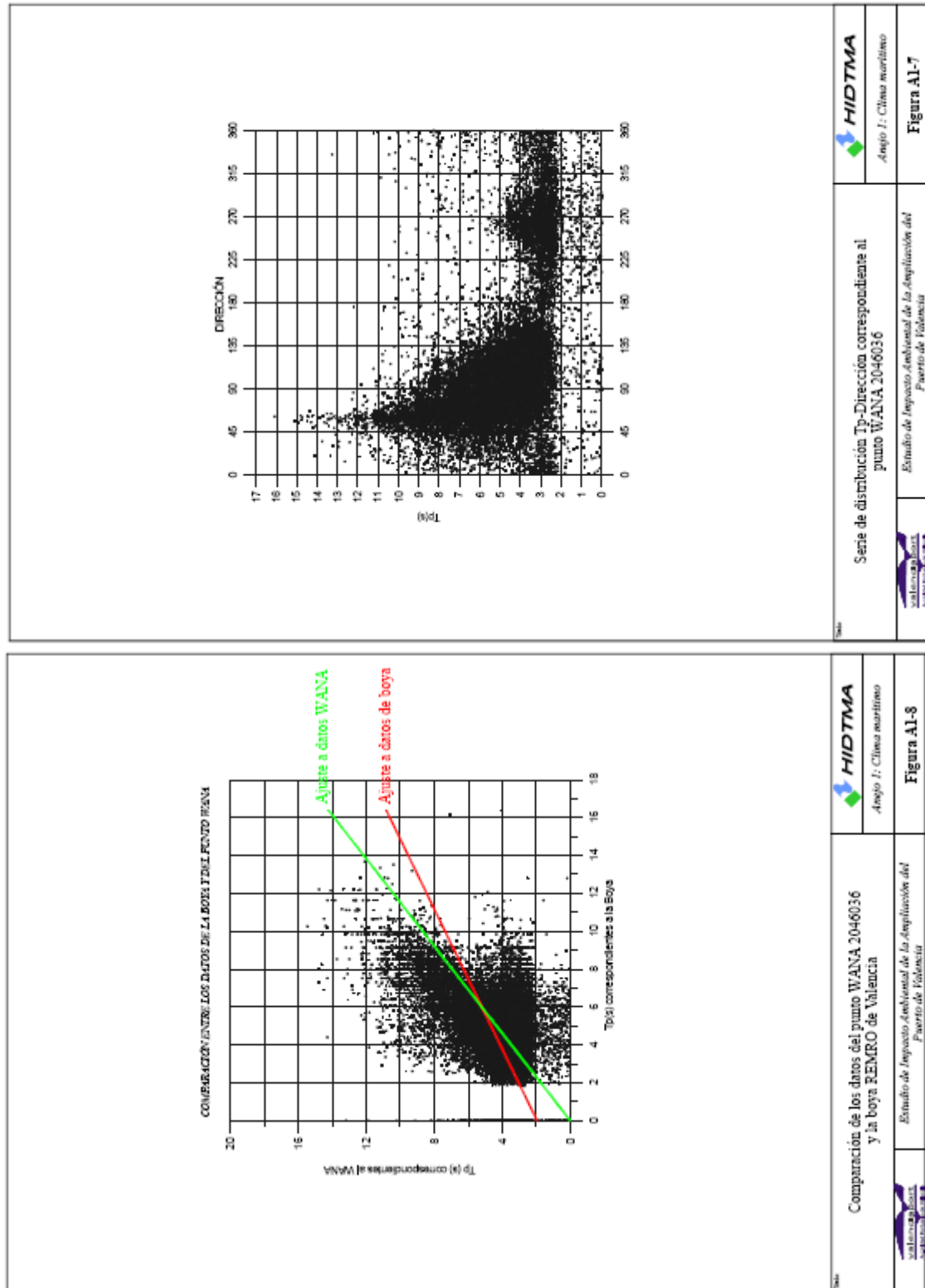
Las figuras A1-9 a A1-12 muestran la rosa de oleaje y las series de distribución Hs-Dirección, Hs-Tp y Tp-Dirección para los datos resultantes de la composición de los registros de la boya y del punto WANA.

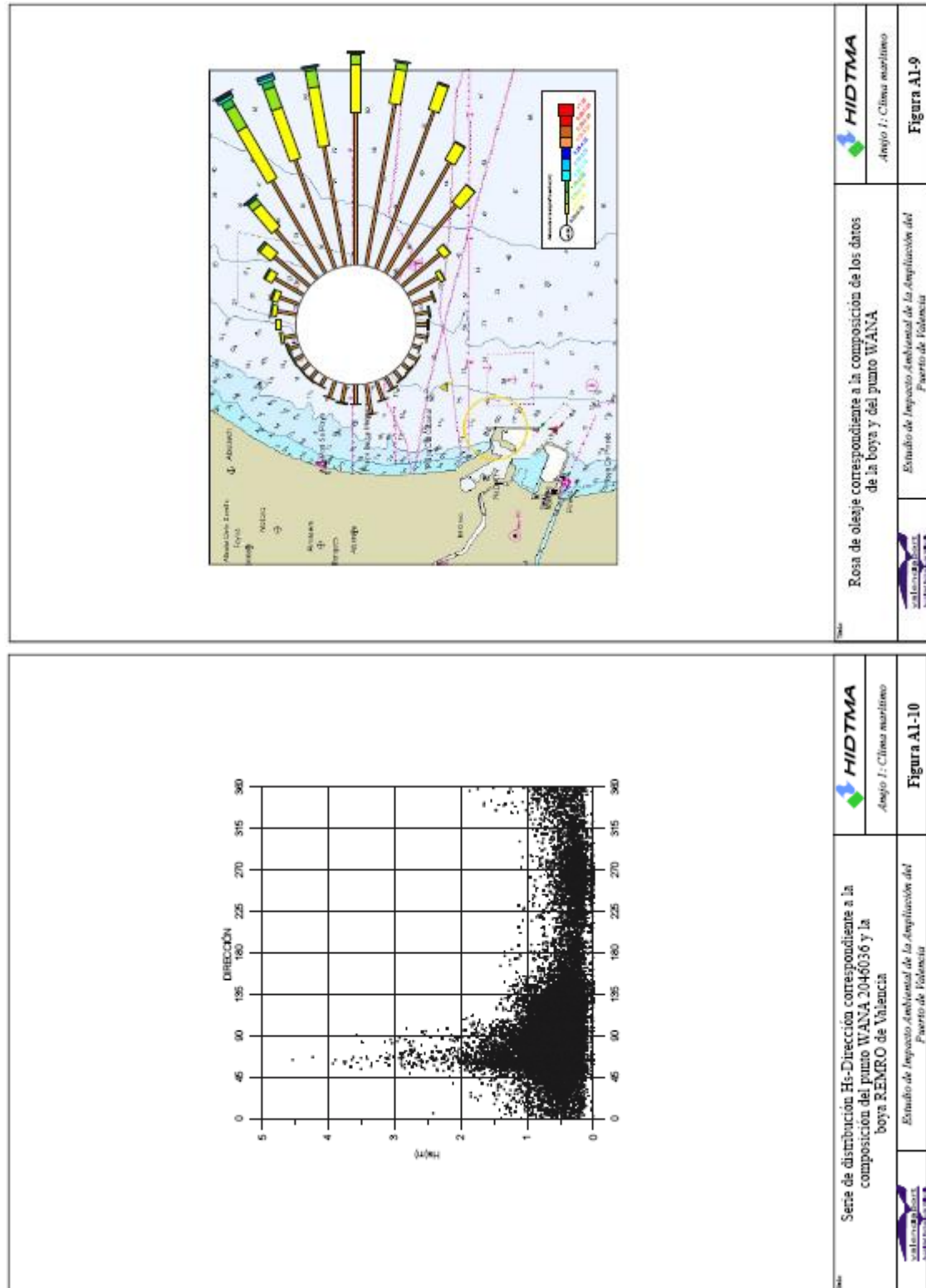
Los regímenes medio y extremal de la boya REMRO de Valencia se presentan en los apéndices 1 y 2 respectivamente.

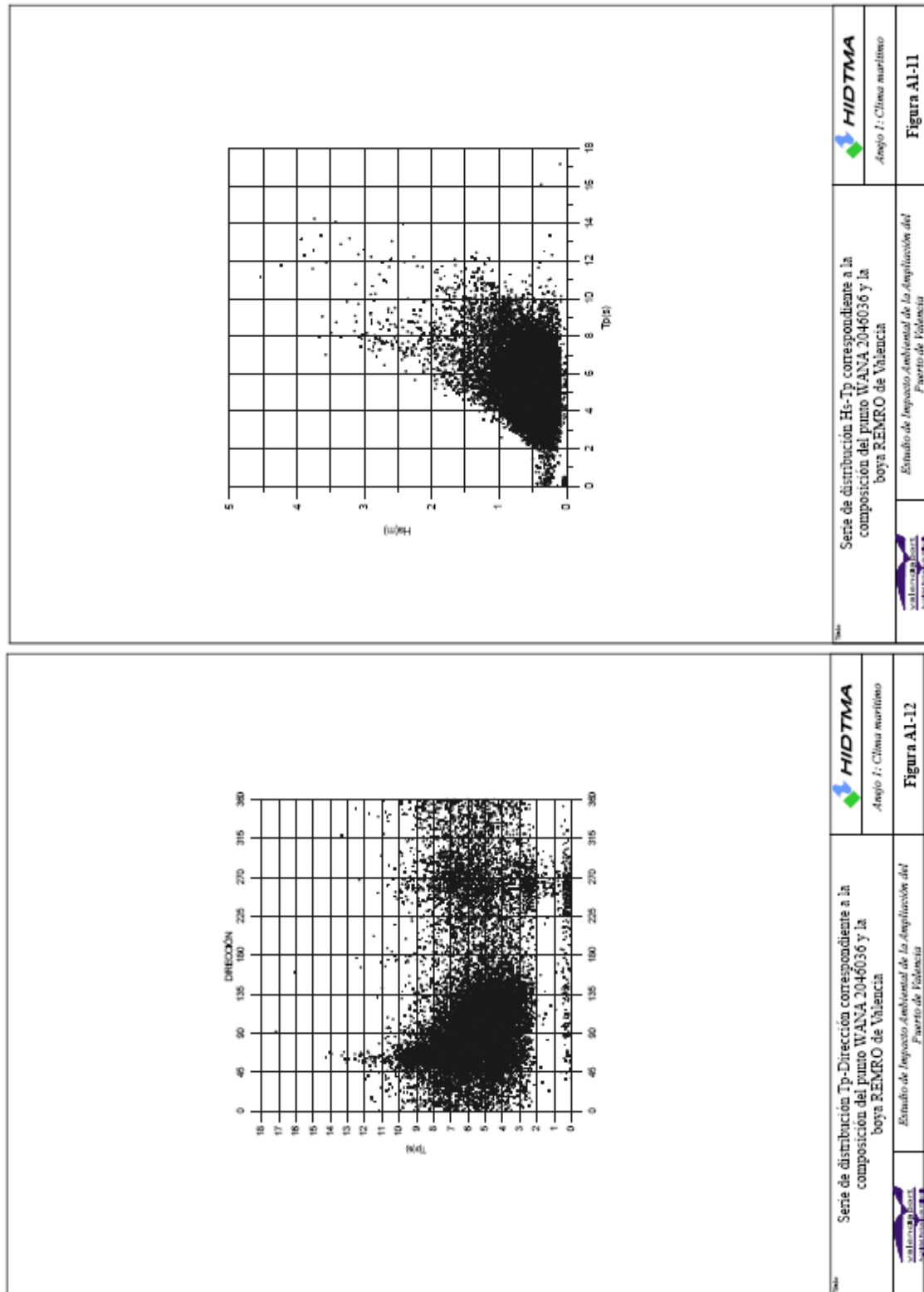






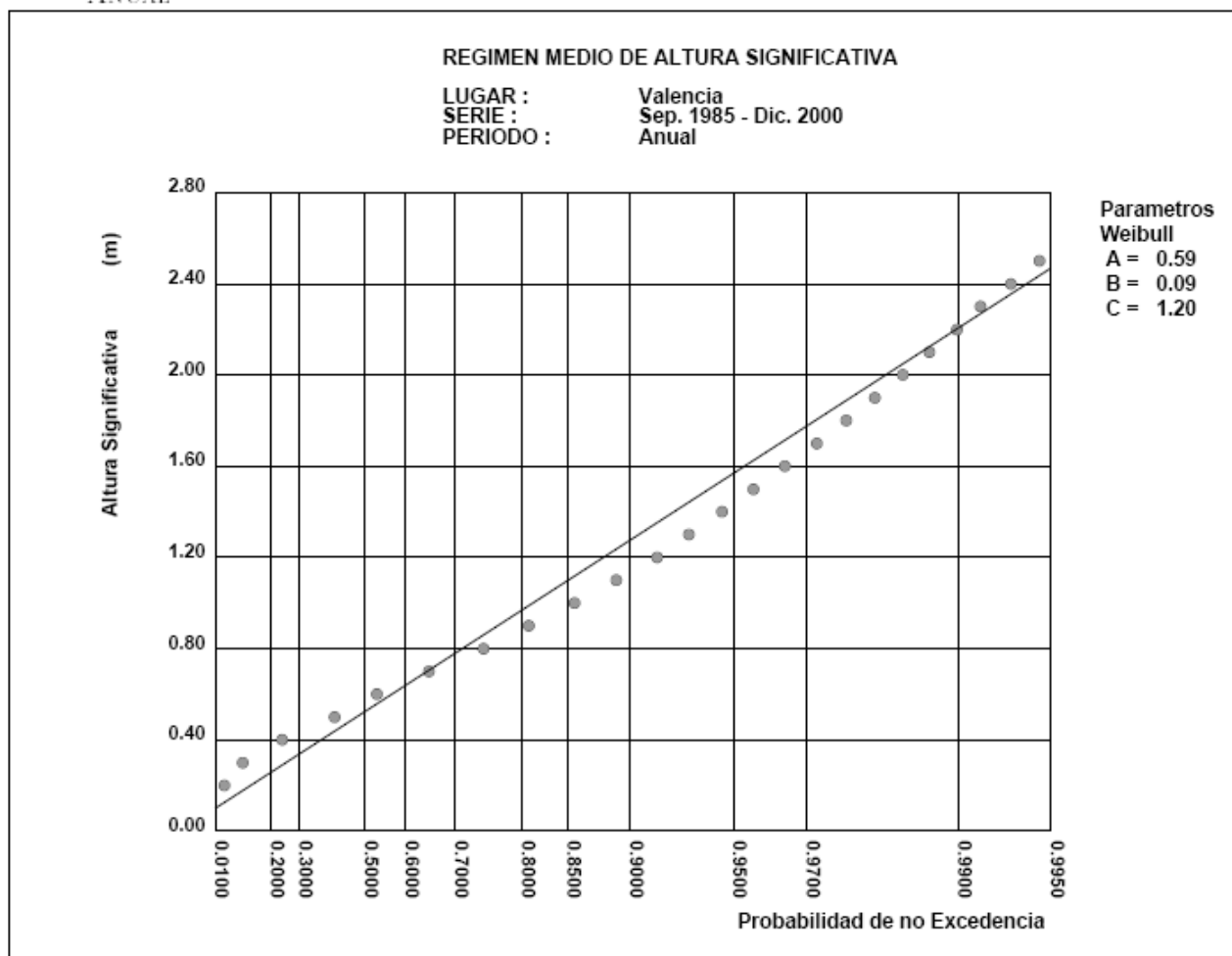




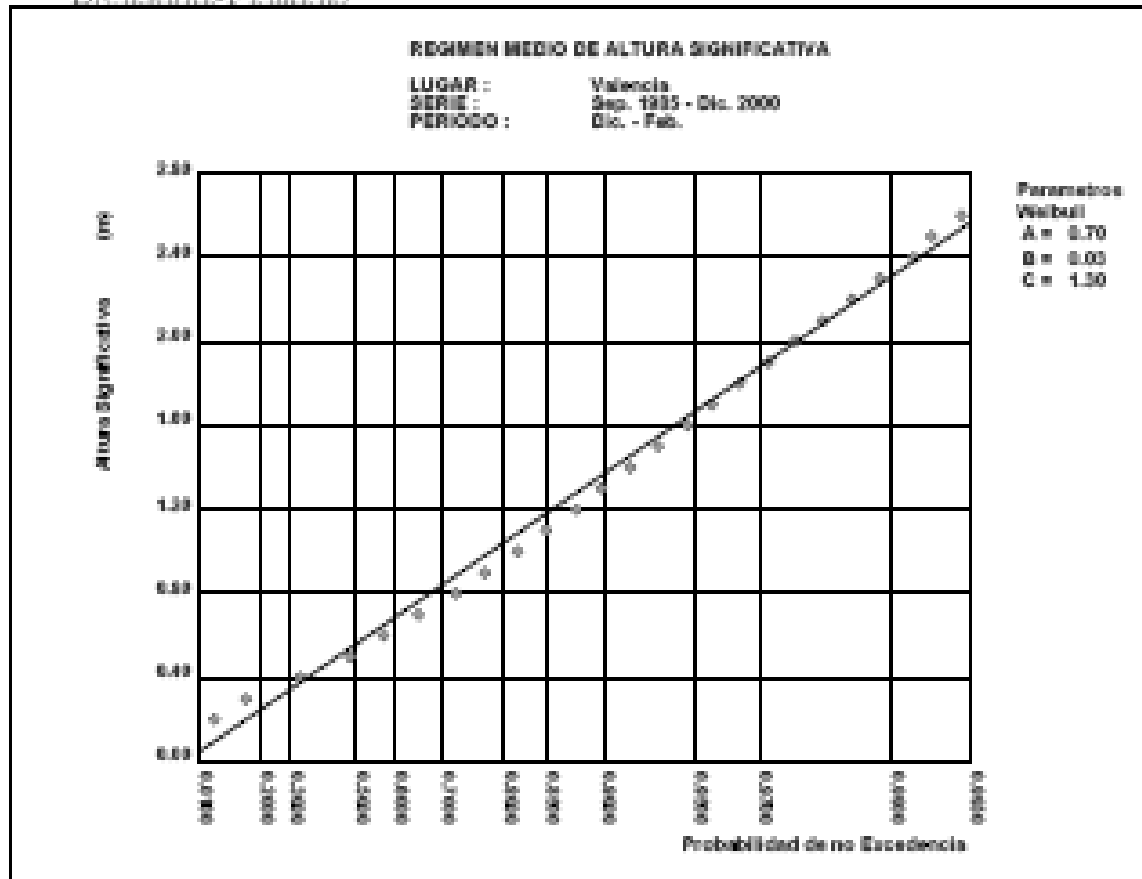


RÉGIMEN MEDIO DE LA BOYA DE VALENCIA

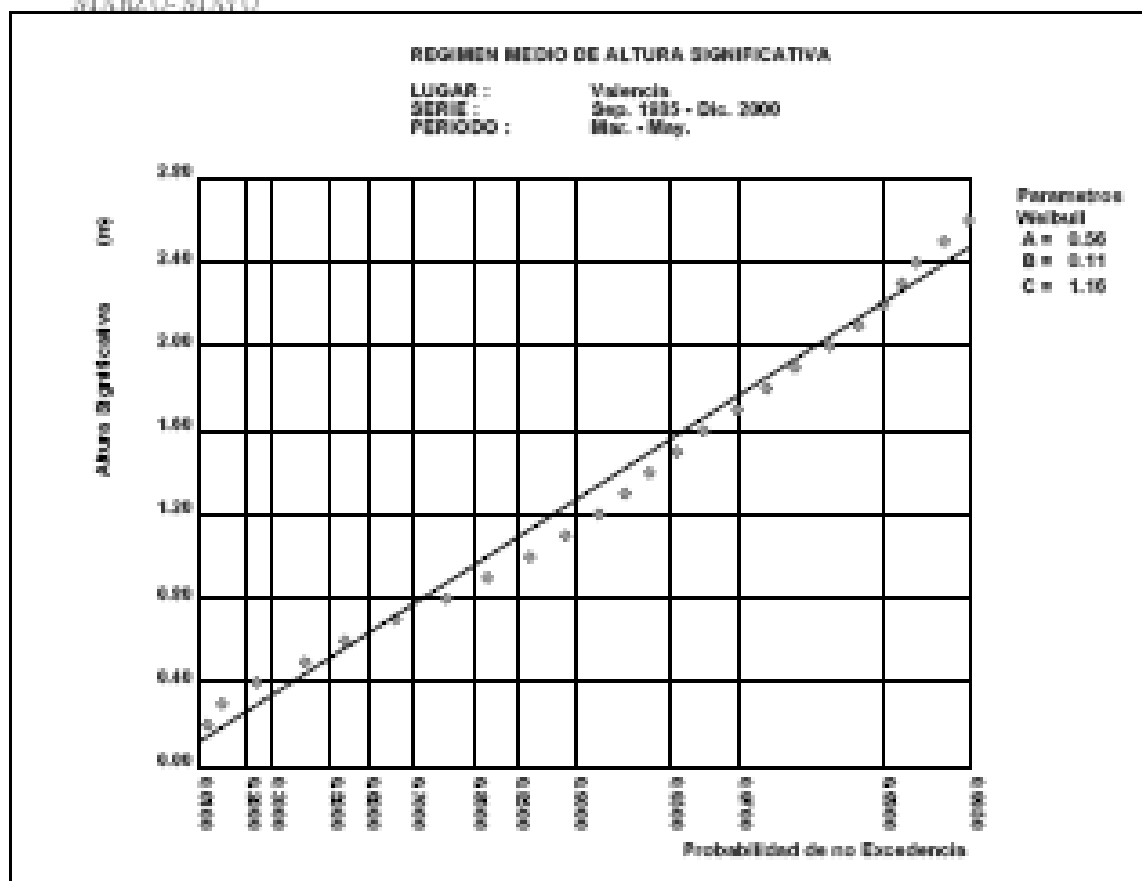
ANUAL



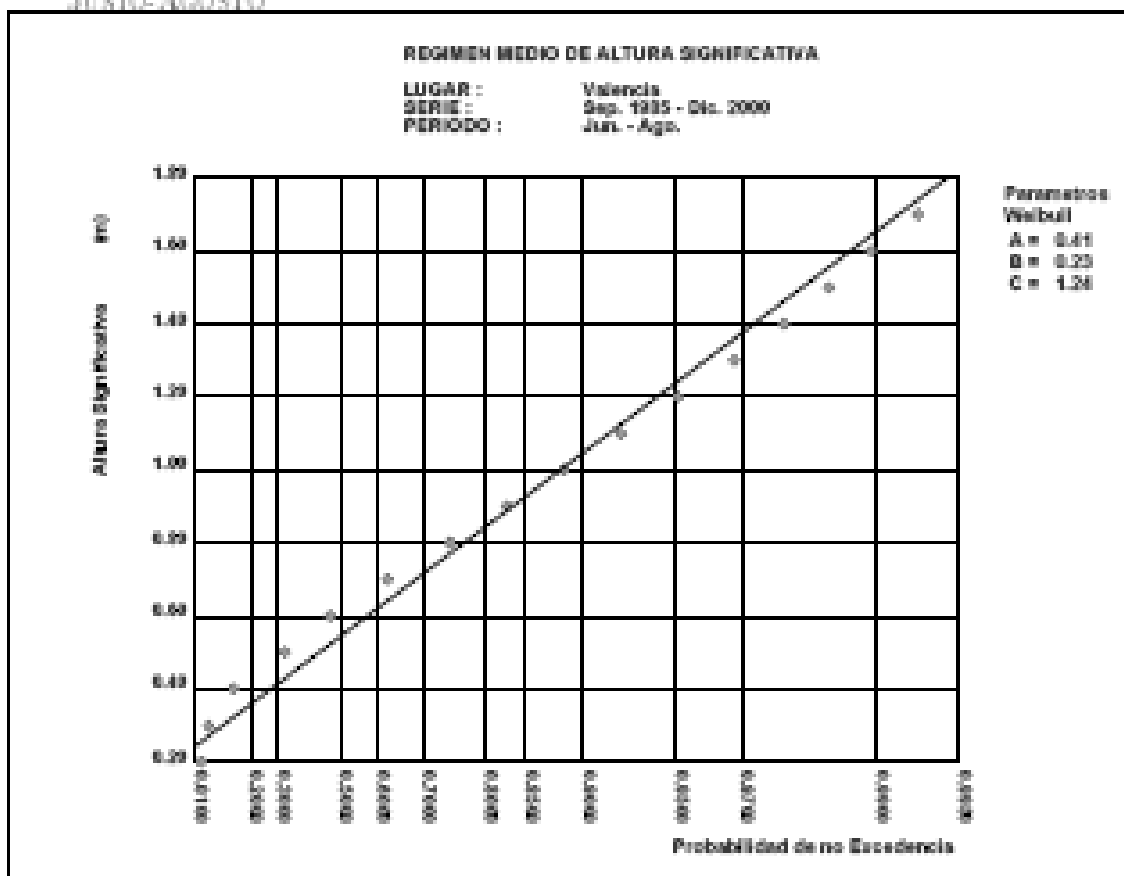
DICIEMBRE-FEBRERO



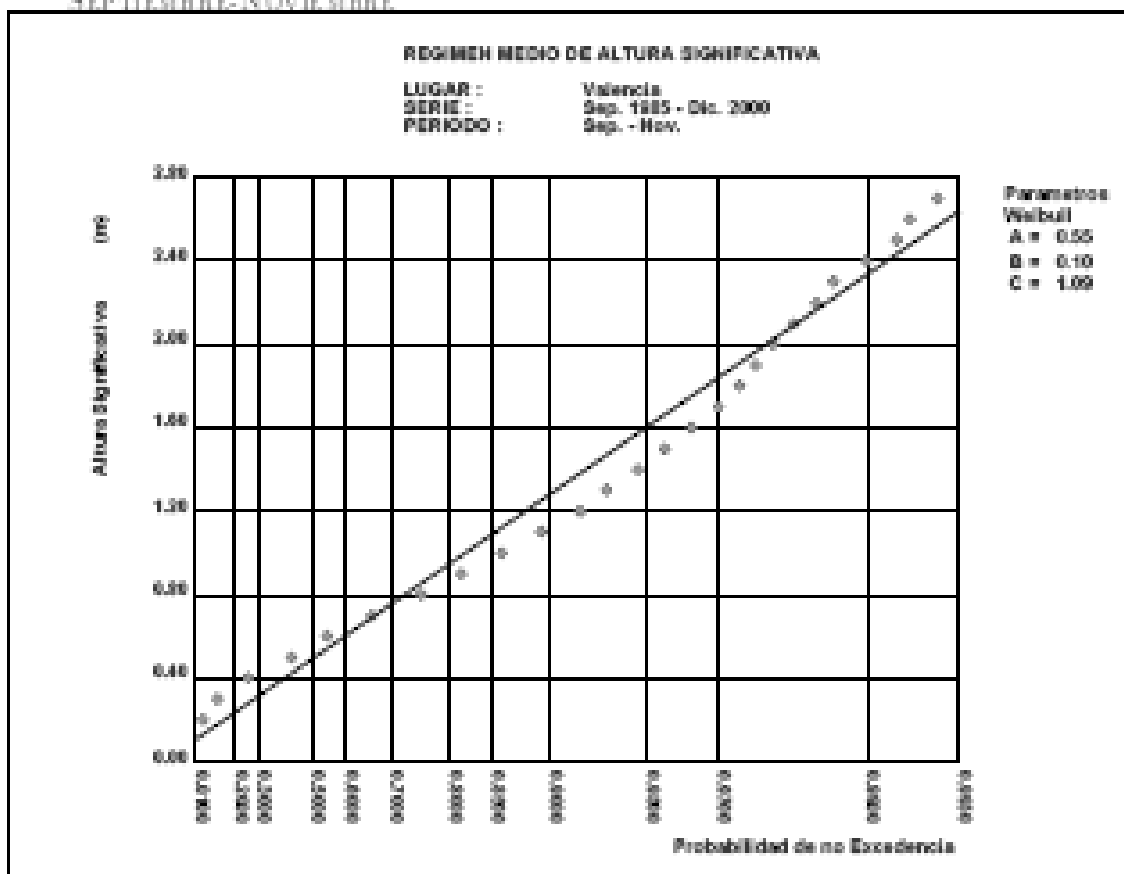
Marzo-Mayo



JUNIO-AGOSTO



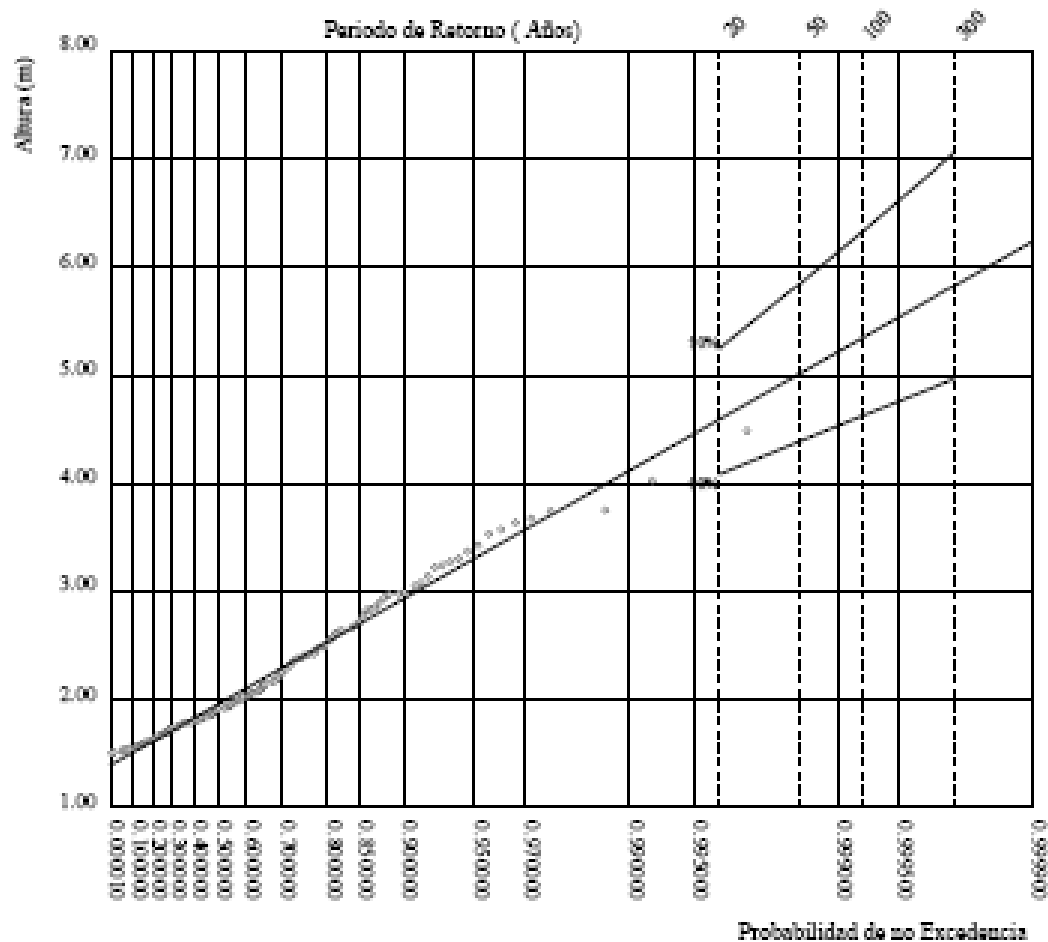
SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE



Régimen extremal de la Boya de Valencia

REGIMEN EXTREMAL GLOBAL

LUGAR : Valencia PERIODO : Anual
 PARÁMETRO : Altura Significativa de Ola SERIE ANALIZADA : Sep. 1985 - Dic. 2002

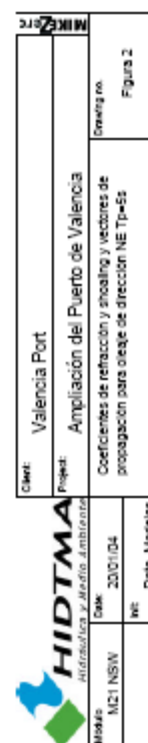
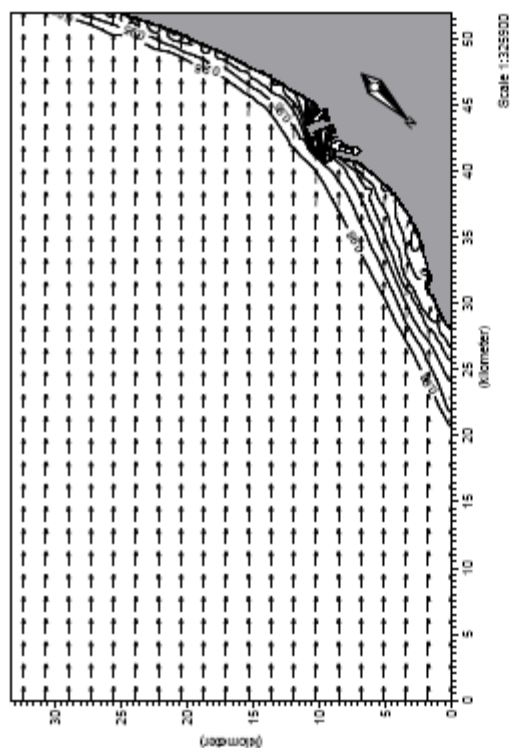
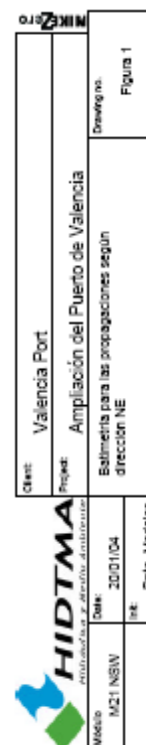
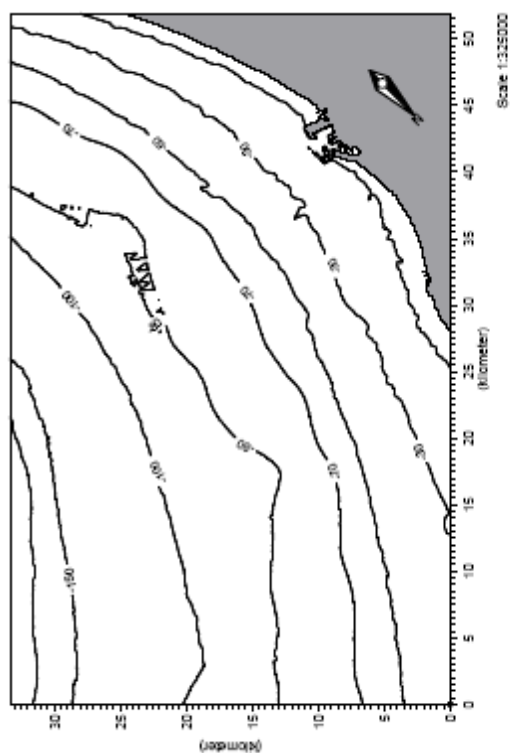


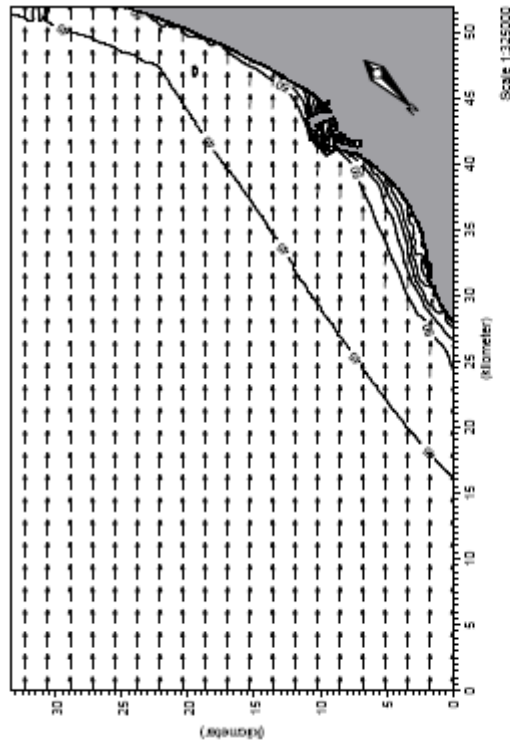
P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	100.00	300.00
Altura Asociada (m)	4.59	5.02	5.34	5.83
Banda Sup. 90% (m)	5.24	5.86	6.32	7.06

Parámetros de la Distribución Weibull	Alfa = 1.39 Beta = 0.77 Gamma = 1.21	Lambda Nivel de Corte (m)	13.09 1.50
---------------------------------------	--	------------------------------	---------------

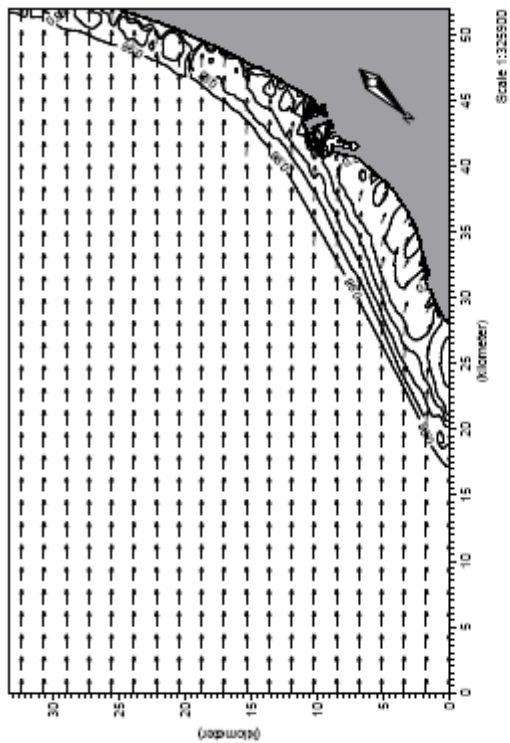




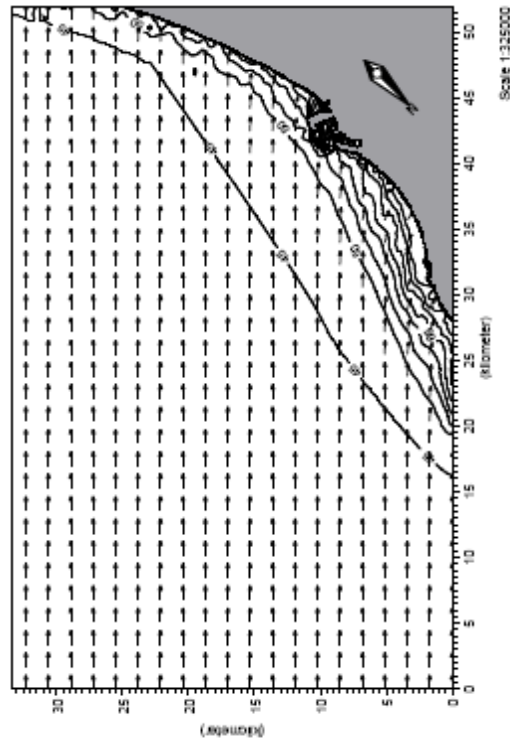




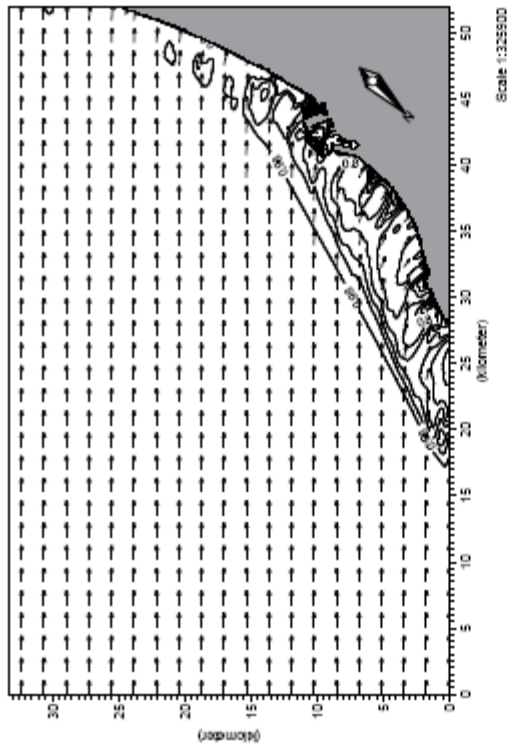
		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 3
Modelo M21 NSW	Date 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=5s	
	Wt Dpto. Modelos		



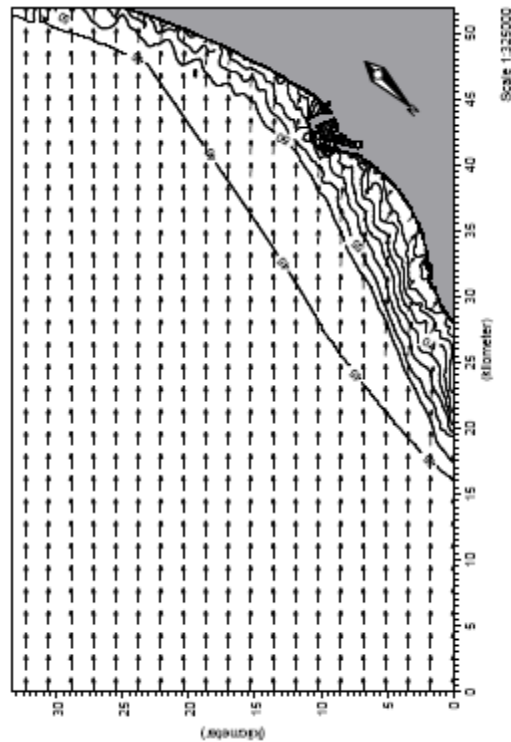
		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 4
Modelo M21 NSW	Date 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=5s	
	Wt Dpto. Modelos		




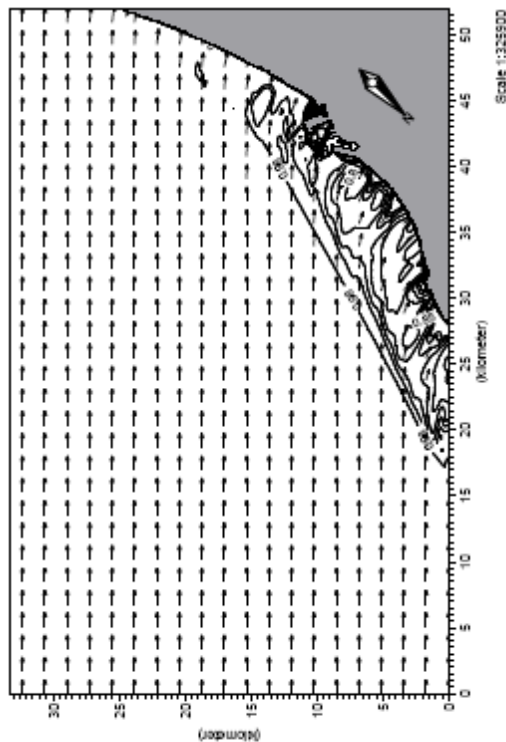
Client: Valencia Port		Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
Misma		Date: 20/01/04	
M21 NSW		W: Dpto. Modelos	
Drawing no.		Figura 5	




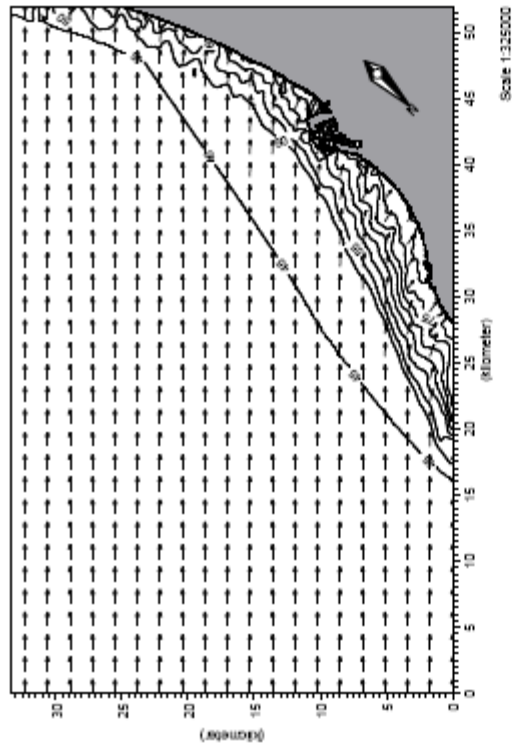
Client: Valencia Port		Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
Misma		Date: 20/01/04	
M21 NSW		W: Dpto. Modelos	
Drawing no.		Figura 6	




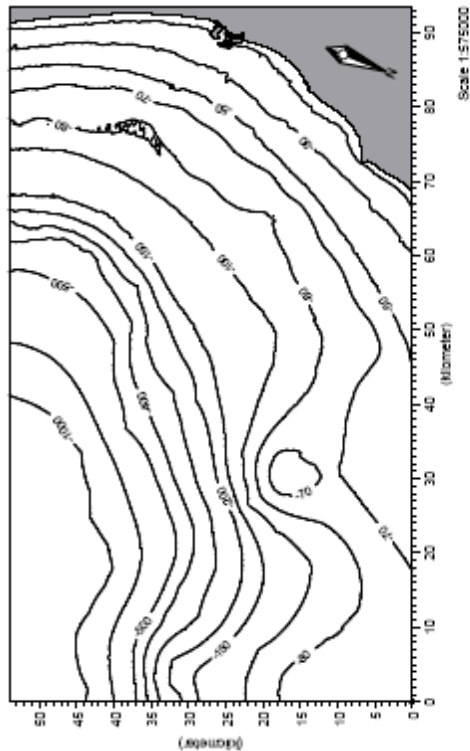
 HIDTMA Hidráulica y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 7
Project: Ampliación del Puerto de Valencia			
Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE $T_p=12s$			
Módulo: M21 NSW	Date: 20/01/04	WE Practic. Modelos	



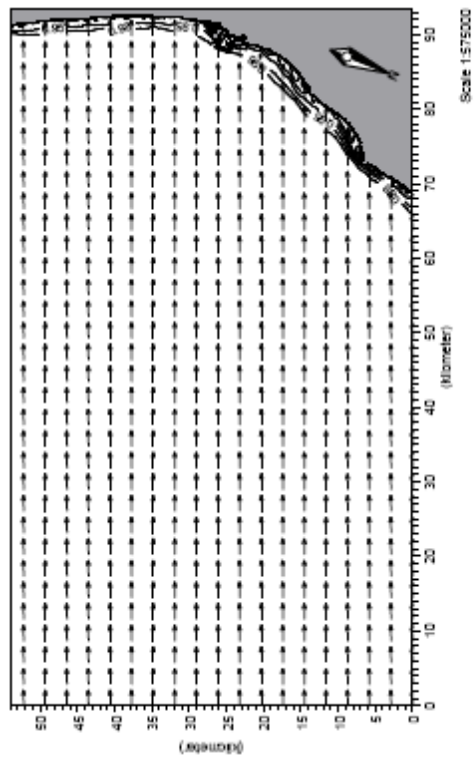
 HIDTMA Ingeniería y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 8
Project: Ampliación del Puerto de Valencia			
Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE $T_p=15s$			
Modelo: M21 NSW	Date: 20/01/04		
Int:			




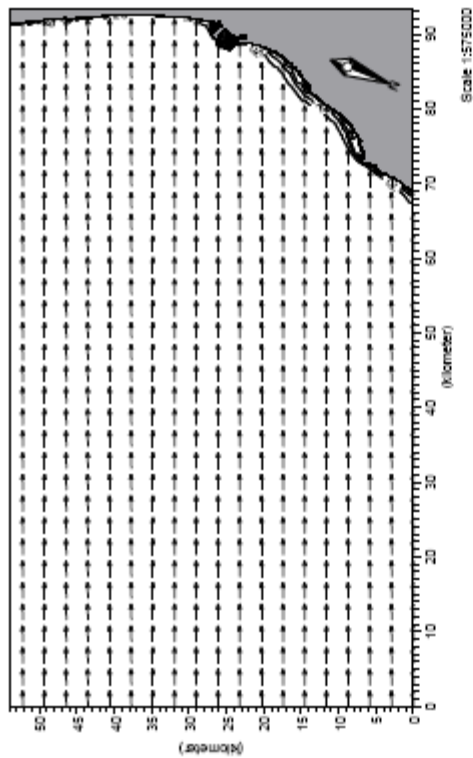
 HIDTMA Hidrología y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	Drawing no. Figura 9
Modelo: M21 NSW	Date: 20/01/04			
Int: Dpto. Modelos		Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE $Tp=16s$		



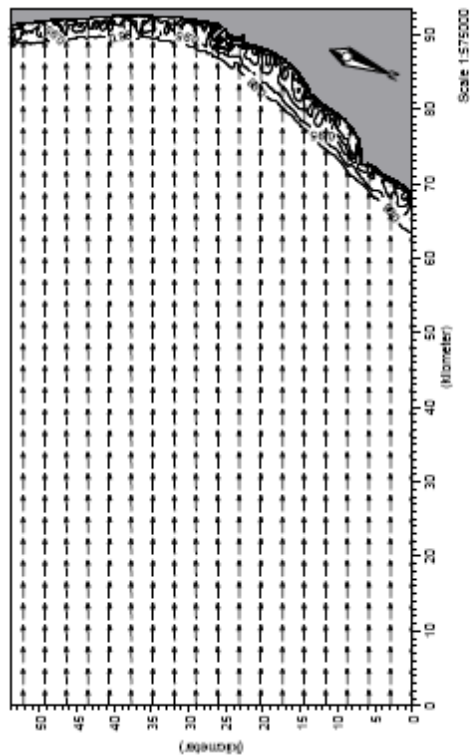
 HIDTMA <small>ingeniería de diseño ambiental</small>		Client: Valencia Port	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	Drawing no. Figura 10
Model: M21 NSW	Date: 20/01/04			
Int: Dpto. Modelos		Batimetría para las propagaciones según dirección ENE		

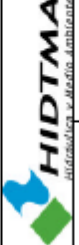



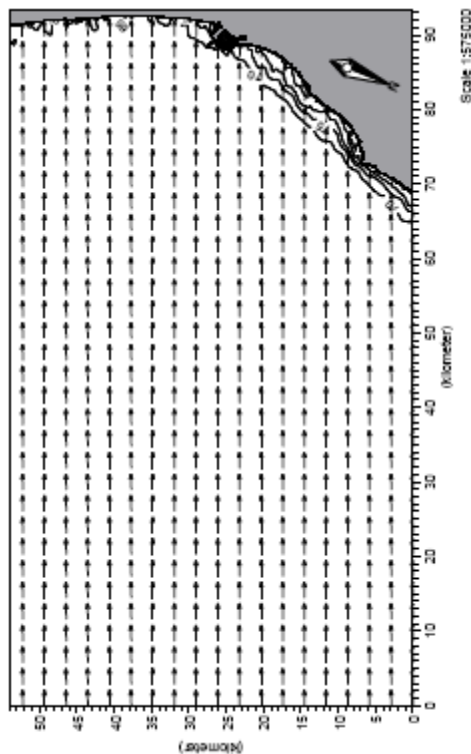
 HIDTMA Ingeniería y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 11
Project: Ampliación del Puerto de Valencia			
Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE Tp=5s			
Model: M21 NSW	Date: 20/01/04	Dpto. Modelos	



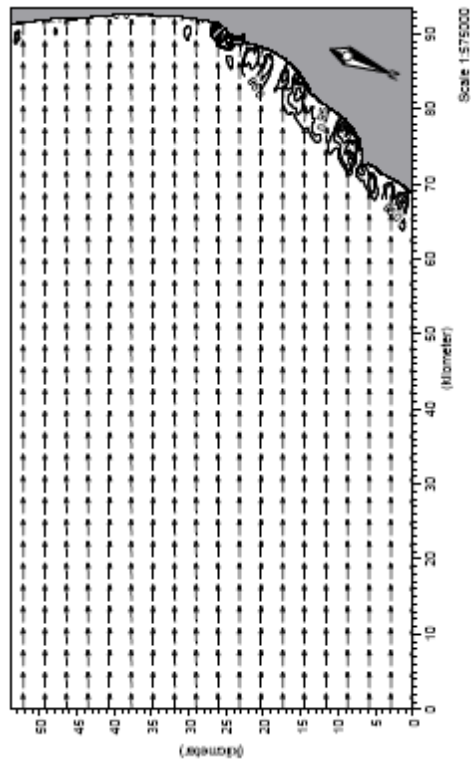
 HIDTMA <i>Hidráulica y Medio Ambiente</i>		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 12
		Project: Ampliación del Puerto de Valencia Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE Tp=5s	
Model: M21 NSW	Date: 20/01/04		
Int: M21 NSW	Date: 20/01/04		



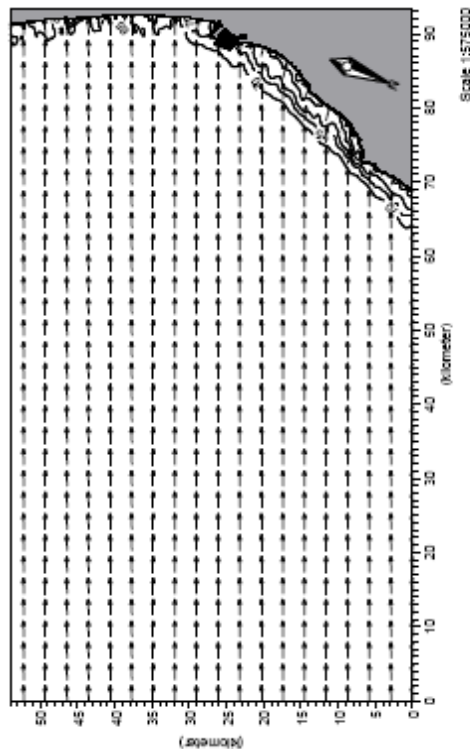
		Client: Valencia Port	
Model: M21 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
W: Dpto. Modelos		Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE 10-35	Drawing no: Figura 13



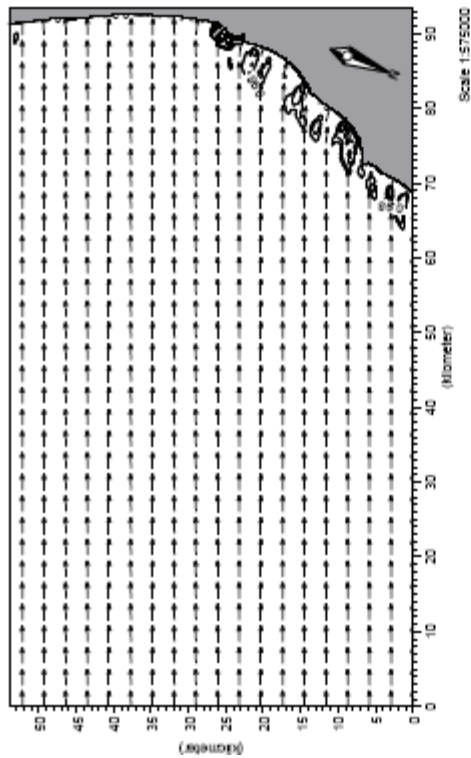
		Client: Valencia Port	
Model: M21 NSW	Date: 20/01/04	Project: Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE 10-35	
W: Dpto. Modelos			Drawing no: Figura 14




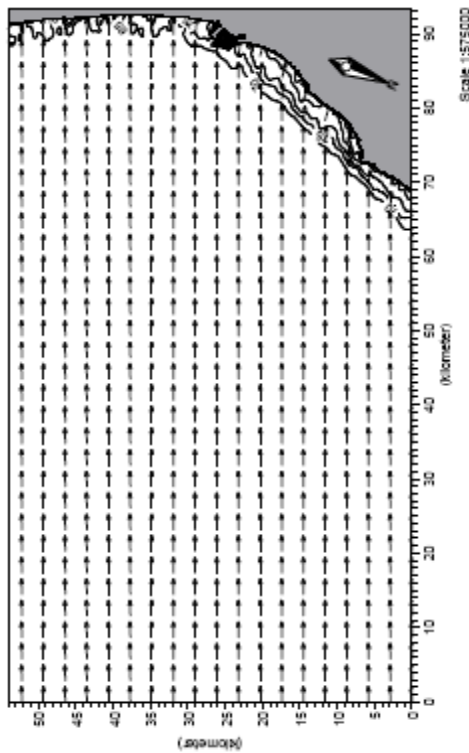
HIDTMA Instituto de Ingeniería y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 15
Model: MC1 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
Int: Dpto. Modelos			




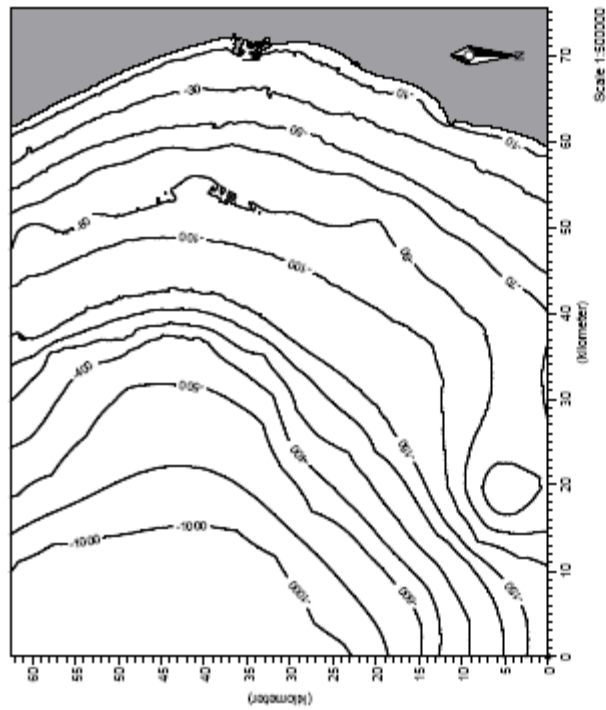
HIDTMA Instituto de Ingeniería y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 16
Model: MC1 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
Int: Dpto. Modelos			



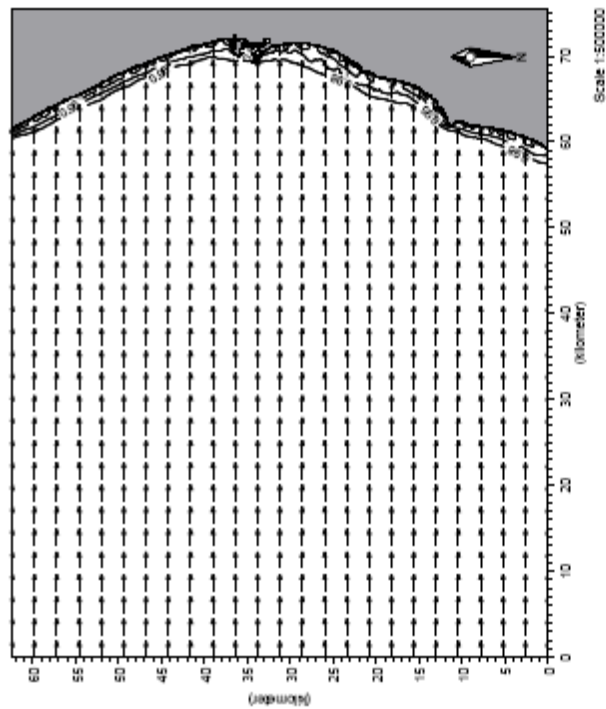
		Client: Valencia Port	Project: Ampliación del Puerto de Valencia Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE T ₀ =16s	Drawing no. Figura 17
Misura: M21 NSW	Date: 20/01/04			
NE		Trinck, Modelos		




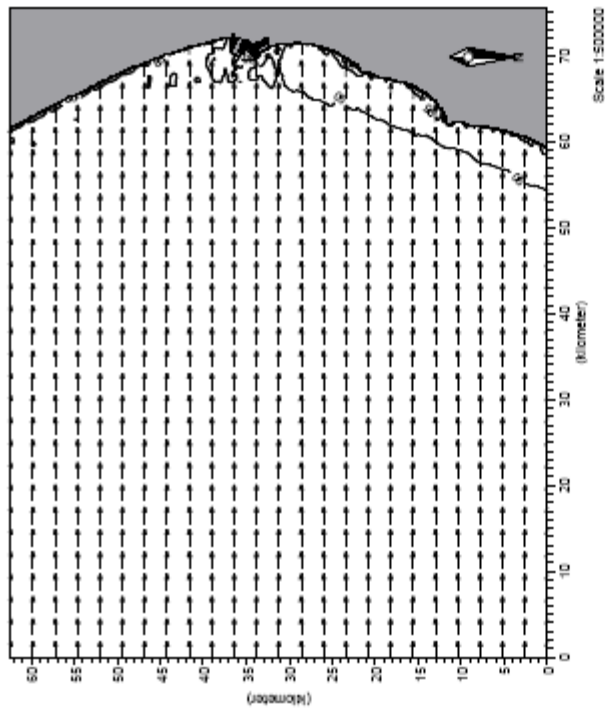
		Client: Valencia Port		Project: Ampliación del Puerto de Valencia	Drawing no. Figura 18
Misura: M21 NSN	Date: 20/01/04	W: Dpto. Modelos			
Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_0=16s$					



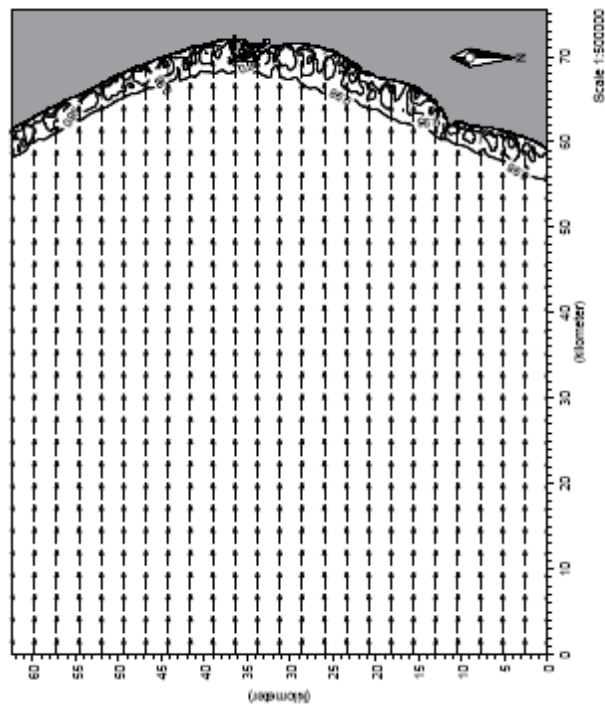
 HIDTMA <i>Hidráulica y Medio Ambiente</i>		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 19
Modelo M21 NSW	Date 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia Batimetría para las propagaciones según dirección E	
W: Dpto. Modelos			



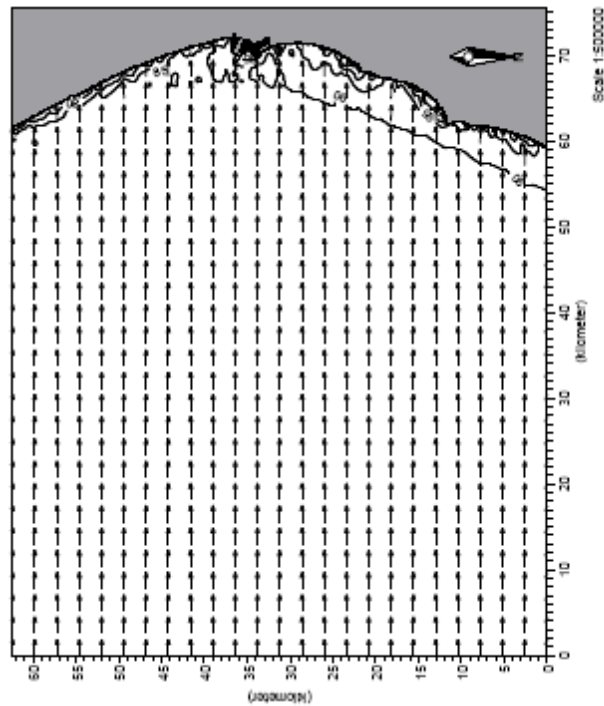
		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 20
Modelo: M21 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección E (T=5s)	
W: Dpto. Modelos			



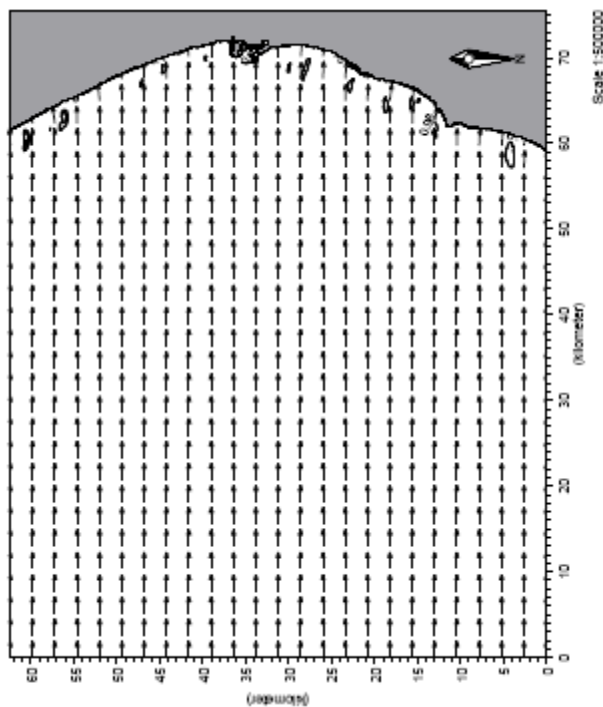
HIDTMA <small>Hidrología y Medio Ambiente</small>		Client: Valencia Port Project: Ampliación del Puerto de Valencia	Drawing no. Figura 21
Misión: MCTI NSW	Date: 23/01/04	Dir: Dpto. Modelos	



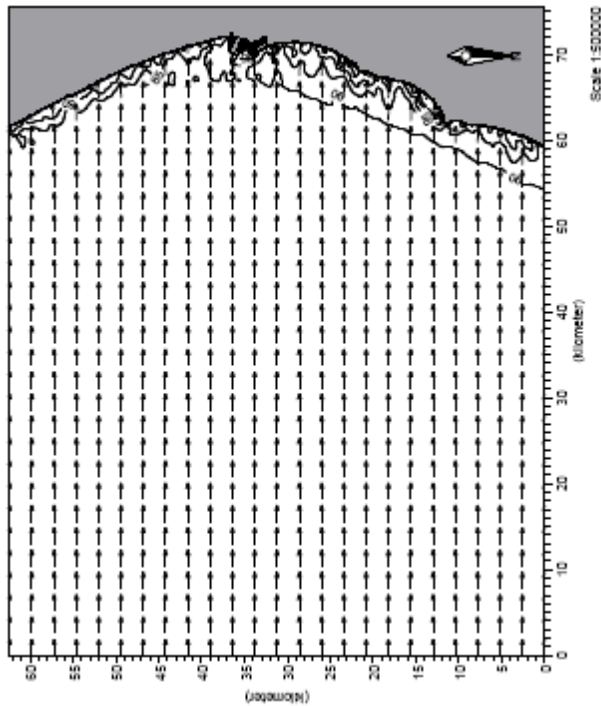
HIDTMA <small>Hidrología y Medio Ambiente</small>		Client: Valencia Port Project: Ampliación del Puerto de Valencia	Drawing no. Figura 22
Misión: MCTI NSW	Date: 23/01/04	Dir: Dpto. Modelos	




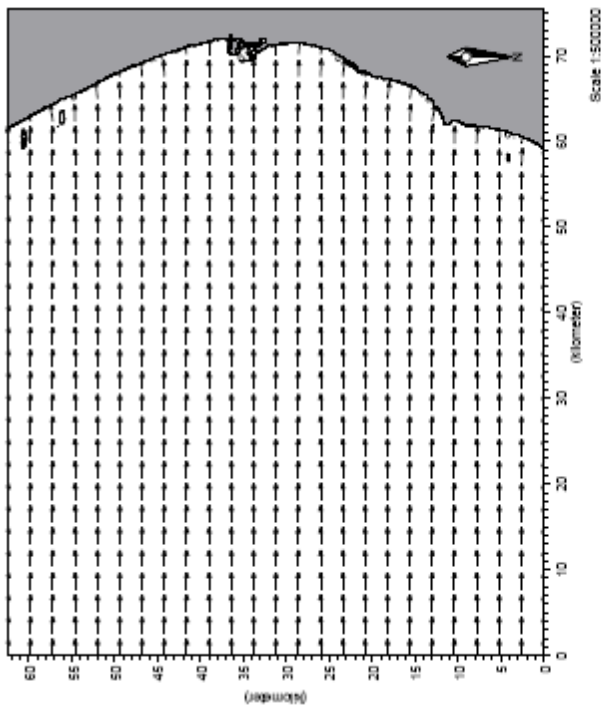
HIDTMA Hidráulica y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 23
Model: M21 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
W: Dpto. Modelos		Direction del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección E Tp=8s	




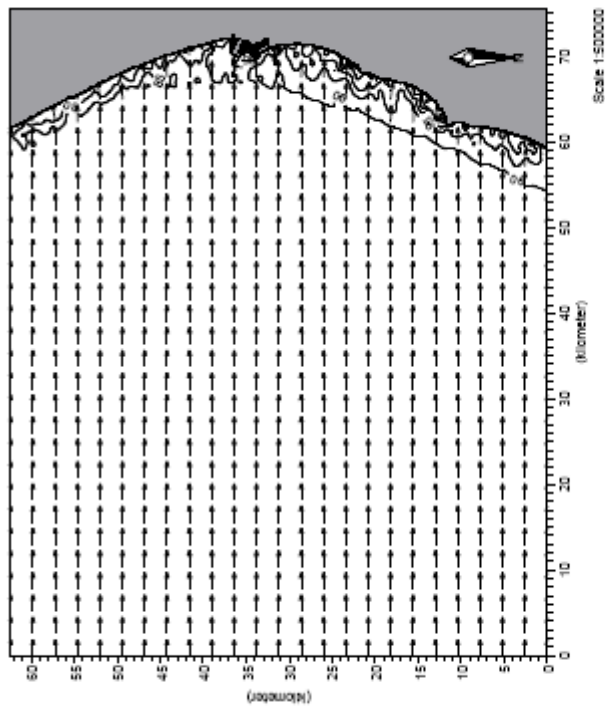
HIDTMA Hidráulica y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 24
Model: M21 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
W: Dpto. Modelos		Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección E Tp=12s	

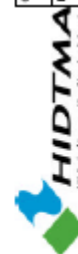


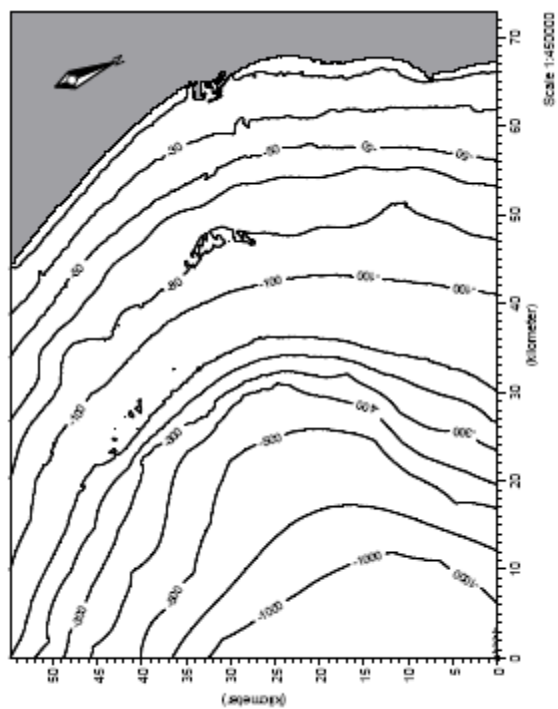
 HIDTMA Hidráulica y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	Drawing no. Figura no. Figura 25
Model: M21 NSW	Date: 20/01/04			
WE			Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección E $T_p=12s$	

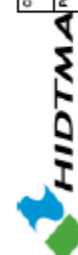


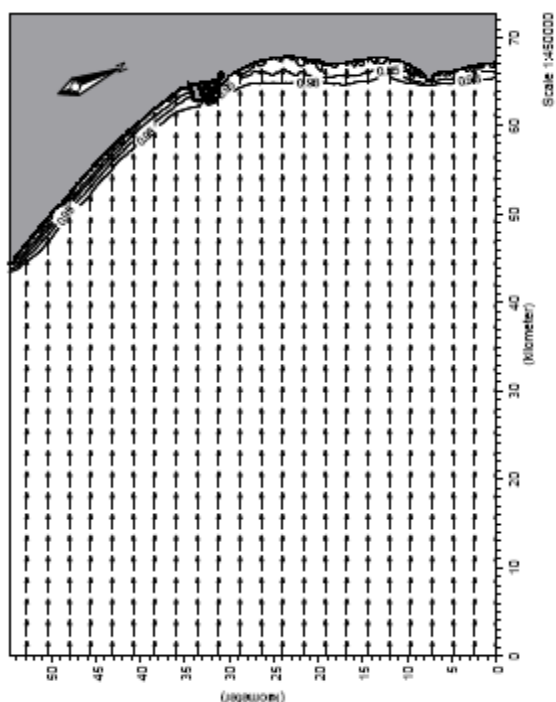
 HIDTMA <i>hidráulica y medio ambiente</i>		Client: Valencia Port		Project: Ampliación del Puerto de Valencia	Drawing no. Figura no. Figura 25
Model: M21 NSW	Date: 20/01/04	Dir: Dpto. Modelos			
WE		Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección E $T_p=12s$			




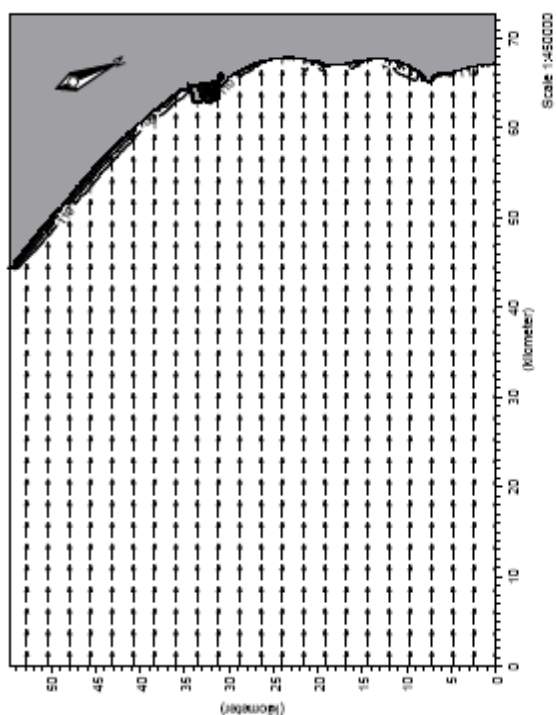
 HIDTMA Hidrología y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 27
		Project: Ampliación del Puerto de Valencia Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección E T=16s	
Modelo: M21 NSW	Date: 20/01/04		
Modo: M21 NSW	Ver: 20/01/04		



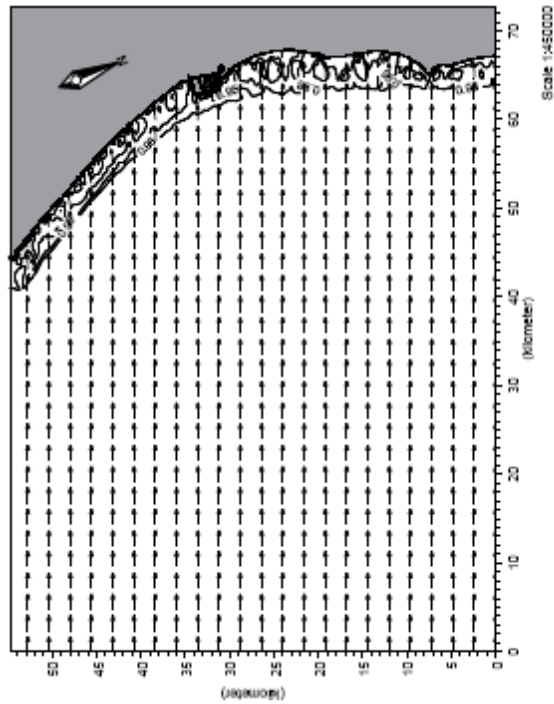
		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 28
		Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
		Batimetría para las propagaciones según dirección ESE	
Modelo: M21 NSW	Date: 20/01/04		
Modo: M21 NSW	Ver: 20/01/04		




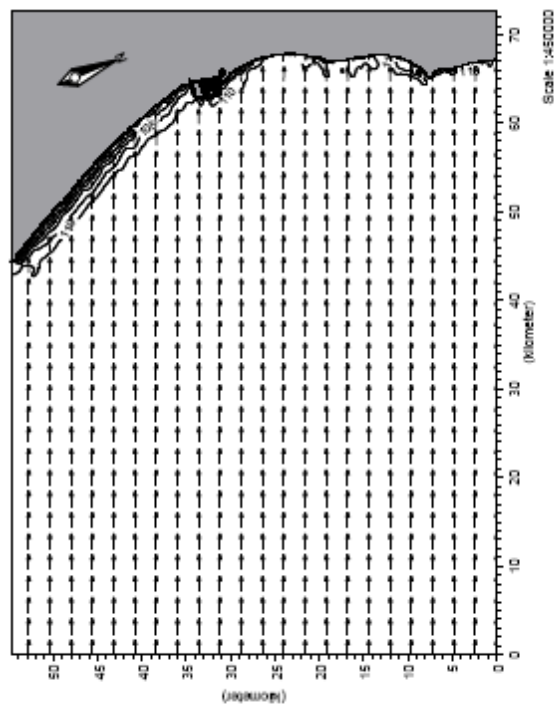
 HIDTMA Ingeniería y Medio Ambiente	Cliente: Valencia Port	Proyecto: Ampliación del Puerto de Valencia Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE T10-45	Drawing no. Figura 2.9
	Fecha: 20/01/04 M21 NSW ISE		




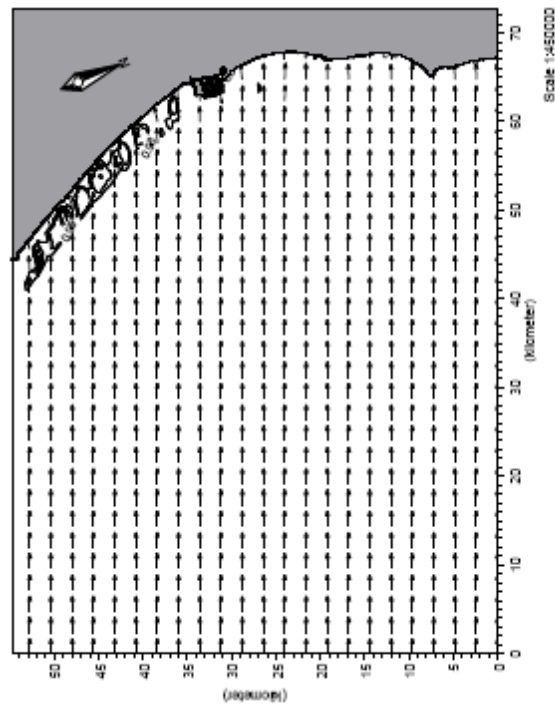
		CLIENTE: Valencia Port		PROYECTO: Ampliación del Puerto de Valencia	Drawing no. Figura 30
Modelado: M21 NSW	Fecha: 20/01/04	Descripción del objeto y vectores de propagación para cliente de dirección ESE To=5s			




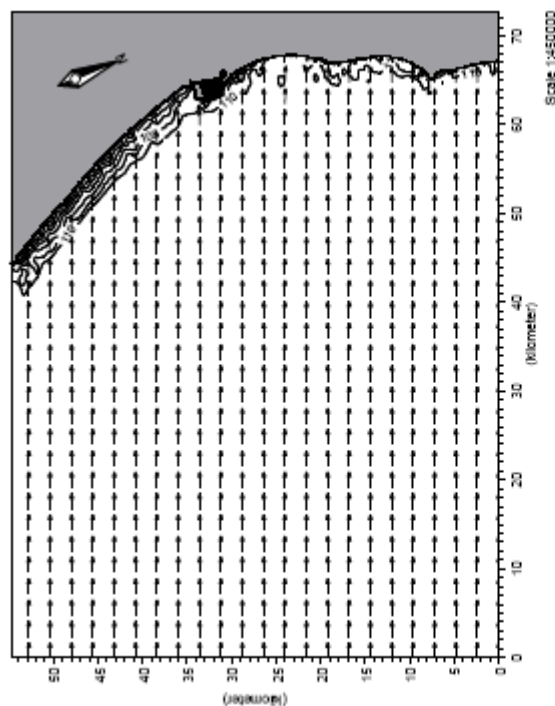
 HIDTMA <i>Hydrological & Marine Environment</i>		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 31
Modelo: M21 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
Hydrological and Marine Environment		Coefficients of refraction and shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE T _p =5s	
No:		Dpto. Medios	




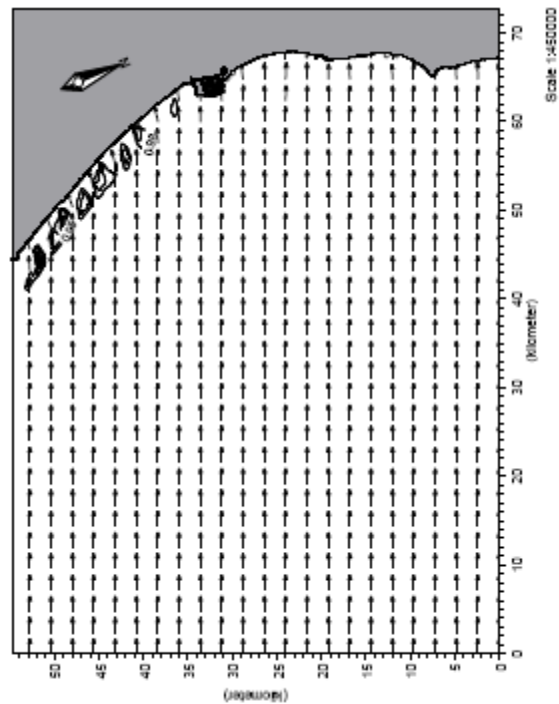
 HIDTMA <i>hidráulica y medio ambiente</i>		Modelo: M21 NSW	Date: 20/01/04
		FE: Pedro Alcántara	
Client:	Valencia Port	Drawing no: Figura 32	
Project:	Ampliación del Puerto de Valencia		
Direction of wave and vectors of propagation para oleaje de dirección ESE Tp=5s			




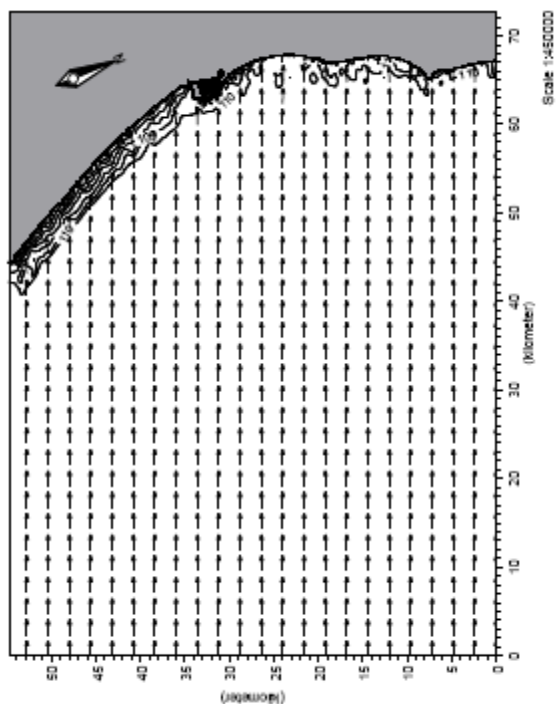
 HIDTMA <i>Ingeniería y Medio Ambiente</i>		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 33
Modelo: M21 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
Wk: Dpto. Modelos	Coefficients de refracción y anealing y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE Tp=12s		




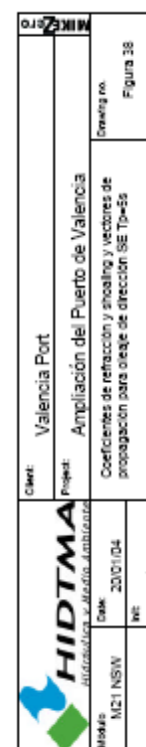
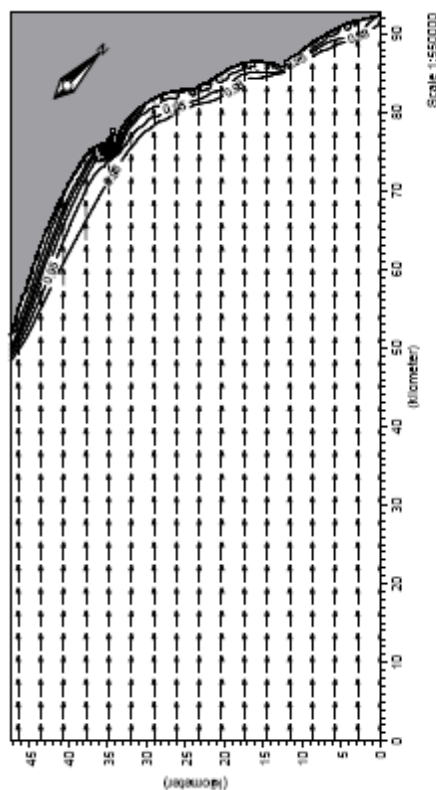
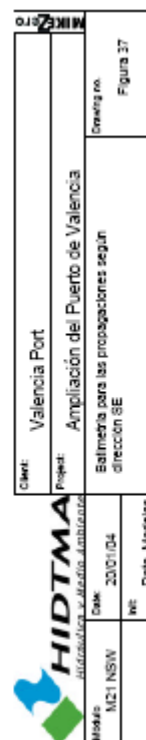
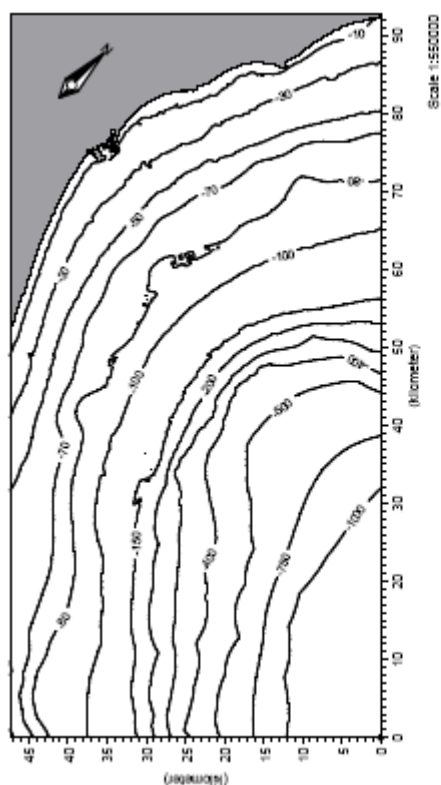
 HIDTMA <i>Industria y Medio Ambiente</i>		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 34
Modelo: M21 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
Wk: Dpto. Modelos	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE Tp=12s		

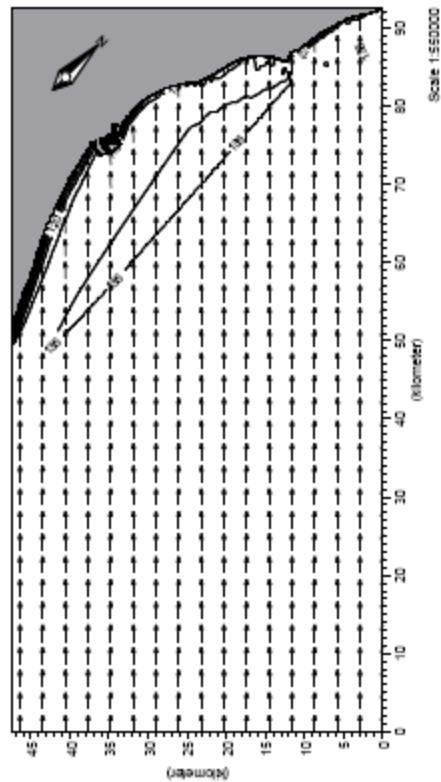


		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 35
Modelo: M21 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
File: Dpto. Medios		Coefficientes de refracción y anclaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE Tp=15s	

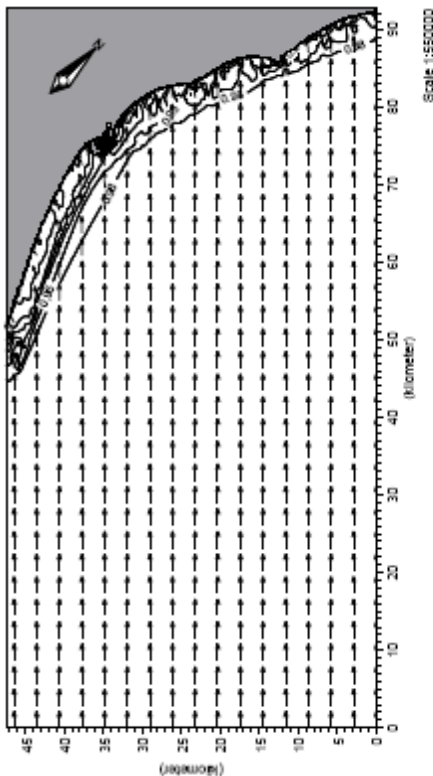


 HIDTMA <i>hidráulica y medio ambiente</i>		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 36
Modelo: M21 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia	
File: Dpto. Medios		Direction del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE $T_p=15s$	

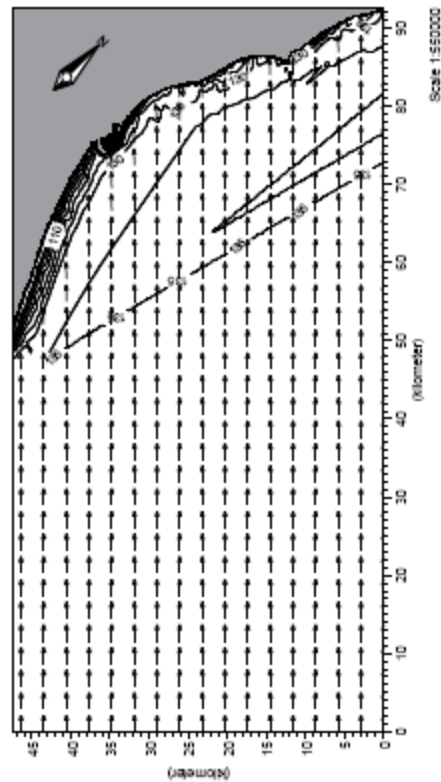




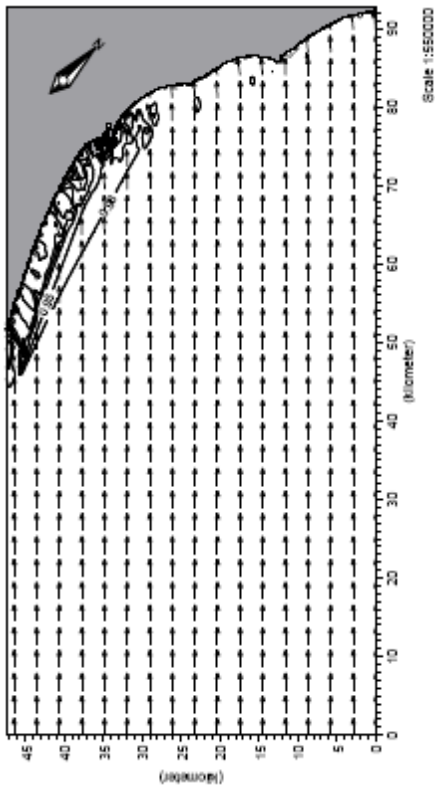
HIDTMA Ingeniería y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 39
Model: MC1 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección SE T0=5s	
Wc:	Dpto. Modelos		



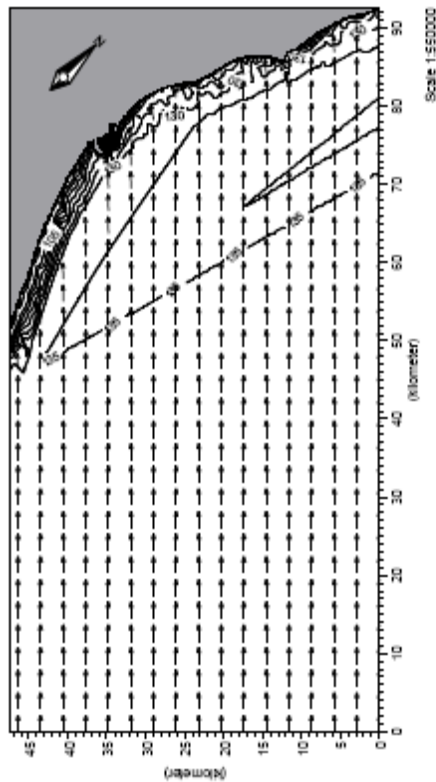
HIDTMA Ingeniería y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 40
Model: MC1 NSW	Date: 20/01/04	Project: Ampliación del Puerto de Valencia Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SE T0=5s	
Wc:	Dpto. Modelos		




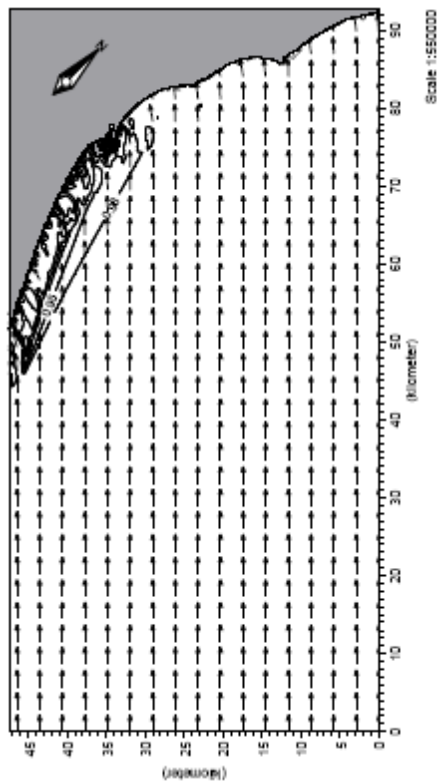
HIDTMA <small>Hidrología y Medio Ambiente</small>		Cliente: Valencia Port Proyecto: Ampliación del Puerto de Valencia Tema: Dirección de oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección SE Tp=3s	Drawing no. Figura 4.1
Módulo: M21 NSW	Fecha: 20/07/04 Vnc: Dpto. Modelos		




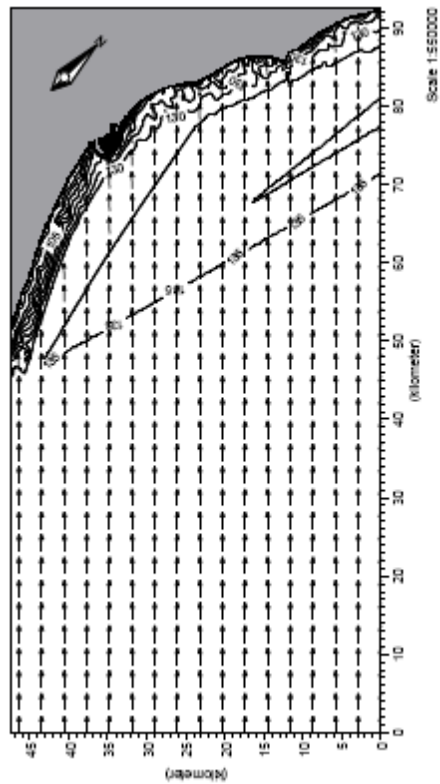
HIDTMA <small>Hidrología y Medio Ambiente</small>		Cliente: Valencia Port Proyecto: Ampliación del Puerto de Valencia Tema: Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SE Tp=12s	Drawing no. Figura 4.2
Módulo: M21 NSW	Fecha: 20/07/04 Vnc: Dpto. Modelos		




 HIDTMA Hidráulica y Medio Ambiente		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 43
Project: Ampliación del Puerto de Valencia Dirección de obra y vectores de propagación para obra de dirección SE T ₀ =12s			
Modelo M21 NSW	Date 20/01/04		
Wt:			



		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 44
Misma		Project: Ampliación del Puerto de Valencia Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para obra de dirección SE T ₀ =12s	
Misma	M21 NSW	Scale: 20/01/04	Dpto. Modelos
Wt:			

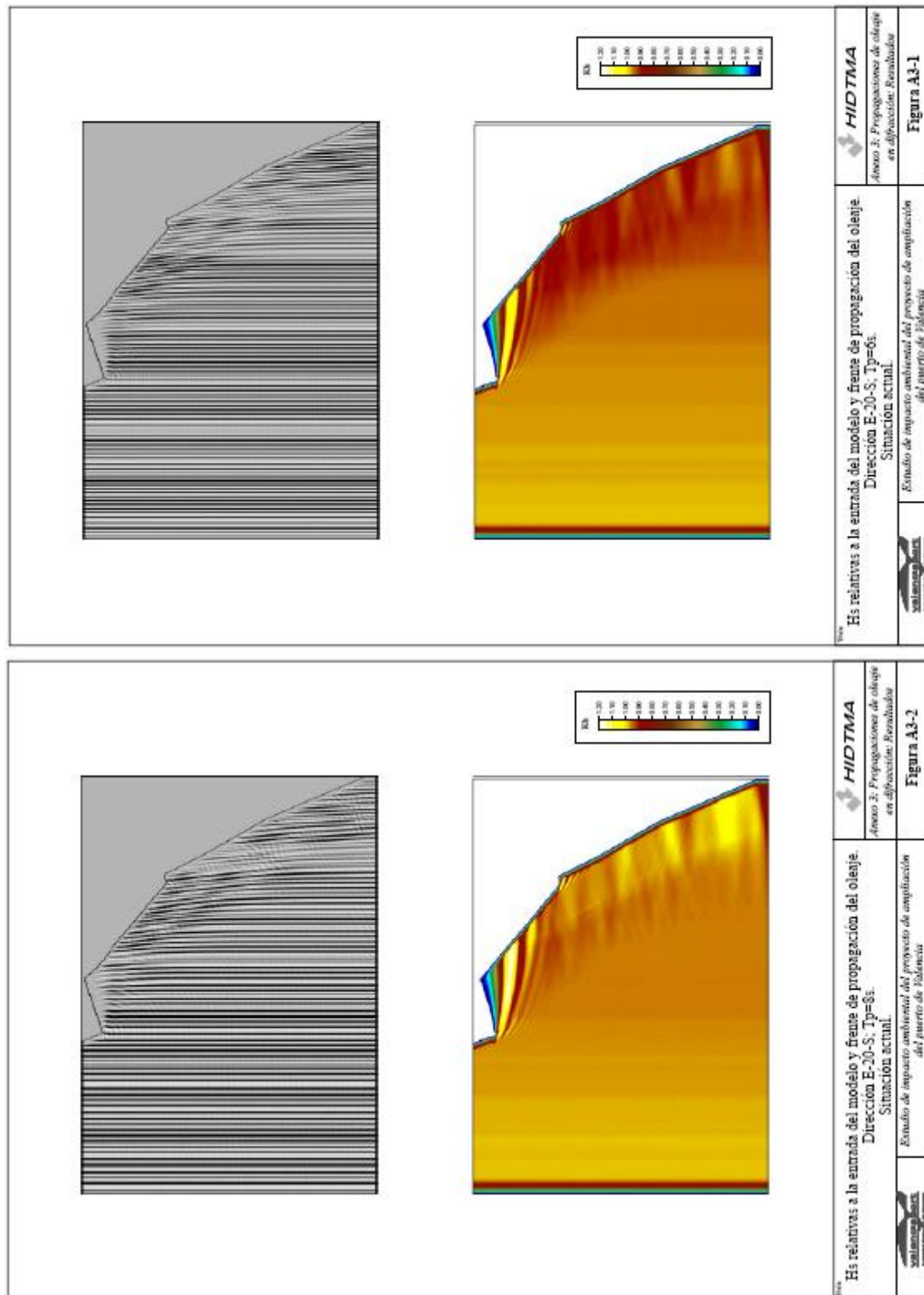


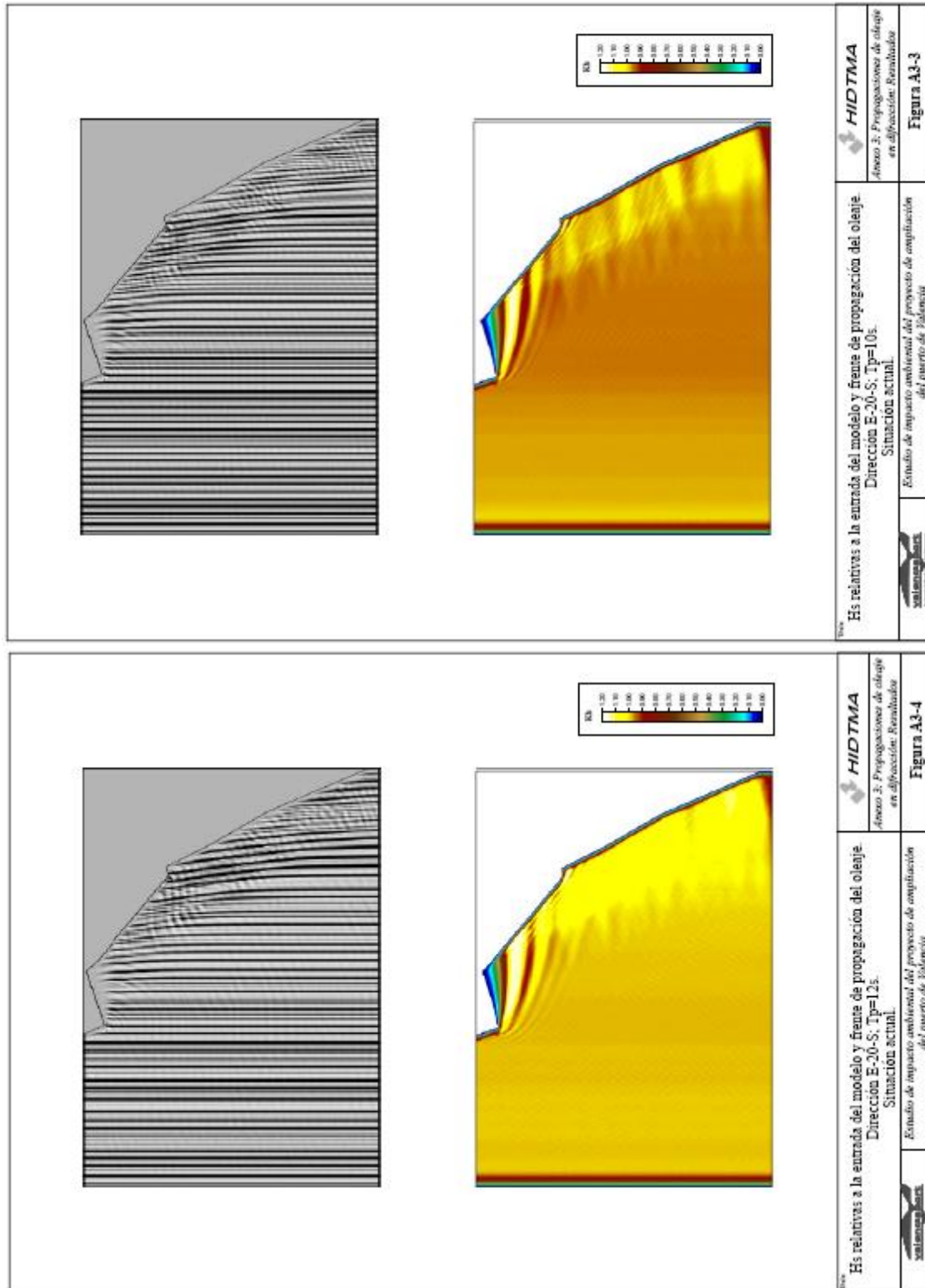
		Client: Valencia Port	Drawing no. Figura 45
		Project: Ampliación del Puerto de Valencia Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección SE T _p =16s	
Model: M21 NSW	Date: 20/01/04		
	WE	Trin. Modelos	

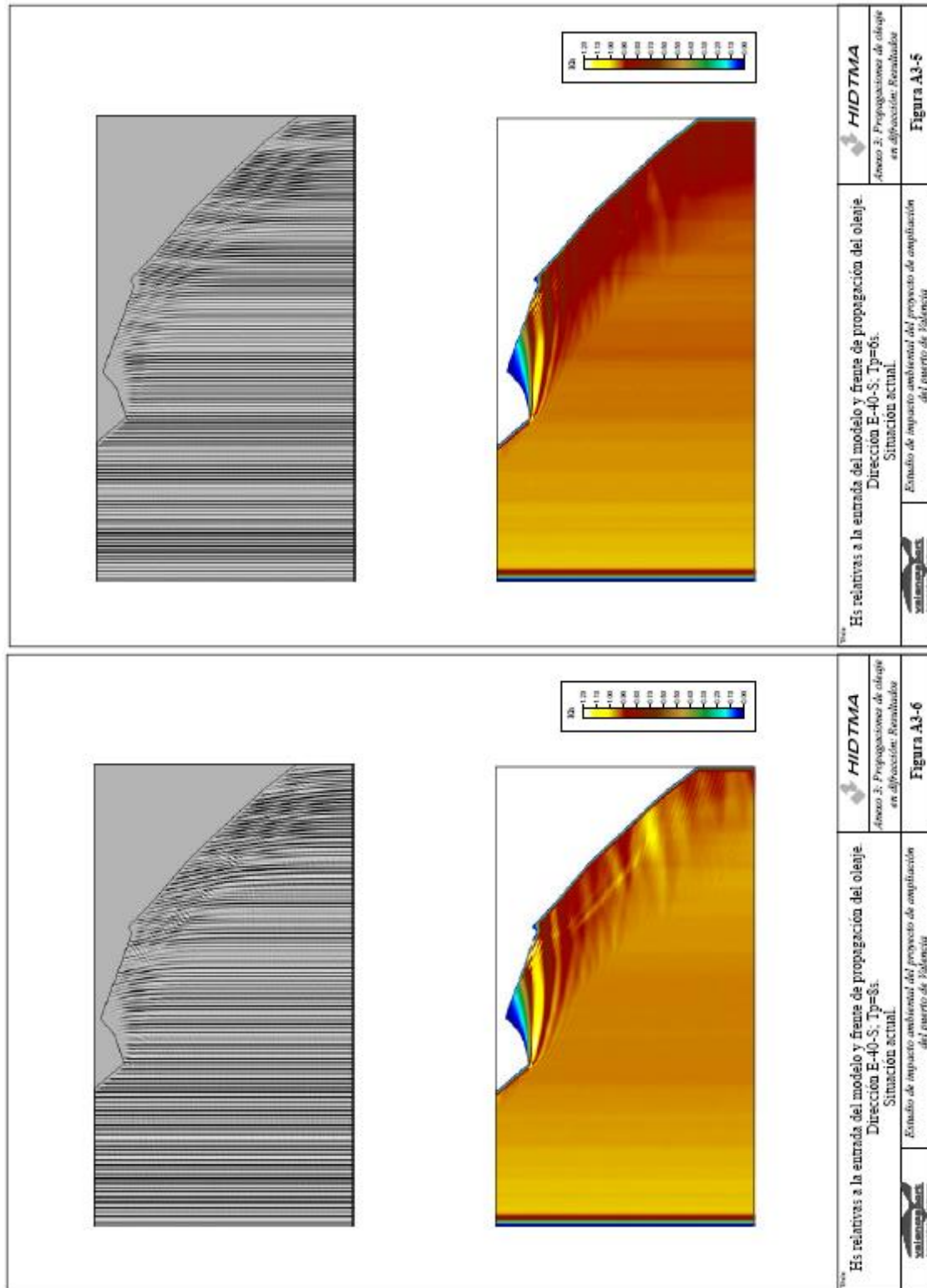


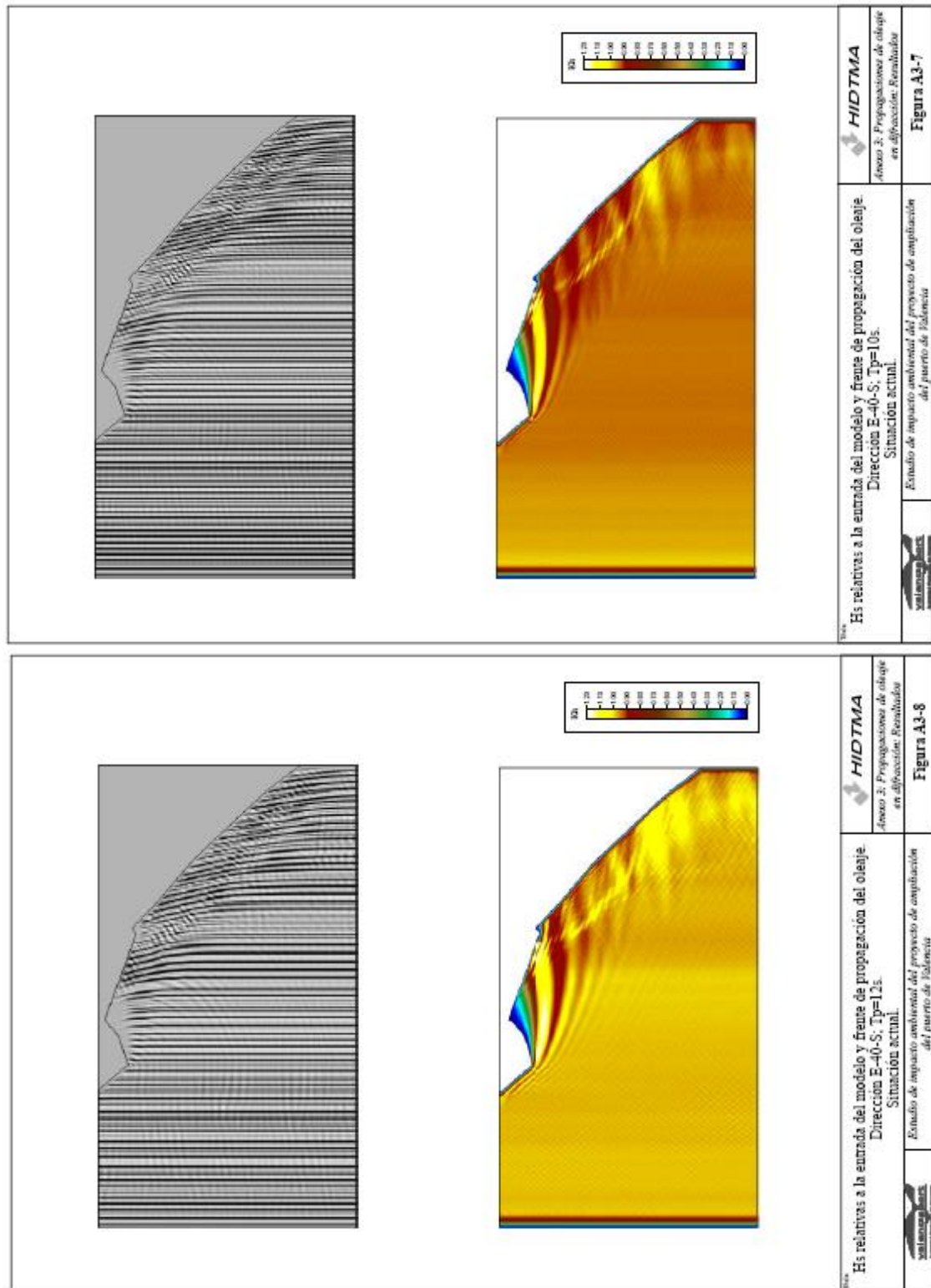


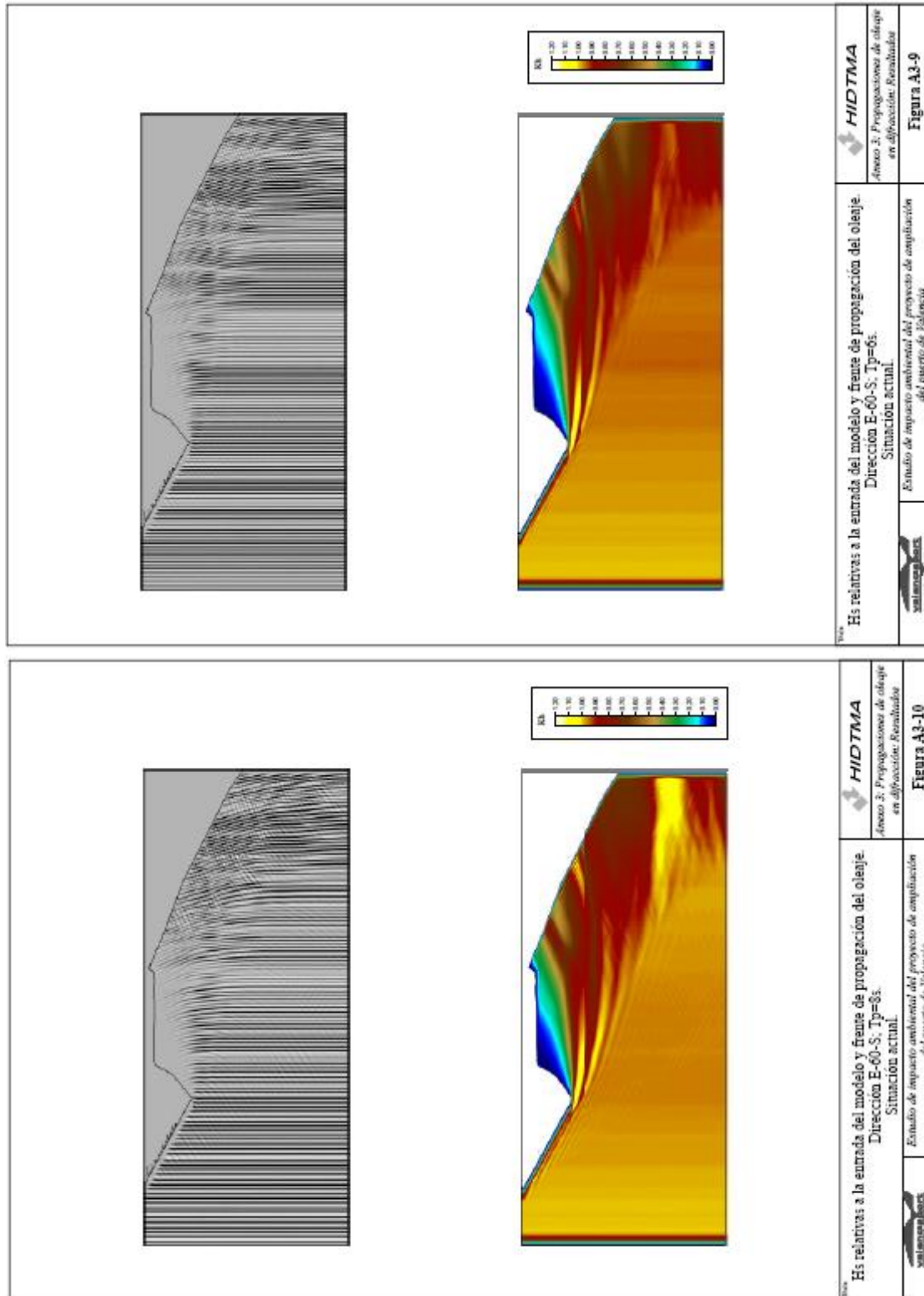


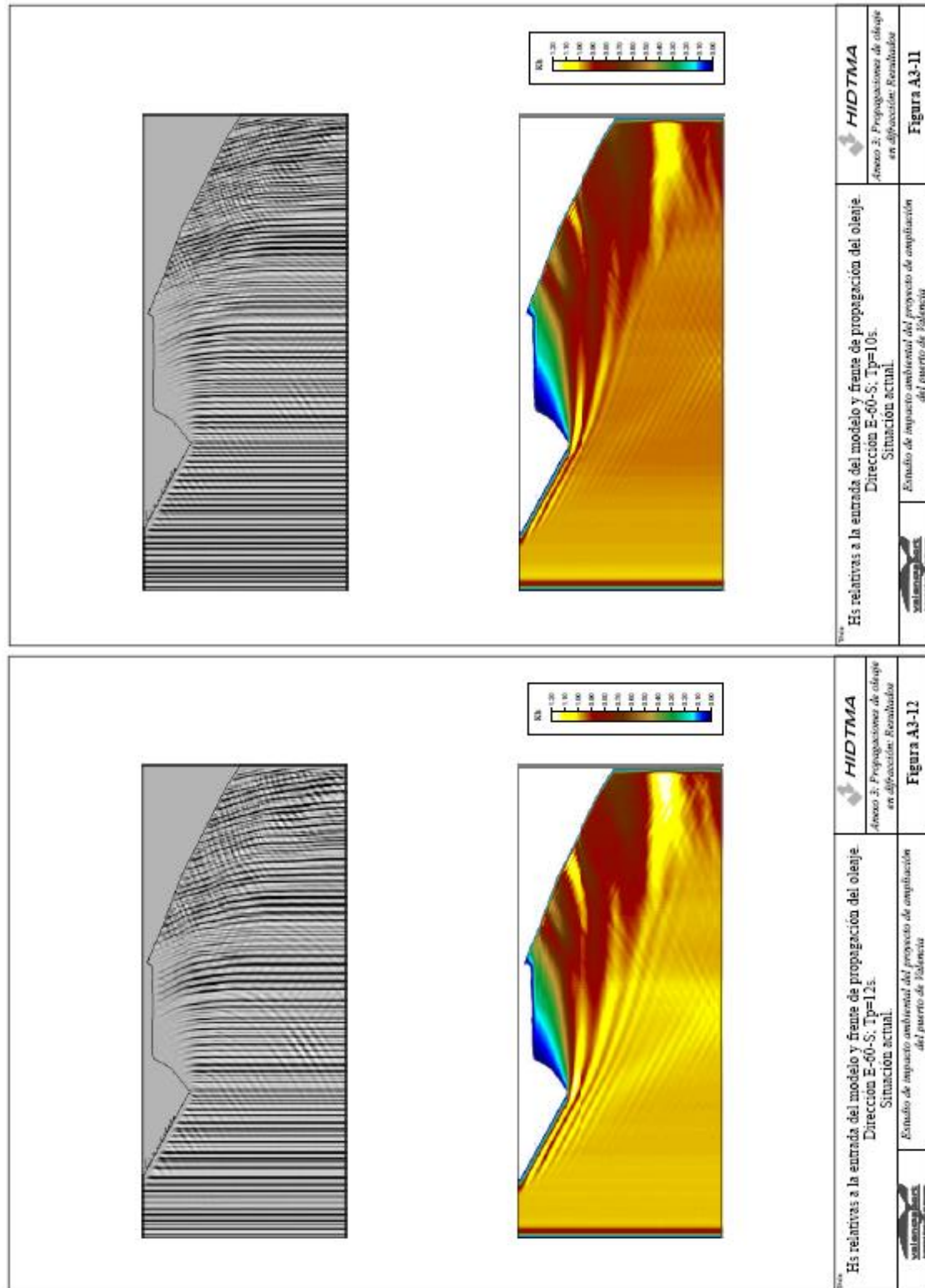


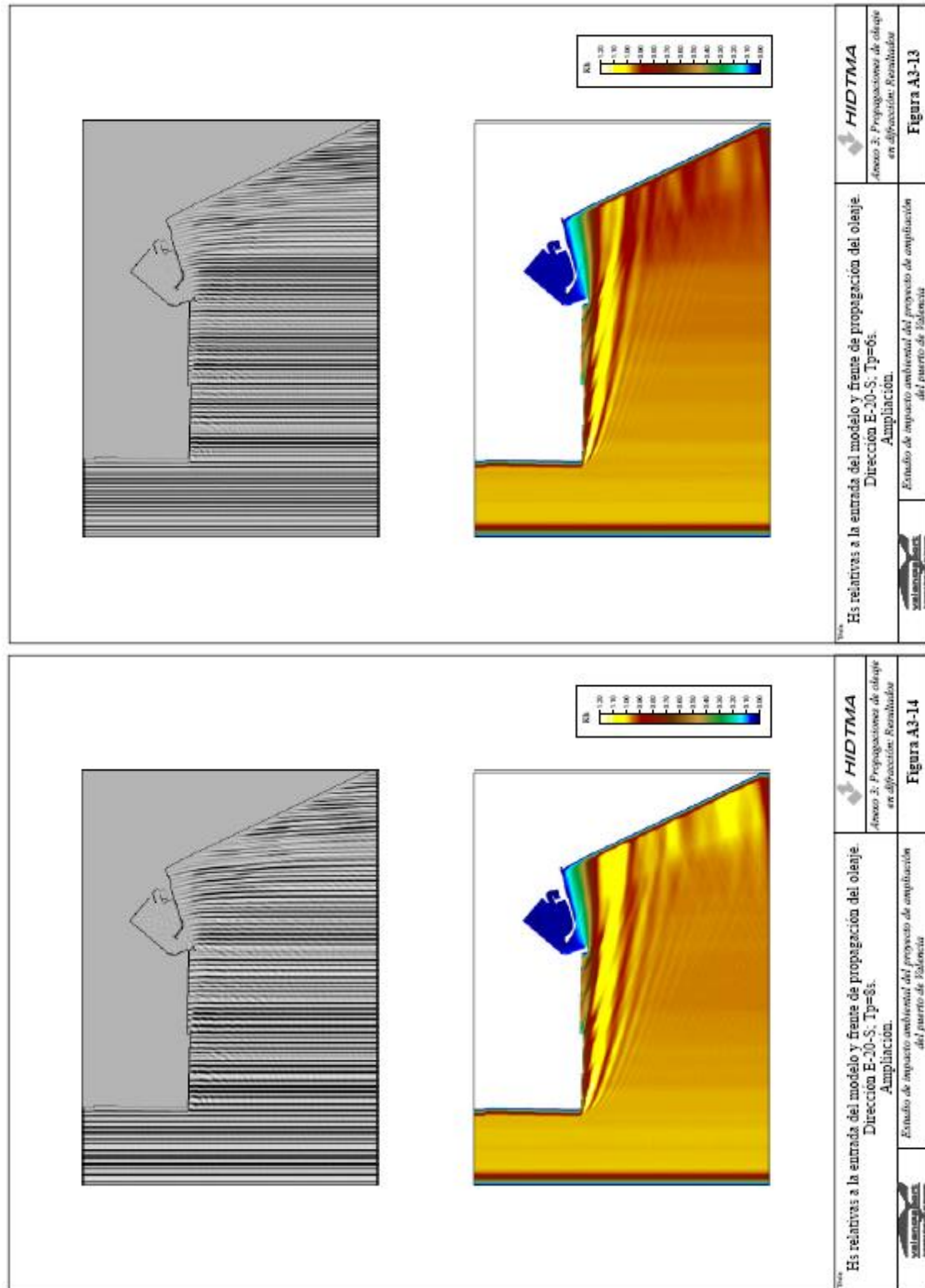


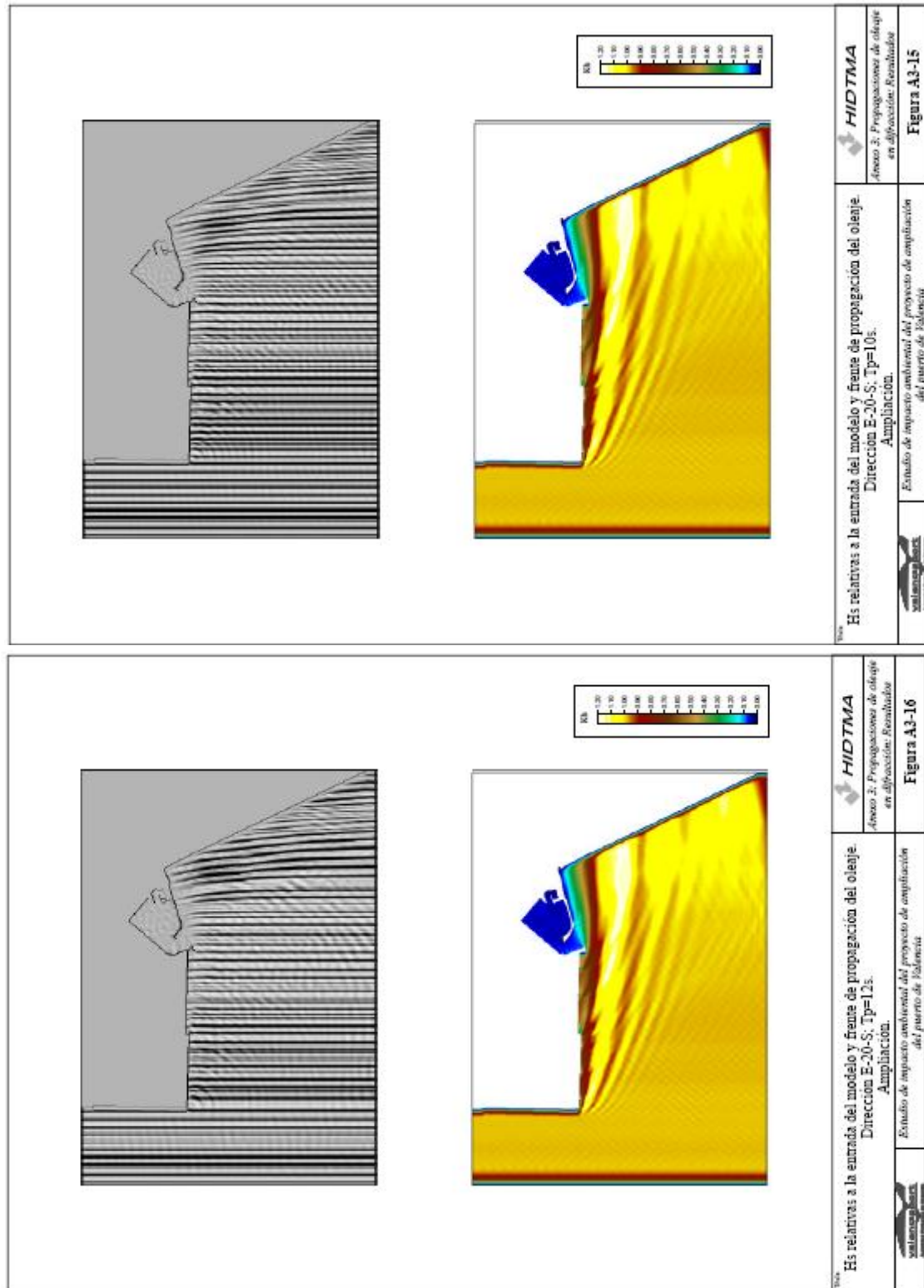


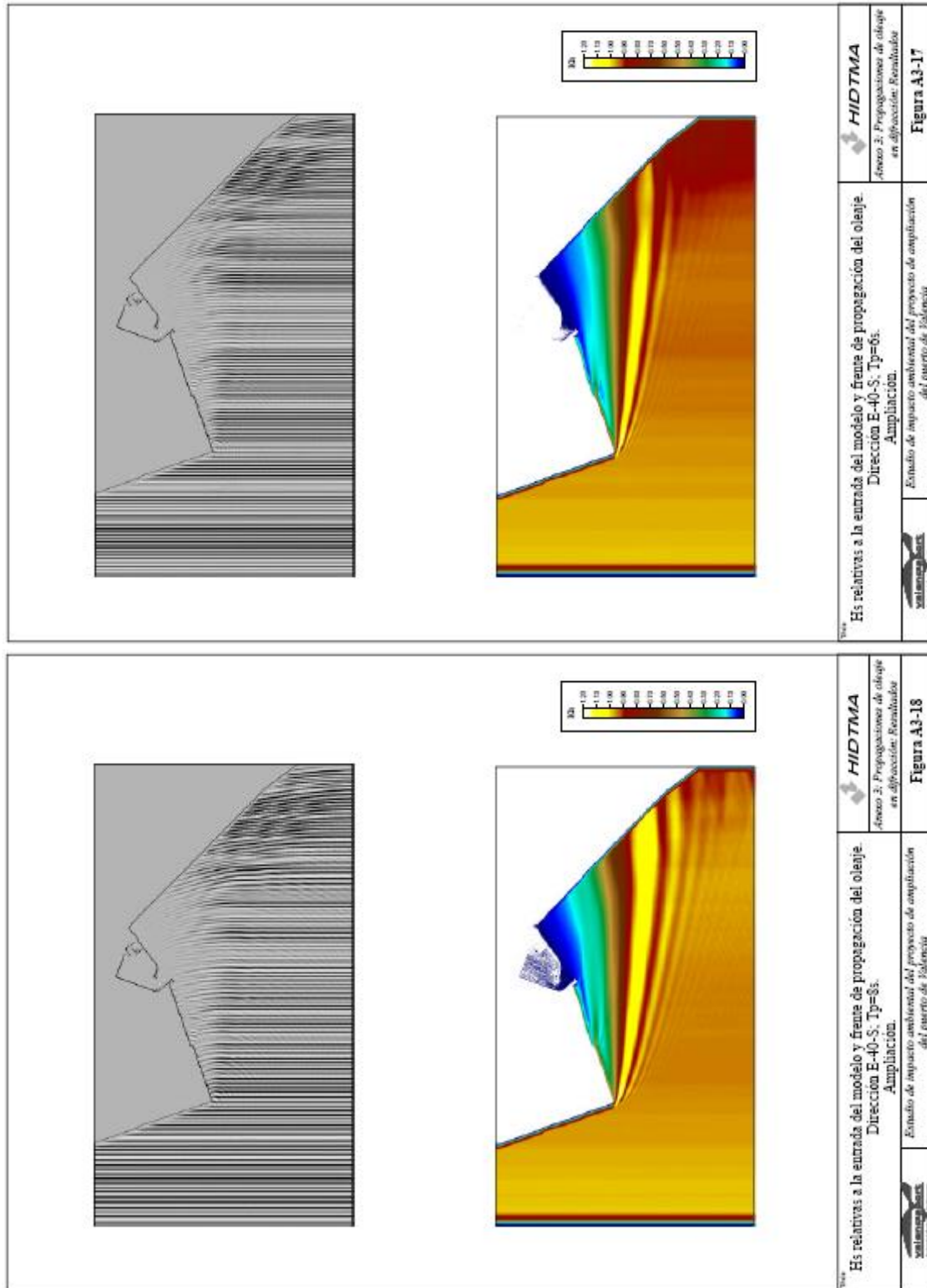


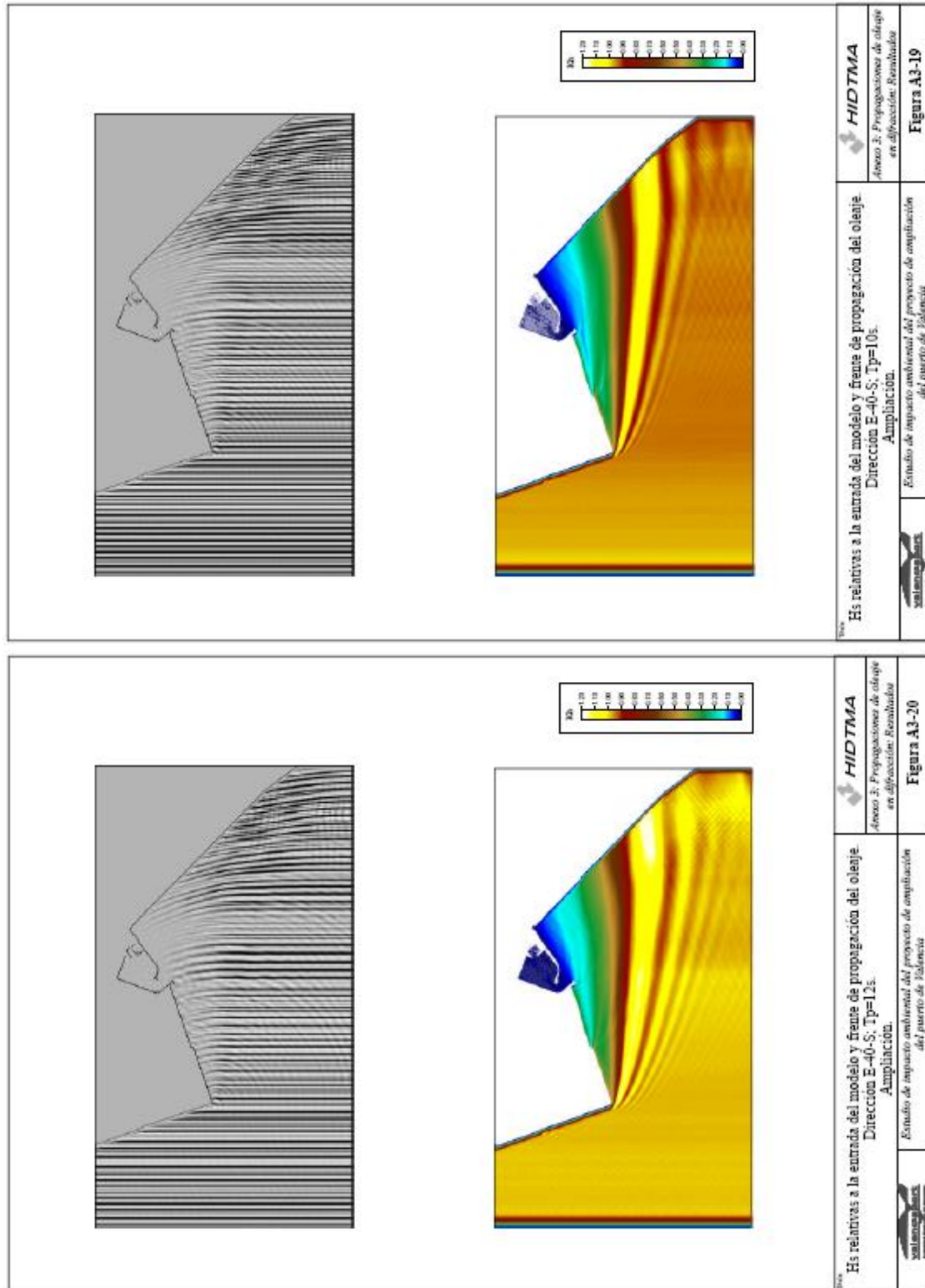


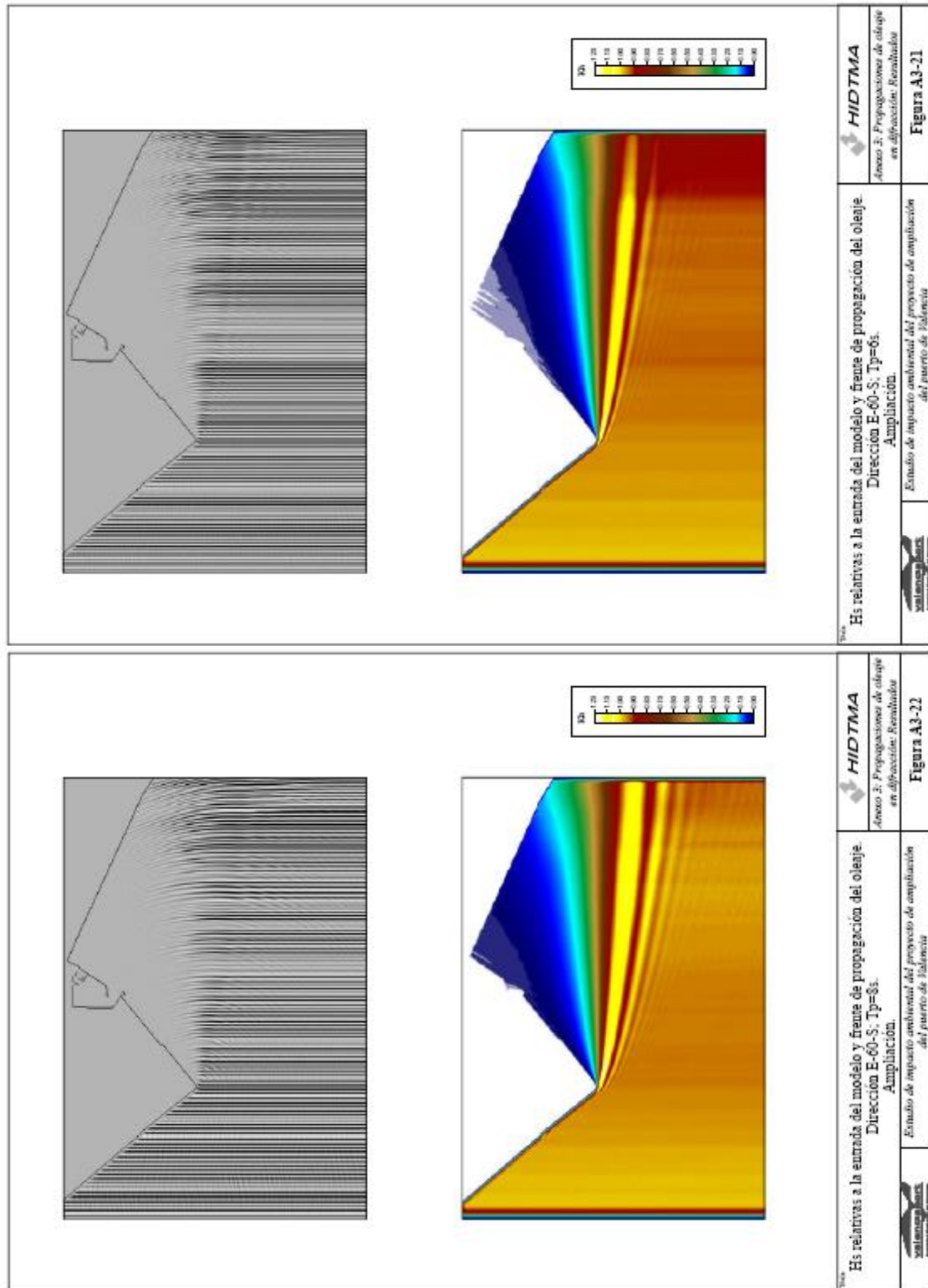


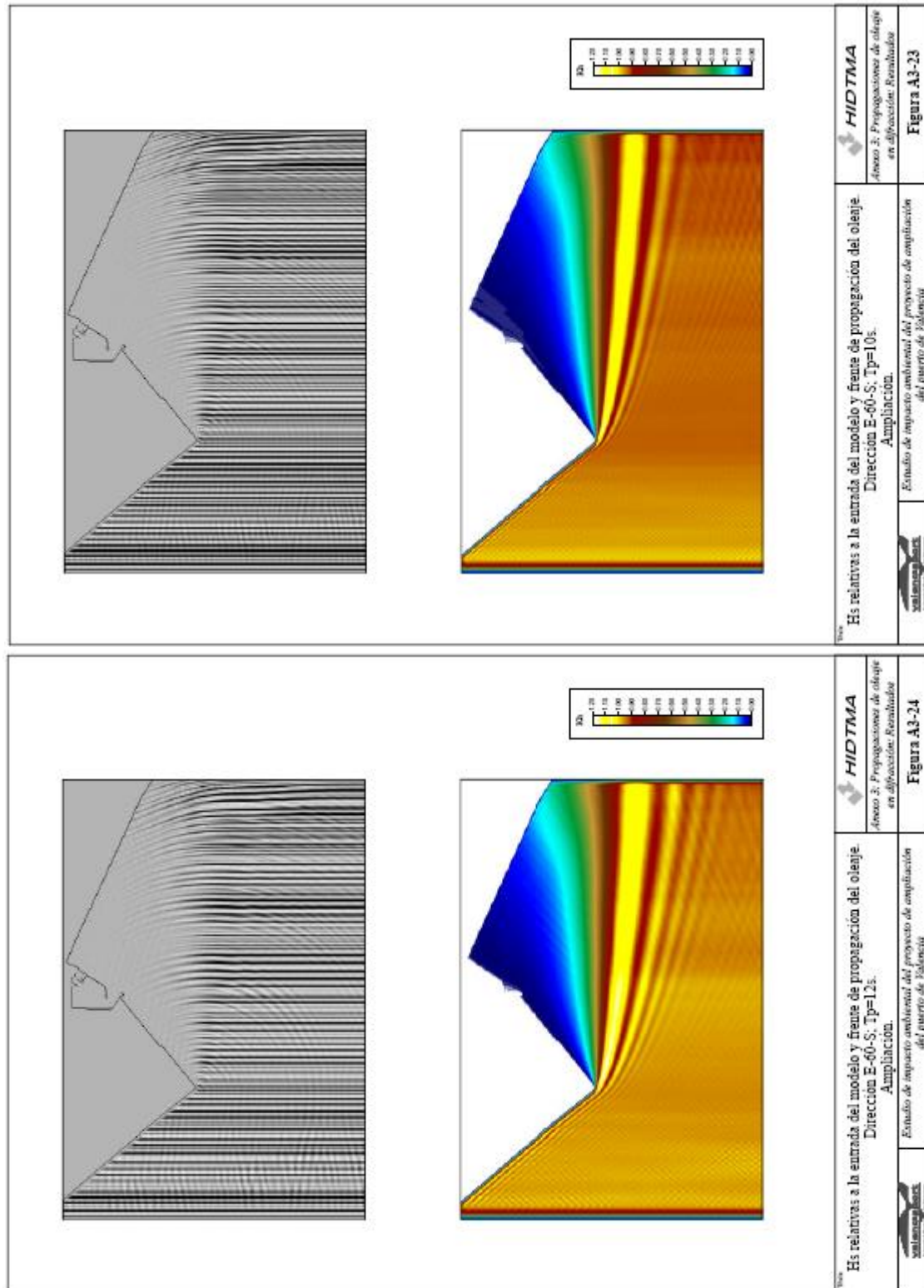






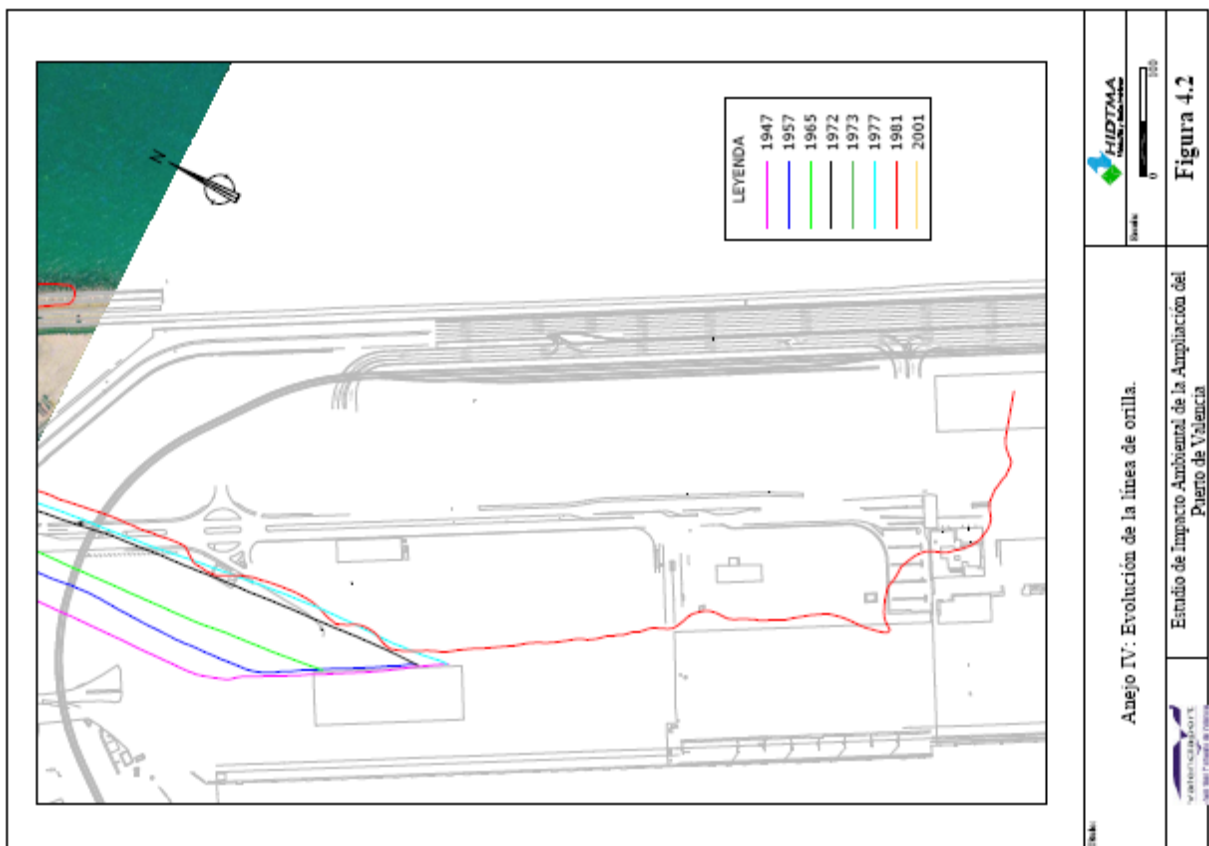
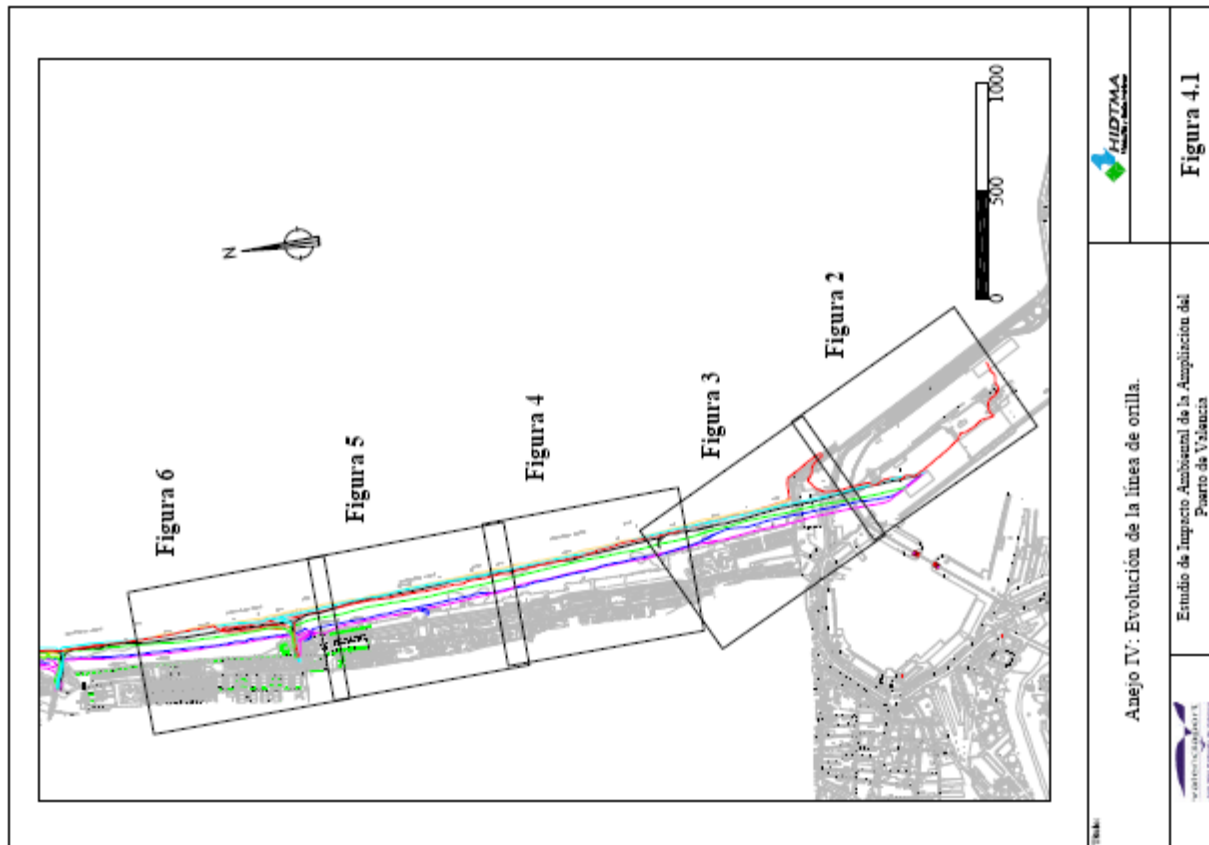


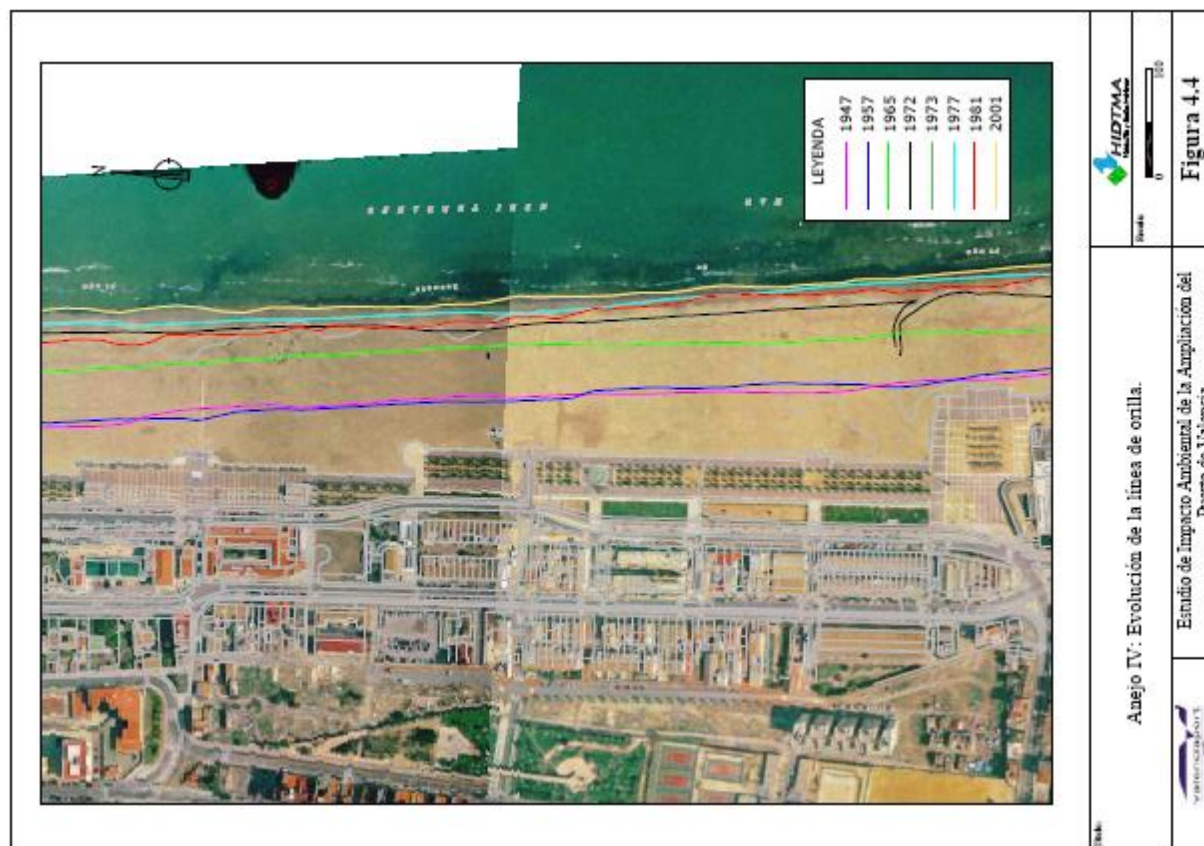
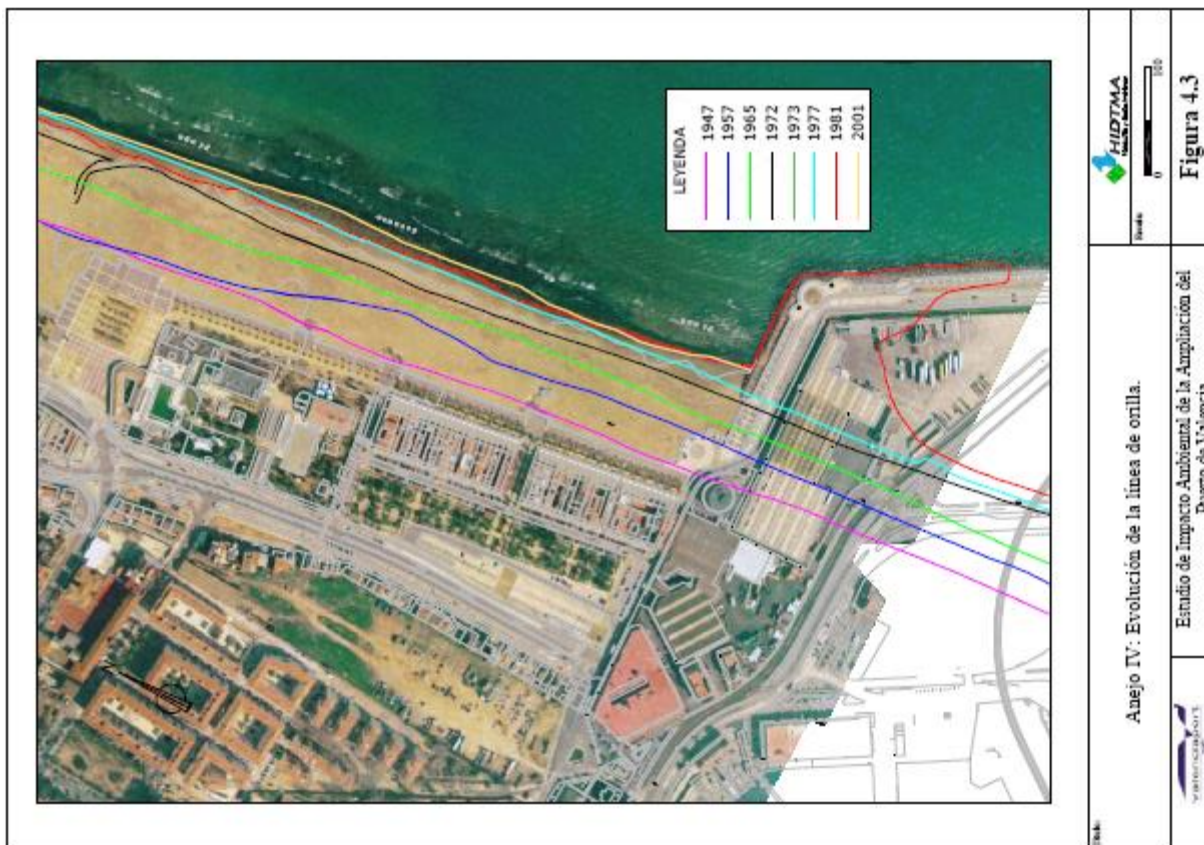


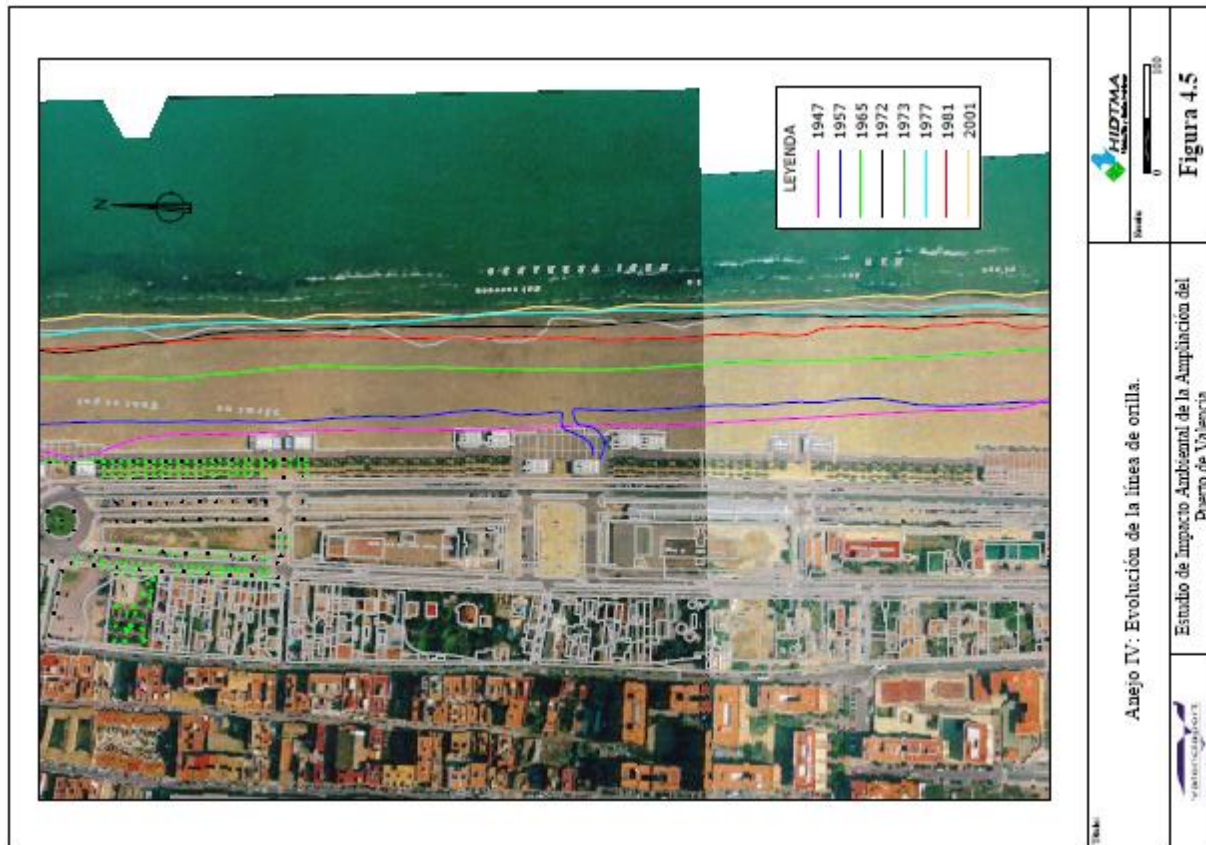










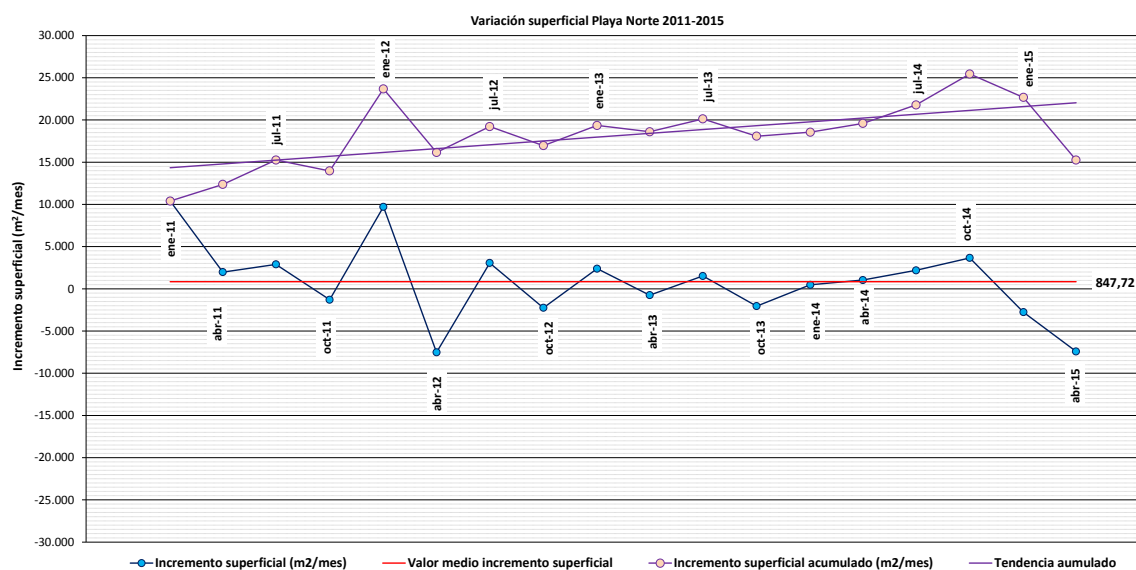




6. EVOLUCIÓN RECIENTE DE LAS PLAYAS DEL CABANYAL Y MALVA-ROSA

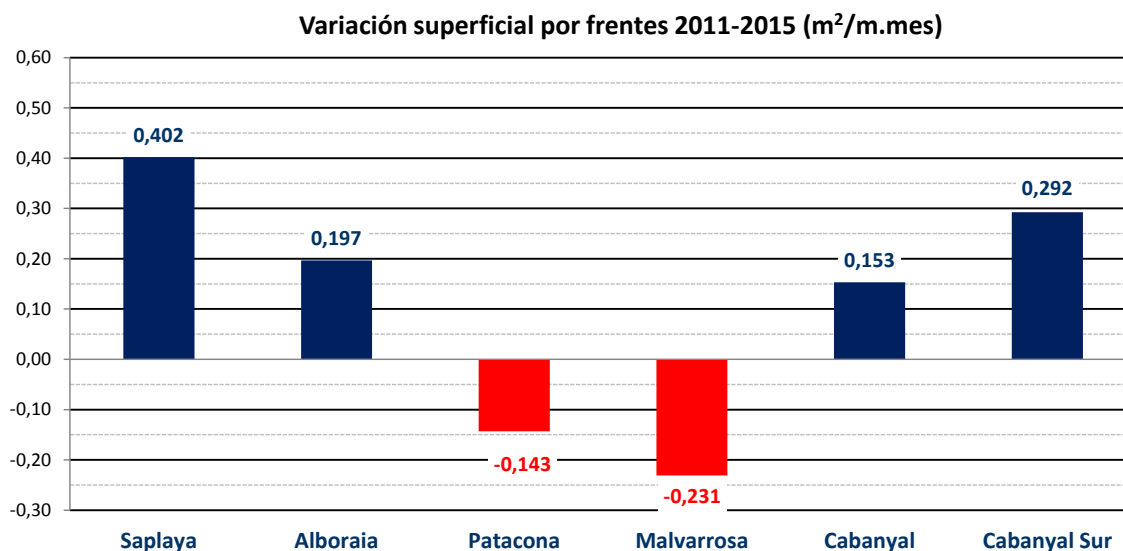
Desde 2008 viene realizándose un seguimiento de las playas al norte y sur del Puerto de Valencia como resultado de la DIA del Proyecto de Ampliación del Puerto de Valencia, seguimiento que realiza la Universidad Politécnica de Valencia a través del Instituto del Transporte y Territorio, y dirigido por el Catedrático de Universidad D. José C. Serra Peris.

Consideramos de interés la inclusión de este punto dado que nos da una visión actualizada de la evolución de las playas del Cabanyal y Malva-rosa.

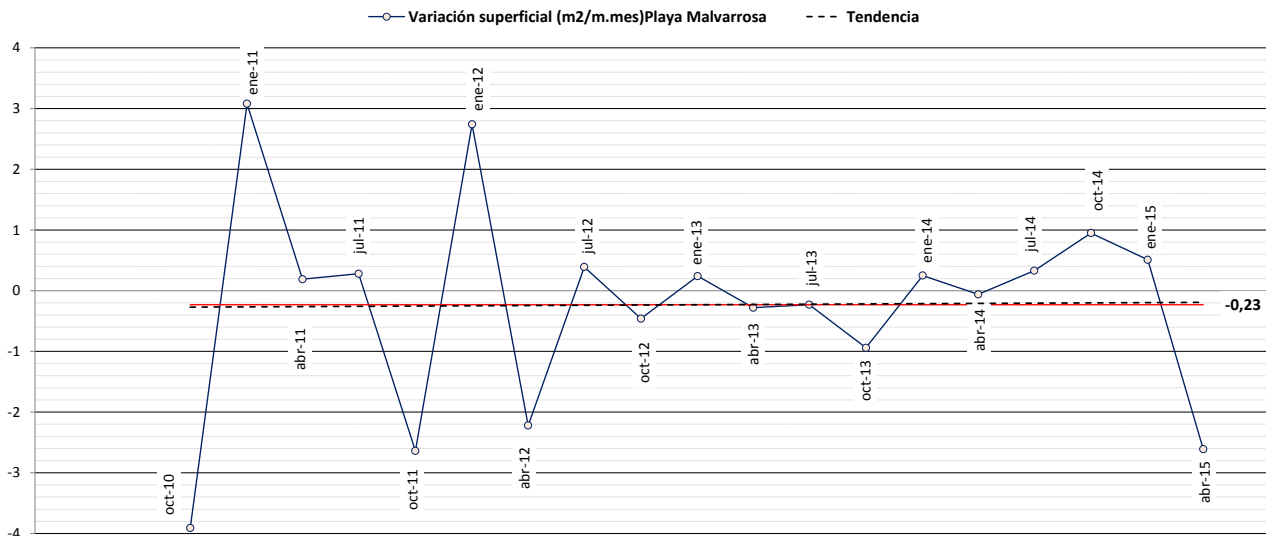


Variación superficial de la playa Norte

Como podemos ver en la figura superior la tendencia de la playa al Norte del puerto de Valencia es a la acreción, las oscilaciones son consecuencia de la respuesta de la playa a los oleajes, pero la conclusión es el valor acumulado que claramente marca la acreción del frente litoral entre Saplaya y el puerto de Valencia.



Discretizando por playas podemos ver con más detalle la evolución de las mismas. En la figura anterior vemos que la playa del Cabanyal marca una clara tendencia a la acreción, mientras que la Malva-rosa es recesiva; la razón de esta evolución está marcada por el efecto sombra del puerto de Valencia más la nula, escasa, alimentación de arenas desde el norte, que unido al efecto sombra de las obras de abrigo de Saplaya y los espigones, da lugar a un efecto de falso basculamiento, generando procesos de acumulación en los extremos del frente y recesión en su centro, variaciones que ya se definieron en el propio proyecto y que se han confirmado con la ejecución del seguimiento.



Si vemos en detalle la playa de la Malva-rosa, podemos observar que aunque en conjunto la tendencia es a la recesión podemos ver que tiene vocación a la acreción, como vemos en la figura superior.

La conclusión que podemos establecer en relación a la evolución reciente de las playas de Cabanyal y Malva-rosa son que el Cabanyal es claramente un frente en acreción que supone una playa con una anchura media en el entorno de los doscientos metros (200 m), con condiciones de generar dunas y en consecuencia de que bajo el efecto de los vientos de mar transportar arenas hasta el paseo y su trasdós; en el caso del frente de la Malva-rosa, la anchura media es superior a los cien metros (100 m), su evolución podríamos decir que es de aparente estabilidad, ya que los avances y retrocesos que pueda experimentar dicho frente quedan dentro del margen que podemos denominar como oscilación natural de la playa, y por su anchura igualmente reúne condiciones de generar dunas y en consecuencia de que bajo el efecto de los vientos de mar transportar arenas hasta el paseo y su trasdós.