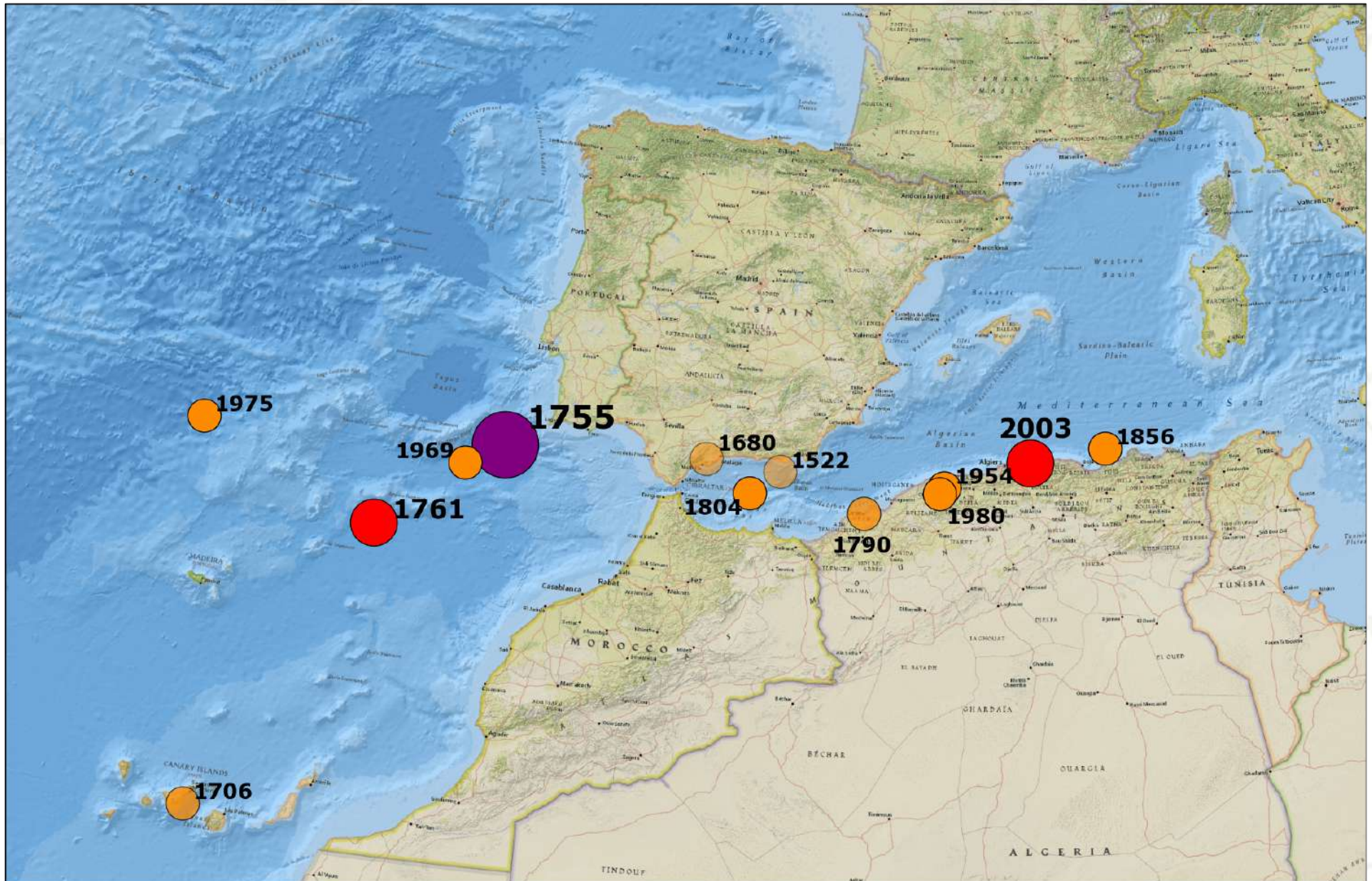


Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis

Tsunamis en España



Catálogo Tsunamis en España

FUENTE																	TSUNAMI									
							Parámetros de la fuente										Intensidad del tsunami				Alturas de ola					
Año	Mes	Día	Hora	Min	Seg	Inc	Referencia	Causa	Latitud	Longitud	Profundidad (km)	Intensidad	Magnitud	Vel	Región	Subregión	Referencia	Descripción	Fiabilidad	País	Ambraseys	Ulus & Imamura	Altura de ola	Número de Observación	Referencia	
-241							Udias (2015)	E	36,5	-7					AT	Golfo de Cádiz	Udias (2015)	Tsunami en	OSI							Udias (2015)
-216							Udias (2015)	E	36,2	-7,67					AT	Golfo de Cádiz	Udias (2015)	Tsunami en	OSI							Udias (2015)
-211							Udias (2015)										Udias (2015)		NO							
-60							Udias (2015)										Udias (2015)	Costa de Portugal	NO							
365	7	21					Papadopoulos et al. (2010)	ER	35,2	23,2					M1	W Creta (G)	Papadopoulos	Destructor	4NO		VI	X			Udias (1983)	
382							Baptista & Miranda (2009)	ER	36	-9,5					AT	SW Iberia	Baptista & Miranda	Inundación de	NO		IV	VI				
881	5	26					Udias (2015)	ER	36	-8					AT	Golfo de Cádiz	Martínez-Solares	Se retrasa el	1SI						Sanchez Navarro-Neuman (1921)	
1365	1	2	18	0			Hamdache et al. (2010)	ER	36,77	3,05		IX			M3	N Jiel (Arg)	Hamdache	Devasta la	4NO							
1522	9	22	10	0			Martínez-Solares & Mezcua (2019)	EA	36,97	2,67		VIII-IX			M3	Almería	Martínez-Solares	Tsunami en	2SI						Galbis (1932); Reichter & Hübscher (2006)	
1531																		Tsunami en Lisboa	NO							
1680	10	9	7				Martínez-Solares & Mezcua (2019)	EA	36,66	-4,77		40VIII-IX					Goded et al.	Agitación de	2SI						A.H.N. (1680); B.N. (1680); B.U.G. (1680)	
1706	5	5					Romero (1988)	VA							AT	Garachico (*)	Romero (1988)	Retirada de	2SI						Romero (1988)	
1722	12	27	17	30			Baptista et al. (2007)	ER	37,02	-7,82		IX		6,5	AT	Távira	Baptista et al. (2007)		NO						Baptista & Miranda (2009)	
1755	11	1	10	16			Martínez & Mezcua (2002)	ER	36,5	-10		X		8,5	AT	SWIT	Martínez & Mezcua	Tsunami cat	4SI		VI	IX	10-15		Miramai et al. (2014)	
1755	11	2					Galbis (1932)	ER							AT	SWIT	Galbis (1932)	Flujo y refluj	NO						Baptista & Miranda (2009)	
1755	11	16	15	30			Martínez & Mezcua (2002)	ER	36,5	-10					AT	SWIT	Martínez & Mezcua	Flujo y refluj	OSI						Baptista & Miranda (2009)	
1756	1	31					Fontseré (1918)	ER							M3	Baleares	Fontseré (1918)	Entrada del	OSI						Fontseré (1918)	
1761	3	31	12	1			Baptista et al. (2006)	ER	34,5	-13		IX		8,5	AT	SWIT	Baptista et al.	Tsunami en	2SI		III	IV			Rodríguez de la Torre (1997); Baptista & Miranda (2009)	
1790	10	9	1	15			Kaabouben et al. (2009)	ER	35,7	-0,6		X		6,7	M3	N. Argelia	Kaabouben et al.	Tsunami en	2SI		III	V			López Marinas y Salod (1990)	
1804	1	13	17	53			Martínez & Mezcua (2002)	ER	36,008	-3,583		VII-VIII		6,7	M3	Mar de Albo	Martínez & Mezcua	Retirada de	2SI		III	IV			Rodríguez de la Torre (1997)	
1856	8	21	21	45			Harbi et al. (2010)	ER	36,82	5,79		VIII		6,6	M3	N. Argelia	Harbi et al.	Subida del m	4SI		III	V			Harbi et al. (2010)	
1856	8	22	11	45			Harbi et al. (2010)	ER	36,82	5,79		IX		6,6	M3	N. Argelia	Harbi et al.	Tsunami a lo largo de la	NO						Harbi et al. (2010)	
1885	1	29	7	30			Galbis (1932)	ER							M3	N. Argelia		Es dudosa la existencia	NO							
1891	1	15	4	0			Mezcua & Martínez-Solares (1919)	ER	36,5	-9,2		X		7	M3	N. Argelia	Mezcua & Martínez-Solares	Tsunami observado en	NO							
1926	12	19	14	45			Baptista & Miranda (2009)	ER	38,7	-1,8					AT	Portugal	Baptista & Miranda	Aumento de nivel y agitac	NO						Baptista & Miranda (2009)	
1929	11	18	20	32	0		Baptista & Miranda (2009)	ES	44,5	-56,3					AT	Grand Bank	Baptista & Miranda	Tsunami observado en	NO							
1930	2	16	1	33	56		Mezcua & Martínez-Solares (1919)	ER	36,683	-4,433		III			M3	Málaga	Mezcua & Martínez-Solares	Tsunami en	NO							
1930	3	4	18	3			Marmai et al. (2004)	GL							AT	Madeira	Baptista & Miranda	Una enorme ola entró en	NO							
1939	5	8	1	46	48		Buforn et al. (1988)	ER	37,4	-23,9		15		7,1	AT	Azores	Buforn et al.	Pequeño tsunami registr	NO							
1941	11	25	18	3	54		Baptista & Miranda (2009)	ER	37,42	-19,01				8,2	AT	SWIT	Baptista & Miranda	Pequeño tsunami registr	NO						Baptista & Miranda (2009)	
1954	9	9	1	4	37		Mezcua & Martínez-Solares (1919)	ES/EA?	36,283	1,467		X-XI		6,7	M3	N. Argelia	Mezcua & Martínez-Solares	Observado r	4SI		I	II			4Soloviev et al. (2010)	
1969	2	28	2	40	33		Mezcua & Martínez-Solares (1919)	ES	36,01	-10,57		22VII		7,3	AT	SWIT	Fukao (1972)	Observado en los mareógrafos Cascais, Lagos, Faro, en el estuario del Tagus	NO						5Baptista et al. (1992); Baptista & Miranda (2009)	
1969	7	17					Baptista & Miranda (2009)	?										Mareógrafos de Tenafes, Angra, Lagos y Cascais								
1975	5	26	9	11	51		ISC-GEM (2017)	ER	35,962	-17,576		15VI		7,8	AT	Falla de Gila	ISC-GEM (2017)	Mareograma	4SI		I	II	0,14		6Kaabouben et al. (2008); Campos (1992)	
1978	8	14	14	17	50		IGN (2017)	ER	36,3733	-6,9833		31IV		5	AT	Golfo de Cádiz	IGN (2017)	No se observa en ningún	NO							
1980	10	10	12	25	23		IGN (2017)	EA	36,1533	1,4467		5IX		7,3	M3	Norte de Arg	IGN (2017)	Registrado r	4SI		I	II	0,35		6Soloviev et al. (2000)	
2003	5	21	18	44	21		ISC-GEM (2017)	ER	36,991	3,702		12IX-X		6,8	M3	Norte de Arg	ISC-GEM (2017)	Daños en er	4SI		III	IV	2			
2003	5	27	17	11	31		IGN (2017)	ER	36,891	3,554		10		5,7	M3	Norte de Arg	ISC-GEM (2017)	Varianción de?	SI		I	II			2NOAA	
2016	1	25	4	22	1		IGN (2017)		35,6004	-3,8056		12VI		6,3	M3	Mar de Albo	IGN (2017)	Observado en los mareó	SI		I	II	0,02		2CENALT	

Ejemplo: Tsunami 1969

[illegible]

Tsunamis in España (Atlántico)



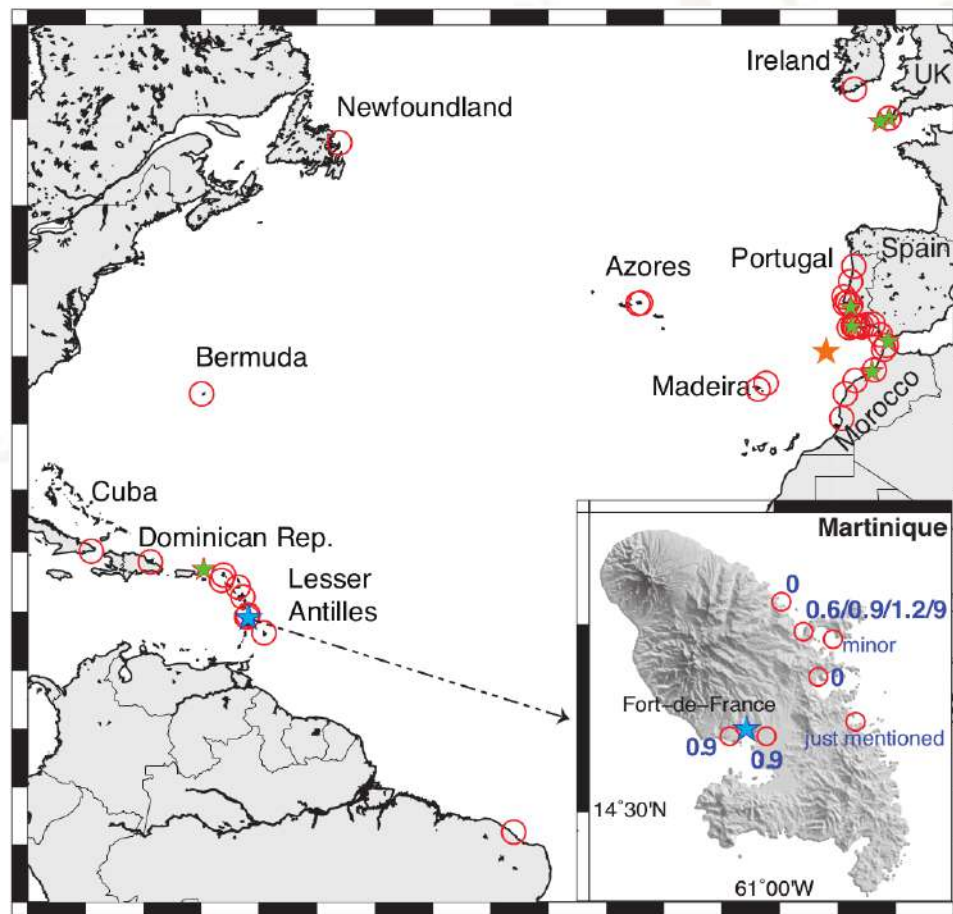
Tsunami de 1755



- Terremoto de Magnitud 8.5
- Altura de ola de 10-15 m
- Más de 1200 ahogados solo en España

Tsunamis en España (Atlántico)

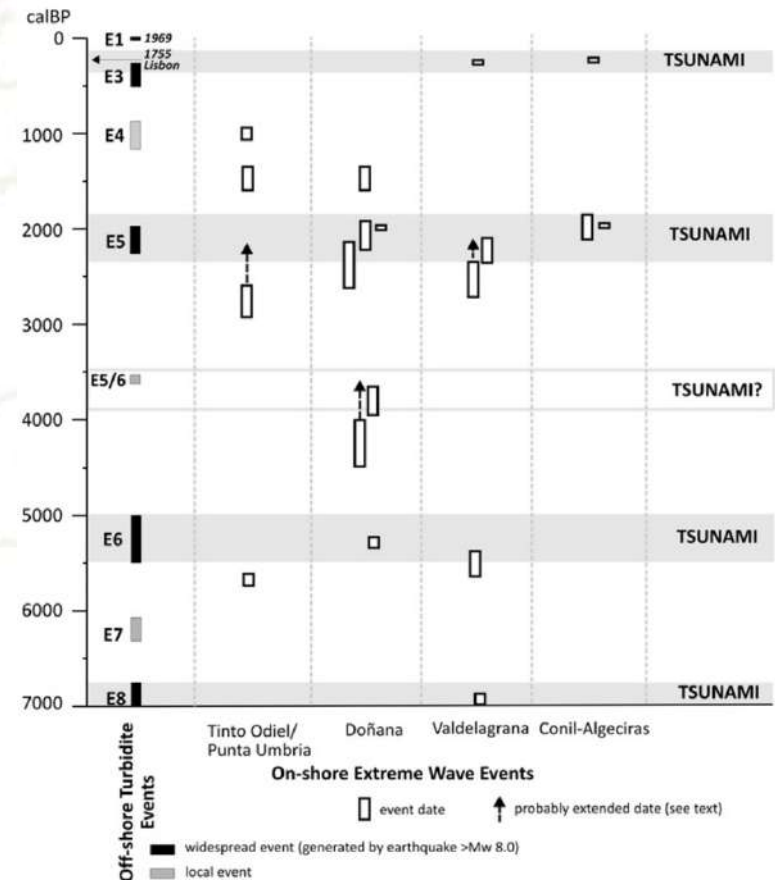
Depósitos del Tsunami de 1755



Clouard et al. (2017)

Tsunamis en España (Atlántico)

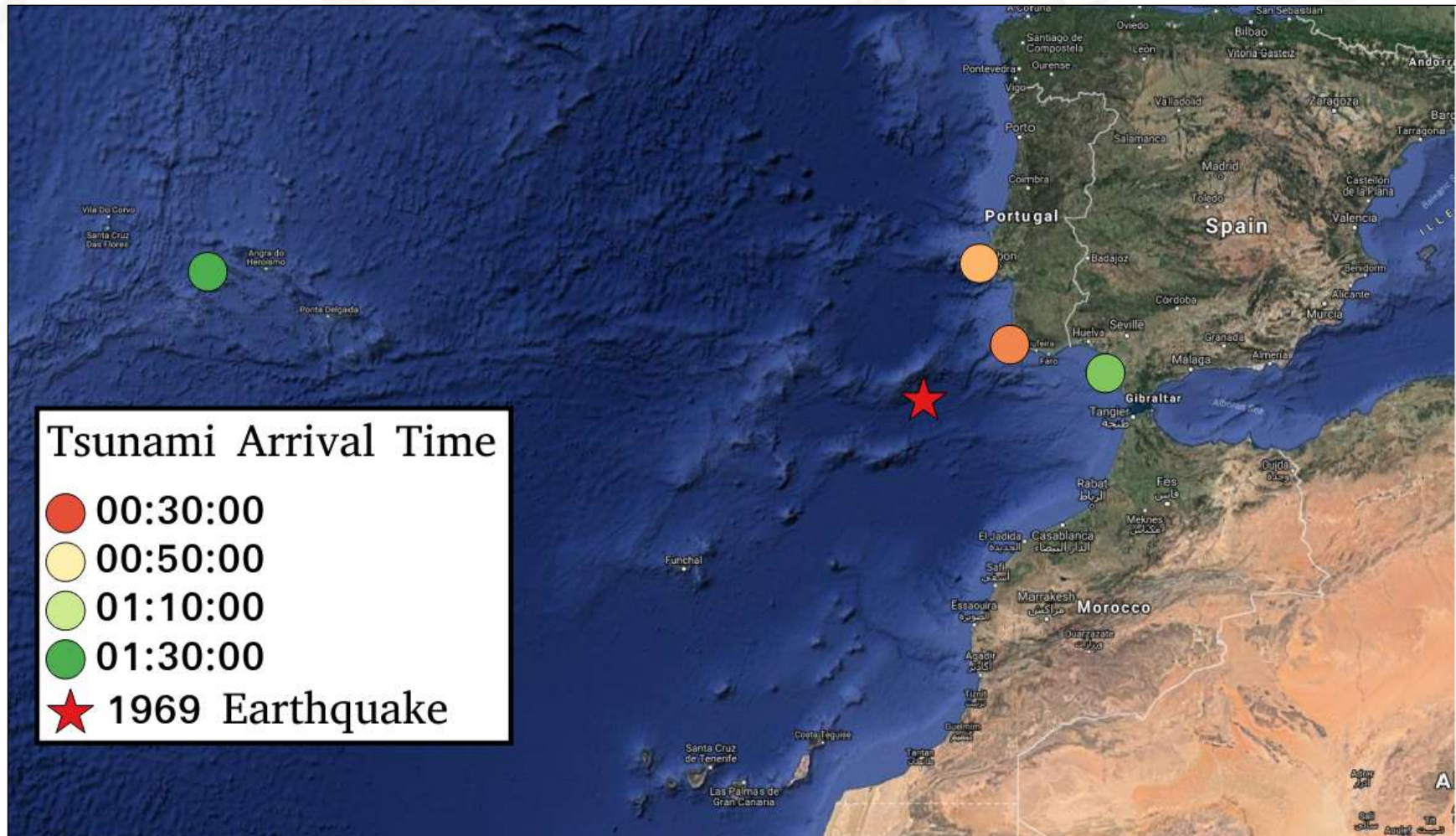
- **Paleo-tsunamis:** 5 eventos similares en los últimos 7.000 años
- **Tsunamis históricos:**
III aC, 881, 1761, 1969



Lario et al. (2011)

Tsunamis en España (Atlántico)

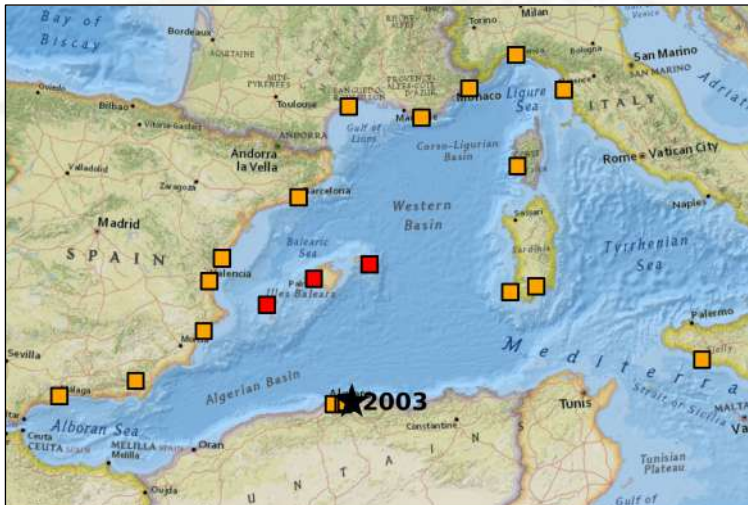
Tiempos de Llegada del Tsunami de 1969



Modificado de Baptista et al. (1992)

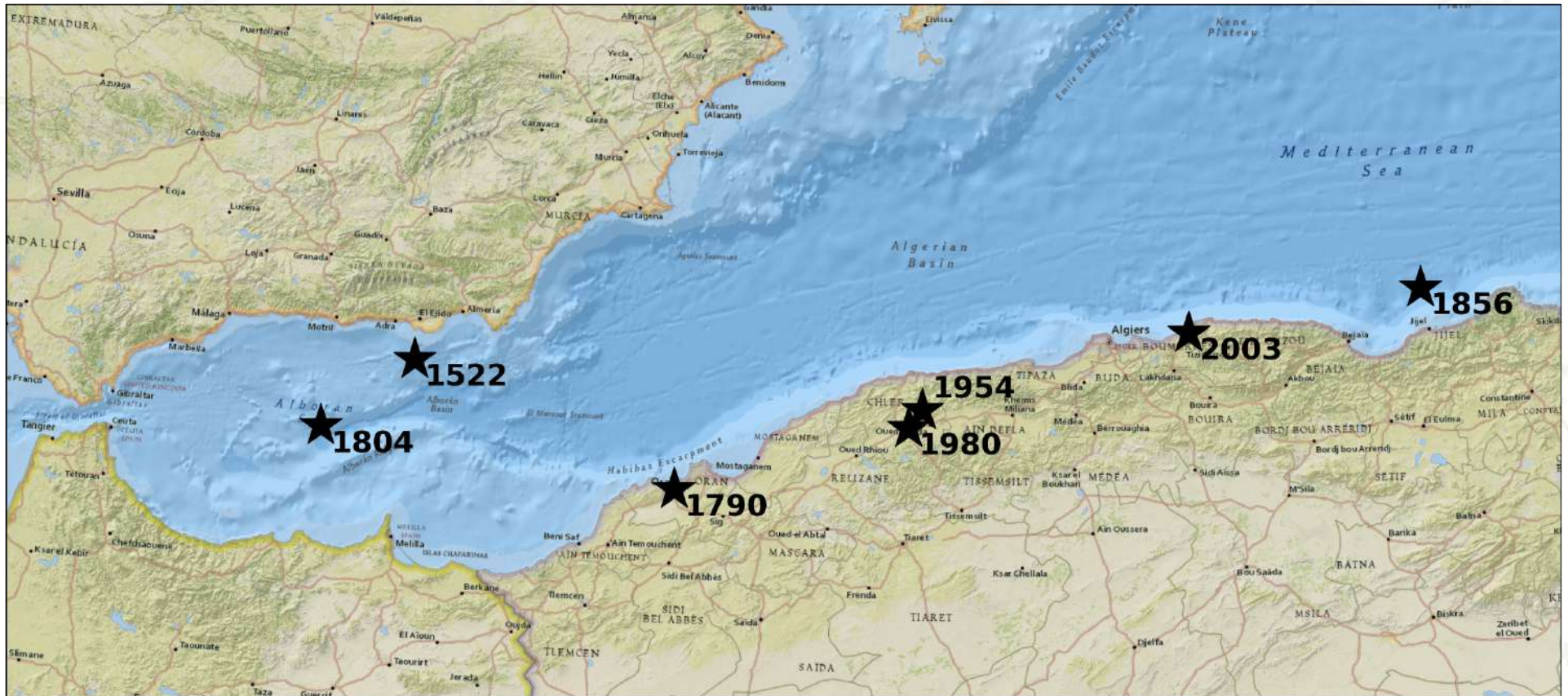
Tsunamis en España (Mediterráneo)

Tsunami de 2003



- Terremoto de Boumerdès (Argelia) M6.8
- Afectó a todo el Mediterráneo occidental
- Olas de más de 1 m en las Islas Baleares

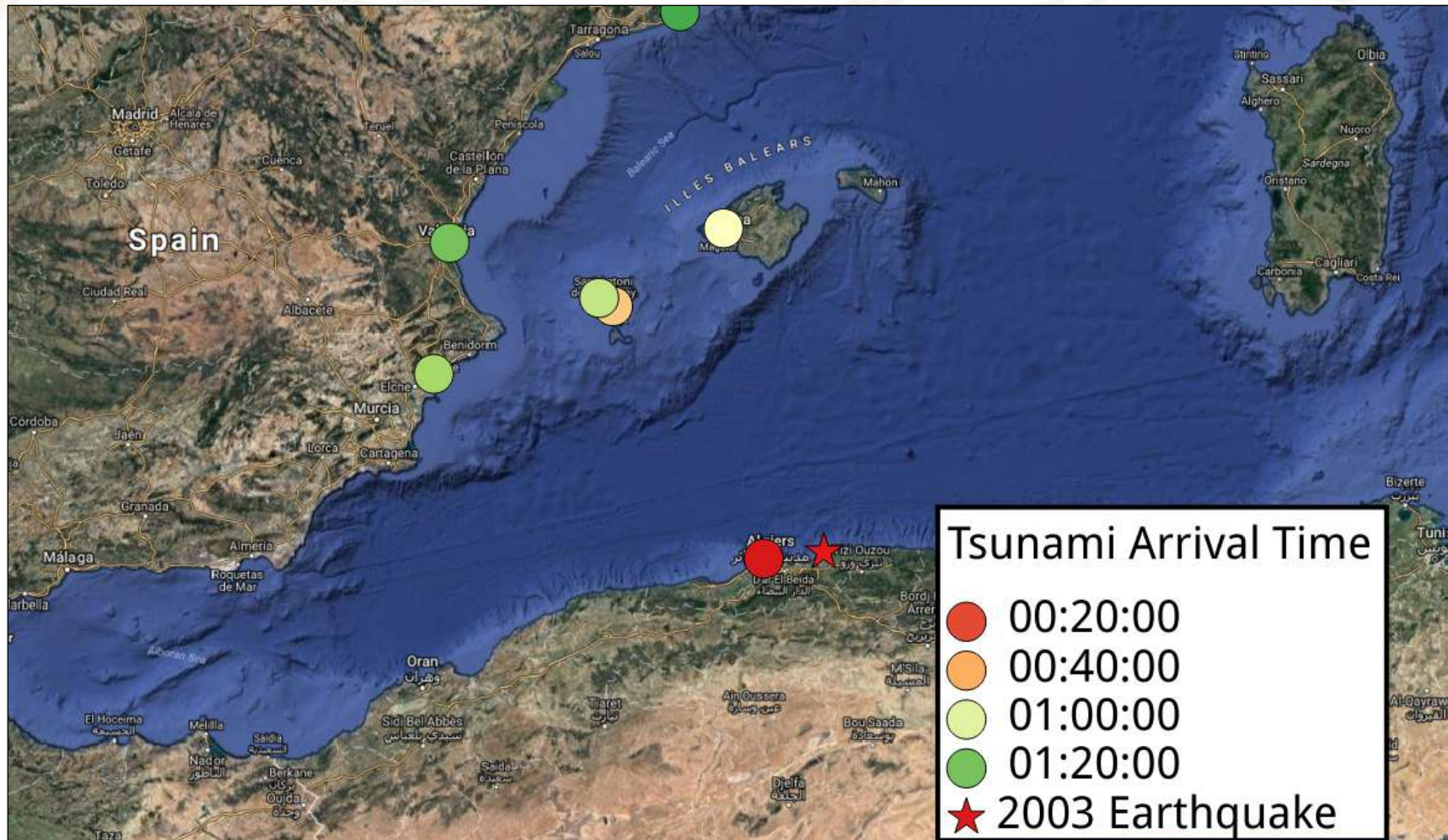
Tsunamis en España (Mediterráneo)



- Tsunamis históricos:
1522, 1680?, 1790, 1804, 1856, 1954, 1980

Tsunamis en España (Mediterráneo)

Tiempos de Llegada del Tsunami de 2003



Modificado de Alasset et al. (2004)

Tsunamis en España

- Grandes tsunamis en el Atlántico NW cada 1,200 – 1,500 años
- 5 tsunamis moderados en los últimos 65 años
- Las olas pueden llegar en pocos minutos



SISTEMA NACIONAL DE ALERTA DE TSUNAMIS

Marco Legal

Febrero de 2013:

- Proposición no de ley para la integración de España en el NEAMTWS

Marzo de 2015:

- IGN es designado por el IOC como NTWC

Noviembre de 2015:

- **Directriz Básica de planificación de protección civil ante el riesgo de maremotos**

Próximos hitos:

- Plan Estatal de Protección Civil
- Planes Autonómicos de Protección Civil

Colaboraciones

Protección Civil

Organizaciones internacionales

- Joint Research Center (EU)
- Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO)

Redes de mareógrafos

- Puertos del Estado
- Redes de Portugal, Baleares, Francia y Argelia

Simulación numérica

- U. Cantabria, U. Málaga, UCM Geodinámica (Fuentes)

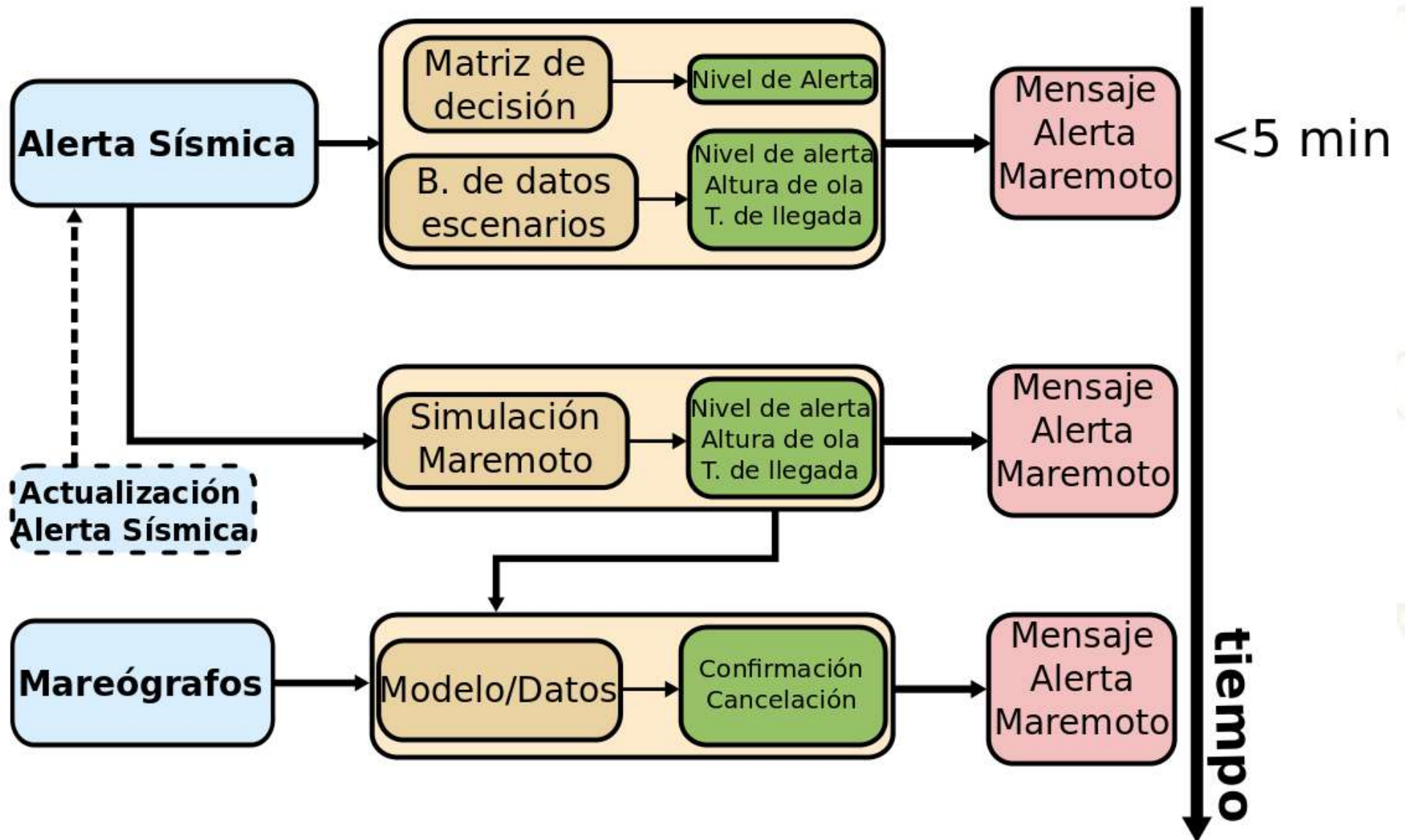
Datos Batimétricos

- IHM, IEO, M. Medio Ambiente

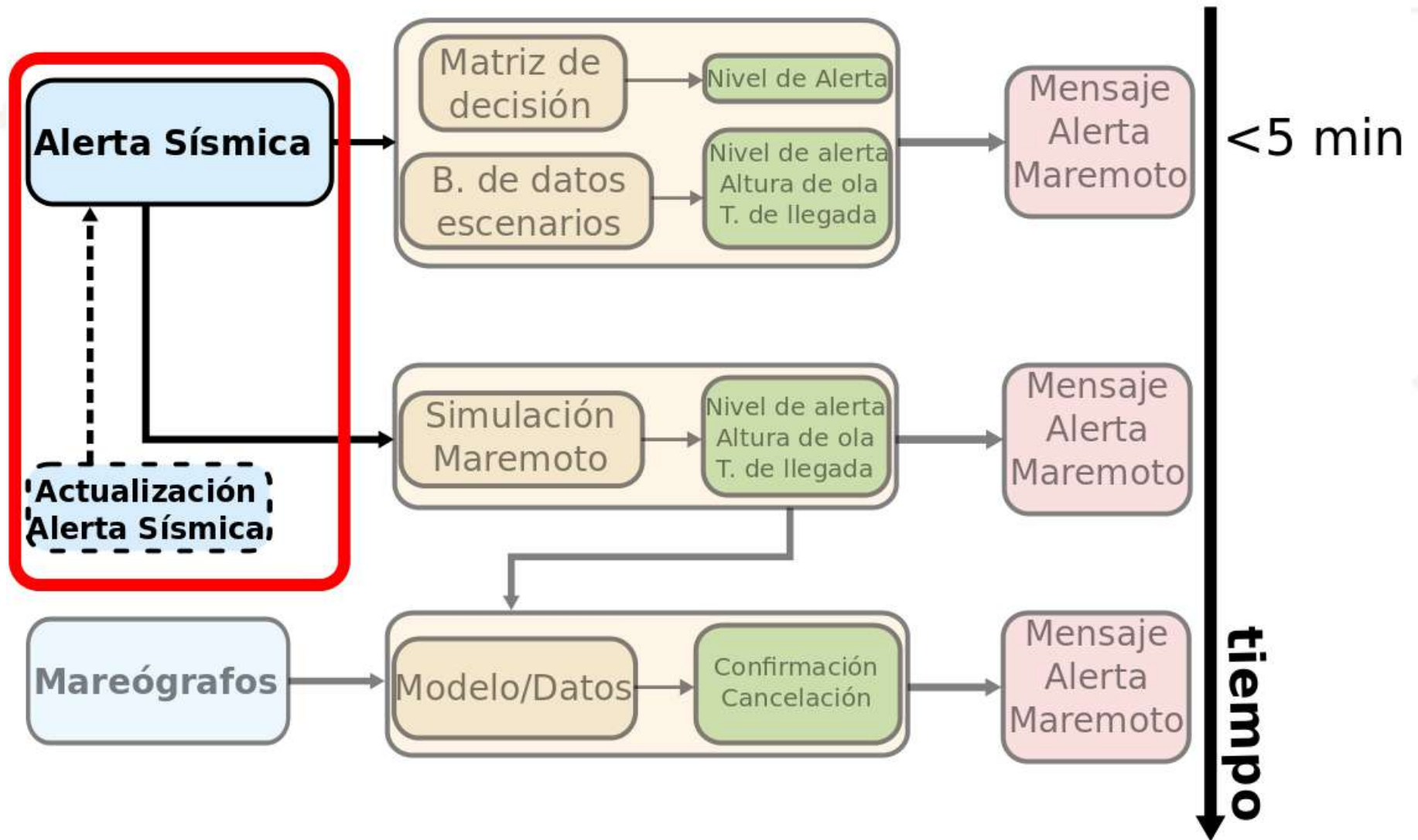
Ionosfera/GNSS

- U. Complutense Madrid

Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis



Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis



Alerta sísmica

Más de 60 estaciones en tiempo real

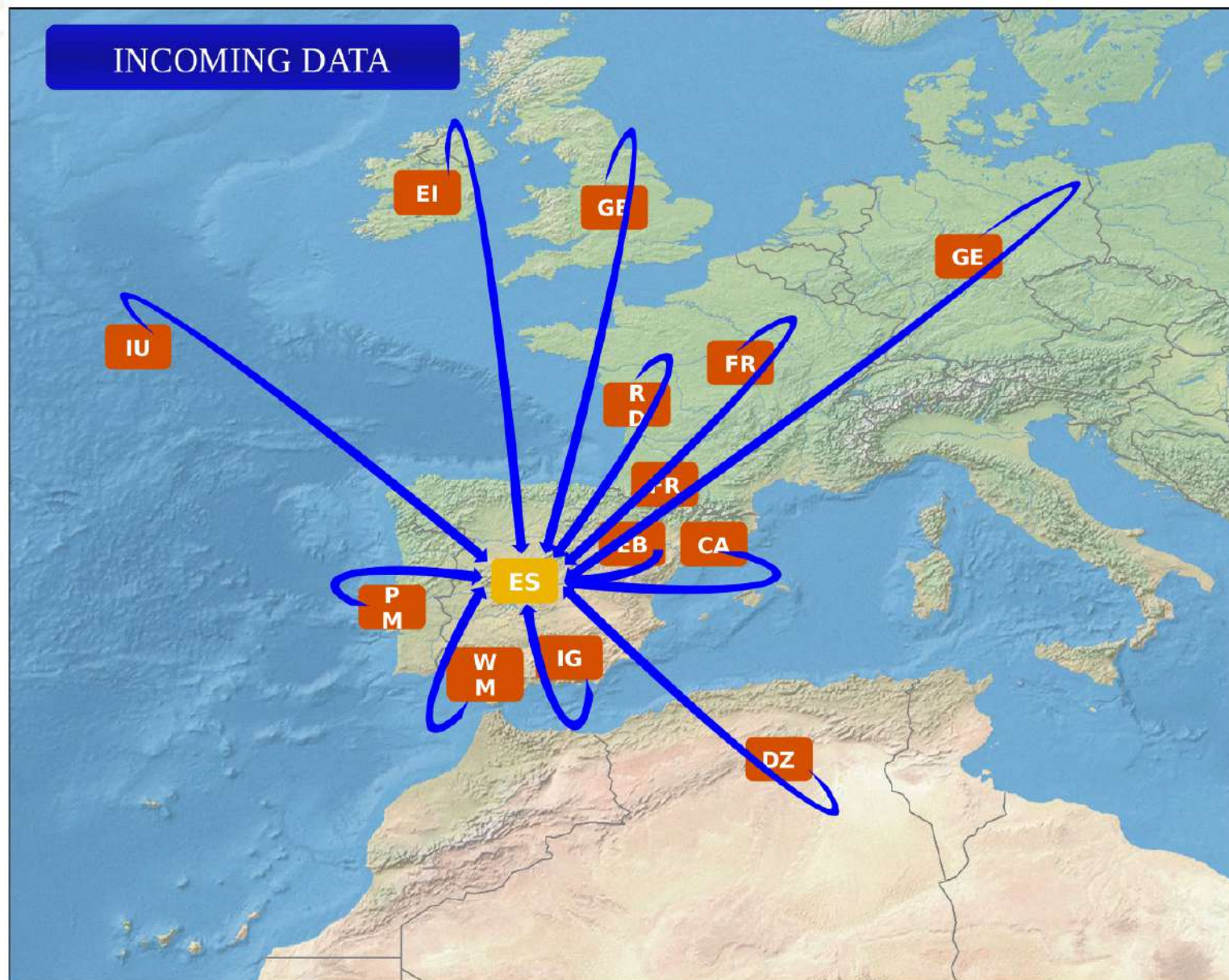


Alerta sísmica



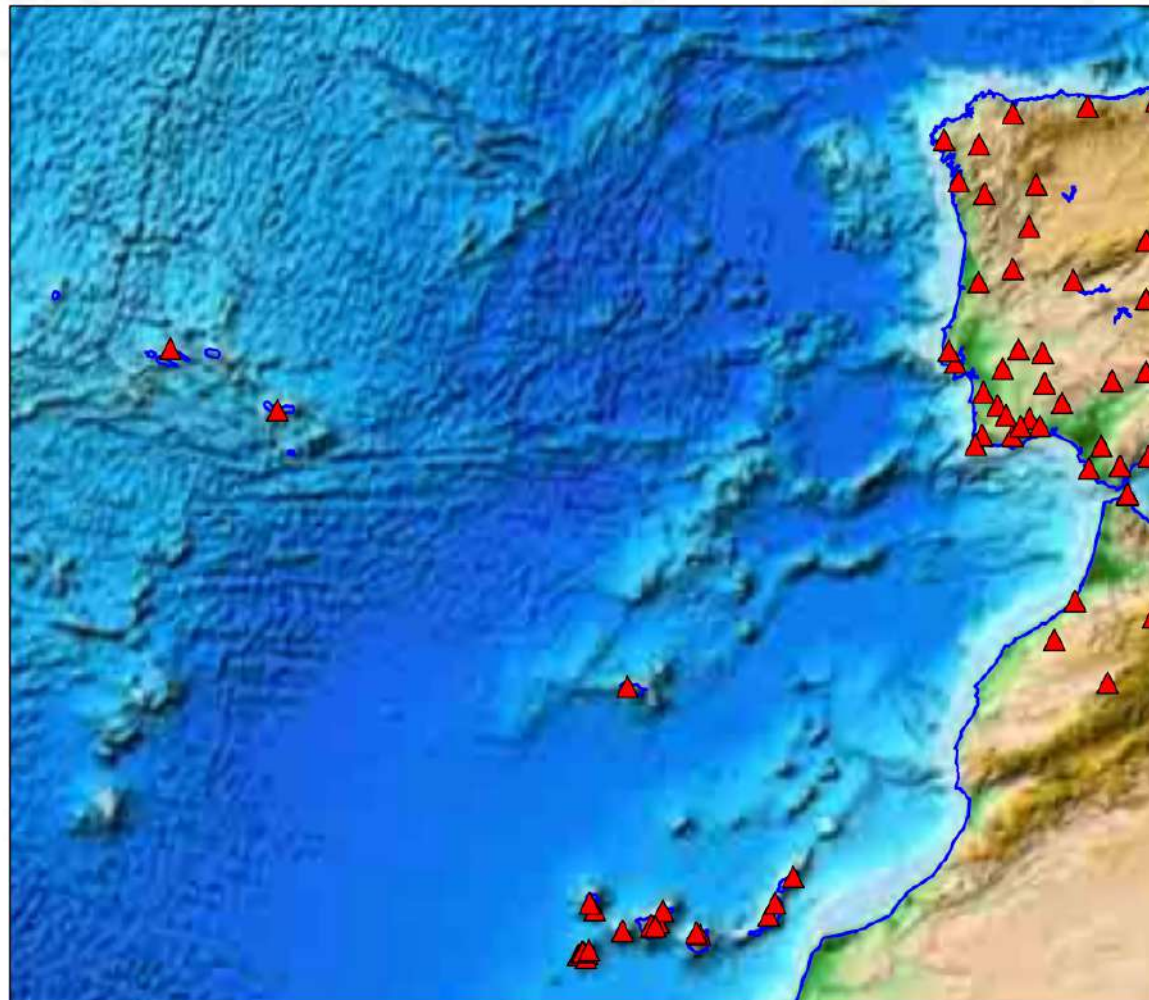
Alerta sísmica

Intercambio
de datos
sísmicos



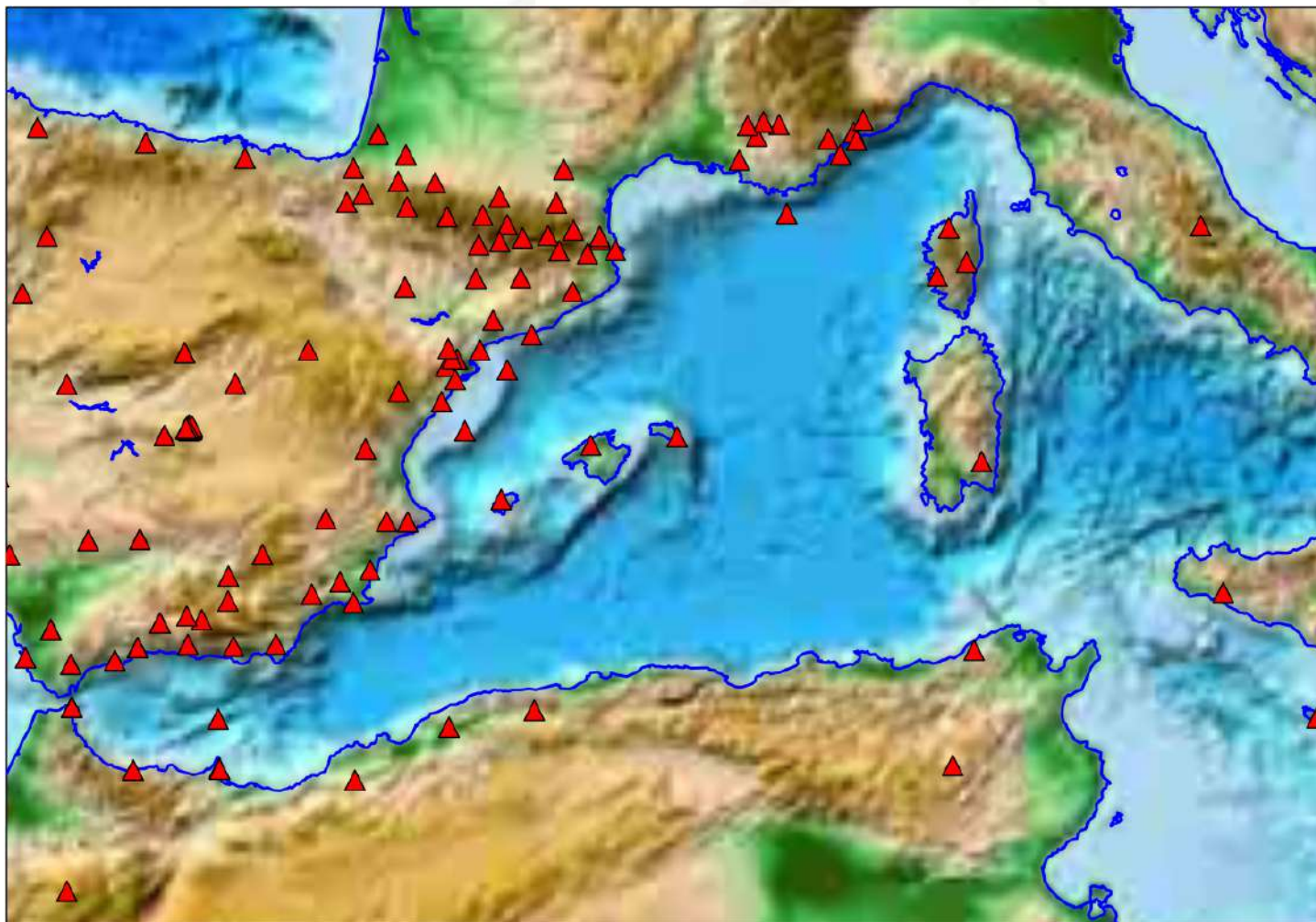
Alerta sísmica

Cobertura en el
Atlántico NW

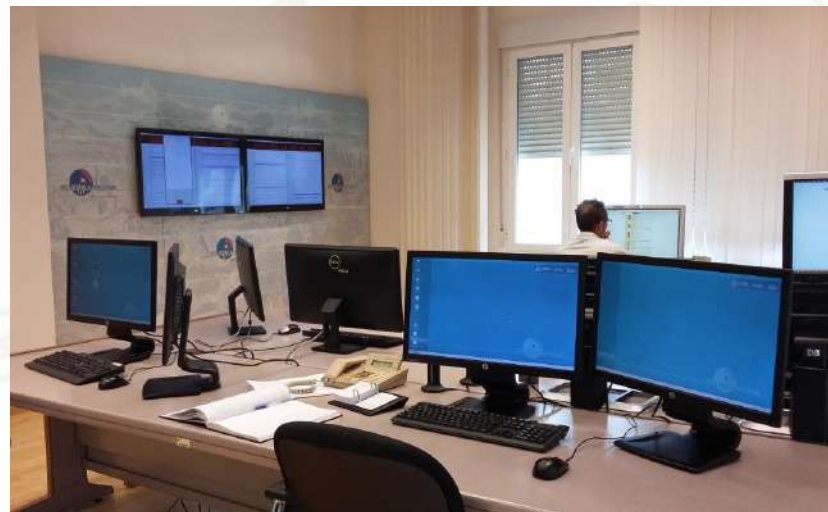
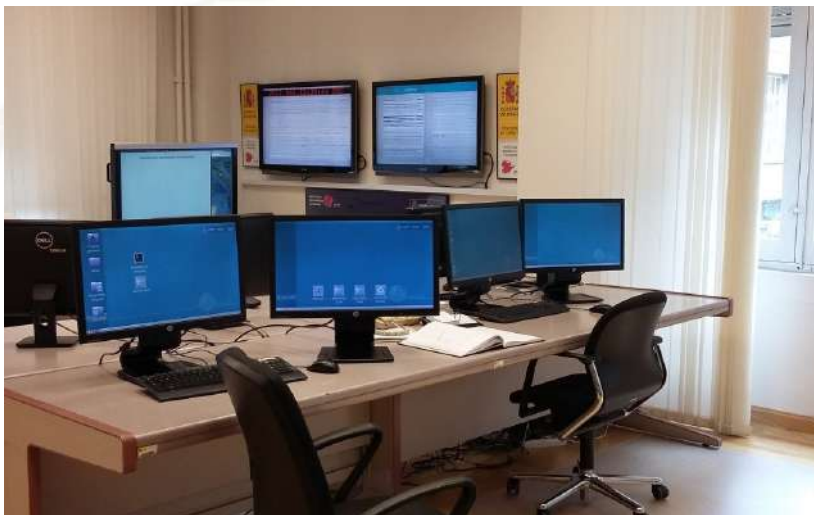


Alerta sísmica

Cobertura en el Mediterráneo occidental



Alerta sísmica



**Turnos de
24/7**



Alerta sísmica

Ign2016ksxf 2016-06-01 15:31:58 35.8289 0.6659 13 2.9M(mb) NE RELIZANE.ARG 00

COMUNICADO REVISADO

ign2016ksxf 2016-06-01 15:31:58 35.8289 0.6659 13 2.9M(mb) NE RELIZANE.ARG 00

MINISTERIO DE FOMENTO
DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

EVENTO: ign2016ksxf Madrid 01/06/2016 17:13:01 (T.U.)

El INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL informa que el día 1 de JUNIO a las 15 horas 31 minutos de tiempo universal(?), se ha registrado un terremoto localizado en las siguientes coordenadas:

Latitud: 35.83 grados norte
Longitud: 0.67 grados este
Profundidad: 13 km
Magnitud M(mb): 2.9
Zona epicentral: NE RELIZANE.ARG

A 14 km al noreste de RELIZANE

Ministerio de Fomento
Instituto Geográfico Nacional

Epicentro

ESTE EVENTO SE ENVIARÁ A:

- ☒ FAX
- ☒ WEB
- ☒ MOVILES GUARDIA/TWITTER
- ☐ EMAIL CSEM
- ☐ TENSOR

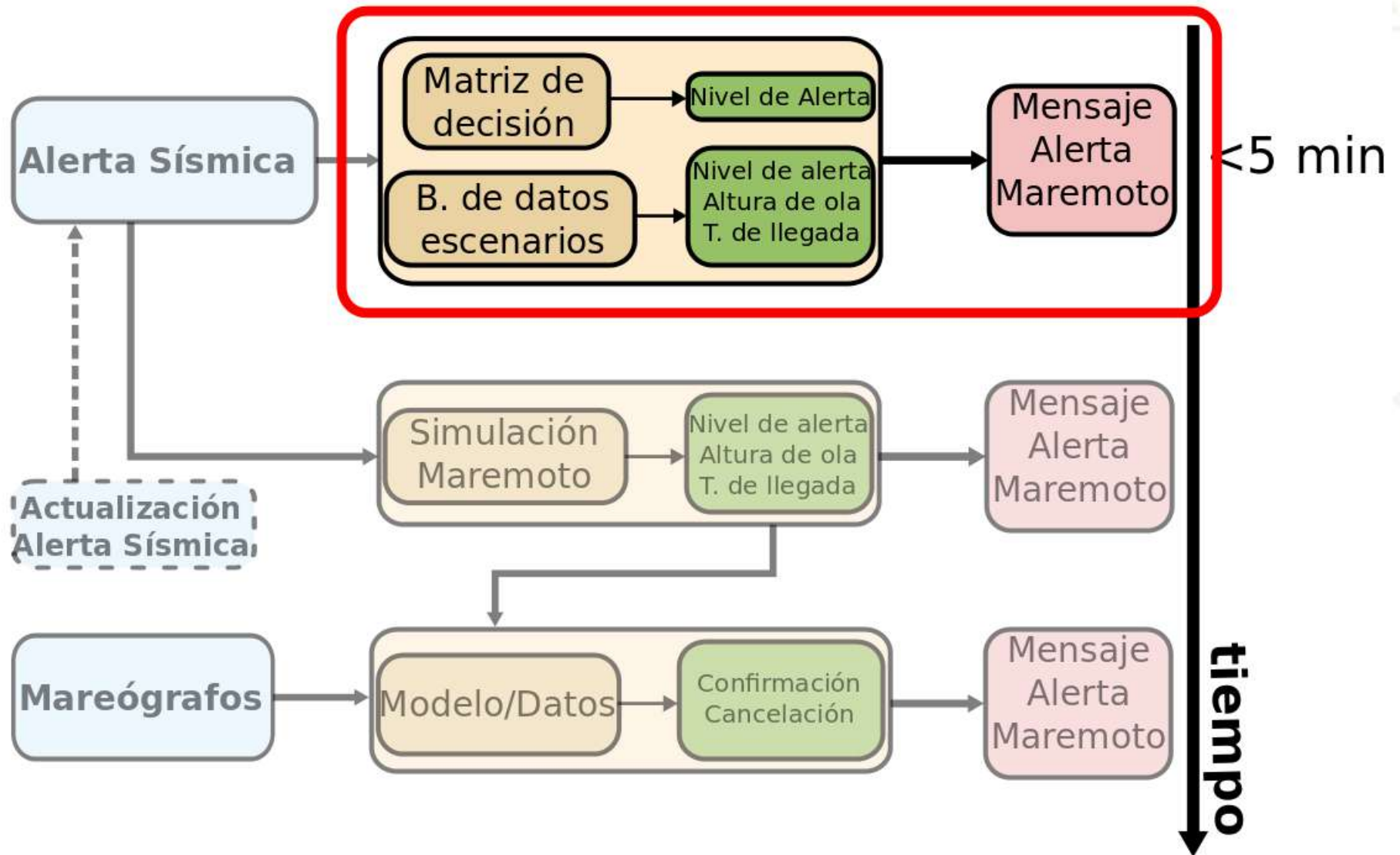
CANCELAR CONFIRMAR

LOCSTAT Profile: Iberia Fix depth: 12.57 km Distance cutoff: 1000 km Ignore initial location

exportprocess started.

~2 minutos a partir del TO del terremoto

Primer mensaje de Alerta de Tsunami



Primer mensaje de Alerta de Tsunami

ALERTA POR MAREMOTO MENSAJE 1 (2015-11-10 08:02:00 GMT)

EL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL INFORMA QUE SE HA PRODUCIDO UN TERREMOTO CON ID. WESTsunamí CON LOS SIGUIENTES PARÁMETROS PRELIMINARES:

HORA INICIAL (GMT*): **2015-11-10 08:00:00**
LOCALIZACIÓN: **GOLFO DE CÁDIZ**
LATITUD: 36°N
LONGITUD: 10°W
PROFUNDIDAD: 5km.
MAGNITUD: **7.8 Mw**

LOS TERREMOTOS DE ESTA MAGNITUD TIENEN EL POTENCIAL DE GENERAR MAREMOTOS CON OLAS DESTRUCTIVAS A CIENTOS DE KILOMETROS DEL EPICENTRO.

ALERTA POR MAREMOTO FUERTE EN LAS SIGUIENTES PROVINCIAS:

Huelva, Cádiz, Ceuta, Málaga, Pontevedra, Coruña (A), Asturias, Palmas (Las), Cantabria, Bizkaia

AVISO POR MAREMOTO DÉBIL EN LAS SIGUIENTES PROVINCIAS:

Santa Cruz de Tenerife

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE ALERTA Y TIEMPO DE LLEGADA DE LA PRIMERA OLA:

CIUDAD	DISTANCIA EPICENTRAL [km]	NIVEL ALERTA	TIEMPO LLEGADA (GMT)
Isla Cristina	274	ALERTA	2015-11-10 08:54:00
Larache (Marruecos)	359	ALERTA	2015-11-10 08:53:00
Assilah (Marruecos)	363	ALERTA	2015-11-10 08:56:00
Tanger (Marruecos)	379	ALERTA	2015-11-10 08:56:00
Casablanca (Marruecos)	344	ALERTA	2015-11-10 08:56:40
Moulay Bousseihame (Marruecos)	358	ALERTA	2015-11-10 08:57:28
Cádiz	338	ALERTA	2015-11-10 09:00:00
Sanlúcar de Barrameda	330	ALERTA	2015-11-10 09:02:00
Huelva	307	ALERTA	2015-11-10 09:04:00
Ceuta	423	ALERTA	2015-11-10 09:14:23
Algeciras	410	ALERTA	2015-11-10 09:18:40
Estepona	438	ALERTA	2015-11-10 09:24:43
Santa Cruz de Tenerife	1024	AVISO	2015-11-10 09:25:38
Las Palmas de Gran Canaria	1014	AVISO	2015-11-10 09:27:00
Arrecife	851	ALERTA	2015-11-10 09:28:00
Santa Cruz de la Palma	1093	AVISO	2015-11-10 09:30:00
Muros	758	ALERTA	2015-11-10 09:31:40
Vigo	700	ALERTA	2015-11-10 09:35:44
Puerto del Rosario	910	ALERTA	2015-11-10 09:37:00
Málaga	506	ALERTA	2015-11-10 09:38:51
A Coruña	830	ALERTA	2015-11-10 09:43:12
Santander	986	ALERTA	2015-11-10 10:13:58
Gijón	916	ALERTA	2015-11-10 10:22:53
Bilbao	1011	AVISO	2015-11-10 10:27:21

UN MAREMOTO ES UNA SERIE DE OLAS, ENTRE OLAS SUCESIVAS PUEDEN PASAR DE 5 MINUTOS A UNA HORA. LA PRIMERA OLA NO TIENE POR QUÉ SER LA MAYOR.
SE ENVIARÁN NUEVOS MENSAJES EN RELACIÓN AL TERREMOTO CON ID. WESTsunamí.

LA ALERTA PERMANECERÁ ACTIVA HASTA LA EMISIÓN DE UN MENSAJE DE CANCELACIÓN DE LA MISMA.

EXPLICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS DEL NIVEL DE ALERTA:

ALERTA ES PARA OLAS MAYORES DE 0.5 METROS.
AVISO ES PARA OLAS ENTRE 0.2 Y 0.5 METROS.
INFO ES PARA OLAS MENORES DE 0.2 METROS.

*Verano (Hora Oficial = Hora GMT + 2 horas)

*Invierno (Hora Oficial = Hora GMT + 1 Hora)

*(La hora oficial en Canarias es una hora menos que en el resto de España)

- Información
- Aviso
- Alerta
- Cancelación

Matrices de decisión

Matriz de Decisión para el Atlantico NE					
Profundidad	Localización epicentro	Mw	Tipo de Mensaje		
			Local < 100 km	Regional 100 – 1000 km	Cuenca > 1000 km
< 100 km	En el mar (AP) o menos de 40 km tierra adentro	5.5 – 6.4	INFORMACIÓN		
		6.5 – 6.9	AVISO	INFORMACIÓN	INFORMACIÓN
		7.0 – 7.4	ALERTA	AVISO	INFORMACIÓN
	En el mar (AP o AL) o menos de 100 km tierra adentro	6.5 – 6.9	INFORMACIÓN		
		7.0 – 7.4	AVISO	AVISO	INFORMACIÓN
		7.5 – 7.9	ALERTA	ALERTA	AVISO
		≥ 8.0	ALERTA	ALERTA	ALERTA
> 100 km	En el mar (AP) o menos de 40 km tierra adentro	≥ 5.5	INFORMACIÓN		
	En el mar (AP) o menos de 100 km tierra adentro	≥ 6.5	INFORMACIÓN		
	En el mar (AL) o menos de 40 km tierra adentro	≥ 6.5	INFORMACIÓN		
	En el mar (AL) o menos de 100 km tierra adentro	≥ 7.5	INFORMACIÓN		

AP: Atlántico Próximo Latitud entre 20° y 60°; longitud entre -30 y la costa de África, España, Portugal y Gran Bretaña

AL: Atlántico Lejano Latitud entre 10° y 70°; longitud entre la costa del Caribe y la costa de Europa y África

Matrices de decisión

Matriz de Decisión para el Golfo de Cádiz					
Profundidad	Localización epicentro	Mw	Tipo de Mensaje		
			Local < 100 km	Regional 100 – 400 km	Cuenca > 1000 km
< 100 km	En el mar o menos de 40 km tierra adentro	5.5 – 5.9	INFORMACIÓN		
		6.0 – 6.4	AVISO	INFORMACIÓN	INFORMACIÓN
		6.5 – 6.9	ALERTA	AVISO	INFORMACIÓN
		7.0 – 7.4	ALERTA	ALERTA	AVISO
	En el mar o menos de 100 km tierra adentro	6.5 – 6.9	INFORMACIÓN		
		7.0 – 7.4	AVISO	AVISO	INFORMACIÓN
		7.5 – 7.9	ALERTA	ALERTA	AVISO
		≥ 8.0	ALERTA	ALERTA	ALERTA
> 100 km	En el mar o menos de 40 km tierra adentro	≥ 5.5	INFORMACIÓN		
	En el mar o menos de 100 km tierra adentro	≥ 6.5	INFORMACIÓN		

Matrices de decisión

Matriz de Decisión para el Mediterráneo					
Profundidad	Localización epicentro	Mw	Tipo de Mensaje		
			Local < 100 km	Regional 100 – 400 km	Mediterráneo Occidental
< 100 km	En el mar (MW) o menos de 40 km tierra adentro	5.5 – 5.9	INFORMACIÓN		
		6.0 – 6.4	AVISO	INFORMACIÓN	
		6.5 – 6.9	ALERTA	ALERTA	AVISO
		≥ 7.0	ALERTA	ALERTA	ALERTA
	En el mar (MW) o menos de 100 km tierra adentro	6.0 – 6.4	INFORMACIÓN		
		6.5 – 6.9	AVISO	AVISO	INFORMACIÓN
		7.0 – 7.4	ALERTA	ALERTA	AVISO
		≥ 7.5	ALERTA	ALERTA	ALERTA
	En el mar (ME) o menos de 40 km tierra adentro	6.0 – 6.9	INFORMACIÓN		
		7.0 – 7.4	AVISO		
		≥ 7.5	ALERTA		
	En el mar (ME) o menos de 100 km tierra adentro	6.5 – 7.4	INFORMACIÓN		
		7.5 – 7.9	AVISO		
		> 8.0	ALERTA		
> 100 km	En el mar (MW) o menos de 40 km tierra adentro	≥ 5.5	INFORMACIÓN		
	En el mar (MW) o menos de 100 km tierra adentro	≥ 6.0	INFORMACIÓN		
	En el mar (ME) o menos de 40 km tierra adentro	≥ 6.0	INFORMACIÓN		
	En el mar (ME) o menos de 100 km tierra adentro	≥ 6.5	INFORMACIÓN		

MW: Mediterráneo Occidental

Costas de España, Francia, oeste de Italia, Canal de Sicilia, Túnez, Argelia y Marruecos

ME: Mediterráneo Oriental

Costas del este de Italia, Eslovenia, Croacia, Bosnia, Montenegro, Albania, Grecia, Turquía, Siria, Líbano, Israel, Egipto, Libia, Túnez, Canal de Sicilia

Primer mensaje de Alerta de Tsunami

Resultados de la Matriz de Decisión en 75 años

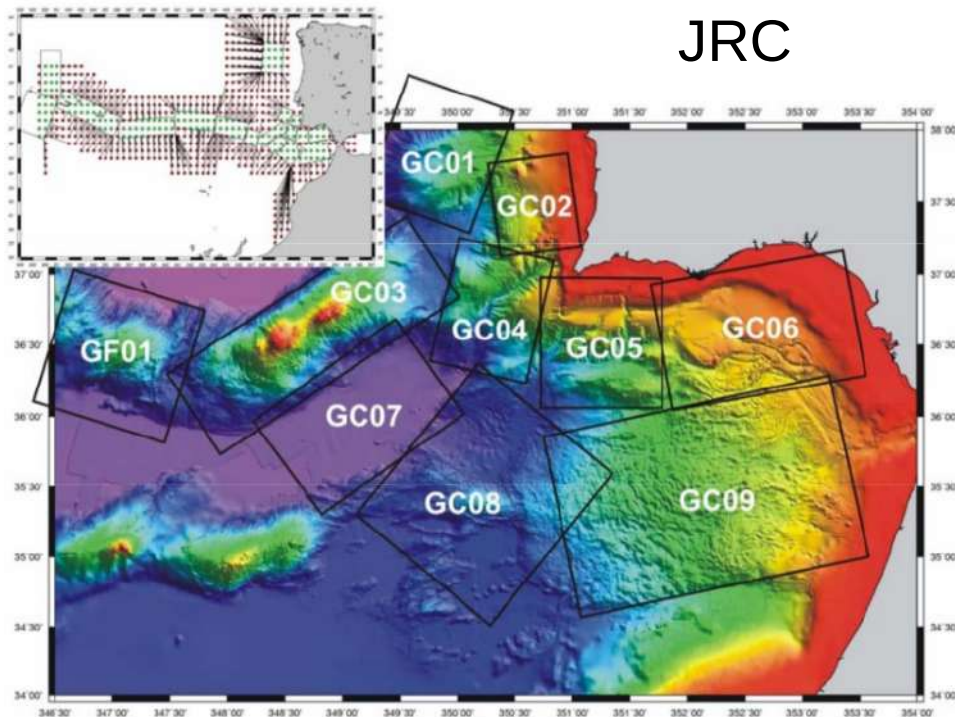
17 Alertas de tsunami (1 cada 4-5 años)

- 30 % Corresponden a tsunamis en España
- 35 % Corresponden a tsunamis pero NO en España
- 35 % No se corresponden con un tsunami
- Ningún tsunami sin alerta

229 Mensajes de información (Unos 3 al año)

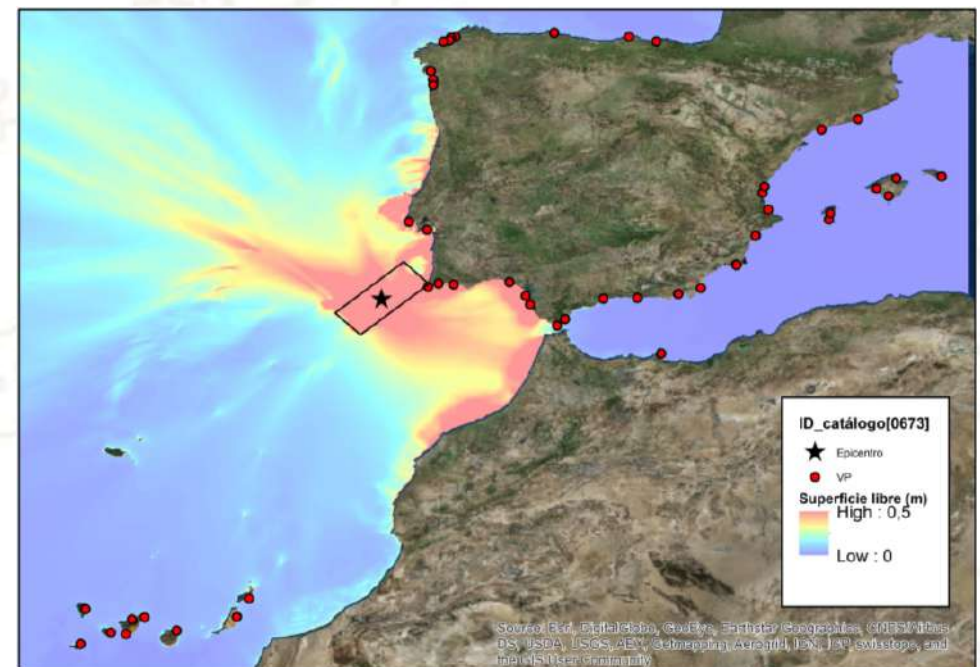
Primer mensaje de Alerta de Tsunami

Base de datos de simulaciones



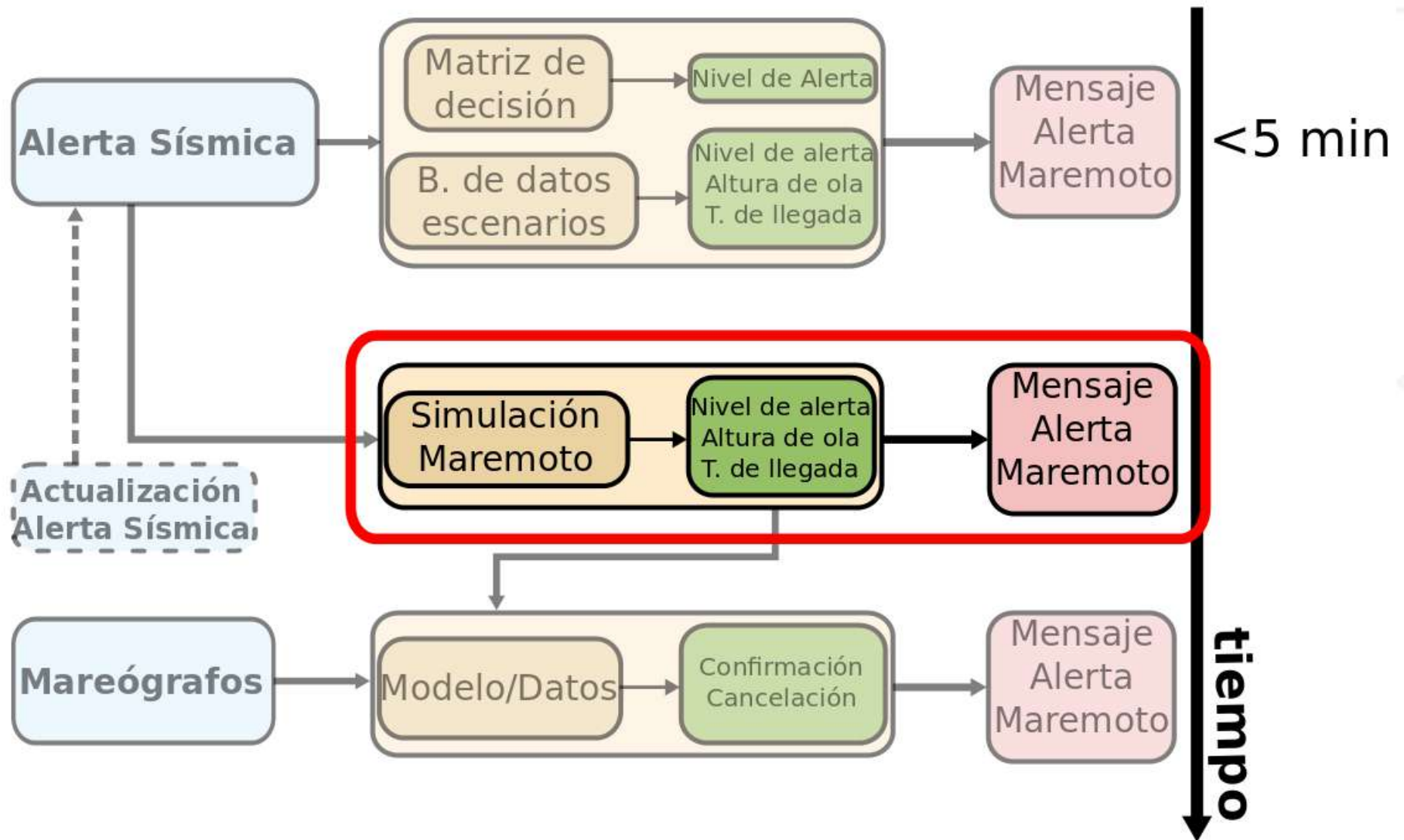
Matias et al. (2012)

IHC (U. Cantabria)



Echave (2016)

Simulaciones numéricas





Simulaciones numéricas



Modelo Tsunami-HySEA
(EDANYA U. Málaga)

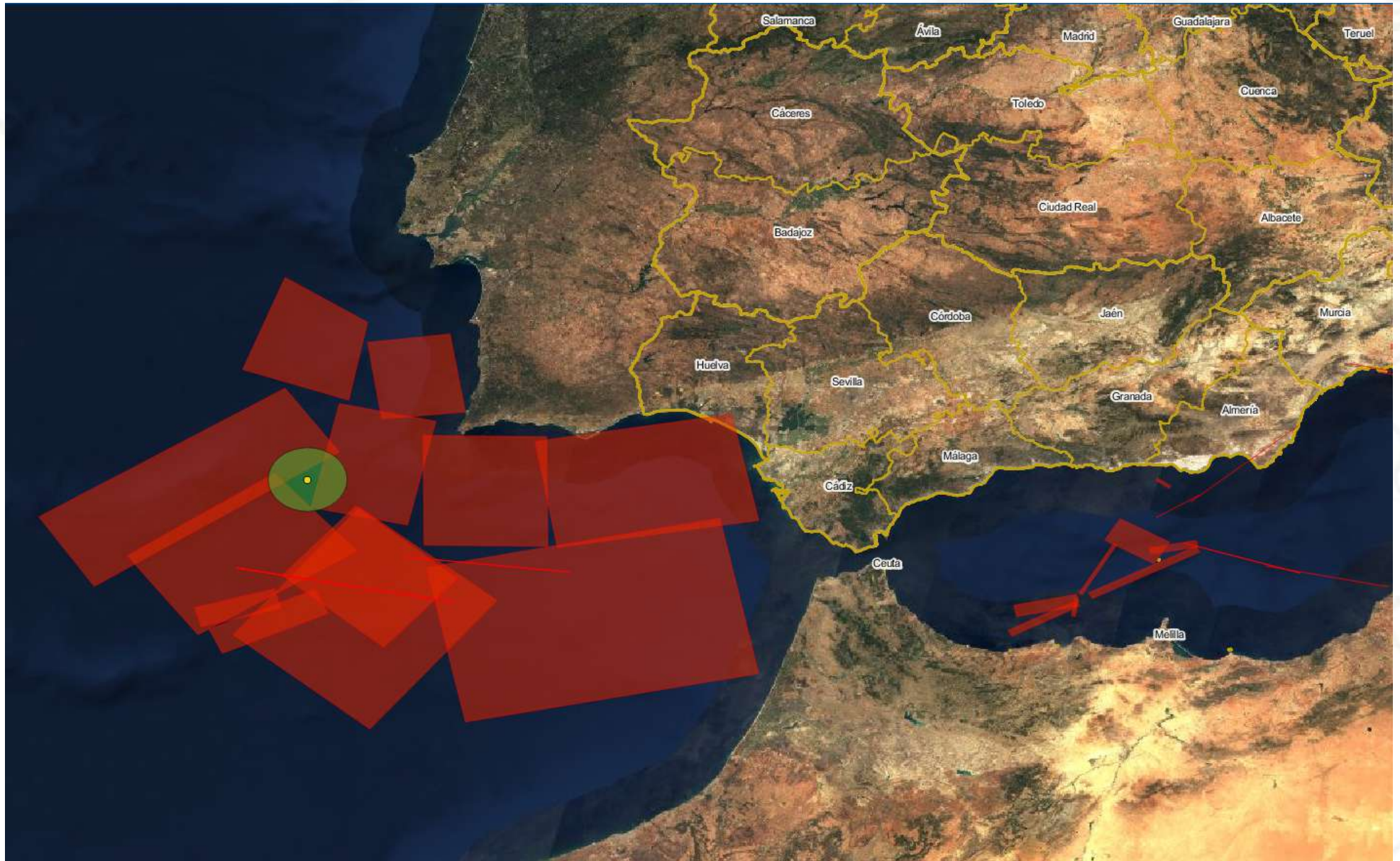
Simulaciones de Tsunamis (Fuentes)



Simulaciones de Tsunamis (Fuentes)

Nombre	Long	Lat	Depth	MinDpth	MaxDpth	LnghMx	WidthMx	MagMax	Type	Strike	Dip	Rake	Source
GC01	-10.45	38.33	0	0	60.9	81	67	8	Reverse	30	35	90	Matias et al. (2013)
GC01	-9.75	37.95	60.9	0	60.9	81	67	8	Reverse	30	35	90	Matias et al. (2013)
GC01	-9.91	37.29	60.9	0	60.9	81	67	8	Reverse	30	35	90	Matias et al. (2013)
GC01	-10.81	37.55	0	0	60.9	81	67	8	Reverse	30	35	90	Matias et al. (2013)
GC02	-9.75	37.78	0	0	44	60	50	7.75	Reverse	-7	35	90	Matias et al. (2013)
GC02	-9.05	37.85	44	0	44	60	50	7.75	Reverse	-7	35	90	Matias et al. (2013)
GC02	-8.92	37.19	44	0	44	60	50	7.75	Reverse	-7	35	90	Matias et al. (2013)
GC02	-9.63	37.13	0	0	44	60	50	7.75	Reverse	-7	35	90	Matias et al. (2013)
•													
•													
•													
LS	-10.858	35.866	0	0	55	170	55	8.3	Dextral	105	90	180	Martínez-Loriente et al. (2016), QAFI
LS	-9.02	35.577	0	0	55	170	55	8.3	Dextral	105	90	180	Martínez-Loriente et al. (2016), QAFI
LS	-10.858	35.866	55	0	55	170	55	8.3	Dextral	105	90	180	Martínez-Loriente et al. (2016), QAFI
LS	-9.02	35.577	55	0	55	170	55	8.3	Dextral	105	90	180	Martínez-Loriente et al. (2016), QAFI
LN	-9.456	35.962	0	8	55	130	55	8.1	Dextral	100	85	180	Martínez-Loriente et al. (2016), QAFI
LN	-8.03	35.83	0	8	55	130	55	8.1	Dextral	100	85	180	Martínez-Loriente et al. (2016), QAFI
LN	-9.456	35.962	55	8	55	130	55	8.1	Dextral	100	85	180	Martínez-Loriente et al. (2016), QAFI
LN	-8.03	35.83	55	8	55	130	55	8.1	Dextral	100	85	180	Martínez-Loriente et al. (2016), QAFI
NCPF	-11.22	35.53	5.7	5.7	11	65	22	7.4	Reverse	80	30	90	Martínez-Loriente et al. (2013)
NCPF	-10.541	35.689	5.7	5.7	11	65	22	7.4	Reverse	80	30	90	Martínez-Loriente et al. (2013)
NCPF	-10.484	35.524	11	5.7	11	65	22	7.4	Reverse	80	30	90	Martínez-Loriente et al. (2013)
NCPF	-11.162	35.366	11	5.7	11	65	22	7.4	Reverse	80	30	90	Martínez-Loriente et al. (2013)
SCPF	-11.095	35.347	7.2	7.2	12	83	25	7.6	Reverse	66	30	90	Martínez-Loriente et al. (2013)
SCPF	-10.194	35.686	7.2	7.2	12	83	25	7.6	Reverse	66	30	90	Martínez-Loriente et al. (2013)
SCPF	-10.082	35.481	12	7.2	12	83	25	7.6	Reverse	66	30	90	Martínez-Loriente et al. (2013)
SCPF	-10.983	35.142	12	7.2	12	83	25	7.6	Reverse	66	30	90	Martínez-Loriente et al. (2013)

Simulaciones de Tsunamis (Fuentes)



Simulaciones de Tsunamis (Fuentes)

```
<origin publicID="Origin#20170910232634.721312.57574">
  <time>
    <value>2017-09-10T22:59:29.791174Z</value>
    <uncertainty>0.2128140222</uncertainty>
    <confidenceLevel>89.99999762</confidenceLevel>
  </time>
  <latitude>
    <value>36.616</value>
    <uncertainty>1.619206706</uncertainty>
    <confidenceLevel>89.99999762</confidenceLevel>
  </latitude>
  <longitude>
    <value>-10.259</value>
    <uncertainty>1.061847501</uncertainty>
    <confidenceLevel>89.99999762</confidenceLevel>
  </longitude>
  <depth>
    <value>50</value>
    <uncertainty>0</uncertainty>
    <confidenceLevel>89.99999762</confidenceLevel>
  </depth>
  <depthType>operator assigned</depthType>
  <methodID>LOCSAT</methodID>
  <earthModelID>iberia</earthModelID>
  <quality>
    <associatedPhaseCount>90</associatedPhaseCount>
    <usedPhaseCount>90</usedPhaseCount>
    <associatedStationCount>47</associatedStationCount>
    <usedStationCount>47</usedStationCount>
    <depthPhaseCount>0</depthPhaseCount>
    <standardError>0.752682784</standardError>
    <azimuthalGap>68.40096426</azimuthalGap>
    <maximumDistance>3.006656408</maximumDistance>
    <minimumDistance>0.2233935297</minimumDistance>
    <medianDistance>1.874449968</medianDistance>
  </quality>
  <uncertainty>
    <horizontalUncertainty>1.936323959</horizontalUncertainty>
    <minHorizontalUncertainty>1.381142215</minHorizontalUncertainty>
    <maxHorizontalUncertainty>2.115255417</maxHorizontalUncertainty>
    <azimuthMaxHorizontalUncertainty>176.1411383</azimuthMaxHorizontalUncertainty>
    <confidenceEllipsoid>
      <semiMajorAxisLength>2464.496619</semiMajorAxisLength>
      <semiMinorAxisLength>0</semiMinorAxisLength>
      <semiIntermediateAxisLength>1609.176977</semiIntermediateAxisLength>
```

```
<magnitude publicID="Magnitude#20170910232643.640251.57673">
  <magnitude>
    <value>2.397859609</value>
    <uncertainty>0.2491749486</uncertainty>
  </magnitude>
  <type>MLgign_man</type>
  <methodID>mean</methodID>
  <stationCount>12</stationCount>
  <evaluationStatus>confirmed</evaluationStatus>
  <creationInfo>
    <agencyID>IGN</agencyID>
    <author>analyst@iberia2</author>
    <creationTime>2017-09-10T23:27:33.982868Z</creationTime>
  </creationInfo>
  <stationMagnitudeContribution>
    <stationMagnitudeID>StationMagnitude#20170910232733.983105.57712</stationMagnitudeID>
    <weight>1</weight>
  </stationMagnitudeContribution>
  <stationMagnitudeContribution>
    <stationMagnitudeID>StationMagnitude#20170910232733.983264.57713</stationMagnitudeID>
    <weight>1</weight>
  </stationMagnitudeContribution>
  <stationMagnitudeContribution>
    <stationMagnitudeID>StationMagnitude#20170910232733.983408.57714</stationMagnitudeID>
    <weight>1</weight>
  </stationMagnitudeContribution>
  <stationMagnitudeContribution>
    <stationMagnitudeID>StationMagnitude#20170910232733.98352.57715</stationMagnitudeID>
    <weight>1</weight>
  </stationMagnitudeContribution>
  <stationMagnitudeContribution>
    <stationMagnitudeID>StationMagnitude#20170910232733.983625.57716</stationMagnitudeID>
    <weight>1</weight>
  </stationMagnitudeContribution>
  <stationMagnitudeContribution>
    <stationMagnitudeID>StationMagnitude#20170910232733.983717.57717</stationMagnitudeID>
    <weight>1</weight>
  </stationMagnitudeContribution>
  <stationMagnitudeContribution>
    <stationMagnitudeID>StationMagnitude#20170910232733.983835.57718</stationMagnitudeID>
    <weight>1</weight>
  </stationMagnitudeContribution>
  <stationMagnitudeContribution>
    <stationMagnitudeID>StationMagnitude#20170910232733.983928.57719</stationMagnitudeID>
    <weight>1</weight>
```

Simulaciones de Tsunamis (Fuentes)

```
Python 2.7.9 Shell
File Edit Shell Debug Options Windows Help
Python 2.7.9 (default, Dec 10 2014, 12:24:55) [MSC v.1500 32 bit (Intel)] on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ===== RESTART =====
>>>
Terremoto localizado en:
Latitud [36.616, 1.619206706, 89.99999762]
Longitud [-10.259, 1.061847501, 89.99999762]
Profundidad [50, 0, 89.99999762]

De magnitud:
Magnitud [2.397859609, 0.2491749486]
Tipo MLgign_man

En un radio de 30000 el terremoto tiene las siguientes fallas:
GC03
GC04
GC07
HAT

Distancia (en metros) a las fallas mas proximas:
Falla GC03 a una distancia 3D de 9378.12848174. El punto mas proximo de la falla es: SRID=2877;POINT(7954956.11308697 4244331.32803061 54200)
Falla GC07 a una distancia 3D de 15138.4215303. El punto mas proximo de la falla es: SRID=2877;POINT(7966373.04861284 4230044.73314612 50348.1252040596)
Falla GC04 a una distancia 3D de 45404.9602777. El punto mas proximo de la falla es: SRID=2877;POINT(7981037.90428091 4264570.4992466 13126.3049476503)
Falla HSF a una distancia 3D de 66563.0009474. El punto mas proximo de la falla es: SRID=2877;POINT(8004779.72024257 4259430.78048837 0)
Falla GC08 a una distancia 3D de 68680.2982368. El punto mas proximo de la falla es: SRID=2877;POINT(8007247.8718669 4261829.68210281 0)
Falla GC01 a una distancia 3D de 81260.6492594. El punto mas proximo de la falla es: SRID=2877;POINT(7908136.08091707 4304257.87690264 55525.7502683421)
Falla GC05 a una distancia 3D de 88140.5101622. El punto mas proximo de la falla es: SRID=2877;POINT(8003312.35682322 4323316.13151714 46038.3709939269)
Falla LS a una distancia 3D de 91898.7284682. El punto mas proximo de la falla es: SRID=2877;POINT(8032950.81984394 4185098.65179437 55000)
>>>
```

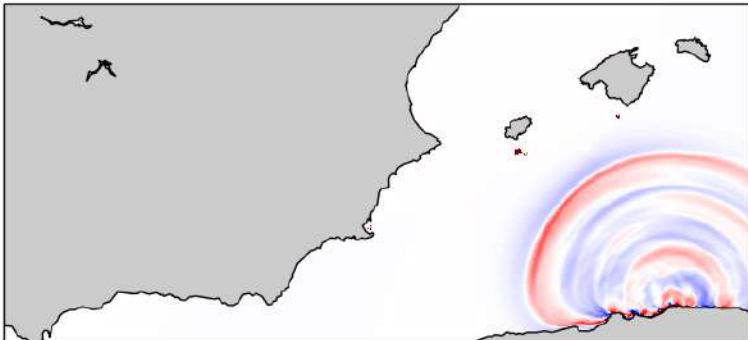
Ln: 29 Col: 4

Simulaciones de Tsunamis

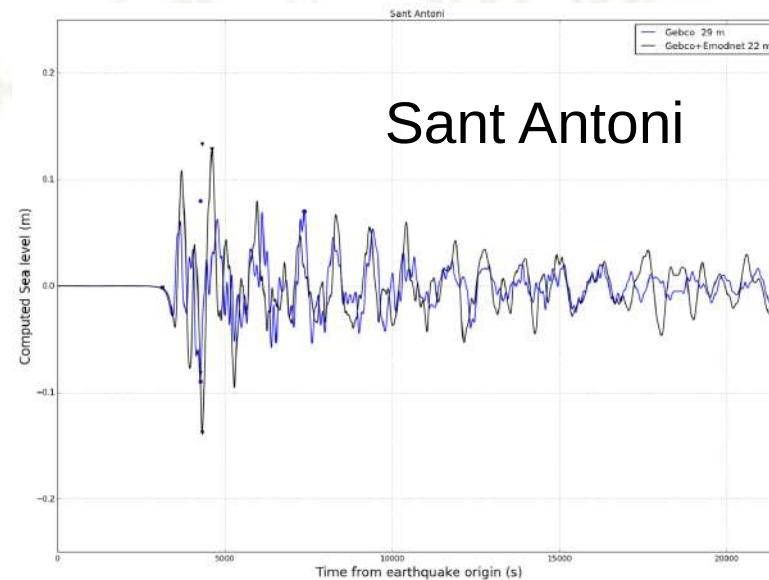
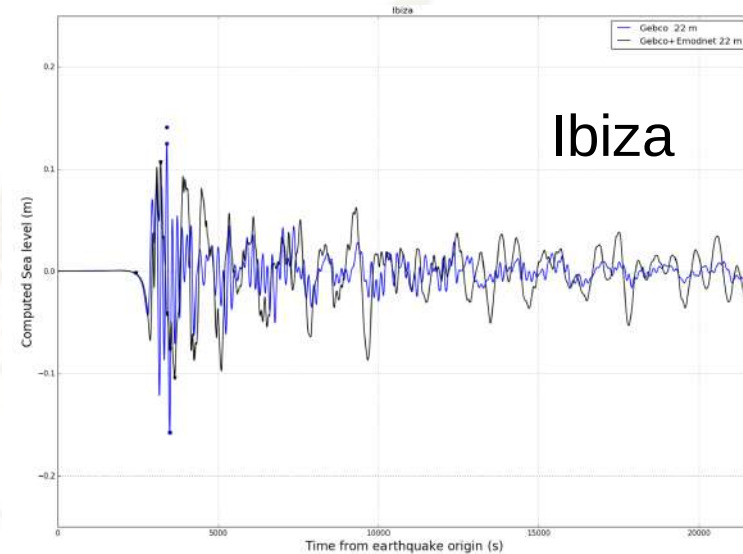
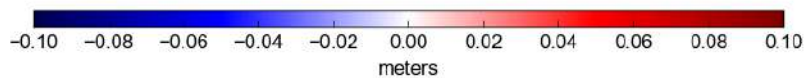
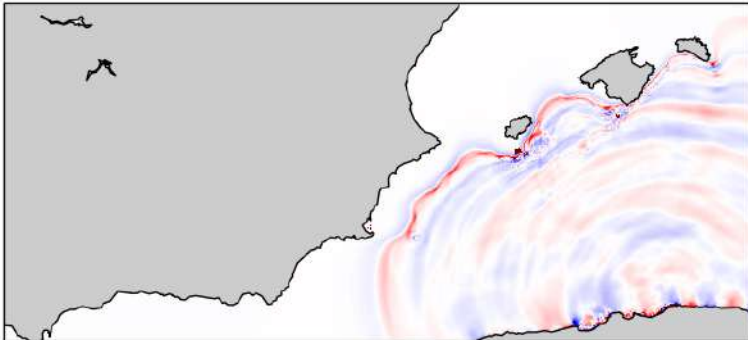
Wave amplitude
time=600.087



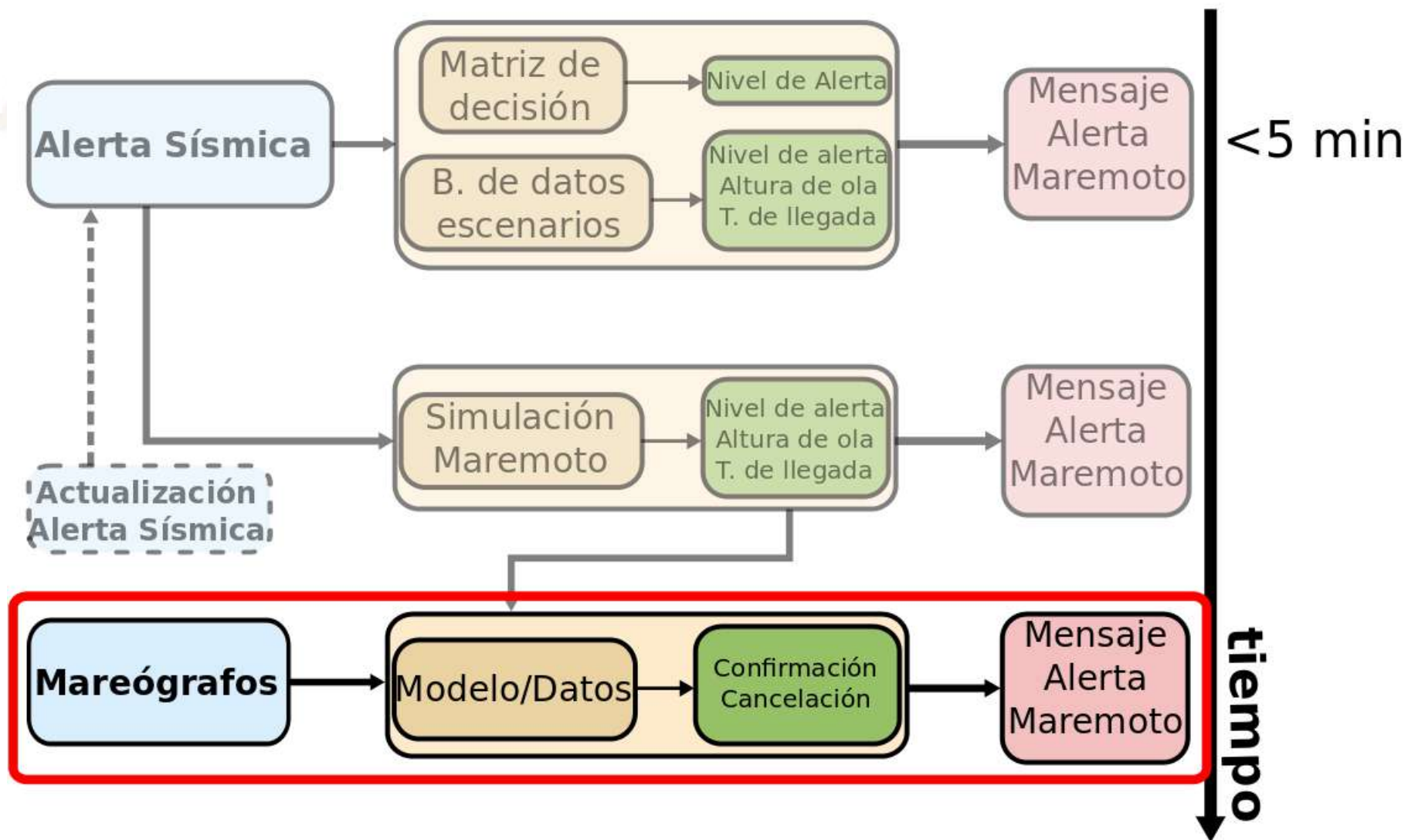
Wave amplitude
time=1200.17



Wave amplitude
time=2400.35



Confirmación – Mareógrafos



Mareógrafos en tiempo real

Mapa de Mareógrafos de la Red de Alerta de Tsunamis



Mareógrafos en tiempo real



Cádiz



Cartagena



Ceuta

Mareógrafos en tiempo real

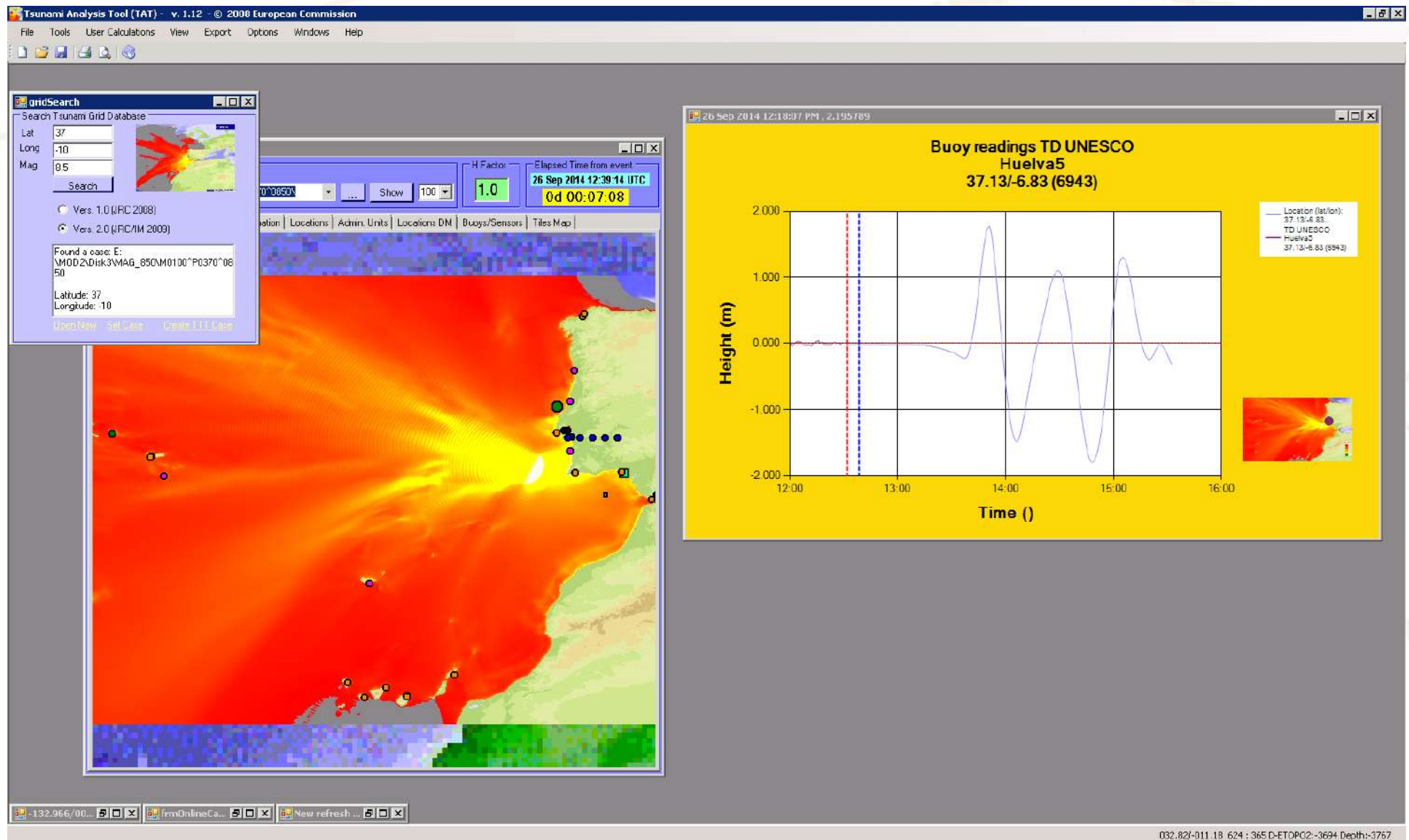


Ciutadella
(Menorca)



La Mola de Mahón
(Menorca)

Confirmación – Mareógrafos



Confirmación – Mareógrafos

Confirmación Datos Observados

ALERTA POR MAREMOTO MENSAJE 4 (2015-11-10 09:02:24 GMT)

EL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL INFORMA QUE SE HA PRODUCIDO UN TERREMOTO CON ID. WESTsunami CON LOS SIGUIENTES PARÁMETROS PRELIMINARES:

HORA INICIAL (GMT*): **2015-11-10 08:00:00**
LOCALIZACIÓN: **GOLFO DE CÁDIZ**
LATITUD: 36°N
LONGITUD: 10°W
PROFUNDIDAD: 5km.
MAGNITUD: **7.9 Mw**

LOS TERREMOTOS DE ESTA MAGNITUD TIENEN EL POTENCIAL DE GENERAR MAREMOTOS CON OLAS DESTRUCTIVAS A CIENTOS DE KILOMETROS DEL EPICENTRO.

ALERTA POR MAREMOTO FUERTE EN LAS SIGUIENTES PROVINCIAS:

Huelva, Cádiz, Ceuta, Málaga, Pontevedra, Coruña (A), Asturias, Palmas (Las), Cantabria, Bizkaia

AVISO POR MAREMOTO DÉBIL EN LAS SIGUIENTES PROVINCIAS:

Santa Cruz de Tenerife

DATOS OBSERVADOS:

CIUDAD	DISTANCIA EPICENTRAL [km]	NIVEL ALERTA	TIEMPO LLEGADA (GMT)	ALTURA MAX. [m]
Lagos (Portugal)	171	ALERTA	2015-11-10 08:27:39	0.97
Cascais (Portugal)	304	ALERTA	2015-11-10 08:34:35	0.79
Setubal (Portugal)	293	ALERTA	2015-11-10 08:49:45	0.68
Isla Cristina	274	AVISO	2015-11-10 08:53:15	0.45
Casablanca (Marruecos)	344	ALERTA	2015-11-10 08:56:06	0.64
Cádiz	338	ALERTA	2015-11-10 08:59:11	0.55
Sanlúcar de Barrameda	330	ALERTA	2015-11-10 09:00:53	0.64
Huelva	307	ALERTA	2015-11-10 09:01:48	0.51

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE ALERTA Y TIEMPO DE LLEGADA DE LA PRIMERA OLA:

CIUDAD	DISTANCIA EPICENTRAL [km]	NIVEL ALERTA	TIEMPO LLEGADA (GMT)
Larache (Marruecos)	359	ALERTA	2015-11-10 08:52:00
Assilah (Marruecos)	363	ALERTA	2015-11-10 08:55:00
Tanger (Marruecos)	379	ALERTA	2015-11-10 08:55:00
Moulay Bousseihame (Marruecos)	358	ALERTA	2015-11-10 08:57:28
Ceuta	423	ALERTA	2015-11-10 09:10:00
Algeciras	410	ALERTA	2015-11-10 09:12:00
Muros	758	ALERTA	2015-11-10 09:24:00
Estepona	438	ALERTA	2015-11-10 09:24:43
Las Palmas de Gran Canaria	1014	AVISO	2015-11-10 09:25:00
Arrecife	851	ALERTA	2015-11-10 09:26:00
Santa Cruz de Tenerife	1024	AVISO	2015-11-10 09:27:00
Santa Cruz de la Palma	1093	AVISO	2015-11-10 09:28:00
Vigo	700	ALERTA	2015-11-10 09:32:00
Puerto del Rosario	910	ALERTA	2015-11-10 09:34:00
Málaga	506	ALERTA	2015-11-10 09:38:51
A Coruña	830	ALERTA	2015-11-10 09:57:00
Santander	986	ALERTA	2015-11-10 10:13:58
Gijón	916	ALERTA	2015-11-10 10:22:53
Bilbao	1011	AVISO	2015-11-10 10:27:21

UN MAREMOTO ES UNA SERIE DE OLAS. ENTRE OLAS SUCESIVAS PUEDEN PASAR DE 5 MINUTOS A UNA HORA.

Confirmación – Mareógrafos

Cancelación

CANCELACIÓN DE ALERTA POR MAREMOTO MENSAJE 6 (2015-11-10 12:58:02 GMT)

EL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL INFORMA QUE SE HA PRODUCIDO UN TERREMOTO CON ID. WESTsunami CON LOS SIGUIENTES PARÁMETROS:

HORA INICIAL (GMT*): **2015-11-10 08:00:00**

LOCALIZACIÓN: **GOLFO DE CADIZ**

LATITUD: 36°N

LONGITUD: 10°W

PROFUNDIDAD: 5km.

MAGNITUD: **7.9 Mw**

BASÁNDONOS EN LOS DATOS DISPONIBLES SE CANCELA LA ALERTA POR MAREMOTO.

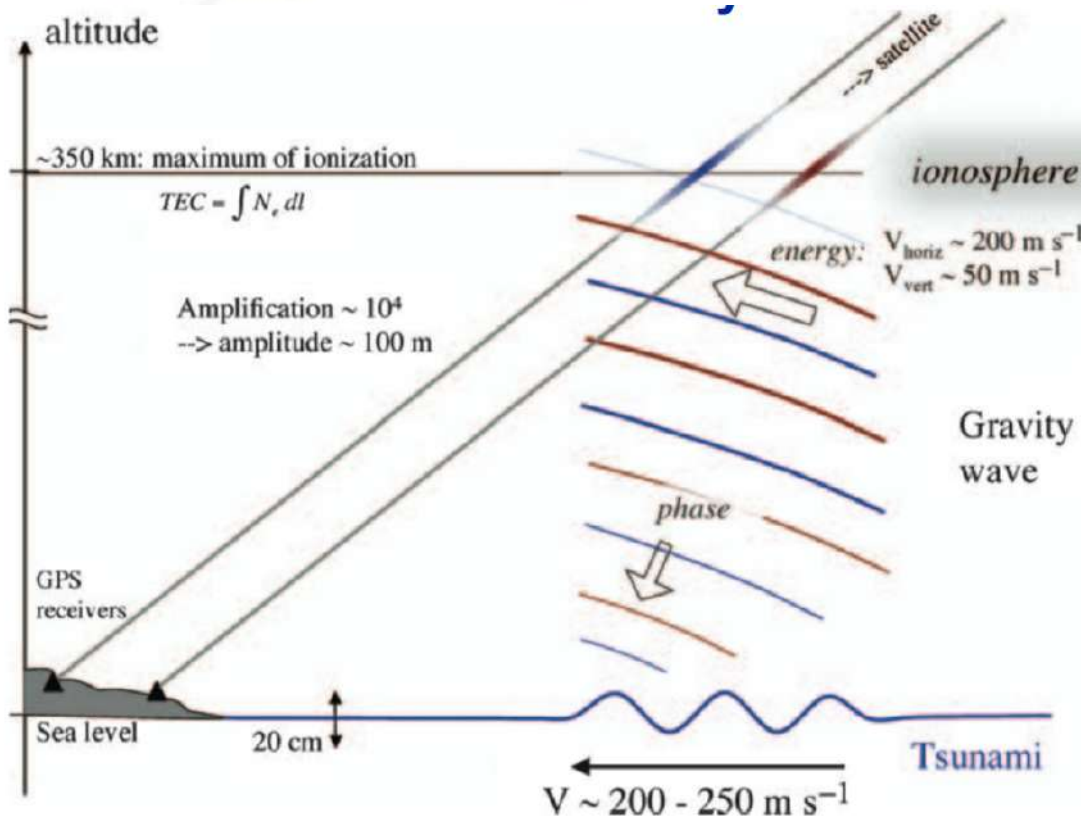
EN LAS PRÓXIMAS HORAS PODRÍAN OCURRIR PEQUEÑAS VARIACIONES EN EL NIVEL DEL MAR Y CORRIENTES ANÓMALAS. ESTE SERÁ EL ÚLTIMO MENSAJE EN RELACIÓN AL TERREMOTO CON ID. WESTsunami A MENOS QUE SE RECIBAN NUEVOS DATOS.

*Verano (Hora Oficial = Hora GMT + 2 horas)

*Invierno (Hora Oficial = Hora GMT + 1 Hora)

*(La hora oficial en Canarias es una hora menos que en el resto de España)

Ionosfera / GNSS



Artru et al. (2005)



Las medidas GNSS de la dinámica atmosférica (cambios en el contenido electrónico total) puede utilizarse para la alerta de tsunamis en el campo lejano

Medidas de prevención

What to do in a tsunami

Identify evacuation routes and safe places closer than 15 minutes walk
Roads and bridges can be damaged!



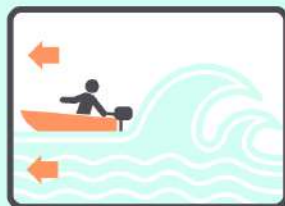
Head for high ground
and inland



Stay away from rivers and estuaries
Tsunamis can travel up rivers!



If swept-up, grab something
that floats



If you are on a boat, head to deep waters
(higher than 100 metres deep)



Go to an upper floor
(more than third) of a solid building
As a last resort, climb up a strong tree



If the earthquake struck your area,
watch out for cables or
objects which may fall down

What to do in a tsunami

When to evacuate?

A tsunami may be caused by a distant earthquake unnoticed in your area



If close to shore and feel a
large and long shaking from
an earthquake



If there is a fast recession in
water from the shoreline
Shore water level will rise suddenly!
If you hear a roar similar to the
sound of a freight train



If an official tsunami warning
has been issued



Never wait to watch a tsunami come in
It is impossible to escape it!

When to come back?



Only after officials tell you it is safe
A tsunami is a series of waves that may last for hours!
The next wave may be larger than the first one!

Tsunamis do not look like regular waves; they look more like a
flooding river or a wall of water and debris

Muchas gracias

Juan V. Cantavella Nadal

jvcantavella@fomento.es

Instituto Geográfico Nacional