

GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

MINISTERIO
DE AGRICULTURA,
ALIMENTACIÓN Y
MEDIO AMBIENTE

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

INFORME TÉCNICO

para

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Secretaría de Estado de Medio Ambiente

Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar

EVALUACIÓN DE ZONAS COSTERAS EN RIESGO DE INUNDACIÓN

AVANCE

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS DE INUNDACIÓN EN LAS ZONAS COSTERAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE BALEARES

TOMO ÚNICO

Clave CEDEX: 23-410-5-006

Madrid, febrero de 2012

Centro de Estudios de Puertos y Costas



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

MINISTERIO
DE AGRICULTURA,
ALIMENTACIÓN Y
MEDIO AMBIENTE

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÍTULO:

EVALUACIÓN DE ZONAS COSTERAS EN RIESGO DE INUNDACIÓN

**EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS DE
INUNDACIÓN EN LAS ZONAS COSTERAS DE LA
DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE BALEARES**

TOMO ÚNICO

CLIENTE:

DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTA Y DEL MAR

EL PRESENTE INFORME CONSTITUYE UN DOCUMENTO OFICIAL DE ESTE TRABAJO Y, DE ACUERDO CON LAS NORMAS GENERALES DEL ORGANISMO, SU ENTREGA SUPONE EL CUMPLIMIENTO DE LAS ACTUACIONES TÉCNICAS DEL MISMO REFERENTES A LA MATERIA OBJETO DEL INFORME.

VALIDEZ OFICIAL

VISTO EL CONTENIDO DEL INFORME Y SIENDO ACORDE CON LAS CLAUSULAS DEL CONVENIO DE COLABORACION CORRESPONDIENTE, SE PROPONE AUTORIZAR SU EMISIÓN.

EL DIRECTOR DEL CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS

Fdo. José María Grassa Garrido

AUTORIZA LA EMISIÓN DEL INFORME:

Madrid, a de febrero de 2012

EL DIRECTOR DEL CEDEX

Fdo. Mariano Navas Gutiérrez

SÓLO SON INFORMES OFICIALES DEL CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS (CEDEX) LOS REFRENDADOS POR SU DIRECCIÓN.



CEDEX

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS DE INUNDACIÓN EN LAS ZONAS COSTERAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE BALEARES

La Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación¹ establece en su Capítulo II (Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación) que “Los Estados miembros realizarán, respecto a cada demarcación hidrográfica o unidad de gestión indicada en el artículo 3, apartado 2, letra b), o cada parte de una demarcación hidrográfica internacional situada en su territorio, una evaluación preliminar del riesgo de inundación de acuerdo con el apartado 2 del presente artículo”.

Esta evaluación preliminar del riesgo de inundación (EPRI) deberá realizarse “sobre la base de la información de la que se disponga o que pueda deducirse con facilidad”, incluyendo “cuando existan, las zonas costeras”.

En su artículo 5 dice además que “Sobre la base de la evaluación preliminar del riesgo contemplada en el artículo 4, y en lo que respecta a cada demarcación hidrográfica, o unidad de gestión indicada en el artículo 3, apartado 2, letra b), o cada parte de una demarcación hidrográfica internacional situada en su territorio, los Estados miembros determinarán las zonas para las cuales hayan llegado a la conclusión de que existe un riesgo potencial de inundación significativo o en las cuales la materialización de tal riesgo pueda considerarse probable”.

La definición de estas áreas con riesgo potencial significativo de inundación (ARPSI) constituye el objetivo fundamental de la EPRI, ya que es sobre estas ARPSI sobre las que se concentrarán los esfuerzos de las dos fases siguientes de trabajos previstas en la Directiva: la realización de mapas de peligrosidad por inundaciones y mapas de riesgo de inundación (capítulo III) y el establecimiento de planes de gestión del riesgo por inundación (Capítulo IV).

La Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, en base a sus competencias, se ha comprometido a preparar la EPRI de las zonas costeras de todas las Demarcaciones Hidrográficas y para ello ha decidido contar con el apoyo del CEDEX. Por esta razón, en la “Encomienda de Gestión por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), del Ministerio de Fomento, para la realización de *asistencia técnica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico en materias competencia de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (2010 – 2012)*” se ha incluido la actuación 2.3 titulada *Evaluación de zonas costeras en riesgos de inundación*.

El objeto del presente informe es presentar los resultados de los trabajos realizados para la EPRI de la zona costera de la Demarcación Hidrográfica de Baleares y, especialmente, los mapas que definen las zonas finalmente seleccionadas como ARPSI. El documento que presenta dichos resultados se ha preparado como un Anejo específico para integrar en el documento general de la EPRI a elaborar por la Demarcación Hidrográfica una vez finalizados los trabajos de inundaciones por avenidas.

¹ Esta Directiva ha sido traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el *Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación*.



CEDMA

El Anejo 1 del presente informe, que es un documento autocontenido, constituye dicho Anejo y se compone de:

- Una Memoria que explica los fundamentos científico-técnicos, la información utilizada, la metodología empleada y los criterios de delimitación de la ARPSI
- Un Apéndice con un esquema del procedimiento de trabajo GIS para las zonas inundables
- Un Apéndice con los mapas de ubicación de la ARPSI
- Un Apéndice con la metodología de cálculo de las cotas de inundabilidad para entrantes
- Un Apéndice con la metodología para la valoración de la vulnerabilidad

El Anejo 2 del presente informe contiene información adicional que puede ser de interés para la Demarcación pero que no está pensada para su envío a la UE. Incluye un proyecto de ArcGIS (fichero .mxd) que permite visualizar todas las capas adjuntas, un fichero Excel con la denominación y las coordenadas del centroide de cada una de las ARPSIs designadas y un conjunto de capas (shapefiles) que corresponden a:

- La línea de costa
- Las zonas inundables “por marea”
- Las zonas inundables “por oleaje”
- El resultado del cruce de los usos del suelo con las zonas inundables
- Las ARPSIs

Madrid, febrero de 2012

La autora del informe,

El responsable de la actuación,

Irene del Barrio Alvarelllos
Licenciada en Ciencias Ambientales
Investigadora

Antonio Ruiz Mateo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director de Medio Marino

CONFORME

José María Grassa Garrido
Director del Centro de Estudios de Puertos y Costas

ANEJO

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS DE INUNDACIÓN Y SELECCIÓN DE ÁREAS CON RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO EN ZONAS COSTERAS DE LA DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA DE BALEARES

Madrid, febrero de 2012

ÍNDICE

1. FUNDAMENTOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS.....	1
1.1. CAUSAS DE LAS SOBREELEVACIONES DEL NIVEL DEL MAR	1
1.1.1. Marea astronómica.....	1
1.1.2. Depresión barométrica	3
1.1.3. Viento de mar a tierra.....	4
1.1.4. Efecto Coriolis	4
1.1.5. Oleaje	5
1.1.6. Otras causas	6
1.2. MEDICIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS SOBREELEVACIONES.....	7
1.3. CRITERIOS DE INUNDABILIDAD	9
1.3.1. Riberas en costa abierta.....	9
1.3.2. Riberas en entrantes de agua	9
2. INFORMACIÓN UTILIZADA.....	10
2.1. NIVELES DEL MAR.....	10
2.2. COTAS DEL TERRENO	14
2.3. USOS DEL SUELO.....	15
3. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA EL GEOPROCESAMIENTO DE DATOS.....	16
3.1. DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS INUNDABLES	16
3.2. VALORACIÓN DE LAS ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDABLES	18
4. ELECCIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN.....	19

APÉNDICES

APÉNDICE 1. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO GIS PARA DELIMITAR LAS ZONAS INUNDABLES

APÉNDICE 2. MAPAS DE UBICACIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN MARINA.

APÉNDICE 3. CÁLCULO DE LA COTA DE INUNDABILIDAD POR MAREAS Y OLEAJE EN ENTRANTES (ENSENADAS, RIAS Y ESTUARIOS).

APÉNDICE 4. METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .

ILUSTRACIONES Y TABLAS

ILUSTRACIÓN 1. PUNTOS DE PREDICCIÓN DE MAREA ASTRONÓMICA.....	2
ILUSTRACIÓN 2. MAPA METEOROLÓGICO (AEMET)	3
ILUSTRACIÓN 3. MAPA METEOROLÓGICO 2 (AEMET)	4
ILUSTRACIÓN 4. MAPA DE CORRIENTES (ESEOO).....	5
ILUSTRACIÓN 5. MAREÓGRAFOS DE PUERTOS DEL ESTADO	7
ILUSTRACIÓN 6. BOYAS DE OLEAJE DE PUERTOS DEL ESTADO	8
ILUSTRACIÓN 7. PUNTOS SIMAR DE BALEARES	12
TABLA 1. MAREÓGRAFOS DE BALEARES.....	10
TABLA 2. COTAS DE INUNDACIÓN (M) POR MAREA Y POR OLEAJE PARA LA D.H. DE BALEARES.....	13
TABLA 3. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	18
TABLA 4. ÁREAS CON RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN.....	19

1. FUNDAMENTOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

Consultado el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas se ha llegado a la conclusión de que la información sobre inundaciones en zonas costeras de origen marítimo, es decir, producidas por niveles extremadamente altos de la superficie del mar, es prácticamente inexistente. Las inundaciones en zonas costeras que aparecen registradas son siempre por desbordamiento de ríos o torrentes cerca de la desembocadura y éstas ya han sido incluidas en el inventario realizado para las inundaciones de origen fluvial.

Por otra parte, la aplicación de métodos geomorfológicos para identificar indicios de inundaciones pasadas en zonas costeras resulta poco eficaz porque, si la costa es elevada, no se han producido inundaciones, y si la costa es baja, el intenso desarrollo urbanístico y las numerosas regeneraciones de playas que se han llevado a cabo durante las últimas décadas han hecho que, por un lado, hayan desaparecido dichos indicios y, por otro, que la topografía y las características hidráulicas (permeabilidad, rugosidad, pendiente) del terreno se hayan modificado sustancialmente.

En consecuencia, la Evaluación Preliminar de Riesgos de Inundación en las zonas costeras de esta Demarcación Hidrográfica se ha hecho fundamentalmente comparando los niveles del mar excepcionalmente elevados (período de retorno de 500 años) con las cotas actuales del terreno.

1.1. CAUSAS DE LAS SOBREELEVACIONES DEL NIVEL DEL MAR

1.1.1. Marea astronómica

La marea astronómica se produce por la atracción que ejercen los astros (fundamentalmente la Luna, porque está cerca, y el Sol, porque tiene una gran masa) sobre los océanos. El efecto combinado de esta atracción con la rotación de la Tierra hace que en latitudes medias como las de España se manifieste como una sucesión de oscilaciones del nivel del mar con un máximo (pleamar) y un mínimo (bajamar) en cada ciclo. El período medio de oscilación es de aproximadamente doce horas y media. La carrera de marea (diferencia de cotas entre una pleamar y una bajamar sucesivas) en una localización determinada es mayor cuando los tres astros están alineados (Luna Nueva y Luna Llena), lo que se denomina marea viva. En Cuarto Creciente y en Cuarto Menguante las fuerzas atractivas son perpendiculares entre sí y como consecuencia, las carreras de marea son menores (marea muerta).

En la costa atlántica las mareas vivas son del orden de 3,5 metros, con pequeñas variaciones locales que dependen de la forma de la costa. En el Mediterráneo, sin embargo, son del orden de 0,3 metros. La diferencia se debe a que en la costa atlántica se acumula el efecto que la fuerza atractiva va ejerciendo a lo largo de todo el Océano Atlántico, mientras que en el Mediterráneo, esta acumulación se nota poco por el tamaño relativamente pequeño de su cuenca.

La evolución de los niveles de la marea astronómica en un emplazamiento concreto puede expresarse como suma de un conjunto de varias decenas de componentes senoidales;

$$\eta = \sum_m A_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_m} t - \varphi_m\right)$$

donde η es el nivel del agua, T_m es el período de la componente de orden m .

La amplitud A_m y la fase φ_m de cada componente se determinan a partir de un análisis de los niveles registrados durante largos períodos de tiempo, usualmente un año. Una vez calculadas se pueden hacer predicciones muy exactas para decenas de años y a partir de estos datos, se pueden realizar análisis estadísticos de niveles con gran precisión.

En la figura siguiente se muestra un mapa de los puntos de la costa española donde es posible obtener datos de predicción suministrados por el departamento de Oceanografía y Meteorología de Puertos del Estado.

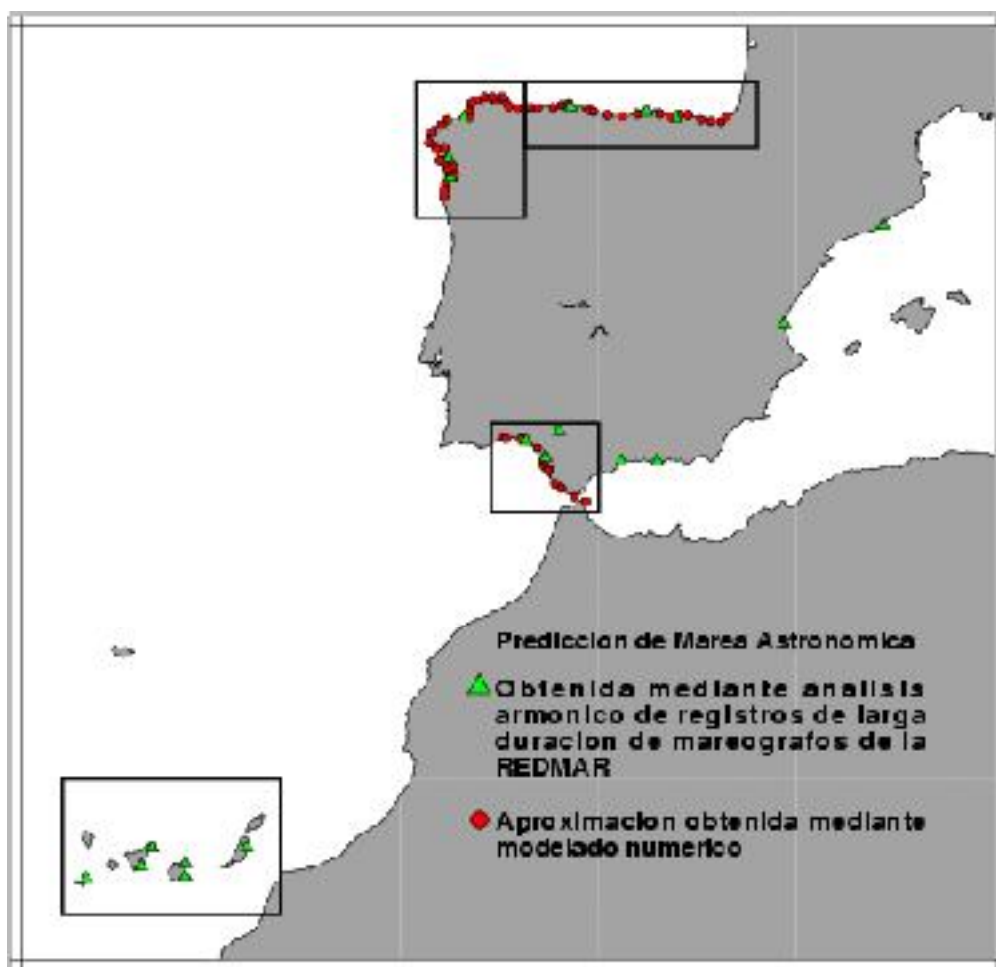


Ilustración 1. Puntos de predicción de marea astronómica

1.1.2. Depresión barométrica

Cuando entre dos puntos del mar existe una diferencia de presión barométrica, se produce una fuerza que tiende a mover la masa de agua desde el punto de mayor presión hasta el de menor presión hasta que el desnivel compensa la diferencia de presión ejercida por la atmósfera. Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = -\frac{1}{\rho g} \frac{\partial p}{\partial x}$$

siendo p la presión barométrica, ρ la densidad del agua de mar y g la aceleración de la gravedad.

El resultado es que las depresiones barométricas producen una sobreelevación del nivel del mar de una magnitud que es aproximadamente igual a 1 cm por cada hectopascal.

En la figura siguiente puede verse un “mapa del tiempo” en el que se aprecia una depresión situada sobre la costa gallega: presión de 990 hectopascales respecto a la presión normal, que es de 1013 hectopascales, lo que se traduciría en una sobreelevación por depresión barométrica de 23 cm.

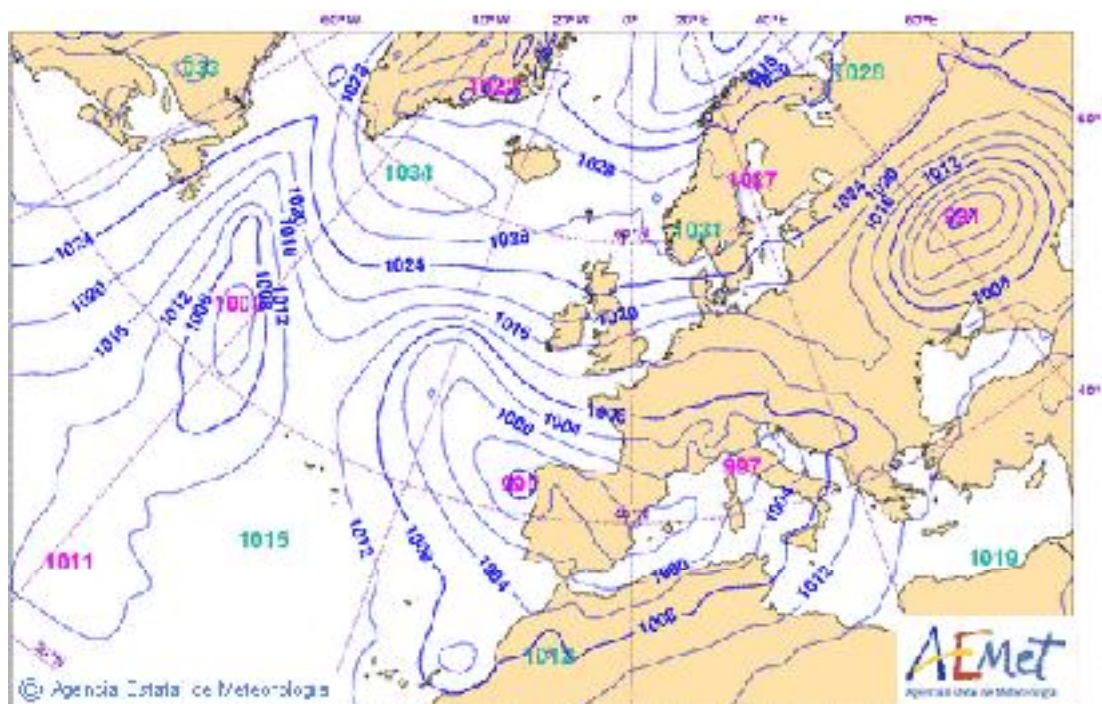


Ilustración 2. Mapa meteorológico (AEMET)

1.1.3. Viento de mar a tierra

Cuando se da una situación como la de la figura siguiente en la costa cantábrica en la que el viento sopla en dirección a tierra sobre una gran extensión de superficie marina, se produce una acumulación de agua en la costa hasta que se alcance una contrapendiente que contrarreste la fuerza que el viento ejerce sobre las aguas.

La expresión matemática de esta contrapendiente es:

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{C_d \rho_{\text{aire}} W_x^2}{\rho g H} \approx 10^{-7} \frac{W_x^2}{H} \quad (S.I.)$$

donde W_x es la velocidad del viento y H la profundidad del agua.

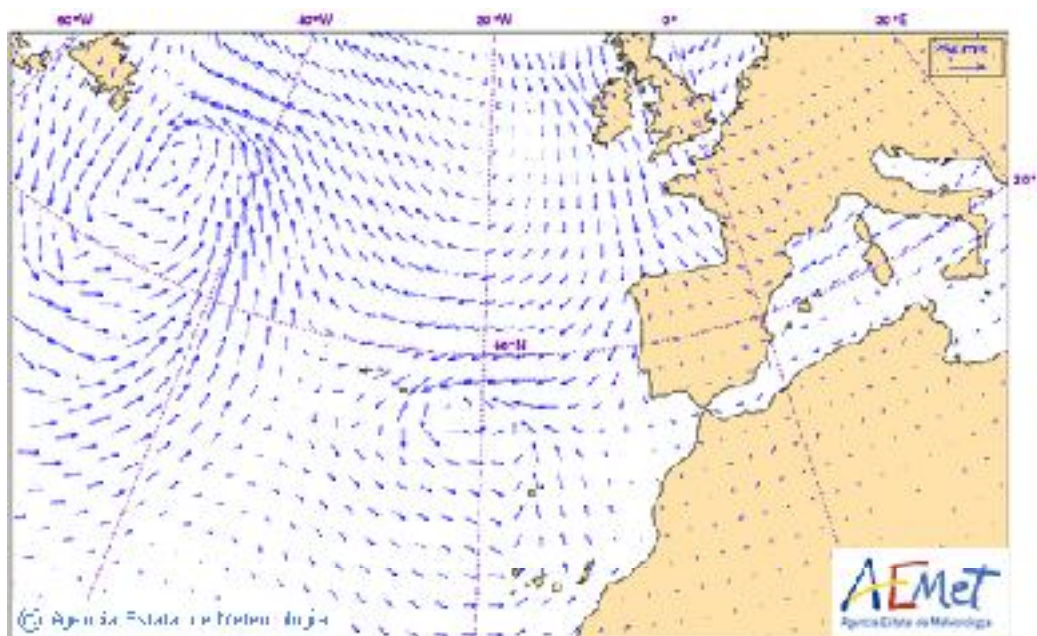


Ilustración 3. Mapa meteorológico 2 (AEMET)

1.1.4. Efecto Coriolis

Cuando existe una corriente costera como sucede en la costa de las provincias de Tarragona y Castellón en la figura siguiente, el efecto Coriolis tiende a desviar la corriente hacia su derecha, pero si, como ocurre en la figura, la costa se encuentra a la derecha, lo que sucede es que se produce una acumulación de agua en la costa hasta que la contrapendiente anula la acción del efecto Coriolis. Matemáticamente puede expresarse como:

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{f v}{g} \approx 10^{-5} v \quad (S.I.; \lambda = 40^\circ)$$

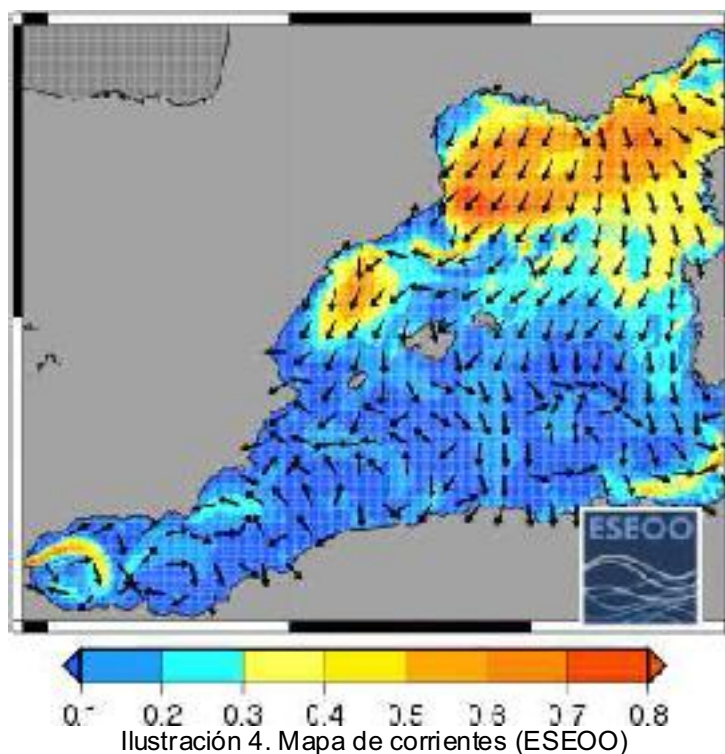


Ilustración 4. Mapa de corrientes (ESEO)

1.1.5. Oleaje

La presencia de oleaje representa un flujo de energía que se dirige hacia la costa. Cuando ésta es abrupta y el mar tiene suficiente calado (acantilados, diques verticales), las olas se reflejan sin romper pero su amplitud se duplica.

En caso contrario, las olas rompen y tras la rotura, la lámina de agua, que posee una cierta energía cinética, se desplaza sobre la playa hasta alcanzar un nivel máximo. Después retrocede debido a la pendiente de la playa hasta que se encuentra con la ola siguiente. La cota R del nivel máximo que alcanza la lámina de agua para una ola determinada tomando como referencia el nivel medio del mar se llama *remonte* (“run-up” en la literatura anglosajona) y varía de forma aleatoria. Su valor medio $\bar{R}$ se denomina *remonte medio* (“setup” en la literatura anglosajona) y es siempre positivo debido a que la energía que lleva la ola cuando remonta es superior a la que trae cuando retrocede.

Se han propuesto (Guza y Thornton, 1981 y 1982) las siguientes expresiones para estimar el remonte medio $\bar{R}$ y el remonte significativo R_s (promedio del tercio de los remontes más altos):

$$\bar{R} = 0,17H_0 \quad R_s = 3,48 + 0,71H_0 \quad (\text{en cm})$$

siendo H_0 la altura de ola significativa en aguas profundas.



De estas expresiones se deduce que el remonte medio es aproximadamente igual a la cuarta parte del remonte significativo.

Estudios posteriores (Holman, 1986; Ruggiero, Holman y Beach, 2004; Stockdon y otros, 2006) sugieren que la relación entre remonte y altura de ola significativa es una función lineal del parámetro de Iribarren

$$\frac{R_{2\%}}{H_0} = \gamma \cdot \xi \quad \xi = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\sqrt{H_0/L_0}}$$

donde $\operatorname{tg} \beta$ es la pendiente de la playa, L_0 la longitud de onda en aguas profundas correspondiente al período de pico, $R_{2\%}$ el valor del remonte que solo es superado por el 2% de las olas y γ una constante que varía según los autores. Una expresión de este tipo fue propuesta ya por Hunt en 1959 y por van Oorschoot y d'Angremont en 1968.

De esta expresión se deduce que el alcance horizontal máximo de la lámina de agua respecto a la posición de la línea de costa cuando no existe oleaje es independiente de la pendiente de la playa. En efecto, la segunda de dichas expresiones puede escribirse de la siguiente forma:

$$A_{2\%} = \frac{R_{2\%}}{\operatorname{tg} \beta} = \gamma \sqrt{H_0 L_0}$$

siendo $A_{2\%}$ el alcance horizontal.

Si se supone que la distribución de probabilidad para el conjunto de todas las olas correspondientes a un determinado estado de mar se ajusta a una distribución de Rayleigh, cuya densidad de probabilidad es:

$$f(R) = \frac{R \cdot \exp\{-R^2/(2\sigma^2)\}}{\sigma^2}$$

La relación entre el remonte razonablemente máximo $R_{2\%}$ y el remonte significativo R_s es

$$R_{2\%} = 1,4 R_s$$

1.1.6. Otras causas

Otras causas de sobreelevación del nivel del mar son los tsunamis y los efectos locales en las desembocaduras de ríos y estuarios.

Con respecto a los tsunamis, están registrados una decena de ellos que han afectado a algún punto del territorio español durante los últimos 2000 años, lo que da un período de retomo inferior a 500 años si se toma como unidad geográfica de

referencia el país en su conjunto. Sin embargo, la probabilidad de que un punto determinado cualquiera del país sea inundado por efecto de un tsunami es muy inferior (periodo de retorno superior a 500 años), por lo que no se tendrá en consideración esta causa de sobreelevación.

Los efectos locales en las desembocaduras se tienen en cuenta al estudiar las inundaciones fluviales suponiendo como condición de contorno un nivel del mar sobreelevado.

1.2. MEDICIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS SOBREELEVACIONES

En España existe una red de mareógrafos instalados en diferentes puertos que está gestionada por el departamento de Oceanografía y Meteorología de Puertos del Estado. La ubicación de estos mareógrafos puede verse en la figura siguiente.



Ilustración 5. Mareógrafos de Puertos del Estado

Los niveles registrados en estos mareógrafos corresponden a la suma de la marea astronómica y a lo que suele denominarse marea meteorológica, que es la suma de las sobreelevaciones debidas a depresiones barométricas, vientos de mar a tierra y efecto Coriolis. Al estar en el interior de los puertos, en áreas abrigadas de los temporales, los mareógrafos no registran el oleaje.



Un análisis estadístico de los niveles máximos registrados permite obtener el régimen extremal de niveles de marea, de donde se pueden calcular los niveles correspondientes a diferentes períodos de retorno. Restando la marea astronómica, que como ya se ha dicho puede calcularse con una gran precisión, de los niveles registrados se obtiene una serie de residuos que corresponden a la marea meteorológica. Estos residuos pueden analizarse también estadísticamente para obtener su régimen extremal y los valores correspondientes a diferentes períodos de retorno.

Por el contrario, no existe una red similar para medir los remotes que el oleaje produce en las playas. Pero apoyándose en las expresiones que relacionan el remote con la altura de ola significativa, su análisis estadístico puede hacerse a partir del análisis estadístico de las alturas de ola, para las cuales sí existe una red de medida gestionada también por Puertos del Estado.

El oleaje se mide mediante boyas ancladas al fondo que tienen en su interior un acelerómetro que mide la aceleración que experimentan las boyas por efecto del paso de las olas. Integrando esta aceleración dos veces se obtiene el valor de la posición del nivel del mar. Como estos acelerómetros no registran las variaciones lentas, los niveles obtenidos ya tienen filtrados los efectos de la marea.

En la figura siguiente puede verse la ubicación de las boyas de esta red de medidas de oleaje.



Ilustración 6. Boyas de oleaje de Puertos del Estado

1.3. CRITERIOS DE INUNDABILIDAD

En este apartado todas las cotas que se mencionan están referidas al nivel medio del mar.

1.3.1. Riberas en costa abierta

Se han utilizado dos criterios de inundabilidad independientes en función de la duración de la sobreelevación.

El primero de ellos, que denominaremos *inundabilidad por mareas*, corresponde a las causas de sobreelevación que permanecen durante horas o días, tiempo suficiente para que el nivel del mar se propague hasta cualquier punto cuya cota se encuentre por debajo de dicho nivel. Entre éstas se consideran naturalmente las mareas astronómica y meteorológica, pero también se ha considerado como tal el valor del remonte medio, porque es un nivel que se sobrepasa aproximadamente la mitad del tiempo que dura un temporal. En consecuencia, se ha considerado que es inundable cualquier punto cuya cota sea inferior a la suma de la cota del nivel de marea de una pleamar media más el remonte medio calculado para un período de retorno de 500 años, siempre que exista una conexión hidráulica con la costa o que pueda formarse en condiciones de sobreelevación extraordinaria:

$$z < S_1 = S_{M,2\%} + \bar{R}_{r,500}$$

donde $S_{M,2\%}$ representa el nivel de marea que en un año promedio se sobrepasa el 2% del tiempo. El valor del remonte medio que se utiliza en cada tramo de costa es el que corresponde a la orientación de éste.

El segundo criterio de inundabilidad, que denominaremos *inundabilidad por oleaje*, corresponde al efecto del remonte de las olas. Desde este punto de vista se ha considerado inundable cualquier punto cuya cota sea inferior a la máxima cota que puede alcanzar el nivel del mar por efecto combinado de marea y oleaje con un período de retorno de 500 años, siempre que se encuentre a una distancia de la costa inferior a un valor proporcional a dicha cota:

$$z < S_2 = S_{M+R,r,500} \quad \text{y} \quad d < 35 S_2$$

El valor de S_2 depende también de la orientación del tramo de costa considerado.

1.3.2. Riberas en entrantes de agua

Las riberas de las masas de agua que parecen que se adentran en tierra más allá del trazado general de la línea de costa (ensenadas, rías, estuarios, zonas a resguardo de islas, etc.) tienen por la propia morfología costera un cierto grado de protección contra el oleaje. Por una parte, los temporales procedentes de direcciones oblicuas a la entrada o bocana del entrante de agua penetran muy poco en éste, por lo que la frecuencia de las alturas de ola excepcionales en el interior es menor que las que se



dan en la costa abierta. Por otra, si la anchura de la bocana es menor que la de la masa de agua protegida por ésta, el oleaje que incide normalmente a la bocana se abre en muchas direcciones; los frentes de ola pasan de ser aproximadamente planos a ser aproximadamente semicirculares y la energía del oleaje incidente se reparte de forma compleja entre estas direcciones; en resumen, se produce un fenómeno de difracción que puede modificar sustancialmente la altura de ola que llega a las riberas del entrante. Finalmente, en los tramos de ribera constituidos por playas, la profundidad que se encuentra el oleaje en su transporte desde la bocana hasta la playa va decreciendo, lo que provoca un fenómeno de refracción que también contribuye a disminuir la altura de ola.

Para tener en cuenta este grado de protección en las riberas de los entrantes se ha diseñado la metodología que se describe en el Apéndice 3 del presente documento. Es una metodología simplificada, debido a que se trata de una evaluación preliminar de riesgos de inundación y a la necesidad de disponer de los resultados de los cálculos para toda la costa española en un tiempo breve.

2. INFORMACIÓN UTILIZADA

2.1. NIVELES DEL MAR

Los niveles del mar utilizados en el presente trabajo se han obtenido de dos fuentes:

- Niveles de marea: REDMAR (RED de MAREógrafos de Puertos del Estado)
- Niveles de oleaje: base de datos SIMAR-44 (elaborada por Puertos del Estado, en el marco del proyecto europeo HIPOCAS, recoge series de datos que reproducen temporales ocurridos en el período 1958-2001, a partir de modelado numérico de alta resolución de atmósfera, nivel del mar y oleaje).

Los valores de los **niveles de marea** se han calculado a partir de series de datos registrados por los mareógrafos de la REDMAR. Dichos mareógrafos utilizan el cero del puerto (comunicado por las Autoridades portuarias participantes en la red) como cero de las medidas. Actualmente, Puertos del Estado y las Autoridades Portuarias están realizando una nivelación de alta precisión de todas las estaciones de REDMAR, en colaboración con el IGN, con objeto de disponer de un nivel de referencia internacional y conocer las variaciones absolutas del nivel del mar. Por ello, y a pesar de que todos los puertos de Baleares pertenecientes a la red disponen de un cero del puerto, se ha optado por utilizar como Nivel Medio del Mar (NMM) en todas las islas el valor promedio de los valores registrados por el mareógrafo de Ibiza. Hay cuatro mareógrafos más en el archipiélago (Palma, Alcudia, Mahón y Formentera), sin embargo sólo la serie temporal disponible de Ibiza era suficientemente larga para realizar los cálculos requeridos.

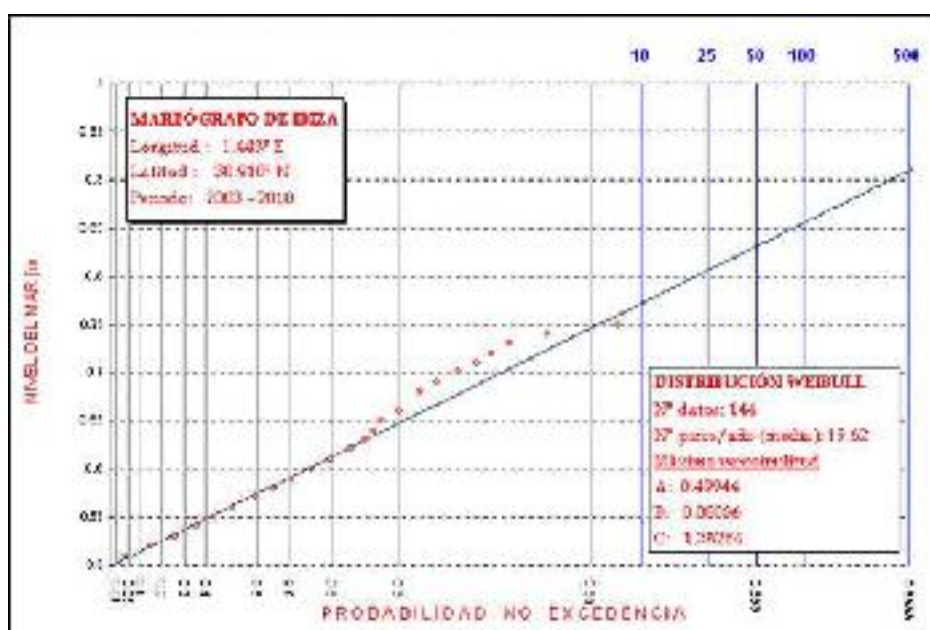
Tabla 1. Información utilizada para calcular los niveles de marea

MAREOGRAFO	Serie temporal	Nº Datos
Ibiza	2003-2010	68.329

Entre los cálculos correspondientes al régimen medio de marea, además del NMM se ha calculado la cota del nivel de marea de la pleamar media, a partir del percentil 98 de los datos del mareógrafo. Restando a dicha cota el NMM, se obtiene $S_{M,2\%}$.

Los valores correspondientes al régimen extremal de marea se han extraído de la misma serie de datos mediante el método POT (*Pick over threshold*). Considerando un tiempo de separación entre picos de 5 días (de alguna manera garantiza la independencia de los datos), las muestras extremales se han seleccionado fijando valores umbrales y descartando los valores que quedaran por debajo.

A continuación, con objeto de obtener valores extremales de períodos de retorno de hasta 500 años, se ha utilizado el método de máxima verosimilitud, ajustando los valores seleccionados a una distribución Weibull en función de los parámetros posición, escala y forma. El siguiente gráfico presenta la resultante del ajuste a Weibull de las muestras extremales seleccionadas.



En cuanto a los **niveles de oleaje**, tanto los regímenes medios (que no se han usado en el presente informe) como los extremales se han calculado asimismo mediante el método de máxima verosimilitud. Los datos de partida provienen, como se ha mencionado con anterioridad, del conjunto SIMAR-44. Se trata de alturas de ola, y la ubicación de los puntos para Baleares aparece representada en la Ilustración 7.

En función de los datos disponibles, se ha dividido el archipiélago en 12 zonas. Para cada zona, se han calculado los regímenes extremales correspondientes a las direcciones dominantes de viento. La Ilustración 8 es un ejemplo de los valores obtenidos en la zona V (Oeste de Mallorca), para los vientos procedentes del Oeste.

La Tabla 2 recoge las cotas de inundación por marea y por oleaje para cada una de esas 12 zonas.

Tabla 2. Cotas de inundación (m) por marea y por oleaje para la D.H. de Baleares

COTAS DE INUNDACIÓN APLICADAS EN LA D.H. BALEARES					
$S_{M, 2\%}$	0,2		ZONA VII: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	N	3,71
$S_{M, 500}$	0,55			NNE	4,37
ZONA I: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	N	3,60		E	3,49
	NNE	3,52		SSE	1,46
	E	3,29	S	1,89	
	W	2,12	SSW	2,70	
	WNW	3,29	SW	1,69	
	NW	3,02	ZONA VIII: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	N	3,24
	NNW	2,81		NE	3,24
ZONA II: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	N	3,49		ENE	3,20
	SSW	3,56		W	3,24
	WSW	2,39	WNW	2,93	
	W	2,70	ZONA IX: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	N	3,83
	WNW	2,81		NNE	3,83
	NW	2,75		ENE	3,83
	NNW	3,49		E	2,14
ZONA III: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	ESE	2,34		WNW	3,04
	SE	1,33		NNW	3,29
	SSE	1,67		ZONA X: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	N
	S	1,94	NNE		3,94
	SW	3,83	S		1,69
	WSW	2,81	SSW		2,36
	W	3,04	SW		3,26
	WNW	2,52	WNW		2,70
NW	2,34	NW	3,04		
ZONA IV: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	ENE	4,37	ZONA XI: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$		NNW
	ESE	2,39		E	3,51
	SE	1,58		SE	2,93
	SSE	1,35		SSE	3,06
ZONA V: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	NNE	3,71	ZONA XII: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	SW	3,60
	NE	3,71		WSW	2,66
	W	2,57		WNW	2,93
	NW	3,71		N	4,23
ZONA VI: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	ESE	3,02	ZONA XII: $S_{M+ R, \text{ a. } 500}$	NNE	4,23
	SSE	1,69		ENE	4,23
	SW	4,39		E	2,81
	WSW	3,15		SE	1,53
	WNW	2,48		NNW	3,22

Para transformar la altura de ola en valores de cota correspondientes a marea más remonte ($S_{M+R, 500}$) se han hecho las siguientes hipótesis:

$$S_{M+R, 500} = S_{M, 2\%} + R_{2\%, 500}$$



$$R_{2\%, H, 500} = 0,45 H_{H, 500}$$

$$\bar{R}_{\text{prom}} = \frac{R_{2\%} - L}{4}$$

El factor de 0,45 entre el remonte máximo y la altura de ola (ambos correspondientes a la dirección H y al período de retorno de 500 años) se ha obtenido teniendo en consideración la relación R/H para 500 años en diversos lugares del litoral mediterráneo peninsular, de características geomorfológicas similares.

A partir de los gráficos, se han derivado los valores de la Tabla 2 (expresados en metros) para esta Demarcación Hidrográfica:

2.2. COTAS DEL TERRENO

Modelo Digital del Terreno

Como base de trabajo se ha utilizado un Modelo Digital del Terreno (MDT) proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), en hojas de 5 x 7.5 km (una cuarta parte de las hojas 1:25.000). Como referencia para la ubicación de las hojas sobre la cartografía base vectorial (línea de costa, batimetría, etc), se ha utilizado la malla de hojas 1:25.000.

Se han detectado errores del MDT en las zonas de interfase tierra-agua (en especial roquedos, bajos y en bastante ocasiones, playas), en los que aparecen cotas positivas en el mar. Se considera que pueden ser fallos de la metodología utilizada para generar los rasters a partir de las ortofotos. La tecnología LIDAR podrá proporcionar en el futuro una mayor fiabilidad en los datos altimétricos y, por tanto, será más apropiada para los estudios de inundaciones en detalle.

Servicio de ortofotos del PNOA

A pesar de disponer de gran parte de las ortofotos correspondientes a las subhojas de trabajo (proporcionadas asimismo por el IGN), se han utilizado fundamentalmente los servicios WMS del PNOA para realizar consultas rápidas, lo cual ha permitido agilizar las comprobaciones a la hora de contrastar el MDT con las imágenes reales. Gracias a este servicio se han buscado soluciones a los errores detectados con un considerable ahorro de tiempo.

Línea de costa

Debido a la cantidad de errores detectados en el MDT en las zonas de interfase tierra-agua, se consideró que no se debía utilizar la cota 0 del modelo como línea de costa, ya que podía desvirtuar la realidad y contribuir a incluir partes de mar como zonas inundables y, como consecuencia, a dejar sin inundar zonas con riesgo potencial de inundación.

Se decidió, por tanto, buscar una línea de costa fiable a partir de la cual definir las zonas potencialmente inundables por oleaje. El CEDEX dispone de una línea de costa

digitalizada a una escala 1:50.000 (a partir de las cartas náuticas del Instituto Hidrográfico de la Marina). Sin embargo se requería utilizar una línea de más detalle (al menos con el mismo detalle del MDT de partida).

Por ello, como fuente de referencia adicional se ha utilizado la línea del límite del dominio público marítimo-terrestre suministrada por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, que en los tramos acantilados o de fuerte pendiente, que es donde la anterior presenta más problemas, se ajusta con una gran precisión debido a que procede de planos a una escala bastante mayor.

Los trabajos, por tanto, se han realizado con una línea de costa deducida de las anteriores, dando más peso a una o a otra dependiendo del tipo de costa, si bien cabe señalar que la línea ha sido suavizada según la morfología natural de la costa en ciertos tramos, esto es, se han eliminado algunas estructuras transversales a la costa como espigones, diques, etc, así como roques, islotes u otros entrantes en el mar aislados.

2.3. USOS DEL SUELO

La valoración de la vulnerabilidad de las zonas inundables se ha realizado en función de los usos del suelo recogidos en el SIOSE. La vulnerabilidad se ha valorado tanto en función del grado de edificación de las zonas costeras (coberturas simples), como del uso de las edificaciones (coberturas compuestas).

Para ello, las coberturas compuestas incluidas en el SIOSE se han distribuido en 4 clases, en función de su valor social, económico y medioambiental:

- Muy alto: usos urbanos, industriales, terciarios, algunos usos dotacionales y algunos tipos de infraestructuras
- Alto: algunos usos dotacionales, algunos tipos de infraestructuras y asentamientos agrícolas residenciales
- Moderado: sector primario, huertas familiares y algunos usos dotacionales
- Bajo: todos los usos que no estén incluidos en las clases anteriores.

Para cada polígono se ha calculado el % de clases correspondiente a sus usos. Además, para los valores “Moderado” y “Bajo” se ha calculado también el % de edificaciones. Por último, se han conjugado los dos aspectos (grado de edificación y usos de las edificaciones) en la siguiente fórmula:

$$Vulnerabilidad_Total = [Muy_alto] + 0,75 * [Alto] + 0,5 * [Moderado] * Edificación / 100 + 0,25 * [Bajo] * Edificación / 100$$

Una vez efectuados los cálculos de la vulnerabilidad, se han considerado los siguientes rangos:

- Alta (código 2): Vulnerabilidad_Tot > 20%
- Moderada (código 1): Vulnerabilidad_Tot > 0% & < 20%
- Baja (código 0): Vulnerabilidad_Tot = 0%



Las ARPSIs seleccionadas coinciden en todos los casos con zonas de vulnerabilidad alta o moderada.

Para consultar con más detalle la metodología, ver Apéndice 4.

3. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA EL GEOPROCESAMIENTO DE DATOS

Todos los trabajos de tratamiento de información espacial se han desarrollado con ArcGIS 9.3.1 ó 10.0

3.1. DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS INUNDABLES

Como ya se ha comentado, se han delimitado zonas inundables por oleaje y zonas inundables por marea siguiendo dos procedimientos diferentes. El trabajo original se planteó para tres períodos de retomo (10, 100 y 500 años) y dos escenarios (2012 y 2100), si bien los entregables con este informe se limitan al período de retomo de 500 años para 2012.

En la metodología diseñada, los valores de cotas de inundación a aplicar a cada tramo de costa dependen de la orientación de las mismas. No obstante, se comienza haciendo un cálculo preliminar de las zonas inundables por marea y por oleaje utilizando como cotas las correspondientes a la orientación pésima para esa demarcación. Para los tramos de costa en los que el ancho de la zona inundable sea inferior a 50 m los resultados se consideran definitivos.

A continuación se traza una poligonal cuyos lados definen la orientación media de cada tramo de costa. La longitud de los lados de la poligonal dependerá de cuánto varíen la orientación y el grado de protección entre lados contiguos y de si existen o no en las proximidades usos del suelo de gran valor como núcleos de población, polígonos industriales o instalaciones críticas (p.e.: centrales nucleares o refinerías). Si no existen, los tramos pueden ser de varios kilómetros; si existen, dependerá de los casos, pero podrán ser de menos de un kilómetro.

A partir de las coordenadas de cada vértice de la poligonal, con ayuda de una hoja de cálculo diseñada específicamente para esta aplicación se calculan para cada lado de la poligonal: la orientación de la perpendicular, los coeficientes de difracción y de refracción (solo en entrantes), los valores de inundación por marea y oleaje utilizados para el cálculo de las cotas de inundación a aplicar y la anchura de la primera franja costera afectada (en el caso del oleaje).

A partir de los valores recogidos en la hoja de cálculo y de cara a comenzar el proceso de análisis espacial, se prepararon una serie de tablas con ArcGIS para “Reclasificar” de manera automática los raster. La reclasificación de los raster consiste en la asignación de nuevos valores a las celdas, en función de los criterios que le interesen al usuario. Lo que interesaba en este caso era obtener de los raster las zonas que quedaban entre la cota 0 y las cotas de inundación obtenidas a partir de los cálculos descritos. En particular, se prepararon tablas con los valores S_1 (para el caso de las inundaciones por marea) y con los valores S_2 (para el caso de las inundaciones por

oleaje), para cada una de las orientaciones y períodos de retorno. Los valores nuevos se almacenan como un código GRID. Este código sirve posteriormente para la limpieza de los polígonos obtenidos a partir de los raster reclasificados.

En este punto, el procedimiento se divide en el cálculo de las zonas inundables por oleaje y por marea. El esquema general del procedimiento está recogido en el Apéndice 1. Este esquema ha servido de guía para todas las personas implicadas en el trabajo GIS. A continuación se apuntan los pasos definidos en el mismo.

Zonas inundables por oleaje

- Dividir la línea de costa por tramos, en función de la poligonal trazada.
- Buffer a las líneas de costa: teniendo en cuenta la orientación de los tramos, se aplica un buffer a cada una de los tramos en función del valor recogido en la hoja de cálculo preparada. Resultado: franja costera en la que se va a aplicar el valor de cota de inundación por oleaje.
- Cortar los raster con los buffer, para poder aplicar las cotas de oleaje. Resultado: raster correspondiente a la primera franja costera.
- Reclasificar los raster y hacer polígonos. Resultado: obtener los polígonos correspondientes a las zonas de inundación por oleaje.
- Limpieza: revisar la coherencia de los polígonos. Eliminar los elementos que no tengan conexión con el mar o unión a la primera franja.
- Merge: unión de todos los polígonos limpios. Resultado: polígono final de oleaje.

Zonas inundables por marea

- Seleccionar las zonas inundables por marea: de las cajas resultantes del primer Reclassify, se seleccionan las que tienen GRID code = 2 (es decir, las zonas que están entre la cota 0 y el valor S_{ref}). Resultado: polígonos de inundación por marea.
- Limpiar los polígonos de marea: eliminar todos los polígonos que hayan quedado en el mar (por fuera de la línea de costa). Asimismo, englobar polígonos de pequeño tamaño en manchas únicas.
- Merge: unión de todos los polígonos limpios. Resultado: polígono final de marea.

Como resultado se obtiene finalmente una capa de zonas potencialmente inundables por marea y otra de zonas potencialmente inundables por oleaje.

El número de capas GIS que se necesita crear para llevar a cabo este proceso es enorme: para cada parte contenida en una subhoja diferente de cada tramo con orientación diferente de la costa abierta o de cada entrante (primario, secundario, etc.) se crean unas 30 capas, a las que hay que añadir las capas base aplicables a todas ellas (línea de costas, límites de demarcaciones y provincias, subhojas raster del MDT, usos del suelo, etc), las que se obtienen por fusión de los resultados de todos los tramos o del cruce de éstas con los usos del suelo y la que constituye el objetivo principal de la EPRI, es decir, la capa de ARPSIs.



Con el fin de ordenar esta enorme cantidad de ficheros y de facilitar la programación de unas aplicaciones informáticas que permitan automatizar algunas de las tareas anteriores, se han establecido unos criterios de asignación de nombres relativamente cortos para cada una de estas capas. En el Apéndice 1 se puede consultar una tabla en la que figuran estos nombres y en la que se indica además la secuencia de cálculo de las diferentes capas. Cada nombre está compuesto por una sucesión de descriptores de los cuales, los que aparecen en color negro indican el tipo de información que contienen y los que aparecen en color indican la subhoja del MDT o el tramo, entrante o subentrante al que se refiere. En el Apéndice 1 aparece también una tabla con la clave explicativa de los descriptores utilizados.

También se incluye una *Guía para las tareas de geoprocésamiento en relación con la EPRI de las zonas costeras* donde se explican las sucesivas etapas del trabajo con indicación de las capas de entrada y salida en cada etapa. En esta guía se mencionan un conjunto de *scripts* programados en lenguaje Python para ArcGIS 10.0 que se han elaborado en el CEDEX en el curso de este trabajo para automatizar algunas de las tareas anteriores. Sus nombres son:

- 0-CreaCarpetas.py
- 1-CreaCapasTT.py
- 2M-CreaCapasMm.py
- 2O-ConstruyeBuffers.py
- 3-ConstruyeMyOrm.py
- 4-ConstruyeMyOrr.py
- 5-ConstruyeMyOpib.py

3.2. VALORACIÓN DE LAS ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDABLES

Para calcular el valor de los daños potenciales de las zonas inundables, en primer lugar se simplificaron los polígonos, haciendo un *Merge* de las zonas inundables por marea y las inundables por oleaje, y posteriormente un *Dissolve*, de manera que quedara una sola capa de zonas inundables.

A continuación, cruzando la capa de polígonos de zonas inundables con la de polígonos de usos del suelo se obtiene una nueva capa de polígonos, cada uno de los cuales tiene asignado una categoría de vulnerabilidad. Resultan 1405 polígonos inundables con una superficie total en el archipiélago de 32,71 km².

La distribución entre las distintas categorías de vulnerabilidad es la siguiente:

Tabla 3. Resultado del análisis de vulnerabilidad

COD VULNER	Superf (km2)	%S total
2	6,86	21
1	1	3
0	24,85	76

4. ELECCIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN

Se han seleccionado como Áreas con Riesgo Potencial significativo de Inundación (ARPSIs) los tramos de costa con una significativa concentración en sus proximidades de zonas con vulnerabilidad Alta y en ocasiones con vulnerabilidad Moderada (códigos 1 y 2). Como resultado, se han definido las ARPSIs que se relacionan en la tabla siguiente, en la que también se presentan las coordenadas de los respectivos centroides. En el Apéndice 2 del presente documento se han incluido planos de las ARPSIs definidas y un mapa general de situación. Se hace notar que la escala numérica que aparece en los planos se corresponde con una impresión del plano a tamaño A3.

Tabla 4. Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación

Isla	Mapa	Nombre ARPSI	Coord. X	Coord. Y
Mallorca	MA_01	Puerto de Soller	473672	4404460
	MA_02	El Mollet	511206	4419550
	MA_03	Puerto de Pollensa	507152	4417000
	MA_04	S'Albufereta / Es Barcares - Alcudia	507652	4412620
	MA_05	Es Bacares - Alcudia	510083	4412540
	MA_06	Desde el Puerto de Alcudia hasta Can Picafort	509349	4405190
	MA_07	Son Serra de Marina	519547	4398400
	MA_08	Urb. Barranc de sa Canova	522170	4398240
	MA_09	Cala Pedruscada	539020	4394570
	MA_10	Playas de Canyamel	537847	4389830
	MA_11	Port Vell	534458	4387070
	MA_12	De Cala Bona a Cala Millor	533567	4384860
	MA_13	Sa Illot	532052	4379620
	MA_14	Portocolom	522577	4364010
	MA_15	Colonia de Sant Jordi	499299	4352280
	MA_16	Ses Covetes	497523	4356150
	MA_17	Port de Camps - Rápita	496174	4357110
	MA_18	Playa de Palma y playa de S'Arenal	477018	4374730
	MA_19	Es Molinar / Es Coll d'En Rabassa - Palma	472840	4378250
Mellorca	ME_01	Na Macaret	602469	4430210
	ME_02	Es Grau	608367	4422970
	ME_03	Sa Mesquida	610201	4418680
	ME_04	Binissafuller	604699	4409110
	ME_05	Cala Galdana	581846	4421510
Ibiza	IB_01	Eivissa	365788	4308480
	IB_02	Playa Ses Figueretes	362767	4306740
	IB_03	Playa d'en Bossa	361823	4305380
	IB_04	Port des Torrent	349932	4314420
	IB_05	San José	351549	4314850
	IB_06	Sant Antoni de Portmany	353130	4315100
Formentera	FO_01	Puerto - La Sabina	362264	4288350

* La coordenadas están en proyección UTM, huso 31, Datum ETRS89.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

MINISTERIO
DE AGRICULTURA,
ALIMENTACIÓN Y
MEDIO AMBIENTE

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

APÉNDICE 1

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO GIS PARA DELIMITAR LAS ZONAS INUNDABLES (ARCGIS)

GUÍA PARA LAS TAREAS DE GEOPROCESAMIENTO EN RELACIÓN CON LA EPRI DE LAS ZONAS COSTERAS

(Consultar “Nombres&secuenciasCapas.xls”)

1. Crear todas las carpetas que se van a necesitar: desde 00.pbase hasta 27.XX_ARPSIS y NoCapas

Ejecutar 0-CreaCarpetas.py haciendo previamente las actualizaciones necesarias.
2. Colocar en 00.pbase y 01.rbase las capas necesarias
3. Preparar XX.cg, XX.cu y XX.pu en 20.XXcyp
4. XXpu → XXps: DataManagement Tools/Features/Split lines at vertices
5. En XXps:
 - a) AddField: IDtramo (Text, 10; formula en 2.3.Inundaciones\Utilidades), Entrada (Text, 1; S o nada), Xi (Double, 10, 0; Calculate Geometry), Yi (idem), Refleja (Text, 1; S o nada)
 - b) DeleteField: Id.
6. XXps → XXS1S2B.xls (modelo: GQS1S2B.xls en 2.3.Inundaciones\Utilidades)
 - a) Crear XXS1S2B.xls en NoCapas
 - b) Seleccionar todo en XXps / Copy selected / Pegar en hoja KK del .xls
 - c) Copiar los campos IDtramo, Entrada, Xi, Yi, Refleja en la hoja correspondiente
 - d) Hacer las actualizaciones necesarias incluyendo Kd
 - e) Copiar en la hoja “Resumen” del mismo xls los datos correspondientes
7. Crear y construir las capas buffer (XX_TTOm en 22.XX_m)
 - a) XXS1S2b.xls → XX_B.csv en NoCapas. Si es necesario, reemplazar las “,” por “.”
 - b) Ejecutar 1-CreaCapasTT.py (se crean en 21.XX_TT)
 - c) Hacer copia desechable de XXcu en 21.XX_TT
 - d) Cortar los tramos de costa que corresponden a los segmentos de XX_TT y pegar en las correspondiente capa XX_TT (Editar / Copy / Paste)
 - e) Ejecutar 2O-ConstruyeBuffers.py (se construyen en 22.XX_m)
8. Crear y construir las máscaras de marea (XX_TTMm en 22.XX_m)
 - a) XXS1S2b.xls → XXMm.csv en NoCapas.
 - b) Ejecutar 2M-CreaCapasMm.py (se crean en 22.XX_m)
 - c) En cada capa, trazar manualmente el polígono de límite de influencia de la marea
9. Extraer y reclasificar los rásters (→ TTMH y TTOH en 23.XX_rm y en 24.XX_rr)

- a) XXS1S2B.xls → XXS1S2H.csv. Si es necesario, reemplazar las “,” por “.”
- b) Ejecutar 3-ConstruyeMyOrm.py (se crean en 23.XX_rm). Si falla en alguna capa, eliminar de XXS1S2H.csv las líneas correspondientes a las capas ya calculadas y ejecutar de nuevo 3-ConstruyeMyOrm.py
- c) Ejecutar 4-ConstruyeMyOrr.py. (se crean en 24.XX_rr). Ídem.

10. Construir las capas de polígonos inundables (→ TTMH y TTOH en 25.XX_pib)

Ejecutar 5-ConstruyeMyOpib.py

11. Construcción de los primeros entregables: polígonos de inundabilidad por marea y por oleaje

- a) Fusión (merge o union) de todos los polígonos inundables por marea (→ XXMpim en 26.XXMyOp)
- b) Fusión (merge o union) de todos los polígonos inundables por oleaje (→ XXOpim en 26.XXMyOp)
- c) Recortado (clip) de las dos capas anteriores con el polígono de tierra XXTm (→ XXMpim y XXOpim en 26.XXMyOp)
- d) Revisión y limpieza manual (→ XXMpil y XXOpil en 26.XXMyOp)

12. Construcción de los segundos entregables (ARPSIS)

- a) Fusión de los polígonos inundables por marea y por oleaje (→ XXpil en 26.XXMyOp)
- b) Intersección con la capa XXus de usos del suelo (→ XXpius en 27.XX_ARPSIS)
- c) Cálculo de la superficie y del valor de los daños de cada polígono (unitarios y totales)
- d) Tanteos y selección de los umbrales de corte para la simbología (→ XXpius.xls en NoCapas)
- e) Revisión y análisis de los resultados (con Carlos Peña) Selección de las ARPSIS.
- f) Construcción de la capa de polígonos ARPSI (→ XX_ARPSIS en 27.XX_ARPSIS), y de la tabla resumen con nombres, coordenadas y longitudes de costa.
- g) Creación de pdfs con los mapas de las ARPSIS
- h) Redacción del Anejo para remitir a la Demarcación
- i) Redacción y emisión del informe.