

Instituto de Estudios Ambientales IDEA
Sede Manizales
25 Años



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

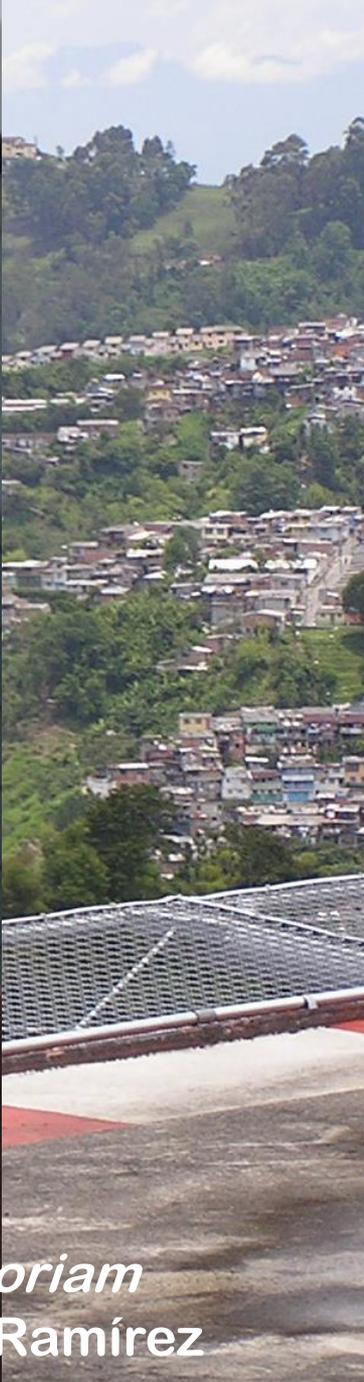


SEMINARIO INTERDISCIPLINAR INGENIERÍA, RIESGO Y CULTURA

La Experiencia de Manizales - Homenaje In Memoriam: Samuel Darío Prieto Ramírez

**En el marco de los 25 años del Instituto de Estudios Ambientales IDEA
de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales**

Noviembre 8 de 2016



Homenaje *in memoriam*
Samuel Darío Prieto Ramírez

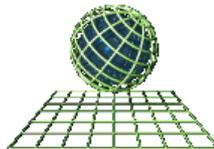
Vulnerabilidad sísmica de edificios: *de la intuición a la evaluación*

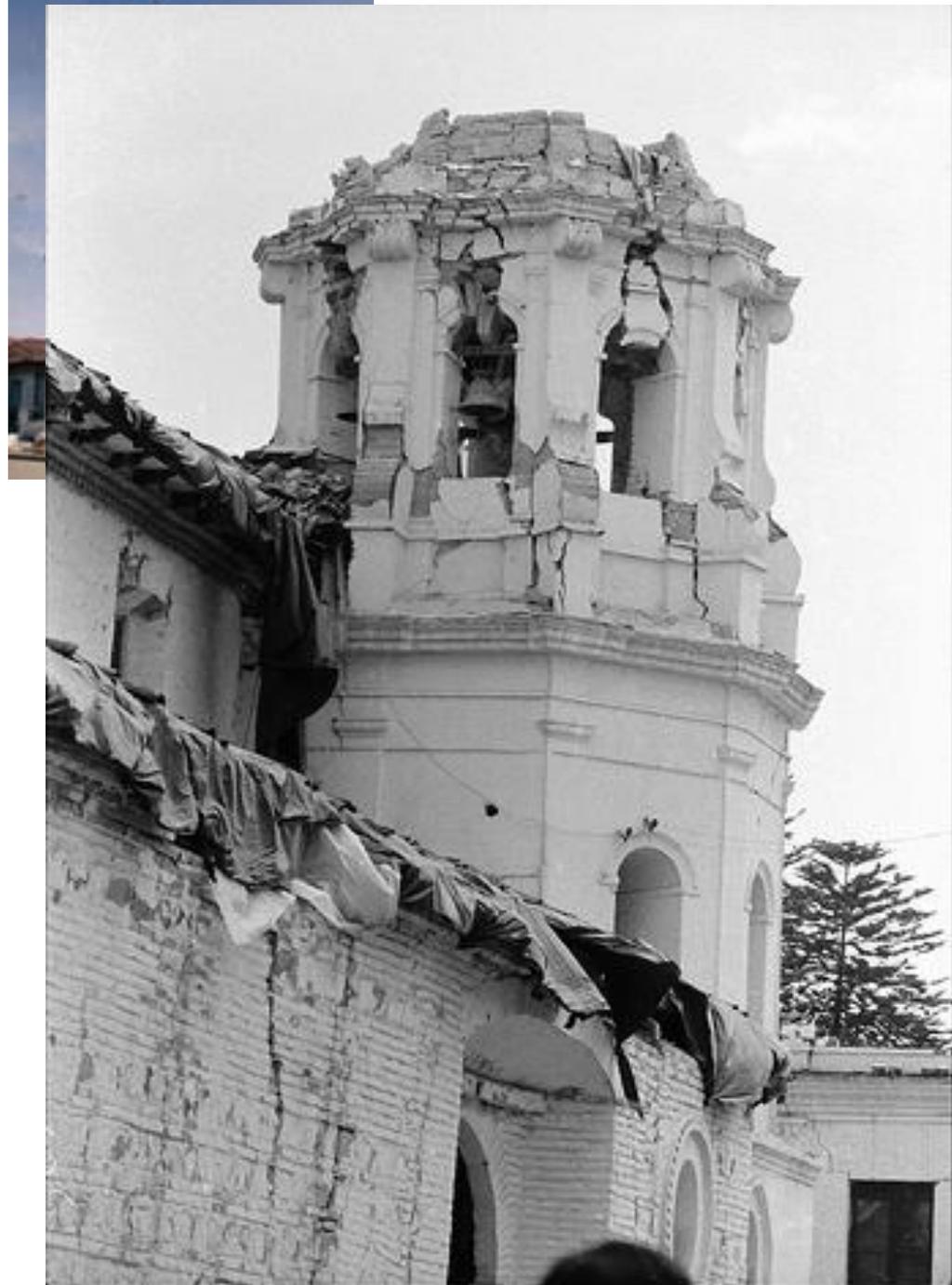
A. H. Barbat

M. Salgado
M. L. Carreño
O. D. Cardona
Y. F. Vargas

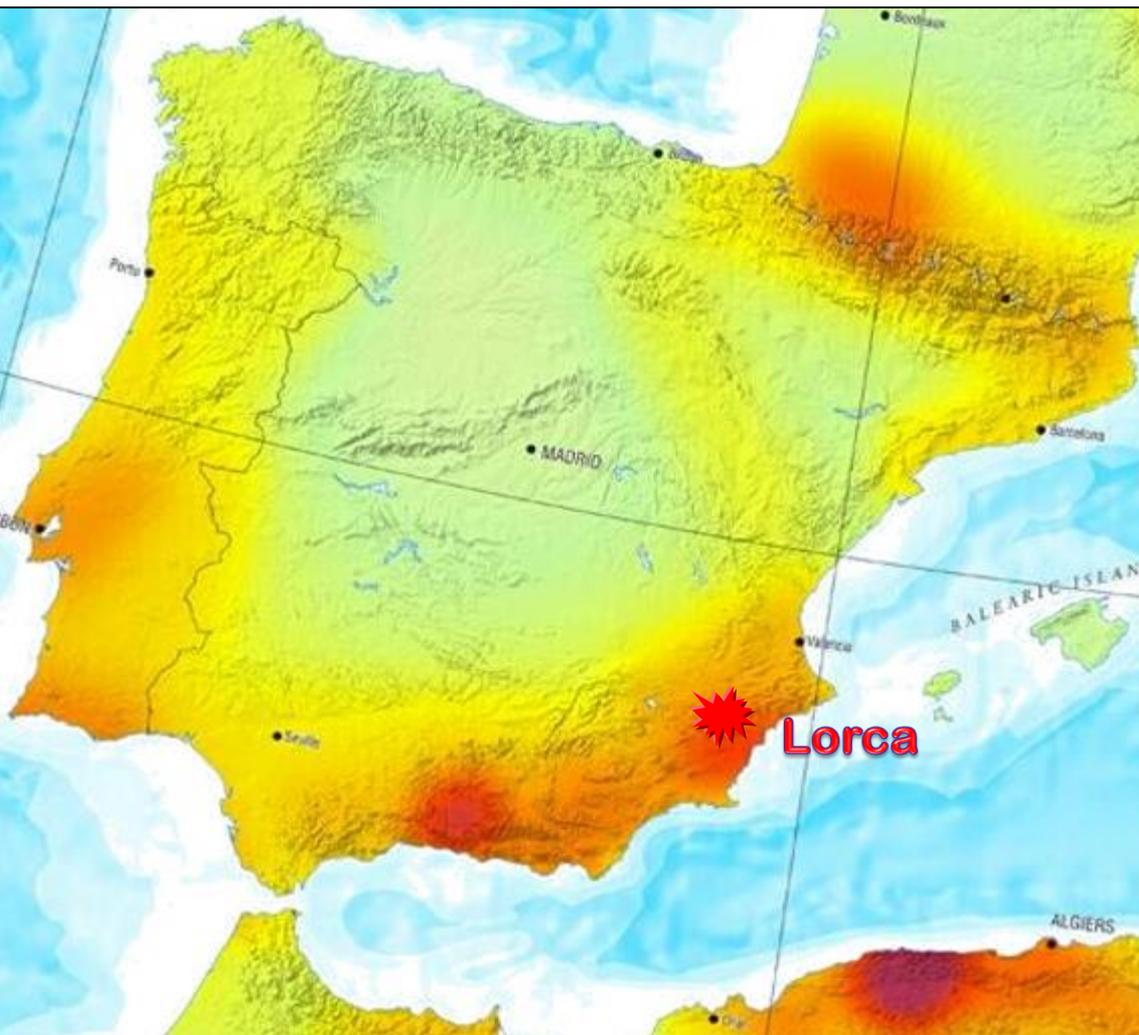


Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España
Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería



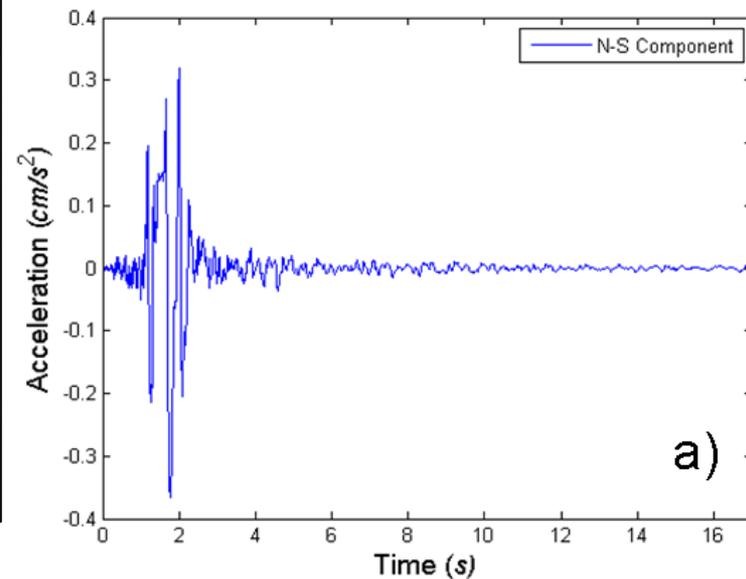




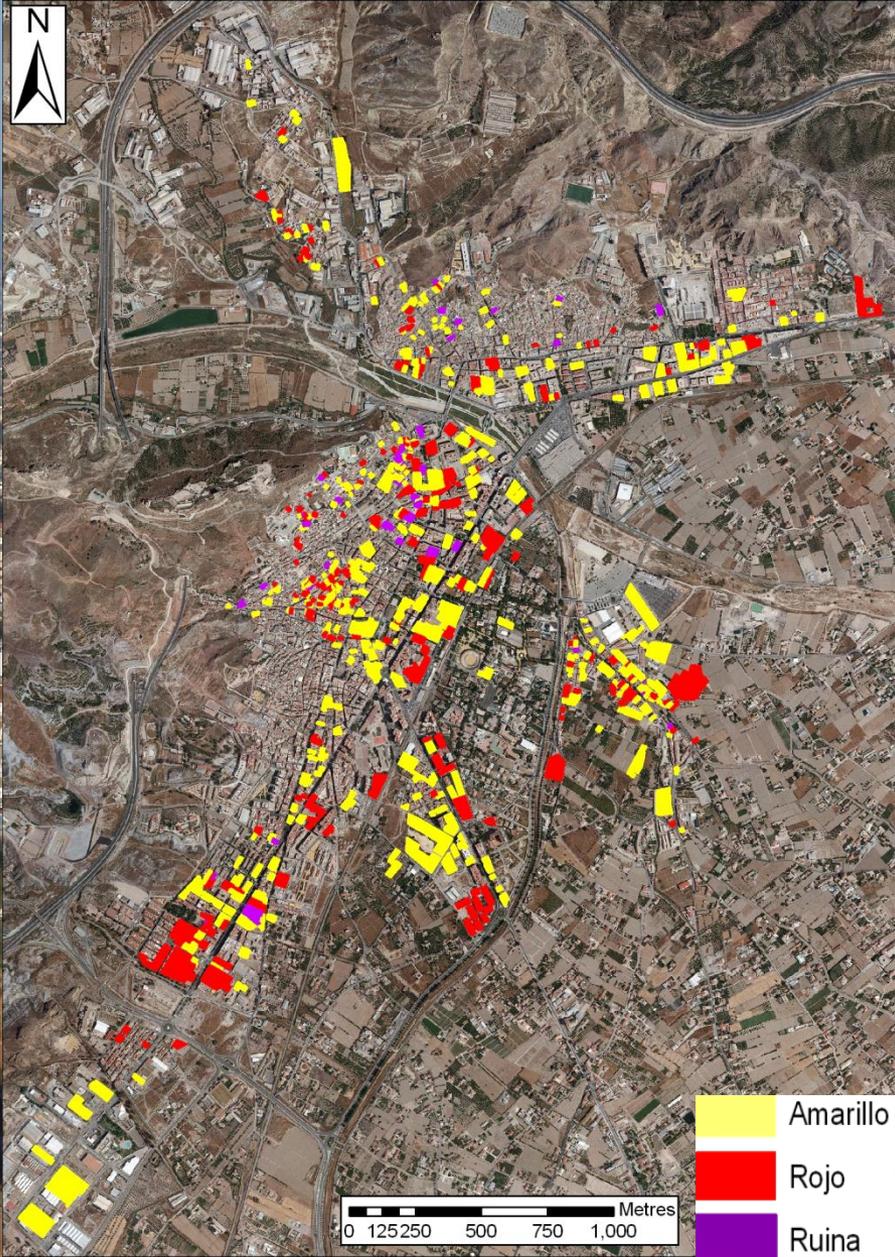
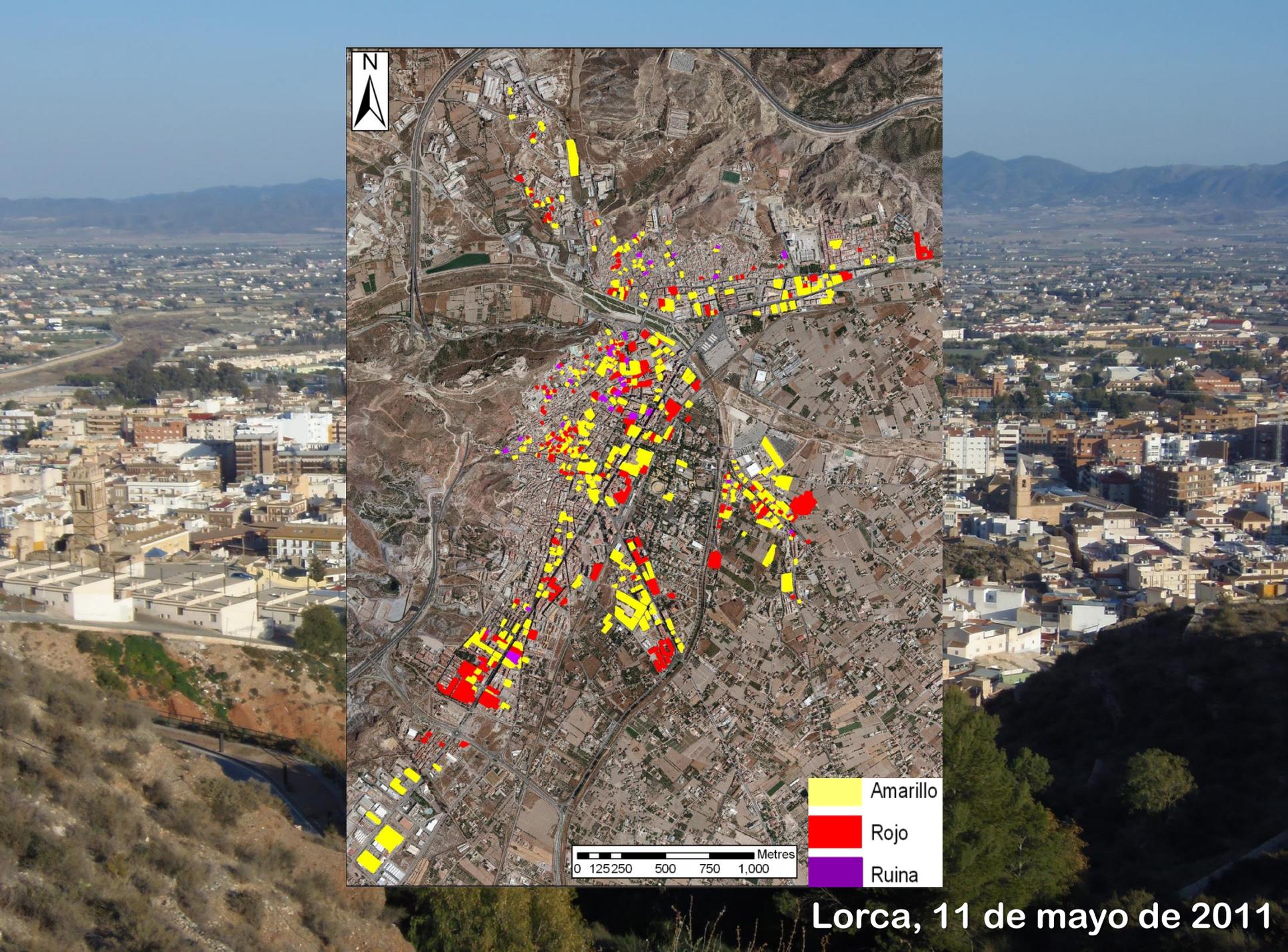


Terremoto moderado
esperable para $T=475$ años

$M=5,1$
 $PGA=0,37\text{ g}$
Duración $1,5\text{ s}$
 $I=VII$



Lorca, 11 de mayo de 2011



Lorca, 11 de mayo de 2011

Pérdidas relevantes para un terremoto moderado

9 fallecidos

más de 300 heridos

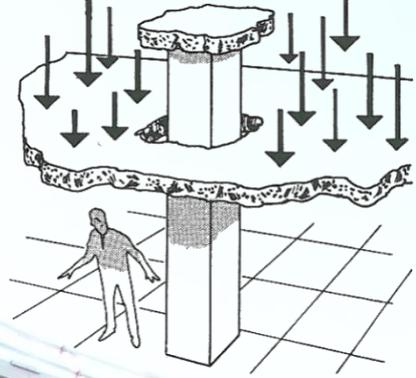
- verde ⇒ edificio seguro y habitable
- amarillo ⇒ más de 10 000 personas sin hogar
estructurales, habitable después de su reparación
- rojo ⇒ edificio ≈ 500 M€ estructurales
pagados por las compañías de seguros
- morado ⇒ edificio con daños
estructurales graves, con riesgo de demolición

Fecha	Verde	Amarillo	Rojo	Morado
27 de octubre	1339 (17%)	694 (9%)	329 (4%)	

Lorca, 11 de mayo de 2011









Terremoto de Bucarest, 1977

Centro de cálculo del Ministerio de Telecomunicaciones

Seminario sobre Ingeniería, Riesgo y Cultura, Manizales, 8 de noviembre de 2016

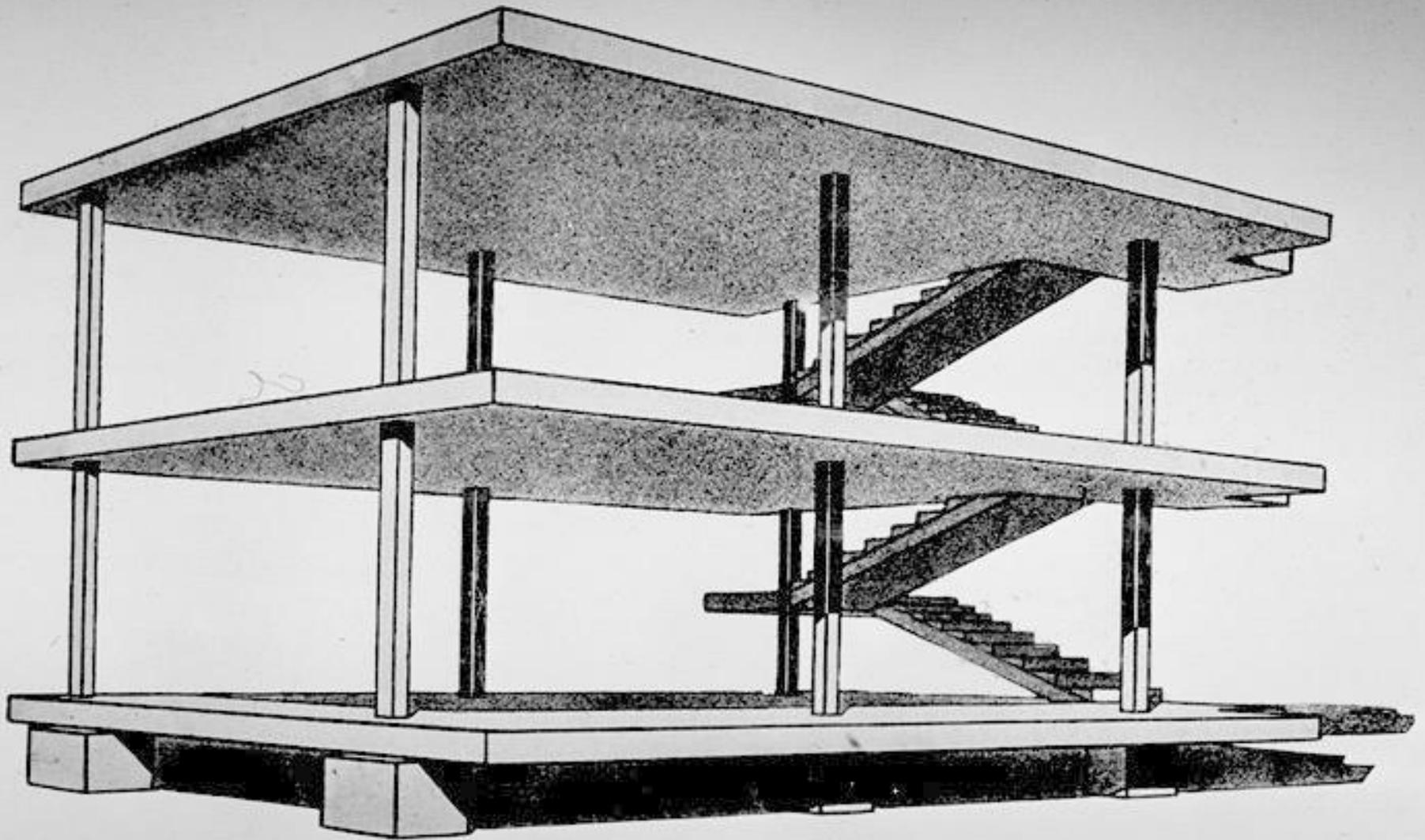


Pedernales 2016





Pedernales 2016



Le Corbusier, Domino House, 1915





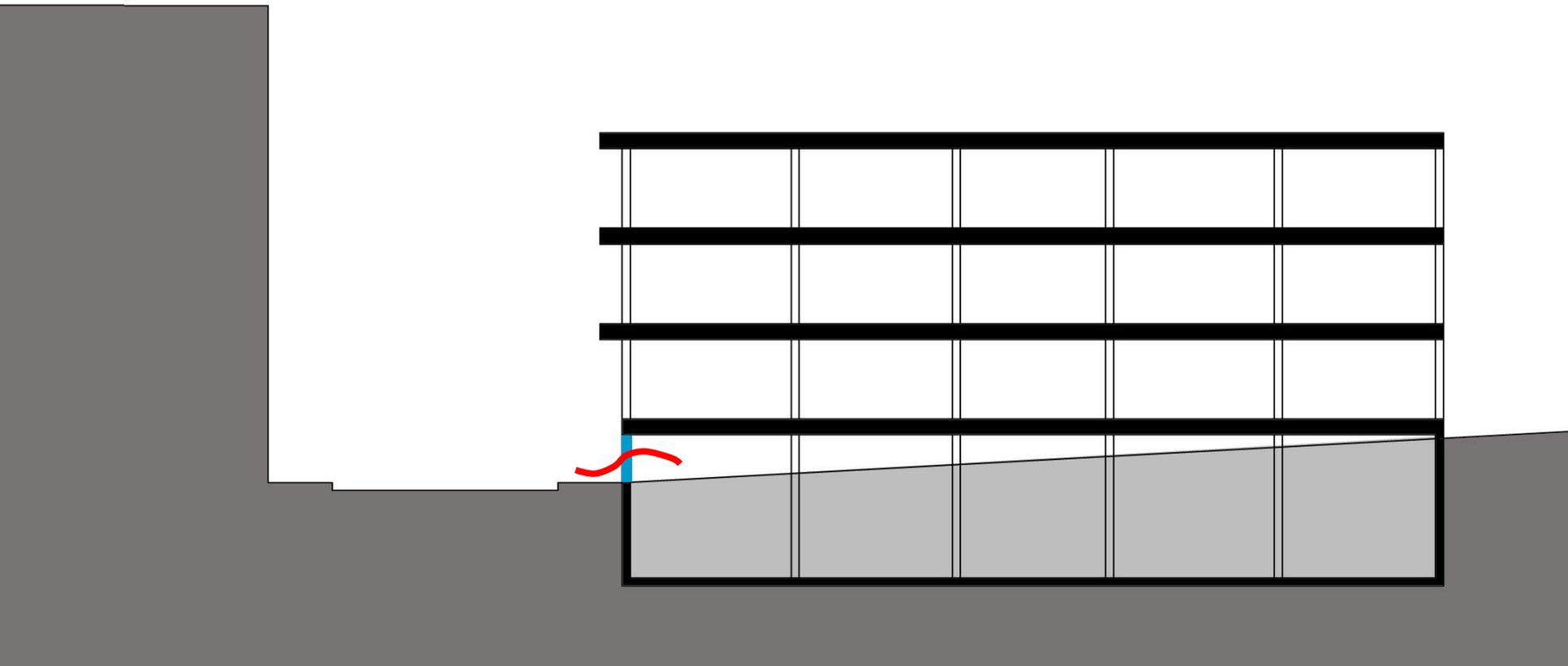


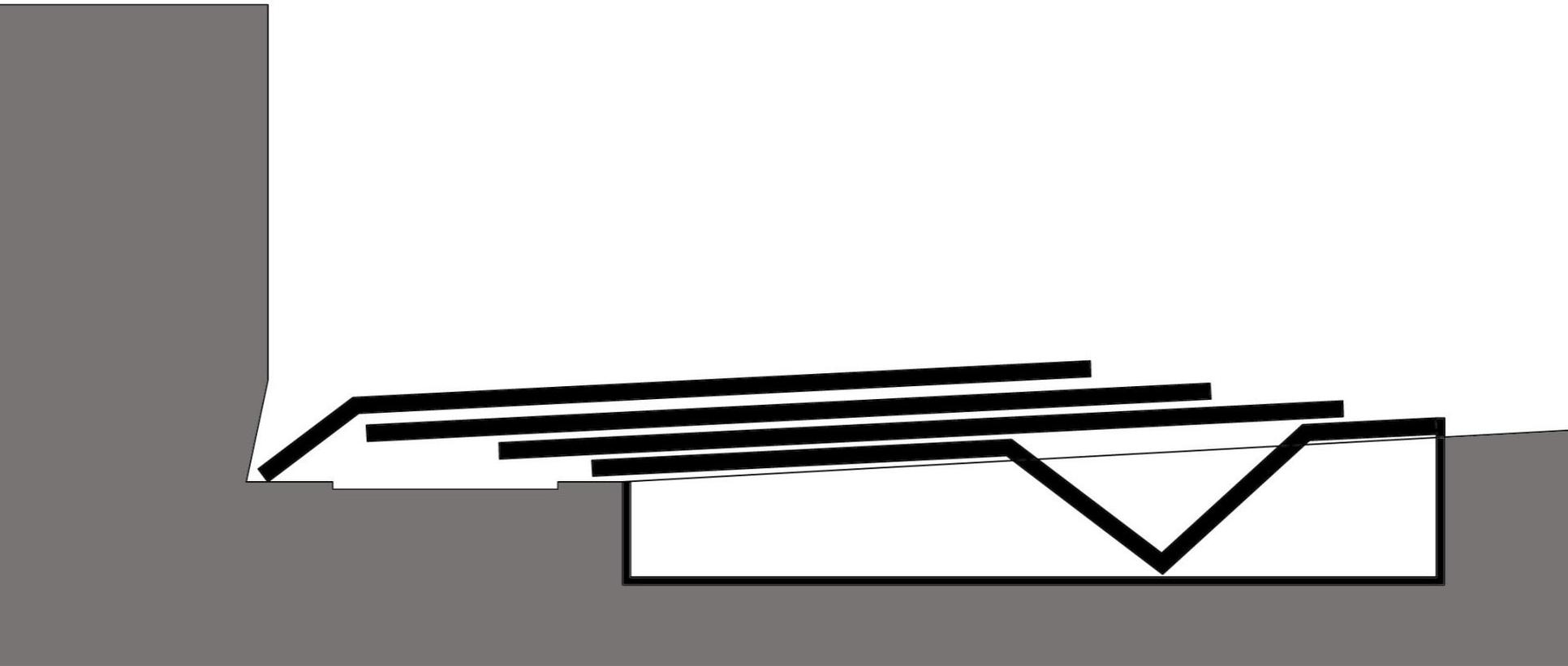


















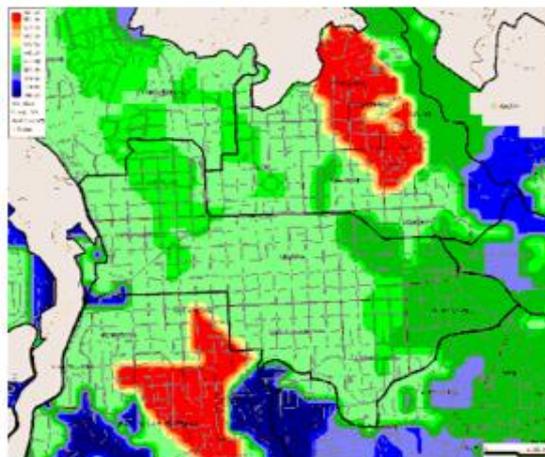






Vulnerabilidad y riesgo

amenaza



Elemento expuesto



riesgo

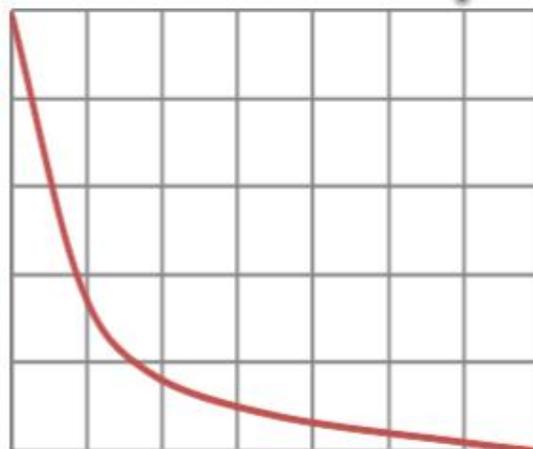


vulnerabilidad



Modelización probabilista

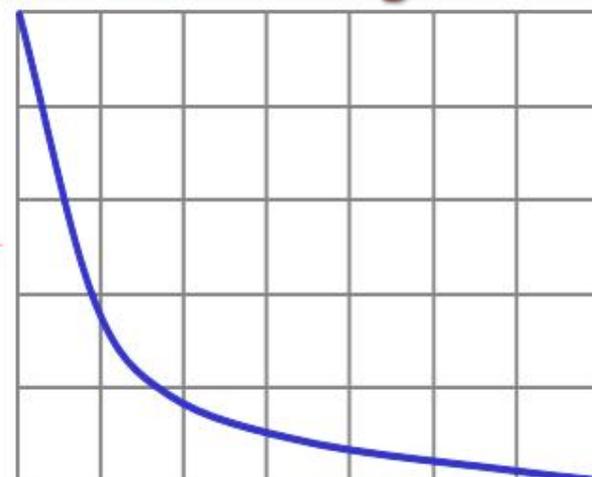
Curva de amenaza



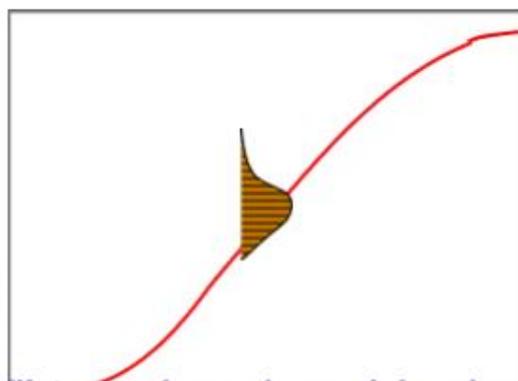
Elemento expuesto



Curva de riesgo

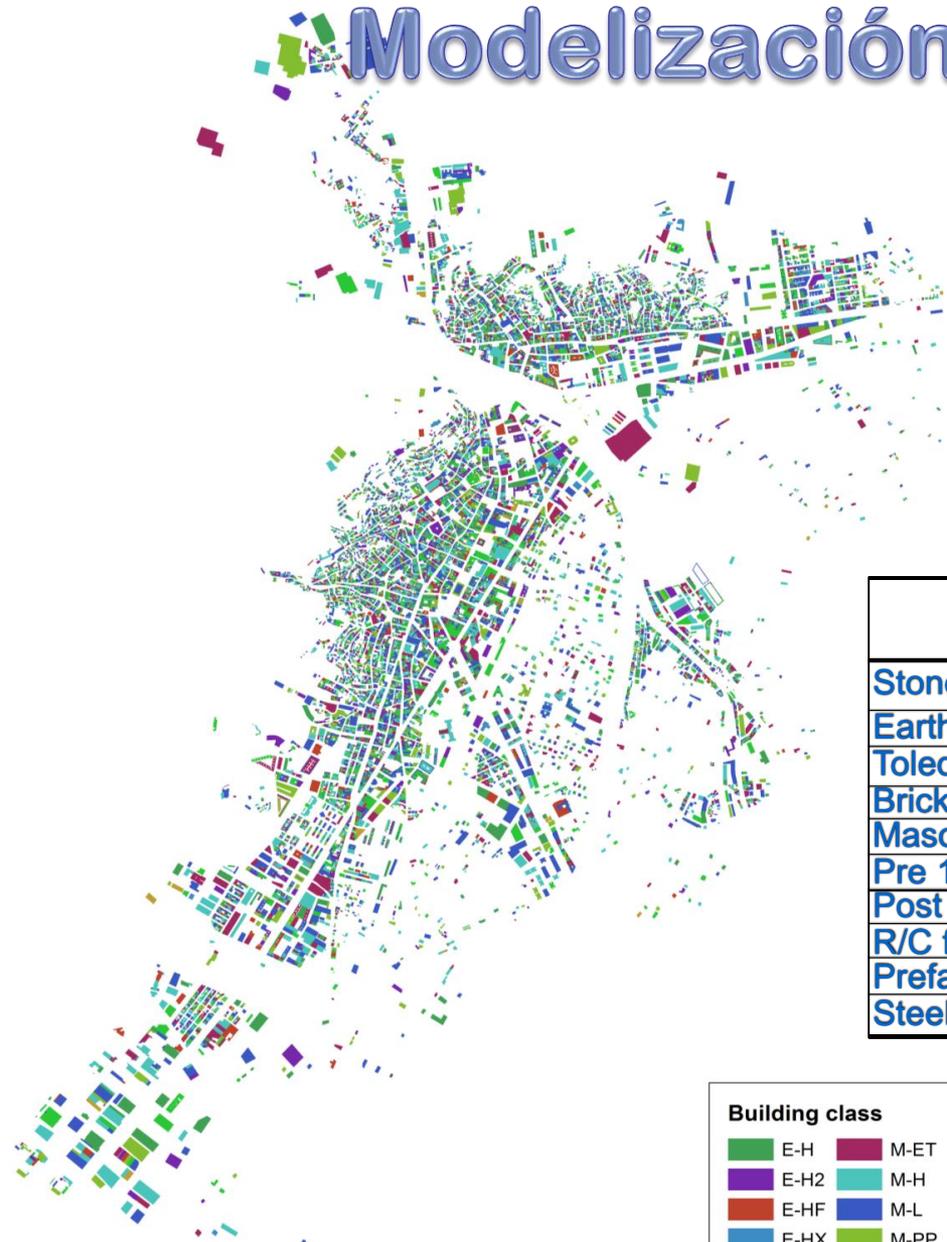


Curva de vulnerabilidad



El riesgo es un concepto probabilista \Rightarrow el uso de modelos de evaluación probabilista del riesgo no es opcional

Modelización probabilista



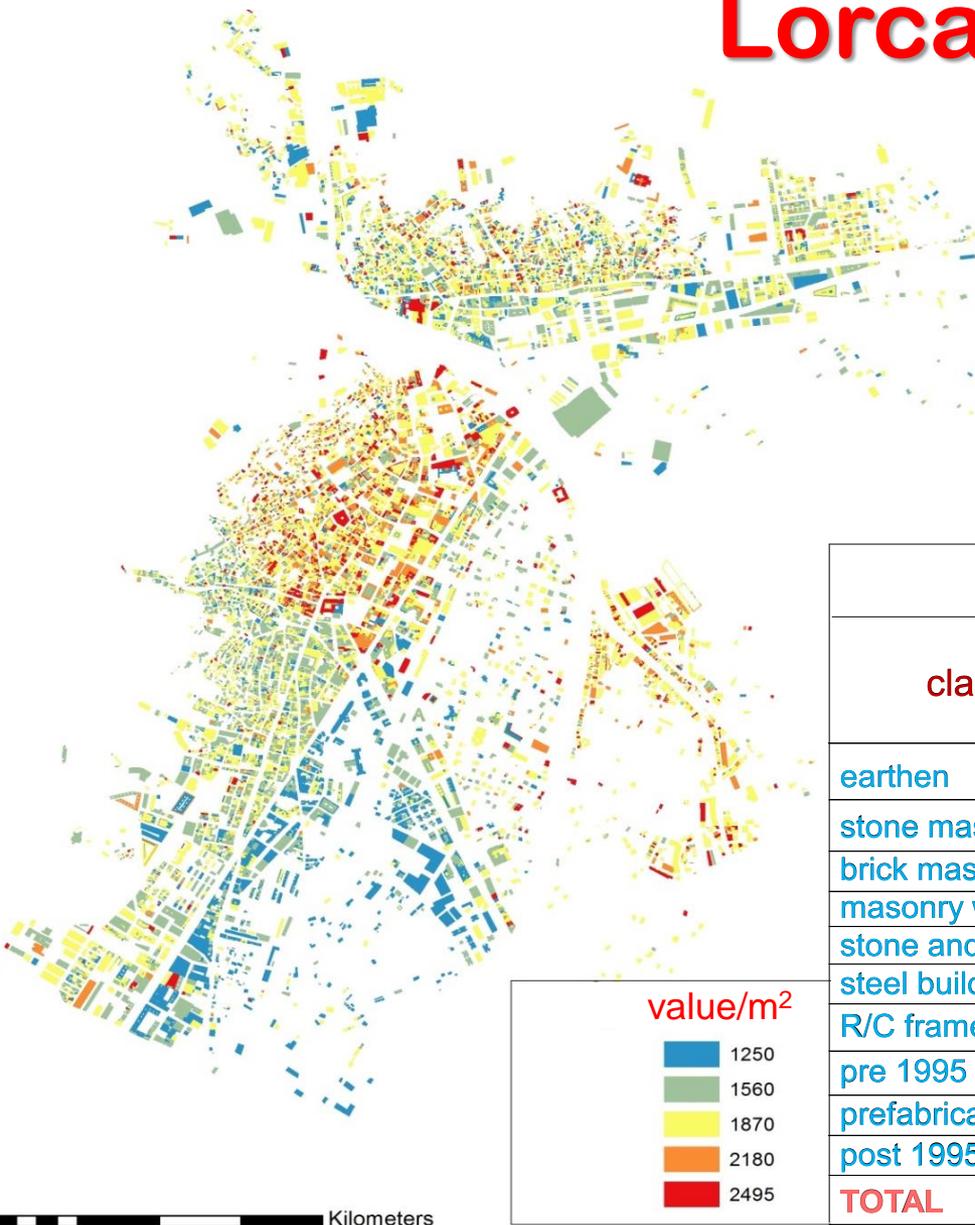
tipo de edificio	código
Stone masonry	M-PP
Earthen	M-TA
Toledo masonry	M-ET
Brick masonry	M-L
Masonry walls and R/C slabs	M-H
Pre 1995 R/C frames	E-H
Post 1995 R/C frames	E-H2
R/C frames with steel braces	E-HX
Prefabricated R/C structures	E-HF
Steel buildings	E-MT

Building class	
■ E-H	■ M-ET
■ E-H2	■ M-H
■ E-HF	■ M-L
■ E-HX	■ M-PP
■ E-MT	■ M-TT



00.125 0.25 0.5 0.75 1 Kilometres

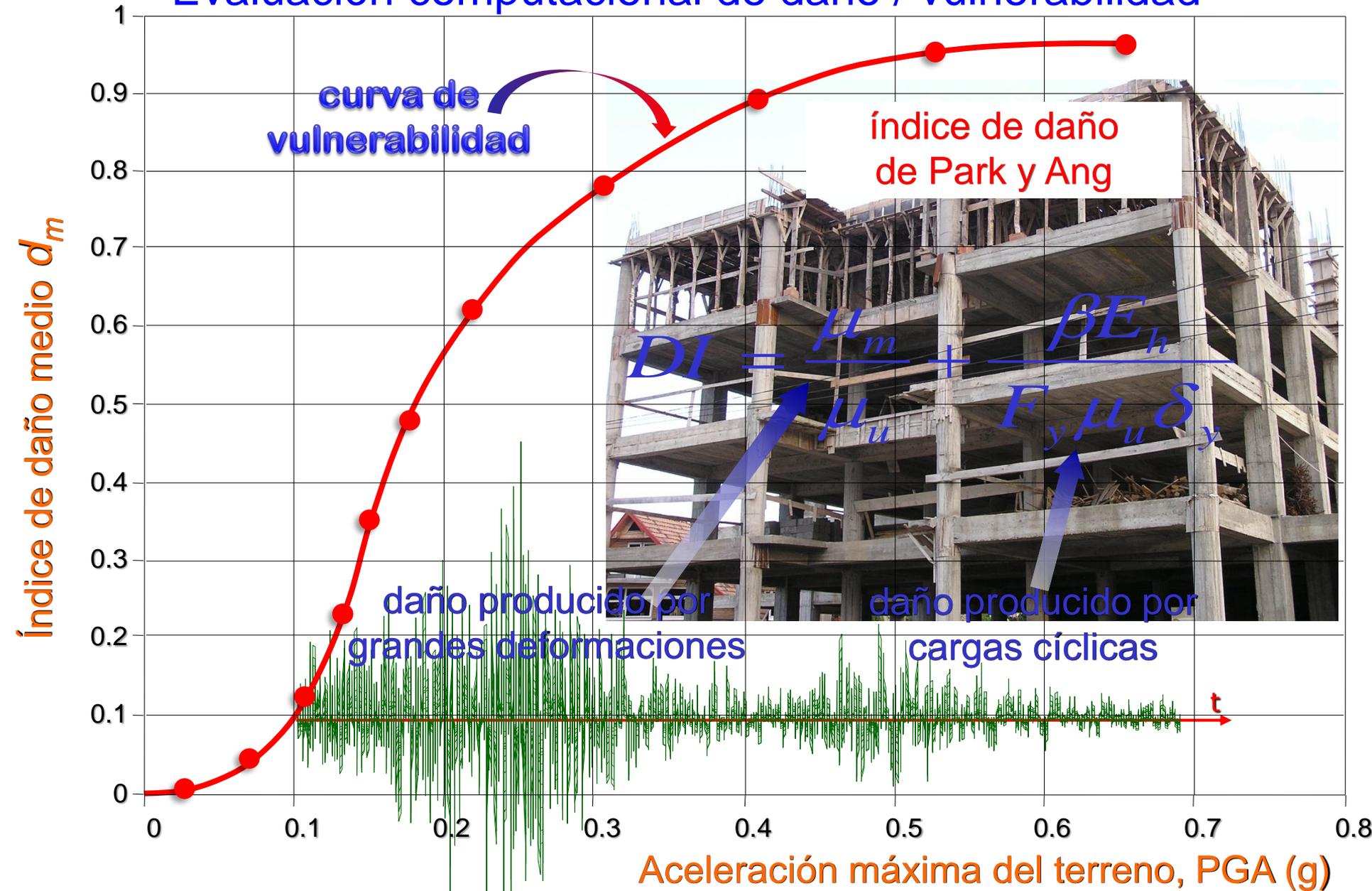
Lorca



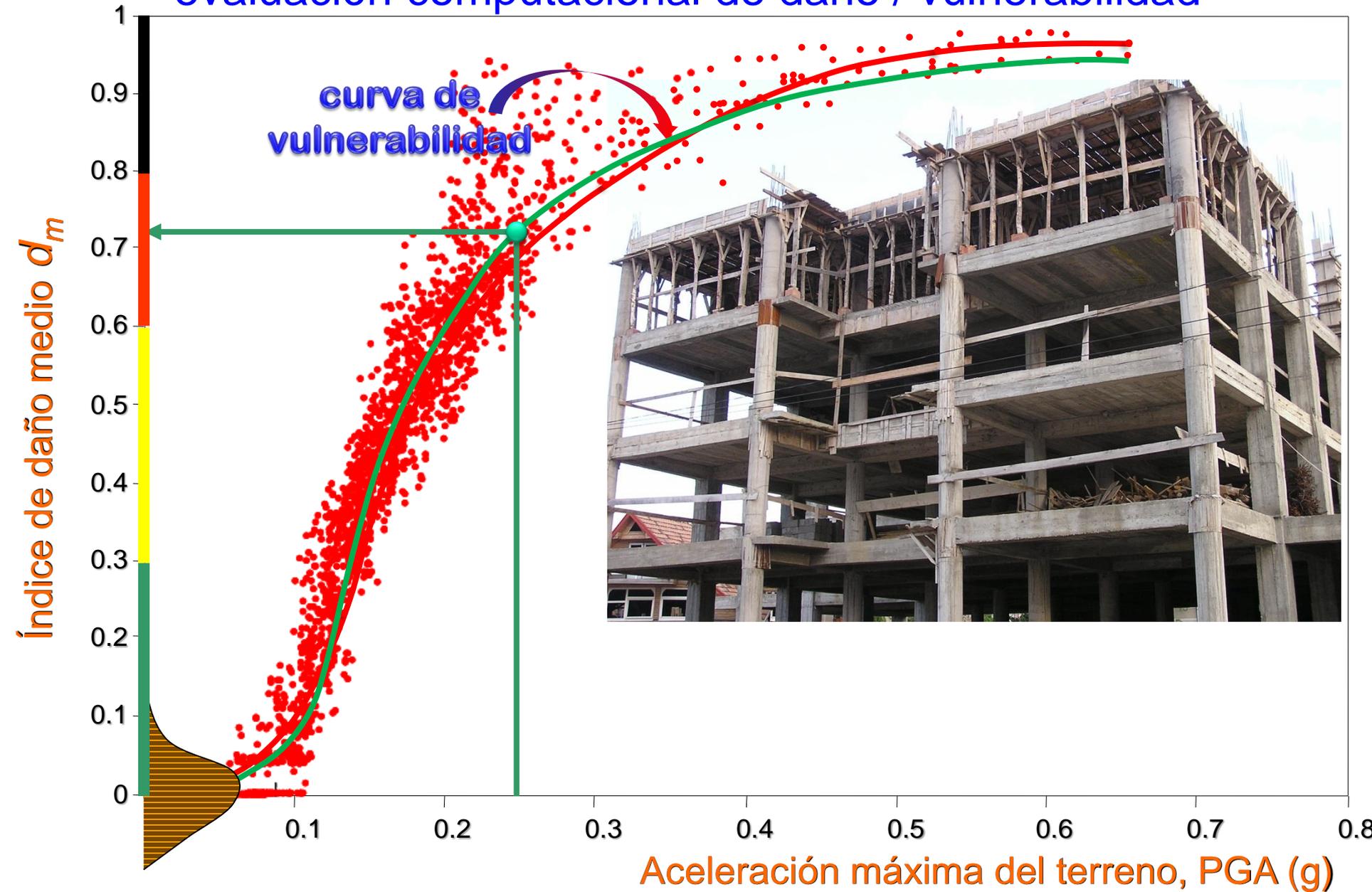
classes	buildings		exposure	
	number	dwellings (%)	replacement value	
			monetary	%
earthen	1,972	11.19	774.1 M€	11.63
stone masonry	1,777	10.09	620.1 M€	9.31
brick masonry	3,757	21.33	1,347.1 M€	20.23
masonry walls and R/C slabs	3,514	19.95	1,352.1 M€	20.31
stone and brick blocks	1,953	11.09	739.7 M€	11.11
steel buildings	177	1.00	103.0 M€	1.55
R/C frames with steel braces	170	0.97	86.9 M€	1.30
pre 1995 R/C frames	2,346	13.32	846.4 M€	12.71
prefabricated R/C structures	703	3.99	255.5 M€	3.84
post 1995 R/C frames	1,247	7.08	533.5 M€	8.01
TOTAL	17,616	100	6,927.7 M€	100

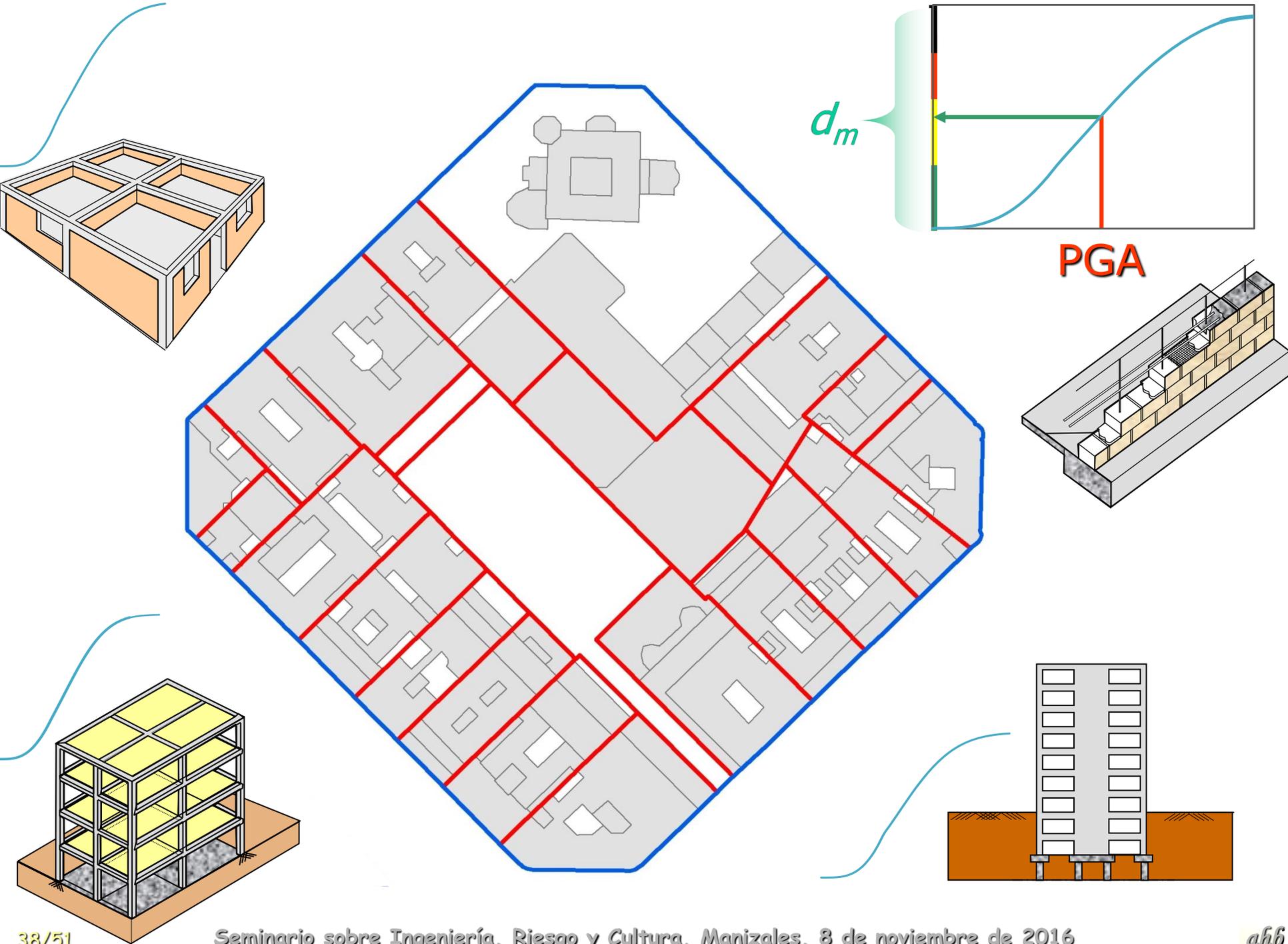
0.125 0.25 0.5 0.75 1 Kilometers

Evaluación computacional de daño / vulnerabilidad

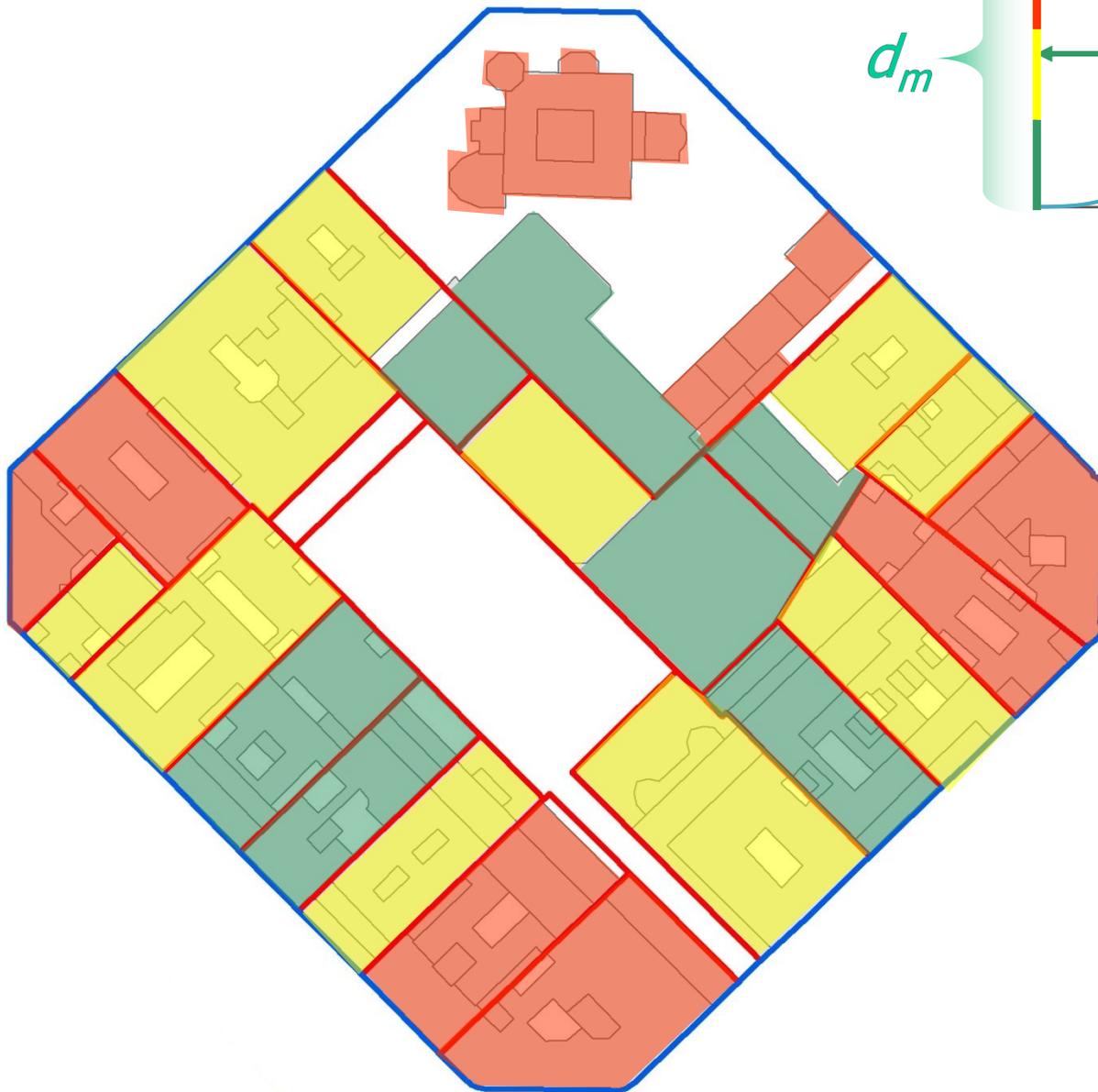


evaluación computacional de daño / vulnerabilidad

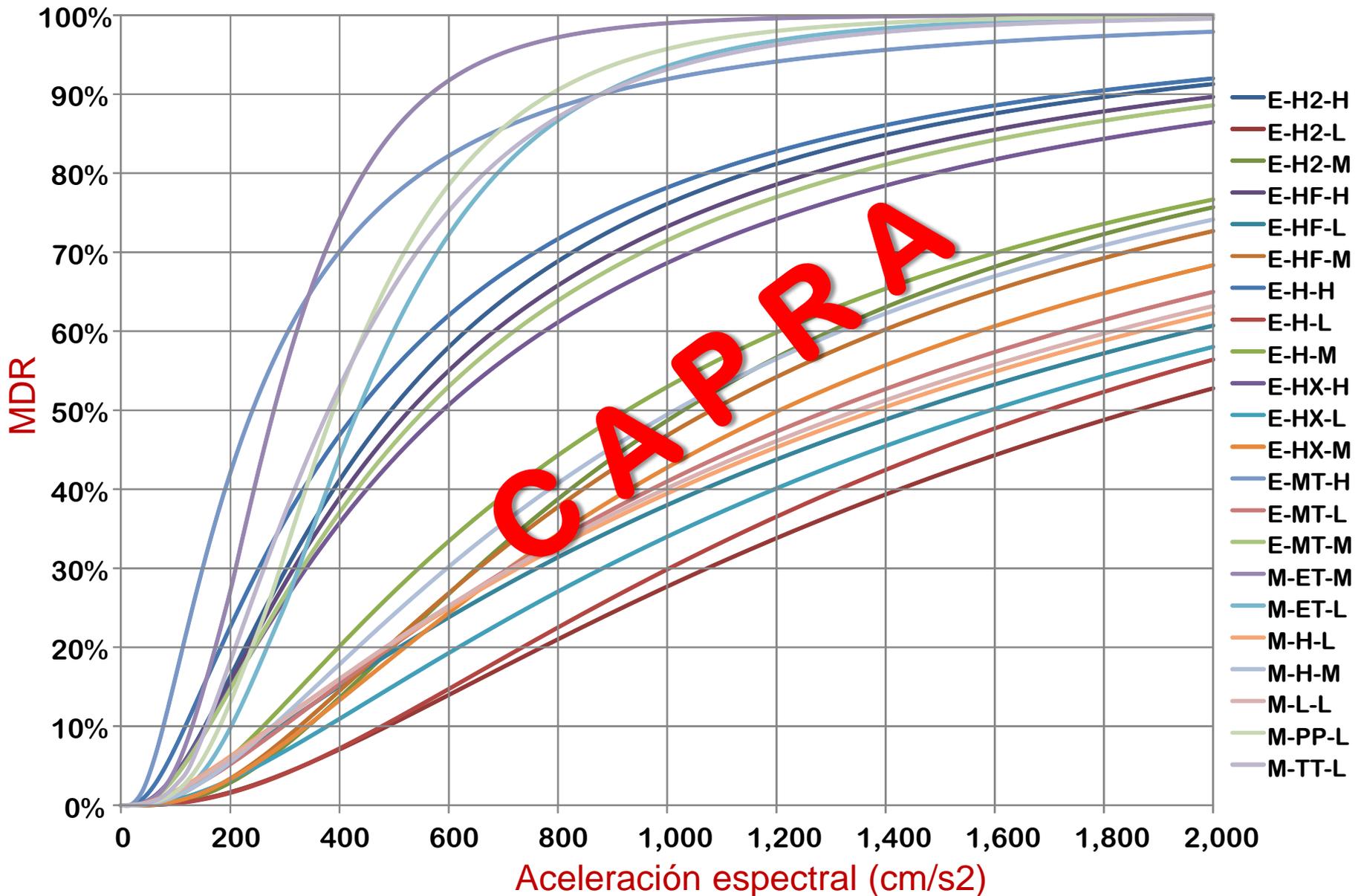




Mapa determinista de daño

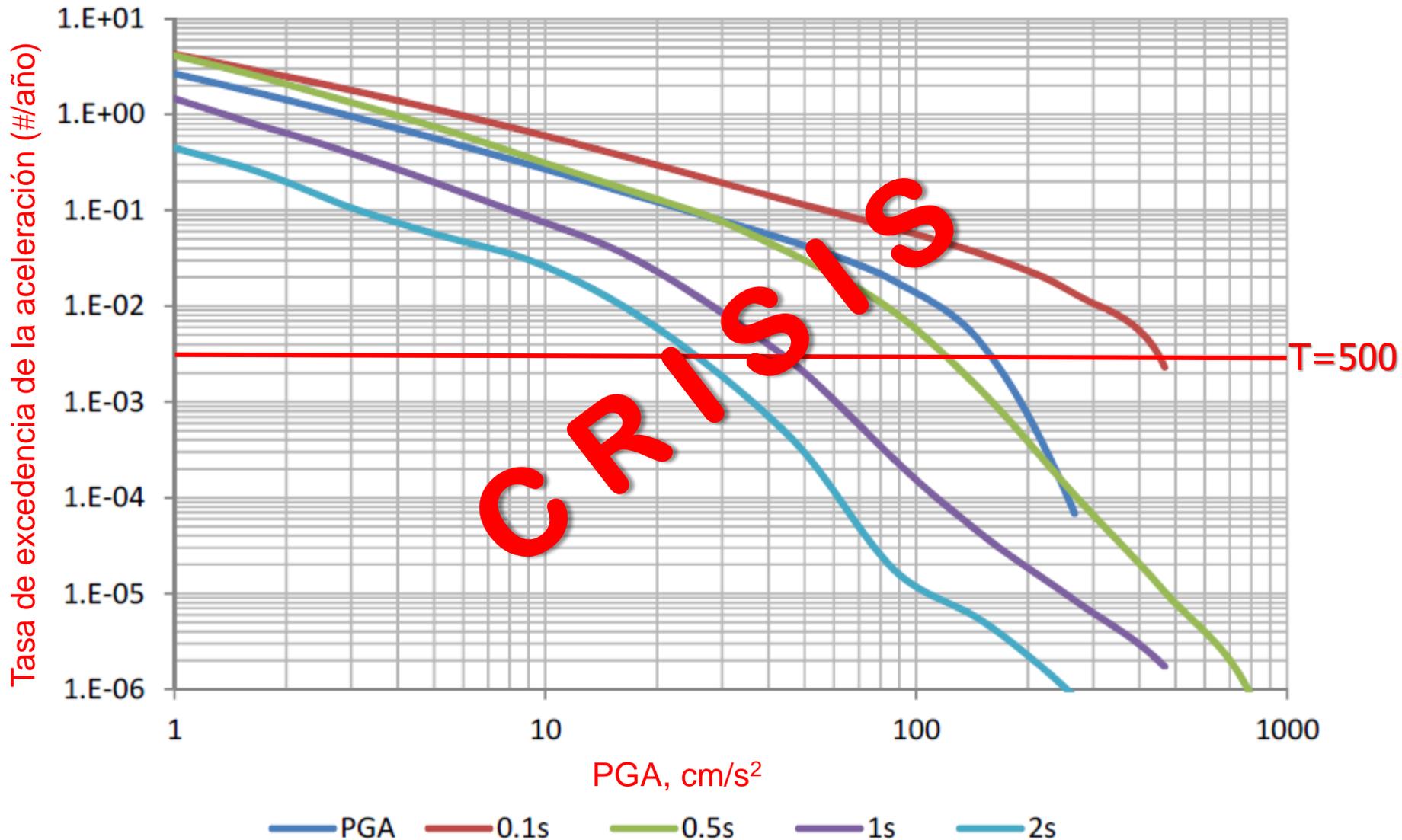


Funciones de vulnerabilidad de Lorca

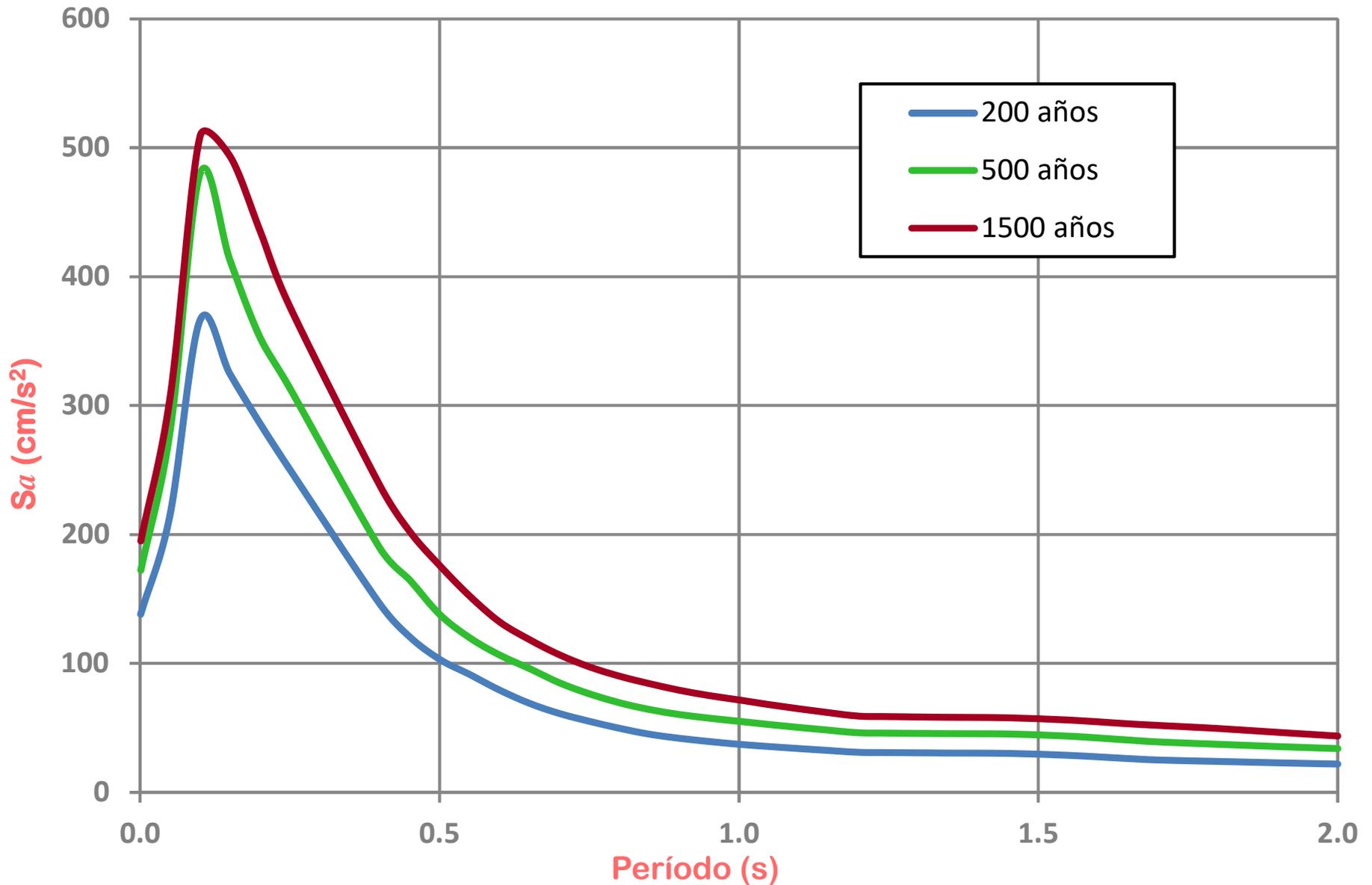


CAPRA

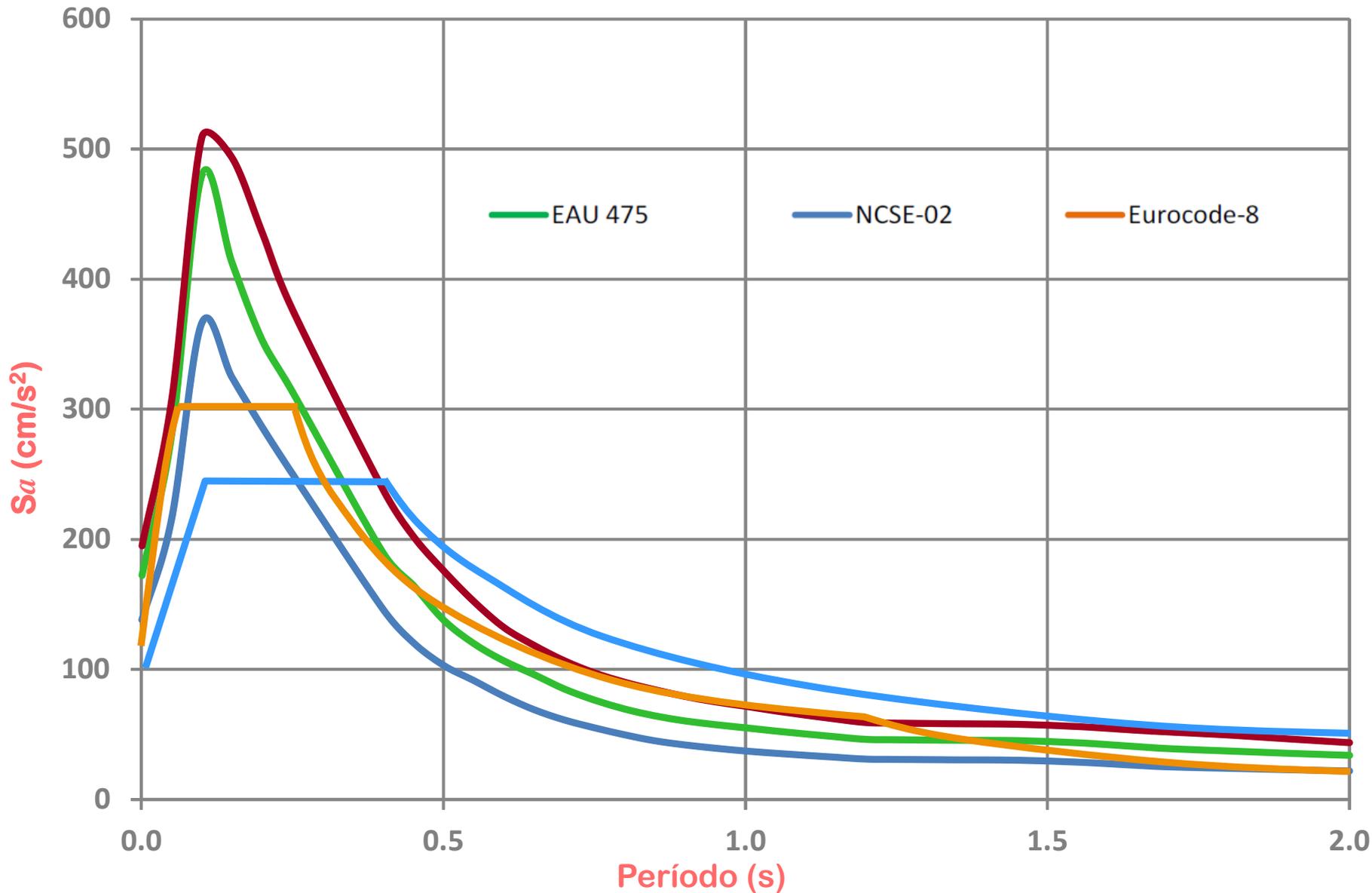
Curvas de amenaza de Lorca



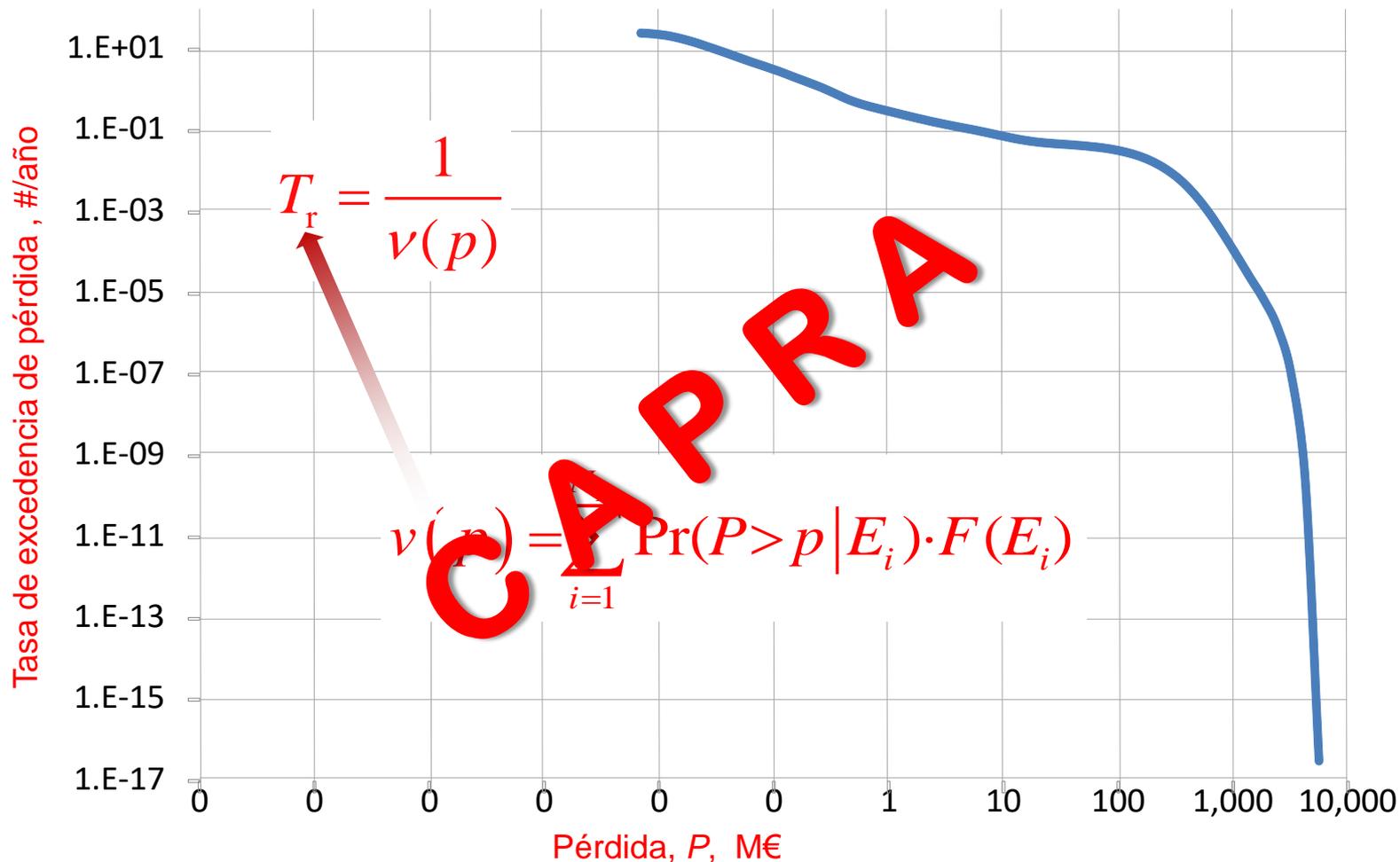
Espectros de amenaza uniforme de Lorca



Espectros de amenaza uniforme de Lorca

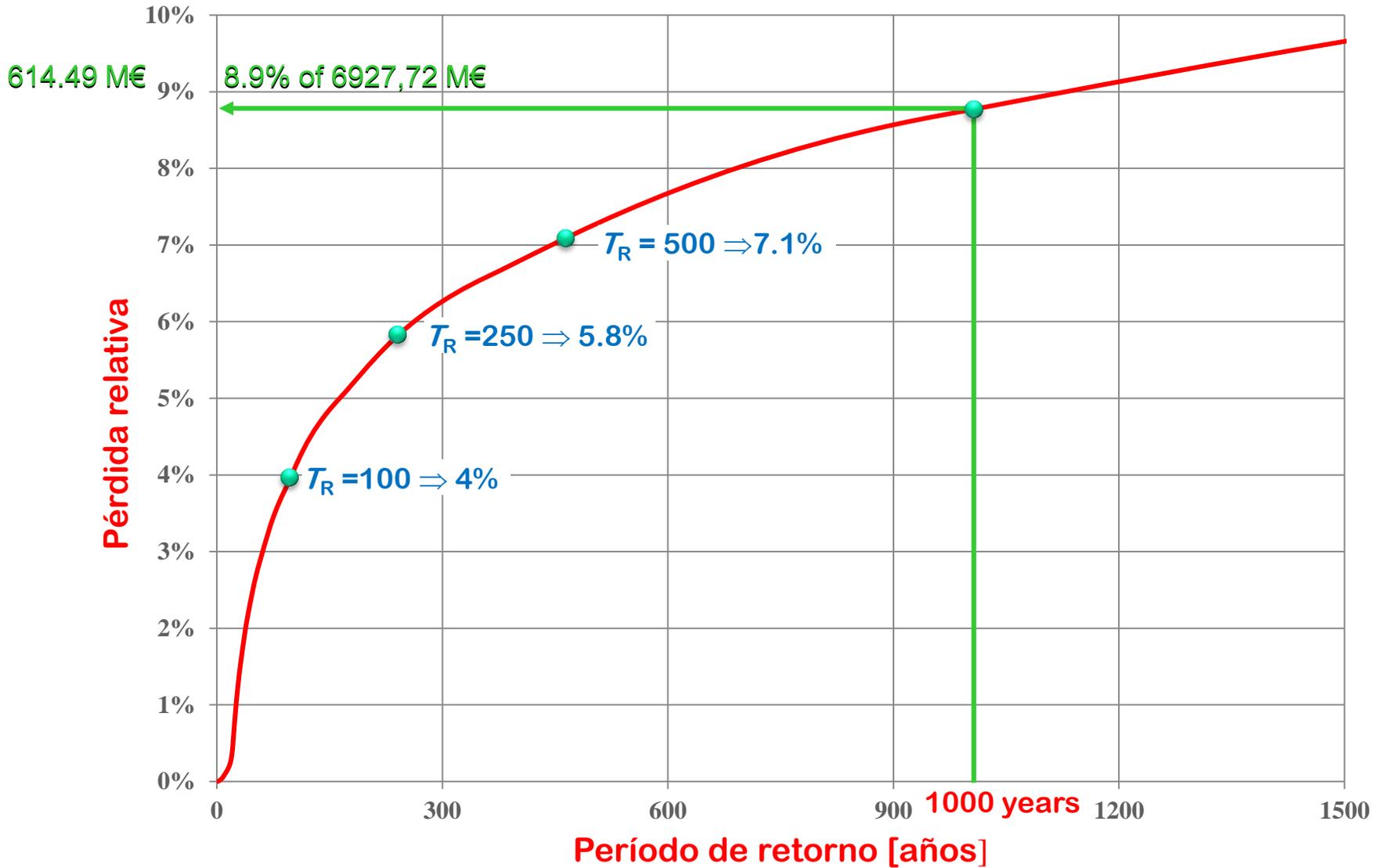


Curva de excedencia de pérdida de Lorca



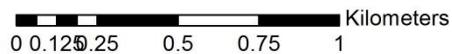
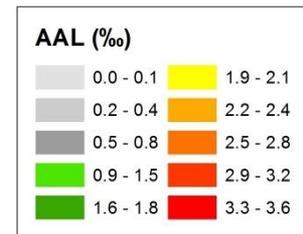
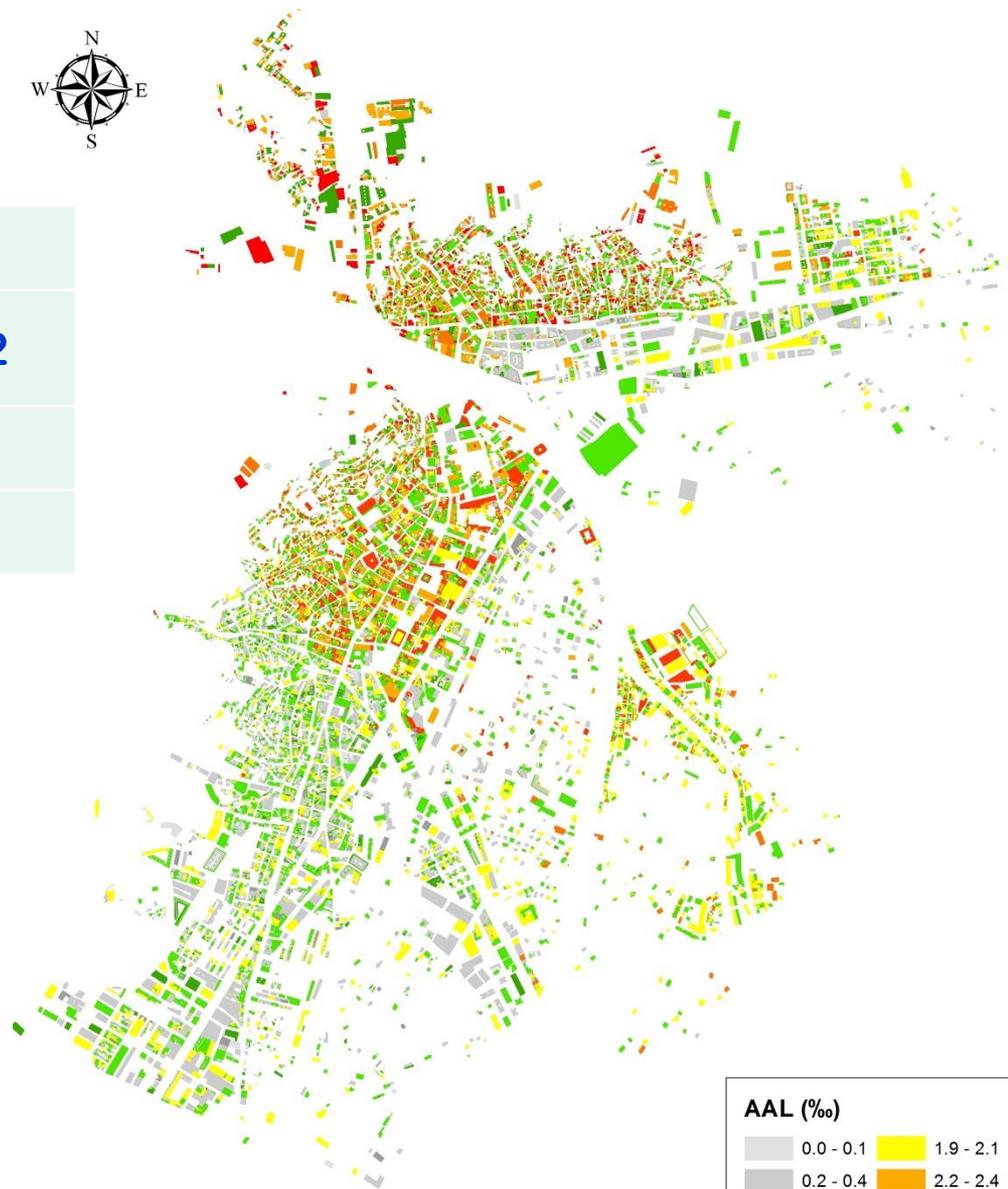
Pérdida media anual $AAL = \int_0^{\infty} v(p) dl$

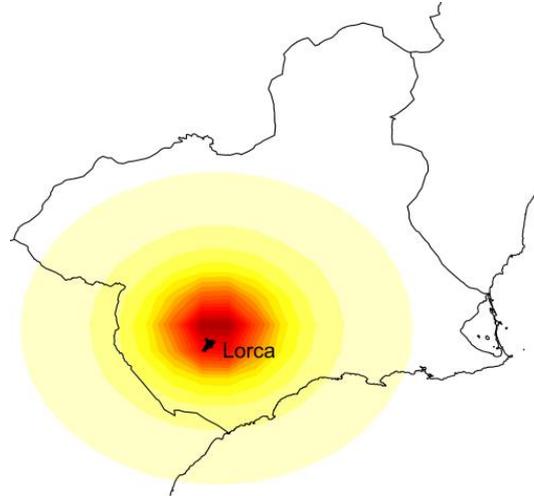
PML, Lorca





AAL		
Valor expuesto	€ x10 ⁶	6,927.72
Pérdida media anual	€ x10 ⁶	11.638
	‰	1.680





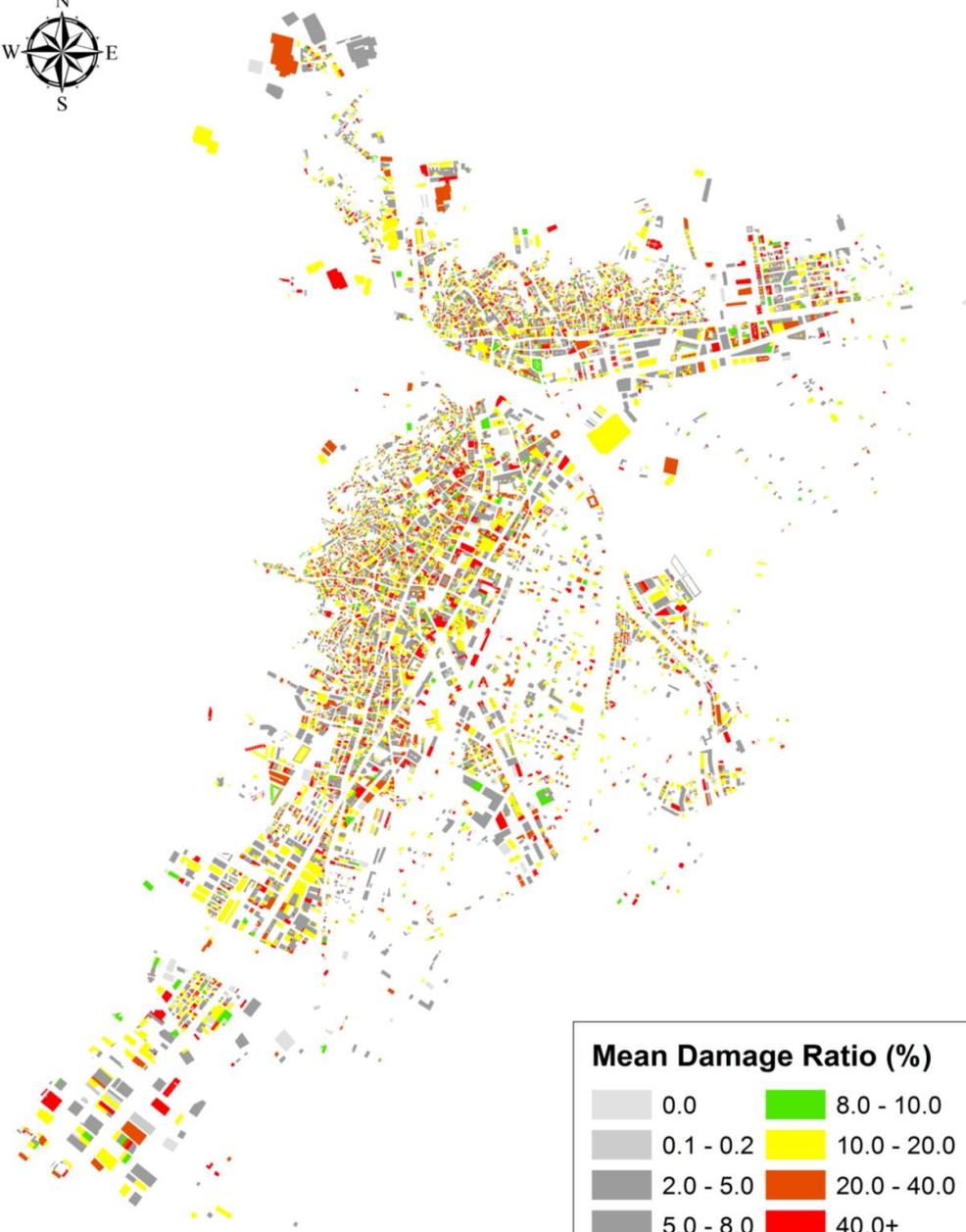
$M=5,1$
 $PGA = 0,38 \text{ g}$
 duración 1,5 s
 $I_{MSK} = VII$

Para un único escenario de amenaza

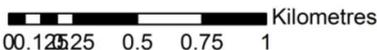
F (para un único evento) = 1

Índice de daño medio, MDR

$$v(p) = \sum_{i=1}^{N_E} \Pr(P > p | E_i) \cdot F(E_i)$$



Mean Damage Ratio (%)			
0.0	8.0 - 10.0		
0.1 - 0.2	10.0 - 20.0		
2.0 - 5.0	20.0 - 40.0		
5.0 - 8.0	40.0+		



Daño observado

Clase de daño	Edificios	
	Número	%
Sin daño	1,492	19.0
Habitable	4,083	52.0
Daño no estructural	1,256	16.0
Daño estructural	707	9.0
Orden de demolición	314	4.0
TOTAL	7,852	100

4.0

Daño simulado

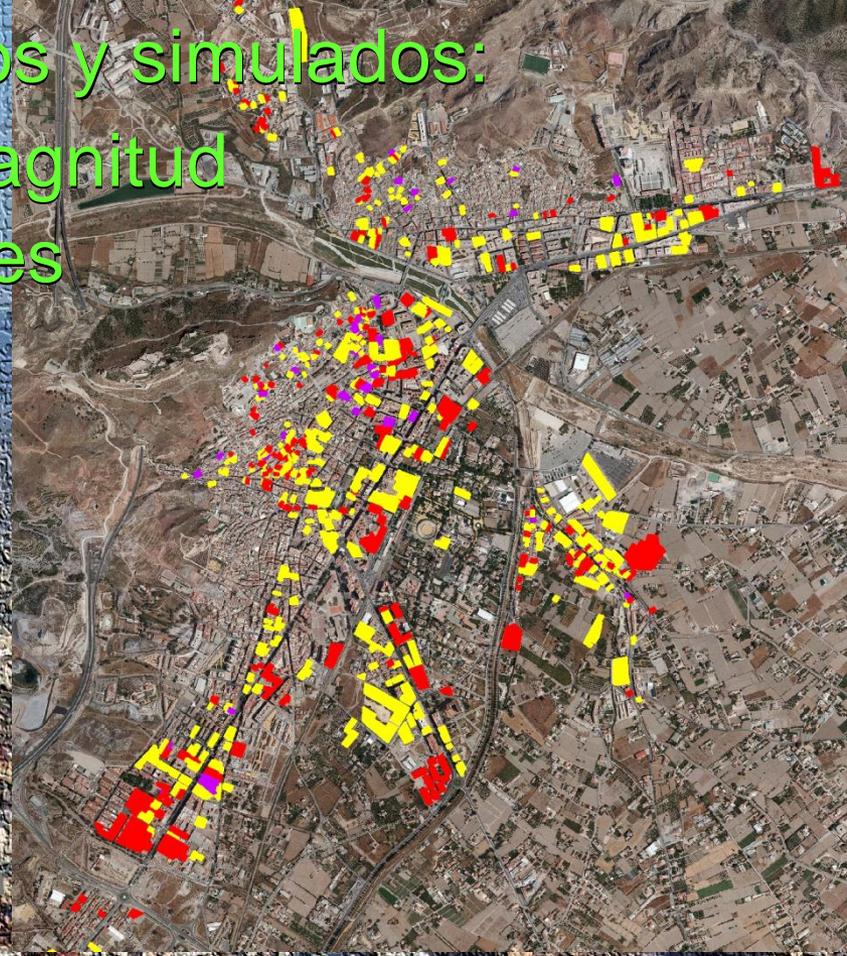
0.0

Clase de daño	MDR (%)	Edificios	
		Número	%
Sin daño	0.0 - 5.9	3,206	18.2
Habitable	6.0 - 9.9	8,904	50.5
Daño no estructural	10.0 - 19.9	3,606	20.5
Daño estructural	20.0 - 39.9	1,897	10.8
Orden de demolición	>40.0	3	0.0
TOTAL		17,617	100

Los niveles de daños observados y simulados:

- Tienen el mismo orden de magnitud
- Tienen grandes incertidumbres

- **verde** ⇒ edificios con daños insignificantes
- **amarillo** ⇒ edificios con daños moderados
- **rojo** ⇒ edificios con daños estructurales moderados
- **morado** ⇒ edificios con daños estructurales graves con desplome de algunos elementos



Fecha	Verde	Amarillo	Rojos
27 de octubre	1339 (17%)	694 (9%)	329 (4%)
21 de mayo	465 (6%)	309 (4%)	67 (1%)



ELORCA

TESTIGOS

1

2

3





