

**Daños en edificios de hormigón armado**

**tipología**

**errores**

# **Daños en edificios de hormigón armado**

**época de construcción**



**normas aplicadas**



**tipo de armadura**



**tipo de armado**











# MINISTERIO DE LA VIVIENDA

*Instituto Nacional  
de la Vivienda*

*Edificio construido al amparo  
del regimen de Viviendas  
de Proteccion Oficial*











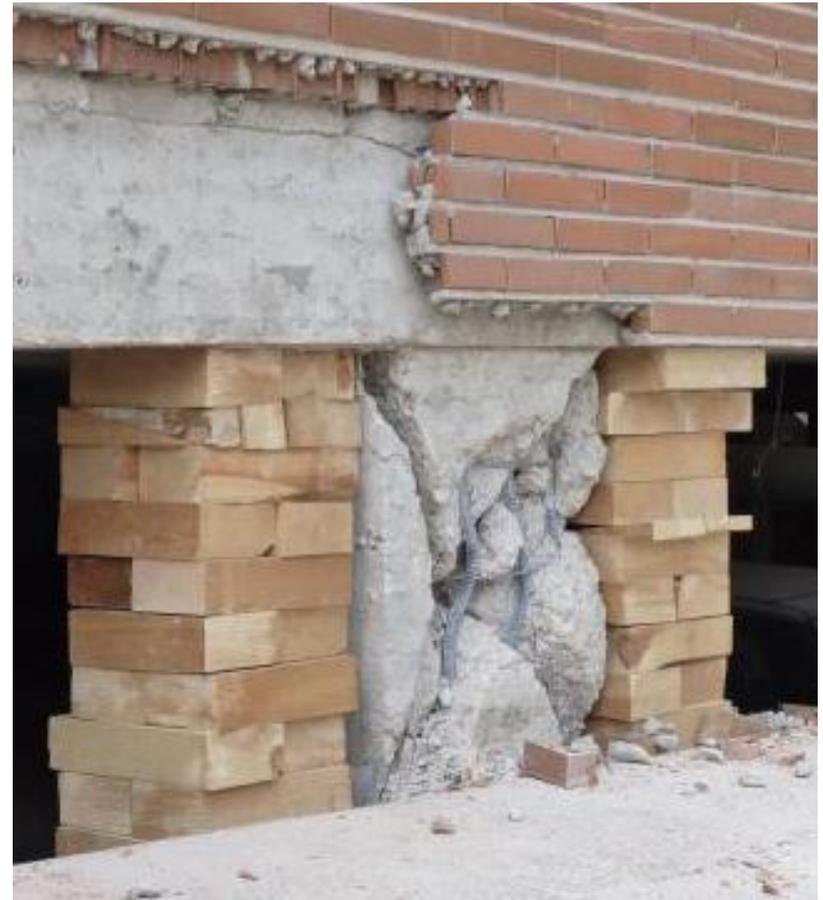








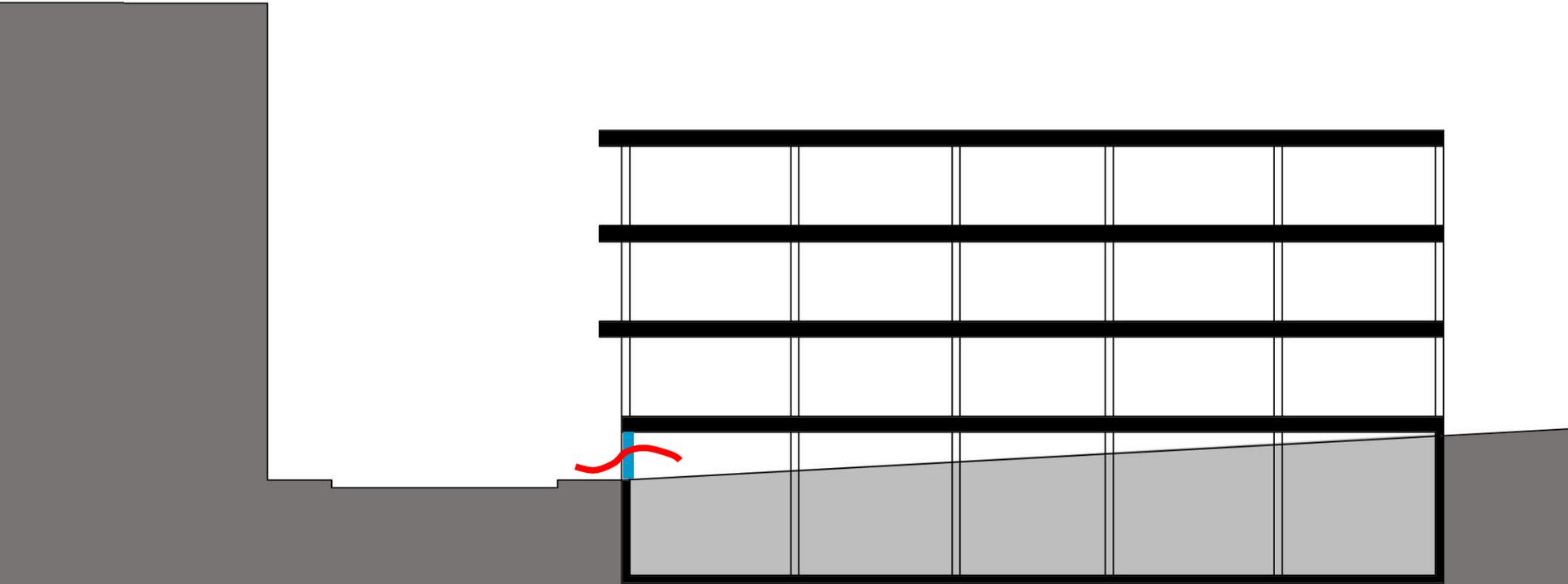


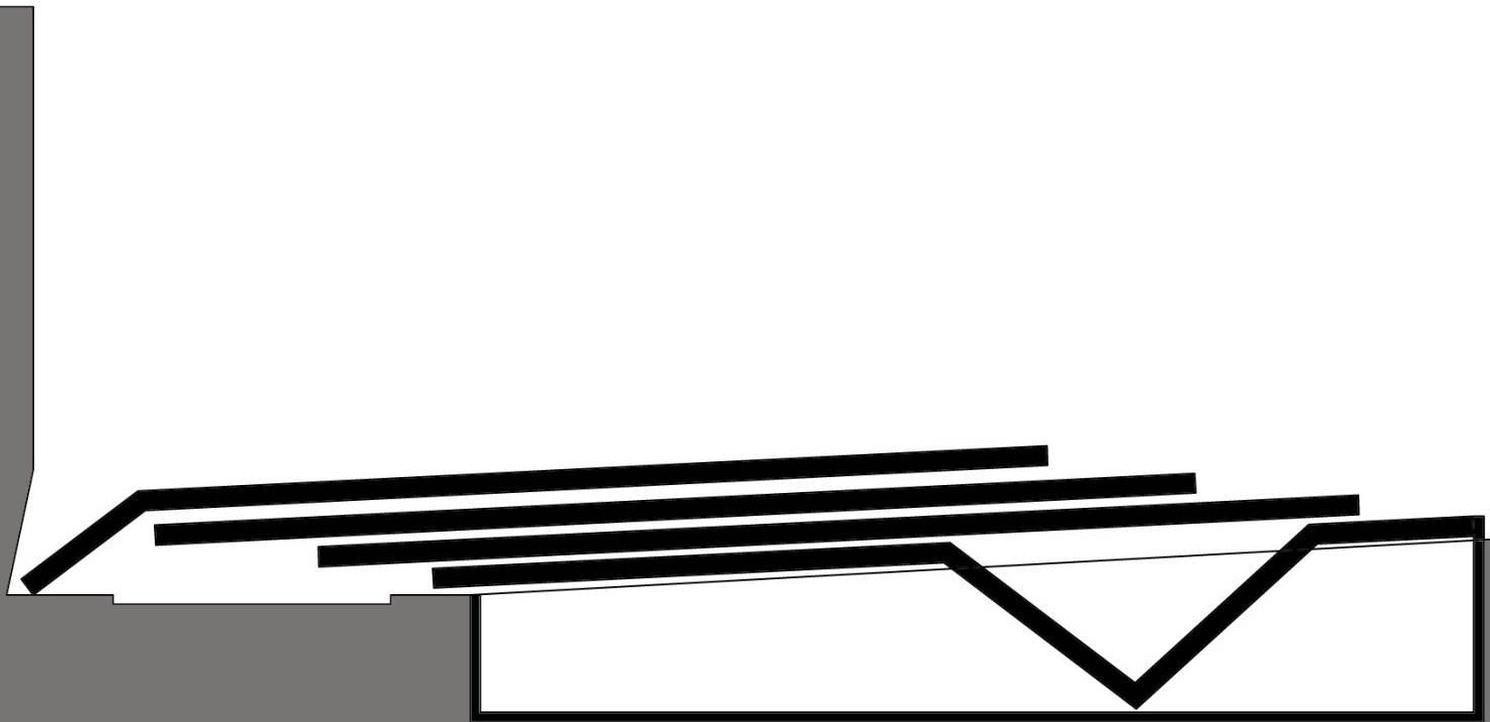
















































CUCALERAS  
DEMOLICIONES ESPECIALES

AYTSA

Alcampo





**Terremoto de  
Lorca de 11 de  
mayo de 2011:  
Daños al  
Patrimonio**

J. Irizarry



- La Consejería Cultural de Lorca ha valorado en cerca de 50 millones de euros los daños al patrimonio observados en 29 monumentos de la ciudad.
- La mayoría de los monumentos dañados son iglesias debido a que tienden a ser el tipo de monumento más vulnerable y también el más numeroso.
- De las 13 iglesias más importantes de Lorca, solo 2 se encontraban en condiciones de seguir abiertas al público tras el terremoto.
- Para la mayoría de estos monumentos ya se están iniciando los procesos para la reconstrucción.
- El proceso de reconstrucción de un monumento es muy complejo y costoso pero que debe hacerse cuidadosamente para asegurar que la estructura sea capaz de resistir un futuro evento sísmico.



Daños importantes en la tabiquería y la caja de la escalera sobre todo en la ampliación de reciente construcción.

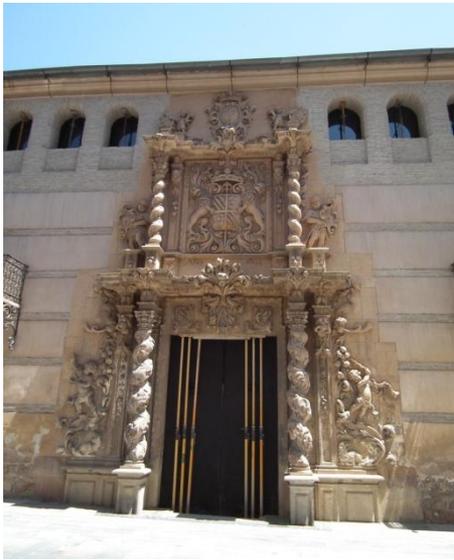


Algunos artefactos resultaron aparentemente intactos como esta vasija que quedó en pie junto a su pedestal.



Otros objetos no tuvieron tanta suerte y sufrieron daños al volcarse o por la rotura de vitrinas.





Agrietamiento considerable en sus paredes por lo que fue fuertemente apuntalado.

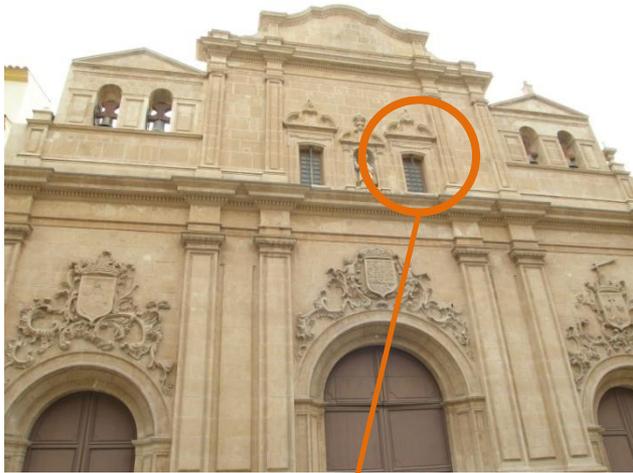


En su fachada se observaban algunas grietas y un pilar desplazado.



Daños en algunos contrafuertes.

Desplazamientos en la clave de algunas ventanas de la fachada.



Daños en la bóveda del coro y en algunos arcos bajo la cúpula.





Antes del terremoto...



Después del terremoto...



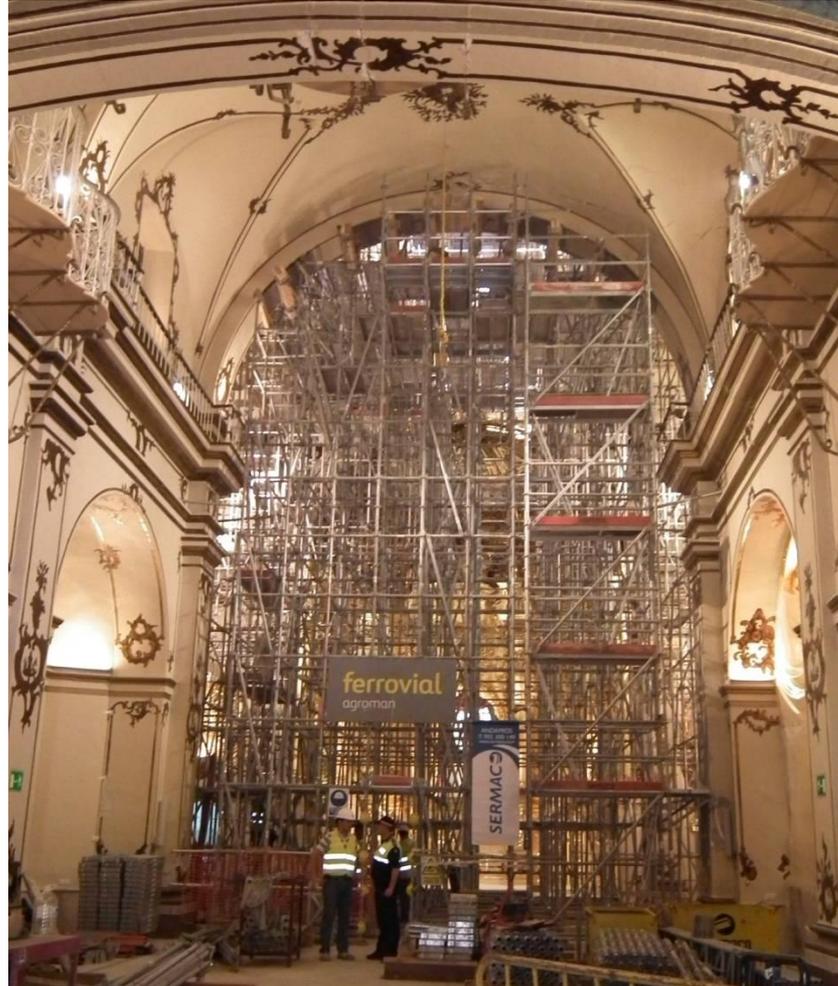
Agrietamiento de capillas laterales...



Daños importantes en su cúpula y un gran despliegue de medios para estabilizarla....



Antes del terremoto...



Después del terremoto...

La cúpula de la capilla sufrió un desplazamiento de unos 13 cm.



Agrietamiento importante en arcos y contrafuertes.



Al llegar a la iglesia, el único daño aparente son los de su campanario.



Al entrar podemos observar el colapso de la cúpula y de la bóveda sobre del crucero.



Antes del terremoto...



Después del terremoto...

La más reciente restauración de la cúpula incluyó el uso de hormigón armado aunque en este caso no tuvo el comportamiento sísmico mejorado que se había previsto inicialmente.



# Terremoto de Lorca 11 de mayo de 2011: Efectos en centros educativos y de salud

Jairo A. Valcárcel



*Coloquio sobre Implicaciones del sismo de Lorca (11 de mayo de 2011) en la ingeniería sísmica, Barcelona, España, 15 de diciembre de 2011*

# Contenidos

## **1. Efectos en centros educativos**

1.1 Resumen de daños en centros educativos

1.2 Daños observados

## **2 Efectos en centros de salud**

2.1 Resumen de daños en centros de salud

2.2 Daños observados

## **3 Comentarios finales**

# 1

## Efectos en centros educativos

**Efectos en centros educativos**

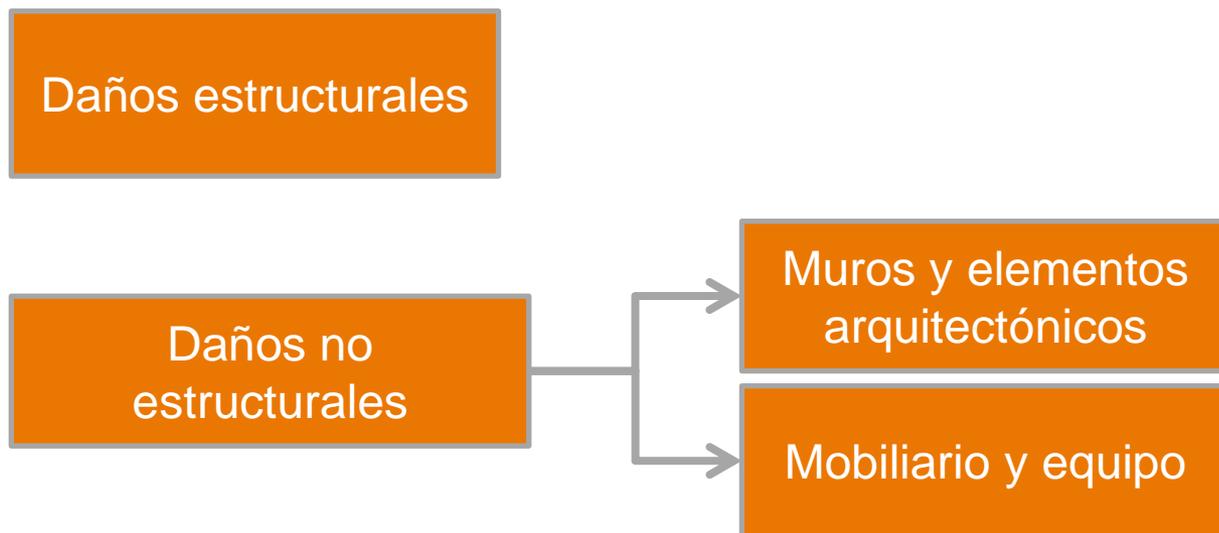
Efectos en centros de salud

Recomendaciones finales

## Efectos en centros educativos

- **Efectos en centros educativos**
- Efectos en centros de salud
- Conclusiones

*Esquema empleado en la evaluación del daño*



## Efectos en centros educativos

- Efectos en centros educativos
  - Resumen de daños en centros educativos
  - Efectos en centros de salud
- Conclusiones

### *Resumen de daños en centros educativos*

Descripción	
Centros de primaria	7 sufrieron daños que limitaron su ocupación.
Institutos de educación secundaria	3 sufrieron daños que limitaron su funcionamiento
Periodo de reactivación de clases	Entre 5 y 12 días
Alumnos afectados	Los alumnos de los centros con ocupación restringida (cerca de 6.600) fueron trasladados a otros en jornadas adicionales

(La Vanguardia 13/05/2011)

## Efectos en centros educativos

- Efectos en centros educativos
  - Daños observados
- Efectos en centros de salud
- Conclusiones



### *CEIP San José: Descripción de la estructura*



**Tipología:** Edificio de pórticos metálicos con muros de relleno de mampostería no reforzada.

**Plantas sobre rasante:** 3

**Irregularidad en planta:** alta

**Irregularidad en altura:** alta

**Periodo de construcción:** entre 1975 y 1994

## Efectos en centros educativos

### CEIP San José: Daños en particiones



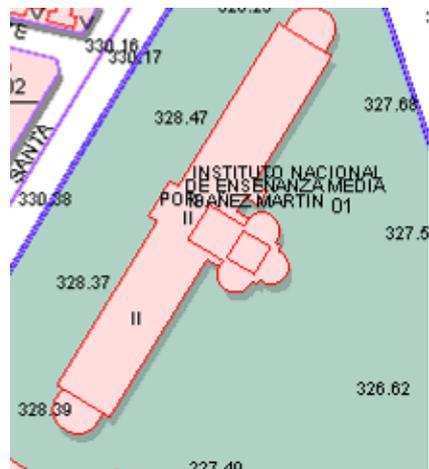
- Efectos en centros educativos
  - Daños observados
- Efectos en centros de salud
- Conclusiones

Componente	Daños
Estructural	Nulo-leves
No estructural	Leves en muros de fachada.
	Entre fuertes y severos en muros divisorios Moderados y fuertes en la escalera

## Efectos en centros educativos

- Efectos en centros educativos
  - Daños observados
- Efectos en centros de salud
- Conclusiones

### *IES J. Ibáñez Martín*



**Tipología:** Edificio compuesto. Estructura de muros de carga de mampostería no reforzada. La ampliación es una estructura de pilares y forjados reticulares de hormigón armado

**Plantas sobre rasante:** 2

**Irregularidad en planta:** alta

**Irregularidad en altura:** Baja

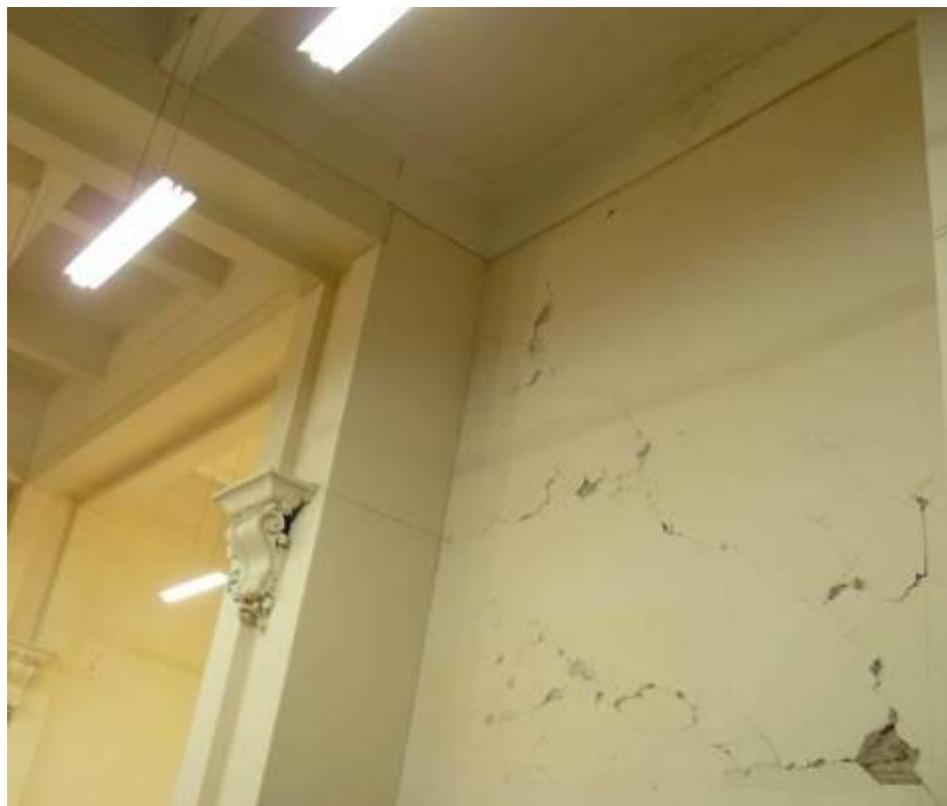
**Periodo de construcción:** Antes de 1962 (1944) El instituto fue ampliado entre los años 2002 y 2004

## Efectos en centros educativos

- Efectos en centros educativos
  - Daños observados
- Efectos en centros de salud
- Conclusiones

Componente	Daños
Estructural	Moderados
No estructural	Entre fuertes y severos en muros divisorios
	Moderados y fuertes en la escalera

### *IES J. Ibáñez Martín: Daños en muros estructurales*



## Efectos en centros educativos

- **Efectos en centros educativos**
  - **Daños observados**
- Efectos en centros de salud
- Conclusiones

### *IES J. Ibáñez Martín: Daños no estructurales*



## Efectos en centros educativos

- Efectos en centros educativos
  - Daños observados
- Efectos en centros de salud
- Conclusiones

### IES Ros Giner



**Tipología:** edificio de pilares y forjados de hormigón armado.

**Plantas sobre rasante:** 3

**Irregularidad en planta:** alta

**Irregularidad en altura:** baja

**Periodo de construcción:** Antes de 1962 (1961)

## Efectos en centros educativos

- Efectos en centros educativos
  - Daños observados
- Efectos en centros de salud
- Conclusiones

### *IES Ros Giner: Daños estructurales*



#### Componente

#### Daños

Estructural

Entre fuertes y severos

No estructural

Entre fuertes y severos en muros fachada.

Entre fuertes y severos en muros divisorios

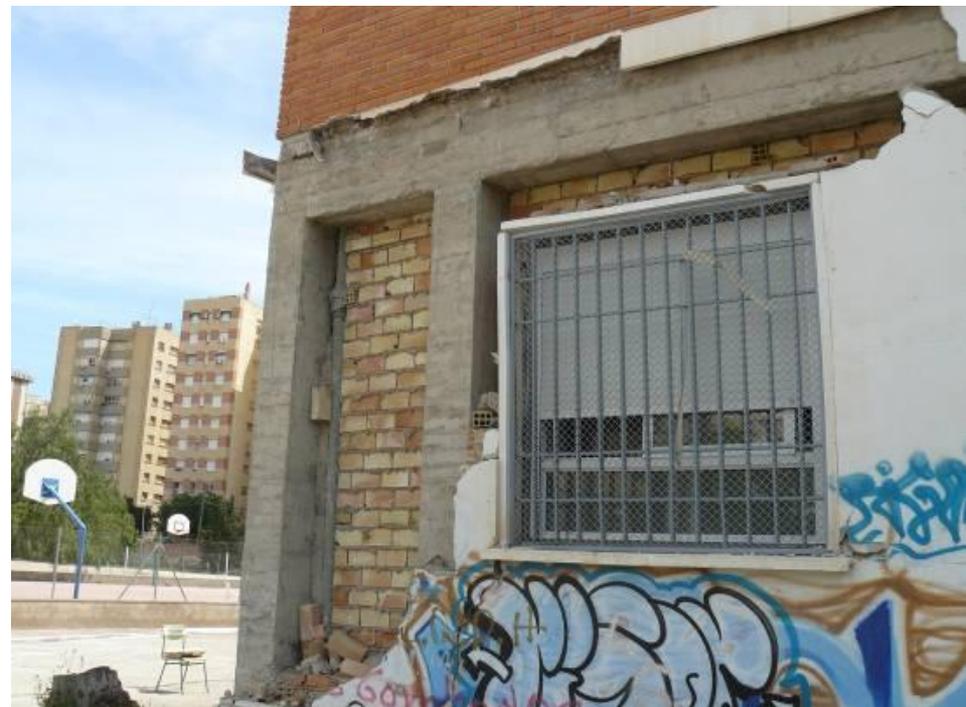
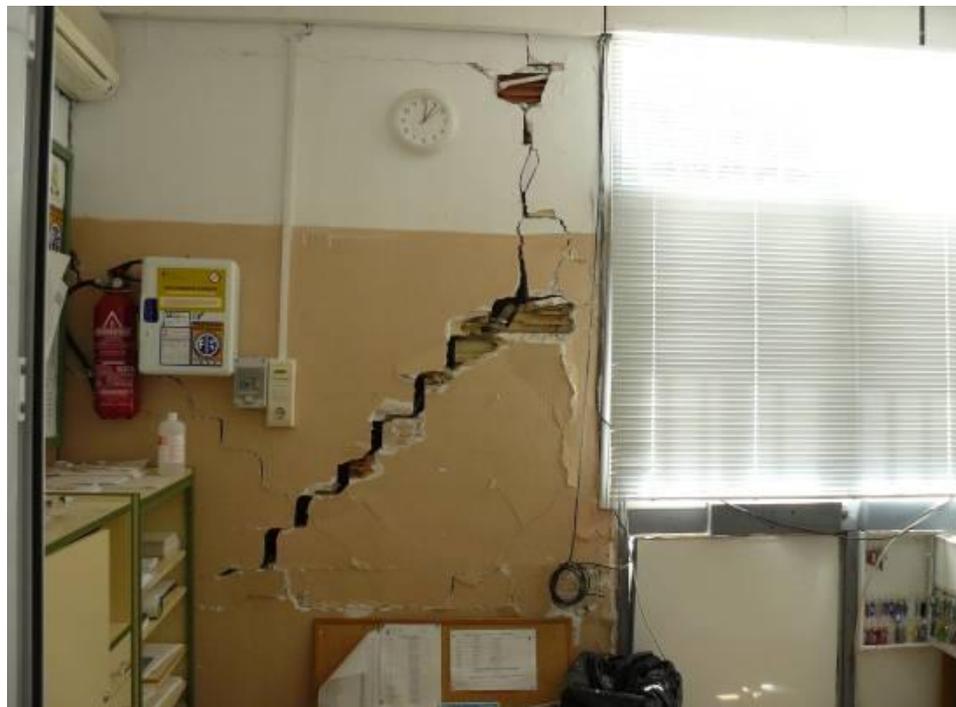
Moderados y fuertes en la escalera



## Efectos en centros educativos

### *IES Ros Giner: Daños no estructurales*

- Efectos en centros educativos
  - Daños observados
- Efectos en centros de salud
- Conclusiones



# 2

## Efectos en centros de salud

Efectos en centros educativos

**Efectos en centros de salud**

Recomendaciones finales

## Efectos en centros de salud

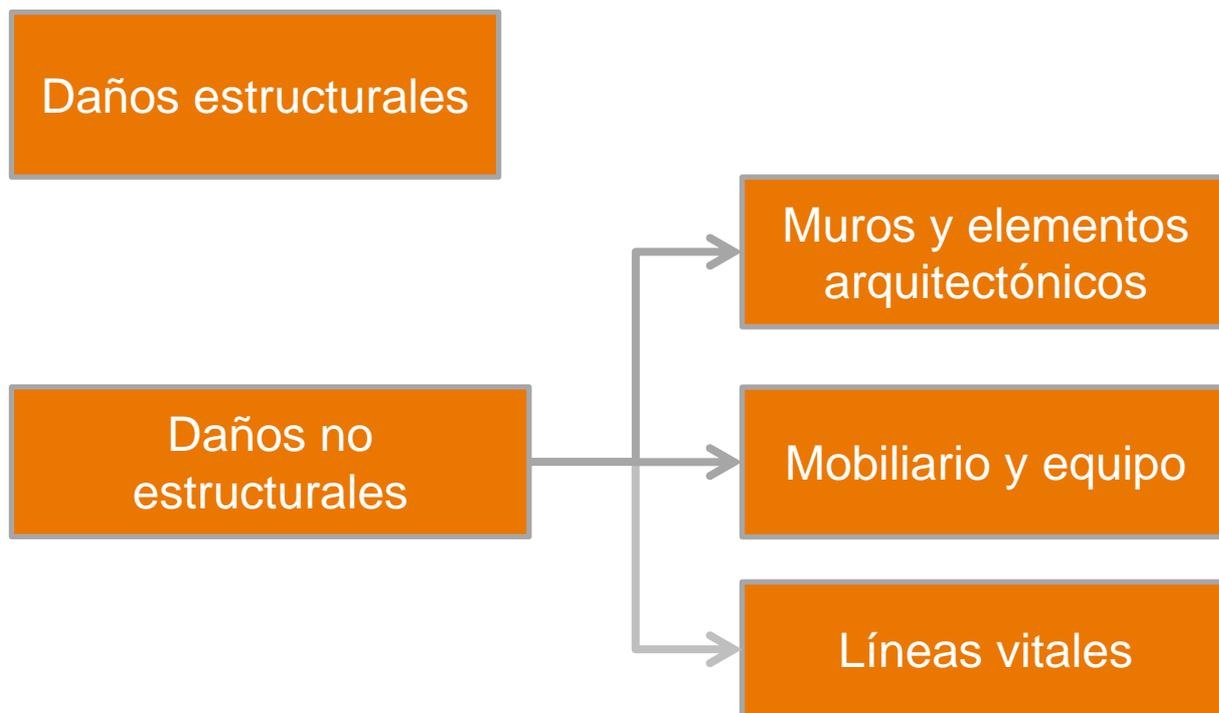
### Resumen de daños en centros de salud

Instalación	Comentarios
Hospital Rafael Méndez	Sin daños estructurales. Daños en falsos techos y en algunos muros divisorios. Varios servicios quedaron inhabilitados.
Centro de Salud Lorca Centro	Sufrió importantes daños estructurales. Su actividad se trasladó a Santa Rosa de Lima (Consejería de Sanidad y consumo 2011 b). Se resalta que estaba previsto demoler el edificio y reemplazarlo con una nueva construcción (La verdad 11/05/2011).
Centro de Salud Lorca San Diego	Presentó daños no estructurales. La reactivación de sus servicios se estimó que tardaría una semana (Consejería de Sanidad y consumo 2011c).
Centro de Salud Lorca Sur	Presentó daños no estructurales. Edificio con restricción de ocupación. La asistencia sanitaria se traslado al centro de Salud Mental (Consejería de Sanidad y consumo 2011d).

## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
- Recomendaciones finales

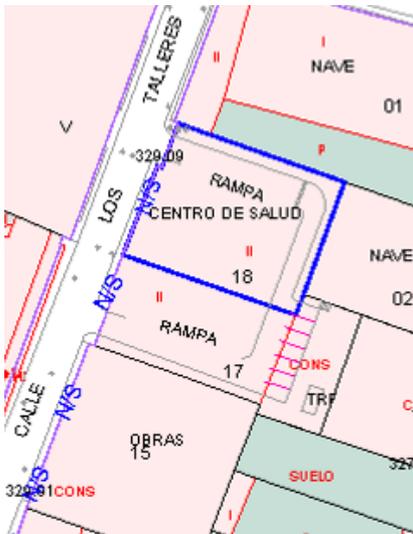
*Esquema empleado para la descripción de los daños*



## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

### Centro de salud Lorca - Sur



**Tipología:** edificio de pilares y forjados de hormigón armado. La cubierta es ligera de estructura metálica

**Plantas sobre rasante:** 3

**Irregularidad en planta:** Baja

**Irregularidad en altura:** Baja

**Observaciones:** Algunos pilares cambian de sección, siendo rectangulares en la planta baja y circulares en la primera. No se puede asegurar que exista continuidad de los pilares.

## Efectos en centros de salud

### *Daños en elementos no estructurales – Muros exteriores*

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales



## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

### *Daños en elementos no estructurales – Muros interiores y particiones*



Componente	Daños
Estructural	Entre nulos y leves
No estructural	Entre moderados y fuertes en muros fachada.
	Moderados en muros divisorios
	Leves en la escalera
	Fuertes en los falsos techos

## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

### *Daños en elementos no estructurales – Muros interiores y particiones*



## Efectos en centros de salud

### *Daños en elementos no estructurales – Falsos techos*

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales



## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

### *Hospital Rafael Méndez*



**Tipología:** El hospital se encuentra en una estructura modular compuesta. Su estructura es de pilares y forjados de hormigón armado. La ampliación es una estructura de pórticos de acero con muros de relleno de mampostería no reforzada.

**Número de plantas sobre rasante :** 4

**Irregularidad en planta:** Alta

**Irregular en altura:** Alta

**Periodo de construcción** 1974-1994 (1990)



## Efectos en centros de salud

### *Daños en elementos no estructurales - Muros de fachada*

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

Componente	Daños
Estructural	Entre nulos y leves
No estructural	Entre nulos y leves en muros fachada.
	Entre leves y moderados en muros divisorios
	Leves en la escalera
	Entre fuertes y severos en los falsos techos
	Sin daño en equipos y contenidos



## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

### *Daños en elementos no estructurales - Muros internos y particiones*



## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

### *Daños en elementos no estructurales - ventanería*



## Efectos en centros de salud

### *Daños en elementos no estructurales - Falsos techos*



- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

Anclaje de estantes a los suelos o al suelo

Protecciones que impidan la caída de los contenidos

### *Daños en elementos no estructurales - Mobiliario*



## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

Anclaje de las lámparas de la sala de operaciones

### *Daños en elementos no estructurales – Equipo médico*

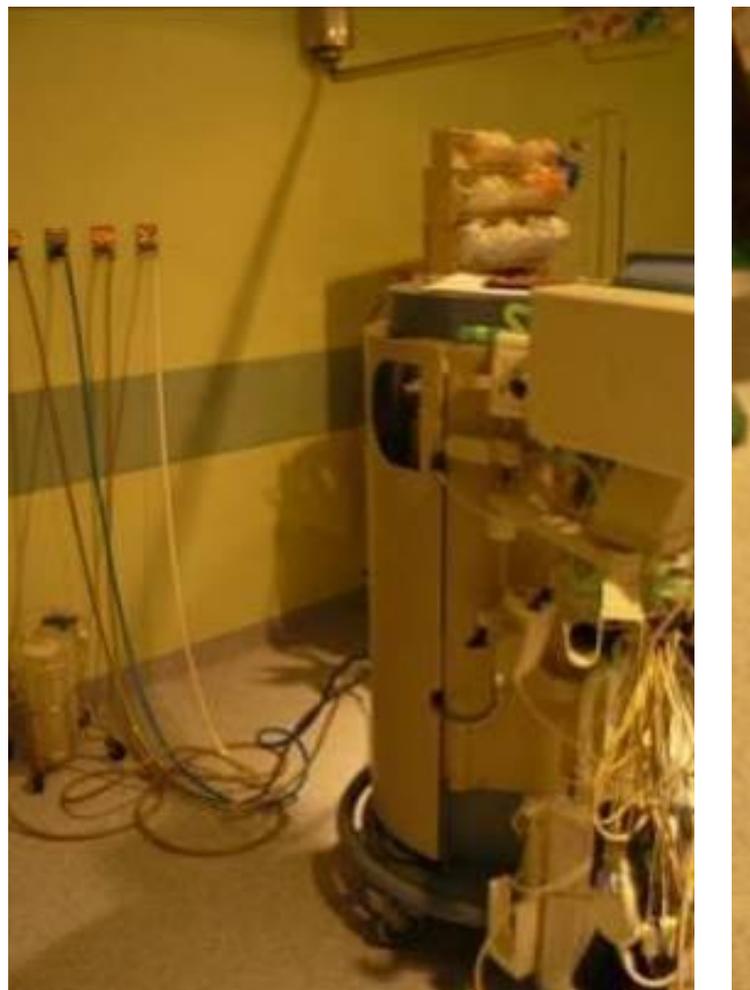


## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

El equipo auxiliar se encuentra sobre mesas rodantes

### *Daños en elementos no estructurales – Equipo médico*



## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

Anclaje de la mesa de operaciones

*Daños en elementos no estructurales – Equipo médico*



## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

Mantenimiento de equipos

Anclajes a la pared

### *Daños en elementos no estructurales – Equipo médico*



## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

### *Daños en elementos no estructurales – Equipo médico*



## Anclajes al techo

## Efectos en centros de salud

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales

Tanques ubicados a las afueras del hospital, en zonas aisladas

### *Daños en elementos no estructurales – Líneas vitales*



## Efectos en centros de salud

### *Daños en elementos no estructurales – Líneas vitales*

#### Anclajes de los tanques al suelo

- Efectos en centros educativos
- **Efectos en centros de salud**
  - **Daños observados**
- Recomendaciones finales



# 3

## Recomendaciones

Efectos en centros educativos

Efectos en centros de salud

**Recomendaciones**

## Recomendaciones

- Efectos en centros educativos
- Efectos en centros de salud
- **Recomendaciones**

### *Gestión del riesgo en edificios esenciales*

El terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 es una nueva llamada de atención sobre la gestión de la seguridad de edificios de importancia especial como instalaciones de salud y centros educativos frente al peligro sísmico.

La gestión de la seguridad de dichos edificios implica:

- La evaluación de riesgos
- El diseño de planes de mitigación fundamentados en relaciones de beneficio costo
- La financiación y ejecución de tales actividades.

Un esquema de programas continuos de reducción de la vulnerabilidad de centros educativos y de hospitales se encuentra en los documentos FEMA 395 y FEMA 396 respectivamente.

## Recomendaciones

- Efectos en centros educativos
- Efectos en centros de salud
- **Recomendaciones**

### *Control de daños no estructurales en centros educativos*

En algunos de los centros educativos que no han sufrido daños estructurales, se observaron daños no estructurales fuertes y severos que limitaron la ocupación del edificio.

Debe prestarse especial atención a este tipo de daños ya que pueden causar lesiones en los niños, así como dificultar en muchos casos la salida del edificio por obstaculizar las escaleras o la apertura de puertas

## Recomendaciones

- Efectos en centros educativos
- Efectos en centros de salud
- **Recomendaciones**

### *Recuperación basada en la mitigación de riesgos*

La reparación de los centros educativos afectados debe superar el alcance de una solución temporal de la emergencia y orientarse a la rehabilitación de los equipamientos para que cumplan los estándares de seguridad exigidos para edificios de importancia especial.

Así mismo, los daños observados deben motivar el desarrollo de programas regionales/nacionales de reducción de la vulnerabilidad estructural y no estructural de los centros educativos para garantizar la seguridad de los estudiantes y de las inversiones realizadas

## Recomendaciones

- Efectos en centros educativos
- Efectos en centros de salud
- **Recomendaciones**

### *Gestión de la seguridad de los sistemas hospitalarios*

Algunas de las instalaciones de servicios médicos perdieron su funcionamiento debido a su vulnerabilidad no estructural.

Este hecho debe motivar a los encargados del servicio de salud a evaluar la vulnerabilidad y el riesgo de las instalaciones de la región, considerando aspectos estructurales, no estructurales y de capacidad de respuesta a la emergencia.

Al respecto, se considera que el Índice de Riesgo de Hospitales sugerido en Valcárcel et al (2011) puede ser una herramienta útil para la definición de medidas preventivas y correctivas, orientadas a garantizar la seguridad de los servicios médicos y de sus usuarios



# Reflexiones sobre el terremoto de Lorca

A. Barbat



1. La magnitud del terremoto encaja en lo que se puede esperar en la zona para un período de retorno de 475 años. La aceleración pico del terreno más alta que la de la norma NCSE-02 es explicable.
2. Es más eficiente realizar la evaluación rápida de daños por inspectores con experiencia o entrenados previamente.
3. No es previsible el cambio en las tipologías estructurales que se utilizan hay que aprender a convivir con ellas.
4. Los errores de configuración estructural dentro de la misma tipología (algunos de práctica habitual) empeoran el comportamiento sísmico.
5. Errores de configuración similares conducen a daños y a pérdidas por sismo similares en diferentes zonas sísmicas del mundo.

6. El terremoto de Lorca no ha producido daños estructurales o no estructurales inesperados, que no se hayan producido, estudiado y catalogado en otras zonas sísmicas de Europa y del resto del mundo.
7. Los elementos no estructurales pueden dañarse incluso cuando la estructura de hormigón armado tiene un comportamiento lineal elástico.
8. La reparación de estructuras dañadas por terremotos debe llevarse a cabo por especialistas, después de realizar un proyecto de reparación.
9. Los edificios monumentales de mampostería reparados o reforzados en los años 60 mediante elementos de hormigón armado no tienen un buen comportamiento sísmico.
10. En los edificios esenciales deben evitarse no sólo los daños estructurales sino también los no estructurales y en las instalaciones.

# Terremoto de Lorca 11 de mayo de 2011: Efectos en centros educativos y de salud

## Gracias por su atención



*Coloquio sobre Implicaciones del sismo de Lorca (11 de mayo de 2011)  
en la ingeniería sísmica, Barcelona, España, 15 de diciembre de 2011*