

# El terremoto de Honshu (Japón) del 11 de marzo de 2011



**Ignacio Ferrer Ballester**

**Dr. Ing. Caminos, Canales y Puertos / Prof. Asociado U.P.V.**

**Dpto. Mecánica del Medio Continuo y Teoría de Estructuras  
Universidad Politécnica de Valencia**

**26 de agosto de 2011**



- 1. ¿Qué hace un ingeniero como yo en un sitio cómo éste?**
- 2. Terremoto y tsunami de Honshu de 11 de marzo de 2011.**
  - a. Descripción**
  - b. Comparación con terremotos históricos**
  - c. Comparación con tsunamis históricos.**
- 3. Qué hubiera pasado si este terremoto se hubiera producido en.....?**
  - a. Sistemas de seguridad**
  - b. Predicción de terremotos**
  - c. Sistemas de prevención**
  - d. Normas sísmicas**
- 4. Qué riesgo existe en España?**
  - a. Terremoto de Lorca**
  - b. Tsunamis españoles**



## ¿Qué hace un ingeniero como yo en un sitio como éste?

1. El verdadero humanismo es el de estar al servicio de Dios y del hombre
2. La Ingeniería y la técnica deben estar al servicio del hombre

La finalidad de la Ingeniería Sísmica es:

1. Reducir Víctimas mortales
2. Reducir pérdidas económicas



## Víctimas Mortales

Fecha	Lugar	Muertes	M <sub>w</sub>
13/01/01	El Salvador	844	7,7
26/01/01	Gujarat, India	20085	7,7
25/03/02	Hindu Kush, Afganistán	1000	6,1
21/05/03	Boumerdes, Algeria	2266	6,8
26/12/03	Bam, Irán	26200	6,8
24/02/04	Alhucemas, Marruecos	628	6,4
26/12/04	Sumatra, Indonesia	283106	9,1
08/10/05	Pakistán	80361	7,6
26/05/06	Indonesia	5749	6,3
15/05/07	Pisco, Perú	514	8,0
12/05/08	Sichuan, China	87587	7,9
06/04/09	L'Aquila, Italia	227 <sup>(4)</sup>	6,3
30/07/09	Sumatra, Indonesia	1117	7,5
12/01/10	Haití	316000	7,0
11/03/11	Honshu, Japón	28050	9,0

## Víctimas Mortales

Fecha	Lugar	Muertes	$M_w$
26/12/04	Sumatra, Indonesia	283106	9,1
12/01/10	Haití	316000	7,0
11/03/11	Honshu, Japón	28050	9,0



## Víctimas Mortales

Fecha	Lugar	Muertes	M <sub>w</sub>
26/01/01	Gujarat, India	20085	7,7
26/12/03	Bam, Irán	26200	6,8
26/12/04	Sumatra, Indonesia	283106	9,1
08/10/05	Pakistán	80361	7,6
12/05/08	Sichuan, China	87587	7,9
06/04/09	L'Aquila, Italia	227 <sup>(4)</sup>	6,3
12/01/10	Haití	316000	7,0
11/03/11	Honshu, Japón	28050	9,0

## Terremoto de mayor magnitud

Fecha	Lugar	M <sub>w</sub>
22/05/60	Chile	9,5
28/03/64	Prince William, Alsaka	9,2
26/12/04	Sumatra, Indonesia	9,1
11/03/11	Honshu, Japón	9,0
11/04/52	Kamchatka, Rusia	9,0
27/02/10	Chile	8,8
31/01/1906	Ecuador	8,8
04/02/65	Alsaka	8,7
28/03/05	Sumatra, Indonesia	8,6
15/08/50	Assam, Tibet	8,6
03/09/57	Islas Andreanof, Alsaka	8,6
12/09/07	Sumatra, Indonesia	8,5
02/01/38	Mar de Banda, Indonesia	8,5
02/03/23	Kamchatka	8,5
11/11/22	Frontera Chile-Argentina	8,5



## Tsunamis

**Los grandes tsunamis de la historia:**

**Krakatoa, en 1883, con 36000 muertos**

**Tsunami en Japón, 1886, 27000 muertos**

**Década de los 90, en las costas de Nicaragua, Indonesia, Japón y Nueva Guinea. 4000 víctimas.**

**Noruega, Loen en 1905, 1936 y en Tajford 1934. 174 muertos**

**Sumatra, año 2004 (250000 muertos)**

**Islas Samoa, año 2009 , 153 muertos**



## Pérdidas económicas: España

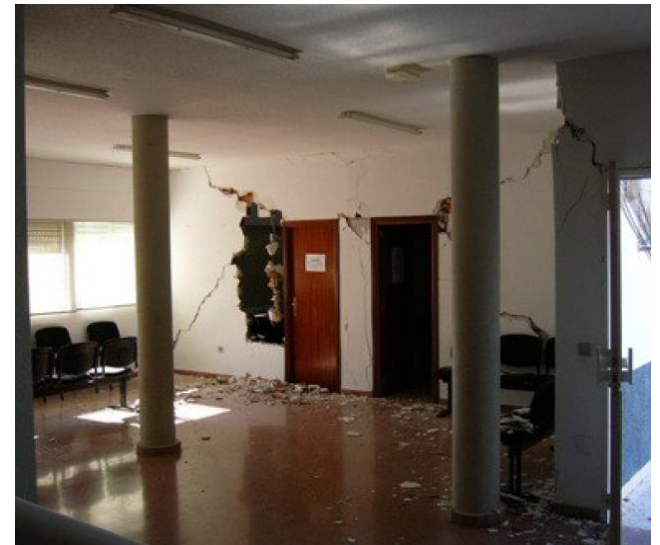
**Argelia**, 21 de mayo de 2003,  $M_w=5,6$

**Valencia**, 21 de septiembre de 2003,  $M_w=4,6$

**Bullas**, del 29 de enero de 2005,  $M_w=4,8$

**Arenales de San Gregorio**, 12 de agosto de 2007,  $M_w=5,1$ .

**Lorca**, 11 de mayo de 2011,  $M_w=5,1$ .



## Mapa de situación de Japón

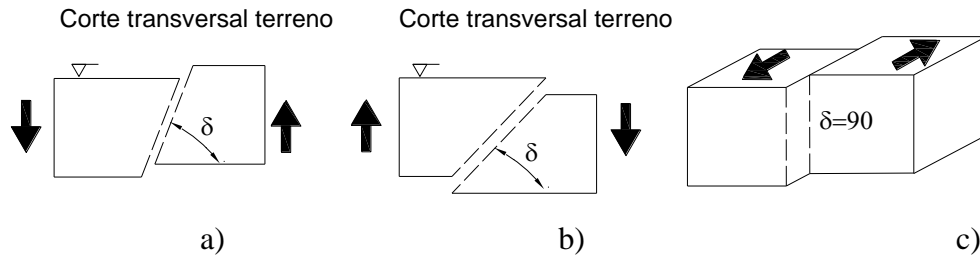
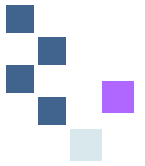
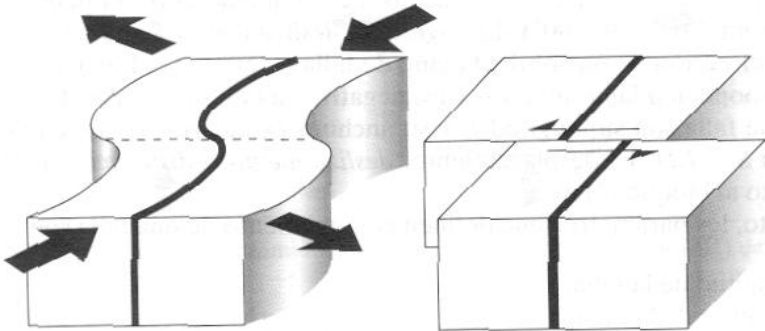
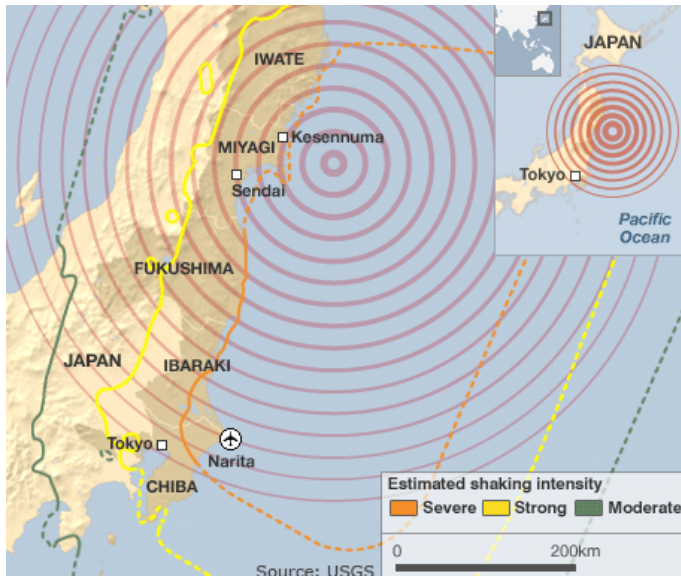


Figura A.2. Mecanismos de rotura de una falla: a): directa, b): Inversa, y c): Desgarre.



## Mapa de situación de Japón



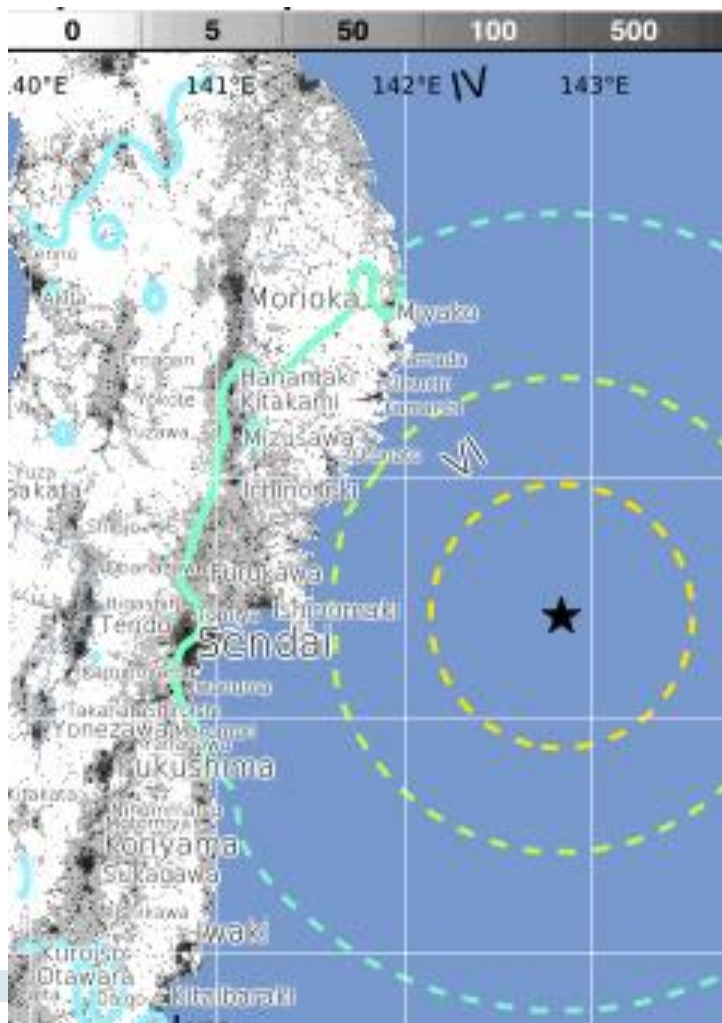


Premonitor: M=7,2. 9/3/11.

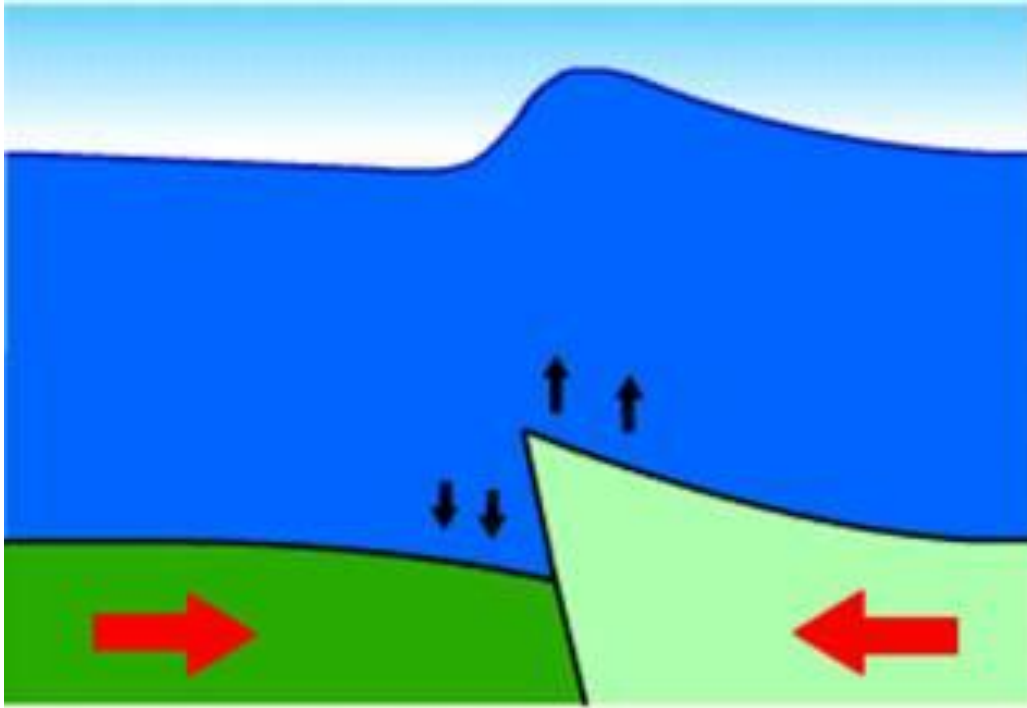
H: 2:45 GMT, Prof: 32 km

Principal: M=9,0, 11/3/11.

H: 5:46 GMT, Prof: 32 km 30 km de la costa (aprox.)

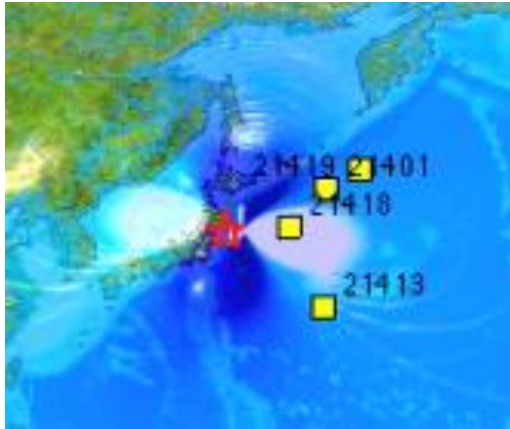


¿Cómo se genera un tsunami?

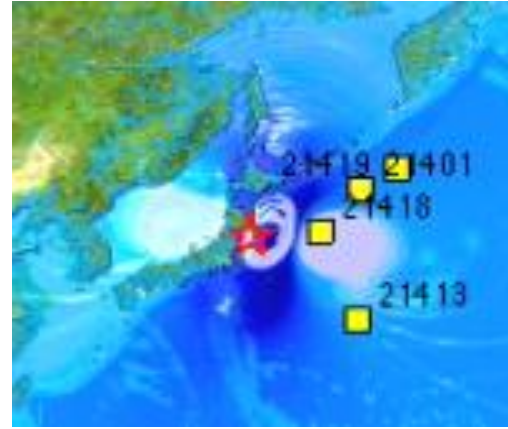


## Tsunami

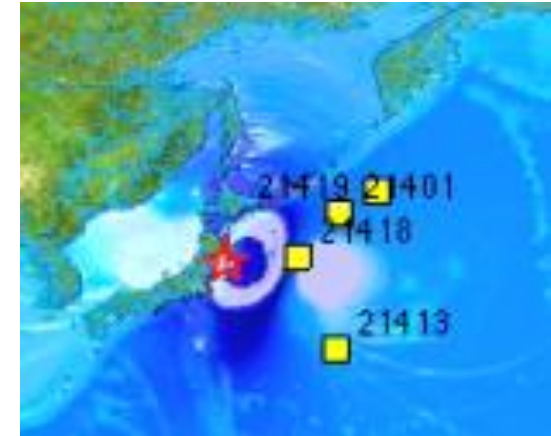
Minuto 0



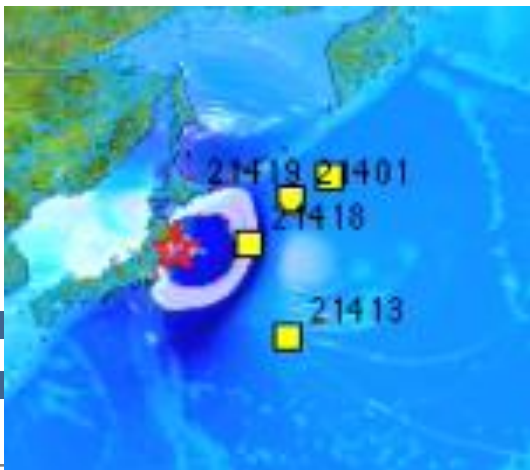
Minuto 12



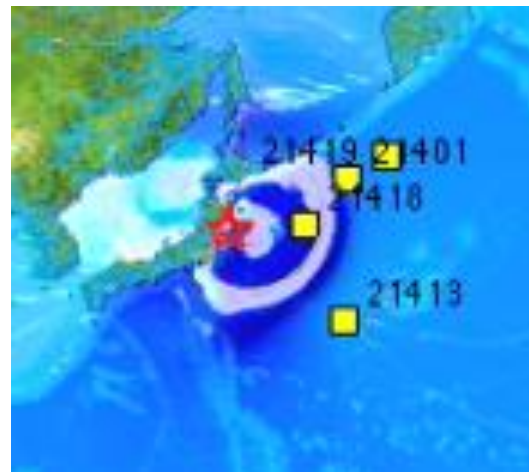
Minuto 20



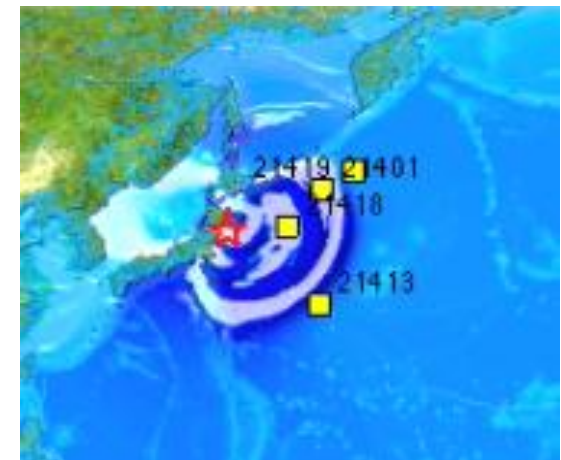
Minuto 30



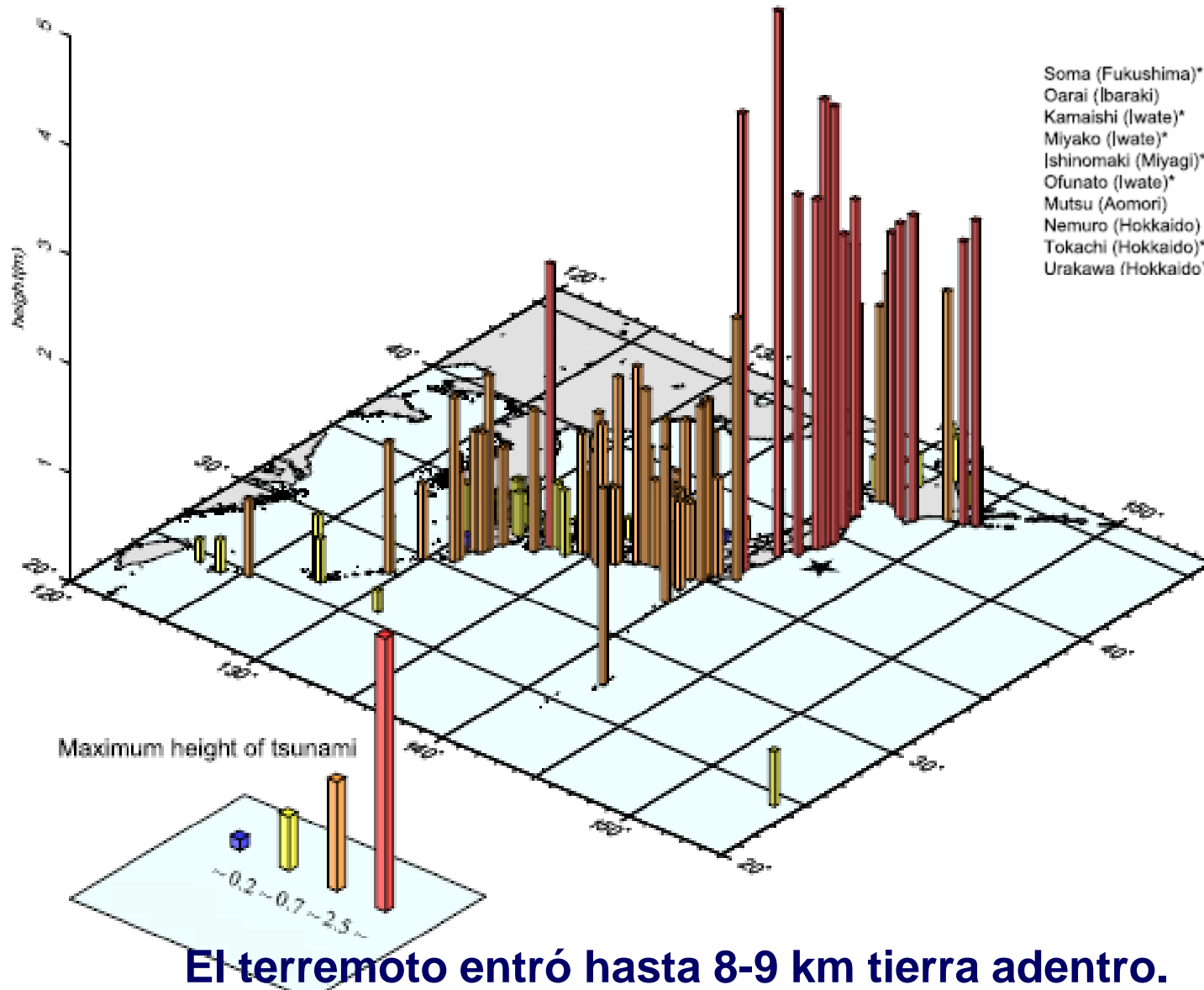
Minuto 40



1 hora



# DESCRIPCIÓN DEL TERREMOTO DE HONSHU

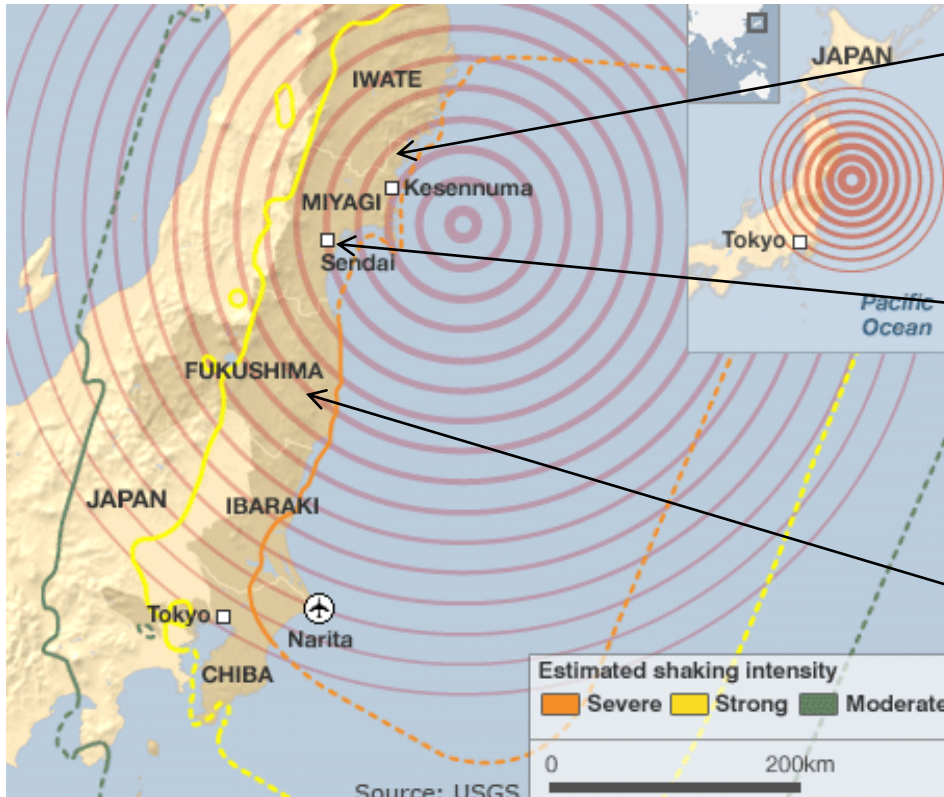


**El terremoto entró hasta 8-9 km tierra adentro.**





## Tsunami



**Kamaishi city (Iwate)**

**Sendai**

**Soma (Fukushima),**

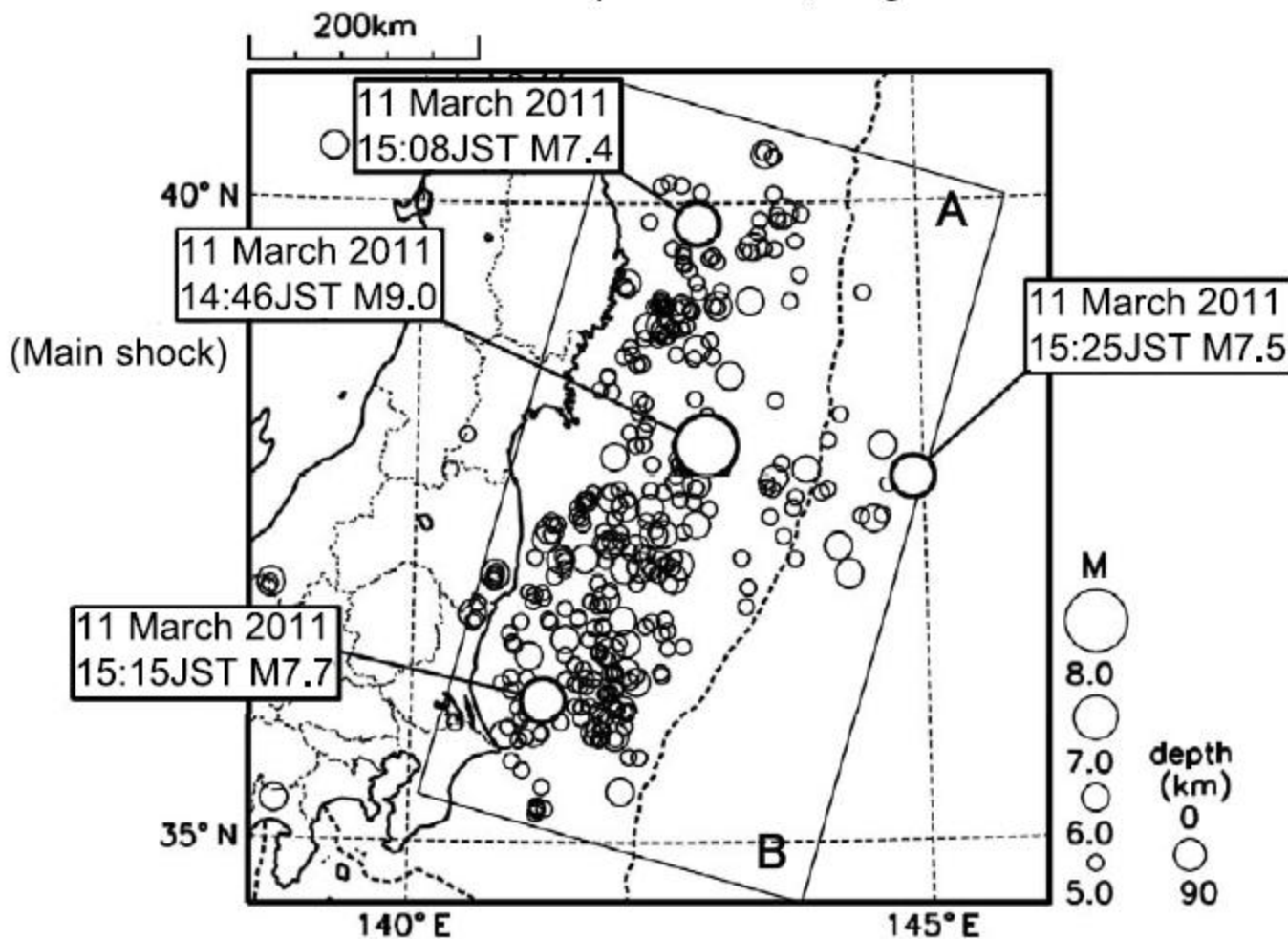




## Réplicas

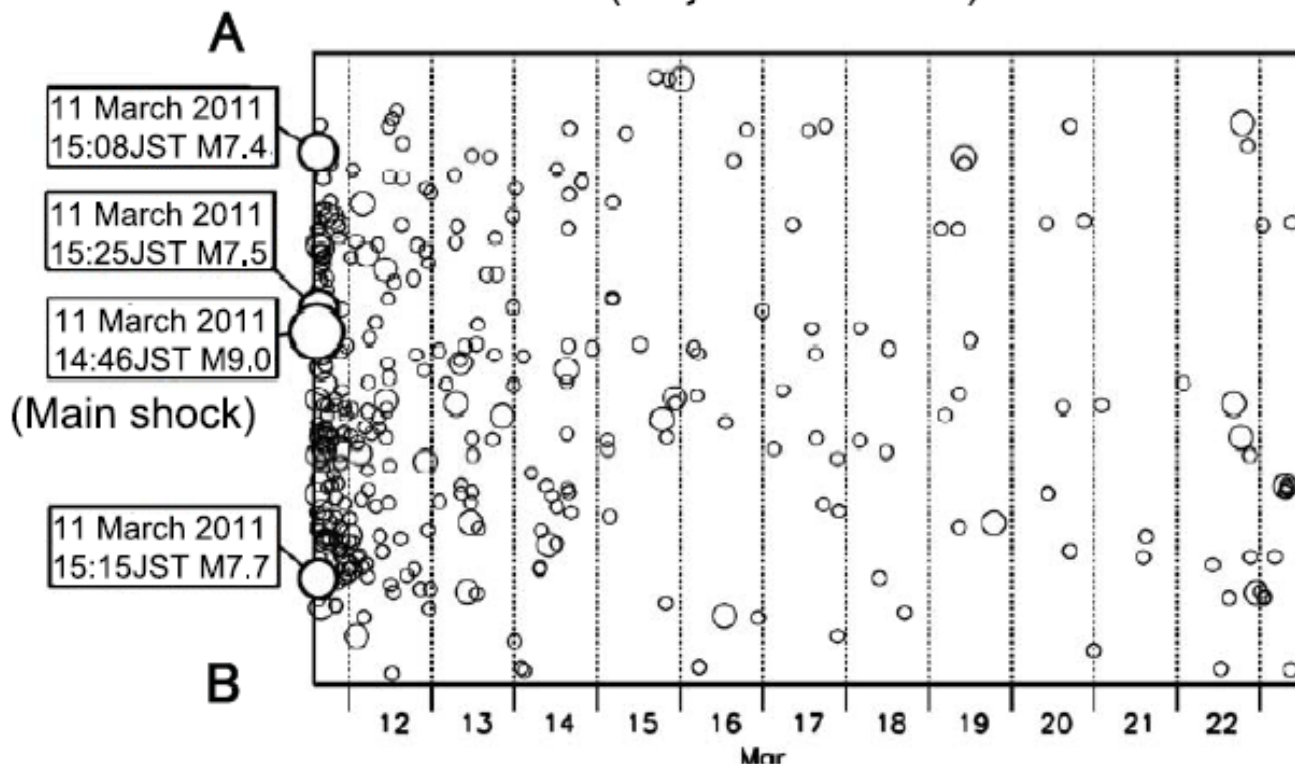
Period 12:00 JST, 11 March - 12:00 JST, 23 March, 2011

Depth  $\leq 90$ km, Magnitude  $\geq 5.0$



## Réplicas

Time-Space Distribution of aftershocks in the above rectangular area  
(Projected A-B line)



Circles indicates the main shock and aftershocks  
Size of circles corresponds with their magnitude



## Daños

**114000 edificios destruidos**

**373000 edificios dañados**

**80% de los hospitales cerrados**

**Accidente nuclear de Fukushima:**

**El suelo de los alrededores está contaminado con plutonio**

**Se ha detectado radioactividad en alimentos y agua**

**La magnitud del desastre es similar a la de Chernobyl**

**Los reactores no estarán enfriados hasta enero de 2012.**



## Daños

### **Accidente nuclear de Fukushima:**

**11 de marzo**

- 1. Parada automática por terremoto.**
- 2. Parada de suministro eléctrico. Los generadores accionan bombeo de agua para refrigerar.**
- 3. El tsunami daña los generadores**
- 4. Sube la temperatura en R1. Hay que liberar vapor.**
- 5. La situación parece estar controlada. Accidente escala 4**



## Daños

### Accidente nuclear de Fukushima:

**12 de marzo**

- 1. Explota el reactor 1. Presencia de hidrógeno**
- 2. Sube la temperatura en reactor 3.**

**13 de marzo**

- 1. Fusión del núcleo de los dos reactores**

**14 de marzo**

- 1. Explota el reactor 3**
- 2. Problemas en el reactor 2. Se para el sistema de refrigeración. Fusión del núcleo**
- 3. Se detecta radiación. Francia acusa a Japón de “minimizar el accidente”. Escala 5 o incluso 6.**

## Daños

### Accidente nuclear de Fukushima:

15 de marzo

1. Explota el reactor 2.
2. Incendio en reactor 4.

18 de marzo al 23 de marzo.

1. Aumenta el nivel de alerta a 6
2. Se realiza un tendido eléctrico para activar las bombas para refrigerar.

2 al 5 de abril

1. Grieta en el reactor 2
2. Se vierte agua contaminada al mar para guardar en los depósitos agua más contaminada.

## Daños

### **Accidente nuclear de Fukushima:**

**11 al 21 de abril**

- 1. Nivel 7**
- 2. Niveles de radiación 20000 veces superior a lo legalmente permitido.**
- 3. El gobierno prohíbe estar a menos de 20 km**

**4 de mayo**

- 1. El gobierno definirá en 2012 si pueden permitir el regreso de las personas a las zonas afectadas, al menos, para recoger las pertenencias y documentos.**





## Población

**La población piensa que Japón ha salido reforzado de este desastre natural**

**En las zonas de Tokyo y Yokohama se han apagado muchos letreros comerciales para ahorrar energía**

**Efectos psicológicos: algunas personas sienten “réplicas” del terremoto cuando no los hay.**

**Disney ha rebajado los precios a la mitad en el parque temático de Japón.**





## Predicción de terremotos

Tipo de alerta	Tiempo de alerta	Indicador	Fiabilidad	Medidas preventivas
Inmediata	<b>0-20 S.</b>	Velocidad ondas electromagnéticas y ondas sísmicas	Buena	Control en reactores, refinerías, e industria química.
A corto plazo	Horas o semanas	Premonitores, o variaciones de deslizamiento.	Desconocida	Alerta a la población, elaboración de planes de emergencia
A medio plazo	1 mes a 10 años	Cambios en la sismicidad, tensiones, presiones de los fluidos y composición química	Bueno en regiones instrumentadas	Añadir instrumentación, Mejora de los servicios de emergencia, mejora en el diseño de estructuras.
Largo plazo	10-30 años	Tasa de actividad a largo plazo.	Buena para grandes sismos.	Estimación de riesgo sísmico, minimizar pérdidas.



## Sistemas de Alertas

### AVISO A LA POBLACIÓN

**Sistemas de información que dan avisos de tsunami: TV, Redes sociales, telefonía móvil, etc.**

**En el Tsunami de Sumatra no hubo aviso. (Ver vídeo)**

### SISTEMAS DE SEGURIDAD SÍSMICA

**Sistemas de parada de trenes (ej. Tren Bala Tokio-Morioka)**

**Sistemas de protección en ascensores**

**Sistemas de paralización de máquinas en industria peligrosas: químicas, etc.**

**Sistemas de corte en conducciones de gas**



## Calidad en las construcciones

### **NORMATIVA SISMORRESISTENTE: TERREMOTO KOBE.**

**Edificios aislados: antisísmicos**

**Detalles constructivos (fotos de USA)**

Ver vídeo edificios en Tokio.

**Adecuada definición de la acción sísmica**



## Calidad en las construcciones



**Terremoto de Kobe**  
**M=6.9**  
**16 de enero de 1995**





# QUÉ HUBIERA PASADO SI EL TERREMOTO NO HUBIERA OCURRIDO EN JAPÓN?



## Calidad en las construcciones



**Terremoto de Kobe**  
**M=6.9**  
**16 de enero de 1995**



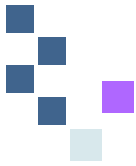
ECE



## Calidad en las construcciones



**Terremoto de Kobe**  
**M=6.9**  
**16 de enero de 1995**

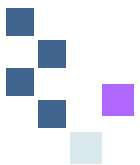




## Calidad en las construcciones



**Terremoto de Northridge**  
**M=6.7**  
**17 de enero de 1994**



## Calidad en las construcciones

**Terremoto de Izmit**  
**M=7.6**  
**17 de agosto de 1999**





## Calidad en las construcciones

**Terremoto de Alhucemas**  
**M=6.4**  
**24 de febrero de 2004**



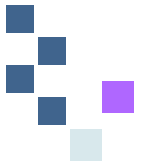
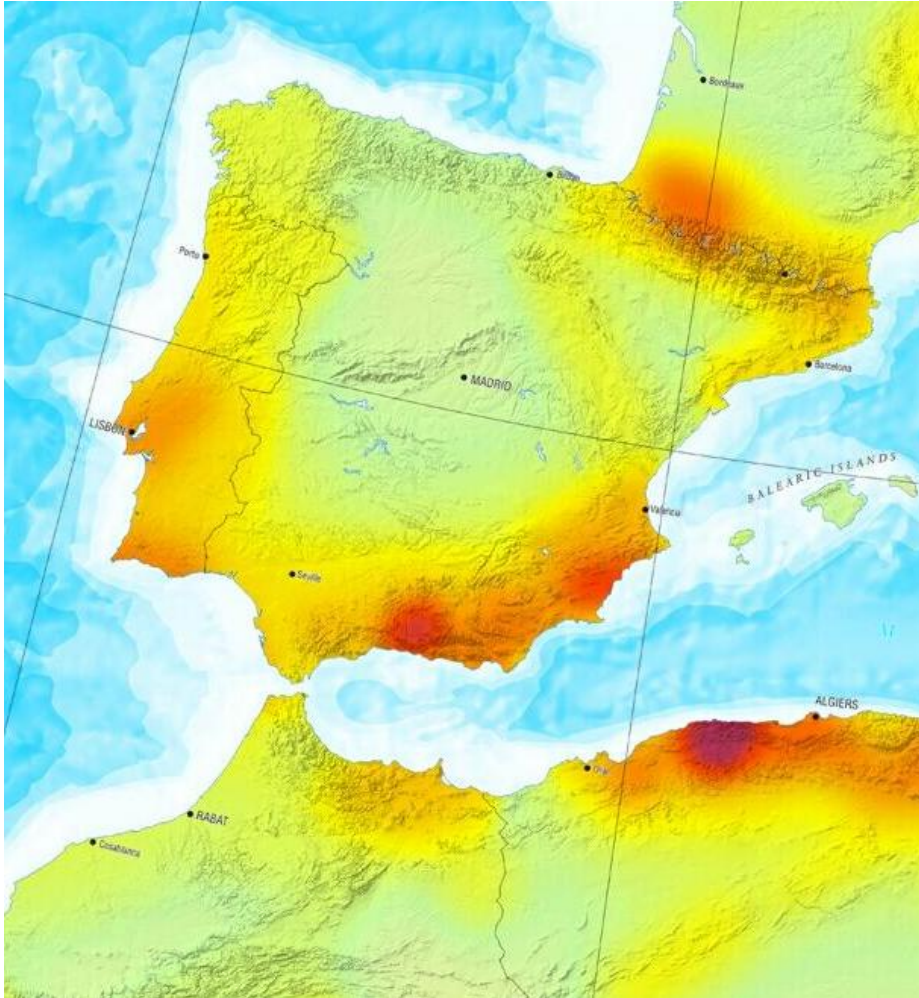
## Medidas preventivas

**FORMACIÓN PREVENTIVA DE LA POBLACIÓN**

**BUENOS SERVICIOS DE EMERGENCIAS: BOMBEROS,  
PROTECCIÓN CIVIL, ETC.**



# QUÉ RIESGO EXISTE EN ESPAÑA?

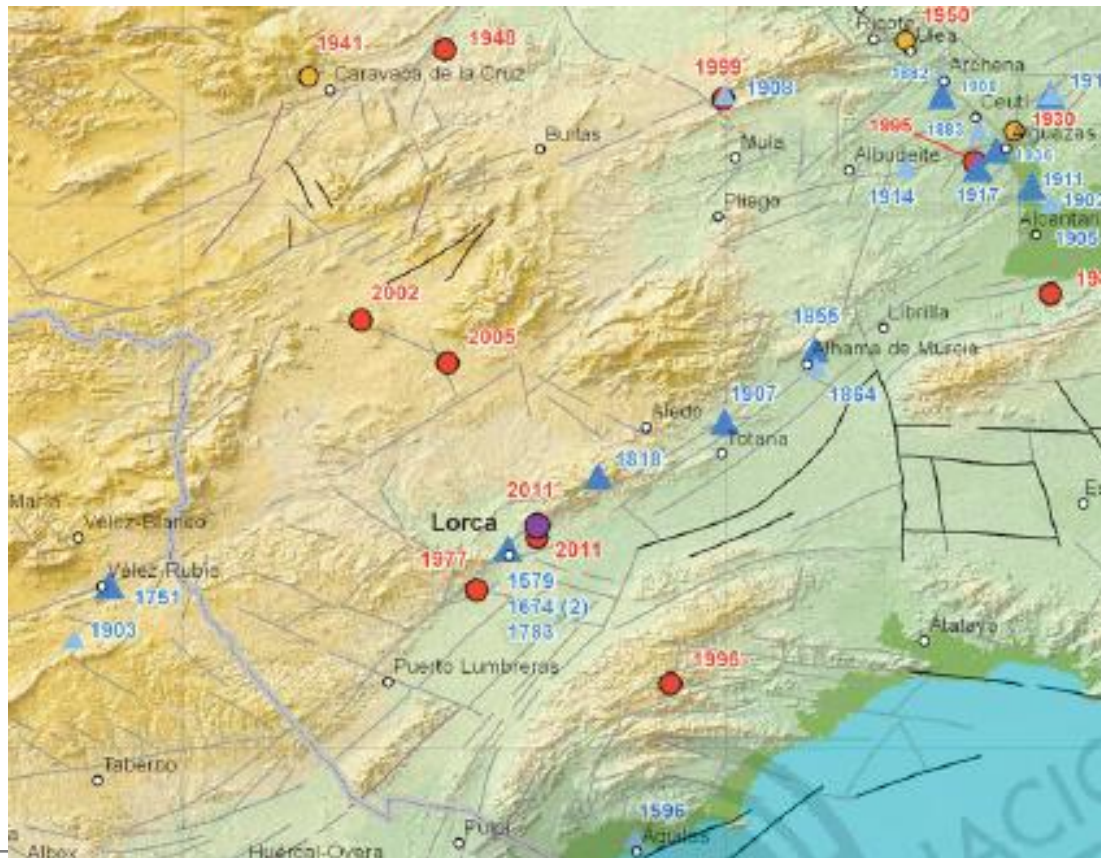




## TERREMOTO DE LORCA del 11 de mayo de 2011

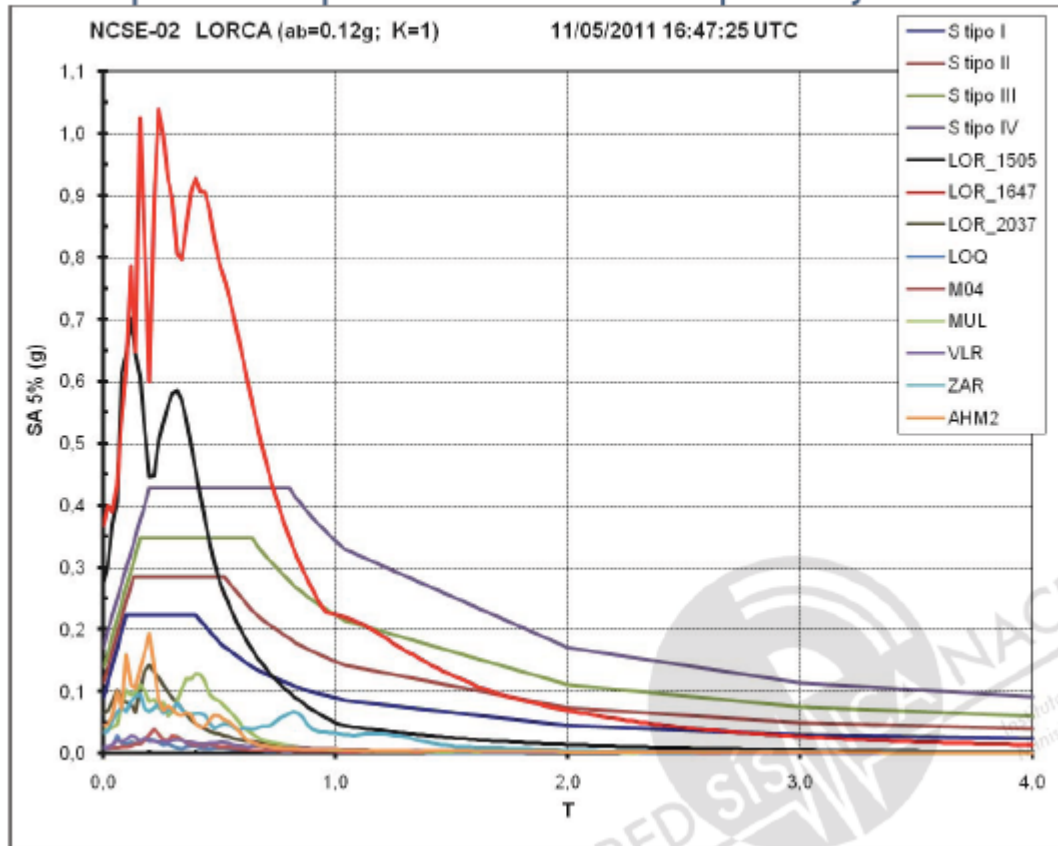
Distancia: 3 km de Lorca.

$a_{\max} = 0.36g$ ,  $M_w = 5,1$ , prof: 3 km.



¿Qué hubiera pasado en España?

Terremoto 20011/05/11 16:47:13 Mw 5.1 ---Componentes PGA máxima  
Espectros de respuesta de aceleración de componentes y NCSE-02

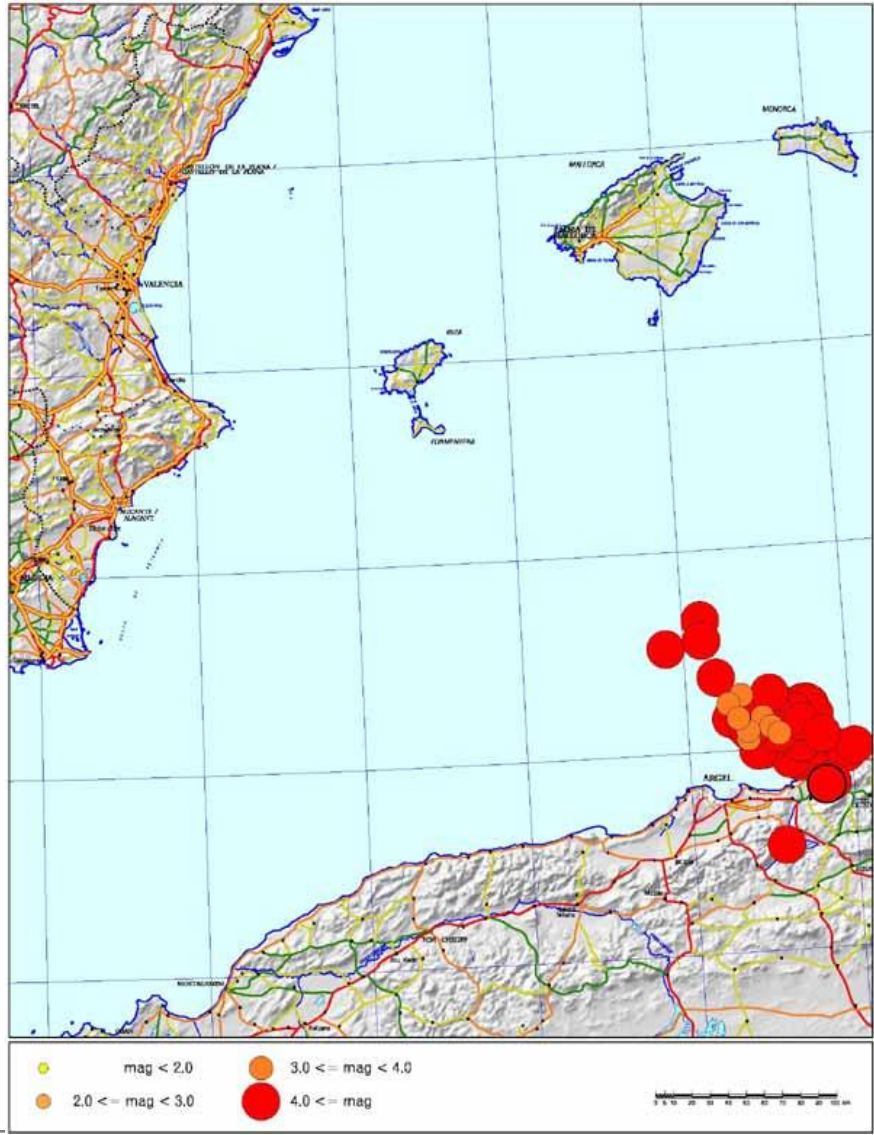




¿Qué hubiera pasado en España?



## ¿Tsunami en España?



# El terremoto de Honshu (Japón) del 11 de marzo de 2011



**Ignacio Ferrer Ballester**

**Dr. Ing. Caminos, Canales y Puertos / Prof. Asociado U.P.V.**

**Dpto. Mecánica del Medio Continuo y Teoría de Estructuras  
Universidad Politécnica de Valencia**

**26 de agosto de 2011**





# ¿Qué es un tsunami?



2004 Sumatra Earthquake 010 min

