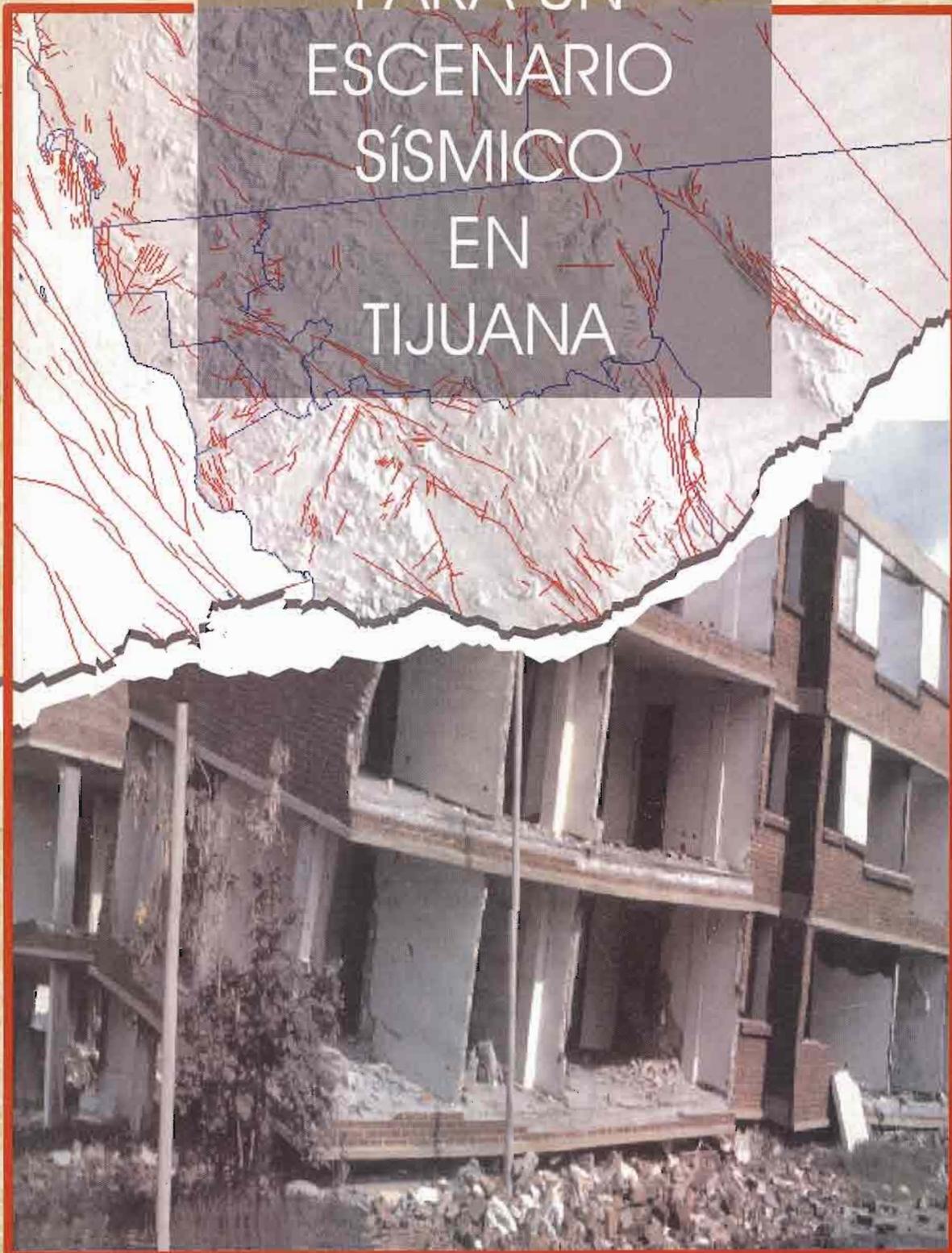


¿Y si un terremoto de magnitud 6.5 se produjera en la falla de La Nación?

APORTES PARA UN ESCENARIO SÍSMICO EN TIJUANA



¿Y si un terremoto de magnitud 6.5 se produjera
en la falla de La Nación?

APORTES PARA UN ESCENARIO SÍSMICO EN TIJUANA

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
Y ESTADÍSTICA DE LA FRONTERA NORTE
(SIGEF)

EL COLEGIO DE LA FRONTERA NORTE
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

QD ¿Y si un terremoto de magnitud 6.5 se produjera en la falla de La Nación? : Aportes
535.2 para un escenario sísmico en Tijuana / Institut de Recherche pour le Développement.
.M6 El Colegio de la Frontera Norte.-- Tijuana, B. C. : El Colegio de la Frontera Norte :
Y85 Institut de Recherche pour le Développement.
74 pp. : 28 cm.

ISBN 968-6075-84-4

1. Sismos - México - Tijuana, B. C. - Evaluación. 2. Edificios - Efectos sísmicos -
Evaluación. 3 Geografía física - Tijuana, B. C. 4. Zonificación de riesgos. I. El Colegio
de la Frontera Norte. II. Institut de Recherche pour le Développement.

Portada: edificio multifamiliar afectado por el terremoto de magnitud 5.4 del 31 de marzo
de 1983 en Popayán, Colombia (foto: Alain Winckell).

Formación: Blanca Estela Castañeda Malok

Cuidado de la edición: Juan de Dios Barajas Cárdenas

D.R. © 2000 El Colegio de la Frontera Norte
Blvd. Abelardo L. Rodríguez, 2925, Zona del Río
C.P. 22320, Tijuana, B. C.

D.R. © 2000 Institut de Recherche pour le Développement
Cicerón 609, Col. Los Morales
C.P. 11530, México, D. F.

ISBN 968-6075-84-4

Primera edición: 2000

Impreso en México

REALIZARON ESTE TRABAJO

Por el Institut de Recherche pour le Développement (IRD):

Alain Winckell	<i>Geógrafo</i>
Michel Le Page	<i>Informático</i>

Por El Colegio de la Frontera Norte (El Colef):

Gerardo Chávez Velazco	<i>Geógrafo</i>
Rafael Vela González	<i>Biólogo</i>
Roberto Castañeda Sotomayor	<i>Informático</i>
Carlos González Velázquez	<i>Capturista</i>

CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	11
<i>Introducción</i>	13
<i>1. Una historia sin sismo, pero un peligro latente</i>	15
1.1 Reseña de la sismicidad histórica regional	15
1.2 Una situación tectónica local mal conocida	16
1.3 Un sismo de magnitud 6.5 en la falla de La Nación	19
1.3.1 El entorno físico de Tijuana	19
1.3.2 Las intensidades esperadas	21
1.4 Otros fenómenos asociados con el sismo	21
1.4.1 La licuefacción	21
1.4.2 Los movimientos por gravedad	22
1.4.3 Las fallas secundarias	25
1.5 Un índice sintético del peligro total “probable”	26
1.5.1 La concepción teórica	26
1.5.2 El mapa de los riesgos asociados al terremoto	27
<i>2. Estimación de los daños a las construcciones</i>	29
2.1 El proceso teórico de la evaluación de los daños	29
2.1.1 Las categorías de construcción	29
2.1.2 Los grados de daños probables	29
2.2 Las estructuras críticas “estratégicas” de la ciudad	30
2.2.1 Los centros de decisión y mando	30
2.2.2 Los centros de auxilio	31
2.3 Las estructuras críticas “sensibles” de la ciudad	33
2.3.1 Los edificios de más de tres pisos y su vulnerabilidad	33
Comportamiento de los edificios ante el terremoto	35
Comportamiento de los edificios a los riesgos asociados	36
2.3.2 Los establecimientos educativos	37
Las intensidades de Mercalli	38
El riesgo asociado	38
2.3.3 La infraestructura industrial y maquiladora	40
Los riesgos del terremoto	42
Los riesgos asociados	43
<i>3. Evaluación de la población afectada</i>	45
3.1 La estimación de la población	45
3.2 El comportamiento de las viviendas ante el sismo	45
3.3 Estimación de la población afectada	47
3.3.1 La población afectada por el sismo	47
3.3.2 La población afectada por los riesgos asociados	47

4. Los efectos sobre la infraestructura de la ciudad	57
4.1 Redes de comunicación	57
4.2 Telecomunicaciones	58
4.3 Los combustibles y el riesgo de incendio	59
4.3.1 Las posibles fuentes de inicio del fuego	59
El gas	59
Las gasolineras	59
4.3.2 El riesgo de incendio	59
¿Dónde están las viviendas inflamables?	59
Una vulnerabilidad desigual al fuego	60
4.4. La red eléctrica	61
4.5. Infraestructura hidráulica	61
La red de agua potable	63
La red de alcantarillado	63
 <i>Conclusiones</i>	
Los logros	65
Algunas sugerencias	65
Acerca de la organización espacial	65
Acerca de la planeación	66
Acerca de las obras públicas	66
Comentarios sobre lo que faltaría por hacer	66
Comentarios sobre los límites de este ensayo	66
 <i>Anexo 1</i>	
Definición de la escala de intensidades de Mercalli modificada	69
<i>Anexo 2</i>	
Tipos de edificios según el método de Mercalli	71
 <i>Bibliografía</i>	73
 <i>Lista de ilustraciones</i>	
Mapa 1. Fallas regionales	16
Mapa 2. Sismos ocurridos entre 1932 y 1998	17
Gráfica 1. Relación entre magnitud de sismos y distancia con Tijuana	18
Mapa 3. Fallas locales	19
Mapa 4. Tijuana en su entorno físico	20
Mapa 5. Intensidades de Mercalli en un sismo de 6.5 en la falla de La Nación	22
Mapa 6. Riesgos de movimientos de vertiente y de licuefacción	23
Mapa 7. Distribución de los riesgos asociados al terremoto	27
Mapa 8. Vulnerabilidad de las estructuras de decisión	31
Mapa 9. Vulnerabilidad de las estructuras de rescate y auxilio	33
Mapa 10. Vulnerabilidad de los edificios a las intensidades de Mercalli	35
Mapa 11. Vulnerabilidad de los edificios a los riesgos asociados al terremoto	36
Mapa 12. Vulnerabilidad de las escuelas preescolares y primarias	39
Mapa 13. Vulnerabilidad de las escuelas secundarias, bachilleratos y universidades	40
Mapa 14. Vulnerabilidad de las fábricas, industrias y maquiladoras	42
Mapa 15. Destrucción estimada a los hogares	46
Mapa 16. Densidad de la población afectada por manzana	48
Mapa 17. Vulnerabilidad de la infraestructura de transporte	57

Mapa 18. El riesgo de incendio	60
Mapa 19. Vulnerabilidad de la red eléctrica	62
Mapa 20. Vulnerabilidad de la red de agua potable	63
Mapa 21. Vulnerabilidad de la red de drenaje	64

Lista de tablas

Tabla 1. Relación entre magnitud de sismos y distancia con Tijuana	18
Tabla 2. Susceptibilidad a los movimientos de vertiente	24
Tabla 3. Jerarquización de los riesgos asociados	26
Tabla 4. Relación intensidades de Mercalli, tipo de construcción, tipo de daños	29
Tabla 5. Vulnerabilidad de las estructuras de toma de decisión	30
Tabla 6. Vulnerabilidad de las estructuras de rescate y auxilio	32
Tabla 7. Vulnerabilidad de los edificios	34
Tabla 8. Vulnerabilidad de las escuelas al terremoto	38
Tabla 9. Vulnerabilidad de las escuelas a los riesgos asociados	39
Tabla 10. Vulnerabilidad de la industria al terremoto	41
Tabla 11. Vulnerabilidad de la industria a los riesgos asociados	43
Tabla 12. Distribución de la población afectada, por colonia	49

AGRADECIMIENTOS

La realización y la publicación de este trabajo no hubieran sido posibles sin la conjunción de los siguientes logros:

- La firma, en 1991, de un convenio de cooperación entre El Colef y el ORSTOM* (Francia) con la finalidad de realizar un Sistema de Información Geográfica, el SIGEF, operacional y multiusos.
- La colaboración, en el tema sísmico de este trabajo, con el Departamento de Sismología del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE). Nuestro especial agradecimiento a José G. Acosta Chang, por su colaboración, apoyo y valiosas aportaciones en la revisión del documento, y a sus colegas Susana Álvarez y Juan Carlos Montalvo.
- La presencia en el proyecto SIGEF-Colef de un equipo francomexicano de científicos y técnicos calificados para llevar a cabo un estudio de esta complejidad.
- La coordinación con los diversos organismos proveedores de la información en el XV Ayuntamiento de Tijuana, con sus direcciones de Catastro y de Planeación del Desarrollo Urbano y Control Ecológico, y especialmente con los arquitectos Esther Martínez y Luis Alberto López, director y subdirector de la Dirección de Planeación Urbana y Ecología.
- La contribución de todas las instituciones o personas que nos facilitaron la información necesaria para el desarrollo de este trabajo. Entre ellas, agradecemos a la ingeniera Delia Moreno, jefa de modernización catastral de la SAHOPE, y al ingeniero Héctor Valadez Franco, jefe de Catastro de la CESPT.
- El apoyo decidido tanto de Jorge Santibáñez, presidente de El Colef, como de Henri Poupon, representante del IRD en México, y la participación financiera de la Délégation à l'Information et la Communication (DIC) del IRD para la difusión de los resultados en esta publicación.

Todos reciban nuestros más sinceros agradecimientos.

*En 1998, l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) cambió de nombre, siglas y logo, y desde entonces su nombre es l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Debido a que este documento se redactó antes de estos cambios, algunas referencias se hacen todavía con las antiguas denominaciones. El lector debe entender que de cualquier forma se trata de la misma institución francesa.

INTRODUCCIÓN

El siglo XX, caracterizado por un espectacular crecimiento demográfico y consecuentemente una aceleración mundial del fenómeno de urbanización, se ha visto también acompañado por un incremento significativo de las catástrofes naturales en las zonas urbanas, que causan numerosas víctimas en los países en vía de desarrollo, y en los países desarrollados, donde las poblaciones están más protegidas, se producen grandes pérdidas materiales.

Es en este contexto que la ONU ha declarado a los noventa del siglo XX como la década de “Reducción de los Desastres Naturales”. Diversos esfuerzos mundiales han sido desarrollados para lograr una mejor prevención, que consiste en una evaluación científica de los riesgos, la información de la población, la responsabilización de los diferentes interventores potenciales, una planificación apropiada del uso del suelo y diversas medidas para atenuar la vulnerabilidad.

El presente estudio se sitúa entre las dos primeras etapas. Tiene la doble meta de establecer una primera evaluación rigurosa y científica de los efectos en la ciudad de Tijuana en el caso de un evento telúrico de magnitud relativamente elevada, así como de utilizar los resultados de esta simulación para contribuir a abrir los ojos de los tomadores de decisión, y de la población, por supuesto.

Desde el sismo de magnitud 5.8 localizado en el sureste de San Diego en 1894, se ha observado una aparente tranquilidad sísmica en las cercanías de Tijuana, pero estudios sísmicos recientes concluyen en la probabilidad de ocurrencia en el futuro de un terremoto de magnitud 6.5 en la escala de Richter en la falla de La Nación, al norte de la línea internacional. Y los sismos recientes, como los de septiembre de 1999 en Turquía y Grecia, comprueban la extrema vulnerabilidad de nuestras ciudades a este tipo de eventos.

Utilizando el Sistema de Información Geográfica desarrollado conjuntamente entre el ORSTOM y El Colef se ha logrado clasificar, integrar, procesar y analizar una amplia gama de información tanto del ambiente físico (geomorfología, rasgos estructurales, etc.) como del medio socioeconómico (población, vivienda, industria, etc.), para determinar así las posibles múltiples consecuencias de tal sismo tanto para la estructura urbana como para la población y la actividad económica local.

Los resultados expuestos, así como los otros estudios llevados a cabo dentro del SIGEF (“Análisis de los efectos de El Niño 1997-1998 en Tijuana” y “Crecimiento espacial de Tijuana”), tienen también como objetivo contribuir a concientizar a la sociedad civil de la existencia de estos problemas latentes.

La etapa siguiente es tal vez la más difícil de realizar: llevar los resultados y recomendaciones a la acción. En efecto, la urbe no solamente está confrontada a los riesgos relacionados con un hipotético temblor; también tiene que manejar un sinnúmero de carencias infraestructurales, sociales y financieras, junto con un crecimiento urbano rápido y anárquico. En estas difíciles condiciones, la administración actual se dedica principalmente a una gestión de lo diario, que se enfoca en resolver los problemas más graves cuando y donde se producen, sin una programación, en muchos aspectos, de corto, mediano y largo plazos.

Se debería reflexionar a tiempo sobre los costos de este tipo de manejo de la urbe, tanto a nivel municipal como estatal o federal, a sabiendas, por ejemplo, de que cada evento climatológico importante provoca desastres repetidos, con víctimas y pérdidas materiales, y que los costosos trabajos posteriores de limpieza y reacondicionamiento de los lugares afectados no sirven para proteger las inversiones o a las poblaciones de riesgos futuros. Un proceso de evaluación de los riesgos máximos aceptables debería ser una de las próximas tareas prioritarias de los organismos encargados de la gestión de la ciudad.

Nuestro objetivo con este documento es participar en las etapas preliminares de este proceso, con la intención de lograr una planificación más respetuosa de las limitaciones del entorno físico-urbano por parte de los tomadores de decisión, así como una mejor educación y comportamiento ambiental de los habitantes de la ciudad. Esperamos que tanto la ciudadanía como los administradores de la ciudad actúen conjuntamente para lograr el desarrollo armonioso con su entorno.

1. UNA HISTORIA SIN SISMO, PERO UN PELIGRO LATENTE

1.1 RESEÑA DE LA SISMICIDAD HISTÓRICA REGIONAL

La región de Tijuana, ubicada en la esquina noroeste de la península de Baja California, se caracteriza por una sismicidad evidentemente relacionada con los grandes accidentes que rigen la conformación y la evolución de toda la costa pacífica del subcontinente norteamericano.

Muchos de estos accidentes son bien conocidos (mapa 1). Los principales se caracterizan, ante todo, por movimientos laterales —la parte occidental se desplaza hacia el norte— y tienen una orientación sureste-noroeste.

Del este al oeste, pueden ser determinados tres grupos:

- los de la llanura del Colorado, con la famosa falla de San Andrés y sus accidentes asociados (por ejemplo, Imperial o Cerro Prieto), sin grandes desniveles topográficos;
- los accidentes limítrofes de la cordillera peninsular y generadores de su escarpe oriental, que asocian movimientos laterales y verticales, como las fallas de San Jacinto, Elsinore y Laguna Salada;
- las fallas internas a la cordillera, del mismo tipo que las anteriores, que generan el relieve de *horsts* y *grabens* (algunos en teclas de piano)¹ característico de la península, como los accidentes de Calabazas, Vallecitos o San Miguel, al sureste de Tijuana, o los de Tres Hermanos o Agua Blanca, en la región de Ensenada.

Las fallas de este último grupo se prolongan en el Océano Pacífico, donde se han reconocido dos sistemas relacionados con la emersión de los grupos de islas: el sistema Coronado, cerca de la línea costera, y el sistema San Clemente, más al oeste.

A estos accidentes principales, que dividen toda la península en bloques alargados, deslizándose los unos de los otros, se asocian numerosos accidentes secundarios de orientación paralela o perpendicular. No todos son bien conocidos.

La mayoría de estos accidentes son particularmente activos. Los archivos de Caltech, mantenidos en Estados Unidos desde 1932, totalizan más de 125 mil eventos a la fecha.

Tomando en consideración el criterio de densidad, se decidió representar el número de eventos ocurridos desde 1932 en una retícula de cuadros de cinco kilómetros de lado regularmente distribuidos. El resultado es muy ilustrativo (mapa 2).

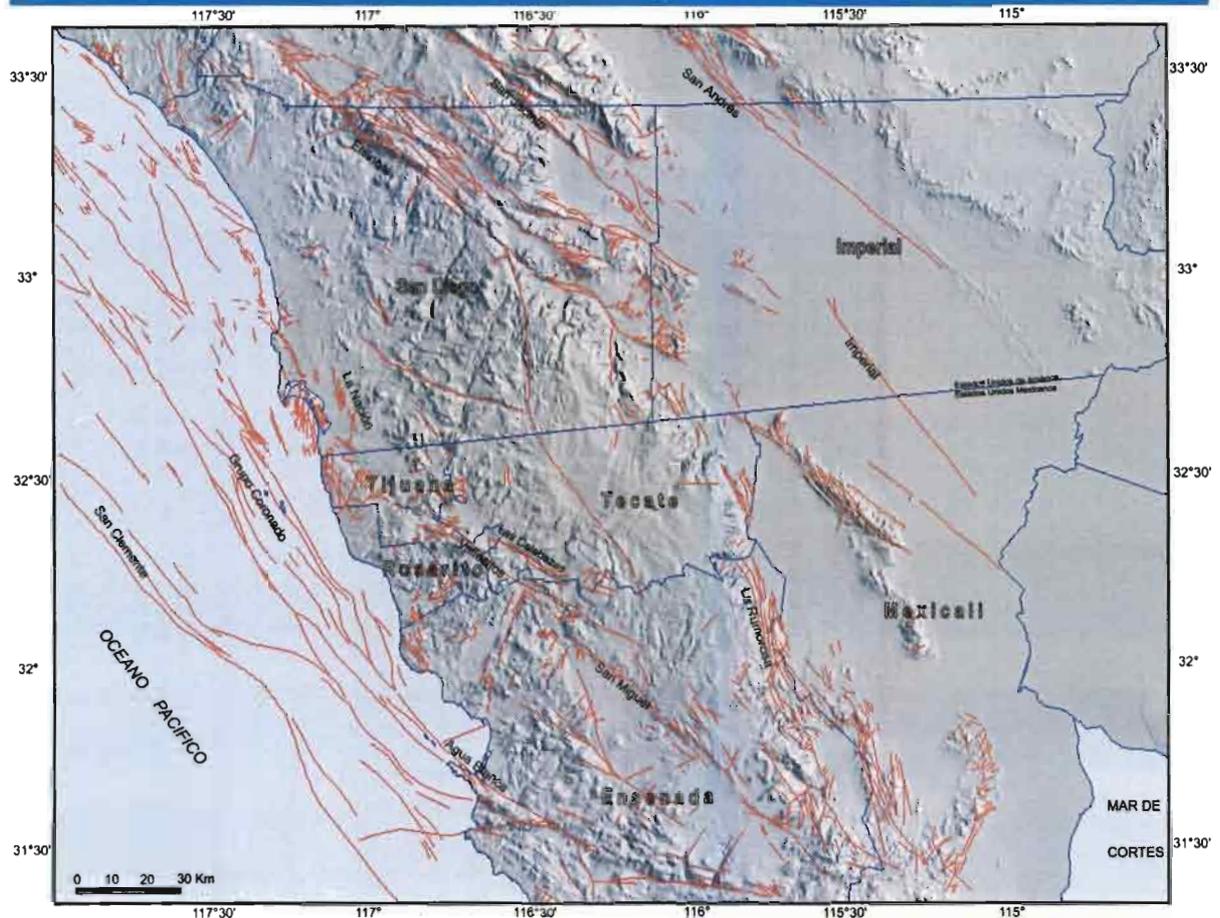
Dos zonas se diferencian:

- los tres lineamientos de la parte nororiental (fallas de San Andrés, San Jacinto y Elsinore), con algunos cuadros elementales que registraron más de 2 500 eventos,
- la zona suroccidental, con una sismicidad difusa, a excepción del lineamiento Vallecitos-Coronado, precisamente interrumpido en la latitud de Tijuana, en la parte central de este eje.

La relación que combina la distancia del sismo (entre el epicentro y la ciudad de Tijuana) y su magnitud demuestra la relativa tranquilidad sísmica histórica de esta ciudad (tabla 1 y gráfica 1).

¹ Se dice que un relieve está en "tecla de piano" cuando el piso del *graben* está inclinado. La razón del término es la similitud de distribución de las formas a cuando una tecla de un piano está hundida y las dos vecinas no.

MAPA 1. Fallas regionales.



No se registró ningún sismo destructor (magnitud >6 en la escala de Richter) a menos de 90 km de la ciudad, los de magnitud >5.4 estuvieron a más de 50 km de distancia y los más cercanos (a menos de 50 km) se sitúan exclusivamente en la categoría de magnitud inferior a 5.4.*

1.2 UNA SITUACIÓN TECTÓNICA LOCAL MAL CONOCIDA

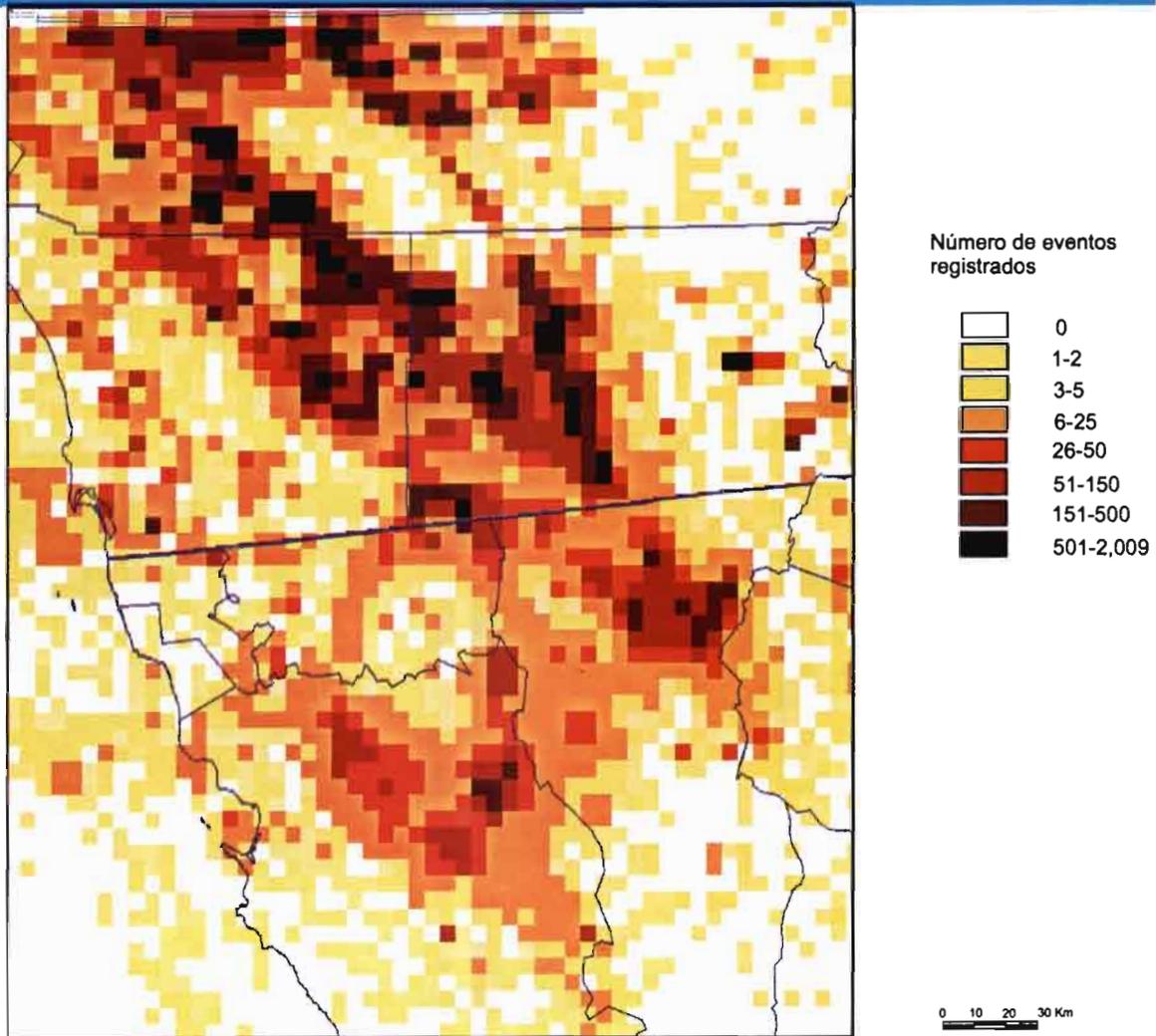
A nivel local, Tijuana está rodeada, por lo menos, por tres conjuntos de fallas activas con sismicidad histórica (mapa 3):

- Al sureste, el sistema de fallas San Miguel-Vallecitos-Calabazas, con orientación general SE-NO, cuyo rastro desaparece en su extremo noroeste (en las cercanías de Tijuana), pero que podría continuar hasta unirse al sistema Rose Canyon;
- al norte, en Estados Unidos, la falla de La Nación, con orientación norte-sur, que limita los rellenos aluviales litorales al este, desde San Diego hasta la frontera con México;
- al oeste, la falla Silver Strand, paralela a la anterior pero situada a lo largo de la costa.

Ninguna expresión superficial de fallas importantes ha sido comprobada en Tijuana, tal vez debido a la presencia del relleno aluvial reciente del valle inferior; sin embargo, se

* Antes de que aparecieran los archivos de Caltech, los cuales registran eventos desde 1932 a la fecha, los documentos históricos mencionan tres grandes sismos en las cercanías de Tijuana. Uno ocurrió al norte de San Diego el 22 de noviembre de 1800, de magnitud 6.5; hubo otro, de magnitud >6 , en Point Loma, el 27 de mayo de 1862, y el tercero sucedió el 23 de octubre de 1894 en el este de San Diego, de magnitud >5.8 . Aunque falta la certeza técnica para documentar tales eventos, su existencia prueba la posible actividad sísmica de la región.

MAPA 2. Sismos ocurridos entre 1932 y 1998.



detectaron indicios de su probable existencia:

- la parte sur del sistema La Nación se encuentra en exacta prolongación de la falla de Vallecitos;
- los rasgos topográficos del curso inferior del valle del río Tijuana se adaptan perfectamente a esta orientación, así como algunos escarpes rectilíneos que limitan los relieves circundantes;
- el valle separa dos conjuntos de relieves totalmente diferentes entre sus dos riberas norte y sur, desarrollados en las mismas formaciones detríticas pliocuaternarias pero sin continuidad estructural y geomorfológica entre ellos.

Desde estos puntos de vista, el valle inferior del río Tijuana podría ser el resultado de un

relleno aluvial posterior a la abertura de una fosa tectónica, ubicada sobre un accidente mayor. Su presencia permitiría comprender la yuxtaposición de dos conjuntos tan diferentes en las dos riberas del valle.

La ausencia de registros sísmicos históricos (ya que la historia de Tijuana es reciente) puede relacionarse con deficiencias en el equipo de registro sísmico o con una situación de frenado del movimiento de los bloques en contacto. Es probable que la “tranquilidad actual” no refleje el estado real de peligro que amenaza a la ciudad y que sea, en realidad, resultado de un periodo de recurrencia sísmica mayor que el tiempo histórico de observación, por lo que un sismo importante podría suceder en el futuro.

GRÁFICA 1. Relación entre magnitud de sismos y distancia con Tijuana.

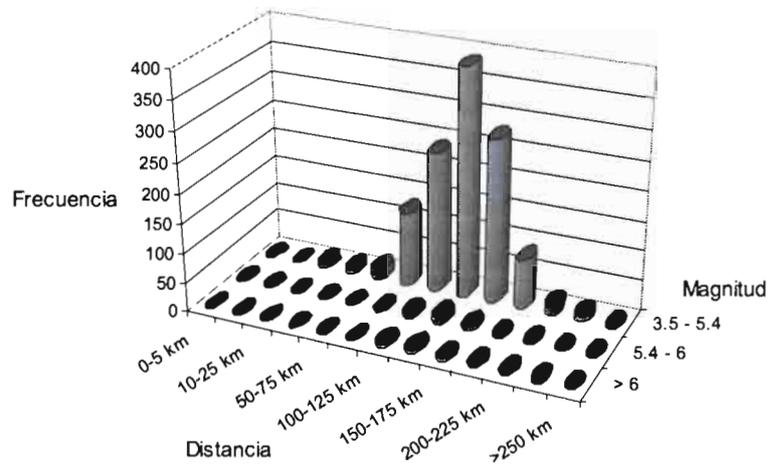
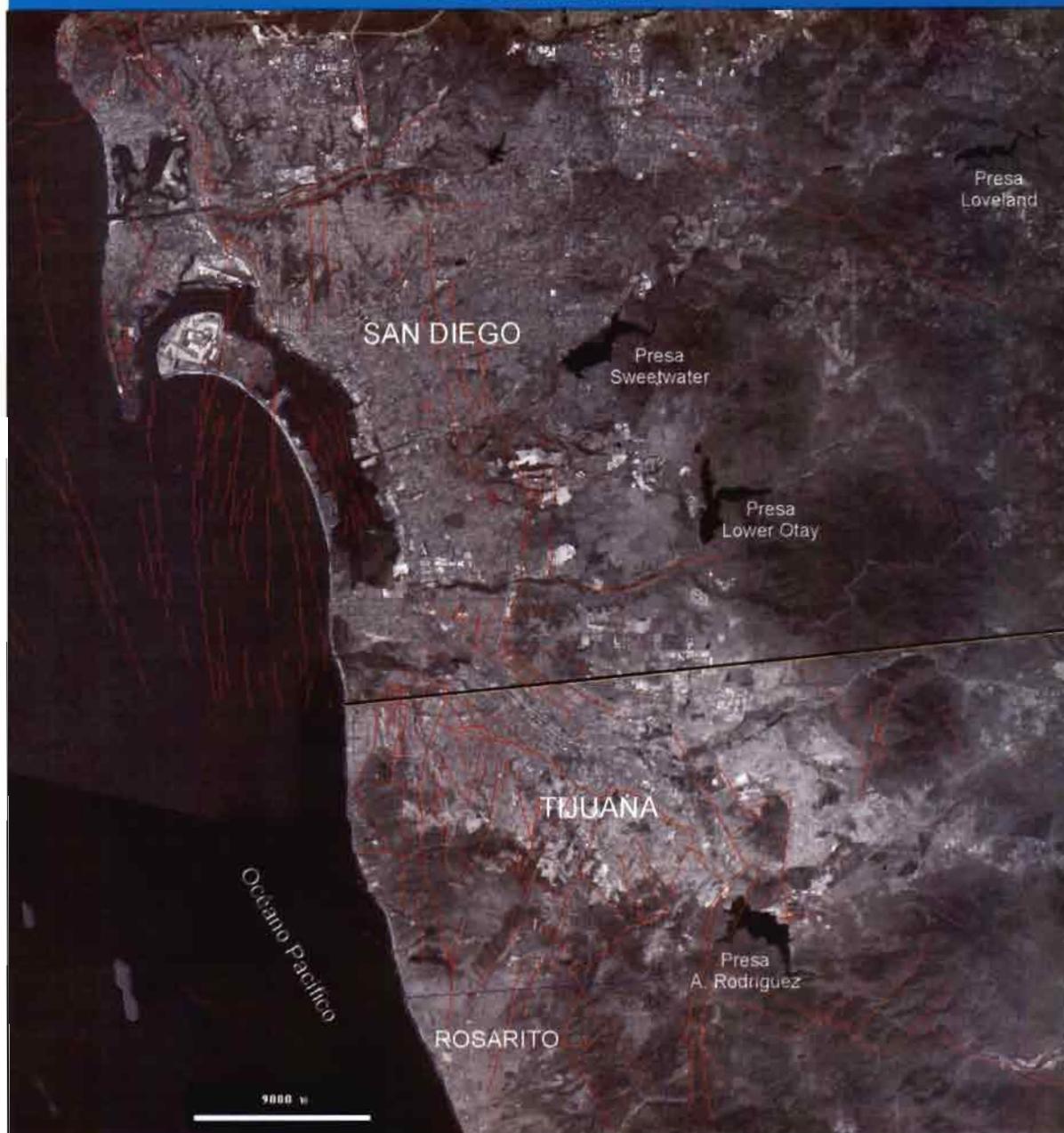


TABLA 1. Relación entre magnitud de sismos y distancia con Tijuana.

Distancia con Tijuana	Magnitud según la escala de Richter			
	< 3.5	3.5 - 5.4	5.4 - 6	> 6
< 5 km	10	1	0	0
5-10	34	0	0	0
10-20	362	3	0	0
20-30	365	7	0	0
30-40	316	4	0	0
40-50	447	3	0	0
50-60	575	7	1	0
60-70	615	6	0	0
70-80	2,987	10	1	0
80-90	7,882	56	0	0
90-100	5,824	64	1	0
100-110	8,142	76	2	1
110-120	19,680	106	3	2
120-130	14,452	119	5	3
130-140	7,232	110	6	2
140-150	13,356	214	6	4
150-160	10,074	108	2	2
160-170	15,928	117	4	1
170-180	9,577	86	0	1
180-190	3,242	36	0	4
190-200	2,617	14	0	0
200-210	1,284	9	1	1
210-220	480	7	0	1
220-230	498	2	0	0
230-240	166	4	0	0
240-250	28	3	0	0
250-260	9	1	0	0
260-270	6	0	0	0
> 270 km	2	0	0	0
Total	126,190	1,173	32	22

MAPA 3. Fallas locales.



1.3 UN SISMO DE MAGNITUD 6.5 EN LA FALLA DE LA NACIÓN

1.3.1 El entorno físico de Tijuana

La ciudad está construida sobre el lecho inferior del valle del río Tijuana, al noroeste de la presa "Abelardo L. Rodríguez". Esta presa se sitúa en el contacto entre dos paisajes opuestos: una

garganta con vertientes abruptas aguas arriba y un relleno aluvial plano, relativamente ancho, donde se estableció el primer asentamiento urbano, aguas abajo. Estas planicies aluviales, compuestas de varias generaciones de terrazas, se ensanchan rápidamente en Estados Unidos, donde el río desemboca en un estuario con varios brazos terminales (mapa 4).

En cada lado del valle yacen dos conjuntos físicos totalmente opuestos. Al noreste se extiende

MAPA 4. Tijuana en su entorno físico.



una altiplanicie tabular² monótona, con una superficie horizontal sin accidentes, a 150 metros sobre el nivel del mar (snm), conocida como la Mesa de Otay. Este relieve de mesa domina los valles de su entorno por escarpes sinuosos, con pendientes pronunciadas, y está disectado en sus bordes por pequeños valles encañonados, la mayoría sin escurrimiento durante gran parte del año.

En contraste, la región sur-occidental está caracterizada por un paisaje muy accidentado, heterogéneo, con muy pocas superficies planas, donde los lomeríos disectados están separados por barrancos (los cañones de Los Laureles o El Matadero, por ejemplo). Las formaciones geoló-

gicas son idénticas a las de la Mesa de Otay, pero aquí sufrieron una tectónica muy activa que favoreció posteriormente una avanzada disección. Aunque no es propicia para la urbanización, en esta zona se ha dado el crecimiento de la ciudad, y esto trae por consecuencia el desencadenamiento de numerosos fenómenos que ponen en riesgo a estos asentamientos.

La ciudad se extiende también sobre otros dos relieves locales:

- al oeste, el suburbio de Playas se localiza sobre una terraza marina levantada con superficie plana;

² Tabular: relieve en forma de mesa.

- en la parte oriental, delimitada por el río Alamar al norte, el Cerro Colorado al oeste y el arroyo del Matanuco al sur, se extiende la zona de crecimiento reciente de El Florido-Mariano Matamoros. Su relieve es intermedio, con una yuxtaposición de superficies onduladas provenientes de la disección desigualmente avanzada de antiguos esparcimientos horizontales y de relleños aluviales (valles, lagos) o coluviales levantados. Estas características le confieren un cierto potencial para ser urbanizada.

1.3.2 Las intensidades esperadas

Uno de los posibles eventos con graves consecuencias para la ciudad podría consistir en el rompimiento de la falla de La Nación. Esta modelación se basa en los resultados de un estudio elaborado por Acosta y Montalvo (1997) en el Departamento de Sismología del CICESE, a partir del rompimiento propuesto para esta falla, que se expresan en un mapa de intensidades de Mercalli esperadas para la región de Tijuana. Acosta y Montalvo consideran que ocurriría un sismo de magnitud 6.5, dadas las características de la falla, y utilizaron ecuaciones empíricas predictivas apropiadas para la región, incluyendo los efectos de sitio en función de los tipos de suelos.

Como resultado de estas consideraciones, se incorporaron al Sistema de Información Geográfica dos capas temáticas:

- un mapa de intensidades de Mercalli, y
- un mapa de las mismas intensidades con efectos de sitio, o sea, con las modificaciones inducidas por las formaciones geológicas y superficiales aflorantes en la zona.

Los detalles técnicos sobre la elaboración de estos mapas se pueden encontrar en los siguientes trabajos: Acosta *et al.* (1995) y Acosta y Montalvo (1997).

La sobreposición de la capa anterior (mapa 5) a la traza urbana muestra que las partes centrales y norte de Tijuana—Zona del Río y parte occidental de la Mesa de Otay— estarán expuestas a intensidades destructoras superiores

a IX, mayores que las que sufriría el resto de la ciudad, que serían de más de VIII, y de entre VII y VIII en el extremo sur.

La definición de la escala de intensidades de Mercalli modificada, utilizada en este estudio, se encuentra en el anexo 1.

1.4 OTROS FENÓMENOS ASOCIADOS CON EL SISMO

En el caso de un sismo originado en la falla de La Nación, Tijuana estaría sometida —además de a sacudidas de fuerte intensidad— por lo menos a tres tipos de fenómenos relacionados con el sismo y cuyos efectos se acumularían a los originados por los movimientos primarios.

1.4.1 La licuefacción

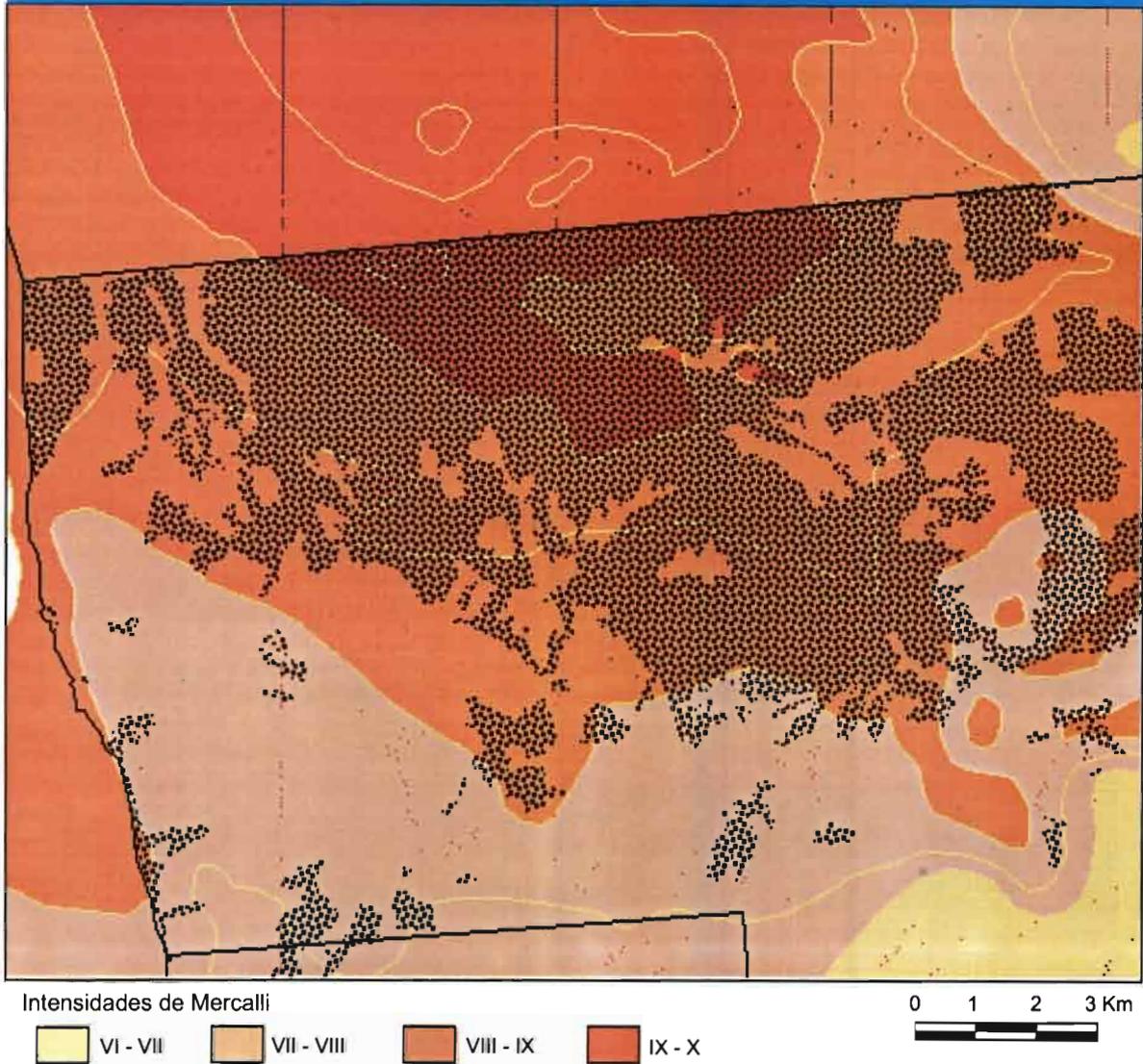
El término *licuefacción* se refiere al comportamiento ante un sismo de las formaciones sedimentarias, aluviales o lacustres, que presentan una superposición de capas sobre espesores considerables, casi siempre con estratos acuíferos. Con los movimientos de tierra, en estas formaciones ocurre un reordenamiento granular de los constituyentes de las capas, que se acompaña de una amplificación de las ondas sísmicas, así como de hundimientos diferenciales en la superficie. Regularmente, el agua tiende a aflorar.

Este fenómeno estuvo presente durante el sismo de la ciudad de México en 1985, así como en el valle de Mexicali durante el sismo de Imperial en 1979.

En Tijuana, las formaciones que presentarían dicho comportamiento ocupan superficies relativamente grandes, como es el caso del lecho del río Tijuana y algunas partes de la Mesa de Otay.

Los mapas geológicos y edafológicos existentes y estudios complementarios realizados en el programa SIGEF (El Colef-ORSTOM) permitieron establecer una diferenciación entre dos niveles de licuefacción potencial (mapa 6):

MAPA 5. Intensidades de Mercalli en un sismo de 6.5 en la falla de la Nación.



- Las zonas con el mayor riesgo se ubican en los depósitos aluviales más recientes, que conforman las terrazas bajas y los cauces actuales de inundación y de estiaje. Cuando los acuíferos se presentan casi uniformemente a poca profundidad, se dice que son de “Licuefacción máxima, o L+”.

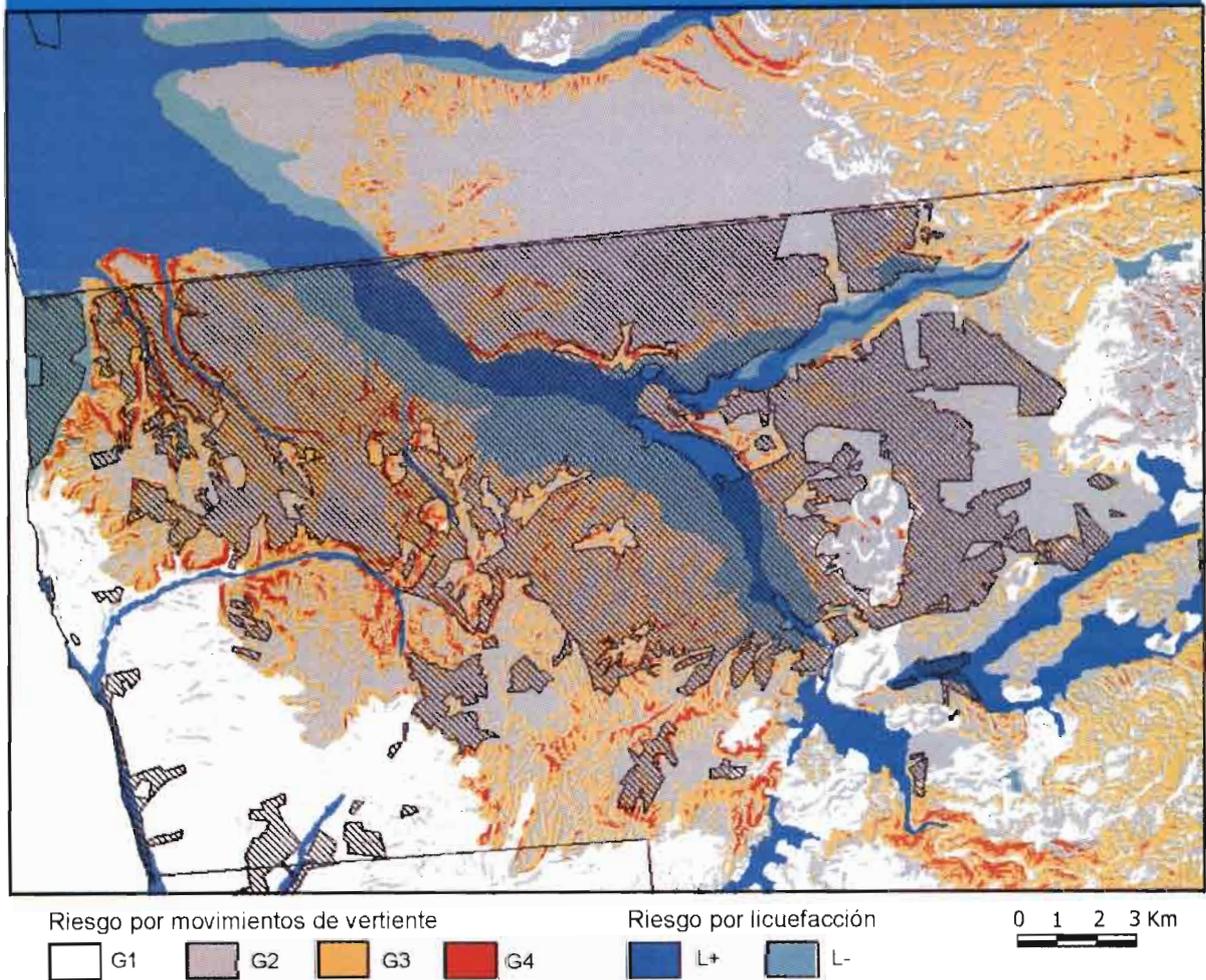
- Las otras unidades aluviales, a menudo en posición topográfica superior, corresponden a depósitos generalmente más antiguos: terrazas medianas y altas, conos de eyección o de esparcimiento. Las reservas acuíferas no son siempre comprobadas y tienen volúmenes menos importantes. El riesgo ha sido calificado menor, como de “Licuefacción mínima, o L-”.

Se notará que en la zona de mayor riesgo se ubica una de las zonas “estratégicas” de la ciudad, el centro administrativo, de toma de decisiones y comercial que constituye la Zona del Río. De igual manera, los sectores actuales de desarrollo de la ciudad, ubicados en la periferia oriental, son también susceptibles de sufrir este mismo tipo de dinámica.

1.4.2 Los movimientos por gravedad

La estabilidad de las vertientes depende directamente de la interacción de dos fenómenos opuestos: la coherencia interna de las formaciones geológicas —dependiente de su litología—,

MAPA 6. Riesgos de movimientos de vertiente y de licuefacción.



por un lado, y, por el otro, las fuerzas externas, como la gravedad terrestre —relacionada con la pendiente superficial— y la sollicitación sísmica, las cuales tienden a deslizar el material. Cuanto mayor sea la pendiente, mayor será la probabilidad del desencadenamiento de movimientos por gravedad.

También en este aspecto la situación de Tijuana es poco favorable.

Con excepción de áreas poco extensas al este y, sobre todo, en la periferia sur de la ciudad (desarrolladas sobre rocas intrusivas, volcánicas o sedimentarias relativamente estables), una gran parte de ella está localizada sobre vertientes ubicadas en formaciones muy inestables.

Con respecto a la estratigrafía, Tijuana está asentada sobre un relleno sedimentario detrítico

pliocuaternario conocido como formación San Diego, compuesto de dos estratos:

- El estrato inferior, anteriormente formación San Diego (Strand, 1962; Gastil *et al.*, 1975, y Kennedy y Tan, 1977), o formación San Diego inferior en la nueva nomenclatura (Aragón-Arreola, 1994), de color blanco a amarillento, se compone de una alternancia de capas delgadas de areniscas finas, limolitas localmente arcillosas y lentes pedregosas poco coherentes y con comportamientos muy diversos ante la infiltración del agua.

Es en esta parte donde se desarrollan con gran frecuencia movimientos (relativamente lentos) en masa por deslizamiento, rotación o soliflucción, que dejan huellas en forma de cucharadas en las vertientes afectadas.

- El estrato superior, más delgado, está constituido de depósitos más detríticos y de granulo-

metría más gruesa: areniscas blandas, capas de cantos rodados, conglomerados poco cementados de color rojizo. Según los estudios, recibió el nombre de Linda Vista (Strand, 1962, y Kennedy y Tan, 1977) o de San Diego superior (Aragón-Arreola, 1994). Las vertientes desarrolladas en estos materiales están permanentemente sujetas a caídas de piedras aisladas. Si la cohesión interna es más frágil o si el soporte inferior es debilitado, se producen grandes desprendimientos, a veces catastróficos.

La mayoría de los relieves desarrollados sobre estas formaciones, situados principalmente al sur del río Tijuana, presentan pendientes fuertes y están permanentemente sujetos a tales movimientos. Cualquier fenómeno exterior que llega a modificar este frágil equilibrio produce desencadenamientos realmente catastróficos, como en el caso de las lluvias de los inviernos de 1992-1993 y 1997-1998, que originaron numerosos “derrumbes”.

Un sismo, por las sacudidas, provoca una modificación importante de la cohesión, y origina de esta manera muchos movimientos de vertiente.

Para tratar de calificar este riesgo, han sido necesarias tres etapas:

Primera etapa. La reclasificación de todas las formaciones que afloran en Tijuana.

Ante la falta de una información homogénea para toda la zona, se tuvo que realizar un mapa litológico a partir de la información existente (Gastil *et al.*, 1975; Aragón-Arreola, 1994, e INEGI, 1978) actualizada con fotointerpretación y comprobaciones de campo.

Posteriormente, las formaciones fueron reagrupadas, según su comportamiento esperado en relación con la estabilidad, en tres categorías:

- “zócalo estable”, correspondiente a las formaciones coherentes, intrusivas, volcánicas o volcano-sedimentarias, con un sustrato coherente a poca profundidad y donde la estabilidad de las formaciones superficiales no sería con-

siderablemente afectada por las sacudidas del sismo. La clave es ZST;

- “zócalo inestable”, para las otras formaciones metavolcánicas, volcano-sedimentarias o sedimentarias, con un sustrato diferenciado y alteraciones superficiales medianamente desarrolladas, donde un sismo provocaría movimientos de material localizados o sobre espesores limitados. La clave es ZIT;

- “sedimentarias”, para las formaciones sedimentarias que, por su falta de cohesión interna, quedarían sujetas a movimientos de vertiente generalizados. En esta categoría se ubican los dos estratos de la formación San Diego, los cuales recibieron las claves SIR (sensibles a los derrumbes) y SID (sensibles al deslizamiento).

Segunda etapa. La identificación de cuatro clases de pendientes a partir de la clasificación de un modelo numérico de terreno, elaborado con una resolución de 30 metros (mapa 6).

Las clases escogidas se resumen de la manera siguiente:

0-15%, pendientes estables, zonas aptas para ser urbanizadas;

15-30%, pendientes generalmente estables en condiciones naturales, la urbanización debe ser acompañada de medidas de acondicionamiento;

30-70%, pendientes con un equilibrio frágil en condiciones naturales, en las que todo proceso de urbanización debe ser acompañado por una amplia y costosa labor de acondicionamiento, y

>70%, inestabilidad general, pendientes no aptas para ningún uso, protección indispensable.

Tercera etapa. Una matriz de cruzamiento (tabla 2) entre estos dos conjuntos de datos permitió definir una jerarquización de las zonas en cuatro clases de susceptibilidad al desarrollo del fenómeno considerado:

TABLA 2. Susceptibilidad a los movimientos de vertiente.

	Dinámica	ZST	ZIT	SIR	SID
Pendiente	0-15%	G0	G0	G1	G1
	15%-30%	G0	G1	G2	G2
	30-70%	G1	G2	G3	G3
	>70%	G3	G3	G3	G3

G0, riesgo nulo a muy débil, zonas poco susceptibles de ser afectadas por fenómenos por gravedad, con escasas limitaciones para la urbanización;

G1, riesgo de nivel medio, zonas potencialmente susceptibles de ser afectadas por fenómenos locales por gravedad, urbanizables con restricciones;

G2, riesgo elevado, zonas potencialmente susceptibles de ser afectadas por numerosos fenómenos por gravedad, con fuertes limitaciones para urbanizar, y

G3, el riesgo es generalizado, zonas donde la pendiente y los movimientos asociados no permiten la urbanización.

1.4.3 Las fallas secundarias

Esta modelización se basa en la falla de La Nación, localizada fuera de la ciudad; sin embargo, existen otros accidentes, como las fracturas superficiales que atraviesan la zona urbana de Tijuana, las que fueron consideradas para el análisis de este trabajo, como a continuación se explica.

Ante la ausencia de un documento confiable de identificación y cartografía de estas fallas secundarias, se procedió a elaborarlo mediante la interpretación de fotos aéreas a color de 1997, a escala 1:45 000, y comprobaciones de campo.

El mapa 3 aporta una información valiosa en el campo del conocimiento tectónico-estructural del área urbana. De las conclusiones más importantes —aplicadas a este ensayo—, se pueden resaltar:

1) Es difícil establecer con certeza el trazo continuo del accidente supuestamente localizado en el valle de Tijuana entre el extremo sur de la falla de La Nación y el valle de Las Palmas. Sólo algunos rasgos geomorfológicos —escarpes rectilíneos, cursos hidrográficos— permiten suponer unos tramos locales de este accidente.

2) Destaca una oposición muy marcada entre las dos riberas del río Tijuana, ambas desarrolladas sobre las mismas formaciones detríticas plio-cuaternarias:

- Al norte-noreste se extienden relieves monó-

tonos, como las mesas horizontales de Otay, muy poco tectonizadas.

- El sector sur-suroeste, por el contrario, se compone de una escalera de bloques monoclinales inclinados hacia el oeste, separados entre sí por una serie de fallas con levantamiento relativo del bloque occidental.

- Los accidentes del lado meridional no tienen continuación al norte.

Estos accidentes fueron clasificados en tres categorías, de acuerdo a estimaciones de su longitud (local o regional), el desnivel relativo entre los dos lados de la falla (grande, pequeño o nulo) y su traducción topográfica, indicador de su actualidad y, por consecuencia, de su grado de actividad reciente o inactividad:

- Primer orden, accidentes grandes, recientes, con gran desnivel topográfico.

- Segundo orden, accidentes con traducción topográfica menos marcada.

- Tercer orden, accidentes sin traducción topográfica, lineamientos.

Las fallas secundarias pueden intervenir a dos niveles en el escenario sísmico.

- El primer nivel es activo, pues algunas de estas fallas podrían ser reactivadas por un sismo ocurrido en su vecindad y afectadas por nuevas sacudidas sísmicas.

- El segundo nivel es pasivo. Las zonas de fricción de cada lado del trazo se encuentran siempre fracturadas por los movimientos tectónicos que originaron estas fallas. Son zonas generalmente muy inestables (en especial, los abruptos del borde de los bloques levantados), muy propicias para los movimientos por gravedad ya descritos, pero acentuados aquí por la excepcional fragilidad del sustrato heredada de los eventos anteriores.

A cada una de las tres categorías se le aplicó una zona colchón o *buffer* para tratar de representar la posible zona triturada y por tanto de mayor vulnerabilidad. Se escogió una zona colchón de:

- 200 metros en ambos lados del accidente para el orden 1
- 100 metros para el orden 2
- 50 metros para el orden 3.

Por otra parte, para estimar el aumento de los riesgos de tipo pasivo en las zonas colchón asociadas a las fallas secundarias, estas zonas fueron clasificadas de acuerdo con el modelo digital de terreno en los siguientes rangos de pendientes:

F0: pendientes suaves, de 0-15%, con una susceptibilidad media a los movimientos por gravedad;

F1: pendientes moderadas, de 15-30%, con una susceptibilidad alta a los movimientos por gravedad;

F2: pendientes fuertes, de 30-70%, con una susceptibilidad muy alta a los movimientos por gravedad, y

F3: pendientes muy fuertes y abruptas (>70%), susceptibles de ser afectadas en forma generalizada por grandes movimientos por gravedad.

1.5 UN ÍNDICE SINTÉTICO DEL PELIGRO TOTAL "PROBABLE"

1.5.1 La concepción teórica

Con la finalidad de sintetizar los diferentes tipos de peligro asociados al sismo, se desarrolló una caracterización unificada del área urbana frente a estos tres tipos de peligro.

Los tres atributos correspondientes, previamente clasificados en escalas de valores compatibles, son:

- el riesgo asociado de licuefacción;
- el riesgo asociado de movimientos por gravedad en las vertientes, y
- el riesgo asociado por efecto de las fallas secundarias.

Estos atributos posteriormente se correlacionaron con las intensidades de Mercalli esperadas.

El resultado de este proceso de integración (tabla 3), destinado a evaluar el riesgo real en la localidad, puede ser resumido mediante una matriz teórica que establece una jerarquización de estos riesgos por el cruzamiento entre la susceptibilidad teórica intrínseca

(o potencial) del terreno al terremoto considerado y la probabilidad de activación de estos fenómenos debido a las intensidades del mismo.

La escala escogida para la evaluación del grado de riesgo incluye cinco clases:

Valor 0 = poca probabilidad de presencia de fenómeno asociado, la zona sería únicamente afectada por las sacudidas originales, riesgo nulo.

Valor 1 = los fenómenos asociados serán provocados por el terremoto, pero en forma aislada o incipiente, el riesgo es bajo.

Valor 2 = los fenómenos asociados se desarrollan bien, pero sólo en lugares particulares, el riesgo permanece moderado.

Valor 3 = los fenómenos asociados se desarrollan hasta su término y se distribuyen uniformemente en la zona, el riesgo es alto.

Valor 4 = toda la zona está expuesta al desarrollo de extensos fenómenos asociados y desarrollados hasta su término, el riesgo es generalizado.

La distribución es obviamente similar en los tres casos, con valores que crecen de acuerdo al aumento de la susceptibilidad potencial de la zona al fenómeno considerado y de su exposición a las intensidades crecientes de los movimientos telúricos.

En el caso de puntos o zonas susceptibles de ser afectadas por dos series de fenómenos, como es el caso de los movimientos de vertiente y de los fenómenos asociados a las fallas secundarias, se decidió utilizar la calificación más alta, o sea, la que le otorga el mayor grado de peligro.

Cabe mencionar que en el caso particular de las fallas se adaptaron las diferentes categorías a las condiciones reales del terreno:

TABLA 3. Jerarquización de los riesgos asociados.

		L+	L-	G1	G0
Riesgo por licuefacción		G3	G2	G1	G0
Movimientos de vertiente	F3	F2	F1	F0	
Fallas secundarias					
Intensidades de Mercalli	< VII	2	1	0	0
	VII-VIII	3	2	1	0
	VIII-IX	4	3	2	1
	> IX	4	4	3	2

- se ha menospreciado el papel de la litología, considerando que el fracturamiento heredado de la tectónica relacionada con la formación de estas fallas nivelaba las diferencias en el comportamiento de los fácies;
- se privilegió el uso único de los rangos de pendientes como niveles de desencadenamiento, y
- considerando que las zonas falladas se acompañan de un aumento del riesgo de movimientos por gravedad, se adaptó para éstas una nueva equivalencia entre valores de pendientes y clases de riesgo (tabla 3).

1.5.2 El mapa de los riesgos asociados al terremoto

La zonificación de los riesgos asociados, localizada en el mapa 7, presenta bastante similitud con

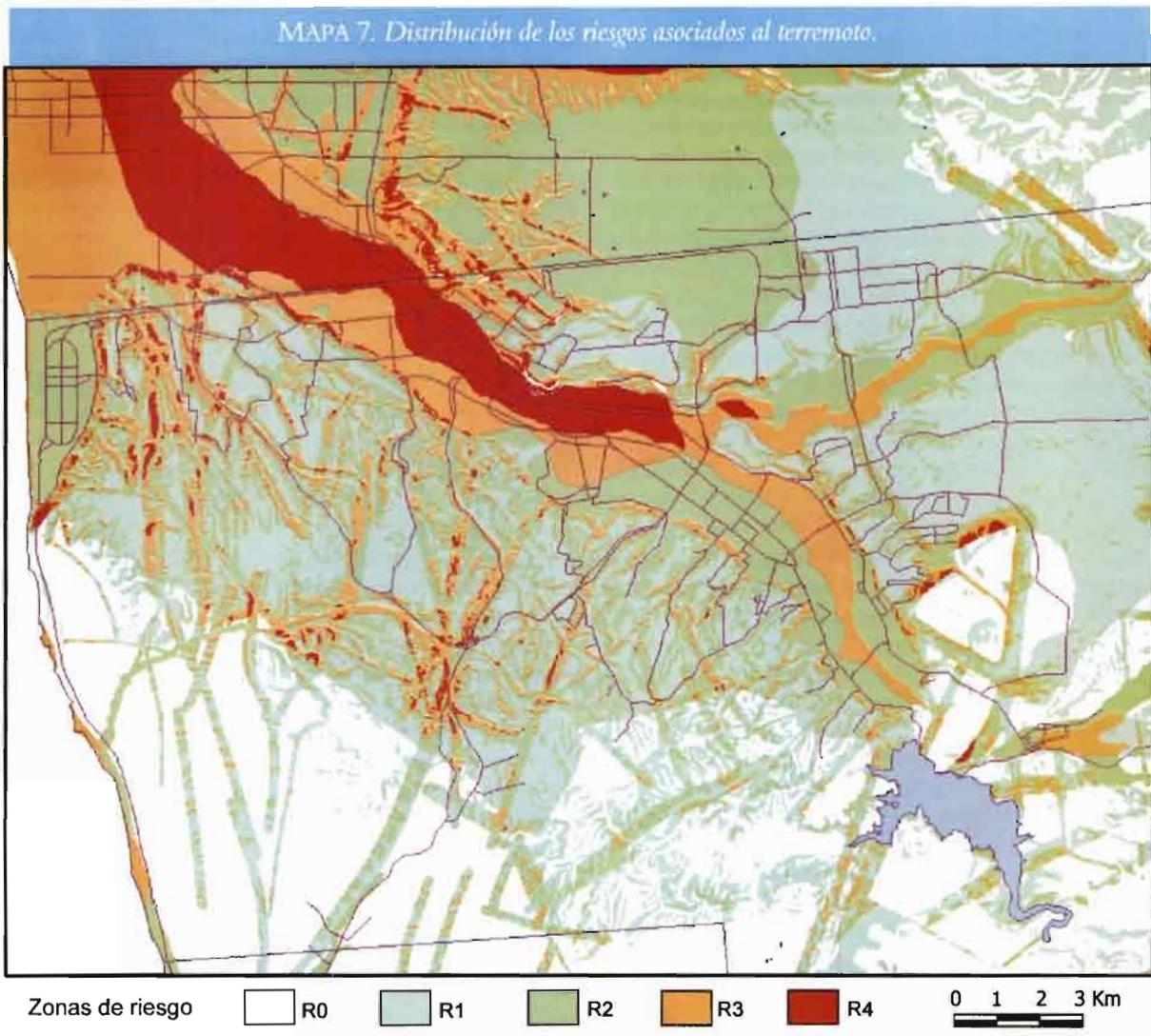
la repartición de los diferentes conjuntos físicos de Tijuana.

Existen muy pocas áreas de riesgo nulo a no significativo. El Cerro Colorado es una de ellas, por su sustrato volcánico, pero sólo está habitado en sus laderas inferiores.

El valle inferior concentra los niveles más altos de riesgo, R4 y R3, por las fuertes intensidades ligadas a la proximidad de la falla de La Nación y el peligro heredado de los dos grados de licuefacción. Fuera de las intensidades máximas, son todavía de nivel 3 en los niveles aluviales bajos y de nivel 2 en los altos.

Los relieves tabulares o monótonos se reparten en dos grupos:

- los sedimentos de la Mesa de Otay o de Pla-



yas, próximos al lugar de origen del sismo y donde los riesgos son de nivel 2, y

- la parte oriental de la Mesa de Otay y las zonas semionduladas de El Florido, que se caracterizan, debido a su alejamiento del origen del sismo, por riesgos más bajos, de nivel 1.

Pero la situación de la parte sur y suroccidental de la ciudad no deja de ser preocupante. Con excepción de algunos limitados sectores de riesgo 1, repartidos principalmente en la parte oeste, toda el área está “zebrada” por una multitud de zonas de riesgos de nivel 2, debido a la conjunción de un sustrato inestable y de pendientes superficiales fuertes susceptibles de desencadenar movimientos en las vertientes. Además, la fracturación superficial de las formaciones a lo largo de la red de accidentes presente se acompaña de riesgos superiores que alcanzan en muchas áreas el nivel máximo. Ta-

les riesgos se notan también en la extremidad suroeste de la Mesa de Otay, relacionados con las fracturas asociadas con la falla de La Nación.

Solamente en la extremidad sur del mapa aparecen áreas sin riesgo significativo. En gran parte, estas áreas no estaban urbanizadas hasta en una época muy reciente, pero debido a las tasas de crecimiento actual han aparecido o son proyectados nuevos desarrollos urbanos.

En sí mismo, este mapa podría constituir una herramienta muy útil para la mitigación de los riesgos.

El Sistema de Información Geográfica desarrollado en el Colef permitió ir más allá, superponiendo esta información con las otras capas que caracterizan a la actividad humana, para realizar una evaluación cuantitativa y localizada de la vulnerabilidad de la ciudad de Tijuana, en cada uno de los sectores importantes de su actividad, como se demuestra en los siguientes capítulos.

2. ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS A LAS CONSTRUCCIONES

En esta parte se estimarán los daños previsibles a diferentes clases de edificios en los cuales se realizan actividades administrativas o económicas de interés vital para la ciudad.

2.1 EL PROCESO TEÓRICO DE LA EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS

Una de las aplicaciones clásicas en el método de Mercalli consiste en estimar los daños posibles a las construcciones, cruzando las intensidades esperadas del sismo con el comportamiento supuesto de los edificios.

2.1.1 Las categorías de construcción

Cuatro categorías están claramente definidas en el método de Mercalli, basadas en las características estructurales de la construcción. (Véase Anexo 2: Tipos de edificios según el método de Mercalli.)

La clasificación utilizada en este trabajo fue realizada mediante verificaciones específicas de campo, aplicando los criterios clásicos del método de Mercalli, o los datos compatibles con esta escala. Aunque se puede fácilmente identificar las construcciones de las dos últimas categorías (tipo C y D) mediante un simple examen visual, no es el mismo caso para los tipos A y B.

Una caracterización totalmente verificada de la calidad estructural de las construcciones de las dos primeras categorías tendría que efectuarse con un estudio profundizado de la arquitectura de cada edificio (visitas de revisión de la estructura, examen de los planos de ingeniería, entrevista de los diseñadores y constructores, etcétera).

Como era imposible e irrealista proceder de esta manera en el marco de este trabajo y para la finalidad de este estudio, se optó por un método simplificado. Se realizó esta fase de caracterización mediante el uso de criterios visuales, arquitectónicos exteriores, fácilmente identificables para establecer, por comparación con la apariencia exterior y la calidad de los acabados, una diferenciación entre los edificios que podían gozar de protección parasísmica total (tipo A) y los demás con protección incompleta (tipo B).

Tal aproximación en el método de identificación deja, por cierto, un margen de error y un cierto nivel de incertidumbre.

2.1.2 Los grados de daños probables

El comportamiento de los edificios ante un sismo no es uniforme; depende de la duración y la intensidad de los movimientos telúricos, por una parte, y de la calidad intrínseca de las cons-

TABLA 4. Relación intensidades de Mercalli/tipo de construcción/tipo de daños.

	Tipo de construcción	tipo A	tipo B	tipo C	tipo D
Intensidades de Mercalli	< VII	D0	D0	D0	D1
	VII-VIII	D0	D0	D1	D2
	VIII-IX	D0	D1	D2	D3
	> IX	D1	D2	D3	D4

trucciones, por otra. Los daños aumentan con la progresión de las intensidades y se reducen según el nivel de protección parasísmica de la construcción.

El grado de daños probables se calculó mediante una matriz de cruzamiento (tabla 4).

Grado D0: Daños inexistentes o muy ligeros.

Grado D1: Fracturas o grietas; algunos daños.

Grado D2: Las construcciones sufren serios daños; algunas se colapsan parcialmente.

Grado D3: Los daños a las construcciones son severos; algunas se colapsan totalmente.

Grado D4: Destrucción total de las construcciones.

2.2 LAS ESTRUCTURAS CRÍTICAS "ESTRATÉGICAS" DE LA CIUDAD

Son todas aquellas donde se ubican las oficinas de gobierno, donde se toman las decisiones, las

unidades administrativas de apoyo, así como las de atención de emergencias (DIF, Protección Civil, etcétera).

2.2.1 Los centros de decisión y mando

La interrogante considerada en este apartado es la de si en los momentos siguientes al sismo podrán las autoridades seguir trabajando en sus lugares habituales y tomar las decisiones que se requieran para atender las demandas de la población afectada.

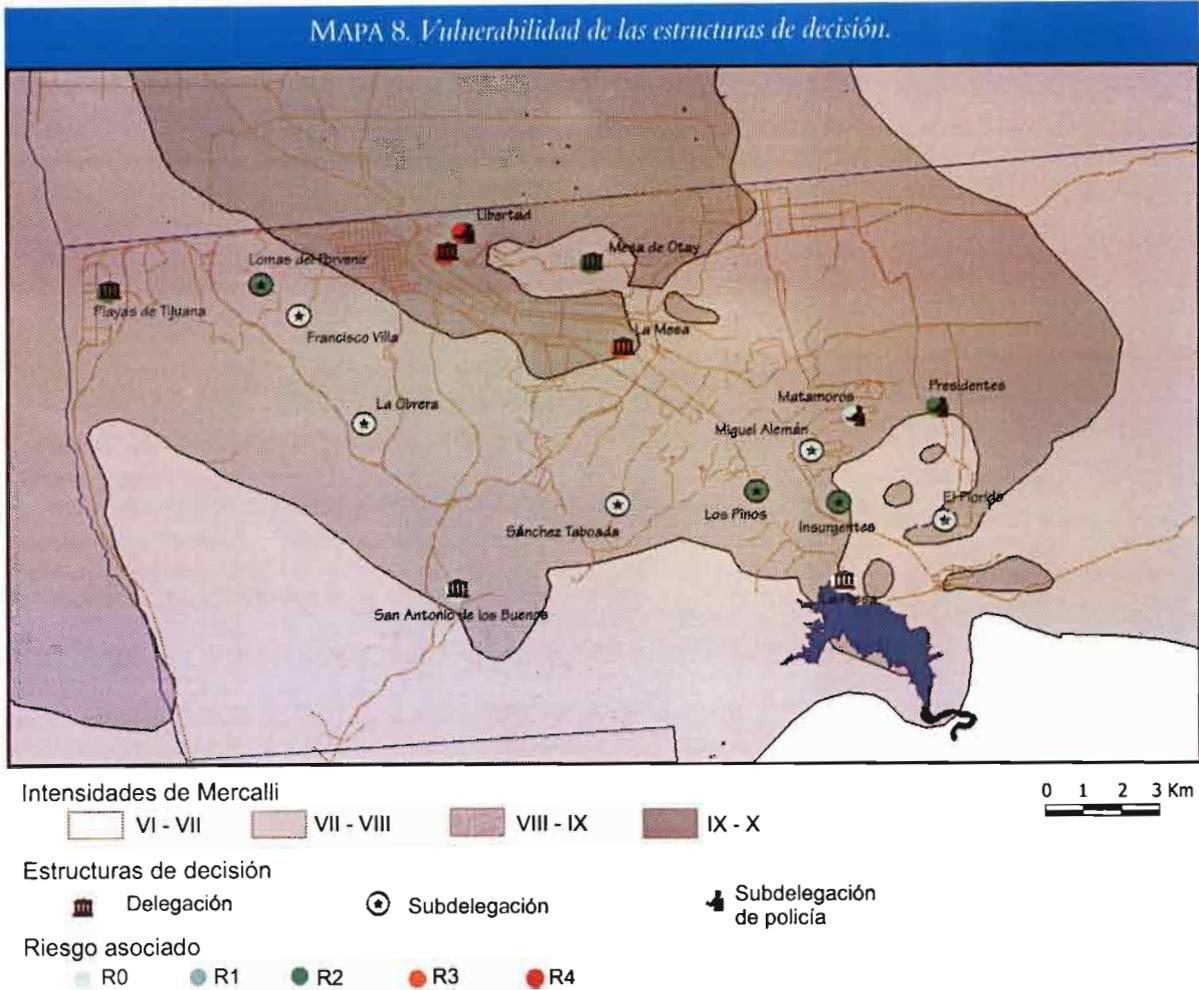
Se han seleccionado las instituciones del gobierno local: el palacio municipal, las delegaciones y las subdelegaciones, incluyendo las de policía (tabla 5 y mapa 8).

La distribución de las unidades gubernamentales locales de la ciudad parece, a primera vista, homogénea. Sin embargo, se notará:

- una relativa ausencia en el centro-sur de la ciudad, entre las delegaciones de Zona del Río, La Mesa, Sánchez Taboada y la Obrera, así como al este de la Mesa de Otay, y
- por otra parte, una fuerte concentración de dependencias alrededor del Cerro Colorado.

TABLA 5. Vulnerabilidad de las estructuras de toma de decisión.

	Nombre	Intensidades de Mercalli	Riesgo por licuefacción	Riesgo por movimientos de vertiente	Riesgo por proximidad a falla	Riesgo asociado
Delegación	Centro	> IX	L+			R4
	La Mesa	> IX	L-			R3
	Playas de Tijuana	VIII-IX	L-			R2
	Mesa de Otay	VIII-IX		V2		R2
	San Antonio de los Buenos	VIII-IX		V1		R1
	La Presa	VII-VIII		V0		R0
Subdelegación	Lomas del Porvenir	VIII-IX		V1	F1	R2
	Los Pinos	VIII-IX	L-			R2
	Insurgentes	VIII-IX		V2		R2
	Francisco Villa	VIII-IX		V1		R1
	Obrera	VIII-IX		V1		R1
	Sánchez Taboada	VIII-IX		V1		R1
	Miguel Alemán	VIII-IX		V1		R1
	El Florido	VIII-IX		V1		R1
Subdelegación de policía	Libertad	> IX		V2	F2	R4
	Matamoras	VIII-IX		V1	F1	R2
	Presidentes	VIII-IX		V1		R1
	Playas de Rosarito	-	L-			-



La exposición de estas oficinas gubernamentales tanto a las intensidades de Mercalli como a los riesgos asociados indica una vulnerabilidad alta, con grados relativamente elevados de daños posibles.

- El palacio municipal es un edificio de gran tamaño, una construcción de buena calidad en general, con una estructura que asocia partes metálicas y partes de concreto armado. Sin embargo, debido a su ubicación en una de las zonas más peligrosas de la ciudad —se encuentra sobre aluviones recientes del río, con fuertes riesgos de licuefacción, y en una zona Mercalli >IX—, se puede temer que se produzcan daños significativos que podrían impedir un uso eficiente de este edificio en los días siguientes al sismo.

- La subdelegación de policía ubicada en la colonia Libertad está también en grave peligro pero por razones muy diferentes. Debido a las pendientes, es posible que se produzcan movimien-

tos de vertiente, riesgo que se acentúa ante la proximidad de una falla secundaria.

- Por lo demás, aparte de la delegación de La Mesa, las otras oficinas probablemente no sufrirían daños significativos.

2.2.2 Los centros de auxilio

Son aquellos que realizan las operaciones de intervención, rescate y auxilio a los damnificados.

Los cuerpos de rescate encargados de brindar atención de primeros auxilios y traslado a los hospitales de la población afectada (bomberos y militares) parecen estar racionalmente repartidos en la ciudad (tabla 6 y mapa 9), lo que no sucede en el caso de la infraestructura dedicada a la recepción de heridos y damnificados: los hospitales públicos o de la Cruz Roja y los albergues.

TABLA 6. Vulnerabilidad de las estructuras de rescate y auxilio.

	Nombre	Intensidades de Mercalli	Riesgo por licuefacción	Riesgo por movimientos de vertiente	Riesgo por proximidad a falla	Riesgo asociado	Capacidad
<i>Hospital</i>	Hospital General	> IX	L+		F1	R4	169
	Clínica 7 IMSS	> IX	L-			R3	80
	ISSSTE	> IX	L-			R3	107
	ISSSTECALI	VIII-IX		V2	F2	R3	81
	Cruz Roja Mexicana	VIII-IX	L+			R3	
	Clínica 20 IMSS	VIII-IX	L-			R2	203
	Clínica 27 IMSS	VIII-IX	L-			R2	
<i>Albergue</i>	CREA	> IX	L+			R4	50
	Auditorio	> IX	L-			R3	500
	Olimpico	> IX		V1	F1	R3	120
	Albercas BC	VIII-IX	L-			R2	600
	Cortijo San José	VIII-IX	L-			R2	150
	La Remosa	VIII-IX		V1		R1	250
	Lomas del Porvenir	VIII-IX		V1		R	250
	NS de Lourdes	VIII-IX		V1		R1	96
	Esc. 5 de Febrero	VIII-IX		V1		R1	50
<i>Bomberos</i>	Central de Bomberos	> IX	L+			R4	
	La Ocho	> IX	L-			R3	
	La Mesa	> IX	L-			R3	
	Libramiento Sur	VIII-IX		V2		R2	
	El Florido	VIII-IX		V1		R1	
	Otay	VIII-IX		V1		R1	
	Sánchez Taboada	VIII-IX		V1		R1	
	Obrera	VIII-IX		V1		R1	
	El Águila	VIII-IX		V1		R1	
<i>Militares</i>	Cuartel Morelos	VIII-IX		V1		R1	
	5to Batallón	VIII-IX		V1		R1	

Capacidad hospitalaria en número de camas censables según J. Coronado, 1998.

Capacidad de los albergues según la revista *Tijuana Hoy*, número especial "El Niño", 1998.

• Las unidades consideradas, aparte del ISSSTECALI, se encuentran exclusivamente ubicadas en el valle del río Tijuana, dejando así a un número considerable de personas muy al margen de un acceso rápido a estos servicios. Pero es pertinente mencionar que en este estudio no se considera a otras clínicas y sanatorios públicos de atención general. Éstos son alrededor de 30 y podrían servir como unidades de apoyo, aunque con pocos medios, al momento de la emergencia. También sería necesario contar con la capacidad hospitalaria privada, pero ésta es poco conocida.

• Los albergues son normalmente utilizados para dar alojamiento a las personas afectadas por

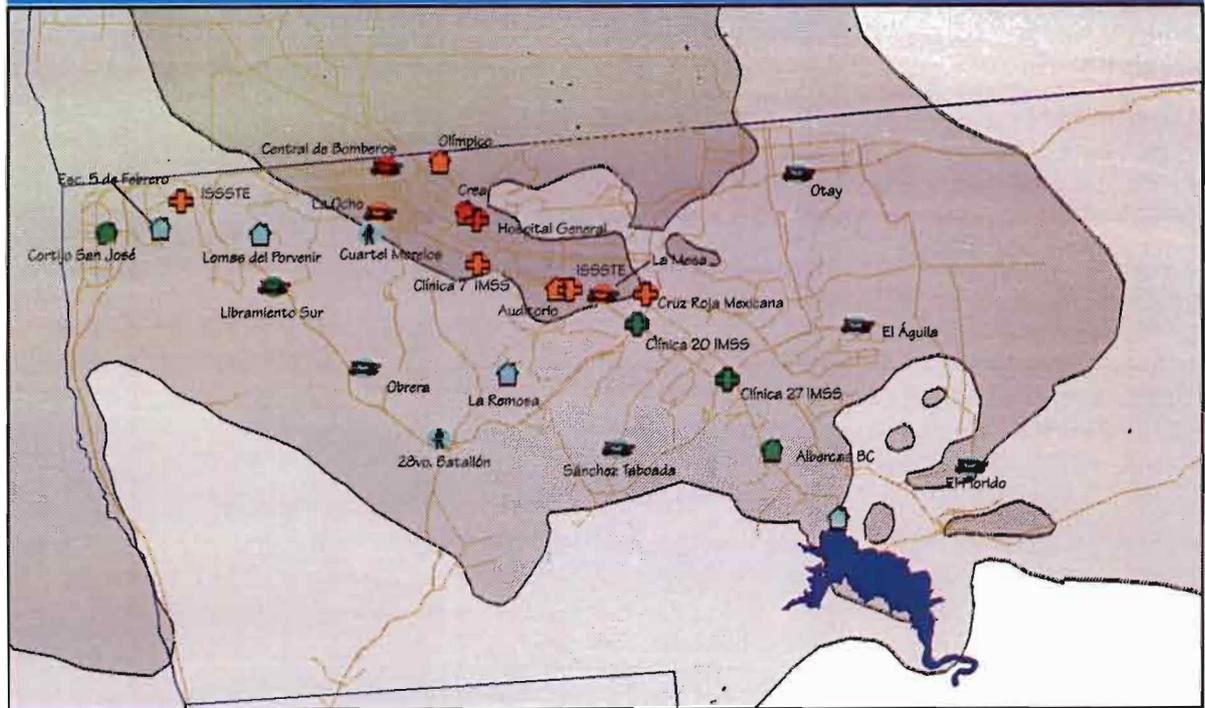
las repetidas inundaciones invernales en Tijuana y tienen el mismo problema de distribución irregular.

Los resultados de una superposición similar a la realizada para las estructuras de toma de decisión permiten dudar de la eficiencia de las posibilidades reales de ayuda en las horas posteriores al sismo.

Tres estructuras se encuentran ubicadas en zonas con un riesgo máximo, de clase 4:

- la central de bomberos
- el albergue del CREA
- el Hospital General.

MAPA 9. Vulnerabilidad de las estructuras de rescate y auxilio.



Intensidades de Mercalli

VI - VII VII - VIII VIII - IX IX - X

0 1 2 3 Km

Estructuras de rescate y auxilio

⊕ Hospital 🚒 Cuartel Militar 🏠 Albergue 🚒 Bomberos

Riesgo asociado

R0 R1 R2 R3 R4

Todas se localizan en la zona de mayor intensidad de Mercalli (>IX) y están amenazadas por la licuefacción de mayor grado por su localización en los aluviones más recientes. El Hospital General—debido a problemas de mantenimiento conocidos—, se encuentra además en la proximidad de una falla secundaria que podría sufrir una reactivación.

No se deben descartar daños significativos en estos tres edificios, acompañados de una cierta inoperabilidad.

Otras estructuras importantes se localizan en la zona de riesgo 3, y podrían también ser afectadas por daños:

- el hospital ISSSTECALI de El Mirador, que se encuentra en una zona con peligro de movimientos de vertiente y próximo a una falla

secundaria, así como la clínica 7 del IMSS, el hospital ISSSTE y la Cruz Roja Mexicana;

- las centrales de bomberos de la calle Ocho y de La Mesa, y
- los albergues Olímpico y del Auditorio.

2.3 LAS ESTRUCTURAS CRÍTICAS “SENSIBLES” DE LA CIUDAD

2.3.1 Los edificios de más de tres pisos y su vulnerabilidad

Usando la escala de Mercalli, se puede realizar una evaluación con precisión relativamente satisfactoria de los daños probables, estableciendo una jerarquización de éstos por medio de la superposición entre las intensidades de los

movimientos telúricos y el tipo de construcción del edificio.

La ciudad de Tijuana está conformada en su mayoría por casas particulares de uno y dos pisos. Pero en las dos últimas décadas, debido a su crecimiento acelerado y a la poca disponibilidad de terrenos adecuados, se ha incrementado la construcción de edificios con fines tanto administrativos como comerciales o habitacionales. Estos edificios, por su altura, pueden ser particularmente afectados por los movimientos telúricos.

Mediante la interpretación de fotografías aéreas a color tomadas en 1995 y 1997, se identificó a los edificios con más de tres pisos. En un recorrido de campo, los edificios fueron calificados según su uso principal (comerciales, hoteles, centros de salud, multifamiliares y otros), número de pisos y tipo de construcción (tipos A, B, C y D), mediante una evaluación visual en la que se tomaron en cuenta elementos arquitectónicos y la apariencia general (véase el apartado 2.1.1).

Con un total de 491 edificios o grupos de edificios (las unidades habitacionales formadas por la agrupación de varios inmuebles con las mismas características fueron registradas como un solo

punto), se estimó haber revisado a más del 95% de los edificios de la ciudad.

En general, existe una estrecha relación entre el tipo de construcción y el uso del edificio:

- Los multifamiliares son generalmente construcciones económicas, fabricadas con fondos públicos (Infonavit, Fovissste, etc.) y el número de pisos varía de cuatro a siete. Todos han sido colocados en la clase C, lo que indica una vulnerabilidad notable al sismo, pues a pesar de que son todos de forma regular, sus componentes no son de alta calidad y es probable que en su construcción no hayan sido aplicadas normas parasísmicas muy avanzadas.
- Los edificios de tipo comercial pertenecen a categorías más variadas, que van de la A a la C. Normalmente la categoría A es reservada para los edificios completamente parasísmicos, pero para asegurar esta calificación era necesario tener acceso a los planos estructurales de la construcción, lo que no fue posible. A pesar de esto, se colocaron las torres del Grand Hotel de Tijuana dentro de esta categoría.
- Es igualmente notable que los edificios de tipo B deben teóricamente contener un mínimo de diseño parasísmico. Ante la ausencia de más

TABLA 7. Vulnerabilidad de los edificios.

Intensidades de Mercalli, cifras absolutas					Intensidades de Mercalli, porcentajes				
Uso	VII	VIII	IX	Total	Uso	VII	VIII	IX	Total
Comercial		13	80	93	Comercial		14.0	86.0	18.9
Hotel		1	13	14	Hotel		7.1	92.9	2.9
Otros		1	4	5	Otros		20.0	80.0	1.0
Habitacional	9	290	65	364	Habitacional	2.5	79.7	17.9	74.1
Salud		3	12	15	Salud		20.0	80.0	3.1
Total	9	308	174	491	Total	1.8	62.7	35.4	100.0

Daños en Mercalli, cifras absolutas					Daños en Mercalli, porcentajes				
Uso	D0	D1	D2	D3	Uso	D0	D1	D2	D3
Comercial	1	15	54	23	Comercial	1.1	16.1	58.1	24.7
Hotel	1	2	8	3	Hotel	7.1	14.3	57.1	21.4
Otros			2	3	Otros			40.0	60.0
Habitacional		25	299	40	Habitacional		6.9	82.1	11.0
Salud		2	9	4	Salud		13.3	60.0	26.7
Total	2	44	372	73	Total	0.4	9.0	75.8	14.9

Riesgos asociados, cifras absolutas						Riesgos asociados, porcentajes					
Uso	R0	R1	R2	R3	R4	Uso	R0	R1	R2	R3	R4
Comercial			12	20	61	Comercial			12.9	21.5	65.6
Hotel			1	6	7	Hotel			7.1	42.9	50.0
Otros			1	3	1	Otros			20.0	60.0	20.0
Habitacional	6	153	113	47	45	Habitacional	1.6	42.0	31.0	12.9	12.4
Salud			3	4	8	Salud			20.0	26.7	53.3
Total	6	153	130	80	122	Total	1.2	31.2	26.5	16.3	24.8

información, incluimos allí a los edificios que muestran evidencias de una estructura metálica o parecen ser de buena calidad en general, por sus acabados generales visibles.

La distribución de los edificios en función de su uso es muy contrastante (tabla 7). Las construcciones multifamiliares constituyen cerca de las dos terceras partes de los edificios, casi el 22% tiene un destino comercial, y la hotelería y los servicios de salud representan cada uno el 3% del total.

La repartición de los edificios en la ciudad tampoco es uniforme.

La gran mayoría de los edificios, tanto de uso comercial como habitacional, para servicios de salud o para hoteles, públicos o privados, se distribuye formando un alineamiento en la Zona del Río y a lo largo del boulevard Díaz Ordaz. Éstas constituyen las dos zonas de más actividad en la ciudad. La Zona del Río se convirtió

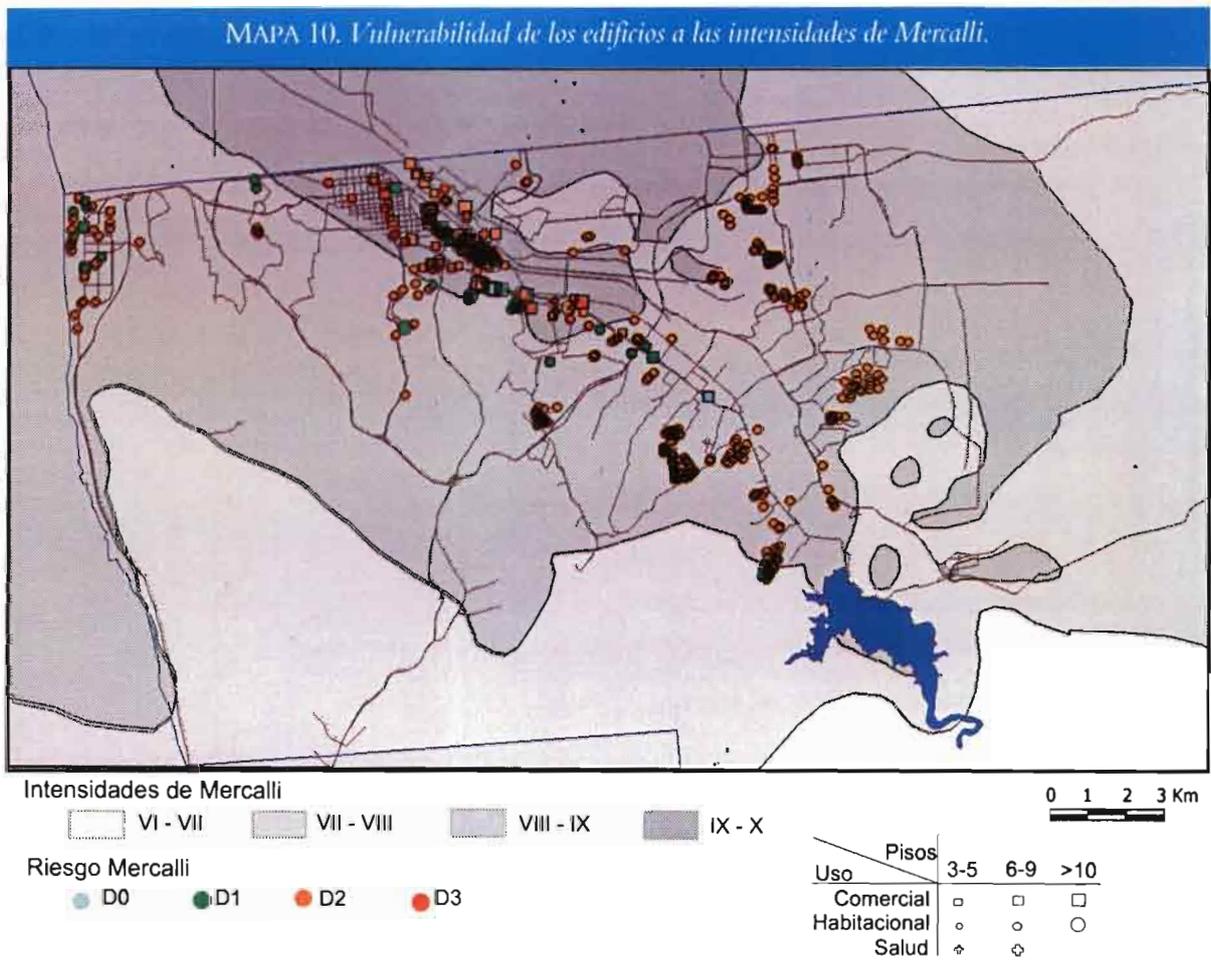
desde finales de los años setenta en el centro financiero, comercial y gubernamental de la ciudad, en tanto que el boulevard Díaz Ordaz se considera como su prolongación en el lado sur del lecho del río Tijuana.

En la periferia este y sur se construyeron grandes grupos habitacionales generados por las obras públicas de interés social.

Finalmente, Playas de Tijuana, bastante alejado de la Zona del Río, es un sector de nivel económico medio, y posee también pequeños edificios dispersos.

Comportamiento de los edificios ante el terremoto

La cuantificación de la vulnerabilidad de los edificios fue realizada mediante una sobreposición entre las intensidades de Mercalli esperadas (cuatro niveles) y las cuatro categorías (A, B, C y D) de edificios.



Los resultados están expresados en la tabla 7 y en el mapa 10, según:

- el tipo de uso dominante en el edificio, y
- la magnitud de los daños posibles, indicada por cuatro niveles (tabla 4: D1 hasta D4).

En el mapa se representó además el número de pisos en tres clases, con el tamaño del símbolo utilizado.

La distribución general de los edificios en los diferentes niveles de destrucción es crítica. Es probable que sólo dos edificios no sufrirían ningún daño. Cerca del 10% se ubica en la clase de nivel 1 (daños leves), mientras que el 75% está localizado en el nivel 2 (daños serios con algunos colapsos parciales). Se trata en su mayoría de los edificios multifamiliares repartidos en toda la ciudad. En el nivel 3, con daños severos, se localiza todavía el 15% de los edificios, repartidos casi exclusivamente en la Zona del Río y en las zonas aledañas al sureste.

La repartición de los edificios según su utilización revela dos tendencias totalmente ligadas a su destino y ubicación:

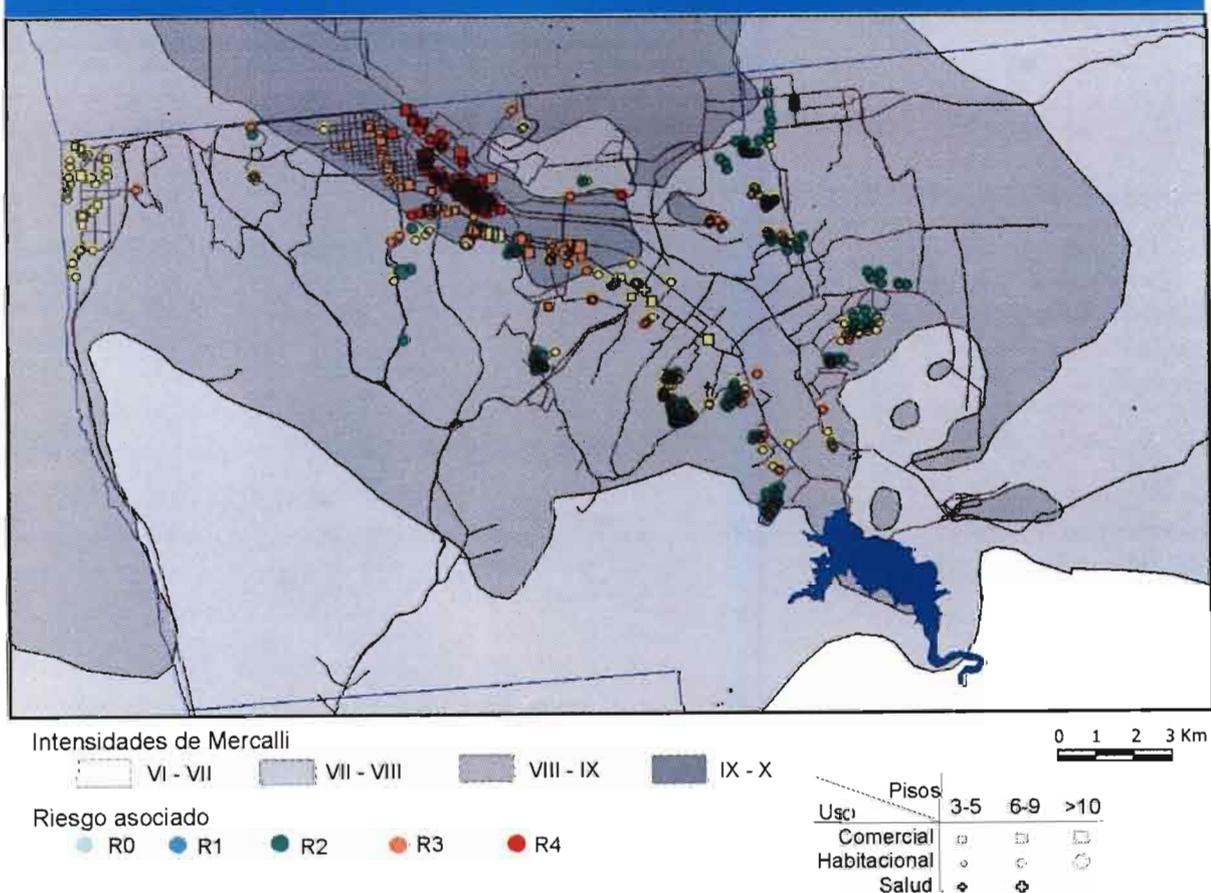
- El grupo comercial-hotelaría-salud muestra una distribución idéntica: una mayoría de edificios (entre 57 y 60%) en el nivel de daños 2 y alrededor del 15% en el nivel 1, y 20-25% en el nivel 3 (daños severos). La mayoría está ubicada en la Zona del Río, que concentraría la casi totalidad de los daños severos de tipo 3.

- Por el contrario, los edificios con destino multifamiliar, mejor distribuidos en toda la ciudad, se localizan en categorías de menores riesgos: el 82% está en el nivel 2, contra 7 y sólo 11% en los niveles 1 y 3, respectivamente.

Comportamiento de los edificios a los riesgos asociados

La cuantificación de la vulnerabilidad de los edificios a los riesgos asociados fue realizada me-

MAPA 11. Vulnerabilidad de los edificios a los riesgos asociados al terremoto.



diante un cruce con el índice de riesgo total (apartado 1.5.1). Los resultados están expresados en la tabla 7 y en el mapa 11, con las mismas características utilizadas en el párrafo anterior, y comprueban la vulnerabilidad de la ciudad. Es notable una repartición no muy desigual, en general, entre las cuatro categorías R1 hasta R4, pero con una distribución inversa entre los edificios con destino habitacional, dominando en las categorías inferiores, y los con vocación de servicios, más numerosos en las superiores.

- Se destaca un conjunto de edificios con riesgo de nivel 4, con la probabilidad máxima del desarrollo de fenómenos conexos al sismo. Los fenómenos de licuefacción podrían afectar entre el 50 y el 65% de los edificios del grupo comercio/hotelería/ salud.

- El conjunto anterior está rodeado por un área de riesgo de nivel 3 que se prolonga un poco hacia el sureste a lo largo del valle. El riesgo de licuefacción es menor debido a que estos depósitos más antiguos, situados con altitud ligeramente superior, presentan características freáticas menos desfavorables.

El total de los edificios afectados en estas dos categorías de riesgo asciende al 87.1% para el comercio, al 92.9% para la hotelería y al 80% para la salud, con consecuencias fáciles de imaginar en cuanto al funcionamiento de la ciudad en los días posteriores al terremoto. En este nivel de riesgo se localiza el 25.3% de los edificios con vocación habitacional.

- Las áreas de riesgo de nivel 2 son zonas de transición, como Playas de Tijuana o las riberas del río Tijuana entre la Zona del Río y La Presa, donde se acumulan todavía fuertes intensidades y una probable licuefacción leve. Ahí se localiza el 31% de los edificios multifamiliares y algunos edificios (entre el 7 y el 20%) del grupo comercio/hotelería/salud.

- Finalmente, en las áreas de riesgo 0 y 1 no se localiza ningún edificio del grupo comercio/hotelería/salud, pero sí 159 edificios multifamiliares, que representan el 43.6% del total de éstos y que están distribuidos en las periferias este y sur de la ciudad.

Cerca del 75% de los edificios multifamiliares están localizados en zonas de riesgo bajo a modera-

do. Conociendo las grandes limitaciones de las zonas donde se ubican —inestabilidad de las formaciones, fuertes pendientes, numerosos accidentes secundarios—, este resultado debe considerarse como relativamente satisfactorio en el caso de la urbanización vertical de los multifamiliares.

2.3.2 Los establecimientos educativos

Los resultados presentados para las escuelas de Baja California han sido elaborados a partir de bases de datos proporcionadas por la SAHOPE en Mexicali. Esta base incluye 970 planteles educativos en Tijuana, con un total de 243 562 estudiantes; o sea, más del 85% de los estudiantes censados en 1996-1997 (fuente: XV Ayuntamiento, 1998). Dos grupos han sido diferenciados: los de educación preescolar y primaria y los de niveles superiores.

La educación primaria y preescolar comprende 500 planteles, repartidos uniformemente en toda la ciudad, con alrededor de 150 mil alumnos y más de cinco mil maestros. El análisis de su ubicación espacial demuestra una política voluntarista de llevar estos niveles educativos a toda la población. La distribución de la educación secundaria es similar, con 121 planteles para un poco menos de 50 mil estudiantes. El bachillerato está ausente en diversas zonas marginales. En este caso están, al oeste, la región de “cañones”, atravesada por el Libramiento Sur; al sur, la zona de la subdelegación Sánchez Taboada, y al este, el área donde se encuentran colonias como la Buenos Aires, el Ejido Matamoros o El Florido.

La educación superior está sobre todo representada por el plantel local de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), fundada en 1957, que cuenta con dos terceras partes de los estudiantes tijuanaenses (20 500). La otra institución importante es el Tecnológico, que alberga a cuatro mil estudiantes. Estos dos planteles están ubicados en la Mesa de Otay. Las otras universidades son en su mayoría privadas y están localizadas a lo largo del río Tijuana, a excepción de la Universidad Iberoamericana del Noroeste, cuyo plantel está en Playas.

Las escuelas públicas de la ciudad están construidas según planos aprobados por el gobier-

no federal. Las primarias son en general construcciones de uno o dos pisos, con estructura metálica soldada, paredes de ladrillo o concreto armado y techo de losa. Las de secundaria y bachillerato son de dos a tres pisos y usan el mismo tipo de estructura. Con tales características estructurales, estos edificios parecen ser capaces de resistir un sismo —el mayor peligro resultaría del colapso de las paredes exteriores e interiores, construidas con la técnica del relleno—, por lo que se clasificaron en la categoría B.

Las escuelas privadas quedan repartidas entre las categorías B y C, según sea su tipo de construcción.

Las intensidades de Mercalli

La vulnerabilidad de los establecimientos escolares a los sismos muestra dos distribuciones opuestas (tabla 8 y mapas 12 y 13).

Más de las dos terceras partes de la actividad escolar (71.1% de los planteles y 67.9% de los alumnos) estarían expuestas a un temblor de intensidad VIII, capaz de generar daños severos sólo a los edificios de tipo D. Quedan sólo el 21% de los planteles y el 28.2% de los alumnos que estarían en la zona con intensidades superiores a IX, con daños serios y colapso parcial de los edificios B o severos y

colapso total de algunos edificios de tipo C. Esta repartición, globalmente satisfactoria, se aplica con algunas variantes para todos los planteles de preescolar y primaria.

La distribución de los planteles de bachillerato es más desfavorable, ya que se ubican tanto en la zona VIII como en la IX, pero con cerca del 30% de los alumnos en la última zona. La situación es todavía más preocupante para el nivel universitario, pues el 77.5% de los estudiantes se localiza en la zona de mayor intensidad. ¿Serían las estructuras capaces de resistir tales intensidades?

El riesgo asociado

Frente al riesgo asociado, el comportamiento es algo similar (tabla 9 y mapas 12 y 13). Los riesgos de nivel bajo (1) a moderado (2) concentran cada uno la tercera parte de los planteles y estudiantes. Los restantes se distribuyen entre las clases 3 y 4, con alrededor del 20 y 10%, respectivamente.

Pero en detalle se puede apreciar que el riesgo aumenta con el nivel de escolaridad. Los niveles de riesgo con mayor número de alumnos son el 1 (38.2%) para la primaria, el 2 para la secundaria y el bachillerato (38.2 y 47.5%, respectivamente) y el 3 para las universidades (73%).

La repartición geográfica de los planteles con riesgo alto demuestra la fuerte relación con los

TABLA 8. Vulnerabilidad de las escuelas al terremoto.

Intensidades de Mercalli	VII		VIII		IX		Total	
	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos
Preescolar y primaria	65	7,155	575	116,544	143	29,405	783	153,104
Secundaria	9	2,180	79	25,181	33	9,775	121	37,136
Bachillerato			28	17,316	23	7,437	51	24,753
Universidad			8	6,434	7	22,135	15	28,569
Total	74	9,335	690	165,475	206	68,752	970	243,562

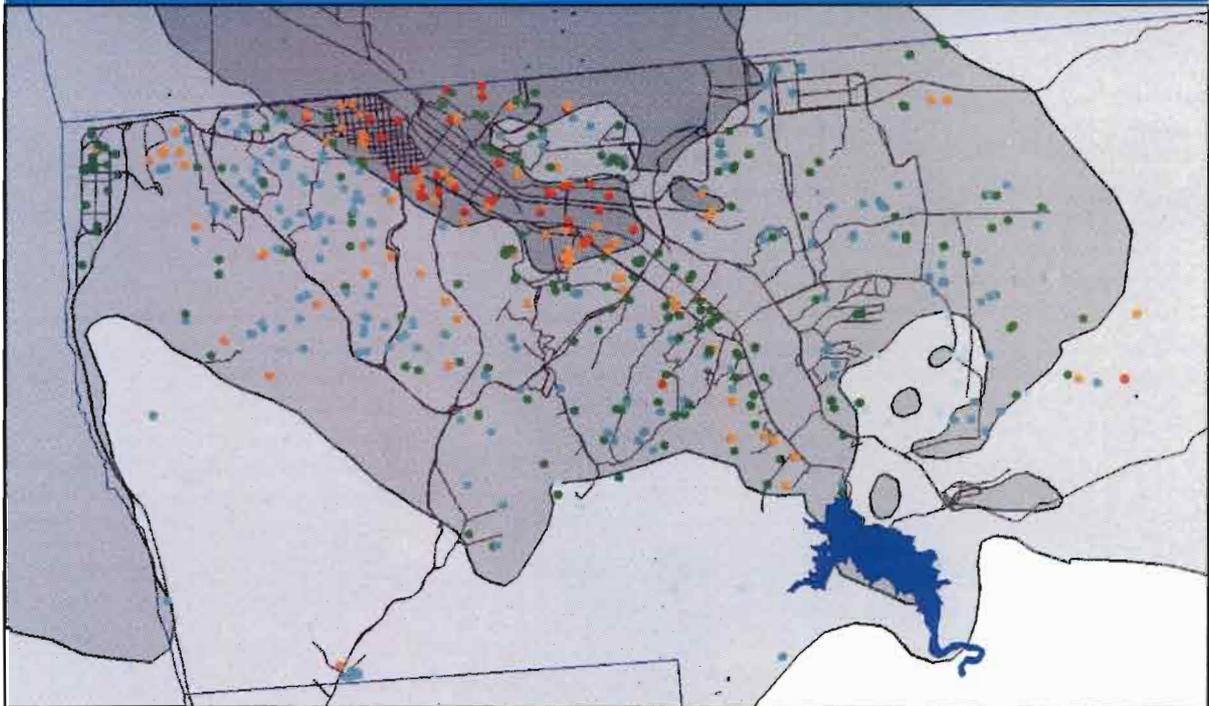
(en cifras absolutas)

Intensidades de Mercalli	VII		VIII		IX	
	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos
Preescolar y primaria	8.3	4.7	73.4	76.1	18.3	19.2
Secundaria	7.4	5.9	65.3	67.8	27.3	26.3
Bachillerato			54.9	70	45.1	30
Universidad			53.3	22.5	46.7	77.5

(cifras en porcentajes)

Según datos de la SAHOPE, 1998.

MAPA 12. Vulnerabilidad de las escuelas preescolares y primarias.



Intensidades de Mercalli

VI - VII VII - VIII VIII - IX IX - X

0 1 2 3 Km

Riesgo asociado para las escuelas primarias

R0 R1 R2 R3 R4-R5

TABLA 9. Vulnerabilidad de las escuelas a los riesgos asociados.

	Primaria		Secundaria		Bachillerato		Universidad		Total	
	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos
R4	8.7	10.8	10.7	16.1	33.3	29.4	33.3	4.8	10.6	12.8
R3	15.6	13.7	26.4	17.4	37.3	19.2	26.7	73.1	18.2	21.8
R2	34.4	33.6	36.4	38.2	25.5	47.6	20	18.5	33.9	34
R1	38.1	38.2	23.1	25	3.9	3.8	20	3.5	34.1	28.6
R0	3.3	3.7	3.3	3.3					3.1	2.8

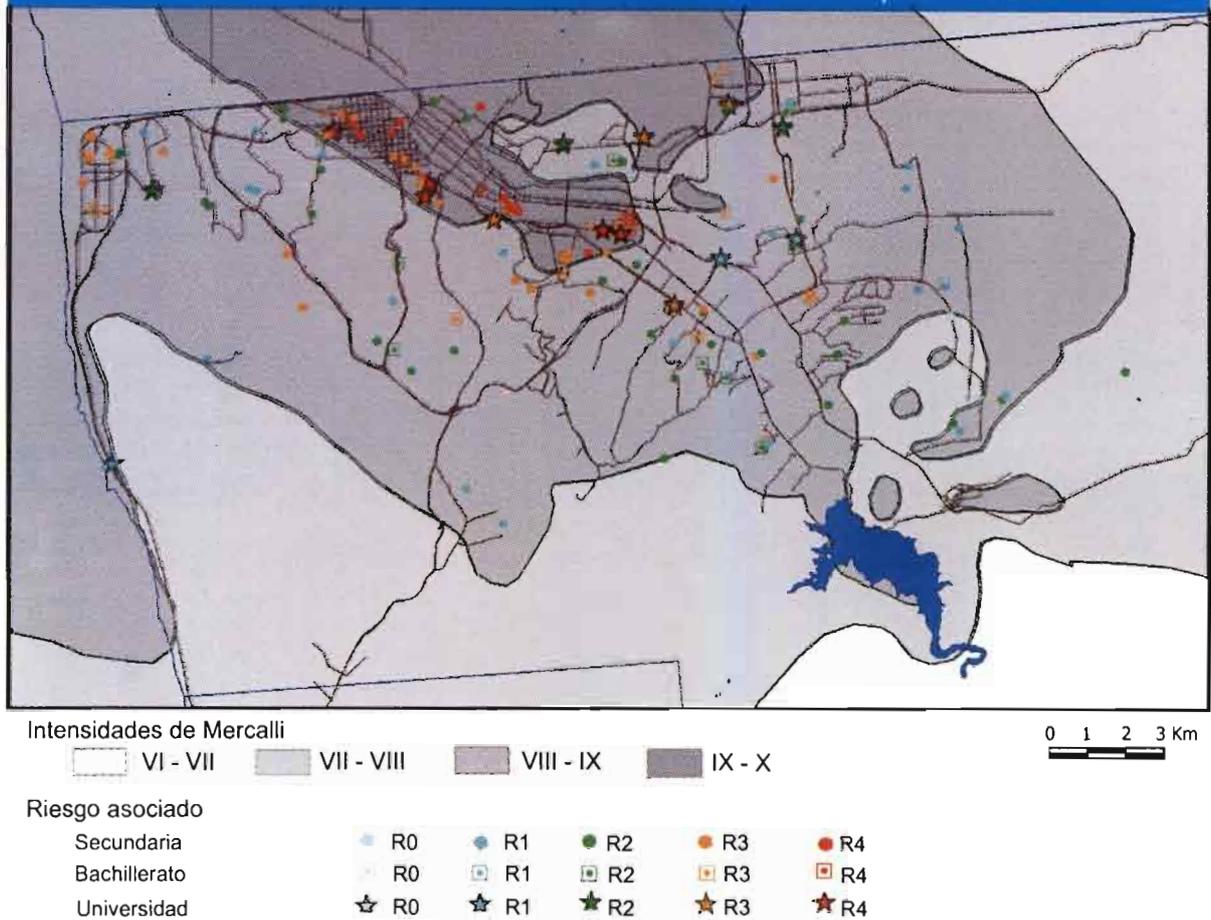
(cifras en porcentajes)

	Primaria		Secundaria		Bachillerato		Universidad		Total	
	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos	Planteles	Alumnos
R4	68	16,491	13	5,990	17	7,279	5	1,372	103	31,132
R3	122	20,993	32	6,475	19	4,754	4	20,889	177	53,111
R2	269	51,492	44	14,175	13	11,782	3	5,294	329	82,743
R1	298	58,413	28	9,287	2	938	3	1,014	331	69,652
R0	26	5,715	4	1,209					30	6,924
Total	783	153,104	121	37,136	51	24,753	15	28,569	970	243,562

(en cifras absolutas)

Según datos de la SAHOPE, 1998.

MAPA 13. Vulnerabilidad de las escuelas secundarias, bachilleratos y universidades.



niveles de intensidad mayor y los efectos de licuefacción en la zona central y en la zona aluvial del río Tijuana. Allí, el 10.5% de los planteles (que agrupan a 31 132 alumnos, de los cuales la mitad son de nivel preescolar-primaria) se encuentra expuesto a altos riesgos. Es probable que esta población, así como la de otros planteles, no pueda acudir normalmente a sus clases los días posteriores al sismo y posiblemente por un tiempo mayor, hasta que se realicen los trabajos de compostura de las escuelas. El funcionamiento regular de la educación en Tijuana podría ser impedido por un periodo relativamente largo.

Fuera de esta zona de mayor peligro, la mayoría de los planteles están sólo expuestos a riesgos de niveles 1 y 2, con excepción de algunos de nivel 3, especialmente en la parte sur de la ciudad, susceptibles de sufrir movimientos por gravedad o por su cercanía a una falla secundaria.

Sólo una escuela primaria (de nueva creación), situada en la zona Mercalli VIII, alcanzó el riesgo máximo por la conjunción de una falla y del riesgo de deslizamiento en la zona sur de La Mesa.

2.3.3 La infraestructura industrial y maquiladora

Los daños sobre las industrias son difíciles de cuantificar con certeza, pues las estadísticas son poco confiables, variando excesivamente según la fuente utilizada, ya sea la Canacintra, la Secofi o el INEGI. Más que las cifras globales, resaltaremos las características generales de la distribución, basada principalmente en el análisis de los porcentajes de empleados.

La distribución de las industrias en Tijuana conforma varios conjuntos que corresponden cada uno a una fase y/o a una época de desarrollo.

1. Se destaca primeramente un eje central, que parte de la Zona Centro, con su anexo en la colonia Libertad, de fundación antigua, y el desarrollo consecutivo a todo lo largo del río Tijuana, en dirección sur-sureste hasta La Presa. El boulevard Díaz Ordaz merecería ampliamente el calificativo de "calle maquiladora".

2. La Mesa de Otay, como desarrollo posterior, se reconoce por la distribución ortogonal de sus calles y de sus parques industriales, situados sobre el contorno este-sureste del aeropuerto.

3. El tercer grupo está constituido por todos los asentamientos industriales recientes de la parte sur, desarrollados mediante costosos trabajos de nivelación de terrenos en relieves accidentados, que tuvieron que ser readecuados para facilitar este tipo de uso.

Se notará que, si las industrias y los parques industriales coexistían en las dos primeras fa-

ses, en la tercera predominan casi exclusivamente los grandes conjuntos industriales planeados.

Los edificios que alojan las empresas pueden agruparse en dos tipos:

- las construcciones específicas para el asentamiento de maquiladoras o de las industrias más recientes, realizadas con una estructura metálica soldada y sujeta con pernos (postes verticales y techado de hierro soldado), pero cuyo carácter ligero les impide resistir fuerzas laterales de consideración. Además, las paredes de bloques, o de elementos prefabricados, no son ni armadas ni solidarias de la estructura. Pueden clasificarse como de tipo intermedio B/C, y

- los edificios de las industrias que se establecieron en locales ya existentes y no especialmente concebidos para este uso, ausentes

TABLA 10. Vulnerabilidad de la industria al terremoto.

Sector principal	VII		VIII		IX		Total	
	Industrias	Empleados	Industrias	Empleados	Industrias	Empleados	Industrias	Empleados
Petroquímica	1	0	76	4,764	28	593	105	5,357
Madera, papel, muebles	3	478	138	10,640	36	1,020	177	12,138
Piel, textil	0	0	63	2,775	25	613	88	3,388
Alimentación	1	80	38	1,107	30	1,926	69	3,113
Construcción	2	130	38	1,229	12	300	52	1,659
Metal, maquinaria, transporte	5	138	119	7,377	35	1,769	159	9,284
Electrónica y precisión	1	0	163	31,394	50	7,131	214	38,525
Diversos	1	8	50	6,196	21	846	72	7,050
Total	14	834	685	65,482	237	14,198	936	80,514

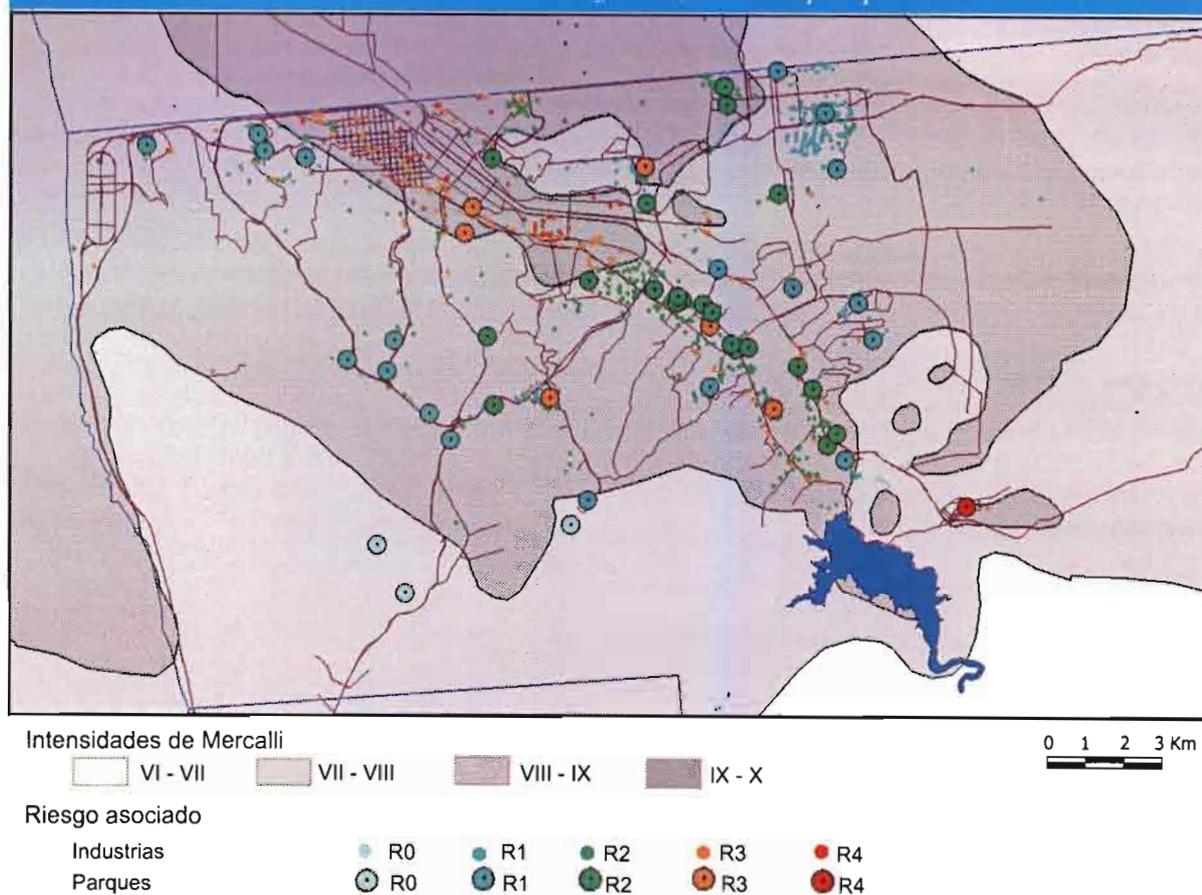
(en cifras absolutas)

Sector principal	VII		VIII		IX	
	Industrias	Empleados	Industrias	Empleados	Industrias	Empleados
Petroquímica	1	0	72	89	27	11
Madera, papel, muebles	2	4	78	88	20	8
Piel, textil	0	0	72	82	28	18
Alimentación	1	3	55	36	43	62
Construcción	4	8	73	74	23	18
Metal, maquinaria, transporte	3	1	75	79	22	19
Electrónica y precisión	0	0	76	81	23	19
Diversos	1	0	69	88	29	12
Total	1	1	73	81	25	18

(cifras en porcentajes)

Según el catálogo de la Industria de Tijuana, CANACINTRA, 1997.

MAPA 14. Vulnerabilidad de las fábricas, industrias y maquiladoras.



de cualquier protección parasísmica. Pueden clasificarse como de tipo C, en su mayoría.

Los riesgos del terremoto

La localización de los parques industriales no es favorable. En la zona de movimiento máximo (intensidad de Mercalli > IX) se ubica solamente un número bajo de estos parques, entre los cuales se encuentran uno en la colonia Revolución y dos en la parte occidental de la Mesa de Otay (tabla 10 y mapa 14); la mayoría de ellos se reparte casi exclusivamente en la zona de intensidad VIII-IX, la cual concentra el 73% de los edificios y el 81% de los empleados.

En total, estas dos categorías de mayor peligro (con intensidades superiores a VIII) concentran el 99% de las empresas y de los empleados.

Aunque estas cifras pudieran parecer alarmantes, la matriz de cruzamiento entre las intensidades de Mercalli y la calidad estruc-

tural de los edificios permite aproximarse más al comportamiento de estos edificios frente a los movimientos telúricos. En la zona VIII-IX los edificios de tipo B podrían presentar daños ligeros, mientras que los de tipo C presentarían daños serios con colapso parcial, y en la zona > IX los daños serían serios en los edificios de tipo B y probablemente severos en los de tipo C. Una parte importante de la capacidad de producción de Tijuana se paralizaría por un periodo posiblemente largo.

Considerando la capacidad de producción, se calculó que aproximadamente tres cuartas partes de las industrias de Tijuana se verían afectadas, con una repartición uniforme entre los diversos sectores de actividad. Más de dos tercios de las empresas de cada rama (el 69% de las industrias diversas y el 78% de las industrias de la madera) sufrirían daños desde ligeros hasta serios en la zona VIII-IX, afectando a más

del 75% de los empleados de esta actividad (el 74% en la construcción hasta el 89% en la industria química).

La zona >IX tendría daños serios a severos al menos en el 25% de las empresas, en promedio (del 20% en la industria maderera hasta el 29% en la de sectores diversos), afectando a menos del 20% de los empleados totales de la rama (el 8% en la industria maderera y el 19% en las industrias metálica y electrónica, que emplean a cuatro veces más de trabajadores).

En la zona VI-VII, la menos peligrosa, se localiza solamente el 1% de las empresas y de los empleados.

Cabe resaltar la situación excepcional de la industria de la alimentación —rama casi estratégica en situación de emergencia—, que presenta una repartición inversa. En efecto, el 43% de sus empresas y el 62% de sus empleados están ubicados en la zona >IX, con posibilidad de daños serios a severos y colapsos de los edificios empresariales, por lo que se pueden fácilmente imaginar los efectos de tal situación sobre el abastecimiento de la ciudad después del sismo.

Los riesgos asociados

El comportamiento de las industrias frente a los riesgos asociados al terremoto genera también un cierto nivel de inquietud (tabla 11 y mapa 14).

La repartición de los riesgos asociados tiene un fuerte componente geográfico:

- Las plantas no expuestas a riesgos se localizan exclusivamente en la periferia sur de la ciudad.
- Las plantas con riesgo bajo (1) se ubican, sobre todo, en los relieves de cada lado del río Tijuana, donde pueden estar sujetas a diversos movimientos de vertiente, ligados a la inestabilidad de las formaciones, a la pendiente o a la proximidad de fallas secundarias.
- El riesgo moderado de nivel 2 es característico del eje central (Zona del Río-boulevard Díaz Ordaz) en cada ribera del río Tijuana, con riesgos inducidos por la licuefacción (en la parte occidental de la Mesa de Otay) o por la proximidad de una falla (como es el caso del parque industrial La Gloria).
- El riesgo alto, de nivel 3, se produce únicamente en la Zona del Río, donde habría fuertes intensidades de Mercalli y la probabilidad de licuefacción.

TABLA 11. Vulnerabilidad de la industria a los riesgos asociados.

Sector principal	R0		R1		R2		R3		R4		Total	
	Industrias	Empleados										
Petroquímica	2	35	33	2,116	49	2,700	17	424	4	82	105	5,357
Madera, papel, muebles	3	478	66	5,289	73	5,045	28	835	7	491	177	12,138
Piel, textil	0	0	23	1,183	38	1,598	20	459	7	148	88	3,388
Alimentación	1	80	13	762	24	561	22	1,432	9	278	69	3,113
Construcción	2	130	15	675	26	617	4	82	5	155	52	1,659
Metal, maquinaria, transp.	2	92	49	3,727	77	4,360	24	935	7	170	159	9,284
Electrónica y precisión	0	0	85	16,700	81	11,411	44	9,923	4	491	214	38,525
Diversos	1	8	15	323	36	5,872	17	794	3	53	72	7,050
Total	11	823	299	30,775	404	32,164	176	14,884	46	1,868	936	80,514

(en cifras absolutas)

Sector principal	R0		R1		R2		R3		R4	
	Industrias	Empleados								
Petroquímica	2	1	31	39	47	50	16	8	4	2
Madera, papel, muebles	2	4	37	44	41	42	16	7	4	4
Piel, textil	0	0	26	35	43	47	23	14	8	4
Alimentación	1	3	19	24	35	18	32	46	13	9
Construcción	4	8	29	41	50	37	8	5	10	9
Metal, maquinaria, transp.	1	1	31	40	48	47	15	10	4	2
Electrónica y precisión	0	0	40	43	38	30	21	26	2	1
Diversos	1	0	21	5	50	83	24	11	4	1
Total	1	1	32	38	43	40	19	18	5	2

(cifras en porcentajes)

Según el catálogo de la Industria de Tijuana, CANACINTRA, 1997.

- El riesgo mayor, de nivel 4-5 (intensidad de Mercalli y licuefacción), se asocia únicamente a las pequeñas industrias de la Zona Centro y al importante parque industrial de El Florido, en la periferia este de la ciudad (Coca Cola, Hyundai, etc.), a causa de la probable ocurrencia de importantes fenómenos de licuefacción en los aluviones con reservas hídricas freáticas sobre los cuales se asientan.

Hablando de estadísticas, la zona sin riesgo asociado por los fenómenos ligados al terremoto contempla sólo el 1% de las empresas y de los trabajadores.

La repartición es bastante similar entre los dos niveles de probabilidad de riesgo promedio, que concentran la mayor parte de las plantas industriales y de sus empleados. En los niveles de riesgo bajo (1) y moderado (2) se reparten el 32 y el 43% de las plantas industriales, con el 38 y el 40% de los obreros, respectivamente.

El 19% de las plantas industriales está expuesto a altos riesgos y el 5% a riesgos generalizados; todas ellas suman el 20% de los trabajadores.

La repartición por sector de actividad presenta similitudes con la distribución anterior, con el 80% de la actividad y de los empleados de cada rama industrial situados en los rangos 1 y 2, con excepción de tres sectores importantes:

- El 21% de las plantas de la industria electrónica y de precisión, con el 26% de la mano de obra total de esta rama, se ubica en el riesgo alto, de nivel 3. Conociendo la importancia de esta industria, tanto en producción como en empleados, esta situación debería hacer reflexionar a los planificadores.

- Las industrias textil y de la piel tienen una repartición potencialmente más “alarmante”, con el 31 y el 28% de sus plantas y empleados expuestos a altos riesgos, de nivel 3 y 4.

- Pero el caso de la industria alimenticia no deja de ser objeto de preocupación, ya que el 32% de sus plantas y el 46% de sus empleados están bajo un riesgo alto (3), mientras que el 13 y el 9%, respectivamente, se ubican en la categoría de riesgo mayor (4-5). Si se considera que, además de estar expuestas a estos altos niveles de riesgos asociados, las industrias alimenticias se ubican en zonas donde se prevén fuertes intensidades de Mercalli, es muy probable que Tijuana tenga graves problemas de abasto alimenticio en los días posteriores al sismo.

Es recomendable afinar estos riesgos tomando en cuenta las industrias que manejan sustancias peligrosas, por el peligro que éstas representarían, sea por explosión o por derrames, después de un sismo. La carencia de información confiable al respecto hizo imposible tal procesamiento en este trabajo.

3. EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN AFECTADA

Con la finalidad de proporcionar a quienes toman decisiones una herramienta lo más útil posible, se hizo una evaluación cuantitativa y localizada de la población que se vería afectada por el sismo.

Para realizar esta estimación se consideraron o realizaron los siguientes procedimientos:

- Una estimación de la población residente a un nivel de desagregación aceptable con fines de planificación.
- Una evaluación del comportamiento de las viviendas durante el sismo.

3.1 LA ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN

Se trabajó con datos del Censo de Población y Vivienda de 1995 del INEGI. Estos datos están distribuidos a nivel de área geostadística básica (AGEB).

Aplicando una metodología desarrollada en el SIGEF (A. Winckell y M. Le Page, 1997), se logró modelar la distribución de la población al nivel de manzana, tomando en cuenta, entre otros factores, la superficie realmente ocupada, el tipo de uso del suelo, la densidad de habitantes según el tipo de viviendas con su número de pisos, etc.

Una agregación espacial posterior nos permitió generar una estimación de población al nivel de la colonia, entidad espacial conocida y utilizada muy comúnmente.

3.2 EL COMPORTAMIENTO DE LAS VIVIENDAS ANTE EL SISMO

Según sus características estructurales de construcción, las casas no tienen el mismo comportamiento durante el sismo. En ausencia de un estudio geotécnico o de ingeniería civil, se decidió trabajar con una capa de información del SIG (Proyecto Cuenca del Río Tijuana, El Colef-SDSU, 1997), que diferencia niveles en la calidad de la vivienda en Tijuana. Se modificó esta clasificación adaptando una escala de equivalencia entre la calidad de la vivienda y su probable tipo de construcción (A, B, C o D) descrito en la escala de Mercalli.

Tres clases han sido definidas para Tijuana:

Clase B: casas residenciales frecuentemente de lujo, arquitectónicamente bien diseñadas, con materiales de alta calidad —a menudo de concreto armado— y finos acabados. Se estimó que no merecen la clasificación A, debido a la ausencia probable de una protección completa contra los movimientos laterales.

Clase C: casas residenciales de la clase media, casi siempre de concreto. La calidad tanto de los materiales como de los acabados es evidentemente más baja, lo que hace suponer que no se hayan respetado completamente los criterios de construcción parasísmicos.

Clase D: comprende los dos tipos de construcción más económicos encontrados en Tijuana. Por una parte, las viviendas de la clase baja, con casas compuestas, en proceso de mejoramiento (según el nivel de ingresos) y que se componen de estructuras básicas de madera reemplazadas poco

a poco por paredes más estables de ladrillos o concreto, pero realizadas artesanalmente y, de hecho, sin reglas parasísmicas. Por otra, las que están representadas por las invasiones de la periferia de la ciudad, con construcciones de madera, hierro, plástico o cartón, en las que frecuentemente se utilizaron materiales de recuperación, y sin respetar ninguna regla estructural, arquitectónica o estética. Ahí, un terremoto podría ocasionar un gran número de destrucciones, pero hay que ponderar este peligro, considerando que las construcciones de esta última categoría son lo suficientemente ligeras para no lesionar con gravedad a sus ocupantes en caso de derrumbarse sobre ellos.

La concepción propia de la escala de Mercalli permite evaluar el comportamiento de cada tipo de construcción encontrada frente a las diferentes intensidades del sismo y, por tanto, estimar los eventuales daños que podrían sufrir (tabla 4 y apartado 2.1.2).

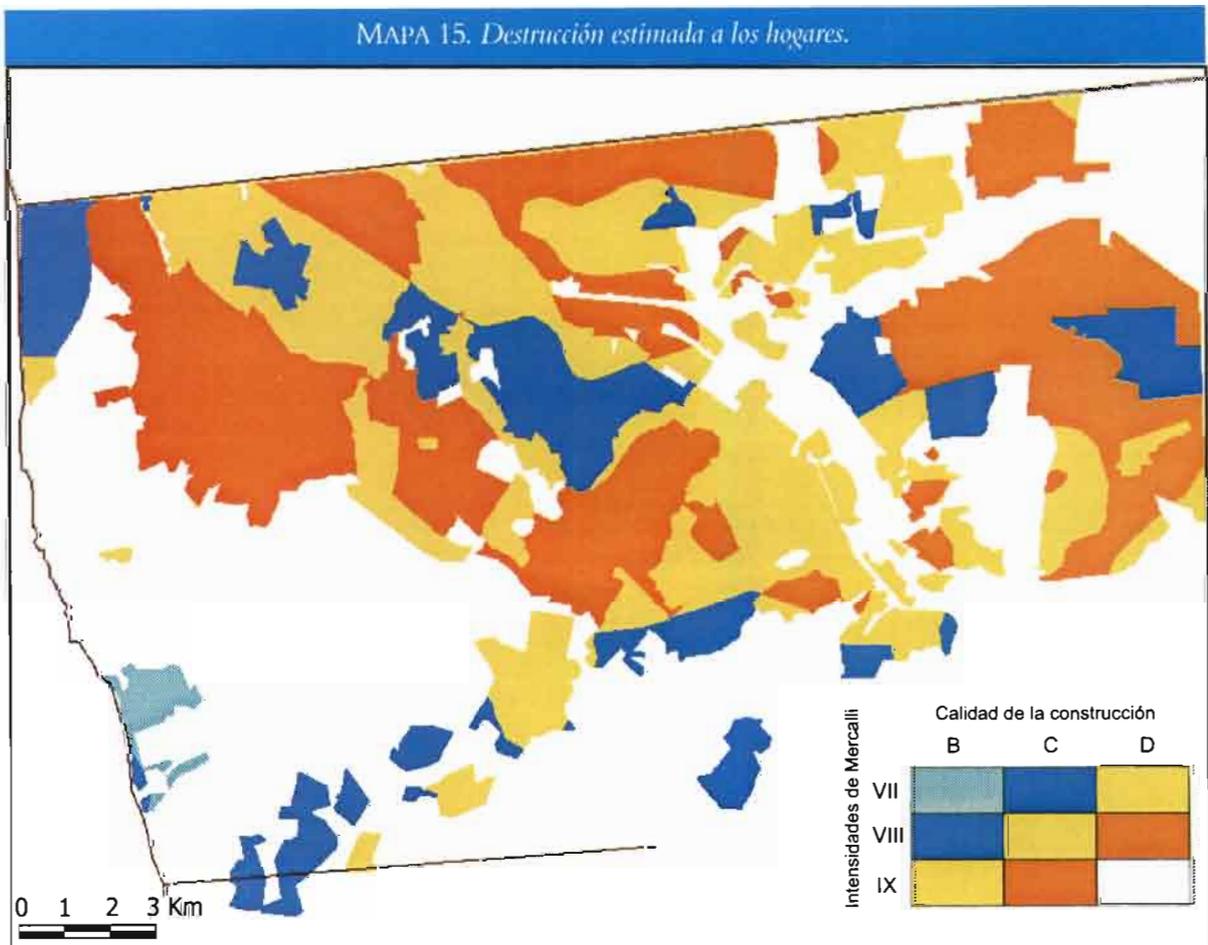
En el caso de Tijuana, se encontraron sólo las cuatro categorías siguientes:

- D0: los daños son inexistentes o muy ligeros.
- D1: aparición de grietas, algunos daños.
- D2: las construcciones sufren daños serios, algunas se colapsan parcialmente.
- D3: los daños a las construcciones son severos, algunas se colapsan totalmente.

El resultado de este procedimiento está expresado en el mapa 15, que sugiere los siguientes comentarios:

- El nivel máximo de destrucción total en la escala de Mercalli no se encontró para nuestra zona de estudio.
- El nivel de destrucción mayor, D3, se localiza en función de dos factores: la relativa mala calidad de las construcciones en toda la periferia de la ciudad y las fuertes intensidades del sismo en la Zona Centro, la colonia Libertad o la Mesa de Otay.

MAPA 15. *Destrucción estimada a los hogares.*



- El nivel 2 está diseminado por todas las partes de la ciudad. Su distribución corresponde con asentamientos bien consolidados, lo que atestigua la calidad inferior de la construcción tijuanaense en general.

- El nivel de daños 1 responde a dos factores: por una parte, a la buena calidad de las construcciones en las zonas cercanas a las máximas intensidades del sismo, como en Playas de Tijuana o en la parte centro-sur, aledaña al hipódromo; y por otra, a las zonas con construcciones de concreto prefabricado, de menor calidad pero más lejanas a las zonas de mayor intensidad, como en la parte este de la ciudad o en las urbanizaciones actuales en dirección de Playas de Rosarito.

- El nivel 0 está únicamente representado por las urbanizaciones recreativas, en la cercanía de San Antonio del Mar, de buena calidad y en una zona relativamente abrigada de las intensidades máximas, y principalmente destinadas a residentes temporales de la clase alta, nacional o de Estados Unidos.

3.3 ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN AFECTADA

3.3.1 La población afectada por el sismo

Ésta se representó en el mapa 16, en el cual se trató de cuantificar la jerarquía establecida en la escala de daños de Mercalli.

El primer paso fue valorar cada una de las categorías de esta escala, y se escogieron los siguientes niveles:

- Zona D0, donde se consideró que los daños no tendrían un nivel tan significativo como para ser cartografiados.

- Zona D1, donde los daños, ligeros y localizados, no afectarían a más del 10% de los edificios.

- Zona D2, donde los edificios afectados (con daños serios y algunos colapsos totales) no sobrepasarían el 25% del total de las construcciones existentes.

- Zona D3, donde los daños a las construcciones serían severos, con algunos colapsos totales, que afectarían hasta el 50% de los edificios.

- Zona D4, calificada como de destrucción generalizada, donde los daños afectarían a más del 50% de los edificios.

Estos coeficientes fueron luego aplicados a la población de estas zonas, para cuantificar la cantidad máxima de residentes susceptibles de sufrir percances en sus propios lugares de alojamiento. Para un mayor grado de confiabilidad en los cálculos, este proceso se realizó a nivel de manzana y los resultados fueron luego agregados en la colonia.

Para evitar los errores de interpretación debidos al tamaño variable —y consecuentemente a la repartición de la población— de las unidades espaciales, los resultados se presentan en forma uniforme mediante la densidad (habitantes por hectárea) en cinco rangos.

El mapa 16 no merece comentarios amplios, pues presenta la misma distribución que el mapa de destrucción de los hogares.

- El rango de 0 a 5 representa a las zonas sin residentes, como el aeropuerto, el área comercial y financiera de la Zona del Río o los grandes conjuntos industriales, donde no se censó población.

- Los dos rangos intermedios de 5-25 y 25-45 se reparten uniformemente en toda la ciudad, revelando así las zonas de densidad promedio.

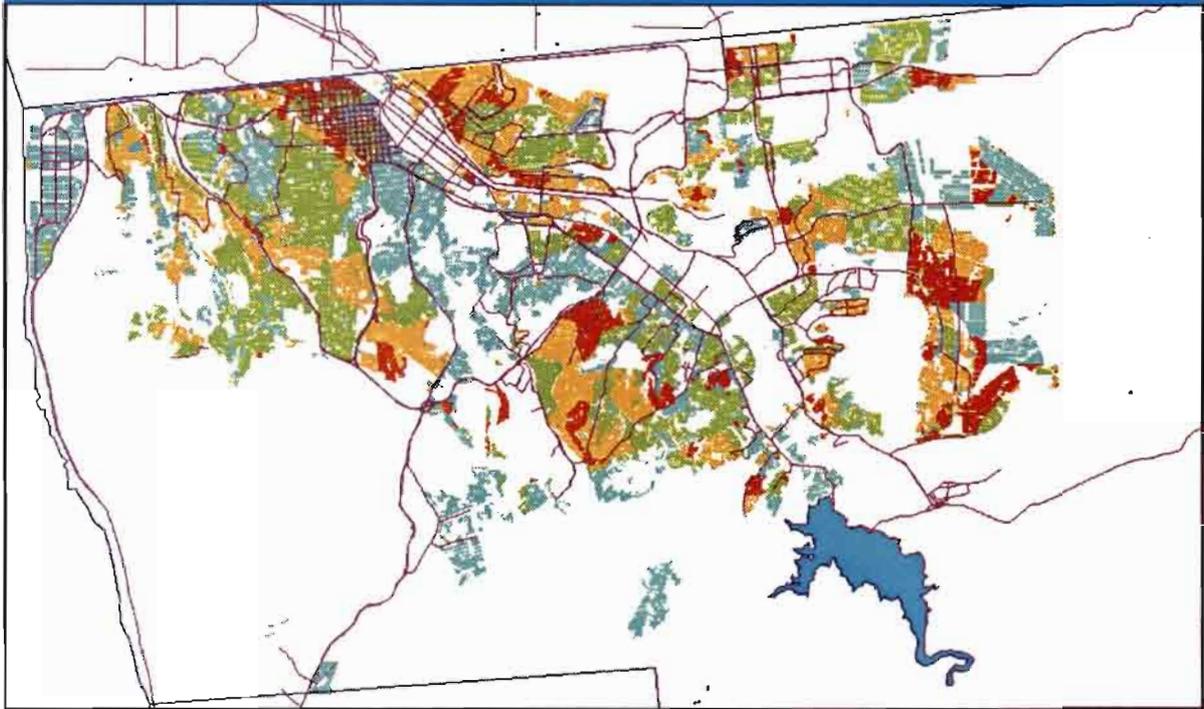
- Las dos últimas categorías comprenden las zonas densamente pobladas, particularmente todas las colonias consolidadas de creación antigua (Zona Centro o la colonia Libertad) o aquellas donde se construyeron conjuntos multifamiliares verticales, particularmente vulnerables, como los de la periferia.

3.3.2 La población afectada por los riesgos asociados

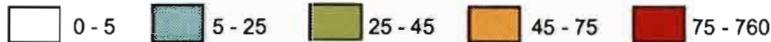
Bajo el supuesto de que esta aportación debía ser una de las más útiles para impulsar cualquier acción referente a la elaboración de planes preventivos ante un sismo, se decidió presentar los datos obtenidos en la forma más desagregada posible, o sea, a nivel de la colonia. En Tijuana hay más de 500 colonias con población significativa (con más de 10 habitantes).

Por otra parte, más que hacer un comentario, se explicará el contenido de la tabla de presenta-

MAPA 16. Densidad de la población afectada por manzana.



Población afectada en hab./ha.



0 1 2 3 Km

ción (tabla 12) para promover su uso en cualquier acción de prevención futura.

La información está presentada por delegación:

- Cada delegación está subdividida en orden alfabético por las colonias que la componen, según el código de identificación (columna 1) y el nombre (columna 2).

- La columna 3 indica la población total calculada en cada colonia, con base en los datos del Censo 1995 del INEGI.

- En la columna 4 se nota la intensidad en la escala de Mercalli que afectaría mayormente a la colonia.

- Las columnas 5 y 6 presentan respectivamente el número de personas que viven en una zona muy susceptible (L+) o sólo susceptible (L-) a la licuefacción.

- Las columnas 7, 8 y 9 se refieren a los residentes en las vertientes expuestas a los riesgos de movimientos por gravedad —derrumbes,

deslizamientos, soliflucción, etc.— diferenciando los tres niveles utilizados en el apartado 1.5.

- Las columnas 10, 11 y 12 presentan el número de residentes expuestos a peligros debido a la presencia cercana a una falla con los tres niveles presentados en el apartado 1.5.

- Desde la columna 13 hasta la 17 se califica el peligro total probable, resultado de la conjunción de los tres fenómenos asociados al sismo. También se desglosa el número de personas que viven en lugares expuestos a cada uno de los niveles de riesgo (desde el R0 hasta el R4).

Es importante aclarar que:

- Para cada delegación se sumaron los mismos parámetros.

- Fueron suprimidas las columnas de riesgo bajo a nulo, de las categorías G0 y F0, pero pueden fácilmente recalcularse a partir de la población total de la colonia representada.

TABLA 12. Distribución de la población afectada por colonia.

Código	Colonia	Población	Mercalli	L+	L-	G1	G2	G3	F1	F2	F3	R0	R1	R2	R3	R4
PLAYAS DE TLUANA		60,505		2,655	26,448	14,680	11,529	5,195	15,882	9,932	3,882		8,847	37,263	11,688	2,097
1-9	Ampliación Playas	292	VIII		1	53	162	76	12	184	77		42	66	151	33
1-27	Anexa Divina Providencia	2,069	VIII		561	518	924	65	682	1,008	277		289	1,037	636	106
1-29	Anexa Miramar	546	VIII	323			136	87						136	400	10
1-52	Cañón del Maladero Nte	90	VIII	14		32	19	25	24	20	2		12	22	56	1
1-36	Cañón de Las Rosas	834	VIII			359	424	51	302	351			139	481	214	
1-33	Cañón del Maladero Sur	1,169	VIII	47		8	370	744	72	192	362			282	707	180
1-34	Cañón Miramar	1,144	VIII			281	733	130	227	479	11		53	630	450	11
1-32	Cañón Rosales	418	VIII			123	289	7					123	289	7	
1-31	Cañón Tampico	368	VIII			129	65	174	129	65	174			129	91	149
1-14	Corona del Mar	130	VIII			130			43				118	12		
1-26	Divina Providencia	1,060	VIII		273	204	412	171	432	571	171		24	404	461	171
1-35	Gran Tenochtitlan	1,635	VIII			1,282	315	38	783	302	26		633	717	260	26
1-37	Inmobiliaria Gonzaga	2,136	VIII	24	223	752	749	387	853	830	256		428	880	614	213
1-7	Jardines del Sol	1,530	VIII		1,530									1,530		
1-18	Lázaro Cárdenas	6,902	VIII	417		2,526	2,890	1,069	2,340	2,941	1,114		1,549	2,279	2,604	470
1-22	Lomas del Mirador	1,392	VIII			672	449	271	90	26			646	449	297	
1-19	Los Laureles	1,394	VIII	1,155		64	146	30	947	757	267		15	93	1,223	63
1-16	Macías	854	VIII			648	206		522	206			163	485	206	
1-15	Mar Vista	355	VIII			115	240		115	247				119	236	
1-38	Mirador	4,049	VIII			2,982	790	277	1,268	441	277		1,899	1,414	476	259
1-30	Miramar	3,241	VIII			1,978	595	669	711	109	212		1,440	1,048	617	135
1-23	Rancho Las Flores 1a secc.	985	VIII	297		147	409	131	176	140			109	376	501	
1-28	Rancho Las Flores 2a secc.	1,670	VIII	135		420	609	507	23	192	185		411	509	628	122
1-24	Rancho Macías	583	VIII			332	233	18	234	168	14		156	249	168	10
1-1	Sección Costa	301	VIII	9	292									292	9	
1-13	Sección Costa Azul	2,242	VIII	30	2,212				1,275	153				2,157	85	
1-10	Sección Costa de Oro	1,290	VIII	21	1,269									1,269	21	
1-12	Sección Costa Hermosa	5,951	VIII	41	5,911				1,870	31				5,901	51	
1-8	Sección Dorado	4,693	VIII		4,693				1,143	270				4,635	58	
1-2	Sección Jardines	7,226	VIII	57	7,170				578					7,170	57	
1-4	Sección Playas Coronado	1,552	VIII		1,547	5			554					1,552		
1-5	Sección Tecnomex	26	VIII			23	2	1	2	3	1		22	2	2	
1-3	Sección Terrazas	727	VIII	85	565	58	19		103	49				612	114	
1-11	Triángulo de Oro	199	VIII		199									199		
1-20	Vista del Pacífico	236	VIII				60	176		60	147				144	92
1-25	Vista Encantada	214	VIII			214			49				173	41		
1-17	Xicoténcatl Leyva	1,000	VIII			625	284	91	324	138	266		402	396	156	46
SAN ANTONIO DE LOS BUENOS		176,976		1,354	168	111,990	57,295	6,051	46,349	31,680	3,526	1,836	79,287	56,828	27,348	1,679
2-18	5 y 6 Hectáreas	1,532	VIII			836	638	58	836	638	58		238	594	638	58
2-77	Aguaje de la Tuna 1a Secc.	1,315	VIII			1,061	248	6	218	48			917	356	43	
2-88	Aguaje de la Tuna 2a Secc.	357	VIII			269	71	17					269	71	17	
2-81	Alfa Panamericano	2,487	VIII			2,107	371	10		9			2,107	365	16	
2-72	Alfonso Ballesteros	1,336	VIII			117	1,107	112	165	381	12		94	832	398	12
2-118	Alfredo Ames	149	VIII			60	85		10	5		6	57	85		
2-32	Ampliación Salvatierra	311	VIII			233	76	2	149	49	12		133	139	35	5
2-16	Anexa Herrera	875	VIII			671	205		420	270			350	335	190	
2-98	Anexa Niños Héroes	405	VIII			85	259	61					85	259	61	
2-64	Anexa Pro Hogar	253	VIII			22	99	132					22	99	132	
2-12	Anexa Roma	568	VIII			378	189		378	189			87	292	189	
2-70	Anexa Simón Bolívar	661	VIII				378	283		378	449				343	319
2-45	Ángel Fernández	1,373	VIII			520	823	30	272	359			292	897	184	
2-25	Artesanal	2,156	VIII			770	1,372	14	575	780	7		257	1,230	663	7
2-102	Cañón Azteca	555	VIII	46		289	220		370	180			51	314	190	
2-113	Cañón de Las Carretas	757	VIII			497	260						497	260		
2-17	Cañón de Las Palmeras	1,227	VIII	78		454	477	217	20				444	487	295	
2-110	Cañón de San Antonio	145	VIII			57	88		57	88			6	58	82	
2-47	Cañón del Palo	74	VIII			63	11		63	11				63	11	
2-27	Cañón del Rubí	450	VIII			122	257	71					122	257	71	
2-22	Ciudad Jardín	5,864	VIII			4,279	1,229	356	1,337	494		3,045	2,010	808		
2-3	Colinas del Mediterráneo	361	VIII			137	223		137	223			95	60	206	
2-53	Cumbres de Juárez	176	VIII			52	96	27					52	96	27	
2-59	Cumbres del Rubí	1,218	VIII			483	567	167		34			483	550	184	
2-48	Chihuahua	3,012	VIII	200		734	1,525	554	443	1,215	487		446	1,238	1,182	147
2-76	De los Maestros	486	VIII			266	221		238	136			113	311	62	
2-5	División Los Altos	217	VIII			200	17		8				192	25		
2-117	Ejido Lázaro Cárdenas	1,415	VIII			1,208	188	2	420	148		22	867	389	137	
2-24	El Cortez	783	VIII	134		81	547	20					81	547	154	
2-29	El Progreso	3,618	VIII			1,966	1,652		1,893	1,066			776	2,164	678	
2-52	El Rubí	3,731	VIII			3,000	675	56					3,000	675	56	0

Continuación tabla 12.

Código	Colonia	Población	MercaIl	L+	L-	G1	G2	G3	F1	F2	F3	R0	R1	R2	R3	R4
2-92	El Tecolote	3,702	VII			2,727	974		922	65		1,286	1,857	569		
2-112	Fausto González	345	VIII			100	216	29					100	216	29	
2-35	Flores Magón	2,801	VIII			1,613	1,189		1,133	942			593	1,375	833	
2-114	Fracc. El Jibanto	16	VIII			16							16			
2-21	Francisco Villa	8,446	VIII			5,916	2,360	170	2,198	1,188	50		4,478	2,934	993	40
2-91	Genaro Vázquez	1,040	VII			562	478		296	172		243	580	217		
2-51	Guadalajara	1,254	VIII			509	715	30	409	843	30		175	590	459	30
2-67	Gutiérrez Ovalle	1,077	VIII			767	281	29	767	281	28		98	670	281	28
2-11	Herrera	2,368	VIII			1,965	403		1,591	403			673	1,311	384	
2-13	I Ayuntamiento	1,208	VIII			520	688		853	769			49	639	520	
2-69	Ignacio Ramírez	1,045	VIII			614	360	71	348	391	71		353	281	340	71
2-89	Industrial Pacífico I	126	VIII			64	61	1	6	5	1		62	61	2	
2-90	Industrial Pacífico II	2,215	VII			614	1,442	159	333	880		200	687	1,192	136	
2-7	Infonavit Lomas	9,696	VIII			9,049	626	21	4,360	325			5,648	3,702	346	
2-87	Internacional	546	VIII			227	297	22					227	297	22	
2-73	Jardines de las Cruces	369	VIII			53	317						53	317		
2-62	Jardines del Rubí	5,962	VIII			4,527	1,421	13	2,538	882			2,863	2,436	663	
2-101	La Cuesta (proyecto)	64	VIII			27	37		28	37			18	36	9	
2-116	La Jolla	2,790	VIII			2,250	537	3	530	201	3	11	1,945	738	92	3
2-55	La Sierra	2,979	VIII		158	485	2,032	304	212	1,514	1,032		435	1,945	525	75
2-93	Lagunitas	1,806	VIII			1,445	340	20	844	400	73		795	810	188	12
2-34	Las Cumbres	2,245	VIII			1,354	866	26	170	609			1,266	442	537	
2-14	Las Palmeras	819	VIII			258	192	370			67		258	191	303	67
2-99	Leandro Valle	2,582	VIII			1,075	1,301	206	830	214	30		998	1,230	339	15
2-57	Liberal Lomas del Rubí	485	VIII			108	276	101	88	20			40	330	115	
2-42	Loma Bonita	163	VIII			48	116		41	116			7	74	83	
2-19	Lomas del Pacífico	907	VIII			679	180	48	140	322	48		545	107	207	48
2-4	Lomas Misión	1,889	VIII			1,229	659		802	336			676	877	336	
2-15	Lomas Tijuana	1,389	VIII			1,343	46		941				650	739		
2-6	Los Altos	5,703	VIII			4,748	566	388	1,904	294	166		3,413	1,630	599	61
2-86	Luis Echeverría	735	VIII			391	316	28					391	316	28	
2-75	Llamas Amaya	1,548	VIII			222	1,165	161		526	93		202	702	576	68
2-28	Manuel Paredes I	1,187	VIII	158		431	494	105	378	336	53		273	357	546	11
2-23	Manuel Paredes II	1,587	VIII	262		435	794	96					435	794	358	
2-26	Michoacán	481	VIII			193	252	36		7			193	245	43	
2-1	Misión del Sol	1,607	VIII			954	526	127		2	130		954	500	76	78
2-33	Modesto Ponce	430	VIII		11	263	153	3	236	156	13		108	203	114	5
2-121	Monarca	100	VIII			100							100			
2-50	Monte San Antonio	630	VIII			202	428		157	366			122	248	260	
2-54	Monterrey	787	VIII			255	455	76					255	455	76	
2-100	Montes Olímpicos	1,691	VIII			881	810		172	476			871	602	218	
2-46	Niños Héroes	757	VIII	125		356	276		53	32			335	286	135	
2-40	Nueva Aurora	584	VIII			452	133		144	41			401	143	41	
2-41	Nueva Aurora Sur	1,684	VIII			1,241	443		18	52			1,230	409	45	
2-44	Obrera	12,676	VIII			9,108	3,334	234	2,571	2,775	133		6,783	3,360	2,411	122
2-49	Obrera 1a Sección	6,216	VIII			4,147	2,025	43	2,546	1,794	21		2,343	2,546	1,305	21
2-82	Panamericano	902	VIII			542	275	85	331	97	83		409	384	100	10
2-78	Panteón	163	VIII			132	29	2	132	29	2			132	29	2
2-20	Patrimonial Benito Juárez	1,519	VIII			688	832		321	664			568	785	167	
2-74	Patrimonio Familiar	537	VIII			101	434	1	60	251	1		42	242	252	1
2-39	Pedregal de Sta. Julia	8,897	VIII			5,669	3,183	45	1,959	1,738			4,410	3,219	1,268	
2-85	Planetario	284	VIII	150		82	52						82	52	150	
2-30	Rancho La Cima	2,629	VIII			1,184	1,340	105	1,019	913			615	1,467	547	
2-38	Rancho Las Isabeles	157	VIII			128	29						128	29		
2-43	Reacomodo de Públicas	15	VIII			5	11		5	11				5	11	
2-120	Real de la Gloria	73	VII			44			29			44	28			
2-79	Residencial La Esmeralda	379	VIII			146	201	32	84	39	65		68	208	38	65
2-36	Salvatierra	1,650	VIII			1,600	50		605	45			1,086	518	45	
2-31	San Ángel	1,210	VIII			675	535		83	283			649	462	99	
2-10	Santa Rosa	631	VIII			442	189		260	173			213	244	173	
2-71	Simón Bolívar	549	VIII			132	386	31	142	325	31		10	224	283	31
2-2	Soler	3,817	VIII			3,673	144		558	17			3,207	593	17	
2-61	Tejamen	542	VIII			240	302		213	275			77	285	181	
2-8	Unión	2,378	VIII			2,314	64		354	17			2,056	306	17	
2-56	Valle del Rubi secc.Lomas	2,235	VIII			1,909	299	27	1,323	78			737	1,393	104	
2-63	Valle del Rubi secc.Terrazas	3,497	VIII			2,760	608	129	476	101	51		2,317	949	180	51
2-65	Valle del Sur (proyecto)	173	VIII			24	98	52		1	1		24	98	52	
2-60	Vda. de Nelson	2,695	VIII	202		468	1,730	294	462	1,004	209		300	1,238	954	202
2-68	Villegas	1,059	VIII			275	691	93	114	505			201	311	547	
2-58	Vivienda Popular	1,738	VIII			1,738			533				1,310	429		
2-37	Xicoténcatl Leyva	1,518	VIII			798	628	25	451	455	17	24	567	580	331	17
2-84	Xochimilco Solid	1,124	VIII			678	431	15	265	186			451	495	176	1

Continuación tabla 12.

Código	Colonia	Población	Mercalli	L+	L-	G1	G2	G3	F1	F2	F3	R0	R1	R2	R3	R4	
CENTRO		113,784		10,897	32,466	45,025	23,377	2,019	36,364	18,380	1,486		21,366	37,480	40,624	13,914	
3-30	20 de Noviembre	2,532	IX	2,325	207				126						207	2,325	
3-1	Alemán	5,228	VIII		12	4,157	1,059		2,629	995			1,262	2,357	1,138	471	
3-70	Altamira	3,030	VIII		45	2,448	537		1,691	347			1,180	1,319	336	196	
3-0	Altamira Sur	3,760	VIII			2,648	1,112		2,220	1,509			1,398	1,694	668		
3-23	América	283	IX		283										283		
3-27	Aviación	513	IX	51	462										462	51	
3-8	Azcona	1,812	VIII			1,476	336		877	231			560	1,022	231		
3-26	Barranquitas	178	IX	10	168										168	10	
3-59	Burócratas Hipódromo	696	VIII		89	266	341			74			266	382	48		
3-25	Calete	460	IX		460										460		
3-40	Campo de Golf	626	IX		557	66	3		347	3			50	221	355		
3-38	Cañón Oasis	759	VIII			477	282						477	282			
3-36	Cañón Pedregal	1,533	VIII	226	407	388	396	116	228	224			356	713	464		
3-49	Catavina	72	VIII			26	46						26	46			
3-4	Catillo	2,331	IX		1,212	509	585	24	1,258	1,273	48			212	1,498	621	
3-28	Centro Escolar	57	IX	57												57	
3-64	Colinas de Aguacaliente	1,378	VIII		5	309	1,044	20					309	1,049	20		
3-16	Cuauhtémoc	558	IX	136	27	394			558						422	136	
3-34	Cubillas Sur	868	VIII		33	119	604	113	191	441	27		25	417	333	93	
3-32	Cubillas	553	IX		476	60	17		446	17			5	49	488	11	
3-42	Chapultepec Este	795	VIII		70	707	19						586	196	14		
3-41	Chapultepec Oeste	2,059	VIII		276	1,024	678	81	1,521	1,224	140		621	749	675	14	
3-31	Chulavista	753	VIII		479	71	143	60	212	2			71	515	167		
3-21	Dávila	618	IX		618				122						618		
3-56	El Bosque	69	VIII		69				69					69			
3-15	Empleados Federales	432	IX	432												432	
3-24	Gabilondo	650	IX		650				343						650		
3-9	Guerrero	6,193	VIII			3,493	2,299	400	1,737	1,950	696		2,166	2,287	1,557	182	
3-66	Hacienda Aguacaliente	412	VIII		112	144	150	6	96	96			144	246	22		
3-61	Hacienda La Remosa	467	VIII		14	305	148		335	285			207	204	56		
3-60	Hacienda Las Palomas	19	VIII			11	8		3				11	8			
3-55	Herradura	69	VIII		64		5		43					69			
3-37	Herradura Sur	607	VIII			287	315	5	87	160			272	269	67		
3-10	Hidalgo	8,738	VIII		14	4,949	3,525	250	4,175	2,067	13		2,602	4,611	1,512	13	
3-43	Hipódromo	1,134	VIII		494	486	150	3	191	202			368	645	121		
3-44	Hipódromo Aguacaliente	92	IX		91	1								18	75		
3-7	Independencia	9,326	IX		774	7,587	906	58	4,348	1,593	58		2,126	3,963	2,695	543	
3-51	Jardines de Chapultepec	1,076	VIII			607	437	32					607	437	32		
3-13	Juárez	4,374	VIII		376	1,634	1,895	469	1,301	1,143	48		979	2,011	1,323	61	
3-62	La Remosa	595	VIII			426	169		160	62			284	293	18		
3-3	Lindavista	1,537	IX			1,373	164		1,052	45			487	500	519	30	
3-54	Lomas de Aguacaliente 3a secc.	279	VIII		88	58	133		74	66			58	170	50		
3-53	Lomas de Aguacaliente 6a secc.	392	VIII		69	79	234	9	95	85			53	287	52		
3-46	Lomas de Aguacaliente Norte	1,458	VIII		1,458				246	213				908	550		
3-47	Lomas de Aguacaliente Sur	686	VIII		633	20	33		453	27				660	27		
3-35	Lomas Doctores	372	VIII			167	165	40	70	99			116	162	95		
3-63	Lomas Hipódromo	855	VIII		797	21	37		593	101			21	807	27		
3-68	López Mateos	285	VIII		285				94					285			
3-18	Madero	1,901	IX		1,578	110	154	59	609	225	59			30	1,676	195	
3-19	Madero Sur	2,300	VIII		100	705	1,287	207	593	1,128	212		240	788	855	416	
3-20	Marrón	313	IX		313										313		
3-11	México	3,964	VIII			1,822	2,115	26	662	518			1,479	2,267	219		
3-12	Morelos	3,788	VIII		16	3,073	699		2,075	241			753	2,719	287	29	
3-33	Neidhart	370	IX		370										370		
3-2	Panteón Jardín	179	VIII			155	23		121	63			80	69	29		
3-29	Predio Aguacaliente	175	IX	21	154										154	21	
3-50	Privada Catalana	46	VIII			21	26						21	26			
3-58	Pueblo Bonito	118	VIII		23	58	37			38			58	29	31		
3-45	Puerta de Hierro	171	VIII		171				114					164	7		
3-48	Rancho El Grande	345	VIII			72	244	28	49	244	28		44	108	172	21	
3-22	Revolución	587	IX	61	527										527	61	
3-39	Rincón Colonial	245	VIII			168	77		60				157	88			
3-65	Roma (Canonk)	1,245	VIII			1,182	63		545	57			984	203	57		
3-52	San Jerónimo	292	VIII			64	229		37	48			58	223	11		
3-57	Villa Lomas	282	VIII		112	5	154	11	58	250	128			74	175	32	
3-6	Zona Centro	9,605	IX	867	7,944	505	289		1,248	1,032	40			272	8,150	1,182	
3-17	Zona Este	1,890	IX	748	1,142										1,142	748	
3-5	Zona Norte	8,444	IX	217	7,980	247			192					247	7,980	217	
3-14	Zona Urbana Río	5,955	IX	5,747	162	46			2,010					41	167	5,747	
OTAY		152,809		9,420	4,891	130,889	30,699	6,493	16,082	11,270	1,540		321	68,769	46,309	22,420	14,901
4-61	10 de Mayo	2,836	VIII		2,144	692							692	2,144			

Continuación tabla 12.

Código	Colonia	Población	Mercalli	L+	L-	G1	G2	G3	F1	F2	F3	R0	R1	R2	R3	R4	
4-2	Aeropuerto	3,242	IX			2,701	531	11	298	53				2,508	692	42	
4-3	Aeropuerto Abelardo	74	IX			74								74			
4-6	Alfonso Garzón	723	IX			277	446		137	288			87	226	295	116	
4-28	Altabrisa	1,719	VIII			1,623	96						1,623	96			
4-29	Ampliación Lomas	2,762	VIII			1,248	1,496	18		145			1,248	1,434	80		
4-16	Anexa Buenavista	3,472	VIII	15		307	2,575	574					307	2,575	589		
4-74	Anexa Ciudad Industrial	26	VIII			26							26				
4-5	Anexa del Río	2,104	IX			752	1,114	239	920	1,014	261		317	761	692	334	
4-10	Anexa Postal	988	VIII			242	735	10	230	724	10		96	333	548	10	
4-32	Bosque de las Araucañas	48	VIII			43	3	3	1				39	6	3		
4-19	Buenavista	4,622	IX	4,212		351	59						314	86	1,073	3,150	
4-9	Burocrática Ruiz	2,661	IX			1,980	680		1,792	680			404	623	1,102	531	
4-8	Centro Urbano 70	2,944	VIII			1,369	1,073	502					599	1,339	916	90	
4-53	Celys	1,547	VIII			1,547							1,547				
4-56	Ciudad Industrial	729	VIII			671	39	19					671	39	19		
4-21	Chamizal	1,523	IX	1,523												1,523	
4-18	Defensores de B. C.	764	VIII				426	338		100				396	366		
4-11	Del Río (Reforma)	6,648	VIII			4,470	2,122	56	789	582			3,698	2,483	467		
4-36	Delicias	543	VIII			473	70						473	70			
4-12	Empleado Postal	2,484	VIII			2,166	318		553	154			1,589	678	103	113	
4-71	Ex Ejido Tampico	226	VIII	25		112	89						36	155	25	10	
4-39	Fovissste	554	VIII			480	74						480	74			
4-47	Fovissste II	2,909	VIII			2,909							2,909				
4-41	Garita de Olay	220	IX			220								220			
4-42	Garita Internacional	32	IX			32								32			
4-62	Granjás Fam. Unidas	2,700	VIII		1,442	734	515	8					734	1,957	8		
4-22	Guadalupe Victoria	1,890	IX	1,817	61	11							11	61	334	1,483	
4-24	Indeco Universidad	1,581	VIII			1,390	110	81					1,390	110	81		
4-70	Ignacio Zaragoza	1,612	VIII			1,04	916	592					104	916	592		
4-30	Insurgentes	1,742	IX			1,651	92						567	1,157	18		
4-17	Kennedy	325	VIII			15	310						15	310			
4-23	Laderas Olay	2,233	VIII			253	685	1,295					119	752	513	849	
4-4	Las Califomias	1,463	IX			1,232	160	71	126	126				1,140	229	94	
4-1	Libertad	23,340	IX	474	12	15,707	6,770	377	10,661	4,781	97		660	8,531	10,874	3,275	
4-48	Lomas II Rubén Romero Anaya	1,948	VIII			1,820	64	64					1,820	64	64		
4-7	Lomas Tauninas	5,869	VIII			2,833	2,902	134	645	792	71		2,481	2,676	649	64	
4-13	López Leyva	2,926	IX			2,052	732	142	1,011	996	173		146	1,540	439	801	
4-35	Maestros Universitarios	884	VIII			884							884				
4-57	Magisterial	312	VIII			307	5						307	5			
4-14	Mineral Sta. Fe	1,282	IX	10		104	558	610	114	526	858			49	213	1,020	
4-72	Misiones del Pedregal	82	VIII			8	74							82			
4-60	Nido de las Águilas	1,146	VIII			731	286		300	87		34	755	357			
4-44	Nueva Tijuana	17,060	VIII			17,060							12,496	4,564			
4-34	Olay Constituyente	2,558	VIII			2,514	43						2,514	43			
4-26	Olay Jardín	1,088	VIII			1,088							1,088				
4-25	Olay Universidad	2,433	VIII			2,266	99	69					2,266	99	69		
4-43	Perimetral Norte	1,639	VIII			1,840							1,639				
4-52	Plaza Olay	677	VIII			512	166						512	166			
4-37	Plazas	210	VIII			158	53						158	53			
4-59	Rango Escondido	1,116	VIII			761	68					288	761	68			
4-63	Rinconada Olay	1,448	VIII			1,084	295	69	506	224	69		980	262	155	52	
4-49	Riovista	537	VIII			384	153						384	153			
4-54	Roberto de la Madrid	2,117	VIII			2,117							2,117				
4-46	SCT	354	VIII			354							354				
4-50	Sección Tecnológico	4,531	VIII			3,780	665	87					3,780	665	87		
4-20	Sepaná!	1,345	IX	1,345												1,345	
4-55	Ternanova (proyecto)	130	VIII			130							130				
4-15	Tomás Aquino	4,650	VIII			3,642	799	209					3,642	799	209		
4-58	Torres de Malamo	9,617	VIII		1,232	6,536	1,775	75					6,536	3,006	75		
4-31	UABC	78	VIII			78							76	2			
4-73	Universidad Sur	964	VIII				157	808						157	808		
4-38	Vista Alamar	1,525	VIII			1,192	301	32					1,192	301	32		
4-45	Xicoténcal Leyva	995	VIII			995							995				
LA MESA				173,787		6,055	52,497	61,443	50,302	3,490	28,638	16,237	382	48,858	91,578	27,719	4,632
5-157	Aámar	190	VIII		890											890	
5-34	Alcalá	504	VIII			504								444		60	
5-32	Alicia Camillo	606	IX			606								229		378	
5-70	Ampliación Reforma	718	VIII			448	270						448	270			
5-61	Ampliación Sánchez	8,139	VIII			4,801	3,242	96	1,619	988	34		3,692	3,712	718	17	
5-14	Anáhuac	679	IX		679											679	

Continuación tabla 12.

Código	Colonia	Población	Mercalli	L+	L-	G1	G2	G3	F1	F2	F3	R0	R1	R2	R3	R4
5-1	Anexa 20 de Noviembre	3,533	IX	2,760	773										773	2,760
5-63	An. Sánchez Taboada	3,557	VIII			2,200	1,135	223	2,244	1,033			652	2,277	629	
5-158	Anexa Veracruz	175	VIII		10		146	19		146	19			29	126	19
5-31	Angélica	318	IX		318										318	
5-149	Arenales A	317	IX		306	11							11	33	273	
5-148	Arenales B	245	IX		200	45								45	200	
5-80	Balcón de las Huertas	1,838	VIII			1,115	723		87	160			1,059	627	152	
5-126	Benton	496	VIII		496									496		
5-48	Camichín	263	VIII		263									263		
5-52	Camino Real	140	VIII		140									140		
5-60	Camino Verde	33,797	VIII			10,893	20,474	2,430	2,752	3,204			9,868	20,366	3,563	
5-153	Campestre Muñía	4,806	VIII		4,382	301	123						301	4,505		
5-82	Cañón El Salado	1,167	VIII		37	172	920	37	323	651	22		30	580	535	22
5-133	Castro	241	VIII		241									241		
5-74	Castro Green	821	VIII		443	281	97		190	111			163	603	55	
5-18	Ceceña	423	IX		423										423	
5-147	Central Camionera	35	IX	1	34									1	34	
5-99	Contreras	131	VIII		131									131		
5-45	Cortez	337	VIII		337				104	104				329	9	
5-94	Chapultepec California	655	VIII		518	9	128		502	613				476	179	
5-8	Chihuahua	183	VIII		183									183		
5-19	Dimenstern	443	IX		443									60	383	
5-95	Durango	525	VIII		280	100	144		280	77			100	407	17	
5-56	El Mirador	1,345	VIII		91	741	513		750	559			172	706	468	
5-26	El Paraiso	1,477	IX		1,477										1,477	
5-7	El Pedregal	141	VIII		141									141		
5-11	El Prado	572	IX		572										572	
5-44	Electricistas	377	VIII		377				305					377		
5-68	Emperadores	3,697	VIII			2,186	1,512		187	205			2,056	1,620	21	
5-3	Espanoles	211	IX	36	175										175	36
5-154	Fernández	835	IX	278	556										556	278
5-116	Fortín de las Flores	481	VIII		481									481		
5-37	Gerónimo Mesa	402	VIII		402									392	10	
5-42	Gertrudis Green	188	VIII		188									188		
5-123	Guadalajara	423	VIII		423									423		
5-159	Guanajuato	349	VIII		235	63	50		275	35			39	298	11	
5-47	Guillén	611	VIII		611									611		
5-46	Habitelect	269	VIII		269									269		
5-155	Hidalgo	1,929	VIII		1,929				1,605					1,605	324	
5-41	Hipódromo Dos	2,166	VIII		2,166				415					2,166		
5-83	Huertas 1a secc.	750	VIII		589	89	71		363	123			16	651	84	
5-84	Huertas 2a secc.	340	VIII		249	32	59		56	108				247	93	
5-73	Huertas 5a secc.	270	VIII		270									270		
5-66	Infonavit Cachanilla	7,044	VIII			3,757	3,065	221	1,407	1,266	89		2,829	3,419	716	79
5-10	Infonavit La Mesa	1,067	VIII		1,067									1,067		
5-65	Infonavit Labno	7,662	VIII			7,149	514						7,149	514		
5-156	Infonavit Patrimonio	2,886	IX	286	2,600				1,761					1,014	1,871	
5-87	Jalisco	197	VIII		197									197		
5-27	Jardines de San Carlos	309	IX		309										309	
5-36	Jerónimo Mesa	338	VIII		338									338		
5-20	José Sandoval	1,411	IX		1,411									630	781	
5-29	La Escondida	406	IX		406										406	
5-98	La Esmeralda	150	VIII		150									150		
5-64	La Esperanza	3,728	VIII			1,829	1,865	34	928	600	121		1,402	1,905	397	24
5-134	La Joya	504	VIII		504									504		
5-24	La Mesa	903	VIII		903									903		
5-88	La Villa	288	VIII		288				156					288		
5-115	Las Brisas	28	VIII		28									28		
5-97	Las Fuentes	177	VIII		177				43					177		
5-131	Las Huertas 3a secc.	397	VIII		397									397		
5-89	Las Huertas 4a secc.	945	VIII		700	64	177	5	302	323			48	696	201	
5-22	Las Lilas	776	VIII		776									776		
5-28	Las Palmas	1,424	IX		1,424									359	1,066	
5-122	Las Vegas	466	VIII		466									466		
5-39	Leos Montoya	190	VIII		190									190		
5-81	Lomas Conjunto Residencial	1,993	VIII			1,283	711		5	243			1,277	549	167	
5-69	Lomas de la Amistad	3,370	VIII			1,476	1,768	126	163	87			1,386	1,811	173	
5-15	López	313	IX		313										313	
5-33	López Lucio	782	IX		782										782	
5-146	Los Álamos	4,401	VIII	74		2,985	1,113	230					2,985	1,113	303	
5-16	Los Ángeles	485	IX		485										485	

Continuación tabla 12.

Código	Colonia	Población	Mercalli	L+	L-	G1	G2	G3	F1	F2	F3	R0	R1	R2	R3	R4
5-91	Los Árboles	244	VIII		244				49	19				224	19	
5-53	Los Olivos	1,663	VIII		525	791	347		732	166			504	1,008	151	
5-21	Los Volcanes	660	VIII		660									633	28	
5-72	Luna Park	336	VIII		336									336		
5-30	Luz Juárez	325	IX		325										325	
5-101	Magaña	311	VIII		311									311		
5-78	Maunlio Magaña	377	VIII		339	13	26		214	64				339	38	
5-51	Montebello	921	VIII		351	273	297		534	264			40	724	157	
5-23	Moreno Norte	423	VIII		423									423		
5-125	Moreno Sur	324	VIII		324									324		
5-71	Parque Ind. La Mesa	104	VIII			40	64						40	64		
5-77	Pinos Agüero	1,035	VIII		821	201	13		622	194			10	960	65	
5-79	Plan de Iguala	459	VIII		123	221	115		318	64			26	369	64	
5-35	Quinta Alta	314	VIII		314									314		
5-121	Ramírez	435	VIII		435									435		
5-85	Ramos	201	VIII		201									201		
5-50	Real del Monte	872	VIII		645	29	198		597	750				501	371	
5-58	Residencial Agua	2,934	VIII			2,320	614						2,320	614		
5-102	Reynoso	182	VIII		182				26					182		
5-76	Rubio	541	VIII		488	34	20		232	31				514	27	
5-118	San Antonio	325	VIII		325									325		
5-40	San Carlos	188	VIII		188				161					188		
5-2	San José del Río	1,675	IX	1,493	182									78	460	1,137
5-62	Sánchez Taboada	19,853	VIII			13,450	6,380	23	6,930	2,144	12		9,756	8,827	1,259	12
5-92	Santa Fe	241	VIII		241				63	97				205	37	
5-93	Sin Nombre	195	VIII		10	5	180			190			5	44	146	
5-59	Sirakm. Bayolan Norte	192	VIII		14	89	89		75	102			59	32	101	
5-67	Sirakm. Bayolan Sur	922	VIII			446	457	19	115	62			382	505	35	
5-103	Sonoita	345	VIII		345				122	122				302	43	
5-49	Sonora	862	VIII		597	29	229	7	226	474	86		29	491	321	21
5-55	Sta. Anita	342	VIII		207		136			136				207	136	
5-54	Sta. Cecilia	162	VIII		162				162	45				132	30	
5-17	Sta. Cruz	600	IX		600										600	
5-117	Sta. Elena	262	VIII		262									262		
5-43	Sta. Rosa	143	VIII		143									143		
5-128	Tabulle	68	VIII		68									68		
5-75	Urias	457	VIII		207	243	7		7	39			237	182	39	
5-145	Vaim	43	VIII		42									42	1	
5-150	Valle Vista 1a secc.	3,315	VIII		40	1,184	2,074	18	478	497			736	2,318	261	
5-152	Valle Vista 2a secc.	1,187	VIII		1,187									1,187		
5-90	Veracruz	350	VIII		340		10			126				272	78	
5-57	Villa Colonial	276	VIII			47	229		15	16			32	229	16	
PMx	Predios de La Mesa	3,663	VIII	237	3,426				136					2,543	894	226
LA PRESA		277,808		1,636	20,014	205,483	43,320	1,884	47,933	19,652	1,280	34,384	159,044	71,700	12,202	497
6-57	18 de marzo	542	VIII		542				265					542		
6-104	Alba Roja	455	VIII		455									455		
6-65	Amparo Sánchez	1,557	VII			671	848	38	467	648	32	471	769	306	11	
6-166	Ampl. Gabriel Rodríguez	2,179	VIII			1,229	950						1,229	950		
6-167	Ampl. Loma Bonita	1,833	VIII			931	897	5					931	897	5	
6-9	Ampliación Guaycura	5,719	VIII			5,109	610		948	133			4,433	1,219	66	
6-54	Arb. de La Mesa	428	VIII	25	403				138					403	25	
6-55	Arboledas	365	VIII		365				189					365		
6-137	Azteca	2,804	VIII		663	1,073	938	83	1,373	784	46	39	699	1,529	500	37
6-71	Baja California	825	VIII		681	144			443					825		
6-37	Baja Maq. El Águila	1,945	VIII			1,945			179				1,821	125		
6-15	Buenos Aires Norte	6,490	VIII			5,889	601						5,889	601		
6-14	Buenos Aires Sur	6,491	VIII			5,858	633						5,858	633		
6-40	Bugambillas	454	VIII			412	42		127				375	79		
6-138	Cañón de la Raza	1,806	VII			284	415	6	94	1,144	184	683	44	966	113	
6-118	Cerro Colorado	1,331	VIII			901	168		389	417			611	314	405	
6-119	Cerro Colorado I	813	VIII			776	38		25				750	62		
6-5	Cetys	264	VIII			264			264				53	211		
6-4	Colinas de Alamar	6,311	VIII			4,854	1,193	264	1,635				3,616	2,431	264	
6-68	Colinas de la Mesa	2,670	VIII		177	1,581	891	21	1,434	674	21		1,008	1,129	522	10
6-53	Constitución del 17	254	VIII	116	138				127					138	116	
6-22	Ejido Francisco Villa	2,320	VIII			2,302	18					126	2,176	18		
6-27	El Florido	2,436	VII			1,920	516		330	258		1,158	1,051	228		
6-30	El Florido I	5,039	VIII			4,644	394		347	153		152	4,275	612		
6-29	El Florido II	9,034	VIII			7,607	1,427					2,868	5,442	724		
6-28	El Florido III	4,854	VIII			4,799	55		330			275	4,414	165		

Continuación tabla 12.

Código	Colonia	Población	Mercalil	L+	L-	G1	G2	G3	F1	F2	F3	R0	R1	R2	R3		
6-3	El Lago	2,194	VIII			2,061	132		156	18			2,043	142	9		
6-86	El Naranjo	509	VIII		198	81	230		425				59	450			
6-35	El Pipila	17,534	VIII			16,834	700						16,834	700			
6-130	El Porvenir	666	VIII		644	22			351					666			
6-151	Emiliano Zapata	1,889	VII			1,230	633	27				1,230	633	27			
6-162	Fiader	11	VIII			11							11				
6-155	Fideicomiso El Florido	449	VII			449			54			396		53			
6-135	Fidel Velázquez	1,103	VIII		1,040	63			872					1,103			
6-62	Fracc. Campos	4,147	VIII		39	2,221	1,887		706	686			1,718	2,008	421		
6-103	Fracc. P-20	46	VIII		46									46			
6-93	García	461	VIII		461				22					461			
6-159	Granjas Familiar	766	VIII			754	10					2	754	10			
6-39	Guaycura	7,668	VIII	114	4	4,974	2,315	260	1,034	774	281		4,103	2,649	705		
6-41	Habit. Estadio	2,983	VIII			2,983							2,983				
6-163	Héroes de Independencia	434	VIII			418	15						418	15			
6-13	Imaq. Tijuana	503	VIII			487	16						487	16			
6-61	Inf. Lomas Verde	6,216	VIII		2	4,362	1,851		701	1,235			4,024	1,123	1,068		
6-117	Infonavit Capistrano	1,997	VIII			1,621	331	30	613	346	30		1,184	437	346		
6-120	J. López Portillo	1,937	VIII			1,089	354		1,322	703			237	1,165	536		
6-16	Jardín Dorado	1,148	VIII			1,116	32						1,116	32			
6-67	Jardines de La Mesa	3,817	VIII		639	1,684	1,495		1,533	825			1,218	2,104	496		
6-44	Kino	963	VIII		186	440	270	67	428	280	107		285	473	151		
6-97	La Campiña	522	VIII		522									522			
6-46	La Ciénega	861	VIII	115	745									745	115		
6-89	La Presa	2,347	VIII			1,345	643	55		9	41	661	1,060	564	62		
6-42	Las Praderas	713	VIII			713							713				
6-10	Loma Bonita	932	VIII			703	230						703	230			
6-12	Loma Dorado	55	VIII			54	1						54	1			
6-88	Lomas de La Presa	4,128	VIII		36	2,579	1,513		815	344		338	2,405	1,326	59		
6-160	Lomas del Matamoros	1,600	VIII			1,571	29						1,571	29			
6-85	Los Reyes	1,418	VIII		127	946	345		332	261			794	372	252		
6-45	Los Saucillos	192	VIII		192				52					192			
6-82	Los Venados	325	VIII	63	262									262	63		
6-33	Mariano Matamoros Centro	15,200	VII			13,106	1,009	1	5,104	1,266	2	8,758	4,083	2,244	114		
6-34	Mariano Matamoros Sur	15,854	VIII			14,546	1,144	87	4,235	1,030	99	1,257	10,334	3,341	824		
6-31	Mariano Matamoros Sur	16,175	VII			15,412	753	8	2,456	472	18	9,110	6,677	378	9		
6-19	Matamoros III	2,549	VIII			2,398	151						2,398	151			
6-7	Meseta del Guaycura	370	VIII			264	106						264	106			
6-69	México Lindo	410	VIII		410				393	20				400	10		
6-73	Niños Héroes	464	VIII		451	13			25					464			
6-58	Orizaba	319	VIII		296	23			57	69				296	23		
6-36	Parque Ind. Américas	368	VIII			368							368				
6-8	Patria Nueva	262	VIII	7		204	52						204	52	7		
6-70	Pinos de Nárez	1,122	VIII		660	432	29		825	206			255	818	49		
6-32	Poblado del Ejido F. Villa	1,082	VIII			1,070	12						1,070	12			
6-18	Poblado Ejido Matamoros	3,605	VIII			3,410	194						3,410	194			
6-6	Pórticos del Lago	4,260	VIII			3,609	651		853				3,247	1,013			
6-139	Praderas de La Mesa	2,265	VII			1,223	560		701	946	35	518	593	1,080	73		
6-38	Presidentes	12,816	VIII			11,944	660	23	9,074	729			6,358	5,726	731		
6-11	Puerta del Sol	2,437	VIII			1,941	497						1,941	497			
6-63	Reforma	6,782	VIII			3,432	3,226	124	654	291			3,229	3,322	231		
6-150	San Luis (Sáinz)	3,588	VII			2,152	1,324	112	39			2,139	1,337	112			
6-64	Sánchez Taboada II (Corette)	4,991	VIII			1,385	3,310	297	1,138	2,263	28	111	1,027	2,759	1,081		
6-152	Terrazas de La Presa	26	VIII			6	6	14	6	6				6	20		
6-164	Tierra y Libertad	977	VIII			977							977				
6-90	Tona	171	VIII		159				153	142				89	83		
6-66	Tres de Octubre	7,405	VIII			3,844	3,326	235	262	207		986	3,371	2,779	269		
6-17	Valle Verde	6,874	VIII			6,874							6,874				
6-59	Villa Floresta	2,011	VIII		564	1,090	357		775	290			722	1,011	278		
6-21	Villa Fontana 1a secc.	2,139	VIII			2,138							2,138	1			
6-161	Villa Fontana 4a secc.	17	VIII			17							17				
6-87	Villas de Baja California	9,163	VIII			7,436	1,674	52				2,937	5,424	750	52		
6-96	Villas de Las Flores	358	VIII		358									358			
6-20	Villas del Real	1,033	VIII			1,033							1,033				
6-51	Zermeño (Mérida)	703	VIII	147	556				464					556	147		
6-2	Zona de Reserva	223	VIII	83		131	8	2	208	9	3		22	115	86		
6-1	Zona Urb. Ejido Chipancingo	4,640	VIII	625	3,520	495							495	3,520	625		
6-140	Zona Urb. Ejido Matamoros	1,934	VII			372	101	10	855	1,451	291	151	322	1,179	281		
PPx	Predios de La Presa	5,461		341	4,471	116	490	42	1,135	566	42			4,522	896		
TOTAL		955,868				32,017	136,483	539,491	216,521	25,113	193,248	107,151	12,085	36,521	387,370	351,848	142,208

4. LOS EFECTOS SOBRE LA INFRAESTRUCTURA DE LA CIUDAD

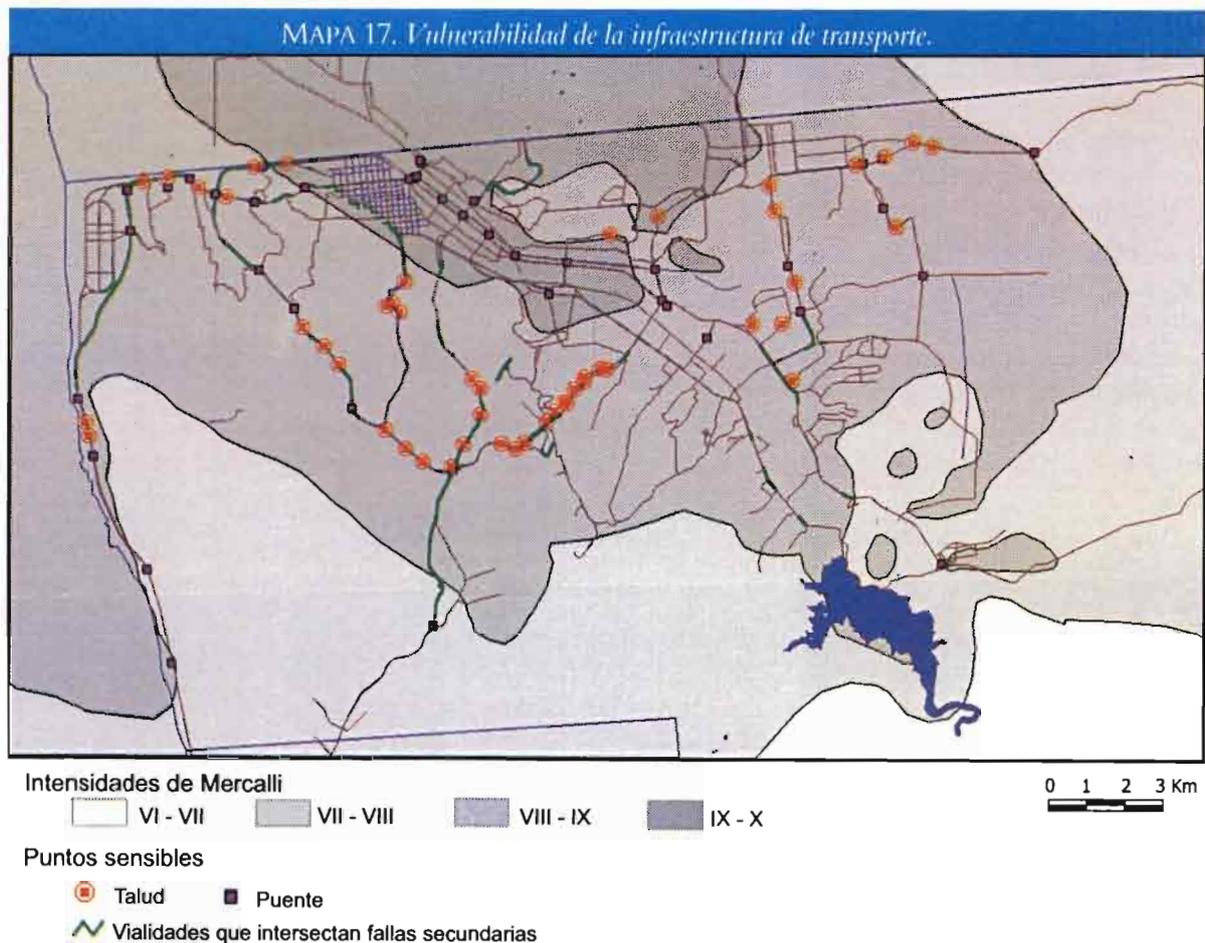
4.1 REDES DE COMUNICACIÓN

Éstas agrupan al transporte terrestre y al aéreo. No se estudió el caso del ferrocarril, de uso marginal (con excepción del abastecimiento de gas) y sólo para la transportación de algunos productos pesados con destino a Estados Unidos, pues su impac-

to económico sobre la población no es muy significativo (mapa 17).

El caso del aeropuerto de Tijuana es relativamente simple. Debido a su situación de proximidad a la falla de La Nación, recibiría movimientos con una intensidad superior a IX en casi toda su extensión.

Sin embargo, por su ubicación en la superficie de la Mesa de Otay, donde los riesgos asociados son poco importantes, con excepción de un lige-



ro peligro de licuefacción por la existencia de capas freáticas, se beneficia de un índice de riesgo asociado de R2, o sea de nivel moderado, con desarrollo de fenómenos en lugares específicos.

Si un hundimiento afectara a la pista, sería de poca extensión. Sus terminales de construcción liviana, con estructura metálica y de concreto armado, no sufrirían daños significativos, con excepción de las amplias cubiertas de vidrio/espejo que se estuvieron colocando a mediados de 1998 en las paredes exteriores.

Por el contrario, la situación de las calles y carreteras es más preocupante, incluso sólo a nivel de los ejes principales considerados en este estudio, y deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Según la distribución de las intensidades, una gran parte de la red urbana se vería afectada por intensidades superiores a IX en la Zona Centro, la Zona del Río y la Mesa de Otay, y de entre VIII y IX en el resto de la ciudad. Podrían entonces abrirse fisuras en el suelo y producirse hundimientos que impedirían el tránsito vehicular por un cierto tiempo, especialmente en las zonas céntricas y del valle de la ciudad, sujetas a fenómenos de licuefacción.

- Los puentes constituyen otro peligro, tal vez el segundo en términos de gravedad. Si bien es cierto que los puentes no sufren daños serios a intensidades inferiores a X, no se deben descartar algunos daños significativos, particularmente en aquellos puentes de construcción antigua o en situación vulnerable. Los principales puentes de la red de calles y libramientos de la ciudad se localizaron por fointerpretación y verificación de campo y se representaron en el mapa 17 como fuentes de peligro potencial.

- El factor potencialmente más grave lo constituyen, al parecer, los taludes que dominan los ejes principales. Éstos son de dos tipos:

- 1) A lo largo de las vertientes abruptas donde las vías suben a las superficies cimera, como en la Mesa de Otay por ejemplo, y

- 2) en los cortes realizados cuando un eje de circulación rápida cruza una colina relativamente alta; como, por ejemplo, entre la línea internacional y Playas, de Tijuana.

En muchos casos, la pendiente producida por estas obras es mayor a los 70 grados, sin medidas de protección. Situadas principalmente en los dos estratos de areniscas y conglomerados de la formación San Diego, estas vertientes son particularmente inestables y se derrumban cada vez que se presenta una precipitación moderada. Sin duda, se desarrollarían grandes deslizamientos en estas vertientes, sea sólo por gravedad o ayudados por la presencia de agua si el sismo ocurre durante una temporada húmeda. La cantidad de material transportado en las vialidades obstruiría probablemente el tránsito por periodos relativamente largos.

- Finalmente, algunos de estos ejes cruzan o siguen zonas donde la proximidad de una falla secundaria implica una inestabilidad generalizada y un alto riesgo de deslizamientos por gravedad. Partes de las vialidades podrían ser afectadas por deslizamientos desde métricos hasta decamétricos. El tránsito vehicular se vería seriamente afectado.

Lo expuesto presenta un panorama difícil, con obstaculizaciones para el traslado de heridos y de ayuda, así como con embotellamientos, muy graves para la gestión de una ciudad en crisis. La conformación de la red vial de la ciudad con grandes ejes de comunicación, muchos de ellos sin vías alternas, como es el caso de Playas o del Libramiento Sur, complicaría todavía más las posibilidades de acceso en caso de emergencia.

Esperamos que el mapa, elaborado con esta información, pueda ser utilizado para solucionar, de manera preventiva, los problemas potenciales más graves.

4.2 TELECOMUNICACIONES

Las telecomunicaciones constituyen un área trascendente en una situación de desastre, por la importancia que tienen para la difusión de la información al público, sobre todo aquella relacionada con las recomendaciones de las autoridades competentes en casos de emergencia.

Desafortunadamente, y a pesar de que hubo comunicación con las autoridades de Telnor, los problemas de coordinación interna entre los diferentes servicios de la empresa no pudieron, al parecer, ser superados y no se dispuso de la información para la realización de este estudio.

4.3 LOS COMBUSTIBLES Y EL RIESGO DE INCENDIO

Para que se suscite un incendio, se necesita un encendedor (por ejemplo, una gasolinera) y un material combustible (como la madera).

4.3.1 Las posibles fuentes de inicio del fuego

El gas

Tijuana es una de las pocas ciudades mexicanas que posee algunas redes de distribución de gas. Éstas han sido instaladas por la compañía Zeta, quien negó el acceso a la información sobre la extensión actual de su red. Pero es conocido que su distribución abarca desde la Zona Centro hasta el depósito principal de esta compañía, ubicado en la delegación de La Mesa.

Un cierto desgaste de sus instalaciones, sobre todo en la Zona Centro, está comprobado por varias fugas (olores, explosiones), que atestiguan el peligro latente (*Zeta*, periódico semanal, 1999).

Existen también siete depósitos de gas, y sólo tres de éstos están fuera de los límites urbanos. De los cuatro depósitos intraurbanos, el más importante es, sin duda, el que se encuentra en la sede de la compañía Zeta; todos los demás están rodeados de grandes zonas habitacionales.

Las gasolineras

Las gasolineras son otros posibles puntos de inicio de incendios. Su repartición es totalmente desequilibrada, pues la mayoría se encuentran distribuidas a lo largo del eje Centro-boulevard Díaz Ordaz, pero con una densidad que disminuye a medida que se alejan de la Zona Centro.

4.3.2 El riesgo de incendio

Aunque Tijuana no haya sido afectada en el pasado por grandes incendios urbanos, este riesgo queda latente (mapa 18).

En la periferia de la ciudad la vegetación arbustiva de características mediterráneas constituye, durante la temporada seca (de abril a noviembre), una materia fácilmente combustible. Tales incendios son muy comunes en las zonas serranas de las dos Californias, y cada año afectan a viviendas aisladas en el campo, especialmente en el lado estadounidense.

Además, en relación con su ubicación fronteriza, Tijuana cuenta con un gran número de viviendas construidas con madera. Algunas, en las urbanizaciones regulares, fueron construidas utilizando una simple extensión de la técnica usada en California, pero sin los elementos de seguridad empleados en Estados Unidos (material tratado con retardante, detectores de humo, instalación de rociadores, etc.).

Las otras son casas móviles o de construcción rápida, en las que se usaron materiales económicos. En las periferias de la ciudad, de crecimiento muy rápido (ejemplo perfecto de los modernos *boom-town*), se usan frecuentemente los materiales más económicos, o de recuperación, tales como paletas para transporte, puertas de *garage* estadounidenses, cartón, etc. Estos materiales suelen ser peligrosamente inflamables.

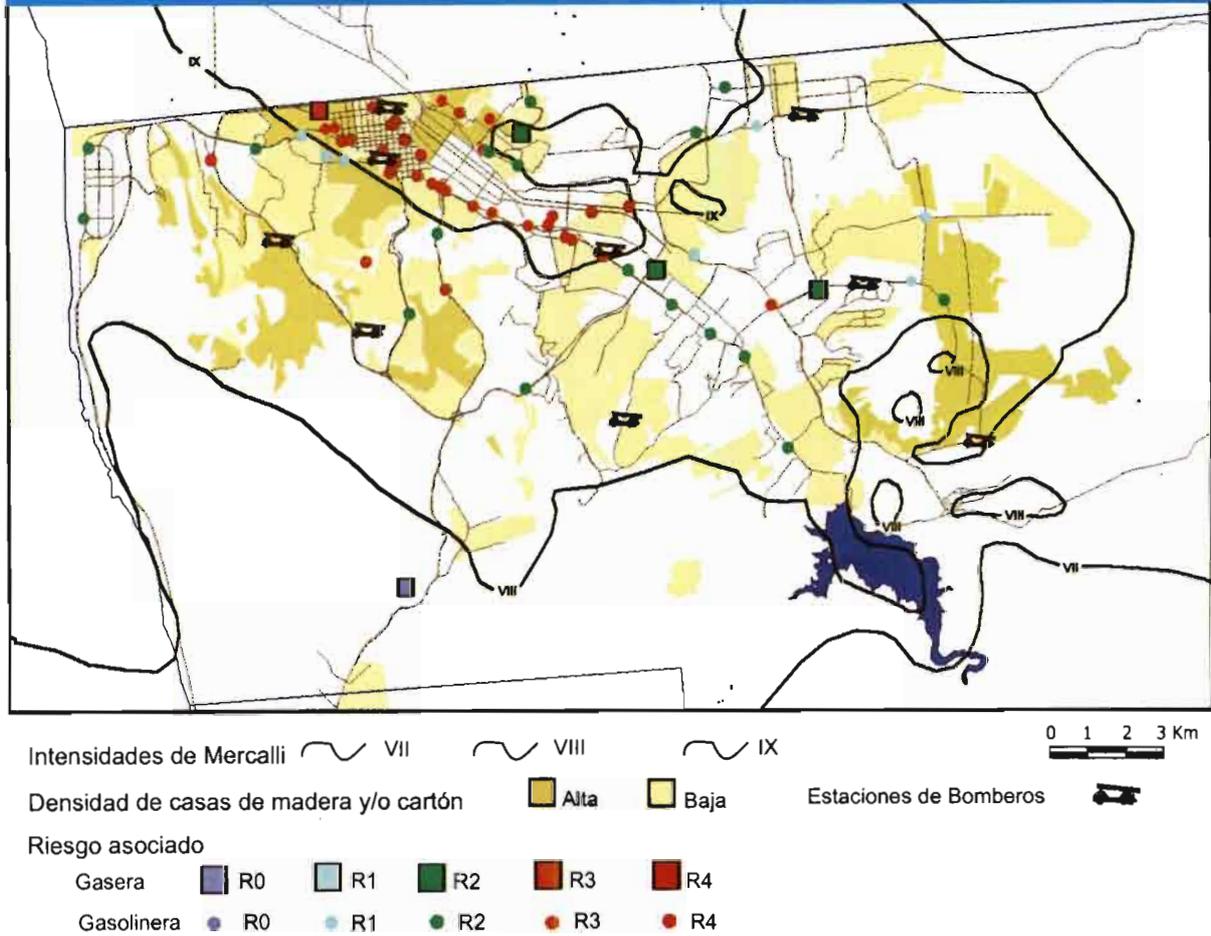
¿Dónde están las viviendas inflamables?

La localización de las construcciones inflamables se realizó con dos series de datos.

- El Censo de Población y Vivienda del INEGI de 1990 presenta, a nivel de área geoestadística básica (AGEB), el número de viviendas según el material de construcción.

Se realizó una clasificación de las casas construidas con madera en cada AGEB en tres categorías (ninguna casa, de 3 a 20 y de 21 a 49), lo que permitió resaltar que las zonas céntricas de la ciudad se caracterizan por la abundancia de casas de madera; sin embargo, las urbanizaciones precarias periféricas no aparecen en las estadísticas, debido probablemente a la relativa antigüedad

MAPA 18. El riesgo de incendio.



del censo en relación con el rápido crecimiento de la ciudad.

- Se agregó, entonces, una segunda capa de información acerca de los tipos de vivienda en la zona urbana (Proyecto Cuenca del Río Tijuana, El Colef-SDSU, 1997).

Ésta caracteriza de forma general la calidad de la vivienda, la cual tiene una relación relativamente estrecha, sobre todo en las clases inferiores, con los materiales de construcción:

- la calidad 6 indica construcciones muy baratas con materiales de recuperación casi siempre inflamables;

- la calidad 5 caracteriza a las construcciones con uso de cemento, pero donde abundan todavía los materiales inflamables ya señalados.

Se reclasificó, después de un cruce entre estos dos atributos, la frecuencia de las casas de made-

ra en tres niveles: gran cantidad de ellas, su presencia y su ausencia.

Una vulnerabilidad desigual al fuego

La Zona Centro tiene la particularidad de ser el área donde hay, en gran densidad, tanto ignitores (redes y depósitos de gas, varias gasolineras) como combustible (casas de madera). Además, existe allí la probabilidad de daños graves a las fuentes de incendio. La combinación de las intensidades de Mercalli >IX y del alto riesgo de licuefacción afecta el valor 3 (alto) y hasta 4 (muy alto) a todas las gasolineras y a la gasera del sector.

El centro está equipado con hidrantes, pero en 1997 un incendio en un almacén de textiles demostró que a veces se carece de abastecimiento hídrico con presión suficiente.

Alrededor de la Zona Centro, casi la totalidad de la mancha urbana goza de una tranquilidad aparente. El riesgo parece bajo y se asocia con valores de 1 o 2. En las zonas donde hay posibles fuentes de ignición las casas no son de madera, y donde lo son no hay gasolineras. En esta zona una sola gasolinera está en una situación peligrosa, la del Cañón del Matadero, con un riesgo de nivel 4, ligado a la presencia de una falla y a la posible licuefacción.

Sin embargo, en todas las zonas periféricas el uso generalizado de gas en tanque (desafortunadamente, no cuantificable), combinado con la madera y el cartón utilizados para las construcciones, además muy cercanas entre sí, constituye, sin duda, un gran riesgo para la desencadenación de incendios de gran dimensión. Se cuenta con muy pocos hidrantes, pero por suerte tienen ahora una mejor cobertura por los bomberos debido al reciente establecimiento de la planeada estación de Playas.

4.4 LA RED ELÉCTRICA

Constituye otro elemento vital tanto en periodo normal como en momentos de emergencia, ya que son innumerables las actividades que requieren electricidad, sea para la iluminación (por ejemplo, los supermercados) como para fuente de energía en la operación de equipo (por ejemplo, las estaciones de bombeo de agua y los hospitales).

Un estudio completo del abastecimiento de energía eléctrica tendría que abarcar numerosos aspectos, tales como las estaciones y subestaciones, los lugares de transformación, las redes de alto, medio y bajo voltaje, las líneas aéreas y las redes subterráneas de suministro, las áreas con servicio, etc. Son muchos los aspectos que han quedado fuera del alcance de este ensayo.

La presentación se limita, entonces, a los riesgos a los que están expuestas la red principal y las estaciones y subestaciones de transformación y distribución (mapa 19).

De la red de 20 estaciones y subestaciones repartidas en toda la ciudad, sólo tres se sitúan en la

zona de intensidad mayor a IX, en la Zona Centro y en la Zona del Río, donde se corre el riesgo de que la licuefacción pueda provocar graves y prolongadas interrupciones. Sin embargo, debido a la interconexión de las redes de alimentación, un corte en un solo sitio no significa necesariamente la interrupción total de la alimentación eléctrica.

El segundo aspecto estudiado se refiere a las líneas principales de conducción eléctrica. El diseño de la red demuestra la efectividad de la interconexión y una cobertura uniforme de la ciudad. El mayor peligro en estas líneas proviene de los posibles movimientos de la vertiente (deslizamientos o derrumbes) generados por el sismo, que podrían ocasionar cortes de líneas, pero con la única condición de que un poste esté ubicado justo en el lugar de los fenómenos.

Para ayudar a tal determinación, hemos indicado en el mapa todas las intersecciones de estas líneas con las fallas conocidas o inferidas.

Dos categorías de intersección están marcadas; por una parte, con las fallas principales, donde el riesgo es más alto y el ancho de la zona susceptible de sufrir movimientos es mayor, y además, aquellas con presencia de fallas secundarias, donde los dos factores presentan peligros menores.

4.5 INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

La infraestructura hidráulica de la ciudad, tanto de servicio de agua potable como de alcantarillado, será tratada simultáneamente:

- por una parte, porque se trata en ambos casos de un sistema complejo, mayormente subterráneo y con sistemas de bombeo;
- y por otra, porque las carencias que sufre la ciudad son similares en ambas redes.

Los dos mapas de agua potable (mapa 20) y de alcantarillado (mapa 21) demuestran claramente, con la densidad de las canalizaciones, que hay amplios sectores representativos de la ciudad que no se benefician de ninguna infraestructura hidráulica. El abasto de agua por medio de camiones-cisterna ("pipas" en la nomenclatura local)

MAPA 19. Vulnerabilidad de la red eléctrica.



Intensidades de Mercalli

VI - VII

VII - VIII

VIII - IX

IX - X

0 1 2 3 Km

Riesgo asociado a las fallas



Falla primaria



Falla secundaria

Infraestructura eléctrica



Sub-estaciones



Líneas principales

es muy común en los barrios marginales, por lo general sin conexión con la red de agua potable. El sistema de drenaje sanitario sufre de las mismas deficiencias, pero éstas son menos evidentes a primera vista. Son numerosas las zonas urbanizadas donde el agua utilizada pasa a una fosa séptica sin salida o, peor aún, con salida directa al sistema de drenaje pluvial o al subsuelo, con todas las graves consecuencias de contaminación orgánica superficial e incluso de las capas freáticas.

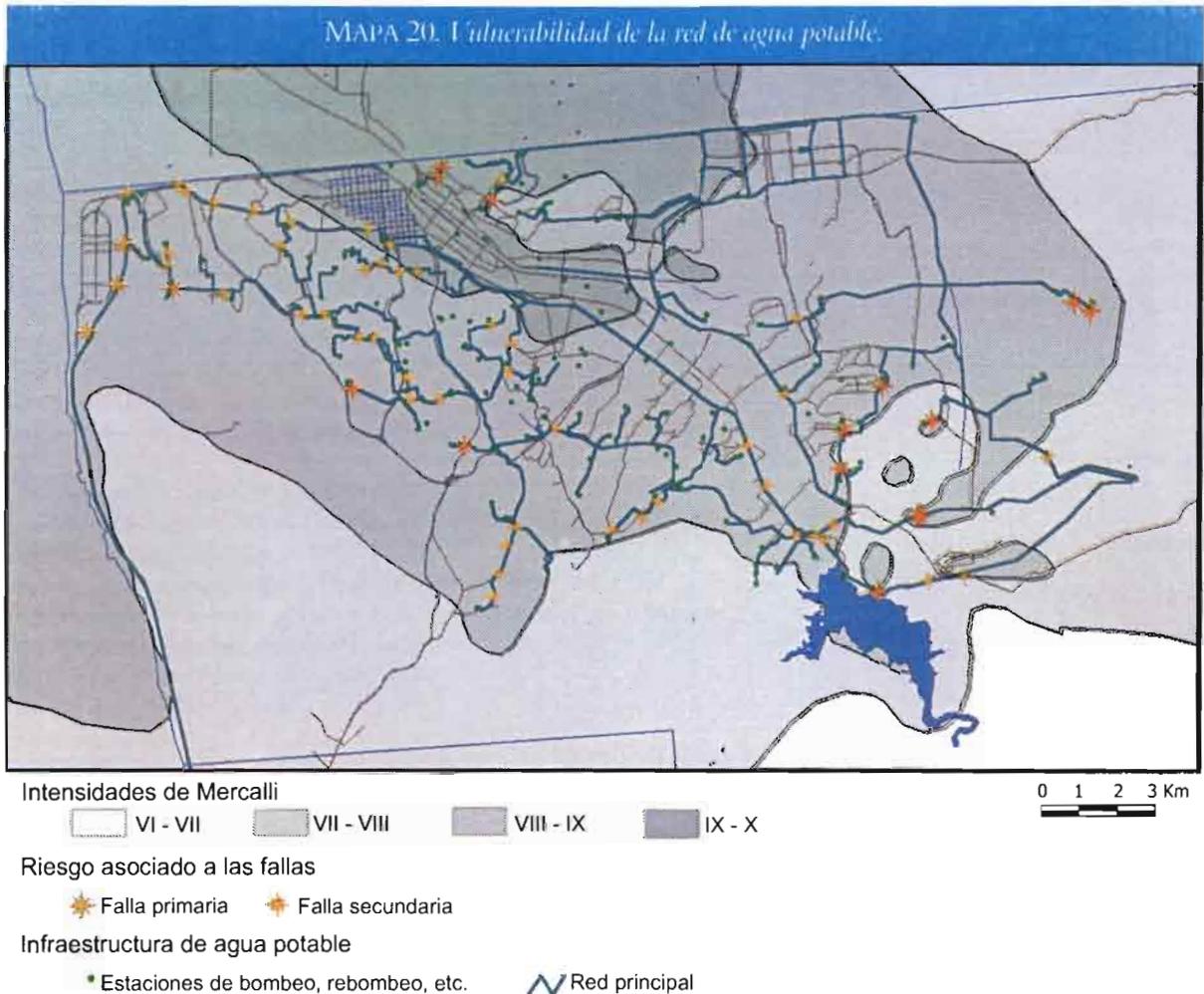
En ambas redes se detectan las mismas carencias marcadas en toda la periferia del suroeste y del sur, y en la zona de El Florido, donde la creación de infraestructura no puede alcanzar el ritmo acelerado de los asentamientos recientes y en continuo crecimiento.

Las cartas de agua potable (mapa 20) y de alcantarillado (mapa 21) presentan la misma información:

- las intensidades de Mercalli, por su efecto directo sobre la infraestructura;

- la ubicación de las redes principales sobre las cuales se anotaron los puntos de intersección con las fallas presentes en el área. De igual forma que en el caso de la red eléctrica, dos categorías de intersección están marcadas: las fallas principales, donde el riesgo es más alto y el ancho de la zona susceptible de sufrir movimientos es mayor, y las fallas secundarias, donde los dos factores son menos graves.

En el caso específico de las redes de agua, esta potencialidad de movimientos de vertiente presenta una amenaza importante, pues, tratándose de redes ubicadas en el subsuelo, basta un movimiento de decímetros e incluso de centímetros (un hundimiento local, por ejemplo) para provocar una ruptura definitiva y un corte de



servicio a grandes zonas, con el agravante de que no existen redes alternas.

La red de agua potable

A partir de las tres estructuras importantes de suministro (que son las presas “Abelardo L. Rodríguez” y “El Carrizo” y la planta potabilizadora “El Florido”), la distribución de agua muestra una oposición neta entre una red abierta en los relieves planos de la ribera noroeste del río y un diseño muy irregular adaptado al relieve accidentado de la parte suroeste, donde se reparten también numerosas subestaciones de bombeo. Además, debido a su orientación dominante este-sureste-oeste-noroeste, esta red es cortada por la mayoría de las fallas reconocidas en este sector, con orientación casi siempre perpendicular a las canalizaciones.

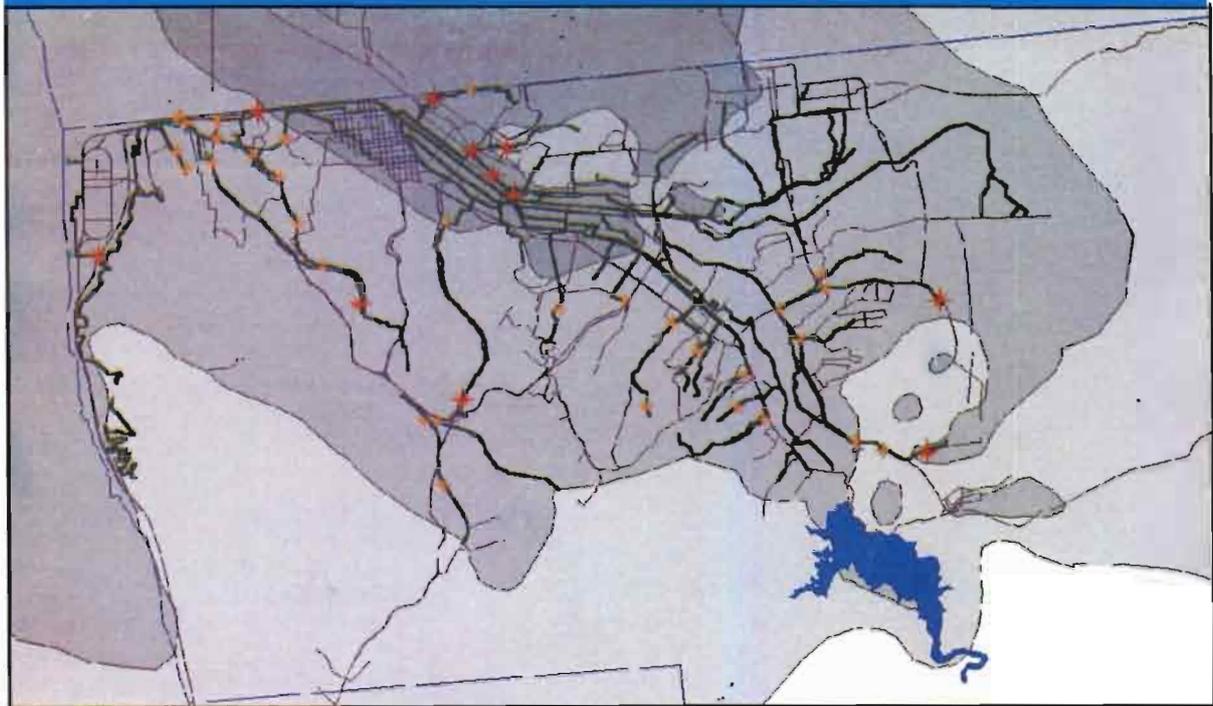
La vulnerabilidad mayor de la red de agua potable puede, entonces, resumirse:

- por una parte, en la zona baja Centro-Zona del Río, donde las intensidades de Mercalli sobrepasan de IX, con una susceptibilidad elevada a la licuefacción;
- y en todo el sector suroeste de la ciudad, donde existen numerosos riesgos de movimientos de vertiente asociados al terremoto que podrían a la vez cortar los ductos y afectar así gravemente el funcionamiento de la red de estaciones de bombeo-rebombeo.

La red de alcantarillado

La red de alcantarillado muestra una conformación más simple, con ejes centrales en ambos lados del valle y paralelos al curso del río. La parte nororiental goza de una buena cobertura, regu-

MAPA 21. Vulnerabilidad de la red de drenaje.



Intensidades de Mercalli

0 1 2 3 Km

Riesgo asociado a las fallas

✱
✱

Infraestructura de alcantarillado

✱
~

larmente repartida, de canalizaciones secundarias; en la parte suroeste, al contrario, están muy dispersas. Allí se localizan sólo en algunas barrancas grandes, como en El Matadero o en el Aguaje de la Tuna, lo que confirma la muy notable ausencia de infraestructura para las aguas negras en esta área.

Cuatro tipos de zonas o infraestructuras presentan los peligros más altos:

- el área baja del Centro-Zona del Río tiene el infortunio de acumular intensidades de Mercalli superiores a IX y mayores riesgos debido al peligro de licuefacción;

- en todo el sector suroeste de la ciudad, con vertientes empinadas, existen numerosos riesgos de movimientos de terreno asociados al sismo o a la presencia de fallas;

- el canal de transportación de las aguas negras hasta la planta de tratamiento de San Antonio de los Buenos y sus estaciones de bombeo, ubicadas en vertientes con pendientes abruptas susceptibles de movimientos por gravedad, pueden sufrir percances severos;

- la reciente planta binacional de tratamiento, establecida en la zona aluvial con riesgo de licuefacción, estaría sometida a fuertes intensidades en el caso de un sismo en La Nación.

CONCLUSIONES

LOS LOGROS

En el ámbito práctico, los tres resultados de mayor alcance son:

- la realización de una base de datos confiable y la demostración de su buen funcionamiento adaptado a este tipo de uso;
- el análisis espacial, que permitió hacer resaltar algunas de las deficiencias del sistema urbano de Tijuana;
- un mejoramiento de los conocimientos científicos de la zona de estudio con la realización de algunas nuevas capas de información, como las referentes a la litología y al comportamiento de las formaciones superficiales, a la estructura del área urbana o a la determinación de los riesgos asociados al terremoto.

En el ámbito metodológico, varias herramientas o procesos tuvieron que ser desarrollados para los fines de este escenario y aplicados con éxito a la escala de toda la ciudad.

Éstos son, por ejemplo:

- las técnicas de interpolación para obtener un modelo topográfico con la confiabilidad y la precisión requeridas;
- la redistribución del censo de población al nivel de la manzana;
- los diferentes cruces temáticos necesarios para realizar las variadas cuantificaciones presentadas en los diversos mapas y tablas.

El documento generado intenta ofrecer una herramienta que permita ayudar a los responsa-

bles de la planeación y regulación urbana en la toma de decisiones más acertadas, aun cuando un sismo hipotético no está considerado como una amenaza de primer orden.

ALGUNAS SUGERENCIAS

Aunque no se haya estudiado la totalidad de los sucesos involucrados en un terremoto, es posible proponer algunas recomendaciones de orden general.

Acerca de la organización espacial

Es notable cómo la ciudad se transforma y evoluciona muy rápidamente. Algunas dependencias han logrado reestructurarse espacialmente, seguramente bajo la presión popular, que exige mayores servicios comunitarios (por ejemplo, más seguridad o el establecimiento de una estación de bomberos más cercana). Pero también es necesario pensar en algunos temas que no son siempre suscitados por la demanda popular.

Es el caso, por ejemplo, de la necesidad de pensar en vías alternas para obtener una mejor conectividad. La experiencia de las consecuencias de unos simples eventos meteorológicos, como en temporada de lluvias, que causan problemas muy fuertes cada año y que dejan poblaciones aisladas del centro de la ciudad, debería ser meditada. Parece lógico pensar que los efectos de un terremoto serían de otra dimensión y causarían todavía más percances.

Es también el caso de la distribución hospitalaria pública, situación que parece todavía más alarmante. Por estar ubicados casi exclusivamente en el valle del río Tijuana, los establecimientos hospitalarios podrían sufrir los mayores daños y dejar así desamparada a la ciudad. La única solución sería aprovechar la infraestructura del ejército a través de un plan de emergencia (DN3) o los servicios hospitalarios del lado estadounidense, pero en el caso de un sismo éstos también podrían ser afectados y presentar una disponibilidad disminuida.

Acerca de la planeación

Este estudio también puede ser utilizado para emprender acciones encaminadas hacia la regulación-planeación del uso del suelo:

- Delimitar las zonas de mayor riesgo, como las de licuefacción o con presencia de fallas, donde se deben aplicar estrictamente las normas y reglas parasísmicas de construcción.
- Crear áreas de protección ambiental y preservarlas de todo proceso de urbanización mediante una planificación apropiada del uso del suelo.
- Frente a las dificultades para controlar el crecimiento urbano, emprender una educación ambiental y una cultura de la prevención, ya sea a través de anuncios televisados o a través de los periódicos más populares, sobre las precauciones que se deben tomar para construir en zonas muy empinadas (por ejemplo, con un *Manual del arquitecto descalzo*). Es importante empezar a enseñar a la población cómo reconocer las diferentes capas litológicas en el campo, e informar acerca del peligro inherente a cada una.
- A través del gobierno local o de ONG's, facilitar el acceso para las familias más desfavorecidas a materiales de mejor calidad, que permitan ayudarles a construir viviendas más resistentes (tanto a los incendios como a los movimientos por gravedad).

Acerca de las obras públicas

Uno de los problemas graves que impedirían las comunicaciones se relaciona con la práctica local de realizar cortes lo más verticales posi-

bles (para ahorrar en el volumen de material removido) para las vías de transporte de mayor importancia. Parece necesario revisar este modo de actuar, pues los taludes así realizados constituyen sectores muy inestables, sensibles tanto a la erosión hídrica como a los movimientos por gravedad —sin contar la pobre estética—, que dejan a estas paredes carentes de cualquier vegetación.

Es urgente una revisión extensa de cada uno de los taludes de la ciudad y, en muchos casos, la realización de trabajos preventivos y/o protectivos, que incluyan:

- la atenuación de la pendiente hasta 30-35 grados, límite cerca de la pendiente de equilibrio en la mayoría de los materiales;
- el mejoramiento de la estabilidad y seguridad de los mismos (con la realización de escalones en el talud donde el espacio lo permita), el reforzamiento de las bases o la instalación de redes metálicas antiderrumbe en los casos extremos;
- la siembra de vegetación que, además de un evidente mejoramiento de tipo estético, ayudaría a mantener la estabilidad superficial.

En Tijuana, como en el resto del país, los taludes parecen constituir un problema grave para el mantenimiento de las vías de comunicación, y una de las soluciones ha sido la cimentación de algunos de ellos. ¿Por qué en Tijuana no se podría pensar en algunas soluciones diferentes, utilizando las aplicadas en el condado de San Diego, adaptadas al entorno físico y climático local?

COMENTARIOS SOBRE LO QUE FALTARÍA HACER

Hay que considerar también un posible escenario con la potencial ruptura, parcial pero catastrófica, de la presa "Abelardo L. Rodríguez".

Es conocido que surgieron problemas al momento de la construcción de la cortina con el

descubrimiento de una falla no esperada cuya zona de trituración necesitó inyecciones subterráneas para consolidarla. Nuestros trabajos acerca de los accidentes secundarios revelaron otros lineamientos (fracturas o fallas) en la zona de La Presa.

No se debe excluir la posibilidad de lo peor, y de un terremoto acompañado de la abertura de grietas en la cortina de la presa “Abelardo L. Rodríguez”, y de un vaciado parcial pero rápido de las aguas almacenadas.

El SIG desarrollado conjuntamente por El Colef y el ORSTOM debería permitir la elaboración de tal escenario. Pero se trata de un estudio específico, con la integración de una información geotécnica especializada y la participación activa de los especialistas en hidráulica de las entidades involucradas, y podría ser objeto de una realización común posterior.

COMENTARIOS SOBRE LOS LÍMITES DE ESTE ENSAYO

Los límites mayores del estudio residen en los tres aspectos siguientes:

- ¿Cuál es la probabilidad de tener un sismo en la falla de La Nación?
- Si ocurre en esta falla, ¿cuáles serían sus efectos si la magnitud no fuera de 6.5?
- Y si el terremoto se origina por otra falla, por ejemplo, la de Silver Strand (situada en la costa del Pacífico), ¿cuál sería la distribución de las intensidades de la escala de Mercalli? ¿Serían las consecuencias en la ciudad muy diferentes?

Todas éstas son preguntas a las cuales no se está en capacidad de contestar. Hay que reconocer que, en realidad, no sabemos cuándo ocurrirá, ni en dónde, ni con qué magnitud.

ANEXO 1

DEFINICIÓN DE LA ESCALA DE INTENSIDADES DE MERCALLI MODIFICADA

Intensidad I

Percibido por muy pocas personas, a excepción de algunas en los pisos más altos de los edificios o en sitios específicos.

Intensidad II

Percibido por pocas personas en reposo en los pisos altos de los edificios.

Intensidad III

Muchas personas sienten un movimiento, pero pueden no identificarlo como un temblor. Los objetos suspendidos pueden balancearse, es posible estimar la duración. Se asemeja a la vibración de un camión liviano rodando en la calle.

Intensidad IV

Si ocurre durante el día, es percibido por muchas personas al interior de los edificios, pero por pocas afuera. Los objetos suspendidos se balancean; la vajilla, las ventanas, las puertas tiemblan; las paredes hacen ruido.

Se asemeja a la vibración de un camión pesado rodando en la calle.

Intensidad V

Percibido por casi todos; los que duermen se despiertan. La dirección del movimiento puede ser estimada. Los líquidos se enturbian o se derraman. Algunos objetos inestables se caen; los relojes con balanceo se paran o cambian de ritmo. Las puertas se mueven, abren o cierran. Los cuadros suspendidos se balancean.

Intensidad VI

Percibido por todos, muchas personas atemorizadas salen corriendo de sus viviendas. Las personas caminan con inestabilidad; la vajilla y las ventanas se rompen; los libros caen de los estantes y los cuadros de las paredes; algunos muebles pesados pueden desplazarse. Se producen fisuras en los revestimientos y en la albañilería débil de las construcciones de tipo D (para los tipos de construcción, véase el apartado 2.1.1); algunas placas de los revestimientos interiores de las paredes se caen. Las campanas pequeñas suenan; afuera, los árboles o postes oscilan.

Intensidad VII

Todas las personas corren afuera; es difícil quedarse parado; los conductores de automóviles lo perciben; los objetos suspendidos caen, algunos muebles se rompen.

Daños importantes a las construcciones de tipo D; las chimeneas frágiles se rompen al límite del techo; caídas de revestimiento interior, de ladrillos, de piedras, de tejas y de los ornamentos arquitectónicos amarrados sin firmeza.

Algunas fisuras en las construcciones de tipo C.

Olas en los charcos de agua, que se vuelve turbia; pequeños deslizamientos en los bancos de cantos o arena. Las campanas grandes suenan, algunas obras de riego en concreto pueden romperse.

Intensidad VIII

El manejo de vehículos es afectado. Las construcciones de tipo C sufren daños, y colapso parcial. Algunos percances en las construcciones de tipo B, ninguno en las de tipo A. Caída de revestimiento de paredes y de muros de albañilería. Las chimeneas se tuercen y caen, así como las repisas en las bodegas, los monumentos, las torres y los depósitos elevados. El armazón de las casas de madera se desplaza de los cimientos si no es solidario; las paredes de paneles no sujetos son arrojadas.

Se rompen las ramas de los árboles; se producen cambios en los flujos y en las temperaturas de las fuentes hídricas y pozos. Aparecen fisuras en suelos húmedos o sobre pendientes fuertes.

Intensidad IX

El pánico es general. Las construcciones D son destruidas; las de tipo C son severamente dañadas, algunas con colapso total; las construcciones de tipo B son seriamente dañadas. Daños generales afectan los cimientos; los armazones se rompen.

Daños serios a las represas; las tuberías subterráneas se rompen; aparecen fisuras importantes en el suelo. En las zonas aluviales, la arena o el lodo pueden ser eyectados, y se originan fuentes o cráteres de arena.

Intensidad X

La mayoría de las obras de albañilería y aquellas con armazón de madera son destruidas, lo mismo que los puentes y algunos edificios de madera, aunque estén bien construidos.

Daños serios a las represas y a los diques. Hay grandes deslizamientos de terrenos; el agua es lanzada fuera de canales, ríos y lagos. La arena y el lodo son desplazados horizontalmente en las playas y en zonas planas; los rieles de ferrocarril se tuercen levemente.

Intensidad XI

Los rieles son fuertemente torcidos; todas las canalizaciones enterradas quedan completamente fuera de servicio.

Intensidad XII

Los daños son casi generalizados; grandes bloques rocosos son desplazados, las líneas del horizonte y de nivel son distorsionadas, los objetos son lanzados al aire.

ANEXO 2

TIPOS DE EDIFICIOS SEGÚN EL MÉTODO DE MERCALLI

Tipo A

Con un excelente diseño, buenos componentes y realización, estas construcciones son diseñadas para resistir los movimientos laterales. Agrupan los edificios reforzados, especialmente en las estructuras laterales con acero y cemento armado y las casas-habitación parasísmicas de madera.

Tipo B

Con las mismas características de construcción que los edificios del tipo anterior, las construcciones de este tipo están también reforzadas, pero no han sido diseñadas para resistir las fuerzas laterales y carecen de una protección para tales movimientos.

Tipo C

Estos edificios no han sido ni reforzados, ni diseñados para resistir fuerzas horizontales. Los materiales y la realización son de calidad y diseños ordinarios, y no existen estructuras de refuerzo. Esta categoría incluye las construcciones con ladrillos, piedras talladas y bloques prefabricados de cemento.

Tipo D

Son las construcciones con los más bajos estándares tanto por la realización como por los materiales utilizados. Son todas estructuras muy débiles, que incluyen tanto casas rurales como urbanas construidas con adobe, arcilla, madera, bloques, piedra y cemento de mala calidad. A esta categoría pertenecen también todas las casas construidas con materiales de recuperación, como son láminas de hierro, madera, cartón o yeso.

BIBLIOGRAFÍA

- ABBOTT, P. L. y W. J. ELLIOTT (1991). *Environmental Perils San Diego Region*, The San Diego Association of Geologists, 250 pp.
- ABBOTT, P. L. y J. K. VICTORIA (1977). *Geologic Hazards in San Diego: Earthquakes, Landslides And Floods*, San Diego Society of National History, 96 pp.
- ACOSTA CHANG, J., S. ÁLVAREZ, G. ARELLANO y L. MENDOZA (1995). *Mapas sísmicos predictivos para la región de Tijuana, B. C.*, en Informe técnico, Comunicaciones Académicas (serie sismología), clave CISIT9503, CICESE, Ensenada.
- ACOSTA CHANG, J. y J. C. MONTALVO ARRIETA (1997). *Intensidades sísmicas para la región de Tijuana, B. C., a partir del posible rompimiento de la falla La Nación (Mw=6.5)*, en Geos, vol. 17, pp. 128-138.
- ARAGÓN-ARREOLA, M. DE J. (1994). *Evaluación de riesgo geológico debido a movimientos de ladera en la ciudad de Tijuana, B. C, México*, Tesis de maestría, División de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología, CICESE, Ensenada.
- CASTAÑEDA, R., G. CHÁVEZ, C. GONZÁLEZ, M. LE PAGE, R. VELA y A. WINCKELL (1997-1998). *Diccionarios de Metadatos del Sistema de Información Geográfica y Estadística de la Frontera Norte*, cuatro cuadernos de trabajo (bases: México, Cuenca del Río Tijuana, Baja California y Ciudad de Tijuana), El Colef-ORSTOM, Tijuana.
- Código 90. Resultados definitivos. XI Censo General de Población y Vivienda* (1990). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- Conteo de Población y Vivienda. Resultados definitivos* (1995). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- CORONADO R., J. L. (1998). *Análisis socioespacial de los servicios de salud en la Cd. de Tijuana, B. C.*, Tesis de maestría, El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana.
- Diccionario de Metadatos del Proyecto Binacional SIG de la Cuenca del Río Tijuana* (1997). Cuaderno de trabajo, El Colef-ORSTOM-SDSU, Tijuana-San Diego.
- Directorio Industrial de Tijuana* (1997). CANACINTRA, Tijuana.
- GASTIL, R. G., R. P. PHILLIPS y E. C. ALLISON (1975). *Reconnaissance Geology of the State of Baja California*, The Geological Society of America, Memoir 140, Boulder .
- KENNEDY, M. P., S. H. CLARK, H. G. GREENE, M. R. LEGG (1980). *Recency and Character of Faulting Offshore Metropolitan San Diego*, Map Sheet 42, California Division of Mines and Geology.
- KENNEDY, M. P. y S. S. TAN (1977). *Geology of National City, Imperial Beach and Otay Mesa Quadrangles, Southern San Diego Metropolitan Area, California*; Map Sheet 29, Scale 1:24 000, The Resources Agency, Department of Conservation, Division of Mines and Geology, Sacramento.
- KENNEDY, M. P. y E. E. WELDAY (1980). *Recency and Character of Faulting Offshore Metropolitan San Diego*, Map Sheet 40, California Division of Mines and Geology, Sacramento.
- KERN, P. (1989). *Earthquakes and Faults in San Diego County*, The Pickle Press, San Diego, 73 pp.
- La Presa. Carta Geológica* (1975). Escala 1:50000, clave I11D71, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

- LENGEN, J. V. (1980). *Manual del arquitecto descalzo. Cómo construir casas y otros edificios*, Editorial Concepto, México, 540 pp.
- Murúa. *Carta Geológica* (1977). Escala 1:50000, clave I11D61, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- NAVARRO, B. A. (1999). *Explosiones: Peligro inminente*, en Zeta, núm. 1310, Tijuana, pp.16A-21A.
- Planning Scenario for a Major Earthquake, San Diego-Tijuana Metropolitan Area* (1990). California Department of Conservation, Division of Mines and Geology, 189 pp.
- STRAND, R. G., (1962). *Geologic Map of California, San Diego-El Centro Sheet*, Scale: 1:250 000, The Resources Agency, Department of Conservation, Division of Mines and Geology, Sacramento.
- The Seismic Risk in the San Diego Region : Special Focus on the Rose Canyon Fault System* (1989). Proceedings of the Workshop, June 29-30, San Diego, 129 pp.
- Tijuana. *Carta Geológica* (1978). Escala 1:50000, clave I11C69, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- Varias ediciones del Seminario Zeta, 1997-1998.
- WINCKELL, A. y M. LE PAGE (1997). *Del AGEB a la manzana. El cambio de escala en la información estadística urbana. Aplicación en la ciudad de Tijuana*, Tercer Congreso Internacional en Sistemas de Información Geográfica y Cartografía Digital, Asociación Mexicana en Sistemas de Información Geográfica y Estadística, AMESIGE 97, 3-5 de noviembre, El Colegio de México.
- XV Ayuntamiento (1998). "Sistema Escolar", en *Tijuana Hoy*, número 5, COPLADEM, Tijuana.
- XV Ayuntamiento (1998). "El Niño", en *Tijuana Hoy*, número especial, COPLADEM, Tijuana.

El presente libro fue formado en el Departamento de Publicaciones y Comunicación de El Colegio de la Frontera Norte y se terminó de imprimir en marzo del 2000, en AGO Litográfica, S. A. de C. V.
(Av. Mar Caspio, núm. 25, Col. Anáhuac, Mexicali, B. C.).
Se utilizó la fuente Aldine 401 BT, de 8, 11, 17 y 19 puntos.
Se tiraron 1 000 ejemplares.

Este libro es producto del esfuerzo entre El Colegio de la Frontera Norte (El Colef) y el Institut de Recherche pour le Développement (IRD) de Francia, con una valiosa aportación del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). El contenido invita a realizar una reflexión sobre los impactos de un fenómeno natural como lo es un sismo sobre la comunidad de Tijuana.

El libro consta de cuatro apartados que hacen una caracterización de: la historia sísmica en la región, la estimación de los posibles daños a las construcciones, la evaluación de la población afectada y los efectos sobre la infraestructura de la ciudad.

Las conclusiones que se derivan de esta investigación, y que en síntesis se cuestionan sobre la capacidad de respuesta de la localidad ante la eventualidad de una contingencia de carácter natural, ponen en evidencia algunas contradicciones del modelo de desarrollo que de manera consciente o inconsciente se ha escogido para la ciudad. Los aportes del estudio se encaminan a establecer una conciencia tanto en las autoridades responsables de atender las demandas de la población como en la ciudadanía en general, con la finalidad de unir esfuerzos y tomar las medidas necesarias que permitan evitar un desastre de grandes proporciones.

Jorge Santibáñez R.
Presidente de El Colef

Henri Poupon
Representante del IRD
en México

ISBN 968-6075-84-4



9 789686 075847