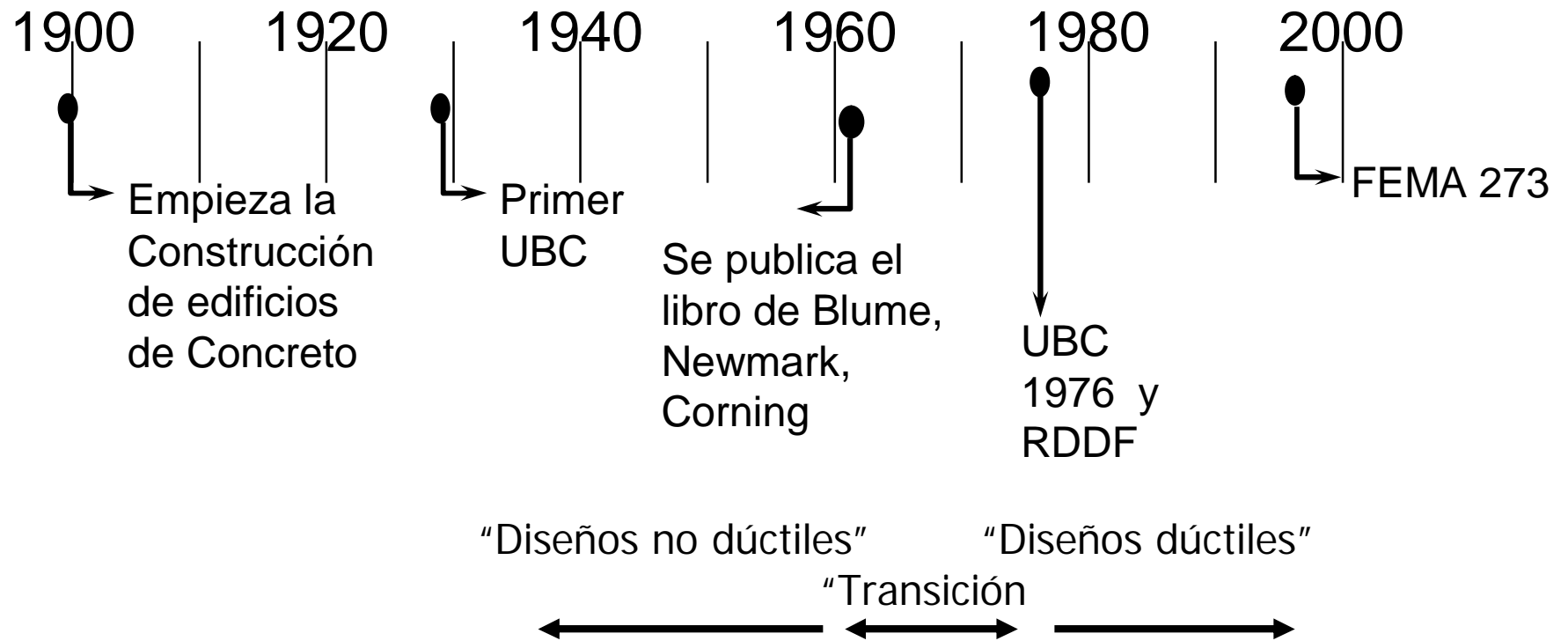


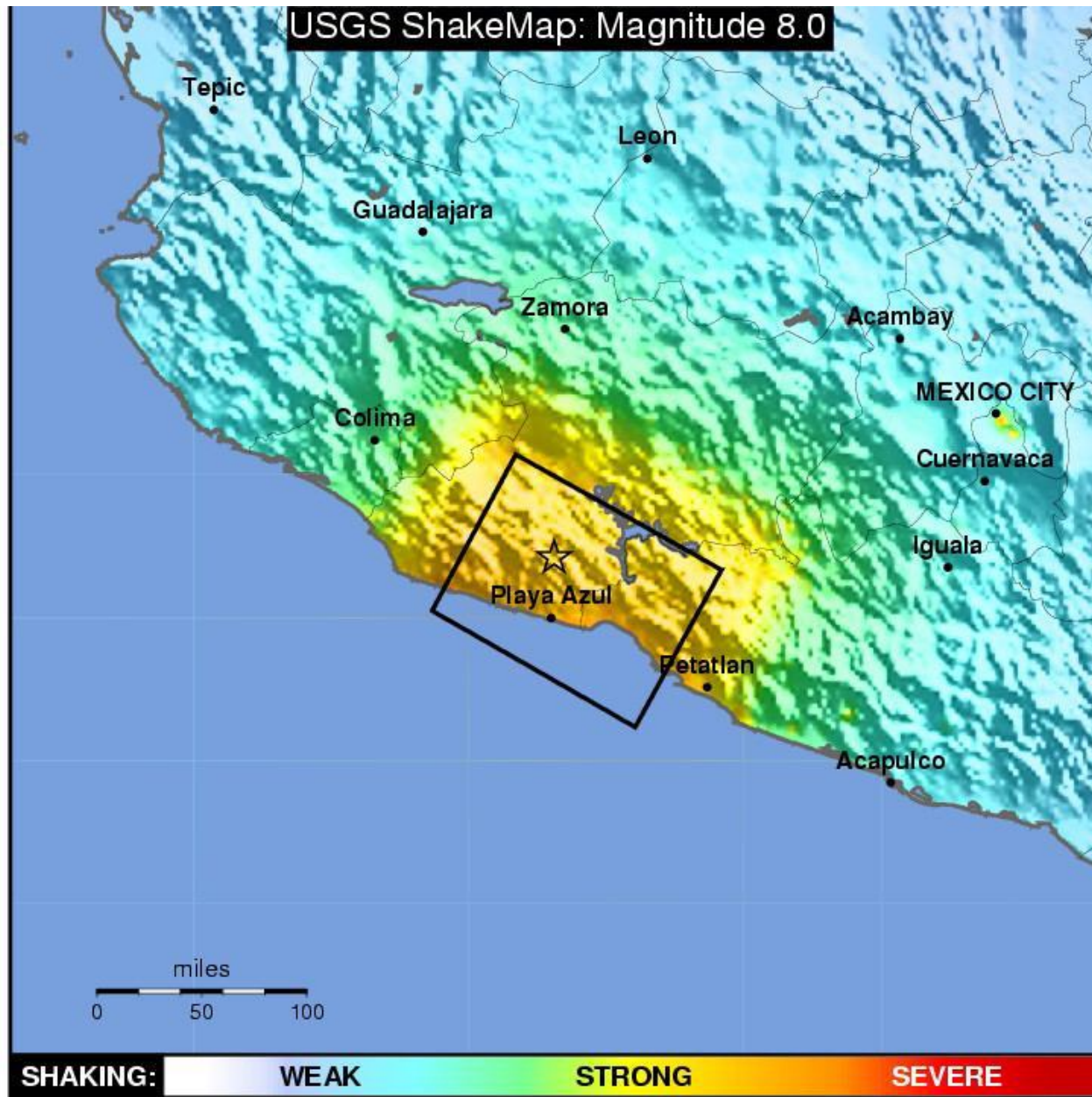
Aspectos relevantes del diseño sísmico en estructura de concreto

Dr. Roberto Stark
stark + ortiz, s.c.

DISEÑO DE CONCRETO, REGLAMENTOS Y EVENTOS



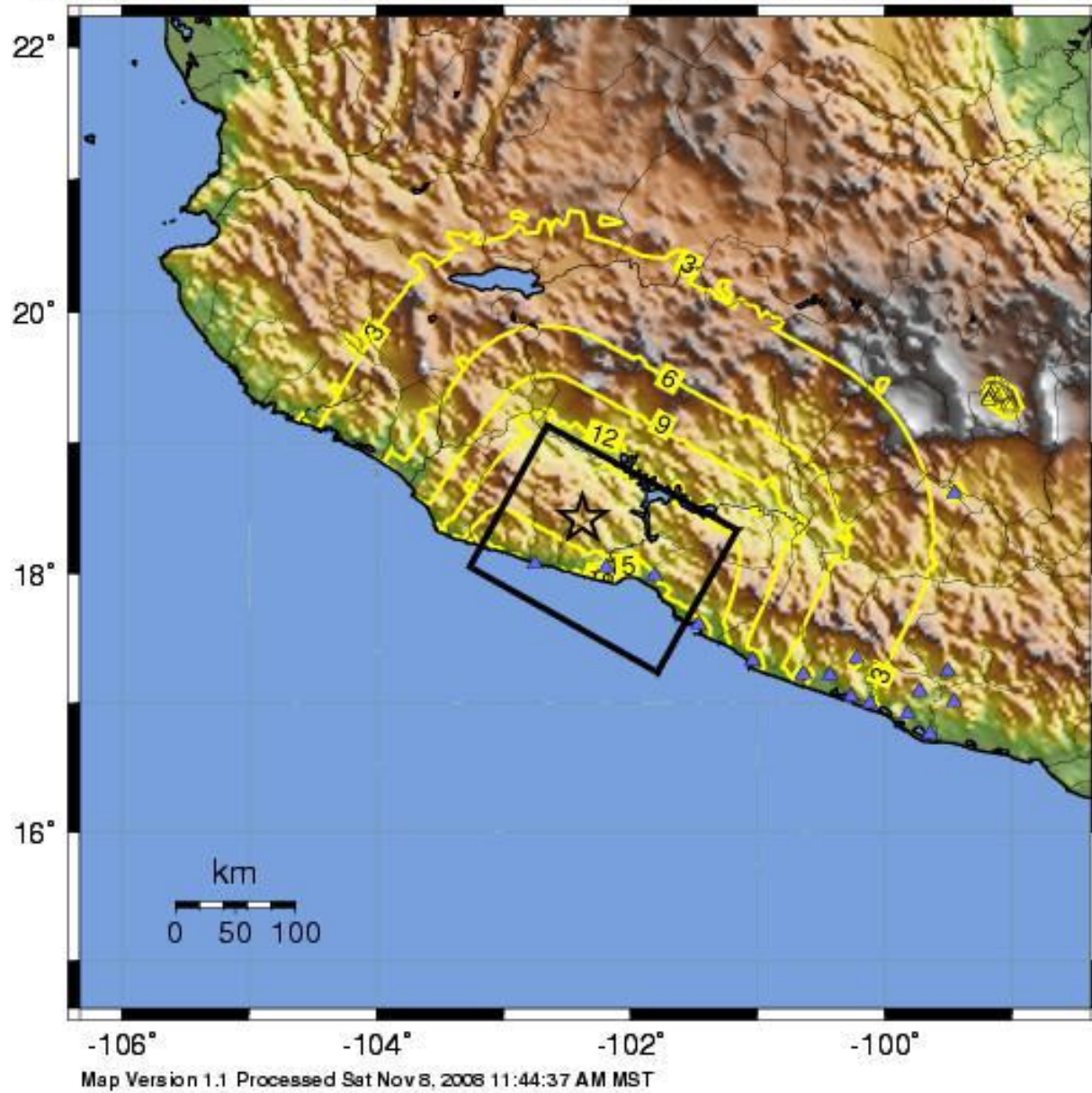
TEMBLOR DE MEXICO 1985



Map Version 1 Processed Mon Aug 25, 2008 04:06:37 PM MDT

USGS Peak Accel. Map (in %g) : Michoacan, Mexico

Thu Sep 19, 1985 13:17:47 GMT M 8.0 N18.42 W102.38 Depth: 15.0km ID:198509191317



DAÑOS

- OFICIALMENTE 9,500 MUERTOS, 30,000 HERIDOS Y 100,000 DAMNIFICADOS.
- 2.4 % DE EDIFICIOS COLAPSADOS
- CIUDAD PARALIZADA POR CERCA DE TRES SEMANAS
- INFRAESTRUCTURA DAÑADA, HOSPITALES, CENTRALES DE POLICIA, COMUNICACIONES
- NULA PLANEACION PREVIA AL EVENTO

SITUACION INGENIERIL ANTES DEL EVENTO

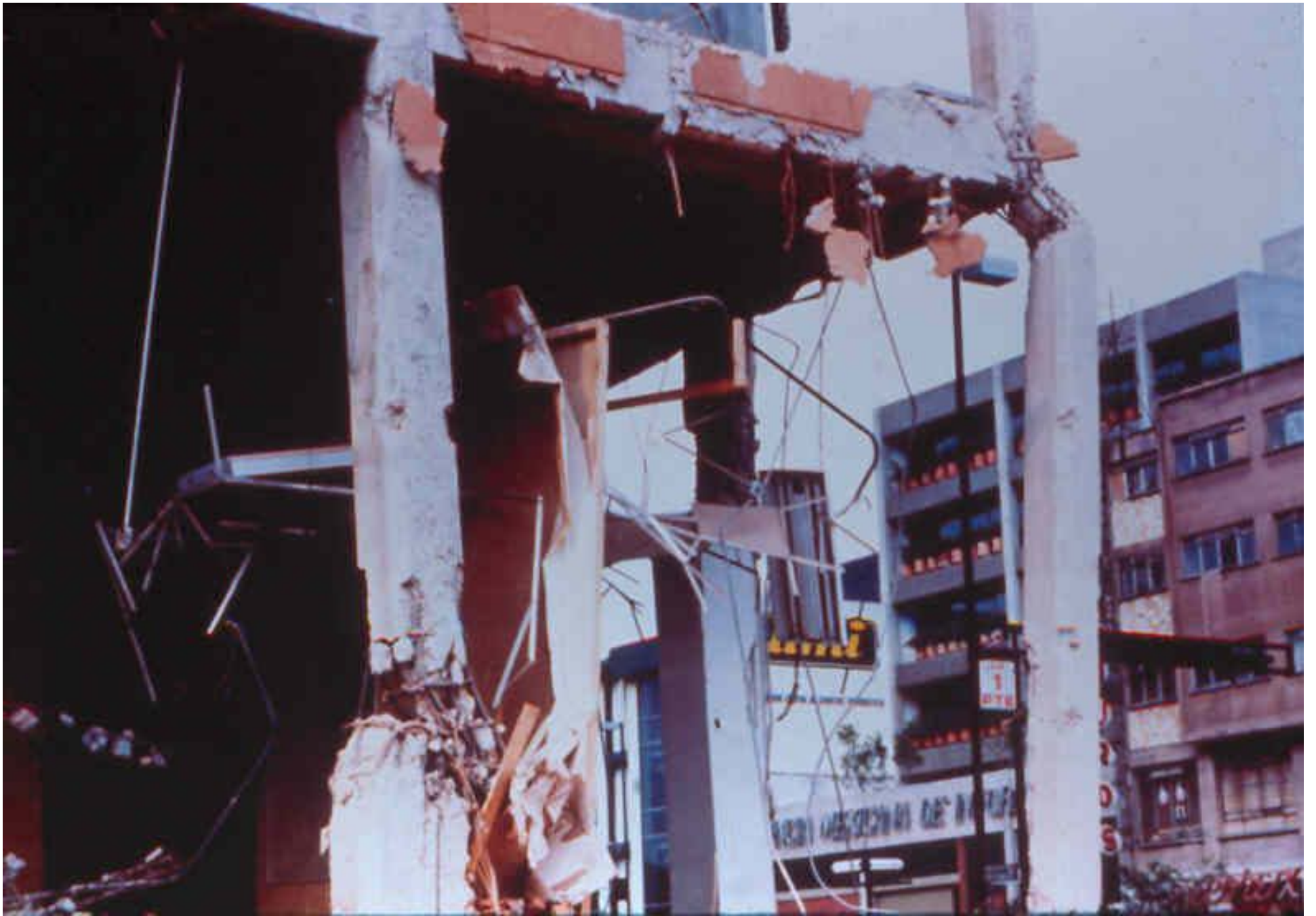
- CONOCIMIENTO DE EVENTOS PREVIOS (1957, 1962, 1979)
- REGLAMENTO MODERNO PERO NO ACTUALIZADO (1976)
- USO MACIVO DE LOSAS RETICULARES (ALIGERADAS?)
- ESTRUCTURAS MUY FLEXIBLES















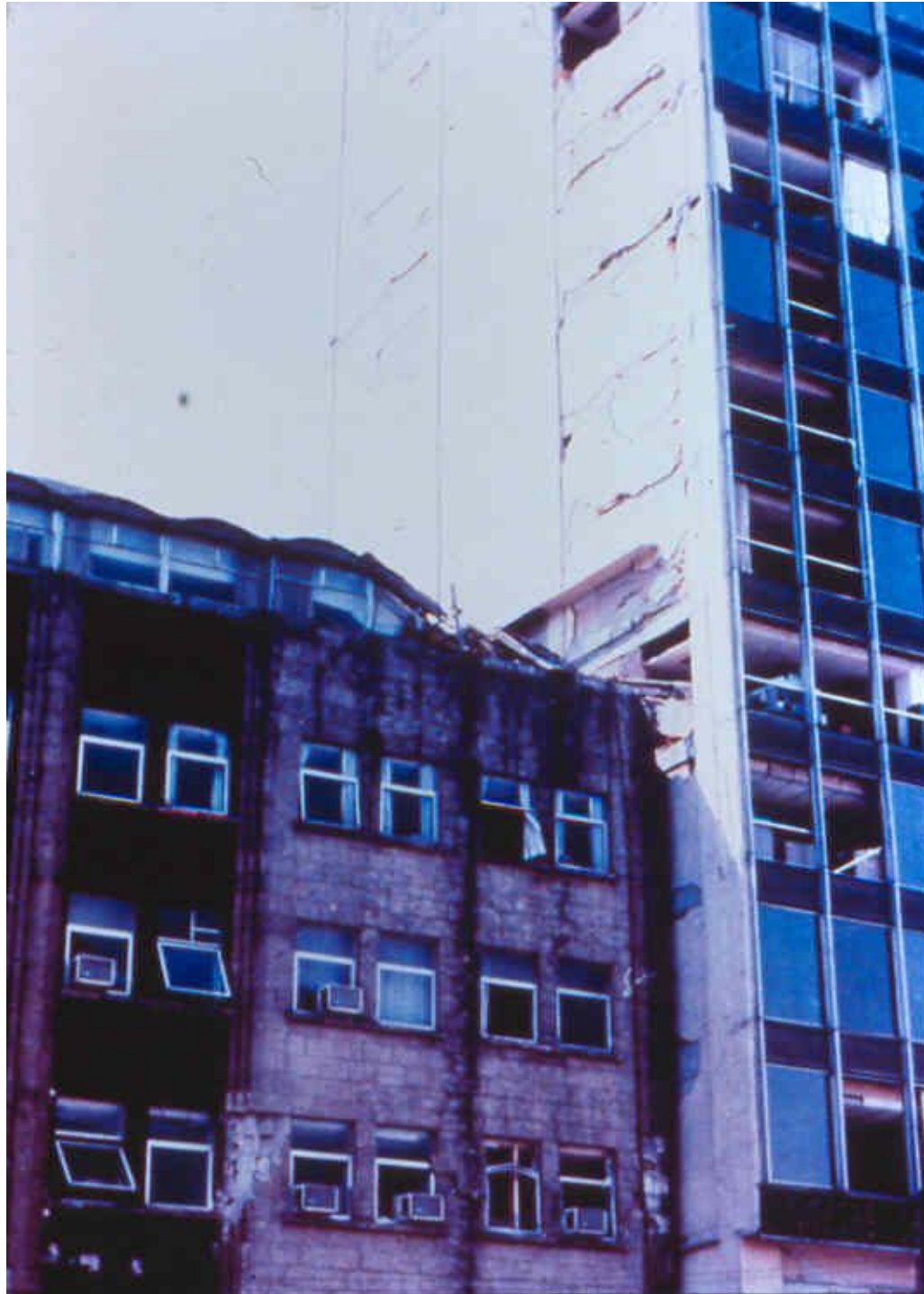


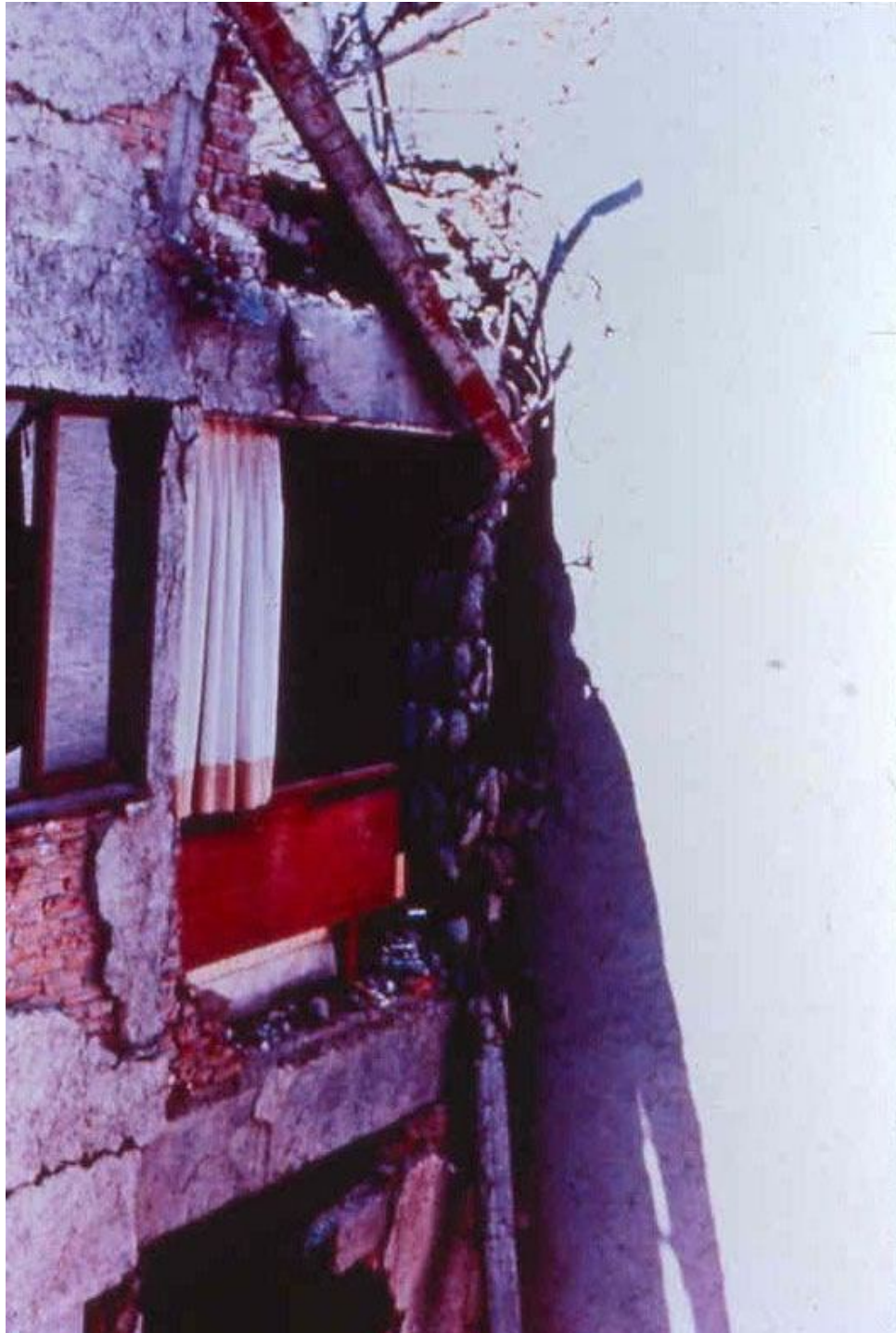










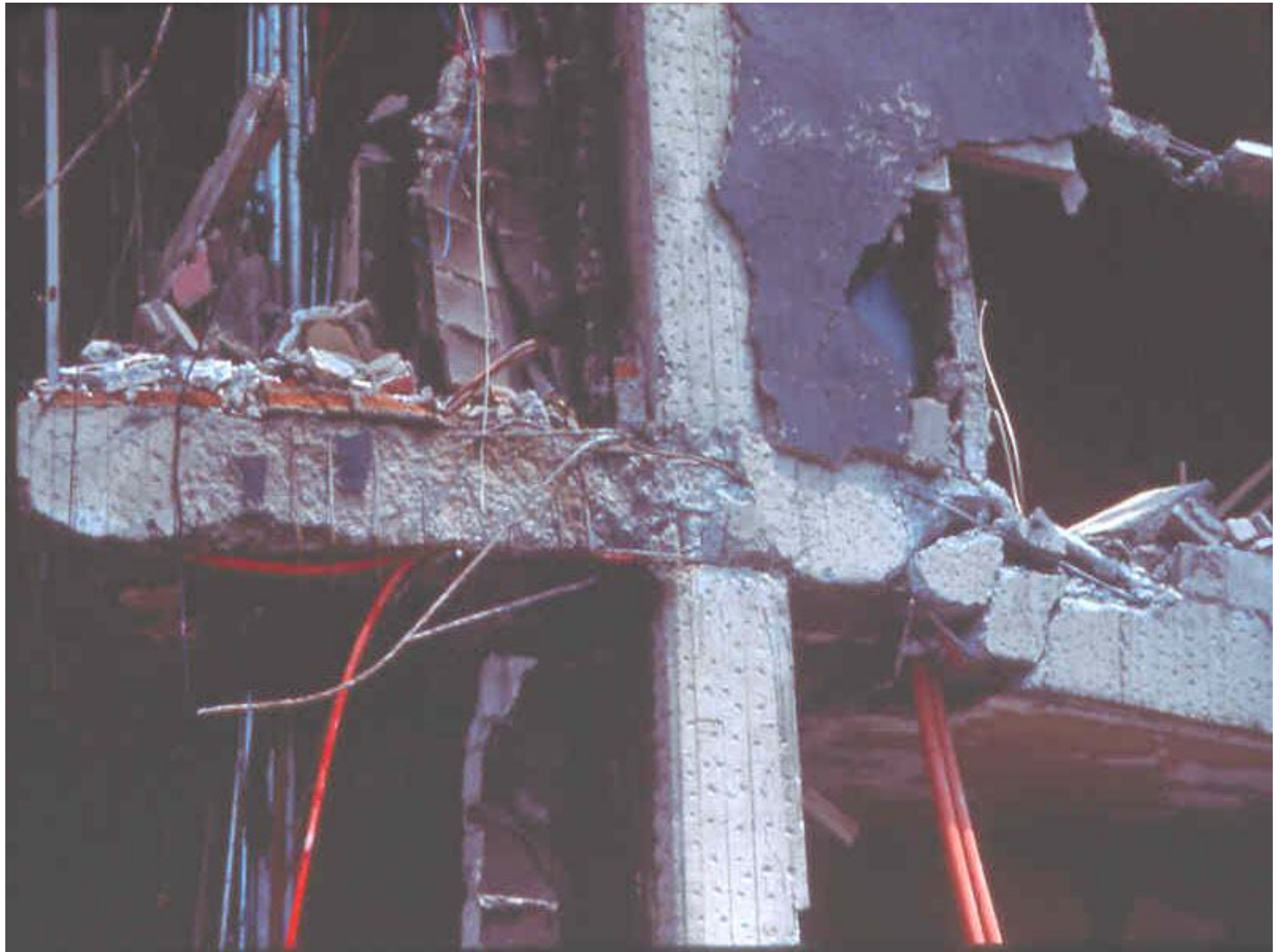




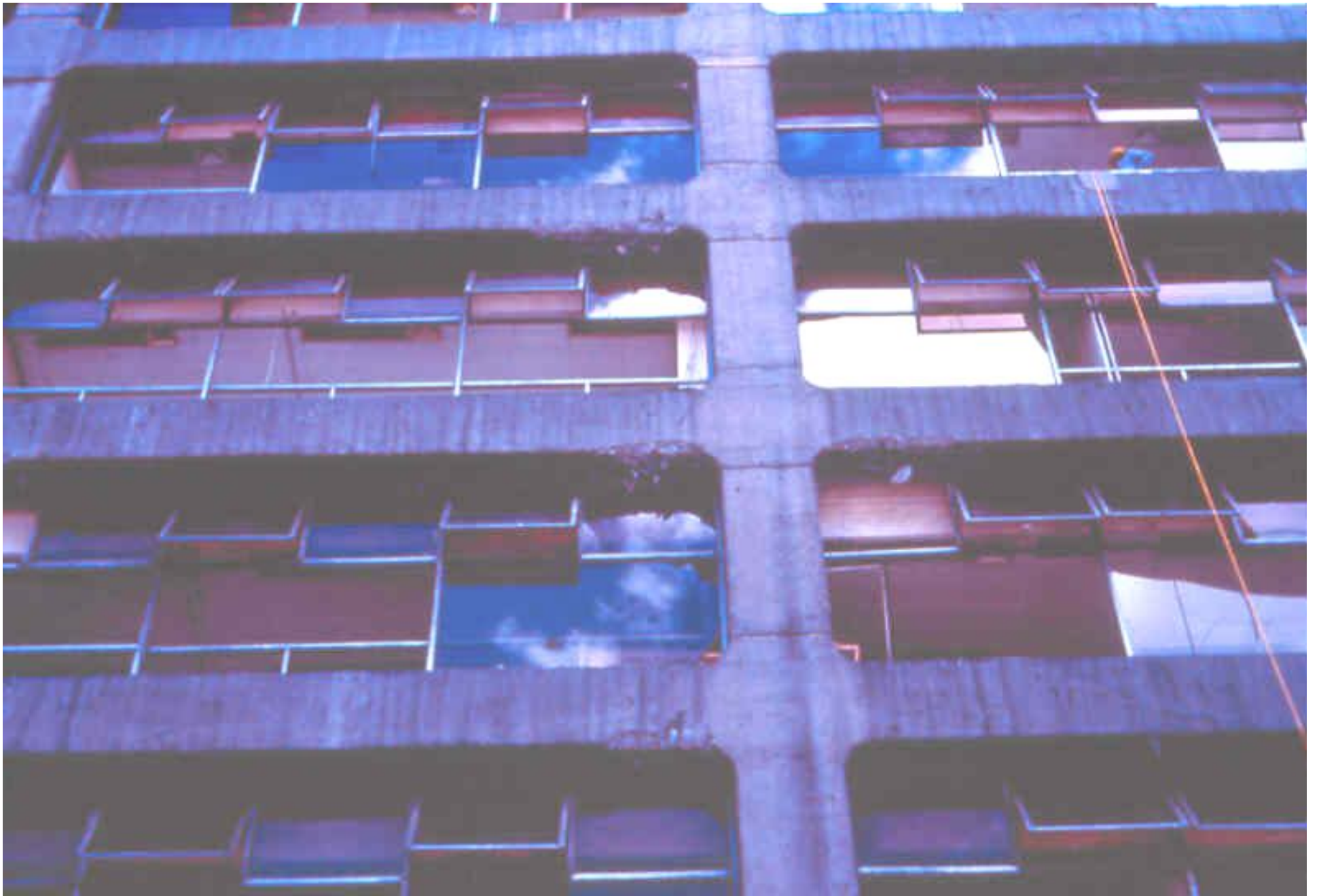




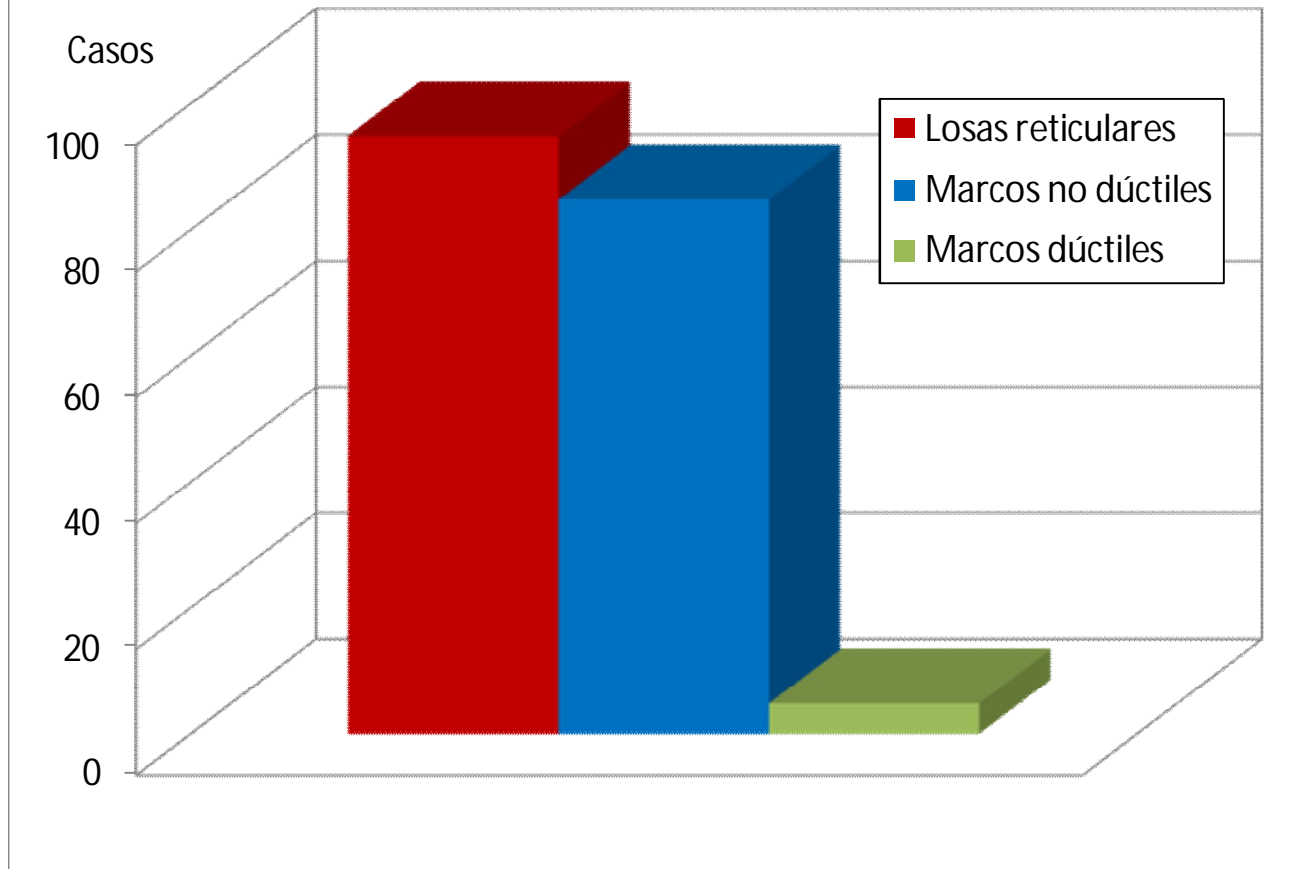




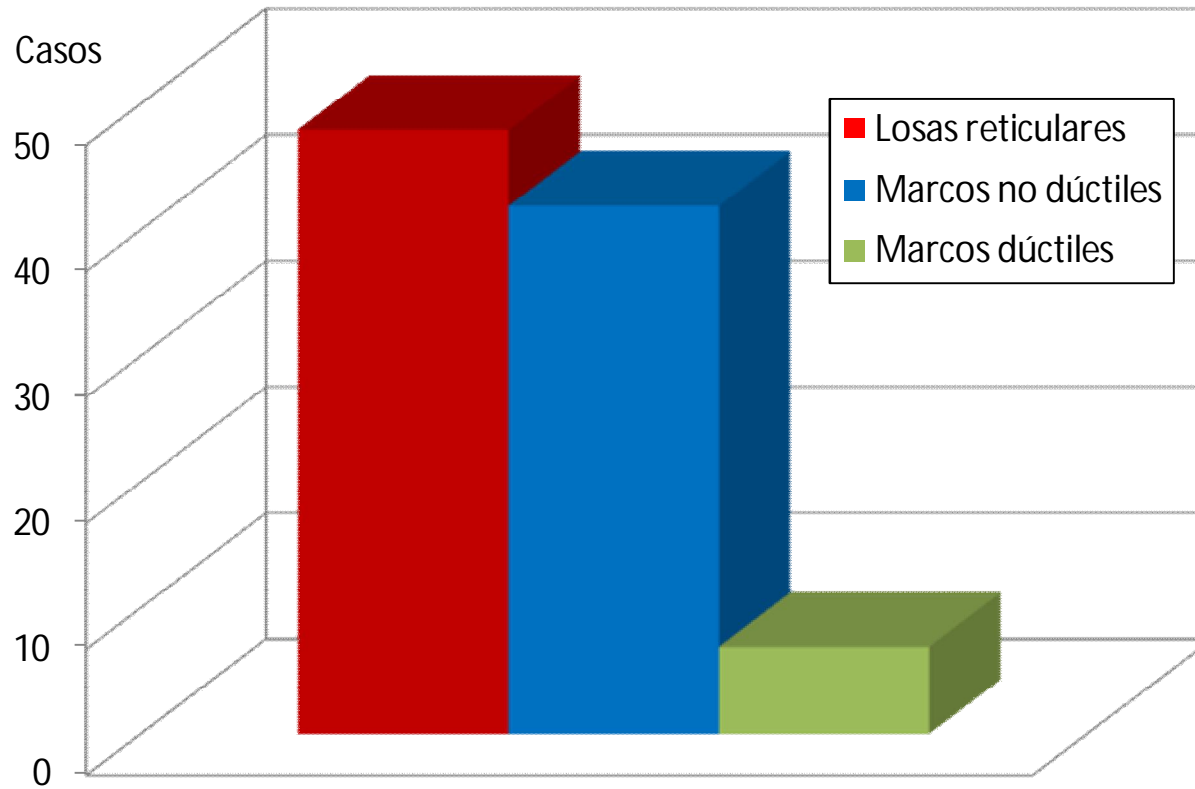




Edificios con daños graves



Edificios con colapsos



FALLAS OBSERVADAS

- FALLAS DE COLUMNAS EN EDIFICIOS CON LOSAS RETICULARES, MALA ESTIMACION DE LAS RIGIDECEES.
- DESPLAZAMIENTOS LATERALES EXCESIVOS (CONCRETOS CON EBAJO) Y UNA MALA ESTIMACION DE LOS VALORES

FALLAS OBSERVADAS

- PLANTAS SUAVES PROBLEMA GENERALIZADO A NIVEL MUNDIAL.
- PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS DISMINUCION EN LA DUCTILIDAD.
- FALTA DE CONFINAMIENTO.
- COLUMNAS CORTAS.
- FALLA MACIVA DE RAMPAS DE ESCALERAS **.

ACCIONES DESPUES DEL EVENTO

- NORMAS DE EMERGENCIA. HACIENDO MAS SEVERO LOS REQUISITOS DEL REGLAMENTO EN BASE DE LAS FALLAS PRESENTADAS.
- SE ORGANIZO LA FIGURA DE PROTECCION CIVIL
- SE REEVALUO LA FIGURA DEL PERITO O DIRECTOR “RESPONSABLE” DE OBRA

ACCIONES DESPUES DEL EVENTO

- SE COLOCARON SISMOGRAFOS TANTO EN LA CIUDAD DE MEXICO COMO EN LA COSTA DEL PACIFICO (ANTES SOLO 5 AHORA 80 EN LA CD. DE MEXICO) SOLO GUERRERO Y OAXACA ESTAN INSTRUMENTADOS (40 SEG.).
- CULTURA DE DESALOJAR INMUEBLES PERO HAY TIEMPO???.

- Se generaron Reglamentos para cada Municipio (aprox. 2,500) en los 32 Estados y la Capital
- Se han hecho intentos de implementar un Reglamento Nacional pero a la fecha ha fracasado.
- El Reglamento de la Ciudad de México ha servido como un modelo a seguir en varios Municipios y Ciudades del País

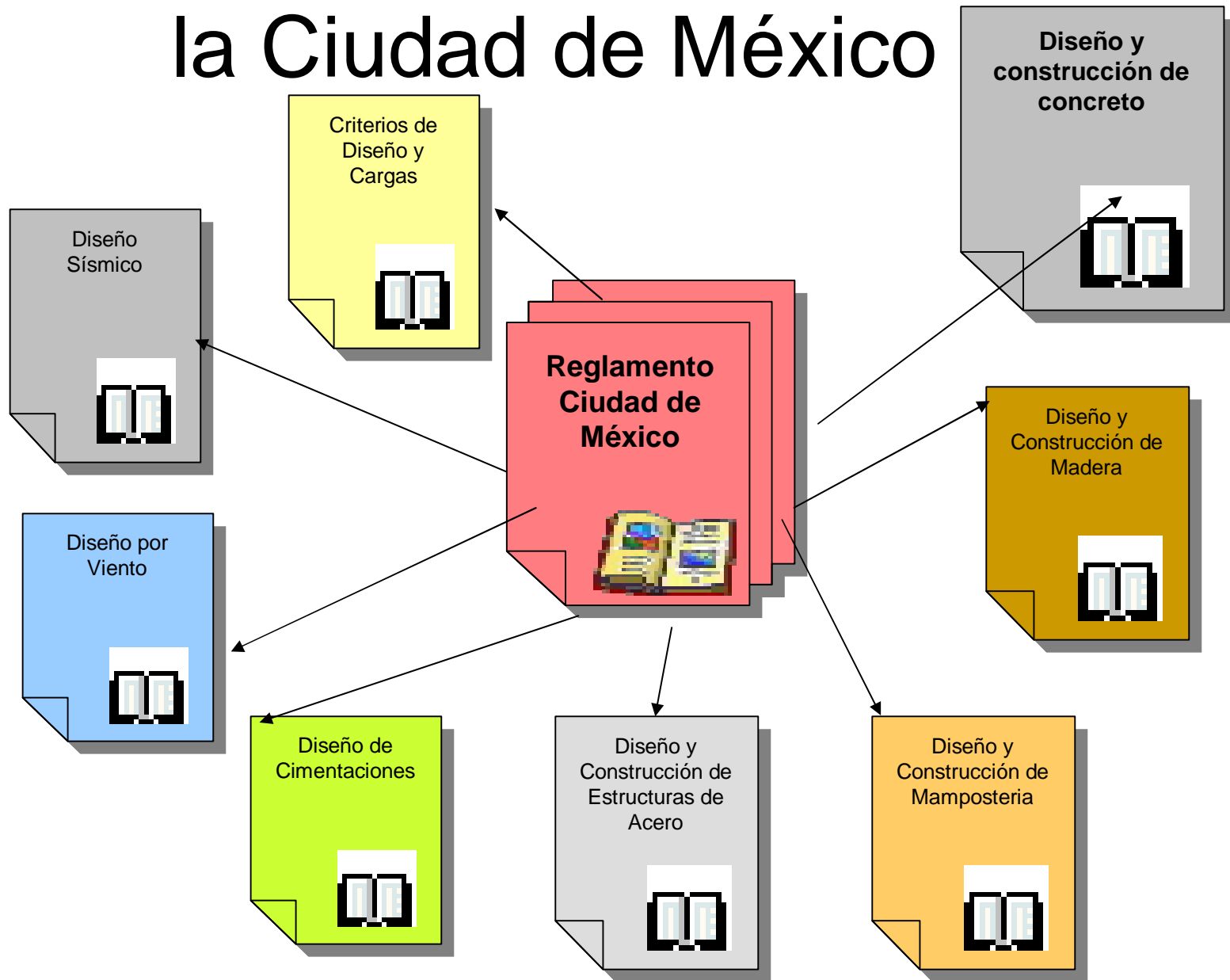
Evolución del Reglamento de la Ciudad de México

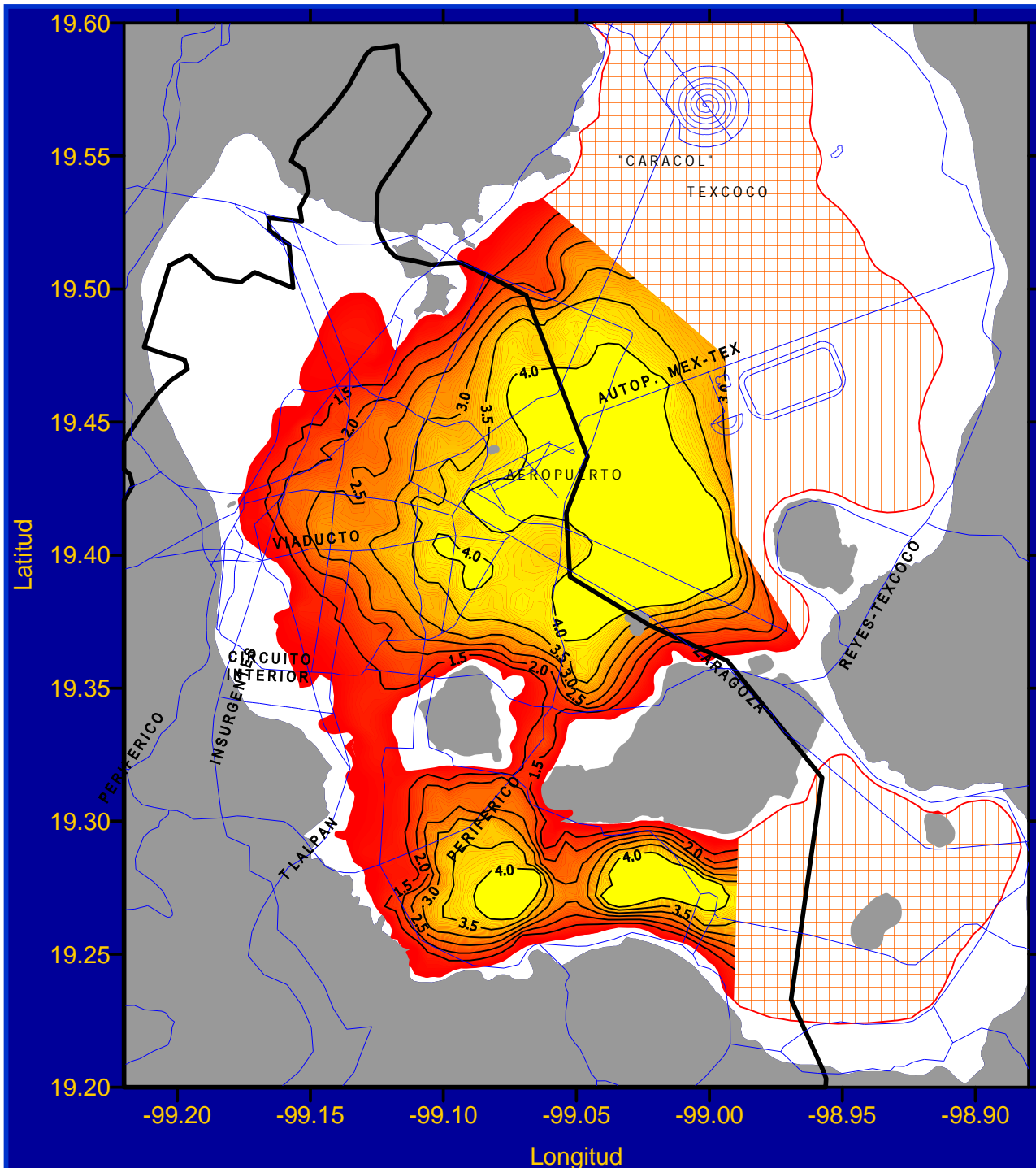
- El primer Reglamento se implementa en 1942
- Después del temblor de 1957, se emiten Normas de Emergencia y se elabora un nuevo Reglamento incluyendo recomendaciones más claras sobre el diseño sísmico
- En 1966, El Reglamento se actualiza y se complementa para abarcar requisitos más completos sobre el diseño sísmico. No incluye requisitos de desplazamiento.

Evolución del Reglamento de la Ciudad de México

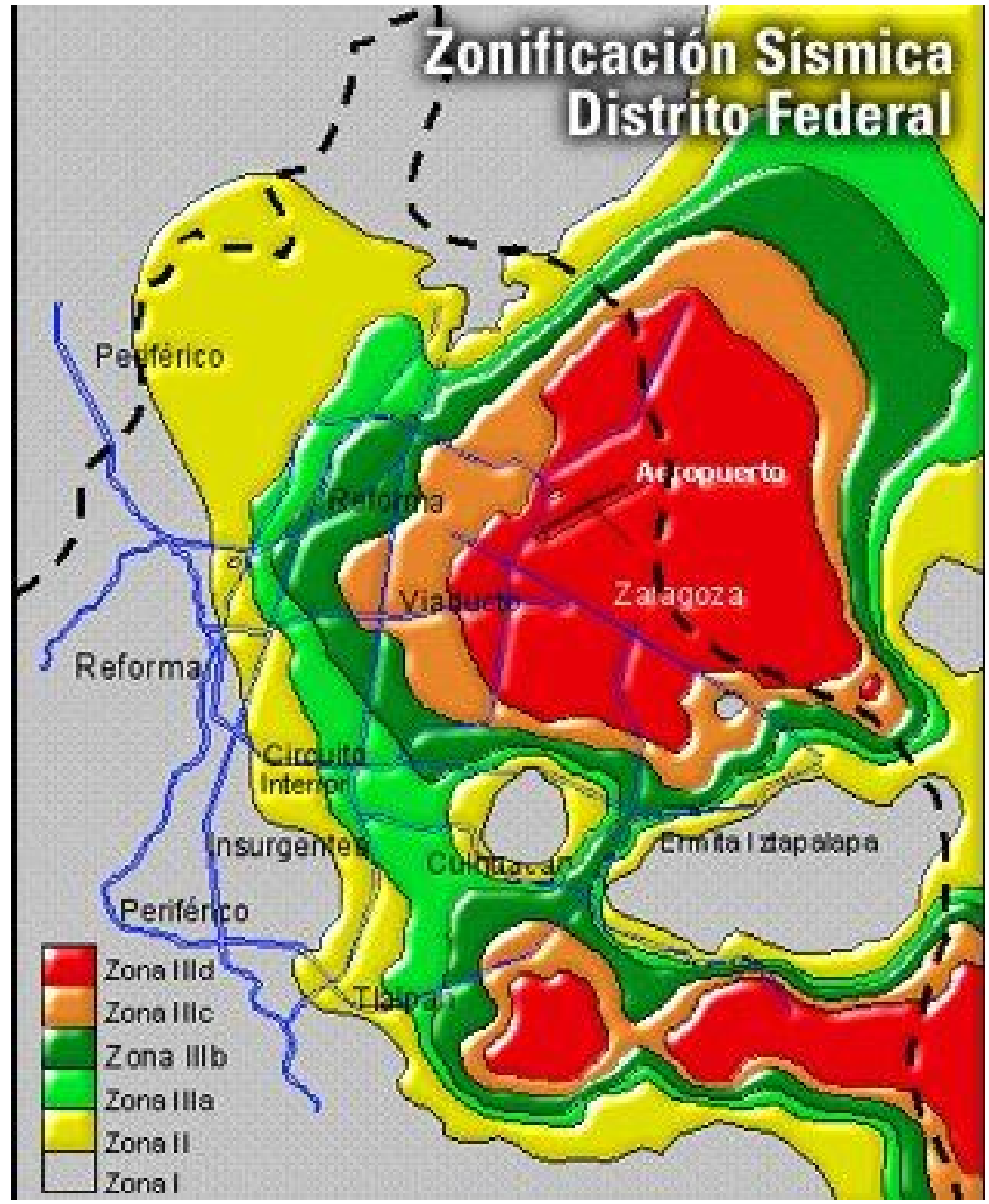
- In 1976, se incluyen los requisitos de ductilidad y se restringe el desplazamiento lateral, aunque los límites son excesivos hasta 1.6 % en base de un modelo rígido.
- El Temblor de 1985 pone en manifiesto la necesidad de rigidizar las estructuras y se aumentan los coeficientes sísmicos en forma importante, se reducen los desplazamientos de entrepiso 1.2 %.
- En 2004: Se introducen conceptos para el diseño por desempeño.

Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México





Mapa de Periodos del Suelo







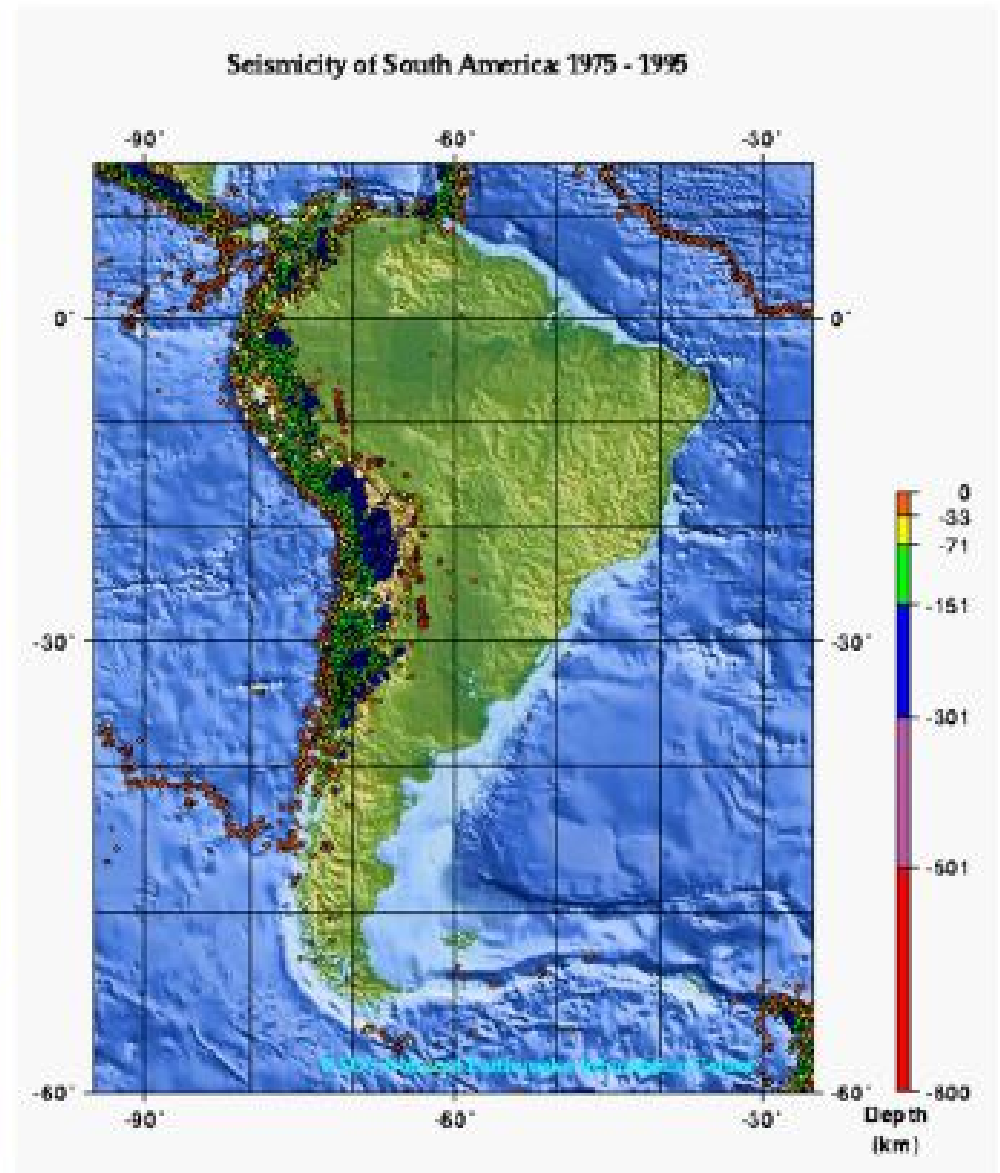
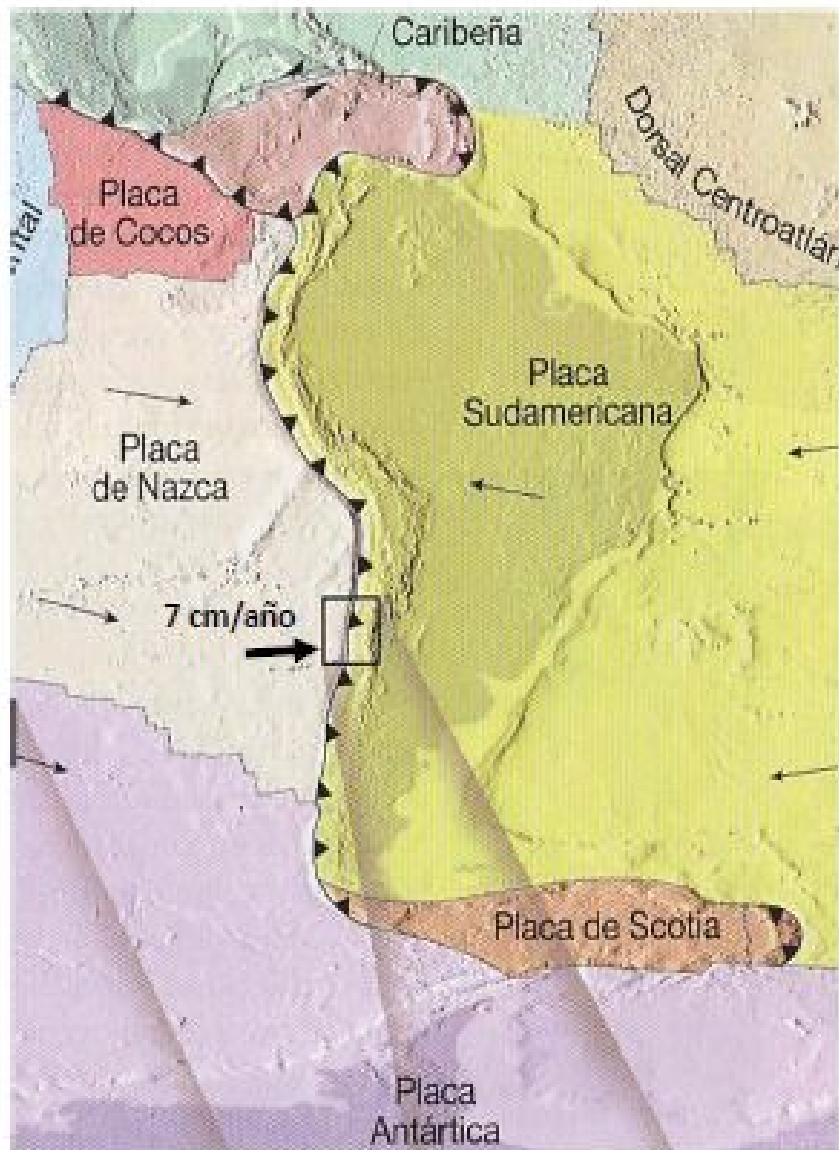




TEMBLOR DE CHILE 2010



CONDICION SISMICA DE CHILE



CATASTRO DE EDIFICIOS

Edificios construídos entre 1985 y 2009

Edificios colapsados: 4 (aprox.)

Edificios a demoler: 50 (aprox.)

Número de edificios 3 + pisos 9.974

Número de edificios 9 + pisos 1.939

Fallas edificios 3 + pisos: 0.5%

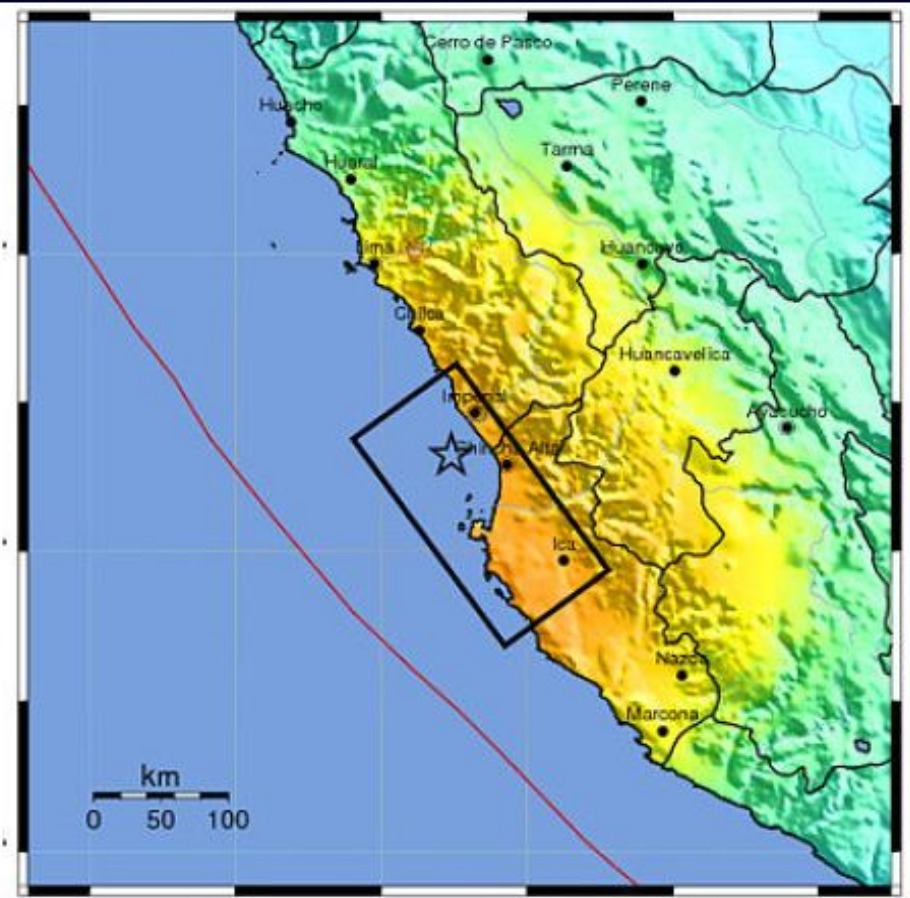
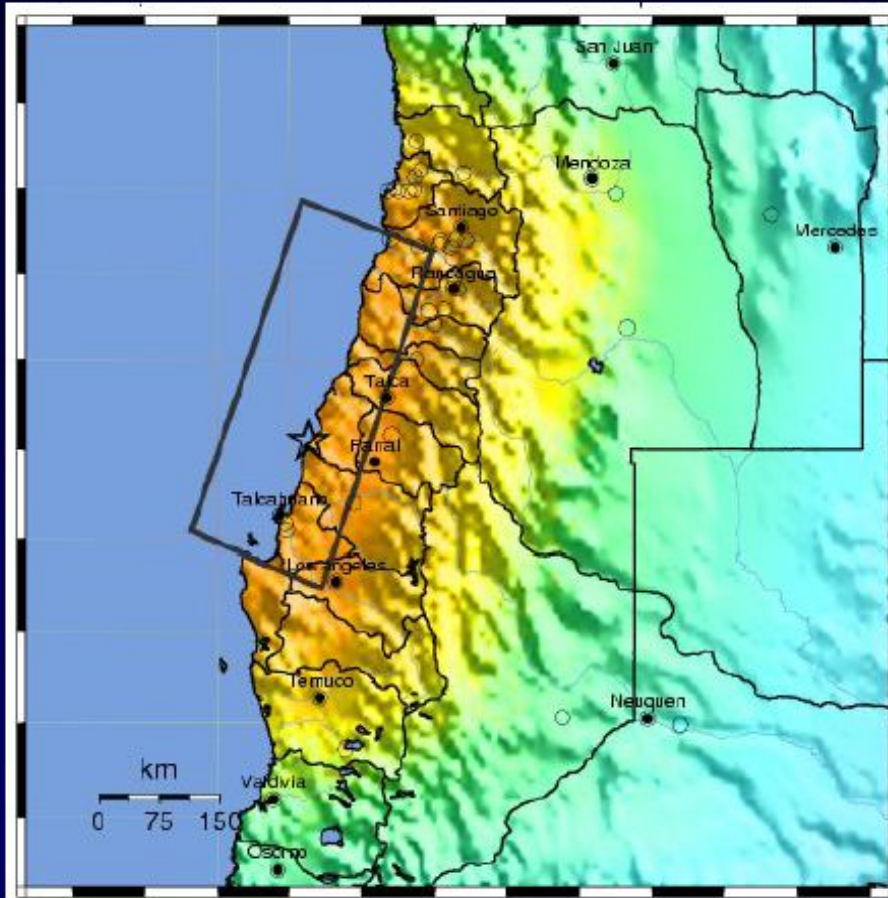
Fallas edificios 9 + pisos : 2.8%

SITUACION INGENIERIL ANTES DEL EVENTO

- CONOCIMIENTO DE EVENTOS PREVIOS
- REGLAMENTO MODERNO
- USO MACIVO DE MUROS DE CONCRETO
- ESTRUCTURAS MUY RIGIDAS
- EN UNA GRAN MAYORIA MINIMO A NULO DETALLE DE CONFINAMIENTO

Chile - 2010 y Perú - 2007

Fuente USGS



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE Resistant Structures	none	none	none	V. Light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	V. Heavy
POTENTIAL DAMAGE Vulnerable Structures	none	none	none	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	V. Heavy	V. Heavy
PEAK ACC.(%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
ESTIMATED INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+







Chile, 2010



Torre Riesco



Plano de planta típica



Edificio Riesco

Asentamiento de 22 cm en un extremo y desplome de 36cm en la parte superior. Daños pequeños

Complejo Deportivo.

Talcahuano





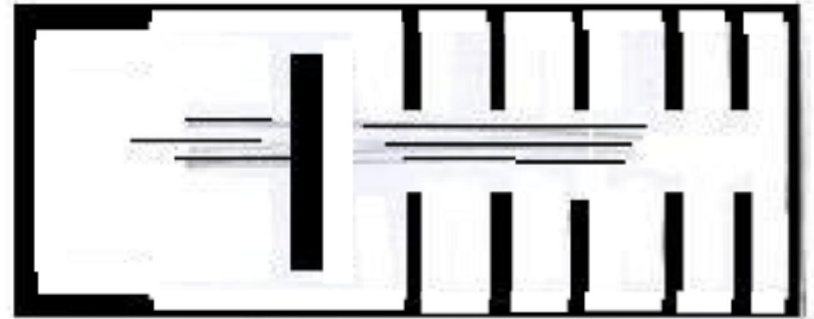
Falla en columnas

Edificio Garandillas. 4 niveles y un sótano.

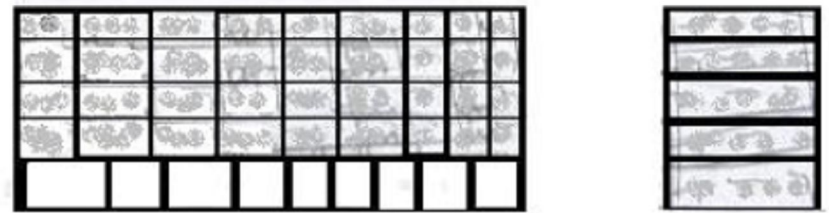
Gandarillas 360, Maipú, Santiago.



Esquema estructural



Planta



Elevación



Falla de Piso blando. Primer nivel







Vista posterior del edificio.

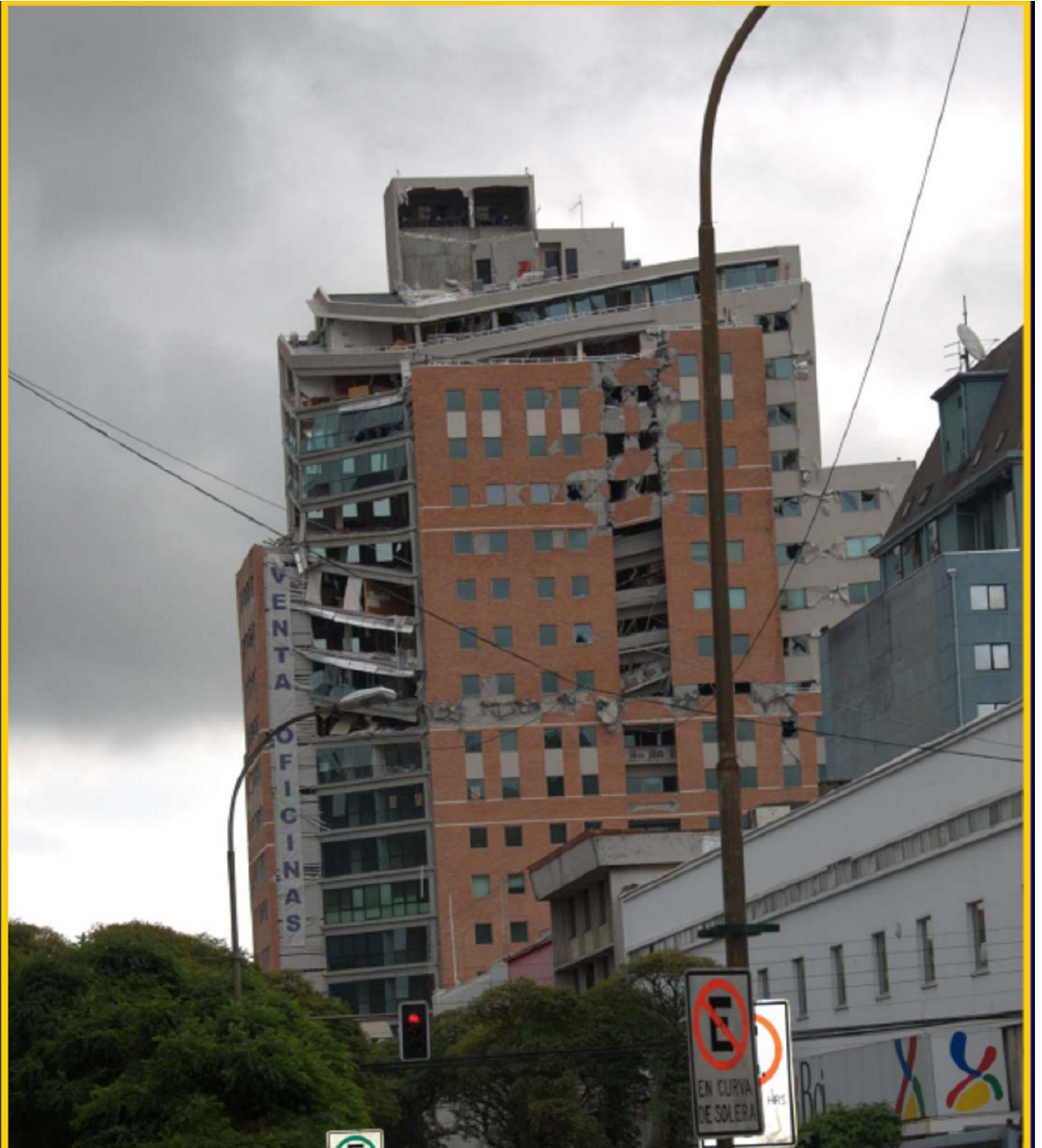
**Torre
O'Higgins**
Concepción

**Vista
Posterior**



**Torre
O'Higgins**
Concepción

Vista Frontal



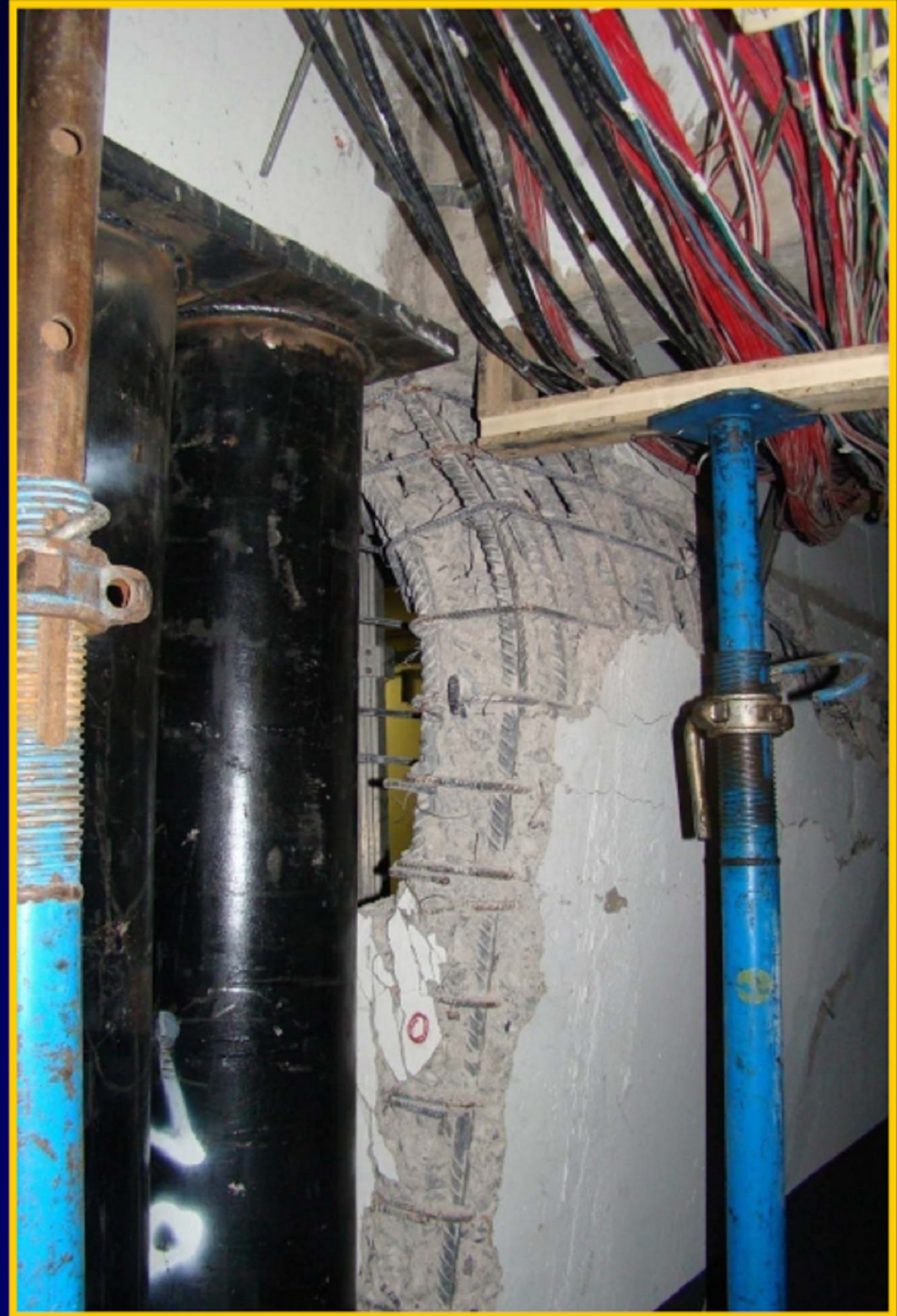


Daño severo vigas (plano de unión con columnas)

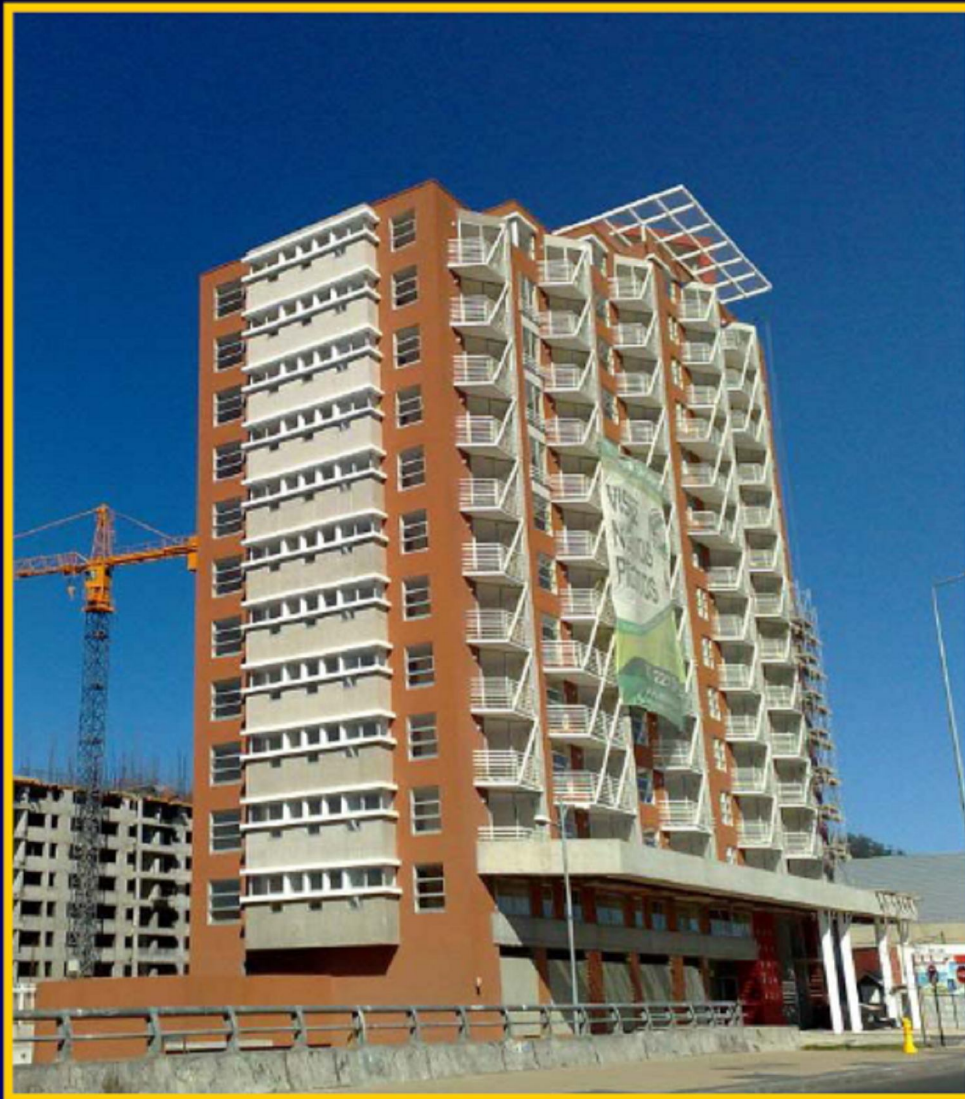


Daño severo en columnas

**Pandeo del extremo
del muro producto
de la alta compresión
por flexión**



Edificio Alto Río, en Concepción.



Antes ...



Luego del 27-02-2010



Vista parcial posterior



Armadura de muros suficiente ?

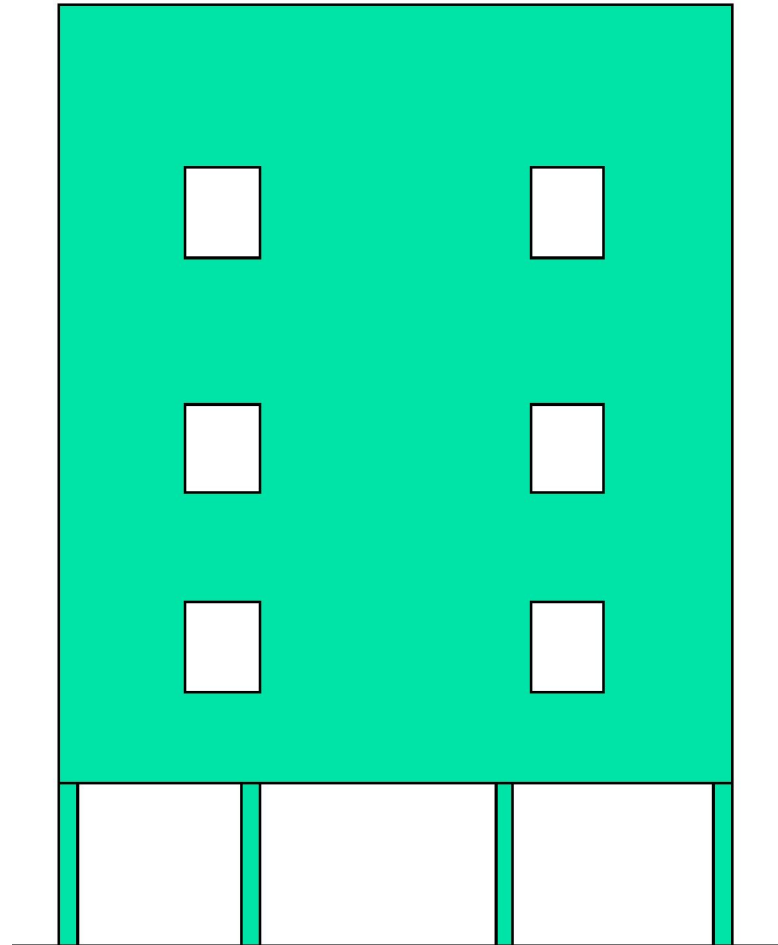
Conjuntos habitacionales. Concepción



Edificio altos Concepción.



Piso Blando







San Fernando, EEUU (1971)



Popayán, 1983



Dos enfoques de diseño sísmico

- México y otros:
- Más complejo
- Basado en confinamiento
- Deben mejorarse sus límites para garantizar un daño menor
- Chile:
- Simple
- Protección de vidas humanas
- Grandes Daños

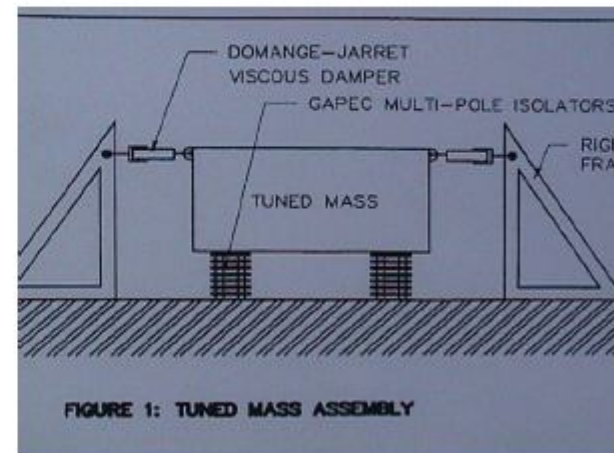
La solución es el aumento de amortiguamiento o el aislamiento de la base ???

b) DISIPADORES PASIVOS DE ENERGÍA USANDO FLUIDOS VISCOSOS

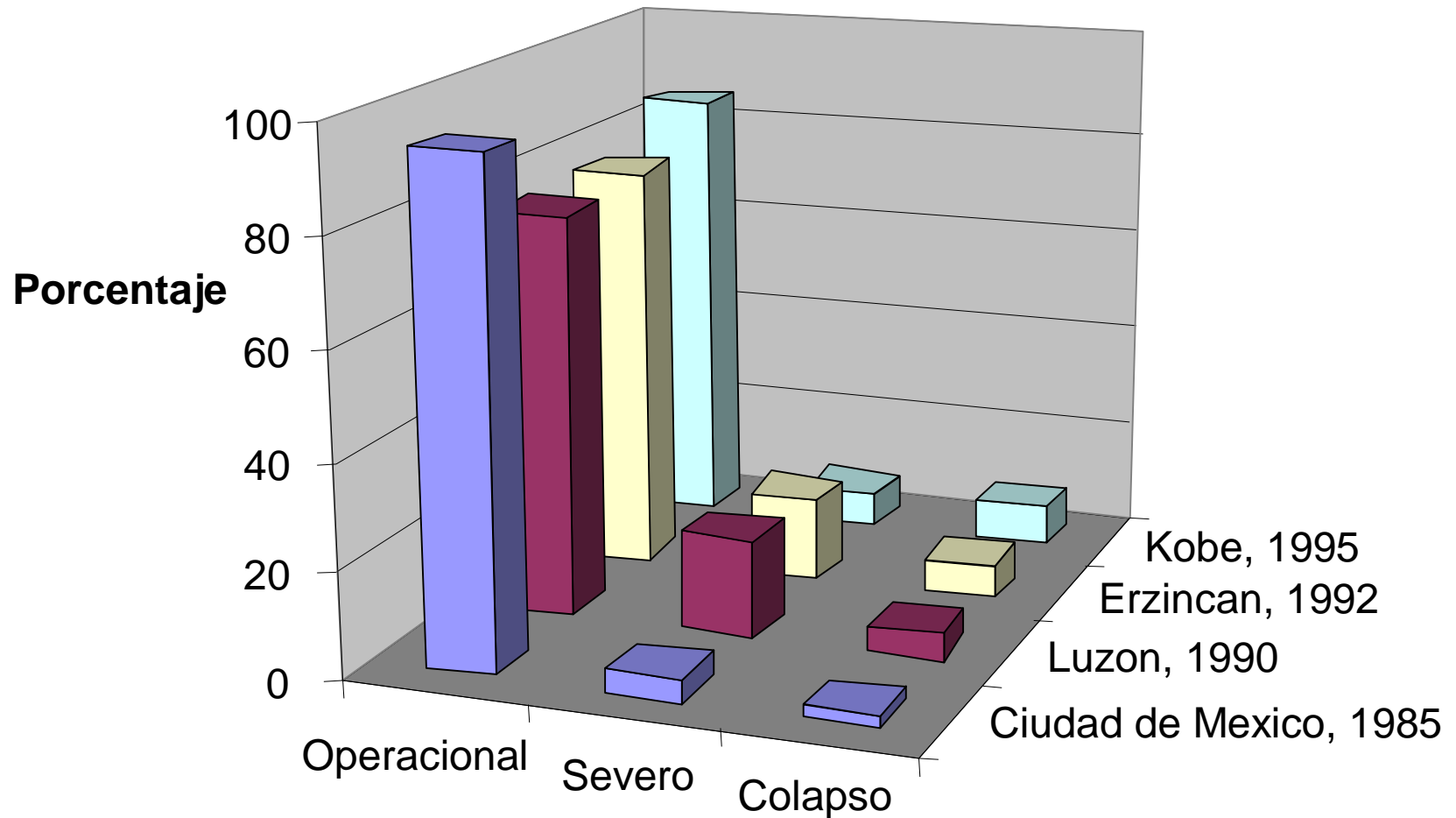
Torre Mayor Mexico



c) DISIPACIÓN DE ENERGÍA POR REACCIÓN DE MASAS SINTONIZADAS



Daños en edificios debido a sismos (1985 – 1995)



Otani, 1999

Rigidez efectiva

a) Módulo de elasticidad $E_c = 15,000 \sqrt{f'_c}$

b) Momentos de inercia, I

Trabes $0.35 I_g$

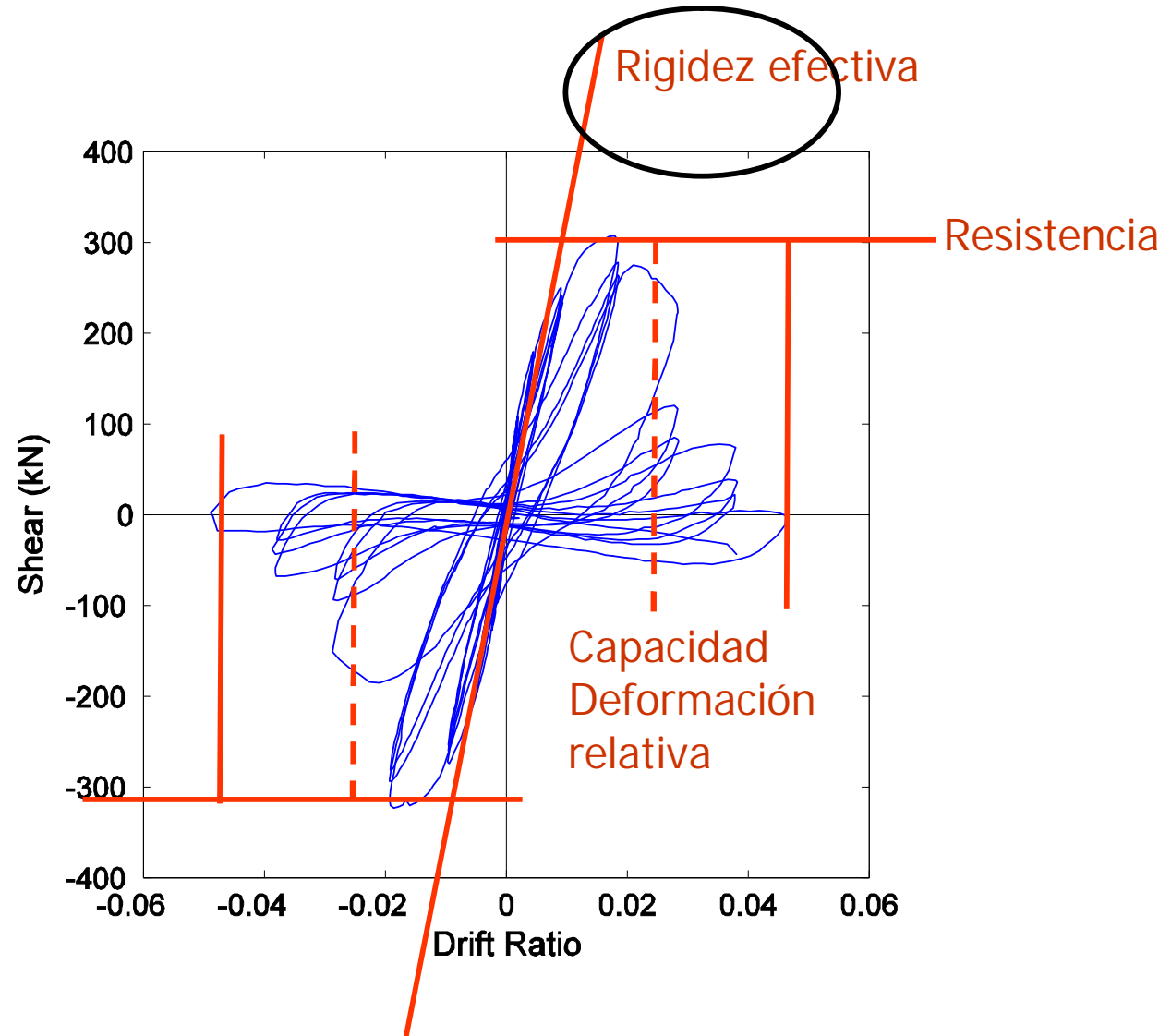
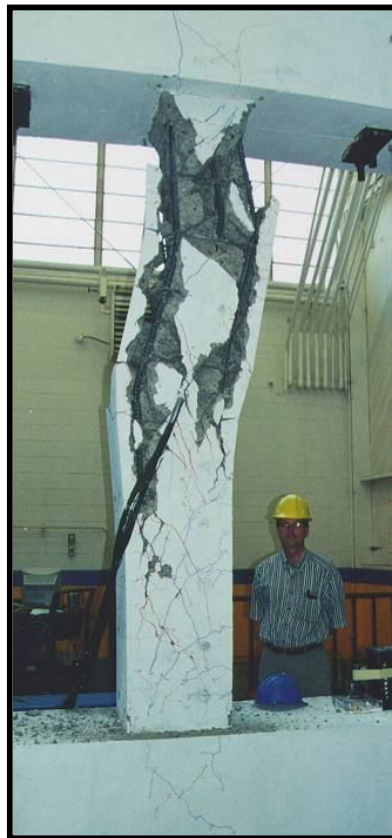
Columnas $0.70 I_g$

Muros (No agrietados) $0.70 I_g$

(Agrietados) $0.35 I_g$

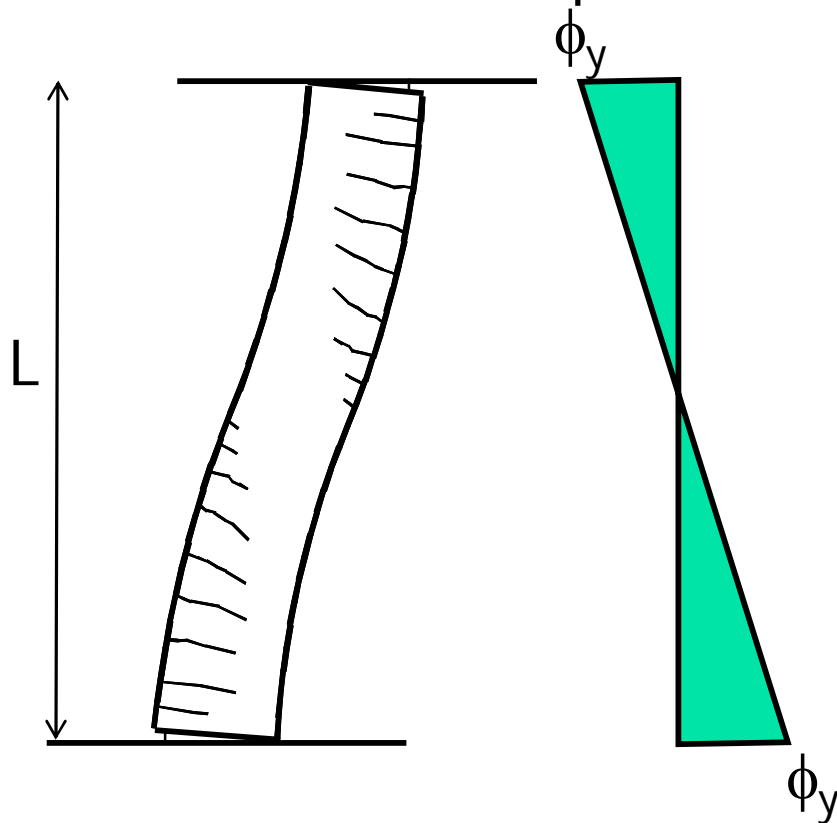
Losas planas $0.25 I_g$

Comportamiento de Columna



Rigidez efectiva

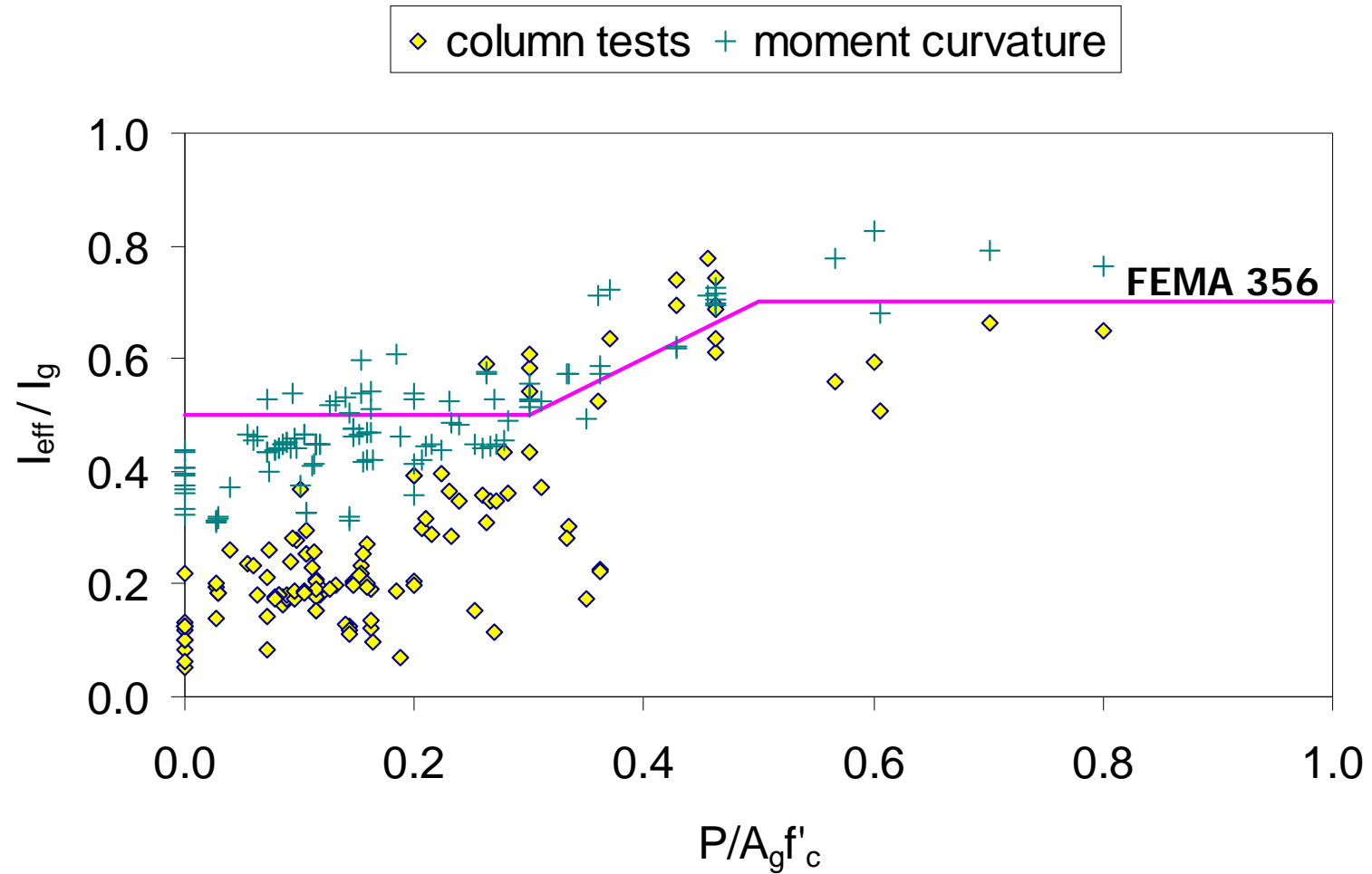
Deformaciones por flexión:



$$\Delta_{flex} = \frac{L^2}{6} \phi_y$$

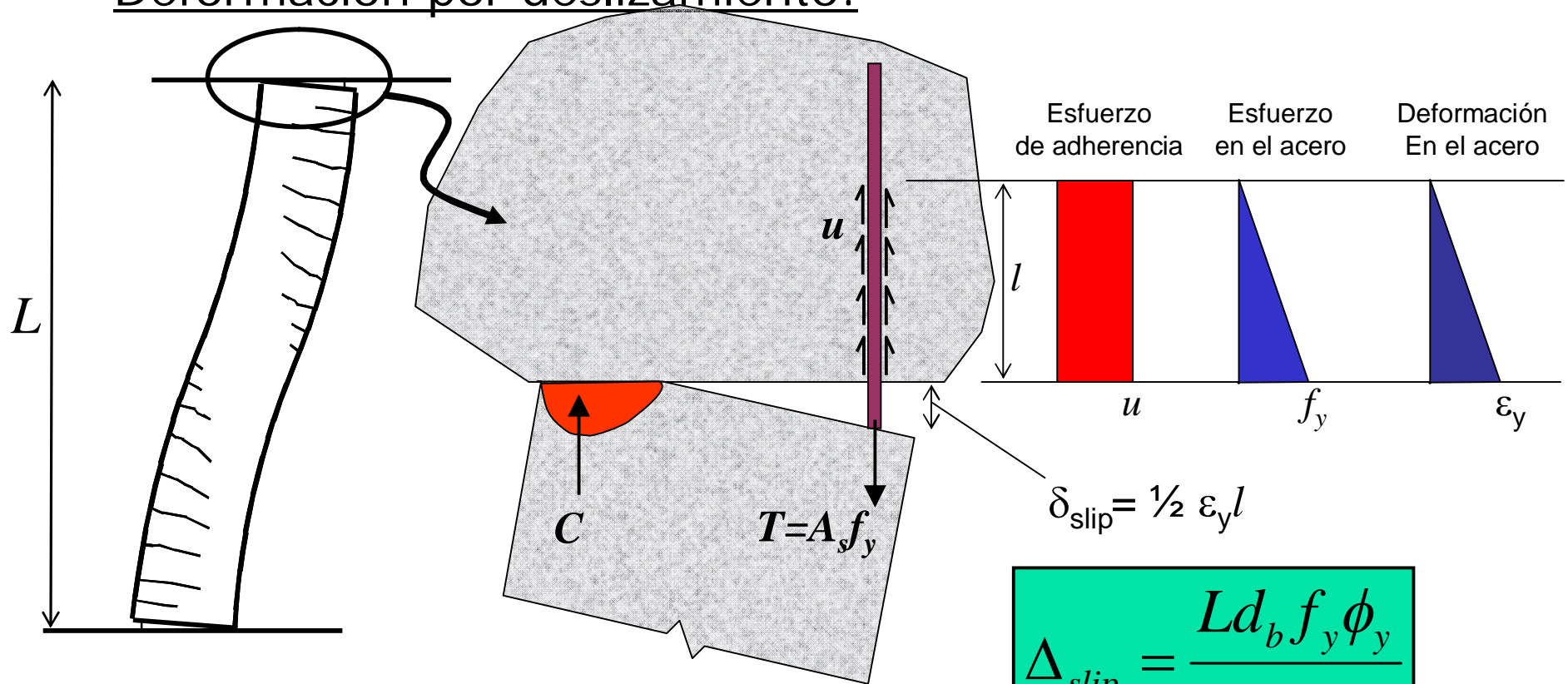
No esta considerada la rotación adicional en los extremos por deslizamiento de las varillas !

Rigidez efectiva



Rigidez efectiva

Deformación por deslizamiento:

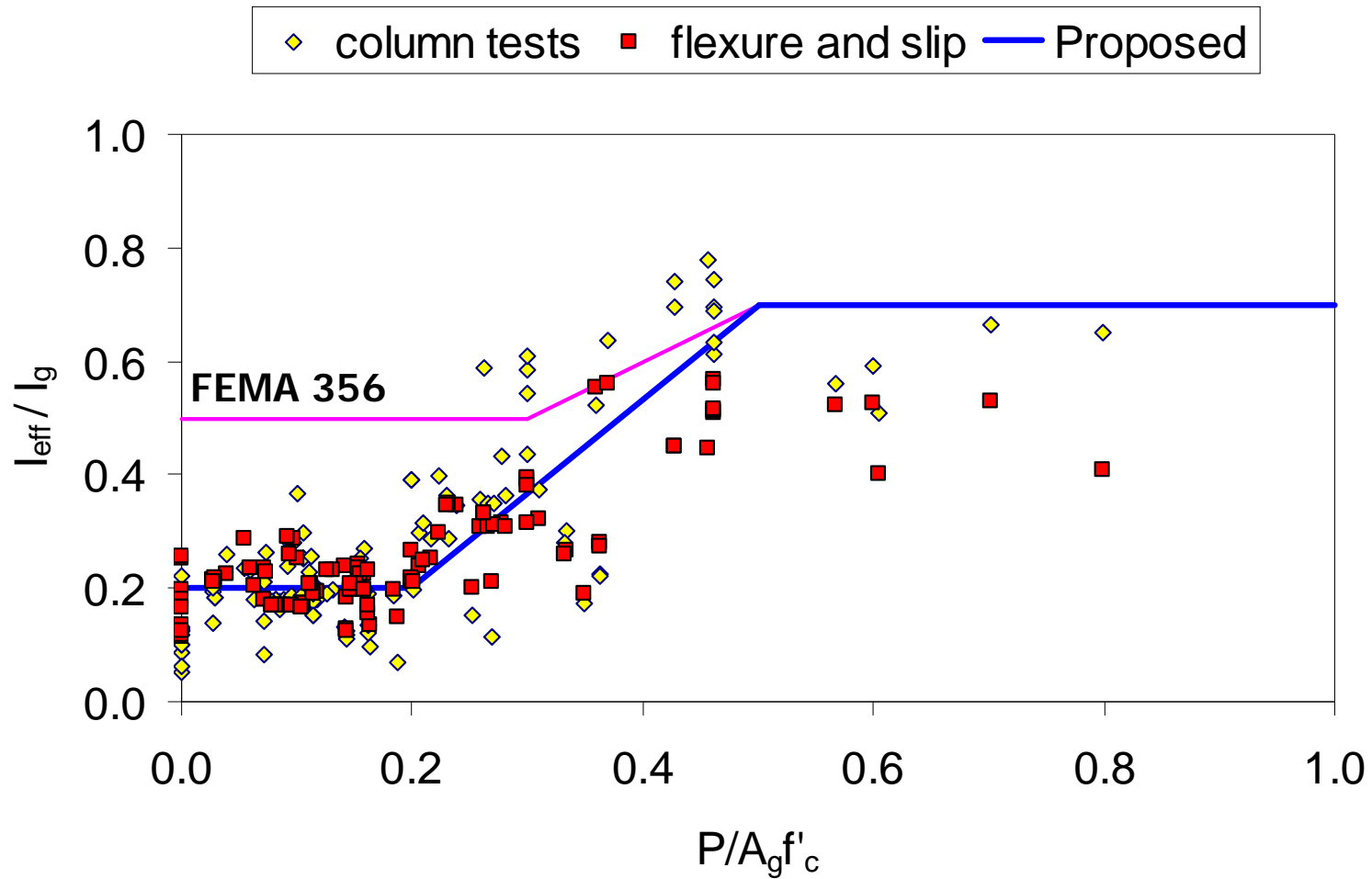


$$\delta_{slip} = \frac{1}{2} \epsilon_y l$$

$$\Delta_{slip} = \frac{L d_b f_y \phi_y}{8u}$$

$$u \approx 6\sqrt{f'_c} - 12\sqrt{f'_c}$$

Rigidez efectiva



ASPECTOS RELEVANTES PARA UNA BUENA PLANEACION DE PROTECCION SISMICA EN LAS CIUDADES CON RIESGO

- SER CRITICO DE LA SITUACION
- IDENTIFICAR RIESGOS
- CREAR METAS CREIBLES Y ALCANZABLES
- LO QUE HAGAMOS ANTES DEL TERREMOTO DETERMINARA EL RESULTADO DESPUES DEL TERREMOTO

**EL ENFOQUE DE DISEÑO
SISMICO ANTERIOR
PROTEGIA SOLO LA VIDA DE
LOS OCUPANTES**

PERO NO PROTEGIA CONTRA
DAÑOS QUE DEJARAN LOS
EDIFICIOS FUERA DE SERVICIO
POR UN TIEMPO PROLONGADO
O QUE SE TUVIERA QUE
DEMOLER
(FORMULA CHILENA)

Pasos a seguir:

- Definir el temblor de diseño.
- Identificar edificaciones e infraestructura en riesgo.
- Revisar y reforzar edificios prioritarios: hospitales, escuelas, estaciones de policia, estaciones de bomberos, centrales de comunicación, etc.
- Asignar lugares que puedan servir de albergues con todos los servicios.

Pasos a seguir:

- Hacer un plan de recuperación.

Plan de recuperación: Enfoque de la Cd. de San Francisco

- Inmediatamente después los servicios de emergencia tienen que estar en operación.
- Dentro de los primeras 4 horas las personas pueden volver a sus hogares y los servicios están en funcionamiento.
- Dentro de 24 horas las personas pueden ser movilizadas a los refugios asignados.

Plan de recuperación:

- Dentro las 72 horas el 90 % de los servicios, agua, luz, comunicaciones están en servicio.
- Dentro de los 30 días el 90% de la actividad económica esta en su normalidad.
- Dentro de los 60 días el 95% de la infraestructura está en servicio.

Plan de recuperación:

- Dentro de 4 meses los albergues se cierran y las personas vuelven a sus hogares.
- Dentro de 3 años la Ciudad está en la situación antes del terremoto.

GRACIAS !

Preguntas ?