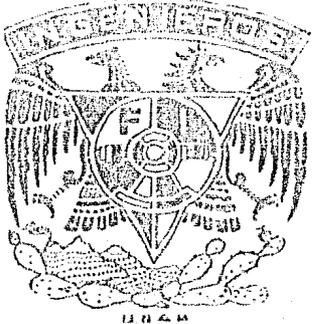


283
2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**Planeación de la Seguridad Sísmica en los
Asentamientos Humanos: El Caso de la
Ciudad de México**

T E S I S
Que para obtener el título de:
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a :
ROBERTO AGUERREBERE SALIDO

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

INTRODUCCION	1
1. MARCO CONCEPTUAL	8
1.1 PARADIGMA	10
1.2 SISTEMA PERTURBADOR	12
1.2.1 Características de las calamidades	14
1.2.2 Impactos de las calamidades	19
1.3 SISTEMA AFECTABLE	23
1.3.1 Identificación y clasificación de los sistemas de subsistencia	28
1.3.2 Servicios de soporte de vida	30
1.3.3 Interrelaciones entre sistemas de subsistencia	32
1.4 AMPLIACION DEL PARADIGMA	36
1.5 SISTEMA CONDUCENTE	38
1.5.1 Sistema de Protección y Restablecimiento (SIPROR)	44
1.5.2 Principios del Plan General de Protección y Restablecimiento	49
1.5.3 Esquema general de planeación	52
1.5.3.1 Esquema de planeación de la mitigación	58
2. DIAGNOSTICO: PROBLEMATICA DE LA CIUDAD DE MEXICO	64
2.1 FENOMENO SISMICO	65
2.1.1 Producción e impactos	65
2.1.2 Efectos en los asentamientos humanos	77
2.2 EDIFICACION EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS	87
2.2.1 Principios de clasificación	88
2.2.2 Vulnerabilidad de las construcciones	92
2.3 DAÑOS PROBABLES EN LA CIUDAD DE MEXICO	94
2.3.1 Daños históricos	96
2.3.2 Evaluación masiva	101

3. SOLUCIONES: ALMENTO DE LA SEGURIDAD SISMICA	129
3.1 INVENTARIO DE LA EDIFICACION	133
3.2 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD	141
3.2.1 Evaluación Individual de la vulnerabilidad de edificaciones	142
3.2.2 Método simplificado para evaluar la seguridad sísmica de edificios de mampostería	143
3.2.3 Recomendaciones para revisar el comportamiento sísmico de casas de adobe	146
3.2.4 Procedimiento simplificado para estimar el riesgo de falla ante temblores de elementos no estructurales montados en edificios	148
3.2.5 Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad de edificios	151
3.3 REFORZAMIENTO	158
3.4 USO DEL SUELO	163
3.5 EDUCACION DE LA POBLACION	166
4. INSTRUMENTACION: POLITICAS Y PROGRAMAS	176
4.1 PLAN DE MITIGACION DE LA EDIFICACION ANTE SISMOS	177
4.1.1 Objetivos, políticas y estrategia global del plan	179
4.1.2 Programa permanente de evaluación del peligro sísmico	184
4.1.3 Programa de levantamiento del inventario de la edificación del D.F.	187
4.1.4 Programa de evaluación de la vulnerabilidad de la edificación	190
4.1.5 Programa de reforzamiento de la edificación	192
4.1.6 Programa continuo de revisión y actualización del Reglamento de Construcciones	196
4.1.7 Programa de revisión y normas y prácticas de uso del suelo	197

4.1.8 Programa de fomento de participación de la comunidad	199
4.1.9 Programa de desarrollo e implantación de medidas funcionales de mitigación	200
4.1.10 Programa de capacitación de personal	201
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	203
APENDICES	209
APENDICE A. ESTIMACION DE LA DISTRIBUCION DE VIVIENDA EN 1980 SEGUN MATERIAL EN MUROS Y TECHO, PARA CADA DELEGACION DEL D.F.	210
APENDICE B. METODO DE EVALUACION MASIVA DE DAÑOS PROBABLES	215
APENDICE C. ESTIMACION INDIRECTA DEL NUMERO DE EDIFICACIONES EN EL D.F. EN BASE A SU POBLACION	230
REFERENCIAS	236

INTRODUCCION

En las grandes ciudades contemporáneas, los retos que plantea, en condiciones normales, la satisfacción de las necesidades de la población son cada vez mayores. La gran demanda de bienes y servicios ha obligado a la construcción de una compleja infraestructura cuya operación y mantenimiento se dificulta no sólo por aspectos económicos, sino también por su enorme extensión. Problemas de esta índole enfrentan casi todos los organismos públicos gubernamentales de las grandes urbes en lo que se refiere a sus funciones básicas de prestación de servicios a la comunidad (abastos, salud, seguridad, etc).

Todas estas complicaciones parecen, sin embargo, de una magnitud relativamente menor en comparación con las dificultades que implicaría el mantener el funcionamiento de la ciudad en las condiciones extraordinarias que puede provocar la incidencia, por

ejemplo, de un sismo de gran intensidad.

En una situación de tal naturaleza, la población puede perder casi repentinamente la disponibilidad de satisfactores (vivienda, agua potable, energía eléctrica, etc), debido a la falla de estructuras y ruptura de líneas de abasto con las consecuentes interrupciones de los servicios, llevando a la comunidad urbana a una catástrofe.

La importancia de estas consideraciones se refuerza en el caso de la Ciudad de México, cuyo papel socioeconómico, administrativo y político, debido a la concentración de población, industria y poder, puede agravar y amplificar el efecto de un eventual desastre local extendiéndolo sobre el desarrollo económico y social del país en su totalidad.

Lo anterior hace destacar, que los estudios en el campo de desastres, dedicados a prevenir dichas situaciones y a aminorar sus efectos tienen una gran demanda; sin embargo, su número es escaso por lo que cualquier contribución en esa dirección resulta provechosa.

Considerando esto, se tuvo la oportunidad de ingresar como becario para realizar el servicio social al Instituto de Ingeniería y de conocer, de esta manera, el proyecto 'Sistema de Protección y Restablecimiento de la Ciudad de México frente a Desastres', que se está llevando a cabo en él.

Dicho proyecto se aboca al desarrollo de estudios relacionados con la prevención y mitigación de desastres, así como con el rescate y recuperación inminentes en tales situaciones. Se incluye también, el diseño de un sistema administrativo en el seno del DDF, que lleve a cabo tanto el mejoramiento de las medidas actuales de fortalecimiento de la Ciudad de México, como la planificación, organización y coordinación del conjunto de estudios y actividades indispensables para la protección de la Ciudad.

Así pues, la presente tesis surge de la ubicación en el marco del proyecto y de la colaboración dentro de él, con ciertos trabajos dedicados a la seguridad sísmica, teniendo en mente a la Ciudad de México.

La tesis consta de cinco capítulos. El capítulo 1 (fig 1) se dedica al marco conceptual; y está basado sobre los resultados producidos durante los últimos cinco años en la Coordinación de Ingeniería de Sistemas del Instituto de Ingeniería, por el grupo de investigación en desastres. La lista de publicaciones es extensa por lo que se omite en el cuerpo del capítulo, pero se da en las referencias (Gelman, 1967, 1977, 1978, 1980, 1981 y 1982).

Los tres capítulos subsecuentes se presentan en una forma congruente con el esquema de planeación desarrollado en el marco teórico, representando las etapas de diagnóstico, prescripción (soluciones) e instrumentación, respectivamente.

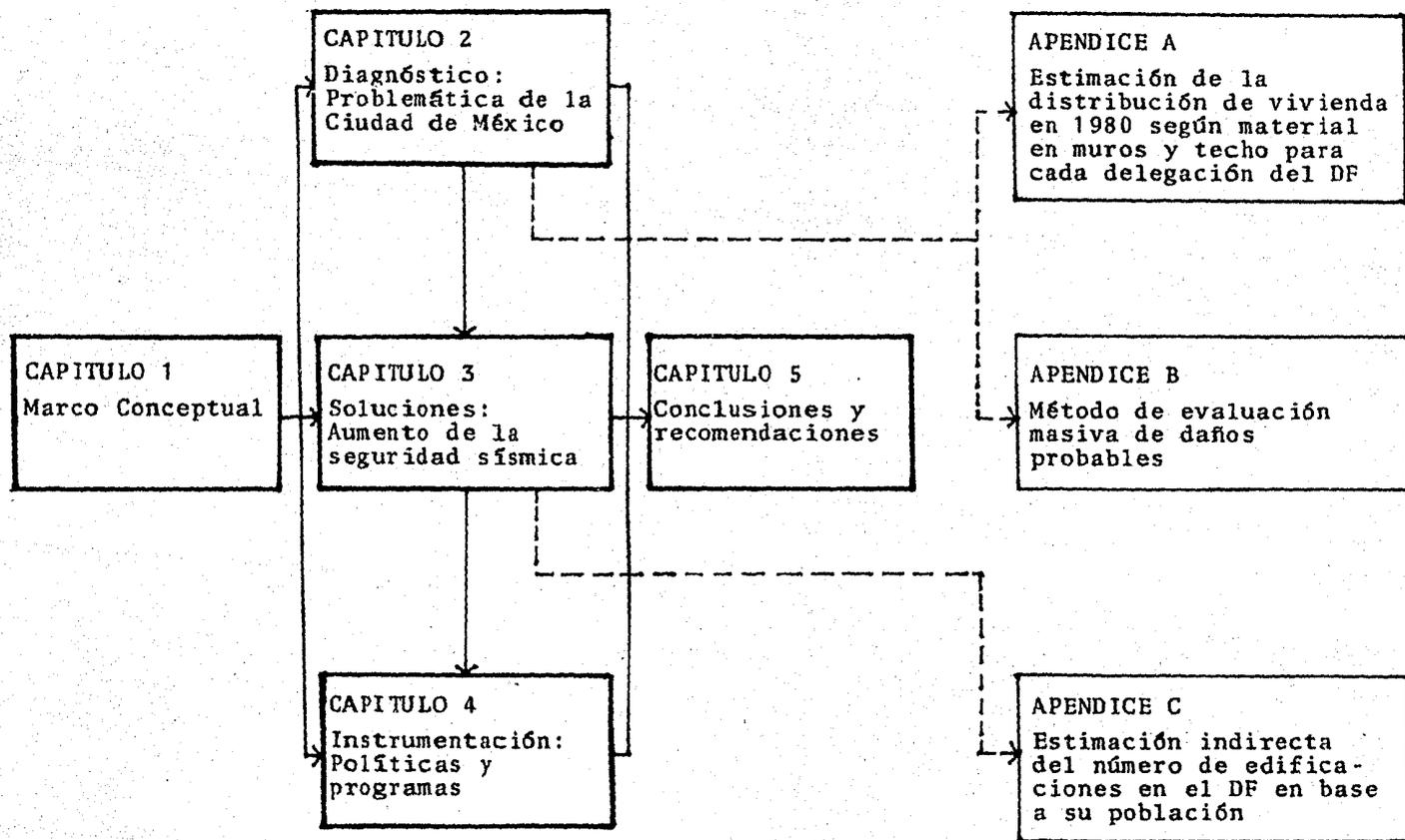


FIG 1 ESTRUCTURA DE LA TESIS

El diagnóstico (Cap 2), en una primera aproximación, se inicia con una descripción del fenómeno sísmico y sus efectos en los asentamientos humanos. Se destaca la importancia de la edificación en el logro de la seguridad sísmica, proponiéndose algunos criterios para clasificar y jerarquizar los edificios, así como para sentar las bases para la realización posterior de un pronóstico de daños. Asimismo, para sensibilizarse ante el problema, se hace un resumen de daños históricos por sismo en la Ciudad y se muestran los resultados de la aplicación de un método desarrollado en el Instituto de Ingeniería (II) para la evaluación de daños probables en la vivienda del D.F.

Cabe mencionar que las conclusiones del diagnóstico no son suficientemente profundas, debido a la ausencia de recursos suficientes y a limitaciones en la información disponible; sin embargo, permiten darse una idea de la gravedad del problema, en su primera aproximación.

En el Capítulo 3, dedicado a soluciones, se destaca la necesidad de profundizar el diagnóstico y se presentan algunas medidas encaminadas directamente al aumento de la seguridad mediante la mitigación de daños por sismo en la edificación. Se distinguen las medidas de reforzamiento, orientadas a la estructura y elementos no estructurales de los edificios para mejorar su respuesta sísmica, y las medidas funcionales, que son todas aquellas que colaboran a la reducción de daños y que no implican una modificación de las edificaciones, por ejemplo, control del uso del suelo, eva

cuación preventiva de la población, suspensión de procesos industriales de gran peligrosidad en caso de alarma, etc.

Como paso indispensable para llevar a cabo algunas medidas de mitigación, se identifica, en el mismo capítulo, el levantamiento de un inventario de la edificación y se describen algunas técnicas útiles para su realización.

Se incluye también (en el Cap 3), un breve comentario sobre cada uno de los métodos de evaluación particular de la vulnerabilidad que, en su conjunto, abarcan prácticamente la aplicación a cualquier tipo de edificación. Dichos métodos fueron elaborados por investigadores del II y las referencias pertinentes se dan en el cuerpo del capítulo.

Las soluciones propuestas deben formalizarse para facilitar y permitir su implantación. Así, en la etapa de instrumentación (Capítulo 4), se incluye también la primera aproximación del Plan de Mitigación de la Edificación del D.F. ante sismos, con sus objetivos, políticas y programas. La estrategia global del Plan consiste en el logro de los objetivos específicos siguientes:

1. Modificar las relaciones entre el sismo y la edificación, reduciendo las incidencias de los impactos;
2. Disminuir la susceptibilidad al daño por sismo en la edificación actual y futura del D.F.;

3. Impedir la integración de los impactos agregados del sismo debidos a la edificación.

Estos objetivos se persiguen mediante las actividades de reforzamiento y las medidas funcionales de mitigación, las cuales, en su conjunto, dan lugar a un conjunto de programas, entre los que destacan: el permanente de evaluación del peligro sísmico (para la revisión y actualización de las predicciones de intensidades sísmicas en el D.F.), el programa de levantamiento del inventario de la edificación del D.F. (que sienta las bases para la evaluación de la vulnerabilidad de la edificación) y el programa de desarrollo e implantación de medidas funcionales de mitigación (que otorga, por ejemplo, lineamientos para la suspensión de servicios y procesos peligrosos).

Por último, el Capítulo 5 presenta las conclusiones y recomendaciones surgidas a raíz de la investigación y de la elaboración del presente trabajo. Se anexan, asimismo, tres apéndices: el primero (A) contiene la estimación de la distribución de vivienda en 1980 según material en muros y techos para cada delegación del D.F., utilizada en la evaluación de daños probables del Cap 2; el segundo (B), presenta en forma breve el método aplicado para la evaluación de daños mencionada, y el último (C), se refiere a la estimación indirecta del número de edificios en el D.F., en base a su población, utilizada en el Cap 3 para el cálculo de recursos del levantamiento del inventario de la edificación.

1. MARCO CONCEPTUAL

Es de suma importancia para cualquier proyecto de investigación, la elaboración del marco conceptual. Este está constituido por un sistema de conceptos fundamentales que permiten plantear el problema y por un conjunto de métodos para resolverlo, formando, así, una base teórica indispensable.

El desarrollo del marco conceptual se apoya en una forma epistemológica llamada *paradigma*, instrumento cognoscitivo que permite diferenciar la realidad e identificar y escoger ciertos fragmentos de ella para representarlos e interpretarlos como objetos de estudio (fig 1-1). El paradigma determina todo el proceso cognoscitivo al descubrir las irregularidades características de los fenómenos y las leyes que se manifiestan a través de ellas y que rigen las relaciones del sistema real.

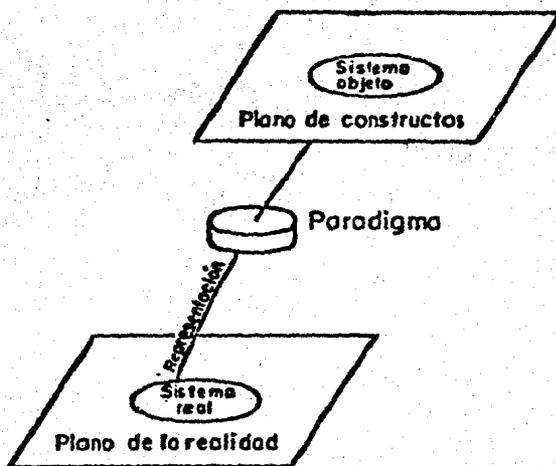


FIG 1-1 PAPEL DEL PARADIGMA EN EL PROCESO DE CONSTRUCCION DEL OBJETO DE ESTUDIO.

1.1 PARADIGMA

Usualmente, la palabra *desastre* se ha utilizado para designar tanto a los eventos que causan desequilibrios en los asentamientos humanos, como a los propios desequilibrios resultantes. Resulta pues conveniente, aclarar el concepto, llamando *calamidades* a los eventos que pueden provocar estados de daño en los asentamientos humanos y *desastre*, al estado mismo de daño.

Se puede considerar que el desastre es un subconjunto de los estados del *sistema afectable* (fig 1.1-1), producto de una interacción eventual de éste con el *sistema perturbador*. El sistema afectable (SA) corresponde a cualquier sistema integrado por el hombre y los componentes que éste necesita para subsistir (por ejemplo, una ciudad), y en él pueden materializarse los desastres ante las calamidades. El sistema perturbador (SP), por otro lado, es el sistema capaz de producir calamidades (temblores, huracanes, inundaciones, etc) que, al impactar al SA, puede transformar su estado normal en uno de desastre.

La fig 1.1-2 esquematiza el paradigma que constituye el fundamento del marco conceptual y que permite distinguir dos objetos de estudio: el sistema perturbador y el sistema afectable.

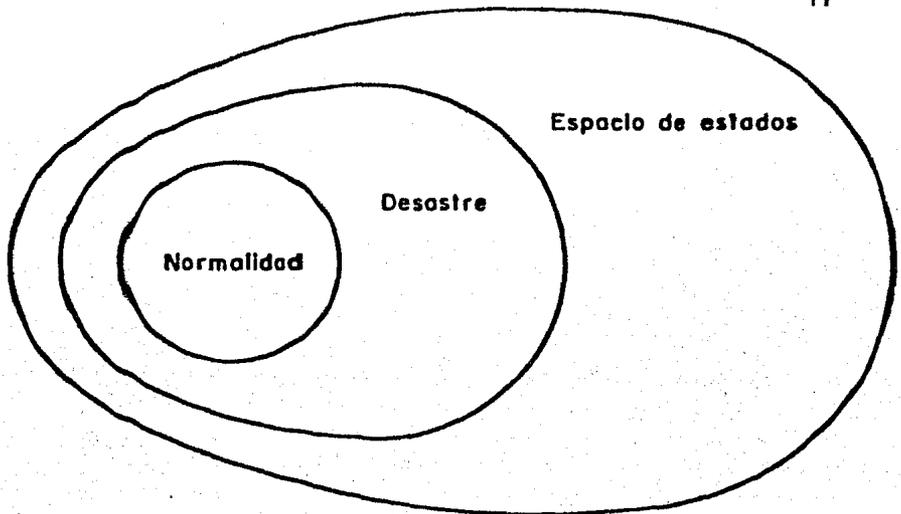


FIG 1.1-1 EL DESASTRE COMO SUBCONJUNTO DEL ESPACIO DE ESTADOS DEL SISTEMA AFECTABLE

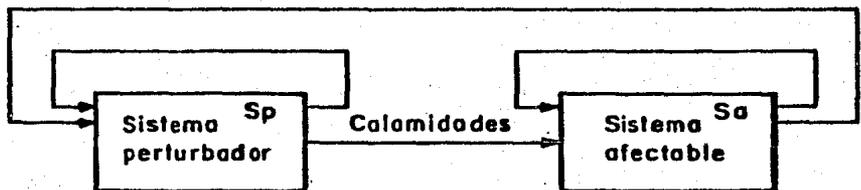


FIG 1.1-2 PARADIGMA DE LAS INTERRELACIONES ENTRE LOS SISTEMAS PERTURBADOR Y AFECTABLE

1.2 SISTEMA PERTURBADOR

Este sistema produce a las calamidades, a través de sus mecanismos internos, en un proceso de cinco fases:

- *Preparación*, que consiste en la organización de las condiciones necesarias para la ocurrencia de la calamidad, esto es, en la formación del mecanismo;
- *Iniciación*, que consiste en la activación o excitación del mecanismo;
- *Desarrollo*, comprende la fase de crecimiento e intensificación de la calamidad;
- *Traslado*, que es la fase del transporte de los elementos impactantes de la calamidad;
- *Producción de impactos*, esto es, la manifestación de la calamidad.

Este proceso puede ser iniciado o alterado en sus diferentes fases por una retroalimentación, es decir, la canalización de una acción de la salida de un sistema a su entrada, o a la de otro que le antecede (fig 1.2-1). Existen tres tipos de retroalimentaciones:

SP-SP, es la que se dirige de la salida del SP a su entrada,

SA-SP, es la que se dirige de la salida del SA a la entrada del SP,

SA-SA, es la que se dirige de la salida del SA a su entrada.

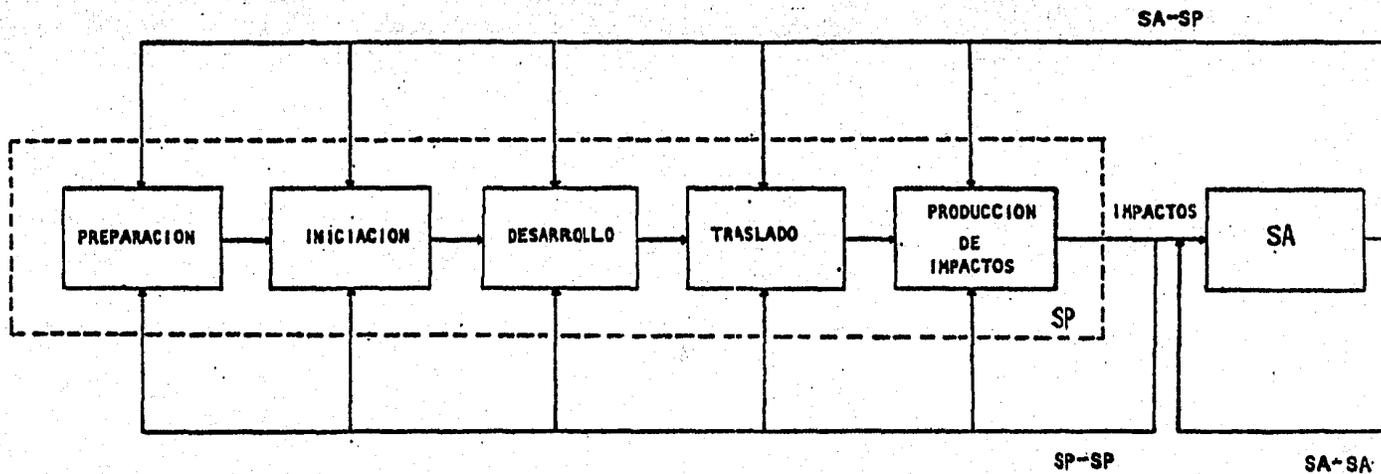


FIG 1.2-1 PROCESO DE PRODUCCION DE LAS CALAMIDADES

Esta distinción en el modo de la producción de las calamidades permite clasificarlas por el tipo de su producción en:

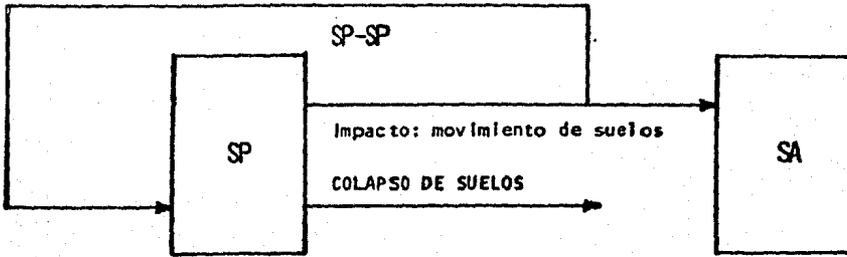
- *calamidades directas*, que son resultados exclusivos del mecanismo interno;
- *calamidades encadenadas*, que son resultados de la participación de las retroalimentaciones; se distinguen los encadenamientos cortos (SP-SP), largos (SA-SP) e integrados (SA-SA) (fig 1.2-2).

La interfase entre las calamidades y sus efectos son los impactos. La diferenciación entre impacto y efecto es relativa, ya que un efecto puede actuar como impacto en el siguiente momento. Por ejemplo, los efectos tales como la interrupción de servicios* que son resultados de los impactos, a su vez se presentan a través de la retroalimentación SA-SA como nuevos impactos (fig 1.2-3). El conocimiento de las retroalimentaciones que pueden iniciar o alterar una calamidad y/o sus efectos es de gran ayuda para lograr su control (del cual se hablará en el inciso 1.4 y subsecuentes).

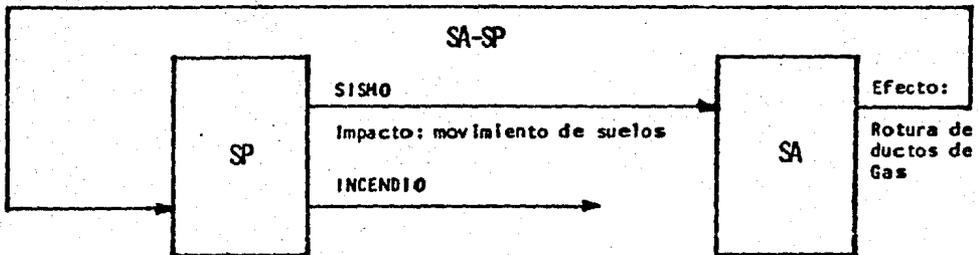
1.2.1 Características de las calamidades

Se distinguen dos grupos de características de las calamidades: de identificación y de evaluación.

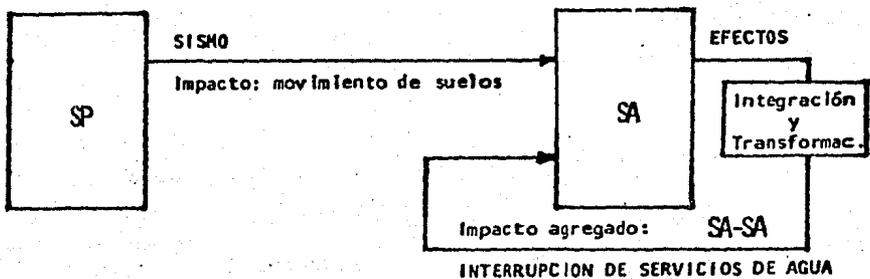
* Como pueden ser: interrupción del abastecimiento de agua potable o de energía eléctrica.



A) EJEMPLO DE ENCADENAMIENTO CORTO



B) EJEMPLO DE ENCADENAMIENTO LARGO



C) EJEMPLO DE ENCADENAMIENTO INTEGRADO

FIG 1.2-2 EJEMPLOS DE ENCADENAMIENTOS DE CALAMIDADES

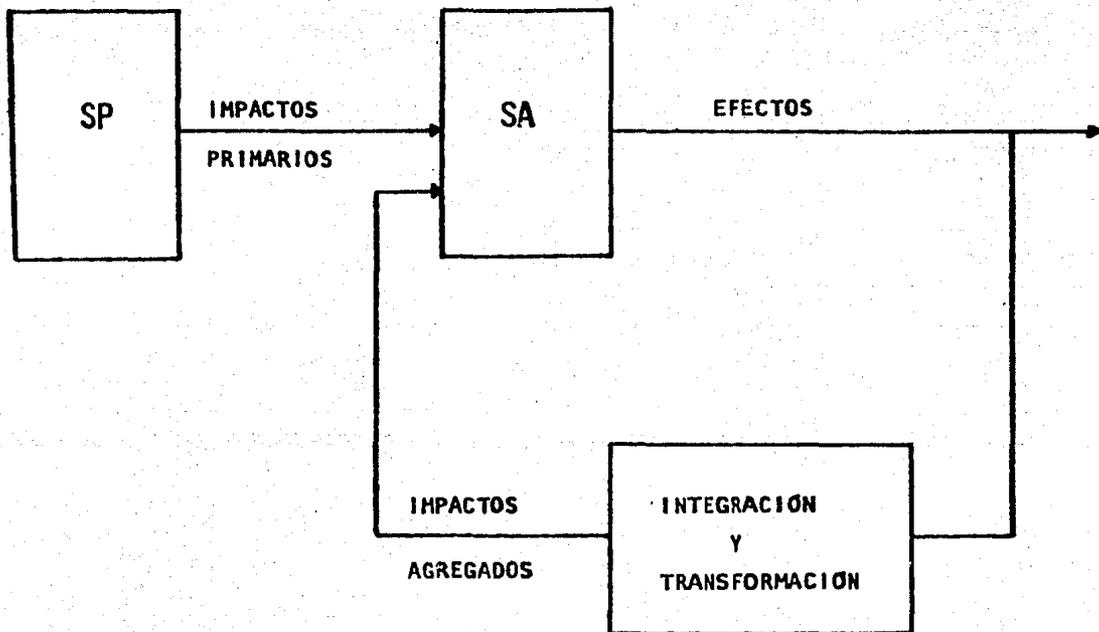


FIG 1.2-3 GENERACION DE IMPACTOS: PRIMARIOS Y AGREGADOS

Las características de identificación son las que permiten un reconocimiento espacial y temporal de una calamidad específica y consiste básicamente de los siguientes datos:

- Nombre de la calamidad (sequía, viento, huracanes, etc);
- Fecha de ocurrencia (incluye tiempo de iniciación, duración y terminación);
- Lugar de origen (zona donde se inició la calamidad);
- Cobertura del fenómeno (zonas donde se manifestó la calamidad a través de sus impactos);
- Trayectoria del fenómeno (espacio recorrido por la calamidad).

Las características de evaluación son las que permiten un reconocimiento de las particularidades propias de la calamidad. Se distinguen dos tipos básicos de parámetros en la evaluación de las características de las calamidades (fig 1.2.1-1):

- Parámetros directos, que son los que miden los factores determinantes de la manifestación de la calamidad;
- Parámetros indirectos, que son los que estiman las manifestaciones de la calamidad a través de sus efectos*.

Entre los parámetros directos se reconocen:

- Magnitud (potencia del evento);
- Intensidad (nivel de los diferentes impactos);

* Al caracterizar estos parámetros, no sólo a la calamidad, sino también al estado del sistema afectable, pueden dar origen a incertidumbre en la evaluación de las calamidades; sin embargo, su uso es frecuentemente de utilidad.

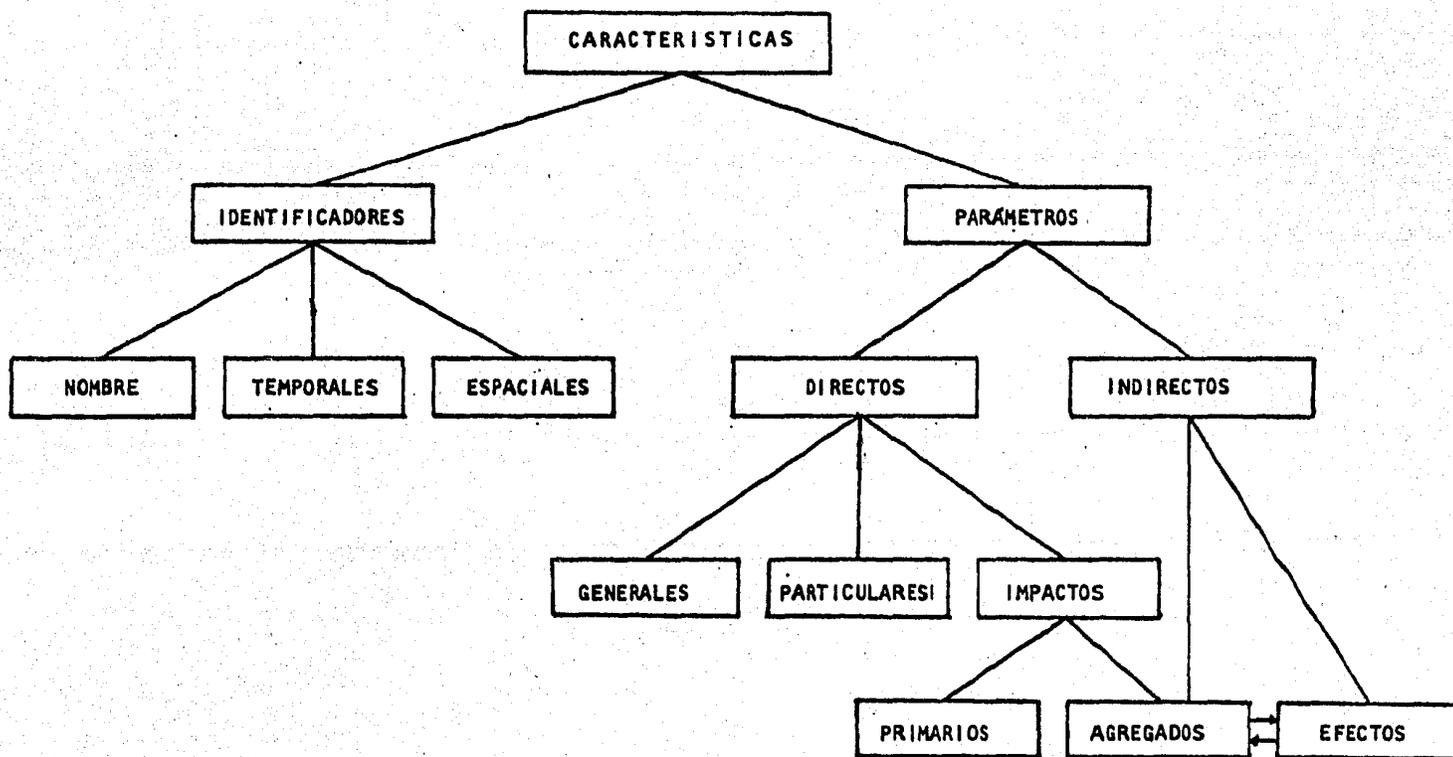


FIG 1.2.1-1 ARBOL DE ELEMENTOS DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS CALAMIDADES.

- Velocidad de desarrollo (tiempo entre la primera manifestación del evento y la presentación de su máxima intensidad);
- Frecuencia (número de ocurrencias de un evento de cierta magnitud y/o intensidad en un periodo dado).

1.2.2 Impactos de las calamidades

Un impacto es cualquier incidencia de un agente, elemento o suceso sobre el sistema afectable que produce daños. Se definen dos clases de impactos (fig 1.2 -3):

- *Impactos primarios*, son las manifestaciones propias de la calamidad y se presentan como consecuencia directa de ésta. Se distinguen de acuerdo a su forma de realización:
 - mecánicos,
 - térmicos,
 - químicos,
 - eléctricos,
 - radiológicos,
 - bacteriológicos,
 - psicológicos.
- *Impactos agregados*, son los que resultan de una integración y transformación de los efectos de los impactos anteriores y generalmente su incidencia sobre el sistema afectable es más amplia y extensa, ya que provocan a su vez efectos globales*. Su identificación y clasificación

* Por ejemplo: desempleo, alteración del valor de la tierra, cambio de los patrones de migración, etc.

se realiza a través de dichos efectos; distinguiéndose los siguientes tipos básicos:

- Bioecológicos (como variaciones en el microclima);
- Productivos (como la interrupción de servicios básicos);
- Sociales (como la modificación de las relaciones familiares);
- Políticos (como la pérdida de confianza en los gobernantes).

Lo anterior facilita el análisis del desarrollo de los desastres reales y proporcionar pautas para la elaboración de escenarios*.

Para la determinación de los impactos primarios de una calamidad es importante la descripción de los mecanismos que la producen. En dicho proceso, sus dos primeras fases están relacionadas con el origen de la calamidad; las dos siguientes con el ámbito de desarrollo y traslado, y la última constituye la producción de impactos propiamente dicha. Como resultado, se puede obtener una tabla de los probables impactos primarios de las calamidades (tabla 1.2.2-1).

Analizando las relaciones de la fig 1-1; se identifican los impactos agregados posibles para esas calamidades (tabla 1.2.2-2).

* Los escenarios constituyen una visión dinámica del inicio y desarrollo del desastre, que incluye la descripción de la calamidad, sus encadenamientos, impactos primarios y agregados, el estado del sistema afectado, los daños y sus costos.

CALAMIDADES \ IMPACTOS	IMPACTOS						
	Mecánicos	Térmicos	Eléctricos	Radiológicos	Químicos	Bacteriológicos	Sicológicos
1. Lluvias y Huracanes	X	-	-	-	-	-	X
2. Tormentas de granizo	X	X	-	-	-	-	X
3. Inundación	X	-	-	-	-	X	X
4. Temperatura extrema	-	X	-	-	-	-	X
5. Sequía	-	-	-	-	-	-	X
6. Tormenta eléctrica	X	X	X	-	-	-	X
7. Viento	X	-	-	-	-	X	X
8. Sismo	X	-	-	-	-	-	X
9. Vulcanismo	X	X	-	-	-	-	X
10. Colapso de suelos	X	-	-	-	-	-	X
11. Hundimiento regional y agrietamiento	X	-	-	-	-	-	X
12. Contaminantes	X	-	-	X	X	X	X
13. Envenenamiento	-	-	-	-	X	X	X
14. Incendio	-	X	-	-	-	-	X
15. Explosión	X	X	-	-	-	-	X
16. Radiación	-	X	-	X	X	-	X
17. Epidemia	-	-	-	-	X	X	X
18. Plaga	X	-	-	-	-	X	X
19. Crecimiento explosivo de población	-	-	-	-	-	X	X
20. Falla humana	-	-	-	-	-	-	X
21. Disturbios sociales	X	-	-	-	-	X	X
22. Actos delictivos, sabotaje y terrorismo	X	X	-	X	X	X	X
23. Accidentes	X	X	X	X	X	X	X
24. Acción bélica	X	X	-	X	X	X	X
25. Drogadicción, alcoholismo, actos de locura	X	X	-	-	X	-	X
26. Efectos negativos producidos por la operación actual de serv.	X	X	-	X	X	X	X
27. Interrupción de servicios	X	X	X	X	X	X	X

TABLA 1.2.2-1 IMPACTOS PRIMARIOS DE LAS CALAMIDADES

<div style="text-align: center;">IMPACTOS</div> <div style="text-align: right;">CALAMIDADES</div>	Bioscológicos	Productivos	Sociales	Políticos
1. Lluvias y Huracanes	X	X	X	X
2. Tormentas de granizo	X	X	X	X
3. Inundación	X	X	X	X
4. Temperatura extrema	X	X	X	-
5. Sequía	X	X	X	X
6. Tormenta eléctrica	-	-	-	-
7. Viento	-	-	-	-
8. Sismo	-	X	X	X
9. Vulcanismo	X	X	X	X
10. Colapso de suelos	-	X	X	X
11. Hundimiento regional y agrietamiento	-	-	X	X
12. Contaminantes	X	X	X	X
13. Envenenamiento	X	X	X	X
14. Incendio	X	X	X	X
15. Explosión	-	X	X	X
16. Radiación	X	-	X	X
17. Epidemia	X	X	X	X
18. Plaga	X	X	X	X
19. Crecimiento explosivo de población	X	-	X	X
20. Falla humana	-	-	X	X
21. Disturbios sociales	-	X	X	X
22. Actos delictivos, sabotaje y terrorismo	-	X	X	X
23. Accidentes	-	X	X	X
24. Acción bélica	X	X	X	X
25. Drogadicción, alcoholismo, actos de locura,	-	X	X	X
26. Efectos negativos producidos por la operación actual de serv.	X	X	X	X
27. Interrupción de Servicios	-	X	X	X

TABLA 1.2.2-2 IMPACTOS AGREGADOS DE LAS
CALAMIDADES

1.3 SISTEMA AFECTABLE

Como se dijo, el sistema afectable corresponde a los asentamientos humanos o ciudades, con todos sus componentes, y en él pueden materializarse los desastres.

Un desastre en la comunidad humana, es un evento en tiempo y espacio, resultado del impacto de la calamidad, que se identifica por los *daños* humanos, materiales, productivos, ecológicos y/o sociales. Estos hacen que la población pierda la autosuficiencia en la satisfacción de sus necesidades básicas y requiera, produciendo una demanda extraordinaria casi repentina, de abrigo, alimentación, vestido, atención médica, etc.

Se consideran *daños humanos*, los que sufren los individuos en su integridad física, como son lesiones o muerte. *Daños materiales* son los daños físicos que causan a los bienes materiales, tales como infraestructura, estructura, equipos, etc. Los *daños productivos* son los que se ocasionan en la producción de bienes o generación de servicios; por ejemplo, interrupción de producción de alimentos, falta de generación de energía eléctrica, etc. Son *daños ecológicos*, los causados al equilibrio ecológico, como pueden ser contaminación, deforestación, etc. *Daños sociales* son los que se sufren al interrumpirse todas o algunas de las funciones esenciales de la sociedad.

Dado que el desastre define 'un estado' del sistema afectable

o de alguna de sus partes, debe decirse que el estado de un sistema, es una característica global que está determinada por el conjunto de valores en que se encuentran, en un momento dado, los parámetros relevantes para su funcionamiento, y que se presentan como un vector en el espacio multidimensional de estados. En este espacio, se distinguen cuatro áreas, correspondientes a estados normales, insuficientes, de desastre y de retorno.

El área de *estados normales* corresponde a todos los estados en que el sistema tiene un *funcionamiento normal* estable, esto es, cuando el funcionamiento del sistema garantiza el logro de sus finalidades.

El área de *estados insuficientes* engloba todos aquellos en que el sistema tiene un funcionamiento normal, pero presenta una alteración no significativa, esto puede ser producido por agentes internos (vejez, deterioro, etc) o por agentes externos (falta de suministro, impactos, etc).

El área de *estados de desastre* reúne a los estados en que el funcionamiento del sistema falla, esto es, cuando se presenta una alteración significativa y con tendencia a crecer.

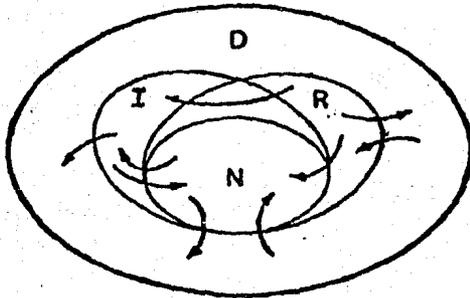
Finalmente, el área de *estados de retorno* incluye todos los estados del sistema intermedios entre el área de estados de

desastre y el área de estados normales. Se caracteriza por la disminución de la alteración y la recuperación progresiva de su funcionamiento normal.

Para determinar en qué área se encuentra un sistema, es necesario el conocimiento de los rangos permisibles para cada uno de los parámetros relevantes del mismo, así como el monitoreo de cada uno de estos.

Los sistemas pueden seguir distintos ciclos en sus transiciones (fig 1.3-1) de un área de estados a otra. Entendiendo como *ciclo* la sucesión completa de transiciones de estado desde que el sistema abandona el área de estados normales, hasta que regresa a ella. Los ciclos pueden ser afectados por las acciones tomadas sobre ellos; por ejemplo, el monitoreo permite detectar una falla antes de que ésta se convierta en desastre, permitiendo tomar las medidas convenientes para regresar al sistema al área de estados normales.

Dependiendo de si pueden o no tomarse medidas correctivas, se distinguen dos tipos de transiciones: imprevistas y controladas (tabla 1.3-1). Las primeras ocurren por el propio desarrollo del sistema o como resultado del impacto de las calamidades, esto es, por causas internas o por la intervención del sistema perturbador; las segundas se refieren a aquéllas que se realizan a través de ciertas actividades específicas de control.



N = Área de estados normales
 I = Área de estados Insuficientes
 D = Área de estados de desastre
 R = Área de estados de retorno

FIG 1.3-1 AREAS DE ESTADOS DE UN SISTEMA

Tipo de Transición	Del área de estados	Al área de estados	Clasificación
N → I	Normales	Insuficientes	Imprevista
N → D	Normales	De desastre	Imprevista
I → N	Insuficientes	Normales	Controlada
I → D	Insuficientes	De desastre	Imprevista
D → N	De desastre	Normales	Controlada
D → R	De desastre	De retorno	Controlada
R → N	De retorno	Normales	Controlada
R → I	De retorno	Insuficientes	Controlada
R → D	De retorno	De desastre	Imprevista

TABLA 1.3-1 CLASIFICACION DE TRANSICIONES

El estudio del sistema afectable, dada la complejidad de la organización de los asentamientos humanos y del 'metabolismo' de las ciudades que conforman, justifica la necesidad de su descomposición funcional en diferentes sistemas, facilitando así, el análisis de los efectos de los impactos de las calamidades.

1.3.1 Identificación y clasificación de los sistemas de subsistencia

Para llevar a cabo la descomposición funcional de la ciudad (SA), es necesario un enfoque integral que permita garantizar a través de las funciones y propiedades de los subsistemas, aquéllas del sistema original.

El enfoque sistémico (enfoque de sistemas), mediante la construcción por descomposición, persigue precisamente esos objetivos.

Primeramente, debe definirse la estructura externa para el sistema en consideración. Esto se logra definiendo los objetivos y funciones totales del sistema y sus interrelaciones con otros sistemas. A continuación, se le descompone por funciones, quedando como un agregado hipotético de subsistemas interconectados de tal forma, que se asegura el funcionamiento del sistema original (fig 1.3.1-1).

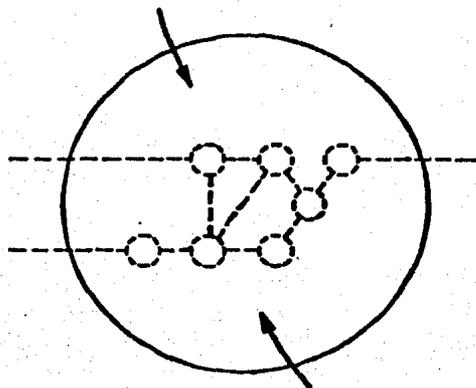


FIG 1.3.1-1 CONSTRUCCION POR DESCOMPOSICION FUNCIONAL DE UN SISTEMA

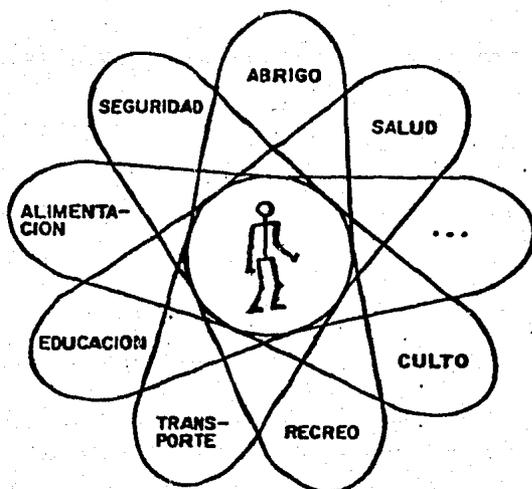


FIG 1.3.1-2 NECESIDADES Y SATISFACTORES DE LOS INDIVIDUOS

Siguiendo la metodología anterior y tomando en cuenta las necesidades y las satisfacciones de los individuos, los grupos y la comunidad en su conjunto (fig 1.3.1-2), se descompuso la ciudad en un conjunto de sistemas llamados *sistemas de subsistencia*, que son indispensables para el sustento y desarrollo de la comunidad.

Dichos sistemas se ordenan de acuerdo a su importancia para la subsistencia de la ciudad en tres clases: sistemas vitales, sistemas de apoyo y sistemas complementarios (tabla 1.3.1-1).

Los *sistemas vitales* son los que en su conjunto proporcionan el mínimo requerido de bienestar social a la comunidad, los *de apoyo*, los que dan soporte a los sistemas vitales y los *complementarios*, los que cubren en forma suplementaria las necesidades de la comunidad, y cuya falta no tiene repercusiones inmediatas.

Entre los sistemas de subsistencia existen algunos componentes que son indispensables para la conservación de la vida, de los cuales se habla a continuación.

1.3.2 Servicios de soporte de vida

Los *servicios de soporte de vida*, son aquellos que permiten la sobrevivencia de la comunidad en situaciones normales y que, en caso de desastre, se encargan del rescate, salvamento y

TAJLA 1.3.1-1 SISTEMAS DE SUBSISTENCIA
DE LA CIUDAD

SISTEMAS VITALES:

- Sistema de vivienda
- Sistema de Energía Eléctrica
- Sistema de Agua Potable
- Sistema de Alcantarillado
- Sistema de Salud
- Sistema de Abastos
- Sistema de Seguridad Pública y Social
- Sistema de Limpieza Urbana
- Sistema de Transporte
- Sistema de Comunicación
- Sistema de Energéticos
- Sistema Administrativo

SISTEMAS DE APOYO:

- Sistema Industrial
- Sistema Comercial
- Sistema Bancario
- Sistema Ecológico
- Sistema Agropecuario

SISTEMAS COMPLEMENTARIOS

- Sistema Educativo
- Sistema Recreativo
- Sistema Turístico
- Sistema de Cultos Religiosos

rehabilitación. Es importante considerar que estos servicios no sólo deben seguir funcionando durante el desastre, sino también satisfacer la demanda extraordinaria (fig 1.3.2-1)

Entre los componentes de sistemas que prestan servicios de soporte de vida, se tienen hospitales, vialidad y algunos transportes, comunicaciones, sistema de agua potable, servicios especializados de ayuda (cuerpos de rescate), albergues potenciales (edificios públicos), etc. Algunos de estos servicios involucran sólo parte de un sistema, otros, como el de agua potable, se ven implicados en su totalidad.

1.3.3 Interrelaciones entre sistemas de subsistencia

Las interrelaciones entre los diferentes sistemas de subsistencia deben ser tales que los servicios a la comunidad sean garantizados. Así, se distinguen las relaciones por dependencia, por efectos negativos y por peligrosidad.

Los sistemas de subsistencia de la ciudad pueden estar relacionados entre sí, de manera que un sistema se ve afectado si otro suspende o disminuye la prestación de sus funciones; a este tipo de relación se le llama de *dependencia* y forma parte de la estructura externa de los sistemas.

La determinación y clasificación de las relaciones de dependencia entre los sistemas es importante para evaluar los daños

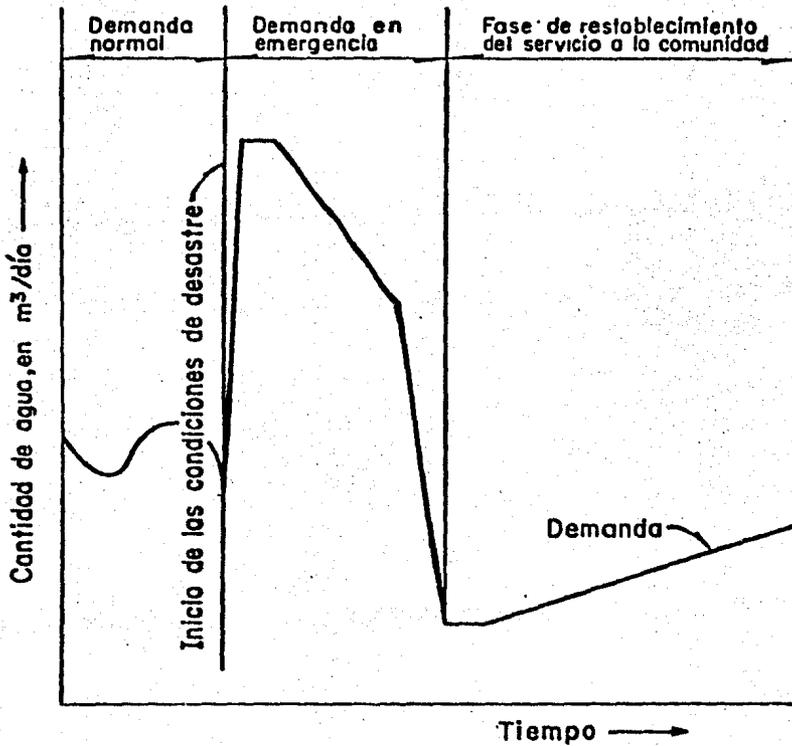


FIG 1.3.2-1 DEMANDA DE AGUA EN CONDICIONES NORMALES Y DE EMERGENCIA

FUENTE: Emergency Planning for Water Utility Management, AWWA, Manual M 19, 1973

encadenados que pueden ocurrir en la ciudad: si un sistema altera algunas de sus funciones, los daños que se producen, no sólo son en el propio sistema, sino también en otros, por la falta de suministro. Una interrupción del sistema de energía eléctrica afecta el sistema industrial, pues prácticamente todos sus procesos involucran a dicha energía; afecta al sistema de transporte, al desincronizar los semáforos; afecta a los sistemas comercial y bancario, interrumpiendo el servicio de su equipo eléctrico de oficina; afecta al sistema de agua potable, al suspenderse el bombeo, etc. En la fig 1.3.3-1 se presenta una tabla tentativa de interrelaciones entre sistemas de subsistencia; su revisión y ajuste corresponde a un grupo interdisciplinario de expertos en cada uno de los sistemas.

Frecuentemente, el funcionamiento normal de algunos sistemas perturban el funcionamiento normal de otros, dando lugar a *efectos negativos* en el segundo, a causa del primero. Existen muchos casos que ilustran lo anterior; por ejemplo:

- Hundimiento de algunas zonas de la ciudad de México debido a la explotación inadecuada de los acuíferos del Valle;
- Contaminación ambiental producida por el sistema de transporte y desechos del sistema industrial;
- Epidemias producidas por los tiraderos de basura del sistema de limpieza urbana, etc.

SISTEMA AFECTADO	Agua potable	Alcantarillado	Abastos	Transporte	Energía Eléctrica	Vivienda	Comunicaciones	Energéticos	Educativo	Salud	Recreativo	Administrativo	Seg. Pública y Soc.	Limpieza Urbana	Turístico	Industrial	Comercial	Bancario	Ecológico	Cultos religiosos	Agropecuario	
1. Agua potable	x	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x
2. Alcantarillado	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
3. Abastos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Transporte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Energía Eléctrica.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6. Vivienda	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7. Comunicaciones	x	x	-	x	x	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Energéticos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9. Educativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. Salud	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11. Recreativo	x	-	-	x	x	-	x	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12. Administrativo	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13. Seg. Pub. y Soc.	-	-	-	-	x	x	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14. Limpieza Urbana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15. Turístico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16. Industrial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17. Comercial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18. Bancario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19. Ecológico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20. Cultos Religiosos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21. Agropecuario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLA 1.3.3-1 INTERRELACIONES POR DEPENDENCIA ENTRE LOS SISTEMAS

Sinbología: * Inmediata,
+ Directa,
x Indirecta,
- Sin relación.

Por último, las interrelaciones por *peligrosidad* se dan debido a los sistemas de subsistencia de la ciudad que en su operación normal manejan cierto tipo de materias, las cuales, a causa de un accidente, provocarían un desastre, ya sea en su propio sistema o en otros. Esto se ilustra mediante los casos siguientes:

- El riesgo de que almacenes y depósitos de petróleo y sus derivados provoquen explosiones, incendios o intoxicaciones, produciendo desastres en otros sistemas;
- El colapso de una fábrica, laboratorio u hospital donde se usen, almacenen o fabriquen, materiales radiactivos puede provocar desastres.
- El escape de gases tóxicos de depósitos o transportes.

La identificación de los elementos peligrosos de un sistema deben llevarla a cabo expertos en cada uno de los sistemas de subsistencia.

Conviene hacer notar, que entre dos sistemas cualesquiera, se pueden dar varios tipos de relación y que una falla en un sistema puede impactar por varios caminos a otros sistemas.

1.4 AMPLIACION DEL PARADIGMA

El análisis de las interrelaciones entre los elementos del SP (calamidades), y los del SA (sistemas de subsistencia), muestra la posibilidad de reducir la frecuencia de ocurrencias y magnitud de los desastres, mediante dos tipos de actividades básicas:

- Aquéllas que se oponen a la producción de calamidades por parte del SP, a través del control de sus mecanismos, y que se agrupan en el objetivo de *prevención*;
- Las que se oponen a que el sistema afectable alcance un estado desastroso, aminorando la intensidad de los daños en el SA, y que forman el objetivo de *mitigación*.

Los objetivos de prevención y mitigación se engloban en forma natural en un objetivo más general llamado *protección*. Sin embargo, la protección no es la única previsión posible ante desastres, ya que frecuentemente, por razones de carácter socioeconómico, político o tecnológico, no puede evitarse la ocurrencia de calamidades, ni lograrse la reducción de los daños. De esta forma, surge la necesidad de definir dos objetivos más:

- El *rescate*, que busca salvar vidas humanas, y bienes materiales del SA, impedir la extensión del estado desastroso y limitar el grado de los daños; y
- La *recuperación*, que pretende la reconstrucción y el mejoramiento del sistema afectable después del desastre.

El rescate y la recuperación conforman el objetivo global de *restablecimiento*.

Para lograr la protección y el restablecimiento a través de la prevención, mitigación, el rescate y la recuperación, se re-

quieren diferentes conjuntos de actividades, a desarrollar en tres etapas básicas (fig 1.4-1):

- *Preparación*, que se realiza hasta el inicio del desastre;
- *Respuesta*, que se lleva a cabo durante el desastre;
- *Recuperación*, que se inicia inmediatamente después del desastre.

Estas actividades deben ser realizadas bajo un proceso de conducción de tipo administrativo, por un *sistema conducente* (SC).

Las relaciones entre los sistemas SC, SP y SA, dan origen a un nuevo paradigma que amplía el anterior (fig 1.4-2), y que muestra como tercer objeto de estudio al SC.

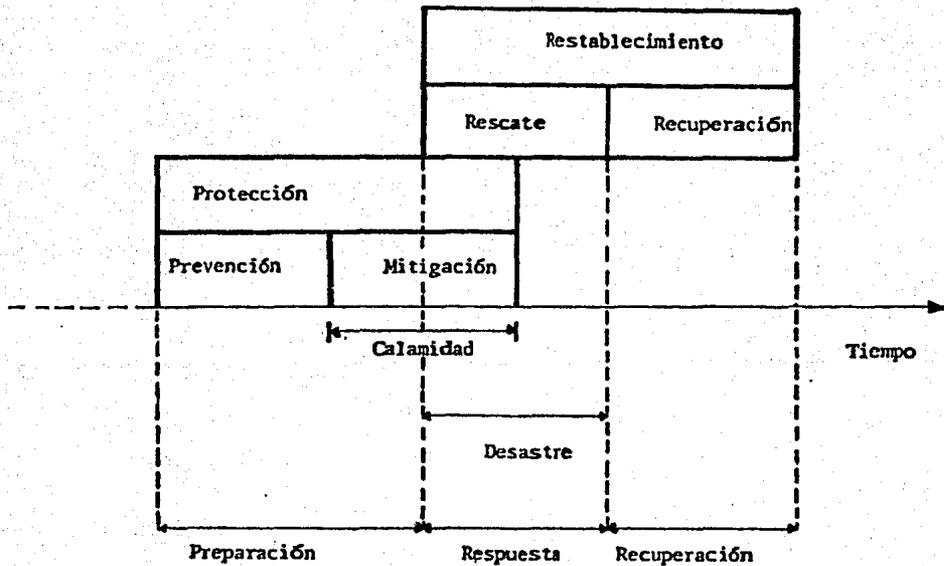
1.5 SISTEMA CONDUENTE

El proceso de *conducción**, relación entre el sistema conducente y el sistema conducido, puede ser de dos tipos: correctivo y planificado (fig 1.5-1). El primero se dá por las presiones del momento y trata de mantener el objeto conducido en un estado deseado y lograr su optimización local. El segundo tipo se presenta cuando se ha preestablecido un estado futuro deseado

* Un concepto más adecuado, es el que en inglés se denota con el término *management*, sin embargo, no tiene equivalente directo en español, pues implica conjuntamente regulación, gobernación, manejo, administración, control, gerencia, conducción, dirección, mando, guía y regencia, por lo que se consideró al término *conducción* como el más adecuado para establecer una correspondencia.

Prevención: impedir o disminuir la ocurrencia de las calamidades

Mitigación: disminuir los efectos de los impactos de las calamidades



Rescate: salvar vidas y bienes, rehabilitar servicios de soporte de vida

Recuperación: reconstruir y mejorar el sistema afectable

FIG 1.4-1 ETAPAS DE UN SISTEMA AFECTABLE ANTE LAS CALAMIDADES

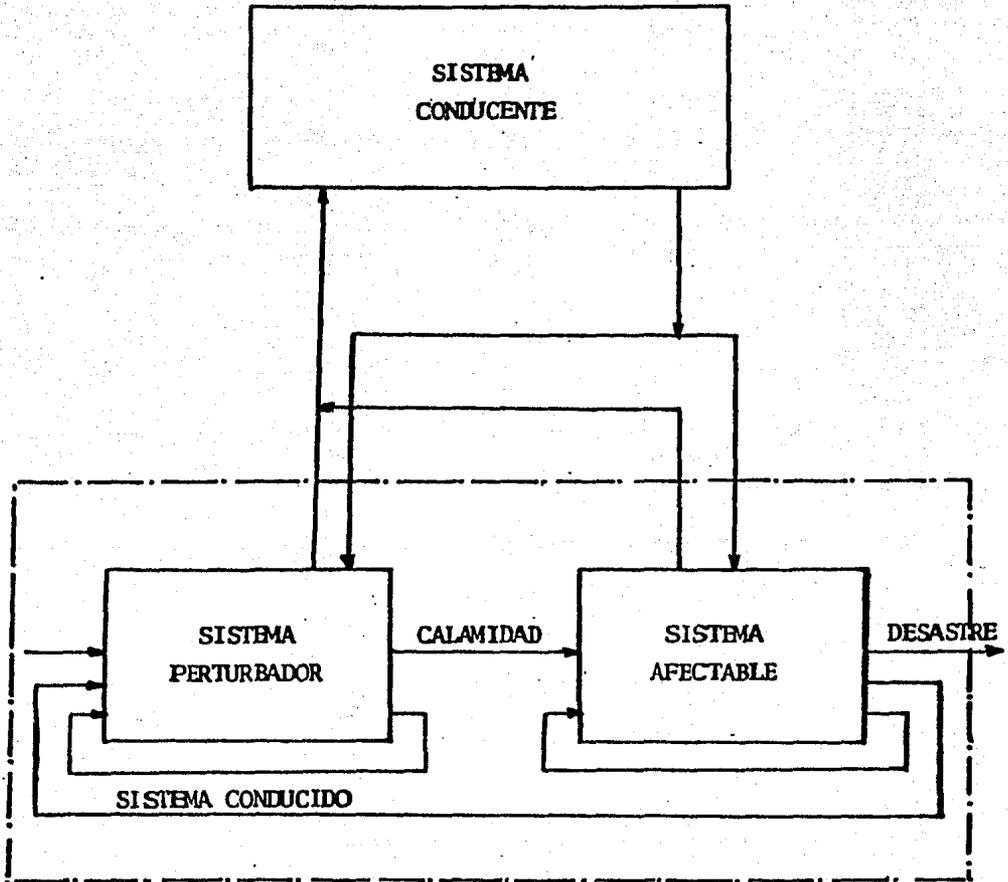


FIG 1.4-2 AMPLIACION DEL PARADIGMA

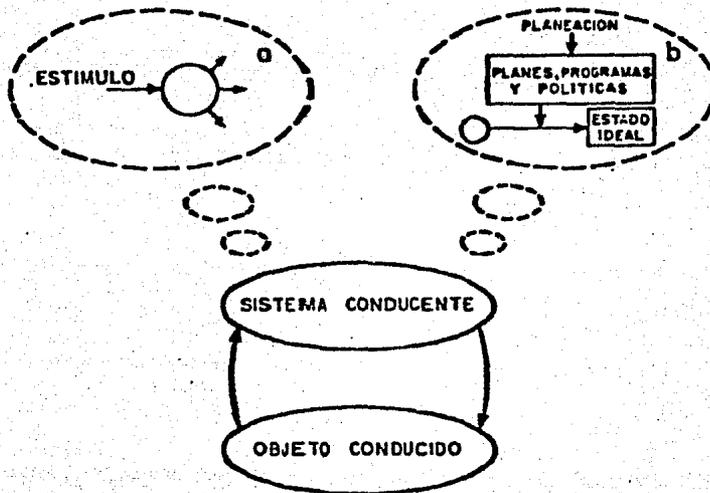


FIG 1.5-1 PARADIGMAS DEL PROCESO DE CONDUCCION:
 A. CONDUCCION CORRECTIVA
 B. CONDUCCION PLANIFICADA

del objeto conducido y los criterios para seleccionar y organizar las actividades (en forma de planes con políticas y programas) que contribuyen al cambio del estado actual al deseado.

De esta manera, el proceso de conducción se refiere al proceso que dirige el cambio o la permanencia del estado del objeto conducido según cierto objetivo, mediante determinadas actividades. Para que el sistema conducente dirija y dicte las políticas y acciones, es imperioso que el tomador de decisiones cuente con planes definidos e información adecuada sobre el estado actual de todo el objeto conducido. Asimismo, para que las decisiones tomadas se implanten, es necesario contar con mecanismos y procedimientos de ejecución. La evaluación de dichas decisiones se logra posteriormente a través de las consecuencias producidas por su implantación, las cuales se detectan mediante los mecanismos de captación e información.

En base a lo anterior, el *sistema conducente* se descompone, funcionalmente, en cuatro partes (fig 1.5-2): toma de decisiones, planeación, información y ejecución:

- La *toma de decisiones* es un proceso de selección de alternativas de cambio para mejorar el funcionamiento del sistema o hacer que éste siga una ruta que lleva al cumplimiento de objetivos preestablecidos por la planeación.
- La *planeación* es el proceso que sirve de herramienta al tomador de decisiones para seleccionar las acciones de cambio inmediatas, mediatas y a largo plazo más adecuadas

CONDUCCION Es un proceso de cambio controlado del sistema socioeconómico que realizan los organismos para lograr ciertos objetivos

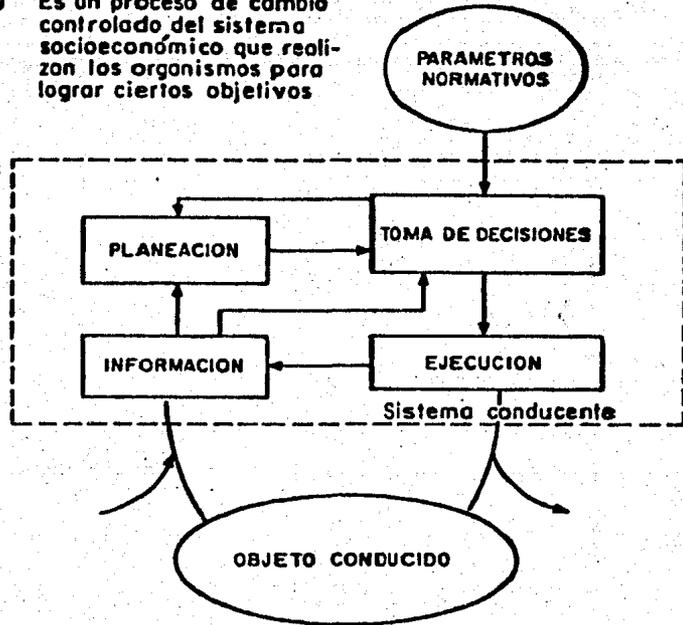


FIG 1.5-2 REPRESENTACION FUNCIONAL DEL SISTEMA CONDUCTENTE

- al cumplimiento de los objetivos;
- La *información* proporciona una representación del sistema conducido, permitiendo su conceptualización y la especificación de su estado actual: se logra a través de una captación sistemática de datos relevantes que provienen no únicamente del objeto conducido, sino de otros sistemas vinculados, tomando en cuenta el medio en que funciona. La disponibilidad de la información en el momento oportuno determina la eficacia, tanto de la toma de decisiones, como del proceso de planeación;
 - La *ejecución* es la transformación de las decisiones de conducción en acciones que cambian al sistema conducido; es realizada por unidades operacionales identificadas mediante la diferenciación funcional.

Los subsistemas funcionales anteriores deben ser parte del sistema conducente de tipo administrativo, encargado de modificar al SP, SA y sus interrelaciones, para cumplir con los objetivos de protección y restablecimiento planteados.

1.5.1 Sistema de protección y restablecimiento (SIPROR)

Un sistema, de acuerdo con el procedimiento de construcción de sistema por descomposición (inciso 1.3.1), puede describirse, a grandes rasgos, mediante dos sistemas funcionales: uno es el subsistema de producción o productivo, que incluye a la infraestructura y su operación, y el otro, el de administración

o conducente (fig 1.5.1-1).

En la ciudad, los subsistemas conducentes de los diferentes sistemas de subsistencia están conformados por diversas partes del sector público y/o privado. La presencia en numerosos casos de más de un organismo conducente (fig 1.5.1-2), muestra la necesidad de contar con un *sistema administrativo integral*, encargado de la coordinación de la conducción y de las actividades de preparación, respuesta y recuperación para el logro de los objetivos de protección y restablecimiento. Dicho organismo ha sido llamado *Sistema de Protección y Restablecimiento (SIPROR)*.

El SIPROR se concibe como un sistema jerárquico piramidal que unifica e integra a todos los subsistemas conducentes a través de órganos específicos.

Los órganos específicos, responsables por la preparación, respuesta y recuperación en caso de desastre, se denominan *Organos de Protección y Restablecimiento (OPROR)**. Para los casos en que la conducción en el sistema de subsistencia es condenada, esto es, cuenta con un organismo de responsabilidad total (como es el caso del sistema de agua potable o de alcantarillado), el OPROR estará ubicado en éste. Cuando la conducción

* Entre los OPROR se distinguen, por ejemplo, los organismos especializados en la atención de emergencias, tales como Bomberos, Cruz Roja, Escuadrón de Rescate, etc.

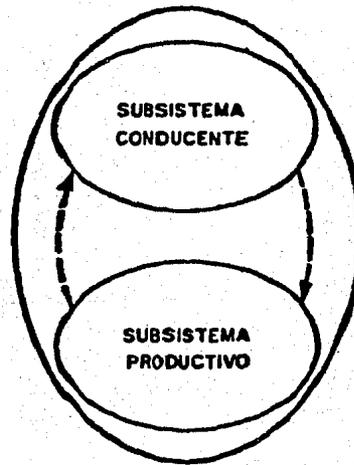


FIG 1.5.1-1 DESCOMPOSICION FUNCIONAL DE UN SISTEMA

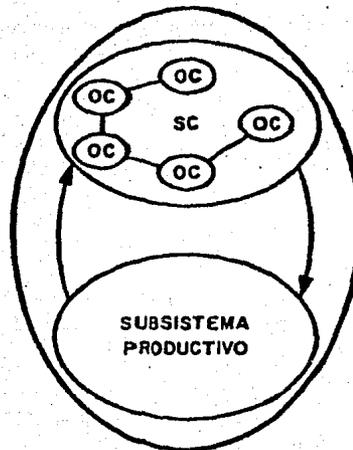
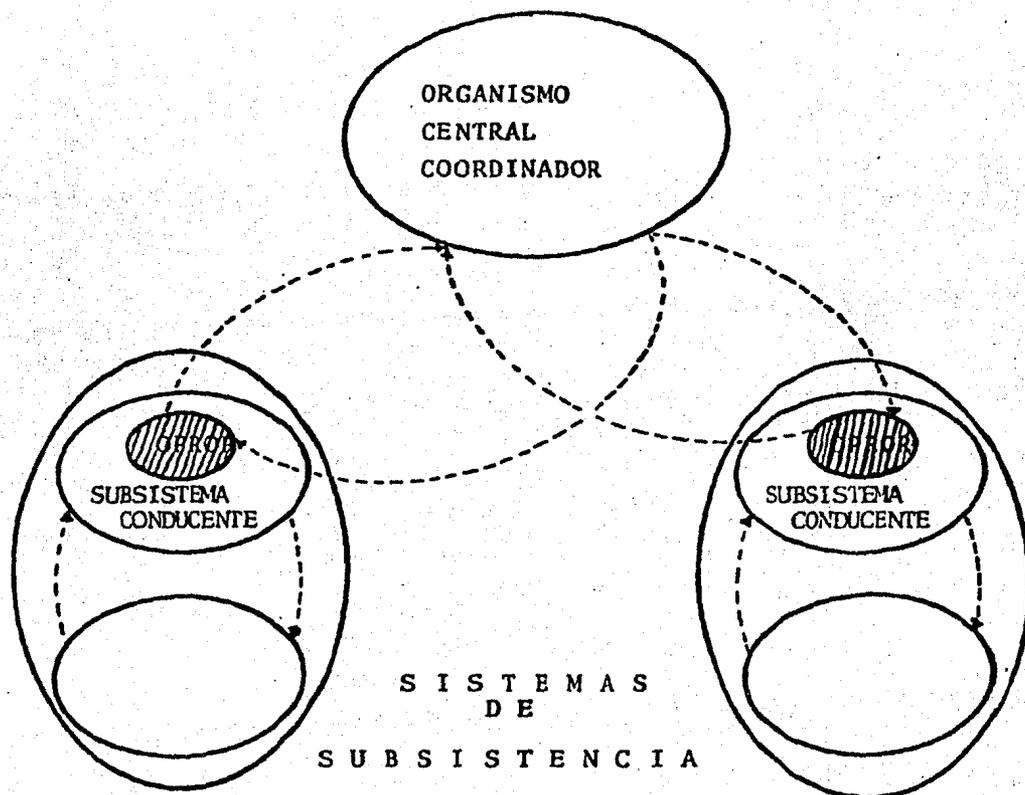


FIG 1.5.1-2 PRESENTACION ESQUEMATICA DE LOS ORGANISMOS CONDUENTES EN SUS RELACIONES QUE CONSTITUYEN UN SUBSISTEMA CONDUENTE

del sistema de subsistencia es *dispersa*, ya que no existe un organismo con la responsabilidad total, es necesario prever la creación de la coordinación interna de los órganos de protección y restablecimiento de todos los organismos que constituyen el subsistema conducente. En cualquier caso, la coordinación de los OPROR se realiza por medio de un organismo conducente llamado *Organismo Central Coordinador (OCC)* del SIPROR (figs 1.5.1-3).

De esta forma, el OCC coordina a todos los órganos de conducción de los Organismos Especializados en Emergencias y Servicios de Soporte de Vida, que conforman organismos de protección y restablecimiento por sí mismos, así como a los OPROR de los sistemas de subsistencia, quedando así como responsable de la consecución del objetivo del SIPROR: fortalecer y salvaguardar a la ciudad y a su población frente a desastres.

Para la realización del proceso de conducción, el OCC requiere de un proceso continuo de planeación, del cual se obtengan, como resultado, planes para lograr el cambio controlado del objeto conducido. Dichos planes se agrupan en el instrumento fundamental del SIPROR, llamado Plan General de Protección y Restablecimiento, cuyos principios se exponen en el inciso siguiente.



SIMBOLOGIA:



OPROR, Organismo de protección y restablecimiento

FIG 1.5.1-3 ESTRUCTURA JERARQUICA DEL SIPOR

1.5.2 Principios del Plan General de Protección y Restablecimiento

El objetivo (ideal) del Plan General de Protección y Restablecimiento es asegurar la continuidad del funcionamiento y desarrollo de la ciudad en caso de desastres. Este objetivo se logra mediante la consecución de los objetivos parciales de protección, respuesta y recuperación, los cuales se realizan a través de las tres etapas de actividades mencionadas en 1.4 y que a continuación se detallan:

- Etapa de *preparación*, cuyas actividades se orientan a:
 - la disminución de daños probables, mediante la prevención de las calamidades y la mitigación de sus impactos,
 - la creación de las condiciones adecuadas que faciliten el rescate durante el desastre y
 - la definición de políticas y el desarrollo de estrategias para la recuperación;
- Etapa de *respuesta*, en la que las actividades se dedican, con una reacción rápida y eficiente:
 - al rescate de vidas y bienes durante el desastre y
 - a la rehabilitación de los servicios de soporte de vida, para evitar la extensión del estado desastroso;
- Etapa de *recuperación*, con actividades encaminadas a:
 - la reconstrucción y el mejoramiento de la ciudad después del desastre y
 - la reducción del riesgo de ocurrencia de desastres futuros.

De acuerdo con estas etapas, el Plan General de Protección y Restablecimiento frente a Desastres está formado por tres planes (fig 1.5.2-1):

- Plan General de Prevención y Mitigación;
- Plan General de Atención de Emergencias;
- Plan General de Recuperación.

En este trabajo se hará énfasis en el Plan General de Prevención y Mitigación, el cual se desglosa en:

- Planes de prevención de cada una de las calamidades, cuyo objetivo fundamental es impedir o disminuir la ocurrencia de las calamidades, sus impactos (primarios y agregados) y sus encadenamientos;
- Planes Integrales de Mitigación de cada uno de los 21 sistemas de subsistencia, compuesto a su vez por los Planes de Mitigación de cada sistema de subsistencia ante cada calamidad, cuyo objetivo es evitar o disminuir los efectos (daños) de los impactos de las calamidades en los sistemas de subsistencia de la ciudad.

Ya que los planes, hasta el nivel más particular, se ubican en un gran Plan General, para su mejor integración resulta de gran utilidad contar con una metodología única para su elaboración.

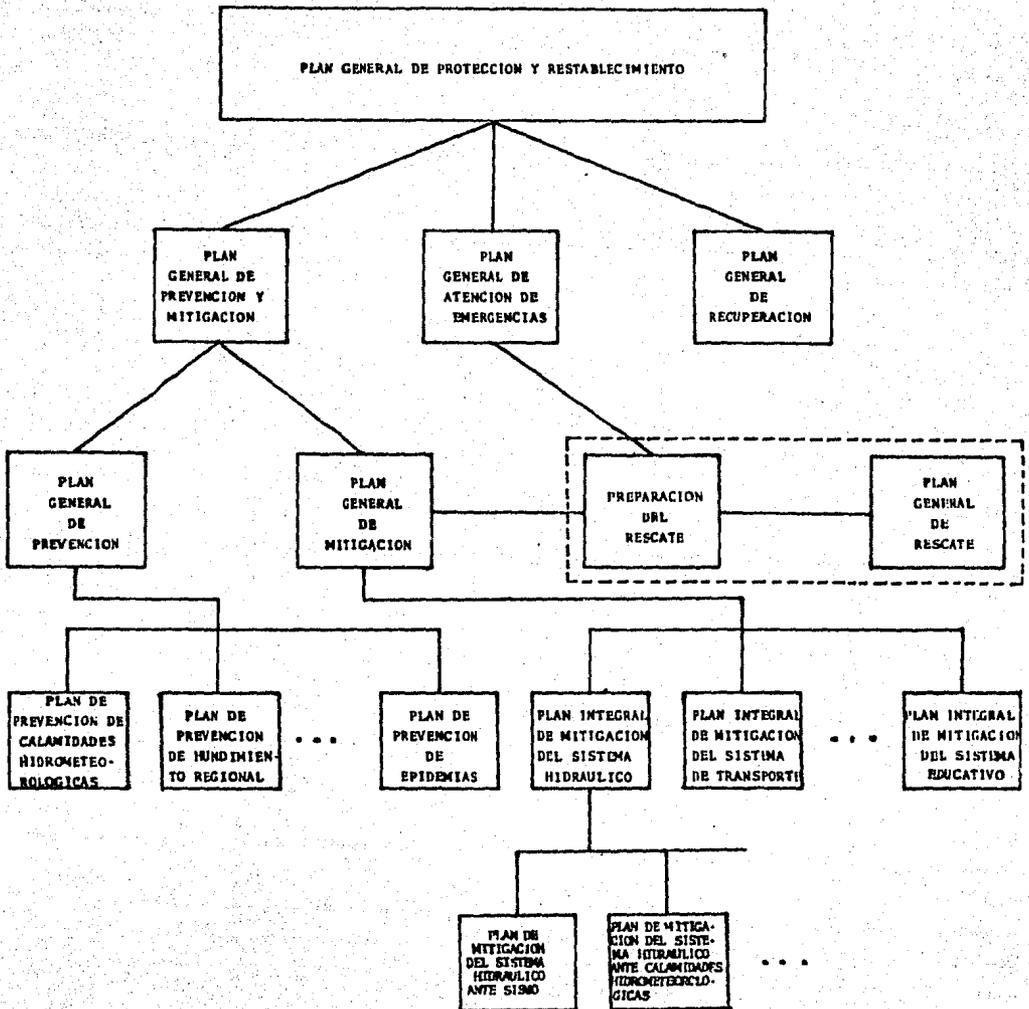


FIG 1.5.2-1 PLAN GENERAL DE PROTECCION Y RESTABLECIMIENTO

1.5.3 Esquema general de planeación

Debido a que en el lapso en que se prepara e implanta un plan desarrollado, es posible que surjan cambios dentro del ámbito del proceso de planeación, o sea, en el sistema conducente, el objeto conducido o sus suprasistemas respectivos, se enfatiza la importancia de la continuidad del proceso de planeación.

Algunos autores consideran que su desarrollo requiere de un proceso operativo que interprete ciertas soluciones de problemas del sistema objeto conducido y las transforme en planes. Estas soluciones serán alcanzadas en el futuro, a corto, media no o largo plazo.

Así, al proceso de planeación se le considera como una herramienta que ayuda a la solución de los problemas planteados, a través de las tres etapas en que se descompone: planteamiento del problema o diagnóstico, solución del problema o prescripción y su transformación en planes o instrumentación.

El *diagnóstico* trata de detectar, definir y plantear los problemas que se quieren resolver a través del proceso de conduc ción del objeto.

Al considerar el esquema de conducción en su totalidad, se detectan tres modos distintos de visualizar los problemas (fig 1.5.3-1), uno de ellos de tipo interno, producido por

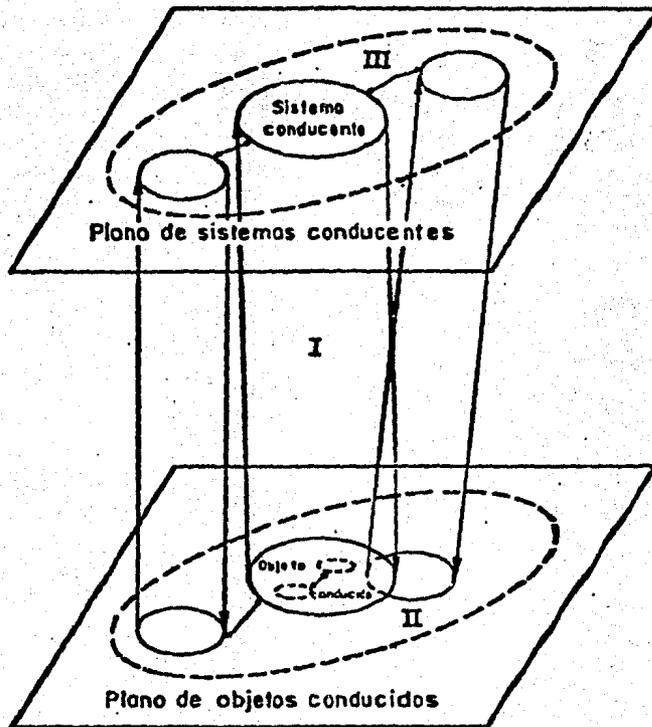


FIG 1.5.3-1 PARADIGMA PARA LA IDENTIFICACION DE TRES CLASES DE PROBLEMAS

la organización del proceso de conducción, esto es, por las relaciones entre el sistema conducente y el objeto conducido (I), y los otros dos externos, uno de los cuales debido a la relación del objeto conducido con su suprasistema, con sus subsistemas y con otros objetos (II) y el otro por las relaciones entre el sistema conducente con su suprasistema y con otros sistemas conducentes (III).

Es necesario destacar la importancia de definir el objeto conducido como sistema, esto es, visualizarlo como parte del suprasistema y relacionado con otros objetos, así como especificar sus subsistemas. Además, es importante su estudio para conocer sus estados anteriores y actual, cuya comparación con su estado normativo permite detectar y evaluar discrepancias y analizar sus causas. Asimismo, mediante el análisis de las causas de las posibles futuras discrepancias entre los pronósticos de los estados del sistema y su estado deseado, es posible identificar y plantear los problemas actuales y futuros. De esta manera, la etapa de diagnóstico se esquematiza como se muestra en la fig 1.5.3-2.

La etapa de la *prescripción* trata de dar solución al problema planteado mediante el análisis de distintas alternativas factibles (con sus restricciones o limitaciones), para lograr un estado deseado (fig 1.5.3-3). Puede descomponerse en cuatro partes:

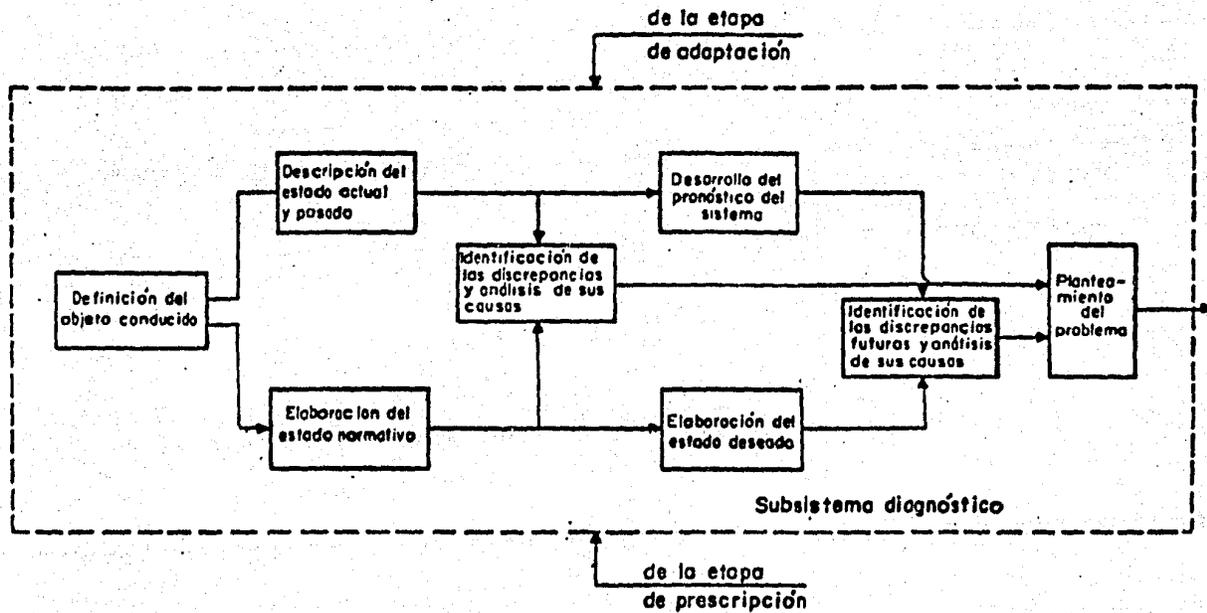


FIG 1.5.3-2 ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA DE LA ETAPA DE DIAGNOSTICO

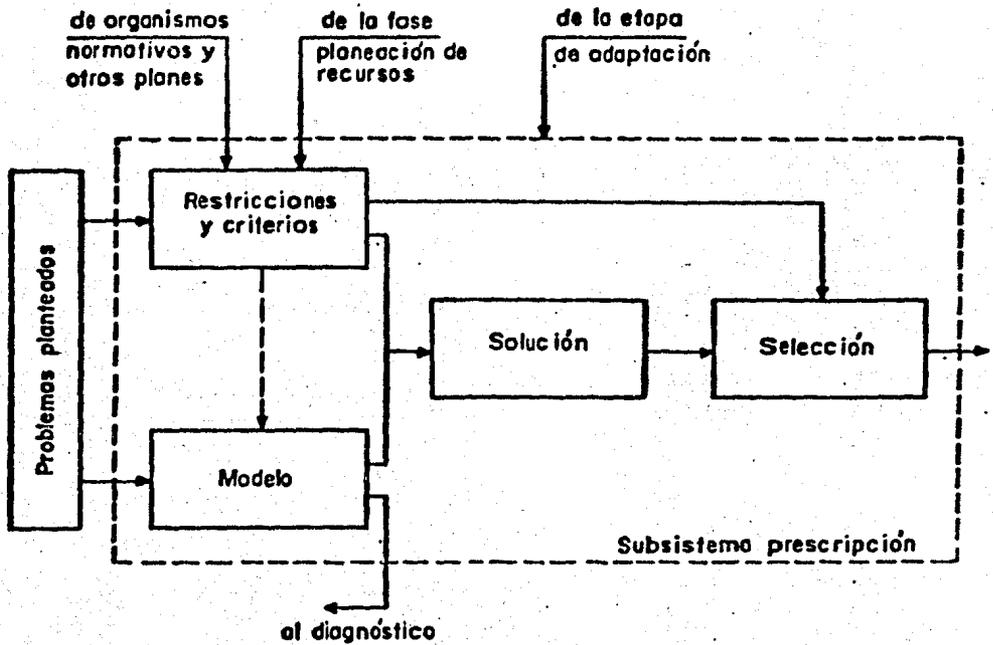


FIG 1.5.3-3 ESTRUCTURA DE LA ETAPA DE PRESCRIPCION

- Construcción de modelos*, sirven para obtener y simular la solución del problema, así como para desarrollar en el diagnóstico el pronóstico del sistema. Se identifican algunos tipos de modelos, tales como los descriptivos de la situación en cierto instante del tiempo, los predictivos de los estados, y los prescriptivos, que generan estados futuros deseados del sistema;
- Definición de las distintas restricciones y formulación de criterios;
- Búsqueda de soluciones;
- Evaluación de las alternativas, a través de la simulación, de manera de poder seleccionar las factibles y mejores, según los criterios desarrollados.

La función básica de la tercera etapa, *instrumentación* de la solución, trata de formular los objetivos de la conducción de manera explícita, así como las políticas y programas, tomando en cuenta la asignación de recursos.

Para la definición de metas y formulación de programas, Ackoff* señala que los elementos de la planeación se establezcan en forma jerárquica, mediante una planeación adecuada, esto es, los ideales por medio de la normativa, los objetivos por la estratégica, las metas por la táctica, los medios por la operacional, y por último, la planeación de los recursos;

* Ackoff R L, 1980.

interrelacionados todos a niveles diferentes (fig 1.5.3-4).

Dado que la planeación no se restringe a la producción de planes, sino que incluye su implantación y revisión, se hace necesario un subproceso de retroalimentación y adaptación, que complemente las tres etapas anteriores.

De esta manera, se define la etapa de *control*, como la que permite prever o detectar los errores o fallas del plan, y la forma de evitarlos o corregirlos, sobre una base de continuidad.

Finalmente, es importante enfatizar que la planeación no es un proceso lineal, sino que interrelaciona todas sus etapas en forma de ciclos (fig 1.5.3-5).

Cuando se aplica a casos específicos, el esquema de planeación resultante requiere de algunas modificaciones, las cuales, lejos de invalidarlo, lo hacen más versátil como metodología.

A continuación se hace la adaptación del esquema de planeación al caso de la planeación de la mitigación.

1.5.3.1 Esquema de planeación de la mitigación

El esquema general de planeación se adapta al caso de mitigación, como sigue:

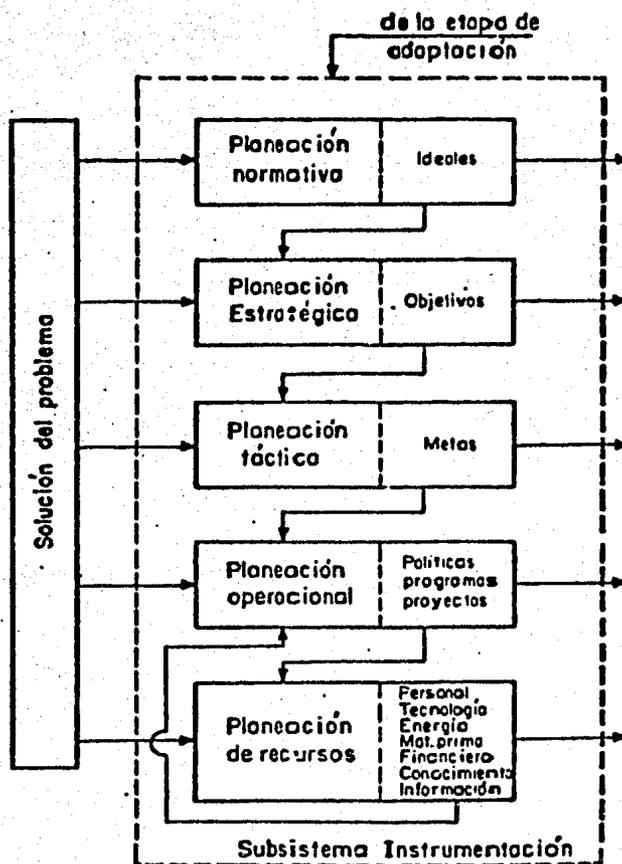


FIG 1.5.3-4 ESTRUCTURA DE LA ETAPA DE INSTRUMENTACION DE LA SOLUCION

La etapa de diagnóstico se interpreta como la identificación y descripción de:

- Posibles impactos de las calamidades, a nivel microregionalizado, incluyendo su magnitud y extensión;
- Sistema de subsistencia en estudio, su funcionamiento y sus elementos vulnerables y/o críticos;
- Posibles efectos (daños) de los impactos de las calamidades en el sistema de subsistencia considerado, así como los posibles encadenamientos.

La etapa de prescripción se interpreta como la especificación de las alternativas de acción orientadas a impedir o disminuir los efectos de los impactos de las calamidades, en el sistema de subsistencia en estudio. En general, se identifican:

- Medidas funcionales, orientadas a asegurar a la operatividad del sistema;
- Medidas de reforzamiento de los elementos y de los componentes vulnerables y/o críticos.

La selección de las soluciones deben tomar en cuenta las restricciones tecnológicas, económicas, sociales y políticas y plantear, en su caso, las necesidades de estudios.

La etapa de instrumentación se interpreta como la planeación de la realización de la solución seleccionada, transformándola en planes con objetivos, metas, programas, etc, considerando

los aspectos de tecnología, personal, equipo, recursos, etc necesarios para lograrla.

Finalmente, la etapa de control se interpreta como la supervisión y control de las acciones en curso y su evaluación, según los resultados obtenidos. Asimismo, es necesario revisar y actualizar los planes, incluyendo las nuevas experiencias y/o condiciones de la ciudad y sus sistemas de subsistencia.

De acuerdo con este esquema de planeación (fig 1.5.3.1-1) se elabora un Plan de Mitigación de cada sistema de subsistencia ante cada calamidad. En los siguientes capítulos se justifica y elabora una primera aproximación del Plan de Mitigación de la Edificación de la Ciudad de México ante Sismos.

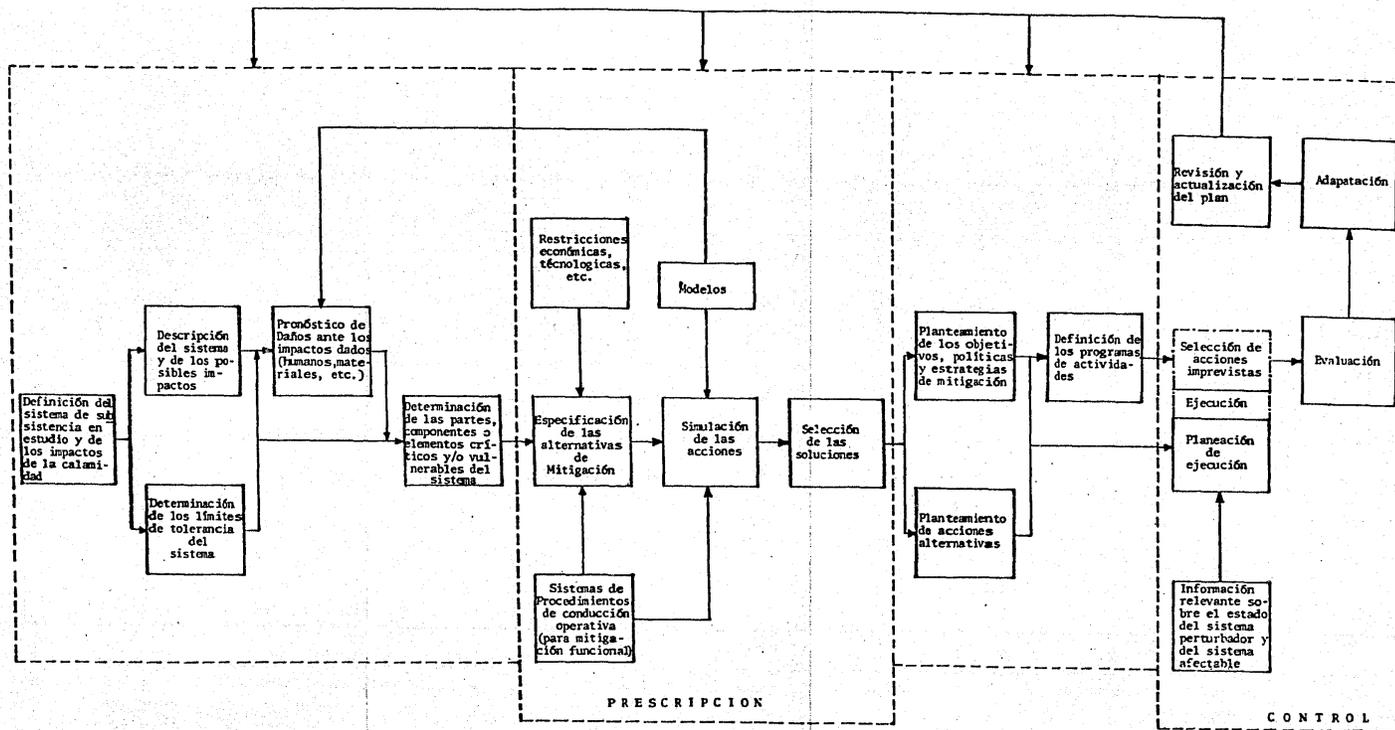


FIG 1.5.3.1-1 ESQUEMA PARA LA PLANEACION DE LA MITIGACION

2. DIAGNOSTICO: PROBLEMATICA DE LA CIUDAD DE MEXICO

Como se mencionó en el inciso 1.5.3, el objetivo del diagnóstico es plantear los problemas especificando su grado de dificultad y los factores relevantes que intervienen en su manifestación.

El tratar de llevar a cabo un diagnóstico con rigor conduce a la definición de pasos específicos, tal como se presentó en el esquema de planeación de mitigación (fig 1.5.3.1-1).

Estos pasos frecuentemente implican mucho estudio y a menudo se enfrentan con dos causas que impiden o retardan su realización: o bien no hay suficiente información relevante disponible, o el desarrollo científico y tecnológico involucrado es insuficiente. Cuando ocurre esto, el proceso de diagnóstico no puede realizarse cabalmente y se llevan a cabo estudios o descripciones parciales, a los que se les tomó como 'diagnóstico' de diferente aproximación.

Es por lo anterior que se concibe al proceso de planeación en forma cíclica, en la que la aplicación del esquema se hace iterativamente con el objeto de ir llenando los 'huecos' dejados por las aproximaciones anteriores, tanto en la etapa de diagnóstico, como en cualquiera de las otras.

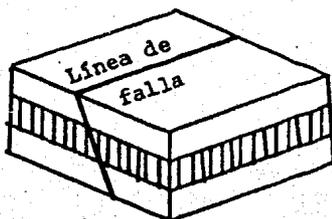
En base a esto, este capítulo se limita a hacer hincapié en la gravedad del problema, a través de una breve descripción de la calamidad sísmica y sus daños en los asentamientos humanos. En el Capítulo 3, dedicado a la prescripción, se dan lineamientos para la realización de una segunda aproximación del diagnóstico y se bosquejan algunas soluciones al problema de la seguridad sísmica, cuya formalización se presenta en el capítulo de instrumentación, por medio de un conjunto de programas*.

2.1 FENOMENO SISMICO

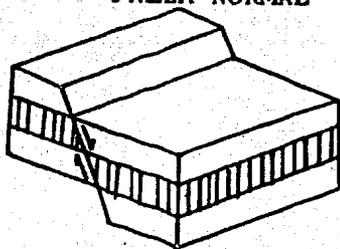
2.1.1 Producción e impactos

De acuerdo con el mecanismo de producción de calamidades, que distingue cinco fases (inciso 1.2), el SP produce a la calamidad sísmica de la siguiente forma: la fase de preparación ocurre en algunas partes de la corteza terrestre (focos), al acumularse esfuerzos entre placas tectónicas (o entre los lados de una falla), debidos al movimiento relativo de ellas (fig 2.1.1-1). El sismo

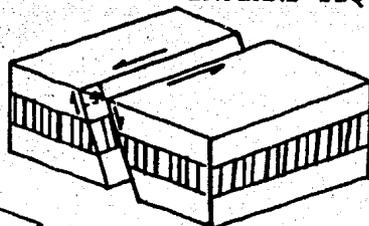
* Es importante enfatizar que el estudio realizado en este trabajo constituye la etapa inicial. La continuación del desarrollo, a pesar de su importancia, sale del alcance de esta tesis.



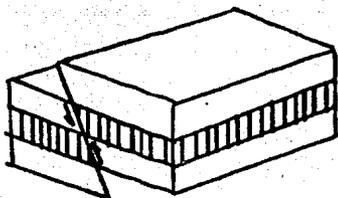
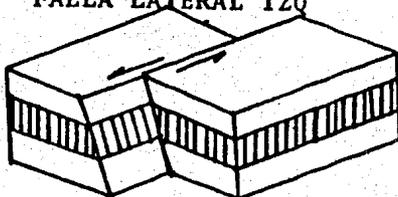
FALLA NORMAL



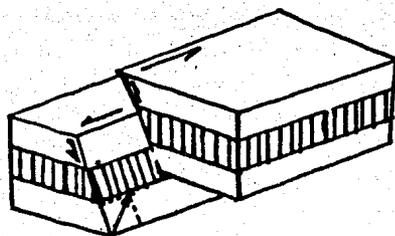
FALLA NORMAL LATERAL IZQ



FALLA LATERAL IZQ



FALLA INVERSA



FALLA INVERSA LATERAL IZQ

FIG 2.1.1-1 MOVIMIENTO RELATIVO ENTRE PLACAS

FUENTE: Terán, 1982

se inicia cuando el esfuerzo acumulado es mayor que el esfuerzo resistente del material geológico, provocándose la ruptura y con ello, la liberación de la energía acumulada. Esta se disipa, trasladándose en forma de ondas sísmicas, hasta la superficie de la corteza terrestre. Las ondas se desarrollan de diversas formas, dependiendo del material geológico que atraviesan, y son de dos clases:

- Ondas de cuerpo, las cuales se transmiten en el interior de la tierra,
- Ondas superficiales, que, como su nombre lo indica, se transmiten en la superficie de la tierra.

Las ondas de cuerpo (fig 2.1.1-2), a su vez, se dividen en:

- Ondas P (primarias), llamadas también longitudinales, volumétricas, de compresión o de dilatación, que son semejantes a las ondas de sonido en el aire y consisten en movimientos de las partículas de suelo en la dirección de propagación de la onda, acompañados de cambios volumétricos;
- Ondas S (secundarias), también llamadas transversales o de cortante, que consisten, como las ondas de luz, en vibraciones perpendiculares a la dirección de propagación.

Las ondas P son siempre más rápidas que las S; de la diferencia en tiempos de llegada en ambos tipos de onda se infiere, usualmente, la distancia focal, lo cual constituye el principal paso en la localización de epifocos. Estos, también llamados epicen-

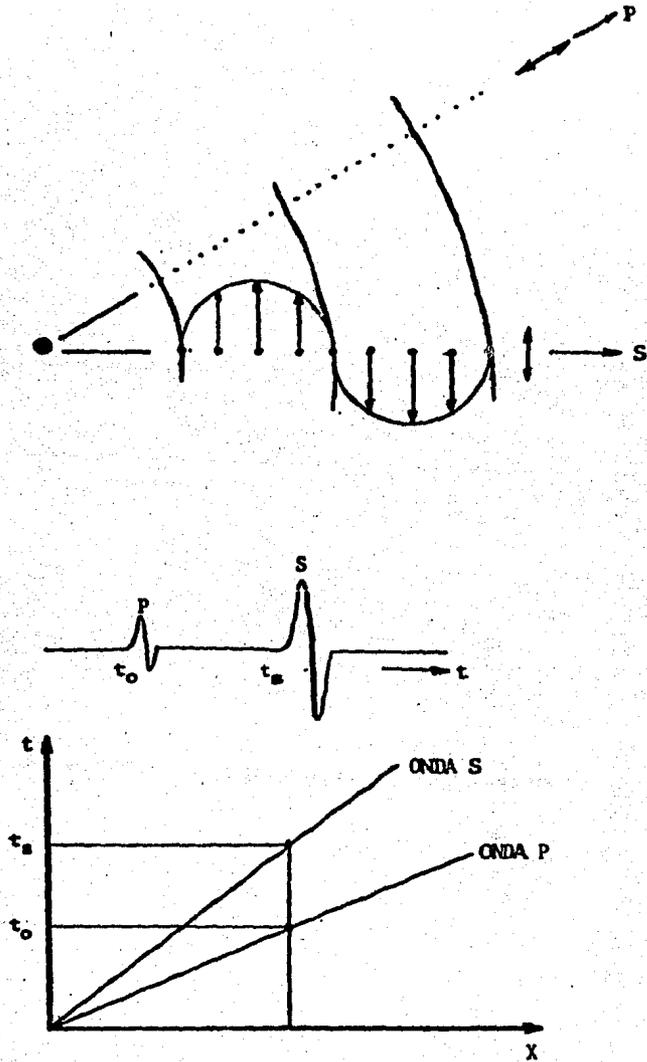


FIG 2.1.1-2 ONDAS SISMICAS DE CUERPO
FUENTE: TERAN, 1982

tros, se definen como la proyección vertical del foco en la superficie terrestre.

Las ondas superficiales también son de varios tipos (fig 2.1.1-3); las de mayor relevancia en ingeniería sísmica son las de Rayleigh y las de Love. En las de Rayleigh el suelo describe órbitas elípticas retrógradas contenidas en planos verticales, en las que se aloja asimismo la dirección horizontal de propagación. Las ondas de Love sólo existen en medios estratificados y consisten en desplazamientos horizontales perpendiculares a la dirección de propagación; sus velocidades dependen de la frecuencia y siempre son más lentas que las ondas S del estrato en que éstas tienen su máxima velocidad.

Las ondas a cuya acción es más sensible la estabilidad de las estructuras, tanto naturales como hechas por el hombre, son las de cuerpo; es a través de sus impactos (mecánicos), como se manifiesta la calamidad sísmica.

La evaluación de un sismo se lleva a cabo en dos formas:

- objetiva, mediante la determinación de su magnitud, la cual es una medida de la energía liberada en una escala estándar, como la Escala de Richter (fig 2.1.1-4); o bien, mediante escalas instrumentales, registrando la intensidad del movimiento del suelo (desplazamientos, velocidades y aceleraciones);

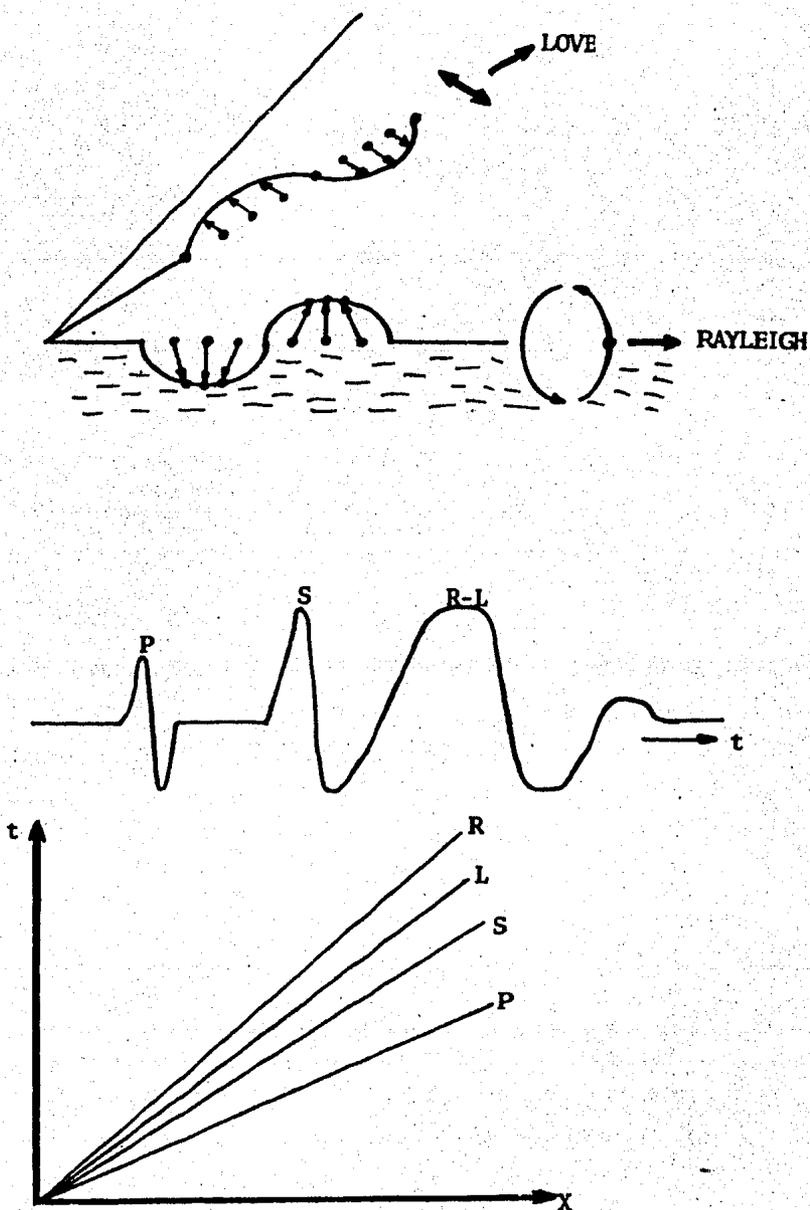


FIG 2.1.1-3 ONDAS SISMICAS SUPERFICIALES

Los volúmenes de las esferas son proporcionales a la cantidad de energía liberada por sismos de la magnitud señalada e ilustran la relación exponencial entre magnitud y energía. A igual escala, la energía liberada por el sismo de San Francisco de 1906 (Magnitud Richter 8.3), se representaría por una esfera con un radio de 33 metros.

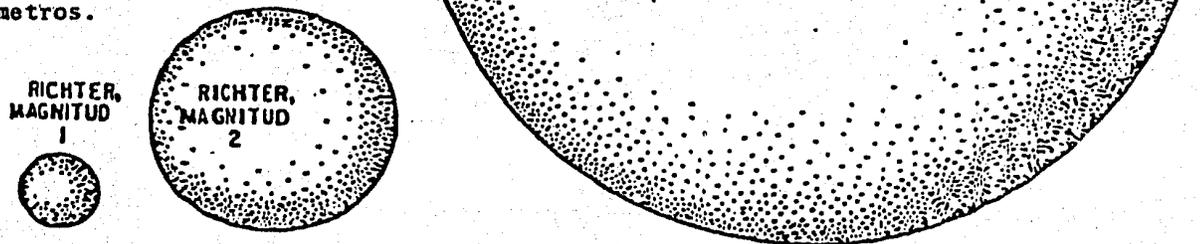


FIG 2.1.1-4 ESCALA DE RICHTER

- subjetiva, en base a sus efectos en la superficie terrestre, usando escalas de intensidad, tales como la de Mercalli Modificada (MM), la de Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK), etc (tabla 2.1.1-1)*.

Un temblor se caracteriza por una sola magnitud y distintas intensidades subjetivas, según sus efectos (daños) en las zonas que haya cubierto (fig 2.1.1-5). Esto se debe a que dichas intensidades dependen no sólo del movimiento del terreno, sino también a las características de la edificación (calidad de materiales, mano de obra, métodos constructivos, etc) del poblado en donde se evalúa la calamidad sísmica. Por esta razón, en ingeniería sísmica se prefiere la intensidad instrumental como medida de la severidad del fenómeno. Esta se expresa usualmente como la aceleración máxima absoluta del terreno registrada durante el sismo (fig 2.1.1-6), y es una función, entre otros factores, de la magnitud, la distancia focal, la topografía y la estratigrafía del suelo del sitio considerado (fig 2.1.1-7). Al tiempo promedio entre dos sismos de igual intensidad, expresada generalmente como la aceleración máxima, se le llama periodo de retorno o recurrencia.

* Las intensidades subjetivas usadas varían de región a región. En la URSS y Europa Oriental, por ejemplo; se usa la MSK, en China, la Nueva Escala China de Intensidad y en Japón la JMA, que es una escala propia. En la República Mexicana es común referirse a la de Mercalli Modificada.

TABLA 2.1.1-1 ESCALAS SUBJETIVAS DE INTENSIDAD SISMICA

Número	Catificación	Descripción	Aceleración en cm/s ²
I	Imperceptible	No se notó. Sólo fue registrado por los instrumentos de medición de sismos.	< 1
II	Muy flojo	Sólo por personas que descansan en las plantas superiores de las casas.	1-2
III	Flojo	Perceptible por personas sensibles dentro de las casas. Sacudida percibida a cuando pasa un camión ligero. No puede reconocerse sin más como terremoto.	3-5
IV	Mediano	Delante de las cosas se perciben casi todas las personas. Los objetos comienzan su balanceo. Sacudida percibida a cuando pasa un camión pesado o la sensación de un golpe parecido al que produce un balón pesado al chocar contra la pared. Los coches aparcados se balancean a un lado y a otro. Resemblan las ventanas, las vajillas, los puertos.	5-10
V	Bastante fuerte	Perceptible por numerosas personas al aire libre. Despierta a las personas que duermen. Los objetos pequeños, poco resistentes, se remueven a caer. Las puertas se cierran o abren de un golpe. Se mueven las contraventanas y los cuadros. Los relojes de péndulo se paran, vuelven a funcionar, cambian la velocidad.	10-20
VI	Fuerte	Todos se perciben. Las personas se tambalean al andar. Se rompen las ventanas, las vajillas, los cristales. Las figuritas, los libros, etc. se caen de las estanterías, los cuadros, de las paredes. Los muebles comienzan a moverse o son derribados. Grietas en vigas débiles y tipo de construcción D. Réplicas las campanas pesadas (iglesia, escuela).	20-30
VII	Muy fuerte	Perceptible en vehículos. Los muebles se hacen pedazos. En tipo de construcción D ocasiona graves daños. Algunas grietas en tipo de construcción C. Las chimeneas flojas se despeñatan a la altura del techo. Caen el enticado, los ladrillos flojos, cantos, tejas, las cornisas. Caen en los estantes.	50-100
VIII	Destruir	Se nota la influencia al conducir un automóvil. Daños gravísimos en el tipo de construcción D. Desperfección en el tipo de construcción C; derrumbamiento parcial. Daños aislados en tipo de construcción C. Caen el estuco, derrumbamiento de chimeneas, chimeneas industriales, monumentos, torres, depósitos altos. Caen fuera los cerramientos de los edificios con paredes entramadas. Se arrancan las hojas de los árboles. Cambios en el curso de las aguas o en la temperatura de las fuentes y en el nivel de aguas de los manantiales. Grietas en el suelo húmedo y en las pendientes escarpadas.	100-200
IX	Devastador	Cuando el pánico general. Destrucción total en tipo de construcción D. Graves daños en tipo de construcción C, con numerosos derrumbamientos. Graves daños también en tipo de construcción B. Se sacan las obras mureo desde los cimientos, o se desploman. Se producen grietas en elementos sustentadores del hormigón armado. Graves daños en embalses. Se rompen las tuberías colocadas por debajo de la tierra. Grietas muy visibles en el suelo. En terreno arenoso con siltación sale resaca de agua, la arena y el fango.	200-500
X	Aniquilador	Quedan destruidas la mayoría de las obras de mampostería y de madera. Quedan gravemente dañadas las obras de hormigón armado y los puentes, algunas, destruidas. Graves daños en diques, terraplenes, presas. Grandes desplazamientos de tierras. El agua es lanzada a la orilla de los canales, ríos, mares. Se corren los raudales.	500-1000 (1-1g)
XI	Catástrofe	Se derrumban todas las construcciones de piedra. Incluso puentes grandes y construcciones firmemente son destruidas o dañadas gravemente. Sólo quedan sin derrumbar unas pocas edificaciones. Las rallas sufren una fuerte curvatura o son aplastadas. Tuberías y tubos por debajo de tierra se rompen.	1-2g
XII	Catástrofe de gran magnitud	Las modificaciones del terreno adquieren las más terribles dimensiones. Las corrientes de agua por encima y por debajo de la tierra son modificadas de forma muy rápida. Se producen tsunamis. Los lagos quedan estancados o se vacían, los ríos son desviados en su curso, etc.	> 2g

Tipo de construcción A:
Buen trabajo, buena argamasa y buena planicie
crón, armado, especialmente a los lados y com-
bando con acero, hormigón, etc.; tendido para
resistir a las fuerzas laterales.

Tipo de construcción B:
Buen trabajo, buena argamasa, armado, pero sin
tender, con el fin de resistir a grandes fuerzas
laterales.

Tipo de construcción C:
Trabajo y argamasa buenos, no se dan pumos
débiles extremos como la falta de un ligamento de
los ángulos, pero sin armas y sin tender para
resistir a las fuerzas horizontales.

Tipo de construcción D:
Materiales débiles, tales como p. ej. arcilla; mala
argamasa, mal trabajo; puntos débiles
horizontales.

MM 1956	MSK 1964	RF 1983	JMA 1951
I	I	I	
II			I
III	III	III	
IV	IV	IV	II
V	V	V	III
VI	VI	VI	IV
VII	VII	VII	V
VIII	VIII	VIII	
IX	IX	IX	VI
X	X	X	
XI	XI	XI	VII
XII	XII	XII	

Escala de Intensidad
MM 1956 Mercalli modificado
MSK 1964 Medvedev-Sponheuer-Karnik
RF 1982 Rossi-Forel
JMA 1951 Japan Meteorological Agency

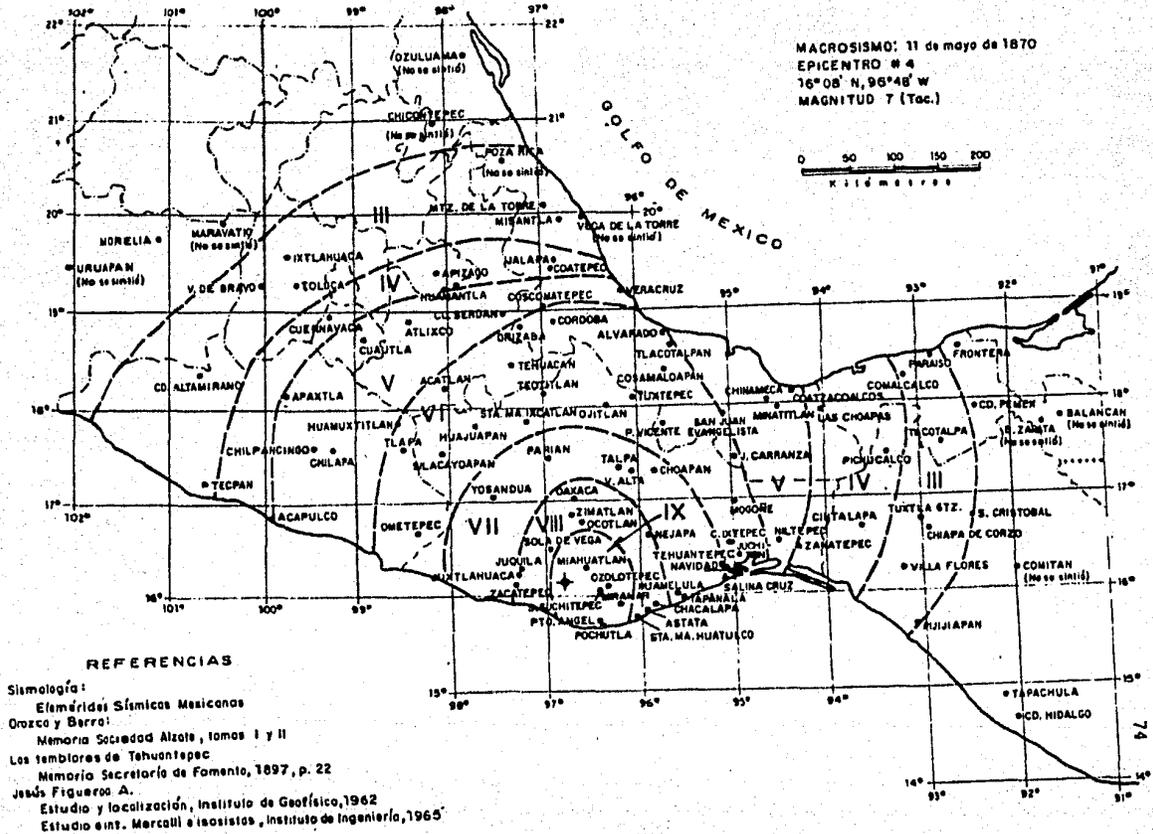


FIG 2.1.1-5 INTENSIDADES DE UN SISMO (MERCALLI MODIFICADA)

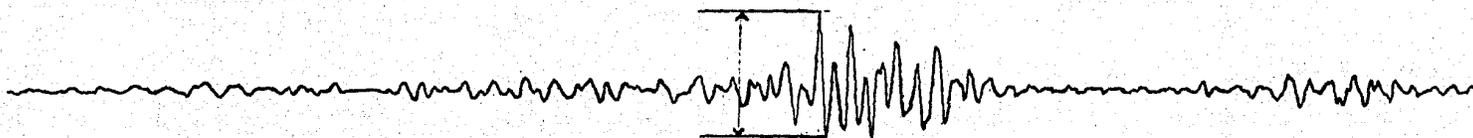


FIG 2.1.1-6 ACELEROGRAMA DE UN SISMO INDICANDO LA ACCELERACION MAXIMA ABSOLUTA

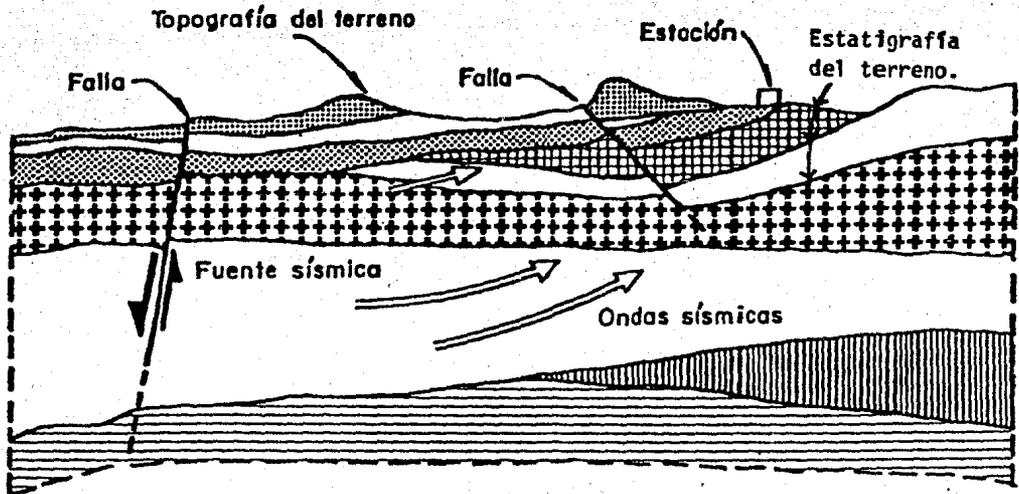


FIG 2.1.1-7 ALGUNOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INTENSIDAD INSTRUMENTAL DE UN SISMO

FUENTE: RUIZ S, 1977

En este trabajo, se define como peligro sísmico*, a los valores máximos esperados de la aceleración del terreno en sitios dados, para determinados periodos de retorno.

En la Ciudad de México, la frecuencia de sismos se debe principalmente a la actividad de la zona de subducción del Pacífico, faja de unos 300 km de ancho, sensiblemente paralela a la costa, desde Jalisco hasta Oaxaca. La distancia que existe entre esta zona y el Valle de México, favorece la existencia de grandes intensidades en la zona blanda de la Ciudad, ya que la respuesta de los estratos de arcilla a las ondas sísmicas es mayor, cuanto más grande sea la distancia epifocal. Sin embargo, en décadas recientes, también se han localizado epifocos dentro del Valle (fig 2.1.1-8), o en sus cercanías (fig 2.1.1-9).

2.1.2 Efectos en los asentamientos humanos

Los movimientos sísmicos han ocupado históricamente un lugar preponderante entre las causas de desastre en los asentamientos humanos (fig 2.1.2-1). Esto obedece tanto a la magnitud como a

* Parece más adecuado usar el término *riesgo sísmico* para señalar la probabilidad de ocurrencia de los sismos; sin embargo, dado su uso tradicional en la literatura mundial, como la probabilidad de ocurrencia de daños; incluyendo en el mismo concepto aspectos del SP y del SA, se optó por utilizar el término *peligro sísmico*, refiriéndose éste a aspectos del SP únicamente.

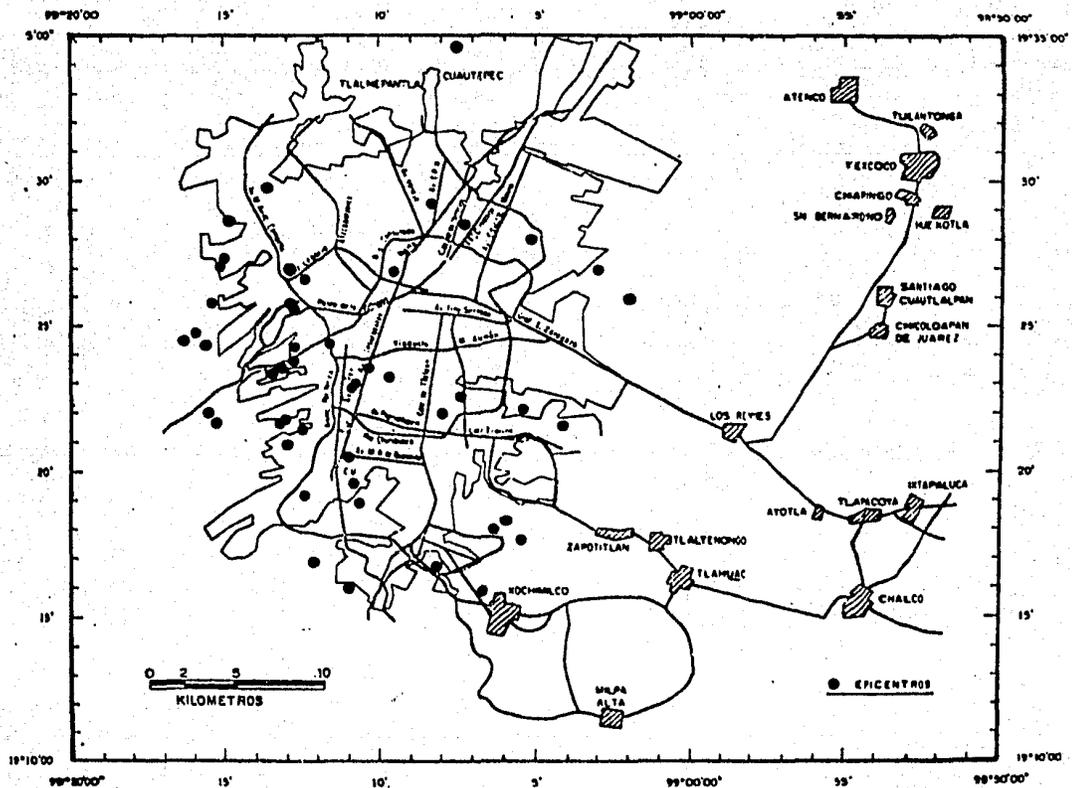
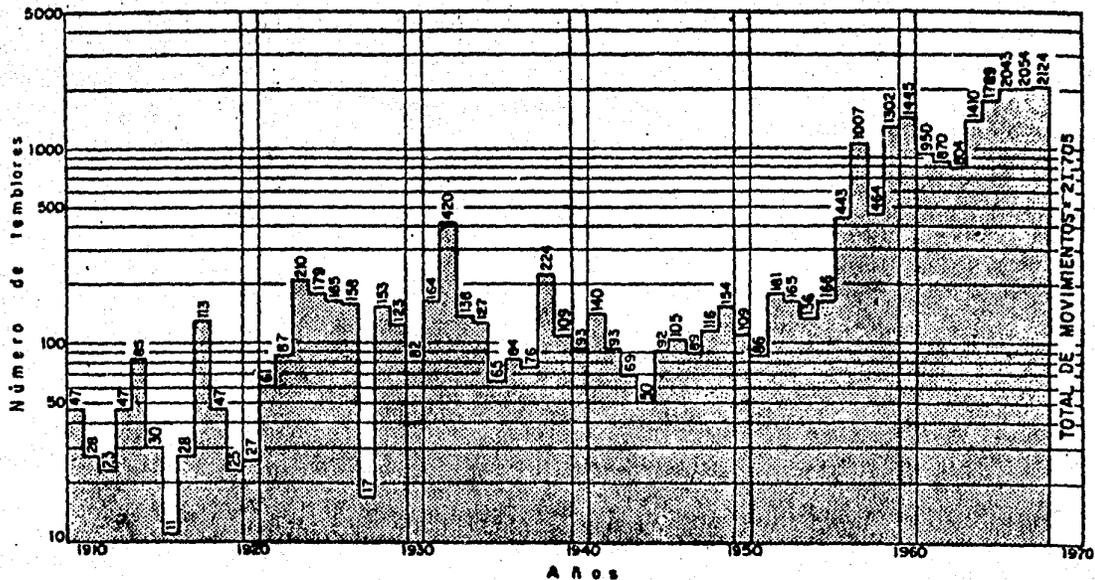
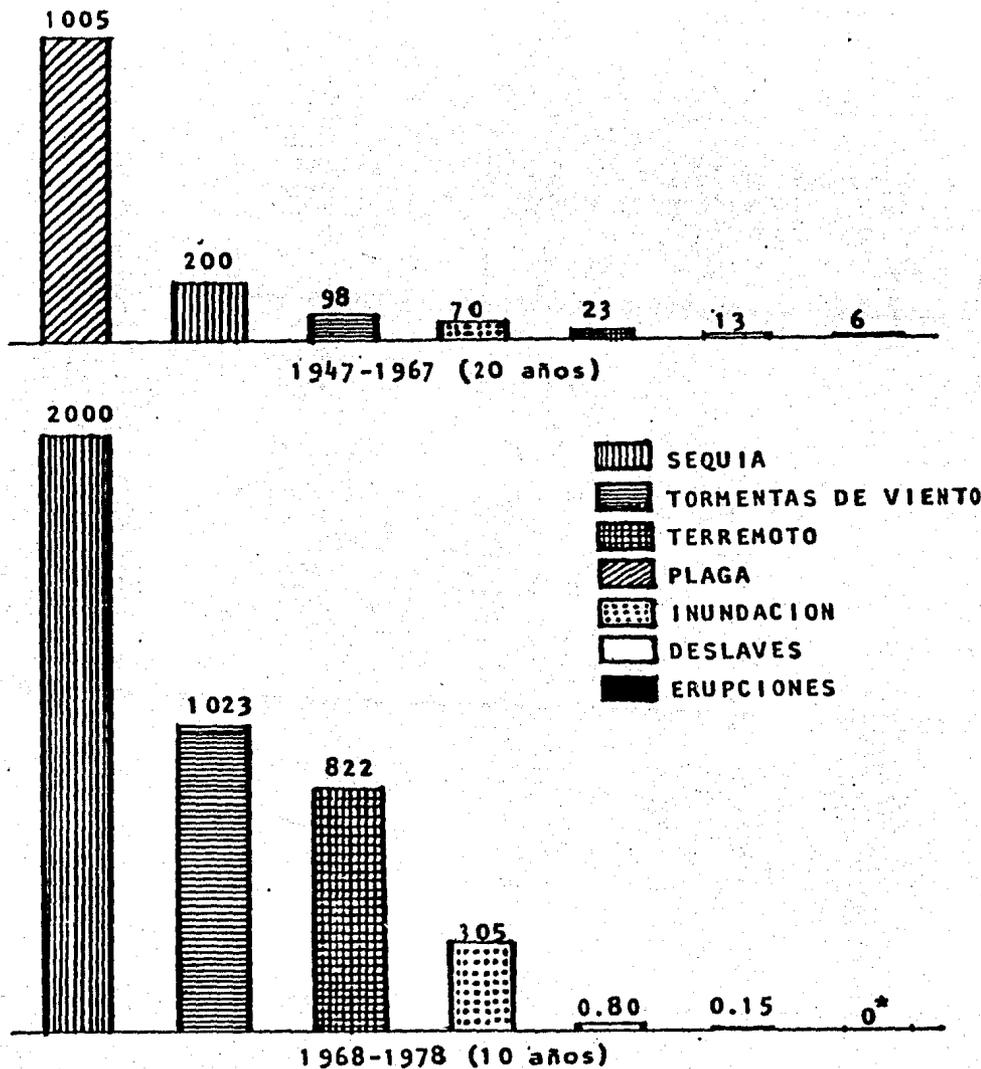


FIG 2.1.1-8 EPIFICOS DE LOS TEMBLORES MAS NOTABLES ORIGINADOS EN EL VALLE DE MEXICO HASTA 1970 (SEGUN FIGUEROA J., 1971A).



Frecuencia sísmica anual en la Cuenca del Valle de México 1909 a 1968

FIG 2.1.1-9 FRECUENCIA SISMICA ANUAL EN LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO DE 1909 A 1968
(TEMBORES CON DISTANCIAS EPICENTRALES HASTA DE 100 KM DE LA CIUDAD)
FUENTE: Figueroa, 1971 a



* En el periodo 1968-1978 no hubo muertes causadas por plagas.

FIG 2.1.2-1 NUMERO DE MUERTES (REDONDEADO A MILES) CAUSADAS POR DESASTRES IMPORTANTES DEBIDO A LAS PRINCIPALES CALAMIDADES EN EL MUNDO PARA LOS PERIODOS -- 1947-1967 y 1968-1978

FUENTE: JOVEL, 1962

la extensión de los daños provocados por sus impactos.

Considérese, por ejemplo, el periodo 1846-1978 (132 años); se estima que durante él hubo en el mundo aproximadamente 1'563,000 muertes en 48 desastres importantes debidos a sismos (tabla 2.1.2-1)*; sólo en el periodo de 1926 a 1972 los daños materiales ascendieron a 15 millones de millones de dólares (US Dept of Commerce, 1974).

Algunas zonas del mundo muestran tendencias a seguir sufriendo daños materiales considerables, a pesar de contar con grandes recursos y tecnología avanzada. Tal es el caso de los Estados Unidos, en donde, hasta 1970, los sismos causaron pérdidas materiales por 781 millones de dólares y se ha calculado que llegarán a 1,554 millones para el año 2000, esto es, 90% más en sólo 30 años (Petak, 1978).

Los cuantiosos daños que pueden causar los sismos se deben no sólo a sus impactos primarios, que afectan simultáneamente a diversos sistemas de subsistencia (tabla 2.1.2-2); dicha situación es agravada con los encadenamientos de calamidades como incendios**,

* Esta información y su desglose fueron tomados de Jovel, 1982. Para su apreciación debe considerarse la tendencia de los medios oficiales de los países a reducir los montos reales de los daños.

** En 1923, el sismo de Kanto, Japón, inició 277 focos de incendios en Tokio, de los cuales 133 se extendieron y casi el 50% de la ciudad fue arrasada, mientras que Yokohama perdió cerca del 80% de sus edificios debido al fuego. Más de 100,000 muertes ocurrieron en ambas ciudades (Okamoto, 1973).

TABLA 2.1.2-1 MUERTES EN EL MUNDO POR PRINCIPALES
TERREMOTOS DE 1846 A 1978

PERIODO	TERREMOTOS	MUERTES
1846-1946	20	680,460
1947-1967	9	23,319*
1968-1978	20	799,091*

* Como se observa, en los últimos 31 años (1947-1978), el número de muertes supera al periodo anterior de 100 años (1846-1946), lo que se explica por el incremento de la población mundial, y el mejoramiento de los sistemas de registro. A pesar de esto, este aumento refuerza la hipótesis de una mayor frecuencia en la ocurrencia de los sismos.

FUENTE: Jovel, 1982

TABLA 2.1.2-2 DAÑOS DIVERSOS DEBIDOS AL SISMO DE JULIO 83
DE 1976 EN LA REGION DE TANGSHAN, CHINA

DAÑOS MATERIALES	SISTEMAS DE SUBSISTENCIA AFECTADOS
231 puentes carreteros 228 km de carreteras paviment. 500 km de vías férreas 7 descarrilamientos de trenes	Sistema de transporte Sistema de abastos Sistema de energéticos Sistema industrial Sistema comercial Sistema turístico
180 válvulas de pozos de bombeo 40 estaciones de riego (10m ³ /s) 70 000 pozos de agua potable 40 presas de almacenamiento (capacidad 1000 000 m ³) 800 km de bordos fluviales 1a3 fallas/km de tubería	Sistema de agua potable Sistema de salud Sistema ecológico Sistema agropecuario Sistema industrial
24 000 km ² de suelo licuado	Todos los sistemas
90% de las viviendas de Tang shan destruidas 800 edificios de uso industrial colapsados o severamente dañados (más del 85%)	Sistema de vivienda Sistema de energía eléctrica Sistema industrial Sistema comercial Sistema bancario Sistema de cultos religiosos
pérdidas de cultivos	Sistema agropecuario Sistema comercial
DAÑOS HUMANOS	
650 000 muertes 800 000 heridos	Todos los sistemas

FUENTE: CSCPRC, 1980

interrupción de servicios, inundaciones*, etc (fig 2.1.2-2), e impactos agregados, por ejemplo, desempleo (tabla 2.1.2-3), pérdida de hogares, muertos, heridos, etc.

Un caso típico de desastre por sismo es el de Guatemala en 1976, cuando un terremoto provocó 22 800 muertes, 76 000 heridos y la pérdida de hogares de más de un millón de personas; los daños materiales tuvieron un costo estimado de 1,890 millones de dólares, casi la mitad del Producto Interno Bruto de dicho país en ese año (Jovel, 1982).

Generalmente, en desastres de cierta magnitud, los daños materiales y humanos van acompañados de daños productivos y sociales.

Los daños productivos se deben la destrucción del capital, tanto físico como humano de la comunidad afectada por la calamidad sísmica; sus efectos negativos a largo plazo pueden presentarse como resultado de una transferencia de tecnología inadecuada por parte de organismos externos de ayuda y aceptada por las autoridades locales, lo cual puede establecer o incrementar relaciones de dependencia económica con el exterior.

* Por ejemplo, una eventual falla del Gran Canal inundaría el primer cuadro de la Ciudad; la ruptura o colapso de las presas cercanas a la Ciudad provocarían avenidas que causarían probablemente más víctimas que el propio sismo.

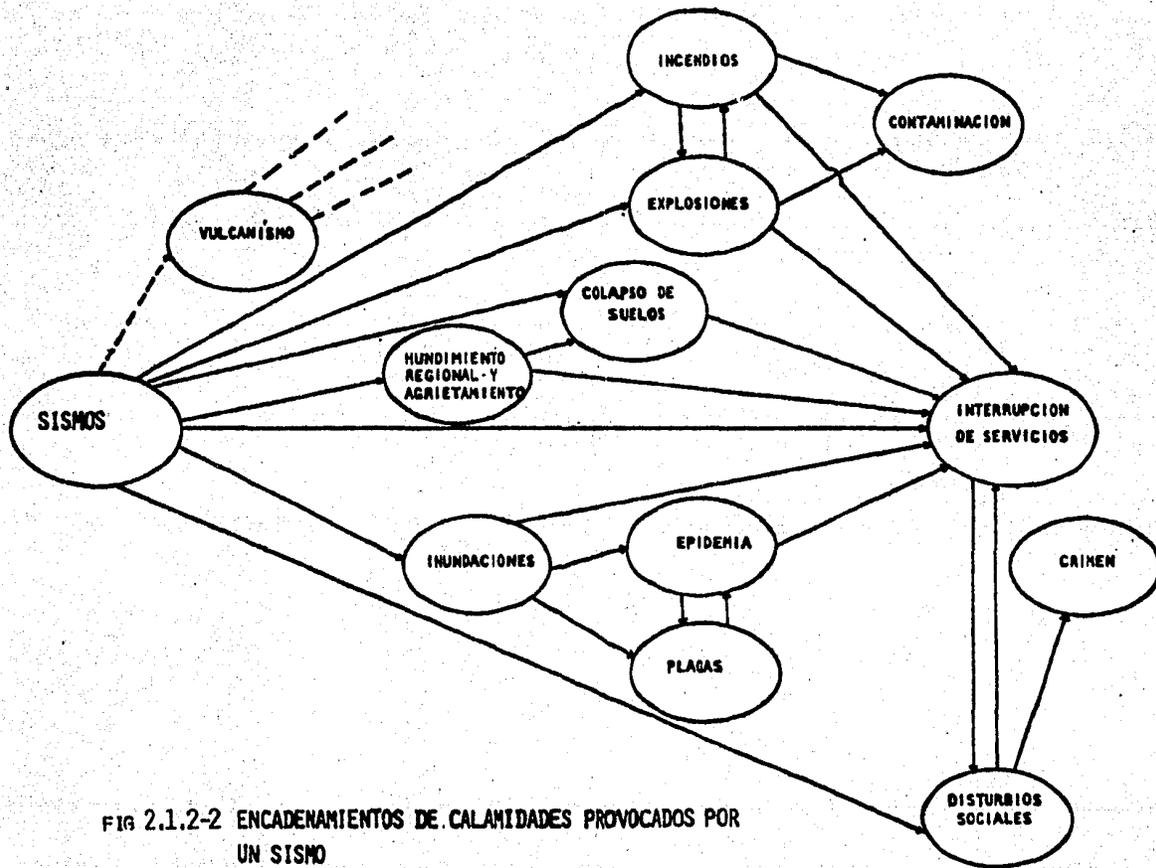


FIG 2.1.2-2 ENCADENAMIENTOS DE CALAMIDADES PROVOCADOS POR UN SISMO

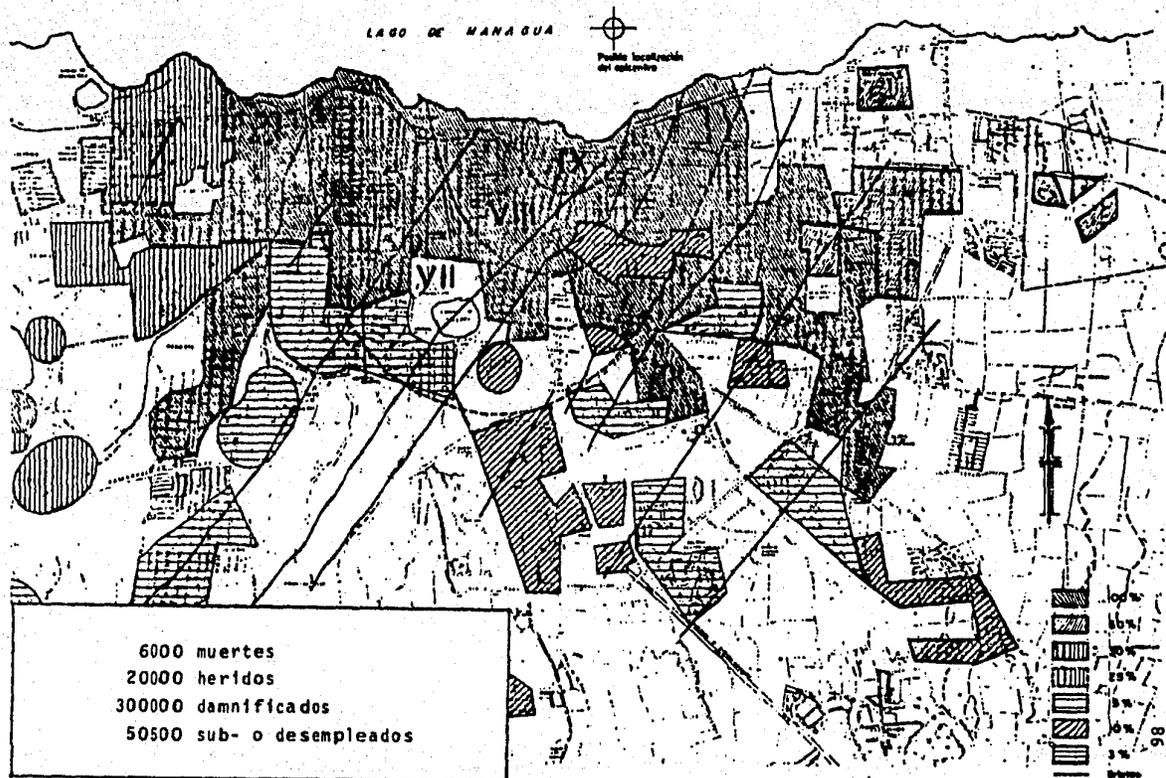


TABLA 2.1.2-3 DAÑOS EN LA CIUDAD DE MANAGUA, NICARAGUA, 1972.
 FUENTE: DEL VALLE 1973.

Como ejemplo de daños sociales se pueden mencionar la desintegración o debilitamiento de la estructura familiar, causado por la pérdida de su proveedor (padre) y/o núcleo integrador (madre), así como por el cambio de ambiente físico y psicológico (del hogar a los campos o albergues de damnificados, por ejemplo). A largo plazo, los daños sociales entrañan cambios en los valores y actitudes de la sociedad y son consecuencia de nuevos patrones de organización, así como de modificaciones al ambiente físico implantados o realizados, ya sea por organismos externos (extranjeros), o por el gobierno local en condiciones de extrema presión política*.

2.2 EDIFICACION EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

En los asentamientos humanos, el primer efecto del movimiento del terreno (impacto mecánico) es el daños a la infraestructura física**: ruptura de tuberías de drenaje, de agua potable, caída de transformadores eléctricos, etc. Por su extensión, destacan las fallas y fracturas de elementos estructurales, no estructurales o edificios completos, cuya resistencia ante el sismo no fue suficiente.

* Hay que reconocer, sin embargo, que los cambios sociales y productivos que surgen a raíz de un desastre pueden también ser beneficiosos; por ejemplo, al modernizarse la planta productiva, al cambiarse actitudes sociales hacia una mayor solidaridad humana, etc.

** Obviamente, los efectos psicológicos en las personas que perciben el movimiento del sitio donde se encuentran son también inmediatos y tienen consecuencias propias.

Generalmente, el colapso de algunas estructuras o elementos provoca la muerte o heridas en sus ocupantes, o daña construcciones vecinas y a los ocupantes de éstas. Cuando los edificios dañados son de habitación, los impactos agregados implican la pérdida de vivienda de muchas familias; si el uso de la construcción es otro, como almacenes, oficinas, industrias, escuelas, etc, además de los daños materiales y humanos inmediatos, se presentan daños productivos: pérdida de productos, de lugares de trabajo, de la capacidad de producción, de sitios de estudio, etc. Asimismo, la caída de escombros a la vía pública pone en peligro la integridad física de peatones y de vehículos e interrumpe la vialidad, afectando al sistema de transporte.

De esta manera, la edificación, integrada por componentes de todos los sistemas de subsistencia, tiene una gran relevancia en el logro de la seguridad sísmica.

2.2.1 Principios de clasificación

Para su estudio, la edificación puede clasificarse de acuerdo a varios criterios; desde el punto de vista de la seguridad sísmica, se identifican la importancia, la ocupación, la peligrosidad y la vulnerabilidad.

La *importancia* indica el grado de dependencia que existe entre el edificio considerado y su sistema de subsistencia. Por ejemplo, de entre un grupo de edificios, el más alto nivel de impor

tancia se daría a hospitales, estaciones de bomberos, centros de comunicaciones, etc, ya que su falla tendría graves consecuencias para el funcionamiento, tanto del sistema de subsistencia al cual pertenecen, como al de la Ciudad en general.

La *ocupación* considera el número de personas que hacen uso comúnmente del inmueble considerado. De este concepto se derivan dos tipos:

- ocupación involuntaria, que se da en los casos en los que el ocupante se ve obligado a permanecer en una edificación en particular, generalmente durante gran parte o todo el día, como son: internados, prisiones, asilos, hospitales, etc;
- ocupación voluntaria, que se refiere a los casos en que los habitantes eligen los sitios de sus actividades diarias. Esta libertad de elección es relativa, ya que se ve condicionada parcialmente por aspectos como proximidad física, recursos económicos, oferta, etc. Por ejemplo, considérese una persona que desea una vivienda de ciertas características estructurales y funcionales para garantizar la seguridad y comodidad de su familia; sin embargo, debido a las limitaciones económicas, sólo puede adquirir o rentar cierto tipo, de especificaciones de menor calidad, en una zona lejana a su trabajo y sobre una ladera, lo cual implica un mayor riesgo ante calamidades sísmicas.

En ambos casos de ocupación existen ciertas horas del día en las que la mayor parte de la gente se encuentra concentrada en el interior de algunos edificios y otras en las que la mayoría de la población se encuentra en las calles. Por ejemplo, a media mañana de un día hábil, las escuelas y las oficinas están ocupadas; a medio día, por otro lado, los niños son recogidos y los trabajadores y empleados salen a comer; al final de la jornada, la gente regresa a su hogar y se aglomera en las calles, transportes y terminales.

De la misma manera se podrían ejemplificar variaciones de los promedios diarios de ocupación a lo largo de una semana, mes, año, etc. Como puede intuirse, las variaciones de la ocupación influyen determinadamente en los daños humanos probables (fig 2.2.1-1), ya que implican diferentes niveles y formas de exposición de la población a los efectos de un sismo (daños, impactos agregados, calamidades encadenadas).

La *peligrosidad* se refiere a los casos en los que el inmueble considerado aloja sustancias tóxicas, inflamables, radioactivas o explosivas, o bien procesos que la producen. Esta clase de edificaciones suele agravar las situaciones de desastre al favorecer las calamidades encadenadas y deben considerarse con mayor atención cuando se encuentran junto a edificios de gran importancia, alta ocupación o alta vulnerabilidad.

FALLA DE SAN ANDRES

Magnitud	Hora	Total de muertos	Total de lesionados
8.3	2:30 A.M.	2 850	10 800
	2:00 P.M.	9 460	34 400
	4:30 P.M.	10 360	40 360
7.0	2:30 A.M.	500	1 900
	2:00 P.M.	1 640	6 200
	4:30 P.M.	1 990	11 680
6.0	2:30 A.M.	25	100
	2:00 P.M.	80	320
	4:30 P.M.	100	390

FALLA DE HAYWARD

8.3	2:30 A.M.	3 120	11 600
	2:00 P.M.	7 200	28 500
	4:30 P.M.	6 650	24 900
7.0	2:30 A.M.	1 040	3 860
	2:00 P.M.	3 200	9 900
	4:30 P.M.	2 240	8 160
6.0	2:30 A.M.	330	1 220
	2:00 P.M.	730	2 600
	4:30 P.M.	700	2 550

FIG 2.2.1-1

DANOS HUMANOS PROBABLES (MUERTOS Y LESIONADOS) EN LA REGION DE LA BAHIA DE SAN FRANCISCO E.U. SEGUN LA HORA DEL DIA, PARA SISMOS CON DIFERENTES MAGNITUDES Y FUENTES (ADAPTADO DE ALGERMISSEN, 1972).

Finalmente, por *vulnerabilidad* se entiende la susceptibilidad de las construcciones a sufrir daños ante sismos de intensidades determinadas. En el inciso siguiente se comenta más ampliamente este aspecto.

2.2.2 Vulnerabilidad de las construcciones

La vulnerabilidad de una estructura se define como su comportamiento esperado, en términos de la presencia de diferentes grados de daño, ante sismos de diferentes intensidades.

En forma general, podría decirse que el comportamiento de una estructura queda prestablecido en el momento de su diseño, al definirse su configuración y los materiales a utilizarse en su construcción. Sin embargo, el comportamiento de un edificio durante un sismo depende en gran medida del estado en que se encuentra al presentarse la calamidad y no simplemente de cómo pensó el diseñador que debía comportarse.

De esta manera, son relevantes tanto los aspectos del diseño, como los de la construcción, mantenimiento y reparaciones que haya sufrido un edificio, por ejemplo, a raíz de modificaciones de proyecto o de impactos sísmicos anteriores, para la determinación de su vulnerabilidad.

Es importante mencionar, que la filosofía del diseño sismo-resistente de estructuras no pretende dar lugar a edificios invulne-

rables ante cualquier intensidad sísmica probable; de hecho, dicha filosofía propone:

- prevenir daños no estructurales* que pudieran resultar de movimientos frecuentes del terreno de menor intensidad;
- prevenir el daño estructural que pudiera presentarse en movimientos poco frecuentes de intensidad media;
- evitar el colapso o daños serios por movimientos ocasionales de intensidad alta.

Con esto en mente, si un edificio cualquiera está construido en base a un reglamento que refleja esta filosofía, será lógico esperar por lo menos daños según los casos mencionados. Cuando los daños son mayores, estos pueden atribuirse tanto a errores de diseño, como al bajo control de calidad de materiales estructurales, pobre mano de obra, falta de supervisión durante la construcción, modificaciones al proyecto original, mantenimiento inapropiado, etc.

Una tipología de construcciones por vulnerabilidad debe, teóricamente, contemplar todos los factores anteriores, lo cual presenta grandes dificultades debido a la ausencia de información. Por ello, en base al comportamiento observado de diferentes sis-

* Se califica como daño no estructural, al que ocurre en todos aquellos elementos que se considera no tienen una función estructural primaria, por ejemplo, elementos de fachada, muros divisorios, cubos de escaleras, acabados, etc.

temas estructurales, se han propuesto algunas clasificaciones, como la mostrada en la tabla 2.2.2-1. En élla se hace alusión a los materiales estructurales y su arreglo general, así como al uso, en los casos en que éste implica ciertas particularidades del edificio.

Adicionalmente a las estructuras construídas siguiendo con más o menos detalle los lineamientos reglamentarios, existen aquéllas, generalmente viviendas, que han sido edificadas al margen de éstos*. Dichas construcciones presentan gran variedad de materiales y estructuraciones y su clasificación detallada puede ser objeto de un estudio particular.

2.3 DAÑOS PROBABLES EN LA CIUDAD DE MEXICO

Como se mencionó en el Capítulo 1, el pronóstico de los daños ante los impactos de la calamidad constituye un paso primordial para el diagnóstico en el proceso de planeación en la mitigación. Adicionalmente, con el objeto de sensibilizarse frente al problema, es conveniente conocer la historia de los daños sufridos por los asentamientos humanos en estudio, frente a la calamidad de interés; en este caso, la Ciudad de México (su edificación), frente al fenómeno sísmico.

* Este tipo de estructuras se encuentran generalmente en las llamadas 'ciudades perdidas' de la periferia de la Ciudad.

TABLA 2.2.2-1 CLASIFICACION SEGUN ESTRUCTURACION Y MATERIALES

FUENTE: ESTEVA, 1974

TIPO	DESCRIPCION
1	Edificios construidos con muros de carga de mampostería con entrepisos, techos dadas y castillos de concreto armado.
2	Edificios construidos con muros de carga de mampostería con entrepisos y techos de concreto armado o bien de materiales prefabricados, enladrillado sobre traves de acero, concreto o madera y que no tengan dadas y castillos que unan la estructura debidamente
3	Edificios para casa habitación construidas con estructura de madera forrada de materiales ligeros como láminas, estuco o similares
4	Estructura combinada de muros de carga con algunas partes estructurales de acero o de concreto armado y que tengan dadas y castillos que liguen debidamente toda la unidad.
5	Estructura combinada de muros de carga y partes estructurales de acero o de concreto con techos y entrepisos de otros materiales que no sea concreto armado colado en el lugar, sin dadas ni castillos que liguen la estructura
6	Estructuras de acero o de concreto armado que tengan muros de relleno de mampostería de tabique de por lo menos 14 cm de espesor en las fachadas y en el interior
7	Estructuras de concreto armado o acero que no tengan muros en las fachadas o en el interior o bien que estos muros, en el caso de las fachadas, no liguen un piso con el siguiente, o que se trate de divisiones ligeras no ligadas a la estructura
8	Estructuras para naves industriales, bodegas, cines o similares construidas a base de techos ligeros de láminas metálicas o de asbesto-cemento, hojas de Siporex o materiales semejantes sobre armazones de madera o de concreto reforzado y que se apoyen en columnas y/o muros de carga
9	Estructuras especiales construidas con vigas precoladas, péndulos invertidos o bien estructuras que descansen en una sola columna o una hilera de columnas.

En la clasificación debe aclararse lo siguiente:

- a) Se entiende por "muros de mampostería" aquellos construidos con piedra, tabique, ladrillo o bloques sobrepuestos en hileras y unidos entre sí por mortero y cementantes.
- b) Se consideran como muros de carga aquellos muros de concreto reforzado o de mampostería que ligados a la estructura forman parte de ella.
- c) Muros de relleno son aquellos que no pueden considerarse como muros de carga.
- d) Se entiende por "divisiones ligeras" todos aquellos muros que no se hallen ligados a la estructura. Estos muros pueden estar hechos de tabique, bloques, Siporex, madera, metal, etc.
- e) Dentro de la categoría del tipo 9 se incluyen todas aquellas estructuras especiales como tanques elevados, silos construidos de cualquier material, chimeneas, torres, etc. y que no pueden incluirse en ninguna de los otros tipos.

Las construcciones se han agrupado atendiendo a los factores que determinan el comportamiento sísmico de las estructuras y de acuerdo con sus características generales.

Así, el análisis de los daños históricos permite darse una idea de la vulnerabilidad, facilitando el desarrollo y calibración de un modelo de pronóstico de daños por sismo en la edificación. Este debe considerar la evaluación actualizada del peligro sísmico, así como la mayor cantidad de información relevante sobre el estado actual de la edificación.

2.3.1 Daños históricos

Se sabe de la ocurrencia de sismos en México desde 1460, aún cuando no se conocen los daños causados por algunos de ellos. El primer temblor destructor del que existe información, sucedió en 1682 y afectó a Oaxaca y al Valle de México. La información con la que se cuenta acerca de los efectos de los sismos subsecuentes es irregular (tabla 2.3.1-1). De estos, es de interés, por ejemplo, el terremoto de 1806, que provocó 2,000 muertos y numerosos heridos en Zapotlán el Grande, además de daños en Guadalajara, abarcando una amplia extensión de México. En junio de 1911 otro temblor fue destructor en Ciudad Guzmán, Jal., causando daños considerables en el D.F., donde se flexionaron vías férreas; la calamidad tuvo un saldo de 91 muertos y 301 heridos en las zonas afectadas* (Figuroa, 1971).

* Es importante anotar que el relativamente bajo número de muertos y heridos provocados en el sismo de 1911, se puede explicar por la poca población del D.F. (721 000 en 1910) y por las características de las construcciones de la época.

97

TABLA 2.3.1-1 ALGUNOS DE LOS SISMOS MAS IMPORTANTES EN MEXICO
Y SUS EFECTOS

SEGUN: FIGUEROA, 1971b

AÑO	FECHA MES DIA	MAGNITUD SE- GUN LA ESCALA RICHTER	DISTANCIA EN Km EPICENTRO TACUBAYA	GRADOS SEGUN LA ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA, 1931	EFFECTOS
1845	04 07	7	329	IX	Destructor en Petatlán, Gro. y en el D.F. (Tlalpan y Xochimilco).
1858	06 19	7	322	VIII	Destructor en Pátzcuaro, Zamora, Morelia Texcoco: daños y grietas en el terreno y aumento de agua en pozos en la ciudad de México.
1864	10 03	7	188	VII	Puebla, Aculcingo, Tehuacán, Santa Ana y Oaxaca dañados. 20 muertos
1870	05 11	7	438	VII	Daños considerables en poblaciones de Oa- xaca, incluyendo Pochutla y Puerto Angel 27 personas muertas.
1882	07 19	7.5	160	VIII	Destructor en varias poblaciones de los- estados de Puebla, Oaxaca y Ciudad de Mé- xico. En total, 7 muertos y 10 heridos.
1897	06 05	7	511	VI	
1902	01 16	7	200	V	Dos muertos, dos heridos en Guerrero.
1902	09 23	7.8	764	IV	Destructor en el estado de Chiapas.
1908	03 26	7.5	297	VI	Destructor en Guerrero.
1909	07 30	7.7	294	VII	Daños en el D.F. Acapulco y otras pobla- ciones de Guerrero fueron afectadas.
1909	07 31	7	300	VI	Daños en Guerrero.
1909	09 05	6.6	320	V	Daños en Ayutla, Gro.
1909	10 31	7	329	V	Daños en Tecpan, Gro.
1910	05 31	6.5	297	V	Daños en Ayutla y San Marcos.
1911	02 03	7.25	320	V	Daños en Petalcingo, Gro.
1911	06 07	8	474	VIII	Destructor en Cd. Guzmán, Jalisco. Daños considerables en México, D.F. donde se flexionaron vías férreas. 91 muertos, 301 heridos en total en las zonas afectadas.
1911	08 27	6.7	452	IV	Daños en Oaxaca.
1911	12 16	7	303	V	Daños en Acapulco.
1912	11 19	7.8	117	V	Destructor en Acambay, Tixmadeje, Méx. Falla de Acambay.
1920	01 03	7.8	235	IV	Destructor Patlanalá y Chilchotla, Pue. Cosautlán, Ver. Falla de Ochochoacan.
1928	02 09	7.7	230	VI	Daños en Puebla y Morelos.
1928	03 21	7.5	504	VI	Destructor en Oaxaca.
1928	04 16	7.7	287	V	Daños en Cuicatlán y Tomellín.
1928	06 17	7.5	408	VI	Destructor en Oaxaca.
1928	08 04	7.4	363	V	Destructor en Oaxaca.
1941	04 15	7	452	VII	Destructor en Colima y Coalcomán. Fuerte en Michoacán y Jalisco.
1957	07 28	7.5	336	VII	Destructor en Gro. Considerables daños en el D.F., muertos y heridos principalmen- te en San Marcos.
1959	05 24	6.8	287	VI	Destructor en el estado de Oaxaca.
1959	08 26	6.5	526	IV	Destructor en Jáltipan, Coahuacalcos y otras poblaciones de Veracruz. 20 muertos y muchos heridos.
1962	05 11	6.7	300	VII	Destructor en Acapulco y daños en el D.F.
1962	05 19	6.5	231	VI	Destructor en Acapulco y daños en el D.F.
1962	11 30	5.5	231	IV	Fuerte en Guerrero.
1964	07 06	6.5	224	VII	Destructor en Coyuca y Cd. Altamirano. Daños en el D.F.
1965	08 23	7	395	VI	Destructor en Oaxaca y daños en el D.F.
1968	08 02	6.5	363	VI	Destructor en Pinotepa Nul. Oaxaca y D.F.

También en sismos más recientes la Ciudad de México ha sufrido daños: en julio de 1957 hubo algunos colapsos (fig 2.3.1-1), varios muertos y heridos* y daños materiales por cerca de 30 millones de dólares (de 1957)**. En 1979, la calamidad provocó el colapso de algunos edificios (fig 2.3.1-2), además de originar fallas en el Acueducto Xochimilco, interrumpiendo el servicio de agua potable al sur de la Ciudad. Nuevamente, algunas construcciones se dañaron durante los dos últimos temblores del 7 de junio de 1982.

En general, el análisis de la literatura sobre daños sísmicos revela que el sismo más destructivo de las últimas décadas fue el de julio del 57***. Durante el fenómeno, las agujas de los sismógrafos existentes (Tacubaya) saltaron y no fue posible calcular la aceleración máxima del terreno, habiéndosele asignado una intensidad (Mercalli Modificada) de VII (en la zona blanda o compresible de la Ciudad, la asignación llegó a VIII). Por ello, la comparación de la intensidad del sismo con otros posteriores no es posible en términos de intensidad instrumental.

A pesar de lo anterior, el hecho de que después del '57 la Ciudad no haya vuelto a experimentar daños cuantitativamente simi-

* Se estima que si el temblor hubiera sido a otra hora del día (ocurrió a las 02:40), el número de víctimas habría sido del orden de decenas de miles.

** Inferido de Esteva, 1968.

*** Cfr. Rosenblueth, 1958.

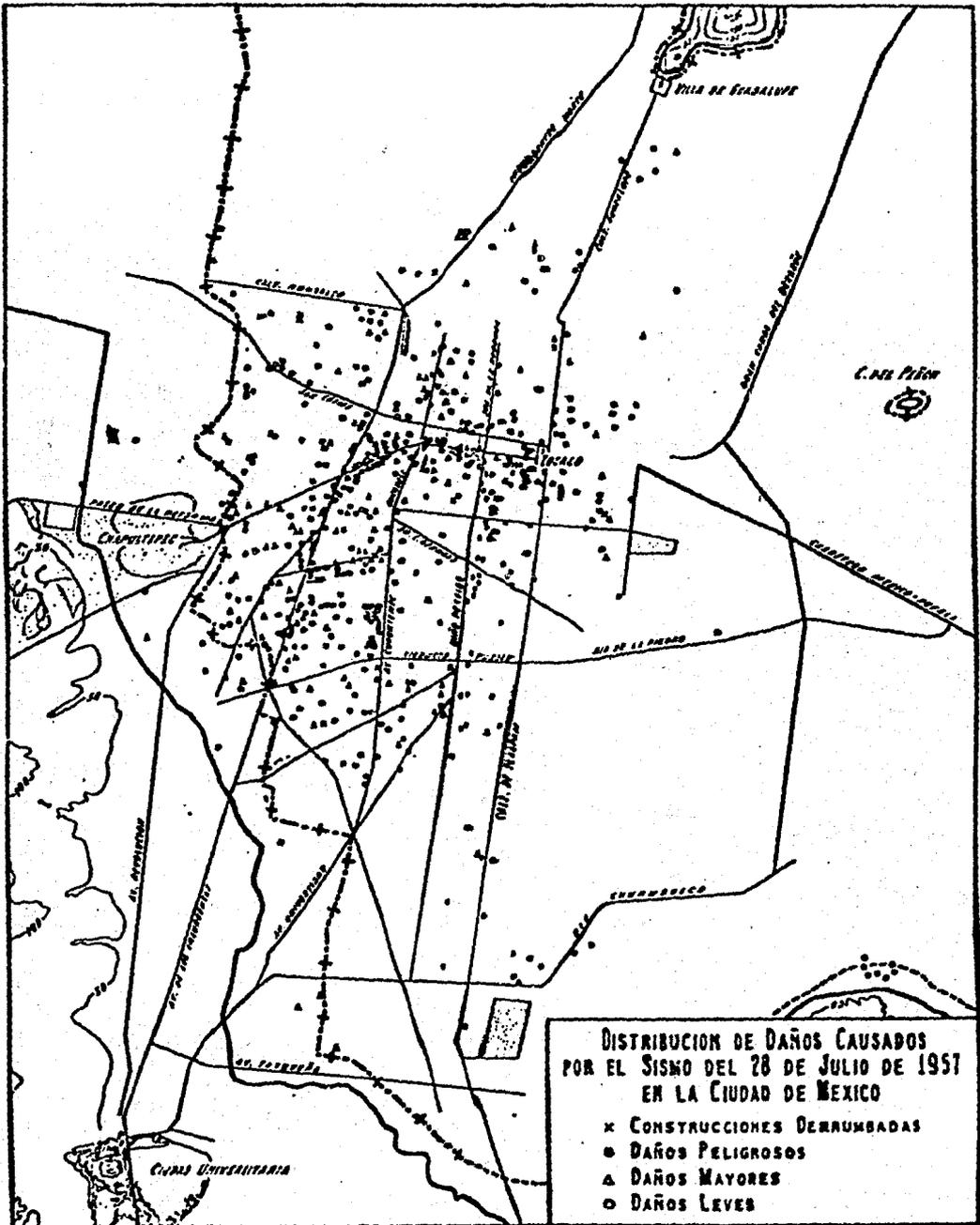


FIG 2.3.1-1 DAÑOS EN LA CIUDAD DE MEXICO, 1957

FUENTE: ROSENBLUETH, 1958

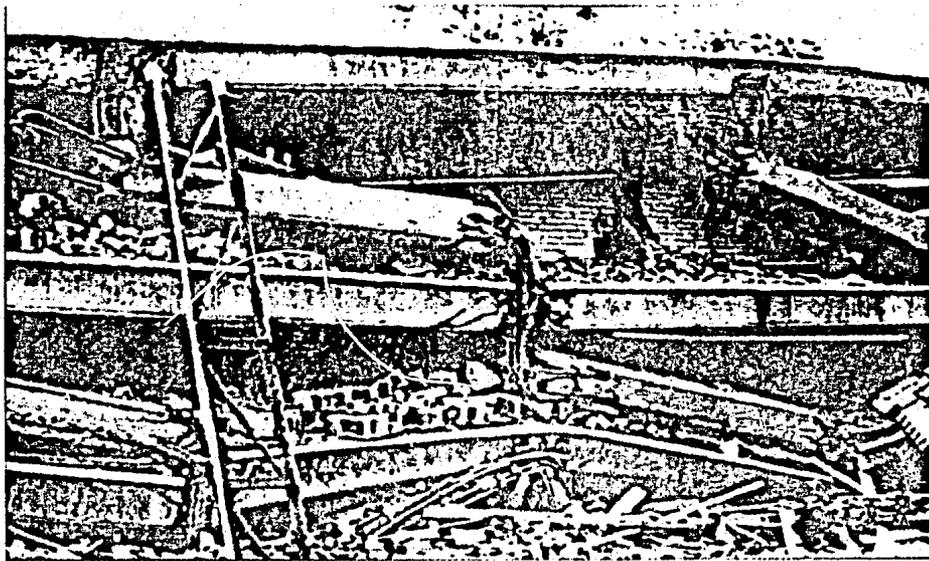
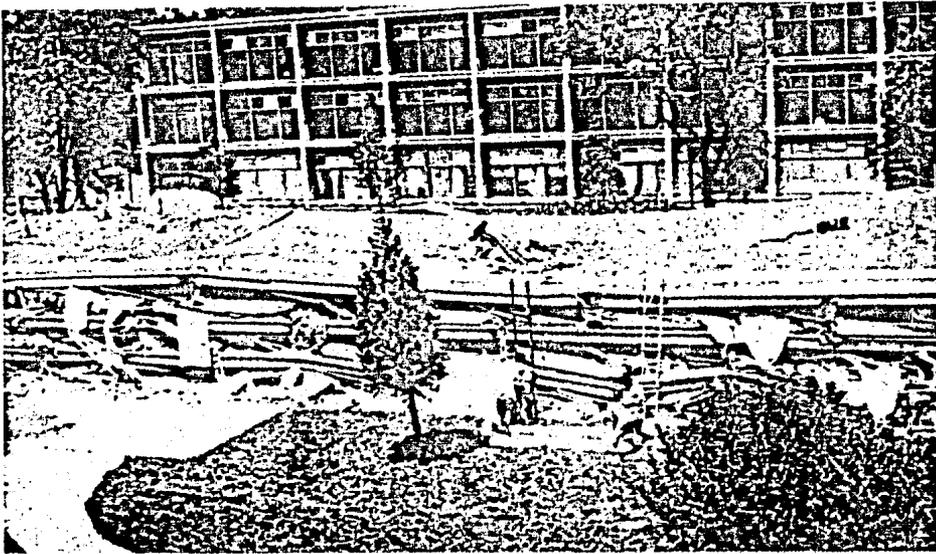


FIG 2.3.1-2 EDIFICIO DE AULAS COLAPSADO, CIUDAD DE MEXICO, 1979

lares, se atribuye más bien a la efectividad de las mejoras o las normas técnicas incluidas en el Reglamento del Distrito Federal*, que a la ausencia de temblores de intensidad semejante o mayor que el de 1957. Es sabido, sin embargo, que muchos sismos han afectado a la Ciudad desde entonces, provocando daños típicos en sus construcciones (tabla 2.3.1-2). Algunas de las causas han sido las mismas que en el '57: condiciones de carga no tomadas en cuenta al diseñar la estructura, defectos de construcción** y mal estado de conservación de los inmuebles, además de la existencia de grietas, deformaciones estructurales y desplomos provocados en los edificios por asentamientos diferenciales***

2.3.2 Evaluación masiva

Como se ha mencionado, el diagnóstico requiere, además del análisis de daños históricos, de evaluaciones globales de daños probables. Para ello es necesario el conocimiento de la vulnerabilidad de la edificación, acerca de la cual no hay suficiente informa-

* El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal fue modificado en 1958, apoyándose en la experiencia foránea y en el análisis de los daños causados por el temblor del '57. En 1966 fue nuevamente revisado y mejorado y, otra vez, posteriormente, en 1976.

** Se catalogan como defectos de construcción, a la mala calidad de los materiales, a la incorrecta ejecución de los diseños, a la falta de control en la elaboración de concretos y morteros, a la imperfecta colocación del acero de refuerzo, a los cambios de especificaciones durante la construcción y a la inobservancia de otras disposiciones reglamentarias.

*** Los asentamientos diferenciales representan una causa típica de deterioro de la resistencia estructural en la zona blanda del D.F.

Identificación	No. niveles	Sistema estructural	Daño no estructural	Daño estructural	Observaciones
B6	14	Marcos concreto	Fuerte	---	Duda sobre daño estructural
B7	6	Marcos concreto	Leve		Duda sobre daño estructural
B8	18	Muros y marcos concreto	Ligero	---	
C1	11	Marcos concreto	Fuerte	Sustancial	Grietas de cortante en vigas
C2	8	Marcos concreto	Fuerte	Sustancial	Grietas en columnas por torsión en planta
C3	13	Marcos concreto	Fuerte	---	Duda sobre daño estructural
C4	6	Marcos concreto	Ligero	---	
C5	2	Muros de carga, mampostería no reforzada	Fuerte	Grave	Daño debido a edificio cercano
C6	8	Marcos concreto	Fuerte	---	
C7	11	Marcos acero	Ligero	---	
C8	8	Marcos acero	Intermedio	---	
C9	7	Marcos concreto	Intermedio	---	
C10	9	Marcos concreto	Fuerte	---	
C11	13	Marcos concreto	Fuerte	Sustancial	
C12	17	Marcos concreto	Fuerte	---	
C13	14	Losa aligerada 4 ni. inf. Tridilosa resto	Grave	---	Desalojado después del sismo de noviembre
C14	14	Marcos concreto	Fuerte	---	3 Cuerpos. Golpes. Dudas sobre diseño estructural
C15	14	Marcos concreto	Fuerte	---	Diversos edificios similares
C16	14	Marcos concreto	Fuerte	Leve	
C17	9	Marcos concreto	Intermedio	Leve	
C18		Marcos concreto	Fuerte	Sustancial	Grietas diagonales
D1	6	Losa plana	Intermedio	Leve	
D2	6	Marcos concreto	Fuerte	Leve	
D4	16	Muros de carga de concreto	Ligero	---	Conjunto de edificios iguales
D5	7	Losa reticular	Fuerte	Grave	En peligro de colapso
D6	11	Marcos de acero remachados	Fuerte	---	Desalojado. Fuertes daños por sismo de '57
D7	13	Losa reticular	Intermedio	---	
D8	3	Marcos concreto	---	Grave	Colapso de varios cuerpos
D9	11	Marcos concreto	Fuerte	Grave	Desalojado
D10	7	Marcos y muros	Leve	Sustancial	

102
 TABLA 2.3.1-2 RESUMEN DE DAÑOS EN CONSTRUCCIONES DEL D.F.
 SISMO DEL 14 DE MARZO DE 1979

FUENTE: MELI, 1979

Identificación	No. Niveles	Sistema estructural	Daño no estructural	Daño estructural	Observaciones
A1	14	Losas reticular	Ligero	---	
A2	9 y 11	Losas reticular	Ligero	---	Separación de movimiento
A3	13	Marcos concreto	Fuerte	---	
A4	8	Marcos concreto	Intermedio	---	Planta triangular. Problemas de cimentación anteriores
A5	8	Marcos concreto	Ligero	---	3 bloques en C
A6	12	Marcos concreto	Fuerte	---	Duda sobre daño estructural
A7	6	Marcos concreto	Ligero	---	Choque con edificio A6
A8	13	Marcos concreto	Fuerte	Leve	
A9	13	Marcos concreto	Fuerte	Leve	
A10	11	Marcos concreto	Fuerte	Leve	Choque con edificio contiguo
A11	2x3 y 8	Marcos y muros concreto	Fuerte	Leve	Choque entre el cuerpo alto y los bajos
B1	9	Marcos concreto	Intermedio	---	Duda sobre daño estructural Desplome y Golpe
B2	12	Marcos concreto	Intermedio	Sustancial	Desplome grave
B3	11	Marcos concreto y muros	Intermedio	Sustancial	Reforzado después sismo '57. Desplome grave
B4	12	Marcos acero	Fuerte	---	Recimentado. Desplome y golpes
B5	9	Marcos concreto	Ligero	Leve	Concentración de daño en pisos superiores

*Es necesario hacer notar que con mucha frecuencia los elementos estructurales estaban ocultos y no pudieron ser inspeccionados. Las vigas y losas de piso estaban cubiertas en general por falsos plafones y a veces las columnas tenían recubrimientos muy deformables que podían ocultar un eventual agrietamiento. Por lo anterior, la conclusión de que no hubo daño estructural se basa en muchos casos en el examen de un número reducido de columnas y vigas y no debe tomarse como una afirmación definitiva. Llama la atención que en tres edificios en que no se había reportado inicialmente daño estructural, y en los que hubo ocasión posteriormente de quitar los plafones falsos, se localizaron grietas de cierta importancia en las vigas

ción relevante disponible. En sustitución, se optó por utilizar información censal sobre vivienda.

El Censo General de Población y Vivienda de 1970 (SIC, 1971), clasifica a ésta última según material en muros: adobe, ladrillo o tabique, madera, barro y 'otros materiales'; y en techo: concreto o similares y 'otros' (palma, teja, madera, otros). En base a la distribución de 1970 (tabla 2.3.2-1) y ajustando con datos censales de 1980, se obtuvo la cantidad de viviendas por tipo y delegación para 1980 (tabla 2.3.2-2)*.

La clasificación de viviendas según los materiales en muros y techo sirvió de base para la postulación de modelos estructurales que permitieran el análisis simplificado de su respuesta y la estimación de sus daños esperados. Esta estimación es realizada mediante el 'Método de evaluación masiva de daños probables' (Guerra, 1982 a)**.

Adicionalmente, para un pronóstico de daños adecuado, es necesario conocer el peligro sísmico. En la fig 2.3.2-1 se muestra la evaluación del peligro sísmico en la Ciudad de México, para cada

* En el momento de la realización de este trabajo, la información censal sobre vivienda en el D.F. no había sido aún procesada. En el Apéndice A, se presenta el procedimiento de obtención de la información desglosada para 1980.

** En el Apéndice B se presentan, en forma breve, las bases teóricas y el programa de computadora utilizado por el método.

TABLA 2.3.2-1 CANTIDAD DE VIVIENDAS EN 1970, POR MATERIAL EN MUROS Y TECHO PARA CADA DELEGACION DEL D.F.

DELEGACIONES 1970	VIVIENDA TOTAL	AD TC	AD OT	LA TC	LA OT	MA TC	MA OT	EM TC	EM OT	OM TC	OM OT
1 ALVARO OBREGON	74,132	732	3,147	46,588	18,373	110	2,243	16	125	657	2,141
2 ACAPOTZALCO	91,903	1,425	4,764	59,813	20,622	101	2,585*	49	104	609	1,831
3 BENITO JUAREZ*	98,351	1,114	1,895	84,436	7,714	100	1,645	35	45	633	734
4 COYOACAN	57,040	569	2,576	35,489	13,458	79	1,569	17	134	383	2,806
5 CUAJIMALPA DE M.	5,338	224	1,409	2,144	1,101	3	154	1	10	84	208
6 CUAUHTEMOC*	182,186	3,607	4,838	154,070	12,266	308	3,001	105	73	1,772	2,146
7 GUSTAVO A MADERO	195,325	1,531	4,298	139,694	40,250	205	4,120	74	206	1,503	3,474
8 IXTACALCO	79,896	485	3,086	47,488	22,714	128	3,341	16	101	447	2,090
9 IXTAPALAPA	83,907	1,203	4,356	50,992	22,583	77	2,238	34	104	449	1,971
10 MAGD. CONTRERAS	11,649	588	4,180	3,555	2,377	11	216	5	61	56	600
11 MIGUEL HIDALGO*	120,850	4,978	5,655	90,096	15,493	179	3,695	114	101	944	1,595
13 MILPA ALTA	5,899	47	275	2,766	1,806	5	487	11	45	49	408
13 TLATEACAC	9,346	131	454	6,202	2,009	6	138	6	15	140	245
14 TLALIPAN	22,026	762	2,781	13,143	4,000	18	346	11	55	210	700
15 VENUST. CARRANZA*	162,457	4,313	8,091	116,144	24,368	243	5,234	110	161	1,364	2,429
16 XOCHIMILCO	19,064	214	1,528	10,853	4,179	22	810	18	63	164	1,213
T O T A L	1 219,419	19,923	53,333	863,473	213,293	1,595	31,822	622	1,403	9,469	24,491

* Formadas por cuarteles en 1970

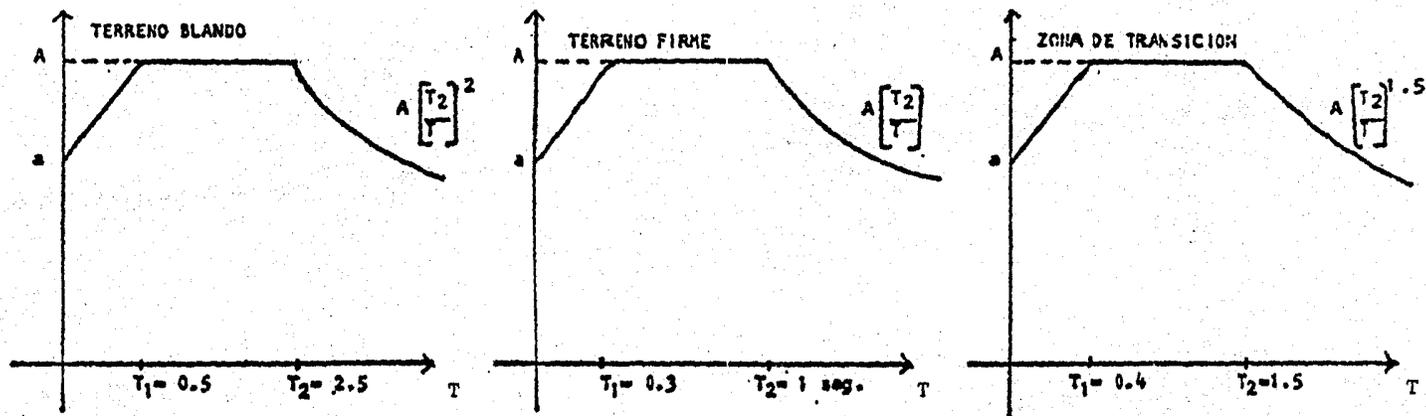
FUENTE: IX Censo General de población, 1970
SIC. Dirección General de Estadística, México, D.F., 1971

TABLA 2.3.2-2 CANTIDAD DE VIVIENDAS EN 1980, POR MATERIAL EN MUROS Y TECHO PRA CADA DELEGACION DEL D.F.

DELEGACIONES	VIVIENDA TOTAL	AD TC	AD OT	LA TC	LA OT	MA TC	MA OT	EN TC	BM OT	OM TC	OM OT
1 ALVARO OBRIÇON	113,390	560	2,390	75,470	29,760	60	1,190	10	90	910	2,950
2 AZCAPOTZALCO	139,000	1,080	3,620	96,850	33,400	50	1,370	40	80	840	2,530
3 BENITO JUAREZ	154,440	850	1,440	136,790	12,500	50	870	30	30	870	1,010
4 CAYCAN	87,060	430	1,960	57,490	21,800	40	830	10	100	530	3,870
5 CUAJMALPA DE M.	6,790	170	1,070	3,470	1,780	0	80	0	10	120	290
6 CUAUHTEMOC	283,160	2,740	3,680	249,590	19,870	160	1,590	80	50	2,440	2,960
7 GUSTAVO A. MADRERO	305,270	1,160	3,270	226,300	65,170	110	2,180	60	160	2,070	4,790
8 IXTACALCO	121,860	370	2,340	76,930	36,800	70	1,770	10	70	620	2,880
9 IZTAPALAPA	127,940	910	3,310	82,600	36,580	40	1,190	30	80	620	2,580
10 MAGD. CONTRERAS	14,320	450	3,180	5,760	3,850	10	110	0	50	80	830
11 MIGUEL HIDALGO	184,690	2,260	5,650	145,960	25,100	90	1,960	90	80	1,300	2,200
12 MILM ALTA	8,590	40	210	4,480	2,930	0	260	10	30	70	560
13 TLAJUAC	5,360	100	340	10,050	3,260	0	70	0	10	190	340
14 TLALPÁN	31,960	580	2,110	21,290	6,480	10	180	10	40	290	970
15 VENUST. CARRANZA	245,390	3,280	6,150	188,150	39,480	130	2,770	80	120	1,880	3,350
16 XOCHIMILCO	28,070	160	1,160	17,580	6,770	10	430	10	50	230	1,670
T O T A L	1 858,190	15,140	41,880	1 398,800	345,530	850	16,850	470	1,050	13,050	33,780
CENSO-80	1 863,093		57,020		1 744,330		17,780		1,520		46,830
			55,553		1 741,479		17,558		1,545		46,958

FUENTE: Estimaciones hechas en base a:
 IX Censo General de Población, 1970.
 SIC. Dirección General de Estadística, México, D.F., 1971.

X Censo General de Población y Vivienda, 1980.
 SPP. Coordinación General de los Servicios Nacionales de
 Estadística, Geografía e Informática.



T : período de vibración de la estructura
 A : aceleración espectral
 a : aceleración del terreno

Terreno firme:

$$a = 13 T_R^{0.37}$$

$$A = 26 T_R^{0.37}$$

Terreno blando:

$$a = 18 T_R^{0.37}$$

$$A = 65 T_R^{0.37}$$

Zona de transición:

$$a = 25 T_R^{0.37}$$

$$A = 45 T_R^{0.37}$$

T_R : período de retorno

FIG 2.3.2-1 PELIGRO SISMICO EN EL D.F.

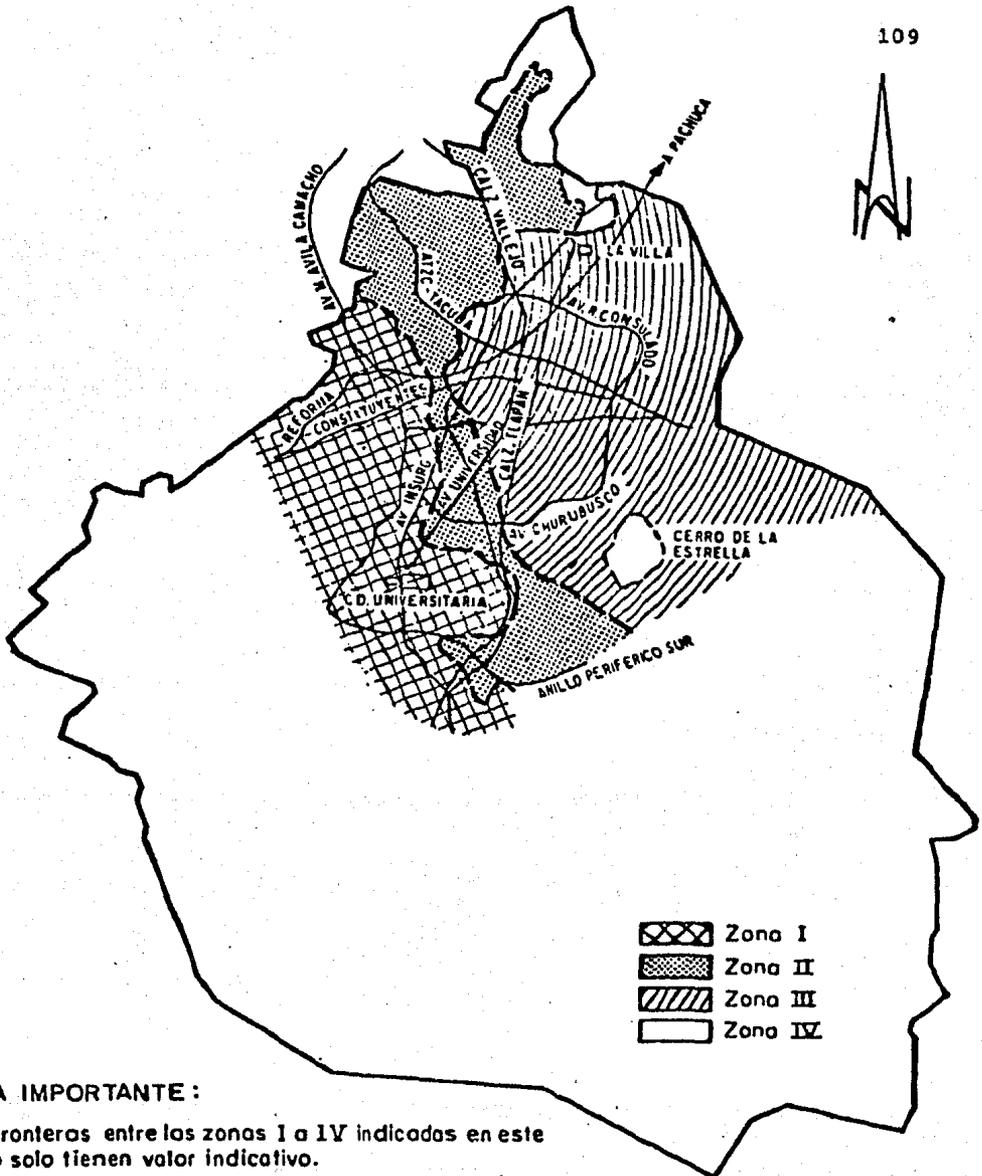
FUENTE: Comunicación personal, Esteva L

uno de los tipos de suelo en que se ha subdividido: suelo blando, firme y de transición (fig 2.3.2-2). Las gráficas representan tan to las aceleraciones máximas del suelo ($T=0$), como las aceleracio nes espectrales, las cuales toman en cuenta la amplificación del movimiento del suelo causada por las propiedades dinámicas de las estructuras (representadas por su periodo de vibración T).

Utilizando la evaluación del peligro sísmico actualizada, el método calcula los daños anuales esperados como una fracción del costo total original de la vivienda, para 10 combinaciones de material en muros y techo y para cada una de las 16 delegaciones del D.F. (tabla 2.3.2-3). En la fig 2.3.2-3 se presenta el daño medio total equivalente en número de viviendas.

Los resultados obtenidos muestran daños esperados razonables, siendo lógicamente mayores para los tipos de vivienda más vulnerables. Sin embargo, hay que tener presente que:

- a) los modelos utilizados en la evaluación masiva se refieren únicamente a vivienda y, de ésta, sólo se ocupan de las de uno y dos pisos;
- b) precisamente son las construcciones de más de dos pisos las más propensas a sufrir daños, debido a las características de las ondas sísmicas (periodos largos) que se presentan en la extensa zona blanda del Valle de México;
- c) los resultados de la aplicación del método de evaluación masiva conllevan una gran incertidumbre debido, tanto a



NOTA IMPORTANTE :

Los fronteras entre las zonas I a IV indicadas en este plano solo tienen valor indicativo.

La zona en la que se localiza un predio dado, será determinada a partir de las investigaciones que se realicen en el subsuelo.

FIG 2.3.2-2 ZONIFICACION DEL DISTRITO FEDERAL EN CUANTO A TIPOS DE SUELO

TABLA 2.3.2-3A DAÑO ANUAL ESPERADO

DELEGACION ALVARO OREGON

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.000
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.060
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	0.940

FRACCION DE VIVIENDA DAÑADA

	TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADORE	0.0000504	0.0046773
LADRILLO O TARTUJE	0.0000240	0.0002412
MADERA	0.0009128	0.0002043
EMBARRO	0.0024733	0.0005324
OTROS MATERIALES	0.0002050	0.0004663

DELEGACION ATZCAPOTZALCO

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.020
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.250
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	0.730

FRACCION DE VIVIENDA DAÑADA

	TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADORE	0.0000648	0.0055570
LADRILLO O TARTUJE	0.0000309	0.0002179
MADERA	0.0015572	0.0002280
EMBARRO	0.0042463	0.0006796
OTROS MATERIALES	0.0003134	0.0005660

TABLA 2.3.2-3B

DELEGACION BENITO JUAREZ

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.390
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.370
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	0.240

FRACCION DE VIVIENDA DADA

	TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADOPRE	0.0001238	0.0005665
LADRILLO O TABIQUE	0.0005589	0.0004659
MADERA	0.0049759	0.0004346
EMBARRCO	0.0133467	0.0012644
OTROS MATERIALES	0.0007260	0.0009917

DELEGACION COYCACAN

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.150
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.400
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	0.450

FRACCION DE VIVIENDA DADA

	TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADOPRE	0.0001221	0.0007844
LADRILLO O TABIQUE	0.0001439	0.0003655
MADERA	0.0031250	0.0003333
EMBARRCO	0.0081966	0.0009495
OTROS MATERIALES	0.0005089	0.0007606

TABLA 2.3.2-3c

DELEGACION CUAJIMALPA

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.000
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.000
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	1.000

FRACCION DE VIVIENDA DADA

	TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADOPRE	0.000068	0.0043948
LADRILLO O TABIQUE	0.0000223	0.0002316
MADERA	0.0007542	0.0001973
EMBARRO	0.0020545	0.0005026
OTROS MATERIALES	0.0001769	0.0004412

DELEGACION CUAUHTEMOC

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.000
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.040
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	0.960

FRACCION DE VIVIENDA DADA

	TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADOPRE	0.0000492	0.0045501
LADRILLO O TABIQUE	0.0000234	0.0002384
MADERA	0.0008613	0.0002007
EMBARRO	0.0023337	0.0005265
OTROS MATERIALES	0.0001757	0.0004579

DELEGACION GUSTAVO A. MADERO

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO 0.650
 PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION 0.180
 PORCENTAJE DE SUELO FIRME 0.170

F R A C C I O N D E V I V I E N D A D A R A D A

		TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADORE	=	0.0001494	0.0113188
LADRILLO O TARIQUE	=	0.0000707	0.0005479
MADERA	=	0.0065791	0.0005154
EMBARRO	=	0.0178265	0.0015115
OTROS MATERIALES	=	0.0008273	0.0011762

DELEGACION IZTACALCO

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO 0.000
 PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION 0.000
 PORCENTAJE DE SUELO FIRME 1.000

F R A C C I O N D E V I V I E N D A D A R A D A

		TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADORE	=	0.0000468	0.0043948
LADRILLO O TARIQUE	=	0.0000223	0.0002316
MADERA	=	0.0007582	0.0001933
EMBARRO	=	0.0020545	0.0005026
OTROS MATERIALES	=	0.0001769	0.0004412

DELEGACION IZTAPALAPA

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	1.000
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.000
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	0.000

F R A C C I O N D E V I V I E N D A D A R A D A

		TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADORE	=	0.0001363	0.0159720
LADRILLO O TABIQUE	=	0.0000887	0.0006711
MADERA	=	0.0059999	0.0006391
EMBARRO	=	0.0243860	0.018893
OTROS MATERIALES	=	0.0011400	0.0014562

DELEGACION MAGDALENA CONTRERAS

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.000
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.000
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	1.000

F R A C C I O N D E V I V I E N D A D A R A D A

		TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADORE	=	0.0000468	0.0043948
LADRILLO O TABIQUE	=	0.0000223	0.0002316
MADERA	=	0.0007582	0.0001933
EMBARRO	=	0.0020545	0.0005026
OTROS MATERIALES	=	0.0001769	0.0004412

TABLA 2.3.2-3F

DELEGACION MIGUEL HIDALGO

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.210
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.270
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	0.520

FRACCION DE VIVIENDA DARADA

		TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADOBE	=	0.0000976	0.0074543
LADRILLO O TARIQUE	=	0.0000441	0.0003694
MADERA	=	0.0031846	0.0003362
EMBARRO	=	0.0086290	0.0019551
OTROS MATERIALES	=	0.0005053	0.0007672

DELEGACION MILPA ALTA

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.000
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.000
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	1.000

FRACCION DE VIVIENDA DARADA

		TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADOBE	=	0.0000468	0.0043948
LADRILLO O TARIQUE	=	0.0000223	0.0002316
MADERA	=	0.0007582	0.0001933
EMBARRO	=	0.0020545	0.0005026
OTROS MATERIALES	=	0.0001769	0.0004412

TABLA 2.3.2-3G

DELEGACION TLAHUAC

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.689
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.600
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	0.320

FRACCION DE VIVIENDA DARADA

	TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADORE	0.0001416	0.0109073
LADRILLO O TABIQUE	0.0000675	0.0005305
MADERA	0.0003626	0.0004958
EMBARPO	0.0172399	0.0014456
OTROS MATERIALES	0.000318	0.0011314

DELEGACION TLALPAN

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.000
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.100
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	0.900

FRACCION DE VIVIENDA DARADA

	TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADORE	0.0005529	0.0047831
LADRILLO O TABIQUE	0.0002552	0.0002436
MADERA	0.0010159	0.0002117
EMBARPO	0.0027526	0.0005623
OTROS MATERIALES	0.0002238	0.0004830

TABLA 2.3.2-3H

DELEGACION V. CARRANZA

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.000
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.000
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	1.000

FRACCION DE VIVIENDA DARADA

	TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADOS	0.0000468	0.0043948
LADPILLO O TABIQUE	0.0000223	0.002316
MADERA	0.0007582	0.001933
EMBARRO	0.0020545	0.005026
OTROS MATERIALES	0.0001769	0.004412

DELEGACION XOCHIMILCO

PORCENTAJE DE SUELO BLANDO	0.000
PORCENTAJE DE SUELO DE TRANSICION	0.170
PORCENTAJE DE SUELO FIRME	0.830

FRACCION DE VIVIENDA DARADA

	TECHO PESADO	TECHO LIGERO
ADOS	0.000571	0.0050548
LADPILLO O TABIQUE	0.0001272	0.002605
MADERA	0.0011962	0.002245
EMBARRO	0.0032412	0.006041
OTROS MATERIALES	0.0002566	0.0005122

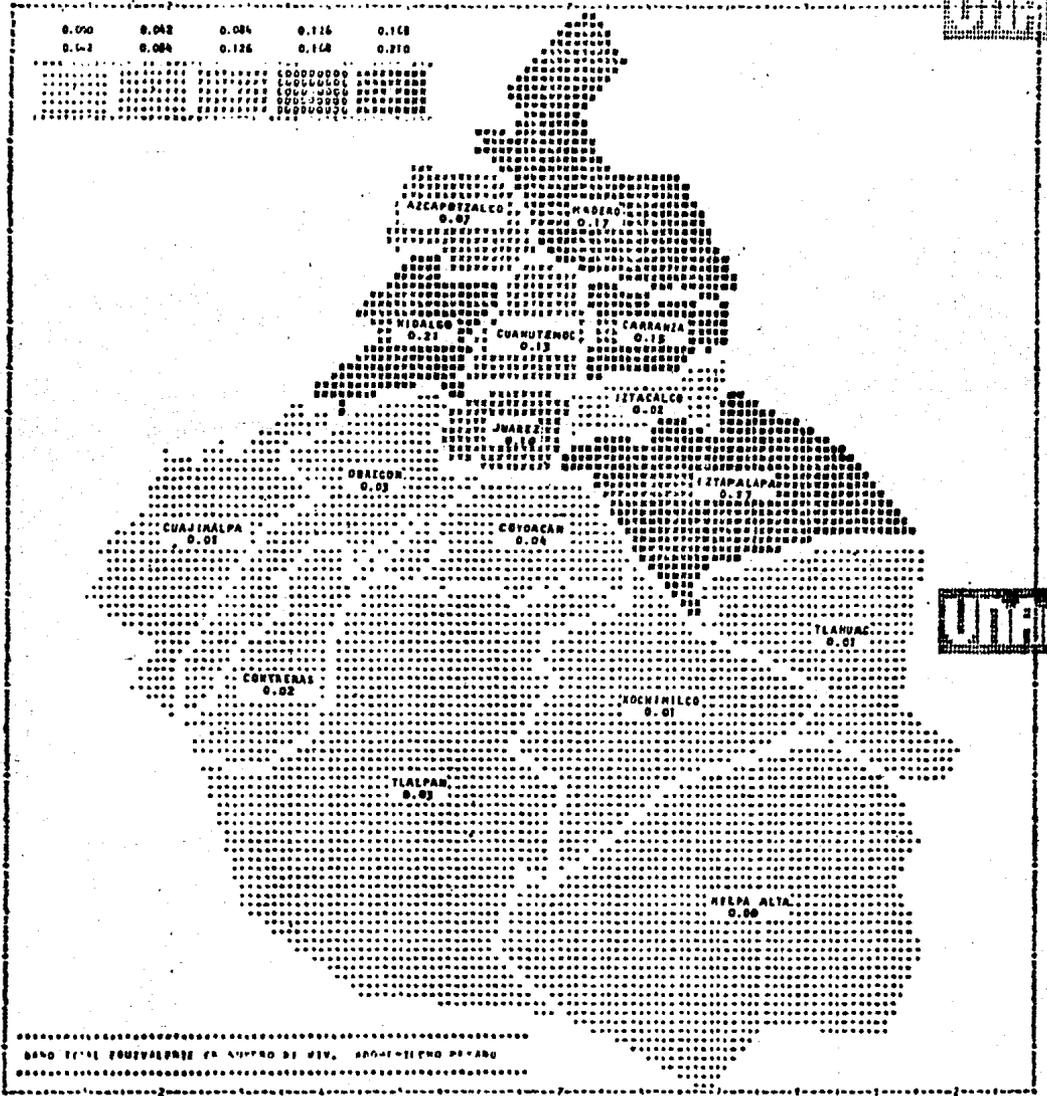
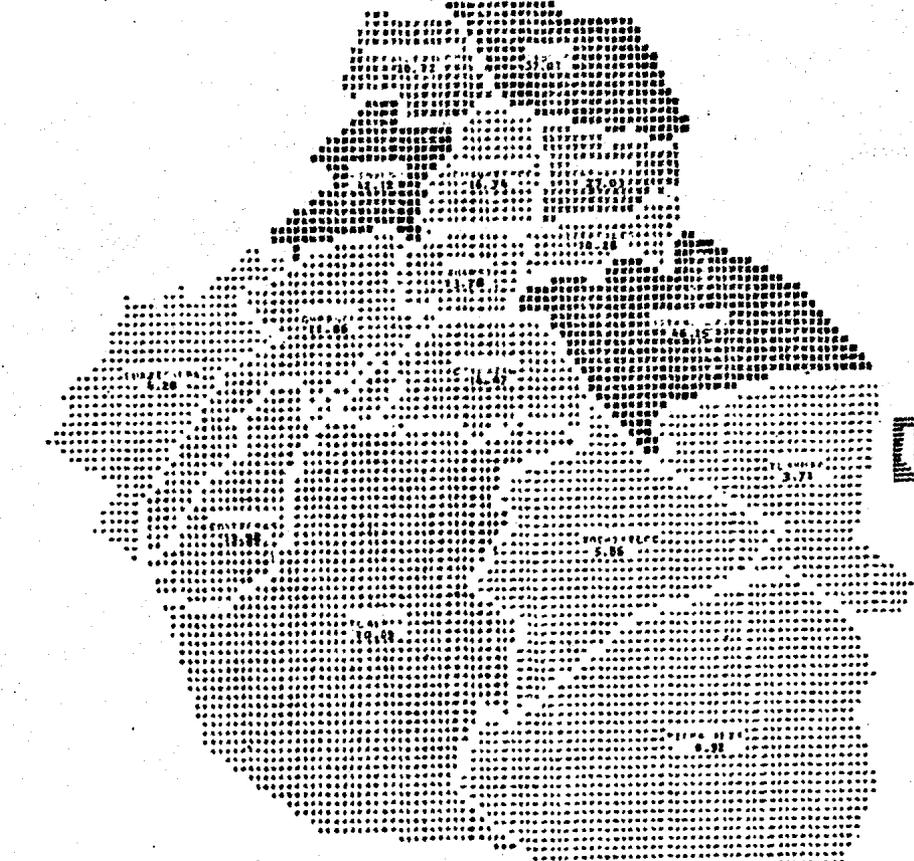


FIG 2.3.2-3A DAÑO TOTAL EQUIVALENTE EN NUMERO DE VIV. ADOBE-TECHO PESADO.



0.000	8.000	19.002	28.104	37.304
9.986	18.992	28.110	37.184	46.250



PARA TODA EQUIVALENCIA DE NIVEL DE RIESGO, ADOPTESE EL VALOR
 DE LA TABLA EQUIVALENTE EN NÚMERO DE VIV. ADOBE-TECHO
 LIGERO

FIG. 2.3.2-3B DAÑO TOTAL EQUIVALENTE EN NÚMERO DE VIV. ADOBE-TECHO LIGERO

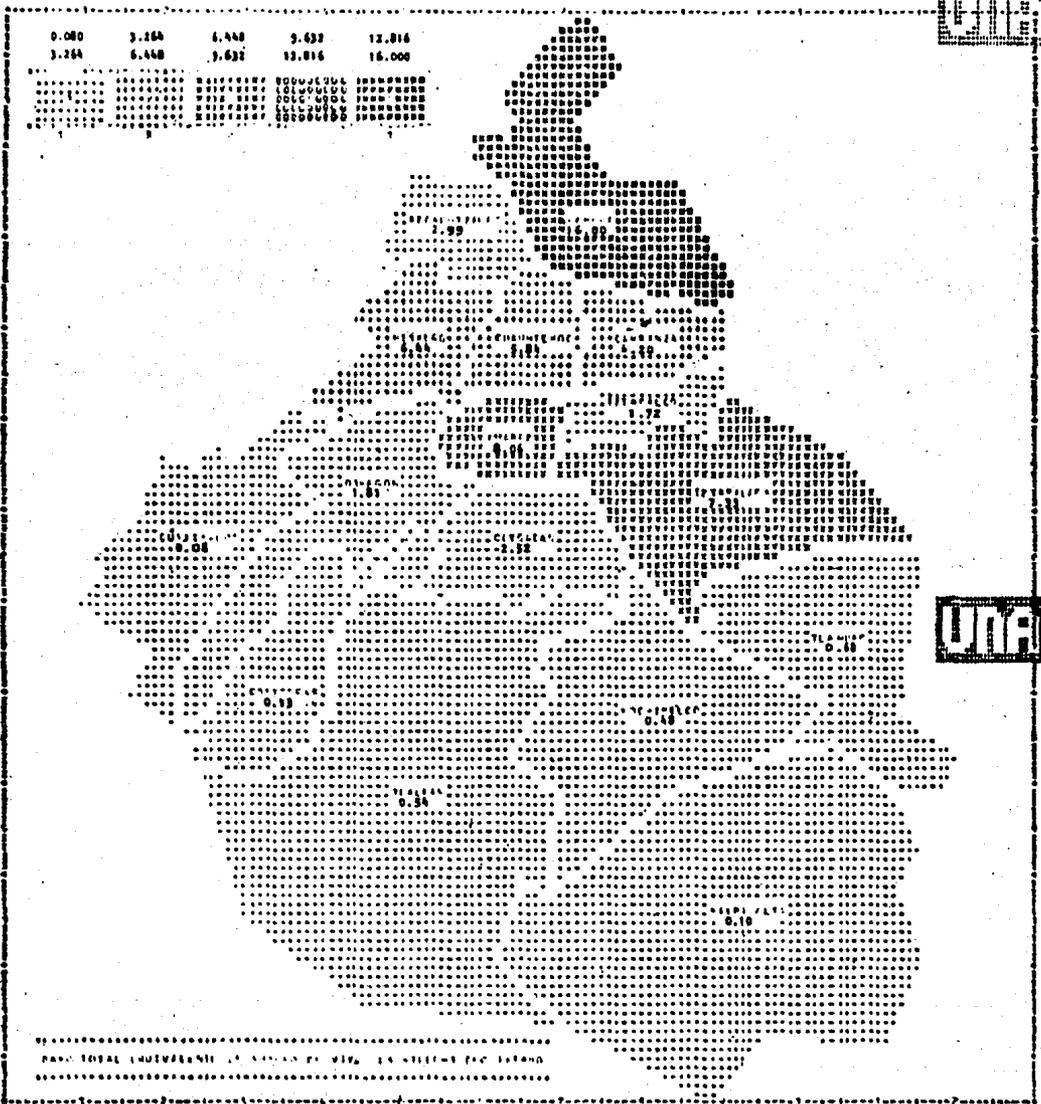


FIG 2.3.2-3C DAÑO TOTAL EQUIVALENTE EN NUMERO DE VIV. LADRILLO-TECHO RESADO

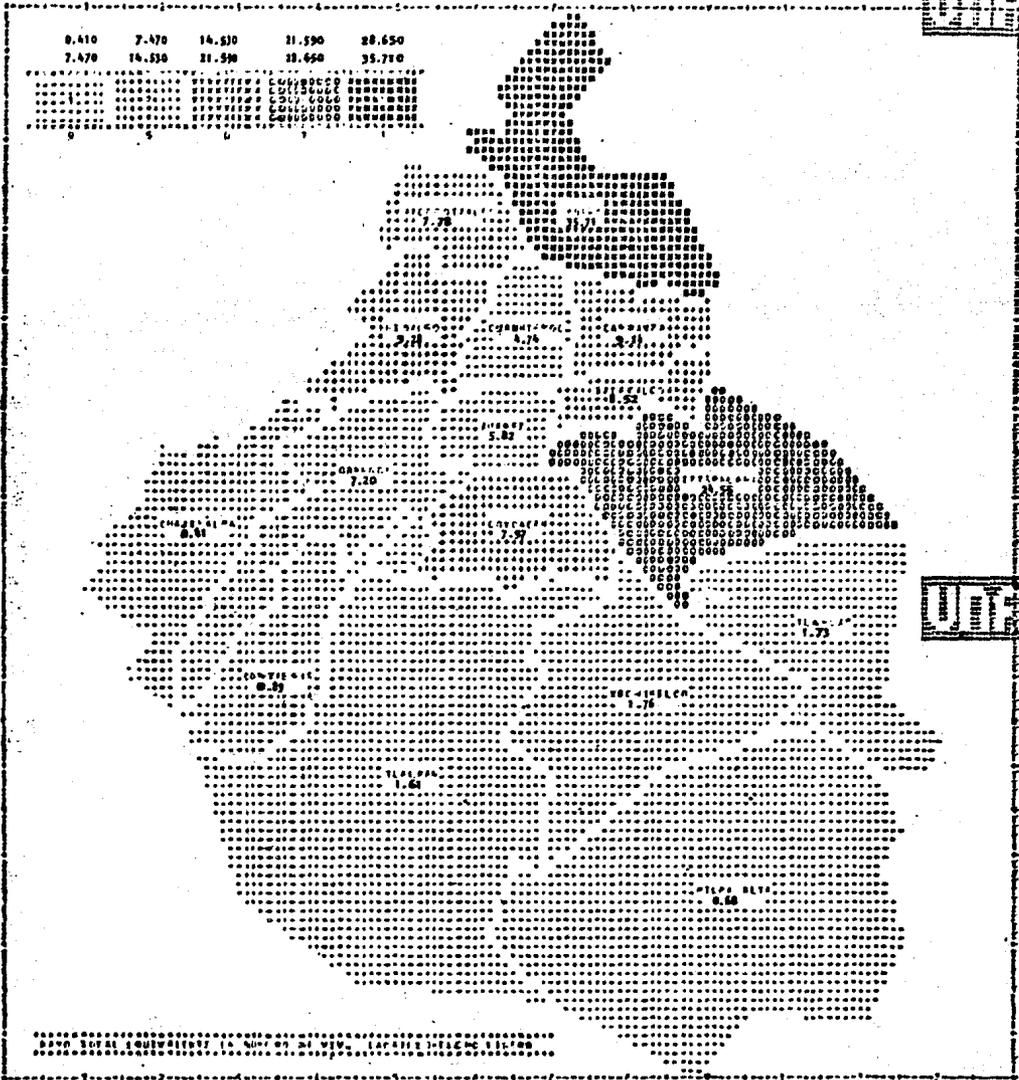
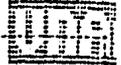


FIG 2.3.2-3D DAÑO TOTAL EQUIVALENTE EN NUMERO DE VIV. LADRILLO-TECHO LIGERO

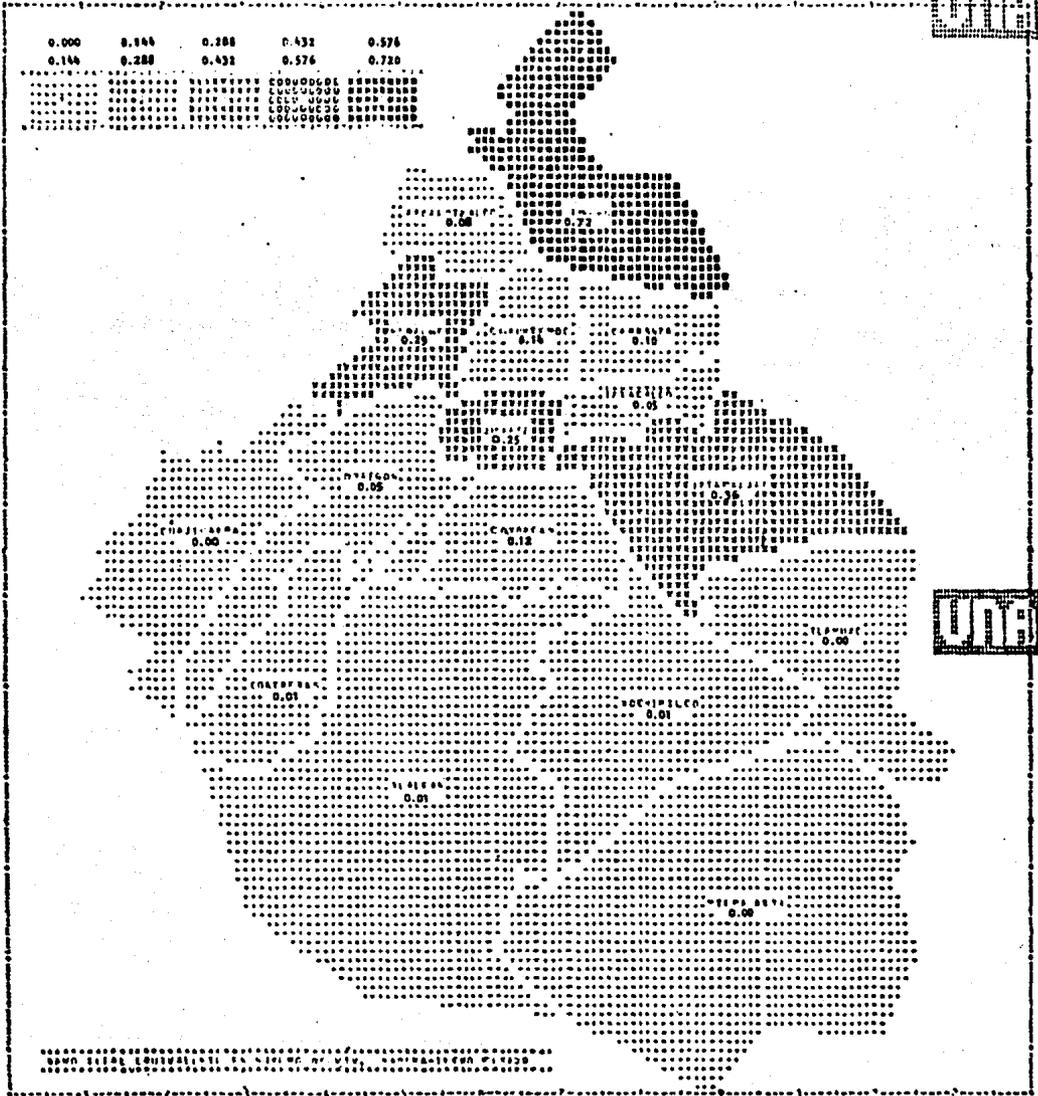
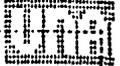


FIG 2.3.2-3E DAÑO TOTAL EQUIVALENTE EN NUMRO DE VIV. MADERA-TECHO
 ·PESADO·

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

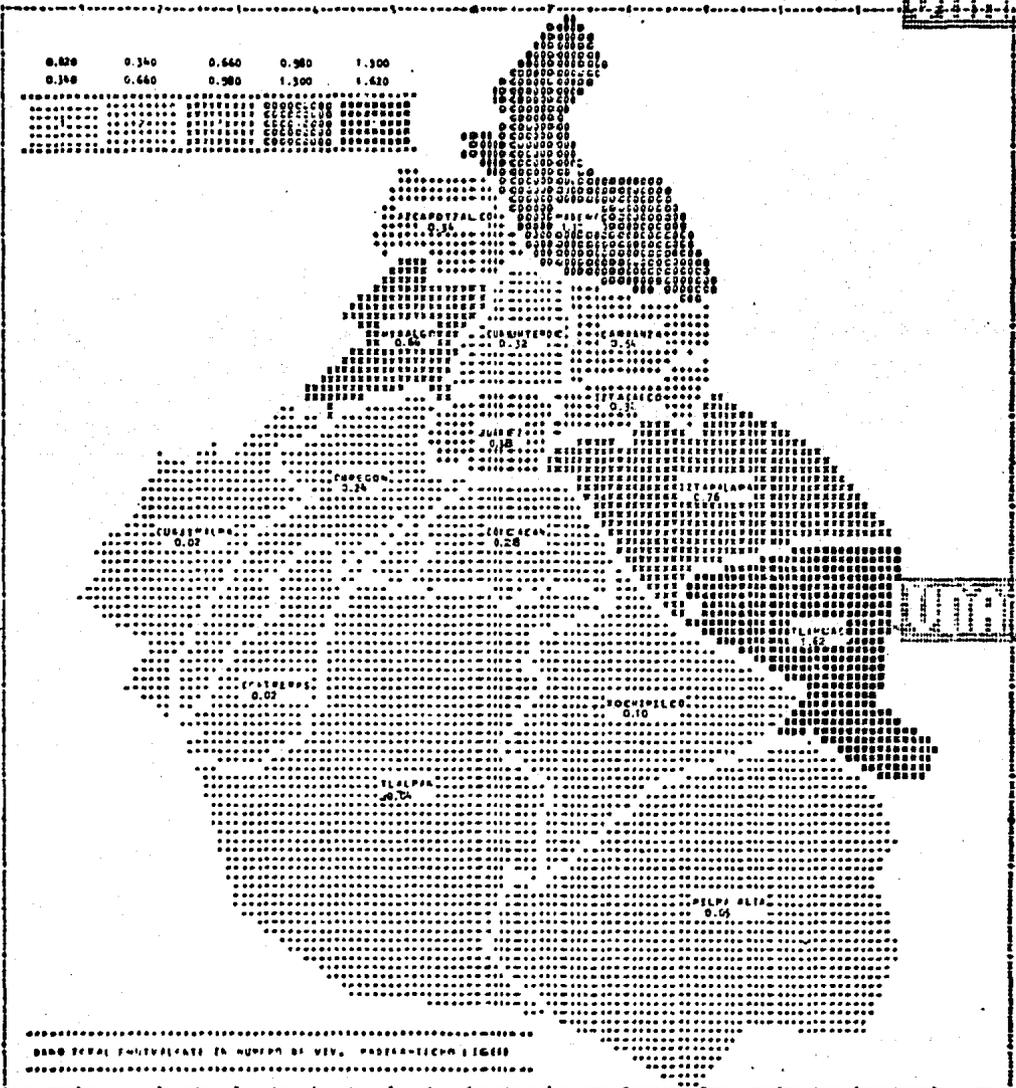


FIG. 2.3.2-3F DAÑO TOTAL EQUIVALENTE EN NUMERO DE VIV. MADERA-TECHO LIGERO

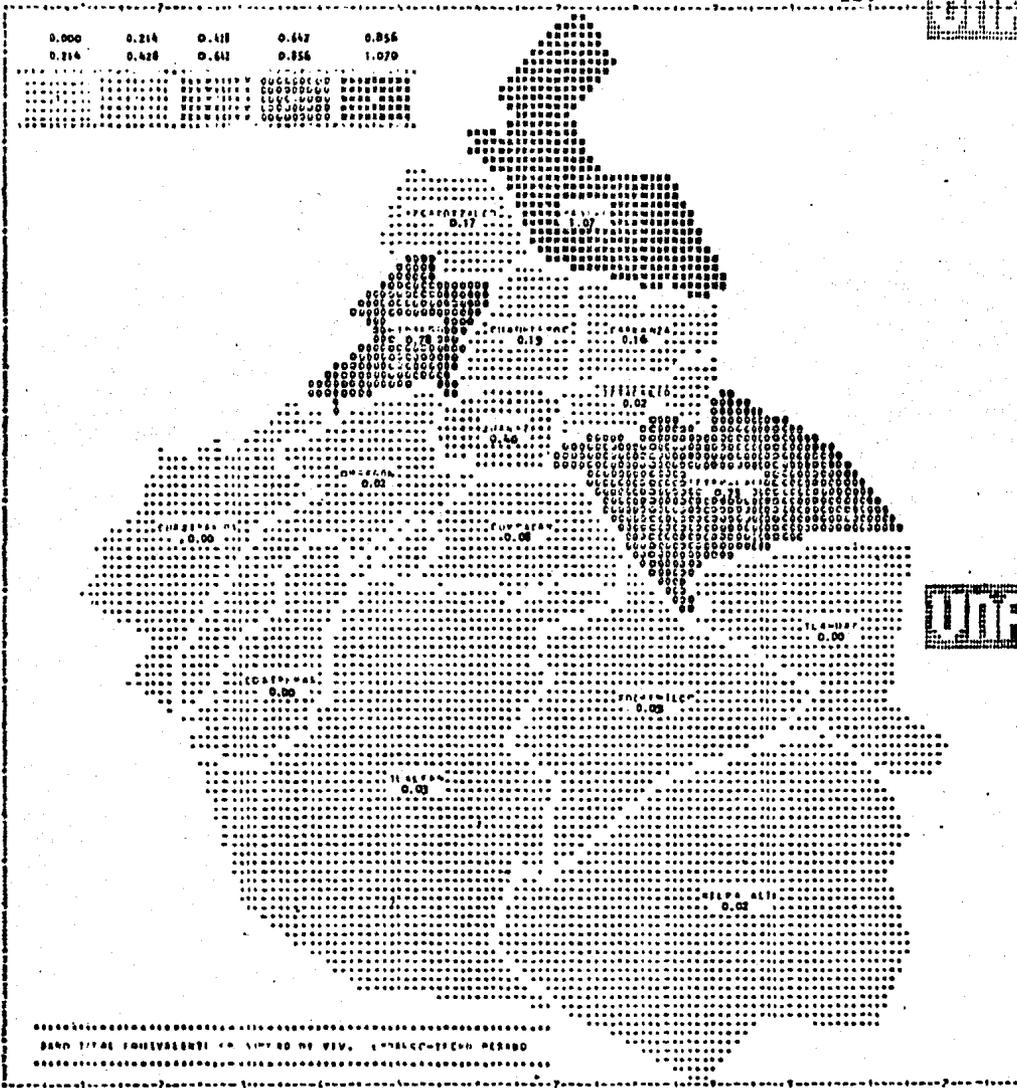
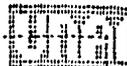


FIG 2.3.2-36 DAÑO TOTAL EQUIVALENTE EN NUMERO DE VIV. EMBARRO-TECHO PESADO.

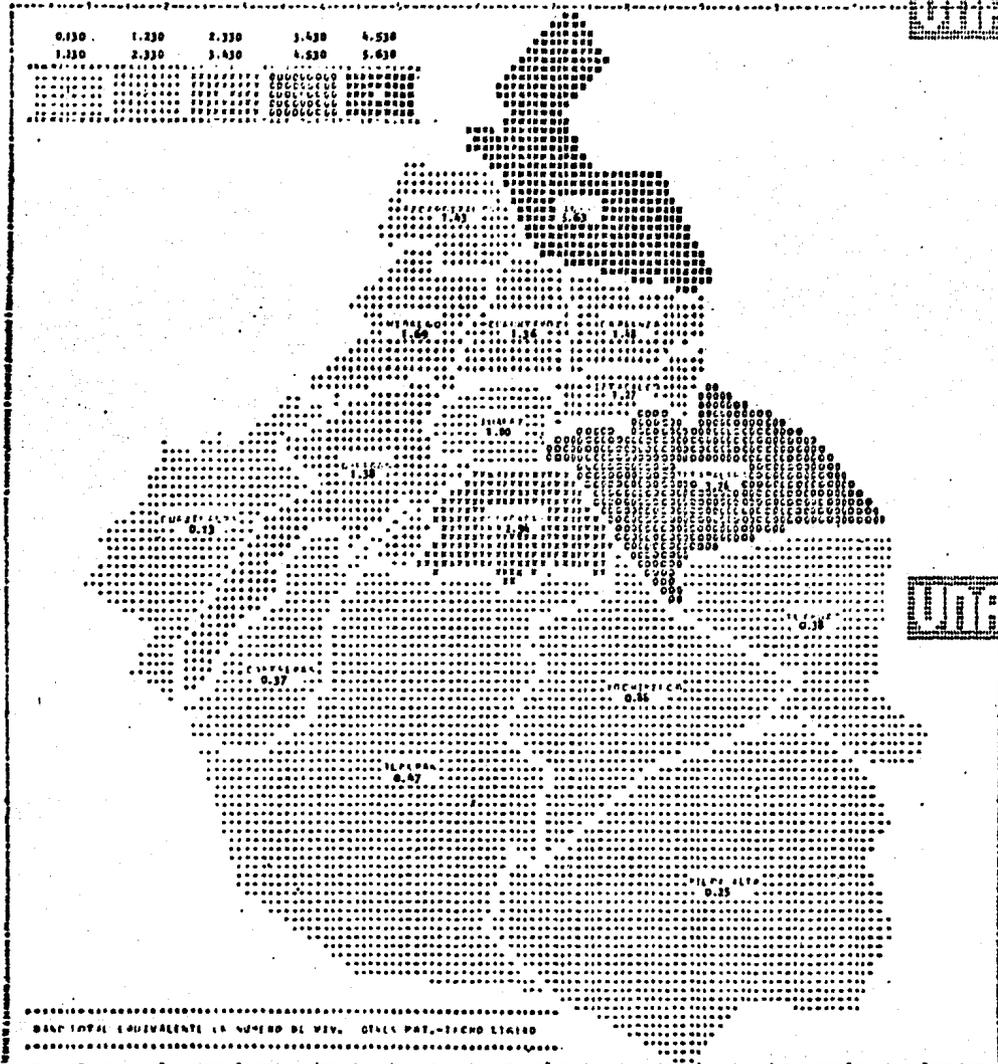
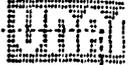


FIG 2.3.2-3J DAÑO TOTAL EQUIVALENTE EN NUMERO DE VIV. OTROS MAT-TECHO LIGERO

la interpretación de la información censal, como a las hipótesis hechas en la elaboración de los modelos estructurales de las viviendas y en la idealización de su respuesta.

Estos tres puntos obligan a tomar con las debidas reservas los resultados de la evaluación masiva presentados en la tabla 2.3.2-3, cuyos valores permiten solamente darse una idea de los posibles órdenes de magnitud de los daños y de la problemática general.

El problema del grado de vulnerabilidad dista, por lo tanto, de quedar muy claro y es necesario recopilar mayor y mejor información acerca del estado estructural de las edificaciones, para poder lograr modelos más confiables y, así, un mejor diagnóstico.

3. SOLUCIONES: AUMENTO DE LA SEGURIDAD SISMICA

Según la etapa de prescripción del esquema general de planeación (Inciso 1.5.3), las soluciones a un problema planteado se encuentran mediante la elaboración, análisis y selección de alternativas (con sus restricciones o limitaciones) encaminadas al logro del estado deseado del sistema conducido.

En el caso de la planeación de la mitigación que aquí se trata, las alternativas de acción son orientadas al aumento de la seguridad sísmica. Esta se logra al impedir o disminuir los efectos de los impactos del sismo en la edificación, como parte del sistema afectable, mediante dos grupos principales de actividades:

- de reforzamiento;
- de modificación funcional de los sistemas de subsistencia y de sus relaciones con la población.

El reforzamiento se refiere al mejoramiento de la respuesta ante sismos del conjunto estructural, así como de las componentes no estructurales de un edificio, mediante la sustitución o agregación de algunos materiales y su adecuada configuración o detallado geométrico.

La realización de las actividades de reforzamiento y su diseño específico dependen de la vulnerabilidad de la edificación, la cual sólo puede ser evaluada si se conocen las características físicas de los inmuebles (materiales, dimensiones, etc).

Por otro lado, dado que el reforzamiento de la edificación es costoso y no basta para lograr la mitigación total de los efectos del sismo, son necesarias también las medidas funcionales. Por ejemplo, los daños en la edificación pueden atenuarse si se reglamenta y controla el uso del suelo, tomando en cuenta las estimaciones del peligro sísmico. Si, además, en un futuro se llega a contar con pronósticos a corto plazo, la evacuación preventiva de la población se presenta como otra medida de mitigación que impide o disminuye los impactos agregados del sismo a través de las construcciones.

Conviene destacar, que la evaluación actualizada del peligro sísmico, además de ser necesaria para la adecuada implantación de medidas funcionales y de reforzamiento, es indispensable para el mejoramiento del diagnóstico.

En base a lo anterior, se distinguen las siguientes actividades específicas para la realización de las soluciones:

- Estimación del peligro sísmico;
- Levantamiento del inventario de la edificación;
- Evaluación de la vulnerabilidad;
- Reforzamiento de edificios vulnerables;
- Revisión y reglamentación de la construcción y el uso del suelo;
- Educación de la población.

Algunas de las actividades anteriores no pueden definirse en la forma detallada que requiere su implantación, sino hasta después de contar con lineamientos provenientes de un diagnóstico más profundo. Así, dentro de las diversas etapas de las soluciones, algunos contribuyen en mayor proporción a la realización de una segunda aproximación del diagnóstico y otros a su futura implantación (tabla 3-1).

A continuación, en el marco de las medidas de reforzamiento, se presentan algunos aspectos relacionados con la elaboración de inventarios de la edificación, se describen algunos métodos de evaluación de la vulnerabilidad, así como algunos lineamientos para el reforzamiento de edificios. Adicionalmente, se comentan con mayor detalle algunas medidas funcionales: las relacionadas con el uso del suelo y las que implican educación al público.

TABLA 3-1 CONTRIBUCION A SU IMPLANTACION Y A LA SEGUNDA APROXIMACION DEL DIAGNOSTICO DE LAS ACTIVIDADES ESPECIFICAS PARA LA REALIZACION DE LAS SOLUCIONES

ACTIVIDADES PARA LA REALIZACION DE SOLUCIONES	2a APROXIMACION DIAGNOSTICO	IMPLANTACION
Estimación del peligro sísmico	*	+
Levantamiento del inventario de la edificación	*	+
Evaluación de la vulnerabilidad	*	*
Reforzamiento de edificios vulnerables	-	*
Revisión y reglamentación de la construcción y el uso del suelo	-	*
Educación a la población	-	*

Contribución:

- * mayor
- + menor
- nula

3.1 INVENTARIO DE LA EDIFICACION

Para el aumento de la seguridad sísmica, las medidas funcionales y de reforzamiento conllevan la necesidad de un inventario que reúna estadísticas con los aspectos más relevantes en relación a la vulnerabilidad de los edificios existentes y su distribución espacial.

Dado que en la Ciudad de México no se dispone de un inventario de esta naturaleza, es indispensable, tanto para el logro de un diagnóstico detallado, como para la implantación de soluciones, iniciar acciones que permitan reunir la información necesaria. Esta labor debe planearse cuidadosamente, teniendo en mente su magnitud, ya que los 350 km² dedicados a edificaciones en la Zona Metropolitana del D.F. (DDF,1980)*, representan aproximadamente 1'500,000 construcciones**.

Es recomendable, pues, el uso de procedimientos de levantamiento del inventario con diferentes niveles de detalle. A continuación se mencionan dos de ellos (fotografía aérea e información censal), cuyos detalles se dan en Aguerrebere,1982 b, y se hace una descripción completa del método de encuestas directas, el cual lleva al estado deseado del inventario propuesto.

* Según el Plan de Desarrollo Urbano del D.F., en 1979 aproximadamente 350 km² estaban ocupados por construcciones, de las cuales 295 km² eran vivienda (sin contar vialidad y áreas verdes).

** Una estimación hecha en base a relaciones entre población y cantidad de edificios de diversas ciudades de Colombia y Turquía (Apéndice C) arroja la cantidad de 1'000,000 de construcciones, aproximadamente. Sin embargo, dado que la Ciudad de México se caracteriza por patrones de crecimiento diferentes y tomando en cuenta que la vivienda ocupa alrededor del 84% (225/350 km²) del área urbana, se considera que una estimación gruesa debe estar entre 1'000,000 y 1'800,000, siendo esta última cifra el número de viviendas en el D.F., según el Censo General de Población y Vivienda del 1980.

- a) Levantamiento mediante fotografía aérea. Este procedimiento permite obtener aproximaciones iniciales para su uso inmediato y para plantear criterios de levantamiento más detallados. Mediante el uso de fotografías aéreas y muestreos en tierra, pueden recopilarse algunas características generales de las construcciones (altura, área construida, ubicación) e inferir otras (número de pisos, material estructural, uso, etc). La fig 3.1-1 muestra en forma de pasos el procedimiento sugerido;
- b) Integración de la información censal. El aprovechamiento de información de censos de diferente tipo y su complementación con muestreos 'in situ' constituye un procedimiento útil para una buena aproximación al inventario deseado;
- c) Encuestas directas. A mediano plazo, conviene contar con un registro o padrón de la edificación, con mecanismos de actualización periódica, el cual constituye el estado deseado de disponibilidad de información relevante para la estimación de la vulnerabilidad. Los cuestionarios deben diseñarse para captar los siguientes datos:
- Localización,
 - Número de niveles,
 - Uso,
 - Ocupación,
 - Fecha de construcción,
 - Material estructural,
 - Tipo de estructuración,
 - Elementos no estructurales,

PASO	ACTIVIDAD
1	Localización de zonas con - diferente usos del suelo -- (planos de uso del suelo ac- tual)
2	Muestreo de características predominantes de la cons--- trucción.
3	Tipificación de la edifica- ción para ser reconocida -- por fotografía aérea.
4	Fotografía aérea tratando - de destacar las caracterís- ticas diferenciales de la - tipificación.
5	Identificación de construc- ciones de las fotografías - mediante técnicas fotogra-- méticas.
6	Inferencia de datos según - el grupo correspondiente a cada edificio.
7	Presentación cartográfica - de la información procesada.

FIG 3.1-1 PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO DEL INVENTARIO
DE LA EDIFICACION MEDIANTE FOTOGRAFIA AEREA.

- Area construída aproximada,
- Costo estimado.

El orden en que se propone su captura es el siguiente:

- a) Datos generales, que incluyen localización, número de niveles, uso y ocupación y que, en su conjunto, indican la importancia funcional relativa que el inmueble puede tener;
- b) Datos constructivos: fecha de construcción, material estructural, tipo de estructuración y presencia de elementos no estructurales; esta información es básica y contiene los elementos indispensables para poder detectar una eventual vulnerabilidad;
- c) Datos económicos, que permitirán juzgar la importancia económica del inmueble para decidir quién sufragará los gastos de la evaluación de su vulnerabilidad y/o de su reforzamiento. Aquí se incluye el área construída, pues es costumbre que los tabuladores de costos expresen éstos por metro cuadrado.

A continuación se comentan los datos requeridos.

Por *Localización* se entenderá el nombre de la calle, número del inmueble, colonia, código postal y delegación, y una clave identificando el tipo de suelo sobre el cual está desplantado (blanco, transición o firme).

El número de niveles deberá especificarse sobre el nivel de la calle y bajo él; cuando el edificio tenga fachadas dando a calles con diferente nivel, se hará referencia al de la fachada principal. Los niveles bajo la calle se dan frecuentemente en casas antiguas (basamento o sótano) y en edificios modernos de oficinas o departamentos en los que se ocupan como estacionamiento o como cuartos de máquinas.

Cuando el edificio tenga más de un uso, deberán especificarse los tres que ocupen mayor área en el inmueble, de mayor a menor. Por ejemplo, de un edificio viejo de departamentos puede estarse usando parte como vivienda y parte como oficinas. Puede ser que tenga un piso dedicado a una academia técnica y alojar, además, algún comercio en la planta baja. Los términos para designar los usos deberán estipularse previamente para evitar confusiones.

Por *ocupación* se entenderá la cantidad de personas que utilizan el edificio durante su funcionamiento normal, esto es, durante las horas del día o de la noche en que se presenta el servicio que se le ha asignado. Por ejemplo, la ocupación de una escuela será la de las horas de clase, la de un estadio, cuando se esté llevando a cabo un espectáculo, en estos casos, puede plantearse también como el "cupo". Para este concepto deberán tomarse las provisiones necesarias que permitan disponer de elementos para el uso de los criterios de ocupación promedio horaria,

diaria, mensual, etc (Inciso 2.2.1).

Como *fecha de construcción* se entienden mes y año de inicio y/o terminación de la obra y deberá incluirse sólo si puede ser obtenida en la misma visita, ya sea en forma directa o por inferencia de la zona donde se encuentra el inmueble.

Para poder definir el *material estructural* es necesario identificar previamente a la estructura; sin embargo, la observación de los materiales constructivos también orienta en la identificación del *tipo de estructuración*. Estos dos elementos del inventario pueden integrarse en uno solo (Ver la tabla 2.2.2-1).

De la literatura, se ha visto que en diferentes ciudades muchas muertes debidas a la ocurrencia de sismos son causadas directamente por la caída o falla de *elementos no estructurales exteriores*. Esto tiene mayor importancia relativa en los sitios en los que los reglamentos de construcción contemplan el diseño sísmico de los edificios, pues en esos casos son relativamente pocos los colapsos estructurales. Así pues, dados los fines del inventario, constituye información indispensable indicar la presencia de marquesinas, anuncios, cornisas, recubrimientos pétreos, fachadas falsas (precolados), pretilas, cancelas de vidrio, voladizos, etc, que se encuentren en el exterior o en los paños del edificio que dan a la vía pública o a áreas descubiertas contiguas.

El *área construída* aproximada puede ser obtenida midiendo a pasos una sola planta tipo y multiplicando por el número de niveles. El área de la construcción en planta es también útil para la calibración de las estimaciones del método de levantamiento que usa fotografía aérea.

Por último, el *costo estimado* de la construcción deberá establecerse en base al área, a las otras características observadas anteriormente y en alguna adicional de fácil adquisición (por ejemplo, acabados), por medio de un tabulador hecho para tal fin, el cual deberá actualizarse periódicamente.

Es importante mencionar que la información de cada edificio obtenida en las encuestas es la base para formar lo que podría llamarse su 'historia clínica', la cual facilitará la evaluación de su vulnerabilidad y proporcionará antecedentes, en caso de que resulte necesario realizar estudios más profundos para el diseño de su reforzamiento.

Los recursos necesarios para el levantamiento del padrón de la edificación, depende directamente de la extensión de ésta. Por ejemplo, suponiendo que se tratara de un millón u medio de construcciones (Ver nota al inicio del inciso 3.1), y que cada visita durara media hora en promedio, incluyendo transportación, se tomaría 750,000 horas. Considerando jornadas efectivas de siete horas y media, se traduce en diez mil días que, divididos entre

veinte días laborables promedio (aproximado) por mes, implican cinco mil meses, esto es, 400 de años de una sola persona, en forma gruesa. Estimando conservadoramente que se cuenta con un equipo de 40 personas, la realización del inventario mediante encuestas directas o visitas domiciliarias llevaría diez años. Sin embargo, es muy probable que diez años sean demasiado tiempo, dado que para entonces las condiciones imperantes al inicio del levantamiento ya se habrán modificado. Es por esto, que la realización del inventario detallado debe ser un proceso continuo, cuya utilidad no sólo se justifica en el marco de la seguridad sísmica, sino también en el de la planeación de servicios y equipamiento urbano. Así pues, si los recursos no son suficientes, la utilización de otros censos en los cuales se incluyan preguntas del área aquí tratada representa una vía alterna de solución.

La realización del inventario no debe ser centralizada. Es conveniente aprovechar a los diferentes organismos de conducción de los sistemas de subsistencia para que lleven a cabo el registro de sus propios inmuebles. Algunos avances en la realización del inventario puede lograrse a través de los bancos de información de los diferentes registros públicos, o descentralizados (Tesorería, DDF, INFONAVIT, Teléfonos de México, etc), o de las Cámaras de Comercio y/o Industriales.

3.2 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD

La evaluación de la vulnerabilidad tiene por objeto identificar los inmuebles que requieren reforzamiento. Esta labor es de una gran magnitud si se toma en cuenta la extensión de la Ciudad de México; por lo que es necesario disponer de métodos que faciliten una evaluación sistemática, confiable y rápida, garantizando el aprovechamiento de los recursos involucrados.

La aplicación del 'Método de evaluación masiva de daños probables en la edificación' proporciona resultados (inciso 2.3.2), que permiten la orientación de evaluaciones particulares a las zonas de mayor vulnerabilidad, acotando así tanto el área por inspeccionar, como los recursos necesarios.

A su vez, la evaluación particular en cada zona requiere de métodos específicos, los cuales tomen en cuenta las características físicas de cada edificio y proporcionen suficiente información para un eventual reforzamiento estructural y/o de las componentes no estructurales. Los resultados deben aprovecharse para retroalimentar al 'Método de evaluación masiva' y así lograr mejores pronósticos de daños para la profundización del diagnóstico.

En los siguientes incisos se comentan brevemente los métodos disponibles de evaluación particular de la vulnerabilidad, cuya aplicación depende del tipo de edificio en consideración.

3.2.1 Evaluación individual de la vulnerabilidad de edificaciones

Este método (Guerra, 1982 b) proporciona gráficas y expresiones que permiten obtener respuestas sísmicas de estructuras dadas de manera sencilla y expedita, lográndose así un diagnóstico confiable para discernir las medidas de reforzamiento estructural pertinente.

Las ayudas son el resultado de un análisis de sensibilidad de parámetros realizado con computadora, para el cual se efectuaron más de 150 análisis sísmicos de modelos estructurales comunes en nuestro medio, aplicando el criterio de superposición modal e incluyendo la contribución de todos los modos. Las acciones sísmicas corresponden con las propuestas para diseño, en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente en la actualidad.

El procedimiento propuesto puede ser aplicado a la mayoría de los edificios con materiales y sistemas estructurales comunes* (hasta de 20 niveles), y se presenta como una serie de pasos, el último de los cuales señala el comportamiento esperado de la estructura en términos de la probabilidad de sufrir daños, y recomienda estudios de mayor profundidad, según sea el caso.

* Se excluyen aquellos edificios que presentan defectos estructurales, tales como columnas cortas y/o trabes principales que no se apoyen en columnas formando nodo.

La precisión de los resultados depende directamente de la cali
dad de la información utilizada.

Es importante mencionar, que el método no incluye en su evalua
ción aspectos tales como degradación de la resistencia estruc-
tural producto de daños no reparados causados por sismos ante
riores, asentamientos diferenciales, fuego o alguna otra causa.
Tampoco considera errores constructivos debidos, por ejemplo,
al cambio de especificaciones, utilización de materiales de
baja calidad, o mala colocación de acero y/o concreto, que pue
den llevar también a una estructura a una falla prematura ines
perada. Todos estos puntos deberán ser investigados y tomados
en cuenta antes de tomar una decisión en torno a un reforzamien
to permanente.

3.2.2 Método simplificado para evaluar la seguridad sísmica de edificios de mampostería

Este método (Rascón, 1982) presenta un procedimiento sencillo
para evaluar la seguridad de edificaciones de mampostería hasta
de cuatro niveles, ante excitaciones sísmicas. Se basa en el
método simplificado para análisis sísmico del Reglamento de
Construcciones para el D.F. y obtiene como resultado el periodo
de recurrencia asociado al sismo cuyas acciones igualan la re-
sistencia de la construcción; en función de dicho periodo se
obtiene el grado de seguridad de la estructura (tabla 3.2.2-1).

TABLA 3.2.2-1 GRADO DE SEGURIDAD DE UNA ESTRUCTURA DE MAMPOSTERIA EN FUNCION DEL PERIODO DE RETORNO T.

FUENTE: RASCON, 1982

T (años)	Grado
0 - 10	1. Alta potencialidad de sufrir daños graves
10 - 20	2. Alta potencialidad de sufrir daños importantes
20 - 30	3. Baja potencialidad de sufrir daños importantes
Mayor de 30	4. Baja potencialidad de sufrir daños leves

Para que este método sea aplicable, se necesita verificar que el edificio cumpla con las siguientes condiciones:

- a) En cada planta, al menos el 75% de las cargas verticales estarán soportadas por muros ligados entre sí mediante losas corridas. Dichos muros deberán ser de mampostería de piezas macizas o huecas y estar reforzados con dalas y castillos;
- b) En cada nivel existirán al menos dos muros perimetrales de carga paralelos o que formen entre sí un ángulo no mayor de 20 grados, estando cada muro ligado por las losas antes citadas en una longitud de por lo menos 50% de la dimensión del edificio, medida en las direcciones de dichos muros;
- c) La relación entre longitud y anchura de la planta del edificio no excederá de 2.0 a menos que, para fines de análisis sísmico, se pueda suponer dividida dicha planta en tramos independientes cuya relación entre longitud y anchura satisfaga esta restricción;
- d) La relación entre la altura y la dimensión mínima de la base del edificio no excederá de 1.5 y la altura del edificio no será mayor de 13 m.

Suele suceder que las estructuras tienen la misma distribución de muros en cada piso, o que en la planta baja tienen menor longitud de muros que en las demás. En estos casos, si se cumplen las condiciones expuestas anteriormente, y si cada planta del edificio tiene la misma área, la revisión de la respuesta sísmica

mica se simplifica y agiliza, lográndose un método más rápido de evaluación.

3.2.3 Recomendaciones para revisar el comportamiento sísmico de casas de adobe

Debido a la frecuencia con que las viviendas de adobe se dan en las áreas rurales y suburbanas del D.F., es conveniente contar con un método de evaluación que considere particularmente a este tipo de construcciones que tienen ciertos materiales y formas de estructuración típicos (fig. 3.2.3-1).

El procedimiento al que se hace referencia (Bazán, 1980) toma en cuenta diversos aspectos del análisis sísmico, así como a las características de los materiales. Se adoptan algunas hipótesis relativas a la estructuración del techo, periodo de vibración y ductibilidad de la estructura, con el fin de simplificar el método. Sin embargo, dado que es poco probable que técnicos calificados se ocupen de revisar este tipo de inmuebles, se recomienda investigación adicional para simplificar aun más las pautas de evaluación de su vulnerabilidad ante sismos.

De hecho, el método se ha desarrollado hasta el grado de que sólo es necesario verificar ciertas reglas geométricas de fácil comprensión y aplicación que no implican conocimientos especializados; sin embargo, este desarrollo sólo incluye las regiones

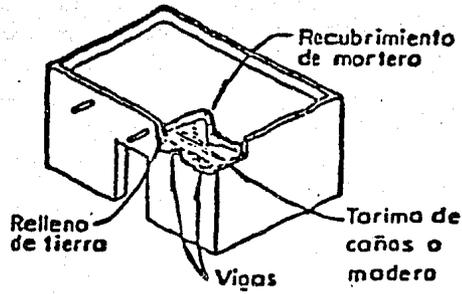
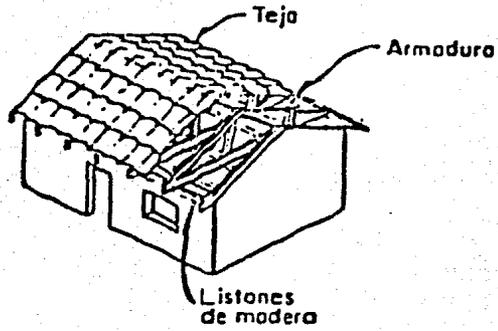


FIG 3.2.3-1 VIVIENDAS TÍPICAS DE ADOBE

de más alta sismicidad en la República (zonas C y D, fig 3.2.3-2) a las cuales no pertenece el D.F.

3.2.4 Procedimiento simplificado para estimar el riesgo de falla ante temblores de elementos no estructurales montados en edificios

La experiencia con temblores pasados ha demostrado que no sólo la estructura de un edificio puede ser afectada por un movimiento sísmico, sino también los tanques, pretilas, muros divisorios, tuberías, equipo eléctrico y mecánico y otros elementos que no forman parte del sistema estructural del edificio, pero que usualmente se encuentran unidos a él.

En algunos casos, se ha observado que la falla total de estos elementos, aun cuando los edificios que los alojaban resultaron prácticamente sin daños, resultando en grandes pérdidas económicas y, en ocasiones, de vidas humanas.

De hecho, los elementos no estructurales de un edificio son en su mayoría diseñados para desempeñar funciones diferentes a la de resistir fuerzas externas, lo cual los hace particularmente vulnerables a los impactos de los temblores.

Lo anterior justifica la necesidad del procedimiento simplificado para evaluar el riesgo de falla de los elementos no estructura



FIG 3.2.3-2 REGIONALIZACION SISMICA DE LA REPUBLICA MEXICANA

rales (Villaverde, 1982). Este se fundamenta en el hecho de que la respuesta sísmica sólo es significativa cuando una de las frecuencias naturales del elemento no estructural es cercana a una de las frecuencias naturales del edificio. Es válido para casos en que el elemento no estructural esté conectado al edificio que lo soporta, que la masa del primero sea considerablemente menor a la del segundo y que el elemento no estructural no haya sido explícitamente diseñado contra sismos.

Con el fin de contar con varias alternativas con grado de sofisticación diferente en la evaluación del riesgo en cuestión, este procedimiento se divide en tres niveles de análisis, cada uno de los cuales permite, de manera progresiva, mayor certidumbre en la estimación de dicho riesgo. El primer nivel permite identificar de una manera burda elementos no estructurales con gran riesgo de falla. El segundo ofrece similarmente la identificación de estos elementos con gran riesgo de falla, pero en base a un análisis más confiable. Por último, el tercer nivel recurre a la determinación aproximada de la respuesta sísmica del elemento no estructural para evaluar de una manera precisa si el elemento falla o no ante temblores dados.

Para efectos del procedimiento propuesto, los elementos no estructurales de un edificio se definen aquí como aquellos elementos que, aunque con características estructurales propias, no forman parte del sistema estructural principal del edificio que resiste las fuerzas externas que afectan a éste.

3.2.5 Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad de edificaciones

La evaluación particular de la vulnerabilidad ante sismos de edificios existentes enfrenta limitaciones de confiabilidad, debido a la dificultad de integrar en los métodos algunos aspectos del estado de una estructura, tales como defectos de estructuración o construcción, degradación de la resistencia de la estructura debido a la intemperización, asentamientos diferenciales, sismos anteriores, incendios, etc. Resulta pues conveniente, desarrollar un método que tome en cuenta estos aspectos, aún cuando, en primera instancia, sólo lo haga de manera cualitativa y con menor precisión de la que se obtendría con un método cuantitativo completo.

Para cumplir con estos requisitos, se identifican dos alternativas:

- a) Un procedimiento o guía de evaluación cualitativa consistente en un manual que uniformice algunos criterios y presente un formato único para el reporte de la evaluación, cuya aplicación sería hecha necesariamente por expertos o personal altamente capacitado;
- b) Un método para evaluaciones cualitativas que basado en tipificaciones de respuestas observadas en campo y laboratorio de un gran número de estructuras, proporcione índices numéricos, los cuales, combinados de acuerdo a

ciertos criterios preestablecidos, arrojen una calificación global de la respuesta esperada de la estructura ante el sismo de diseño reglamentario. Un método de esta naturaleza no requeriría de expertos para su aplicación, bastando personal adecuadamente capacitado.

A continuación se describe un ejemplo de la guía para la evaluación cualitativa (Aguerreberre, 1982 a)*.

Procedimiento

La evaluación cualitativa debe llevarse a cabo tanto en el sistema estructural como en cada sistema o componente no estructural, ya sea exterior o interior, basándose en el examen de documentación relativa al diseño, construcción e instalación, si se encuentra disponible y a la inspección 'in situ' del edificio.

La evaluación cualitativa del sistema estructural se inicia (fig 3.2.5-1) con la búsqueda de copias de planos estructurales y de la memoria de cálculos del edificio considerado. Las posibles fuentes para esta información son:

* El desarrollo de esta guía fue basada en la referencia: "Seismic Design Project", 1978. Un ejemplo del segundo método para evaluaciones cualitativas se puede consultar en: Culver, 1975.

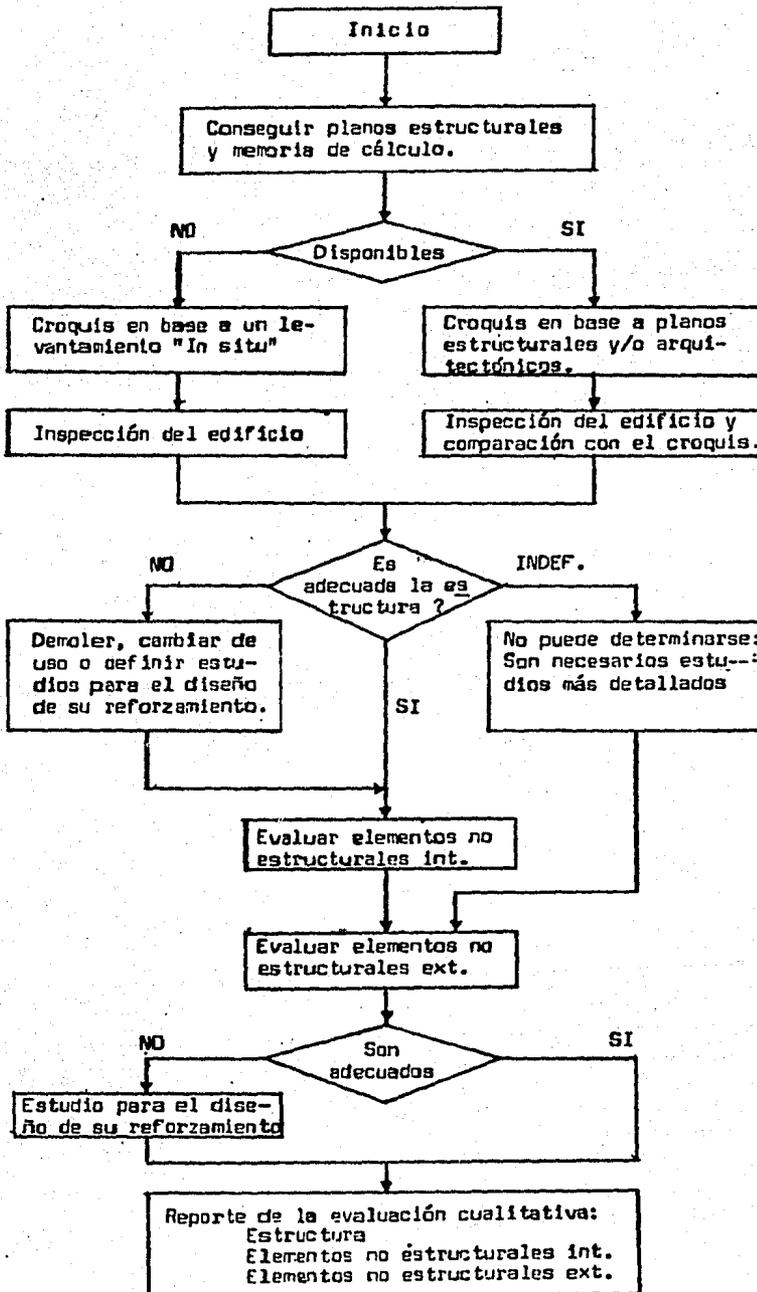


FIG. 3.2.5-1 PROCEDIMIENTO DE EVALUACION CUALITATIVA

1. Dueños del inmueble;
2. Arquitectos proyectistas;
3. Diseñadores estructurales;
4. Oficina de licencias de construcción de la delegación correspondiente;
5. Contratistas (constructores);
6. Proveedores (en algunos casos, durante la etapa de proyecto o construcción es necesario proporcionar los planos arquitectónicos o estructurales a proveedores o subcontratistas para que diseñen, cuantifiquen o presuesten su participación en la obra de que se trate).

Si se consiguen los planos, deberán identificarse de ellos los sistemas estructurales para cargas verticales y para horizontales, en cada una de las direcciones principales de estructuración y deberá hacerse un croquis de cada uno de ellos, incluyendo dimensiones de claros, altura de entresijos y secciones de elementos estructurales. A continuación deberá revisarse la geometría de la estructura, para detectar irregularidades que pudieran conducir a concentraciones de esfuerzos.

El siguiente paso es la inspección del sistema estructural, consistente en verificar que éste satisface las hipótesis e intenciones del diseñador. Compárese la geometría general de la estructura y las dimensiones de algunos elementos 'in situ' con las de los croquis. Cuando los acabados oculten los deta-

lles estructurales, remuévanse aquellos en lugares estratégicos.

Si no es posible conseguir planos estructurales (que es lo que es muy probable ocurrirá, a menos que se invierta un tiempo considerable en su búsqueda), el sistema estructural debe identificarse en el momento de la inspección, haciéndose un croquis del mismo. La preparación del croquis tomará más tiempo, pero a partir de ello, la evaluación será igual en ambos casos, es decir, se deberá proceder a la inspección del sistema estructural.

Los sistemas estructurales se considerarán inadecuados, cuando presenten alguna de las siguientes deficiencias:

1. El sistema estructural difiere significativamente del mostrado en los planos;
2. No puede ser definido un sistema estructural o éste es incompleto o inexistente;
3. Existen variaciones verticales de rigidez que tendrían un efecto perjudicial durante el sismo;
4. La configuración irregular en planta del edificio podría conducir a severos efectos torsionales durante un sismo;
5. Existe evidencia visual de deterioro de los materiales de la estructura;
6. El sistema estructural ha sido significativamente dañado por alguna de las siguientes causas:

- Fuego,
 - Sismo,
 - Asentamientos diferenciales,
 - Modificación de la estructura;
7. El edificio utiliza para resistir las cargas horizontales sólo un marco de concreto reforzado, cuyos elementos no han sido diseñados para garantizar una ductilidad adecuada;
 8. El edificio presenta una planta baja 'suave', diseñada antes de que las desventajas de ésta fueran conocidas, o su diseño reglamentado (1958);
 9. Las columnas de concreto reforzado están restringidas por muros en una parte de su altura, lo cual conduciría a una falla por cortante en vez de flexión, en caso de sismo (columnas cortas);
 10. El edificio emplea muros de cortante de mampostería o de concreto reforzado que carecen del acero de refuerzo suficiente para asegurar una respuesta sísmica adecuada;
 11. El edificio emplea muros de cortante de mampostería cuya densidad es insuficiente en algún nivel del edificio y, en alguna de las dos direcciones principales de estructuración;
 12. El edificio está compuesto de elementos prefabricados de concreto y las uniones son inadecuadas.

Si se encontró por lo menos una de las irregularidades anterioro

res, la estructura se considerará como vulnerable y, habiéndola inspeccionado de acuerdo a todo lo anterior, se deberá llegar a una de las siguientes conclusiones:

- a) El sistema estructural es adecuado y suficiente;
- b) El sistema estructural es inadecuado;
- c) La estabilidad ante sismo no se puede estimar en base a la evaluación cualitativa y es necesaria una evaluación más detallada.

La evaluación de componentes no estructurales consiste en la revisión de sus anclajes o uniones con la estructura en los detalles de los planos estructurales si se cuenta con ellos y en la inspección ocular.

Los componentes no estructurales exteriores que deben ser evaluados incluyen elementos de fachadas falsas, pretilas, adornos, marquesinas, voladizos y cualquier apéndice o revestimiento exterior.

Los componentes no estructurales interiores cuya vulnerabilidad debe ser evaluada incluyen equipo mecánico, lámparas, adornos y acabados que debido a su peso pudieran causar daños si durante un sismo se desprendieran, y aquéllas componentes por cuya falla pudieran bloquearse escaleras o salidas o provocarse un incendio o el escape de sustancias tóxicas.

El reporte de la evaluación cualitativa debe incluir un croquis con las dimensiones de los sistemas estructurales básicos que resisten las fuerzas sísmicas, secciones de miembros críticos, detalles de uniones típicas y cualquier otro detalle que se considere esencial para la respuesta sísmica satisfactoria. Si un sistema estructural o no estructural se declara adecuado, deberán especificarse en el reporte las razones en las que se apoya tal aseveración. Además, debe indicarse gráficamente la situación de los linderos del edificio para tener una idea de la peligrosidad que implica una eventual falla o caída de elementos estructurales o elementos no estructurales exteriores (por ejemplo, daños a transeúntes o edificaciones vecinas).

Si la estructura se declara inadecuada, deberán recomendarse medidas convenientes de mitigación, tales como cambio de uso, reforzamiento, reparación o demolición parcial o total y señalarse un tiempo límite para su realización, que dependerá de la importancia del edificio en cuestión, en cuanto a uso u ocupación potencial y de lo crítico de su estado.

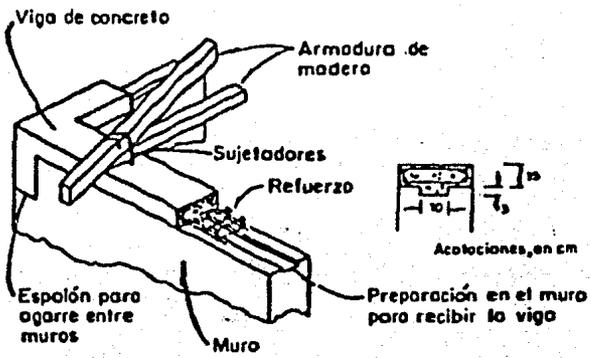
3.3 REFORZAMIENTO

La aplicación de los métodos de evaluación de la vulnerabilidad permiten calificar la seguridad estructural de un edificio y saber si es necesario el reforzamiento, ya sea de elementos no estructurales o estructurales.

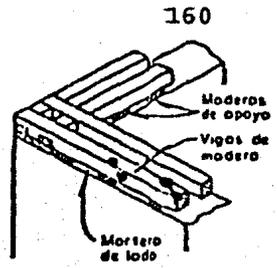
El diseño de un reforzamiento adecuado depende de cada caso particular y generalmente requiere de estudios de una profundidad mayor que la que se logra con los métodos de evaluación. Sin embargo, existen algunos criterios y soluciones típicos que pueden comentarse.

Por ejemplo, cuando un edificio de mampostería de hasta cuatro pisos resulta deficiente en su resistencia ante sismos, ésta puede incrementarse mediante la correcta ubicación de nuevos muros que proporcionen mayor rigidez a la estructura. Si el edificio no cuenta con refuerzos de concreto, será conveniente la construcción de castillos y cadenas en vanos y esquinas de muros perimetrales; el refuerzo horizontal de acero y los castillos ahogados serán más adecuados en algunos casos.

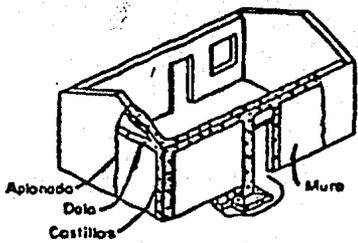
Cuando se trata de viviendas de adobe, las soluciones implican también varias posibilidades (Hernández, 1976).. La colocación de cadenas de concreto reforzado en el perímetro superior de los muros, los une, favoreciendo el trabajo de conjunto ante fuerzas laterales (fig 3.3-1a); dichos refuerzos, también deben construirse por lo menos en vanos de puertas (fig 3.3-1b). En algunas ocasiones, por disponibilidad del material, las cadenas perimetrales pueden hacerse con madera adecuadamente unida a los muros (fig 3.3-1c). La colocación de varillas de refuerzo como tensores en perímetro superior de los muros es otra alternativa (fig 3.3-1d). Finalmente, una última opción es el recubrimiento por ambos lados de los muros (perimetrales) con malla



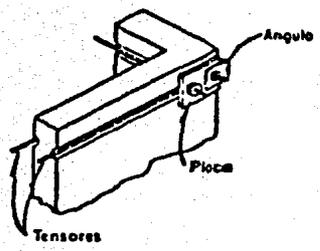
a . Refuerzo con viga cadena de concreto



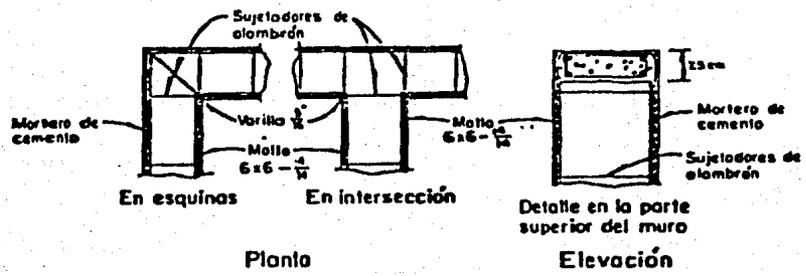
c . Refuerzo con viga de madero



b . Refuerzo con vigas y columnas de concreto



d . Refuerzo con tensores de acero



e . Recubrimiento de mortero sobre malla

FIG 3.3-1 REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS DE ADOBE

de acero (por ejemplo, 6x6-14/14), colocando una cadena superior para unir adecuadamente; la malla debe ser posteriormente repellada con mortero de cemento (fig 3.3-1e).

Las medidas de reforzamiento para los edificios de concreto reforzado (que son los más abundantes en nuestro medio) son más sofisticadas que en los casos anteriores y pueden ser desde desligar muros divisorios de la estructura o reforzar las uniones de elementos no estructurales, hasta el rediseño total del inmueble o la construcción de una estructura externa adicional para apuntalar la original (Del Valle, 1981).

El procedimiento general de diseño del reforzamiento, tanto en este caso como en el de estructuras de acero, es similar al del diseño inicial, salvo por el número menor de variables debido a las restricciones que imponen las características de la estructura existente. Como quiera que sea, es recomendable seguir algunos principios esenciales para el diseño sismo-resistente (Bertero, 1981):

1. El edificio y la estructura deben ser ligeros (evitando masas innecesarias);
2. El edificio y la estructura deben ser simples, simétricos y de forma regular en planta y elevación para evitar fuerzas torsionales significativas;
3. La estructura debe tener suficiente rigidez lateral inicial para evitar daños significativos bajo movimientos

sísmicos menores y moderados, y resistencia (estabilidad de resistencia y rigidez) bajo las inversiones repetidas de deformaciones que pudieran inducirse a través de un sismo intenso. Mientras más rígida sea la estructura, menos sensible será a la interacción de los componentes no estructurales interactuantes;

4. La estructura debe tener una distribución uniforme y continua de la resistencia, rigidez y ductibilidad;
5. La estructura debe tener el mayor número posible de lí-neas de defensa estructural, por ejemplo, puede estar compuesta de varios subsistemas estructurales dúctiles que interactúen o estén interconectados por elementos estructurales muy dúctiles (fusibles estructurales), cuyo comportamiento inelástico permita que la estructura encuentre un camino que se aparte de un estado crítico de respuesta dinámica;
6. Las estructuras deben detallarse de tal modo que el desarrollo de las deformaciones inelásticas se presente en zonas previstas;
7. Las estructuras deberán tener resistencia y rigidez balanceada entre miembros, conexiones y apoyos;
8. La resistencia y la rigidez del edificio en conjunto debe ser compatible con la resistencia y rigidez del suelo de cimentación.

3.4 USO DEL SUELO

Entre las medidas funcionales de mitigación, la planeación del uso del suelo se presenta como una alternativa que posibilita la disminución de la intensidad de los impactos sísmicos en inmuebles de gran importancia, ocupación o peligrosidad.

El conocimiento del subsuelo de la Ciudad y su respuesta a las ondas sísmicas ha permitido microrregionalizar el peligro sísmico estableciéndose zonas de diferente intensidad sísmica probable: las correspondientes a terreno firme, de transición y compresible (Ver fig 2.3.2-3), consideradas en el Reglamento de Construcciones del D.F.

De esta manera, si se tiene la libertad de construir, por ejemplo, una escuela, en alguna de las tres zonas, el criterio de mitigación de daños por sismo señalaría a la zona firme como la más adecuada para disminuir el riesgo, dado que en ella las aceleraciones máximas absolutas probables del terreno son menores que para las otras dos.

Es muy factible que el criterio de seguridad sísmica no sea el que prevalezca en una decisión como la que se ejemplifica. En general, la ubicación de servicios públicos suele tener condicionantes de mayor peso, como por ejemplo, la demanda.

Por otro lado, siempre será posible diseñar y construir un edi-

ficio para lograr una respuesta sísmica satisfactoria; sin embargo, parece lógico pensar que, a mayor intensidad sísmica, mayor será el costo de la estructura del edificio.

De cualquier forma, el criterio de mitigación sí puede ser aplicado a edificios de usos industriales con gran peligrosidad, abatiendo tanto el riesgo propio, como al que se ven expuestas las construcciones vecinas.

Para el mejor desarrollo de estas medidas, es conveniente, pues, actualizar y revisar la zonificación del D.F., según tipos de suelo, tomando en cuenta su respuesta sísmica. Al respecto, cabe mencionar que en 1978 la información geotécnica del D.F. fue nuevamente* analizada y actualizada (SMMS, 1978), aportándose datos estratigráficos de áreas donde antes habían sido escasos y de zonas urbanizadas recientemente. La zonificación surgida de este estudio (fig 3.4-1) no ha sido aun integrada al Reglamento de Construcciones.

* A raíz del sismo del 28 de julio de 1957, la revisión del Reglamento de Construcciones previó, por primera vez en México y apoyándose en experiencias foráneas, la inclusión del tipo de suelo en la selección de parámetros de diseño, el conocimiento de la estratigrafía ha mejorado desde entonces. La última versión incorporada al Reglamento data de 1970 y se basa en un estudio (Reséndiz, 1970) que densificó la información básica del centro de la Ciudad y presentó datos adicionales sobre las zonas perimetrales pétreas y las zonas Sur y Oriente, actualizando la zonificación original (de Marsal y Mazari, 1969).

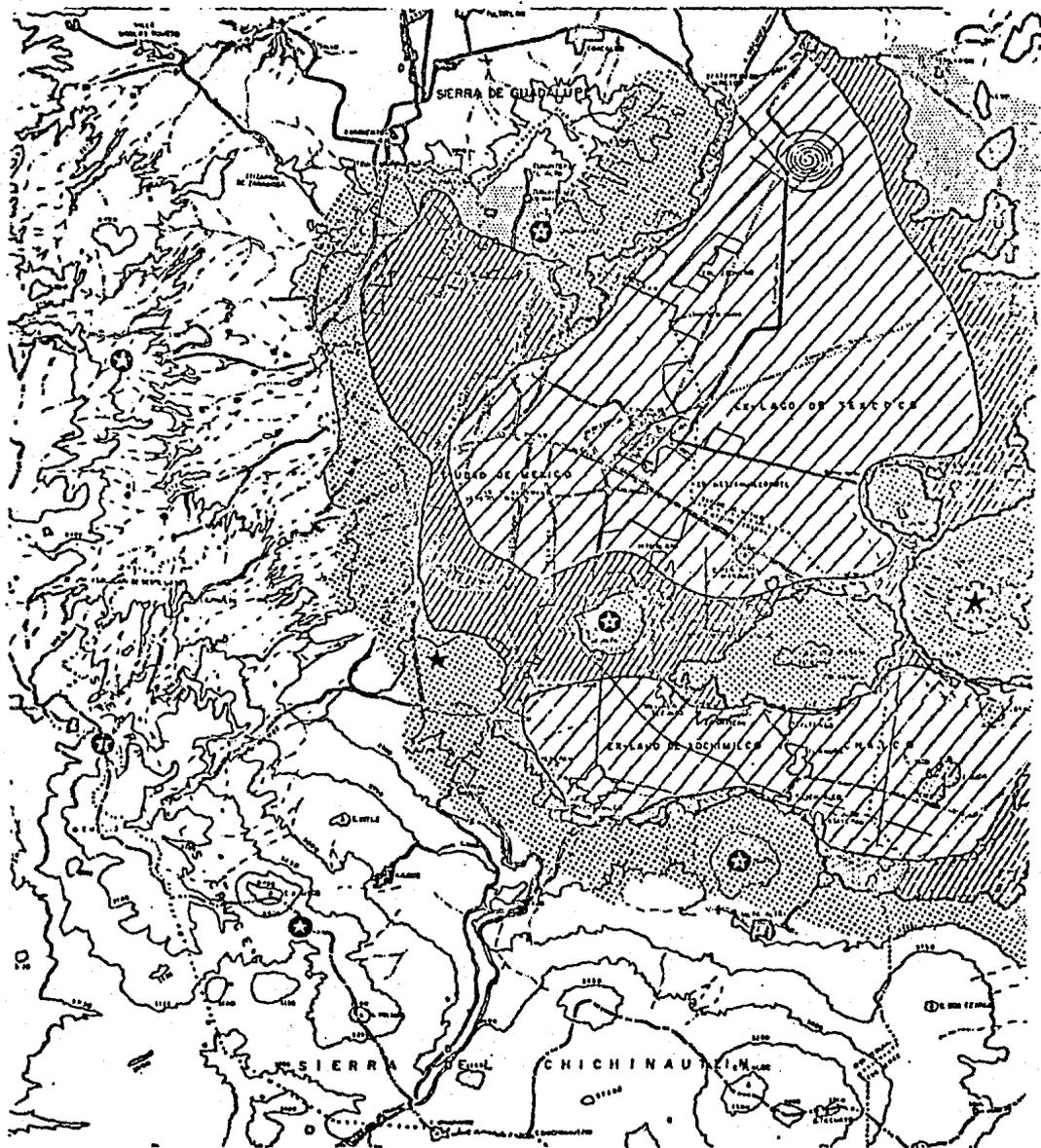


FIG 3.4-1 ZONIFICACION DE LA CIUDAD DE MEXICO Y ZONAS ALEDAÑAS SEGUN TIPO DE SUELO.

Otro aspecto importante relacionado con el uso del suelo, es la ubicación relativa de espacios abiertos (plazas y parques) con respecto a la población. Su relevancia se debe a su uso eventual como centros de reunión para evacuaciones preventivas y de emergencia debidas a sismo, así como para albergues provisionales durante la etapa de recuperación.

Es importante mencionar, finalmente, que la planeación del uso del suelo, incluyendo su regulación y control, puede ser mejor realizada si se cuenta con un inventario como el descrito en el inciso 3.2.

3.5 EDUCACION DE LA POBLACION

Uno de los aspectos más importantes de la mitigación de daños por sismo en la edificación lo constituye la cooperación consciente de la propia comunidad a la cual se desea salvaguardar.

Las medidas de mitigación tales como el reforzamiento de estructuras vulnerables, requieren ayuda de los ocupantes y dueños de inmuebles, tanto en las fases de inventario y evaluación de la vulnerabilidad (mediante gestos como permitir el acceso, facilitar planos arquitectónicos y estructurales, etc), como en la fase propia del reforzamiento (a través de la búsqueda de mecanismos de financiamiento que hagan viable la ejecución de las obras pertinentes, por ejemplo).

Sin embargo, es en la realización de las medidas funcionales de mitigación, esto es, en aquéllas que no modifican la estructura o las componentes no estructurales de un edificios, donde la participación de la población es totalmente indispensable.

Excluyendo los colapsos totales (ya que estos son cada vez menos frecuentes gracias a los reglamentos de construcción moderna), las principales causas de daños humanos debidos a sismos son:

1. Falla de muros de relleno exteriores, caída de pretilés, recubrimientos pesados o fachadas falsas;
2. Caída de vidrios producto de la rotura de ventanas y cancelos (sobre todo de edificios altos);
3. Caída de libreros, vitrinas y mobiliario similar u objetos puestos sobre ellos;
4. Incendios debidos a fugas de gas (agravados por la carencia de agua debida a la rotura de tubería);
5. Caída de cables y postes de luz (líneas de energía eléctrica, transformadores, etc);
6. Conductas humanas irracionales, drásticas o precipitadas causadas por el pánico.

El daño debido a estas causas puede ser evitado en gran parte siguiendo algunas reglas elementales de comportamiento y tomando algunas medidas prácticas antes, durante y después del sismo. La participación de la población puede estimularse difundiendo

Los siguientes consejos, previa información histórica de los daños que los sismos pueden y han causado.

ACCIONES ANTES DE UN SISMO

Como ciudadano:

- a) Apoye y exija el cumplimiento del Reglamento de Construcciones principalmente en lo referente a diseño sísmico de estructuras;
- b) Apoye los programas oficiales encaminados al aumento de la seguridad sísmica, así como los planes de emergencia;

En su casa:

- a) Si su casa es de adobe o tabique sin refuerzos (dadas y castillos) o presenta grietas o fallas en la estructura, consulte a las autoridades competentes o a técnicos autorizados y realice las medidas que se le recomienden, por su seguridad y la de su familia;
- b) Si va a realizar modificaciones o a remodelar su casa afectando muros, columnas o vigas, haga uso de los servicios de profesionistas autorizados y constructores competentes;
- c) Realice una revisión en su hogar y asegúrese de lo siguiente:

- que los calentadores y aparatos de gas queden firmes

- mente anclados a muros, pisos y/o techo, pues la rotura de las tuberías de gas son causa frecuente de incendios durante sismos. Use conexiones flexibles;
- que los objetos grandes y pesados queden en las partes bajas de los armarios, closets y libreros;
- d) Asegure la casa y sus bienes contra el riesgo de temblores e incendios. Adquiera una póliza adecuada después de comparar las que se ofrecen en el mercado de seguros;

ACCIONES DURANTE UN SISMO

No permita que el pánico se apodere de Ud. o de su familia al sentir el temblor. Actúe de la manera siguiente:

- no corra hacia afuera, la mayoría de los accidentes ocurren al pretender entrar o salir de los edificios;
- no use el elevador;
- retírese de las ventanas, puertas exteriores, espejos, chimeneas, cancelas de vidrio, candiles, libreros;
- en el exterior, muévase a áreas descubiertas alejadas de edificios altos, bardas, postes de energía y luz o estructuras derrumbables. No corra por las calles;
- si maneja, pare en un lugar despejado o lejos de edificios y permanezca en el automóvil.

ACCIONES INMEDIATAMENTE DESPUES DE UN SISMO

- a) Proporcione primeros auxilios a su familia y a la gente que se encuentre a su alrededor. No mueva heridos graves a menos que haya el peligro de colapsos adicionales. Suministre respiración de boca a boca y ayuda contra shock y hemorragias;
- b) Busque y detecte fugas de gas e incendios. No use cerillos o fuego, aún al aire libre. Use linterna de pilas únicamente;
- c) Si detectó fugas de gas:
 - abra todas las puertas y ventanas,
 - no use conmutadores ni aparatos eléctricos,
 - cierre la llave principal del gas ubicada en el medidor,
 - limpie líquidos inflamables derramados,
 - abandone la casa inmediatamente,
 - notifique a la policía y bomberos;
- d) Si las líneas de gas y electricidad no están averiadas, NO corte los servicios de agua y electricidad;
- e) Si el abastecimiento de agua ha sido interrumpido, puede obtenerla del calentador, caja del W.C., derritiendo hielo del que disponga o de las latas de vegetales;
- f) Asegúrese de que el drenaje (instalaciones sanitarias) de su casa funciona antes de seguir usando los W.C.;
- g) Revise sus existencias de comida y consuma primero los alimentos de fácil descomposición. Mantenga cerrada la

puerta de su refrigerador;

- h) Cuando abra closets, armarios y alacenas, hágalo con cuidado, ya que los objetos en su interior pueden caer es-trepitosamente;
- i) Sólo use el teléfono para reportar verdaderas emergencias; evite congestionar las líneas;
- j) Encienda el radio para escuchar el reporte de daños y atienda a las instrucciones de emergencia. No propague rumores;
- k) Tenga a mano y tome sus medicamentos habituales (corazón, diabetes, etc);
- l) No haga viajes innecesarios en coche. Mantenga las calles disponibles para el tránsito de vehículos de emergencia;
- m) No se acerque a zonas de deslaves o derrumbes de tierra, particularmente si ha llovido;
- n) Al reanudar la marcha en un vehículo, esté atento a posi- bles peligros creados por el temblor: cables caídos, acci- dentes, derrumbes, escombros, etc;
- o) Esté preparado para nuevos temblores (réplicas sísmicas). Aún cuando en general estos son menores, pueden llegar a causar daños adicionales. Durante ellos, manténgase a los pequeños con sus padres para evitar traumas psicológicos;
- p) Acuda a los llamados de ayuda de la policía y organismos especializados en emergencias, pero no se acerque a las áreas dañadas a menos que su ayuda haya sido requerida.

La difusión de las recomendaciones anteriores puede hacerse a través de diferentes medios, como radio, televisión, cine, periódicos y revistas, etc. Sin embargo, por su extensión, sería conveniente seleccionar las medidas más importantes, o bien, formar ciertos grupos de ellas buscando su adecuación a los diferentes medios de comunicación.

En varios países es común incluir en las primeras páginas del Directorio Telefónico algunos de los principales consejos expuestos (fig 3.5-1). También es útil promocionar el uso de servilletas o manteles individuales desechables impresos con figuras que ilustren el comportamiento debido en caso de sismo; por ejemplo, en los restaurantes y cafeterías más populares.

Algo semejante puede hacerse en otro tipo de lugares públicos como cines o teatros, por ejemplo, con los vasos de refrescos y bolsas de golosinas, indicando en ellos cómo actuar en esos sitios durante un sismo. Este tipo de campañas deben ser esporádicas, pues suele suceder que la atención del público se pierde cuando son muy largas o constantes; sin embargo, es necesario que cada vez que se realicen, sea en forma intensiva.

Por otro lado, dado que México es una ciudad con mucho turismo, tanto nacional como extranjero, es conveniente que en los cuartos de los hoteles, ya sea junto a la papelería usual o a un lado del documento oficial de tarifas, se coloque una hoja impresa llamativa, con los lineamientos de conducta durante sis-

QUE HACER EN CASO DE UN TEMBLOR DE GRAN MAGNITUD

ALGUNAS FORMAS DE PROTEGERSE USTED Y SU FAMILIA

El Departamento del Distrito Federal ha tomado medidas para la protección de la ciudad ante temblores. Sin embargo, para disminuir las pérdidas humanas y materiales en caso de un sismo de gran magnitud, debemos estar preparados. Esperamos considere usted seriamente los consejos que aquí se presentan.

ANTES DEL TEMBLOR



Asegure los muebles altos, como libreros, a las paredes y retire los objetos de arriba de ellos.



Prepare un botiquín de emergencia y tenga a mano una lámpara y un radio de pilas.



Plátique con su familia sobre que hará cada quien en caso de un temblor muy fuerte y donde se reunirán si no estuvieran juntos en el momento del sismo.



Inspeccione estufas y calentadores alejando cualquier sustancia combustible de su alrededor.



Revise muros y columnas de su casa. Si observa grietas, consulte a un estructuralista.



Organice simulacros de emergencia con sus vecinos. Localice las áreas descubiertas más cercanas a su domicilio.

DURANTE Y DESPUÉS DEL TEMBLOR

La peor sacudida habrá terminado en alrededor de un minuto; manténgase tranquilo y siga los siguientes consejos.



Protéjase en el marco de una puerta o bajo una mesa.



Apague estufas y calentadores.



Apague cualquier conato de incendio. No se altere al ver las llamas actúe rápidamente para extinguirlas. (use agua, arena, etc.)



No corra hacia las salidas.



Abra una puerta como salida de emergencia. Las puertas pueden trabarse por efectos del sismo.



No use elevadores, pues pueden pararse entre dos pisos si se corta la energía eléctrica.



Si se encuentra en exteriores, aléjese de edificios y bardas hacia lugares descubiertos.



Escuche la radio para informarse en relación al temblor. No haga caso de rumores.

FIG 3.5.1 EJEMPLO DE DIFUSION AL PUBLICO A TRAVES DEL DIRECTORIO TELEFONICO

mos en, por lo menos, los idiomas español e inglés. Parece ser usual en el D.F., que la gente más perturbada por los movimientos telúricos sea la que no reside aquí, es por ello que los titulares de los periódicos, posteriores a sismos, mencionan casi siempre el pánico en los hoteles. El hecho de que los hoteles más altos se encuentren en la zona de suelo blando agrava la situación*.

Otro tipo de edificios que requieren consideración particular son las escuelas e instituciones educativas en general. En ellas, además de las recomendaciones generales respecto a la estructura y su mobiliario e instalaciones auxiliares (gas, agua, electricidad, etc), deben diseñarse planes específicos de acción y simulacros (por lo menos uno al principio de cada año escolar) que consideren la situación psicológica especial en la que se encontrarían los niños en ausencia de sus padres durante un temblor importante.

Existen numerosas situaciones que pueden requerir de la planeación y organización previa y de la práctica general de simulacros, dependiendo todo ello de la función del inmueble, hora del día, movilidad de los ocupantes, etc. Algunos ejemplos son:

* Las estructuras altas tienen un periodo de vibración que puede hacerlas entrar en resonancia con la respuesta de los suelos blandos a las ondas sísmicas, provocando oscilaciones grandes que alarman mucho a los ocupantes.

hospitales, guarderías, asilos, cárceles, estadios, etc. A estos aspectos debe concedérseles suficiente importancia si se desea contar con medidas integrales de mitigación.

4. INSTRUMENTACION: POLITICAS Y PROGRAMAS

De acuerdo con el esquema general y con el de planeación de la mitigación presentados en el Cap. 1 (inciso 1.5.3), en la etapa de instrumentación las soluciones elaboradas y seleccionadas anteriormente se transforman en planes con los objetivos de conducción explícitos, así como políticas y programas que permitan su adecuada implantación.

Este capítulo se dedica a realizar la instrumentación en su primera aproximación especificando los objetivos, las políticas y programas adecuados para el logro de las soluciones recomendadas en el capítulo anterior, resolviendo así los problemas identificados en el Capítulo 2.

En la etapa de instrumentación está también contemplada la estimación de los recursos; sin embargo, en este trabajo, se presentación

ta sólo un esbozo de ciertos aspectos de dicha estimación*, dejando la cuantificación detallada y completa para aproximaciones de ciclos futuros del proceso de planeación.

4.1 PLAN DE MITIGACION DE LA EDIFICACION ANTE SISMOS

En el Cap. 1 se planteó a la edificación de las ciudades como el objeto principal de la mitigación ante sismos. Esto tiene su justificación en: a) su alta vulnerabilidad a los impactos de sismos; b) la peligrosidad que sus daños representan tanto para la población, como para el funcionamiento normal de los sistemas de subsistencia; c) la dependencia que tienen la mayoría de los sistemas de subsistencia con la edificación.

De esta forma, el Plan de Mitigación de la Edificación del D.F. ante Sismos constituye la herramienta fundamental para lograr la disminución de los daños probables.

Es importante señalar, que las medidas de mitigación de la edificación ante sismos han venido realizándose desde hace tiempo en el D.F., principalmente después del sismo de julio de 1957, cuando se desarrolló un nuevo reglamento de construcciones que mejoró sustancialmente el diseño ante sismos. Sin embargo, si bien los aspectos de diseño han sido cubiertos por el Reglamento, no existe un mecanismo eficiente para verificar si las construcciones, durante su vida útil, siguen cumpliendo con las normas de resistencia ante sismos (por ejemplo, para el caso en

*Algunas de estas estimaciones se presentaron en el Cap 3, en relación con el inventario de la edificación.

que la seguridad de una construcción ha sido disminuida por asentamientos diferenciales, deterioro por vejez, mal mantenimiento, etc).

Por lo anterior, este plan busca principalmente la elaboración de cursos de acción que permitan tanto la evaluación del estado actual de la edificación y su reforzamiento en los casos necesarios, como fortalecer la revisión y el mejoramiento del Reglamento y normas de diseño y uso del suelo, de acuerdo a los avances en el área, como un proceso permanente.

La formulación del Plan se hace a través de:

1. *Objetivo*, que define la función del plan en la conducción del sistema hacia el logro del estado deseado;
2. *Políticas*, que especifican los principios y lineamientos que orientan y/o restringen los cursos de acción para lograr el cambio controlado del objeto conducido;
3. *Estrategia*, que establece los cursos de acción a través del planteamiento de objetivos parciales;
4. *Programas*, que especifican el conjunto de acciones en el tiempo, orientadas a cumplir los objetivos parciales.

El desarrollo del Plan de Mitigación para la Edificación del D.F. ante Sismos, incluyendo sus objetivos, políticas, estrategias y programas, se presenta a continuación.

4.1.1 Objetivos, políticas y estrategia global del plan

El objetivo fundamental de este plan es proporcionar al SIPROR (Cap 1) las alternativas de acción para lograr la mitigación de los impactos de los sismos en la edificación del D.F.

El planteamiento de las actividades necesarias para lograr este objetivo, está determinado por las condiciones específicas* del espacio urbano de la Ciudad de México y su funcionamiento, lo que da lugar a las siguientes políticas que norman el Plan:

- Considerar el contexto socio-económico y político, así como los objetivos globales de desarrollo del D.F.,
- Estimular la participación activa de las autoridades, los particulares y de la población en general, para la detección y reporte de daños y condiciones inseguras en la edificación,
- Inducir, de manera prioritaria, el cambio progresivo hacia condiciones de mayor seguridad de la edificación, atendiendo especialmente a las edificaciones de los servicios de soporte de vida, así como a las de alta ocupación,
- Fundamentarse en el conjunto de disposiciones legislativas y reglamentarias pertinentes a la edificación, y en

* Por ejemplo, la gran extensión de la mancha urbana y su alta densidad de población, la diversidad de organismos públicos y descentralizados que en ella se alojan, y la complejidad de su aparato administrativo.

general las referentes al ambiente físico y al espacio urbano de la Ciudad,

- Contemplar la integración de las actividades del Plan con las de los restantes planes de mitigación, así como con los de prevención, rescate y recuperación.

De acuerdo con el objetivo general y bajo las restricciones y criterios planteados por las políticas, la estrategia global del Plan consiste en el logro de los siguientes objetivos específicos:

1. Modificar las relaciones entre el sismo y la edificación, reduciendo las incidencias de los impactos;
2. Disminuir la susceptibilidad al daño por sismo en la edificación actual y futura del D.F.;
3. Impedir la integración de los impactos agregados del sismo debidos a la edificación.

La consecución de estos objetivos se persigue mediante los dos grupos de actividades mencionadas en el Cap 3 (tabla 4.1.1-1), de reforzamiento estructural y de modificación funcional, que, a su vez, comprenden las siguientes actividades específicas:

- Estimación del peligro sísmico,
- Levantamiento del inventario de la edificación,
- Evaluación de la vulnerabilidad,
- Reforzamiento de edificios vulnerables,

FIG 4.1.1-1 ACTIVIDADES DE MITIGACION ANTE SISMOS PARA LA EDIFICACION

<p>OBJETIVOS ACTIVIDADES</p>	<p>MODIFICAR LAS RELACIONES ENTRE EL SISMO Y LA EDIFICACION, REDUCIENDO LAS INCIDENCIAS DE LOS IMPACTOS</p>	<p>DISMINUIR LA SUSCEPTIBILIDAD AL DAÑO POR SISMO EN LA EDIFICACION ACTUAL Y FUTURA DEL D.F.</p>	<p>IMPEDIR LA INTEGRACION DE LOS IMPACTOS AGREGADOS DEL SISMO DEBIDOS A LA EDIFICACION</p>
<p>DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACION</p>	<p>Cimentaciones especiales; por ejemplo, sistemas colgantes que limitan las acciones sísmicas</p>	<p>Revisión y reforzamiento de edificios débiles o dañados</p>	<p>Modificación o reforzamiento de la estructura de edificios prioritarios; por ejemplo, los de alta ocupación (escuelas, hospitales, etc)</p>
<p>DE MODIFICACION FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE SUBSISTENCIA Y DE SUS RELACIONES CON LA POBLACION</p>	<p>Regulación del uso del suelo; por ejemplo, localizar los nuevos desarrollos urbanos en las zonas de menor peligro sísmico</p>	<p>Mantenimiento, por ejemplo, la conservación de la pintura anticorrosiva en estructuras de acero</p>	<p>Cambio de uso de edificaciones vulnerables</p>

- Revisión y reglamentación de la construcción y el uso del suelo,
- Educación de la población.

De esta manera, la instrumentación, a través del Plan de Mitigación de la Edificación del D.F. ante Sismos, implica el establecimiento de los siguientes programas (tabla 4.1.1-2):

- Programa permanente de evaluación del peligro sísmico, el cual tiene como finalidad la revisión y actualización de las predicciones de intensidades sísmicas en el D.F.;
- Programa de levantamiento del inventario de la edificación del D.F., que busca sentar las bases para la evaluación de la vulnerabilidad de la edificación;
- Programa de evaluación de la vulnerabilidad de la edificación del D.F., para determinar el grado de seguridad de las construcciones;
- Programa de reforzamiento de la edificación, que determina las acciones necesarias para mejorar las condiciones de seguridad de las construcciones que así lo requieran, así como alentar su realización por todos los medios disponibles: legislativos, financieros, administrativos, etc;
- Programa de revisión de las normas y prácticas de uso del suelo, que pretende reglamentar el asentamiento de construcciones en suelos de alta peligrosidad sísmica;
- Programa permanente de revisión y actualización del Reglamento de Construcciones y sus normas técnicas comple-

TABLA 4.1.1-2 CONTRIBUCION DE LOS PROGRAMAS AL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS

PROGRAMAS \ OBJETIVOS	1. MODIFICAR LAS RELACIONES ENTRE EL SISMO Y LA EDIFICACION REDUCIENDO LAS INCIDENCIAS DE LOS IMPACTOS	2. DISMINUIR LA SUSCEPTIBILIDAD AL DAÑO POR SISMO EN LA EDIFICACION ACTUAL Y FUTURA DEL D.F.	3. IMPEDIR LA INTEGRACION DE LOS IMPACTOS AGREGADOS DEL SISMO DEBIDOS A LA EDIFICACION
Programa permanente de evaluación del peligro sísmico	*	*	*
Programa de levantamiento del inventario de la edificación del DF	+	*	*
Programa de evaluación de vulnerabilidad de la edificación del DF	-	*	+
Programa de reforzamiento de la edificación	-	*	*
Programa de revisión de las normas y prácticas de uso del suelo actual y futuro	*	*	*
Programa permanente de revisión y actualización del Reglamento de Construcciones y sus normas técnicas complementarias	+	*	*
Programa de fomento de participación de la comunidad	+	+	*
Programa de desarrollo e implementación de medidas funcionales de mitigación	*	-	*
Programa de capacitación de personal	*	*	*

* INDISPENSABLE
 + IMPORTANTE
 - NO RELEVANTE

- mentarias, que busca auspiciar nuevos desarrollos en el área e integrarlos, así como adaptar el Reglamento y sus normas a las condiciones cambiantes de la Ciudad;
- Programa de desarrollo e implantación de medidas funcionales de mitigación*, que otorga los lineamientos para la suspensión de servicios y procesos peligrosos, así como para la evacuación de la población en caso necesario;
 - Programa de fomento de la participación de la comunidad, que intenta despertar el interés de la población para lograr su colaboración consciente;
 - Programa de capacitación de personal, para proporcionar los cuadros adecuados para la realización de los restantes programas.

A continuación se presentan algunos lineamientos para el desarrollo e implantación de estos programas.

4.1.2 Programa permanente de evaluación del peligro sísmico

El objetivo de este programa es la revisión y actualización de las situaciones del peligro sísmico, así como el reforzamiento de la investigación de campo y la intensificación del registro sistemático de los nuevos eventos sísmicos y sus consecuencias.

* Por la importancia que el uso del suelo tiene en los aspectos de mitigación, se optó por desarrollar un programa especial, separado del resto de las medidas funcionales.

Para ello deben contemplarse los siguientes subprogramas:

- a) Subprograma de aplicación de la Red Sismológica (Sismométrica) local y nacional; este subprograma busca lograr una instrumentación más densificada, que contribuirá a una mayor comprensión del fenómeno sísmico y de sus efectos, así como a mejorar la información para realizar la evaluación del peligro sísmico*;
- b) Subprograma de actualización del catálogo de sismos, que busca la incorporación de la nueva información, contribuyendo así a una mayor confiabilidad en la estimación del peligro sísmico local.

Es importante señalar que los catálogos que existen en la actualidad sólo contemplan la información básica sobre la ocurrencia de los sismos (fecha, hora, localización del epicentro, profundidad del foco y magnitud Richter)**. Sin embargo, sería conveniente anexar, especialmente para la Ciudad de México, la intensidad local del sismos (esto es, aceleración y velocidad máximas del suelo);

* Una propuesta sobre el mejoramiento de la red sismométrica en el Distrito Federal se presenta en: Mena, 1981.

** Figueroa, 1971.

- c) Subprograma* de establecimiento del registro de daños; que busca, por un lado, la recolección de la información sobre efectos y daños de los sismos en el pasado, y por otro, la elaboración sistemática de informes sobre los nuevos daños y sus posibles causas;
- d) Subprograma de actualización de la zonificación por tipo suelo del D.F., que busca integrar y analizar la nueva información sobre la estratigrafía local, tomando en cuenta su respuesta ante sismos, con el fin de mejorar la selección de los parámetros de intensidad para diseño;
- e) Subprograma de investigación en ciencias de la tierra (geología, geofísica, etc) y sismología, que busca fomentar el estudio del origen, transmisión y efectos de los sismos, así como adaptar los resultados para su uso práctico;
- f) Subprograma de investigación sobre precursores de los sismos, con el fin de elaborar pronósticos a corto plazo, que permitan la realización de medidas funcionales de mitigación, tales como evacuación de la población, suspensión de procesos peligrosos, etc;

* Este subprograma se incluye con el fin de completar la información sobre ocurrencias de sismos, así como facilitar el análisis de la susceptibilidad al sismo de diferentes sistemas de subsistencia a nivel microrregionalizado. Finalmente, esta información puede ser usada para determinar las tendencias de los daños y la eficacia de las medidas de mitigación, además de permitir la elaboración y ajuste de escalas subjetivas de medición de la intensidad de los sismos.

- g) Subprograma de desarrollo de modelos, que busca fomentar la investigación y la elaboración de métodos y/o modelos de pronóstico de sismos a corto, mediano y largo plazo;
- h) Subprograma de revisión y mejoramiento de las evaluaciones del peligro sísmico en el D.F., para integrar la nueva información y conocimiento resultante de los demás subprogramas.

La responsabilidad por la implantación del Programa Permanente de Evaluación del Peligro Sísmico, corresponde al Organismo Central Coordinador (Comisión Coordinadora) que encabeza el SIPROR, y para su realización debe contar con el apoyo de los diferentes centros e institutos de investigación relacionados con aspectos sísmicos.

4.1.3 Programa de levantamiento del inventario de la edificación del D.F.

El objetivo fundamental de este programa es determinar el número total de construcciones existentes en el D.F., su tipo y características, proporcionando una base sólida para la evaluación de su vulnerabilidad ante sismos.

Tomando en cuenta la imposibilidad de levantar un inventario detallado en corto tiempo y la necesidad de contar a la brevedad posible con información, es necesario considerar la realización de inventarios con diferente nivel de agregación de in-

formación:

- Información general, que proporciona características globales de la edificación del D.F., como son número total de edificaciones, su ubicación, número de pisos, etc;
- Información estadística, que utiliza la obtenida en los censos (poblacionales, industriales, etc), completada por muestreos;
- Información detallada, que presenta las características particulares de cada construcción, constituyendo el objetivo deseado del inventario.

Debido a que la recopilación de información detallada es una labor que lleva largo tiempo*, al final del periodo de captura, la composición de la edificación se habrá modificado por el crecimiento normal de la Ciudad, por lo que es necesario realizar proyecciones que contengan la información general sobre estas variaciones.

Así, se establecen cuatro subprogramas, que forman parte del Programa de levantamiento del inventario de la edificación del D.F.:

- a) Subprograma de estimación de las características generales de la edificación, a través de fotografías aéreas y

* Las estimaciones del inciso 3.1 sugieren un lapso de 10 años.

muestreos;

- b) Subprograma de integración de la información censal, que busca completarla a través de muestreos*;
- c) Subprograma de levantamiento del padrón de la edificación, que busca obtener la información detallada de cada construcción en particular;
- d) Subprograma de pronóstico de las características de la edificación, para elaborar las proyecciones de la composición y ubicación de la edificación en la Ciudad, a partir de los resultados de los tres subprogramas anteriores.

Es importante señalar que los subprogramas mencionados sólo pretenden cubrir las características de las edificaciones relevantes a los sismos, y que su análisis ante otras calamidades puede dar lugar a nuevos subprogramas, o a la ampliación de los presentados.

La responsabilidad por la ejecución de estos programas es del Organismo Central Coordinador (Comisión Coordinadora), el que puede delegarla a las 16 delegaciones y a los organismos conductores de los sistemas de subsistencia que poseen conducción condensada. De esta forma, al Organismo Central Coordinador le corresponde organizar y coordinar el levantamiento del inventario, así como su integración, uso y difusión.

* Además, se prevé la posibilidad de incluir preguntas específicas sobre la edificación en el censo de población de 1990 y otros.

4.1.4 Programa de evaluación de la vulnerabilidad de la edificación

Este programa busca, utilizando la información del inventario de la edificación del D.F., determinar la susceptibilidad de las construcciones al daño por sismo, en dos niveles:

- Nivel general, que evalúa la propensión al daño de las diferentes zonas* de la Ciudad;
- Nivel particular, que evalúa la resistencia de una determinada construcción ante los eventos sísmicos.

El primer nivel, permite establecer las prioridades de acción (tácticas) y estimar los recursos necesarios para la realización de la evaluación en las diferentes zonas. Con este fin, puede utilizarse el Método de Evaluación Masiva (Apéndice B), cuyos resultados se muestran en el inciso 2.3.2, junto con un análisis de los daños debidos a sismos pasados en la Ciudad.

Además, es necesario definir el orden en que deben ser considerados los diferentes edificios en cada zona. Teniendo en mente las políticas planteadas en el inciso 4.1.1, para obtener una mayor seguridad en un menor tiempo, se establece la siguiente secuencia de evaluación particular (edificios de):

* En una primera aproximación las zonas pueden ser las delegaciones, y en futuras etapas, llegar hasta nivel de colonias, celdas, etc.

- Organismos Especializados en Emergencias, en los que se debe evaluar no sólo su vulnerabilidad, sino también la de los edificios colindantes*;
- Servicios de Soporte de Vida, cuyo caso es similar al de los Organismos Especializados en Emergencias;
- Edificios administrativos de interés vital, tales como Palacio Nacional, residencia presidencial y otros que así se consideren;
- Sistemas Vitales;
- Sistemas de Apoyo;
- Sistemas Complementarios.

Para las edificaciones de los tres grupos de sistemas de subsistencia que no pertenecen a los tres primeros casos, existen la importancia, ocupación, peligrosidad y vulnerabilidad**, como criterios adicionales que, combinados, permiten asignar su prioridad a cada edificio. La información que requiere esta asignación la provee el inventario propuesto.

* Dado que la operación de estos organismos es indispensable en caso de desastre, es necesario prever la posibilidad de que daños en su cercanía impidan la realización de sus funciones, por ejemplo, al cerrar las vías de acceso con escombros.

** La vulnerabilidad a la que se hace alusión, no es la resultante de la evaluación particular, ya que lo que se pretende es precisamente establecer el orden de evaluación. Aquí se trata de la vulnerabilidad que, en base a la experiencia, puede deducirse del arreglo general de la estructura o de la evidencia visual de deterioro. Estos aspectos pueden observarse durante la etapa de inventario o mediante una evaluación cualitativa previa.

Finalmente, para el nivel particular, se recomienda el uso de los métodos presentados en el capítulo anterior (Cap 3), los cuales se complementan entre sí. El diagrama de la fig 4.1.4-1 muestra la secuencia para seleccionar el método de evaluación adecuado en cada caso, utilizando información procedente del inventario de la edificación.

La responsabilidad por esta evaluación, corresponde a los organismos conducentes de cada sistema de subsistencia, en lo que respecta a su propia edificación; sin embargo, el Organismo Central Coordinador (Comisión Coordinadora) deberá tomar y supervisar la realización* y mantener un registro de los resultados.

4.1.5 Programa de reforzamiento de la edificación

Este programa busca determinar las necesidades específicas de reforzamiento de las construcciones que resulten peligrosas de acuerdo con los resultados del nivel particular del Programa de Evaluación de la Vulnerabilidad de la Edificación, y está constituido por tres subprogramas principales:

* En el caso de sistemas de subsistencia con conducción dispersa, la responsabilidad debe corresponder a la organización que los represente; en casos en que no exista ésta (por ejemplo, Sistema de Vivienda), la responsabilidad recae sobre las entidades administrativas del DDF, (por ejemplo, las delegaciones).

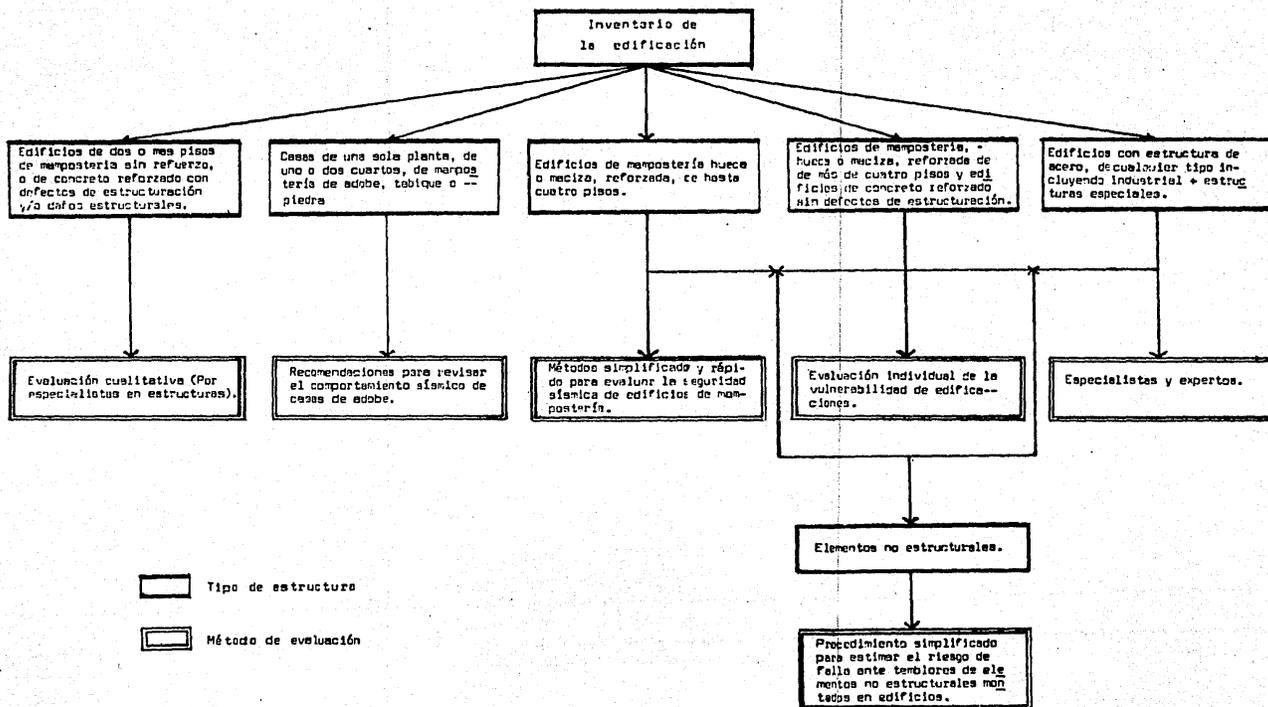


FIG 4.1.4-1 SECUENCIA PARA LA SELECCION DEL METODO DE EVALUACION PARTICULAR DE LA VULNERABILIDAD ANTE SISMOS

- a) Subprograma de determinación de las medidas de reforzamiento, que establece las acciones indispensables para garantizar la resistencia mínima requerida* del edificio considerado. Este subprograma debe ser realizado secuencialmente al de evaluación particular de la vulnerabilidad, con el fin de aprovechar los resultados de ésta en la determinación de las obras de reforzamiento;
- b) Subprograma de control de las obras de reforzamiento, que busca establecer e implantar los mecanismos administrativos** para exigir y supervisar las obras determinadas en el inciso anterior. Es importante señalar que este subprograma debe contemplar la reglamentación del tiempo de realización de las obras, así como establecer las penalizaciones y los requisitos y responsabilidades de los ejecutores de las obras, de acuerdo a lo previsto en el Reglamento de Construcciones y el Código Civil;
- c) Subprograma de financiamiento de las obras de reforzamiento, que busca apoyar su realización proporcionando los recursos económicos necesarios, a través, por ejemplo, de créditos blandos (esto es, a bajos intereses y largos periodos de pago), estímulos fiscales (bonificación de una

* Para determinar las medidas de reforzamiento, se debe contemplar no sólo la resistencia de la estructura, sino también la de los elementos no estructurales.

La determinación de estas acciones debe ser realizada usando los métodos adecuados de análisis y diseño sísmico, los cuales se encuentran en la literatura especializada (ver, por ejemplo: Instituto de Ingeniería, 1977; SMIS, 1982).

** El control y la supervisión de la ejecución de las obras puede ser realizado por las propias oficinas de licencias de las Delegaciones, en estrecha coordinación con el Organismo Central Coordinador.

parte del costo de la obra en impuestos), apoyo técnico a precios reducidos, establecimiento de seguros, etc;

- d) Subprograma de revisión y reforzamiento post-sísmico, que funciona después de la ocurrencia de un sismo y contempla la revisión de las estructuras dañadas, y la determinación de las medidas de reforzamiento inmediato para impedir la extensión del daño*. Este subprograma tiene carácter operativo, y su ejecución debe ser coordinada por el Organismo Central Coordinador, utilizando el personal de las delegaciones, diferentes asociaciones y voluntarios. Es importante señalar que para realizar este subprograma es necesario establecer un curso de capacitación en evaluación post-sísmica de daños, que permita disponer de personal capaz en el momento de la emergencia. Este curso está contemplado en el Programa de Capacitación de Personal (inciso 4.1.9).

La realización de todo el Programa de Reforzamiento debe estar estrictamente ligada con el de Evaluación, ya que en su conjunto constituyen la base primordial de la mitigación de daños por sismo en la edificación del D.F.

* En Aguerrebere, 1982, se presentan diversos métodos de evaluación post-sísmica de daños y de determinación de las medidas extraordinarias de reforzamiento.

4.1.6 Programa continuo de revisión y actualización del Reglamento de Construcciones

Este programa tiene como objetivo desarrollar e implantar mecanismos de fomento y planeación de la investigación en el área*, así como establecer la integración de los avances, como un proceso permanente, a las normas y reglamentos correspondientes.

Para lograr el objetivo se distinguen tres subprogramas:

- a) Subprograma de investigación en diseño sísmico de estructuras**, que busca mejorar las técnicas de análisis, lograr una mayor comprensión de la respuesta sísmica e integrar ambas en formas asequibles a la práctica del diseño por sismo de las estructuras;
- b) Subprograma de actualización del Reglamento de Construcciones y sus normas, cuyo propósito es incorporar los resultados del subprograma anterior a los instrumentos jurídicos correspondientes, para facilitar y agilizar su inmediata aplicación;

* Esto es, en lo referente a la construcción, reparación, modificación, demolición, así como el uso de los inmuebles, desde el punto de vista de seguridad ante sismos.

** Este subprograma debe mantener contacto con el Programa Permanente de Evaluación del Peligro Sísmico.

- c) Subprograma para la difusión de la legislación, que está enfocado al desarrollo e implantación de mecanismos de difusión de los resultados del subprograma anterior.

Es importante señalar que en el Reglamento de Construcciones en vigor, se prevé la integración de una Comisión de Estudios sobre Reformas al Reglamento*. Sin embargo, no todas las funciones de esta comisión se abocan específicamente a la seguridad sísmica, y aquéllas que sí lo hacen, sólo contemplan algunos aspectos de los subprogramas mencionados.

La responsabilidad por la ejecución de este programa en su totalidad es del Organismo Central Coordinador (Comisión Coordinadora), y debe realizarlo a través de la propia Comisión del Reglamento y de los diferentes institutos y organismos que tradicionalmente han colaborado en la elaboración y revisión del Reglamento de Construcciones.

4.1.7 Programa de revisión de normas y prácticas de uso del suelo

El objetivo de este programa es proporcionar lineamientos de uso del suelo en relación con el peligro sísmico, y apoyar su aplicación. Este programa se realiza a través de los siguientes subprogramas:

* Art. 3, Reglamento de Construcciones para el D.F., 1976.

- a) Subprograma de revisión del uso del suelo, que se aboca a la identificación del tipo* de estructuras, instalaciones o espacios a los que se ha destinado el suelo del D.F., con el fin de recomendar modificaciones en los casos que procedan**, tomando en cuenta la zonificación según el peligro sísmico;
- b) Subprograma de revisión del Plan de Desarrollo Urbano del D.F., que busca incorporar los lineamientos obtenidos en el subprograma anterior al proceso de planeación urbana del D.F.;
- c) Subprograma de control del uso del suelo, que busca establecer los sistemas de vigilancia de las prácticas de uso del suelo***, así como los mecanismos de divulgación de sus políticas, haciendo hincapié en los aspectos relativos al peligro sísmico.

La responsabilidad de la realización de este programa corresponde al Organismo Central Coordinador (Comisión Coordinadora), en estrecha colaboración con la Dirección General de Planificación del D.D.F.

* Los tipos de edificación se clasifican según su uso, importancia, peligrosidad, etc. Este subprograma puede auxiliarse con los resultados del Programa de Levantamiento del Inventario de la Edificación del D.F.

** Por ejemplo, sugerir la reubicación de industrias peligrosas o inmuebles contiguos de alta ocupación (escuelas, cines, estadios, etc), por el gran riesgo que su vecindad implica, en caso de sismo.

*** Para esto es posible utilizar a las propias oficinas de licencias e inspección de las Delegaciones, en coordinación con el O.C.C. (Comisión Coordinadora).

4.1.8 Programa de fomento de la participación de la comunidad

Este programa busca orientar y concientizar a la comunidad sobre su participación activa en la mitigación ante sismos, tomando en cuenta que la cooperación de la población constituye un requisito básico para su seguridad. La consecución de este objetivo justifica los siguientes subprogramas:

- a) Subprograma de información y educación al público, que pretende difundir entre la comunidad los aspectos básicos sobre el fenómeno sísmico, sus impactos y medidas de mitigación, en el contexto del Plan de Mitigación de la Edificación del D.F. ante Sismos, especificando la forma en que su cooperación es útil a la realización de los diferentes programas. Para este subprograma deben preverse como medios de difusión, los masivos de comunicación (radio, televisión, cine, etc), la divulgación en escuelas primarias y de nivel medio, el uso de anuncios en la calle, páginas de los directorios telefónicos, etc;
- b) Subprograma de organización de la comunidad, que busca establecer mecanismos y lineamientos de organización, con el fin de implantar una estructura adecuada que permita y facilite la participación de la comunidad en las labores de mitigación*. Para esto pueden aprovecharse las juntas

* La comunidad organizada es un elemento de suma importancia también en lo que se refiere a los planes de emergencia (por ejemplo, actividades de rescate, rehabilitación de servicios, etc).

vecinales, asociaciones de colonos, asociaciones civiles de profesionales y/o de voluntarios.

La responsabilidad por la realización de este programa recae en el Organismo Central Coordinador (Comisión Coordinadora), conjuntamente con el Consejo Consultivo de la Ciudad, sistema educativo (SEP), Secretaría del Trabajo, organizaciones voluntarias, etc.

4.1.9 Programa de desarrollo e implantación de medidas funcionales de mitigación

El objetivo de este programa es determinar medidas funcionales de mitigación*, difundirlas y establecer los mecanismos para supervisar su ejecución. Para ello, es necesario desarrollar los siguientes subprogramas:

- a) Subprograma de desarrollo de medidas funcionales, que pretende identificar y definir las acciones y procedimientos, así como las áreas y/o sistemas en que deben aplicarse. Por ejemplo, el caso de interrupción de servicios y procesos con alto grado de peligrosidad**, antes del sísmo (o después de éste para mitigar los impactos agregados);

* El uso del suelo, a pesar de ser una medida funcional de mitigación, fue considerado por separado.

** Tales como gasoductos, oleoductos, industrias que manejan sustancias tóxicas, inflamables o radiactivas, etc.

o bien, el caso de la evacuación preventiva de la población;

- b) Subprograma de divulgación de las medidas funcionales, para difundir los resultados del subprograma anterior, así como establecer y formalizar los mecanismos para supervisar su ejecución.

El Organismo Central Coordinador (Comisión Coordinadora) debe desarrollar e implantar este programa en estrecha colaboración con los OPROR de los sistemas de subsistencia.

4.1.10 Programa de capacitación de personal

Este programa pretende desarrollar y establecer los planes y programas de estudio, así como los mecanismos para capacitar y entrenar al personal responsable de la realización de los programas anteriores. Su consecución requiere de los siguientes subprogramas:

- a) Subprograma de preparación de los cursos de capacitación, que desarrolla los planes y programas de estudio, y elabora el material didáctico;
- b) Subprograma de capacitación y entrenamiento, que organiza y dirige la realización de cursos formales sobre temas específicos;
- c) Subprograma de capacitación y entrenamiento en el lugar

de trabajo, que organiza e imparte cursos orientados a los responsables por la realización de los programas del Plan de Mitigación de la Edificación del D.F. ante Sismos.

La realización de este programa recae en el Organismo Central Coordinador (Comisión Coordinadora)* (Ver Cap. 1), con la colaboración de institutos y asociaciones que puedan brindarle el apoyo y la asesoría necesaria.

* La Comisión Coordinadora del SIPROR se encuentra actualmente cumpliendo sus funciones en el D.D.F.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La experiencia que proporcionó la realización de este trabajo se resume en la siguiente conclusión: a diferencia de los estudios clásicos existentes en el área de ingeniería sísmica, se orientaron los aspectos particulares de ella dedicados usualmente a soluciones parciales aisladas, hacia un objetivo global en el marco de la planeación frente a situaciones de desastre en una gran ciudad, en este caso, la Ciudad de México. En dicho marco se considera a ésta bajo un enfoque de sistemas, descomponiéndola en sistemas de subsistencia cuyo funcionamiento, interrelacionado, garantiza el de la totalidad de la metrópoli. Asimismo, los efectos de los sismos en los asentamientos humanos no se consideran aislados, sino que incluyen las calamidades encadenadas que ellos son capaces de producir, así como los impactos agregados favorecidos por las interrelaciones existen-

tes entre los sistemas de subsistencia y entre éstos y la población.

Todos estos conceptos proporcionaron, de esta manera, una perspectiva diferente de los problemas y de sus soluciones, destacándose la integración de éstas en programas.

Se estableció, pues, la necesidad del Programa Permanente de Evaluación del Peligro Sísmico, que integra las investigaciones y actividades dedicadas a la revisión y actualización del pronóstico de las intensidades sísmicas en la Ciudad de México, contemplando, por ejemplo, la instrumentación, la formación de catálogos, la zonificación del suelo en base a su respuesta ante sismos, el desarrollo de modelos de pronóstico, etc. En este programa se distingue al 'peligro sísmico' (definiéndolo como los valores máximos esperados de la aceleración del terreno en sitios dados, para determinados periodos de retorno) del término 'riesgo sísmico' usual en ingeniería, el cual no es congruente con el marco conceptual propuesto, ya que involucra tanto a la calamidad (Sistema Perturbador), como a las construcciones (Sistema Afectable).

En segundo lugar, se propuso la determinación del número de construcciones existentes en el D.F., según sus características estructurales, uso, ocupación y localización, mediante el Programa de Levantamiento del Inventario de la Edificación del D.F., con el fin de contar con una fuente de información ade-

cuada para el pronóstico de daños probables y para la implantación de medidas de mitigación funcionales y de reforzamiento. Para este programa se propusieron algunas técnicas y lineamientos de elaboración.

Aprovechando los resultados del inventario, se contará con información suficiente para seleccionar edificios y priorizar la evaluación de su estado y respuesta sísmica probable dependiendo de su uso, importancia, peligrosidad y vulnerabilidad aparente. Esta tarea pertenece al Programa de Evaluación de la Vulnerabilidad de la Edificación, al cual se integraron estudios específicos sobre la estimación, tanto a nivel masivo como a nivel particular, de la seguridad sísmica de construcciones.

Una vez identificados los edificios vulnerables, corresponde al Programa de Reforzamiento de la Edificación determinar las medidas específicas para garantizar la resistencia mínima requerida, supervisar las obras necesarias, así como buscar los medios para su adecuado financiamiento. Adicionalmente, el Programa contempla la revisión de emergencia y la determinación de las medidas de reforzamiento inmediato, para impedir la extensión del daño en caso de un sismo de gran intensidad.

En general, las técnicas de diseño estructural de edificios nuevos, cruciales para garantizar su seguridad, así como los aspectos indispensables para el diseño del reforzamiento de inmuebles existentes, se integran en normas oficiales, las

cuales pueden sufrir modificaciones con el avance de la investigación. Por esta razón, se propone el Programa Continuo de Revisión y Actualización del Reglamento de Construcciones que tiene como objetivo el desarrollar e implantar mecanismos de fomento y planeación de la investigación en lo referente al diseño, construcción, reparación, etc, así como al uso de los inmuebles desde el punto de vista de seguridad ante sismos, estableciendo la integración de los avances a las normas y reglamentos correspondientes, como un proceso permanente. A este aspecto, es importante señalar, que si bien el Reglamento de Construcciones en vigor prevé la conformación de una Comisión de Estudios sobre Reformas al Reglamento (Art. 3), no todas las funciones de dicha Comisión se abocan específicamente a la seguridad sísmica y aquéllas que sí lo hacen, sólo contemplan algunos de los aspectos del Programa propuesto.

Dado que las medidas de reforzamiento suelen ser costosas, es conveniente determinar medidas funcionales de mitigación cuya realización redituaría grandes beneficios al disminuir los daños, principalmente de calamidades encadenadas e impactos agregados. La implantación de este tipo de acciones, como por ejemplo, la suspensión de servicios y procesos con alto grado de peligrosidad en caso de sismo, debe de estudiarse cuidadosamente. Así pues, es recomendable establecer el Programa de Desarrollo e Implantación de Medidas Funcionales de Mitigación, que se encargue también de difundirlas y establecer los mecanismos para supervisar su ejecución.

En relación estrecha al anterior, se propone el Programa de Revisión de Normas y Prácticas del Uso del Suelo, entre cuyas responsabilidades está la reubicación de edificios (por ejemplo, industrias peligrosas), tomando en cuenta la zonificación del peligro sísmico, y la revisión del Plan de Desarrollo Urbano del D.F., bajo el criterio de seguridad sísmica. Las actividades de mitigación relacionadas con el uso del suelo también se consideran como funcionales, sin embargo, debido a su importancia, se proponen como un programa independiente.

Finalmente, como un apoyo indispensable a todo lo anterior, se propuso el establecimiento del Programa de Fomento de la Participación de la Comunidad, el cual busca orientar y concientizar a la población sobre su participación activa en la mitigación ante sismos, tomando en cuenta que su cooperación constituye un requisito básico para lograr su propia seguridad.

De manera también complementaria, se presentó dentro del Plan de Mitigación de la Edificación del D.F. ante Sismos, un último programa dedicado a desarrollar y establecer planes de estudio, así como los mecanismos para capacitar al personal responsable por la realización de los programas anteriores. A esta fase de la instrumentación de las soluciones propuestas, se le llamó Programa de Capacitación de Personal.

Para concluir, es necesario enfatizar que la incidencia de los impactos de los sismos no se restringe a la edificación, aún cuando en ella cobran una gran importancia, sino que también afectan directamente a otros sistemas de subsistencia, como el sistema de agua potable, el de alcantarillado, el eléctrico, etc. Además, el sismo no es la única calamidad factible en la Ciudad de México; hay que tener presentes la interrupción de servicios, las calamidades hidrometeorológicas (lluvias, granizo, etc), el agrietamiento y el hundimiento regional, etc. La seguridad de la Ciudad frente a desastres dependerá, pues, del nivel de prevención de todas las calamidades, la mitigación de sus efectos en todos los sistemas de subsistencia y población, y de las medidas y planes de rescate y recuperación que puedan anticiparse. Todos estos aspectos, a pesar de su importancia, no se contemplan en esta tesis, que se circunscribe a mostrar la relevancia del enfoque general en un área de la ingeniería civil: sismo y edificación. Afortunadamente, su estudio se está llevando a cabo en forma integral en el proyecto SIPROR del Instituto de Ingeniería.

A P E N D I C E S

APENDICE A. ESTIMACION DE LA DISTRIBUCION DE VIVIENDA EN
1980, SEGUN MATERIAL EN MUROS Y TECHOS PARA
CADA DELEGACION DEL D.F.

Debido a que en el momento de elaboración de este trabajo, la información censal correspondiente a 1980 sobre vivienda en el D.F. indispensable para la evaluación de sus daños probables presentada en el inciso 2.3.2, no había sido desglosada, fue necesario realizar estimaciones (tabla 2.3.2-2), suponiendo para 1980 las mismas proporciones que de cada tipo existían en 1970. Las cantidades así obtenidas se compararon con los sub-totales para todo el D.F., según material en muros; estas últimas cifras sí corresponden a la información oficial del X Censo General de Población y Vivienda (1980) y permitieron evaluar el error en las estimaciones de una manera aproximada (tabla A-1).

El procedimiento detallado utilizado en la elaboración de la tabla 2.3.2-2 del cuerpo de la tesis es el siguiente:

Con datos de los censos respectivos, se calculó el cociente (tabla A-2) de la cantidad de viviendas en el D.F. en 1980 entre el número existente en 1970, para cada tipo de material en muro (adobe, tabique, madera, barro, otros). Dicho cociente representa el decremento o incremento que sufrió la cantidad de viviendas de cada tipo en 1980, en función de las de 1970 implicando que, para cada tipo de vivienda con cierto material en muros y con cualquiera de los tipos de techo, la variación

TABLA A-1 ERROR EN LAS ESTIMACIONES DE LA DISTRIBUCION DE LA VIVIENDA EN EL D.F.

MATERIAL PREDOMINANTE EN MUROS	(1) ESTIMADO* 1980	(2) Censo* 1980	(3) (1)/(2)	(4) 1-(3)
Adobe	57,020	55,553	1.0264	0.0264
Ladrillo	1'744,330	1'741,479	0.9499	0.0001
Madera	17,780	17,558	1.0126	0.0126
Enbarro	1,520	1,545	0.9838	0.0162
Otros	46,830	46,958	0.9973	0.0027
TOTAL:	1'858,190	1'863,093	0.9974	0.0026

* Ver tabla 2.3.2-2

TABLA A-2 VARIACION EN EL NUMERO DE VIVIENDAS DE 1980
 CON RESPECTO AL DE 1970 (D.F.)

MATERIAL PREDOMINANTE EN MUROS	1970*	1980**	1980/1970
Adobe	73,256	55,553	0.76
Ladrillo	1'076,766	1'741,479	1.62
Madera	33,417	17,558	0.53
Enbarro	2,602	1,545	0.76
Otros	33,960	46,958	1.38

FUENTE: * SIC, 1971.
 ** SPP, 1980.

es la misma, independientemente de la delegación que se trate*.

Partiendo de lo anterior, la distribución según la clasificación cruzada (muros y techos) para cada delegación se estimó como se ilustra en el siguiente ejemplo.

En la tabla 2.3.2-1, se tiene que en 1970 la Delegación Miguel Hidalgo tenía 3,695 viviendas de muros de madera y techo de otros materiales. Si su variación (1970-1980) fue la misma que la que presentó el total de viviendas de ese tipo en el D.F., (tabla A-2), entonces la Delegación Miguel Hidalgo tendrá (ver tabla 2.3.2-1):

$$0.53 \times 3,695 = 1,958.35 = 1,960 \text{ viviendas}$$

El resto de la tabla 2.3.2-2 se obtuvo de manera análoga, exceptuando a la columna 'vivienda total', cuyos valores corresponden a la suma de los términos del renglón correspondiente (total para cada delegación).

Cabe hacer notar, que aún cuando los errores cuantificados para el total de viviendas de cada tipo de material en muro, llegan en el caso extremo tan sólo al 2.6%, si se llevan a cabo comparaciones en los totales de vivienda por delegación, el error será bastante mayor. Esto es lógico tomando en cuenta que la

* Esta hipótesis fue necesaria aún cuando en la realidad las cantidades de los distintos tipos de vivienda varían de diferente forma en cada delegación.

hipótesis más importante se refiere a la distribución de viviendas (de cada tipo) por delegación. Por esta razón, se recomienda la incorporación de información censal desglosada de 1980, en cuanto esté disponible.

APENDICE B. METODO DE EVALUACION MASIVA DE DAÑOS PROBABLES*

En el inciso 2.3.3 del cuerpo de la tesis se presentan los resultados de la aplicación del 'Método de evaluación masiva de daños probables'. Estos permiten darse una idea de los posibles órdenes de magnitud de dichos daños y su ubicación en el D.F.; con ello contribuyen a la estimación de recursos para la evaluación particular de la vulnerabilidad y para el reforzamiento de las construcciones, así como a la orientación de los planes y estudios de emergencias hacia las zonas que aparezcan como las más críticas.

El método de evaluación masiva consiste de manera general en los siguientes puntos:

- a) Descripción del peligro sísmico en la Ciudad de México, expresado en términos de intensidades (cm/seg^2) asociadas a periodos de retorno, para cada tipo de suelo;
- b) Determinación de modelos matemáticos que representan las características estructurales y propiedades mecánicas de las viviendas;
- c) Cálculo de las respuestas estructurales de los modelos ante diversas intensidades sísmicas;
- d) Estimación de los daños esperados para cada una de las respuestas sísmicas de los diferentes modelos de vivienda definidos, con objeto de obtener relaciones entre

* La descripción detallada se dá en Guerra, 1982'a

- daños y frecuencia (inversa del periodo de retorno) de los sismos;
- e) Integración de los resultados del punto anterior para obtener el daño promedio anual (en costo, como fracción del total de la vivienda) en cada modelo estructural;
 - f) Cálculo del producto entre el daño promedio anual y el número de viviendas de cada tipo (modelo) en las delegaciones del D.F., para obtener el costo total de los daños en términos del número de viviendas equivalentes.

A continuación se comentan brevemente los aspectos anteriores.

La estimación del peligro sísmico considerada es la que se presentó en el inciso 2.3.2 (fig 2.3.2-3) del cuerpo de la tesis. Esta estimación se involucró en la definición de las acciones sísmicas tomando en cuenta la zonificación según tipo de suelo del Plan de Desarrollo Urbano del D.F. (fig B-1). En los casos en que en una delegación se encontraban diferentes tipos de suelo, las fuerzas sísmicas se calcularon como una combinación lineal, teniendo como factores el porcentaje (en fracción) de cada uno de los suelos presentes. En la fig B-1 aparecen algunas delegaciones con una parte importante de subsuelo desconocido (en blanco); para ellas se tomó como si el 100% de su extensión correspondiese al tipo de suelo de la fracción clasificada. Esta hipótesis no representa un error relevante en los cálculos, ya que es precisamente en las zonas no urbanizadas,

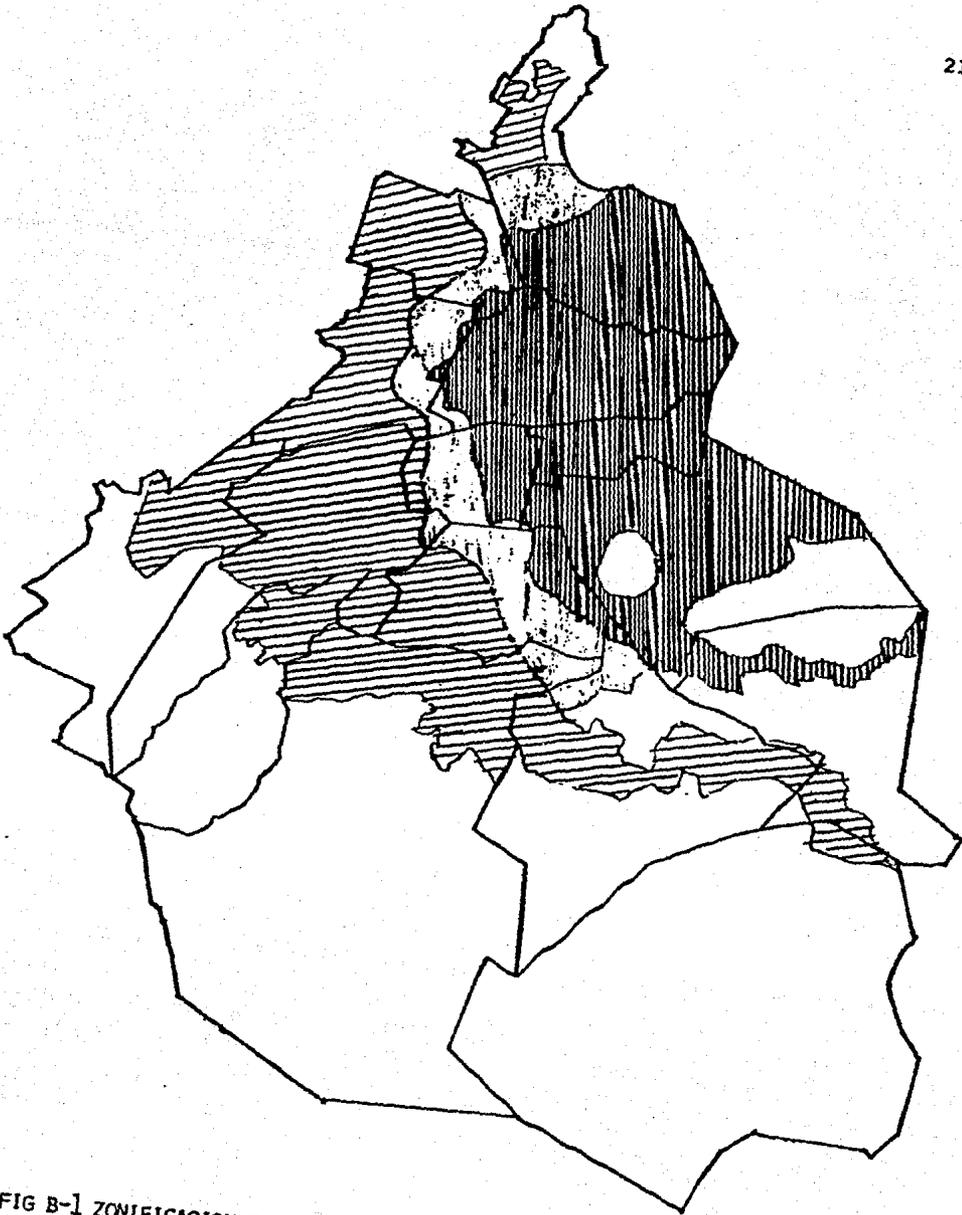


FIG B-1 ZONIFICACION POR TIPO DE SUELO SEGUN EL PLAN DE DESARROLLO URBANO DEL D.F.
(FUENTE: DDF, 1980)

ésto es, en las que el número de construcciones es muy bajo o nulo, donde se desconoce el tipo de suelo.

Los modelos de las viviendas asociados a estructuras representativas se determinaron de acuerdo a la información disponible. Las características mecánicas de las estructuras provienen de los materiales que forman los muros y techos de las viviendas, cuyas masas y distribución se desconocen por falta de datos de campo. Por ello, con objeto de adquirir sensibilidad respecto a la dispersión de las propiedades debido a la cantidad de elementos estructurales, se consideraron tres densidades en términos de metros lineales de muros por metro cuadrado de construcción en planta.

Las masas de los diferentes casos se idealizaron al nivel del techo, constituyendo así modelos de un grado de libertad. Combinando dichas masas con las rigideces se obtuvieron los periodos de vibración correspondientes a las viviendas típicas definidas. Para el caso de construcciones de tabique con techo de concreto o similar (conceptualizado como rígido o pesado), la masa fue calculada considerando la contribución de dos niveles (entrepiso y medio de muros y dos losas), pues en nuestro medio las viviendas predominantes de dichos materiales son de dos pisos.

Conocidas las propiedades mecánicas de los modelos, puede determinarse su respuesta estructural ante acciones sísmicas de-

finidas por los tipos de suelo, el periodo de vibración y la frecuencia o periodo de retorno del sismo.

Por otro lado, se sabe que los daños que sufren los materiales están directamente relacionados con las deformaciones que experimentan. Si para un nivel dado de acciones (o intensidad sísmica) se estima la respuesta estructural en términos de deformaciones, y ésta se asocia con experiencias de laboratorio que correlacionan deformaciones de diversos materiales con daños, se podrán estimar los daños en construcciones para un nivel dado de acciones. Repitiendo este proceso se obtienen correlaciones intensidad-daño para cada modelo estructural.

Por simplicidad, el Método de Evaluación Masiva considera como lineal la variación en el intervalo comprendido entre el inicio de daños, asociados a la intensidad I_0 y el daño total (falla)*, correspondiente a la intensidad I_1 (fig B-2). En base a esto, el comportamiento estructural o vulnerabilidad de cada modelo de vivienda quedó definido por los valores límite de I_0 e I_1 (tabla B-1), expresados como aceleraciones espectrales en cm/s^2 .

* Para las viviendas con techo de concreto o similares se supone que el comportamiento de ésta es como un diafragma rígido por lo que la falla ('dúctil') de la vivienda ocurre en los muros (tableros verticales) paralelos a la dirección del sismo. Para otro tipo de techos, considerados ligeros, se supone que la falla ('frágil') ocurre en los muros perpendiculares a la dirección del sismo.

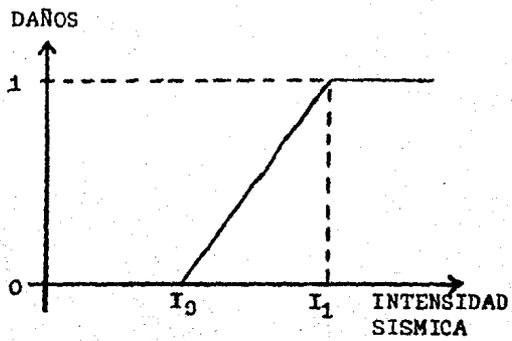


FIG B-2

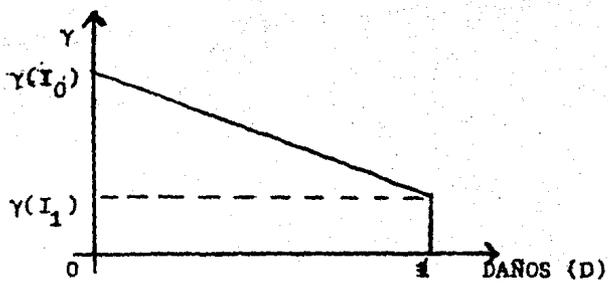


FIG B-3

TABLA B-1 PARAMETROS DE VULNERABILIDAD DE LOS DIFERENTES MODELOS DE VIVIENDA

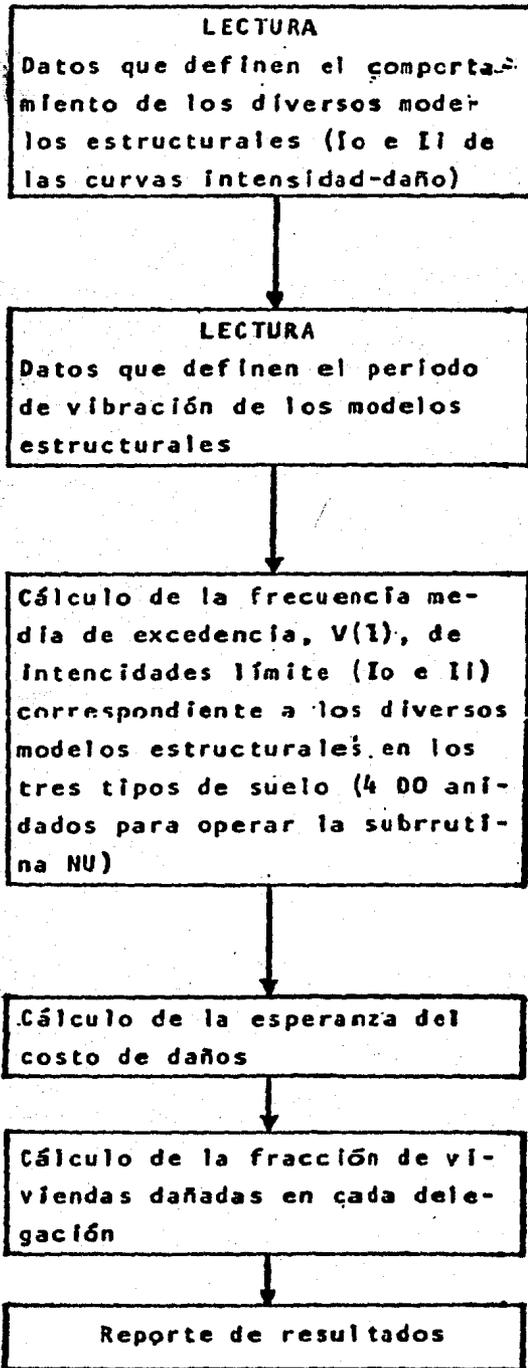
MUROS	TECHO CONCRETO		OTRO TECHO	
	10	11	10	11
ADOSE	704.0	1056.0	120.0	120.0
LADRILLO	878.0	1756.0	330.0	330.0
MADERA	292.0	964.0	395.0	395.0
EMBARRO	205.0	513.0	317.0	317.0
OTROS MAT	518.0	1072.0	291.0	291.0

Finalmente, tomando en cuenta que a cada intensidad sísmica corresponde una frecuencia γ (tasa media de excedencia de la intensidad), el costo de daños normalizado (D), respecto al valor del inmueble en estudio queda expresado gráficamente como se muestra en la fig B-3. La esperanza del costo de daños anuales \bar{D} , será entonces igual al área bajo la curva γ -D de la figura; analíticamente:

$$\bar{D} = \{\gamma(I_0) + \gamma(I_1)\} / 2$$

Si el \bar{D} obtenido se multiplica por la cantidad de viviendas de su tipo en cada delegación del D.F., se tendrá el costo de los daños totales según la clase de vivienda expresados como el número equivalente de éstas, o sea, que bastará con multiplicar dicho resultado por el costo medio de una vivienda de ese tipo para obtener el monto aproximado en pesos de sus daños en cada delegación.

Por último, es conveniente aclarar, que los cálculos para la obtención de la esperanza del costo de daños anuales (\bar{D}) fueron hechos mediante un programa de computadora cuyo diagrama de flujo, listado, definición de variables y de datos, se presentan a continuación.



3. PROGRAMA PARA EL CALCULO DE DAÑOS SISMICOS EN LA
VIVIENDA DEL D.P.

```

1000 REAL NUI
1010 DIMENSION DEL(10,10),PVD(10,5,2),OTN(5,2,2)
1020 DIMENSION YTH(5,2),VNUDET(4,5,2,2),ECD(3,5,2)
1030 C+ LECTURA DE VARIABLES LIMITE
1040 READ(4,1000)
1050 READ(4,1000)
1060 READ(4,1000)
1070 READ(4,1000)
1080 DO 10 I=1,5
1090   DO 10 J=1,2
1100     DO 10 K=1,10
1110       VNUDET(I,J,K)=DEL(I,K)
1120     WRITE(5,1000) (DEL(I,K),K=1,10)
1130   WRITE(6,1000)
1140   PVD(I,J,1)=ECD(1,I,J)
1150   PVD(I,J,2)=ECD(2,I,J)
1160   OTN(I,J,1)=YTH(I,1)
1170   OTN(I,J,2)=YTH(I,2)
1180 C+ CALCULO DE FRECUENCIAS ASOCIADAS A PROPIEDADES LIMITE DE
1190 C+ MODELOS DE VIVIENDAS: NU(I),NU(I,1)
1200 C+ .....
1210 DO 10 I=1,5
1220   CAL I INDICA EL TIPO DE SUELO (1: FIRME, 2: MEDIO, 3: COMPRESIBLE)
1230   DO 10 J=1,2
1240     CAL J INDICA EL TIPO DE MATERIAL EN MUROS
1250     DO 10 K=1,2
1260       CAL K INDICA EL TIPO DE TECHO (1: RIGIDO, 2: NO RIGIDO)
1270       DO 10 L=1,2
1280         CAL L INDICA EL INDICE DE INTENSIDAD (1: IG, 2: II)
1290         WRITE(1,1)
1300         WRITE(2,1)
1310         CALL SINTV(VI,L,NU(I))
1320         NU(I,J,K)=VUI
1330       CONTINUE
1340     CONTINUE
1350   CONTINUE
1360 C+ .....
1370 C+ CALCULO DE LA ESPERANZA DEL COSTO DE DAÑOS ANUALES
1380 C+ .....
1390 DO 10 L=1,2
1400   DO 10 I=1,5
1410     DO 10 J=1,2
1420       PVD(I,J)= (VNUDET(L,I,J,1)+VNUDET(L,I,J,2))/2
1430     CONTINUE
1440   CONTINUE
1450 C+ .....
1460 C+ PROCESADO POR DELEGACIONES
1470 DO 10 I=1,5
1480   IF (IDEL(I,1)) WRITE(6,4000)
1490   IF (IDEL(I,2)) WRITE(6,4000)
1500   IF (IDEL(I,3)) WRITE(6,4000)
1510   IF (IDEL(I,4)) WRITE(6,4000)
1520   IF (IDEL(I,5)) WRITE(6,4000)
1530   IF (IDEL(I,1)) WRITE(6,4000)
1540   IF (IDEL(I,2)) WRITE(6,4000)
1550   IF (IDEL(I,3)) WRITE(6,4000)
1560   IF (IDEL(I,4)) WRITE(6,4000)
1570   IF (IDEL(I,5)) WRITE(6,4000)
1580 C+ LECTURA DE DATOS DE CADA DELEGACION
1590 READ(4,1000) (DEL(IDEL,K),K=1,10)
1600 READ(4,1000) ZI,ZT,ZF
1610 C+ CALCULO DEL PORCENTAJE DE VIVIENDAS DAÑADAS
1620 DO 10 I=1,5
1630   DO 10 J=1,2
1640     PVD(IDEL,I,J)=ECD(1,I,J)+ZF+ECD(2,I,J)+ZT+ECD(3,I,J)+ZF
1650   CONTINUE
1660   WRITE(7,5000) (DEL(IDEL,K),K=1,10)
1670   WRITE(6,5000) ZI,ZT,ZF
1680   WRITE(6,6000) ((PVD(IDEL,I,J),J=1,2),I=1,5)
1690 CONTINUE
1700 FORMAT (8F5.0)
1710 FORMAT (8F5.0)

```


VARIABLES

- DEL; títulos, inicialmente de materiales y posteriormente de delegaciones políticas.
- PVD(L,I,J); fracción de viviendas dañadas, (L, indica la delegación; I, el tipo de muros; J, el tipo de techo)
- RIN(I,J,K); intensidades límite, I_0 e I_1 , que definen el comportamiento de la vivienda (I, indica el tipo de muros; J, el tipo de techo; K = 1: indica el inicio de los daños, K = 2, daños totales)
- TVIB(I,J); periodos de vibración de los modelos estructurales (I, indica el tipo de muros, J, el tipo de techo)
- RNUDEI(L,I,J,K); frecuencia media de excedencia correspondiente a intensidades límite, RIN; (L, indica el tipo de suelo; los demás índices corresponden con los de la variable RIN)
- ECD(L,I,J); esperanza del costo de daños, expresada en términos de fracción de vivienda dañada anualmente

(L, indica el tipo de suelo; I, el material de muros; J, el tipo de techo)

- TV; periodo de vibración del modelo estructural, en turno
- RI; intensidad límite, en turno
- NUI: frecuencia media de excedencia de la intensidad, RI, en turno
- ZB,ZT,ZF; fracción de tipo de suelo en la delegación en turno (blando, transición, firme)
- TMAX(I), PTERR(I), PMAX(I); parámetros de sismicidad según tipo de suelo de la zona I; TMAX, corresponde al periodo a partir del cual las ordenadas espectrales son máximas; PTERR, ordenada espectral (cm/seg^2) para periodo nulo, PMAX, ordenada espectral máxima (cm/seg^2).

DATOS

10. Intensidades límite RIN(I,J,K) (FORMATO 8F5.3).

20 datos proporcionados por renglones de 8 en 8 (3 renglones) en el siguiente orden:

I_0 para adobe con techo pesado (concreto o similar, según censo)

I_1 " " " "

I_0 para adobe con techo ligero (otro tipo de techo, según el censo)

I_1 " " "

I_0 para tabique con techo pesado

I_1 " " "

I_0 para tabique con techo ligero

I_1 " " "

I_0 para madera con techo pesado

etc hasta cubrir, embarro y otros materiales

20. Periodos de vibración de los modelos estructurales (TVIB(I,J) FORMATO 8F5.3)

10 datos proporcionados por renglones de 8 en 8 (2 renglones) en el siguiente orden:

TVIB del modelo de adobe con techo pesado

TVIB " " " ligero

TVIB del modelo de tabique con techo pesado

TVIB " " " ligero

TVIB del modelo de madera con techo pesado

etc hasta cubrir, embarro y otros materiales

3o. Titulos de tipo de material en muros

5 datos proporcionando un título en cada renglón, en el siguiente orden:

ADOBE

TABIQUE

MADERA

EMBARRO

OTROS MATERIALES

4o. 16 parejas de renglones correspondientes con las 16 delegaciones.

El primer renglón contendrá el título de la delegación política.

El segundo las fracciones de tipo de suelo (FORMATO 3F5.3) para terreno blando, de transición y firme, respectivamente.

APENDICE C. ESTIMACION INDIRECTA DEL NUMERO DE EDIFICACIONES
EN EL D.F. EN BASE A SU POBLACION

Tomando en cuenta que en la Ciudad de México no existe información relativa a sus construcciones en cuanto a número, uso, dimensiones, etc, y que su recopilación puede tomar mucho tiempo, es conveniente buscar procedimientos que, aún cuando sea de manera gruesa, permitan estimar por lo menos la cantidad de edificios en la ciudad, con el fin de darse una idea de la magnitud de la tarea a realizar y poder hacer evaluaciones preliminares de los recursos involucrados en el levantamiento de un inventario (inciso 3.1).

Un procedimiento de este tipo debe basarse en información disponible que pueda correlacionarse de alguna manera con la que se desea conocer. En este caso se eligió a la población del D.F. como base para hacer la estimación.

De esta manera, el problema consiste en determinar la relación (cuya existencia se propone como premisa) entre el tamaño de la población y el número de edificios en una zona y tiempo determinados. Dicha relación, compleja y dinámica, no es constante en el tiempo y refleja el cambio continuo de la estructura de la población, la modificación del conjunto de sus actividades, los niveles de organización social y la velocidad de desarrollo de la tecnología disponible (Jones, 1976). Por esta razón, la edificación existente en cierta zona debe ser concep-

tualizada como un agregado de los inmuebles existentes en diferentes épocas. Ciertos porcentajes del total habrán sobrevivido de una serie de periodos anteriores, representativos de relaciones edificación-población prevalecientes en ellos.

Teóricamente los aspectos anteriores deberían ser incluidos en un modelo matemático de tipo estructural para llevar a cabo la estimación del inventario; sin embargo, su presentación explícita implicaría seguramente muchos años de investigación, quizá más de los necesarios para realizar un inventario directo mediante un censo.

Basados en estas consideraciones, Jones et al, 1976, elaboraron un modelo fenomenológico para el cual contaron con información simultánea de un par de años sobre población y edificios de varias ciudades de Colombia y Turquía. Así, mediante técnicas estadísticas, llegaron a las gráficas que se muestran en las figuras C-1 y C-2.

Suponiendo que las relaciones así obtenidas son válidas para otros lugares en espacio y tiempo, es posible aplicarlas al D.F. con las reservas que ello implica. Para ello, bastaría con entrar a las gráficas con la población del D.F.; sin embargo, esto implicaría una gran extrapolación, por lo que se optó por hacerlo con las poblaciones de cada una de las delegaciones, aún cuando las estimaciones así obtenidas sean más gruesas to-

FIG. 1 RELACION ENTRE NUMERO DE EDIFICIOS Y POBLACION PARA 19 CIUDADES DE COLOMBIA 1951, 1964.

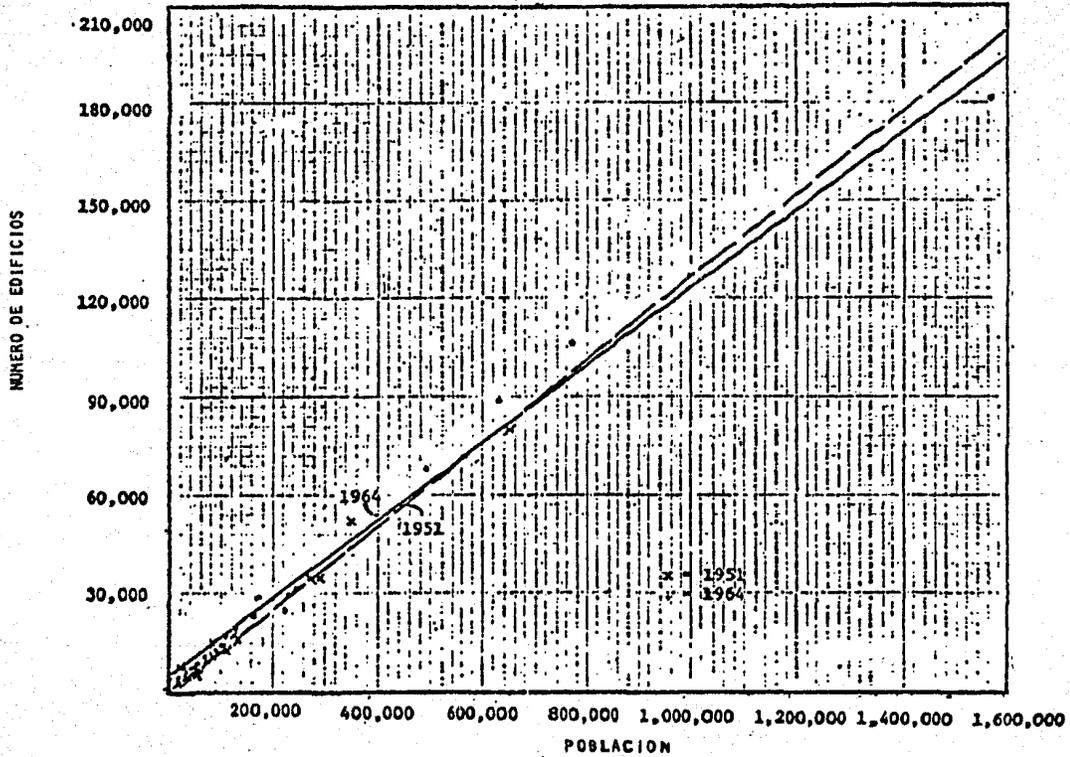
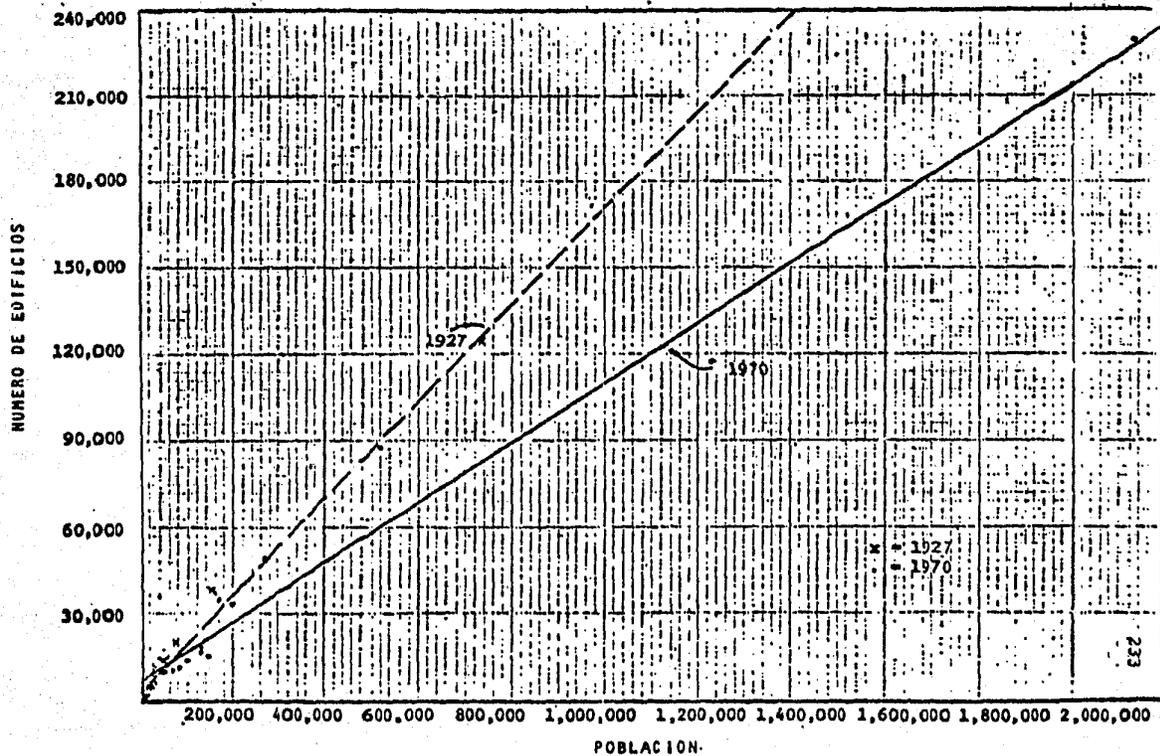


FIG. 2 RELACION ENTRE NUMERO DE EDIFIOS Y POBLACION PARA 14 CIUDADES DE TURQUIA 1927, 1970.



todavía. Los resultados de este cálculo se muestran en la tabla C-1.

Una mejor aplicación de las correlaciones hechas para Colombia y Turquía requeriría verificar su validez de transferencia a otros sitios. La calibración del modelo para la Ciudad de México depende, en gran medida, de la información simultánea sobre el número de edificios y población que pueda ser obtenida para su caso. En este sentido, sería necesario un proyecto de investigación independiente que siguiera los lineamientos planteados en el estudio de Jones et al.

TABLA C-1 CANTIDAD ESTIMADA DE EDIFICIOS POR DELEGACION EN EL D.F. SEGUN LAS CONDICIONES EN COLOMBIA (1964) Y TURQUIA (1970)

DELEGACION	POBLACION * 1980	CANTIDAD DE EDIFICIOS SEGUN:	
		COLOMBIA (1964)	TURQUIA (1970)
ALVARO OBREGON	693 323	86 000	78 000
AZCAPOTZALCO	669 040	84 000	74 000
BENITO JUAREZ	653 714	80 000	72 000
COYOACAN	628 681	76 000	69 000
CUAJIMALPA	597 563	20 000	18 000
CUAUHTEHOC	858 259	106 000	94 000
GUSTAVO A. MADERO	1787 573	**	191 000
IZTACALCO	607 181	74 000	66 000
IZTAPALAPA	1126 178	140 000	122 000
MAGDALENA CONTRERAS	166 638	28 000	26 000
MIGUEL HIDALGO	574 407	69 000	65 000
MILPA ALTA	54 937	12 000	10 000
TLAHUAC	159 120	26 000	24 000
TLALPAN	337 995	40 000	36 000
V. CARRANZA	748 318	93 000	86 000
XOCHIMILCO	215 373	30 000	28 000
TOTAL		964 000	1059 000

*X CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA

** La población de esta Delegación obligaba a extrapolar, por lo que se optó por omitir la estimación

REFERENCIAS

- Ackoff R L, 1980, *Un concepto de planeación de empresas*, Editorial Limusa, México.
- Aguerrebere R, 1982 a, *Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad de edificaciones*, Apéndice N.6 en: Aguerrebere R, Brito R, Gelman O, Guerra D R, Macías S, Rascón O, Villaverde R, *Sistema de Protección y Restablecimiento de la Ciudad de México frente a Desastres, SIPROR, Segunda etapa, Vol 5, Anexo N: 'Métodos de evaluación de la vulnerabilidad de la edificación'*, Proy 1533, Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Aguerrebere R, Gelman O, Macías S, 1982 b, *Sistema de Protección y Restablecimiento de la Ciudad de México frente a Desastres, SIPROR, Segunda etapa, Vol 5, Anexo M: 'Elaboración de inventarios de la edificación'*, Proy 1533, Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Aguerrebere R, Gelman O, Loera S, Macías S, Mendoza C J, 1982 c, *Sistema de Protección y Restablecimiento de la Ciudad de México frente a Desastres, SIPROR, Segunda etapa, Vol 5, Anexo O: 'Inspección y reforzamiento postsísmico'*, Proy 1533, Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- AWWA, 1973, *Emergency Planning for Water Utility Management*, Manual M 19, American Water Works Association, Washington, DC.
- Bertero V, 1981, *Comportamiento sísmico de estructuras de concreto reforzado*, en: *Ingeniería Sísmica*, Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica A C, México.
- Bazán E, Padilla M, Meli R, 1980, *Seguridad de casas de adobe ante sismos. Estudios analíticos*, No 423, Series del Instituto de Ingeniería, UNAM.
- CSCPRC, 1980, *Earthquake Engineering and Hazards Reduction in China, a Trip Report of the American Earthquake Engineering and Hazards Reduction Delegation*, Committee on Scholarly Communication with the People's Republic of China, National Academy of Sciences, Washington, DC.
- Culver Ch et al, 1975, *Natural Hazards Evaluation of Existing Buildings*, National Bureau of Standards, National Technical Information Service, US Dept of Commerce, NBS BSS-61, Washington, DC.
- DDF, 1976, *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*, Diario Oficial, Departamento del Distrito Federal, 14 diciembre, 1976, México.
- DDF, 1980, *Plan de desarrollo urbano del D.F., Plan general del plan director*, versión abreviada, anexo gráfico, Dirección General de Planificación, Sría Gral de Obras y Servicios, Departamento del Distrito Federal, México.

- Del Valle C E, 1973, *Daños causados por los temblores del 23 de diciembre de 1972 en las construcciones de Managua*, No 313, Series del Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Del Valle C E, 1981, *Notas personales de la materia: 'Diseño Estructural'*, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Esteva L, Díaz de Cossío R, Elorduy J, 1968, *El temblor de Caracas, julio de 1967*, No 168, Series del Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Esteva L, Villaverde R, 1974, *Costos probables de daños causados por temblores en construcciones*, Informe a la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Figueroa J, 1971 a, *Sismicidad en la Cuenca del Valle de México*, No 289, Series del Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Figueroa J, 1971 b, *Catálogo de sismos ocurridos en la República Mexicana*, No 272, Series del Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Gelman O, 1967, *Formalización del proceso de construcción de modelos matemáticos como uno de los caminos de la elaboración de la Teoría General de Sistemas. Problemas de lógica y metodología de la Teoría General de Sistemas*, Editores 'Mezniereba', Tbilisi, URSS.
- Gelman O, 1978, *Metodología de la Ciencia e Ingeniería de Sistemas: algunos problemas, resultados y perspectivas*, Memorias del IV Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, Mérida, Yuc.
- Gelman O, 1980, *Hacia la planeación de estudios científico-técnicos en organismos gubernamentales*, Congreso Internacional sobre Investigación de Sistemas Aplicados y Cibernética, Acapulco, Gro.
- Gelman O, Macías S, Aguerrebere R, Terán A, 1982, *Sistema de Protección y Restablecimiento de la Ciudad de México frente a Desastres, SIPROR, Segunda etapa, Vol 4: 'Planes General de Protección y Restablecimiento; Planes Generales de Prevención y Mitigación ante Sismos para la Edificación y el Sistema Hidráulico, Proy 1533, Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM.*
- Gelman O, Martínez J L, Montañó J L, Riveros F, Zárate J, 1977, *Proyecto San Jorge*, Informe interno del grupo de investigación sobre desastres, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Gelman O, Macías S, Perea G, Rodríguez C, Sánchez M A, 1981, *Sistema de Protección y Restablecimiento de la Ciudad de México frente a Desastres, SIPROR, Vol 2, Informe General, Primera etapa, Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM.*

- Gelman O, Montaña J L, 1978, *Planteamiento general del diseño e implantación de un sistema de protección y restablecimiento de asentamientos humanos en casos de desastre*, Memorias del IV Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, Mérida, Yuc.
- Gelman O, Negroe G, 1980, *Determinación de las necesidades de estudios que tiene SAHOP (7a parte)*, Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Gelman O, Negroe G, 1981, *Papel de la planeación en el proceso de conducción*, Boletín IMPOS, año XI, No 61.
- Gelman O, Negroe G, 1982, *La planeación como un proceso básico en la conducción*, Revista de la Academia Nacional de Ingeniería, Vol 1, No 4, México.
- Gelman O, Negroe G, Lara F, 1981, *Determinación de estudios para la planeación; una propuesta metodológica a SAHOP*, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Gelman O, Rangel J L, 1978, *Sistema de protección y restablecimiento de una ciudad frente a desastres*, Propuesta de proyecto, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Gelman O, Rangel J L, 1979 a, *Desarrollo de un sistema de protección y restablecimiento para una ciudad frente a desastres*, Memorias del V Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, Morelia, Mich.
- Gelman O, Riveros F, 1977, *Propuesta de diseño de un sistema de protección y restablecimiento de una ciudad frente a terremotos*, Documento Interno del grupo de investigación sobre desastres, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Gelman O, Riveros F, Rangel J L, 1979, *La ingeniería en casos de desastres: examen del Primer Seminario Nacional*, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Guerra O R, 1982 a, *Método de evaluación masiva de daños probables en la edificación*, Apéndice N.1, en: Aguerrebere R, Brito R, Gelman O, Guerra O R, Macías S, Rascón O, Villaverde R, *Sistema de Protección y Restablecimiento de la Ciudad de México frente a Desastres*, SIPROR, Segunda etapa, Vol 5, Anexo N: 'Métodos de evaluación de la vulnerabilidad de la edificación', Proy 1533, Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Guerra O R, 1982 b, *Evaluación individual de la vulnerabilidad de edificaciones*, Apéndice N.2, en: Aguerrebere R, Brito R, Gelman O, Guerra O R, Macías S, Rascón O, Villaverde R, *Sistema de Protección y Restablecimiento de la Ciudad de México frente a Desastres*, SIPROR, Segunda etapa, Vol 5, Anexo N: 'Métodos de evaluación de la vulnerabilidad de la edificación', Proy 1533, Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM.

- Hernández O, Meli R, 1976, *Modalidades de refuerzo para mejorar el comportamiento sísmico de muros de mampostería*, No 382, Series del Instituto de Ingeniería, UNAM, elaborado para INFONAVIT.
- Instituto de Ingeniería, 1977, *Manual de diseño por sismo*, No 406, Series del Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Jones B G et al, *The Estimation of Building Stocks and Their Characteristics in Urban Areas. An Investigation of Empirical Regularities*, Program in Urban and Regional Studies, Cornell University, Ithaca, NY, USA.
- Jovel J R, 1982, *Los desastres naturales y su impacto en el desarrollo económico en América Central y el Caribe*, Congreso Internacional de Emergencias Urbanas, Cancún, QR.
- Marsal R, Mazari M, 1969, *El subsuelo de la Ciudad de México*, Facultad de Ingeniería, UNAM, 2a edición.
- Meli R et al, 1979, *Evaluación de los efectos del sismo del 14 de marzo de 1979 en las edificaciones del Distrito Federal*, Informe Preliminar, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Mena E, Hernández L, Prince J, 1981, *Instrumentación sísmica (estudios para mejorar la reglamentación estructural en el D.F.)*, Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Okamoto Sh, 1973, *Introduction to Earthquake Engineering*, University of Tokyo Press, Tokio.
- Petak W J, Atkisson A A, Gleye P H, 1978, *Natural Hazards: A Public Policy Assessment*, J H Wiggins Co, Redondo Beach, CA.
- Rascón O, Brito R, 1982, *Métodos simplificado y rápido para evaluar la seguridad sísmica de edificios de mampostería*, en: Aguerrebere R, Brito R, Gelman O, Guerra O R, Macías S, Rascón O, Villaverde R, *Sistema de Protección y Restablecimiento de la Ciudad de México frente a Desastres, SIPROD, Segunda etapa, Vol 5, Anexo N: 'Métodos de evaluación de la vulnerabilidad de la edificación'*, Proy 1533, Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Reséndiz R, Springall G, Rodríguez J M, Esquivel R, 1970, *Información reciente sobre las características del subsuelo y la práctica de la ingeniería de cimentaciones en la Ciudad de México*, V Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, México, DF.
- Rosenblueth E, Marsal R, Hiriart F, 1958, *Los efectos del terremoto del 28 de julio y la consiguiente revisión de los criterios para el diseño sísmico de estructuras*, (Simposio sustentado en el Auditorio de la Escuela Nacional de Ingeniería el 27 de agosto de 1957), Sobretiro de la Revista Ingeniería, Facultad de Ingeniería, UNAM.

- Ruiz S, 1977, *Influencia de las condiciones locales en las características de los sismos*, No 387, Series del Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Seismic Design Project, 1978, *Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings*, Center for Buildings Technology, National Bureau of Standards, No NBS SP-510, Washington DC.
- SIC, 1971, *IX Censo General de Población*, Dirección General de Estadística, Secretaría de Industria y Comercio, México, DF.
- SMIS, 1982, *Memorias del simposio sobre diseño sísmico de estructuras industriales*, Vols 1 y 2, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica AC, México.
- SMMS, 1978, *El subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del Valle de México. Simposio*, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, DF.
- SPP, 1980, *X Censo General de Población y Vivienda, 1980*, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.
- Terán A, 1982, *Aplicación de la Ingeniería de Sistemas al estudio de daños provocados por sismo en La Ciudad de México*, Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara, Guadalajara, Jal.
- US Department of Commerce, 1974, *Design, Siting and Construction of Low Cost Housing and Community Buildings to Better Withstand Earthquakes and Windstorms*, No 48, Building Science Series.
- Villaverde R, 1982, *Procedimiento simplificado para estimar el riesgo de falla ante temblores de elementos no estructurales montados en edificios*, Apéndice N.5 en: Aguerrebere R, Brito R, Gelman O, Guerra O R, Macías S Rascón O, Villaverde R, *Sistema de Protección y Restablecimiento de la Ciudad de México frente a Desastres*, SIPROR, Segunda etapa, Vol 5, Anexo N: 'Métodos de evaluación de la vulnerabilidad de la edificación', Proy 1533, Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM.