



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA**

**Impacto de los mapas de peligro sísmico de 10 delegaciones del  
D.F. en los planes de desarrollo**

Director de Tesis:

**Ing. Luis Zárate Rocha**

Asesor:

**M.I. Sergio Macuil Robles**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
P r e s e n t a  
**A l e j a n d r o R i c o C e l i s**

Ciudad Universitaria, D.F. a 6 de febrero de 2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e Impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Alejandra Rico Celis

FECHA: 26/Marzo/2009

FIRMA: 



26/03/2009

# Índice

	<b>Página</b>
Índice	i
Índice de figuras y tablas	iii
Conteo de palabras	vii
Dedicatoria	ix
Agradecimientos	xi
Prólogo	xiii
Resumen Ejecutivo	xvii
<i>Introducción</i>	<b>1</b>
<i>I. Antecedentes</i>	<b>5</b>
1.1 Problemática actual de los planes de desarrollo en la Ciudad de México	6
1.2 Conceptos técnicos de sismología	9
1.3 Conceptos técnicos de Ingeniería sísmica	
1.3.1 Periodo de una estructura y resonancia	13
1.3.2 Concepto de amortiguamiento	19
1.3.3 Concepto de rigidez lateral	21
1.3.4 Movimiento del terreno y fuerzas equivalentes de diseño	26
1.3.5 Concepto de torsión	29
1.3.6 Ductilidad y fragilidad	33
<i>II. Conceptos relativos al uso del suelo en el Distrito Federal</i>	<b>37</b>
1.1 Marco jurídico relacionado con el uso del suelo en el D.F.	
1.1.1 Fundamentación federal	38
1.1.2 Fundamentación local	40
1.1.3 Contenido de un Programa Delegacional de Desarrollo Urbano	42



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

II.1.4 Contenido de un Programa Parcial de Desarrollo Urbano	49
II.2 Esquemas legales para aprovechar el uso del suelo autorizado	52
II.3 Situaciones legales para modificar el uso del suelo	55
<i>III. Mapas de peligro sísmico</i>	<i>57</i>
III.1 Breve reseña técnica de los mapas	58
III.2 Mapas de peligro sísmico sobrepuestos en las cartas de uso de suelo	66
<i>IV. Recomendaciones técnicas</i>	<i>127</i>
IV.1 Aspectos del proyecto estructural que se deben cuidar	128
IV.2 Criterios a vigilar en el procedimiento constructivo de una edificación	133
IV.3 Acciones que deben tomar los Directores Responsables de Obra y Corresponsables	135
IV.4 Propuesta de esquemas legales para fortalecer la supervisión	139
IV.5 Relación entre la mitigación propuesta del riesgo sísmico con la evaluación de proyectos de edificación	142
<i>V. Conclusiones</i>	<i>149</i>
<i>VI. Referencias</i>	<i>155</i>
<i>Apéndice 1</i>	<i>161</i>

## Índice de figuras y tablas

	Página
Tabla i. Desglose del cuerpo principal de la tesis	vii
Tabla ii. Desglose de los apartados	vii
Figura R.1 Poste con periodo estructural	xviii
Figura R.2 Péndulo simple que ilustra como la amplitud del movimiento y la masa no cambian el periodo	xviii
Tabla R.1 Características de los mapas de riesgo sísmico sobrepuestos	xxii
Tabla R.2 Observaciones a considerar al cambiar los planes de desarrollo	xxii
Tabla R.3 Coincidencias de los planes de desarrollo con máximos valores de pseudoaceleración posible	xxiii
Figura 1.2.1 Principales placas que rodean a nuestro país	9
Figura 1.2.2 Ilustración de la localización de un sismo	10
Figura 1.2.3 Movimiento de las ondas	11
Figura 1.3.1.1 Poste del primer ejemplo	13
Figura 1.3.1.2 Péndulo simple que ilustra como la amplitud del movimiento y la masa no cambian el periodo	15
Figura 1.3.1.2 El puente de Tacoma al momento de su falla	17
Figura 1.3.3.1 Ejemplo 1 de rigidez lateral	21
Figura 1.3.3.2 Ejemplo 2 de rigidez lateral	22
Figura 1.3.3.3 Ejemplo 3 de rigidez lateral	22
Figura 1.3.3.4 Ilustración de una variante del ejemplo 3	23
Figura 1.3.3.5 Fotografía de una falla por rigidez lateral	24
Figura 1.3.3.6 Configuración sísmica a) escalonada b) acartelonada	25
Figura 1.3.3.7 Ejemplo de cambios de rigidez en la elevación	25

Figura I.3.4.1 Equivalente físico de una estructura sometida a una aceleración de 1.0 g	27
Figura I.3.4.2 Modelo de un movimiento real del suelo	28
Figura I.3.5.1 Causas del movimiento de torsión en una estructura	29
Figura I.3.6.1 Viga subreforzada fallada	33
Figura I.3.6.2 Ejemplo de una viga con falla frágil	35
Figura III.1.1 Valle de México: Principales avenidas, zonas geotécnicas y acelerómetros existentes	59
Figura III.1.2 Espectros de diseño para las distintas zonas del Distrito Federal	62
Figura III.1.3 Distintos tipos de zonas geológicas en el Distrito Federal	63
Figura III.1.4 Mapa de peligro sísmico de la Ciudad de México para un periodo de retorno de 125 años y un periodo estructural $T = 2s$	64
Figura III.1.5 Distribución de riesgo sísmico edificio por edificio en la Ciudad de México	65
Figura III.1.6 Espectros de diseño propuestos tras estudios locales en a) Terreno Blando de Acapulco Guerrero b) Zona de Transición del Distrito Federal	65
Tabla III.2.1 Características de los mapas de riesgo sísmico sobrepuestos	66
Figura III.2.1 Mapa de peligro sísmico $T = 0.01$ Delegación Benito Juárez	67
Figura III.2.2 Mapa de peligro sísmico $T = 0.30$ Delegación Benito Juárez	69
Figura III.2.3 Mapa de peligro sísmico $T = 2.00$ Delegación Benito Juárez	71
Figura III.2.4 Mapa de peligro sísmico $T = 0.01$ Delegación Coyoacán	73
Figura III.2.5 Mapa de peligro sísmico $T = 0.30$ Delegación Coyoacán	75
Figura III.2.6 Mapa de peligro sísmico $T = 2.00$ Delegación Coyoacán	77
Figura III.2.7 Mapa de peligro sísmico $T = 0.01$ Delegación Cuauhtémoc	79
Figura III.2.8 Mapa de peligro sísmico $T = 0.30$ Delegación Cuauhtémoc	81
Figura III.2.9 Mapa de peligro sísmico $T = 2.00$ Delegación Cuauhtémoc	83
Figura III.2.10 Mapa de peligro sísmico $T = 0.01$ Delegación G A Madero	85
Figura III.2.11 Mapa de peligro sísmico $T = 0.30$ Delegación G A Madero	87



---

Figura III.2.12 Mapa de peligro sísmico T = 2.00 Delegación G A Madero	89
Figura III.2.13 Mapa de peligro sísmico T = 0.01 Delegación Ixtapalapa	91
Figura III.2.14 Mapa de peligro sísmico T = 0.30 Delegación Ixtapalapa	93
Figura III.2.15 Mapa de peligro sísmico T = 2.00 Delegación Ixtapalapa	95
Figura III.2.16 Mapa de peligro sísmico T = 0.01 Delegación Iztacalco	97
Figura III.2.17 Mapa de peligro sísmico T = 0.30 Delegación Iztacalco	99
Figura III.2.18 Mapa de peligro sísmico T = 2.00 Delegación Iztacalco	101
Figura III.2.19 Mapa de peligro sísmico T = 0.01 Delegación Miguel Hidalgo	103
Figura III.2.20 Mapa de peligro sísmico T = 0.30 Delegación Miguel Hidalgo	105
Figura III.2.21 Mapa de peligro sísmico T = 2.00 Delegación Miguel Hidalgo	107
Figura III.2.22 Mapa de peligro sísmico T = 0.01 Delegación Tláhuac	109
Figura III.2.23 Mapa de peligro sísmico T = 0.30 Delegación Tláhuac	111
Figura III.2.24 Mapa de peligro sísmico T = 2.00 Delegación Tláhuac	113
Figura III.2.25 Mapa de peligro sísmico T = 0.01 Delegación Venustiano Carranza	115
Figura III.2.26 Mapa de peligro sísmico T = 0.30 Delegación Venustiano Carranza	117
Figura III.2.27 Mapa de peligro sísmico T = 2.00 Delegación Venustiano Carranza	119
Figura III.2.28 Mapa de peligro sísmico T = 0.01 Delegación Xochimilco	121
Figura III.2.29 Mapa de peligro sísmico T = 0.30 Delegación Xochimilco	123
Figura III.2.30 Mapa de peligro sísmico T = 2.00 Delegación Xochimilco	125
Figura IV.2.1 Vista de una ranura horizontal en muro en planta baja	133
Tabla V.1 Coincidencias de los planes de desarrollo con máximos valores de pseudoaceleración posible	150
Tabla V.2 Observaciones a considerar al cambiar los planes de desarrollo	151



## Conteo de palabras

**P**ara fines informativos, la estructura principal de la tesis se desglosa en número de palabras y de páginas como se muestra en la Tabla i. La Tabla ii muestra el desglose para los demás apartados de la tesis.

Tabla i. Desglose del cuerpo principal de la tesis

Captítulo	Palabras	Páginas	% palabras
Introducción	782	3	3.64%
I	7,073	32	32.91%
II	4,748	20	22.09%
III	1,833	10	8.53%
IV	5,368	21	24.97%
Conclusiones	1,131	6	5.26%
Referencias	560	5	2.61%
<i>Sub Total 1:</i>	<i>21,495</i>	<i>97</i>	<i>100.00%</i>

Tabla ii. Desglose de los apartados

Apartado	Palabras	Páginas
Índices	1,085	5
Conteo Palabras	85	1
Dedicatoria	148	1
Agradecimientos	422	2
Prólogo	718	3
Resumen Ejecutivo	3,043	13
Planos	0	30
Apéndice 1	117	4
<i>Sub Total 2:</i>	<i>5,618</i>	<i>59</i>

**Total de palabras: 27,113**

**Total de páginas: 156**



## Dedicatoria

**D**urante mi infancia y adolescencia, siempre fui asechado por monstruos disfrazados. Rondaban mi casa, mi escuela. Aparecían en la televisión, en el cine, entre mis amigos, en todos los sitios y calles que transitaba. Al oscurecer, estaban en cualquier parte.

Dedico este trabajo a mi padre, quien en forma desafiante, me mantuvo a salvo de todos ellos.

A mi mamá, por sobrellevar esos asechos y además, mi obsesión de solo querer volar muy alto.

A las raíces vivas más profundas que tengo, mis abuelitos maternos Enrique y Lupita. A la memoria imborrable de mis abuelitos paternos Miguel y Uz. Por ellos cuatro supe, el saberme amado sin límites.

A mi incomparable Universidad Nacional Autónoma de México, que me permitió a través de su Facultad de Ingeniería, reconocer el verdadero milagro de la educación universitaria:

Lograr pasar de la ignorante certeza absoluta, a la inteligente duda razonada.



## Agradecimientos

Al Entrañable Espiritu universitario, invisible forjador por más de cuatro siglos de ésta, la Universidad de Ibero América más prestigiada del mundo.

Al Dr. José Narro Robles, Rector de la Universidad Nacional Autónoma de México, por adentrarme en su confianza y calidez humana. Mientras más grande es un hombre, más lo permite.

Al Dr. Sergio Alcocer Martínez de Castro, Secretario General de la UNAM, por contagiarme de su orgullo y pasión por la investigación experimental en Ingeniería. Mi entrega total sigue en pie.

Al Maestro Gonzalo Guerrero Zepeda, Director de mi Facultad de Ingeniería, por su impecable manejo de autoridad y amistad. Al maestro...con cariño.

Al Ing. Luis Zárate Rocha, Presidente del Colegio de Ingenieros Civiles de México AC y al Ing. Sergio Macuil Robles por su decidido, oportuno e invaluable apoyo en la dirección de este trabajo.

Al Dr. Luis Esteva Maraboto, quien me confirió trato de colega, en nuestras pláticas en torno a Riesgos sísmico y configuración de edificios.

Al Dr. Miguel Ángel Jaimes Téllez, Investigador del Instituto de Ingeniería, por su entusiasmo en permitir que una parte de sus mapas de peligro sísmico, fueran presentados en esta Tesis

A Grupo Inmobiliario K-SA Metropolitana S.A. de C.V., que a través de sus directivos Dr. Manuel Lugo Goitia e Ing. Héctor Pinedo, me permitieron presentar en el Apéndice 1, el estudio de vibración ambiental de uno de sus condominios.

Al Ing. Daniel Ruiz Fernández, uno de los más grandes Ingenieros que haya dado México, por haber contaminado a mi padre hace 38 años, con su orgullo de ser Ingeniero.

A Héctor Aguilar y Ángeles Mastretta, mis envidiables vecinos, como el mejor ejemplo de que trabajar duro, se nota.

Al Notario Dr. Jorge Antonio Sánchez Cordero Dávila, con todo mi cariño, agradecimiento y admiración acumulados por 24 años.

Al Ingeniero Julián Carrillo, quien a través del Instituto de Ingeniería, me comparte sin límite, de sus más valiosas experiencias. Por él, siento a Colombia, como mi segunda patria.

A todos y cada uno de mis profesores en la Facultad de Ingeniería, que a lo largo de mi carrera, a través de sus experiencias profesionales, me entregaron sus más preciados tesoros.

A todos mis familiares, amigos de siempre y vecinos que encontraban para mí, frases de aliento para nunca dejar de volar muy alto.

A mi tío Miguelito, por mostrarme a su manera, el fascinante mundo de la Ingeniería Civil.

Al grupo de amigos de mi papá, todos Ingenieros civiles, como fuente infinita y segura de apoyo en mi vida profesional por venir.



## Prologo

La invitación del Dr. Rosenblueth: "La experiencia provechosa en un breve lapso"

**N**ací en el estado de Jalisco en Enero de 1985. Soy hijo único del tal vez, más orgulloso ingeniero civil –con una singular pasión por las estructuras- de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en donde se graduó con honores hace 34 años.

Cuando ocurrió el gran sismo del día 19 de Septiembre de 1985, ya radicando en la Ciudad de México, amanecí cumpliendo nueve meses de edad. La descripción detallada de lo que pasó "el día del temblor", la he escuchado de mi padre, decenas de veces desde que tengo uso de razón:

-Que del librero de mi cuarto, por fortuna atornillado a la pared y entonces lleno de juguetes –de construcción, me consta- presencié cómo se caían todos lanzados al piso.  
-Que envuelto en una toalla, me saco de la cuna y corrió por la escalera los cinco pisos que nos separaban de la calle. -Que se resbaló. -Que los vecinos rusos de arriba gritaban. -  
Que no encontraba la llave para salir. -Que el conserje desesperado, una y otra vez se estrellaba queriendo derribar la puerta de la anciana vecina. -Que el transformador de



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

enfrente estaba haciendo corto. -Que en la calle, la gente permanecía desconcertada y atónita, en un desfile interminable de batas, toallas y pijamas. -Que...que...que...

Al paso de los años y de acuerdo con mi edad, la narración fue adquiriendo mayor profundidad y dramatismo. -Que un cercano compañero de generación de mi papá recién casado murió abrazado a su esposa, bajo los escombros de un edificio en la Avenida Universidad. -Que otro de sus mejores amigos, llegó con retraso a su trabajo en la SOP y le tocó a lo largo de ese día, la desgracia de presenciar el rescate de los cadáveres de seis de sus colaboradores. -Que dos días después del temblor, el hermano de mi papá, también ingeniero civil, localizó a una señora aún con vida, pero para liberarla tuvieron que amputarle ahí mismo una pierna. -Que nuestro dentista pasó 8 horas con su esposa y su hija, bajo una robusta mesa que logró desviar la caída vertical de las losas superiores. La mesa hoy restaurada, luce al centro de su sala de espera en Médica Sur.

Aún con todo esto de por medio, la bendita inconsciencia de la infancia me permitió vivir feliz mi niñez, de vez en cuando "jugando a que temblaba". Durante mi adolescencia, el juego se convirtió en un aprendizaje sin tregua de "fáciles conocimientos sísmicos", que mi papá tiempo después supe, sacaba de sus libros para presentármelos a su manera, siguiendo gustoso, la invitación que el Dr. Rosenblueth hacía en la introducción de su célebre obra: "Fundamentos de Ingeniería Sísmica".

La invitación dice así: "La Ingeniería Sísmica constituye un reto cautivador, con un valor educativo que sobrepasa al de sus objetivos inmediatos...Si un ingeniero civil ha de adquirir una experiencia provechosa en un breve lapso, expóngansele los conceptos de la Ingeniería Sísmica, no importa que después se vaya a trabajar a donde no tiemble".

Ya estando en la Preparatoria, al solo abrir por primera vez el libro de más de 700 páginas, tuve la sospecha de que el Dr. Rosenblueth, tal vez sobrevaloraba la capacidad de

muchos de sus lectores. En la primera línea que aparece en el capítulo 1, escribe una ecuación diferencial, la cual da inicio a lo que él titula: Sistemas Lineales Sencillos.

A partir de ahí, van desfilando un conjunto de símbolos matemáticos y gráficas que acompañadas de citas bibliográficas, nos remiten a las mas de 450 publicaciones, que ya listadas, ocupan las últimas 31 páginas de la monumental obra. Desde entonces comprendí que el universo de la Ingeniería Sísmica era inmenso. El adquirir siquiera un mediano dominio de ella, me parecía inalcanzable. Tiempo después supe además, que a los Doctores Newmark y Rosenblueth, les llevó años escribir su obra.

Durante mis estudios en la Facultad de Ingeniería, y aún ya a punto de concluirlos, me seguía preguntando: En su invitación, el Dr. Rosenblueth, ¿A qué conceptos se estaba refiriendo, como la experiencia provechosa en un breve lapso? Necesité ayuda y mucho empeño, para encontrar lo que ahora para mí es una razonable respuesta.

Mi servicio social y la elaboración de esta tesis, lo aclararon todo.



---

## **Resumen Ejecutivo**

---

En este trabajo, se presentan los mapas de riesgo sísmico para el D.F., sobrepuestos a los Planes de Desarrollo de 10 delegaciones (Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc, G A Madero, Ixtapalapa, Iztacalco, Miguel Hidalgo, Tláhuac, Venustiano Carranza y Xochimilco) de la Ciudad de México. El propósito es ~~mostrar~~ que existen algunas zonas en donde el número de niveles autorizados corresponden a los máximos valores de pseudoaceleraciones en caso de sismo.

El debate de los Planes de Desarrollo es una tarea muy complicada, intervienen factores estéticos, ambientales, políticos, sociales, de presupuesto, de infraestructura, etc. Sin embargo, los conocimientos modernos de sismología han aumentado, y ahora deben repercutir en este proceso, para evitar dañar más construcciones durante un movimiento telúrico. Los alcances de este trabajo contemplan la inclusión de esta idea en la próxima revisión de los Planes de Desarrollo.

Los terremotos ocurren debido a movimientos de las placas tectónicas. Sin embargo, más de un único mecanismo es el que detona un terremoto. Un sismo de 7.3 grados de magnitud equivale en energía aproximadamente a cuatro bombas atómicas como las de Hiroshima. En promedio ocurren siete sismos de esta magnitud, o mayor magnitud



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

durante un año en todo el mundo. El movimiento del suelo tras un sismo es azaroso, pero presenta direcciones y frecuencias enfáticas, según el tipo de suelo. Es por esto que el periodo de las ondas sísmicas siempre permanece relativamente constante para cada tipo de suelo o roca.

El concepto de periodo de una estructura se puede comprender de la siguiente manera. El poste de la Figura R.1 se comporta como un péndulo simple. Independientemente de la masa ( $m$ ) que tenga, el tiempo que dura una oscilación del poste es sólo dependiente de la rigidez del poste. Cabe señalar que la rigidez del poste depende fuertemente de la longitud ( $L$ ) del mismo y de la rigidez ( $E * I$ ). De igual manera, el periodo de una estructura de  $n$  pisos, depende en gran medida de la altura que tiene la estructura y la rigidez de la misma. La figura R.2 muestra como un péndulo no cambia su periodo independientemente de la masa.

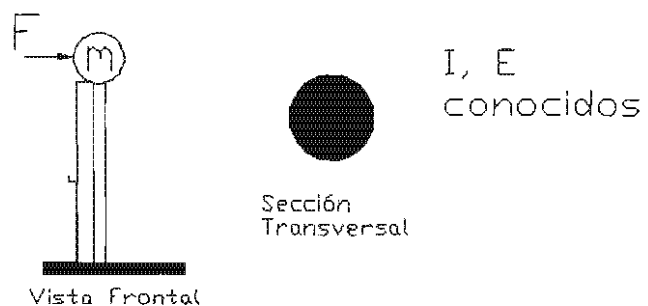


Figura R.1 Poste con periodo estructural

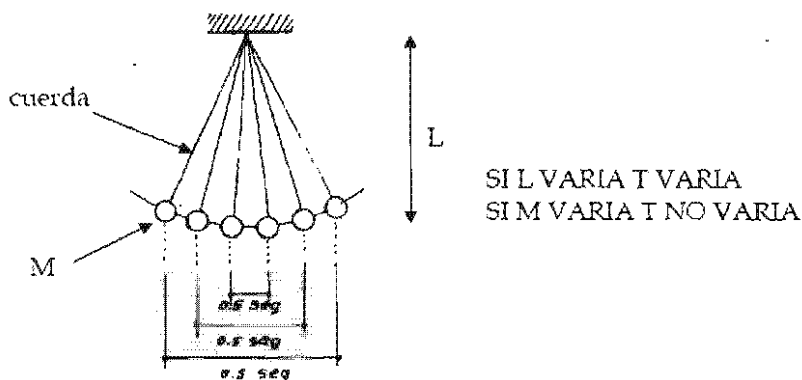


Figura R.2 Péndulo simple que ilustra como la amplitud del movimiento y la masa no cambian el periodo



Varlos autores han propuesto expresiones analíticas que permiten obtener el valor del periodo. Hay expresiones muy complejas al respecto. Sin embargo, la expresión más sencilla empleada en Japón permite obtener valores aproximados a la realidad. En la Ecuación R.1 se muestra esta expresión, la cual sólo depende del número de pisos en la estructura. Este razonamiento es muy importante para justificar el concepto de resonancia en función del número de pisos en una estructura.

$$\text{Periodo} = \text{número de pisos} / 10 \quad (\text{R.1})$$

El terreno en el que se desplanta una estructura es también una estructura compuesta por varias capas. Esta situación causa que el propio terreno tenga un periodo natural de vibración ante las ondas sísmicas. En las zonas rocosas se observan periodos de 0.5 seg, mientras que en las zonas lacustres pueden llegar a ser mayores a 4 seg.

El concepto de resonancia ocurre cuando el periodo del terreno coincide con el periodo de la estructura. Dicho por Hewitt (1999), la resonancia es cuando "la frecuencia de las vibraciones forzadas es igual a la frecuencia natural del objeto" Es sólo en dicho momento que aparecen los máximos desplazamientos posibles de la estructura, los cuales ocasionan a la construcción su carga lateral probable más alta. Como ejemplo de resonancia se recomienda revisar lo ocurrido al famoso Puente de Tacoma.

En el capítulo I, se abordan las explicaciones técnicas en forma resumida de fenómenos como: la torsión, el amortiguamiento, el cambio en la rigidez lateral, fuerzas equivalentes de diseño y la ductilidad estructural. Estos fenómenos se deben conocer para mitigar el riesgo sísmico desde la configuración arquitectónica del edificio. Dichas justificaciones permiten comprender el decálogo para proyectos estructurales presentado en el subtítulo IV.1, y también aquí resumido.

Es importante aquí señalar que los riesgos sísmicos, en función de la altura de la edificación, se pueden evitar aumentando o disminuyendo los niveles de construcción. Lo más importante es que cambie el periodo de la estructura para evitar la resonancia con el suelo. Los beneficios de evitar la resonancia son:

1.- Economía. Si se realiza un espectro de sitio, se pueden determinar menores fuerzas sísmicas actuantes, y por lo tanto reducir las cuantías de materiales. Adicionalmente, el espectro permite conocer el periodo de resonancia para alejarse de él, y prevenir problemas como el del Apéndice 1. El costo de un espectro de sitio no es comparable contra el costo en material que se puede ahorrar.

2.- Riesgo. Entre más se aleje la estructura de periodos que la hagan entrar en resonancia, más segura será. Se debe tomar en cuenta que varias disciplinas científicas esperan la ocurrencia de un sismo con mayor intensidad que el del septiembre de 1985.

3.- Sensación de seguridad ante un movimiento sísmico. Entre mayores sean las fuerzas sísmicas actuantes, mayores desplazamientos sentirán los ocupantes de un edificio.

Los planes de desarrollo delegacionales encuentran su fundamentación principalmente en: la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General de Asentamientos Urbanos, la Ley de Planeación, la Ley de Desarrollo Urbano del D.F. y la Ley Orgánica de la Administración Pública del D.F.

Es muy importante señalar que en los Planes de Desarrollo que se estudiaron, respecto al riesgo sísmico únicamente menciona la necesidad de revisar las estructuras construidas antes de 1986. En algunos casos asocia mayor riesgo sísmico a las construcciones cimentadas en suelo lacustre. Pero no se profundiza más en el tema.

Tras verificar el marco jurídico que envuelve a los usos del suelo en el D.F., se llegaron a conocer los esquemas legales que permiten modificar la altura de un proyecto de

edificación, sin alterar el uso de suelo. Dichos esquemas se detallan en el subtítulo II.2. Este conocimiento es muy útil para un profesional de la construcción, que se percata de una alta posibilidad de resonancia en una estructura a punto de construirse. La estructura tiene una determinada altura autorizada por el uso del suelo. Estos esquemas son los siguientes:

1. Optar por construir menos niveles
2. Aplicar la Norma de Ordenación No. 26
3. Solicitar transferencia de potencialidad
4. Tramitar la constitución de polígonos de actuación

En el subtítulo II.3, se presentan los recursos legales que se pueden emplear con el fin de modificar los usos de suelo ya autorizados. Estos recursos legales son fundamentales para poder cambiar los Planes de Desarrollo en torno a un predio cuya altura máxima coincide con un alto riesgo sísmico. Dichos esquemas son los siguientes:

1. Intervenir en el momento de una revisión
2. Enterar a las autoridades competentes de esta propuesta
3. Interponer una queja o amparo

Los mapas de riesgo sísmico son publicados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Estos mapas concentran el procesamiento estadístico de la información generada por más de 18 años de una red acelerométrica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Este sistema, aunado a los datos de catastro, permite asociar un riesgo sísmico a estructuras de distintos periodos frente a un sismo.

Un procesamiento estadístico complejo permite obtener las pseudoaceleraciones que reciben estructuras de distintos periodos de vibración, tras sismos asociados a distintos periodos de retorno. En este año se publicaron nuevas versiones de mapas de riesgo

sísmico que toman en consideración: descripciones geométricas de la placa de cocos, leyes de atenuación para distintos tipos de sismo y funciones de amplificación del movimiento del suelo.

Los mapas de riesgo sísmico empleados en este trabajo se enlistan en la Tabla R.1

Tabla R.1 Características de los mapas de riesgo sísmico sobrepuestos

Mapa No.	Periodo de retorno (años)	Periodo de la estructura (seg)	No. de niveles en la estructura
1	125	0.01	1 a 2
2	125	0.30	3 a 6
3	125	2.00	12 a 16

Tras sobreponer electrónicamente los mapas de riesgo sísmico en los planes de desarrollo vigentes, se detectaron autorizaciones en los planes de desarrollo que coinciden con ser lugares de mayor riesgo sísmico de acuerdo a los mapas de riesgo. Destacan las colonias mostradas en la Tabla R.3. La Tabla R.2 muestra algunas observaciones que se deben tomar en cuenta al momento de cambiar los planes de desarrollo. Las sobreposiciones se muestran en el subtítulo III.2.

Tabla R.2 Observaciones a considerar al cambiar los planes de desarrollo

Delegación	Colonia(s)	Seudoaceleración posible (cm/seg <sup>2</sup> )	Riesgo para
Xochimilco	Ampliación San Marcos Barrio La Concepción Barrio San Lorenzo	250 - 270	3 a 6 niveles
Tláhuac	Pueblo San Andrés Mixquic Cercanías al Bosque de Tláhuac Llanos de Tláhuac Pueblo de Tulyehualco	270 - 290	3 a 6 niveles
Iztacalco	Mayoría de las Colonias	230 - 300	3 a 6 niveles

Tabla R.3 Coincidencias de los planes de desarrollo con máximos valores de pseudoaceleración posible

Delegación	Colonia(s)	Seudoaceleración posible (cm/seg <sup>2</sup> )	Riesgo para
Miguel Hidalgo	Anáhuac Popotla Nextitla Agricultura	210 - 230	3 a 6 niveles
Coyoacán	Campestre Churubusco	150 - 170	1 a 2 niveles
	Campestre Coyoacán	130 - 170	
	Campestre Churubusco	170 - 190	3 a 6 niveles
	Hacienda Coyoacán	230 - 250	
Ixtapalapa	Res. Las Américas Progresista La Regadera Constitución de 1917 Unidad Vicente Guerrero Colonial Ixtapalapa	230 - 250	3 a 6 niveles
Xochimilco	Aprox 40 % de las superficie	190 - 210	1 a 2 niveles
Cuahutemoc	Peralvillo Felipe Pescador Morelos Asturias Roma Sur Cuahutemos Juárez Niños Héroes Doctores Obrera Roma Norte Planes Parciales Corredores	210 - 230	3 a 6 niveles
		250 - 270	
		170 - 190	12 a 16 Niveles
G. A. Madero	Vallejo Panamericana Consulado Belisario Domínguez Vallegómez Emiliano Zapata Eduardo Molina y otras	270 - 290	3 a 6 niveles
V. Carranza	Mayoría de las Colonias	200 - 300	3 a 6 niveles
B. Juárez	Piedad Narvarte Narvarte	250 - 270	3 a 6 niveles
	Unidad Esperanza Villa de Cortés Iztaccihuatl	230 - 250	

Los estudios gestionados por la Secretaría de Protección Civil, deben incidir en su mejor alcance con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Al Plan de Protección Civil que se está manejando y toma en cuenta los mapas de riesgo sísmico, se le deben sumar esfuerzos preventivos por reforzar las estructuras que se detecten con riesgos.

Tal vez no sea necesario modificar los planes de desarrollo, sino proponer en las Normas Técnicas Complementarias la inclusión de un mapa con periodos estructurales autorizados. Pero la forma más efectiva de cambiar periodos estructurales, sin afectar al rendimiento financiero del proyecto, es modificando la altura de los mismos. Muy posiblemente deba ser una mezcla de ambas propuestas la mejor solución al conflicto.

Cumplir el siguiente decálogo en zonas sísmicas permitirá tener proyectos estructurales más económicos y seguros. La sociedad debe evitar pagar por los riesgos sísmicos en forma de daños o en forma de materiales excedentes para sortear complicaciones estructurales. Por ello se exhorta a que todos los Ingenieros Civiles sean divulgadores de "cultura sísmica" a través de planes de estudio que contemplen esta necesidad. El decálogo estructural es el siguiente:

- 1.- Al diseñar un edificio, buscar que no coincida el período dominante del terreno, con el modo fundamental de vibración de la estructura
- 2.- Diseñar estructuraciones sencillas, ortogonales en planta, simétricas, no esbeltas y no alargadas
- 3.- Buscar estructuraciones sin cambios bruscos de rigidez en elevación
- 4.- Dotar a los entrepisos de rigidez suficiente
- 5.- Buscar que la distribución de la carga muerta y viva sobre la estructura, sea de la manera más uniforme posible
- 6.- Buscar que la estructura en su conjunto presente un comportamiento dúctil
- 7.- Evitar diferencias en la rigidez lateral
- 8.- Mantener una densidad de la estructura en planta adecuada
- 9.- Evitar la falla frágil de muros de barro prensado o extruido

10.- En el diseño estructural, la computadora sin tener detrás un Ingeniero con amplia experiencia, comete errores garrafales

El Director Responsable de Obra (DRO) y los corresponsables en seguridad estructural son los profesionistas adecuados para hacerse cargo de la seguridad del proyecto desde su fase de planeación hasta su operación. La seguridad del proyecto es muy importante en la etapa de construcción, en donde la labor de supervisión es fundamental para mitigar los riesgos que en ese momento, o en un futuro pueda sufrir la edificación.

Se presenta a continuación, un listado de casos representativos de riesgo estructural observados constantemente en las construcciones de la Ciudad de México.

- **Síntomas de deterioro estructural**  
Muros, trabes o columnas con agrietamientos visibles.  
Losas colgadas, columnas o muros desplomados.  
Hundimientos diferenciales evidentes
- **Construcciones anteriores a la Normatividad actual.**  
Inmuebles de dos o más pisos soportadas exclusivamente por muros paralelos en planta baja.  
Edificaciones apoyadas en columnas demasiado esbeltas.  
Construcciones sin separación con sus vecinos.  
Edificios en esquina con falta evidente de rigidez en fachadas.  
Plantas bajas flexibles soportando pisos superiores rígidos.  
Cambio de sección de las columnas en los niveles superiores.  
Carencia o insuficiencia evidente de castillos en muros de mampostería.  
Entrepisos con vigas prefabricadas o de madera en un solo sentido.  
Losas acasetonadas sin nervaduras principales ni capiteles.  
Edificaciones con configuraciones actualmente consideradas de riesgo sísmico por su ubicación geográfica.  
Muros de relleno ligados a la estructura en forma aleatoria.
- **Autoconstrucción (hasta 3 o mas pisos) sin supervisión técnica**  
Zapatatas corridas inclinadas siguiendo la pendiente del terreno  
Cimentaciones sobre terreno vegetal o rellenos mal compactados  
Zapatatas aisladas sin trabes de liga  
Columnas de diferentes alturas soportando la casa sobre una ladera  
Materiales, armados y dosificaciones sin control de calidad

Losas con apoyo insuficiente, sobre muros parcialmente ranurados.  
Marquesinas de concreto solo con el refuerzo en el lecho bajo.

- **Remodelación de inmuebles sin responsable de por medio.**  
Casas y edificios habitacionales convertidas en oficinas y/o comercio.  
Plantas bajas de casas o edificios transformadas en garajes, guarderías o salones de fiestas.  
Pisos en adición a la licencia de construcción original.  
Ductos eléctricos o hasta de calefacción ahogados en los zoclos.  
Muros de carga sustituidos por un riel de tren. ("Aguantaba un tren")  
Muros de carga sustituidos por un tubo hidráulico como columna.  
Chapoteaderos o albercas en azotea.  
Techos inclinados, nivelados con relleno para servir de piso a otro nivel.  
Firmes colados a tope contra los muros perimetrales, sobre las antiguas vigas y duelas de madera que servían de entrepiso  
Recorte de la sección de elementos estructurales, en muchos casos con desaparición parcial del refuerzo longitudinal y sus estribos.

La lista es interminable, las consecuencias, sin remedio evidentes a cada sismo.

Es muy importante señalar la necesidad de fortalecer al gremio de los DROs y corresponsables. Prácticas profesionales observadas en los DROs pueden ser motivos de fallas técnicas a corto y largo plazo. La razón: falta del fortalecimiento de estas figuras. Se propone un camino jurídico que el gremio de los Ingenieros Civiles puede llevar a cabo para sacar adelante esta situación. Dicho camino jurídico está inspirado en el esquema legal que rodea a la figura de los notarios públicos.

Sería muy distinto si los DROs y los corresponsables se dedicaran de tiempo completo a las obras que supervisan. Para esto, la mentalidad de competitividad entre estas figuras debe ser a nivel profesional, y no a nivel de honorarios. Se deben fijar aranceles y fortalecer la imagen pública que un DRO tenga.

La importancia del trabajo de un DRO es inobjetable, porque tiene bajo su responsabilidad la seguridad de vidas humanas ante un siniestro. Su trabajo debe ser así reconocido. Se deben otorgar las facilidades necesarias para dedicarse a la supervisión de tiempo completo. La remuneración que perciba debe ser adecuada a la responsabilidad que desempeña, y al tiempo que debe dedicarle a cada obra.



Las figuras de los DROs y corresponsables deberían fundamentarse en una nueva Ley de los Directores Responsables de Obra y Corresponsables. La cual se apoyara en la Asamblea Legislativa por mandato del Estatuto de Gobierno del Distrito Federal. Esta ley debe contener los mismos lineamientos que se señalan en Reglamento de Construcciones del Distrito Federal. Pero, adicionalmente, debería expresar los siguientes puntos importantes:

1. Que corresponde al Jefe de Gobierno expedir las **patentes** de Directores Responsables de Obra y corresponsables.
2. Que el número de patentes para ejercer como DRO y/o corresponsable esté sujeto a un estudio estadístico – económico de demanda de estos servicios.
3. Las funciones del Colegio de Directores Responsables de Obra y Corresponsables como ente garante de la admisión y certificación de los DROs y corresponsables. (Puede ser el propio Colegio de Ingenieros Civiles)
4. Dicho Colegio debe ser responsable de los **exámenes de oposición** para concursar por las patentes vacantes o de reciente creación. Además, debe establecer **aranceles mínimos** para los servicios profesionales de sus agremiados.
5. Que las autoridades del Distrito Federal deben prestar la ayuda necesaria para el ejercicio de las funciones de los DROs y Corresponsables.
6. Que los DROs y Corresponsables no deben aceptar más asuntos que los que puedan realmente atender en su función de vigilancia de la calidad constructiva.
7. Instituir la figura de aspirante a DRO y/o Corresponsable por examen de oposición.
8. Normar los detalles de la aplicación de los exámenes de oposición.
9. La obligación de registrar las patentes ante las autoridades competentes.
10. Exigir tener sellos oficiales para validar la firma de DRO y corresponsables.
11. Regular la expedición de documentos, y de cambio de DRO y/o Corresponsable.
12. Señalar la necesidad de suplir, sancionar o remover a los DROs y Corresponsables, cuando estos se vean impedidos a supervisar los proyectos por **cuestiones de salud**, o de otros trabajos.

13. Normar la inspección y vigilancia periódica de autoridades competentes a las Obras, para autenticar que los DROs y corresponsables se encuentran al pendiente de su trabajo, y lo están ejerciendo adecuadamente.
14. Señalar las funciones de las Instituciones que deben apoyar a los DROs y corresponsables.

Se exhorta a que el número de las patentes de DRO se acotará a un número que fijaran las necesidades de oferta y demanda. Así, por sí solas otorgarían a los DROs honorarios que les permitieran ejercer sus funciones de tiempo completo. Se recomienda hacer estudios estadístico - económicos.

Un plan para ajustar el número de los DROs puede tener dos diferentes premisas básicas:

- No admitir a más DROs y corresponsables, hasta que el número de estos no sea el conveniente.
- Aplicar examen de oposición y encontrar a los más aptos entre los 880 existentes

El mito de que una mayor seguridad estructural está reñida con las utilidades de un edificador es totalmente falso. La mitigación del riesgo sísmico, siguiendo las propuestas técnicas anteriormente citadas conduce a estructuras más económicas. El éxito financiero que reporte una determinada edificación al promotor de proyectos, depende más bien de decisiones gerenciales y financieras, tal como son las siguientes:

1. **Ubicación del proyecto.**
2. Administración de precios
3. Evaluación continua de la realidad financiera del proyecto
4. Tener una adecuada gerencia de proyectos
5. Mantener un adecuado balance entre el capital de riesgo y el de deuda
6. Aprovechar las oportunidades financieras y legales
7. Hacer un estudio de mercado proyectado a futuro
8. Identificar la situación macroeconómica del sector

9. Invertir en un buen proyecto arquitectónico
10. Tener una buena estrategia fiscal
11. Buscar esquemas de sociedad con los dueños de los terrenos
12. Cumplir al 100% la reglamentación vigente en cuanto a los ordenamientos para el desarrollo urbano
13. Tener parámetros claros en cuanto al porcentaje del valor de venta de proyecto que representa cada concepto
14. Trabajar con un intermediario financiero que opere de manera eficaz y con condiciones económicas que se encuentren en el estándar del mercado
15. Exceder las expectativas del cliente
16. Desarrollar productos con calidad y excelencia.



## Introducción

Los ingenieros civiles como gremio, son los responsables ante la sociedad, de garantizar la seguridad de las estructuras ante un sismo. El conocimiento adquirido por parte de los ingenieros civiles, de la Ingeniería Sísmica es la clave para lograrlo. Estos conocimientos llevados a profundidad, deberían formar una materia obligatoria de la licenciatura de ingeniería civil.

Dicho por Newmark, Rosenblueth (1976) "Si un ingeniero civil ha de adquirir una experiencia provechosa en un breve lapso, expóngansele estos conceptos".

En este trabajo, se presentan los mapas de riesgo sísmico para el D.F., sobrepuestos a los Planes de Desarrollo para 10 delegaciones (Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc, G A Madero, Ixtapalapa, Iztacalco, Miguel Hidalgo, Tláhuac, Venustiano Carranza y Xochimilco) de la Ciudad de México. El propósito es mostrar que existen algunas zonas, en donde el número máximo de niveles autorizados, corresponden a los máximos valores de pseudoaceleraciones en caso de sismo. Los antecedentes que se muestran en el capítulo I, así como la reseña técnica de los mapas de riesgo sísmico en el capítulo III, justifican la propuesta de hacer resaltar en los usos del suelo, estas coincidencias.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

En esta tesis, se enfatiza que para alcanzarla la seguridad estructural en estas condiciones, solo es posible con la participación de ingenieros civiles altamente capacitados.

Los alcances de este trabajo contemplan la inclusión de esta idea en la próxima revisión de los Planes de Desarrollo.

El debate de los Planes de Desarrollo es una tarea complicada, intervienen factores estéticos, ambientales, políticos, sociales, de presupuesto, de infraestructura, etc.

Sin embargo, en el caso de la Cd.de México, ya es tiempo de que los conocimientos modernos de sismología incidan en este proceso. La sociedad lo exige.

Adicionalmente, la detección oportuna de estructuras con alto riesgo sísmico, debe propiciar la planeación a corto plazo, de un plan que permita su rigurosa revisión.

Es importante aquí señalar que los riesgos sísmicos, en función de la altura de la edificación, se pueden evitar en principio, aumentando o disminuyendo el número de niveles de una construcción. La justificación de este enunciado tiene profundas raíces en los conceptos de resonancia que se explican en el capítulo I. Lo deseable es que el período fundamental de la estructura se aleje del período del terreno, y así evitar los grandes desplazamientos que acompañan a la resonancia.

Existen recursos legales fundamentados en el marco jurídico, que permiten modificar la altura de un proyecto para evitar riesgos sísmicos mayores. Sin embargo, se contemplan para ciertos casos únicamente. También existen instancias dentro del proceso de Revisión de Planes de Desarrollo, que permiten incluir estas propuestas para su autorización. Para ampliar esta información, se remite al lector al capítulo II.

Es importante señalar que los riesgos sísmicos, no se agotan sólo con el hecho de que el período de una estructura coincida o no en forma aproximada con el período del terreno. En el mundo del diseño estructural y de la construcción, existen muchas otras situaciones

que ponen en riesgo a una edificación frente a un movimiento telúrico. El capítulo IV menciona algunas de estas y encamina unas propuestas de solución.

Estas propuestas se fundamentan en que cuando se presentan situaciones de riesgo sísmico, aumentó la complejidad de su análisis y el propio comportamiento estructural se hace más incierto. Si bien, hoy se puede afirmar que casi todo diseño estructural es posible por complejo que sea, hay que recordar que su costo y la incertidumbre de su comportamiento sísmico se incrementan. Esta tesis propone limitar la complejidad estructural de los proyectos, dentro de las zonas de alto riesgo sísmico.

La supervisión profesional de las obras es algo que tomó relevancia a partir del terremoto de 1985. La figura de los Directores Responsables de Obra (DRO) y los corresponsables tomaron esa obligación jurídica. Sin embargo, los errores constructivos que se mencionan en el subtítulo IV.2, siguen apareciendo en forma continua aún en las edificaciones actuales. Es cierto que existen aseguradoras que cubren a las empresas por daños en sus edificaciones. Sin embargo, recurrir exclusivamente a estos seguros ante un sismo, no debe ser la actitud de un ingeniero civil.

Es urgente que estos hechos se reviertan. Para eso, en el subtítulo IV.4 se presenta un plan que fortalezca la figura de los DRO, para que ejerzan con plena autoridad. El riesgo sísmico se puede abatir con una correcta supervisión y una adecuada configuración sísmica, siguiendo puntualmente las Normas Técnicas Complementarias.

Con esta tesis también se busca eliminar la creencia de que la atenuación de un riesgo sísmico, implica mayores costos para los empresarios constructores. Aquí, es oportuno mencionar que las utilidades de un edificador, se ven mayormente afectadas por cuestiones de tipo financiero, como se presenta en el último capítulo.





## I. Antecedentes

Las propuestas que plantea esta tesis, están fundamentadas en el conocimiento de tres aspectos principales. Este capítulo trata de ellos.

En primer lugar, se mencionan los intereses y puntos de vista que inciden en la planeación de un programa de desarrollo. Este tema, pretende dar una perspectiva de la problemática a que se enfrentan los grupos involucrados, antes de publicar los planes. Aquí es donde se apunta a nivel de propuesta, la conveniencia de incluir los riesgos sísmicos, en función de la altura de los edificios, en los usos del suelo.

Como segundo aspecto, se establece un marco mínimo de conocimientos de sismología, que permitan más adelante, la comunicación precisa en términos técnicos. Al ser abordados, se remite al lector a bibliografía especializada para su mejor comprensión.

Por último, como tercer aspecto se abordan de manera breve y sencilla conceptos básicos de ingeniería sísmica.

La ocurrencia próxima de un temblor intenso en la Ciudad de México, está fuera de duda. Las propuestas de esta tesis estarán puntuales a esa cita. Ninguna de ellas es de mi autoría, algunas incluso han pasado más de 50 años confirmándose a cada sismo. Solo les ha faltado uno de los recursos humanos más escasos: La atención.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I.1 Problemática actual de los planes de desarrollo en la Ciudad de México

Los planes de desarrollo de una comunidad, dictan el ordenamiento de las construcciones en el entorno geográfico. La historia de estos ordenamientos aparece con la historia de la civilización y las comunidades. Sagan y Druyan (1994) sostienen que en todas las ruinas arqueológicas se puede ver una elemental noción de planeación de zonas.

Las tribus desde tiempos remotos localizaban a las clases sociales en distintos lugares de su territorio. Las antiguas civilizaciones mostraban claramente una división entre los edificios de gobierno, las casas de los gobernantes, las casas de los ciudadanos y los campos de sembradío.

Aparejado a esta división territorial, aparecían características físicas en común para cada una de las construcciones de cada zona. Dichas características variaban principalmente en tamaño y lujo. La localización geográfica de cada zona se encontraba fuertemente influenciada con las costumbres y gustos de la sociedad. Las líneas anteriores describen el nacimiento del urbanismo y planeación del desarrollo.

Al día de hoy, existen profesionistas que se dedican a esta planeación. Existen organismos e instancias gubernamentales que regulan y vigilan dichos ordenamientos. Llegar a un consenso en el uso del suelo autorizado, es una labor política ardua y complicada. En el proceso intervienen negociaciones con diversos grupos que representan intereses varios.

Existen urbanistas, que se dedican a integrar este proceso. Los puntos de vista que se deben verificar incluyen: estética, capacidad de servicios urbanos, visto bueno de los residentes, propuestas de los desarrolladores de vivienda, capacidad de las vialidades en la zona, impacto ambiental, integración al entorno urbano, cercanía con aeropuertos, posición geográfica de zonas residenciales e industriales, etc. Es importante mencionar la importancia que tienen las proyecciones y tendencias futuras de la población en estas

decisiones. Dichas tendencias se obtienen con modelos matemáticos basados en estudios estadísticos de las localidades.

Se pueden citar numerosos ejemplos de cómo el proceso de planificación del desarrollo aparece influenciado en la vida real por numerosos actores y factores.

Un ejemplo actual de ellos, corresponde a la negativa absoluta de los colonos de las Lomas de Chapultepec ante la "Torre Bicentenario", la cual concluyó con la cancelación del proyecto.

También tenemos que en el sexenio pasado, el Jefe de Gobierno del D.F. concentró el desarrollo de vivienda en únicamente cuatro delegaciones. Su prioridad fue densificar las áreas dotadas con mejores servicios, en vez de invertir en ampliar los servicios urbanos.

O pensemos en la histórica carencia de agua en Iztapalapa, que hace imposible la densificación de la delegación:

Otro ejemplo, en este caso de cómo la cercanía con otras zonas modifica el uso del suelo, se puede ver en las colonias Granada e Irrigación, de la Delegación Miguel Hidalgo. En estas colonias se localizaban grandes bodegas y naves industriales. Hoy en día, las demoliciones de estas construcciones han dado paso a desarrollos comerciales, habitacionales y de oficinas. La cercanía con la zona de Polanco, Lomas y Reforma, así como las vialidades de acceso, ha ocasionado que estratégicamente las personas decidan vivir, comprar y trabajar cerca de estas colonias.

La situación de la Ciudad de México en relación con el tráfico de automóviles es un problema de grandes dimensiones. Esta situación ha alentado a la concentración de las personas en su área diaria de influencia como parte de la solución al conflicto. Este fenómeno proyectado a largo plazo generará importantes asentamientos de personas en el centro y el poniente de la Ciudad.

Siempre se ha tenido necesidad de vigilar y sancionar los abusos de los propietarios con los usos de suelo. Algunas empresas y personas físicas adquieren muchos beneficios al ampliar la superficie construida en sus predios. Si bien resulta más costosa la construcción, resulta después una mayor utilidad para el constructor, debido a que el costo del terreno se prorroga mejor entre más metros cuadrados construidos se vendan.

Ante una problemática con el uso del suelo, se puede llegar a suspender la obra civil. Si bien, el excedente de construcción ya está terminado, procede una multa. Las quejas de los vecinos ante un abuso en las construcciones son detonantes para que los procesos legales comiencen.

Más adelante, se planteará el marco jurídico que rodea a este tema en la Ciudad de México. De igual manera, se comentarán algunas situaciones en donde es legal modificar los usos de suelo.

Según la Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial (PAOT), en un lapso de 2002 a 2008, se atendieron 985 denuncias sobre irregularidades relativas al uso del suelo. Dichos conflictos incluyen situaciones en las que lugares destinados para usos habitacionales comienzan a alojar comercios y oficinas, manteniendo intactas las superficies construidas.

Esta tesis sostiene la importancia de tomar en cuenta los riesgos sísmicos que enfrenta cada edificación en función de su altura, al momento de elaborar los planes de desarrollo. La información que se tiene actualmente, ya permite contemplar esta realidad dentro de la complejidad de los usos de suelos. Las consecuencias de este estudio, repercute en formular no sólo un plan de desarrollo que contenga criterios de naturaleza sísmica. También se hace necesario el hecho de elaborar un plan que contemple las medidas a realizar para las construcciones que se encuentren actualmente en un peligro sísmico potencialmente mayor.

## I.2 Conceptos técnicos de sismología

La sismología es “es una rama de la geofísica que se encarga del estudio de terremotos y la propagación de las ondas elásticas (sísmicas)”<sup>1</sup>. La sismología tiene sus bases en la reciente teoría de la tectónica de placas, la cual se consolidó en 1967. Dicha teoría afirma que la superficie terrestre se sostiene por unas cuantas decenas de placas que flotan sobre un sustrato llamado manto. Estas placas de 50 km de espesor en promedio, siempre han estado chocando y separándose. El resultado han sido continuos terremotos y alteraciones a la superficie terrestre tras la liberación de la energía de choque.

Existe otra teoría sostenida por algunos sismólogos que dice que los temblores se originan en los cambios de fase de las rocas. Dichos cambios de fase provocan cambios volumétricos que repercuten en movimientos telúricos. Sin embargo, según Newmark y Rosenblueth (1976) “lo más seguro es que los sismos sean causados por más de un mecanismo.” Para los ingenieros civiles que ejercen su profesión en la parte sur, centro y/o occidental del país, la brecha sísmica que interesa se muestra en la Figura 1.2.1. Los movimientos de la placa de cocos y la placa pacífica contra la placa Norteamericana, continuamente causan terremotos de diversas magnitudes. En las costas de Guerrero, Oaxaca y Michoacán se originan comúnmente estos movimientos.



Figura 1.2.1 Principales placas que rodean a nuestro país tomada de Achenbach (2006)

<sup>1</sup> <http://es.wikipedia.org/> visitada el día 8 de noviembre de 2008.

En la Figura 1.2.2 se muestra un esquema que ilustra las principales definiciones que describen la localización de un sismo.

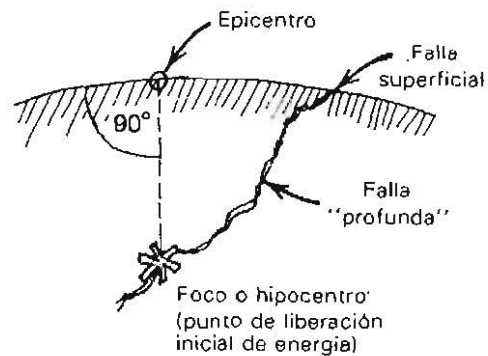


Figura 1.2.2 Ilustración de la localización de un sismo tomada de Takeuchin (1996)

El epicentro o epíforo, es el punto sobre la superficie de la tierra que está directo encima de donde se inicia la liberación de energía, y el movimiento de la falla. Puesto que el plano de falla no es necesariamente vertical, y como la falla puede fracturar a una distancia considerable, la sacudida en el epicentro puede no ser la más intensa, aunque casi con certeza será una de las áreas más fuertemente sacudidas por ese sismo.

La magnitud de un sismo se encuentra reportada por la escala Richter. La obtención de la magnitud depende exclusivamente del logaritmo base diez de la energía liberada por el sismo. De esta manera, un sismo de grado seis libera según Ruiz (2007), 33 veces más energía que uno de grado cinco. Un sismo de 7.3 grados de magnitud equivale en energía aproximadamente a cuatro bombas atómicas como las de Hiroshima. En promedio ocurren siete sismos de esta magnitud, o mayor magnitud durante un año en todo el mundo.

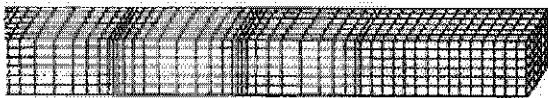
La intensidad de un terremoto se expresa en términos de la escala de Mercalli. Dicha escala es subjetiva, y principalmente varía con la cantidad de daños ocurridos en un determinado sitio. De esta forma, un sismo tiene una única magnitud, pero distintas intensidades de acuerdo con el lugar al que nos referimos.



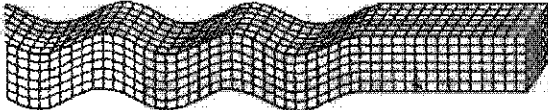
El movimiento del suelo tras un sismo es azaroso, sin embargo presenta direcciones y frecuencias enfáticas, según el tipo de suelo. Para medir el movimiento, se miden los desplazamientos del suelo en la dirección de propagación de la onda, los cuales son muy distintos en el lugar de la ruptura de la corteza. Dichas mediciones han permitido identificar cuatro tipos de ondas de transmisión de un sismo:

1. La onda primaria (P) es muy rápida con velocidades de 3 a 8 km/s. Es la primera en llegar y ser registrada. Sus efectos se sienten si el suelo fuera "empujado y después jalado". Usualmente se le conoce como movimiento oscilatorio.
2. La onda secundaria (S) es más lenta con velocidades de 2 a 5 km/s. Sus efectos se sienten como olas de mar que suben, bajan y desplazan el terreno de un lado al otro. Usualmente se le llama movimiento trepidatorio.

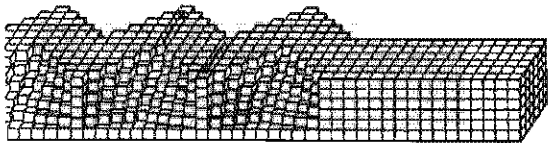
Onda P



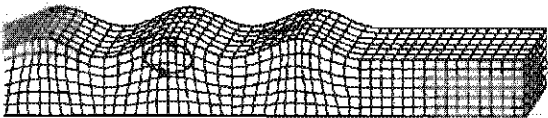
Onda S



Onda de Love



Onda de Rayleigh



Dirección del movimiento de la onda

3. La onda Love según Newmark y Rosembueth (1976) es consecuencia de las reflexiones de las P y S. Se detectan como sacudidas horizontales perpendiculares a la dirección de propagación.

4. La onda Rayleigh mueve al suelo de manera circular con movimientos verticales y horizontales. Es una combinación de las ondas P y S.

Figura 1.2.3 Movimiento de las ondas tomado de Takeuchin (1986)

En la Figura 1.2.3 se muestra un esquema con el movimiento de las ondas. Conociendo el tiempo de retraso de las ondas P y S en varias estaciones sismológicas, se puede localizar la distancia al hipocentro, para después conocer su posición.

Al aumentar un sismo de magnitud, estas ondas únicamente amplían la aceleración del suelo. Sin embargo, el periodo de las ondas siempre permanece relativamente constante para cada tipo de suelo o roca. El concepto de periodo será explicado en el subtítulo 1.3. Es oportuno señalar que el periodo de cada tipo de suelo es fundamental para comprender el concepto de resonancia. En dicho concepto de resonancia se justifican los mapas de peligro sísmico del Capítulo 3.

La duración de un movimiento telúrico, es otro factor que suele aumentar con la energía que el mismo libera. La aceleración del suelo es un factor que permite medir la fuerza destructiva de un sismo para las estructuras.

Usualmente, la pseudoaceleración que le imprime un sismo a un suelo se expresa en términos de la aceleración gravitacional ( $9.81\text{m/s}^2$ ). Un nivel de pseudoaceleración suficiente para producir daños en construcciones débiles, es de la décima parte de la aceleración de la gravedad promedio terrestre, esto es  $0.981\text{ m/seg}^2 = 0.1\text{ g.} = 100\text{ gals.}$

### I.3 Conceptos técnicos de ingeniería sísmica

#### I.3.1 Periodo de una estructura y resonancia

Se presenta un breve resumen de este tema con el propósito de no perder los objetivos conceptuales de la justificación de la ingeniería sísmica en este trabajo. Supongamos un poste vertical, macizo, de un material homogéneo y empotrado en una superficie rígida, tal como se muestra en la Figura I.3.1.1 El poste tiene una esfera empotrada, y la esfera tiene una masa ( $m$ ), mucho mayor que el poste.

La sección transversal del poste es circular, y constante en su sección, la cual tiene una inercia ( $I$ ). La longitud ( $L$ ) y módulo de elasticidad ( $E$ ) son conocidos. La esfera se encuentra sometida a la acción de una fuerza horizontal ( $F$ ), pero el poste ya se encuentra fijo. La fuerza  $F$  causó un desplazamiento hacia la derecha del poste, dicho desplazamiento no fue el suficiente para causar que se alcanzara el límite de fluencia en ninguna parte de la sección.

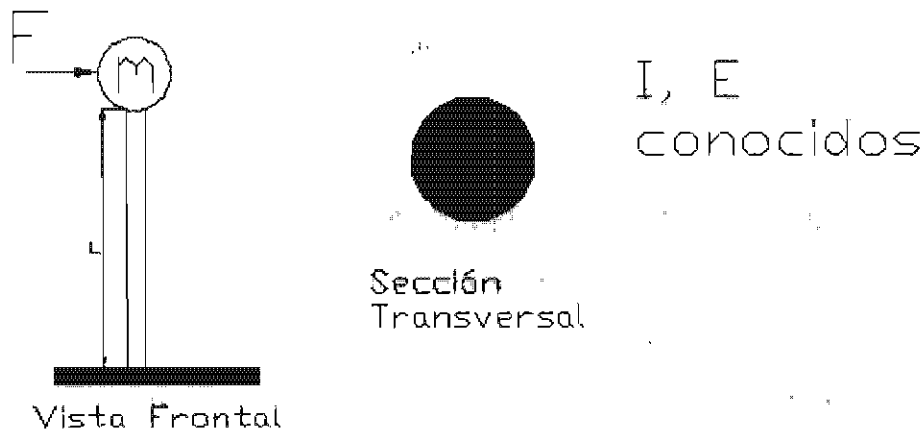


Figura I.3.1.1 Poste del primer ejemplo

El ejemplo anterior del poste – esfera es una idealización de un edificio de un único piso. Se conoce como sistema de un único grado de libertad. La esfera representa el peso del techo con sus cargas. La fuerza externa es equivalente al sismo, resultado de un desplazamiento del terreno según la tercera ley de Newton. Es normal para la dinámica estructural estudiar comportamientos de edificios con  $n$  niveles o  $n$  grados de libertad.

Si de manera instantánea, la fuerza  $F$  desapareciera, el poste por su propia rigidez “jala” de nuevo la masa para recuperar la posición original. Así comienza el movimiento oscilatorio con una aceleración proporcional a la fuerza  $F$ , el cual devuelve al poste a su posición original tras varios movimientos periódicos. En dichos movimientos, la energía se pierde por fricción interna del poste principalmente.

El concepto de periodo de una estructura se puede comprender empleando también este mismo ejemplo. El poste de la Figura 1.3.1.1 se comporta como un péndulo simple. Independientemente de la masa ( $m$ ) que tenga, el tiempo que dura una oscilación del poste es sólo dependiente de la rigidez del poste. Cabe señalar que la rigidez del poste depende fuertemente de la longitud ( $L$ ) del mismo y de la rigidez ( $E * I$ ). De igual manera, el periodo de una estructura de  $n$  pisos, depende en gran medida de la altura que tiene la estructura y la rigidez de la misma.



Por hacer una analogía con el péndulo, Hewitt (1999) escribe que “Galileo descubrió que el tiempo que tarda un péndulo en balancearse de un lado a otro en ángulos pequeños no depende de la masa del péndulo ni de la distancia recorrida, sólo depende de la longitud del péndulo y de la aceleración de la gravedad.” La Figura 1.3.1.2 ilustra esta situación.

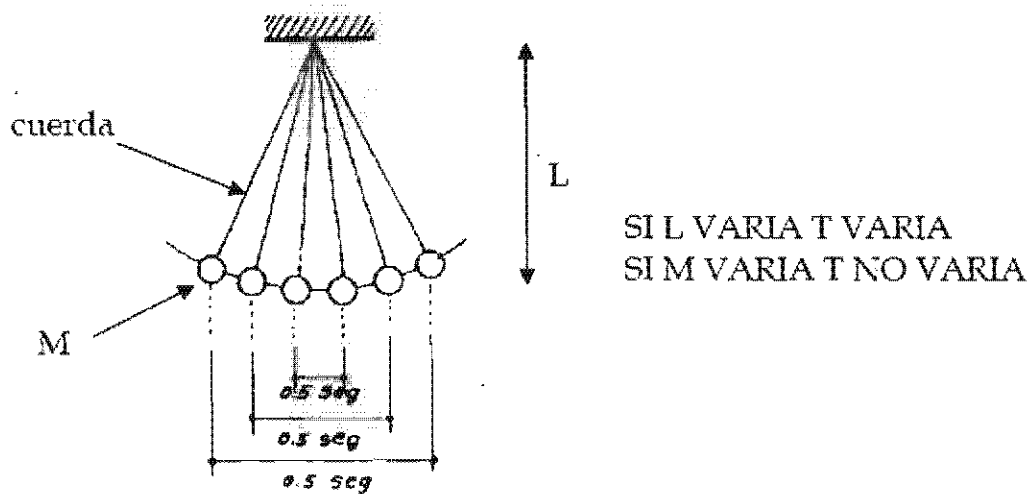


Figura I.3.1.2 Péndulo simple que ilustra como la amplitud del movimiento y la masa no cambian el periodo

El número de oscilaciones que realiza un péndulo o una estructura durante un segundo se denomina frecuencia. El periodo es el inverso de la frecuencia, tal como se muestra en la Ecuación I.3.1.1

$$\text{Periodo} = 1 / \text{frecuencia} \quad (\text{I.3.1.1})$$

Si cambiamos el peso de la estructura, o bien el peso (m) de la esfera en el poste, aumenta la amplitud del recorrido, más no el periodo. De esta forma, el periodo natural de una estructura es una característica que permite describir su movimiento ante un sismo. La importancia de conocer el periodo de una estructura generó la aparición de acelerómetros eléctricos, para medir esta propiedad de manera experimental. Empleando acelerómetros a lo largo de la vida útil de una estructura, se pueden detectar variaciones en el periodo de la misma, imputables a cambios en su rigidez (asociados a posibles daños que delatan la necesidad de reforzar las edificaciones).

Varios autores han propuesto expresiones analíticas que permiten obtener el valor del periodo. Hay expresiones muy complejas al respecto. Sin embargo, la expresión más empleada en Japón, permite obtener valores aproximados a la realidad. En la Ecuación

I.3.1.2 se muestra esta expresión, la cual sólo depende del número de pisos en la estructura. Este razonamiento es importante para justificar el concepto de resonancia en función del número de pisos en una estructura.

$$\text{Periodo} = \text{número de pisos} / 10 \quad (\text{I.3.1.2})$$

Esta expresión funciona muy bien para edificios nuevos, con losas rígidas, bien definidas, alturas de entrepiso similares y pesos similares de cada losa. En condiciones distintas a las aquí mencionadas, el periodo cambia. La edad como mencionamos, es un factor importante (por uso y deterioro) que genera cambios de rigidez en una estructura.'

A medida que la estructura se ve sometida al efecto de un sismo intenso, da inicio el proceso de agrietamiento (casi imperceptible al principio), en todos los elementos mayormente solicitados (generalmente plantas bajas). Empiezan a aparecer pequeñísimos agrietamientos en las bases de las columnas, en las capas de recubrimiento a la altura de los estribos en trabes y columnas (concreto reforzado), así como también en las uniones de muros con techos (aplanados de yeso, mortero y otros acabados).

Este proceso se va acentuando a cada sismo intenso, de manera que nuestro edificio, por razón de esos pequeños agrietamientos, va poco a poco perdiendo la rigidez original. A la disminución paulatina de rigidez se asocia, por lo expuesto en el modelo poste-esfera, desplazamientos cada vez mayores de la estructura.

Mi experiencia durante el servicio social me permitió ver que edificios viejos de 15 pisos, pueden tener periodos fundamentales mayores a 3 segundos. Apartándose de manera franca del valor aproximado de 1.5 segundos que le correspondería según la ecuación I.3.1.2. y de los 2.0 seg que le corresponderían según los mapas de riesgo sísmico.(Capítulo III)

El terreno en el que se desplanta una estructura es también una estructura compuesta por varias capas. Esta situación causa que el propio terreno tenga un periodo natural de

vibración ante las ondas sísmicas. En las zonas rocosas se observan periodos de 0.5 seg, mientras que en las zonas lacustres llegan a ser mayores a 4 seg.

El concepto de resonancia ocurre cuando el periodo del terreno coincide con el periodo de la estructura. Dicho por Hewitt (1999), la resonancia es cuando “la frecuencia de las vibraciones forzadas es igual a la frecuencia natural del objeto” Es sólo en este momento cuando aparecen los máximos desplazamientos posibles de la estructura, los cuales ocasionan a la estructura su carga lateral más alta. Es por esto que la estructura se pone en grave riesgo si coincide su periodo natural con el periodo del terreno.

En la Figura I.3.1.3 se muestra una fotografía del puente de Tacoma, cuya falla ilustra el concepto de resonancia estructural.

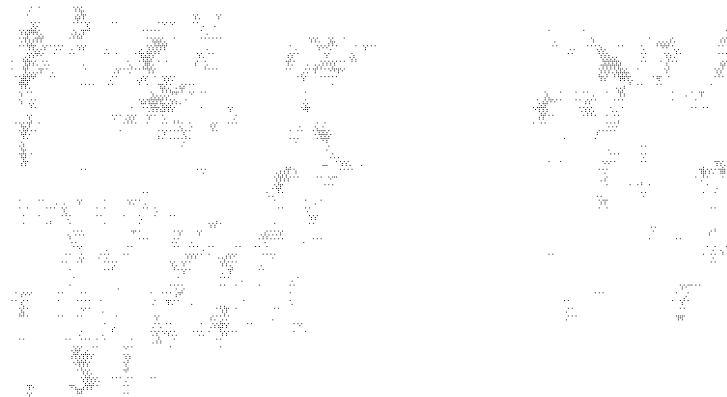


Figura I.3.1.2 El puente de Tacoma al momento de su falla <sup>2</sup>

<sup>2</sup> <http://inlinethumb19.webshots.com/40402/23306550101025684585500x500Q85.jpg> visitada el 14 de noviembre de 2008

Es importante señalar que el estudio de los periodos en diversas disciplinas ingenieriles y científicas dice que: habrá tantos modos de vibración como grados de libertad tenga el objeto que oscila. Para el caso de la ingeniería sísmica, los grados de libertad se asocian con el número de pisos que tiene la estructura. Sin embargo, los modos de vibrar que nos interesan para nuestro estudio son como máximo los primeros tres, ya que son los que generan desplazamientos más grandes. A medida que aumenta el modo de vibración, la estructura soporta en sus elementos verticales (columnas y muros) cada vez, fuerzas menores.

Cuando se entra en resonancia, se llega a situaciones en las que los desplazamientos son muy grandes ante un terremoto. Se puede citar el caso de la nueva Torre de Relaciones Exteriores frente a la Alameda Central. Según Ruiz (2007), ese edificio es capaz de soportar pseudoaceleraciones de más de 600 gals. Sin embargo, los desplazamientos que se presentarían en el piso 22 serían cercanos a los 1.2 metros. Un terremoto de esta magnitud, se sentiría fuertemente por los ocupantes, a pesar de estar sin duda en uno de los edificios más seguros del Centro Histórico de la Cd de México.





### 1.3.2 Concepto de amortiguamiento

Aplicarle amortiguamiento a una estructura, no consiste solamente en instalar dispositivos mecánicos con una viscosidad determinada, para reducir los desplazamientos. El efecto amortiguador se logra con cualquier recubrimiento que se le ponga a una estructura. Dicho recubrimiento puede ser por ejemplo una capa de yeso al poste de la Figura 1.3.1.

El recubrimiento no cambia el momento de inercia, ni aporta una fuerza considerable, tampoco está empotrado, sin embargo su comportamiento medido en laboratorio es relevante. Se ha observado una resistencia interesante de los recubrimientos ante fuerzas aplicadas rápidamente, tal como el fenómeno de los amortiguadores en los automóviles. Por el contrario, las fuerzas que se aplican lentamente, generan que los recubrimientos cedan ante la carga y presenten micro agrietamientos.

Este concepto es bien conocido en ingeniería sísmica. Se modela como una fuerza opositora al sismo en las ecuaciones diferenciales del movimiento. El uso de los amortiguadores modifica el periodo de las estructuras, y ocasiona fuerzas y desplazamientos menores al momento de un sismo. Resulta evidente para todo ingeniero que el amortiguamiento es mayor en las construcciones nuevas, debido a que con las cargas de servicio, el recubrimiento se va micro agrietando poco a poco. Una pérdida de amortiguamiento se traduce en un aumento de periodo.

El grado de amortiguamiento se expresa como porcentaje del amortiguamiento crítico. El amortiguamiento crítico, es una idealización de un amortiguador capaz de permitir una única oscilación, para que la esfera regrese a su estado de reposo, después de que inició el movimiento de la fuerza.

Tras la evolución de grandes dispositivos mecánicos, los sistemas de amortiguadores han cobrado importancia en el mundo estructural. Comúnmente se escuchan a personas

referirse a los “gatos hidráulicos” como si fueran amortiguadores. Este mito de la ingeniería proviene del uso de los “pilotes de control” que ajustan el hundimiento de los edificios, al hundimiento regional del suelo, cuando estos se desplantan en la capa dura.

Un ejemplo de una construcción con amortiguadores es la Torre Mayor de Reforma en la Ciudad de México. Al respecto se puede comentar su historia:

El proyecto estructural de la torre fue hecho por un despacho extranjero. Esta situación generó la necesidad de revisar que el diseño cumpliera con las especificaciones de las normas mexicanas de estructuras. Un problema muy severo fueron las deformaciones que presentaba el edificio ante carga sísmica. Fue entonces que el Ing. Martínez Romero hizo una brillante aportación de colocar amortiguadores en la estructura limitando dichos desplazamientos.

### 1.3.3 Concepto de rigidez lateral

La rigidez de un elemento se define según Tena (2007) como “la fuerza necesaria para producir un desplazamiento unitario”. A mayor rigidez, para deformar el elemento, se requerirán mayores valores de fuerzas actuantes. De aquí que se necesite diseñar una sección transversal más resistente.

La rigidez lateral ( $k$ ) se puede calcular por su condición de empotramiento, su sección transversal ( $I$ ), su longitud ( $L$ ) y el módulo de elasticidad ( $E$ ) del material que está hecho. La longitud al cubo interviene en detrimento de la rigidez. Para mayor profundidad de este tema, se remite a libros de análisis estructural.

En este subtítulo, se presentan algunos ejemplos de cómo un cambio en la rigidez lateral genera solicitaciones de fuerzas mayores en los elementos. Se recomienda que cualquier configuración estructural se analice con programas adecuados, y se diseñen los elementos adecuadamente para evitar fallas no esperadas.

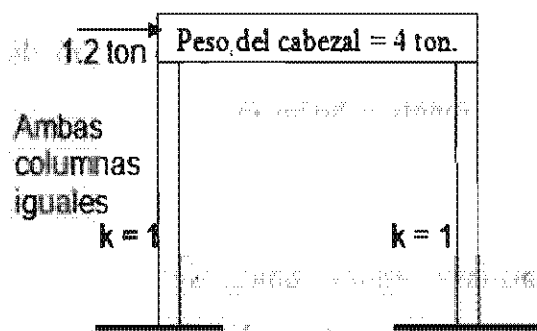


Figura 1.3.3.1 Ejemplo 1 de rigidez lateral

En el primer ejemplo de la Figura 1.3.3.1 se muestra un ejemplo de un marco formado por dos columnas, unidas en sus puntos más altos por un larguero o travesaño rígido y pesado, en comparación con las columnas. Ambas columnas tienen 20 cm de diámetro.

Es importante señalar que ambas columnas son del mismo material y la misma longitud. Se muestra la aplicación de una fuerza sísmica del 30% del peso del cabezal aplicada al marco. Debido a que la fuerza sísmica se aplica de izquierda a derecha y de derecha a izquierda, la envolvente de elementos mecánicos de diseño es la misma para ambas columnas. El marco deberá diseñarse en una condición de igualdad para ambas columnas.

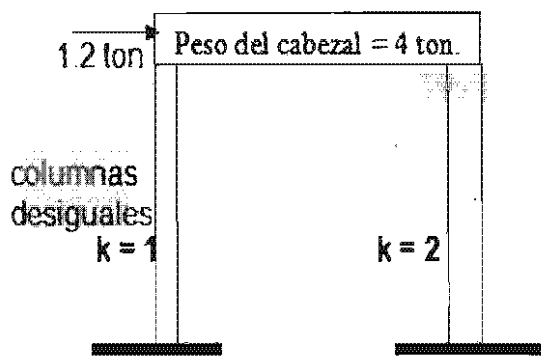


Figura 1.3.3.2 Ejemplo 2 de rigidez lateral

Para el ejemplo 2, las envolventes de los elementos mecánicos de cada columna no serán iguales. Al ser la columna de la derecha dos veces más rígida, se puede estimar que esta columna tomará prácticamente el doble de los elementos mecánicos que la columna de la izquierda. Esta situación hace que la columna de la izquierda requiera diseñarse para el doble de solicitaciones.

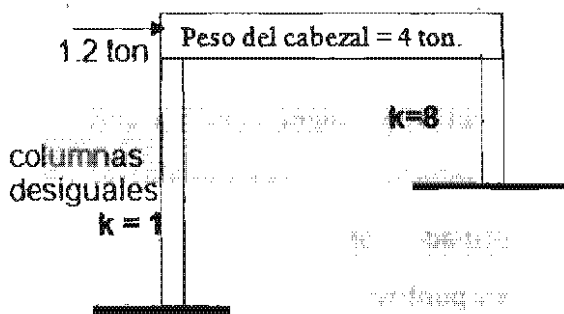


Figura 1.3.3.3 Ejemplo 3 de rigidez lateral

Este último ejemplo es muy común. Por situaciones arquitectónicas se reducen las longitudes de las columnas, pero se debe tener en cuenta que la rigidez lateral aumenta tremendamente, y que si no son diseñadas de acuerdo a sus solicitaciones reales, lo más posible es que se vean en problemas ante un sismo.

Ahora, en un segundo ejemplo se determinará la situación en la que una de las dos columnas cambia su diámetro a tan sólo 23.8 cm. Con esta premisa, la rigidez de la columna es ya del doble. Las condiciones de carga serán iguales al ejemplo anterior.

Como un tercer ejemplo, se muestra la situación donde una columna disminuye a la mitad de la longitud. Resulta sorprendente que la rigidez aumente ocho veces.

Una situación de la vida real que ilustra el ejemplo 3 se muestra en la Figura I.3.3.4, en la cual aparecen columnas aparentemente iguales, pero unas de ellas están alternadas con muros a media altura. Dichas columnas cortas deben ser diseñadas de manera distinta al resto de las columnas. Este error es típico de un mal modelado de la estructura, cuando se suponen los muros totalmente independientes y desligados de los marcos.

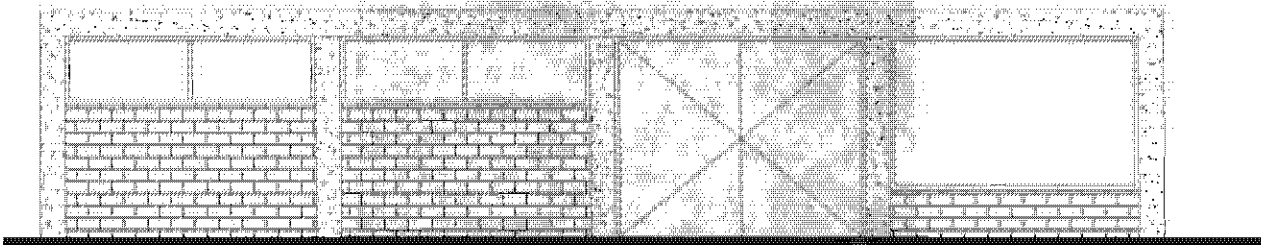


Figura I.3.3.4 Ilustración de una variante del ejemplo 3

Es importante señalar en este tema que la Normatividad establece en GDF (2004) algunas limitantes a la longitud considerada en planta de los muros, para el cálculo de su rigidez. Un muro largo se debe considerar formado por varios tableros cortos.

En la Figura I.3.3.5 se ilustra una falla por rigidez lateral en un muro de fachada. Es importante señalar como el mismo fenómeno aplica tanto a muros como a columnas.

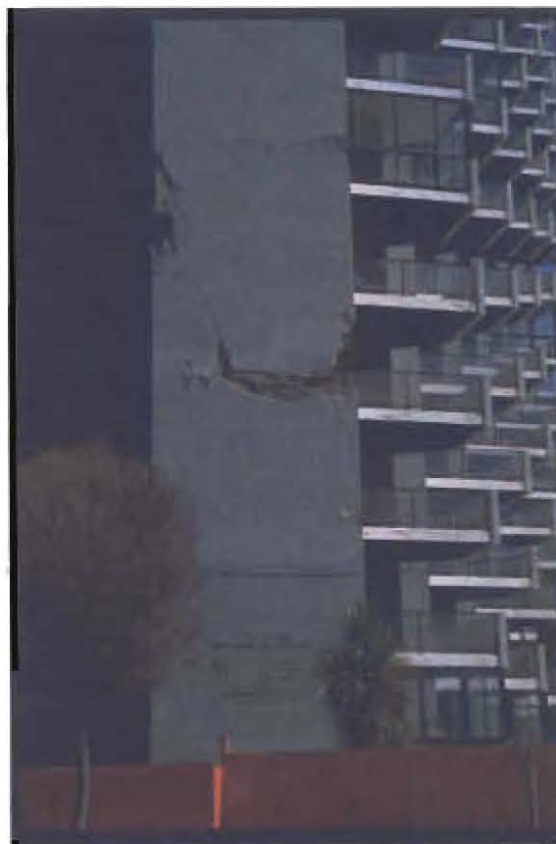


Figura I.3.3.5 Fotografía de una falla por rigidez lateral<sup>3</sup>

Con respecto a la figura anterior, se debe hacer notar el sistema de balcones que hay a diferentes distancias. Estos palcos delatan la existencia de muros más largos en planta, detrás de ellos. De tal forma que el muro que ha fallado, puede ser el más corto en planta de todo el edificio. Los muros más largos en planta, tienen mayor rigidez que el muro que se muestra en la figura.

Es evidente que el muro más pequeño tomó gran cantidad de cortantes sísmicos debido a su rigidez. Sin embargo, las rupturas y grietas que se aprecian a simple vista hacen notoria la falta de resistencia del muro para las sollicitaciones a las que se vio expuesto. Estructuralmente, este muro debería haberse construido con concretos de mayor  $f'c$ , y una mayor cantidad de acero de refuerzo, para conservar sus dimensiones originales.

<sup>3</sup> <http://foros.construaprende.com/muros-de-hormigon-comportamiento-analisis-y-diseno-vt1139-20.html> visitada el 17 de noviembre de 2008

Otra variante del problema de rigidez lateral se presenta en estructuraciones con cambios bruscos de rigidez en elevación. Según Arnold y Reitherman (1987), al presentarse esta situación, los pisos superiores vibran muy distinto a los pisos inferiores. Esto genera acumulación de esfuerzos en varios elementos cercanos al cambio de rigidez, los cuáles se pueden calcular, pero resulta más costosa su realización y aumentan su probabilidad de falla. Se sugiere independizar ambos cuerpos o buscar "acartelonar" las fachadas (ver Figura I.3.3.6), en lugar de que los cambios de rigidez aparezcan de forma escalonada.

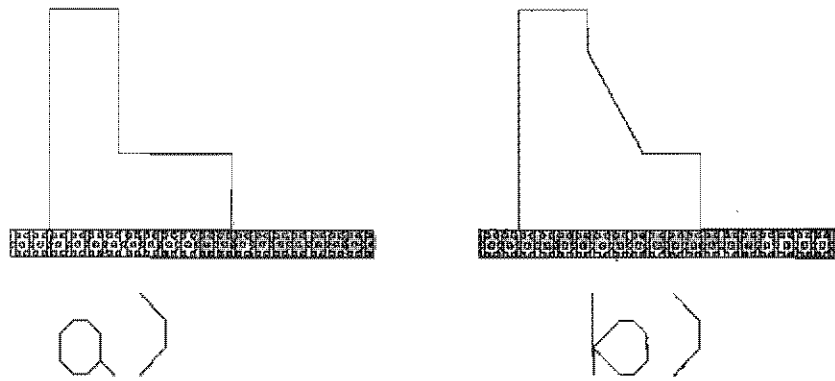


Figura I.3.3.6 Configuración sísmica a) escalonada b) acartelonada

Una variante de este tipo de configuraciones sísmicas se muestra en la Figura I.3.3.7. Cuando los muros son discontinuos, lo mejor que se puede hacer es evitarlos, ya que la rigidez va aumentando potencialmente en relación con las columnas que están soportando a la estructura. Las fallas inestables son típicas en este tipo de estructuras. Se recomienda usar muros TOTALMENTE desligados de la estructura o columnas con mayor rigidez en pisos inferiores.

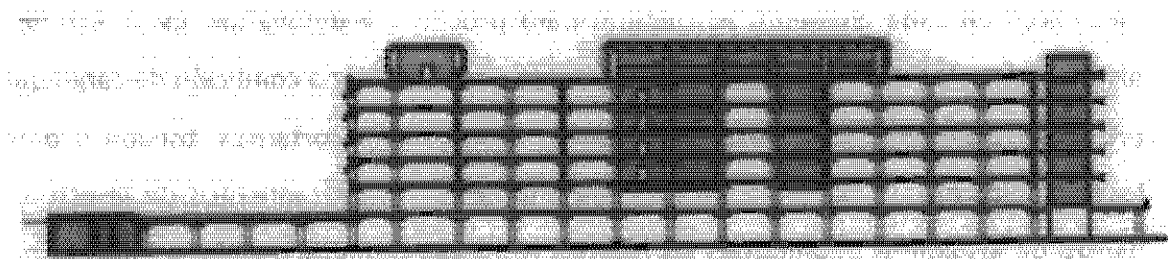


Figura I.3.3.7 Ejemplo de cambios de rigidez en la elevación

#### I.3.4 Movimiento del terreno y fuerzas equivalentes de diseño

Contrario a la idealización vista en I.3.1 del poste con una única fuerza que lo hace oscilar, la estructura puede estar a punto de iniciar su primera oscilación cuando aparece una nueva fuerza que la empuja en el sentido del movimiento que está por iniciar. La descripción anterior corresponde al fenómeno de resonancia anteriormente descrito. El resultado de dichos movimientos será un aumento en el recorrido de la esfera, lo que logrará doblar cada vez más al poste.

Por lo tanto, la resonancia puede ocurrir momentáneamente de manera aleatoria e independiente. Dicha situación hace prácticamente imposible poder hacer equivalente el efecto sísmico con una fuerza estática de diseño. Esta situación ha generado que el mejor diseño estructural, se logre aplicando un acelerograma de un sismo a un programa de computadora para conocer las sollicitaciones más probables.

El método anteriormente descrito se denomina método paso a paso. Para su uso, se emplea un acelerograma que resume la historia completa del movimiento del terreno en el tiempo. Con esto se calcula a cada instante la posición de la esfera. Naturalmente, se requieren conocer todas las propiedades mecánicas del poste para idealizar su comportamiento. Entre más acelerogramas le apliquemos a la estructura, mayores condiciones críticas de carga se registrarán.

Una vez aplicado este criterio, se pueden obtener las envolventes de elementos mecánicos en cada elemento estructural para proceder a detallarlos. Esto se refiere a diseñar cada elemento estructural por separado para la máxima condición de carga que se presente respecto a: carga axial, momentos flexionantes, cortantes, torsión y pandeo local. Finalmente, la comparación de cada uno de los desplazamientos de la estructura dentro de los límites que marcan las normas técnicas permitiría decidir si cada elemento está en condiciones de ser así construido.



Este simple proceso no es sencillo, muchas veces es iterativo, y se corrigen las distintas propiedades de cada elemento estructural poco a poco, hasta que se satisfacen todos los criterios que marcan las normas. Cada elemento debe cambiar su longitud, su sección transversal o su refuerzo para finalmente cumplir todos los requisitos. Muchas ocasiones es mejor cambiar la posición de los elementos estructurales o agregar más, que buscar diseñar secciones transversales gigantes.

Es importante aquí aclarar que Newmark y Rosenblueth (1976) especifican que “no hay cálculo estructural posible para una estructura en resonancia”. La razón es muy sencilla, las fuerzas equivalentes de diseño son cada vez más grandes, hasta llegar a igualar la aceleración gravitacional. Esta situación implica que por fracciones de segundo, un edificio se encontrara empotrado en una pared. La figura I.3.4.1 ilustra esta situación.

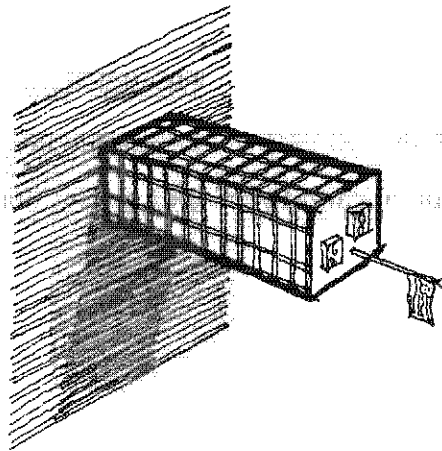


Figura I.3.4.1 Equivalente físico de una estructura sometida a una aceleración de 1.0 g tomado de Arnold y Reitherman (1987)

Es importante hacer la aclaración que los movimientos sísmicos nunca son en línea recta, tal como aquí se ha venido presentando. En un sismo real, el terreno se mueve de manera caótica, cambiando de velocidad y dirección a cada instante en las tres direcciones espaciales (X, Y y Z). Las investigaciones actuales siguen aportando datos, al grado que ya se tiene para cada una de las tres direcciones espaciales patrones de movimiento con periodos dominantes sobre cada eje.

En la Figura I.3.4.2 se muestra la fotografía de un modelo de alambre que representa el movimiento real del suelo durante un ligero sismo. Es muy importante señalar que dicho movimiento está ampliado 12.5 veces del movimiento real registrado para hacerlo observable a simple vista.

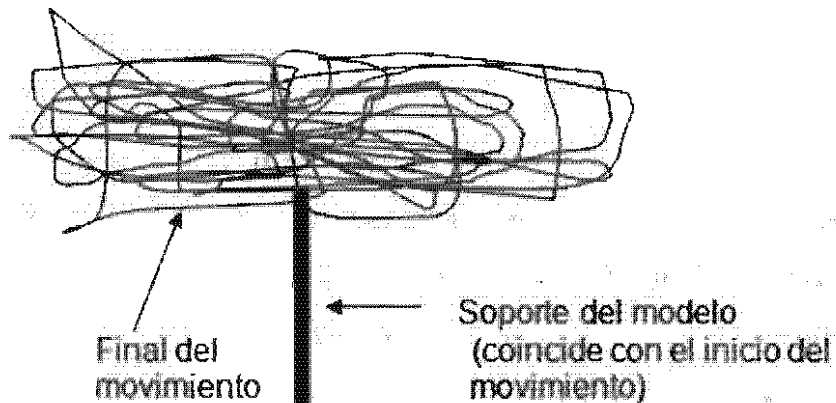


Figura I.3.4.2 Modelo de un movimiento real del suelo tomado de Arnold y Reitherman (1987)

Cabe aclarar que los movimientos horizontales del terreno son los que dañan a los edificios. La componente vertical es casi siempre pequeña, y además las construcciones generalmente soportan mejor las cargas verticales que las horizontales.

### I.3.5 Concepto de torsión

La torsión aparece en una estructura cuando las fuerzas externas aplicadas generan giros sobre su centro de masa. El efecto observable consiste en que el cuerpo al que se le aplican las fuerzas, no sólo se desplaza en dirección de la fuerza, sino que también se ladea y rota sobre su eje. Un efecto en las estructuras del movimiento de torsión se muestra en la Figura I.3.5.1.

Las razones para que una fuerza genere un giro puede ser: distribución no uniforme de masas, asimetría de rigideces o aplicación de la carga de forma excéntrica. Es prácticamente imposible que una estructura se encuentre libre de torsión. Para evitar la torsión, el centro de rigideces debe coincidir con el centro de gravedad. Las tres razones se explican a continuación.



Figura I.3.5.1 Causas del movimiento de torsión en una estructura<sup>4</sup>

1. Distribución no uniforme de masas.- Cuando una losa no tiene carga uniforme, y concentra grandes cantidades de carga en ciertos lugares. Por ejemplo se tiene un almacén de papel en una esquina de un piso de oficinas. Esto modifica el centro de masas de una losa.

<sup>4</sup> [http://antonio-magallon.20fr.com/images/estribos\\_2.jpg](http://antonio-magallon.20fr.com/images/estribos_2.jpg) visitada el 17 de noviembre de 2008.

2. Asimetría de rigideces.- Se puede citar como ejemplo una planta estructurada por columnas, pero una colindancia hay un muro que aporta más rigidez que el sistema de columnas. Esto modifica el centro de rigideces de un piso.
3. Carga excéntrica.- Cuando una fuerza incide fuera del centro de masa, la tendencia de cualquier objeto es girar sobre su eje. En general, todas las torsiones se deben a que el centro de masa y el centro de torsión no coinciden.

El mejor consejo del M. en C. Enrique del Valle Calderón ante la torsión es evitarla. Con base en esto, la configuración de las losas debe ser lo más simétrica posible, así como la distribución de rigidez. De esta forma, la excentricidad será mínima. Si bien es cierto que la torsión es aceptable y manejable, en general se requiere de mayores resistencias en los elementos más rígidos para evitar sus catastróficos efectos.

La torsión es responsable de que las losas poco rígidas en su plano presenten alabeos. Este es uno de los inconvenientes de las losas aligeradas, las cuales aparte de presentar vibraciones, presentan claras deformaciones en sus losas al momento de un sismo. Dichas deformaciones requieren de una mayor resistencia de la losa para conservar igualmente rígido al diafragma. La mayoría de las veces, las losas delgadas o aligeradas ocasionan desplazamientos irregulares de las columnas al momento de un sismo.

En la Ciudad de México, acaba de haber un período de auge constructivo de edificaciones. ¿Cuántos edificios nos sorprendieron a diario por sus formas inusitadas? Grandes volados, vestíbulos a doble y triple altura, columnas de sección variable, fachadas curvas, etc. Técnicas actuales de construcción utilizan nuevamente el concepto de entrepisos planos aligerados y/o con escasas nervaduras. (incluso post-tensadas), concretos de altísima resistencia, bloques de mampostería con modo de falla frágil, etc. Adicionalmente, se debe hacer hincapié en que la supervisión en los refuerzos de la mampostería rara vez es la más conveniente.

Una mala combinación de estructuraciones y técnicas constructivas novedosas traídas de países de baja sismicidad, serán puestas a prueba en el próximo gran sismo. Aprovecho este espacio para narrar una enseñanza de mi servicio social en la Mesa Vibradora del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Después de ver varios modelos ensayándose en una plataforma con actuadores capaces de reproducir sismos, se pueden enlistar los siguientes efectos observables en una estructura durante los efectos de un terremoto.

1. Llegan las primeras ondas sísmicas bajo el edificio, (ondas P en una dirección definida). El edificio inicia un ligero vaivén, casi imperceptible. Las losas comienzan a transmitir las fuerzas sísmicas a los elementos más rígidos de los que se sujetan. Aquí comienzan a involucrar a los elementos verticales (muros y columnas) que **también están ya en movimiento.**
2. Los elementos verticales comienzan a transmitir las fuerzas a otros elementos verticales y horizontales de los pisos inferiores, lo cuales toman la mayor cantidad de fuerza en función de su rigidez.
3. Llegan las ondas S y se superponen a las P, desatando un confuso movimiento del terreno que la estructura debe absorber tal como le llega. Las rigideces falsas (muros no estructurales ligados por error a la estructura) que al inicio del sismo parecían confiables, empiezan a fallar o a desligarse.
4. Como consecuencia de la falla de las rigideces falsas, las losas "buscan" un nuevo elemento rígido, generalmente muros o marcos estructurales, que a su vez estaban ya esforzados recibiendo otras fuerzas provenientes de otras partes del edificio.

5: La aparición de las ondas de superficie dan al concierto la orquesta completa. Las losas construidas con falta evidente de rigidez en su plano, inician ligeros alabeos (como una alfombra arrugada) que complican aún más la distribución de cargas verticales y horizontales sobre la estructura.

6. Si el sismo fue de corta duración, inician afortunadamente en ese momento, los movimientos finales de disipación de energía y vuelta a la geometría y posición original de los elementos estructurales.

7. Si el sismo persiste, inician algunas partes de la estructura su incursión por arriba del rango elástico "teórico", donde solo los elementos verdaderamente bien detallados serán capaces de regresar a su estado original al cesar el sismo. La capacidad de carga de los muros y columnas va disminuyendo con la aparición de grietas. Los muros; losas y celosías que tengan piezas de modo de falla frágil comienzan a estallar.

8. El final es realmente impensable, de novela de terror. Elena Poniatowska, la célebre escritora, pretendió relatar en su libro "Nada, nadie", que sigue a partir de este punto.

### I.3.5 Ductilidad y fragilidad

Ambas propiedades (inversas una de la otra) dan nombre a dos modos de falla que pueden tener los materiales que forman las estructuras. Debido a que son los materiales los que fallan de una u otra manera, las estructuras y sus elementos también presentan estas características.

La ductilidad es la propiedad de un material o una estructura de presentar deformaciones apreciables antes de llegar a su falla. Un ejemplo típico de material dúctil es el acero. El acero tiene un rango elástico, en el que cuando se retira la carga aplicada, se recupera la forma original del objeto. En la Figura I.3.6.1 se muestra un ejemplo de una viga subreforzada, que antes de fallar, las grietas en su parte inferior pronosticaron el cercano colapso del elemento.



Figura I.3.6.1 Viga subreforzada fallada<sup>5</sup>

En todos los materiales afortunadamente, el límite elástico no es preciso. Existen variaciones, en algunos casos muy fuertes, que permiten al material regresar a sus dimensiones originales, aun habiendo excedido el "límite elástico teórico".

<sup>5</sup> <http://www.ingenieria.unam.mx/~deptoestructuras/labmateriales/flexionycortantematil.htm> visitada el 17 de noviembre de 2008

El comportamiento instrumentado de edificios bajo diferentes sismos ha sido estudiado profundamente. Con ayuda de estos registros y de programas de cómputo, se ha llegado a encontrar una buena explicación al porque algunas estructuras, soportaron fuerzas laterales superiores a las de su diseño sísmico original. Se comprobó que es porque lograron incursionar algunas de sus partes con éxito, por encima de lo que sería teóricamente su rango elástico. Esto es, tomaron fuerzas por arriba de su comportamiento elástico teórico y volvieron a sus dimensiones y posición originales.

En el laboratorio, bajo carga controlada, se ha podido medir, con ayuda de transductores de desplazamiento, que una columna con refuerzo suficiente, logra desplazamientos 3 o 4 veces mayores a los que predice la teoría elástica. Por lo cual, logra regresar a su posición inicial una vez retirada la carga horizontal en su cabezal.

La razón es la siguiente: a medida que la columna presentaba una mejor cuantía, distribución, y anclaje de sus estribos y acero longitudinal, mejora notablemente su ductilidad. Una columna "bien" diseñada puede tener una ductilidad de 2, 3 ó 4 veces mayor que la equivalente a la deformación elástica teórica. Esto fue una gran noticia para el mundo estructural. Una estructura bien diseñada, detallada y construida es capaz de soportar cargas dos o tres o cuatro veces mayores a las que originalmente se les asignaban dentro de su rango elástico, y regresar a su geometría y posiciones originales.

Cuando esto ocurre, los reglamentos incluyen una reducción de fuerzas de diseño sísmicas por ductilidad de la estructura llamado "Factor de comportamiento sísmico". Pero hacen hincapié en que si bien las fuerzas pueden considerarse menores para diseño, las deformaciones resultantes del análisis, deben multiplicarse por ese mismo factor pero para aumentarlas. Sin embargo, para lograr estas reducciones, se debe cumplir con toda la serie de severos requisitos que impone el reglamento de construcciones.



La fragilidad es característica de los materiales que antes de fallar presentan pequeñas deformaciones, y en su momento de ruptura, esta es explosiva y súbita. El vidrio es el



mejor ejemplo de un material con falla frágil. Hay que recordar que también los tabiques extruidos, prensados y el concreto presentan fallas de este tipo. En la Figura I.3.6.2 se muestra la falla de una viga sobrerreforzada, cuyas deformaciones fueron mínimas antes de que el concreto fallara explosivamente.

Figura I.3.6.2 Ejemplo de una viga con falla frágil<sup>6</sup>

Es muy cierta la resistencia de los elementos con falla frágil. Sin embargo, hay que tener siempre presente, que la supervisión para colocar el refuerzo dentro del cuerpo del elemento debe ser muy escrupulosa. Edificios de cuatro y cinco niveles, construidos con material tabique extruido y/o prensado requieren un cuidado especial, para que su comportamiento sísmico esté claramente definido.

Un punto débil del edificio, resultado de una mala estructuración, una omisión en el cálculo de deformaciones, o una escasa supervisión, resultará en una falla frágil de consecuencias impredecibles. El modo de falla de estos muros es por explosión.

Aún los muros considerados como no estructurales, mochetas y muros cortos, deben recibir un tratamiento especial por parte del constructor para no propiciar su liga a la estructura. En estos casos, las mochetas debido a su gran rigidez "atraen" las fuerzas sísmicas, que no necesariamente fueron tomadas en cuenta en su diseño para resistirlas.

<sup>6</sup> [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092007000200013&script=scl\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092007000200013&script=scl_arttext) visitada el 17 de noviembre de 2008

Al deformarse la estructura principal "se agarra" de donde le sugieren que hay rigidez. En este caso, una rigidez ficticia que fallará de modo frágil. Los daños en los muros de relleno con modo de falla frágil, son muy aparatosos para los ocupantes de un inmueble.

## II. Conceptos relativos al uso del suelo en el Distrito Federal

**A** continuación, se resume el marco jurídico que le da sustento a la elaboración y vigilancia de los usos del suelo en el D.F. Se consultaron las publicaciones referentes a Planes de Desarrollo para tener un listado de las principales Leyes, Reglamentos y Artículos involucrados. Se hace referencia continua a todos los artículos donde se fundamenta la planeación urbana. Es muy importante conocer las bases legales del problema, para conocer el proceso que lleva finalmente a la aprobación de los Programas de Desarrollo.

Inmediatamente después, se presenta un resumen de los esquemas legales que permiten aprovechar el uso del suelo ya autorizado. Estos recursos legales fueron consultados en la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, y el Reglamento correspondiente. La finalidad de estos esquemas es la de cambiar la altura de una futura edificación, que puede representar un riesgo sísmico potencial si se deja de la altura que lo obliga la ley.

Para concluir, se muestra el camino de los recursos legales que se pueden anteponer para modificar los usos del suelo, y alejar la altura, de los proyectos de fuerte riesgo sísmico.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## II.1 Marco jurídico relacionado con el uso del suelo en el D.F.

### II.1.1 Fundamentación federal

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en sus artículos 115 y 122 especifica que: Los Municipios con base en las leyes federales y estatales relativas, estarán facultados para formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal. Siempre y cuando se acaten los lineamientos de otros artículos, leyes y reglamentos en materia de explotación del uso del suelo.

Es competencia del Jefe de Gobierno del DF promulgar, publicar y ejecutar las leyes de la Asamblea de Representantes del DF mediante la expedición de reglamentos, decretos y acuerdos. En el caso de los Planes de Desarrollo Delegacionales, son un Decreto fundamentado en Leyes Federales y Locales.

La Ley General de Asentamientos Urbanos en sus artículos 1ero, 3ero, 4to, 9eno, 12, 16, 28, 31, 32, 35, 37, 44, 45, 46, 47 menciona que: Se deben realizar los ordenamientos de asentamientos urbanos para mejorar el nivel de vida, el desarrollo y la calidad de vida de la población. Esta Ley fija las competencias y los criterios para definir los destinos de las áreas territoriales. Las atribuciones Estatales, Federales, Municipales y sociales para decidir sobre el uso del suelo se definen; así como la necesidad de crear organismos especializados para dichos fines.

Se establecen los lineamientos del Programa Nacional de Desarrollo Urbano en carácter de sectorial, y se obliga a acatar el Plan Nacional de Desarrollo. En esta ley, se definen los procedimientos para la formulación, modificación, evaluación y vigilancia de los Planes de Desarrollo Urbano Estatales y Municipales. Se definen los siguientes pasos para validarlos:

1. Difundir el inicio del proceso de planeación para sugerir las creaciones o modificaciones de los Planes

2. Definir un calendario y un plazo para oír planteamientos de los interesados
3. Fundamentar las respuestas a dichos planteamientos por autoridades competentes antes de la aprobación de los planes.
4. Publicar en el órgano de difusión local.

La Ley General de Asentamientos Urbanos marca el respeto por el uso de suelo ecológico, y pide acatar la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Se señala además que en zonas cercanas a otra entidad federativa, se deben hacer planes que no contradigan lo especificado por las demás entidades federativas.

Se hace hincapié en que los Planes Municipales deben señalar las acciones específicas para la conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población. Adicionalmente, se enlistan las disposiciones mínimas que se deben cumplir al respecto.

Se obliga a que los propietarios de inmuebles sólo usaran los predios de forma tal que no interfieran con el aprovechamiento previsto. Las reservas territoriales, las tenencias y los ejidos también se sujetarán a estos Programas. Se señala que el sector privado puede incorporarse a cumplir con los objetivos del Plan de Desarrollo siempre y cuando acate todos los lineamientos pertinentes.

La Ley de Planeación en sus artículos 1ero, 9eno, 12, 20 y 21 señala: Las bases, criterios y acciones para la participación de los órganos gubernamentales y sectores sociales en la elaboración de los Planes Nacionales de Desarrollo. Dichos criterios deben ser acatados por los poderes Estatales y Municipales.

La Ley de Planeación especifica la existencia del Sistema Nacional de Planeación Democrática. Los Planes promulgados por otras autoridades deben formar parte de dicho Sistema. La participación de diversos grupos sociales es fundamental para el Sistema Nacional de Planeación, y los planes que del Sistema emanen. La comunidad indígena debe escucharse cuando sus intereses se vean comprometidos.

### II.1.2 Fundamentación Local

La Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal en sus artículos 1ero, 3ero, 13, 14, 15, 16 y 20 señala: La organización y las facultades de los órganos que conforman la Administración Pública del Distrito Federal; así como la delimitación geográfica de la división territorial de las delegaciones del Distrito Federal. Esta ley hace énfasis en la promulgación, cumplimiento y divulgación de las Leyes emitidas por la Asamblea de Representantes. Es un documento fundamentado en el Estatuto de Gobierno del Distrito Federal.

La Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal especifica: Las bases, atribuciones, normas, elementos y principios básicos para determinar el ordenamiento territorial y la planeación urbana en el D.F. Es una Ley análoga a la Ley General de Asentamientos Urbanos, pero de ámbito local. Se hace referencia a: La Ley de Vivienda del Distrito Federal, Ley Ambiental del Distrito Federal Código Civil del Distrito Federal y a la Ley General de Asentamientos Urbanos.

Las disposiciones del Artículo 3ero. (Título I) de dicha Ley señala las disposiciones prioritarias del Desarrollo Urbano. Dichas disposiciones son piedra fundamental de los Planes de Desarrollo. Por otra parte, se remite al Título II de la norma para aclarar las competencias de todos los involucrados directos a nivel Distrito Federal (Asamblea de Representantes, Jefe de Gobierno, Jefes Delegacionales y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda) en la elaboración de estos Planes de Desarrollo.

Dicha Ley le da la rectoría de la planeación del desarrollo urbano y ordenamiento territorial a: el Programa General, los programas delegacionales y a los programas parciales. El contenido de cada uno de los programas anteriores, se encuentra especificado en los artículos 18, 19 y 20 del Título III. Más adelante se especifican todos los sujetos que serán observados para la aplicación de los programas.

El capítulo V del Título III señala el procedimiento detallado para el decreto de dichos programas. Se tiene paso a paso un resumen de los actos que se llevan a cabo antes de su publicación. Continuamente, esta Ley hace referencia a su respectivo Reglamento para establecer los usos del suelo y sus licencias. En el título VI se definen: los suelos urbanos, los suelos de conservación, las reservas territoriales, los usos del suelo autorizados, los usos de suelo prohibidos, restricciones, fusiones de predios, relotificaciones de terrenos, espacio aéreo, vía pública, patrimonio cultural urbano e infraestructura urbana.

La Ley describe los procesos para que una construcción sea autorizada, así como sus criterios generales a observar. La participación de la sociedad en general se señala en el Título VI. Posteriormente se habla de las medidas de seguridad y las sanciones aplicables a todos los involucrados. También se aluden otros asuntos que más adelante se abordan.



### II.1.3 Contenido de un Programa Delegacional de Desarrollo Urbano

Para resumir el contenido de un programa delegacional de desarrollo urbano, se consultó el Decreto que contiene el programa delegacional de desarrollo urbano para la delegación del distrito federal en Benito Juárez. Se muestra a continuación el índice del programa acompañado de un breve resumen que detalla el contenido de cada punto. Es importante señalar que esta estructura no es única para todos los planes delegacionales, y que puede tener cambios de un plan a otro. Sin embargo, los puntos más importantes se conservan.

## I. FUNDAMENTACIÓN Y MOTIVACIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Motivación.- Los constantes cambios sociales son la justificación fundamental para llevar a cabo una revisión de los programas. Se delimitan los objetivos y alcances de este documento.

1.1.2 Fundamentación.- Se mencionan todos los artículos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y de las diferentes Leyes federales y locales que justifican la realización del documento. La finalidad es adaptar el desarrollo a las necesidades actuales.

1.1.3 Proceso de Consulta Pública.- Se especifican las fechas y los lugares donde se convocaron a los ciudadanos para su participación. Adicionalmente, se detalla el número de audiencias y sectores atendidos en dicha consulta. Se hace referencia a la SEDUVI para cualquier aclaración de cada consulta individual.

1.1.4 Situación Geográfica.- Se delimita geográficamente con coordenadas y descripciones la demarcación delegacional. Se nombran todas las colonias que pertenecen a ella. Adicionalmente, se presenta una descripción la geología, edafología, clima, hidrología y antecedentes históricos presentes en la delegación. **Es importante señalar que no se mencionan los riesgos sísmicos.**

## 1.2 DIAGNÓSTICO

1.2.1 Relación con la Ciudad y Zona Metropolitana.- Menciona las características limítrofes de la delegación, así como los principales corredores que tiene.

1.2.2 Aspectos Demográficos y Socioeconómicos.- Se hacen comparativos de crecimiento demográfico de la delegación contra el Distrito Federal. Se emplean varios tipos de gráficos e información histórica que la fundamenta. Se plantea un perfil estadístico general de la población que vive en la Delegación. Los aspectos que se evalúan son: solvencia económica, edad, ocupación, situación social, etc.

1.2.3 Usos del Suelo.- Se muestra una descripción de las zonas y corredores teniendo en cuenta sus principales usos de suelo. Se mencionan las instalaciones y edificios principales. Adicionalmente, se hace una revisión porcentual de la dosificación de los uso de suelo.

1.2.4 Vialidad y Transporte.- Se hace un análisis de las vialidades primarias y secundarias, así como de los cruces conflictivos entre ellos. Del transporte destacan las estadísticas de uso del automóvil, así como la descripción del transporte público que hay en la delegación: Metro, RTP, Trolebuses, Centros de Transferencia Modal. Se enlistan los estacionamientos disponibles y se da una conclusión general del estado de las cosas.

1.2.5 Infraestructura, Equipamiento y Servicios.- Se muestran estadísticas y descripciones de la infraestructura existente: agua potable, drenaje, energía eléctrica, instalaciones educativas, deportivas, clínicas, hospitales, comercio, cultura, recreación, administración pública, estaciones de policía, cementerios, comunicaciones, estaciones de transferencia, bomberos y servicios diversos. Se muestran también estadísticas de las denuncias hechas ante problemas en la demarcación.

1.2.6 Vivienda.- Se muestra un resumen de la política actual de vivienda respecto a esa delegación. Se habla de sus corredores y colonias en donde se densificará la

vivienda. Ahí se remiten a las justificaciones técnicas, sociales y políticas necesarias de los planes que la motivan.

1.2.7 Asentamientos Irregulares.- Se mencionan los principales problemas de irregularidades que hay al respecto.

1.2.8 Reserva Territorial.- Se hace un recuento de los lotes baldíos que hay en cada colonia en número, superficie y porcentaje del territorio.

1.2.9 Conservación Patrimonial.- Se describen y delimitan los predios con construcciones históricas. Dichas zonas tienen cláusulas de entorno urbanístico para las construcciones que las rodean.

1.2.10 Paisaje Urbano.- Habla de la forma en que se ha deteriorado el paisaje con el exceso de anuncios comerciales, las demoliciones de las construcciones típicas anteriores, comercio informal, falta de mantenimiento, saturación de vialidades, etc.

1.2.11 Medio Ambiente.- Se presenta un resumen de los principales emisores y contaminantes de la atmósfera, el ruido, el agua, los desechos sólidos y áreas verdes.

1.2.12 Riesgos y Vulnerabilidad.- Se presenta un resumen de: riesgos geológicos, volcánicos, riesgos de origen químico, existencia de gasolineras, listado de inundaciones comunes en diferentes calles, sitios de grandes concentraciones de gente, sitios de riesgo ecológico-sanitario y riesgo sísmico. **Del riesgo sísmico únicamente menciona la necesidad de revisar las estructuras construidas antes de 1986. En algunos casos asocia mayor riesgo sísmico a las construcciones cimentadas en suelo lacustre.**

1.3 PRONÓSTICO.- Se analiza el crecimiento poblacional de la Delegación respecto al del Distrito Federal. Aquí se señala si la tendencia de la delegación es de sustituir vivienda por oficinas. Se menciona la tendencia de cada uno de los puntos mencionados anteriormente en 1.2 Diagnóstico.

1.4 DISPOSICIONES DEL PROGRAMA GENERAL DE DESARROLLO URBANO Y OTROS INSTRUMENTOS NORMATIVOS Y OPERATIVOS QUE INCIDEN EN LA DELEGACIÓN.-

Resume los aspectos fundamentales de los Programas más influyentes como: El Programa General de Desarrollo Urbano, Programa de Protección Civil, Programa de Desarrollo Económico, Programa de Transporte y Vialidad, y de los Programas de Infraestructura que inciden en la elaboración del programa delegacional. Se muestra un pronóstico poblacional y de demanda de servicios ante las políticas de dichos programas.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA REVISIÓN, MODIFICACIÓN Y ACTUALIZACIÓN AL PROGRAMA DELEGACIONAL DE DESARROLLO URBANO 1997.- Se mencionan obligaciones jurídicas de actualizar los planes, las leyes modificadas recientemente, así como las situaciones políticas y económicas que han acontecido, y urgen a modificar los planes.

II. IMAGEN OBJETIVO.- Con base en el punto 1.3, se dictan los objetivos que se persiguen. Se mencionan los escenarios delegacionales adversos que se pretenden mitigar, así como las situaciones que se desean fomentar. Se mencionan los reordenamientos, optimizaciones e integraciones urbanas que se persiguen.

III. ESTRATEGIA DE DESARROLLO URBANO.- Las políticas mencionadas en el punto 1.4 se concretan en objetivos generales, objetivos particulares y acciones a tomar. En estos objetivos, se concretan los lineamientos necesarios para llegar a la imagen objetivo del punto II.

IV. ORDENAMIENTO TERRITORIAL

4.1 ESTRUCTURA URBANA.- Se definen y localizan los distintos elementos que componen el panorama urbano dentro de la delegación. Dichos elementos son: Zonas

Habitacionales, Corredores Urbanos, Nodos Estratégicos, Centros de Barrio, Áreas de Equipamiento Metropolitano y Zonas Patrimoniales.

4.2 DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE ACTUACIÓN.- Se mencionan las zonas en donde se deben realizar acciones para: corregir la situación actual, desarrollar la productividad, conservar el patrimonio, o mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

4.3 ZONIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE USOS DEL SUELO.- Se muestra la distribución porcentual de los distintos usos de suelo.

4.3.1 Suelo Urbano.- Se definen de manera clara y precisa los diferentes usos del suelo habitacional, comercial, mixto, oficinas, centro de barrio, equipamiento urbano, etc. Se especifican los usos autorizados para cada uno. Aquí se señala el número de niveles y el porcentaje de área libre que se debe dejar en cada terreno. Adicionalmente, se presentan los cambios en los usos del suelo para distintas colonias. Se remite a los Programas Parciales en casos especiales.

4.3.2 Suelo Rural.- En su caso, se definen y especifican los usos de suelo autorizados para este tipo de terrenos.

4.4 NORMAS DE ORDENACIÓN.- Se especifican y/o remiten a las normas correspondientes en casos especiales debidamente clasificados.

4.4.1 Normas de Ordenación que aplican en Áreas de Actuación.- Para cada una de las áreas de actuación señaladas en 4.2 se especifican las acciones a llevar a cabo.

4.4.2 Normas Generales de Ordenación.- Se presenta un listado de normas aplicables a todas las construcciones. Estas normas afectan al proyecto que se va a construir en términos de: Áreas construibles, alturas, colindancias, fusiones de predios, pendientes, número de viviendas permitidas, transferencia de potencialidades de desarrollo, usos de suelo interiores, estacionamientos, captación de aguas pluviales, ampliaciones, impacto urbano, zonas de riesgo, etc.

4.4.3 Normas de Ordenación Particulares.- Se mencionan algunos casos particulares de uso de suelo que se tiene especial interés en que sean desarrollados. Los estímulos, facilidades y restricciones de cada caso se señalan con detalle suficiente. Entre estos casos se encuentran: los estacionamientos públicos, mejoramiento de áreas verdes, producción social de vivienda en distintos lugares, escuelas particulares, regulaciones específicas y ordenaciones especiales sobre algunas vialidades.

4.5 PROGRAMAS PARCIALES DE DESARROLLO URBANO.- Se declaran ratificados los planes parciales de desarrollo que se encuentran vigentes dentro de la demarcación territorial. En caso de tener notas adicionales o correcciones a estos planes, se señalan también en este espacio.

V. ESTRUCTURA VIAL.- Se mencionan las principales arterias viales y los puntos conflictivos de las mismas. Se señalan las acciones locales a realizar para mejorar la circulación vial implementando: estacionamientos, transporte público, áreas de transferencia, limitaciones de vía pública, etc.

## VI. ACCIONES ESTRATÉGICAS E INSTRUMENTOS DE EJECUCIÓN

6.1 ACCIONES.- Se define el corto, mediano y largo plazo de las acciones en años. Dichas acciones son para alcanzar la Imagen Objetivo y las Estrategias Planteadas.

6.1.1 Socioeconómicas.- Se hace un listado con el nombre de los programas a ejecutar, y el plazo en el que se llevarán a cabo en el ámbito social y económico.

6.1.2 De Estrategia Territorial.- Se enlistan los programas a ejecutar y el plazo en el que se llevarán a cabo en los ámbitos de: Estructura urbana, Vialidad y transporte, Equipamiento urbano, Infraestructura, Medio ambiente y paisaje urbano y Administración urbana.

6.2. INSTRUMENTOS.- Se refiere a los instrumentos jurídicos que permiten llevar a cabo lo planteado en el punto 6.1.

6.2.1 De Planeación.- Se mencionan las leyes y planes que la Delegación considera necesarios. Destaca la Ley de Desarrollo Urbano y el Programa General de Desarrollo Urbano.

6.2.2 De Regulación.- Se describen los alcances de los programas para las zonificaciones y zonas patrimoniales.

6.2.3 De Fomento.- Se dictan las acciones a realizar para que los particulares apoyen el cumplimiento de los programas a través de estímulos fiscales, programas y agencias de apoyo.

6.2.4 De Control y Vigilancia.- Se menciona el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal para regular las construcciones. También se señala al Dictamen de Impacto Urbano Ambiental y a la normatividad en torno a la publicidad.

6.2.5 De Coordinación.- Se menciona la necesidad de la participación ciudadana y de un enlace con los poderes locales y federales a través de órganos oficiales.

VII. LINEAMIENTOS EN MATERIA DE ORDENAMIENTO DEL PAISAJE URBANO.- Se mencionan las leyes que regulan los anuncios y el mobiliario urbano. Se remite para mayor información a: La Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, el Reglamento de Mobiliario para el Distrito Federal, el Reglamento para el Ordenamiento del Paisaje Urbano y el Reglamento para Anuncios del Distrito Federal. Adicionalmente se hace referencia a las guías, reglas y procedimientos que dicte la SEDUVI.

VIII. INFORMACIÓN GRÁFICA.- Se presentan mapas de: Diagnóstico integrado, estructura urbana, áreas de actuación, zonificación y normas de ordenación y cada uno de los programas parciales que existen en la delegación.

IX. ANEXOS.- Se complementan algunos listados o tablas como pueden ser inmuebles catalogados como históricos o artísticos.

#### II.1.4 Contenido de un Programa Parcial de Desarrollo Urbano

Se consultó el Diario Oficial de la Federación del 15 de enero de 1992, en el cual se tiene el Programa Parcial de Polanco, para presentar a continuación un resumen de la estructura de un programa parcial.

##### Fundamentación.-

Un Acuerdo que aprueba la Normatividad para el Programa de Mejoramiento y Rescate de una Zona Especial de Desarrollo Controlado, se fundamenta con lo dispuesto en varios artículos de las Leyes mencionadas en subtítulo II.1.1. En el primer párrafo se especifican los números de artículos, la fracción y el nombre de la Ley a la cual pertenece cada uno.

##### Considerandos.-

El Acuerdo del Programa Parcial considera que el Ordenamiento de Desarrollo Urbano es un imperativo a resolver para la sociedad actual y las generaciones futuras. Se especifican las facultades del Jefe de Gobierno del Distrito Federal para coordinar los acuerdos de uso de suelo. Se menciona la facultad del Gobierno del Distrito Federal de declarar zonas bajo características especiales de desarrollo, además de la necesidad de tener un programa de este tipo según la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal. Se señalan las consideraciones hechas a Planes anteriores y a Planes Regionales de Desarrollo.

En dicho Acuerdo se declara a la zona (en este caso Polanco) como una Zona Especial de Desarrollo Controlado (ZEDEC) debido a que cuenta con todos los servicios urbanos necesarios. Además que en las ZEDEC se desarrollarán actividades profesionales, financieras, técnicas, administrativas, turísticas y culturales. Otros elementos importantes mencionados en los considerandos son: las consultas ciudadanas que se llevarán a cabo



para modificar el Plan de Desarrollo, y los objetivos del acuerdo para establecer un marco normativo al respecto de la ZEDEC.

Acuerdo.-

Se describe y delimita geográficamente a la zona en la cual actuará el Plan Parcial. En el segundo punto del acuerdo se señala el objetivo del mismo como una necesidad de plantear las bases generales para la aplicación de la zonificación. Se especifican los trámites necesarios para hacer efectivos los usos de suelo. También se señalan las políticas en torno a: la transferencia de potencialidad, la transferencia de usos de suelo al fusionar predios, y el incremento del número de viviendas e intensidades de construcción.

Se marcan las necesidades de estacionamiento en superficie para cada uso del suelo dentro del propio predio. También se especifican: la superficie mínima sin indivisos de las viviendas, las restricciones al uso del suelo después de demoler una obra, y las restricciones de construcción especiales para cada zona en términos de áreas libres de construcción y las ubicaciones de éstas.

Para el caso de bares y restaurantes se mencionan las restricciones pertinentes. Adicionalmente, se señalan los trámites especiales para hacer válidos los usos del suelo en la zona. Respecto a los usos de suelo no contemplados en el Plan, se enlistan los criterios generales para su aclaración en las ventanillas especiales de trámites. Las atribuciones de la Delegación y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del DF se delimitan al respecto.

En varios párrafos del acuerdo, se remite al plano vigente publicado para consultar el uso del suelo particulares de cada predio. Al final del acuerdo se marca la necesidad de regularizar los casos que se encuentren fuera de este acuerdo, así como los trámites necesarios a llevar a cabo para efectuar la regularización.

Transitorios.-

Se especifica cuando entra en vigor el programa, así como su duración, situación de los trámites hechos con anterioridad a dicho acuerdo, y algunas instrucciones particulares para efectos legales.

## 11.2 Esquemas legales para aprovechar el uso del suelo autorizado

Este subtítulo presenta los recursos legales que se pueden emplear con el fin de modificar la altura de un proyecto de edificación, sin alterar el uso de suelo. Estas herramientas son muy útiles para un profesionalista del diseño o construcción, que se percata de una alta posibilidad de resonancia en una estructura a punto de construirse. Dicha estructura tiene una determinada altura autorizada por el uso del suelo.

Opción 1 Construir menos niveles: Si bien esta opción es la que a todos se les ocurriría, es obvio que el rendimiento del proyecto como negocio sería mucho menor. La mayoría de los constructores urbanos, son empresarios que arriesgan su dinero a cambio de obtener mayores beneficios. Es natural que el precio de un terreno esté en función del uso del suelo permitido. Por lo tanto, al desaprovechar el potencial de densificación de un predio, se estaría pagando por un beneficio del terreno que no se estaría aprovechando. Esto generaría un mayor costo del proyecto, un mayor riesgo de inversión, y una menor utilidad posible. Los empresarios no estarían dispuestos a tomar esta medida en la gran mayoría de los casos.

Opción 2 Aplicación de la Norma General de Ordenación No. 26: Esta norma se elaboró en el año 2000, con el fin de fomentar la construcción de vivienda de interés social en las delegaciones centrales (Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Benito Juárez y Venustiano Carranza). Dicha norma especifica que si el destino del predio es la construcción de vivienda de interés social, se permitirían construir hasta seis niveles si está dentro del circuito interior; hasta cinco niveles si se encuentra entre el circuito y el periférico; y hasta cuatro niveles si está después del periférico. En el uso de esta Norma, se detectaron varios abusos de parte de los desarrolladores de vivienda. Esto ha generado que la norma no sea aceptada más que para agrupaciones populares en las delegaciones centrales. Sin embargo, hay cuatro delegaciones en donde fue ratificada<sup>7</sup>, y son Tláhuac, Azcapotzalco, Cuauhtémoc e Iztacalco.

<sup>7</sup> <http://www.eluniversal.com.mx/notas/542858.html> visitada el 29 de noviembre de 2008

Opción 3 Transferencia de Potencialidad de Uso del Suelo: El capítulo V del Título IV de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal regula la transferencia de potencialidad de uso del suelo. Dicha transferencia consiste en que las áreas de conservación patrimonial y de actuación en el Suelo de Conservación, serán exclusivamente áreas emisoras de potencialidad de desarrollo. En pocas palabras, si un predio es catalogado como de conservación patrimonial o de Conservación, y tiene un cierto número de niveles autorizados, la Ley permite transferir los niveles autorizados que no puede hacer uso a otro predio en cualquier punto del Distrito Federal. Sin embargo, el predio receptor de potencialidad, debe acatar lo dispuesto por los Planes Delegacionales y Parciales vigentes. No en todo el Distrito Federal se permite ser predio receptor de potencialidad, se debe consultar previamente los Planes correspondientes y las autoridades competentes.

Opción 4 Constitución de Polígonos de Actuación: Se fundamentan en la Ley de Desarrollo Urbano del DF y su Reglamento correspondiente. Al respecto se puede comentar que es un recurso legal muy interesante para modificar la altura del proyecto. La Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda podrá autorizar la constitución de polígonos de actuación con el fin de ejecutar los Programas de Desarrollo. Consiste básicamente en que al aplicar una relotificación, los usos y destinos del suelo pueden redistribuirse en todo el predio relotificado. De esta forma, si se fusionan predios con usos de suelo determinados, se puede concentrar todo el potencial de la intensidad de construcción del nuevo predio en una sola zona con más niveles de construcción. De esta manera, ciertas zonas del predio pueden aportar la capacidad de construir un mayor número de niveles en un determinado sitio. Otra forma de definirlo es que se autoriza el incremento de áreas libres a cambio de más niveles de construcción dentro de un mismo predio.

La solicitud de constitución de polígonos de actuación y transferencia de potencialidad, se deben realizar bajo la responsabilidad de un perito en desarrollo urbano (Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del DF art. 85). Los Planes y Programas de Desarrollo deben prever la creación de polígonos de actuación en la demarcación que señalan. La constitución de polígonos de actuación y la transferencia de potencialidad se llevará a cabo para el mejor aprovechamiento del potencial de desarrollo en áreas de reciclamiento (que permiten captar población adicional), sobre todo, en zonas con franco deterioro o con infraestructura subutilizada.

### II.3 Situaciones legales para modificar el uso del suelo

Este subtítulo presenta los recursos legales que se pueden emplear con el fin de modificar los usos de suelo ya autorizados. Estos recursos legales son fundamentales para poder cambiar los Planes de Desarrollo en torno a un predio cuya altura máxima coincide con un alto riesgo sísmico.

Opción 1 Intervenir al momento de una revisión: Por disposición legal, cada tres años se revisarán y modificarán los Planes de Desarrollo. Todo ciudadano tiene derecho a intervenir en este proceso haciendo solicitudes regionales o particulares bien fundamentadas. En este caso, un predio con un riesgo sísmico mayor debe ser razón suficiente para modificar el uso del suelo en la zona.

Opción 2 Enterar a las autoridades competentes de esta propuesta: La propuesta de planear los usos de suelo teniendo en cuenta los riesgos sísmicos, se puede resolver de dos formas. A) Autorizar la modificación en el número de niveles de un Plan de Desarrollo para los predios afectados por riesgo sísmico. B) Que el Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano contemple la transferencia de potencialidad y polígonos de desarrollo en predios que así sean tipificados.

Opción 3 Interponer una queja o un amparo: Inmediatamente que se publican los Planes de Desarrollo, se tiene un lapso de 15 días para interponer una queja. Dicha inconformidad se puede argumentar por varias situaciones legales. Si al presentar la queja, los objetivos que se buscan no se cumplen, procede un amparo. El procedimiento de un amparo es necesario consultarlo con un abogado especialista en estos asuntos. Es importante saber que los amparos tienen límites en las fechas en que se pueden solicitar.

Para el caso de las edificaciones ya construidas en una zona de riesgo sísmico procede reforzarlas para que soporten las aceleraciones que el sismo le impondrá. Es complicado pedir que se autorice la construcción de más niveles. En muchos casos, las edificaciones se encuentran constituidas bajo régimen de propiedad en condominio, lo cual generaría problemas legales por tener que cambiar escrituras. Sin embargo, se puede contemplar en un Plan de Desarrollo, más niveles de construcción al decidir demoler la estructura.

---

### **III. Mapas de peligro sísmico para las delegaciones del D.F. vs. los planes de desarrollo autorizados**

---

**A** manera de introducción, este capítulo muestra un breve resumen de cómo la ciencia obtiene los mapas de peligro sísmico para el D.F. Las referencias hechas a los artículos presentados en congresos mundiales y nacionales de ingeniería sísmica, son fundamentales para comprender la elaboración de los mapas. Esta información básica nos permite conocer sus objetivos y alcances.

Agradezco al Dr. Miguel Ángel Jaimes Téllez, la facilitación de los mapas de peligro sísmico en formato JPG. Por otra parte, los Planes de Desarrollo vigentes de las Delegaciones, fueron obtenidas en formato PDF de las Gacetas Oficiales del Gobierno del Distrito Federal. El tener ambos formatos computacionales, permitió que en el programa Adobe Photoshop® Versión 8 se sobrepusieran los mapas de peligro sísmico para obtener lo que se presenta en el subtítulo III.2.

Se eligieron a las 10 delegaciones que mostraban mayor intensidad, en términos de pseudoaceleraciones dentro de los mapas de riesgo sísmico. En el capítulo de Conclusiones se mencionan todas las observaciones hechas a los mapas resultantes de este trabajo.





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

### III.1 Breve reseña técnica de los mapas

El Instituto de Ingeniería de la UNAM tiene el Sistema Automático de Publicación de Shakemaps (SAPS). Dicho sistema permite generar los mapas de peligro sísmico empleando los acelerogramas obtenidos en tiempo real de un sismo. Al ocurrir un sismo, inmediatamente se hace un mapa virtual de las pseudoaceleraciones registradas en cada predio de la Ciudad. Esta información es muy útil para la Secretaría de Protección Civil.

Según Reinoso (2008), dicho sistema es capaz de generar cuatro mapas de intensidad máxima: el primero corresponde al valor que hubiera experimentado un observador parado en el suelo (aceleración máxima del terreno); el segundo está asociado a los valores en la azotea de un edificio de dos pisos (periodo estructural,  $T=0.01$  seg); el tercero se refiere a edificaciones de entre 4 y 6 niveles ( $T=0.3$  seg); y el último para aquellas de 12 a 16 pisos ( $T=2$  seg).

El software empleado para generar estos programas es el SEISLOG para Windows ATC-13, 1985 (Earthquake damage evaluation for California, FEMA). Tras la obtención de estos mapas, se emplea un Sistema de Información Geográfico (SIG), y con los datos del catastro se pueden caracterizar las edificaciones que hay en cada predio y su sistema constructivo. Con la información del SIG y la del catastro, se pueden estimar las pérdidas que habrá tras un determinado sismo empleando su acelerograma.

Las características sísmicas del Valle de México ante los diversos tipos de terremotos, han sido estudiadas durante los últimos 18 años para obtener las aceleraciones que se inducirían en distintos puntos de la Ciudad. Para estudiarlas, se empleó una red de acelerómetros como el que se muestra en la Figura III.1.1.

La red de acelerómetros permitió obtener una serie de planos de la Ciudad de México denominados mapas de igual amplificación. En dichos mapas se resumen las características del terreno frente a diversos tipos de sismo, y se dibujan en distintos

colores las zonas que responden con pseudoaceleraciones similares en estructuras con periodos determinados. Según Jaimes y Reinoso (2003) estos resultados son de interés para reducir incertidumbres en cuanto a las fuerzas sísmicas que en un futuro afectarán a las estructuras, provenientes de distintas fuentes sísmicas.

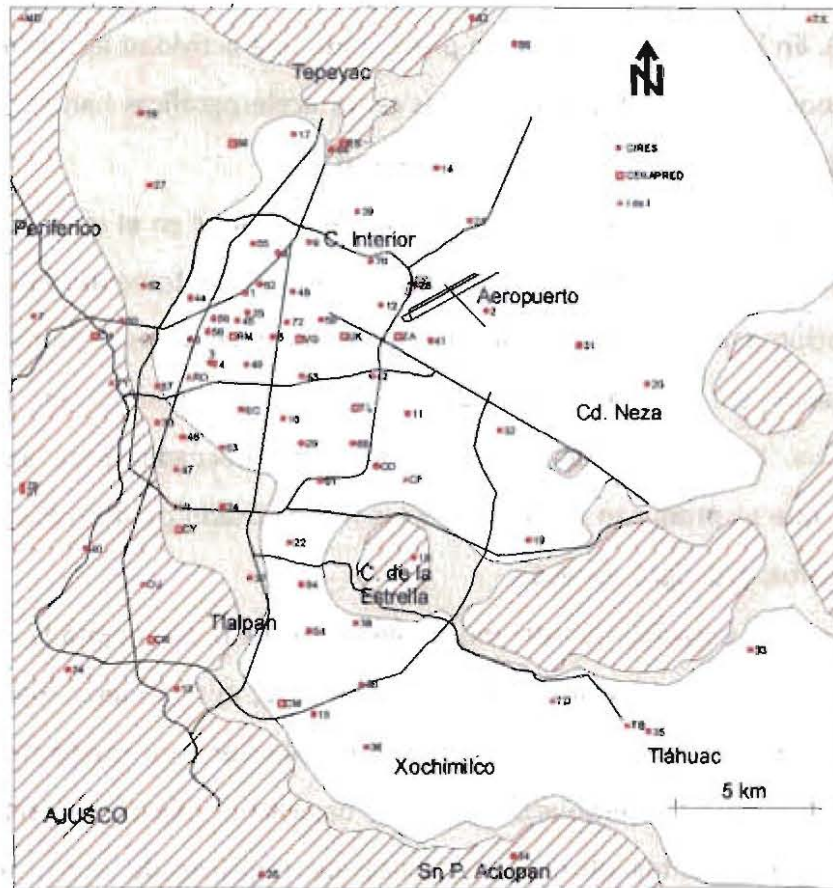


Figura III.1.1 Valle de México: Principales avenidas, zonas geotécnicas y acelerómetros existentes tomada de Jaimes y Reinoso (2003).

Si bien, se publicaron mapas de peligro sísmico anteriormente, los mapas que se emplean en este trabajo son más recientes. Según Jaimes y Reinoso (2008), los aspectos que consideran los nuevos mapas de riesgo sísmico son:

- Descripción de la geometría de la placa de Cocos en su porción subducida bajo la placa Continental de Norteamérica. Esto permite definir mejor la localización de

los sismos de profundidad intermedia y de fallamiento normal que se presentan en esta región.

- Ley de atenuación para los sismos de subducción (aquellos cuando una placa se sumerge en otra placa). Se mejoraron los coeficientes que toman en cuenta la atenuación para este tipo de sismos.
- Ley de atenuación para los sismos de profundidad intermedia (dentro de las placas). En los últimos años se ha presentado una actividad inusualmente grande de sismos de este tipo, por lo cual las redes acelerográficas han registrado varios acelerogramas producidos por estos eventos.
- Leyes de atenuación para sismos corticales (generados en el interior de la placa a más de 30 km). En EUA se han desarrollado recientemente nuevas leyes de atenuación para sismos corticales, las cuales incluyen datos de numerosos sismos registrados en diversas partes de ese país, especialmente en el estado de California. Estas leyes de atenuación parecen adecuadas para algunos de los sismos que se producen en México, y las hemos usado para reevaluar, en eventos como éstos, el peligro sísmico.
- Funciones de amplificación del movimiento del suelo. Se mejora la estimación de las funciones de amplificación del suelo: primero, al considerar más registros de diversos tipos de fuentes sísmicas y, segundo, al incorporar mediante el uso de un procedimiento de interpolación espacial bayesiana colecciones actualizadas de periodos dominantes obtenidos a partir de registros de micro temblores en centenas de sitios medidos de 1988 a 2007.

Los planos que se produjeron evalúan las distintas pseudoaceleraciones (en gals) que se presentarán en estructuras con diferentes periodos. El periodo de retorno considera una envolvente de los sismos más intensos que se pueden presentar durante dicho periodo de retorno. En esta tesis se manejan únicamente los mapas con un periodo de retorno de 125 años, el cual está relacionado con intensidades sísmicas que se presentan ocasionalmente, como las del sismo de 19 de septiembre de 1985.

Las pseudoaceleraciones a las que se someterá un edificio de un determinado periodo, se encuentran consideradas en los espectros de diseño de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo. Dichos espectros varían en función del tipo de suelo, y son envolventes de todas las curvas de "Coeficiente Sísmico vs Periodo de la Estructura" encontradas experimentalmente dentro de cada tipo de suelo. Los espectros de diseño y los distintos tipos de suelo para el Distrito Federal, se muestran en las Figuras III.1.2 y III.1.3 respectivamente. Siguiendo al pie de la letra las Normas Técnicas Complementarias, el riesgo sísmico es mitigable para cualquier estructura, e independiente del tipo de suelo. Sin embargo, se requiere de una mayor cantidad de materiales para su construcción.

Cabe señalar que los espectros de diseño están contruidos con datos de un terremoto similar al del 19 de septiembre de 1985 (Periodo de retorno de 125 años). Sin embargo, ya existen mapas de peligro sísmico para un periodo de retorno de 475 años, y por tanto de mayor magnitud que en el sismo del 85. México espera un terremoto de estas características en el futuro cercano de acuerdo con la información geológica y estadística. No se tienen registros de un sismo similar desde la época de la conquista, hace más de 500 años. Un sismo de estas magnitudes traerá pseudoaceleraciones mayores que significan más riesgos a las estructuras.

Actualmente, el Instituto de Ingeniería cuenta con herramientas para realizar mapas de daño por sismo de forma regional, como el mostrado en la Figura III.1.4. También se puede presentar edificio por edificio empleando la información de cada uno según el catastro del Distrito Federal, tal como lo hace en la Figura III.1.5.

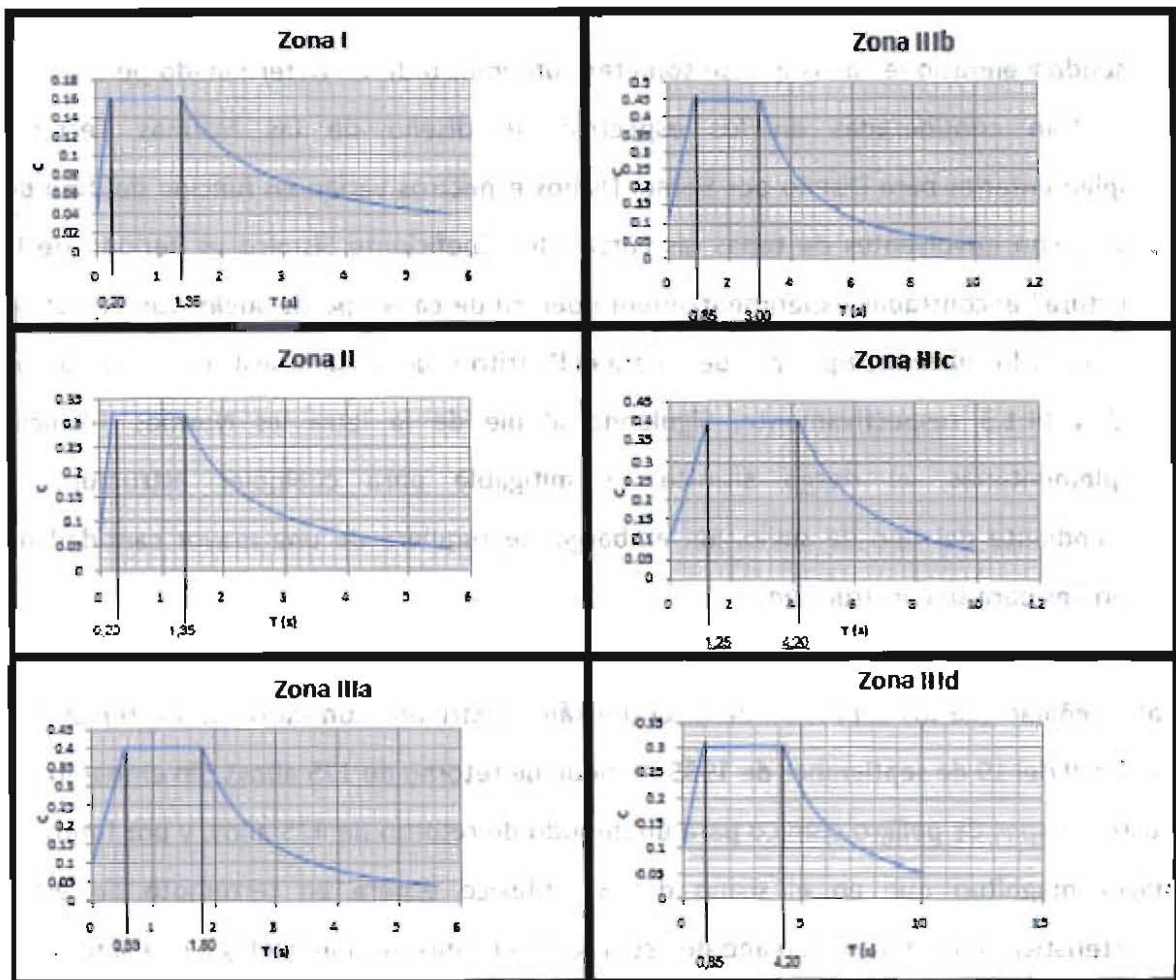


Figura III.1.2 Espectros de diseño para las distintas zonas del Distrito Federal tomado de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo

En general, a mayor altura del edificio, mayor periodo de la estructura. De esta manera, en los espectros de diseño se verifica que al tener una altura mayor a la de resonancia, las demandas sísmicas disminuyen fuertemente. Sin embargo, hay que hacer notar que en estos espectros de diseño, el intervalo con mayor valor de coeficiente sísmico es muy amplio. Esto no sucede cuando se obtiene el espectro de sitio del terreno. Estos espectros son muy generales, y es común que resulten muy conservadores cuando se comparan con estudios precisos. Por ello, utilizar un espectro de diseño de sitio para conocer las fuerzas sísmicas que en ese preciso lugar afectarán a la estructura en estudio, es por lo general menos conservador, ya que se eliminan las incertidumbres relacionadas a las fuentes sísmicas, a la distancia epicentral, al tipo estructural y a los efectos de sitio<sup>8</sup>.

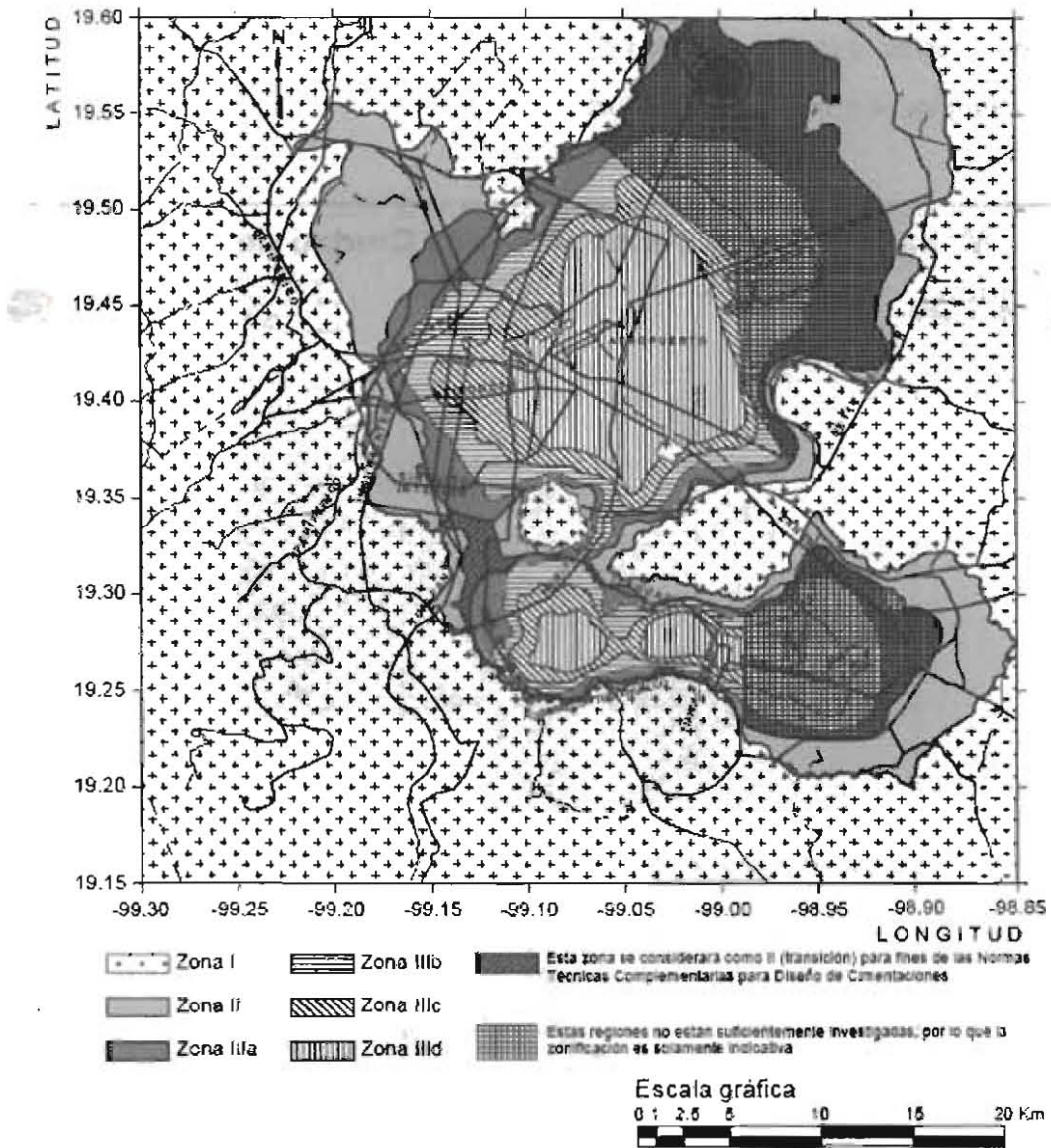


Figura III.1.3 Distintos tipos de zonas geológicas en el Distrito Federal tomado de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo

<sup>8</sup> <http://www.ern.com.mx/htm/ssmca/sismica1a.htm> visitada el día 15 de diciembre de 2008

En general, los resultados de los espectros de diseño presentan coeficientes sísmicos menores a los propuestos por los reglamentos sísmicos correspondientes. Esto se traduce en menores costos, y en la posibilidad de evitar la resonancia estructural con el terreno. Algunos ejemplos se muestran en la Figura III.1.6.

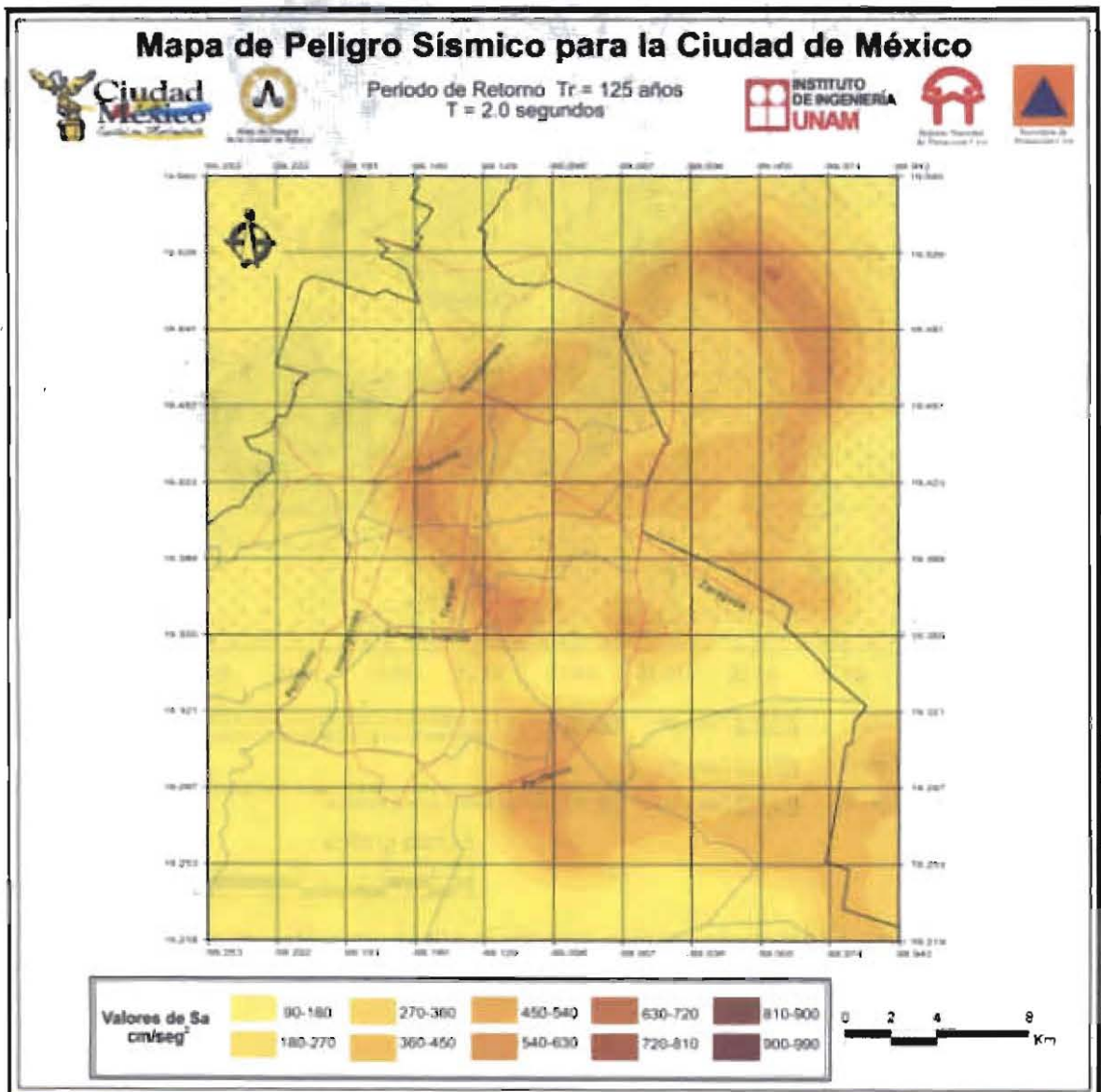


Figura III.1.4 Mapa de peligro sísmico de la Ciudad de México para un periodo de retorno de 125 años y un periodo estructural  $T = 2s$  tomada de Jaimes y Reinoso (2008).





Figura III.1.5 Distribución de riesgo sísmico edificio por edificio en la Ciudad de México tomado de Reinoso (2008)

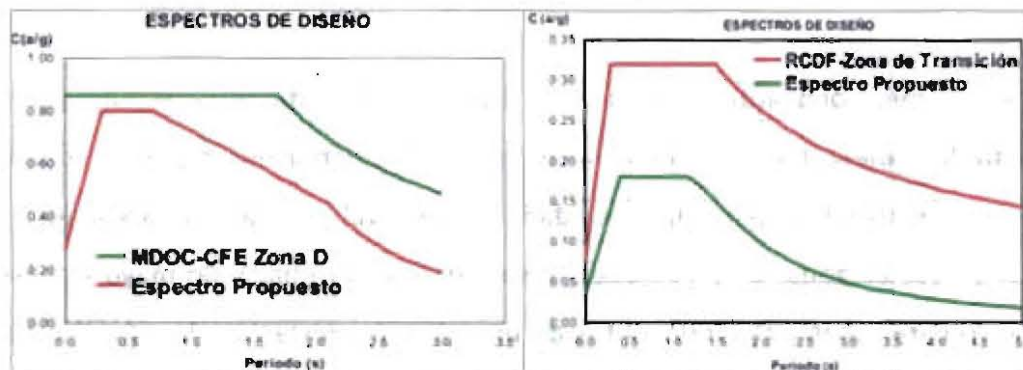


Figura III.1.6 Espectros de diseño propuestos tras estudios locales<sup>9</sup> en a) Terreno Blando de Acapulco Guerrero  
b) Zona de Transición del Distrito Federal

<sup>9</sup> <http://www.ern.com.mx/htm/ssmca/sismica1c.htm> visitada el 14 de diciembre de 2008

### III.2 Mapas de peligro sísmico sobrepuestos en las cartas de uso de suelo

Los mapas, como el de la Figura III.1.4, aparecen prudentemente escuetos y omitiendo detalles de la localización de los inmuebles. Si bien existen mapas como en la Figura III.1.5, estos se encuentran como información clasificada de un proyecto del Instituto de Ingeniería y la Secretaría de Protección Civil del D.F. Esta situación es totalmente comprensible, si se quiere evitar el pánico y una mala interpretación de resultados, que conduzcan a una devaluación masiva de varios inmuebles en la Ciudad.

Se sobreponen a los Planes de Desarrollo de 10 delegaciones (Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc, G A Madero, Ixtapalapa, Iztacalco, Miguel Hidalgo, Tláhuac, Venustiano Carranza y Xochimilco) los Mapas de Peligro Sísmico que se señalan en la Tabla III.2.1

Tabla III.2.1 Características de los mapas de riesgo sísmico sobrepuestos

Mapa No.	Periodo de retorno (años)	Periodo de la estructura (seg)	No. de niveles en la estructura
1	125	0.01	1 a 2
2	125	0.30	3 a 6
3	125	2.00	12 a 16

Llama la atención en estos mapas sobrepuestos a las cartas de uso de suelo, que existen múltiples casos en que el número de niveles permitidos por los usos de suelo, coinciden con zonas de aceleraciones máximas esperadas.

Como ya se mencionó anteriormente, un propósito de esta tesis es fundamentar la necesidad de planear el desarrollo de la ciudad con un menor riesgo sísmico y un menor costo de construcción para la sociedad en general. Si las edificaciones siguen construyéndose en zonas de alto riesgo, la sociedad seguirá pagando mayores costos en pérdidas, reparaciones y requerimientos de proyecto impuestas por las Normas Técnicas Complementarias.

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.0$  segundos



## DELEGACIÓN BENITO JUÁREZ

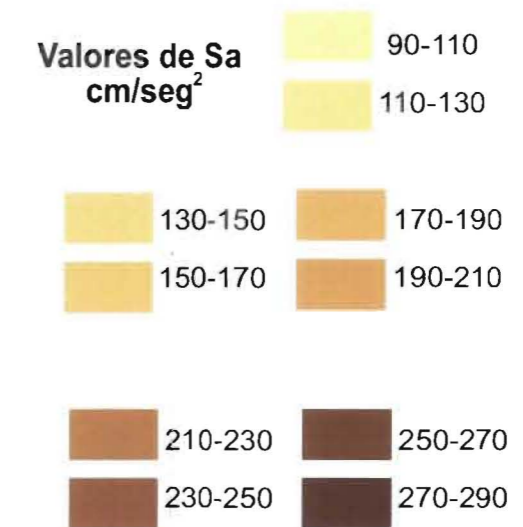


Figura III. 2.1



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Atlas de Riesgos  
de la Ciudad de México

Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.3$  segundos



## DELEGACIÓN BENITO JUÁREZ

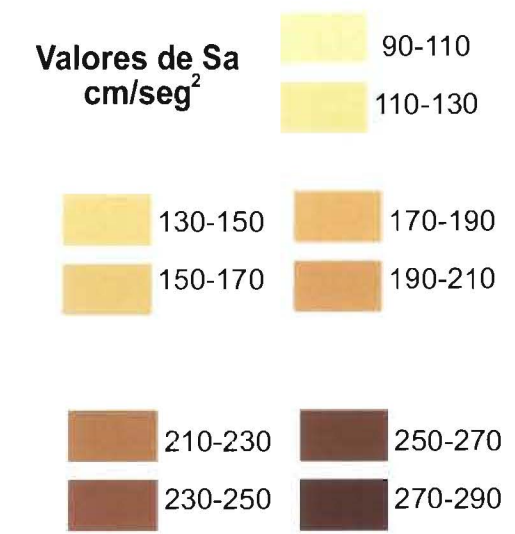


Figura III. 2.2

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 2.0$  segundos



## DELEGACIÓN BENITO JUÁREZ

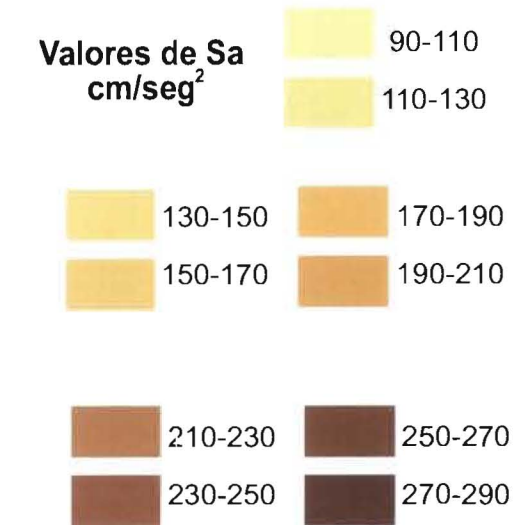


Figura III. 2.3

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.0$  segundos



## DELEGACIÓN COYOACÁN

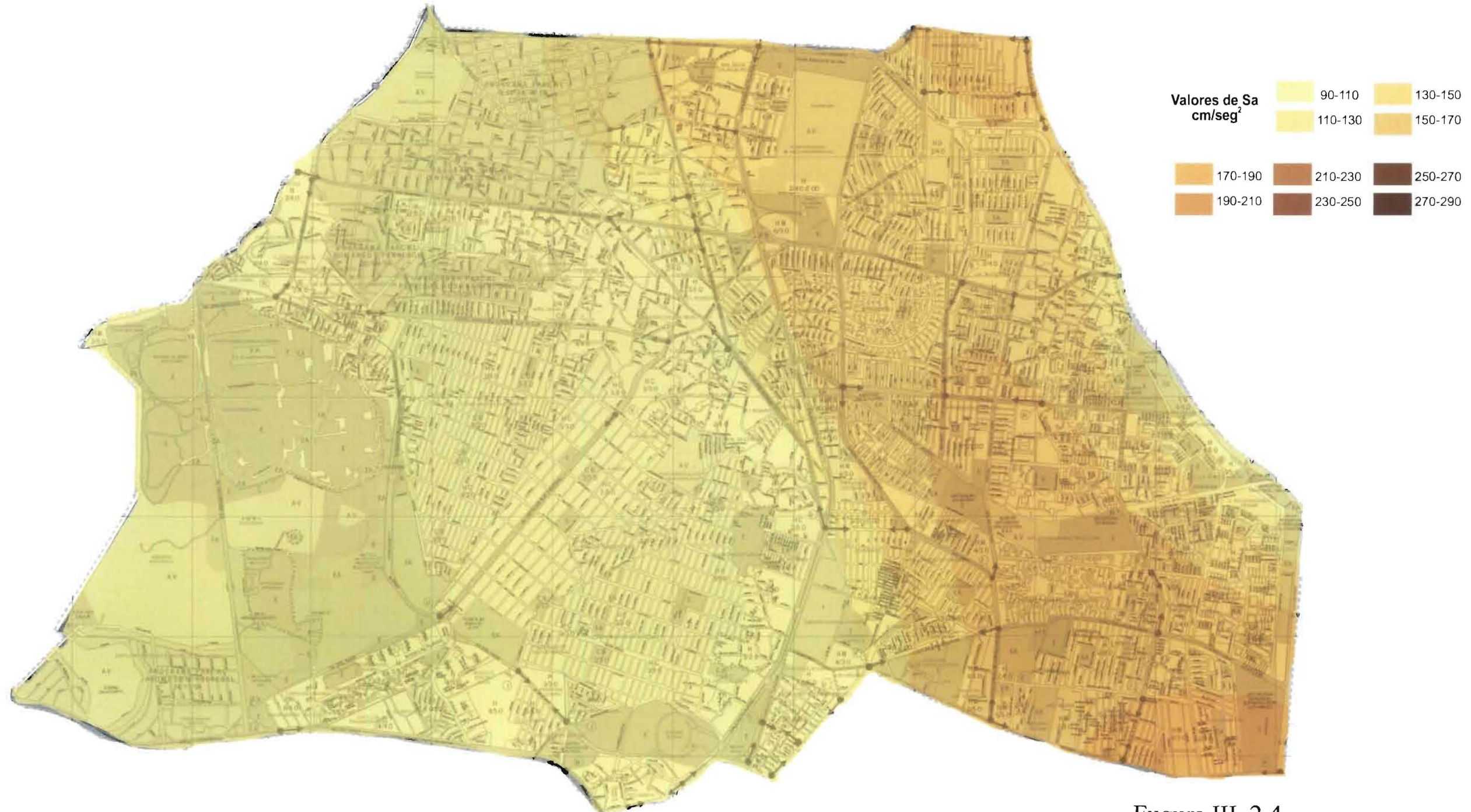


Figura III. 2.4

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.3$  segundos



## DELEGACIÓN COYOACÁN



Figura III. 2.5



# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 2.0$  segundos



## DELEGACIÓN COYOACÁN



Figura III. 2.6

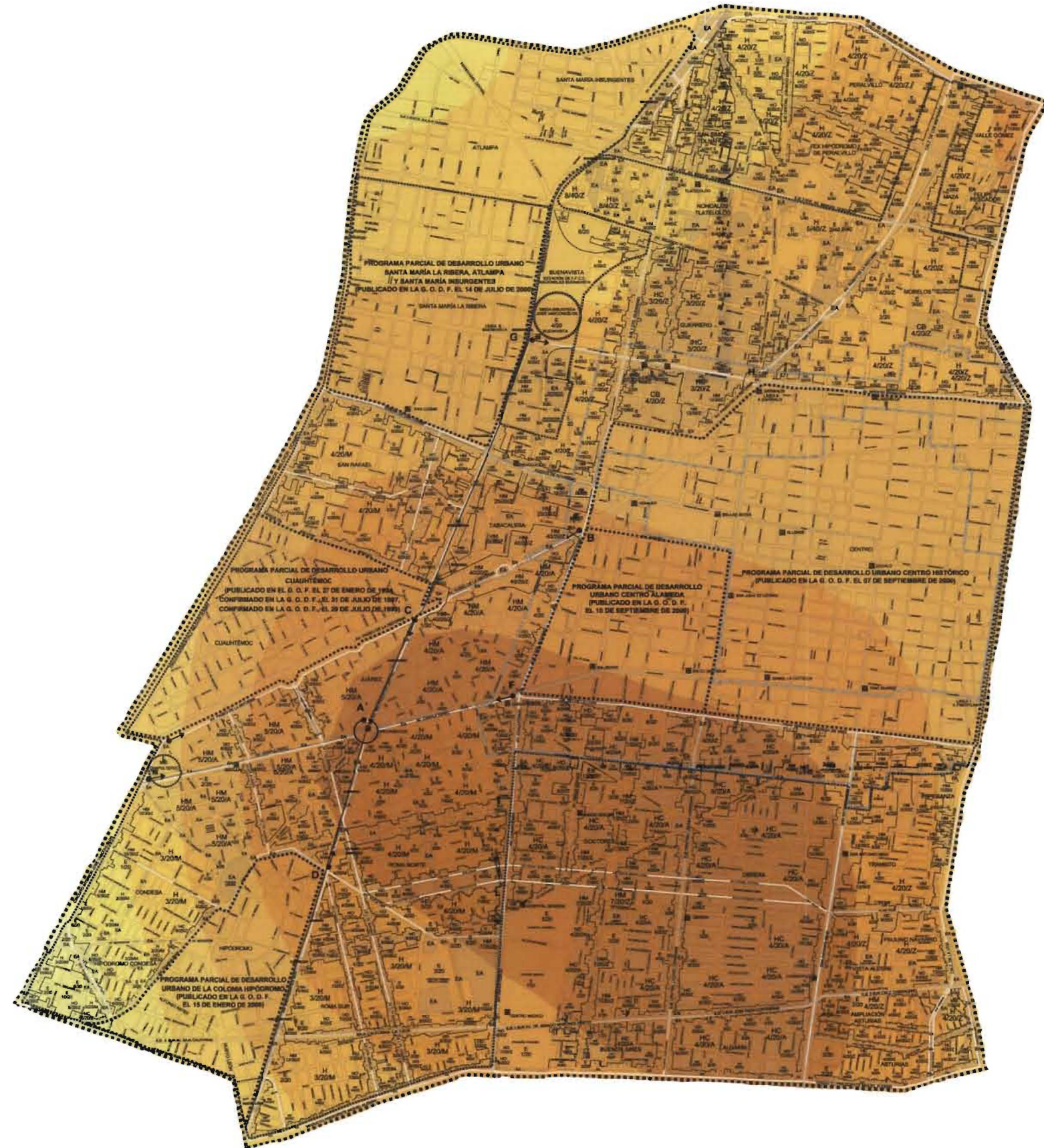
# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.0$  segundos



## DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC



Valores de  $S_a$   
 $\text{cm}/\text{seg}^2$

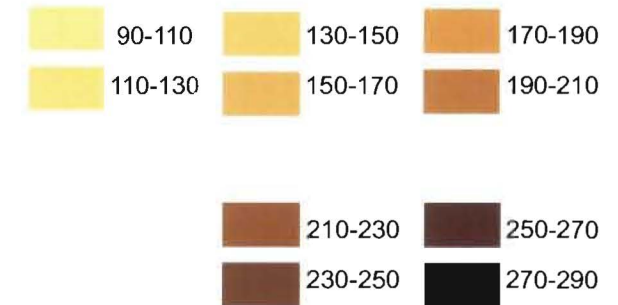


Figura III. 2.7

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.3$  segundos



## DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC



Valores de  $S_a$   
 $\text{cm/seg}^2$

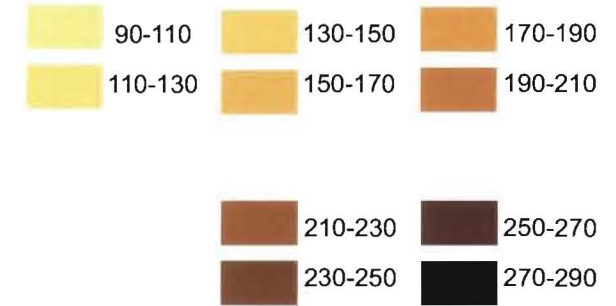


Figura III. 2.8

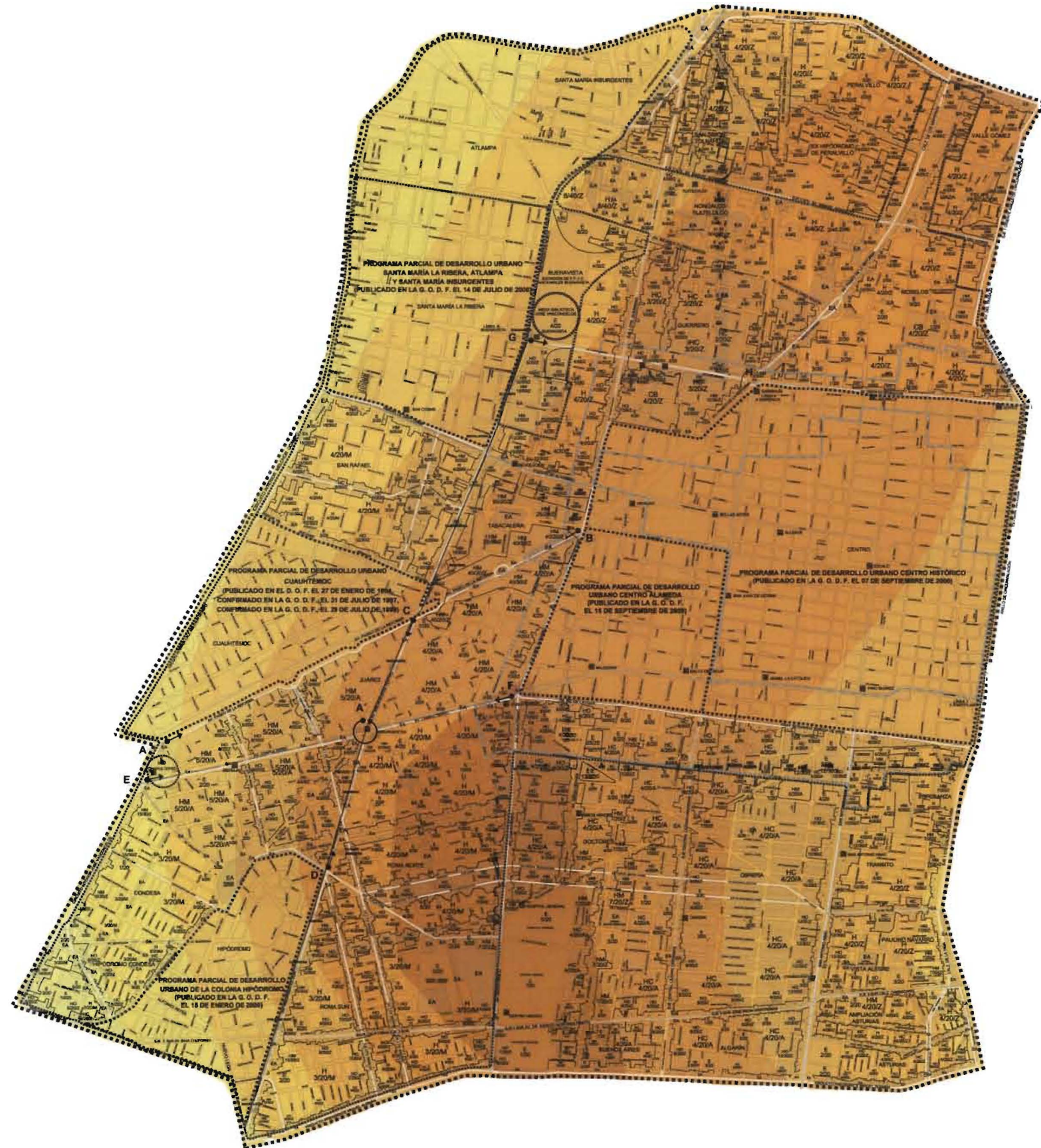
# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 2.0$  segundos



## DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC



Valores de  $S_a$   
 $\text{cm/seg}^2$

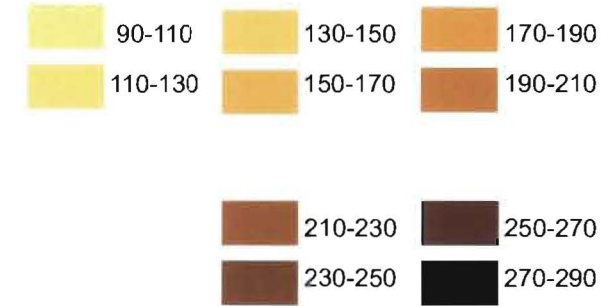


Figura III. 2.9

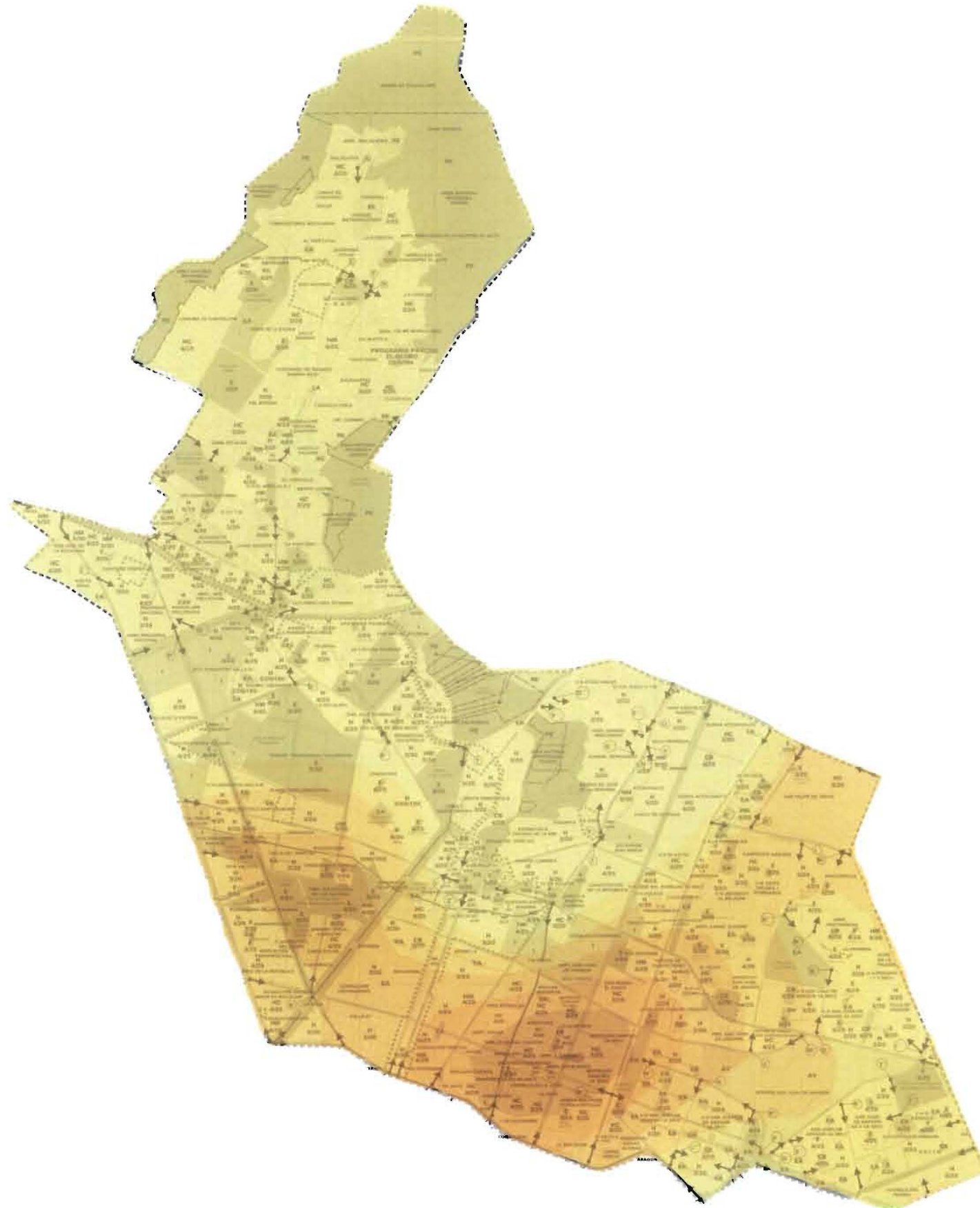
# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.0$  segundos



## DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO



Valores de  $S_a$   
 $\text{cm/seg}^2$

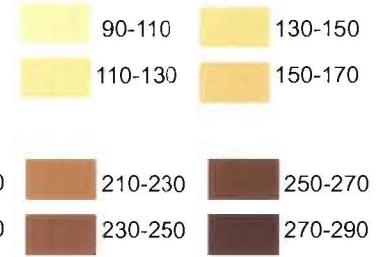


Figura III. 2.10

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.3$  segundos



## DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO

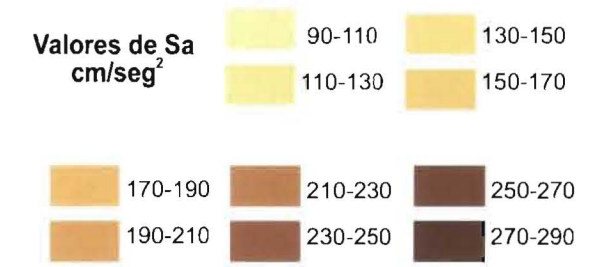
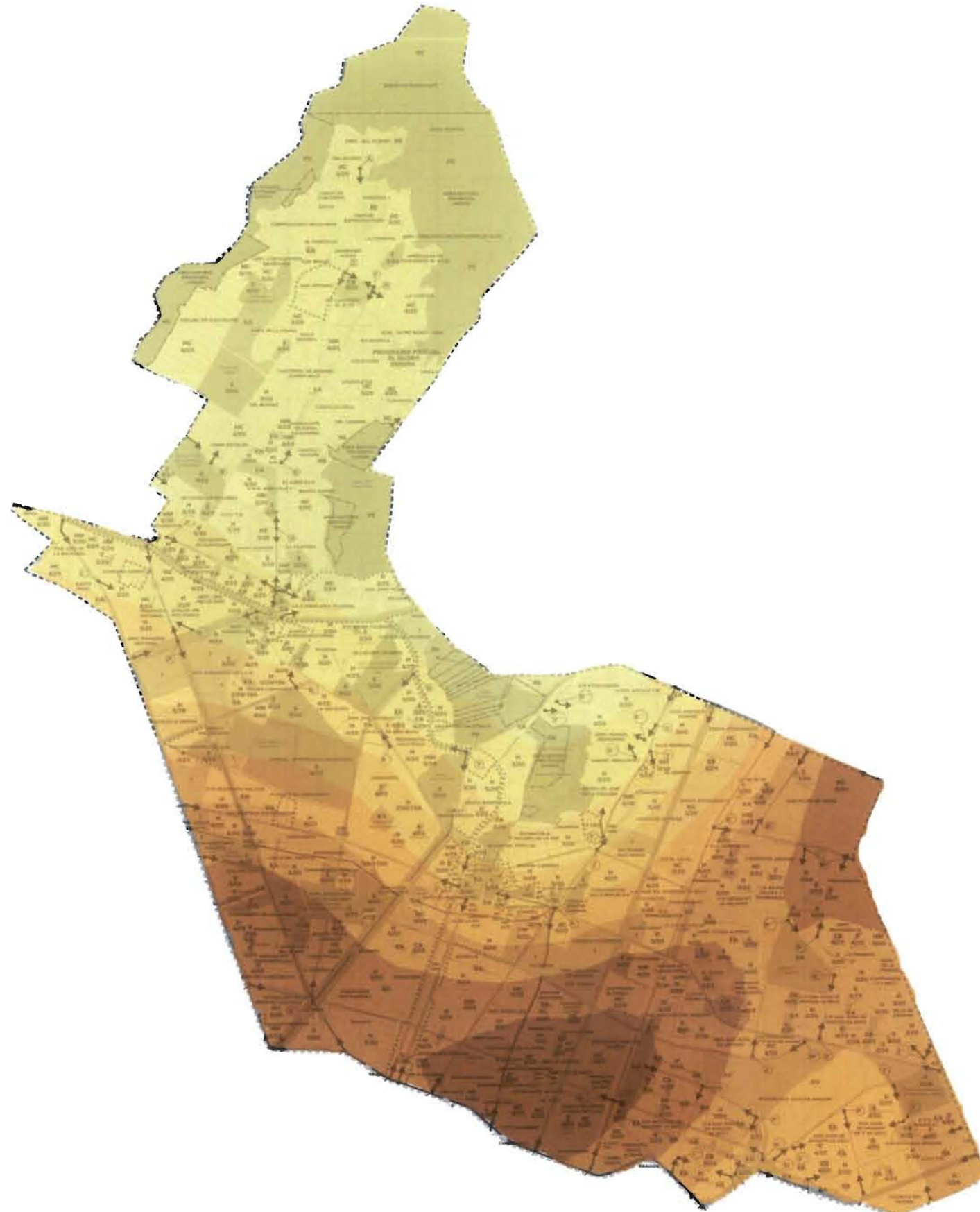


Figura III. 2.11



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

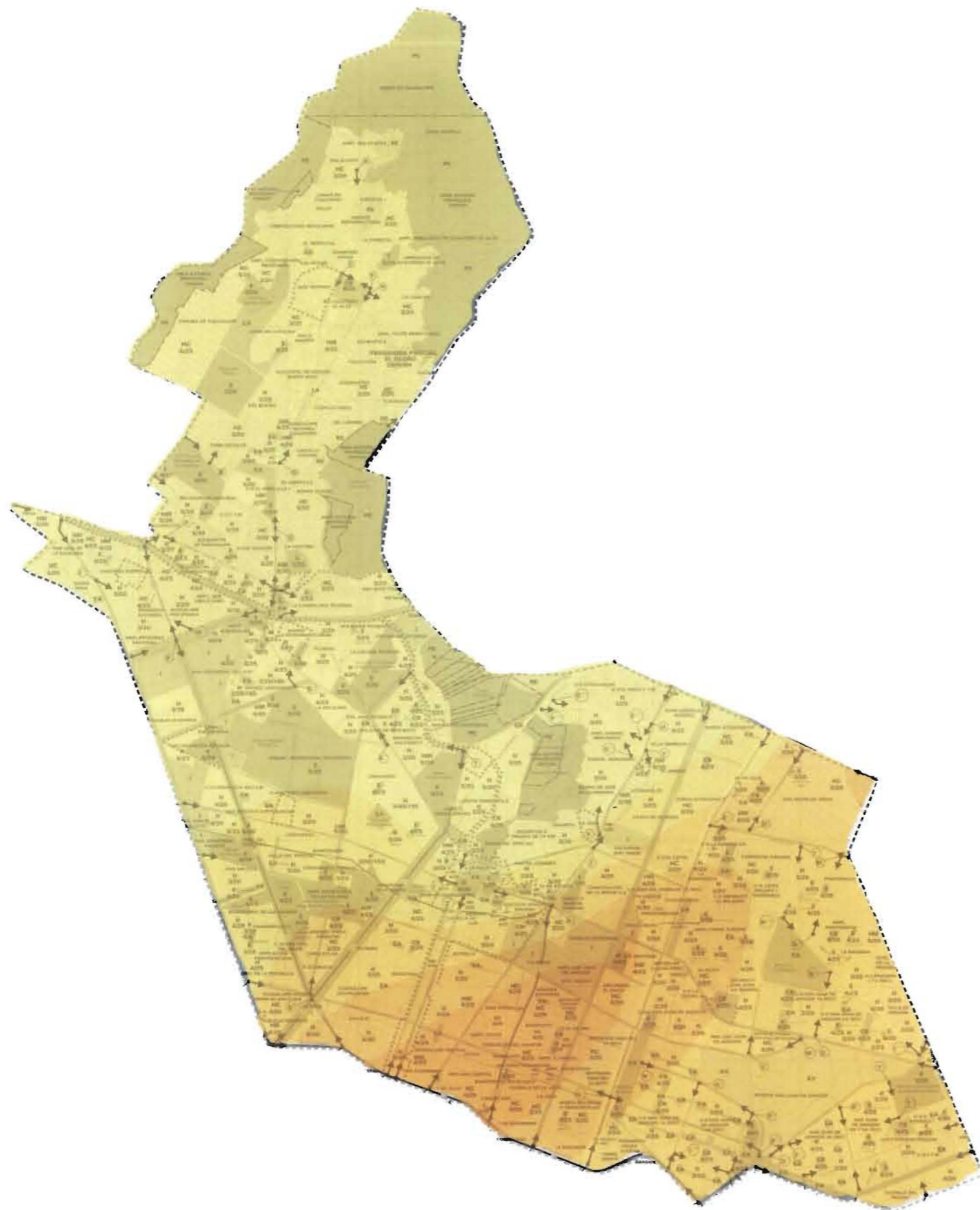
# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 2.0$  segundos



## DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO



Valores de $S_a$ $\text{cm/seg}^2$		
90-110	110-130	130-150
150-170	170-190	190-210
210-230	230-250	250-270
270-290		

Figura III. 2.12



# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.0$  segundos



## DELEGACIÓN IZTAPALAPA

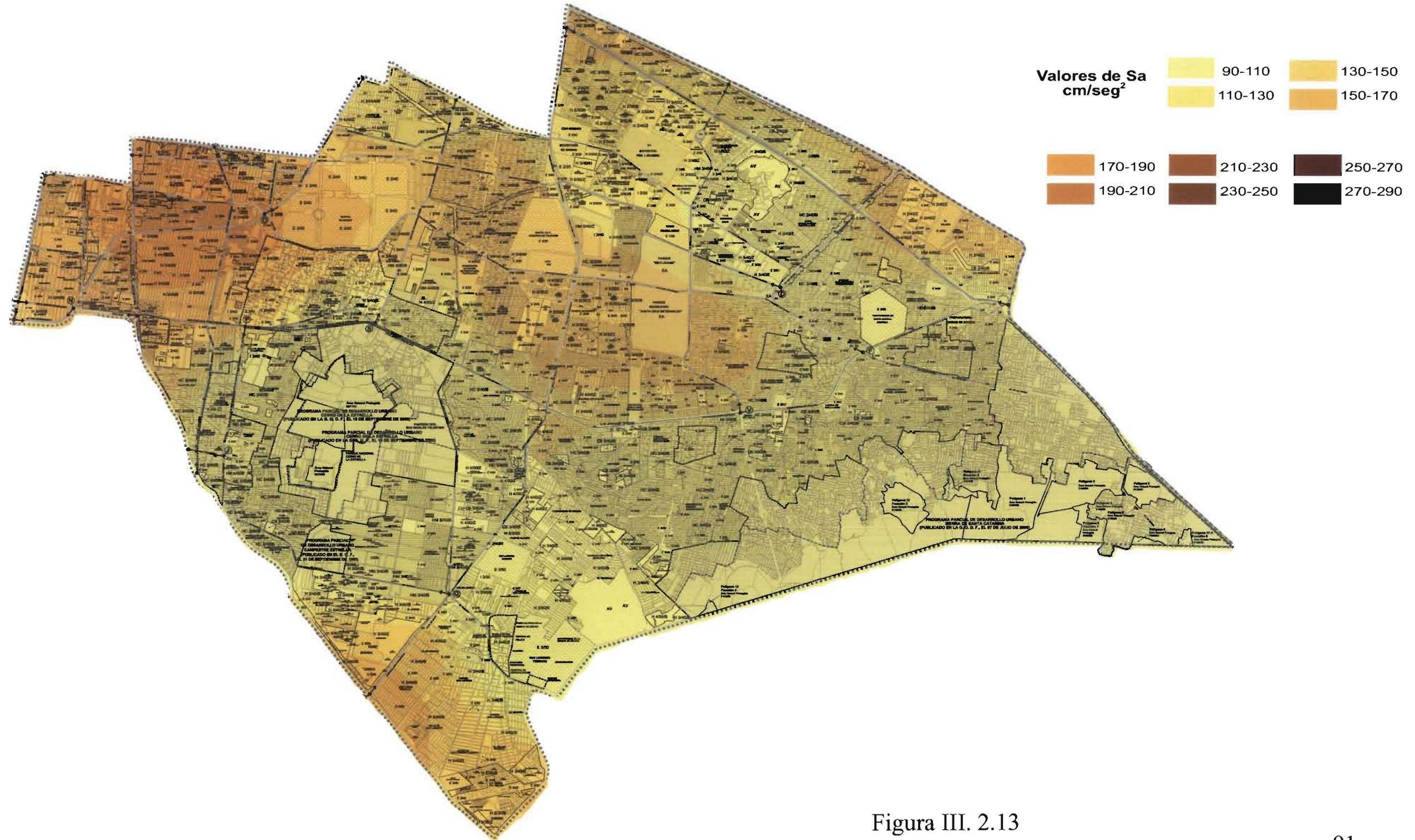


Figura III. 2.13

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.3$  segundos



## DELEGACIÓN IZTAPALAPA

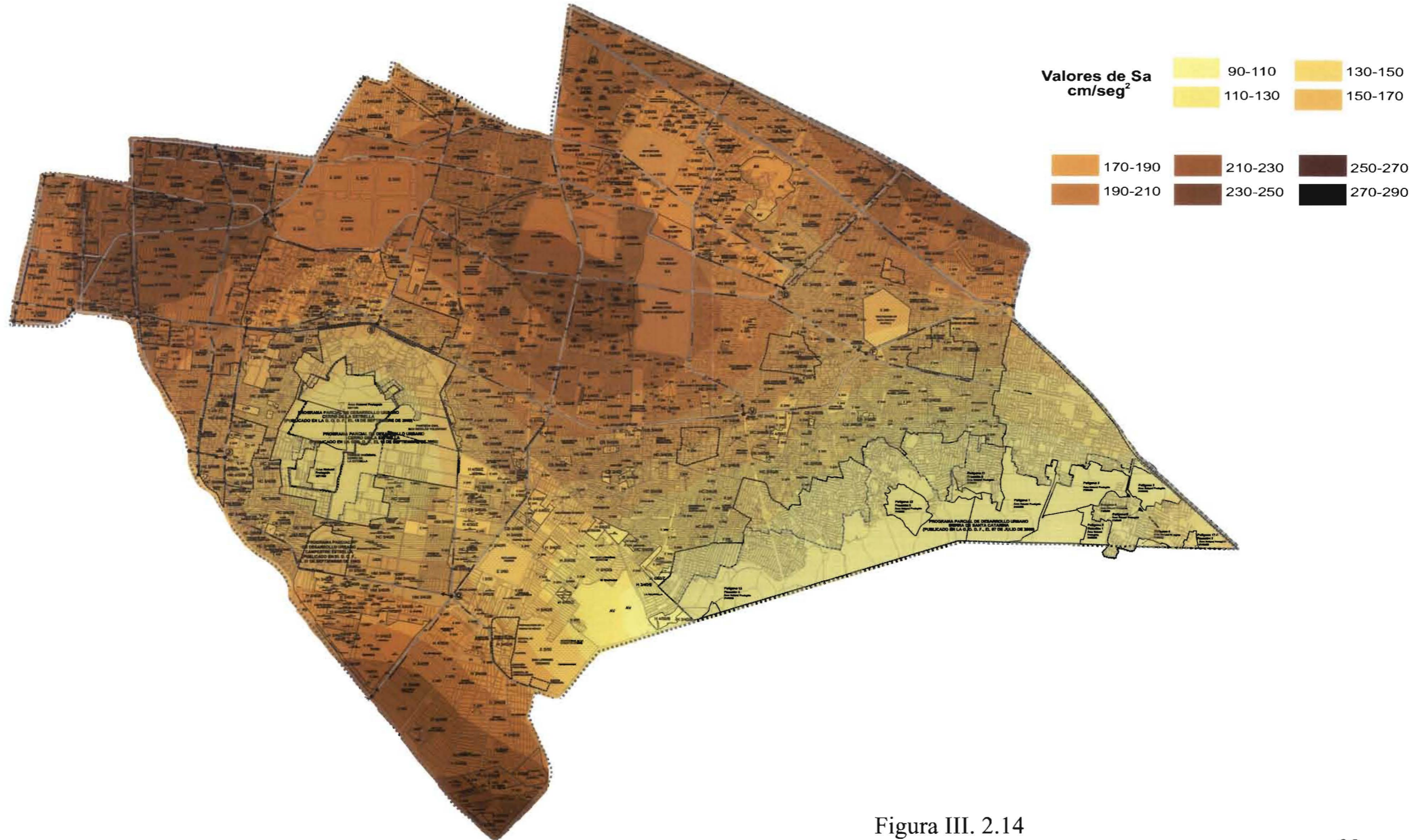


Figura III. 2.14

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 2.0$  segundos



## DELEGACIÓN IZTAPALAPA

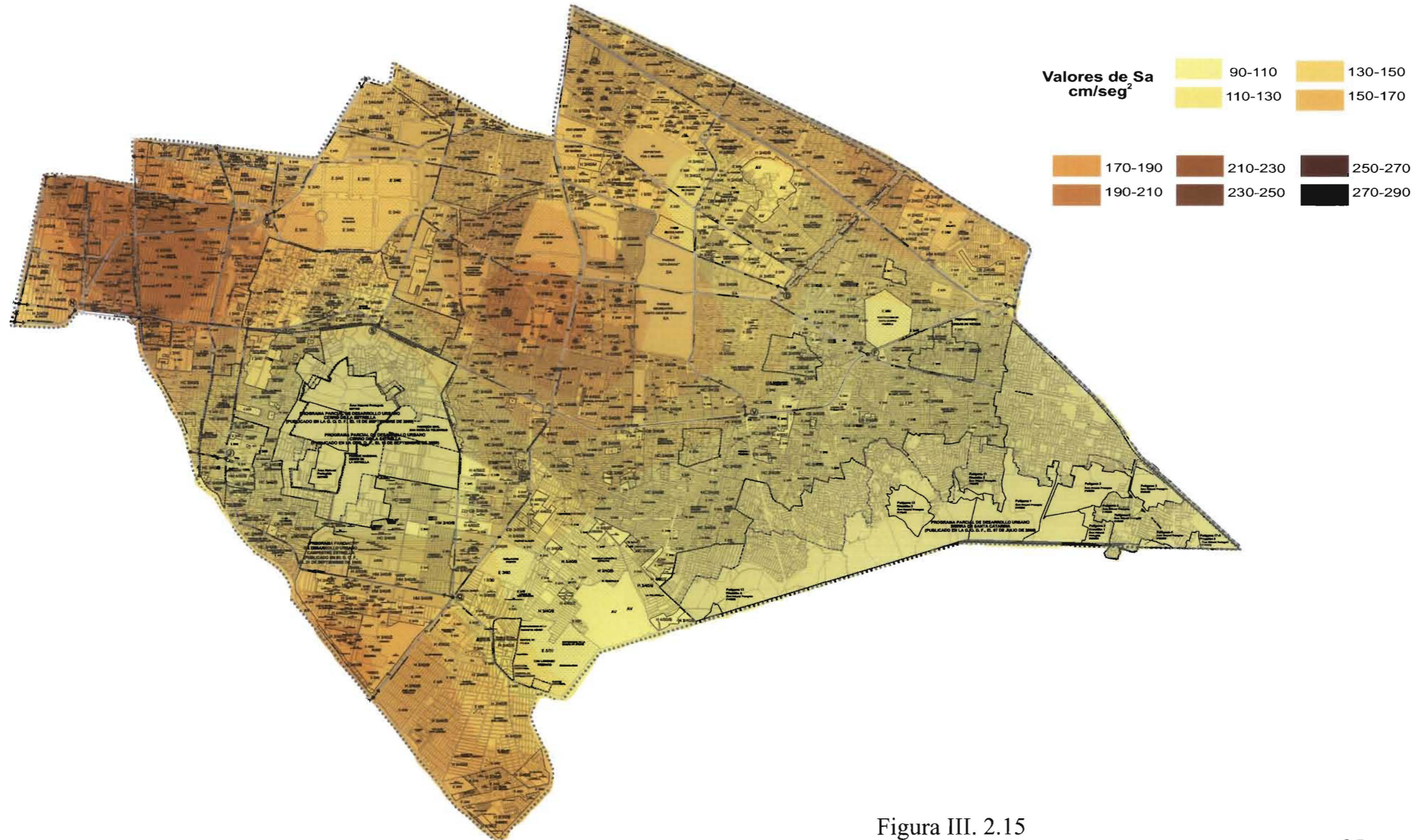


Figura III. 2.15

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.0$  segundos

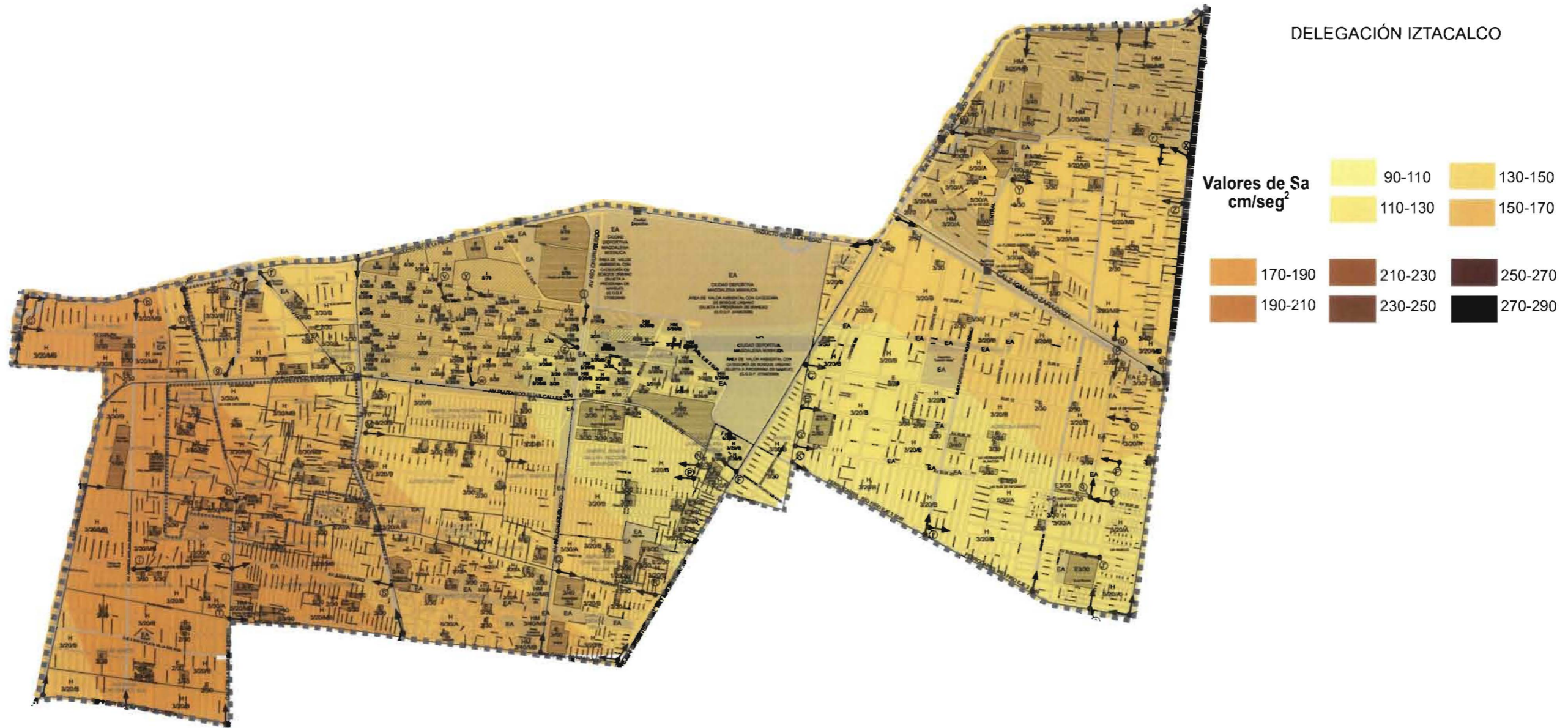


Figura III. 2.16

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.3$  segundos



Figura III. 2.17

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 2.0$  segundos

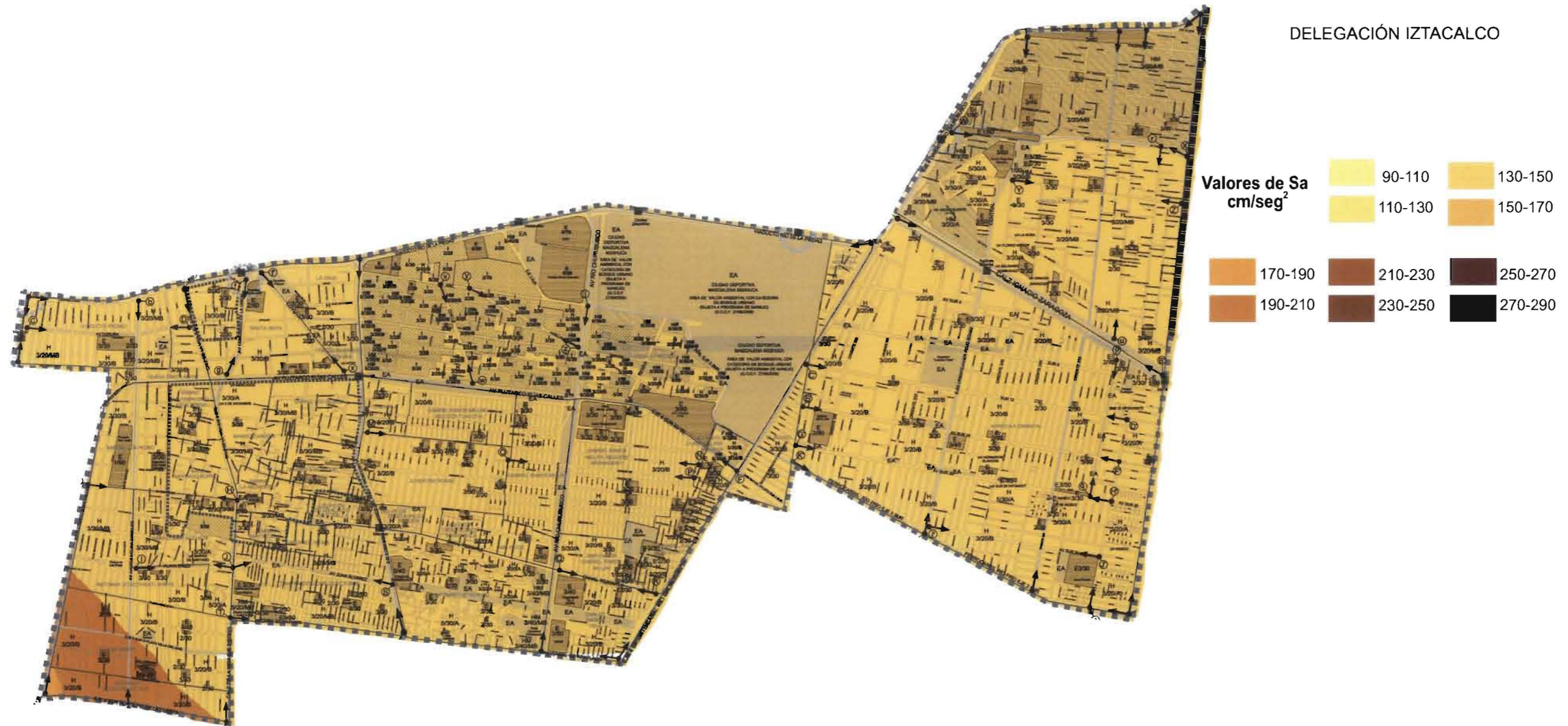
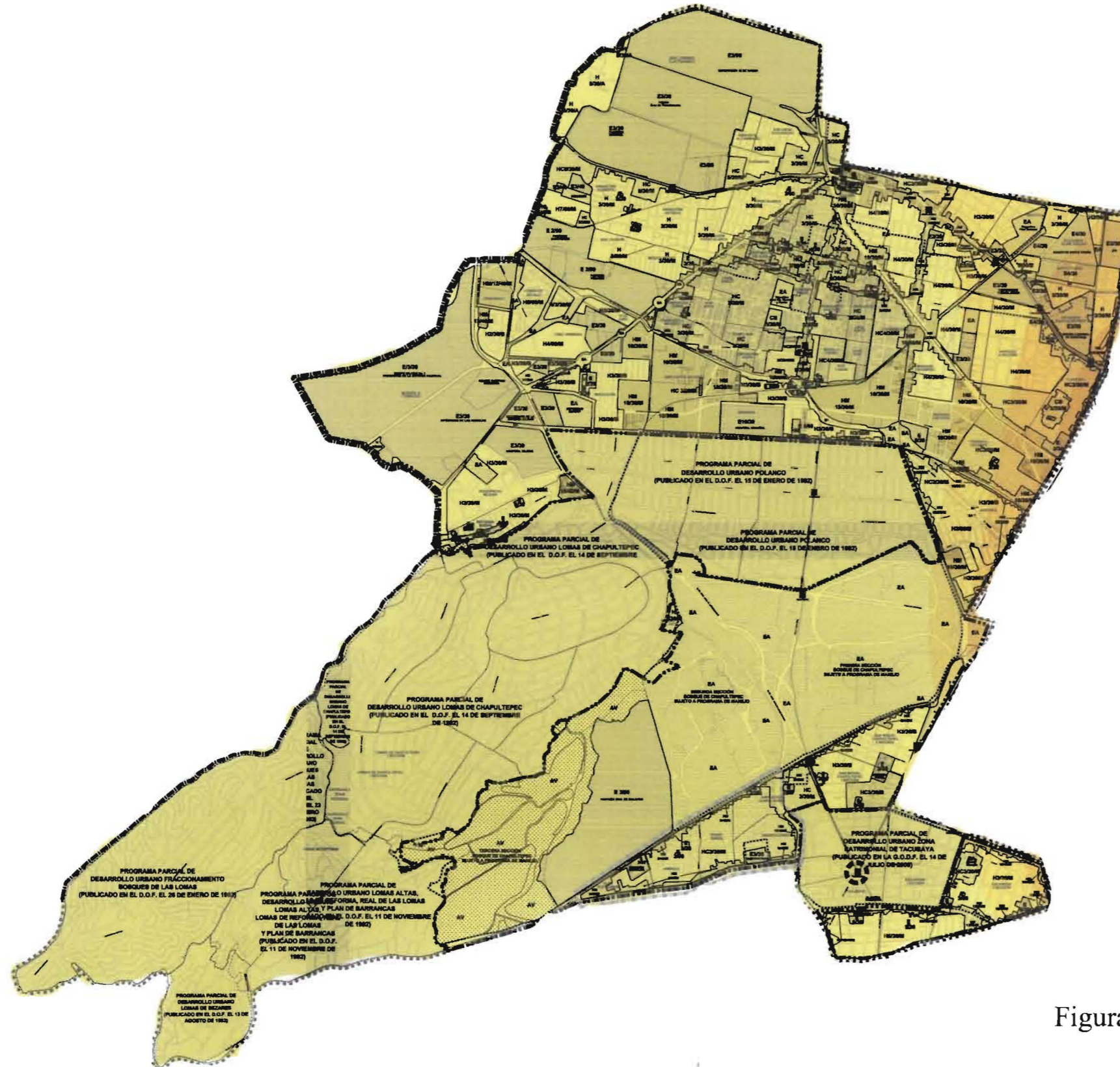


Figura III. 2.18

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.0$  segundos



## DELEGACIÓN MIGUEL HIDALGO

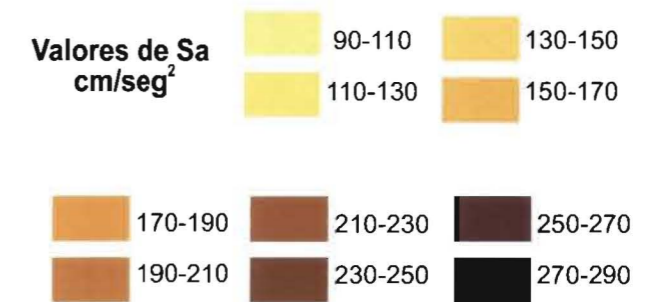
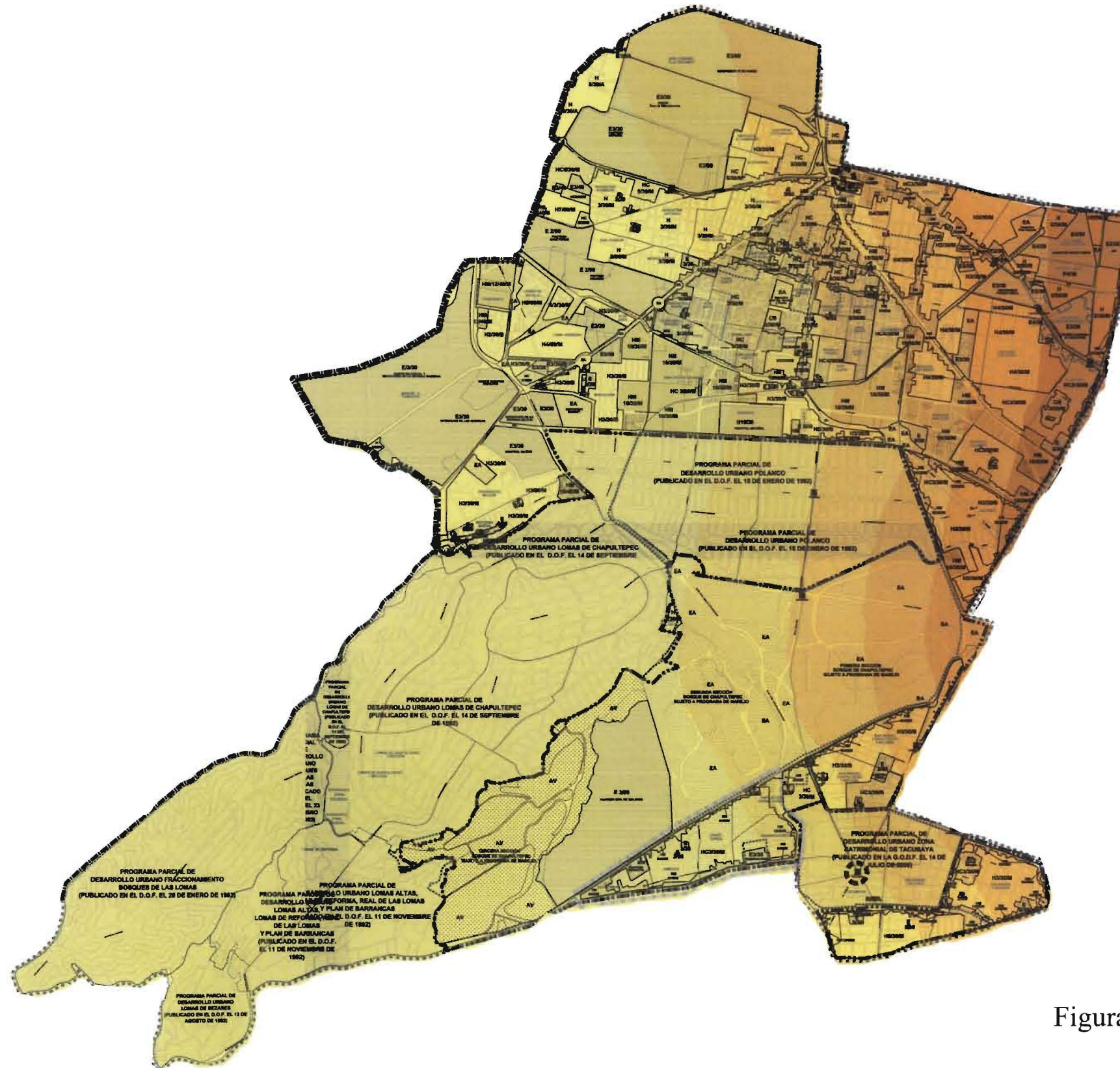


Figura III. 2.19

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.3$  segundos



## DELEGACIÓN MIGUEL HIDALGO

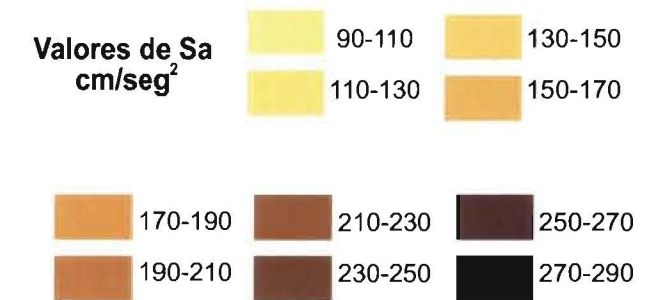


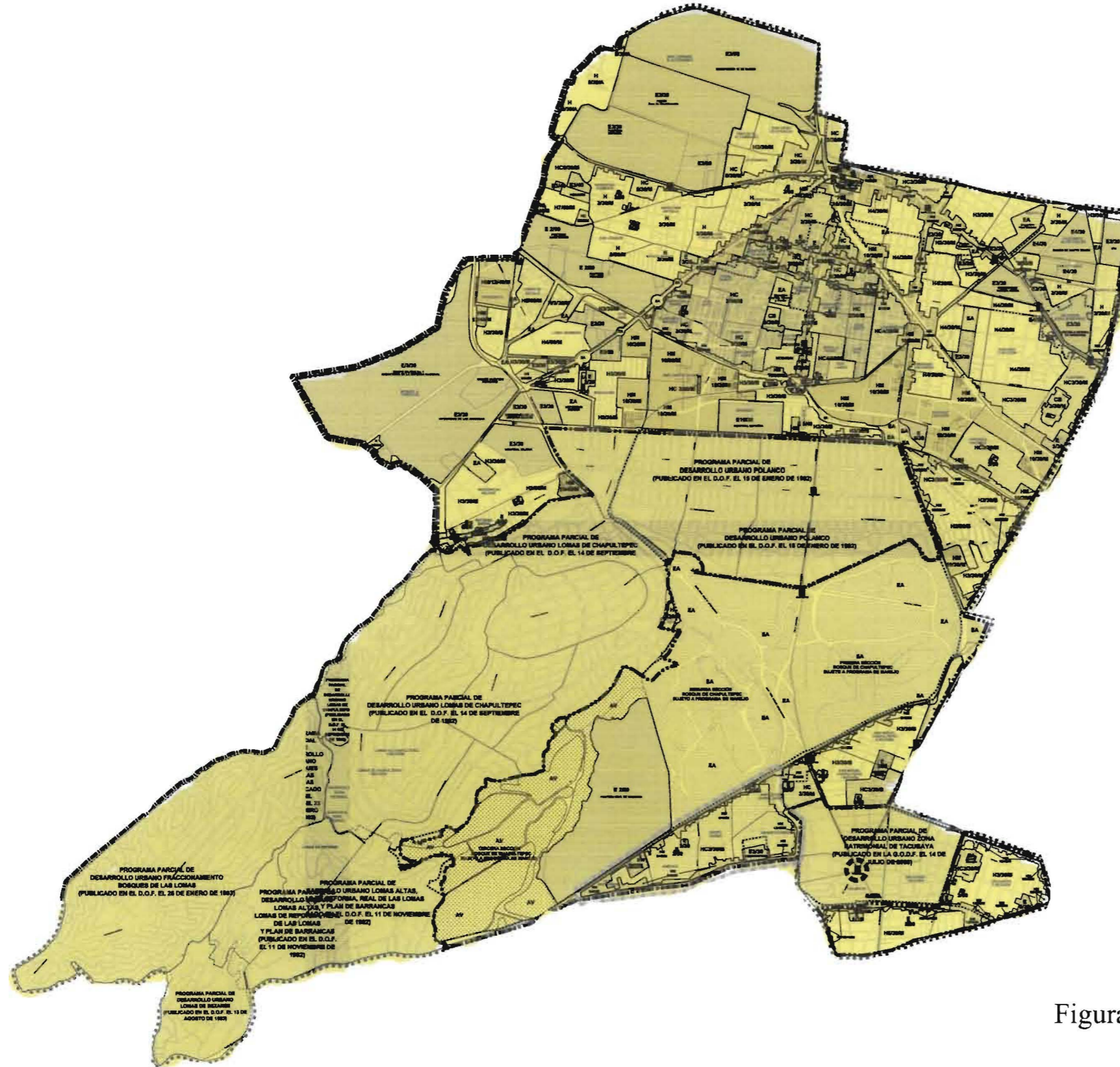
Figura III. 2.20



# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 2.0$  segundos



DELEGACIÓN MIGUEL HIDALGO

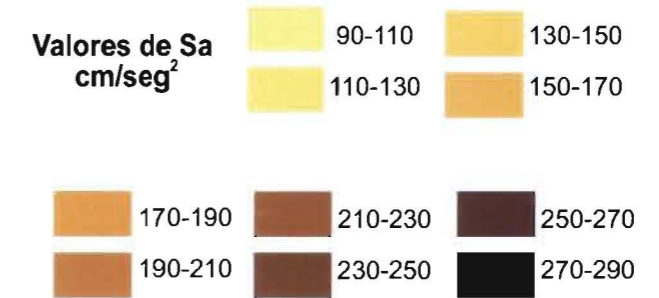


Figura III. 2.21



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

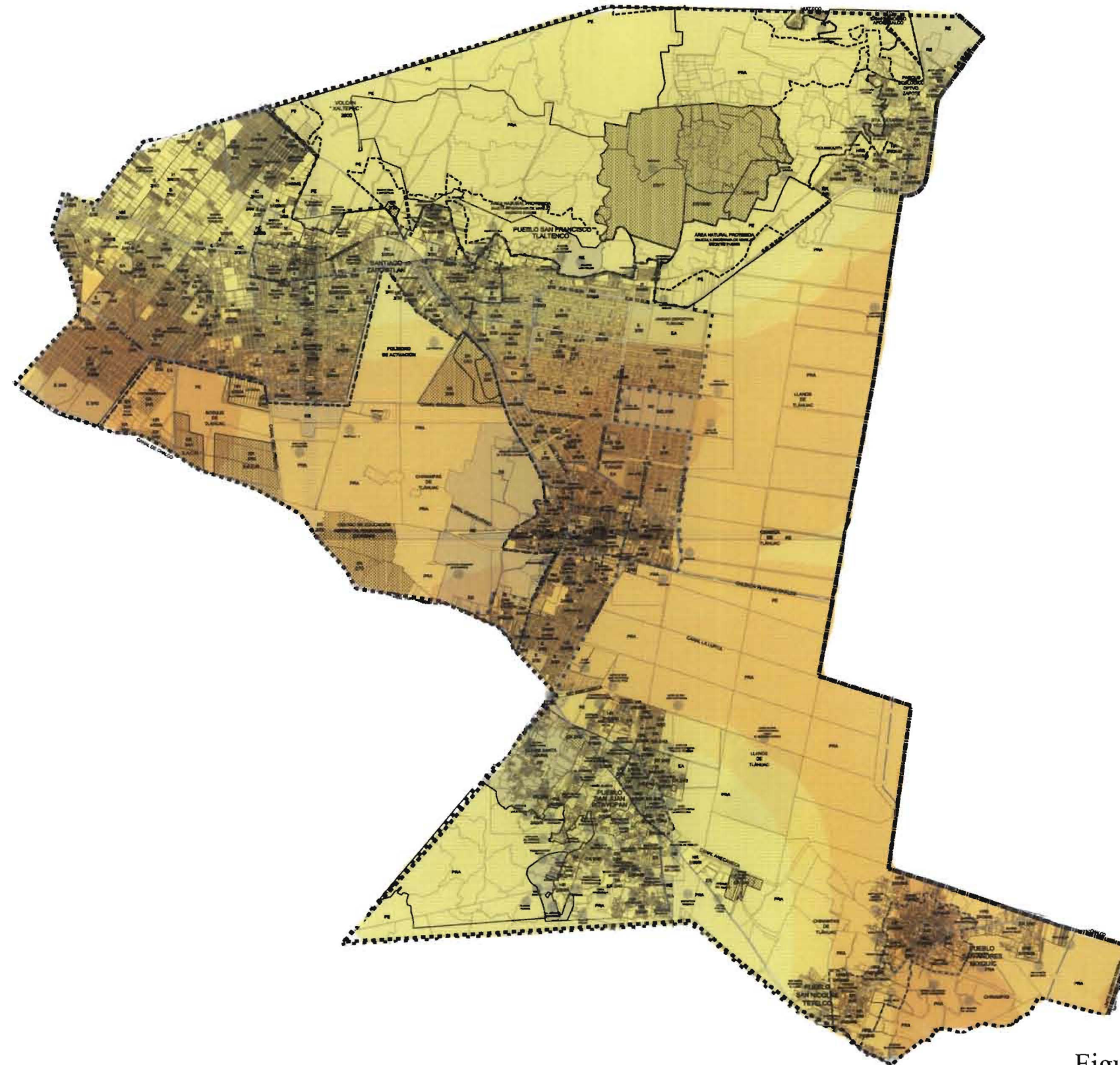
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.0$  segundos



## DELEGACIÓN TLAHUAC

Valores de  $S_a$   
 $\text{cm/seg}^2$

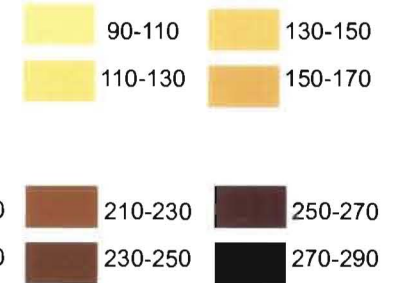
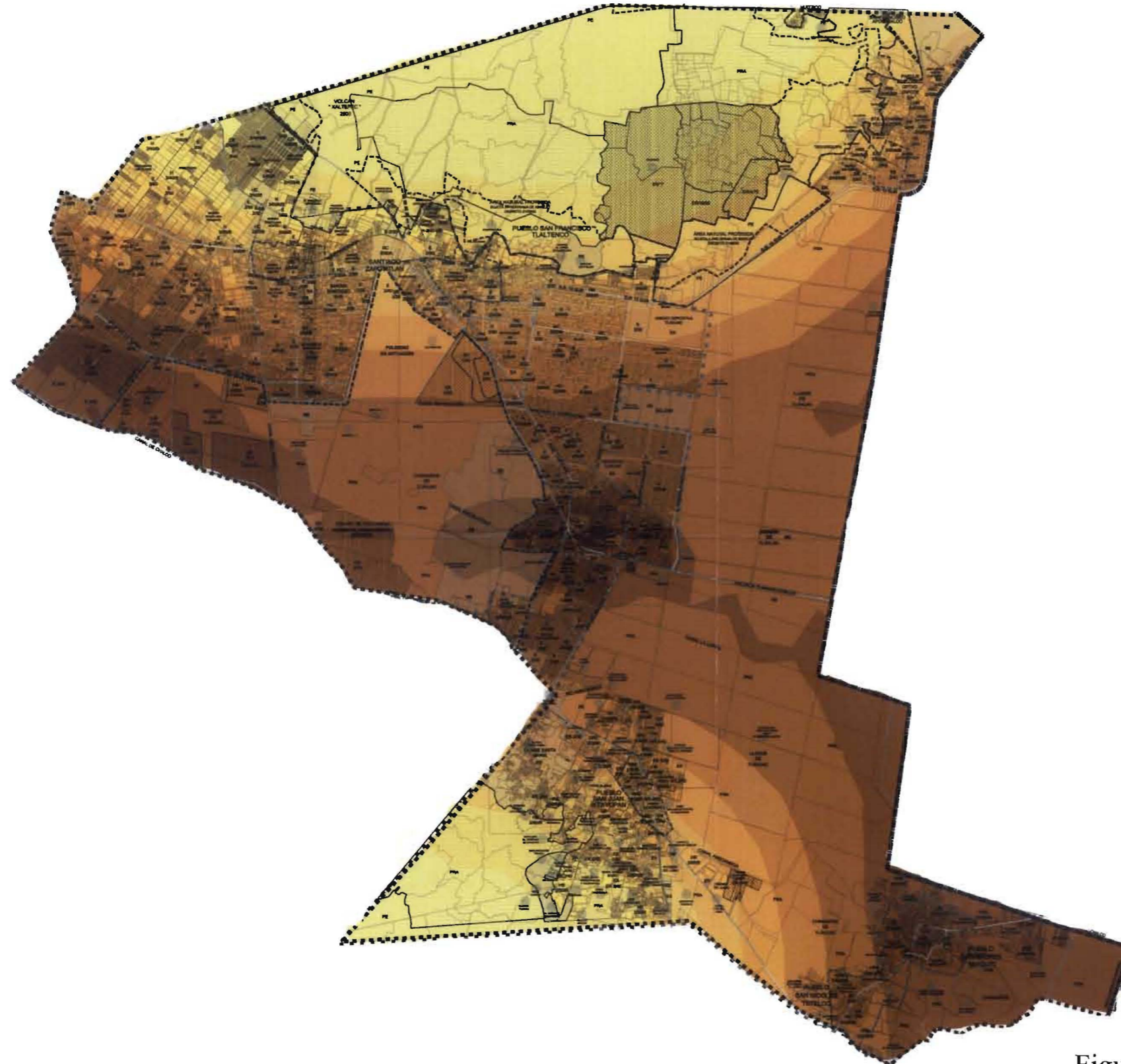


Figura III. 2.22

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.3$  segundos



## DELEGACIÓN TLAHUAC

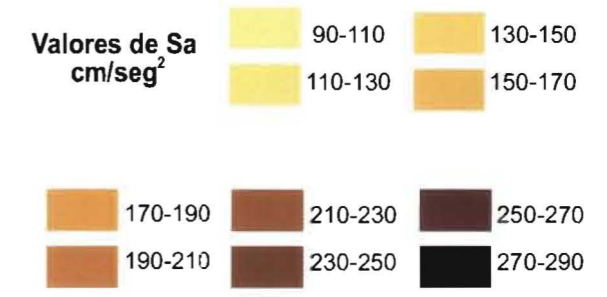
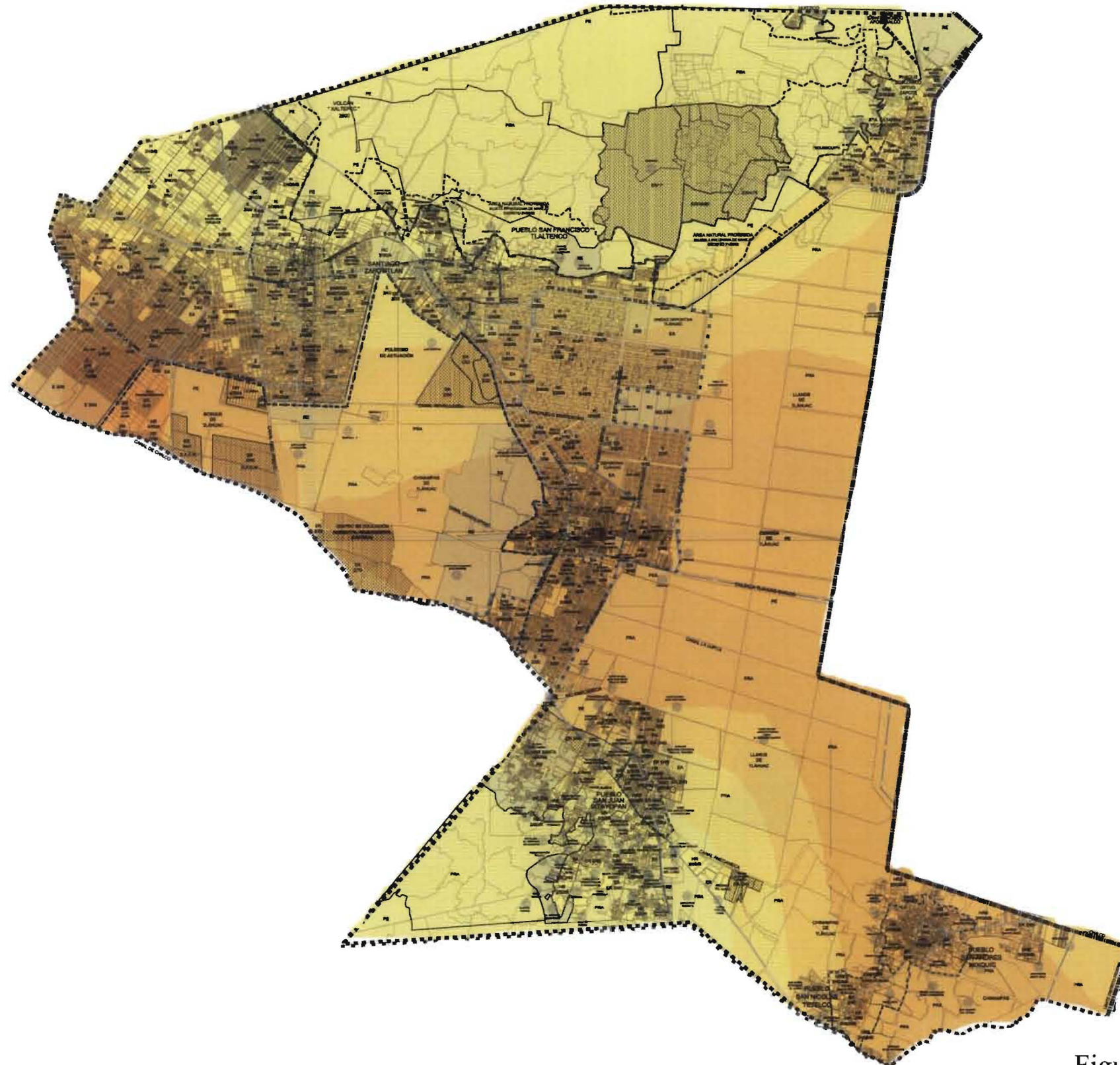


Figura III. 2.23

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 2.0$  segundos



## DELEGACIÓN TLAHUAC

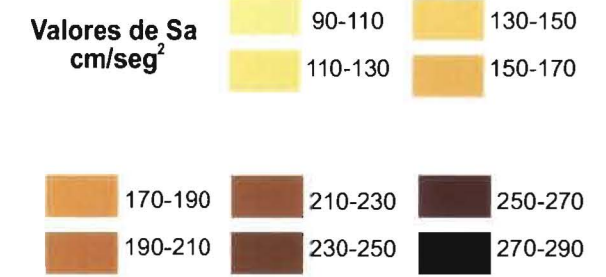


Figura III. 2.24

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.0$  segundos



DELEGACIÓN VENUSTIANO CARRANZA

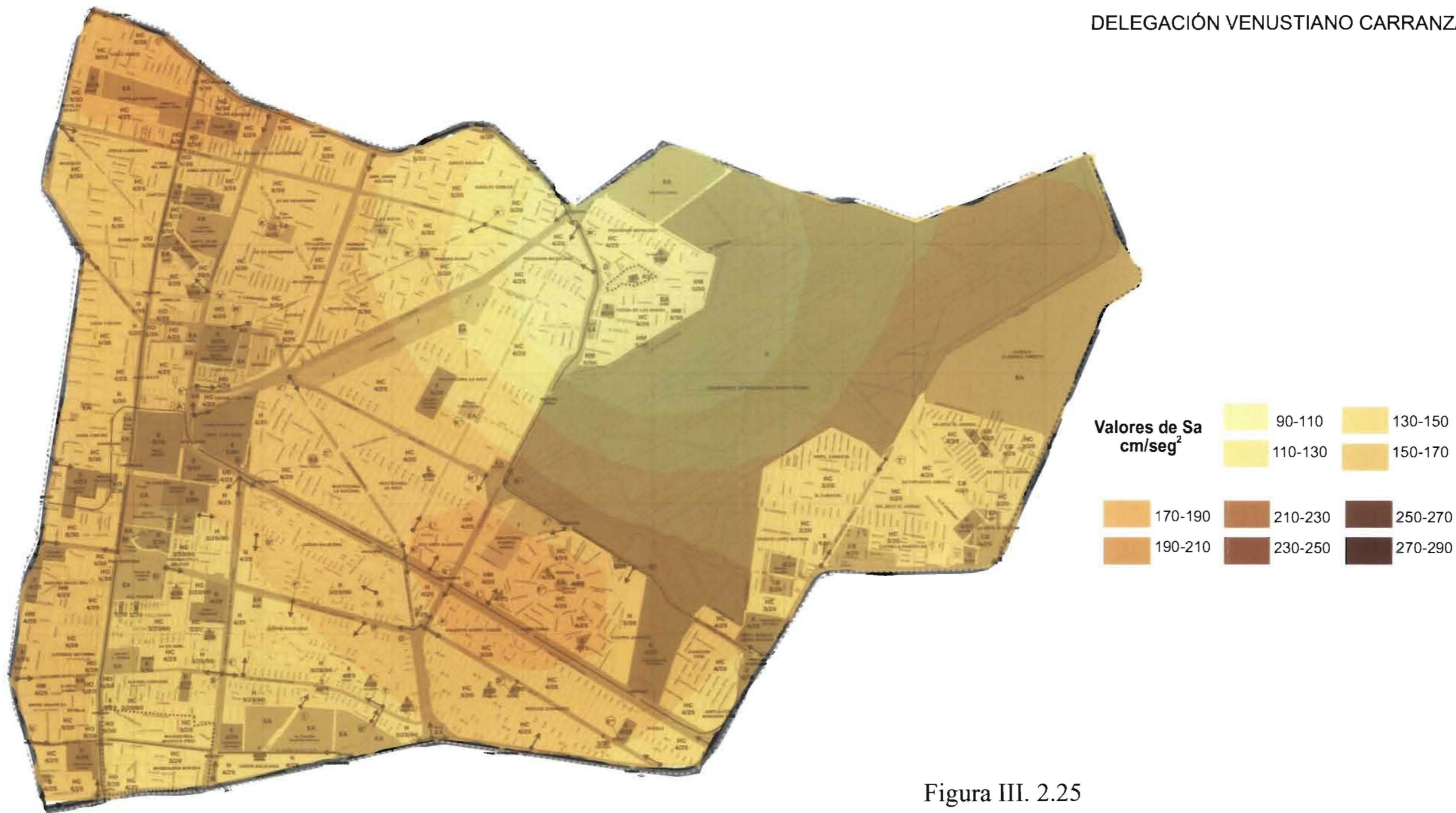


Figura III. 2.25

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.3$  segundos



DELEGACIÓN VENUSTIANO CARRANZA



Figura III. 2.26

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 2.0$  segundos



DELEGACIÓN VENUSTIANO CARRANZA

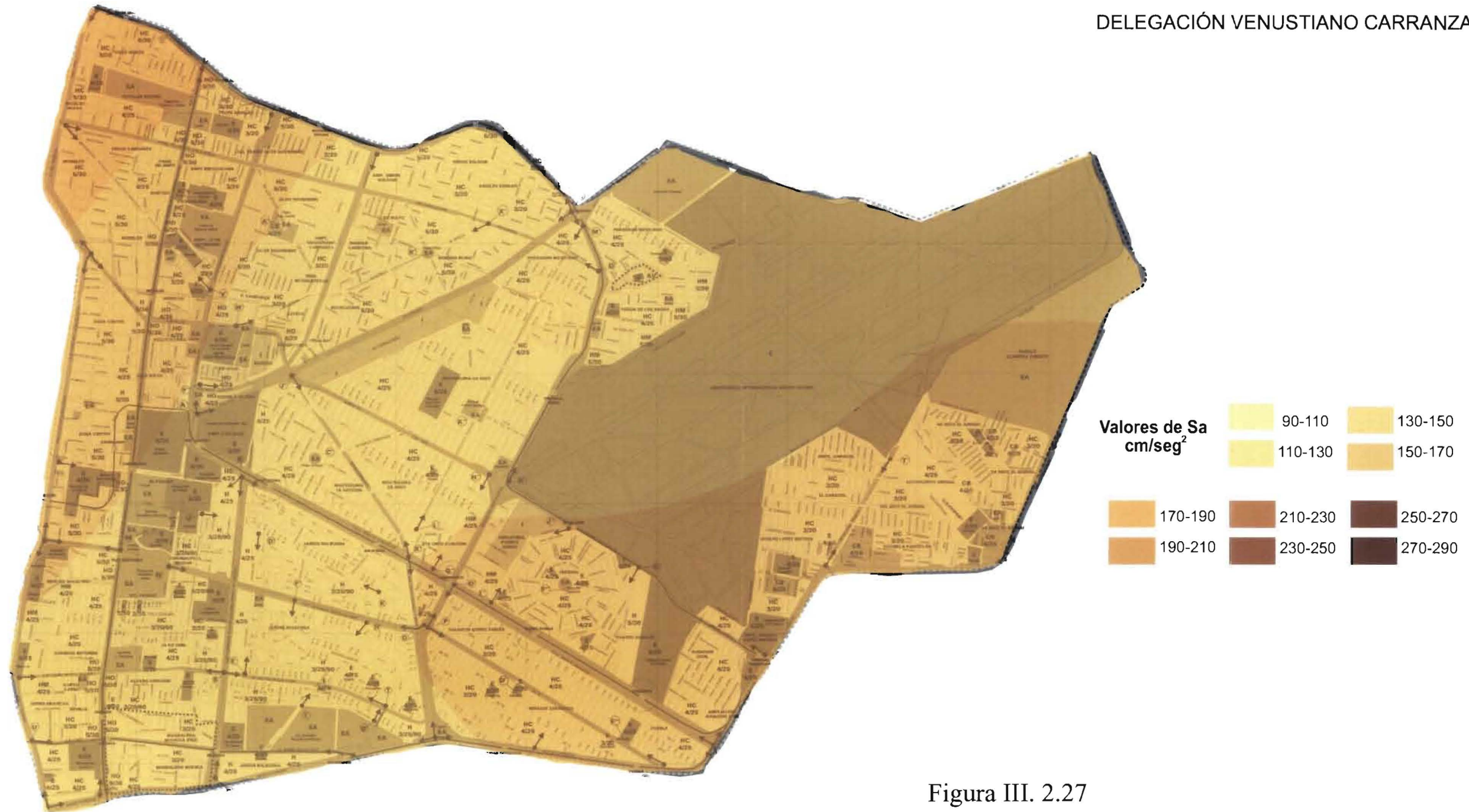


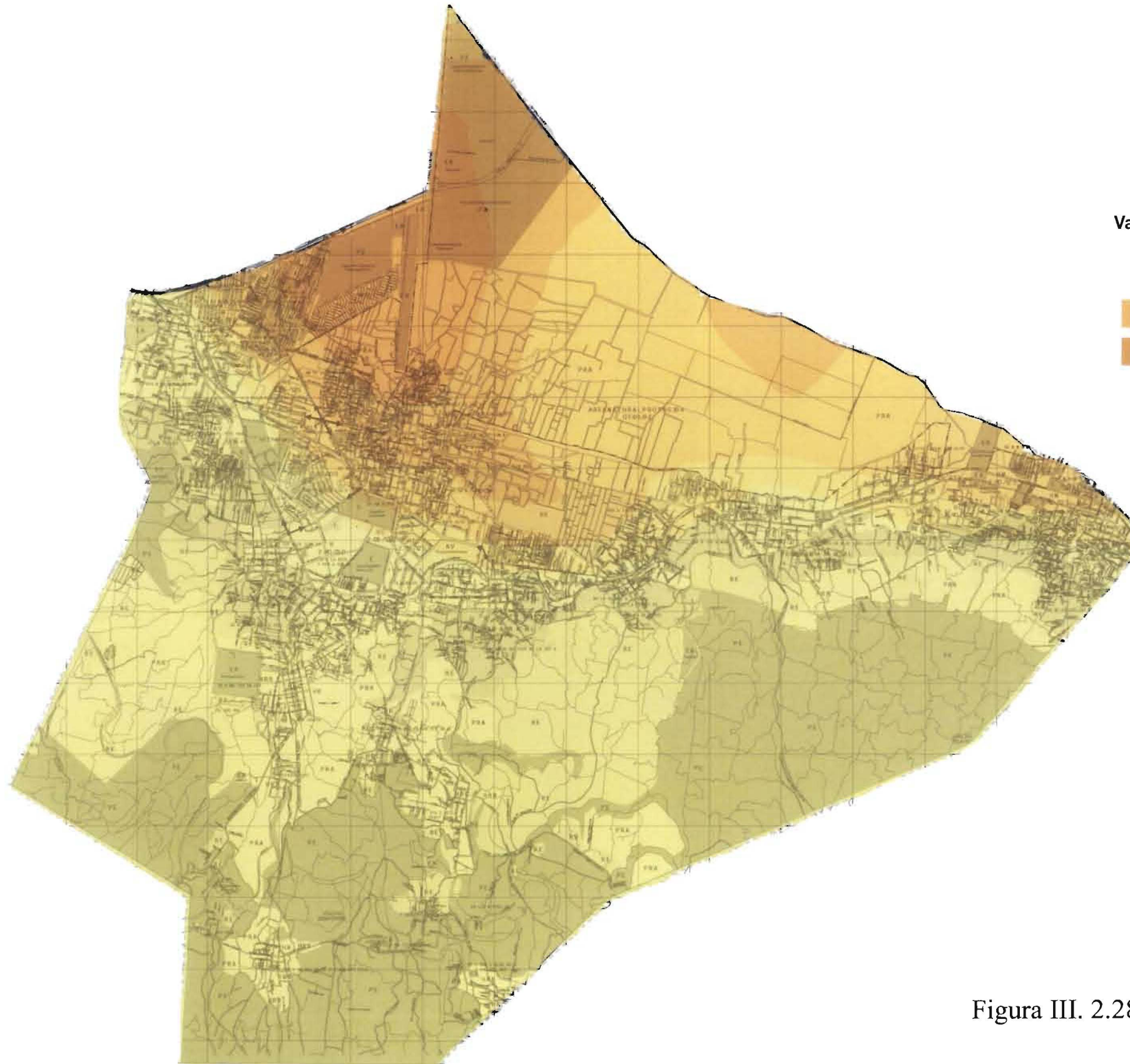
Figura III. 2.27



# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.0$  segundos



## DELEGACIÓN XOCHIMILCO

Valores de  $S_a$   
 $\text{cm/seg}^2$

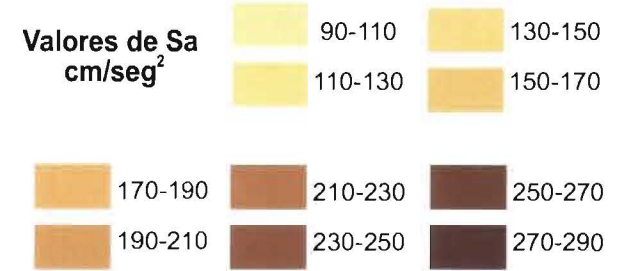
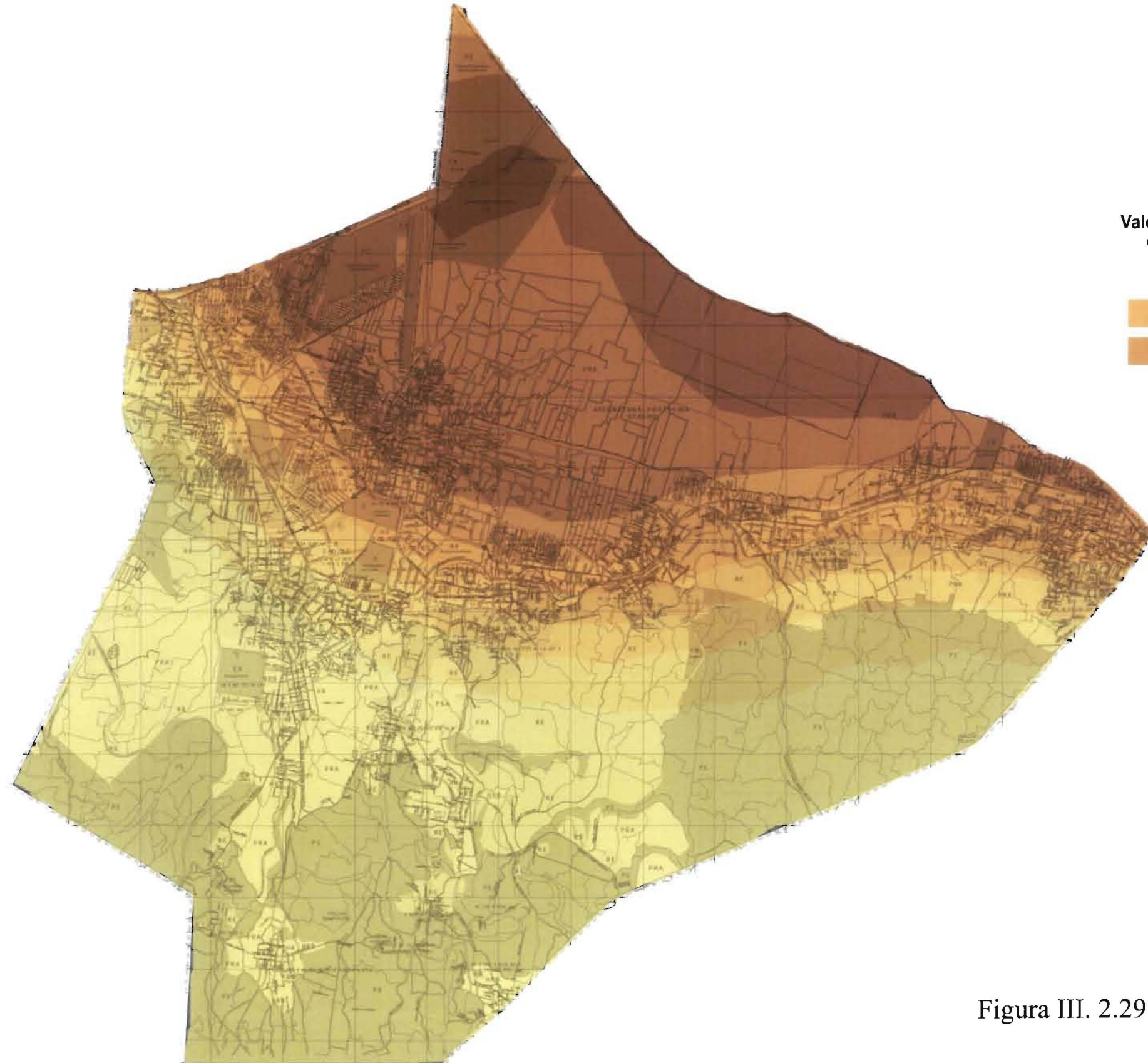


Figura III. 2.28

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 0.3$  segundos



## DELEGACIÓN XOCHIMILCO

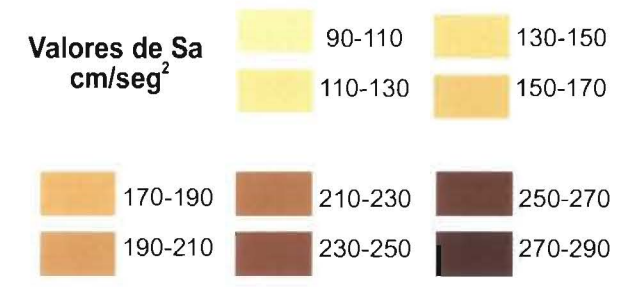
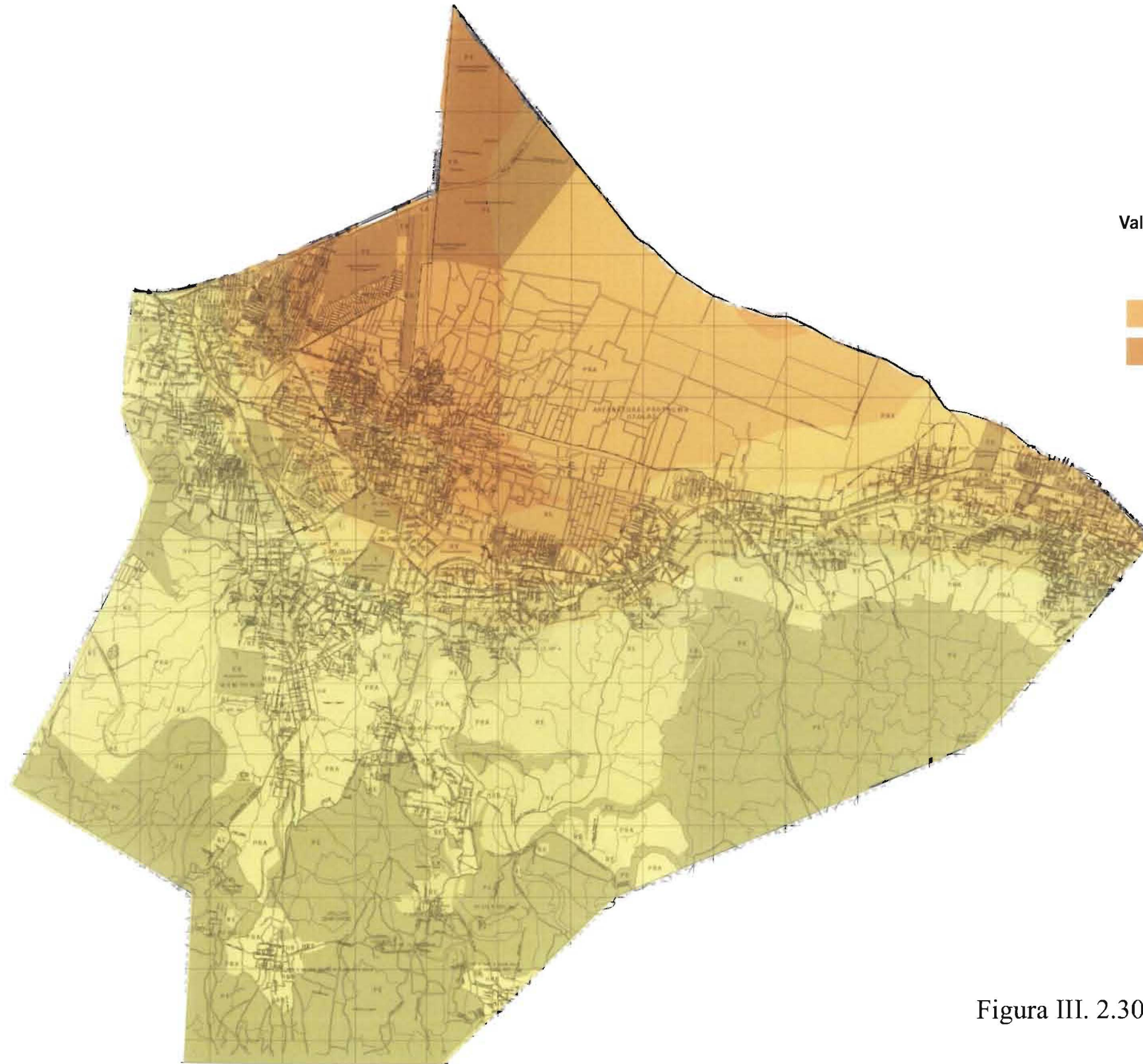


Figura III. 2.29

# Mapa de Peligro Sísmico para la Ciudad de México



Periodo de Retorno  $T_r = 125$  años  
 $T = 2.0$  segundos



## DELEGACIÓN XOCHIMILCO

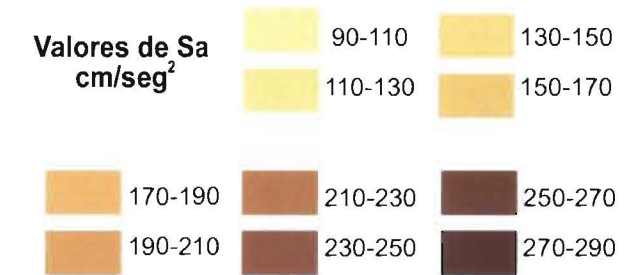


Figura III. 2.30

#### **IV. Recomendaciones técnicas para minimizar la afectación ante un riesgo sísmico potencial**

Las propuestas que a continuación se exponen, tienen que ver con la planeación de los usos del suelo, y la vigilancia de la seguridad estructural por parte de las autoridades del Distrito Federal. Esas ideas, han sido discutidas con varios especialistas de cada una de las materias que se ven involucradas para la solución de los escenarios aquí planteados. Si bien hay diferentes perspectivas y formas de solucionarlos, esta es una de manera que puede representar grandes ahorros y beneficios a toda la sociedad. Se involucran temas de configuración sísmica de edificios, errores en procesos constructivos y la situación actual de los Directores Responsables de Obra en el D.F.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

#### IV.1 Aspectos del proyecto estructural que se deben cuidar

Hay que tener presente que todas las configuraciones estructurales traídas de países de baja sismicidad, seguirán siendo puestas, desgraciadamente, en evidencia en el próximo gran sismo. La sociedad no lo sabe. El reducido grupo de expertos en la materia de ingeniería sísmica, no alcanza a llevar sus conocimientos a la gran masa de la población. Así, la cultura sísmica (aún en sus nociones elementales), debería alcanzar a la totalidad de los ingenieros civiles.

Mi propuesta concreta en beneficio de la sociedad en su conjunto, es aumentar el número de divulgadores de la cultura sísmica, a través de unas conferencias, o un corto seminario obligatorio para todos los estudiantes de ingeniería civil de la Facultad de Ingeniería, en los que se abordaran los conceptos (aún solo los básicos) de la Ingeniería Sísmica. La invitación del Dr. Rosenblueth, canalizada desde la autoridad académica.

Que no quede un solo Ingeniero Civil, egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, que frente a un edificio recientemente dañado por un sismo severo, se limite a decir: "es que tembló muy fuerte". La sociedad lo exige.

A manera de listado, se presentan los conceptos de Ingeniería Sísmica que en el cumplimiento del servicio social, me fueron aclarados uno a uno. La justificación de éstos se presentó en el capítulo I de este trabajo, y brevemente se resumen aquí. Este decálogo conforma sin duda para mí, el mejor resumen de la experiencia provechosa en un breve lapso a que se refería el Dr. Rosenblueth.

1.- Al diseñar un edificio, buscar que no coincida el período dominante del terreno, con el modo fundamental de vibración de la estructura. El riesgo de que la estructura sufra grandes daños, y sus ocupantes experimenten sensaciones de inseguridad ante grandes movimientos, es mayor cuanto más se acerca el periodo de la estructura a la

del terreno. En los subtítulos 1.3.1 y 1.3.2 sea borda este tema. Este trabajo busca que los Planes de Desarrollo hagan evidente el riesgo de esta coincidencia.

2.- Diseñar estructuraciones sencillas, ortogonales en planta, simétricas, no esbeltas y no alargadas. La mejor manera de enfrentar la torsión en una estructura, es evitándola. En el subtítulo 1.3.5 de esta tesis se profundiza al respecto. En casos en los que aparezca, se debe cuidar la resistencia de los elementos que la contrarrestan.

3.- Buscar estructuraciones sin cambios bruscos de rigidez en elevación. En el subtítulo 1.3.3 se detalla esta situación. Se resume con evitar la aparición y/o desaparición de muros, o secciones de planta, en distintos pisos del edificio. Estas configuraciones aumentan la probabilidad de falla de las estructuras.

4.- Dotar a los entrepisos de rigidez suficiente. Como se mencionó en el subtítulo 1.3.5, las losas poco rígidas en su plano, pueden presentar alabeos bajo sismos severos. Este es uno de los inconvenientes de las losas aligeradas, las cuales aparte de presentar vibraciones, presentan deformaciones en sus losas al momento de un sismo. Las losas delgadas o aligeradas pueden ocasionar desplazamientos irregulares de las columnas al momento de un sismo. Las losas deben diseñarse para que transmitan sus empujes bajo la acción de un sismo, a la estructura portante de manera previsible.

5.- Buscar que la distribución de la carga muerta y viva sobre la estructura, sea de la manera más uniforme posible. Caso contrario, se presenta de nuevo el fenómeno de torsión.

6.- Buscar que la estructura en su conjunto presente un comportamiento dúctil. Gracias a un buen proyecto estructural, al detallado en sus elementos y una

cuidadosa construcción, el resultado debe ser una estructura segura y económica. La ductilidad permite a la estructura, soportar mayores cargas horizontales bajo comportamiento elástico, como se trató en el subtítulo 1.3.5.

7.- Evitar diferencias en la rigidez lateral. En el subtítulo 1.3.3 se definieron estos conceptos, y se fundamentan las razones técnicas. Básicamente, mantener las mismas secciones estructurales en toda la altura del edificio.

8.- Mantener una densidad de la estructura en planta adecuada. La relación que hay entre los metros cuadrados que ocupan los elementos estructurales y los metros cuadrados de la planta se denomina densidad estructural. Una densidad adecuada, según Arnold y Reitherman (1987), puede evitar a torsiones y complicaciones de estabilidad.

9.- Evitar la falla frágil de muros de barro prensado o extruido. El uso de este material requiere de una esmerada supervisión al momento de colocar el acero de refuerzo. Se deben preferir estructuraciones que definan un comportamiento pronosticable. En el siguiente subtítulo se retoma el tema.

10.- En el diseño estructural, la computadora sin tener detrás un Ingeniero con amplia experiencia, comete errores garrafales. Esta afirmación es debida al Ing. Oscar De Buen López de Heredia. Los sismos no leen memorias de cálculo, diría al respecto el Dr. Oscar Hernández Basilio. El quehacer profesional, nos recuerda la obligación de siempre permanecer en constante estudio. La ciencia de modelar una estructura en una computadora sólo se perfecciona con los años. "No hay espectáculo más deplorable, que la ignorancia en acción" (Goethe).



Casi todo se puede hacer, sin embargo es bueno recordar lo siguiente: ¿Cuántos Ingenieros estructuristas, podrán darse a la tarea de calcular con certeza en zona sísmica un edificio que no cumpla con los enunciados antes mencionados? Yo creo que ninguno.

Como muestra, un botón: El nuevo edificio que ocupa la Secretaría de Relaciones Exteriores, enfrente del Hemiciclo a Juárez, con 110 metros de altura, reta al próximo sismo con todas las de ganar. El laureado arquitecto Ricardo Legorreta, limitó su diseño a las consideraciones sísmicas impuestas por los ingenieros Daniel Ruiz y Oscar De Buen. El resultado fue obvio: un bellissimo edificio, concebido expresamente para una zona de alta sismicidad.

Todos los retos estructurales en zonas sísmicas se pueden diseñar, y están permitidos por las Normas Técnicas Complementarias. Sin embargo, me atrevo a recordar una plática con un ingeniero mecánico de la Facultad, cuando comentábamos de un carro con una caja de velocidades convertible de automática a estándar. El comentario versó con qué el sistema al ser más complicado, su probabilidad de falla era por necesidad mayor. Esas cajas de velocidades, en poco tiempo necesitarían un mantenimiento mayor importante.

Pasa lo mismo con los sistemas estructurales: al momento de tomar mayores retos, su diseño es más complicado, costoso y tiene mayor riesgo de falla. La falla no sólo se induce con las fuerzas, también por los errores que se cometen al modelar los sistemas estructurales complejos en una computadora. Los criterios de modelado pueden no ser los correctos. Estas situaciones se sugieren evitar en zonas de alto riesgo sísmico, como la Ciudad de México, a pesar de ser criticados como conservadores en nuestras configuraciones.

Se le preguntó al Doctor Luis Esteva Maraboto: Si a usted le dieran a escoger vivir en uno de los dos siguientes edificios, ¿Cuál escogería? Ambos edificios están rigurosamente

supervisados y diseñados por ingenieros de renombre, tienen el mismo número de niveles, y son estructuras de concreto. Uno de ellos tiene un periodo distinto al periodo del terreno y presenta muy poca torsión. El otro edificio tiene un periodo similar al periodo del terreno y presenta bastantes torsiones sísmicas, pero su estructura contempla estas situaciones y está dotada de mayores cuantías de refuerzo y concreto.

Él respondió: Sin duda el segundo edificio presenta un reto para la ingeniería, por lo cual lleva más incertidumbre implícita que el primero. Una estructura regular y alejada del periodo natural siempre dará sensación de mayor seguridad al ocuparla y al diseñarla. Sin embargo, la tendencia de los códigos de diseño debe ser la de hacer equiparables las probabilidades de falla de ambas estructuras. Es muy cierto que el costo de una estructura irregular con la misma probabilidad de falla que una regular es bastante mayor.

## IV.2 Criterios a vigilar en el procedimiento constructivo de una edificación

Un edificio bien diseñado será, por lo general un edificio bien construido. Las grandes obras, cuentan con los recursos y personal idóneo para realizarlas, bajo las más estrictas normas de calidad. Sin embargo, hay que recordar que sólo una pequeña parte de las construcciones caen en ese caso.

Obras chicas y medianas, se ven constantemente asechadas por carencia de recursos, falta de supervisión competente y el uso de materiales no apropiados.

El uso de técnicas constructivas novedosas, traídas de países de baja sismicidad, seguirán siendo puestas, desgraciadamente, en evidencia en el próximo gran sismo. La sociedad no lo sabe.

Se presenta a continuación, un listado de casos representativos de riesgo estructural observados en las construcciones de la Ciudad de México.



Figura IV.2.1 Vista de la ranura horizontal en muro en planta baja

- **Síntomas de deterioro estructural**  
Muros, traveses o columnas con agrietamientos visibles.  
Losas colgadas, columnas o muros desplomados.  
Hundimientos diferenciales evidentes.

- **Construcciones anteriores a la Normatividad actual.**
  - Inmuebles de dos o más pisos soportadas exclusivamente por muros paralelos en planta baja.
  - Edificaciones apoyadas en columnas demasiado esbeltas.
  - Construcciones sin separación con sus vecinos.
  - Edificios en esquina con falta evidente de rigidez en fachadas.
  - Plantas bajas flexibles soportando pisos superiores rígidos.
  - Cambio de sección de las columnas en los niveles superiores.
  - Carencia o insuficiencia evidente de castillos en muros de mampostería.
  - Entrepisos con vigas prefabricadas o de madera en un solo sentido.
  - Losas acasetonadas sin nervaduras principales ni capiteles.
  - Edificaciones con configuraciones actualmente consideradas de riesgo sísmico por su ubicación geográfica.
  - Muros de relleno ligados a la estructura en forma aleatoria.
- **Autoconstrucción (hasta 3 o mas pisos) sin supervisión técnica**
  - Zapatas corridas inclinadas siguiendo la pendiente del terreno
  - Cimentaciones sobre terreno vegetal o rellenos mal compactados
  - Zapatas aisladas sin trabes de liga
  - Columnas de diferentes alturas soportando la casa sobre una ladera
  - Materiales, armados y dosificaciones sin control de calidad
  - Losas con apoyo insuficiente, sobre muros parcialmente ranurados.
  - Marquesinas de concreto solo con el refuerzo en el lecho bajo.
- **Remodelación de inmuebles sin responsable de por medio.**
  - Casas y edificios habitacionales convertidas en oficinas y/o comercio.
  - Plantas bajas de casas o edificios transformadas en garajes, guarderías o salones de fiestas.
  - Pisos en adición a la licencia de construcción original.
  - Ductos eléctricos o hasta de calefacción ahogados en los zoclos.
  - Muros de carga sustituidos por un riel de tren. ("Aguantaba un tren")
  - Muros de carga sustituidos por un tubo hidráulico como columna.
  - Chapoteaderos o albercas en azotea.
  - Techos inclinados, nivelados con relleno para servir de piso a otro nivel.
  - Firmes colados a topé contra los muros perimetrales, sobre las antiguas vigas y duelas de madera que servían de entrepiso
  - Recorte de la sección de elementos estructurales, en muchos casos con desaparición parcial del refuerzo longitudinal y sus estribos.

La lista es interminable, las consecuencias, sin remedio evidentes a cada sismo.

### V.3 Acciones que deben tomar los Directores Responsables de Obra y Corresponsables

El Título III del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal engloba los 15 artículos en donde se plasman las atribuciones, responsabilidades, sanciones y criterios para admitir a los Directores Responsables de Obra (DROs) y los Corresponsables. Hay tres tipos de Corresponsables: Corresponsable en Seguridad Estructural, Corresponsable en Diseño Urbano y Arquitectónico y Corresponsable en Instalaciones.

Según el reglamento, Director Responsable de Obra es la persona física auxiliar de la Administración, con autorización y registro de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, que se hace responsable de la observancia de la Ley, de este Reglamento y demás disposiciones aplicables, en el acto en que otorga su responsiva relativa al ámbito de su intervención profesional.

El corresponsable es la persona física auxiliar de la Administración, con autorización y registro de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, con los conocimientos técnicos adecuados para responder en forma conjunta con el Director Responsable de Obra, o autónoma en las obras en que otorgue su responsiva, en todos los aspectos técnicos relacionados al ámbito de su intervención profesional, y deberá cumplir con lo establecido en la Ley, en el Reglamento de Construcciones del DF, y en las demás disposiciones aplicables.

Para los fines que interesan a la tesis, el director responsable de obra debe:

- Conocer al detalle el Reglamento de Construcciones y sus Normas Técnicas Complementarias
- Tener mínimo cinco años de experiencia en construcción
- Supervisar y responsabilizarse por la ejecución de una edificación

- Emitir dictámenes de seguridad estructural
- Notificar los irregularidades de la obra con respecto al Reglamento de Construcciones a la Delegación correspondiente
- Responder por los incumplimientos al Reglamento de Construcciones y sus Normas Técnicas Complementarias
- Vigilar los procedimientos de construcción
- Verificar el estricto apego de la construcción a los planos de proyecto

En particular, nos referiremos en esta tesis al corresponsable en seguridad estructural. Esta figura debe operar en conjunto con el DRO en edificaciones que cumplan alguna de las siguientes características:

1. Más de 15 m de altura ó 3000 m<sup>2</sup> en la zona III
2. Más de 6,000 m<sup>2</sup> ó 30 m de altura en las zonas I y II
3. Edificaciones cuya falla estructural puede representar un riesgo significativo (ver artículo 139 del Reglamento de Construcciones)
4. Construcciones en zonas de patrimonio cultural e histórico

El corresponsable en seguridad estructural debe:

- Acreditar el conocimiento del Reglamento de Construcciones, y en especial de las Normas Técnicas Complementarias de su especialidad
- Demostrar cinco años mínimos de experiencia en su ramo
- Verificar la realización de estudios geotécnicos correspondientes
- Revisar el diseño de la cimentación y la estructura
- Vigilar los procedimientos de construcción
- Cerciorarse de que la construcción se apegue al proyecto estructural
- Checar que las instalaciones no afecten a elementos estructurales
- Suscribir dictamen técnico de la seguridad estructural de la edificación

- Llevar control de calidad de los materiales empleados
- Responder por cualquier violación al Reglamento de Construcciones y las Normas Técnicas Complementarias de su competencia.
- Notificar cualquier irregularidad que observe al DRO y/o a la Delegación

Los DROs y corresponsables pueden ser removidos o retirados de sus responsabilidades durante la construcción, siempre y cuando esta situación se fundamente. La responsabilidad de los DROs y corresponsables expira a los 10 años de terminar su responsiva o de haberse expedido la autorización de ocupación. Según la gravedad de la problemática que se suscite bajo su responsabilidad, es la sanción que reciben de acuerdo con el Artículo 42 del Reglamento de Construcciones del DF.

Las figuras de DRO y corresponsable en seguridad estructural son claves en las edificaciones para garantizar seguridad sísmica. La creación de estas figuras vino después del sismo de 1985 en el D.F. El Gobierno de la Ciudad espera que las atribuciones que se les otorgan sean llevadas a cabo al pie de la letra. La sociedad necesita que así sea también.

Hablar de lo evidente se vuelve cada vez más difícil. Parece que las autoridades dieron por hecho, que por decreto o mediante un curso preparatorio, un vicio de años puede desaparecer. La figura del Director Responsable de Obra, está cargada de todas las responsabilidades, pero el "mercado profesional" no lo ha reconocido.

Se llega al caso en que la firma de los DROs y corresponsables son un burdo trámite. Ante esta situación, algunos ingenieros solo dan su firma por las obras que calculan y supervisan.

La justificación de esto es que los constructores ya tienen supervisión propia, y no requieren más que estas firmas, para arrancar el trámite de inicio de construcción. Siendo

que el DRO es el supervisor legal de las edificaciones. La figura de los responsables y corresponsables se ha degradado poco a poco. El gremio de los DROs debe fortalecerse para cumplir sus estrictas obligaciones.

La obtusa mentalidad de competencia mal entendida, ha llevado a los edificadores a creer que el mejor DRO es aquel que no se mete en los problemas de la obra y cobra barato. Se debe dar un cambio de mentalidad en la competitividad y seguir por ejemplo, la estructura rígida de los notarios públicos.

Sería muy distinto si los DRO y los corresponsables se dedicaran de tiempo completo a las obras que supervisan. Para esto, la mentalidad de competitividad entre estas figuras debe ser a nivel profesional, y no a nivel de honorarios. Se deben fijar aranceles y fortalecer la imagen pública que un DRO tenga. Ni la sociedad, ni el gobierno ni el gremio de ingenieros deben permitir la situación que se está viviendo.

La importancia del trabajo de un DRO es Inobjetable, porque tiene bajo su responsabilidad la seguridad de vidas humanas ante un siniestro. Su trabajo debe ser así reconocido. Se deben ver compensados sus ingresos para dedicarse a la supervisión de tiempo completo. La remuneración que perciba debe ser adecuada a la responsabilidad que desempeña y al tiempo que debe dedicarle a cada obra.



#### IV.4 Propuesta de esquemas legales para fortalecer la supervisión

Ante las situaciones expuestas en el subtítulo IV.3, se propone fortalecer a los Directores Responsables de Obra y corresponsables. La meta a mediano plazo de esta propuesta es contar con un selecto grupo de ingenieros cuyos méritos profesionales les permitan encabezar un despacho de supervisión. La supervisión debe ser desde la planeación de las edificaciones hasta la operación de las mismas, siguiendo los lineamientos que hoy marca el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

Los ingenieros que encabecen estos despachos deben respaldar con su firma la correcta ejecución del proyecto ante las autoridades. Sería altamente recomendable que para permitir una nueva construcción, se requiera solo el visto bueno de un DRO y sus respectivos corresponsables en su caso. Estas figuras jurídicas deben ejercer su autoridad, y cobrar honorarios bajo un arancel que les permita trabajar en esto de tiempo completo.

Se consultó un esquema jurídico para plantear una estructura que permita a estas figuras lograr sus objetivos. La figura de los Notarios Públicos es lo que más se asemeja a los atributos que se recomiendan para los DROs y corresponsables. La Ley del Notariado para el Distrito Federal inspiró esta propuesta.

Se debe fundamentar en el artículo 122 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y en el Estatuto de Gobierno del D.F., la necesidad de que la Asamblea Legislativa del D.F. legisle en materia de la Dirección Responsable de Obras y Corresponsabilidades. Esta situación haría necesaria una Comisión de Dirección de Obras dentro de las nuevas legislaturas, además de la creación de una Ley de los Directores Responsables de Obra y Corresponsables.

La nueva Ley de los Directores Responsables de Obra y Corresponsables debería contener los mismos lineamientos que se señalan en Reglamento de Construcciones del Distrito

Federal, y que fueron resumidos en el subtítulo IV.2. Adicionalmente, debería expresar los siguientes puntos importantes:

1. Que corresponde al Jefe de Gobierno expedir las **patentes** de Directores Responsables de Obra y corresponsables, así como expedir el decreto de creación de nuevas plazas.
2. Que el número de patentes para ejercer como DRO y/o corresponsable esté sujeto a un estudio estadístico – económico de demanda de estos servicios. El número y la creación de nuevas patentes debe definirse en función de la población existente por la Comisión de Admisión de Directores Responsables de Obra y Corresponsables.
3. Las funciones del Colegio de Directores Responsables de Obra y Corresponsables como ente garante de la admisión y certificación de los DROs y corresponsables. (Puede ser el propio Colegio de Ingenieros Civiles o bien elevar a rango de Colegio a la Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables AMDROC)
4. Dicho Colegio debe ser responsable de los **exámenes de oposición** para concursar por las **patentes** vacantes o de reciente creación. Además, debe establecer **aranceles mínimos** para los servicios profesionales de sus agremiados.
5. Que las autoridades del Distrito Federal (principalmente la Secretaría de Obras y Servicios y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda) deben prestar la ayuda necesaria para el ejercicio de las funciones de los DROs y Corresponsables.
6. Que los DROs y Corresponsables no deben aceptar más asuntos que los que puedan realmente atender en su función de vigilancia de la calidad constructiva.
7. Instituir la figura de aspirante a DRO y/o Corresponsable tras un examen de oposición.
8. Normar los detalles de la aplicación de los exámenes de oposición.
9. La obligación de registrar las patentes ante las autoridades competentes.
10. Exigir tener sellos oficiales para validar la firma de DRO y corresponsables en los planos, dictámenes, vistos buenos, licencias de construcción, etc.

11. Regular la expedición de documentos, y de cambio de DRO y/o Corresponsable.
12. Señalar la necesidad de suplir, sancionar o remover a los DROs y Corresponsables, cuando estos se vean impedidos a supervisar los proyectos por **cuestiones de salud**, o de otros trabajos.
13. Normar la inspección y vigilancia periódica de autoridades competentes a las Obras, para autenticar que los DROs y corresponsables se encuentran al pendiente de su trabajo, y lo están ejerciendo adecuadamente.
14. Señalar las funciones de las Instituciones que deben apoyar a los DROs y corresponsables.

Se sugiere que el número de las patentes de DROs se acojara a las necesidades de oferta y demanda, pero otorgando a los DROs, honorarios que les permitieran ejercer sus funciones de tiempo completo. Se recomienda hacer estudios estadístico - económicos.

Al 18 de diciembre de 2008, hay 880 DROs vigentes en el D.F. Sin embargo, hay 1,102 registros no vigentes. Respecto a los Corresponsables en Seguridad Estructural, hay 110 registros vigentes y 100 no vigentes. Dentro de los registros no vigentes se encuentran los profesionistas ya fallecidos, los sancionados y los que no han renovado. Se exhorta a hacer una revisión de este número. Este plan puede tener dos diferentes premisas básicas:

- No admitir a más DROs y corresponsables, hasta que el número de estos no sea el conveniente.
- Aplicar examen de oposición para encontrar a los más aptos de entre los 880 existentes.

El número de patentes de Corresponsables debe fijarse tras un estudio estadístico - económico que tome en cuenta el número de obras que requieren de estos profesionales.

#### IV.5 Relación entre la mitigación propuesta del riesgo sísmico con la evaluación de proyectos de edificación

Este subtítulo comenta una situación acontecida en un edificio ubicado en Ángel Urraza esquina Eje Central en la Ciudad de México. Se remite al Apéndice 1 para mayor información del proyecto. Al terminar de construir el edificio, los ocupantes se quejaban constantemente de sentir que la estructura “temblaba” mucho. Esto generó que se llevara a cabo un estudio de vibración ambiental.

Las conclusiones fueron muy interesantes. El periodo de la estructura coincidía con el periodo que le imponían las vibraciones de los camiones que iban hacia la Central de Abastos, y se encontraban con el desnivel del pavimento que hay entre el Eje Central y Ángel Urraza. La solución consistió en hacer una rampa para evitar esta situación. Desde entonces, los estudios de sitio son obligados en la empresa edificadora para prevenir riesgos.

A manera de ejemplo, cabe señalar que la cotización de un espectro de sitio por una empresa reconocida de Ingenieros Consultores, para un terreno de 300 m<sup>2</sup> en la Colonia del Valle fue de \$ 57,000.00 iva incluido, el día 17 de diciembre de 2008. Previamente se requiere un estudio de mecánica de suelos con sondeos de penetración estándar a 25 m de profundidad.

Como se mencionó en el último párrafo del subtítulo IV.1, una estructura que su proyecto cumpla con las recomendaciones técnicas de proyecto estructural y de supervisión aquí señaladas, en general tiende a ser más económica y más segura. Se deben eliminar las demandas que genera la torsión y la resonancia, para que las necesidades de materiales disminuyan y la seguridad tienda a ser mayor. Adicionalmente, un espectro de sitio permitirá conocer las fuerzas sísmicas reales a las que se somete una estructura, y logrará prevenir que entre en resonancia o en diseños conservadores. Estas prevenciones pueden significar ahorros significativos.

La mitigación adecuada el riesgo sísmico no está reñida con el costo de construcción. La fase de ahorro de una construcción está principalmente en el proyecto. El éxito financiero que reporte una determinada edificación al promotor de proyectos, depende más bien de decisiones gerenciales y financieras como son, entre otras:

1. **Ubicación del proyecto.** Posiblemente es la decisión más importante en cuestiones de bienes raíces, y determina su éxito o fracaso. La deseabilidad de una vivienda para sus compradores se ve influenciada por la facilidad de acceso, infraestructura urbana, seguridad de la zona, cercanía a las zonas de estudio y trabajo, etc. Cuando una edificación cumple con estos requisitos, sus probabilidades de venta aumentan considerablemente. La experiencia de un desarrollador es fundamental para cumplir con este objetivo. Con una excelente ubicación, y con el precio de venta alineado al nivel socioeconómico de la zona, se obtiene un buen volumen de desplazamiento del producto.
2. **Administración de precios.** Este aspecto se ve influenciado también por la ubicación, ya que es más fácil que el mercado acepte la actualización de precios en una buena zona. Consiste en actualizar continuamente el valor de inventario de la construcción. El mercado es inflacionario, y esta situación se debe continuamente manejar. Los competidores que apenas comienzan sus construcciones, les sale generalmente más costoso el proceso que lo que le resultó a un edificio terminado similar. Esta situación actúa a favor o en contra. Por ello es importante saberlo manejar, cuidando que los valores de venta se mantengan en el límite máximo donde no afecte de manera negativa la velocidad de desplazamiento del producto.
3. **Evaluación continua de la realidad financiera del proyecto.** Periódicamente se deben comparar los flujos de caja y las corridas financieras reales actualizadas, respecto a los escenarios previstos en la planeación, de acuerdo con Baca (2001).

Esta situación permitirá tomar medidas para corregir el curso de escenarios que mermen la utilidad.

4. Tener una adecuada gerencia de proyectos. Es importante señalar que el trabajo de un gerente de proyectos, según Mahbub (2008), es luchar por la viabilidad financiera, social, técnica, administrativa, económica, ambiental, jurídica, política y de calidad del proyecto en cualquier momento. Un gerente de proyectos debe satisfacer a los clientes e involucrados para lograr sus objetivos. La constante capacitación y adecuada toma de decisiones es crucial.
5. Mantener un adecuado balance entre el capital de riesgo y el de deuda. Para un promotor de proyectos privados, esta situación resulta complicada. De acuerdo con Baca (2001), el capital de riesgo es más costoso respecto al de deuda. Pero en muchos casos el capital de riesgo puede ser propio. En este caso, se debe calcular el costo y riesgo de oportunidad de otras opciones de inversión para el patrimonio de la empresa. En muchas situaciones resulta provechoso invertir la mayor cantidad de capital de riesgo en proyectos más viables, y dejar el capital de deuda en los demás. Sin embargo, la capacidad de endeudamiento y los riesgos que el capital de deuda conlleva son temas complejos de administración financiera.
6. Aprovechar las oportunidades financieras y legales. Se debe estar al pendiente de las noticias que afectan al sector. En ocasiones hay muchas facilidades de créditos, estímulos fiscales y estímulos legales. Se puede mencionar la Norma de Ordenación No. 26 como un ejemplo de oportunidad para los desarrolladores de vivienda de interés social. Para mayor información de los esquemas generales de financiamiento se recomienda consultar a Luna et al (2003).
7. Hacer un estudio de mercado proyectado a futuro. Según Reséndiz (2008), el retraso entre la fecha en que se decide construir un nuevo proyecto inmobiliario, y

aquella en que el propio proyecto se concluye, da lugar a que el mercado cambie del estado de demanda insatisfecha a uno de sobreoferta. Antes de decidir el momento preciso de realizar la inversión, estos estudios son fundamentales.

8. Identificar la situación macroeconómica del sector. Es muy importante conocer si se está viviendo en “sobrecalentamiento” del negocio inmobiliario o una recesión. Durante una recesión, conviene invertir en terrenos y en insumos de la construcción, ya que los precios de estos son bajos, y en un futuro la administración de precios jugará a favor del negocio. Durante un sobrecalentamiento del negocio, vale la pena no invertir en él si no se es experto, debido a que en cualquier momento puede acontecer una recesión.
  
9. Invertir en un buen proyecto arquitectónico. La estética es parte de la estrategia de venta. Sin embargo, es conveniente que durante la fase de desarrollo del proyecto ejecutivo se propongan diseños arquitectónicos simples y los más geométrico posible para evitar costos adicionales en el diseño estructural.
  
10. Tener una buena estrategia fiscal. Se pueden emplear varios recursos legales para amortiguar los efectos del pago de impuestos. Hay excelentes abogados y contadores fiscalistas que pueden asesorar a empresas en estos temas.
  
11. Buscar esquemas de sociedad con los dueños de los terrenos. Hay varias propuestas que se le pueden hacer a los propietarios de los predios. Se le puede cambiar su propiedad por algunos productos de la empresa, o bien pagarle con departamentos terminados de la edificación que se vaya a realizar. La finalidad es evitar hacer grandes erogaciones al principio del proyecto para que la Tasa Interna de Retorno (TIR) aumente considerablemente. La posibilidad de tener éxito en

estas propuestas depende de la trayectoria, buen nombre de la empresa y contratos legales efectivos con los propietarios del predio, principalmente.

Es importante señalar que cuando el precio del terreno resulta barato, debido a una oportunidad o a la situación temporal del mercado, el empresario debe analizar la posibilidad de comprar el terreno, y venderlo más caro después de un tiempo.

12. Cumplir al 100% la reglamentación vigente en cuanto a los ordenamientos para el desarrollo urbano. Al acatar la normatividad correspondiente, disminuye en gran medida, la dilación en la obtención de los permisos y licencias necesarios, así como en posibles clausuras durante la construcción del proyecto. Con ello se logra disminuir la duración del proyecto, y aumentar de manera considerable la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto.
13. Tener parámetros claros en cuanto al porcentaje del valor de venta de proyecto que representa cada concepto. Esto permitirá detectar situaciones que pongan en riesgo la utilidad del proyecto. Por ejemplo, para edificios tipo habitacional clase medio se recomienda que valor del terreno debe de representar entre un 15 a 20% del valor de venta del proyecto. En este mismo tipo de casos, se invita a que cuando el proyecto requiera financiamiento para su desarrollo, el costo del financiamiento no rebase el 10% del valor del proyecto. En la consideración de riesgos del financiamiento, se deberá de considerar que a mayor tiempo de desplazamiento del producto, mayor costo financiero y menor utilidad.
14. Trabajar con un intermediario financiero que opere de manera eficaz y con condiciones económicas que se encuentren en el estándar del mercado. Esto reducirá los tiempos de autorización de los créditos, permitiendo el cobro total del valor de venta del inmueble. Esta necesidad es debida a que un gran porcentaje de las ventas de inmuebles habitacionales, se efectúan mediante un crédito hipotecario.



15. Exceder las expectativas del cliente. Hoy en día se debe de diferenciar el producto respecto al de la competencia en cuanto a sus características físicas y servicios ofrecidos. Contar con un servicio de post-venta permite garantizar la satisfacción del cliente, lo que puede dar origen a recomendaciones, generando una cadena de clientes para proyectos futuros.
  
16. Desarrollar productos con calidad y excelencia. Al construir un proyecto inmobiliario habitacional se está “Generando Ciudad”. Las obras estarán ahí por los próximos 30, 40 ó 50 años, por lo que se debe de tener un compromiso y respeto con la sociedad. He aquí una clave del éxito.

11. 1995年11月，某市发生一起特大火灾，造成多人死亡和重大财产损失。起火原因正在调查中。

## V. Conclusiones

**E**n este capítulo se hace un balance final de los objetivos y alcances propuestos en la Introducción de la tesis. La realización de los mismos planteó retos, que al enfrentarlos enriquecieron el trabajo. Los siguientes enunciados son extractos de esta Investigación.

Tras sobreponer electrónicamente los mapas de riesgo sísmico en los planes de desarrollo vigentes de 10 delegaciones, se detectaron autorizaciones en los planes de desarrollo que coinciden con ser lugares de mayor riesgo sísmico de acuerdo a los mapas de riesgo. Destacan las colonias mostradas en la Tabla V.1. La Tabla V.2 Muestra algunas observaciones que se deben tomar en cuenta al momento de hacer cambios en los planes de desarrollo.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tabla V.1 Coincidencias de los planes de desarrollo con máximos valores de pseudoaceleración posible

Delegación	Colonia(s)	Seudoaceleracion posible (cm/seg <sup>2</sup> )	Riesgo para
Miguel Hidalgo	Anáhuac Popotla Nextitla Agricultura	210 - 230	3 a 6 niveles
Coyoacán	Campestre Churubusco	150 - 170	1 a 2 niveles
	Campestre Coyoacán	130- 170	
	Campestre Churubusco	170 - 190	3 a 6 niveles
	Hacienda Coyoacán	230 - 250	
Ixtapalapa	Res. Las Américas Progresista La Regadera Constitución de 1917 Unidad Vicente Guerrero Colonial Ixtapalapa	230 - 250	3 a 6 niveles
Xochimilco	Aprox 40 % de las superfide	190 - 210	1 a 2 niveles
Cuahutemoc	Peralvillo Felipe Pescador Morelos Asturias Roma Sur Cuahutemos Juárez Niños Héroes	210 - 230	3 a 6 niveles
	Doctores Obrera Roma Norte Planes Parciales Corredores	250 - 270	
			170 - 190
G. A. Madero	Vallejo Panamericana Consulado Belisario Domínguez Vallegómez Emiliano Zapata Eduardo Molina y otras	270 - 290	3 a 6 niveles
V. Carranza	Mayoría de las Colonias	200 - 300	3 a 6 niveles
B. Juárez	Piedad Narvarte Narvarte Unidad Esperanza Villa de Cortés Iztacchuatl	250 - 270	3 a 6 niveles
		230 - 250	

Tabla V.2 Observaciones a considerar al cambiar los planes de desarrollo

Delegación	Colonia(s)	Seudoaceleración posible (cm/seg <sup>2</sup> )	Riesgo para
Xochimilco	Ampliación San Marcos Barrio La Concepción Barrio San Lorenzo	250 - 270	3 a 6 niveles
Tláhuac	Pueblo San Andrés Mixquic Cercanías al Bosque de Tlahuac Llanos de Tláhuac Pueblo de Tulyehualco	270 - 290	3 a 6 niveles
Iztacalco	Mayoría de las Colonias	230 - 300	3 a 6 niveles

Esta tesis defiende la necesidad de evitar que coincidan las mayores fuerzas sísmicas posibles en función de número de niveles autorizados por los usos de suelo debido a:

- 1.- Economía.- Si se realiza un espectro de sitio, se pueden determinar menores fuerzas sísmicas actuantes, y por lo tanto reducir las cuantías de materiales. Adicionalmente, el espectro permite conocer el periodo de resonancia para alejarse de él, y prevenir problemas como el del Apéndice 1. El costo de un espectro de sitio no incide de manera determinante en la utilidad esperada.
- 2.- Riesgo.- Entre más se aleje la estructura de periodos que la hagan entrar en resonancia, más segura será. Se debe tomar en cuenta que varias predicciones esperan la ocurrencia de un sismo con mayor intensidad que el del septiembre de 1985.
- 3.- Sensación de seguridad ante un movimiento sísmico.- Entre mayores sean las fuerzas sísmicas actuantes, mayores desplazamientos sentirán los ocupantes de un edificio.

Tal vez no sea necesario modificar los planes de desarrollo, sino proponer en las Normas Técnicas Complementarias la inclusión de un mapa con periodos estructurales autorizados. Pero la forma más efectiva de cambiar periodos estructurales, sin afectar al rendimiento financiero del proyecto, es modificando la altura del mismo. Muy

posiblemente deba ser una mezcla de ambas propuestas la mejor solución al conflicto. Se debe incluir en la problemática de la planeación de los usos del suelo esta situación, para llegar a una decisión tomada en conjunto por diversos especialistas.

Es muy importante señalar que en los Planes de Desarrollo que se estudiaron, del riesgo sísmico únicamente menciona la necesidad de revisar las estructuras construidas antes de 1986. En algunos casos asocia mayor riesgo sísmico a las construcciones cimentadas en suelo lacustre. Pero no se profundiza más en el tema.

Los mapas de riesgo sísmico son una herramienta muy poderosa para la prevención de desastres por terremotos en las grandes urbes. Su obtención se logra tras un complejo procesamiento de datos registrados por una red de acelerómetros. Los resultados que se consiguen son valores de pseudoaceleraciones determinadas para estructuras de distintos periodos estructurales ante sismos con diferentes periodos de retorno. Los periodos de retorno se asocian a la intensidad del sismo, y los periodos de las estructuras se asocian al número de niveles de estas.

Se recomienda cumplir el decálogo del subtítulo IV.1 en zonas sísmicas. Esto permitirá tener proyectos estructurales más económicos y seguros. La sociedad debe evitar pagar por los riesgos sísmicos en forma de daños o en forma de materiales excedentes para sortear complicaciones estructurales. Por ello se exhorta a que todos los Ingenieros Civiles sean divulgadores de "cultura sísmica" a través de planes de estudio que contemplen esa necesidad. Se remite al subtítulo IV.1 para el decálogo que resume "la experiencia provechosa en un breve lapso" del Dr. Rosenblueth. La justificación del decálogo se encuentra fundamentada en el capítulo I.

El Director Responsable de Obra (DRO) y los corresponsables en seguridad estructural son los profesionistas adecuados para hacerse cargo de la seguridad del proyecto desde su fase de planeación hasta su operación. La seguridad del proyecto es muy importante en la

etapa de construcción, en donde la labor de supervisión es fundamental para mitigar los riesgos que en ese momento, o en un futuro pueda sufrir la edificación. Se presenta en el subtítulo IV.2 un listado de las faltas de supervisión más comunes.

Es muy importante señalar la necesidad de fortalecer al gremio de los DROs y corresponsables. Prácticas profesionales indeseables de los DROs pueden ser motivo de fallas técnicas a corto y largo plazo, por falta del fortalecimiento de estas figuras. En el subtítulo IV.4 se propone un camino jurídico que el gremio de los Ingenieros Civiles puede llevar a cabo para sacar adelante esta situación.

Dicho camino jurídico está inspirado en el esquema legal que rodea a la figura de los notarios públicos. Básicamente se resume en acotar el número de DROs y corresponsables por un estudio estadístico – económico. Es necesario gestionar la aprobación de la Ley de Directores Responsables de Obra y Corresponsables que se propone en el subtítulo IV.4.

Se sugiere que exista una comunicación efectiva entre las Secretarías de Estado para lograr una integración de la información disponible, aplicable a diversos problemas de interés Federal y Local. El hecho que los estudios gestionados por la Secretaría de Protección Civil no sean de amplio conocimiento en la Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda no es recomendable. Al Plan de Protección Civil que se está manejando y toma en cuenta los mapas de riesgo sísmico, se le deben sumar esfuerzos preventivos por reforzar las estructuras que se detecten con riesgos.

El mito de que una mayor seguridad estructural está reñida con las utilidades de un edificador es totalmente falso. La mitigación del riesgo sísmico siguiendo las propuestas técnicas anteriormente citadas conduce a estructuras más económicas. La fase de ahorro de una construcción está principalmente en el proyecto. Adicionalmente, el éxito financiero que reporte una determinada edificación al promotor de proyectos, depende



más bien de decisiones gerenciales y financieras, tal como son los puntos del subtítulo IV.5.

Tras verificar el marco jurídico que envuelve a los usos del suelo en el D.F., se llegaron a conocer los esquemas legales que permiten modificar la altura de un proyecto de edificación, sin alterar el uso de suelo. Estos esquemas se resumen en el subtítulo II.2. Este conocimiento es muy útil para un profesionalista de la construcción que se percata de una alta posibilidad de resonancia, en una estructura a punto de construirse con una determinada altura autorizada por el uso del suelo.

En el subtítulo II.3, se presentan los recursos legales que se pueden emplear con el fin de modificar los usos de suelo ya autorizados. Estos recursos legales son fundamentales para poder cambiar los Planes de Desarrollo en torno a un predio cuya altura máxima coincide con un alto riesgo sísmico. Dichos esquemas se encuentran también fundamentados en el marco jurídico correspondiente.

---

## VI. Referencias

---

### Bibliografía:

Achenbach, J. (2006) *"El próximo sismo"* Revista National Geographic en español, México, Abril 2006

Arnold, C y Reitherman, R (1987) *"Configuración y diseño sísmico de edificios"* Primera Edición, Editorial Limusa Noriega, México

Baca, G. (2001), *"Evaluación de Proyectos"* 4ª Edición, Editorial Mc Graw Hill, México

GDF (2004) *"Normas técnicas complementarias para diseño por sismo"* Gaceta oficial del Distrito Federal 6 de octubre de 2004

Hewitt, P. (1999) *"Física conceptual"* Tercera Edición, Editorial Addison Wesley Longman, México



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Luna, O. et al (2003) *"Financiamiento de la vivienda en México"* Primera Edición, Editorial Fundación ICA, México

Mahbub, V. (2008) *"Apuntes de la materia Evaluación de Proyectos"* Apuntes en proceso

Newmark, N. y Rosenblueth, E. (1976) *"Fundamentos de ingeniería sísmica"* Primera Edición, Editorial Diana, México

Reséndiz, D. (2008) *"El rompecabezas de la ingeniería Cómo y por qué se transforma el mundo"* Primera Edición, Editorial Fondo de Cultura Económica, México

Takeuchi, et al (1986) *"¿Qué es la tierra?"* Primera Edición Revisada, Editorial Orbis, España

Tena, A (2007) *"Análisis de estructuras con métodos matriciales"* Primera Edición, Editorial Noriega Limusa, México

Sagan, C. y Druyan, A. (1994) *"Sombras de antepasados olvidados"* Tercera Reimpresión, Editorial Planeta, México

**Marco Jurídico:**

***“Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”*** Actualizada por la última reforma del Diario Oficial de la Federación 26 de septiembre de 2008

***“Ley de Planeación”*** Diario Oficial de la Federación 13 de junio de 2003

***“Ley General de Asentamientos Urbanos”*** Diario Oficial de la Federación 5 de agosto de 1994

***“Ley de Desarrollo Urbana del Distrito Federal”*** Gaceta Oficial del Distrito Federal 11 de agosto de 2006

***“Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal”*** Gaceta Oficial del Distrito Federal 29 de diciembre de 1998

***“Ley del Notariado para el Distrito Federal”*** Gaceta Oficial del Distrito Federal 28 de marzo de 2000

***“Decreto que contiene el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación del Distrito Federal en Benito Juárez”*** Gaceta Oficial del Distrito Federal 6 de Mayo de 2005

***“Acuerdo que aprueba la Normatividad para el Programa de Mejoramiento y Rescate de la Zona Especial de Desarrollo Controlada Palanco”*** Diario Oficial de la Federación 15 de Enero de 1992

***“Reglamento de Construcciones del Distrito Federal”*** Gaceta Oficial del Distrito Federal 29 de enero de 2004

***“Reglamento de la Ley del Seguro Social en materia de afiliación, clasificación de empresas, recaudación y fiscalización”*** Diario Oficial de la Federación 15 de julio de 2005

***“Norma General de Ordenación No. 26”*** Para impulsar y facilitar la construcción de Vivienda de Interés Social y/o Popular

***“Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo”*** Gaceta Oficial del Distrito Federal 6 de octubre de 2004

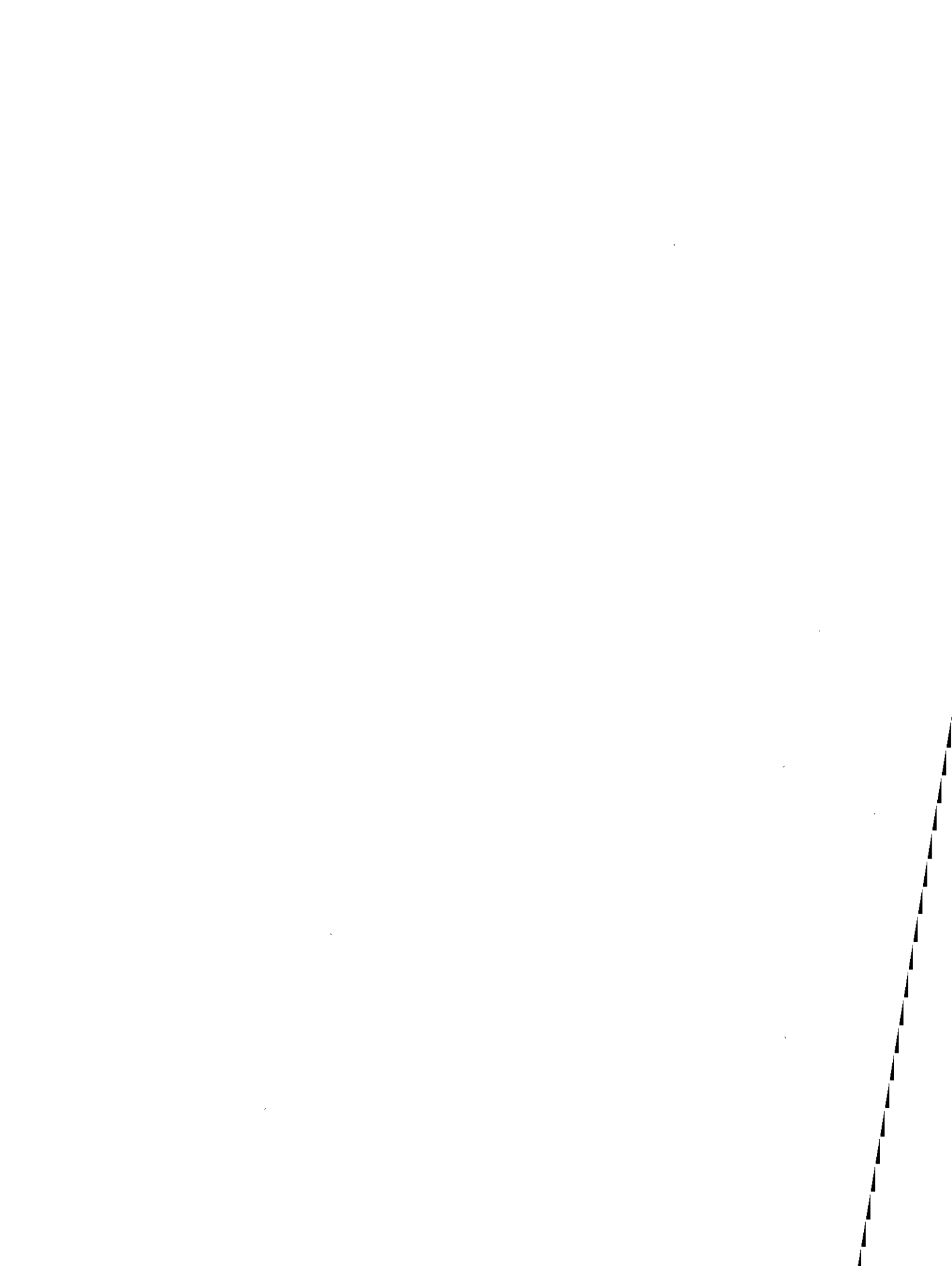
**Artículos:**

Jaimes, M.A. y Reinoso, E. (2003) ***“Peligro sísmico en la Ciudad de México debido a sismos de subducción, falla normal e intraplaca”*** Memorias del XIII congreso nacional de ingeniería sísmica Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica

Reinoso, E. et al (2008) ***“Scenarios of Losses and Real Time Maps of Damage by Building Level for Mexico City”*** Memorias de la 14va conferencia mundial de ingeniería sísmica Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica.

Jaimes, M.A. y Reinoso, E. (2008) ***“Actualización de mapas de peligro sísmico para la Ciudad de México”*** Gaceta del Instituto de Ingeniería de la UNAM Julio Agosto 2008 No. 43

Ruiz, D. (2007) ***“Cimentación al segundo estrato”*** Diálogo con el Ing. Daniel Ruiz Fernández en la Revista Ingeniería Civil No. 460 Agosto de 2007 México





## Apéndice 1

A continuación se muestra una copia del dictamen técnico enviado por correo electrónico a la empresa Grupo K-SA S.A. de C.V. por ERN Ingenieros Consultores. El problema consiste en que un edificio de mampostería de 6 niveles, construido en la esquina de Independencia y Eje Central, Delegación Benito Juárez, presentaba problemas de vibración debida al impacto de los camiones de carga. Los camiones con destino a la central de abastos golpeaban contra un desnivel en el pavimento en la esquina.

Un estudio de vibración ambiental, permitió concluir que el periodo de la estructura y el periodo de las vibraciones inducidas al terreno por estos camiones, eran los causantes de las incomodidades presentadas a los habitantes.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## RESUMEN EJECUTIVO

### ESTUDIO DINÁMICO DE VIBRACIÓN EDIFICIO INDEPENDENCIA No.173 COL. INDEPENDENCIA, CD. DE MÉXICO

Presentamos los resultados del estudio dinámico de vibración realizado en el edificio ubicado en Av. Independencia No.173, col. Independencia de la ciudad de México. El edificio está construido a base de mampostería reforzada y el número de pisos es 6 más un semi-sótano.

Para realizar el estudio se tomaron registros de vibraciones en el sótano y la azotea del edificio con acelerógrafos de la marca Kinematics que tienen internamente sensores triaxiales. Estos aparatos registran aceleraciones a 100 muestras por segundo, y cada muestra se graba en 18 bits.

La configuración de puntos estudiados fue: azotea centro simultáneamente con la esquina sur-oeste del edificio, y azotea centro con lado centro-oeste del edificio. La misma configuración se utilizó para el sótano del edificio. Adicionalmente se estudió un punto en el suelo, fuera del edificio con el fin de discriminar los resultados provenientes de los registros del edificio.

Para la interpretación de los datos se recurrió a técnicas espectrales de análisis de señales. Se empleó además la técnica de Nakamura, la cual consiste en obtener cocientes espectrales de señales horizontales a verticales para un mismo punto de medición. Del análisis espectral se determinaron cocientes de funciones de amplificación empíricas, tanto para señales simultáneas como para señales no-simultáneas.



Los cocientes espectrales obtenidos empíricamente se calibraron con un modelo dinámico de tres grados de libertad, el cual se satisface para la combinación simultánea de frecuencias de traslación y torsión del edificio; es decir, los cocientes espectrales empíricos coinciden con los cocientes teóricos del modelo cuando se introducen al modelo las frecuencias de vibrar del edificio.

Los resultados más relevantes se presentan en las figuras 1 a 6. De estos resultados se concluye que el periodo de traslación del edificio en la dirección longitudinal (lado largo o norte-sur),  $T_L$ , es de 0.20 seg., mientras que el periodo de traslación en la dirección transversal (lado corto o este-oeste),  $T_T$ , es de 0.38 seg. Por su parte el periodo de torsión del edificio,  $T_\theta$ , es igual a 0.12 seg.

Los periodos de traslación corresponden a las frecuencias donde la amplitudes son máximas en la figura 5, ya que se sabe que el periodo de torsión corresponde a la frecuencia donde la amplitud es máxima en la figura 4 (componente longitudinal, L), y el periodo de cabeceo en el sentido transversal corresponde a la frecuencia para la amplitud máxima en la figura 3. La figura 1 contiene los periodos debidos a todos los efectos (suelo, componentes horizontales del edificio, torsión y cabeceo) que se presentan en el edificio de una u otra forma, mientras que la figura 6 sólo confirma la existencia de los efectos sobre el edificio eliminando los efectos del suelo.

Se concluye que el problema principal del edificio se debe al cabeceo en dirección transversal, ya que el periodo en que se presenta este efecto es muy cercano al periodo de vibrar del edificio en ese mismo sentido, dando lugar a una especie de resonancia. La vibración es bien sabido que es provocada por el paso de vehículos pesados principalmente sobre el eje 6 sur (Av. independencia) y el problema se acentúa debido a un desnivel que existe sobre el pavimento cuando se atraviesa el eje 6, ya que el nivel de pavimento de eje central es mayor al de eje 6. Cuando los vehículos pesados pasan a velocidades moderada y alta sobre este desnivel descargan un impacto de varias decenas de toneladas sobre el pavimento que



simula un pequeño temblor, pudiéndose llegar a medir en la azotea una aceleración de hasta  $10 \text{ cm/s}^2$  en los peores casos.

El edificio presenta cabeceo también en la dirección longitudinal, pero en menor intensidad. La determinación del periodo correspondiente a este efecto aún está en desarrollo.

México D.F. a 19 de mayo del 2003

---

Dr. Mario Ordaz Schroeder

---

M. I. Leonardo Veras Felipe









