Aplicación de la Directiva de Inundaciones por oleaje en España. Metodología empleada y su aplicación en el estudio de peligrosidad ante Maremotos

Mª Dolores Ortiz Sánchez
Subdirectora General Adjunta
Subdirección G. para la protección de la Costa

- Las inundaciones constituyen el fenómeno natural que mayor incidencia tiene en la sociedad española
- En nuestro país, los daños por inundaciones se estiman en total en una media en 800 millones de euros anuales

- Las competencias en gestión y defensa frente a los efectos adversos de las inundaciones afectan a todas las administraciones:
  - desde la Local en las labores de planeamiento urbanístico y protección civil
  - la Autonómica, en material de ordenación del territorio, protección civil y gestión del dominio público hidráulico en las cuencas intracomunitarias
  - la Estatal, en relación con protección civil, la gestión del dominio público hidráulico en las cuencas intercomunitarias y la gestión del dominio público marítimo terrestre en las inundaciones causadas en las zonas de transición y las debidas a la elevación del nivel del mar

- La Comisión Europea aprobó en noviembre de 2007 la Directiva 2007/60, sobre la evaluación y gestión de las inundaciones
- Ha sido transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

Implantación de la Directiva:

Diciembre 2011

Evaluación preliminar del riesgo de inundación

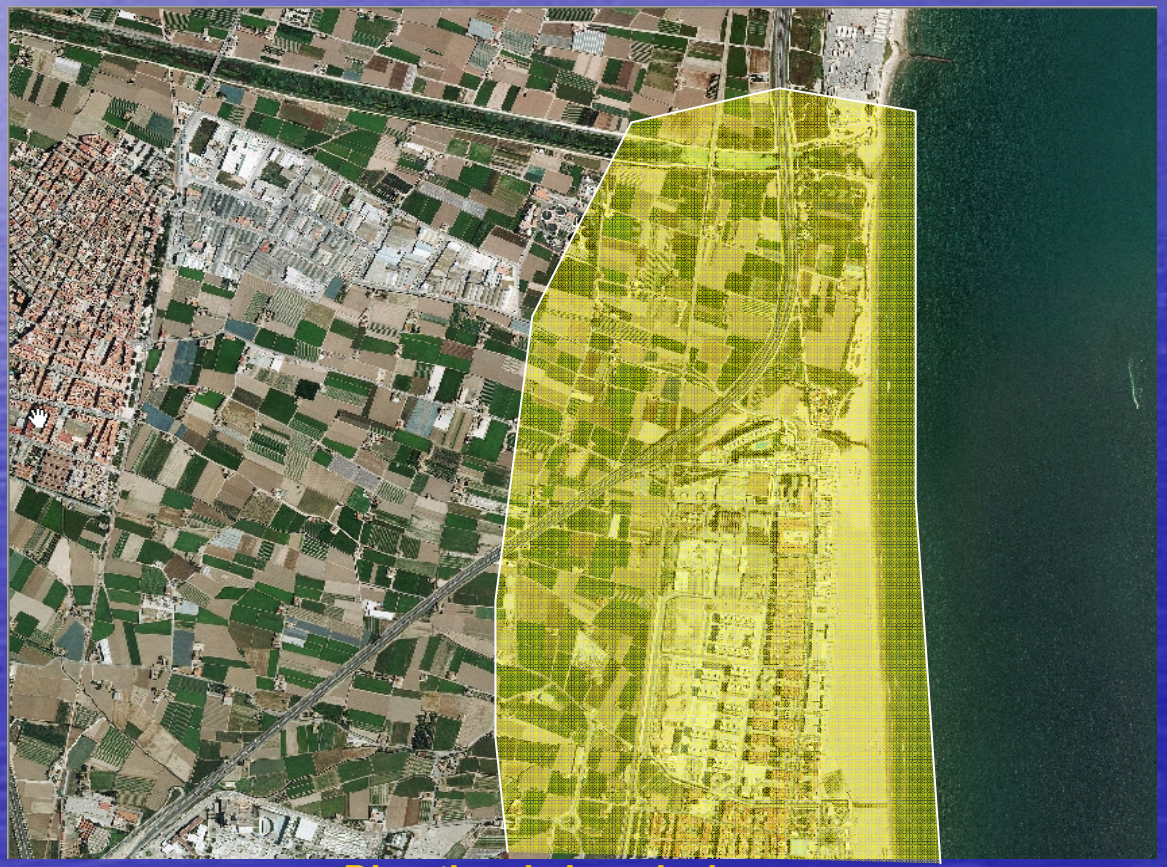
Diciembre 2013

Mapas de Peligrosidad Y riesgos de inundación

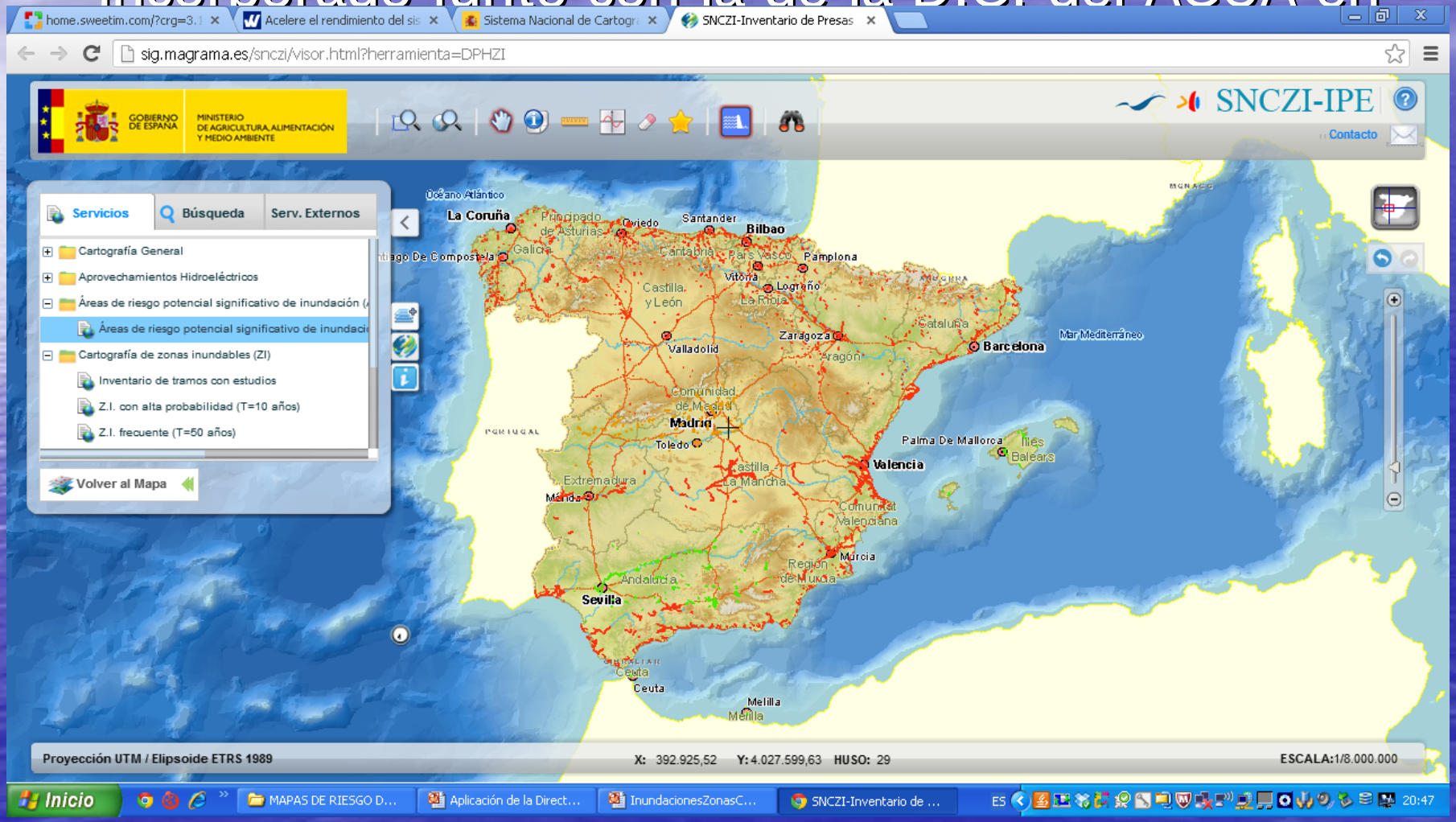
Diciembre 2015

Planes de gestión del riesgo de inundación

- La fase 1 se completó a tiempo, gracias al inestimable ayuda del CEPYC y todas las ARPI's se enviaron a Bruselas en plazo.



- Toda la cartografía generada por costas se ha incorporado junto con la de la D.G. del AGUA en



- **Mapas de peligrosidad**

  Para cada ARPSI se han elaborado mapas de peligrosidad para los siguientes escenarios:

-Alta probabilidad: 10 años

-Probabilidad media: 100 años

- Baja probabilidad: 500 años

- En zonas costeras con adecuado nivel de protección, se limitará a baja probabilidad

Mostrando:

- Extensión de la inundación;
- Calados del agua o nivel de agua, según proceda.
- Cuando proceda, la velocidad de la corriente o el caudal de agua correspondiente.
- Inundaciones causadas por las **aguas costeras** y de transición se reflejará el **régimen de oleaje y de mareas**, así como las **zonas sometidas a procesos erosivos** y las **tendencias** en la subida del nivel medio del mar como consecuencia del **cambio climático**.

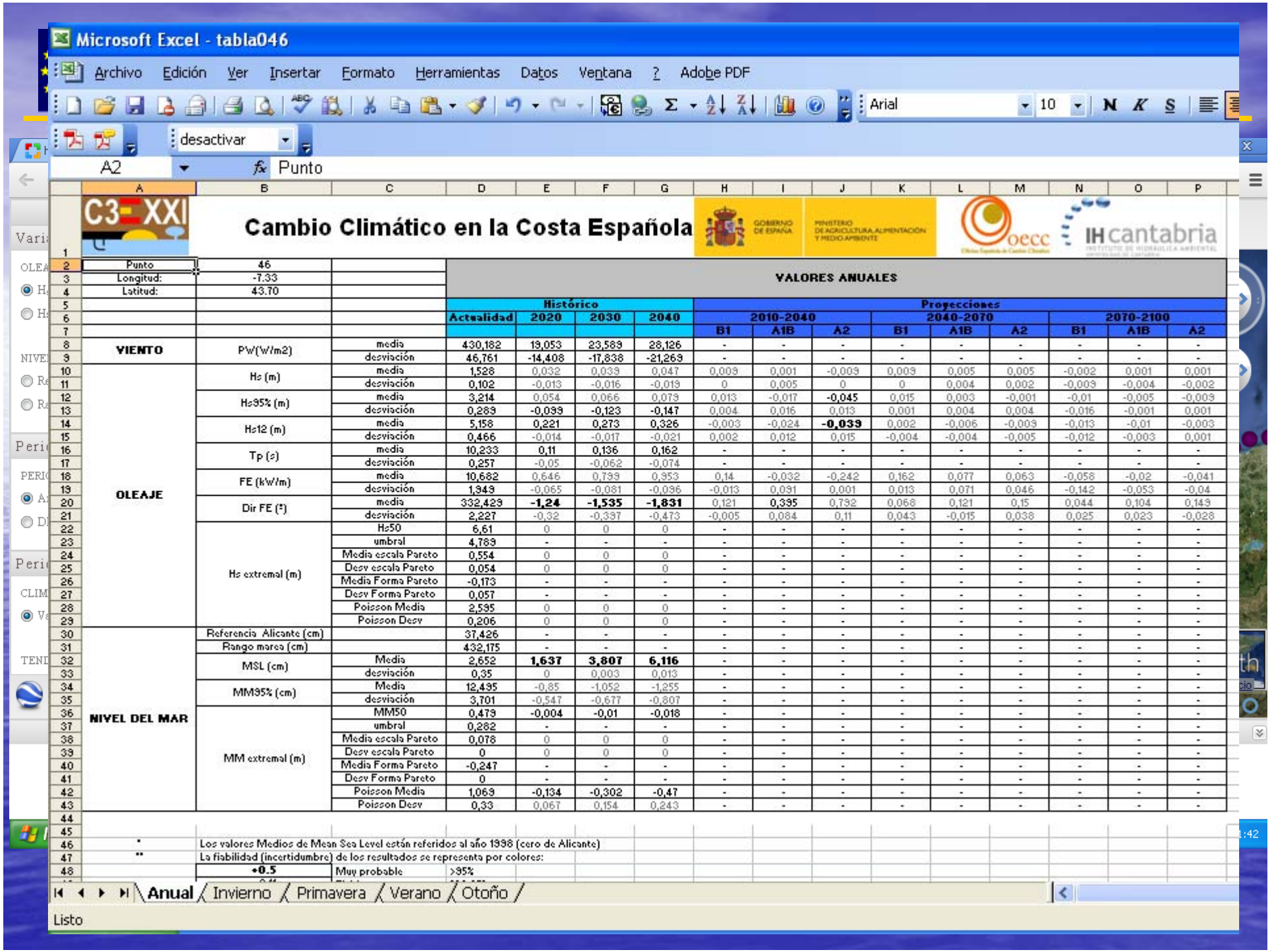
- **Mapas de riesgo**

  Para cada ARPSI se han elaborado mapas de riesgo que muestran para cada escenario:

- **Número indicativo de habitantes afectados**
- **Tipo de actividad económica de la zona inundable**
- **Instalaciones que puedan ocasionar contaminación y zonas protegidas**
- **Cualquier otra información**

- Los mapas de Peligrosidad y riesgo se están sometiendo a un plazo de información pública de 3 meses, que en algunos casos aún no ha acabado.
- Los mapas de Peligrosidad y riesgo se han elaborado antes del 22 de marzo de 2014 y se ha hecho el reporting a la Comisión en plazo.
- La DG de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, licitó a finales del 2012 un C.S. para la elaboración de los mapas de peligrosidad y riesgo con un importe total de 1.740.000 € dividido en nueve lotes, uno por DH.
- Actualmente y tras la elaboración de los mapas de peligrosidad y riesgo se está trabajando en la elaboración de los pliegos para la elaboración de los programas de medidas y definición de objetivos para los Planes de Gestión de los riesgos de inundación por oleaje, que tienen que estar redactados para el 22 de diciembre de 2015

• Visor C3E: www.c3e.ihcantabria.es



Microsoft Excel - tabla046

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ? Adobe PDF

Arial 10

desactivar

A2 Punto

Cambio Climático en la Costa Española

Punto	46		VALORES ANUALES														
Longitud:	-7.33																
Latitud:	43.70			Histórico				Proyecciones									
				Actualidad	2020	2030	2040	2010-2040			2040-2070			2070-2100			
								B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	
VIENTO	PW(W/m2)	media		430,182	19,053	23,589	28,126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación		46,761	-14,408	-17,838	-21,269	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
OLEAJE	Hs (m)	media		1,528	0,032	0,039	0,047	0,009	0,001	-0,003	0,009	0,005	0,005	-0,002	0,001	0,001	
		desviación		0,102	-0,013	-0,016	-0,019	0	0,005	0	0	0,004	0,002	-0,003	-0,004	-0,002	
	Hs95% (m)	media		3,214	0,054	0,066	0,079	0,013	-0,017	**-0,045**	0,015	0,003	-0,001	-0,01	-0,005	-0,009	
		desviación		0,283	-0,039	-0,123	-0,147	0,004	0,016	0,013	0,001	0,004	0,004	-0,016	-0,001	0,001	
	Hs12 (m)	media		5,158	0,221	0,273	0,326	-0,003	-0,024	**-0,039**	0,002	-0,006	-0,009	-0,013	-0,01	-0,003	
		desviación		0,466	-0,014	-0,017	-0,021	0,002	0,012	0,015	-0,004	-0,004	-0,005	-0,012	-0,003	0,001	
	Tp (s)	media		10,233	0,11	0,136	0,162	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación		0,257	-0,05	-0,062	-0,074	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FE (kW/m)	media		10,682	0,646	0,799	0,953	0,14	-0,032	-0,242	0,162	0,077	0,063	-0,058	-0,02	-0,041	
		desviación		1,949	-0,065	-0,081	-0,096	-0,013	0,091	0,001	0,013	0,071	0,046	-0,142	-0,053	-0,04	
	Dir FE (°)	media		332,429	**-1,24**	**-1,535**	**-1,831**	0,121	0,395	0,792	0,068	0,121	0,15	0,044	0,104	0,149	
		desviación		2,227	-0,32	-0,397	-0,473	-0,005	0,084	0,11	0,043	-0,015	0,038	0,025	0,023	-0,028	
	Hs extremal (m)	Hs50		6,61	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		umbral		4,789	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Media escala Pareto		0,554	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Desv escala Pareto		0,054	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Media Forma Pareto		-0,173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Desv Forma Pareto		0,057	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Poisson Media		2,595	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Poisson Desv		0,206	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NIVEL DEL MAR	Referencia Alicante (cm)			37,426	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Rango mareas (cm)			432,175	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MSL (cm)	Media		2,652	**1,637**	**3,807**	**6,116**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación		0,35	0	0,003	0,013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MM95% (cm)	Media		12,495	-0,85	-1,052	-1,255	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación		3,701	-0,547	-0,677	-0,807	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MM extremal (m)	MM50		0,473	-0,004	-0,01	-0,018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		umbral		0,282	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Media escala Pareto		0,078	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Desv escala Pareto		0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Media Forma Pareto		-0,247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Desv Forma Pareto		0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Poisson Media		1,069	-0,134	-0,302	-0,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Poisson Desv		0,33	0,067	0,154	0,243	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

* Los valores Medios de Mean Sea Level están referidos al año 1998 (cero de Alicante)

** La fiabilidad (incertidumbre) de los resultados se representa por colores:

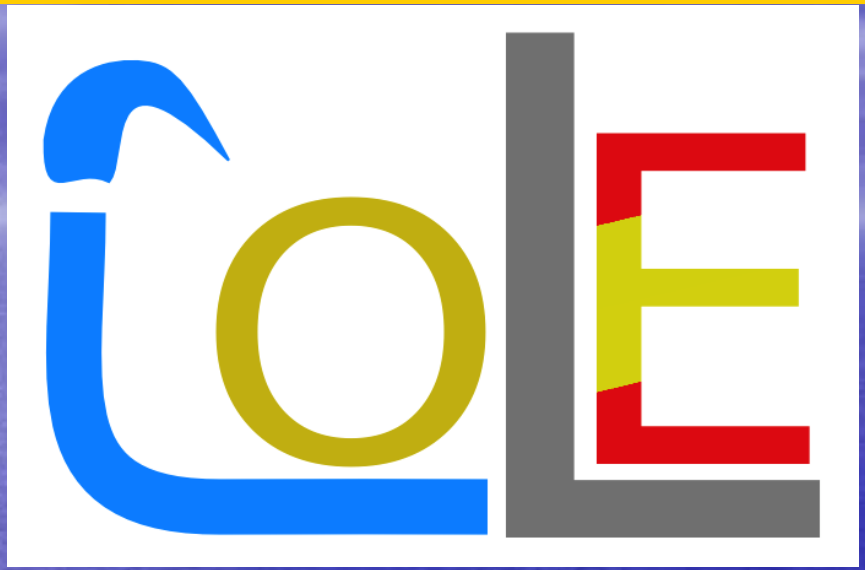
+0.5	Muy probable	>95%

Anual / Invierno / Primavera / Verano / Otoño /

Listo

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Secretaria de Estado de Medio Ambiente
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar



Atlas de inundación de la costa española

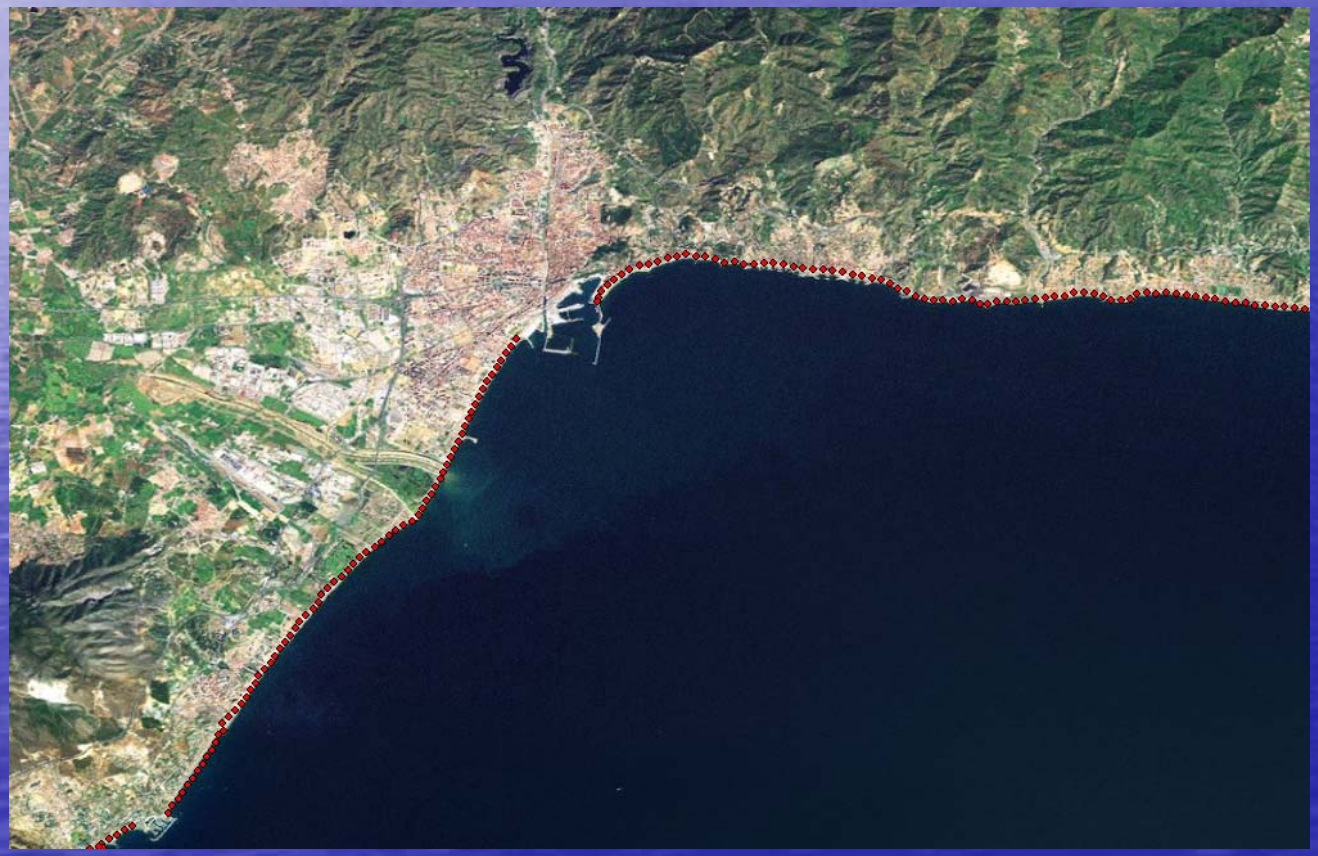
iOLE

Directiva de Inundaciones – Maremotos

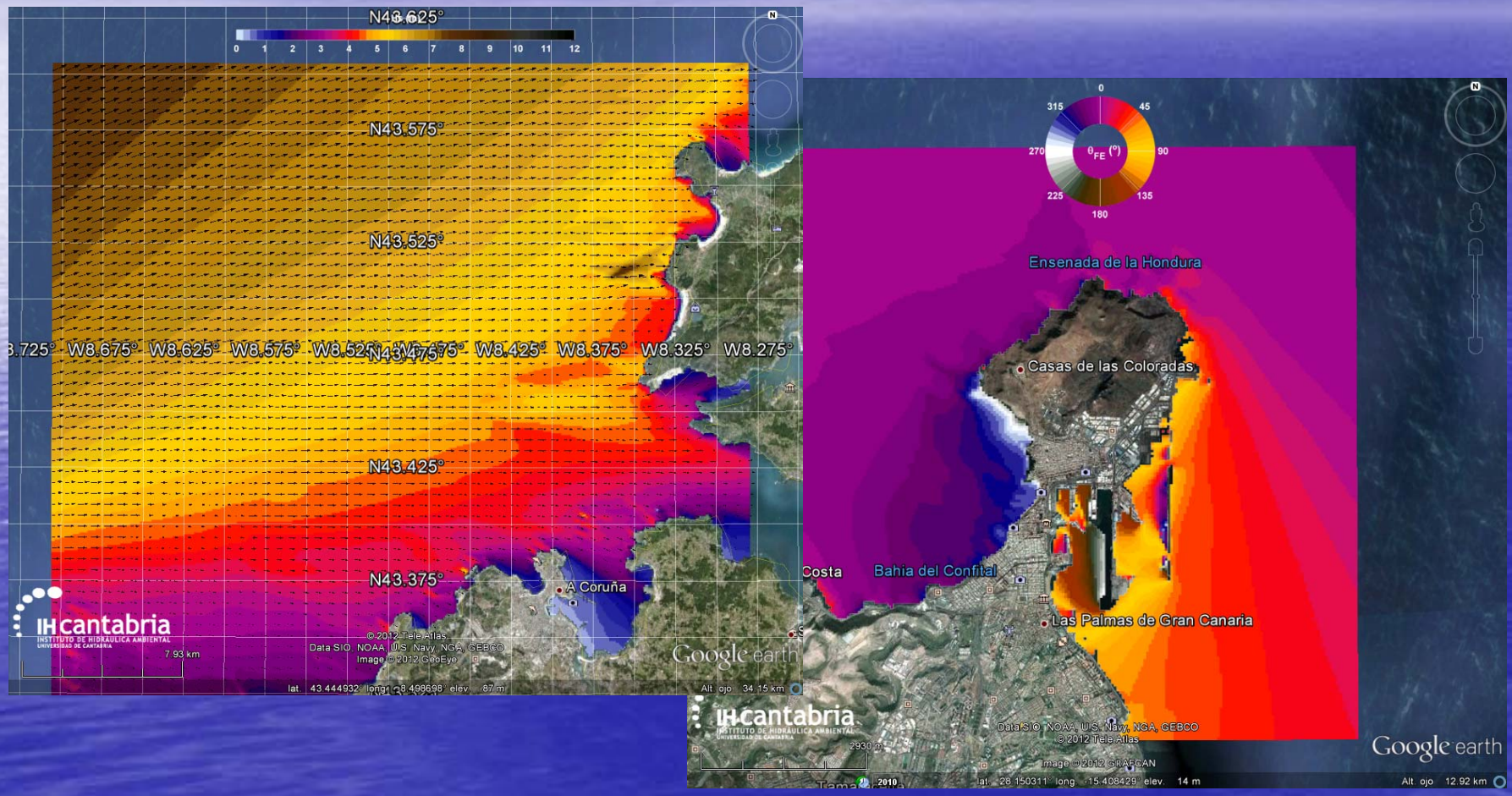
30 de septiembre de 2013

Metodología iole:

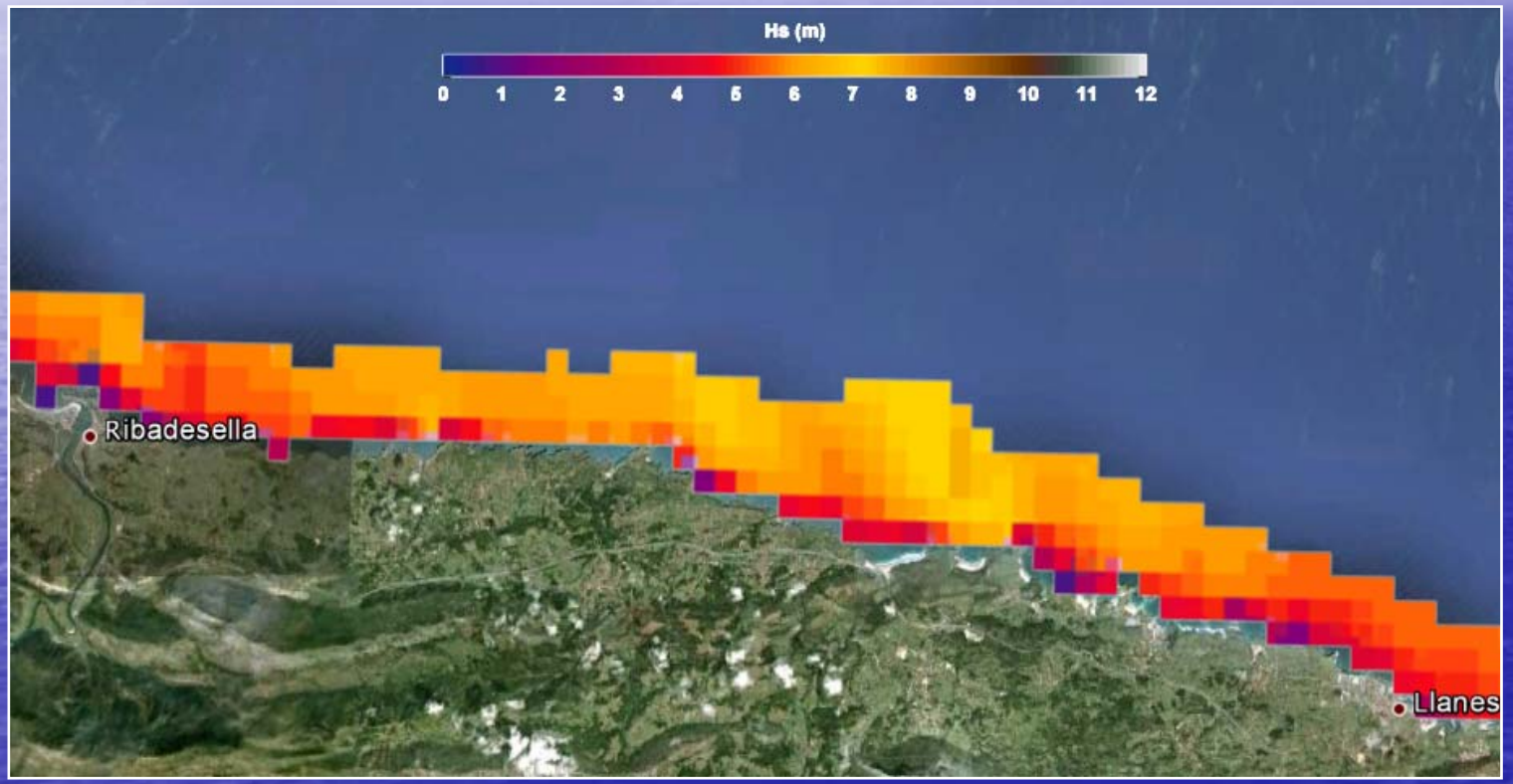
- Delimitación de la costa en tramos cada 200 m



- Bases de datos de Oleaje en todo el Litoral Español (DOW)



- Calculamos H_{s12} y sacamos profundidades de cierre

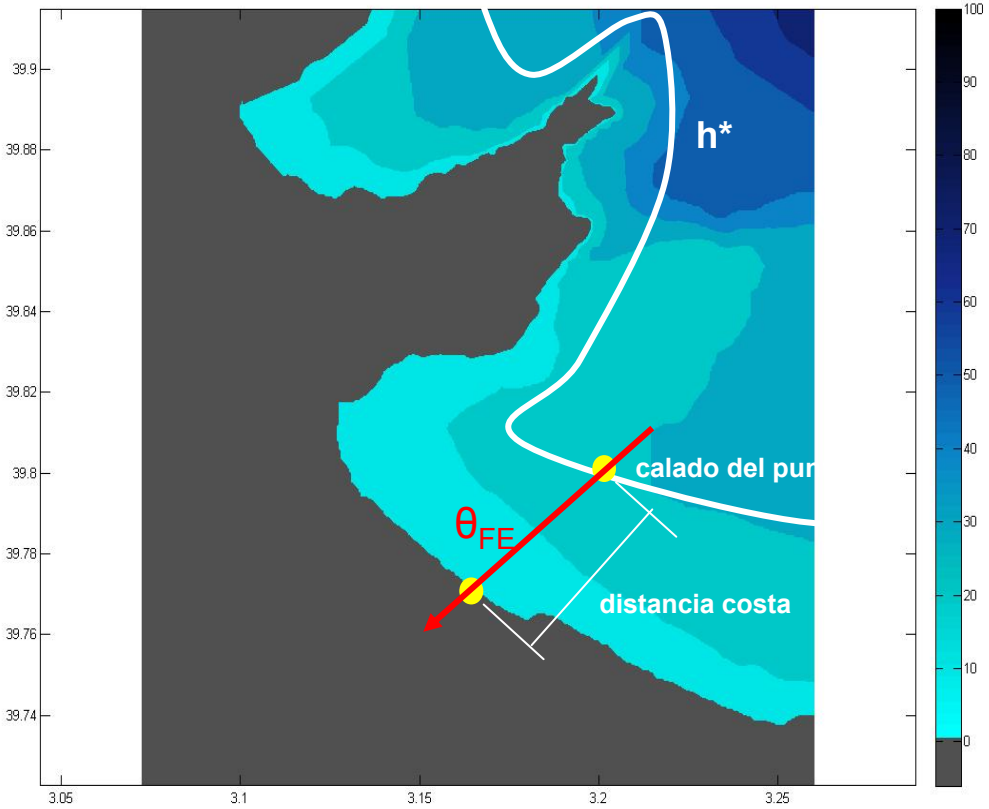


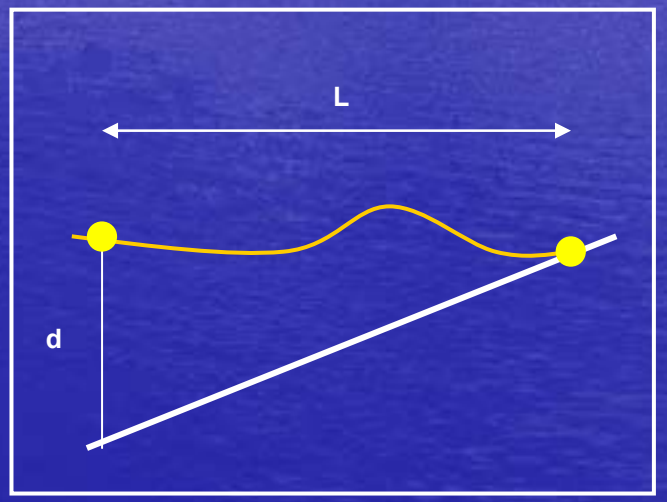
- Dirección media de la energía en temporal (perfiles)

- Validación de los perfiles seleccionados

- Obtención de perfiles tipo (topografía)

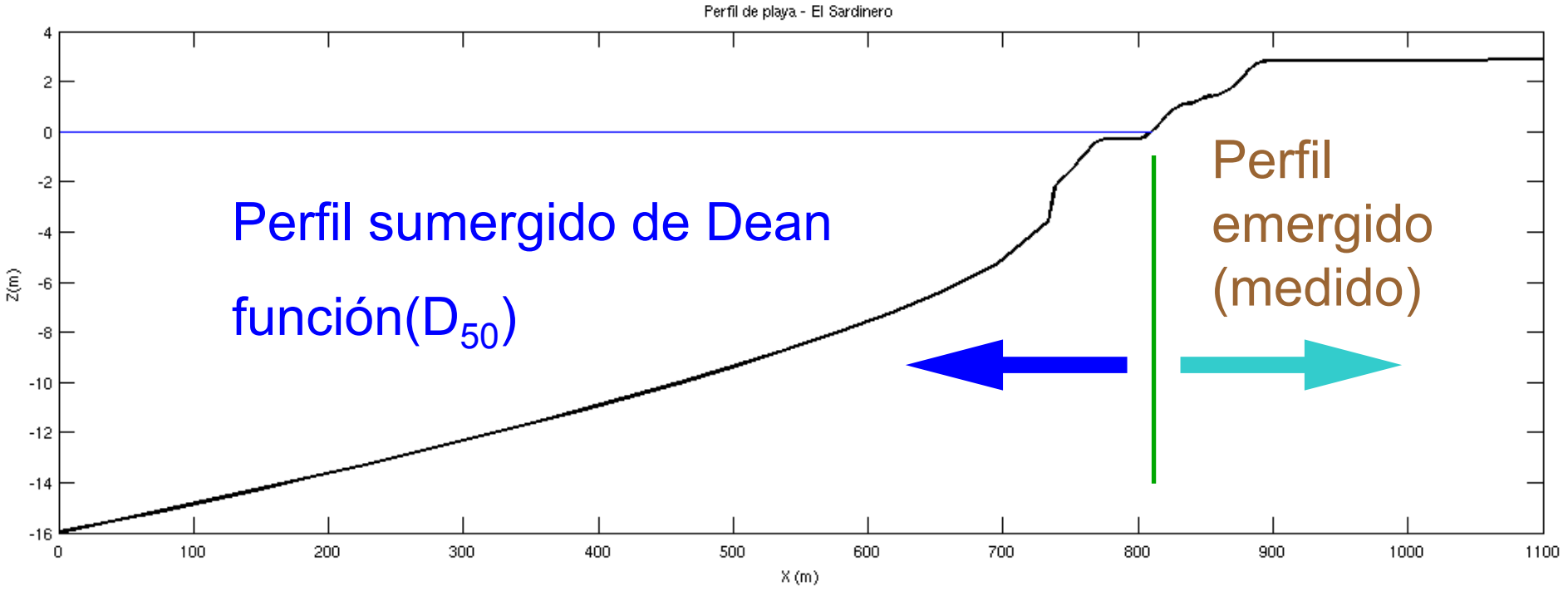
• Obtención de perfiles tipo (batimetría)





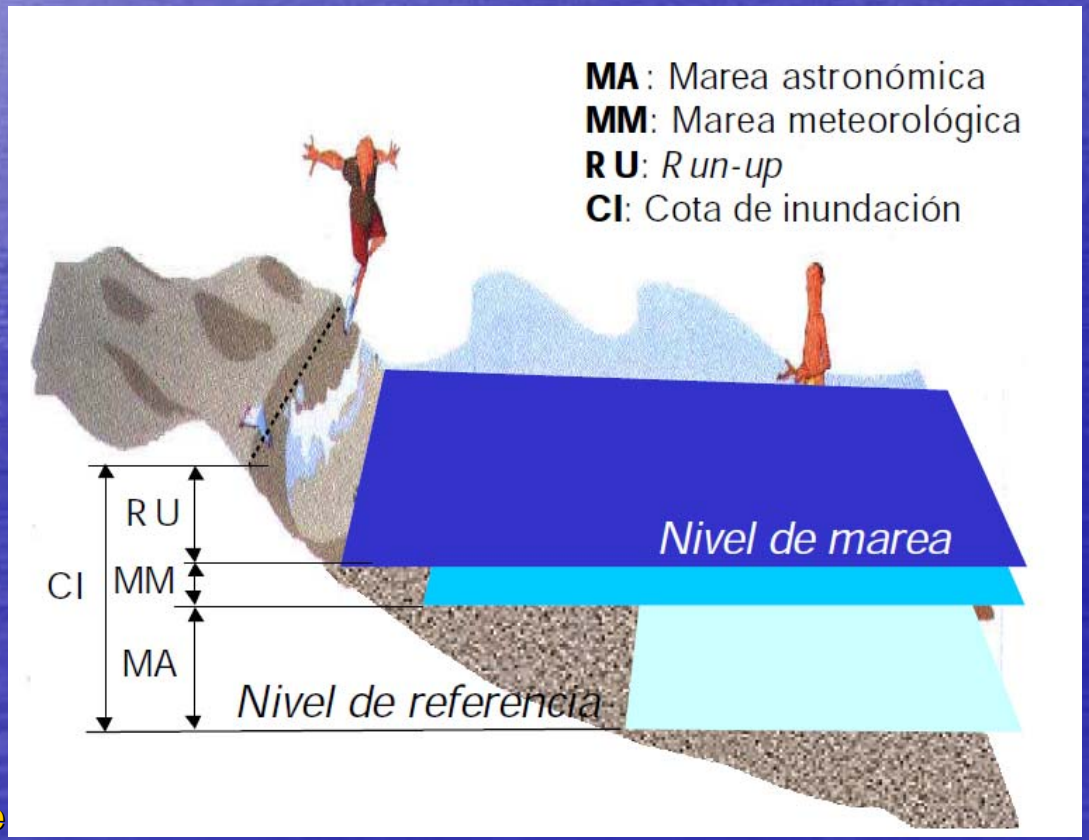
Pendiente media

• Obtención de perfiles tipo:

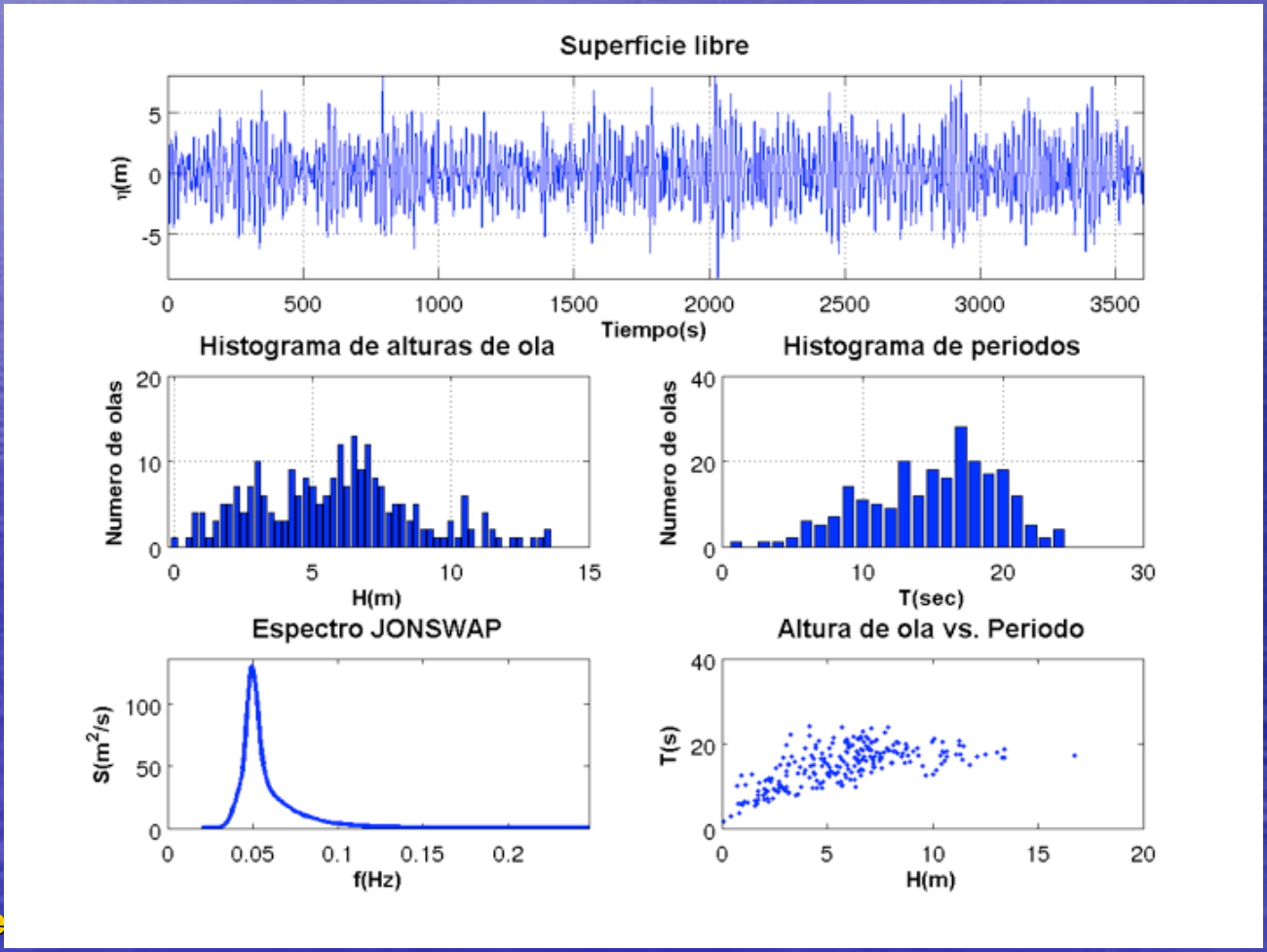


- Caracterización:
  - Clima marítimo: Hs, Tp
  - Perfil
  - Granulometría: D_{50}

- Caracterización- Fase 1 (ensenadas, puertos):
  - Nivel Medio del Mar (referencia NMMA)



- Fase 2: Generación del oleaje (análisis extremos)+ nivel del mar – C3E



Cota de Inundación

=

Marea Astronómica

+

Marea Meteorológica

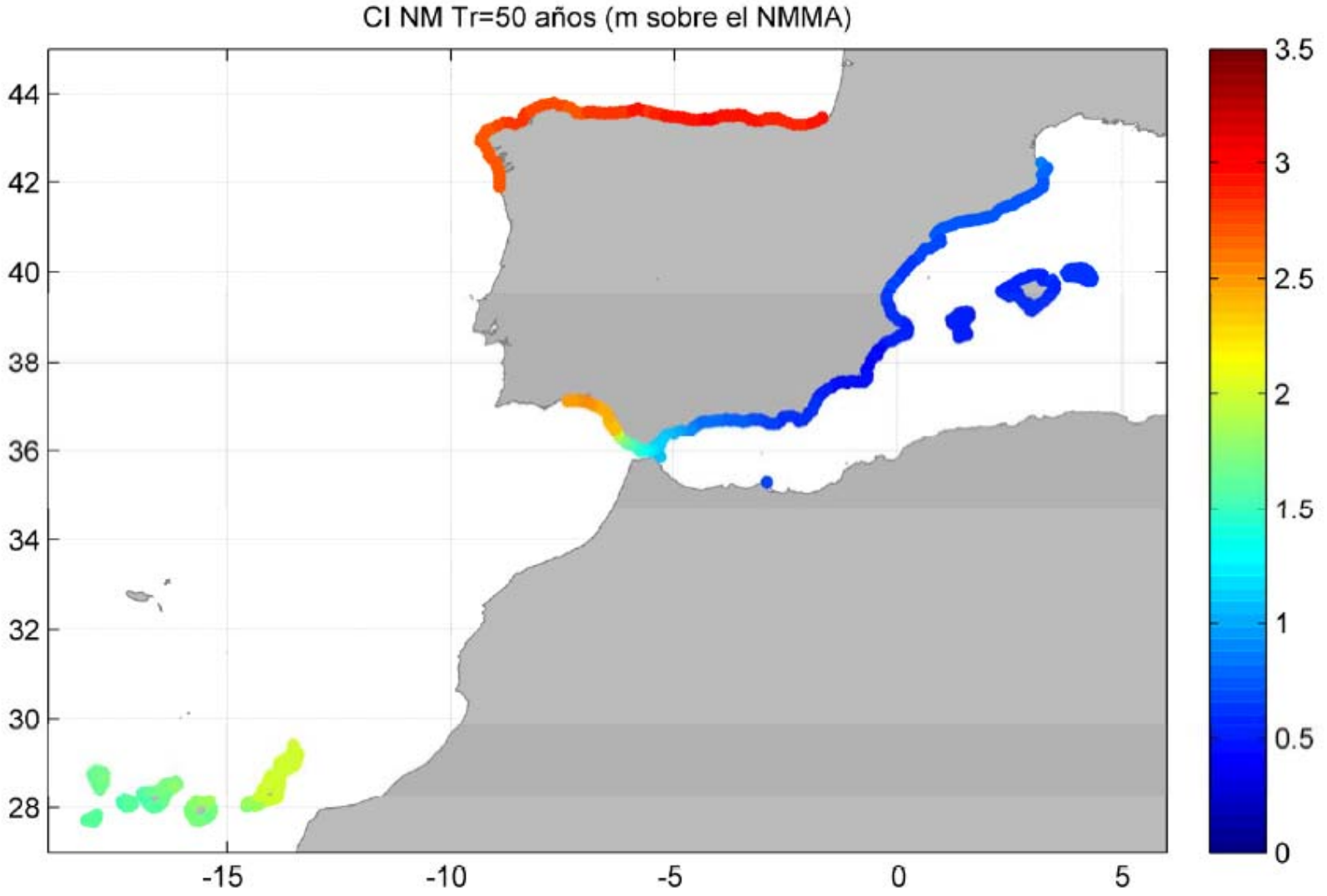
+

Ref (NMM local – NMM Alica

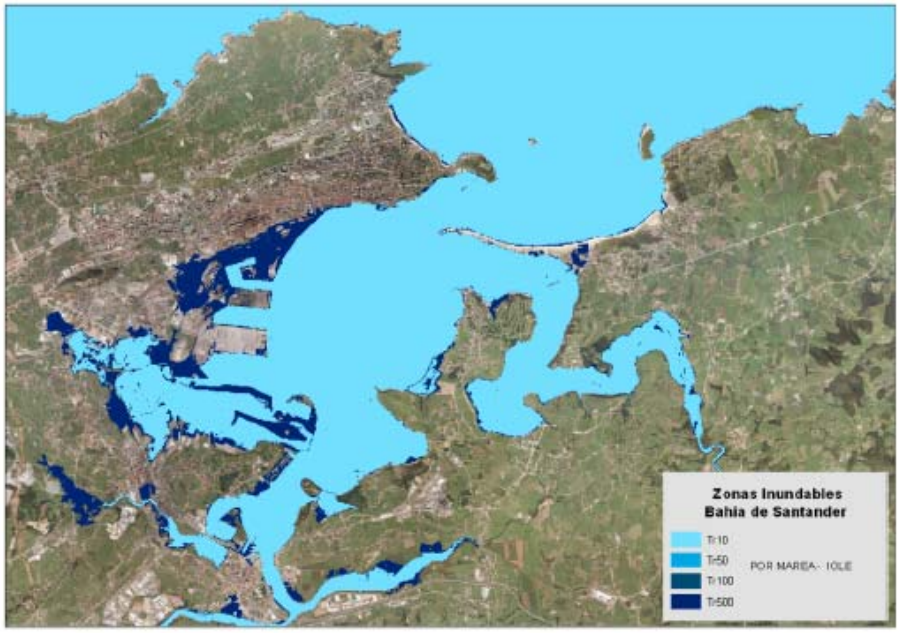
Bases de datos horarias de má
de 60 años (1948-2008) del
proyecto C3E

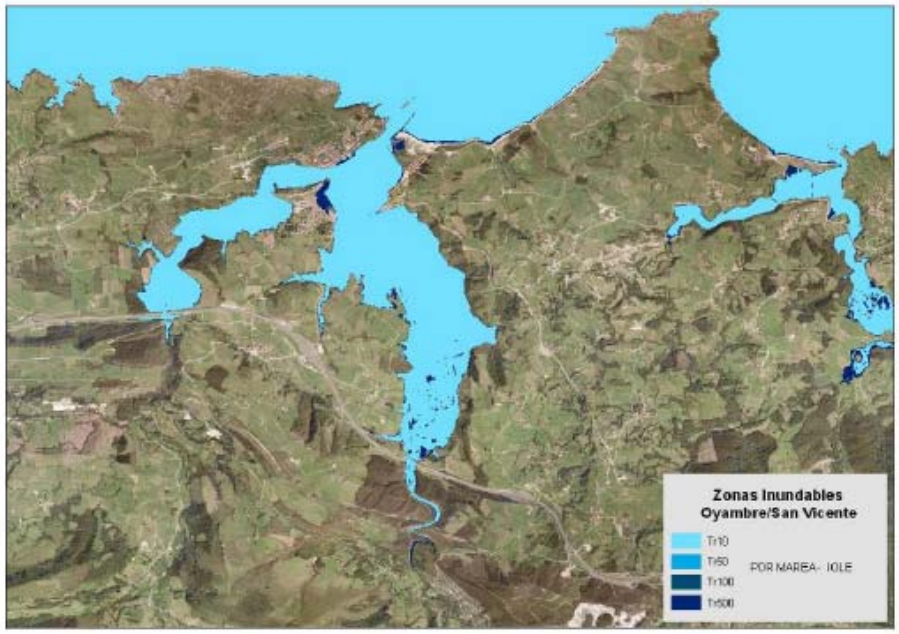
Directiva de
Mar

30 de septiembre de 2013


CI NM Tr=50 años (m sobre el NMMA)
44
42
40
38
36
34
32
30
28
-15
-10
-5
0
5
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0

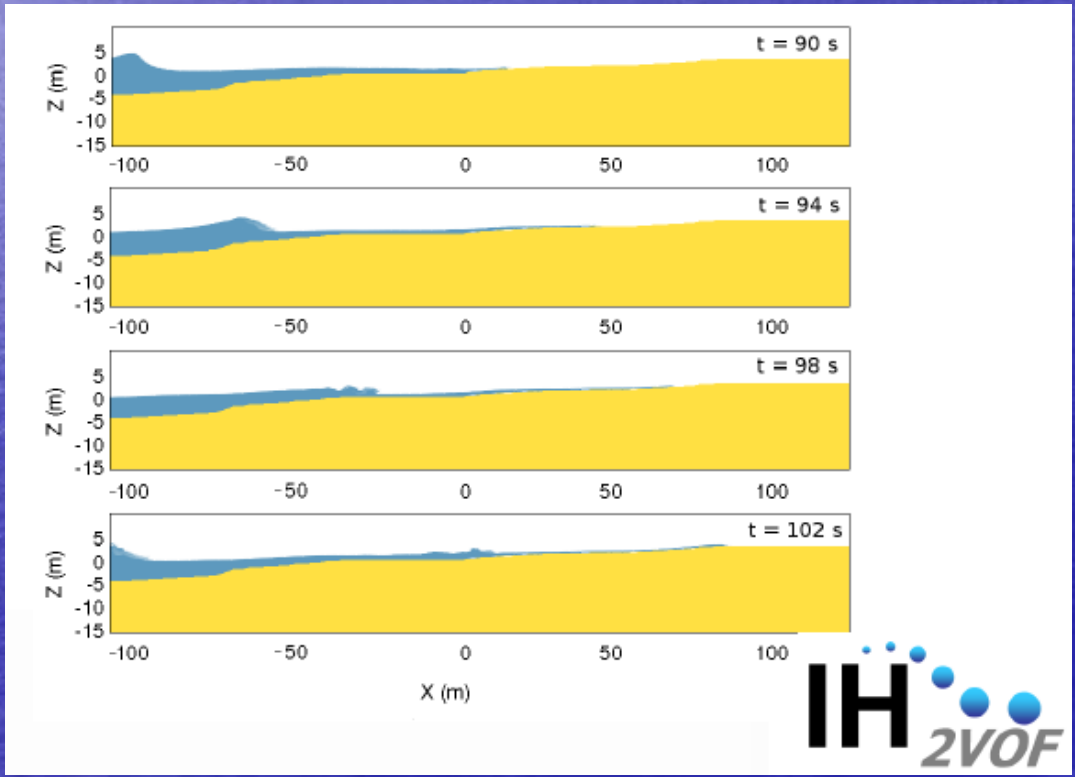
- La cota de inundación de cada periodo de retorno se corta con el Modelo digital del terreno:





Mapas GIS (ETRS89) y hoja excel con los metadatos

- Fase 2:
- Costa de inundación = MA+MM+Ref+Run-up del oleaje (IH-VOF)



Corte de los perfiles del terreno y definición de las dinámicas en cada perfil

- Se corta el MDT (P.Emergido) y se junta con el perfil de Dean (P.Sumergido)
- En total 30.000 perfiles
- En cada perfil se seleccionan los 183 temporales (3 al año)

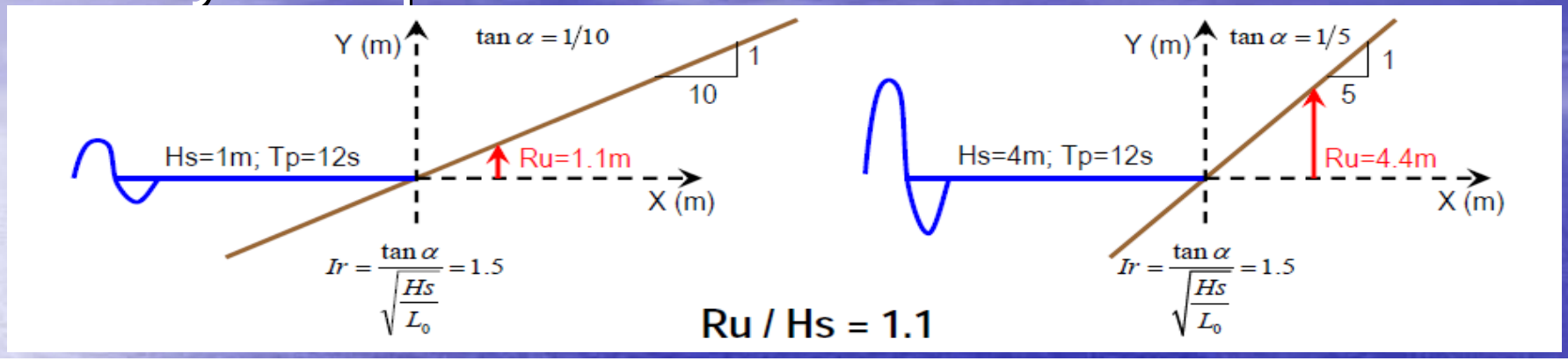
- Simulación numérica con modelo IH2VOF

  Ejecución de 30.000 perfiles y 183 estados de mar horarios cada uno (5.000.000 ejecuciones)

¡¡¡inviable hacer todas las ejecuciones!!!

Se desarrolla un novedoso método de clasificación para seleccionar un número factible de ejecuciones representativas del total

- Playas de pendiente cte:

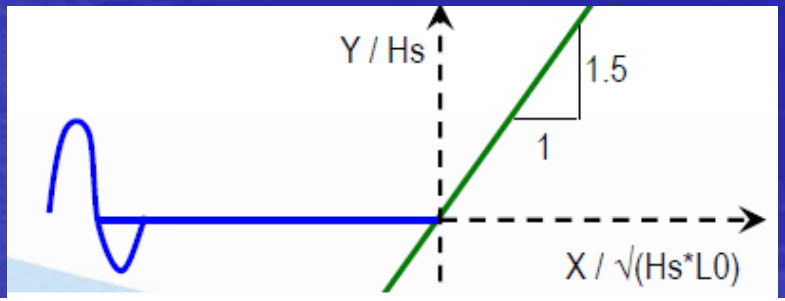


Formulaciones semi-empíricas: **Ru / Hs ~ Ir** Stockdon (2006), EurOtop (2007),…

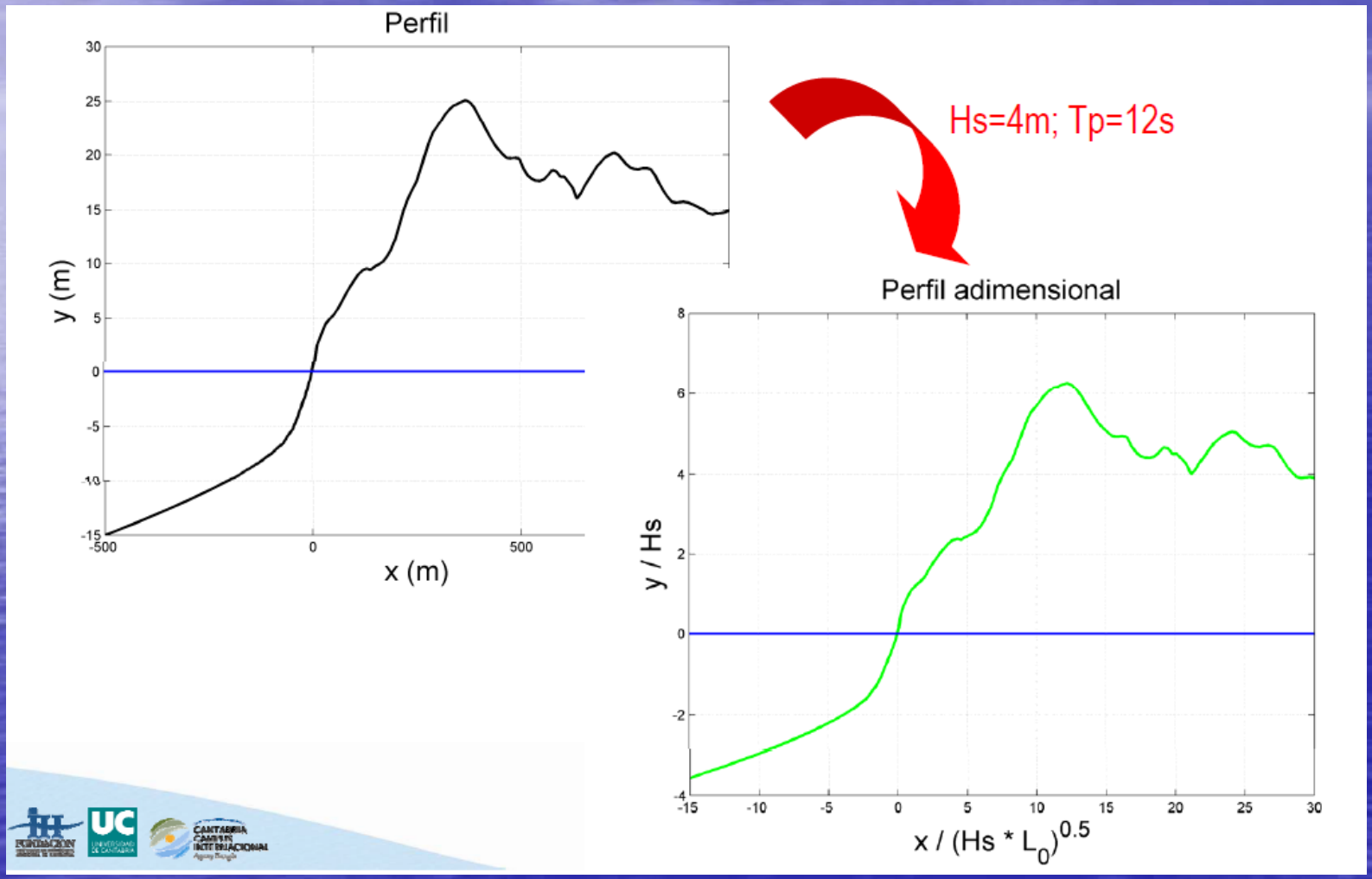
$$\frac{Ru}{Hs} \quad Ir = \frac{\tan\alpha}{\sqrt{\frac{Hs}{L_0}}} = \frac{\tan\alpha \cdot \sqrt{Hs \cdot L_0}}{Hs} = \frac{{}^{y}/_{x} \cdot \sqrt{Hs \cdot L_0}}{Hs} = \frac{{}^{y}/_{Hs}}{{}^{x}/_{\sqrt{Hs \cdot L_0}}}$$

Pendiente Adimensional

Ru / Hs = cte → Ir =cte → Pendiente Adimensional = cte

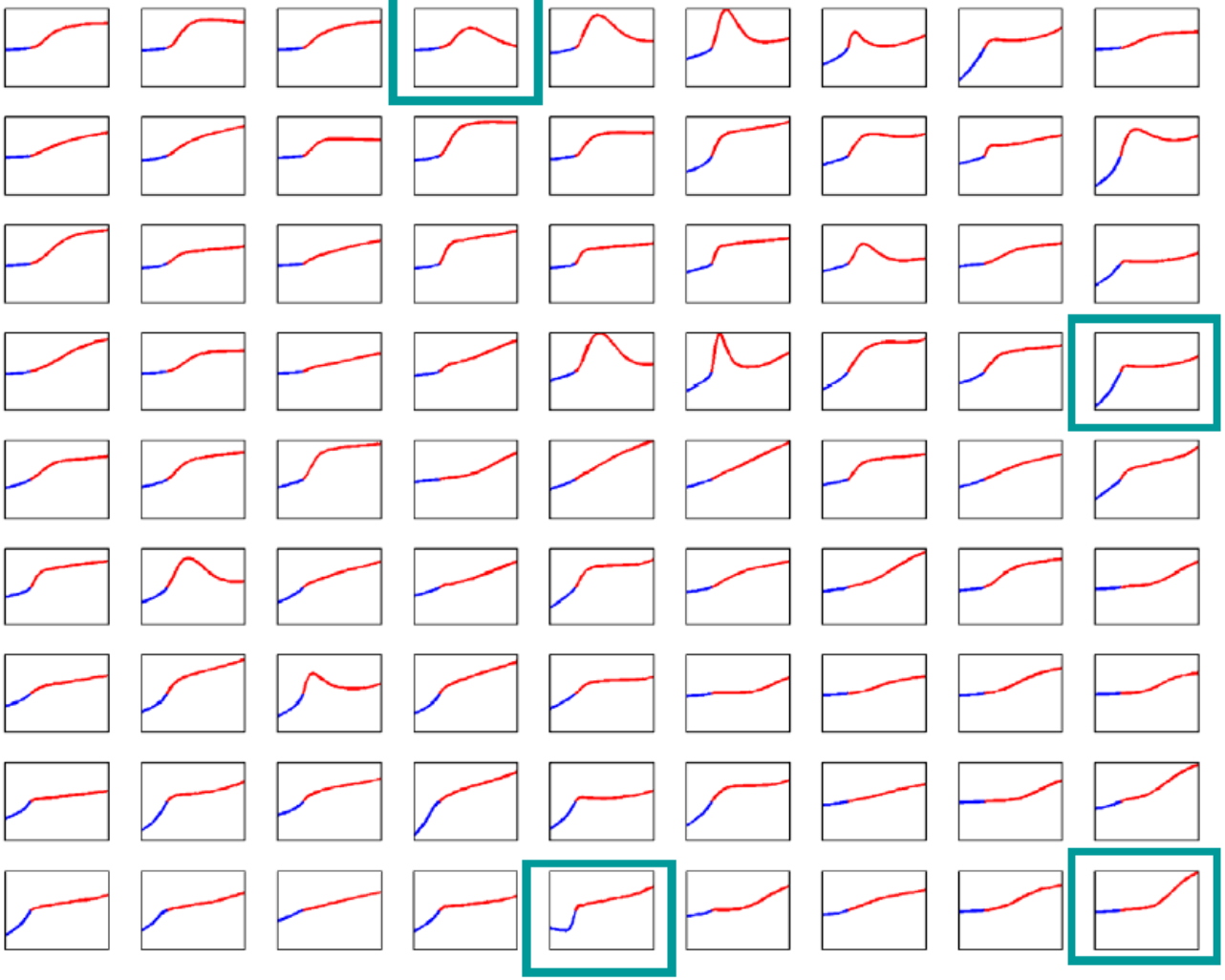


- Playas reales:



- Se incorpora la información de la geometría real del perfil, y de la dinámica actuante en el perfil adimensional; de manera que los que tengan la misma forma tendrán el mismo Run-up adimensional (Ru/Hs).
- Se seleccionan los tipos o “cluster” para ejecutar con el IH”VOF

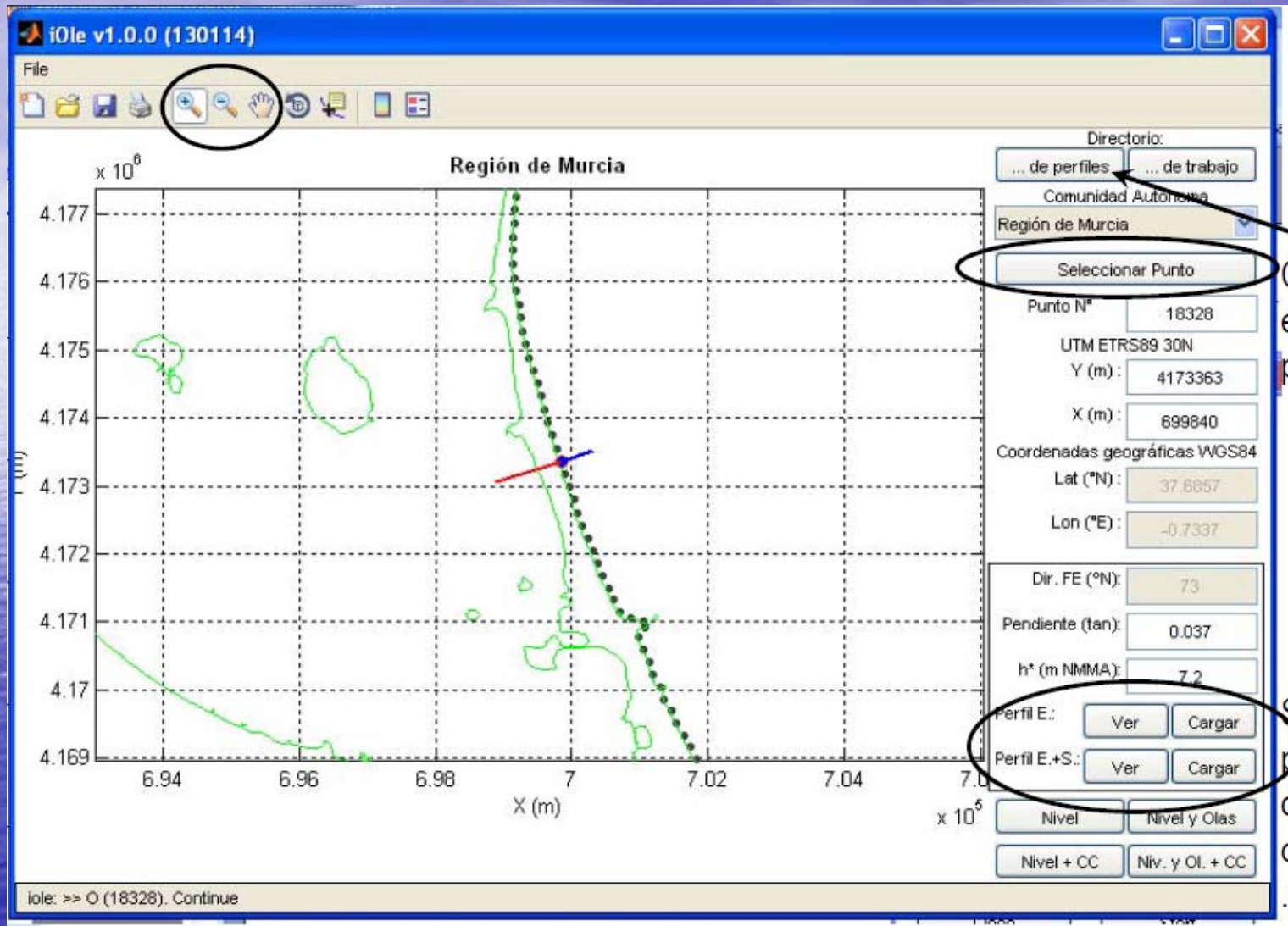
K-mean 11 x 11 definitiva



- Se genera una colección de fórmulas IH2VOF para Ru2% e I2% válidas para todas las dinámicas actuantes en las costas españolas y geometrías del perfil.

- Modo de uso:
  - Se tiene un perfil real y un estado de mar
  - Se adimensionaliza el perfil para ver que cluster le corresponde
  - Se entra en la fórmula IH2VOF del cluster correspondiente
  - Se tienen los valores de Ru2% e I2%

Se repite para todos los estados de mar de cada perfil



Carpeta donde están todos los perfiles .csv

Se ven los perfiles por defecto o se cargan nuevos .csv o ascii

Software ejecutable para windows

iole.exe

- Conclusiones:
  - Se ha generado una novedosa metodología para elaborar los mapas de peligrosidad de forma eficiente y con suficiente precisión
  - La existencia de bases de datos como el C3E ha permitido definir la metodología de forma rápida y homogenea.
  - Los complicados procesos de inundaciones costeros se han simulado con el modelo numérico IH2VOF.
  - Se han realizado fórmulas para el cálculo de Ru2% e I2% válidas para todo el rango de dinámicas y geometrías de las costas españolas .
  - Se ha desarrollado una herramienta que permite aplicar de forma fácil y cómoda la metodología desarrollada

- Aplicación a MAREMOTOS:
  - En la Borrador de la Directriz básica de Protección Civil frente a maremotos se indica que será la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar la responsable de la elaboración de los mapas de peligrosidad por Maremotos

Mapas determinísticos Nacionales de Inundación por Tsunamis

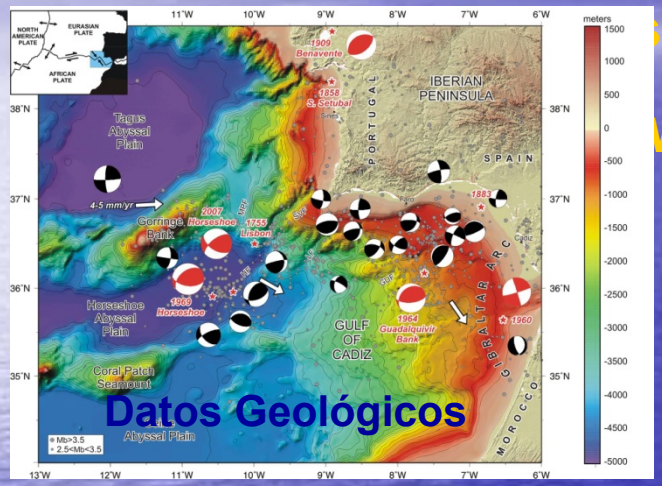
Basados en la caracterización de las potenciales fuentes sismo-

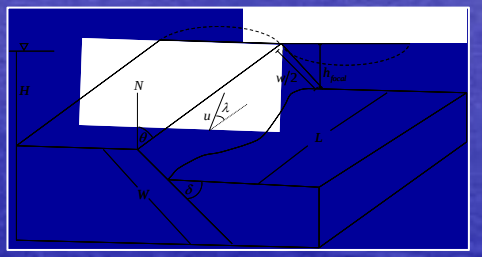
st credible scenarios" en la costa española

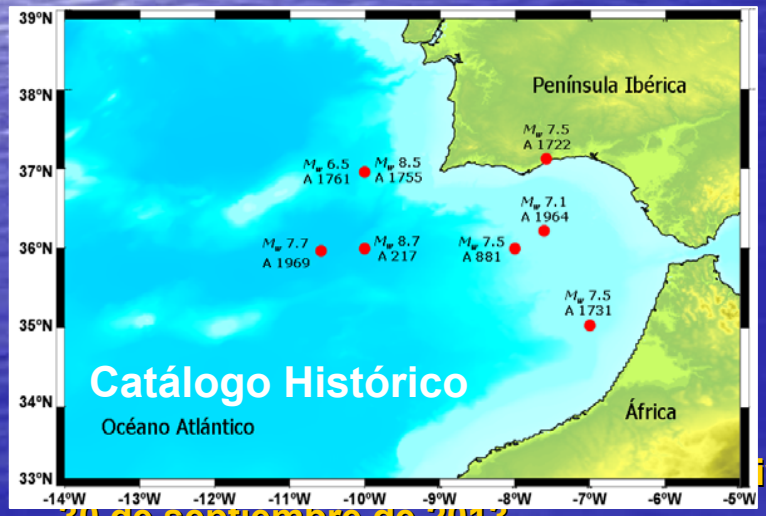
Definición de los

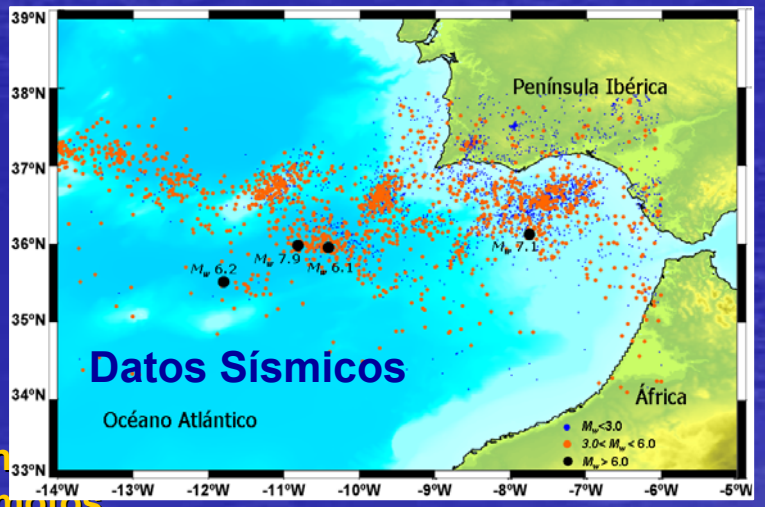
Worst credible cases"(terremoto + nivel del mar en pleamar)

- Datos Geológicos
- Catálogo Historico
- Datos Sísmicos

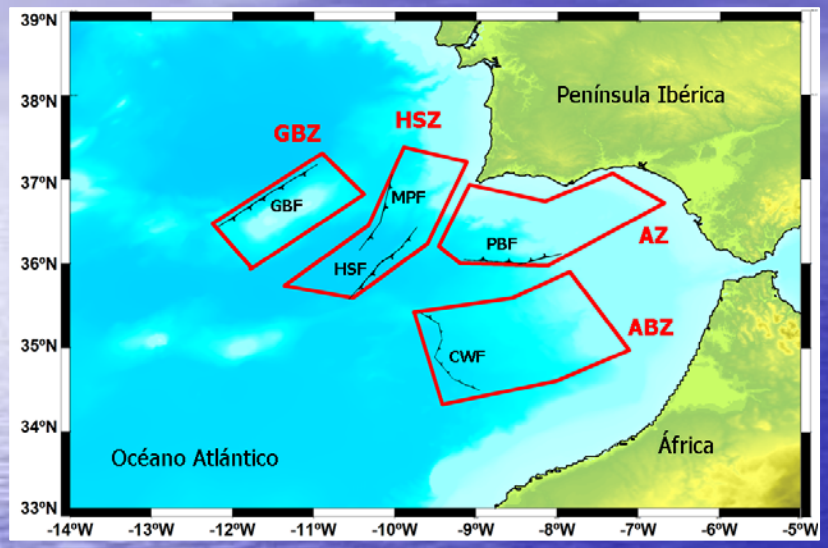






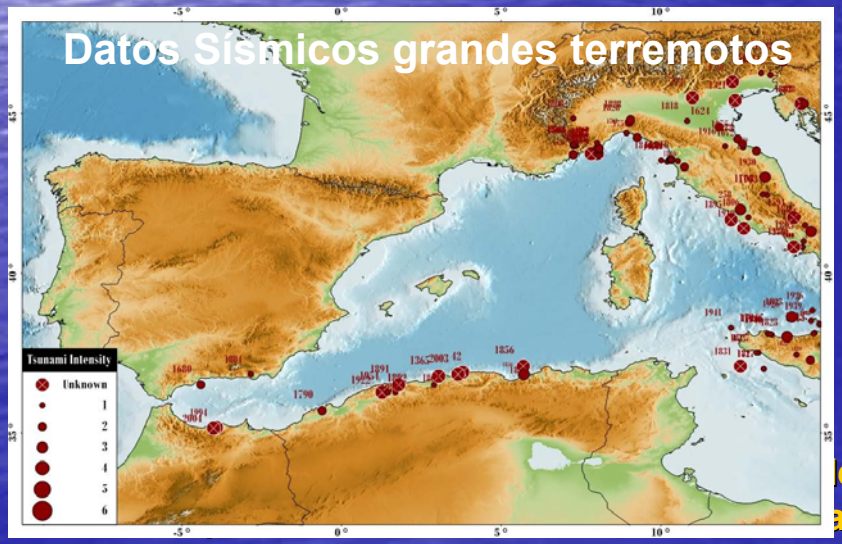


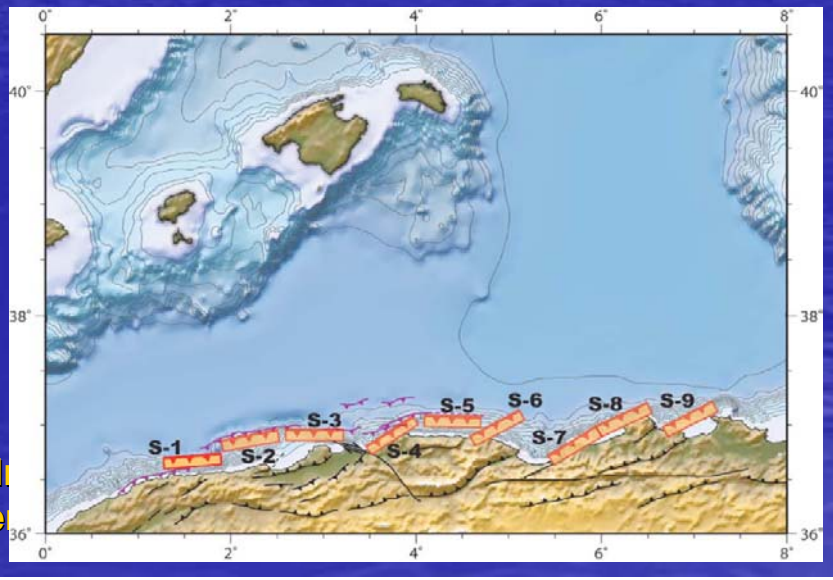
Mapas determinísticos Nacionales de Inundación por Tsunamis



Potenciales Fuentes Atlántico

Potenciales Fuentes Norte África



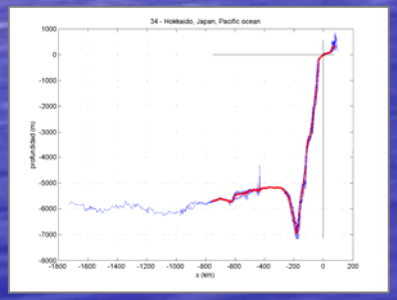


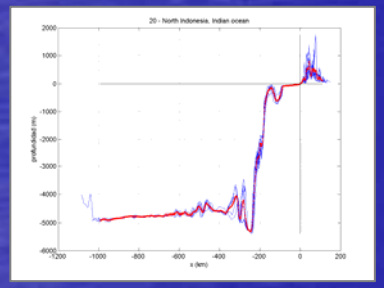
Crear base de datos numérica de run-up de tsunamis

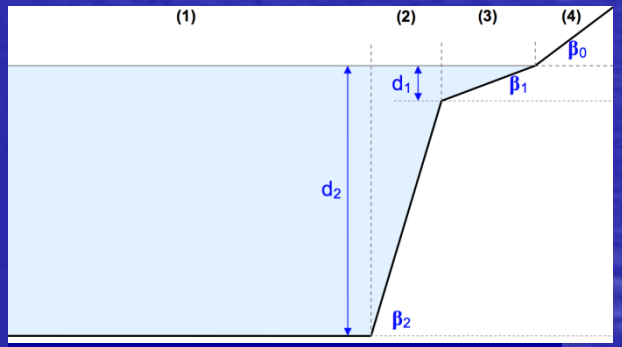
1. Combinando dos modelos de propagación de Tsunamis:

- C3-COMCOT (2DH) = offshore hasta profundidades d=30-50m
- IHV-2VOF (2DV) = inundación en tierra

2. Caracterizando perfil completo: playa + plataforma continental:







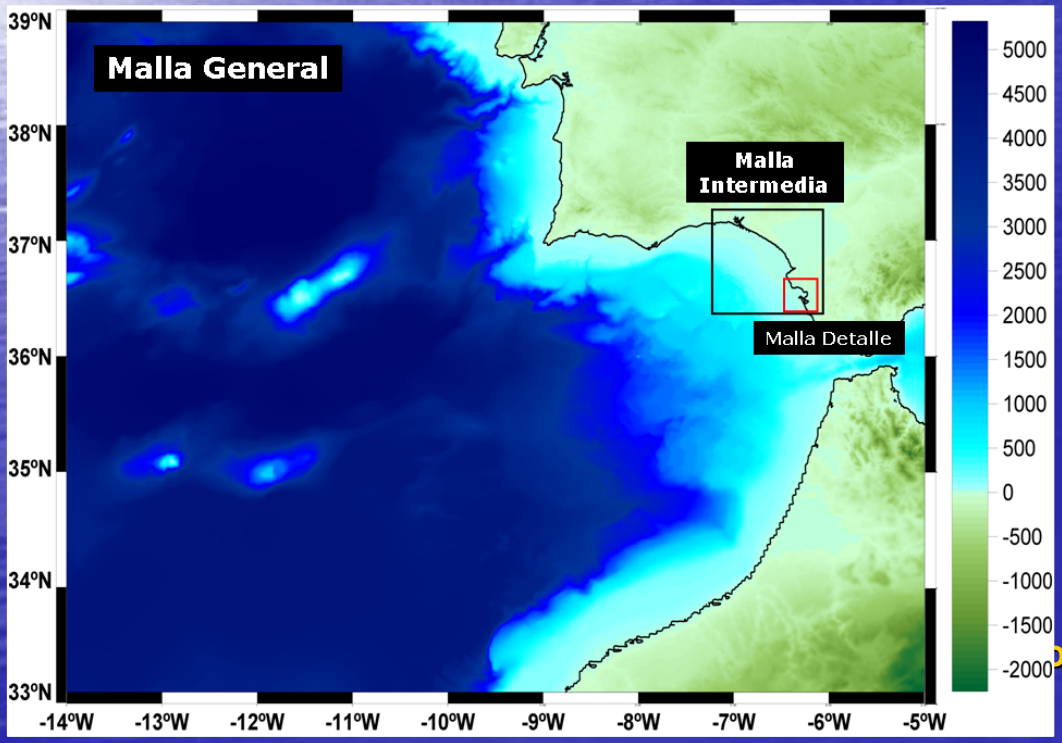
$(d_1, d_2, \beta_0, \beta_1 \beta_2)$

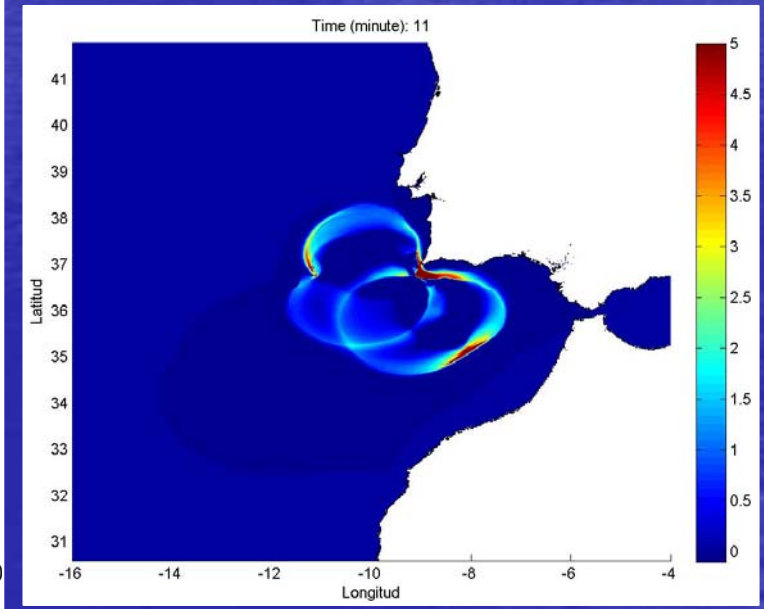
Mapas determinísticos Nacionales de Inundación por Tsunamis

Generación y propagación de peores eventos de tsunami hasta h=30-50m a lo largo de la costa española

Modelo numérico C3 (Cantabria-COMCOT-TSUNAMI- CLAW)

Modelo no lineal de ecuaciones onda larga en profundidades reducidas





ones –

Mapas determinísticos Nacionales de Inundación por Tsunamis

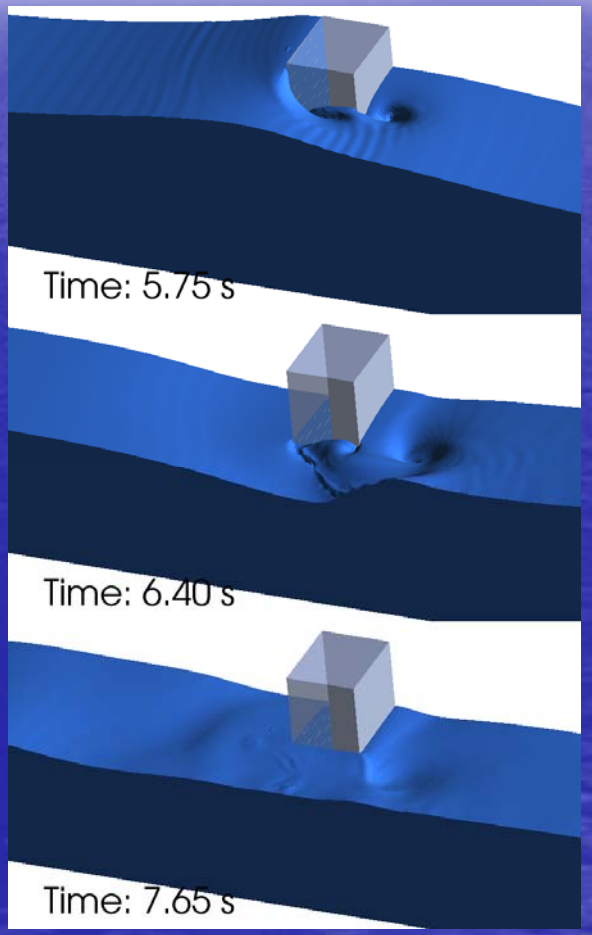
Inundación del tsunami en tierra:

Navier-Stokes solver

- IH-2VOF: 2DV

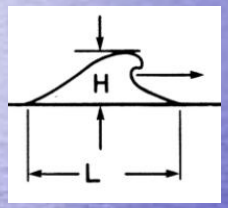
- Simula bien en costa (bores ondulares, procesos de fission, efectos dispersivos,…).

- Limitado en grandes dominios debido al alto costo computacional

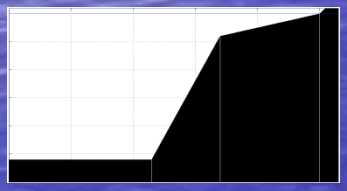


Cálculo de Run-up con una nueva metodología

Combinando un gran número de ondas de tsunami



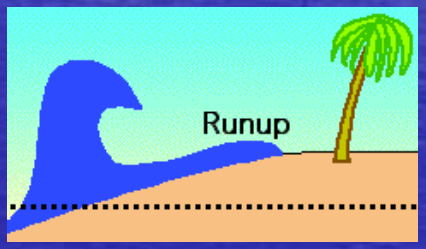
Perfiles típicos de la costa



$(d_1, d_2, \beta_0, \beta_1\ \beta_2)$

C3-COMCOT

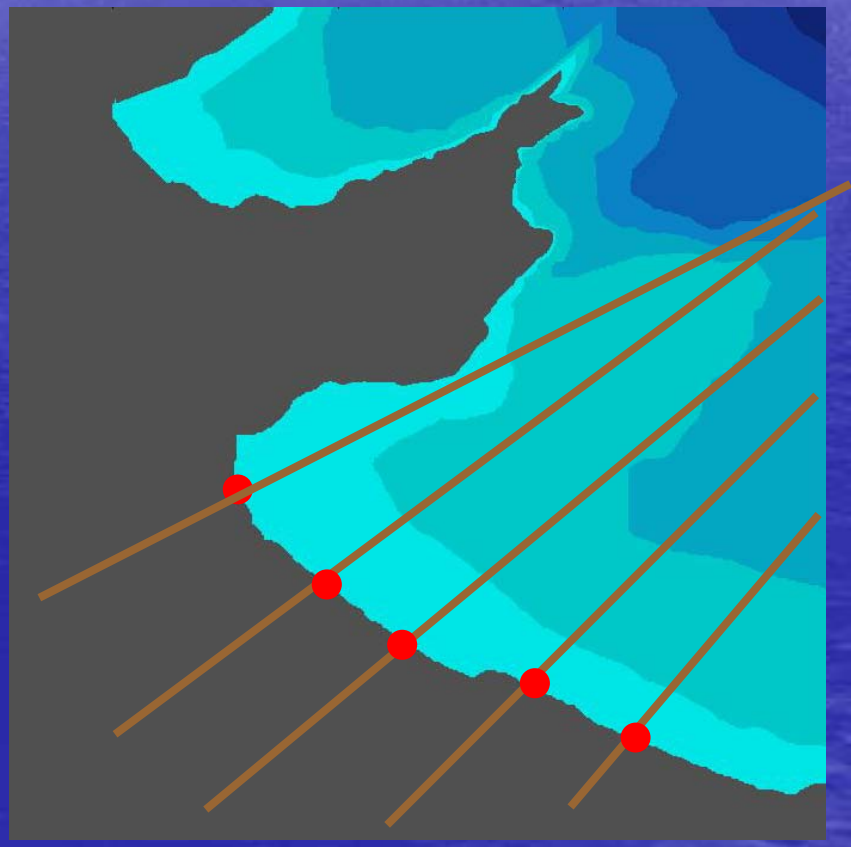
IH 2VOF



Se obtiene una base de datos de Run-up

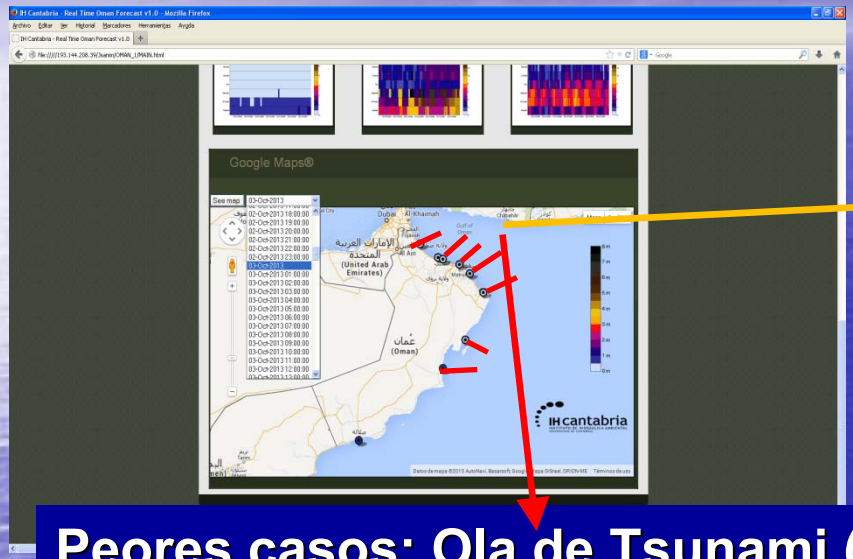
$$R_u/d = f(H/L, d_1, d_2, \beta_0, \beta_1\ \beta_2)$$

Construir perfiles Topo-batimétricos a lo largo del país, extendiendo perfiles anteriores para incluir plataforma continental



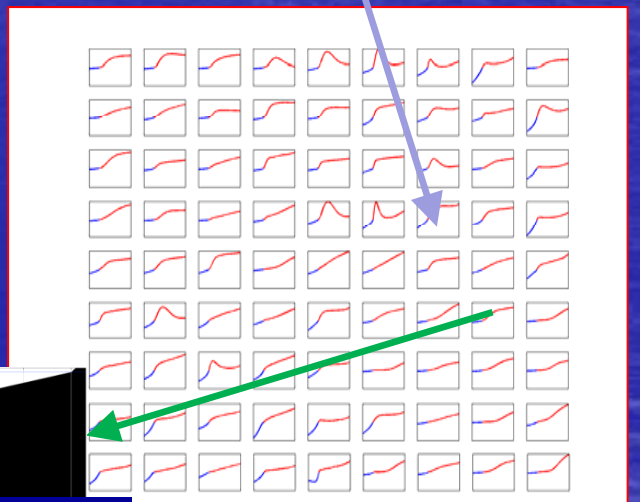
Aplicación Costa Española

Propagación de peores casos de Tsunamis: Modelo C3

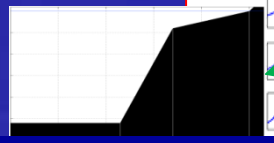


Peores casos: Ola de Tsunami (H,T,d) en cada perfil en d=30-50m

perfiles medidos de la costa



Perfiles clasificados



Perfil Representativo

Base de datos numerica de Run-up

RBG-Interpolation

$R_u/d = f(H, T, d, perfil)$

Directiva de Inundaciones

Mareas

- Se ha **extendido** esta metodología para la elaboración de mapas de peligrosidad debido a **tsunamis** en el litoral Español.
- Con base en la caracterización de los **peores casos posibles de tsunami** en potenciales fuentes sismo-tectónicas, su propagación a la costa, y una base de datos numérica de Run up's, **se podrán construir mapas de inundación a escala nacional en España.**

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN