

GOBIERNO DE MÉXICO



“EVALUACIÓN DE INMUEBLES”

Tema 1 Aspectos generales de sismicidad en México
**Tema 2 Peligro sísmico, sismos de mayor relevancia
y su impacto en la normatividad**

M.I Victor Simón Vargas Ortega

CIUDAD DE MÉXICO, AGOSTO DE 2020



Análisis comparativo del comportamiento de edificaciones vitales durante los sismos de 1957, 1979, 1985 y 2017

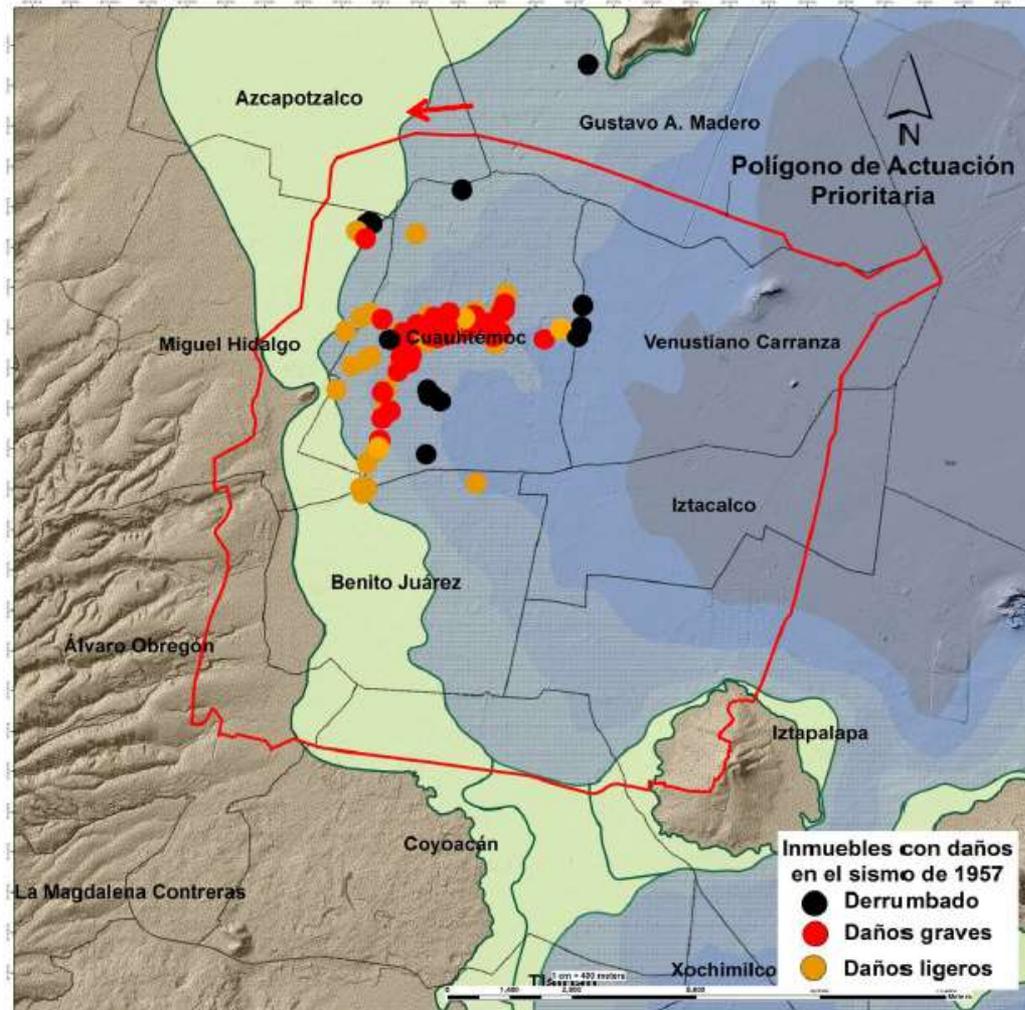
¿qué sigue?



Daños por el sismo del 28 de julio de 1957 (El sismo del Ángel), M 7.7

Numeralia:

- 1000 edificios dañados (incluyendo casos de bardas y estructuras con grietas en acabados)
- 4 colapsos totales
- 5 colapsos parciales
- 68 muertos



Inmuebles con daños en el sismo de 1957





SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Daños por el sismo del 28 de julio de 1957 (El sismo del Ángel), M 7.7



Edificio principal de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura

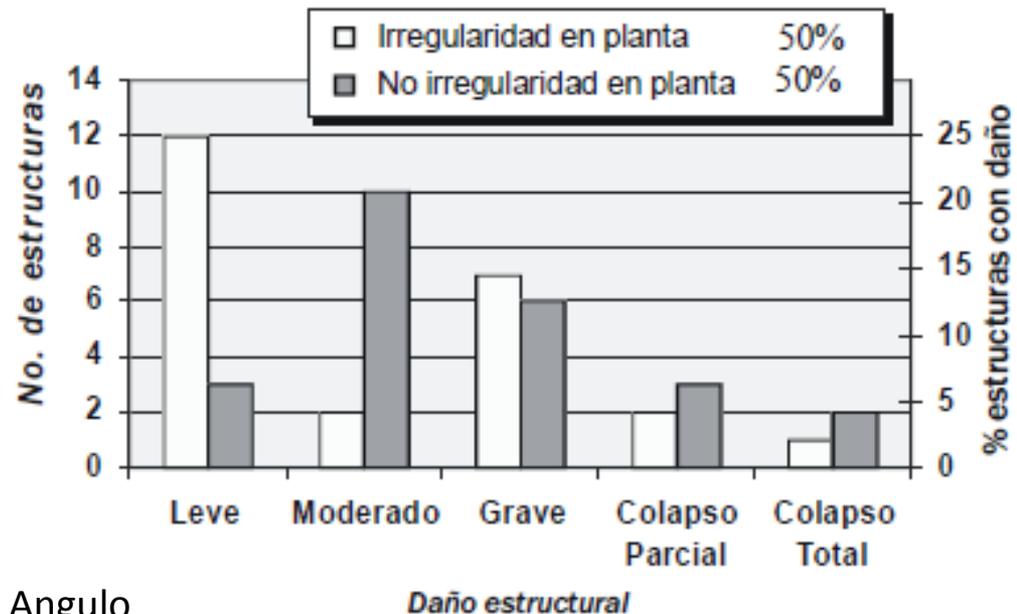
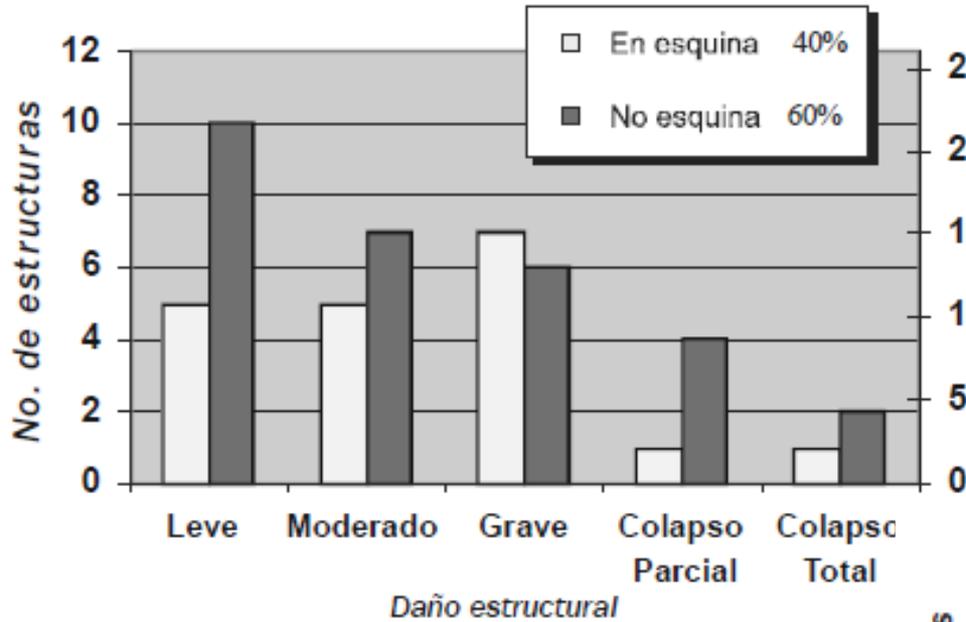
Fuente: Cronología histórica 1843-2000 Instituto Politécnico Nacional.

<http://www.mexicomaxico.org/IPN/CronoIPN.htm>





Daños por el sismo del 28 de julio de 1957 (El sismo del Ángel), M 7.7

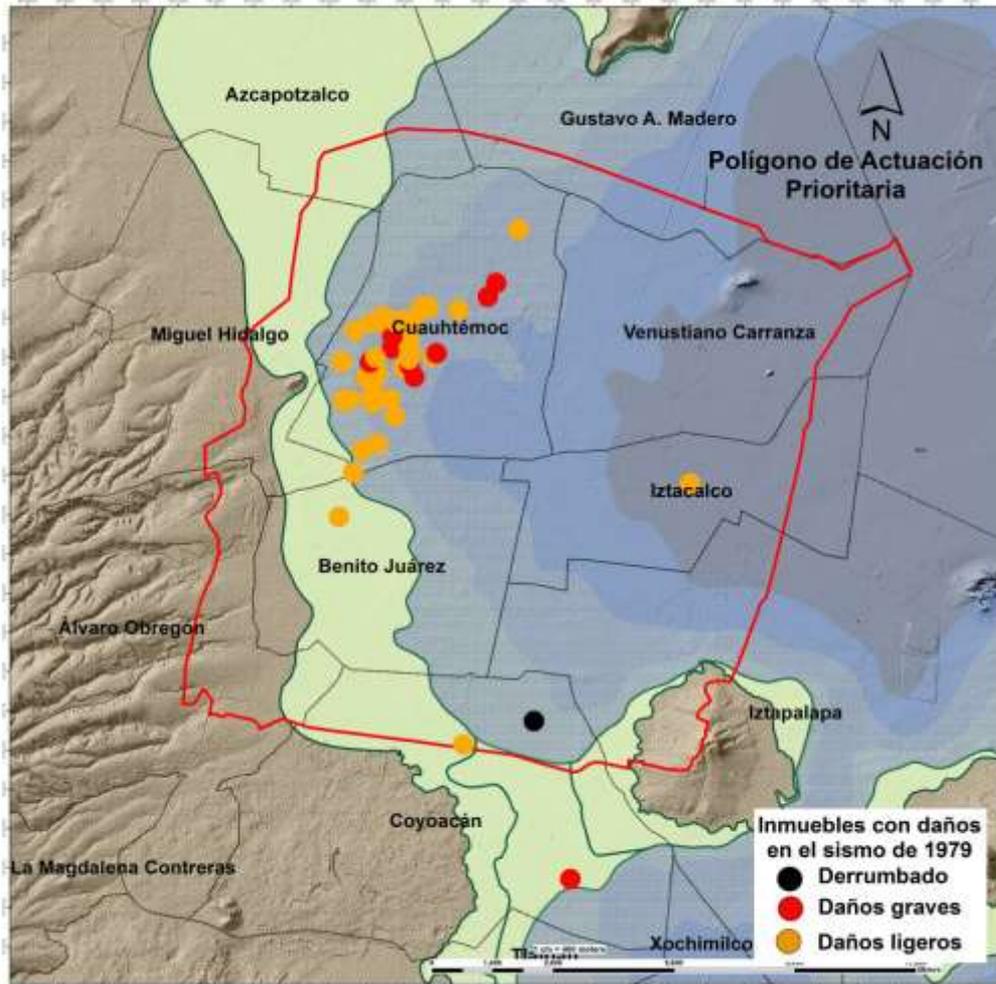




Daños por el sismo del 14 de marzo de 1979 (El sismo de la Ibero), M 7.6

Numeralia:

- 56 edificios dañados
- 1 colapso total
- 5 muertos



Inmuebles con daños en el sismo de 1979



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD PÚBLICA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

Daños por el sismo del 14 de marzo de 1979 (El sismo de la Ibero), M 7.6



Edificios de la Universidad Iberoamericana



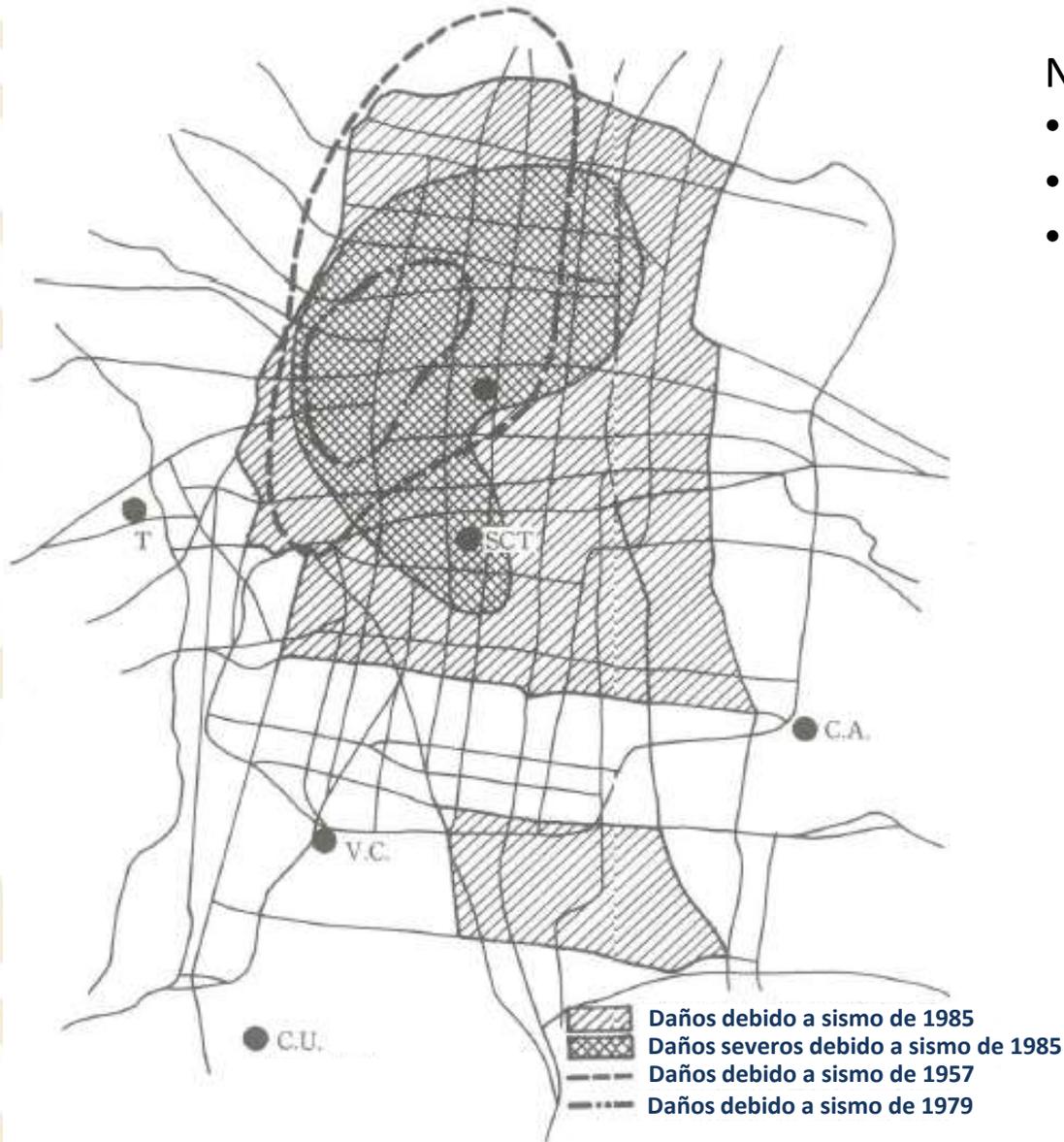
Fuente: 14 de marzo de 1979: El sismo que marcó la historia e la IBERO.
<http://www.ibero.mx/prensa/14-de-marzo-de-1979-el-sismo-que-marco-la-historia-de-la-ibero>



Daños por el sismo del 19 de septiembre de 1985, M 8.1

Numeralia:

- 3,300 edificios dañados
- 6,000 víctimas mortales
- 4,104 MDD de pérdidas materiales





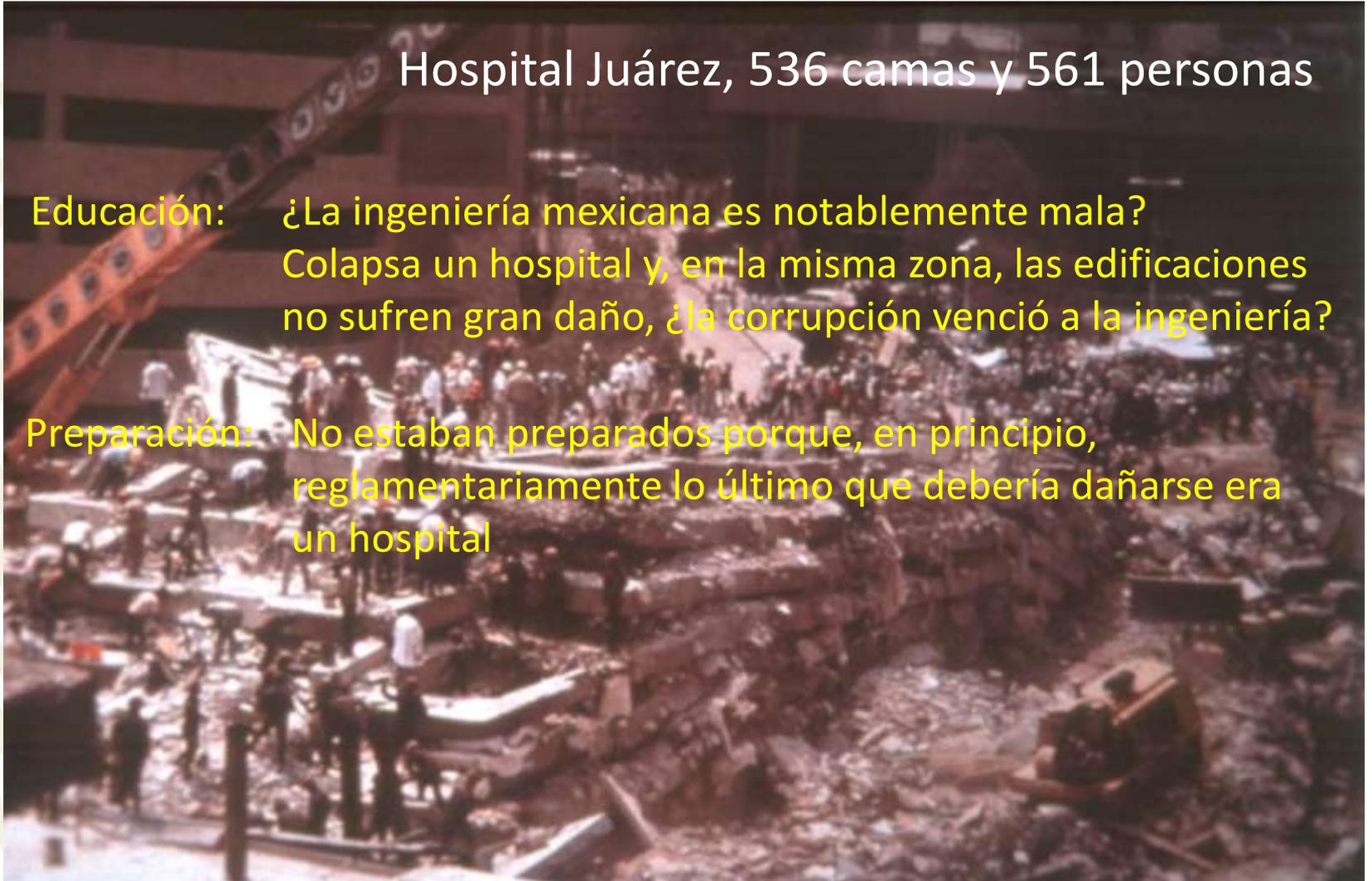
Daños por el sismo del 19 de septiembre de 1985, M 8.1

Un hecho, se presenta daño en edificaciones vitales

Hospital Juárez, 536 camas y 561 personas

Educación: ¿La ingeniería mexicana es notablemente mala?
Colapsa un hospital y, en la misma zona, las edificaciones
no sufren gran daño, ¿la corrupción venció a la ingeniería?

Preparación: No estaban preparados porque, en principio,
reglamentariamente lo último que debería dañarse era
un hospital





19091985, Comportamiento estructural inadecuado, ¿mal diseño?



Cortante en trabes



Cortante en columnas



Adherencia en columnas
Sismo de Michoacán, 1985



Cortante en columnas



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

EN EL CASO DE SISMO, ¿HAY CHOQUE ENTRE EDIFICIOS?





SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

DAÑO, ESTRUCTURAS VULNERABLES (SISMO)

Daño en edificios públicos durante el sismo de Caleta de Campo en México, 1985





SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Enseñanza: Efecto de torsión del edificio, ¿Qué falta?

Daño en edificios escolares durante el sismo de Caleta de Campo en México, **1985**





Esquina de las avenidas Insurgentes y Álvaro Obregón en el centro de la ciudad

Fuente: United States Geological Survey - http://libraryphoto.cr.usgs.gov/cgi-bin/show_picture.cgi?ID=ID.%20Celebi,%20M.%2012ct, Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4801079>



Enseñanza: Cambio en el uso, ¿puede soslayarse?





Daños por el sismo del 19 de septiembre de 1985, M 8.1

Estadística de daños en hospitales

INSTITUCIÓN	CAMAS PREVIAS	CAMAS PERDIDAS	% DE PÉRDIDA
I.M.S.S.	8,197	2,775	33.9
I.S.S.S.T.E.	2,427	867	35.7
S.S.A.	4,975	745	15.0
D.D.F.	1,807	0	0.0
TOTAL	17,406	4,387	25.2

Pérdida de vidas: 320 en tres centros hospitalarios



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
PÚBLICA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
EVALUACIÓN DE RIESGOS

Daños por el sismo del 19 de septiembre de 1985, M 8.1

Estadística de daños en escuelas

- Daño en 700 edificio escolares
- Afectación a 680,000 estudiantes
- Durante un mínimo de tres semanas



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

¿QUÉ PASÓ EL 19/09/2017?



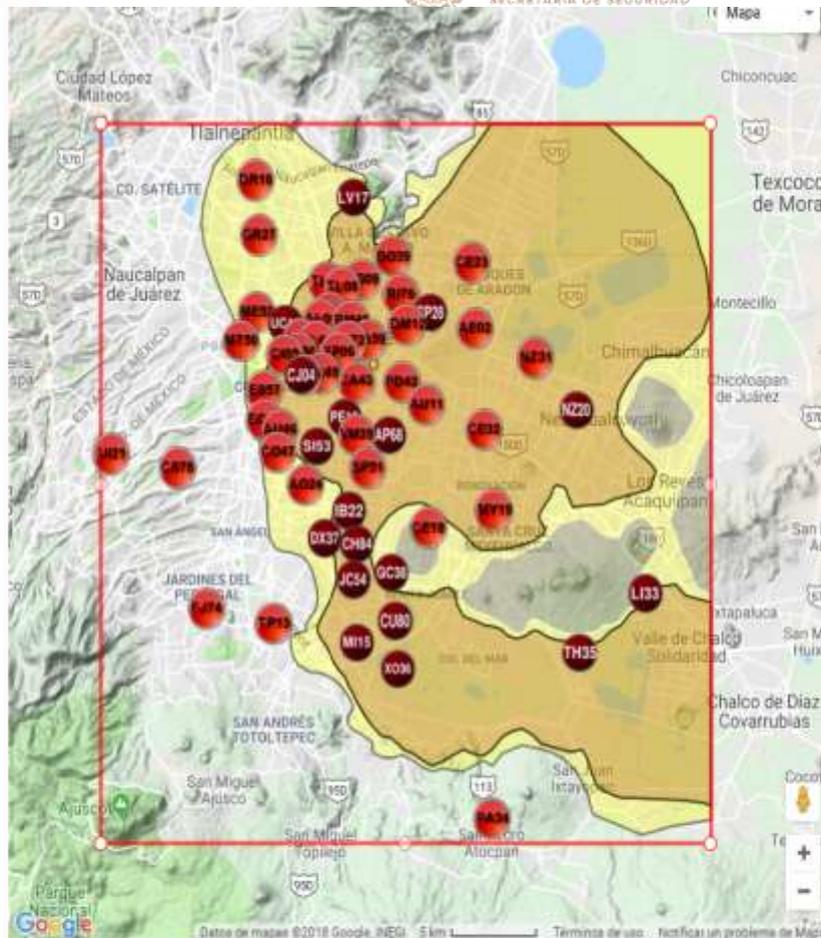
Red Acelerográfica



Ciudad de México

Catálogo de sismos

Fecha GMT	Hora GMT	M	Δ CDMX km
2017-02-02	00:52:09	5.0	332
2017-01-12	10:26:57	5.0	306
2016-12-02	13:57:55	4.9	326
2016-09-23	07:54:50	4.8	285
2016-09-22	18:08:59	5.0	170
2016-07-19	13:42:46	5.1	209
2016-06-27	20:50:33	5.7	365
2016-05-08	07:33:59	6.0	358
2016-04-10	07:11:21	5.4	494
2015-11-23	20:41:20	5.8	271
2015-09-30	17:25:55	5.5	311
2015-04-28	18:56:53	5.5	503
2015-03-20	22:30:08	5.4	167
2014-12-01	08:50:07	3.4	12
2014-08-13	09:48:11	5.4	358
2014-08-11	01:09:42	5.2	338



cires, a. c.

Intensidad	cm/s ²
Severa	> 120
Muy Fuerte	50 - 120
Fuerte	10 - 50
Moderada	5 - 10
Ligera	2 - 5
Débil	1 - 2
Muy Débil	< 1

¿Sabías que el sismo de 1985 con magnitud 8.1 ocurrido en la costa de Michoacán generó aceleraciones de más de 160 cm/s² que están catalogados como sismo severo.

- Zona de Lago
- Zona de Transición
- Zona de Lomas

Datos del Sismo

Fecha	Hora GMT	Latitud	Longitud	Magnitud	Prof.	Distancia
2017-09-19	18:14:40	18.40	-98.72	7.1	57.00	118



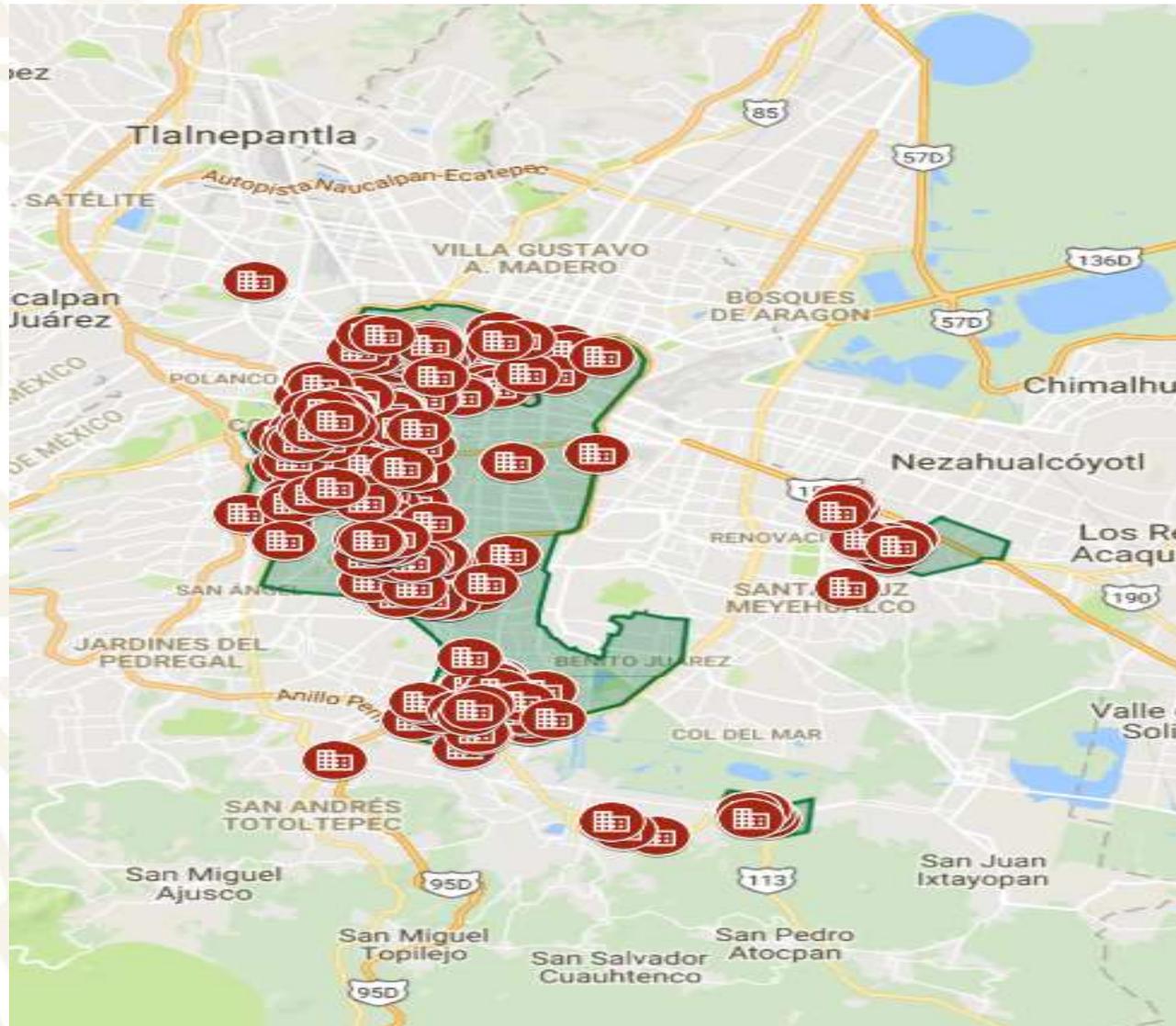
SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

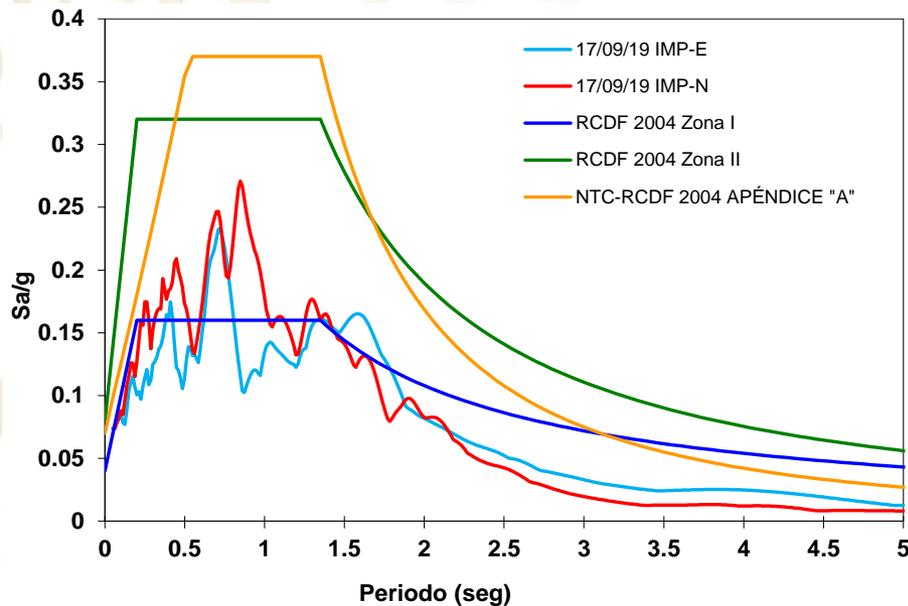
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



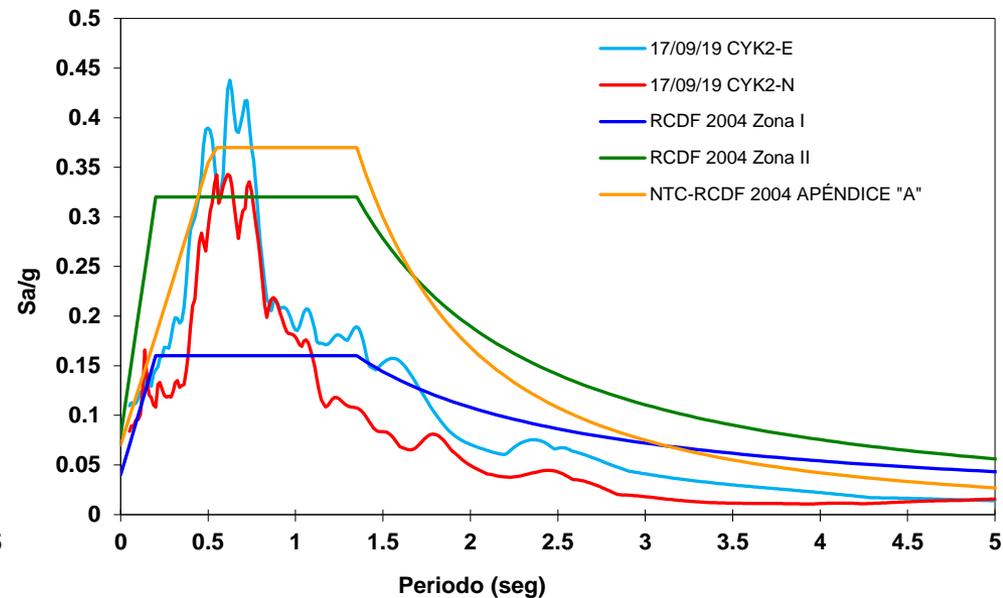


Espectros de respuesta por canales Norte (N) y Este (E), del sismo del 19 de septiembre, registrados en las estaciones del CENAPRED ubicadas en la CDMX y su comparación con el reglamento RCDF-2004 Zonas I y II, cuerpo principal y las NTC- Apéndice A ($T_s = 1.0$ s)

Estación IMP (Zona II)



Estación COYOACÁN (Zona II)



Cabe destacar que los electros están conformados con información de diferentes fuentes. En este caso solo se compara respecto al evento del 19 de septiembre.



Estudio comparativo de la Intensidad de Arias (energía) para algunos de los registros de los sismo del 19/09/1985 y 19/09/2017. Zona III (Reglamento de Construcción del D.F.)

$$I_{Arias} = \frac{\pi}{2g} \int_0^t a^2 dt$$

Donde:

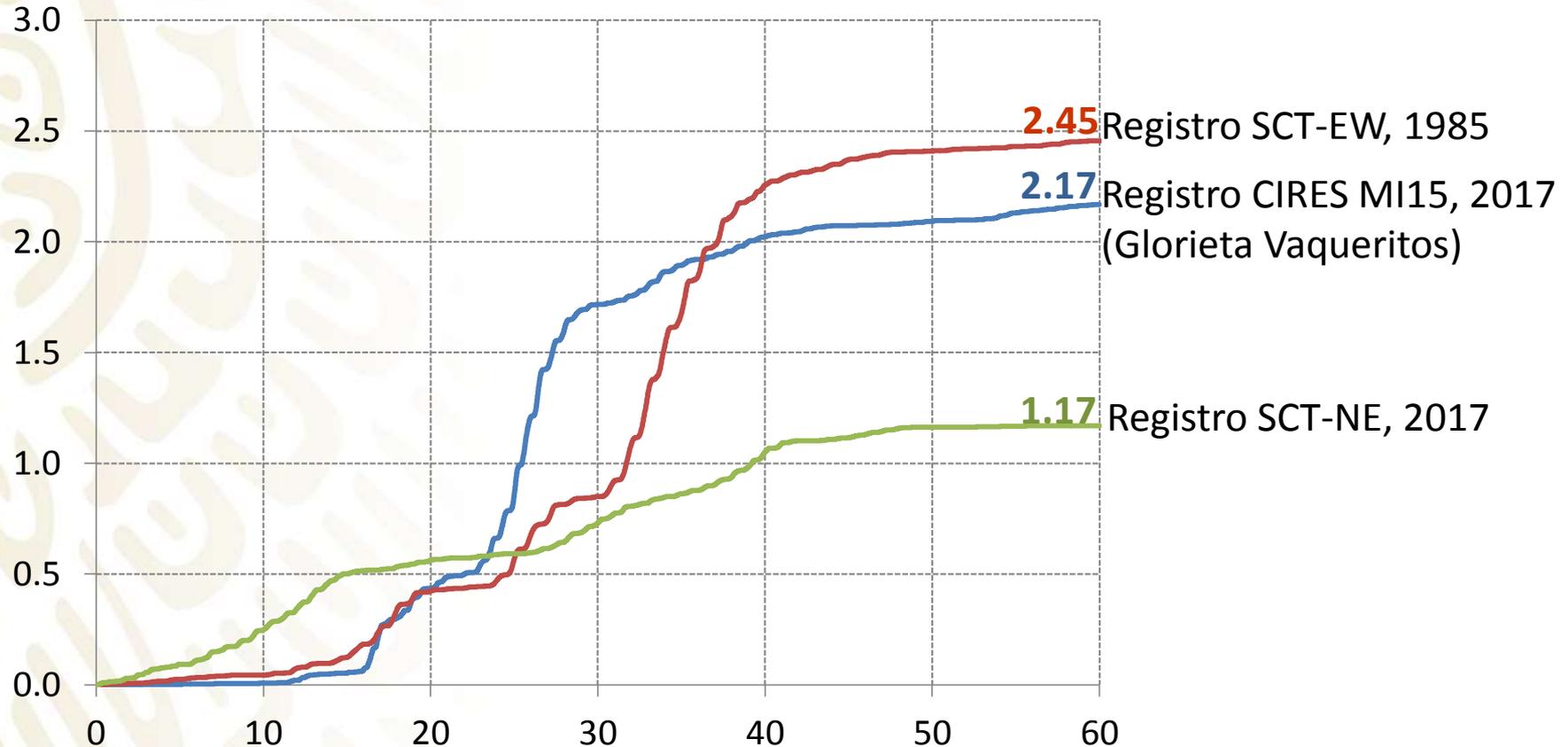
g : Aceleración de la gravedad

a : Historia temporal de la aceleración del terreno

t : Tiempo de duración del registro



Estudio comparativo de la Intensidad de Arias (energía) para algunos de los registros de los sismo del 19/09/1985 y 19/09/2017. Zona III (Reglamento de Construcción del D.F.)



El registro de la estación ubicada en Glorieta Vaqueritos presenta un nivel de energía equivalente al 89% de lo correspondiente al registro de SCT-EW-1985



Estación Glorieta Vaqueritos y ubicación de edificaciones escolares y unidades hospitalarias





Estación Glorieta Vaqueritos y ubicación de edificaciones escolares y unidades hospitalarias





SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Edificación Grupo A. Sin daño aparente



Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMG)

Fuente: Arq. Orzo Núñez Ruiz-Velasco

No se reportaron daños



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



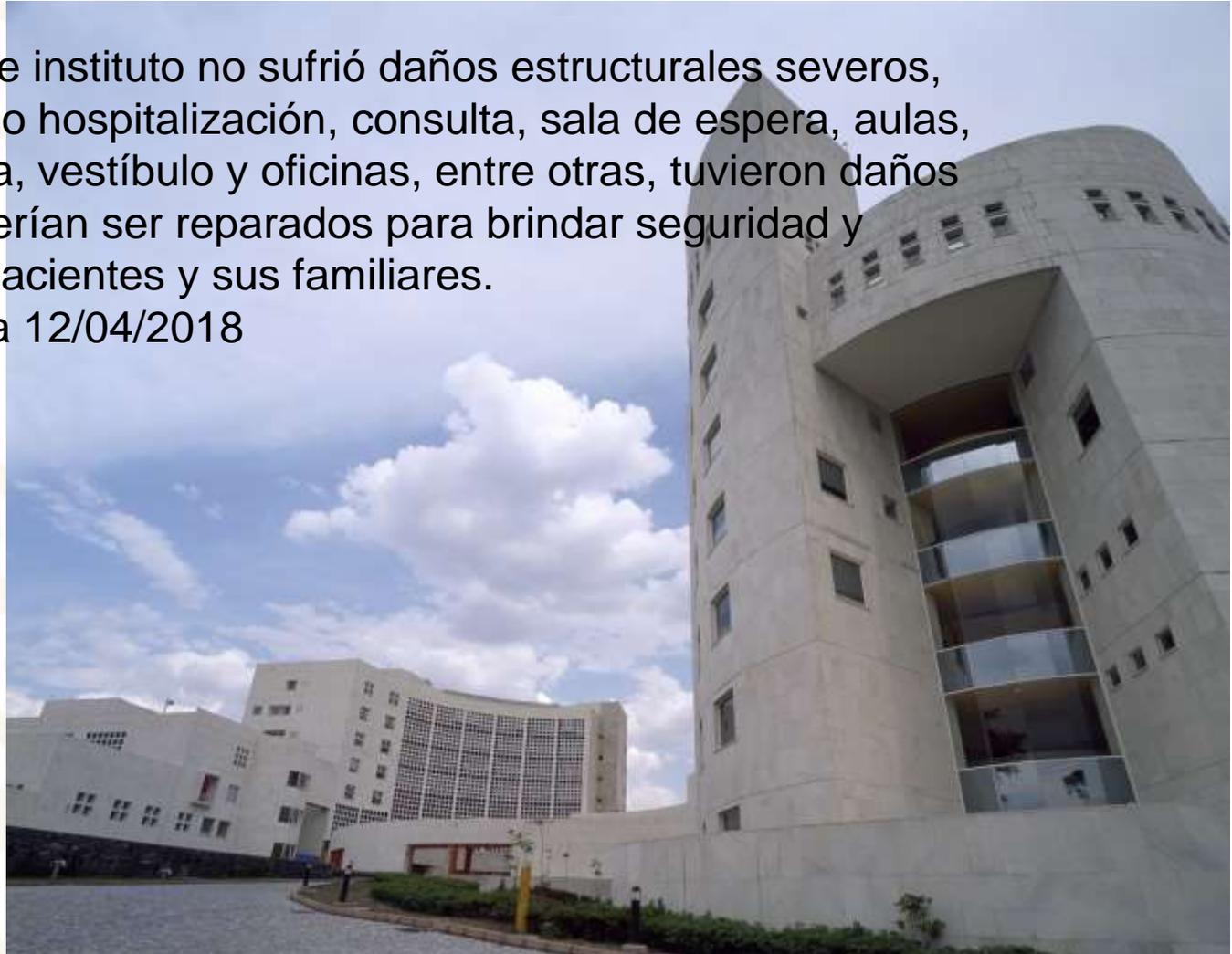
CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Edificación Grupo A. Con daño no estructural ligero.

A pesar de que este instituto no sufrió daños estructurales severos, algunas áreas como hospitalización, consulta, sala de espera, aulas, sanitarios, cafetería, vestíbulo y oficinas, entre otras, tuvieron daños estéticos que requerían ser reparados para brindar seguridad y satisfacción a los pacientes y sus familiares.

Fuente: La Jornada 12/04/2018



Instituto Nacional de Rehabilitación (INR). Fuente fotografía: Arquinteg



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Edificación Grupo A. Con daño no estructural severo y daño estructural en puentes peatonales de conexión.



Fuente: animal político, Rodrigo Crespo



Daños por los sismos de septiembre de 2017 en hospitales

		CDMX	Mor.	Tlax.	Mich	Edo. de Méx.	Gro.	Pue.	Oax.	Total
Daños	Sin daños	61	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	61
	Leve	21	1	0	1	5	1	2	3	34
	Moderado	12	6	0	0	2	0	5	2	27
	Grave	0	4	1	0	4	0	3	0	12
	Total	94	11	1	1	11	1	10	5	134
Estado de función	Completo	80	1	0	1	3	1	2	0	88
	Parcialmente	14	5	0	0	4	0	5	5	33
	Fuera de servicio	0	5	1	0	4	0	3	0	13
	Total	94	11	1	1	11	1	10	5	134

Fuente: Organización Panamericana de la Salud, 22 de septiembre, 2017

Daños por los sismos de septiembre de 2017 en escuelas

	Estados que reportaron mayor afectación									
Nivel de daño	CDMX	Mor.	Tlax.	Mich	Edo. de Mex.	Gro.	Pue.	Oax.	Chis.	Total
Menor %	1169	904	814	559	2127	419	1610	1879	2147	11628
	10.80	23.49	32.40	3.99	8.46	3.31	10.41	12.31	10.41	9.66
Moderado/Severo %	824	396	198	11	2747	119	585	1094	916	6890
	7.60	10.29	7.88	0.08	10.92	0.94	3.78	7.17	4.44	5.72
Grave %	9	41	1	0	25	12	77	28	4	197
	0.10	1.10	0.04	0.00	0.10	0.09	0.50	0.18	0.02	0.16
Total %	2002	1341	1013	570	4899	550	2272	3001	3067	18715
	18.50	34.88	40.32	4.07	19.48	4.34	14.69	19.66	14.87	15.54



¿El daño severo y colapso, se debió a insuficiencia de las normas?



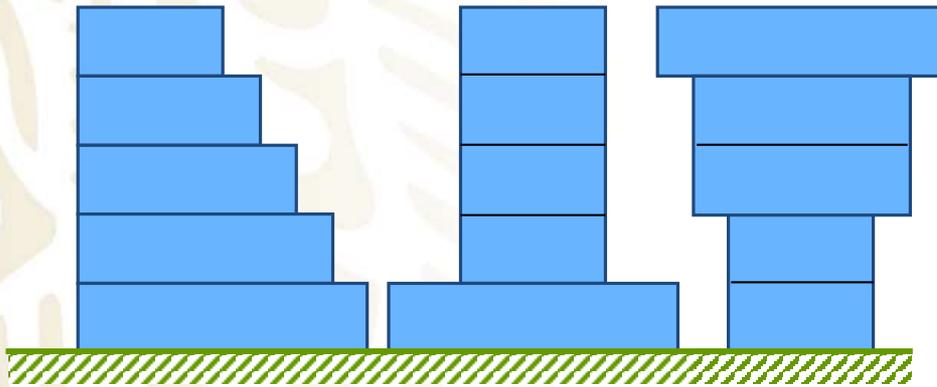
Edificaciones escolares en el estado de Oaxaca, sismo del 7 de septiembre

Escuela Enrique Rebsamen, sismo del 19 de septiembre

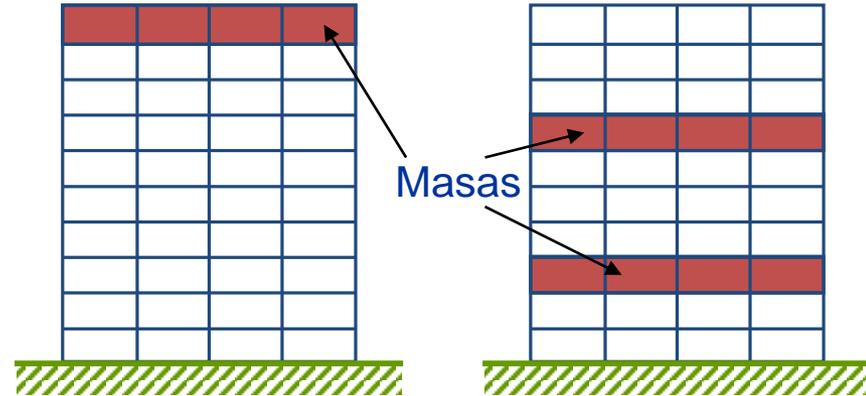


¿El daño severo y colapso, se debió a insuficiencia de las normas?

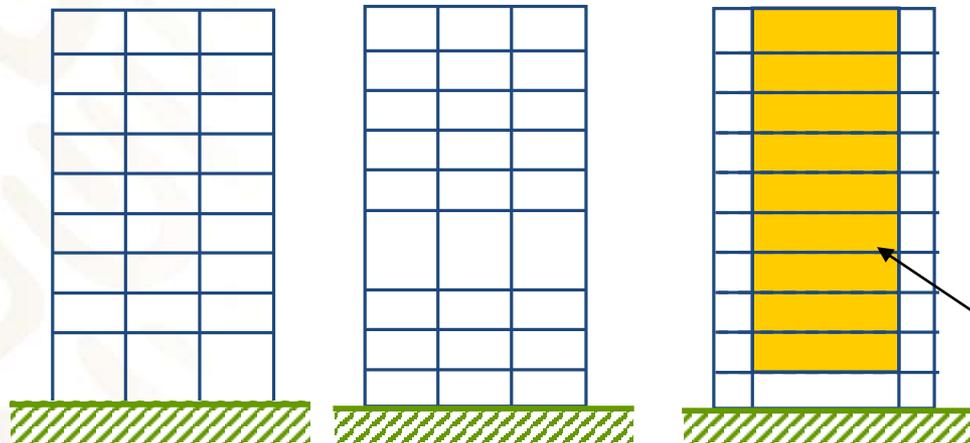
Irregularidad en elevación



Cambio abrupto en la geometría



Grandes diferencias en la masa de los pisos

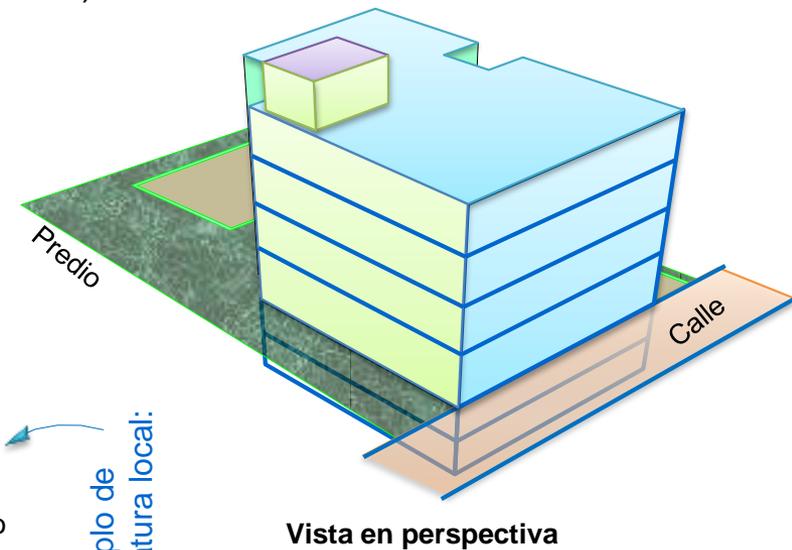
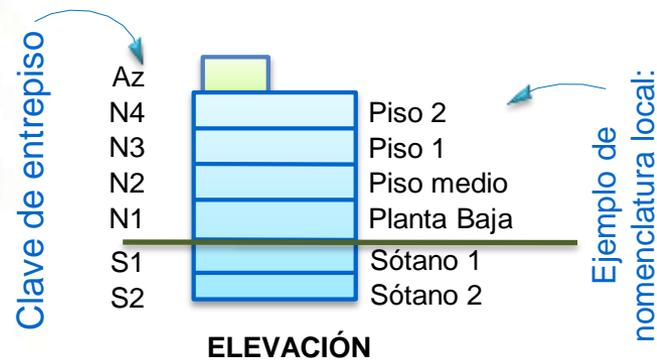
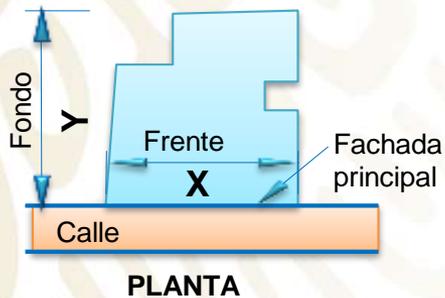


Grandes diferencias en la rigidez de los pisos



Irregularidad en planta

- Número de niveles
- Geometría general de la estructura (en planta y en elevación)
- Tipo de sistema resistente a cargas verticales
- Tipo de sistema resistente a cargas laterales
- Sistema de piso
- Condición de la cimentación





SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

¿El daño severo y colapso, se debió a insuficiencia de las normas?



Ciudad de México, Septiembre 2017



SEGURIDAD

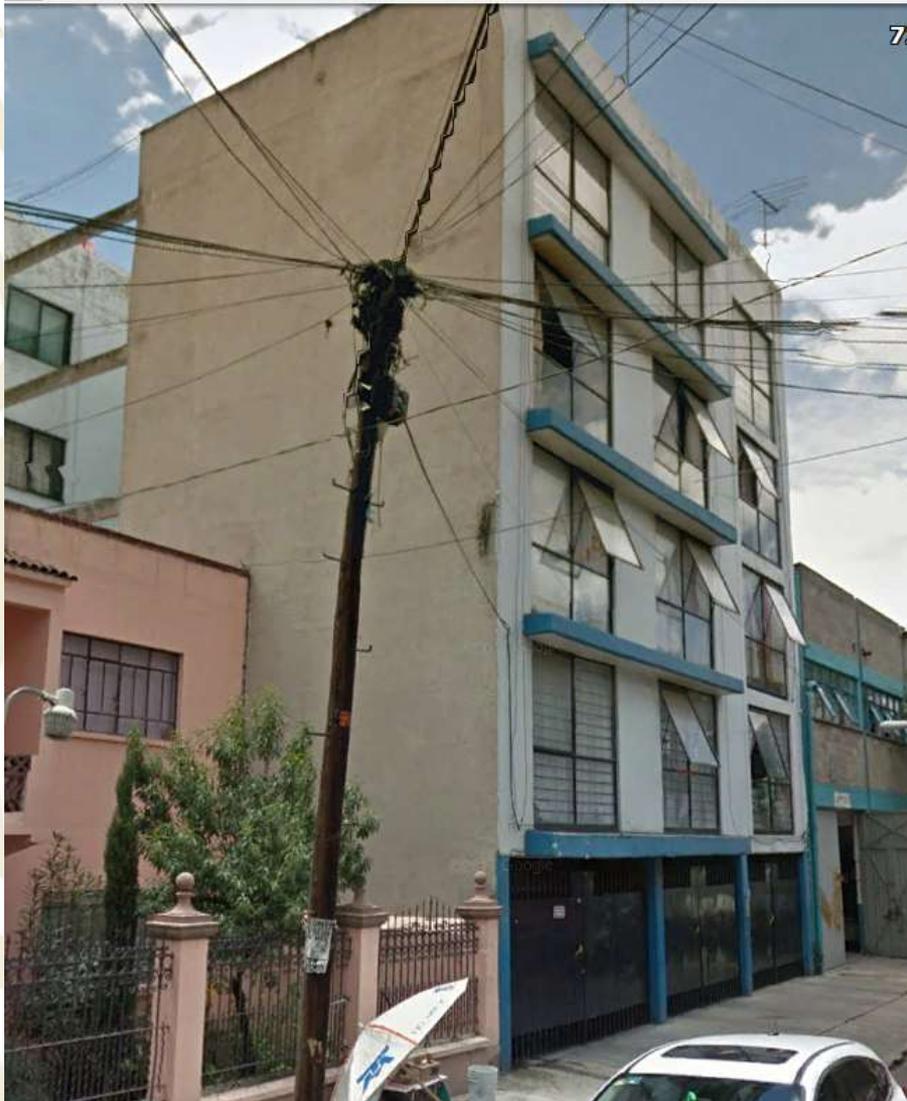
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN EN DESASTRES

¿El daño severo y colapso, se debió a insuficiencia de las normas?

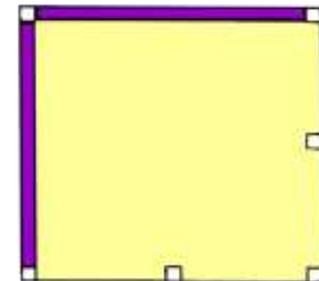
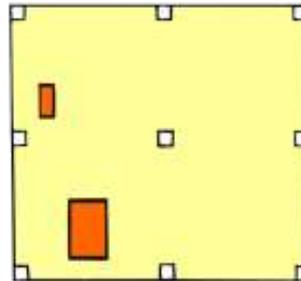
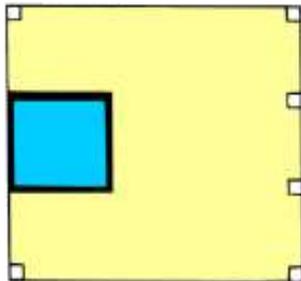
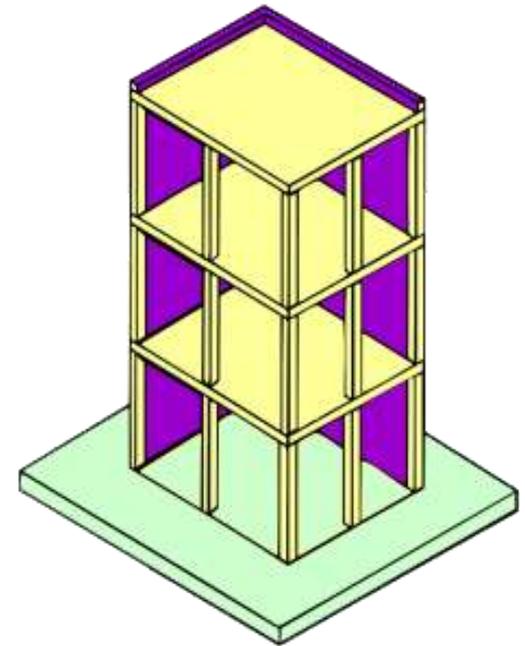
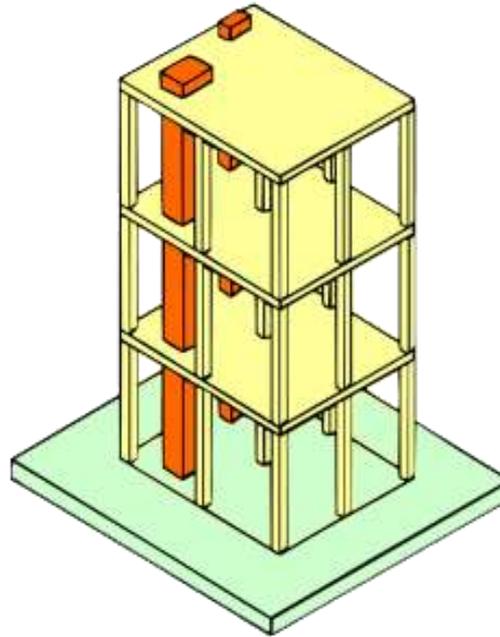
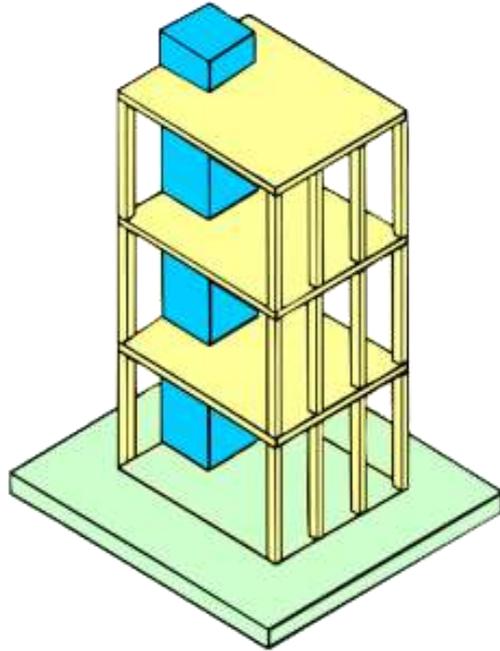


Ciudad de México, Septiembre 2017



¿El daño severo y colapso, se debió a insuficiencia de las normas?

Irregularidad en planta, edificios en esquina





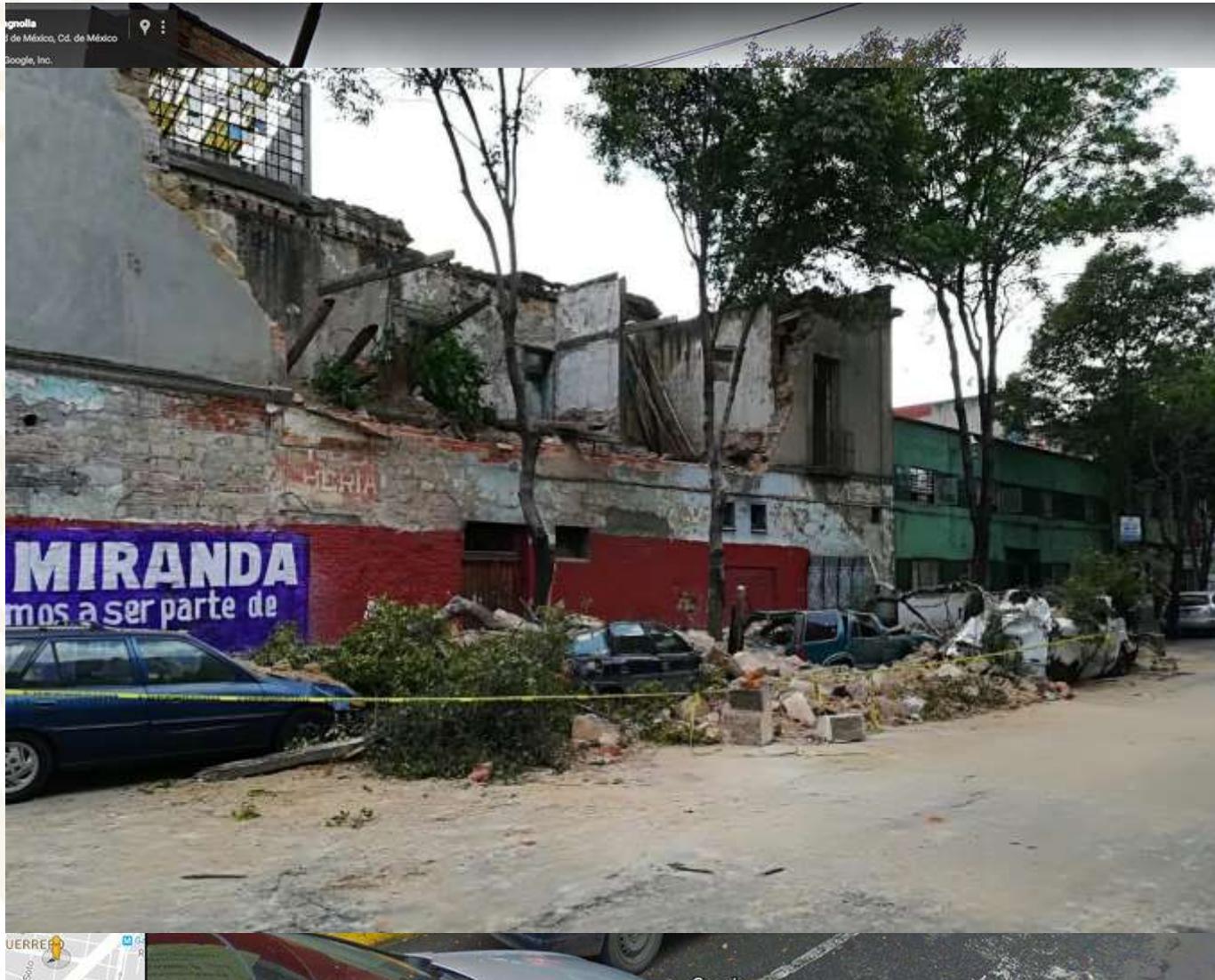
¿El daño severo y colapso, se debió a insuficiencia de las normas?

Irregularidad en planta, edificios en esquina





¿El daño severo y colapso, se debió a insuficiencia de las normas?





FALLAS COMUNES ANTE SISMO

Probable problema de supervisión y adecuación a la normatividad vigente para una estructura del Grupo A



Algunos datos estadísticos comparativos e ilustrativos

Configuración estructural	Casos (% de los edificios con daño severo y colapso)	
	Sismo 19/09/1985	Sismo 19/09/2017
Edificio en esquina	42 %	38 %
Irregularidades en planta o elevación	15 %	19 %
Planta baja flexible	8 %	50 %
Golpeteo o choque	15 %	3 %

Fuentes: Sismo 1985, Roberto Meli Piralla
 Sismo 2017, Sergio Alcocer



**¿COMO IDENTIFICO QUE UN EDIFICIO ES
ESTRUCTURALMENTE SANO, O TODAVÍA ES
COMPETENTE?**



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

MANUAL DE EVALUACIÓN POSTSÍSMICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES

MARIO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ *
ENRIQUE CASTRILLÓN **

* Investigador, Instituto de Ingeniería, UNAM
** Becario, Instituto de Ingeniería, UNAM

Manual de Evaluación Postsísmica de la Seguridad Estructural de Edificaciones



CIUDAD DE MEXICO
Secretaría de Obras y Servicios
Cordinato del Distrito Federal



Sociedad Mexicana
de Ingeniería
Sísmica, A.C.



1.- Habitable

Se puede usar

No indispensable dictamen de seguridad estructural

2.- Seguridad en duda

Entrada restringida

Se recomienda un dictamen de seguridad estructural

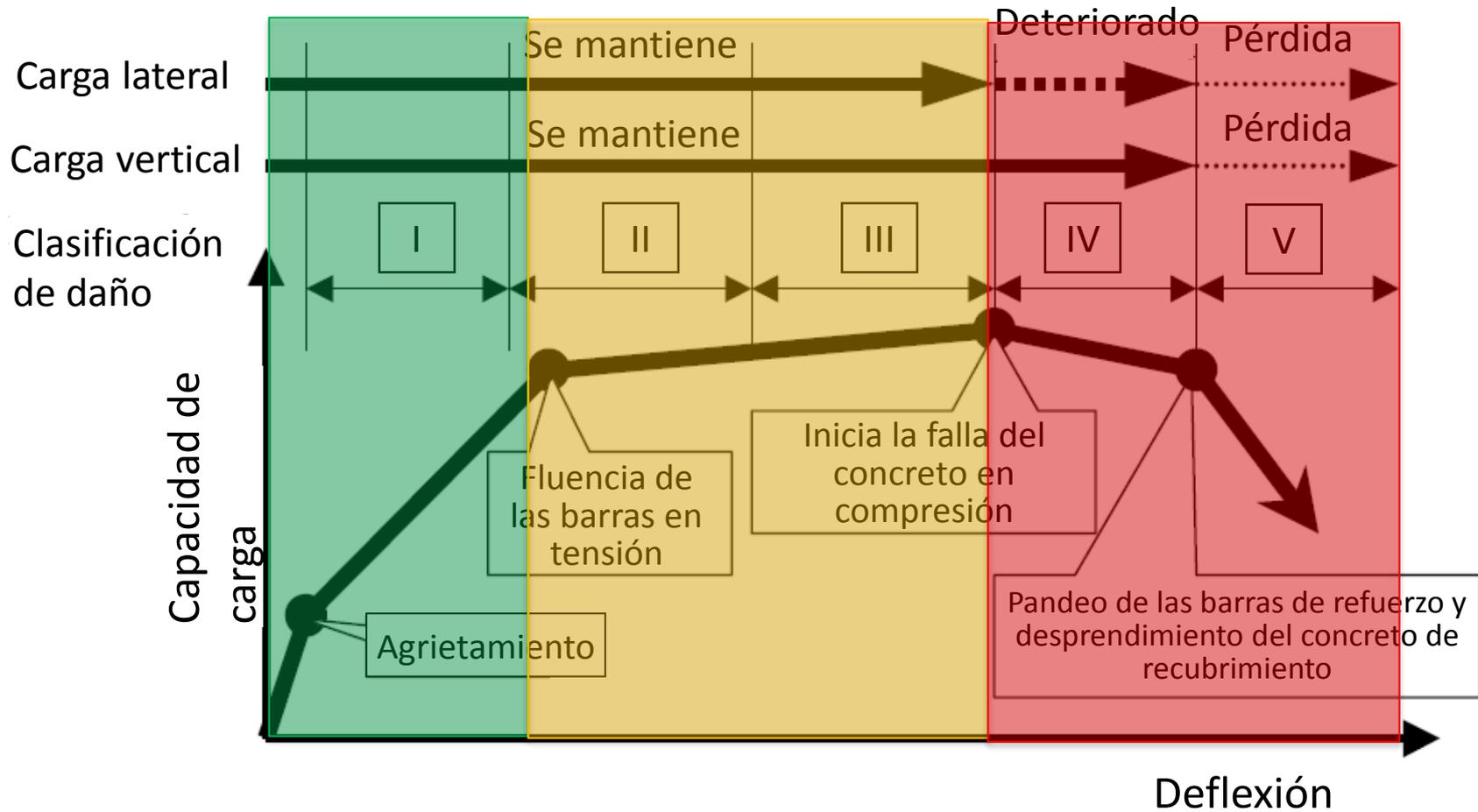
3.- Insegura

No se permite el acceso

Obligatorio un dictamen de seguridad estructural



a) Elementos de comportamiento dúctil (agrietamiento de flexión)



Relación entre el nivel de daño y la capacidad sísmica residual

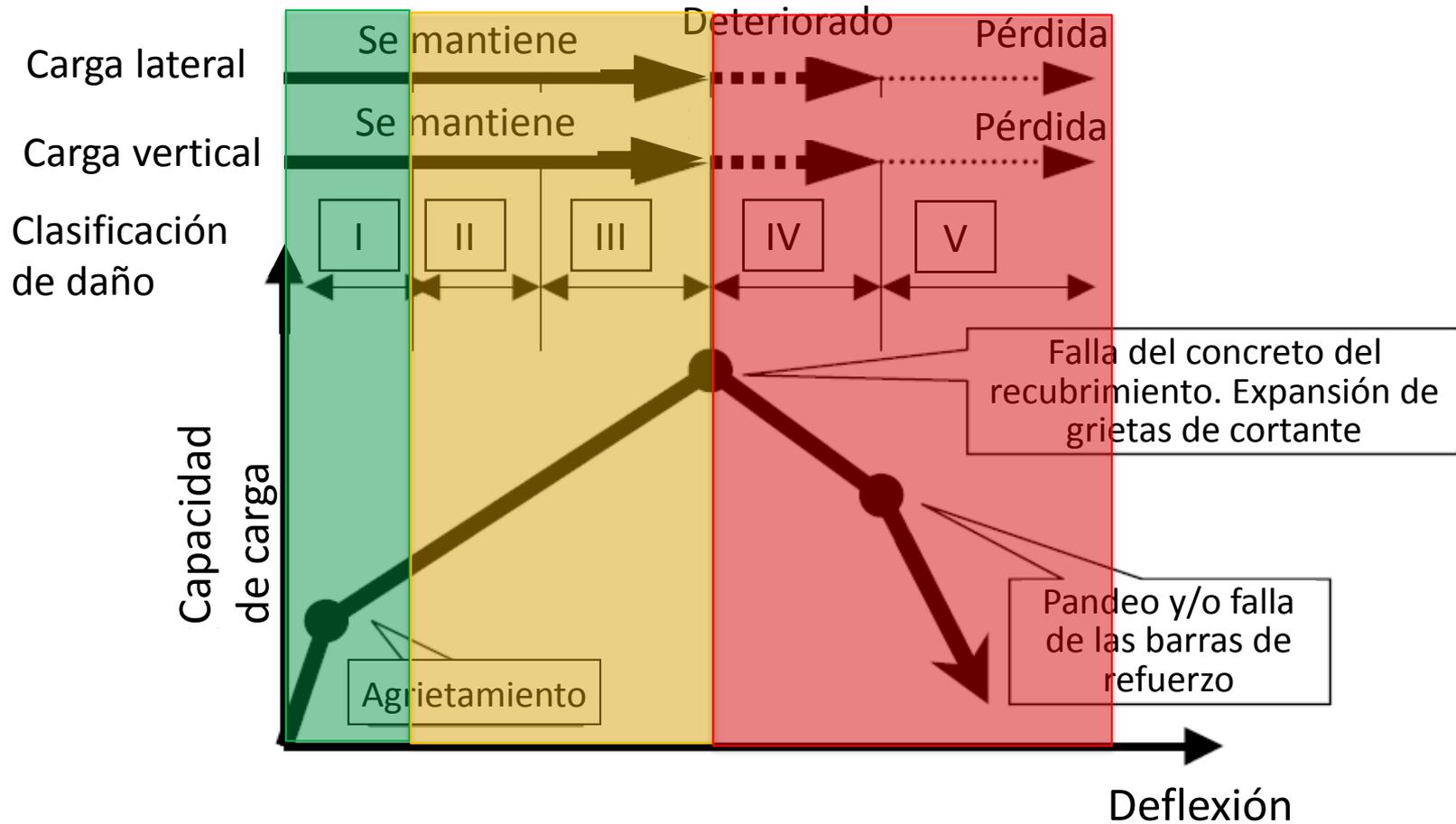


a) Elementos de comportamiento dúctil (agrietamiento de flexión)

Clasificación del daño	Daño observable en elementos estructurales
I	Algunos agrietamientos se observan. Ancho de grieta menor de 0.5 mm
II	Se observan grietas con ancho entre 0.5 y 1.0 mm
III	Se observa agrietamiento severo con anchos de 1.0 a 5.0 mm. Se observa algún desprendimiento del concreto
IV	Se observa mucho agrietamiento severo. El ancho de grieta es mayor de 5.0 mm. Las barras de refuerzo se encuentran expuestas producto del desprendimiento del concreto de recubrimiento
V	Pandeo del refuerzo, aplastamiento del concreto y deformación vertical en columnas y/o muros estructurales. Exposición de acero de refuerzo por demanda de flexión y/o fractura de algunas de las barras



b) Elementos de comportamiento frágil (agrietamiento de cortante)



(b) Elemento de comportamiento frágil



b) Elementos de comportamiento frágil (agrietamiento diagonal)

Clasificación del daño	Daño observable en elementos estructurales
I	Algunos agrietamientos se observan. Ancho de grieta menor de 0.2 mm
II	Se observan grietas con ancho entre 0.2 y 1.0 mm
III	Se observa agrietamiento severo con anchos de 1.0 a 2.0 mm. Se observa algún desprendimiento del concreto
IV	Se observa mucho agrietamiento severo. El ancho de grieta es mayor de 2.0 mm. Las barras de refuerzo se encuentran expuestas producto del desprendimiento del concreto de recubrimiento
V	Pandeo del refuerzo, aplastamiento del concreto y deformación vertical en columnas y/o muros estructurales. Exposición de acero de refuerzo por demanda de cortante y flexión



Clasificación de daño para elementos de concreto reforzado Nivel III



Se observa agrietamiento severo con anchos de 1.0 a 2.0 mm. Se observa algún desprendimiento del concreto y leve exposición de barras



Clasificación de daño para elementos de concreto reforzado Nivel IV



Se observan mucho agrietamiento severo. El ancho de grieta es mayor de 2.0 mm. Las barras de refuerzo se encuentran expuestas producto del desprendimiento del concreto de recubrimiento



Clasificación de daño para elementos de concreto reforzado Nivel V



Pandeo del refuerzo, aplastamiento del concreto y deformación vertical en columnas y/o muros estructurales. Exposición del acero de refuerzo por demanda de flexión y/o fractura de algunas de las barras

Daño local nivel V



SEGURIDAD
SECRE
Y PRO

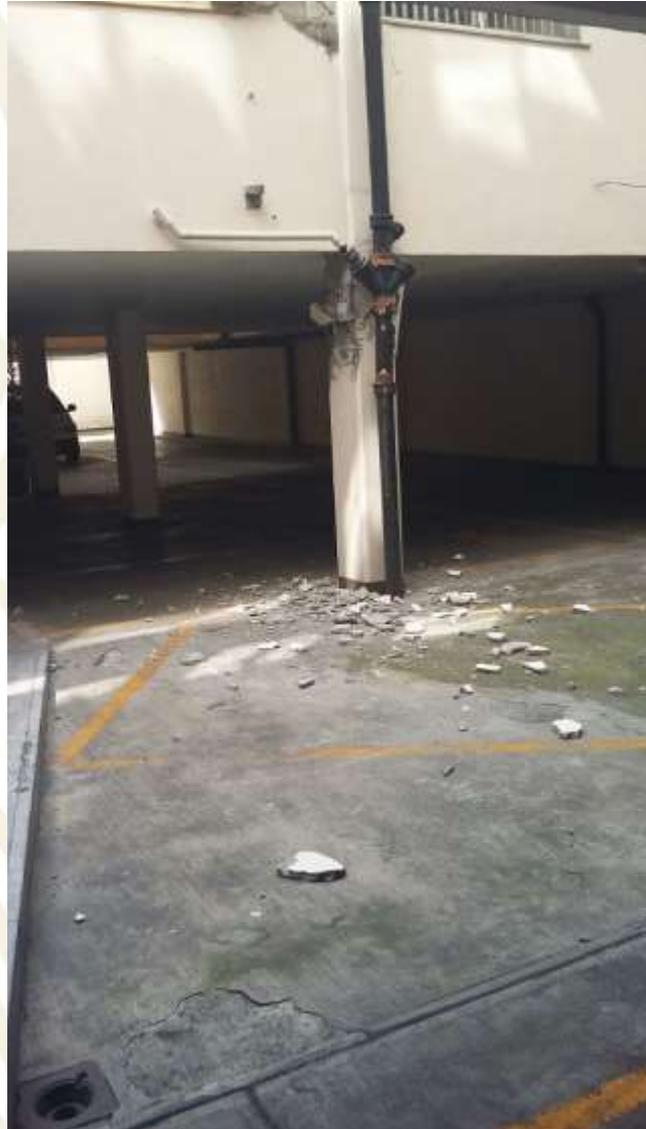


CENAPRED





Daño global nivel III, en proceso de refuerzo





SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

¿QUÉ FALTA?



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

ESTADO DE LOS REGLAMENTOS EN EL PAÍS

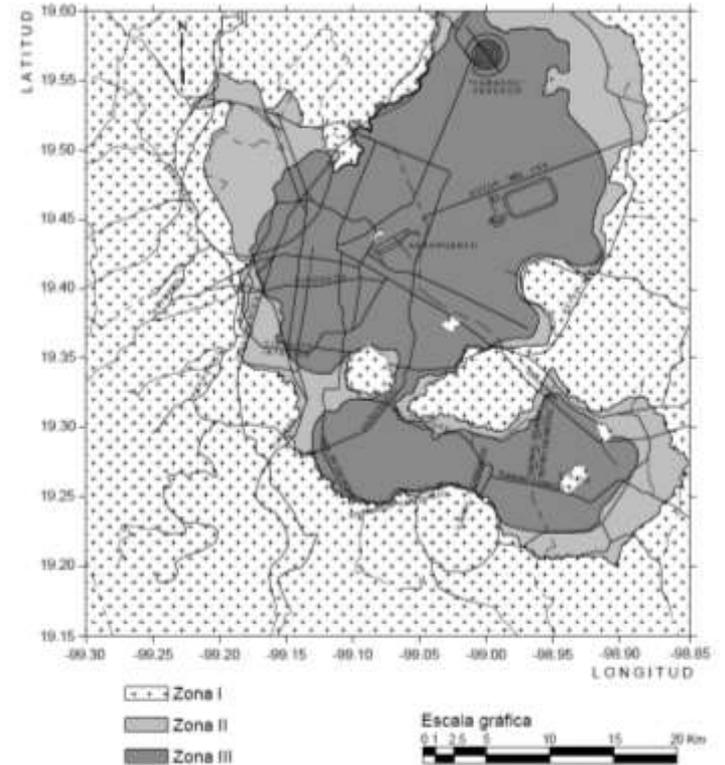
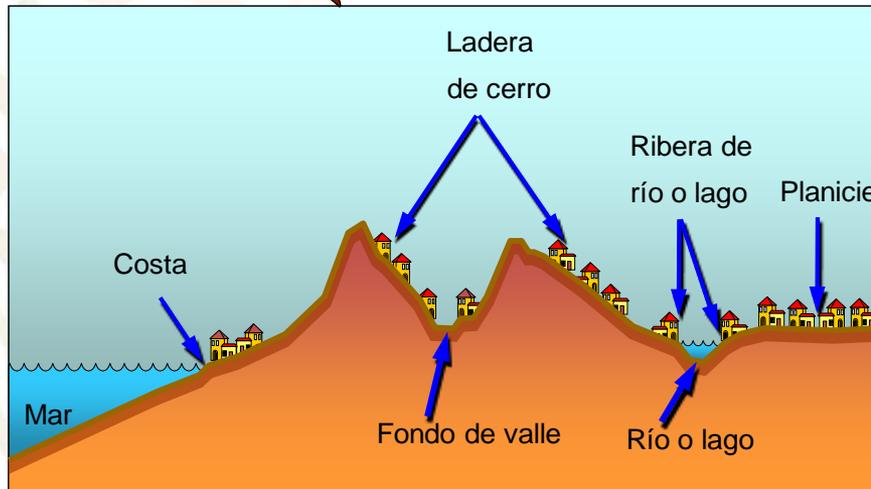
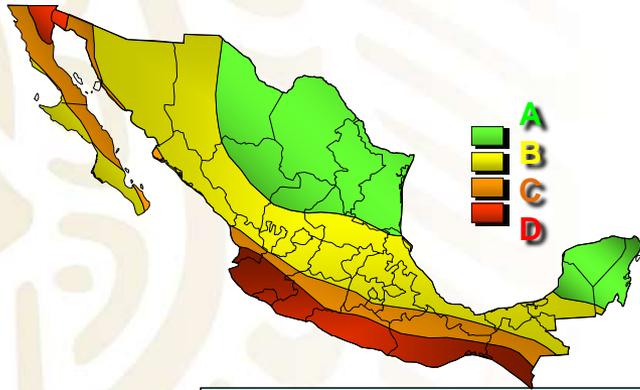


Figura 2.1 Zonificación geotécnica de la ciudad de México



ESTADO DEL PELIGRO POR SISMO EN MÉXICO

Regionalización Sísmica MDOC CFE-2015





Reglamentos: Nivel municipio





SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Reglamentos: Municipio y estados

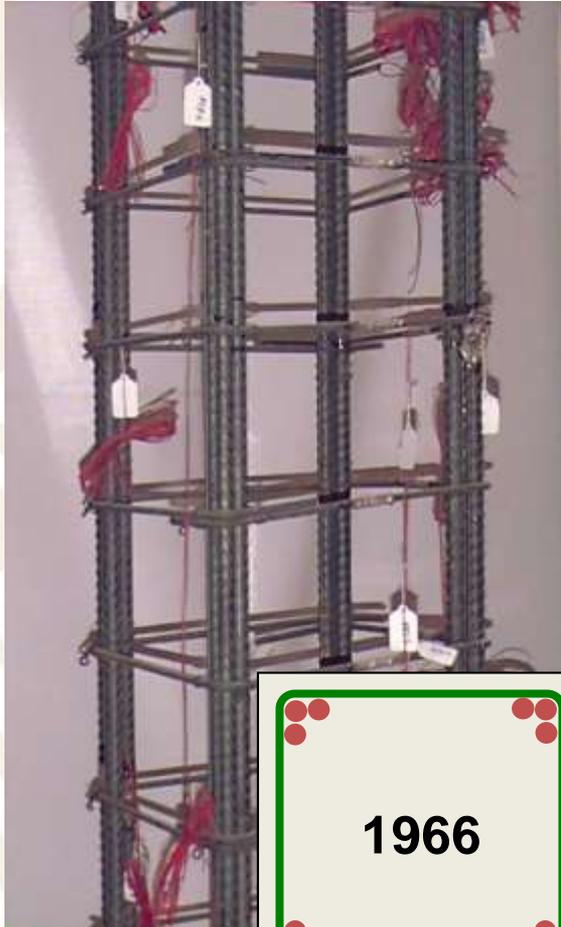




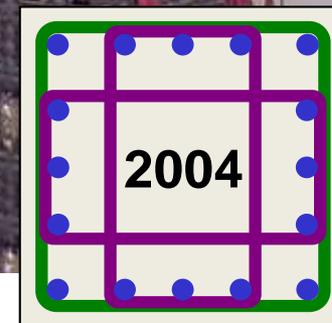
Reglamentos: herramienta vital para prevención

Comparación de armado de dos columnas para el mismo reglamento, en diferentes versiones o actualizaciones

Reglamento del DF 1966



1966



2004

Reglamento del DF 1987-2004



Conclusiones

- Edificaciones con respeto normativo, en general no presentan problemas severos
- Edificaciones con un concepto estructural “sano” logran buen comportamiento

Pendientes:

- Falta o ausencia del ente que obligue el respeto a la normatividad
- Inadecuada supervisión en las diferentes etapas del proceso de construcción
- Omisión del diseño y/o revisión de los elementos no estructurales y contenidos
- Ausencia de la supervisión por parte de la autoridad emisora de permisos de construcción
- Omisión del diseño y/o revisión de los elementos no estructurales y contenidos



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

¡GRACIAS!

M.I. Víctor Simón Vargas Ortega

Subdirección de Riesgos Estructurales

www.cenapred.unam.mx

svargas@cenapred.unam.m