

**COMPORTAMIENTO ESPERADO EN LOS
PROXIMOS SISMOS INTENSOS EN LA CDMX**

RAÚL J. IZQUIERDO

VISIÓN PERSONAL

15 de junio 2016

“Quien no conoce su historia está condenado a repetir sus errores.”

Paul Preston

“Quizá la más grande lección de la historia es que nadie aprendió las lecciones de la historia.”

Aldous Huxley

¿QUÉ PODEMOS ESPERAR?



Veamos un par de casos icónicos de problemas sísmicos en la CDMX.

- 1. La Universidad Iberoamericana en Campestre Churubusco.**
- 2. Edificio Nuevo León en Tlatelolco**

**Vista aérea de las instalaciones que
albergaran a la Universidad Iberoamericana
de 1962 a 1987 en Cerro de las Torres 365,
Col. Campestre Churubusco**





•1963 El 16 de julio UIAC y FICSAC celebraron un acuerdo por medio del cual FICSAC asumía la dirección, administración y sostenimiento de la UIA.

1966

•Se inauguraron los laboratorios de Química y de Lenguas.

Acervos Históricos, Biblioteca Francisco Xavier Clavigero.

**Instalaciones que albergaran a la
Universidad Iberoamericana de 1962 a
1987 en Cerro de las Torres 365, Col.
Campestre Churubusco**





**Instalaciones que albergaran a la
Universidad Iberoamericana de 1962 a
1987 en Cerro de las Torres 365, Col.
Campestre Churubusco**

Causas del colapso:

- 1. Proyecto arquitectónico “agresivo”. No se formaban marcos en todos los ejes.**
- 2. Permisividad de la ingeniería estructural, haciendo lo que el arquitecto quiso.**
- 3. Errores graves de construcción y supervisión. Por ejemplo hubo sustitución consecutiva de varillas en las columnas: 1 del #12 por 1 del #10 + 1 del #8, luego 1 #10 por 1 del #8 + 1 del #6, etc. Así, se llegaron a tener mas de 10 varillas en las esquinas de las columnas. Ciertamente, muchas de esas varillas no llegaron a conocer el concreto.**

Había edificios largos orientados a la calle y otros transversales (peines), a los que se llegaba por puentes de acero.

Colapsaron uno de los largos y dos de los peines. La fuerza de la caída del largo se transmitió por los puentes.

En los otros edificios largos los muros divisorios, aunque se fracturaron totalmente, alcanzaron a mantenerse en pie y algunos puentes se “zafaron”.

Adivinen qué carreras tomaban clases en los edificios colapsados.

En efecto, arquitectura e ingeniería.

Gran casualidad: el sismo fue a las 6 de la mañana.

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS ACELEROGRAMAS OBTENIDOS EN APARATOS DE REGISTRO AUTONOMO LOCALIZADOS EN EL VALLE DE MEXICO.

Estación	Modelo Acelerógrafo	Coordenadas		Componentes	Aceleración máxima (gals)*	Duracion registro (seg)	Ver la figura
		N	W				
Ciudad Universitaria	AR-240	19.33°	99.18°	N - S Vertical E - W	13 10 21	81	8
Alberca Olimpica	AR-240	19.35°	99.15°	N - S Vertical E - W	33 10 40	166	9
Edificio Atizapan Nonoalco Tlaltelolco (Sótano)	AR-240	19.45°	99.14°	N - S Vertical E - W	30 16 56	101**	10
Edificio prisma Lotería Nacional (Sótano)	SMA-1	19.42	99.14	N - S Vertical E - W	50 22 55	95	11
Centro Lago de Texcoco	SMA-1	19.48°	98.99°	N - S Vertical E - W	43 X 56	323	12
Sosa Texcoco	SMA-1	19.58°	99.01°	N - S Vertical E - W	55 X 67	364	13
Chimalhuacan	SMA-1	19.43	98.95°	N - S Vertical E - W	29 21 27	211	14

* 1 gal = 1cm/seg²
 ** se acabó papel
 X menor de 10 gals



**Edificio Nuevo León, Torre
Oaxaca, Suites Tecpan en 1965
Foto: Archivo Histórico de
Fundación ICA**



**Edificio Nuevo León, Torre
Oaxaca, Suites Tecpan en 1965
Foto: Archivo Histórico de
Fundación ICA**



Edificio Nuevo León

Cuerpo que no colapsó

Causas del colapso:

- 1. Proyecto arquitectónico “ligero”. Las secciones eran muy reducidas.**
- 2. Sistema estructural acorde con la solicitud del arquitecto. Se especificó concreto ligero en los planos.**
- 3. No se respetó la especificación. La estructura pesaba del orden de 30% mas.**
- 4. Desde un principio se presentaron hundimientos. Se recimentó un par de veces, mezclando sistemas: pilotes electrometálicos, de control “convencionales” y con otro sistema a base de cables.**

Causas del colapso:

5. Cambios en el sistema estructural, eliminando contraventeos en las plantas bajas para tener espacios comerciales.

6. Falta de especificación del procedimiento constructivo para realizar las excavaciones. Quedó a juicio del contratista.

¿ Qué podemos establecer?

Las causas de los problemas sísmicos severos son varias:

- 1. Que el sismo sea mayor a lo previsto. ¿Falla de los que establecen los Reglamentos?**
- 2. Que se tenga un gran error en el proyecto.**
- 3. Que se trate de un conjunto de errores.**

Los coeficientes sísmicos reglamentarios han sido modificados a través del tiempo.

En el reglamento de 1932 se especificaba un coeficiente de $1/40$, o sea 0.025.

En las Normas de Emergencia de 1957 se estableció en 0.10. (Para estructuras a base de marcos)

En el reglamento de 1963 se dejó en 0.06. (Se pensó que un coeficiente demasiado alto inhibiría la inversión en construcción)

En 1976 de hecho se conservó ese valor, pero apareciendo el concepto de ductilidad. El 0.24 para terreno blando se podía dividir entre 4 y hasta 6 para estructuras dúctiles. Se estableció la zona de transición, o intermedia. Los coeficientes sísmicos nominales fueron 0.16, 0.20 y 0.24, para suelo firme, transición y blando.

Después del sismo de 1985 se publicaron las Normas de Emergencia. Los coeficientes de transición y blando se aumentaron a 0.27 y 0.40. Para terreno firme se mantuvo el valor de 0.16.

En 2004 se publicó el reglamento vigente.

Se estableció un coeficiente sísmico de 0.32 para transición y 4 valores para el suelo blando, llegando hasta 0.45 en la zona IIIb, que fue en la que se tuvieron mas daños en el sismo de 1985.

Está pendiente de publicarse el Nuevo Reglamento, en el cual se incrementan de nuevo los coeficientes en transición y suelo blando.

Ya solo depende del Jefe de Gobierno, quien parece no interesarse demasiado en el tema.

Ahora, hagamos un doloroso repaso a lo que sucedió en septiembre de 1985.

7:19 am.

Buena hora para los que estaban en tránsito y no habían llegado a trabajar o a las escuelas.

Muy mala para los que estaban en sus departamentos.

Daños del sismo de 1985



Secretaria de Comunicaciones y Transportes



Edificio Nuevo León



Hospital Juárez



Hotel Regis



Multifamiliares Juárez



Locales de costura en calle San Antonio Abad



Datos

Heridos: Más de 40 mil

Muertos: Varias versiones desde 2mil hasta 40mil

Rescatados de los escombros: 4 mil 100

Total de edificios:
1,404,000

Viviendas con daños parciales: 70 mil

Edificios colapsados : 252

Demolidos: 165

Usuarios sin servicio eléctrico: Más de un millón 200 mil

Estaciones del Sistema de Metro: 32

Averías en la red de agua potable: Acueducto suroriente 28 fracturas, red primaria 167 fugas, red secundaria 7 mil 229 fugas.

Drenaje afectado: Río La Piedad 6 mil 500 metros, Río Churubusco en menor grado, 300 metros del interceptor oriente.

Tabla 2.4.1 Valores máximos de aceleración, velocidad, y desplazamiento en la Ciudad de México y sus alrededores.

nombre del punto de observación	código de estación	distancia al epicentro	máxima aceleración (cm/seg ²)			máxima velocidad (cm/seg)			máximo desplazamiento (cm)		
			NS	EO	ver-tical	NS	EO	ver-tical	NS	EO	ver-tical
dentro de C.U.	CUMV	397	37	39	20	9.2	11.0	8.4	5.7	4.5	4.6
dentro de C.U.	CUIP	398	32	35	22	10.3	9.4	8.0	6.2	7.7	6.6
dentro de C.U.	CUO1	398	28	33	22	10.2	9.4	8.2	5.5	7.2	6.7
Tacubaya	TACY	399	34	33	19	14.3	9.8	8.3	12.0	8.6	7.6
Viveros de Coyoacán	SXVI	400	44	42	15	10.7	12.2	5.8	6.6	7.5	7.0
Secretaría de Comunicaciones y Transportes	SCT1	404	98	168	37	38.7	60.5	9.0	19.1	21.9	7.6
Central de Abasto	CDAO	409	69	80	36	35.0	41.9	11.3	25.0	24.7	8.9
Central de Abasto	CDAF	410	81	95	27	24.9	37.6	8.9	15.0	18.9	8.2
Tlahuac	TLHD	412	118	112	59	34.9	36.1	17.0	20.8	22.1	6.9
Tlahuac	TLHB	413	136	107	24	64.1	44.6	9.4	36.6	39.3	6.8
Puebla	SXPB	490	30	33	16	7.2	6.6	4.1	3.1	2.7	1.7

Como se ha indicado, los problemas pueden ser causados por “exceso de sismo” y/o un error grave o muchos errores menores.

En las diapositivas siguientes, obtenidas de un documento del CENAPRED, se puede observar una especie de muestrario de fallas estructurales causadas por sismos.

Como se podrá apreciar, no es exclusivo de México.
¡Y que no nos sirva de consuelo!

Aplastamiento de columna por compresión



Falla por compresión

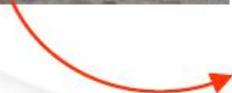


Falla por flexión: formación de articulación plástica

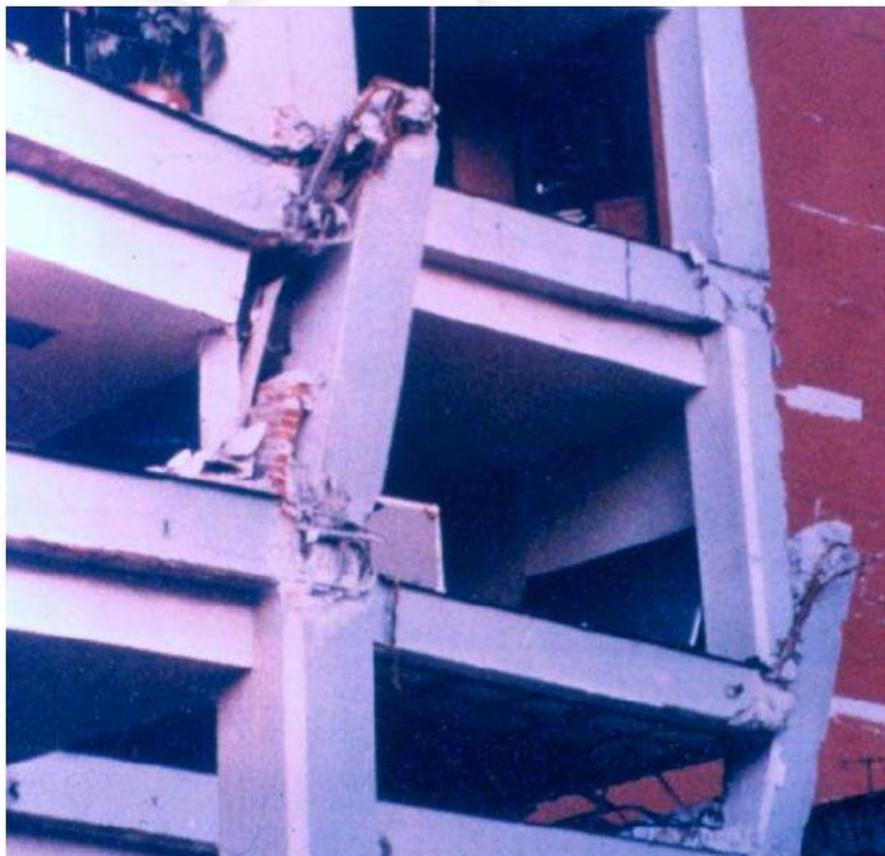


Sismo de Turquía, 1999

Mecanismo de colapso por articulación de columnas



Falla en conexiones viga - columna



Modo de falla por cortante



Daño en muro diafragma de mampostería en marco de acero



Daño en mampostería sin refuerzo al rededor de aberturas



Sismo de Tecomán, Villa de Álvarez Col, 2003

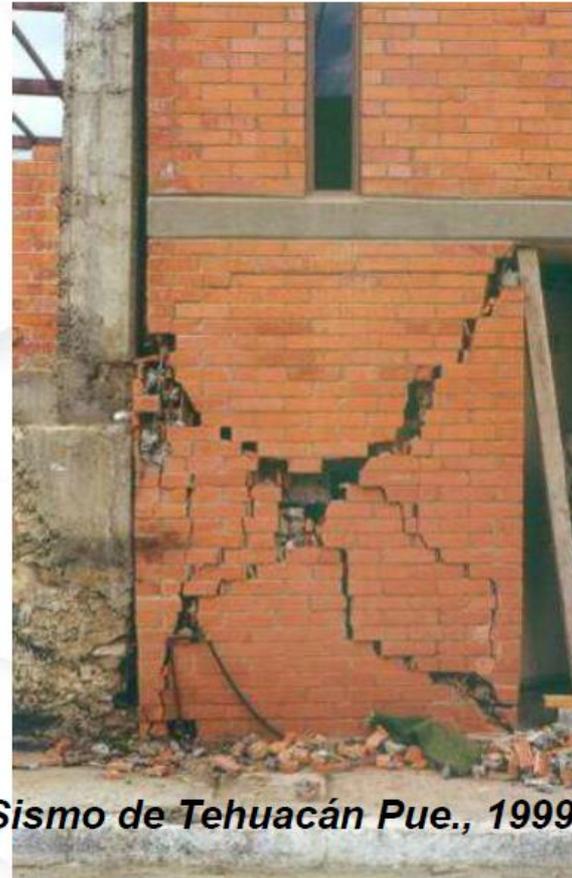
Daño por cortante en muros de mampostería sin confinamiento



Daño por cortante en muros de mampostería hueca mal reforzados

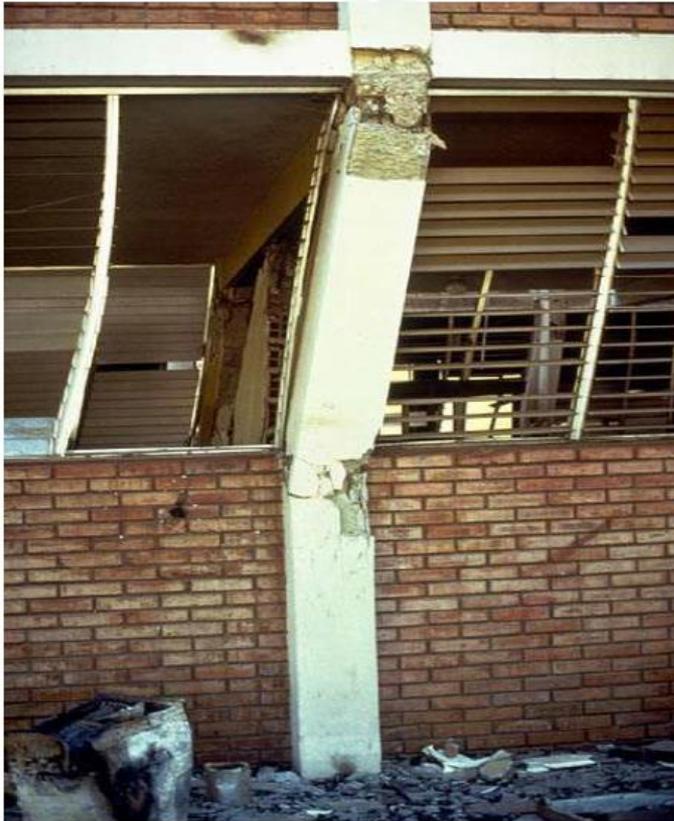


Daño por cortante en muros de mampostería hueca mal reforzados



Sismo de Tehuacán Pue., 1999

Daño en columnas cortas



Falla de columna corta



M. Cruz

Falla de columna corta



Daños por mal detallado



Separación incorrecta del refuerzo transversal



Sismo de Tecomán, 2003

Colapso en vivienda por planta baja flexible



Sismo de Turquía, 1999

Colapso por planta baja flexible



Sismo de Turquía, 1999

Falla de la cimentación



Choque entre edificios colindantes



Degradación de materiales (intemperismo)



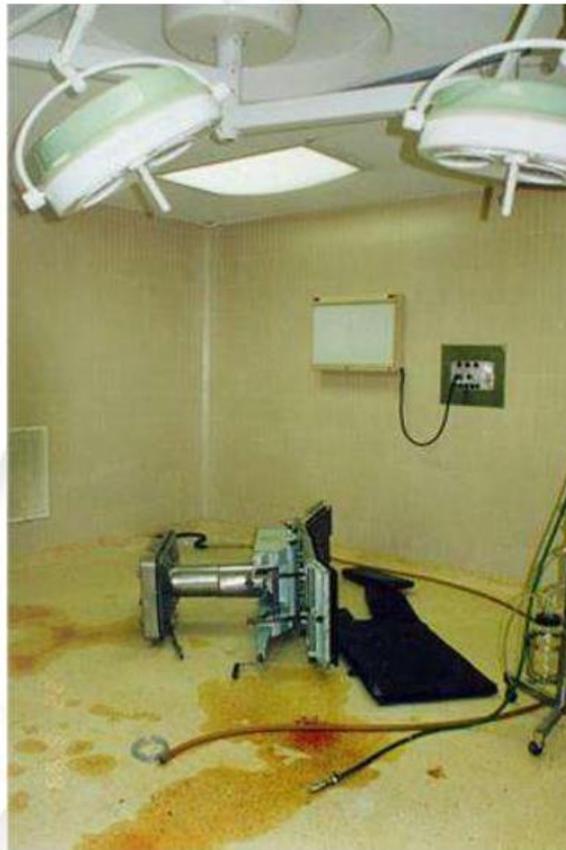
Grietas en interfaz entre marcos y muros



Volteo de anaqueles y libreros



Volteo de mobiliario y equipo



Caida de plafones



¿QUE PASA CON LOS EDIFICIOS ALTOS?

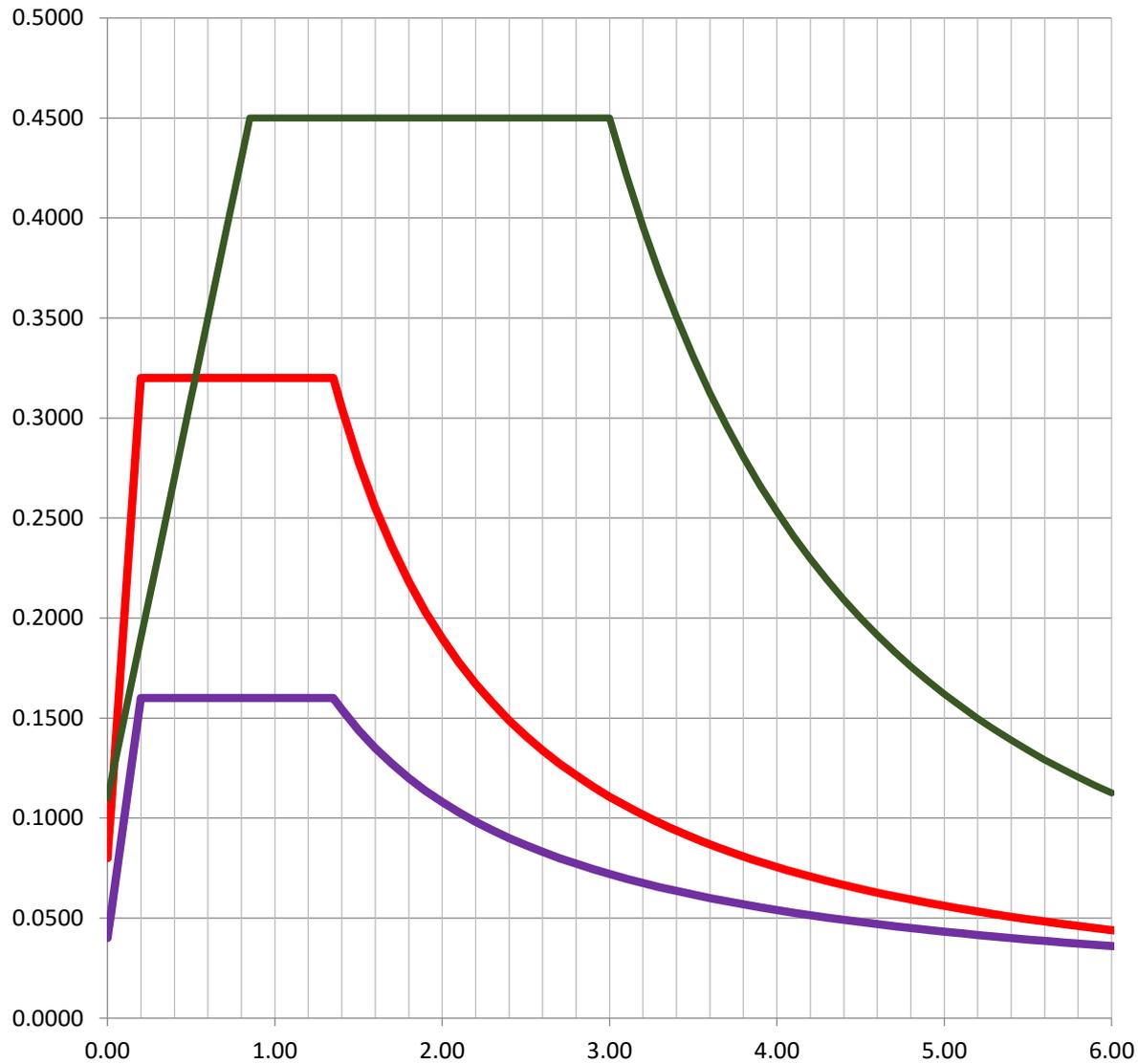
LA GENTE SUPONE, EN GENERAL, QUE LOS EDIFICIOS ALTOS SON MÁS VULNERABLES QUE LOS EDIFICIOS BAJOS.

LA REALIDAD, ES QUE ES ALREVES.

MIENTRAS MAS ALEJADO ESTÉ EL PERIODO DE LOS EDIFICIOS DEL PERIODO DEL SUELO TIENEN QUE RESISTIR FUERZAS SISMICAS MENORES.

OBSERVEMOS LOS ESPECTROS DE RESPUESTA DEL REGLAMENTO VIGENTE.

COMPARACIÓN DE ESPECTROS SÍSMICOS REGLAMENTO 2004



- Zona I
- Zona II
- Zona IIIB

Alto Río fue uno de los edificios que se desplomó debido al terremoto que afectó a las zonas centro y sur de Chile el 27 de febrero de 2010.

Era un edificio residencial de 15 niveles y 1 sótano con 42m de altura.

Debido a la hora del sismo, a las 3:34, muchos de sus habitantes quedaron atrapados en su interior, teniendo como resultado final cerca de setenta heridos rescatados vivos y ocho fallecidos.





Edificio Wei Guan en Taiwan, China



¿QUÉ SE HA HECHO DESPUÉS DEL SISMO DE 1985?

1. MODIFICACIÓN DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES, AUMENTANDO LAS SOLICITACIONES SÍSMICAS EN LAS ZONAS DE TRANSICIÓN Y DE TERRENO BLANDO.
2. ESTABLECIMIENTO DE LOS DIRECTORES RESPONSABLES DE OBRA Y CORRESPONSABLES, CON EL OBJETIVO DE REVISAR LOS PROYECTOS Y LA CONSTRUCCIÓN.
3. IMPLEMENTAR LA ALARMA SÍSMICA.
4. PARTICIPACIÓN DE LA SECRETARÍA DE PROTECCIÓN CIVIL EN SIMULACROS.
5. CREAR EL INSTITUTO DE SEGURIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES DE LA CDMX.

¿ES ESTO SUFICIENTE?

MI RESPUESTA ES NO.

ALGUNAS DE LAS RAZONES SON:

1. IRRACIONALIDAD ARQUITECTÓNICA (como siempre ha sido)
2. BAJO NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LOS INGENIEROS. (muchos dependientes de las computadoras)
3. LAS CARRERAS Y AHORROS
4. LOS FIRMONES
5. CORRUPCIÓN
6. ETC..



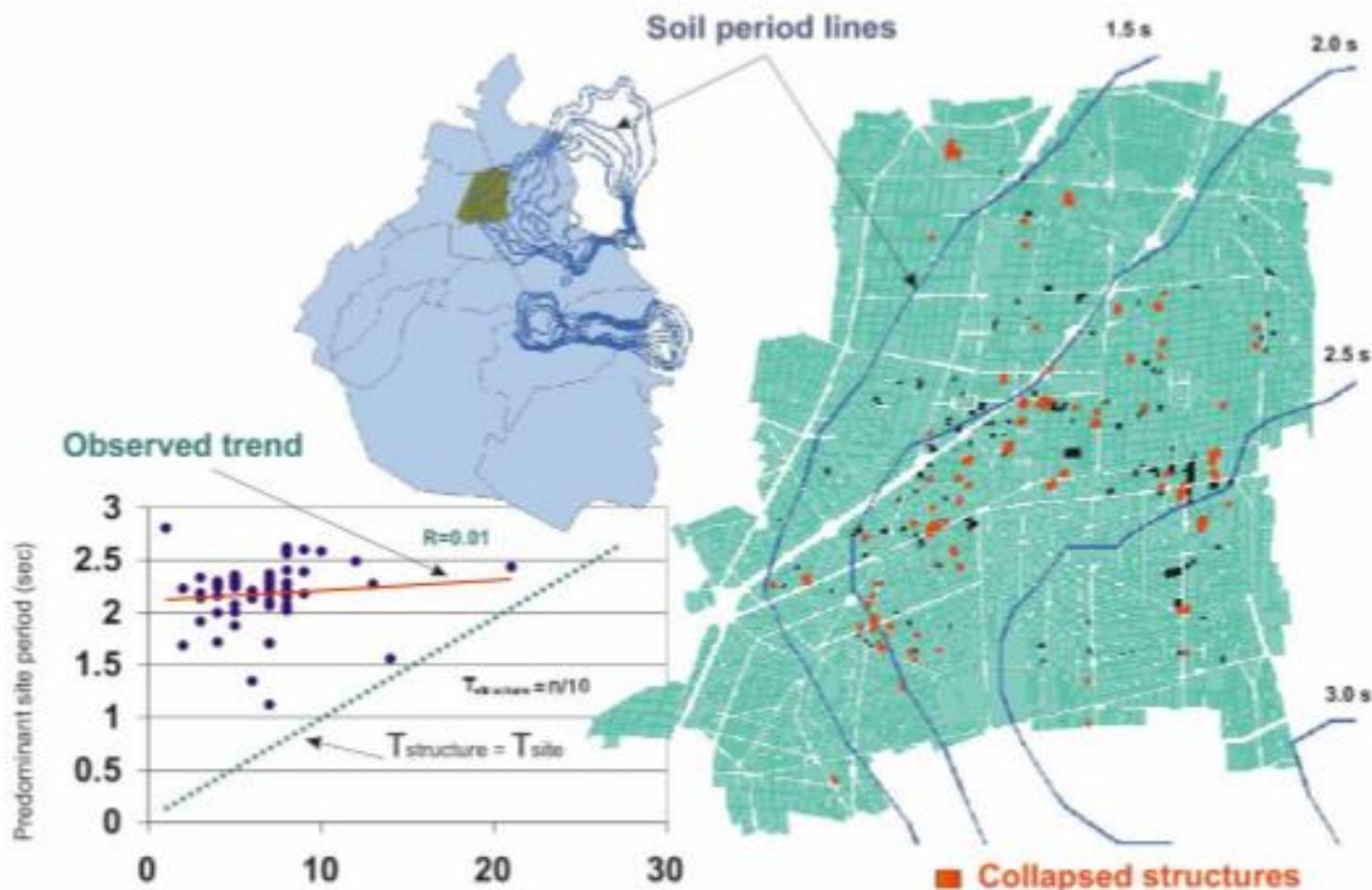


Figura 6.17 Correlación entre el periodo de las estructuras (T_e) con y sin daño por el sismo del 19/09/85 y el periodo del suelo (T_s). Mapa de la delegación Cuauhtémoc con curvas de igual periodo y edificios con daño

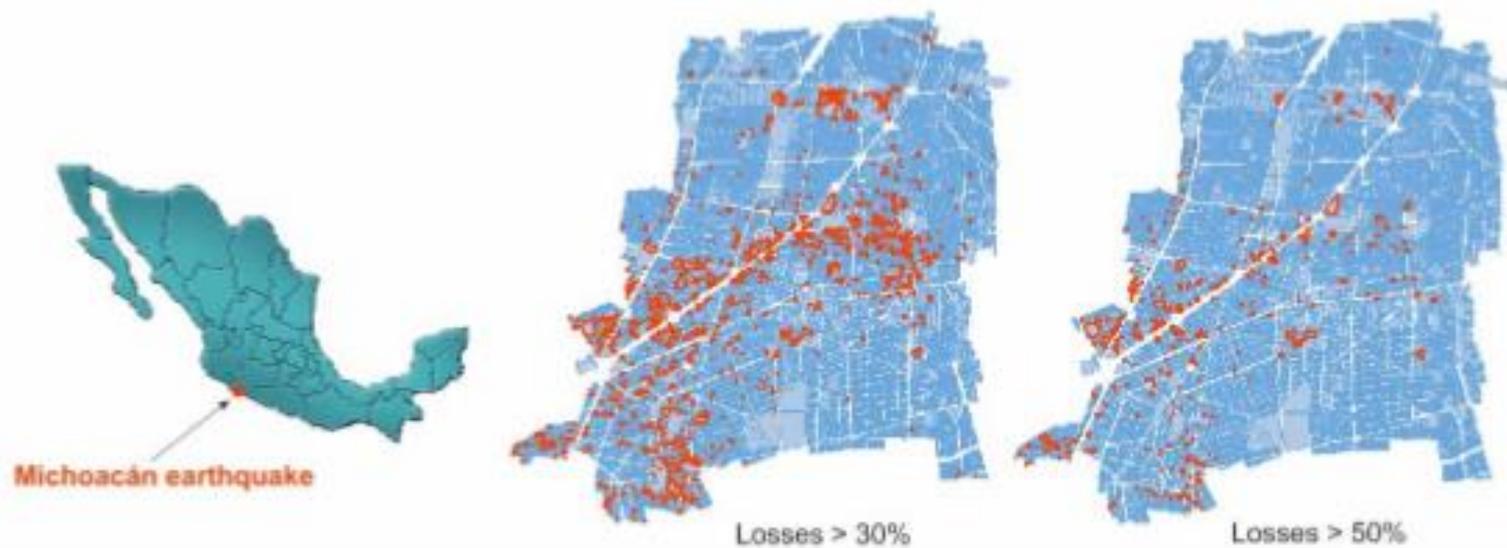


Figura 6.18 Estimación de pérdidas para estructuras existentes en el año 2000 como si volviera a ocurrir el sismo del 19/09/85



Mapa de daños,
terremoto en
México, 1985.
Foto facilitada
por JFV.



Figura 6.19 SIG donde se indican los predios donde se localizan estructuras con elevadas estimaciones de daño para el evento estudiado

DAÑOS ESPERADOS:

SOLO PARA SISMOS QUE OCURRAN EN GUERRERO Y MICHOACÁN. LOS DEMÁS NO EXCITAN A LACDMX.

- **ZONA DE TERRENO FIRME**

MUY POCOS DAÑOS ESTRUCTURALES . LA MAGNITUD SERÁ BAJA EN ESA ZONA Y LOS EDIFICIOS ALTOS TIENEN PERIODOS DE VIBRACIÓN MUY SEPARADOS DE LOS DEL SUELO. EL EFECTO SÍSMICO ES REDUCIDO.

ZONAS COMO SANTA FÉ E INTERLOMAS NO SUFRIRÁN DAÑOS IMPORTANTES

DAÑOS MEDIANOS O REDUCIDOS EN MUROS DIVISORIOS

TAL VEZ PROBLEMAS EN TALUDES MAL PROTEGIDOS

- **ZONA DE TRANSICIÓN**

DAÑOS MEDIANOS Y ALGUNOS INTENSOS EN
ESTRUCTURAS CON ENTREPISO BLANDO

DAÑOS EN UNA GRAN CANTIDAD DE MUROS DIVISORIOS
DE EDIFICIOS

ALGUNOS DAÑOS EN INFRAESTRUCTURA

- **ZONA BLANDA**

CONCENTRACIÓN DE DAÑOS EN ESTA ZONA:

EDIFICIOS COLAPSADOS: AQUELLOS QUE NO FUERON REFORZADOS O BIEN REFORZADOS

DAÑOS IMPORTANTES O COLAPSADOS EN EDIFICIOS DE ENTREPISO BLANDO

DAÑOS LOCALES, DE MAGNITUD DESCONOCIDA, EN EDIFICIOS CON ESTRUCTURA COMPUESTA, POR MAL DETALLADO DE LAS CONEXIONES

MULTITUD DE DAÑOS EN MUROS DIVISORIOS EN EDIFICIOS

DAÑOS IMPORTANTES EN EDIFICIOS DEL CENTRO HISTÓRICO QUE SE REMODELARON ELIMINANDO LOS MUROS

DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA, PRINCIPALMENTE LA RED DE AGUA POTABLE Y LA DE GAS NATURAL

DAÑOS EN ESCUELAS, POR PROBLEMAS DE MALO O NULO MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y POR EFECTOS DE COLUMNA CORTA

¿ QUÉ DEBERÍA HACERSE?

1. MEJORAR TODOS LOS ASPECTOS DE LOS PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES. COMO QUIEN DICE: PROYECTAR PARA ZONAS SÍSMICAS, INCLUIDOS LOS ARQUITECTOS.
2. CERTIFICACIONES OBLIGATORIAS.
3. REVISIÓN Y CALIFICACIÓN DE LOS DROs y CSEs.
4. TRANSPARENCIA EN LICITACIONES.
5. LEY DE OBRAS PÚBLICAS ADECUADA.
6. REVISIONES DE LOS PROYECTOS Y LAS OBRAS.



¡ MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN !