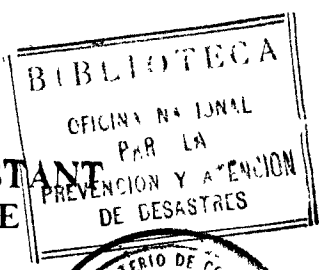


# URBAN SEISMIC DISASTERS, SEISMIC RESISTANT CONSTRUCTION CODE AND INSURANCE



## Selected Papers of the UNDRO/MAPFRE/Caja Reaseguradora de Chile International Seminar

(Santiago de Chile, 23-25 October 1991)

### TABLE OF CONTENTS

<u>Lecturer</u>	<u>Page</u>
<i>Introduction</i> .....	1
<i>Dusan Zupka, (DHA/UNDRO, Geneva)</i> ..... "MITIGACION DE LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES SISMICOS"	3 - 18 ✓
<i>Oficina Nacional de Emergencia de Chile (ONEMI)</i> ..... "ORGANIZACION NACIONAL DE EMERGENCIA"	19 - 28 ✓
<i>Zoran Milutinovic (Associate Professor, University "Kiril and Metodij, Skopje, Yugoslavia)</i> ..... "ESTIMATION OF REGIONAL/URBAN EARTHQUAKE IMPACTS/PRE-DISASTER POLICIES AND MITIGATION"	29 - 69 ✓
<i>Paul C. Thenhaus (USGS, Denver, U.S.A.)</i> ..... "A RECONNAISSANCE METHOD FOR EARTHQUAKE LOSS ESTIMATION TO DWELLINGS"	70 ✓
<i>Maximiliano Astroza, Joaquin Monge (Professor of the Civil Engineering Department, University of Chile)</i> ..... "STUDIES OF SEISMIC MICRO- AND MESOZONING IN CHILE: LIMITATION TO THE USE OF WEAK TYPES OF CONSTRUCTION"	71 - 83 ✓
<i>Patricio Bravo (Reinsurance Company of Chile)</i> ..... "THE REINSURANCE OF THE RISK OF EARTHQUAKE"	84 - 89 ✓
<i>Filomeno Mira (President of MAPFRE SEGUROS GENERALES)</i> ..... "ASPECTOS TECNICOS DEL SEGURO DE TERREMOTOS"	90 - 120 ✓
<i>Maximiliano Astroza (University of Chile)</i> ..... "RECOMENDACIONES PARA RESTRINGIR EL USO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE BAJO COSTO EN ZONAS SISMICAS"	121 - 137 ✓

\* \* \*

## INTRODUCTION

*The International Seminar on "Urban Seismic Disasters, Seismic Resistant Construction Code and Insurance", organized by the Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator (UNDRO), Geneva, in close co-operation with MAPFRE, Madrid and the Caja Reaseguradora de Chile, Santiago de Chile, was held in Santiago de Chile from 23-25 October 1991.*

*In line with the International Decade for the National Disaster Reduction (IDNDR), the Seminar's principal objective was to promote the exchange of recent technical information on integral multi-disciplinary work aimed at the reduction of seismic risks through the practical application of the appropriate seismic resistant building codes, insurance policies and other mitigation measures. It brought together an intersectoral group of academic, governmental and private sector experts to present the results of research and past experience, and to propose priorities for future mitigation actions and appropriate policies.*

*It is obvious that the disaster-related consideration (risk reduction and preparedness) should be incorporated in development planning. Well-conceived emergency and post-disaster assistance can provide a springboard for ongoing development efforts.*

*Even though seismic disasters frequently wipe out years of effort and material resources invested in development they can, on the other hand, create new opportunities for social and economic development. Government and public opinion will also be, more than usually, oriented towards the implementation of the measures to reduce future risks.*

*Most of the papers presented at the Seminar are published in these proceedings in the original version as they were presented (English and Spanish).*

*The interpretation of the contributors does not necessarily represent the viewpoint of the United Nations which assume no responsibility for any views expressed in this report.*

\* \* \*

Exposición por el Ing. Dusan Zupka

UNDRO, Ginebra

*"Mitigación de los Efectos de los Desastres Sísmicos"*

\* \* \*

I. DESASTRES NATURALES - EL PROBLEMA GLOBAL Y CRECIENTE

*(a) Introducción*

Las amenazas naturales existían mucho antes de la aparición del hombre y forman parte de la historia geológica, hidrológica y meteorológica de nuestro planeta. Los fenómenos naturales no respetan las fronteras geográficas y, aún cuando algunas áreas son propensas a varias amenazas de alto grado como por ejemplo *"El cinturón de fuego del Pacífico"*, podemos constatar que prácticamente todos los lugares de la tierra se encuentran amenazados como mínimo por un tipo de fenómeno natural. Por lo tanto, sería utópico imaginar nuestro planeta sin riesgo alguno y en este contexto hay que considerar el problema de los desastres naturales como un problema mundial.

Los desastres pueden adoptar diversas formas y pueden producirse como resultado de una amplia gama de acontecimientos, tanto naturales como provocados por el hombre. La duración de estos acontecimientos puede variar entre unos instantes a varios años. La gravedad de los efectos de tales acontecimientos será distinta según la dimensión del medio ambiente creado por el hombre y de las vidas y los bienes que se encuentran en peligro.

Los desastres originados por los fenómenos naturales son responsables durante cada década de la muerte de aproximadamente un millón de personas y afectan negativamente la vida de otros varios centenares de millones. Además de causar víctimas humanas y estado traumático en los sobrevivientes, causan cada año, a nivel mundial, daños económicos estimados en un promedio de 10 a 20 millones de dólares estadounidenses. Dentro de algunos años estos daños pueden alcanzar un promedio de hasta 50 mil millones de dólares.

El impacto de los desastres naturales es especialmente severo y trágico en los países del tercer mundo donde los daños sufridos en los últimos años ha alcanzado un noventa por ciento de las víctimas humanas. Por otra parte los países

industrializados tampoco son capaces de evitar que las amenazas naturales se convierta en desastres. Como ilustración presentamos el caso de los Estados Unidos de América donde el Gobierno declaró oficialmente diez eventos como desastres naturales en el año 1988 y desde 1980 hasta 1988 se elevan a doscientos seis.

El viejo proverbio "*es mejor prevenir, que curar*" se puede muy bien aplicar al campo de la gestión de los desastres. La experiencia ha demostrado que la inversión de recursos relativamente sencillos para las medidas de planificación previa y prevención contra desastres puede generalmente reducir las pérdidas económicas en un 10 a 20 por ciento y las pérdidas humanas incluso a la mitad. A pesar de esto mucha gente tiene una actitud fatalista u oportunista que respecto a los desastres naturales es equívoca. Los primeros consideran los desastres naturales como actos de Dios en los cuales el hombre no puede interferir. Los segundos prefieren convivir con los desastres naturales y guardan la ilusión de que los daños causados por éstos serán aliviados por la ayuda internacional y las compañías de seguros. La realidad es muy diferente.

De acuerdo a la experiencia y los estudios realizados por la UNDR0, la asistencia externa, a pesar de su generosidad, en general no sobrepasa del 4 a 5 por ciento de las pérdidas ocasionadas por un desastre.

En cuanto a las pérdidas aseguradas en los países en desarrollo, solamente en muy pocos casos alcanzan el 5 por ciento de la pérdida total.

### **(b) Causas Principales de los Desastres**

El acaecimiento de un evento de gran magnitud e intensidad no representa automáticamente un desastre o una catástrofe natural. Las catástrofes son siempre el resultado entre un agente productor y una población vulnerable.

Si no existe una ecuanimidad entre las necesidades de ayuda y la capacidad de respuesta de la sociedad afectada, la catástrofe es inevitable.

Por ende las causas principales de los desastres pueden determinarse como sigue:

- **POBREZA**

En el amplio espectro de los desastres, la pobreza generalmente hace que la gente sea más vulnerable al impacto de las amenazas. A causa de la

pobreza la gente en las áreas urbanas se ve obligada a ocupar casas mal construídas y sin ningún seguro, a vivir en colinas expuestas a avalanchas y a asentarse cerca de los volcanes.

- **AUMENTO DE LA POBLACION**

Mientras más grande es el número de personas y edificaciones en la zonas afectadas, mayor es el efecto del impacto.

- **URBANIZACION RAPIDA**

La urbanización rápida se caracteriza por el traslado de la población rural, en su mayoría pobre, hacia áreas metropolitanas en busca seguridad y oportunidades económicas.

- **TRANSICION DE PRACTICAS CULTURALES**

Un ejemplo del impacto de estas transiciones es la introducción de nuevos materiales de construcción en una sociedad acostumbrada a usar sólo materiales tradicionales, como consecuencia, se ve a menudo que estos materiales nuevos son utilizados incorrectamente. En áreas con tendencia a catástrofes, las nuevas técnicas de construcción dan como resultado casas que no resisten a los terremotos o tormentas de viento. El problema se agrava cuando estas nuevas comunidades, donde se encuentran las víctimas de desastres, descubren que ya no pueden contar con un sistema o red de apoyo social que los ayude a recuperarse de una catástrofe (ésto sucede generalmente en el Africa). La población, por lo tanto, es cada vez más dependiente de la intervención externa para ayudarlos a sobreponerse de los efectos de una catástrofe.

- **DEGRADACION AMBIENTAL**

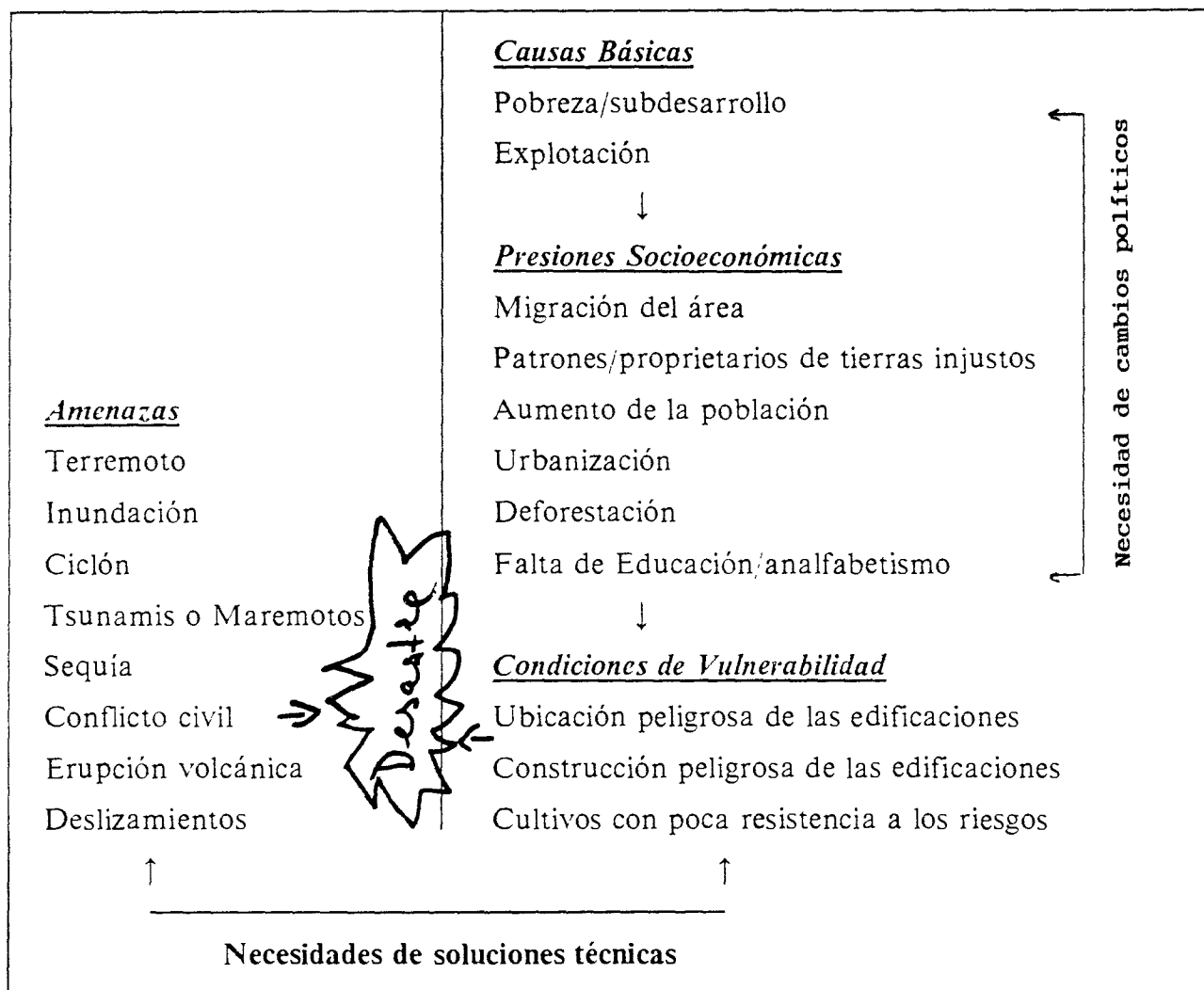
La deforestación contribuye a las inundaciones y a las sequías, la destrucción de manglares disminuye la capacidad del litoral de resistir a los vientos tropicales, etc.

- **FALTA DE CONOCIMIENTO E INFORMACION**

Los daños causados por un desastre pueden aumentar porque la gente más vulnerable simplemente ignora como tomar medidas de protección o cuales son las vías de evacuación.

- GUERRA Y CONFLICTO CIVIL

(c) Los Desastres como Interfase entre Amenazas y Condiciones de Vulnerabilidad



A pesar de la tecnología sofisticada conocida en la actualidad, nuestra civilización moderna es muy vulnerable en cuanto a desastres naturales. Paradójicamente su vulnerabilidad crece y los riesgos aumentan con el desarrollo. Los principales factores que incrementan esta vulnerabilidad son:

- (i) el aumento rápido de la población y la consiguiente concentración de gente y valores en áreas urbanas, sobre todo en los países del tercer mundo;
- (ii) el reciente desequilibrio económico y social entre los países industrializados y los países del tercer mundo;

- (iii) el desarrollo industrial y tecnológico que frecuentemente viene emparejado con la introducción de tecnologías peligrosas;
- (iv) la degradación del medio ambiente como resultado del aprovechamiento inadecuado de la tierra;
- (v) el incesante aumento de edificios a riesgo y de medios de vida frágiles.

## II. MITIGACION DE LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES SISMICOS

### (a) Conceptos Básicos de la UNDRO con respecto a la Mitigación

La prevención y la planificación previa contra desastres sísmicos representa relativamente un nuevo concepto que necesita un más amplio reconocimiento internacional. Sólo en los últimos años hemos podido observar una creciente percepción, a todos los niveles, del hecho que la atención de los desastres y la subsiguiente rehabilitación tendrían que ser complementadas con actividades de prevención y planificación previa. Únicamente así se pueden resolver las causas de los desastres y no sólo sus síntomas. El proceso de la mitigación de desastres sísmicos incluye generalmente la combinación de las diferentes actividades de la evaluación técnica (prevención) y del planeamiento logístico (planificación previa) destinadas a salvar vidas y a limitar la importancia de los daños que de otro modo, podría causar el acontecimiento.

En nuestra opinión los objetivos principales de estas actividades están relacionados con las siguientes preguntas:

- (i) Qué tipo de terremoto es probable que ocurra en el futuro, cuál es la probabilidad, cuáles son las características (magnitud/intensidad) y a dónde?
- (ii) Cuáles será su impacto sobre la gente, la propiedad y el medio ambiente ?
- (iii) Qué medidas de protección o planes de emergencia son necesarios, cómo hay que prepararlos y quién será responsable de efectuar este trabajo ?
- (iv) Quién va a tomar la decisión para llevar a cabo estas medidas y qué criterios tienen que ser seguidos en el proceso de decisión ?
- (v) Qué medidas serán necesarias para aliviar la situación de los sobrevivientes y evacuados después de un desastre ?

La respuesta correcta a estas preguntas requiere no sólo un conocimiento técnico y científico sino también la cooperación de expertos en diversas disciplinas tales como científicos, ingenieros civiles, arquitectos, planificadores, etc., y de organismos tales como los servicios de emergencia nacional, de seguridad pública, médicos, de seguro, de la información, de los medios de comunicación y medios políticos, quienes son los que toman las decisiones.

La prevención se ocupa de las políticas y de los programas a largo plazo para prevenir o evitar que se produzcan desastres. Las medidas correspondientes a ser adoptadas son sobre todo científicas, técnicas, de planificación del medio físico y urbano, de obras públicas y de construcción. Las medidas científicas y técnicas tienen por finalidad el de determinar la naturaleza de los acontecimientos los cuales podrían influenciar en un futuro desastre y los medios para asegurar una protección permanente de la población y la propiedad.

La segunda parte, la planificación previa, comprende principalmente el planeamiento logístico que define como evacuar a las personas de manera segura y brindarles la asistencia necesaria cuando un desastre es inminente o que ya ha ocurrido.

## **(b) Características Principales de los Terremotos**

### **Fenómenos causales**

Movimientos en la corteza terrestre producidos en la superficie: temblores, (la tierra se sacude); licuefacción, (movimiento ascendente de la humedad que transforma los suelos en algo como la arena movediza); tierra falla, ruptura de la tierra, (grietas y desplazamientos horizontales). Los terremotos tienden a repetirse en áreas donde la presión se acumula debido al movimiento de la placas tectónicas. Ocurren con mayor frecuencia en las zonas cercanas al Océano Pacífico y a través del cinturón entre el Mediterráneo y el Himalaya, pero pueden presentarse también en otros lugares.

### **Características generales**

*Terremotos* Repentinos, con la posibilidad de que los sismos posteriores continúen por varias horas (o incluso días) de los terremotos de gran magnitud que ocurren a profundidades de menos de 15 km. Los terremotos en zonas deshabitadas causan daños por la vibración de la tierra (la más predominante y



perjudicial), falla en la superficie, elevaciones tectónicas y hundimientos, licuefacción y deslizamiento de tierras.

### **Posibilidad de pronóstico**

*Terremotos* Las áreas en donde los terremotos pueden ocurrir son bastante conocidas, pero sin mucho éxito para anticipar cuándo ocurrirán; sin embargo, es posible pronosticar las zonas que sufrirán mayores perjuicios.

### **Factores contribuyentes a la vulnerabilidad**

*Terremotos* Situación de asentamientos humanos, plantas industriales, diques e infraestructura en zonas sísmicas y en especial en suelos poco firmes (lo que amplifica las vibraciones de la tierra), sobre terrenos propensos a los deslizamientos o a lo largo de líneas de falla. La resistencia de estructuras individuales (edificios, puentes, diques, etc.) al movimiento de la tierra depende del diseño y calidad de la construcción, tipo de materiales, etc.

### **Efectos adversos típicos**

- **DAÑO FÍSICO**

*Terremotos* daño y destrucción de asentamientos humanos, construcciones, estructuras e infraestructura en especial puentes, caminos elevados, vías férreas, tanques de agua, instalaciones para el tratamiento del agua, servicios públicos, cañerías, plantas de energía eléctrica y plantas transformadoras. Los sismos posteriores pueden causar mucho daño a edificios que se encuentran ya frágiles. Las construcciones no son solamente vulnerables a las sacudidas terrestres causadas por el impacto casi directo del terremoto, sino que también a las causadas por la frecuencia de la resonancia producida por un terremoto más lejano cuando éstos son suficientemente fuertes.

Efectos secundarios de importancia: incendios; falla de los diques; deslizamiento de tierra que al obstaculizar el paso del agua puede también causar inundaciones; daño a plantas que utilizan para manufacturar materiales peligrosos; ruptura del sistema de comunicaciones.

- **VÍCTIMAS**

El porcentaje de víctimas es a menudo alto, especialmente cuando los terremotos ocurren en zonas:

- ▶ De población densa y en particular cuando las calles entre los edificios son angostas, las construcciones en sí no son asísmicas y/o el terreno es inclinado e inestable; o
- ▶ Donde la construcción de adobe o piedra seca es común y los pisos altos y techos son pesados.

- **SALUD PUBLICA**

Probablemente pocos problemas, fuera de fracturas, *a menos que:*

- ▶ haya inundaciones secundarias
- ▶ se interrumpa el suministro de agua y se utilice aguas contaminadas (aunque no existe documentación evidente que indique un brote de enfermedades causadas por el agua después de un terremoto); o
- ▶ la gente se concentre en campamentos con alta densidad de personas.

- **SUMINISTRO DE AGUA**

- **SUMINISTRO DE ELEMENTOS**

***(c) Medidas de Mitigación***

**Reducir la amenaza o reducir la vulnerabilidad**

Se puede lograr protección contra las amenazas de un terremoto modificando o eliminando las causas de la amenaza o reduciendo los efectos de la amenaza si esta ocurre (reduciendo la vulnerabilidad de los elementos afectados). En la mayoría de los tipos de catástrofes naturales, es imposible prevenir que ocurra el evento mismo. El foco de las políticas de mitigación se centra principalmente en reducir la vulnerabilidad de los elementos que posiblemente pueden ser afectados.

**Ingeniería**

Las medidas de ingeniería son aquellas que resultan en estructuras individuales más sólidas que son más resistentes a los terremotos. Se le llama a veces "*endurecimiento*" de las instalaciones contra fuerzas peligrosas. Los códigos de construcción son medidas de defensa críticas para lograr estructuras de ingeniería más sólidas.

## **Planificación espacial**

Las amenazas y sus efectos están localizadas en áreas específicamente conocidas. La planificación urbana debe crear la conciencia de mitigación de los efectos de los desastres al planificar las estructuras de una ciudad.

## **Economía**

El desarrollo económico es básico para la mitigación de desastres. Una economía sólida es la mejor protección contra un desastres futuro. Una economía sólida significa más dinero para gastar en edificaciones más resistentes y reservas financieras más grandes para enfrentar pérdidas futuras.

## **Control e institucionalización de mitigación de desastres**

La mitigación de desastres requiere también ciertas medidas de organización y procedimientos. La extensión de tiempo durante la cual se puede lograr una reducción significativa en el impacto potencial de una catástrofe puede ser de medio y largo plazo. Los cambios en la planificación de lugar, el perfeccionamiento de las estructuras y cambio en las características del patrón de construcción son procesos que pueden tomar décadas.

## **Sociedad**

La atenuación de desastres sólo puede hacerse realidad donde existe consenso de que es necesaria y deseable.

### **III. PROYECTO DE LA UNDR0 PARA LA MITIGACION DE LOS EFECTOS DE LOS TERREMOTOS URBANOS EN CALI, COLOMBIA**

La UNDR0, en colaboración con la Oficina Nacional de Desastres (OND), ha comenzado su Programa de Mitigación de Desastres en Colombia a fines del año 1988. Desde entonces se han desarrollado varios proyectos pilotos con el objetivo de reducir los riesgos más graves que existen en Colombia y uno de estos proyectos es el "*Proyecto para Mitigar los Riesgos Sísmicos Urbanos en Cali*".

La ciudad de Cali tiene hoy casi 2 millones de habitantes, y desde su fundación (hacen 454 años) ha sido sacudida por lo menos por ocho grandes terremotos, dos de estos eventos fueron catastróficos (1766 y 1925). Además de la evidencia histórica de sus terremotos hay que subrayar el hecho de que Cali se encuentra sobre la línea de convergencia de las Placas de Nazca y de América del Sur.

### **(a) Evaluación de las Amenazas Sísmicas**

El estudio de las fuentes sismogénicas incluye la compilación y el aumento de la información existente sobre las fallas activas, análisis histórico, estudios sobre microsismicidad de las fallas locales y regionales.

La zonificación preliminar de las tierras urbanas ha sido hecha en términos del "*coeficiente de sitio*" usado en los códigos sísmicos y basados en la información geológica y geotécnica disponible.

Este parámetro hace posible las consideraciones simplificadas sobre la modificación de las vibraciones que son consecuencia de las características diferentes de la tierra.

Se ha evaluado también el potencial de los fenómenos de segundo orden como los deslizamientos de tierra y la licuefacción.

### **(b) Vulnerabilidad y estimación de los riesgos**

El primer paso para evaluar la vulnerabilidad consistió en el establecimiento y la evaluación preliminar de los edificios claves (escuelas, hospitales, estaciones de policía y de bomberos, etc.) y en la determinación de los edificios más predominantes.

Los edificios se han definido en tres categorías:

- (i) Edificios de uno o dos pisos
- (ii) Edificios del grupo I y II del Código
- (iii) Facilidades vitales (Grupo III del Código)

Se ha dado especial atención a las facilidades vitales (escuelas, hospitales, etc.) y a los edificios de uno o dos pisos, puesto que el 90 por ciento de la población de Cali vive en este tipo de edificios.

### **(c) Educación, entrenamiento e información pública**

La educación, el entrenamiento y la información pública han sido las actividades que más han contribuido al éxito de este proyecto ya que los resultados, que fueron ampliamente divulgados, sensibilizaron a la opinión pública sobre el problema de los terremotos en Cali. En este contexto se han distribuido

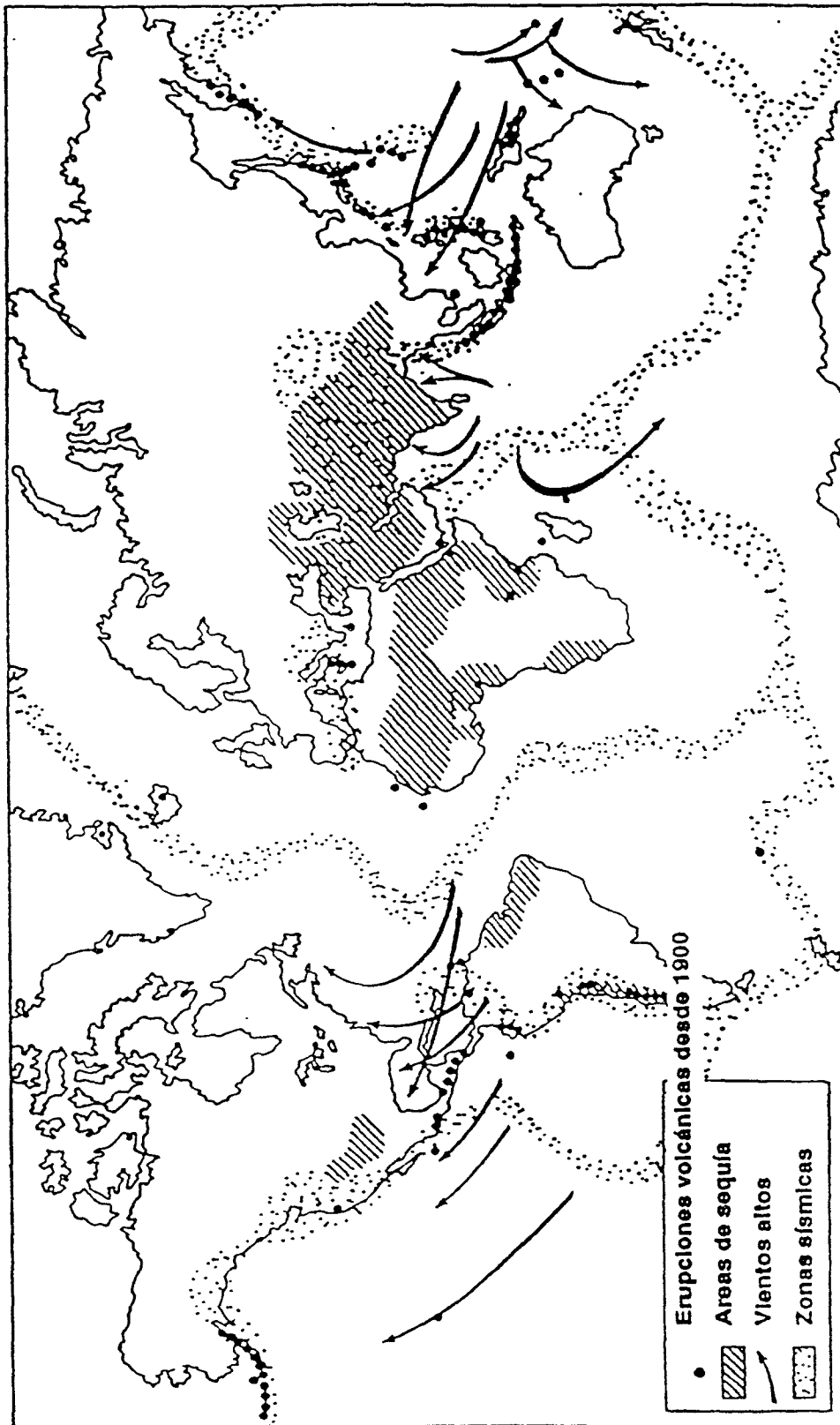
folletos, libros educativos y manuales con recomendaciones para una construcción apropiada de casas y edificios a fin de rendirlos más resistentes al impacto de los eventos sísmicos. De igual forma se ha reforzado el edificio del aeropuerto internacional PALMASECA de Cali.

El Comité Local de Emergencia ha publicado el *"Plan General para la Atención de Emergencias"* y se ha comenzado a llevar a cabo el *"Programa Escolar para Prevenir y Responder a los Desastres"*

\* \* \*

18 de octubre de 1991

DZ KTB



Mapa mundial de catástrofes

# Causal factors of disasters

- Pobreza
- Crecimiento de la población
- Urbanización rápida
- Transición en prácticas culturales
- Falta de conciencia/información
- Degradación ambiental

Acontecimiento  
catastrófico

**DESASTRE**

**Un desastre como zona de contacto entre peligros naturales y condiciones vulnerables**

Causas básicas  
Pobreza/subdesarrollo  
Explotación

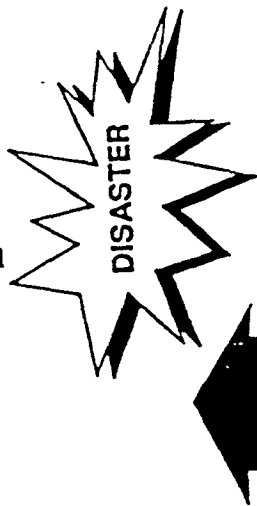


Presiones socioeconómicas  
-Migración del área  
-Patrones injustos de propiedad de la tierra  
-Crecimiento de la población  
-Urbanización  
-Desforestación  
-Falta de educación/analfabetismo

Cambios políticos necesarios

RIESGOS

- Terremoto
- Inundación
- Ciclón
- Tsunamis
- Sequía
- Conflicto civil
- Erupción volcánica



CONDICION VULNERABLE

- Ubicación peligrosa de edificaciones/poblados
- Configuración peligrosa de las edificaciones
- Construcción peligrosa
- Cultivos con poca resistencia a los riesgos



**Recursos técnicos necesarios**



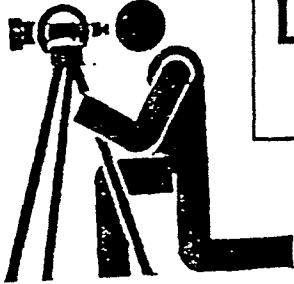
## **Objetivos principales de mitigación**

- **Salvar vidas**
- **Reducir trastorno económico**
- **Disminuir vulnerabilidad/ aumentar capacidad**
- **Disminuir posibilidad/nivel de conflicto**



**REDUCCION DE RIESGO**

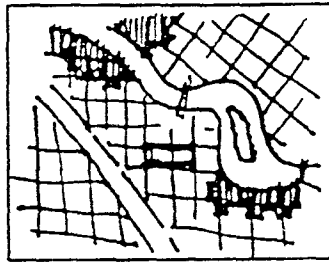
# Lista de acciones de mitigación



Ingenieria



Resolución de conflicto



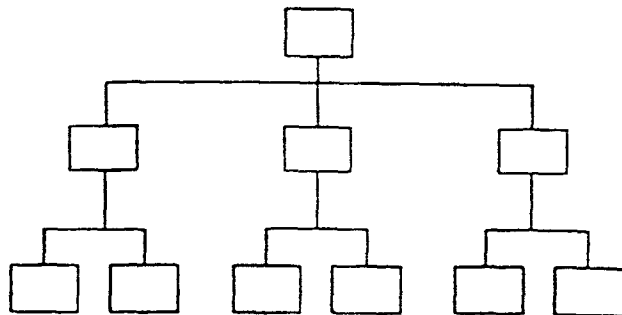
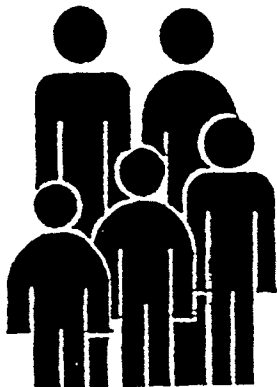
Económicas

Planificación espacial



Sociales

Administración e institucionalización



ORGANIZACION NACIONAL DE EMERGENCIA

PRESENTACION INSTITUCIONAL

1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Terremotos, inundaciones, incendios forestales, volcanes en erupción, son, para los chilenos, catástrofes que casi forman parte de nuestra idiosincracia como pueblo y que han ido moldeando nuestro carácter en el esfuerzo y en la solidaridad.

En lo que respecta a terremotos, tenemos una vasta experiencia; desde la época de la Conquista hasta hoy, inundaciones en el norte, en el sur y en el centro, especialmente en la capital, llenan los titulares de los diarios en épocas de lluvias y deshielos. Y cada cierto tiempo algún volcán en alguna región del país, alcanza también la primera página con impactantes fotografías de fumarolas y lava amenazantes.

Ese es Chile. Periódicamente bajo una u otra catástrofe. Recuperándose de la anterior y tratando de prevenir la próxima.

Es misión del Estado garantizar bienestar y seguridad a sus connacionales.

En efecto, el fin público del Estado y del Gobierno, en particular, es entre otros, la protección de sus habitantes y del medio, reconociéndose ello incluso como parte de los objetivos nacionales.

Para alcanzar este fin, es necesario desarrollar funciones públicas específicas, y en el caso de la seguridad y atención de emergencias en nuestro país esa función recae preeminentemente en el Ministerio

del Interior, quien, a través de su Servicio especializado, la Oficina Nacional de Emergencia - ONEMI -, desarrolla dicha misión por medio de la estructura política administrativa del país, coordinándose la respuesta de emergencia con otros Ministerios y Servicios que intervienen en conjunto con organismos voluntarios de Protección Civil y empresa privada, constituyen el denominado Sistema Nacional para la Atención de Emergencias, su finalidad es la organización de los recursos en forma adecuada para dar respuesta a las exigencias de una emergencia o catástrofe.

La sociedad, cada día más, busca niveles de bienestar más elevados, lo que naturalmente exige, y los ciudadanos así lo demandan, servicios públicos que funcionen adecuadamente.

En las ocasiones que pelagra el mayor bien que posee la persona, es decir, su propia integridad, es cuando lógicamente se espera de estos servicios una mayor eficacia en la respuesta de los mismos.

En situaciones de catástrofes extraordinarias, en que la seguridad y la vida de las personas pueden peligrar masivamente, entra en juego un concepto que, a pesar de ser muy utilizado, todavía no es bien conocido, acaso por ser relativamente nuevo en nuestro país, nos estamos refiriendo al concepto de Protección Civil.

Ante situaciones complejas de emergencia en que es necesario el uso de diferentes recursos, tanto técnicos como humanos, se requiere la coordinación de todos, siendo esta función donde se enmarca la Protección Civil. Es decir, es la comunidad en su conjunto la que se organiza para defenderse de cualquier fenómeno que pudiera alterar su funcionamiento.

## 2. SISTEMA DE ATENCION DE EMERGENCIA

Dadas las características del Sistema anteriormente expuestas, para quienes hemos asumido la responsabilidad de conducir la Oficina Nacional de Emergencia, en los meses que llevamos a cargo de la institución, nos hemos abocado a hacer un análisis del actual Sistema Nacio-

nal para la atención de emergencias y a la elaboración de propuestas, tanto legales como operativas, para mejorar la capacidad de respuesta si las circunstancias así lo ameritan.

### Elementos constituyentes del Sistema de Atención de Emergencias

Existen elementos que constituyen la esencia de la acción y respuesta ante una emergencia, éstos son :

#### 2.1. La ayuda mutua

La ayuda mutua se fundamenta en el hecho real de que no existe institución ni área jurisdiccional alguna que sea completamente autosuficiente para controlar, sólo con sus propios medios, todas las variables de catástrofes o de situaciones de emergencias que las puedan afectar, y que, en alguna oportunidad, van a necesitar ayuda adicional de otras instituciones o áreas.

#### 2.2. Respuesta inmediata

Un segundo elemento es la respuesta inmediata del aparato central. Ello refleja una diferencia sustantiva sobre la acción de ONEMI hasta hace poco. Antes, bajo el principio de empleo escalonado de recursos, sólo en la medida que la magnitud del evento lo aconsejaba, se recurría gradualmente al nivel provincial, regional y, en última instancia, al nivel nacional. Eso significaba una respuesta poco efectiva. Por eso ONEMI se ha estructurado para estar presente, junto a las autoridades locales, donde las circunstancias lo requieran y en el momento que se requiera. Siendo nuestra Oficina donde se encuentra radicada la experiencia y el conocimiento para la toma de decisiones, la acción de asesoría debe estar en el lugar de la emergencia.

#### 2.3. La participación

Además de estos dos elementos señalados, nosotros hemos querido agregar un tercer aspecto : éste es, la participación, como -

principio básico de organización. En efecto, hasta hace poco, la acción estatal en el campo de las emergencias se entendía por una acción paternalista del Estado, quien llegaba al lugar de los hechos y solucionaba los problemas, generando un rol absolutamente pasivo en la población.

Nosotros creemos en la dignidad y capacidad de las personas, en su espíritu solidario, en la fuerza de su trabajo y en la efectividad de sus organizaciones, por ello, procuramos que cada uno sea sujeto de un propio desarrollo, que cada persona colabore en la solución de sus problemas. Para ello, estamos estableciendo canales de participación con el fin de buscar soluciones compartidas a los problemas.

En Chile, los sufrimientos provocados por las catástrofes y - otros hechos, han desarrollado un concepto y una acción solidaria muy especial. Esta natural solidaridad, se manifiesta en forma espontánea, cada vez que nuestra nación o parte de ella es afectada por cualquier calamidad. Nuestro deber es canalizar dicha solidaridad y encauzarla a través de mecanismos que permitan su expresión.

### 3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Interesa a ONEMI, como cabeza del Sistema Nacional de Protección Civil, generar tres acciones fundamentales : la prevención, la administración y la superación de emergencias.

#### 3.1. La prevención

La prevención de desastres es un concepto de planificación. Es responsabilidad de los diferentes organismos y entidades públicas que dicho concepto esté presente en la preparación de sus planes, programas y proyectos.

Pese a que se reconoce que la prevención es el medio más eficaz para reducir o evitar daños causados por fenómenos naturales

u ocasionados por el hombre, con frecuencia no han sido reconocidas las amenazas ni explorada la posibilidad de reducir los niveles de vulnerabilidad de los centros de producción, infraestructura, asentamiento humano y medio ambiente.

La ausencia de elementos de prevención dentro del proceso de planificación del desarrollo de nuestro país ha dado origen a la inadecuada ocupación y/o explotación del medio ambiente.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace indispensable que los conceptos de prevención hagan parte integral de la planificación regional y urbana.

Es necesario dar prioridad a la identificación de medidas preventivas que puedan adoptarse con escasos recursos y aún sin ellos, como sería el caso de impedir nuevos asentamientos humanos en zonas de alto riesgo. Esto implicaría una decisión política que representa, antes que un gasto, un beneficio social y económico.

Es claro, a su vez, que invertir recursos en prevención representa un costo varias veces inferior al que se incurriría si sucede el desastre.

La prevención, para un país como el nuestro, se constituye en un medio de desarrollo para hacer frente a las amenazas y a la vulnerabilidad que tenemos.

### 3.1.1. Capacitación

El país debe ser consciente de que vivimos en zonas de alto riesgo, la población debe conocer cuáles son las amenazas a las que estamos expuestos, para saber qué hacer antes, durante y después de que ocurra un evento peligroso. De esta forma, podemos reducir o evitar la posibilidad de que esas amenazas nos hagan daño, es decir, reduzcan nuestra vulnerabilidad.

### 3.1.2. Coordinación

La complejidad y magnitud de los problemas que plantean los desastres requiere la acción integrada de todo el país.

El sistema de coordinación es el conjunto integrado de instrumentos institucionales, técnicos, científicos y organizativos, públicos y privados, que conociendo su rol y función, podrán responder, desde el ámbito de su competencia, por la tarea de evitar o reducir los efectos de los desastres.

Como resultado de la integración se obtienen resultados superiores a la suma de los esfuerzos aislados.

### 3.1.3. Planificación

La creación permanente de los planes de emergencia es una acción que cae de la etapa de preparación. En ella deben participar todos los organismos de la comunidad, es decir, tiene que ser participativa, cada cual debe saber aquello que le corresponderá hacer en relación a la variable de catástrofe que en determinado momento corresponda atender.

Esta planificación debe estar presente en todos los niveles, desde el comunal hasta el nacional, pasando por la planificación de emergencia provincial y regional. Este hecho, aunque no evita la catástrofe, por lo menos va a mitigar sus efectos sobre la población, ya que en ella se tomará en cuenta las zonas más vulnerables y los recursos y acciones que se moverán una vez ocurrida la emergencia.

### 3.1.4. Proyectos de estudio

Las catástrofes son más frecuentes y más graves y cada vez se hace sentir la necesidad de aumentar el número de personas preparadas para estudiar y conocer los fenómenos naturales y/o provocados por el hombre, sus orígenes, sus causas y consecuencias, tanto sociales como económicas. La clave para realizar las -



las planificaciones es tener la información para saber cómo actuar ante las zonas y grupos sociales más vulnerables.

### 3.2. La administración de la emergencia

En la operación administración de emergencia es donde se pone a prueba las acciones desarrolladas en la etapa de prevención, específicamente la coordinación y planificación que se haya realizado. En otras palabras, la administración de emergencia es la puesta en marcha de las planificaciones de los distintos niveles. Es aquí donde se activa el Sistema y todos los organismos e instituciones se ponen a disposición de las autoridades para hacer frente a aquello que les ha afectado.

#### Objetivos de la Administración de Emergencia

La administración de emergencia tiene por objeto principal atender oportuna y eficientemente las necesidades derivadas de eventos con características de catástrofe.

Este objeto está expresado en un Plan que estableció, en términos concisos, claros y comprensibles, los ámbitos de operación destinados a atender estas necesidades.

De acuerdo a lo anterior, se plantea las siguientes metas específicas :

- a. Establecer una organización de respuesta y mitigación de emergencias y un sistema de evaluación del evento.
- b. Permitir que la respuesta generada sea proporcional al evento, coordinando las tareas propias y de otras instituciones que demande la situación.
- c. Procurar que la ayuda de elementos básicos llegue con prontitud requerida a las zonas afectadas por la catástrofe.

- d. Tomar las medidas necesarias para restablecer los servicios básicos, las vías de transporte y las comunicaciones en las áreas afectadas.
- e. Coordinar las actividades de las organizaciones voluntarias nacionales e internacionales.
- f. Mantener informadas a las autoridades de la situación de las áreas afectadas, medidas previstas y acciones emprendidas para superar la situación.

En la administración de la emergencia, ONEMI cumple tres funciones básicas : informar sobre la situación, tanto a las autoridades como a la población en general; coordinar los esfuerzos; y entregar ayuda de acuerdo a los requerimientos de las áreas afectadas.

#### 3.2.1.Información

Este es un proceso que comprende diversas acciones, desde la captura de la información desde el o los lugares afectados, el procesamiento de la información, el proceso de verificación de dicha información y, finalmente, la elaboración de informes a las autoridades y a la población. La información es clave en la toma de decisiones y debe ser lo más confiable posible.

#### 3.2.2.Coordinaciones

De acuerdo a las acciones que es necesario emprender como resultado de la evaluación de la emergencia, es importante estar en contacto con los diferentes niveles que puedan participar en la gestión para la solución de los problemas que se presentan. El uso de recursos en forma racional y oportuna es la premisa básica de esta función.

### 3.2.3. Entrega de ayuda

Esto es producto de los procesos anteriores, es decir, mientras más rápido se sabe los daños ocasionados por el evento sobre la población y mientras exista una pronta y buena coordinación, más rápido recibirán la ayuda quienes la necesiten.

## 4. SUPERACION DE LA EMERGENCIA

El rol de ONEMI apunta fundamentalmente a esta materia.

### 4.1. Evaluación de daños

Acción relativa tanto a determinar los efectos sobre las personas, ya sean físicos o psicológicos y sus bienes, como también el impacto y pérdidas de infraestructura y producción.

### 4.2. Programa de reconstrucción

Comprende las tareas de proponer posibles proyectos y programas que atiendan a los sectores más dañados, teniendo como base el criterio de prioridades determinado por la evaluación.

### 4.3. Ayuda post-emergencia

Significa la atención de personas en albergues u otras circunstancias producto de la catástrofe, mientras no se solucionen los problemas para que puedan volver a sus hogares.

## 5. COMENTARIOS FINALES

En general el sistema adoptado para la respuesta de emergencia ha considerado en su elaboración elementos tales como : nuestra realidad

económica, nuestra idiosincracia, nuestra realidad geográfica, y son ellos los que han marcado sus características especiales.

Pero, estamos conscientes que ningún sistema o planificación funciona sin que no tenga constante revisión y análisis.

De esta forma, creemos que nuestro nivel de respuesta es adecuado, pero sólo a través de una auténtica conciencia cívica y de Protección Civil podemos cumplir nuestro papel y eso no sólo es nuestra responsabilidad, sino también la de ustedes.

# ESTIMATION OF REGIONAL/URBAN EARTHQUAKE IMPACTS – PREDISASTER POLICIES AND MITIGATION

Zoran MILUTINOVIĆ \*

## INTRODUCTION

Throughout history, natural disasters have claimed countless lives and wrought immeasurable devastation. Such violent natural events as earthquakes, landslides, tsunamis, volcanic eruptions, floods, hurricanes, tornados and wildfires are estimated to have claimed some 3 million lives worldwide and adversely affected the lives of 800 million people over the last two decades. While some estimates indicate that the physical damage directly caused by such disaster over the same period would surpass 23 billion US dollars, it is thought that the actual damage in terms of the effects on the economic activities and social infrastructure will vastly exceed that figure. As may be expected, the consequence for human activities are immense. And, despite the advancing proficiency in forecasting and preventing natural disasters, the damage and suffering continue to grow. The toll is particularly severe and tragic in the developing countries, which, in recent years, have suffered 90 percent of the deaths and have often seen their development goals set back years and even decades.

Lessons learned from past earthquakes have already demonstrated that natural disasters, and earthquakes in particular, have tended to become increasingly destructive since they ever affect a larger concentration of material property and human population. Orderly industrial development accompanied by urban expansion and increased population growth, becomes prohibitive in seismic prone regions, unless the investments in infrastructure, housing and other public and social facilities are protected against losses at all stages of their development.

Although significant efforts have been made during the last decades for qualitative and quantitative assessment of seismic hazard and mitigation of its possible consequences, the major earthquakes continue to cause enormous damage to the economy of the affected regions and the entire countries. In spite of that, specialized and comprehensive assessment of natural (and technological) hazards, including a rigorous scientific, technological and intellectual approach is required to solve this truly global problem of protecting the orderly industrial development and accompanied urban patterns.

With reference to existing urban morphology, the pre-disaster mitigation should basically recognize two broad cases - protection of existing urbanization patterns and policy of new urbanization and development.

Traditionally, the engineering response to the problem has been almost solely structural, i.e., (a) to demolish the highly vulnerable buildings and replace them by modern ones, designed and built according to decreed seismic regulations, standards and codes; or (b) to repair and strengthen them in order to improve their seismic resistance and overall seismic stability and safety.

---

\* Associate Professor, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, University "Kiril and Metodij", Skopje, Yugoslavia

While it is technically achievable, it is economically unjustifiable to assure an absolute seismic safety, and serviceability of engineering and other structures. The safety margins are a function of maximum loads (or combination of loads) which the structure should withstand during its life-time period.

On the other hand, earthquakes take place within the return periods that are considerably longer than the life-time period of many newly constructed structures. Thus, they might, or might not be affected by an earthquake action. Due, a seismic design code should be compromise between the capital inputs necessary for assuring the accepted level of seismic risk (safety) and the penalty (loss) that should be paid when out-of-safety-margin earthquake event occurs.

In the case of major earthquake, heavy damages and losses might therefore be expected. They will primarily be associated with large volume of existing nonengineered buildings, but also with engineered structures designed and constructed to comply with existing code provisions.

Concentrated physical and financial losses that might be generated in densely populated regions seldomly might be absorbed by the economy of the region/country itself. To decrease the financial pressure on national economy in the same period when it is already affected due to disaster occurrence, the loss sharing techniques, through national and world-wide insurance and reinsurance system should be established.

Considering the afore-stated needs, as well as the possibilities for development of proper national risk mitigation policies, it is apparent that qualitative and quantitative tools for estimation of seismic losses are needed for different decision making needs. This paper presents the technique and model for large-scale urban/rural loss estimation. Model inputs and outputs are discussed in necessary details. Implementational margins are outlined, in particular when used for code development, or establishment of long-term national pre-disaster national mitigation policies that should be realized through national governmental systems including the insurance and reinsurance protection of government-based funds for disaster relief.

## INTEGRATED APPROACH FOR SEISMIC RISK ASSESSMENT

Notable successes in disaster mitigation have been achieved in recent years, largely as a result of scientific and technological progress in understanding the causes and means for reducing the effects of natural disasters. More universal application of this knowledge, coupled with further breakthroughs from research, can save thousands of lives annually and greatly lessen human suffering and property losses in years ahead.

Specialized or comprehensive assessment of natural (and technological) hazards, including a rigorous scientific, technological and intellectual approach will be required to solve this truly global problem of protecting the orderly industrial development and accompanied urbanization patterns such as investments in regional and local infrastructure, life-lines, housing, urban furniture and other public and social activities against losses at all stages of their development.

Even though two disasters (seismic events and associated afflicted areas) are not alike, the problems created are basically of the same nature, thus, quite foreseeable. The common profile of earthquake related disasters enable planning of pre-disaster measures and activities for effective risk management through experience and technology transfer, performance of pre-disaster demonstration projects, elaboration of programs for technical assistance, education and training, etc., as well as the evaluation of the effectiveness and organization of pre-disaster measures and activities planned to be undertaken.

Although disastrous natural phenomena cannot be prevented, their effects are often reduced through better construction standards, improved land-use policies and other measures. Identifying sources of vulnerability and taking steps to mitigate the consequences of future disasters are the most essential elements of any disaster preparedness, mitigation and reconstruction program.

With a proper pre-disaster policy, it often seems that many measures could have been adopted before catastrophic consequences exact a very high price.

Recent research and field surveys have shed a new light on the effects of natural disasters that are pertinent to the technologically organized society, indicating thus better approaches for providing the appropriate response of national and local policy planners.

For planning of new developments or appropriate post-earthquake reconstruction, for earthquake preparedness and organization of disaster relief, for insurance, decision making as well as many other related purposes, quantitative seismic risk assessment tools are needed for various elements at risk in various locations.

The methods, procedures and models for assessment of seismic risk should be developed to provide a basis, essential data and assistance for the following needs:

- Assessment of the accuracy of existing methods for evaluating seismic hazard, seismic zoning and microzoning and their practical application in earthquake engineering, land-use planning, development planning, public information and training, including the sensitivity analyses of the final results on factors controlling dominantly the aforestated outputs;
- Control of the industrial and residential development in regions of expected, or already prone seismic activity in order to reduce both human and property losses;
- Control of the certain kinds of hazardous activities in industrial plants in regions of expected seismicity – environmental management and development of effective strategies for countering the threat of increased susceptibility to secondary effects caused by a natural disaster;
- Planning of the most rational and effective access to the region stricken by a natural disaster, provision of accesses for emergency, disaster relief and other technical and expert services, and the location of the disaster relief and emergency service facilities;
- Development of improved (i.e., less biased) survey sampling methods for estimating physical, functional and economic losses and damages due to large-scale earthquakes;
- Improvement of data collection systems to increase their utility in estimating the size of physical, functional and economic losses for the expected seismic events;
- Analysis, forecasting and planning disaster preparedness and relief;
- Reviewing of various approaches for earthquake risk mitigation under different socio-economic conditions with an emphasis on post-earthquake period of rapid revitalization and reconstruction;
- Estimation of vulnerable regions, areas and locations, processes and/or activities and planning of disaster preparedness and prevention of many primary and secondary phenomena accompanying the major natural disaster. The greater preparedness for the expected seismic event is, the more effective and timely organized relief operation, reconstruction and revitalization will be;
- Development of rigorous organizational research on the factors that facilitate or hinder the effectiveness of the pre-disaster preparedness and/or emergency response as well as disaster relief efforts in the very post-earthquake conditions.

Only on these grounds it might be possible to:

- Devise new mechanisms and strategies for continuous application and updating of the existing knowledge taking into account the cultural, social and economic diversities within the region;
- Foster scientific and engineering endeavors aimed at bridging critical gaps in knowledge that exist on the way of reducing the earthquake induced losses;
- Disseminate the existing and new information related to the measures for assessment, prediction and mitigation of the seismic hazard; and,
- Implement these measures for better scientific and technical understanding of earthquake-induced hazards and mitigation of specific and composite risk components.

Planning is unfortunately a long range activity highly vulnerable to conflicting priorities and demands, especially if these are of economic nature. Urbanization, as a complex social process, represents a predominant characteristic of the development of regions, towns and human settlements. Spatial distribution and density of material property (industry, enterprises, the system of human settlements, etc.), life-line systems, population density, etc., are usually controlled by the level of socio-economic development regardless of the degree of seismic hazard they are exposed to. Ultimately, a society should, therefore, accept a compromise between exposure to seismic hazard and long-run economic and social necessities.

Only recently have efforts been made in the development of quantitative loss prediction procedures. Two decades ago, there existed almost no predictive estimates of damage that might result from earthquakes. The development of various procedures for estimation of earthquake losses has been prompted by the increased loss potential due to rapid development and concentration of material property in seismically active regions. However, the development of a single damage prediction methodology is presently not feasible because of the complexity of the problem and the strong lack of a uniform data bases.

Loss evaluation is presently made with varying degrees of rigor. However, all theoretically or empirically based models proposed for predicting seismic losses of an urban area share the common necessity of performing a series of complex procedures requiring extensive computations and proper data acquisition and handling. A systematic approach is therefore necessary and the problem of an integrated prediction and estimation of seismic risk should be performed through the following five basic sequences:

1. Inventory and classification of the existing elements at risk with their zonation within each zone of the considered area.
2. Prediction of the site-dependent seismic hazard with evaluation and presentation of ground motion parameters for each zone including the effects of local site-soil conditions in modifying the characteristics of the earthquake ground motion at the considered zones.
3. Assessment of vulnerability including development of vulnerability functions based on experimental and theoretical studies, and empirical data banks from the past earthquakes.
4. Loss prediction with cumulative presentation of losses for all elements at risk including density distribution with mapping for each zone and considered seismic hazard levels.
5. Seismic risk analysis and optimization with consideration of the existing and improved scenarios of land use and urbanization. Through the functional improvement of the existing conditions in the development plans, physical improvements will be incorporated for each element at risk and presented for each zone and urban area/region for the considered levels



of seismic hazard, representing alternatives of improved scenarios. Seismic risk analyses for the improved scenarios and comparative analyses in respect to the existing conditions will lead to an optimized land use scenario causing minimum losses for a given level of seismic hazard. The optimized land use scenarios could be presented with the optimized level of physical losses as a percentage of the floor area for all elements at risk, or further elaborated into optimized level of economic losses considering the current market value for all the elements at risk cumulatively.

On this basis the loss prediction and seismic risk optimization methodology might be derived in order to develop technically consistent and economically justified measures for effective pre-disaster risk management or planning for post-disaster reconstruction and revitalization of the stricken region based on previously defined long-run social and economic necessities. In any case, the decision should be made through balancing the pre-disaster capital inputs required for achievement of the accepted level of seismic protection and safety, and the estimated value of damaged or lost property. In other words, the trade-off should be made between the capital inputs necessary for repair and strengthening, or between total replacement of the vulnerable building classes and the value lost in the repeated seismic activity of the same or even larger size. The optimization should be performed separately for each element at risk and cumulatively for the entire area considering the existing and the physically improved land use conditions.

### INTEGRATED MODELING OF REGIONAL/URBAN SEISMIC LOSSES

Predisaster estimation of regional/urban seismic impacts is expected to respond to three fundamental questions often raised by decision makers and other governmental authorities:

1. What is the expected/probable maximum (physical or monetary) loss to individual buildings and structures in the event of a maximum probable earthquake?
2. What is the cumulative (aggregate) expected/probable maximum losses in the event of a maximum probable earthquake?
3. What is the area and what building classes would most badly be affected in the event of a maximum probable earthquake; or in insurance terms, what is potential size of earthquake underwriting zone, what is the building classes that might be insured and criterions.

The answer is loss assessment, in physical, functional and economic terms. Loss assessment is presently made with varying degrees of rigor. However, all proposed theoretically or empirically based models for predicting seismic losses of an urban area share the common necessity of performing a series of complex procedures requiring extensive computations and proper acquisition and handling of the building data. A systematic approach is necessary and the problem of prediction and estimation of regional/urban seismic losses should therefore be assessed through the following basic steps:

- Zonation of the region/city and classification with inventory of material property (elements at risk) within each zone - inventory methodology;
- Identification of the effects of local-site-soil conditions in modifying the severity of the event at a given location;
- Prediction of the ground motion parameters, in this particular case the effective or average effective response spectra, affecting the earthquake damage potential for each zone - effective response spectra prediction methodology;

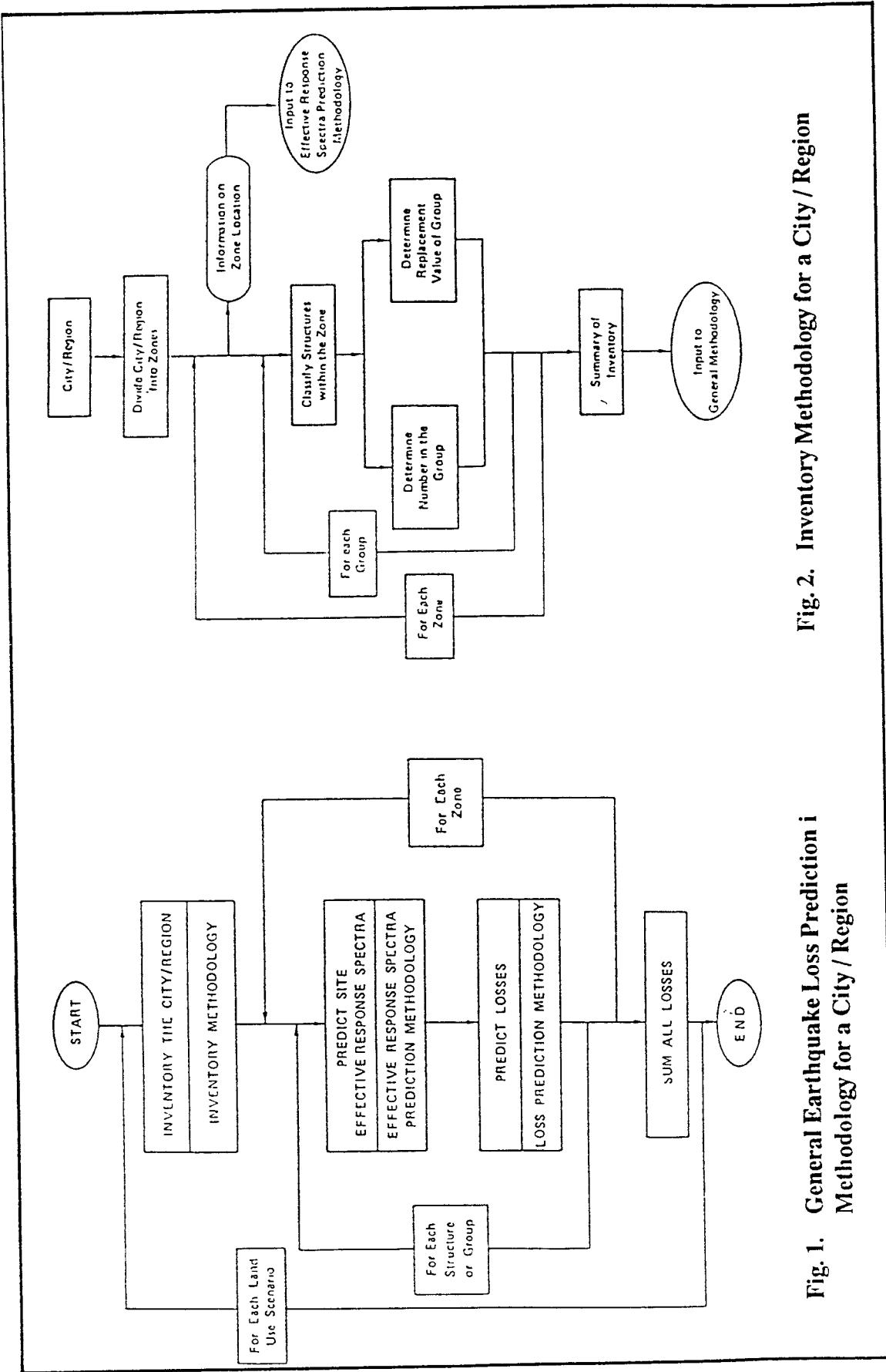
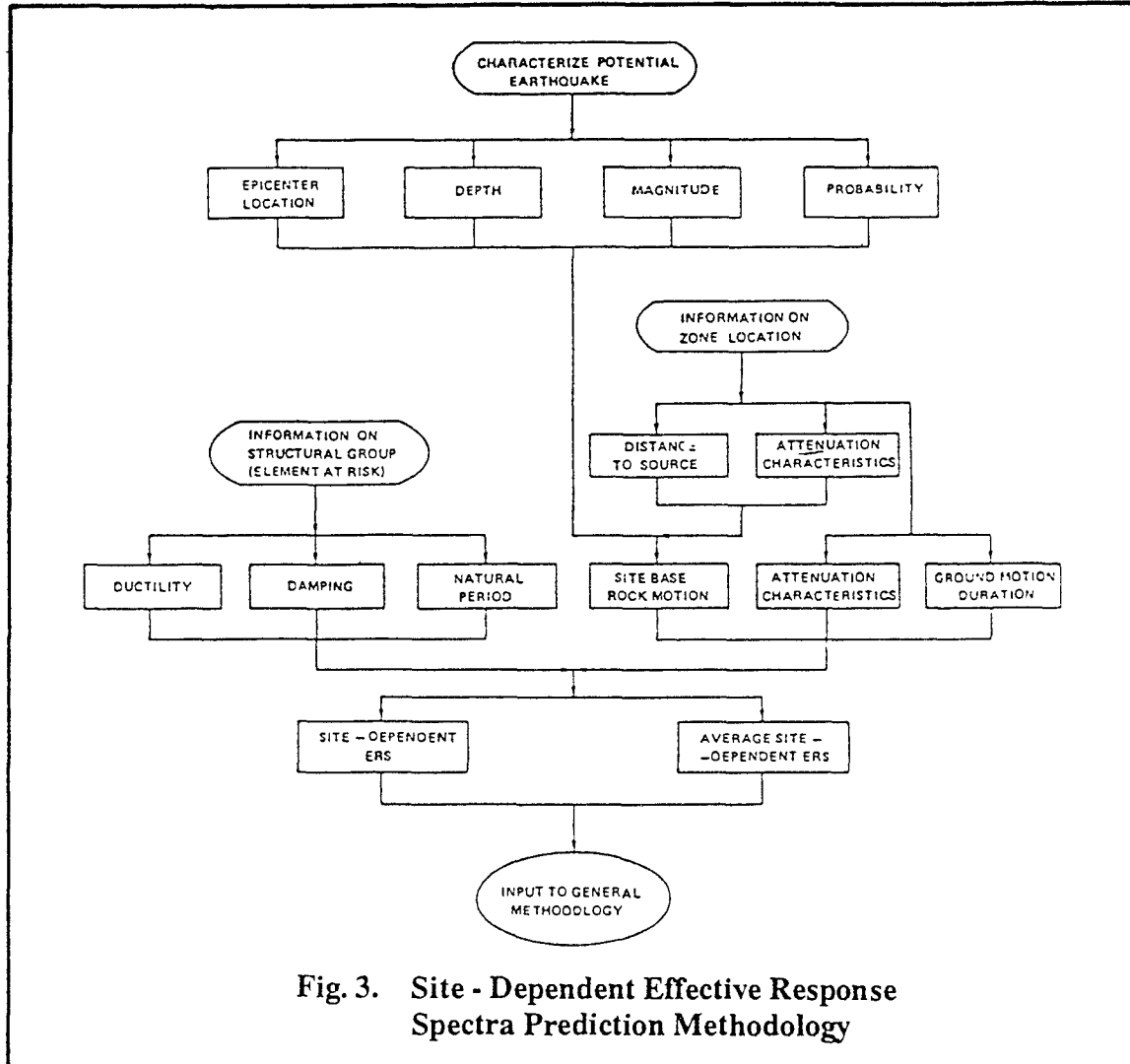


Fig. 1. General Earthquake Loss Prediction i Methodology for a City / Region

Fig. 2. Inventory Methodology for a City / Region

- Prediction of losses to any individual element at risk for each zone as well as prediction of cumulative losses for all the considered elements at risk in the entire region/city - loss prediction methodology;

The above sequences, indispensable for a systematic approach to prediction of loss potential at regional/urban level, should consistently be implemented and coupled into an integrated prediction model, Fig. 1 for estimation of regional/urban seismic damage.



The first step in predicting earthquake losses is to inventory structures (Inventory methodology of Fig. 2) that might be subjected to significant ground motion. An urban region usually comprises many types of structures, facilities, life-line system networks, and so forth, sensitive to various damage modes and levels of vulnerability. Typically, most structures are buildings, out of which the vast majority are low-rise (1 to 3 story) structures. Most of the affected regions will also have many other types of structures. Prediction and estimation of damage states and associated losses to each structure is a tremendous and time consuming task. To minimize the overall work, it is apparent that on regional/urban level structures should be categorized and proper structural classes established. Furthermore, these structural classes can also be subclassified into subcategories in accordance with their physical and mechanical characteristics such as: principal load carrying system, architectural components, materials of construction, age of the structure, etc.

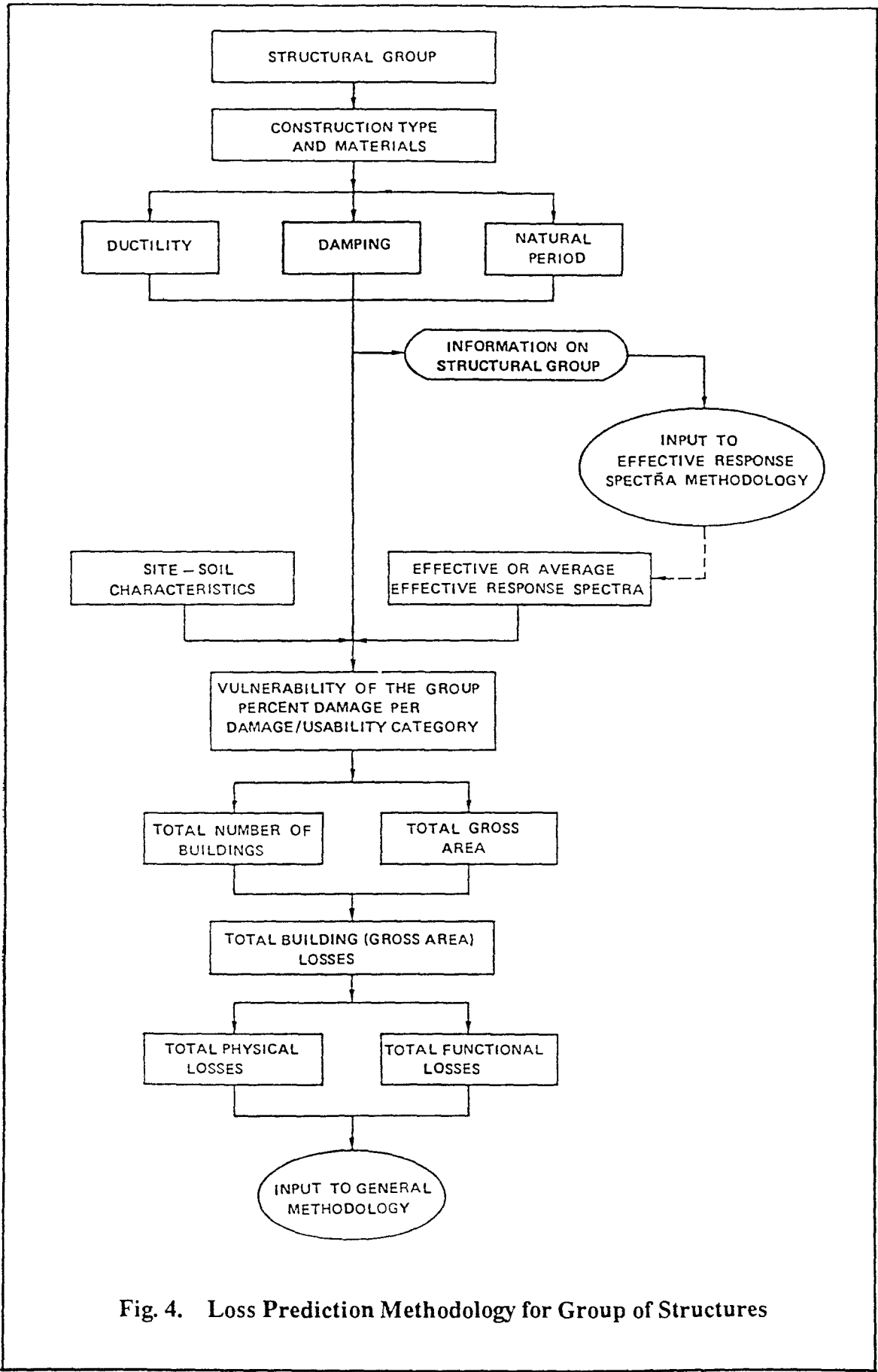


Fig. 4. Loss Prediction Methodology for Group of Structures

The second step toward regional/urban damage prediction is to estimate the site-dependent seismic hazard parameters. In the early stage of earthquake engineering development the major attention was focused upon peak ground acceleration (PGA) assuming it was foremost in controlling the damage level of structural systems. Nowadays, it is generally recognized that damage potential of ground motion is more likely to be related to response spectra, power spectra, or other descriptors of the joint effect of the amplitude and frequency content of the ground motion than related solely to PGA.

From these considerations the concept of Equivalent Acceleration - EQA (Kameda and Kohno, 1983; Milutinović and Kameda, 1983; 1984) has been coupled with the concept of Inelastic Response Spectra (Milutinović and Kameda, 1983; 1984) into the concept of Effective Response Spectra - ERS (Milutinović, Petrovski and Kameda, 1985 and 1986) in order to provide: 1) an equivalent static acceleration level pertinent to design seismic load, and, 2) a seismic hazard parameter that can be conceived as a direct measure of destructiveness of earthquake ground motions. The ERS implements the effects of ground motion intensity and duration, as ground motion parameters, natural period of vibration and damping, as parameters describing the dynamic properties of the structure, and ductility and number of load reversals, as representatives of the group of parameters related to structural capacity. It also includes the PGA as a site - dependent seismic hazard parameter because it considers the local soil conditions of a site.

Fig. 3 gives the schematic description of the methodology for prediction of effective response spectra and displays how the ERS methodology is related to general loss prediction methodology presented in Fig. 4.

The third and final step in prediction of regional/urban losses is to forecast the damage potential of a structural group. For damage evaluation of a large number of structures regional/urban building wealth should firstly be inventoried and proper building classes and subclasses defined and then vulnerability functions derived for each category/subcategory. By establishing structural categories and subcategories and then lumping structures into groups, greater variety is introduced leading to more accurate and reliable results of the final damage evaluation.

The model (Fig. 1) can be used to simulate either urban or regional damage providing regional and urban planners with the following outputs:

- Regional/urban specific loss maps for selected elements at risk;
- Regional/urban damage distribution maps for each element at risk and superimposed maps presenting cumulative damage for all elements at risk;
- Cumulative (aggregate) figures on regional loss-producing potential of building classes adopted in urbanization (old urban cores and new developments);
- Estimates on total physical and functional losses the region/city will suffer due to an earthquake event of predetermined magnitude or seismic hazard scenario justified by the level of economic development;
- Estimates on the vulnerability of groups of existing structural system adopted in modern housing or new developments;
- Information on convenience, applicability and needs for improvement of existing construction standards, regulations, codes, etc.

On this ground the layout and distribution of human activities, planning of development at the regional or local level should be decided by accepting a compromise between exposure to seismic hazard and, economic and social necessities.

## DEVELOPMENT OF VULNERABILITY FUNCTIONS

Various methods for estimation the building damage due to earthquakes are currently being used. Generally they fall into one of the following three groups: empirical, theoretical and subjective.

While several articles have been written and published on theoretical vulnerability approaches, no systematic research is widely undertaken on empirical data obtained from past earthquakes. In the following, the weight will therefore be placed on empirical vulnerability approach since it use the data gathered from past earthquakes; the only full scale experiment which provide the most realistic and consistent data sets. Procedure development and result obtained will be demonstrated by using data from April 15, 1979 Montenegro, Yugoslavia earthquake.

The development of vulnerability functions based on empirical data (loss versus average effective response spectra relationships) entails three basic steps: (1) examination of losses experienced due to past earthquakes and statistical processing of damage data in accordance with the prevailing structural classes, the site-soil conditions and the identified damage degrees; (2) determination of average site-dependent effective response spectra  $\bar{S}_{eff}$  or ERS) due to the same earthquake for every settlement for which building damage inventory and statistical processing of damage data have been performed; and, (3) synthesis of (1) and (2) into vulnerability functions through correlating the observed losses with the calculated ERS's.

### Modeling Vulnerability

The vulnerability functions are developed for four building classes which largely comprise urban Montenegro, and Yugoslavia as well. The three-level-damage rating scheme is employed.

The general idea employed in derivation of the empirical vulnerability functions (VF) is presented in Fig. 5. The three curves denoted by Roman numbers I, II and III refer to VF's defined through corresponding damage ratios that are respectively formulated as:

$$DR_I = \frac{\text{Number of Buildings not Reporting Damage}}{\text{Total Number of Buildings}} = \frac{NBD_I}{NB} \quad (1)$$

$$DR_{II} = \frac{\text{Number of Buildings Reporting Damage}}{\text{Total Number of Buildings}} = \frac{NBD_{II}}{NB} \quad (2)$$

$$DR_{III} = \frac{\text{Number of Destroyed Buildings}}{\text{Total Number of Buildings}} = \frac{NBD_{III}}{NB} \quad (3)$$

where  $NBD_I$  is number of buildings where only slight nonstructural, but negligible structural damage had been detected;  $NBD_{II}$  is the number of buildings with reported extensive nonstructural and moderate structural damage;  $NBD_{III}$  is the number of destroyed buildings, where "destroyed" means collapse during, or razing after the earthquake of April 15, 1979, or buildings damaged to that extent that neither economic nor technical justification have been found for their repair and strengthening; and NB is the total number of buildings for a given settlement.

Damage ratios  $DR_i$ ,  $i = I, II$  and  $III$  may also be formulated in other way; in respect to the analyzed undamaged, damaged and destroyed gross area. The procedure to be implemented for determining the damage ratios basically depends on the data base management and the uncertainty levels inherent to the statistical estimates obtained.

### Evaluation of Economic Losses - Damage Cost Factor

In respect to the level of seismic protection of buildings, each region generally comprises two types of structural systems: 1) old, traditional structural types designed and constructed to

withstand the effects of gravitational loads only, and 2) new, seismically resistant structures and developments designed and constructed to withstand both, gravitational and seismic loads.

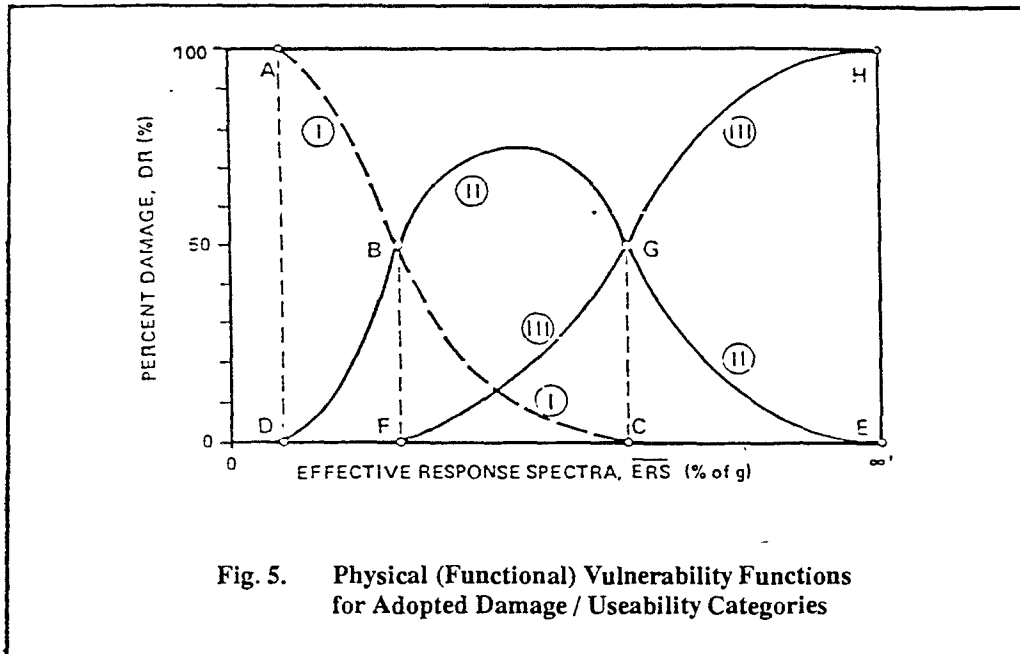


Fig. 5. Physical (Functional) Vulnerability Functions for Adopted Damage / Useability Categories

It is unlikely to expect that the class of seismic resistant structural systems will be unvulnerable in case of major earthquake event. Damage to nonstructural and structural elements will, undoubtedly, occur imposing requirements for their proper repair in order to bring damaged structures into the former, pre-earthquake stage. The loss estimates, therefore should include only the repair costs since the principal load carrying system is already designed and constructed to withstand seismic loading.

For non-aseismic structural types, besides the repair costs, the loss estimate should additionally incorporate expenditures that are necessary for strengthening of the principle load-carrying system in order to increase its seismic resistance and to meet the specified safety requirements decreed by the code.

The stated principles for estimation of economic losses do apply only when damaged structures are classified into D&U categories I or II.

The VF function denoted by I (Fig. 5.) cannot be considered as a true vulnerability function within the physical vulnerability context since it represents the percentage of total number of buildings, or total gross area, not reporting damage. However, within the economic vulnerability context it is a true VF because the extent of damage associated with damage category I will also bring some economic losses. Undoubtedly, the losses associated with non aseismic building classes will be larger than those assigned to seismically-resistant building classes.

Irrespective of the level of seismic protection, the loss estimators for totally damaged or collapsed structures, D&U-C-III, should not include only the construction cost for a new building of the same type at the same site, but also the expenditures required for demolition of the damaged or collapsed building, clearing away and transport of debris, preparation of the site for new construction, etc.

Along with the damage ratios (Eqs. 1 to 3) the damage cost factor, DCF, also plays a paramount role as a measure of damage. It is usually defined as:

$$DCF = \frac{\text{Damage Repair Cost}}{\text{Value of the Building}} \quad (4)$$

where under the term "value of the building", the replacement value of the building (Whitman et

al., 1974; Hafen and Kintzer, 1977; Wong, 1975; Earthquake Engineering Systems, 1978; Blume et al. 1975; Sauter, 1979; Czarnecki, 1973; Culver et al., 1975; Scawthorn, 1981; Hasselman et al. 1981; etc) or, rarely the market value of the building (Wiggins et al., 1974; J.H. Wiggins Company, 1975; Wiggins et al., 1978; Eguchi and Wiggins, 1979; etc) may be assumed.

Using damage cost factor as a measure of specific loss (loss of value normalized to sq.m., or to a value of representative referent building) and relating it functionally to some intensity estimator of ground motion leads to standard formulation of economic vulnerability, Fig. 6. Such a definition of specific losses through percent of lost market, or replacement value is common and very convenient for the needs of insurance industry when attention is generally focused to isolated buildings. Needless to say that the concept of economic vulnerability does not fit the modeling and prediction of physical and functional losses since there is no justified criteria, except subjective judgment, to deduce physical and functional losses from economic vulnerability.

In the case of strong to catastrophic earthquake, the primary interest of public and governmental authorities, civil defense systems, disaster relief and similar organizations is firstly focused on estimation of physical and functional losses in order to plan measures for short and long term accommodation of the inhabitants as well as measures for urgent and efficient reconstruction of the region, including the restauration of all vital industrial and social activities.

Considering the aforestated needs, a model for engineering risk assessment and damage prediction has to be developed in this direction. It should estimate the number of buildings, or corresponding gross area, which will be temporarily or permanently unusable, i.e., the physical and functional vulnerability of the region/urban area caused by an earthquake of a certain magnitude. The vulnerability model described (Fig. 5.) meet these requirements.

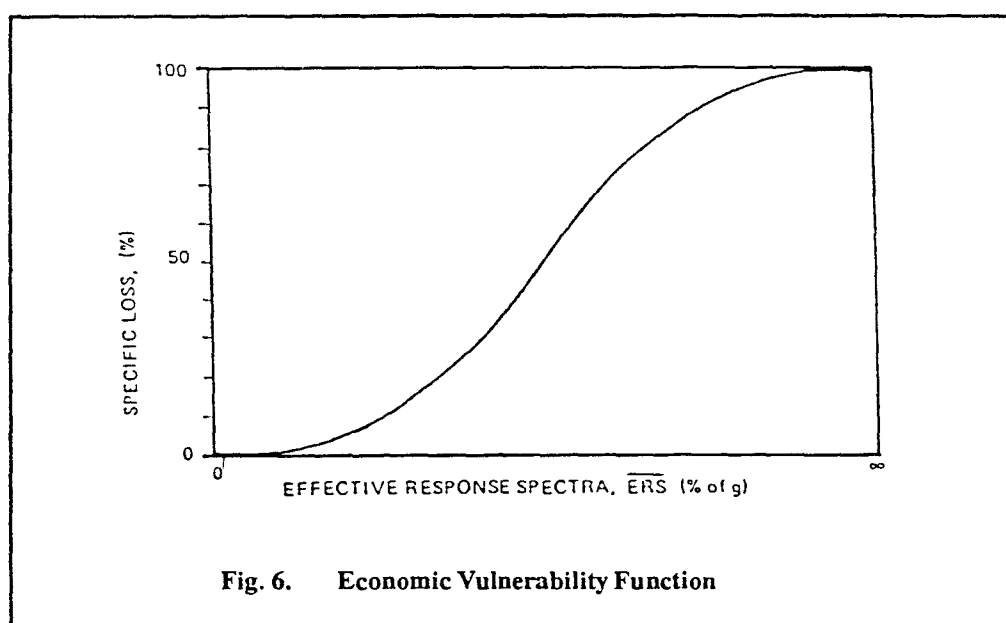


Fig. 6. Economic Vulnerability Function

Moreover, applying corresponding damage cost factors to physical vulnerability functions, the proposed model is allowing estimation of economic vulnerability at regional level, viz expressing the regional physical damage in economic terms - money. For this, a corresponding damage cost factors are to be defined as:

$$DCF_{I,II} = \frac{\text{Damage Repair Cost}}{\text{Replacement Value}} \quad (5)$$

for seismic-resistant building classes classified into D&U-C-I and II. For non-aseismic building classes corresponding DCF's should additionally include cost for strengthening of the principal load carrying system up to the required seismic safety level, thus



$$DCF_{I,II} = \frac{\text{Damage Repair and Strengthening Costs}}{\text{Replacement Value}} \quad (6)$$

for D&U-C-III,  $DCF_{III}$  will simply be equal to the replacement value

$$DCF_{III} = \text{Replacement Value} \quad (7)$$

In all the three cases (Eqs. 5, 6 and 7) under the term "replacement value", the replacement value of the building or the replacement value of a unit sq.m is assumed. It will depend on the fact whether the costs are normalized to a referent building of a particular type or to the unit sq.m of gross area.

A family of economic vulnerability functions than can be formulated

$$EVF_i = VF_i DCF_i \quad (8)$$

relating specific losses of each D&U category to earthquake ground motion intensity descriptor  $\bar{S}_{eff}$ .

A single, regional economic vulnerability function, defining the specific monetary losses of the referent building (or unit sq.m) is the sum taken over Eqs. 8.

$$EVF = \sum_{i=I}^{i=III} EVF_i \quad (9)$$

It should be pointed out that the EVF is derived by combining DR's and specific losses associated with various damage states which are unlikely to occur in a single building. Therefore, none of the buildings in the region can be considered as the "referent". However, if the economic loss estimate of a single building is the subject of the analysis, its possible damage state should firstly be forecasted and then the corresponding  $EVF_i$  function applied. The EVF function may only be applied on a regional level in order to provide an economic estimate on total losses for the considered region.

The presented concepts of vulnerability, specific and economic losses do apply only when a large population of buildings of the same kind are exposed to some level of seismic hazard. The proposed model is enabled to predict physical damage in terms of number of undamaged, damaged and destroyed (usable, temporarily and permanently unusable) buildings, or in terms of corresponding gross areas. Through application of proper damage-cost factors it can estimate the economic losses to each element at risk, or the cumulative economic losses if more than one element at risk is considered in the analysis.

## VULNERABILITY FUNCTIONS BU STRUCTURAL TYPES

Based upon damage record from the earthquake of April 15, 1979 the physical and functional vulnerability models for SM, BM, STM and RCFS building classes are developed for D&U-C-II and D&U-C-III by taking into consideration: 1) the variation in site-soil conditions of the site where the buildings are built and, 2) if the size of the data set allows, the number of stories. For any building class three types of vulnerability functions (models) are developed.

- Generalized vulnerability models derived considering as independent variable only the type of construction (SM, BM, STM and RCFS) and the average site-independent  $\bar{S}_{eff}$ . In the following, they are referred to as XX-i-ES, where XX identifies the building class and "i" denotes the D&U category.

- **Generalized site-dependent vulnerability models** derived by considering three independent variables, i.e., 1) type of construction, 2) site-soil condition of the building location, and 3) average site-dependent  $S_{eff}$  values. Further in the text they are referred to as XX - i - SS, where SS denotes vulnerability function derived for rock (SS=R) and diluvial-alluvial (SS=DA) site-soil conditions.
- **Site-and-number-of-stories-dependent vulnerability models** for one, two and three story buildings developed by considering a number of stories as an additional parameter that influences the vulnerability of the building. These, four-variable vulnerability models are derived for only SM and STM building classes since no adequate size of data samples might be established for other two building classes.

The vulnerability functions for SM, BM, STM and RCFS building classes are developed on the basis of damage data samples on 14,476, 703, 2,617 and 180 buildings, respectively. The size of data sets for masonry building classes were large enough to enable derivation of generalized and site-dependent vulnerability functions. However, the complete set of number-of-story dependent vulnerability functions was possible to develop only for the SM building class. Due to the limited number of data in data samples for two and three story STM buildings, the two and three story buildings' damage data were joined in a single data set, and only two number-of-story dependent vulnerability functions are derived; the first one assessing the vulnerability of one story, and the second one, describing the vulnerability of two and three story STM buildings.

Because of the extremely small size of data set for RCFS building class (203 buildings reporting damage out of 1,418 inspected) only the generalized and site-dependent vulnerability function for D&U-C-II have been developed. The lack of data in D&U-C-III (23 buildings) is reasonable since the RCFS buildings are designed by implementing the existing building regulations and standards which allows only a minor nonstructural damage for 50 years return period earthquake and, severe nonstructural and heavy structural damage for 200 years return period earthquake. Therefore, the percentage of lost buildings (1.6%) is not because of the weakness of structural system itself, but mainly due to their inadequate design and construction.

The above vulnerability models, however, do not take into account some critical factors with regard to structure such as age of the structure, building layout, construction details and innovative construction techniques, design level and changes in the construction codes. Incorporating them in the analysis the data scatter can substantially be decreased and the preciseness and reliability of vulnerability models developed increased.

For SM, BM, STM and RCFS building classes the generalized and generalized site-dependent vulnerability models are presented in Figs. 8 and 9. They are developed on the basis of data scattergrams constructed by using low-rise building damage data classified into 3 basic damage&usability categories, similar to those presented in Fig. 7.

Significant influence of site-soil conditions upon vulnerability was found for weak structural systems (SM and BM) decreasing substantially for seismic resistant classes (STM) in Fig. 8.

The same conclusion is derived with regard to number of stories: with increasing seismic resistance the influence of number of stories upon vulnerability decrease. With increasing number-of-stories, vulnerability generally increases for diluvial-alluvial, whereas for rock site-soil condition it decreases; more rapidly for SM and BM than for STM buildings.

Although the influence of site-soil conditions and number-of-stories upon the vulnerability is evident (Fig. 8) it was found that the construction type (Fig. 9) plays the paramount role. The highest vulnerability was found to be attributed to the SM building class decreasing significantly for BM, STM and RCFS classes. That high damage potential of SM buildings may be explained in terms of the dependence of the damage threshold on  $\bar{S}_{eff}$ . Defining it as the lowest  $\bar{S}_{eff}$  capable of causing a damage or destruction to a particular building class, for highly vulnerable

structures of the SM type this threshold is that low, that at 10%g  $\bar{S}_{eff}$  a 62% of SM buildings are damaged and ruined. With increase of  $\bar{S}_{eff}$  to 40%g, 84% of the buildings will be damaged and ruined, giving only 22% difference for 30%g increase of  $\bar{S}_{eff}$ . Considering that the relatively low  $\bar{S}_{eff}$ 's of, say 10%g, will affect a much larger area than those which correspond to the threshold of less vulnerable classes, the total damage of low threshold building classes will be significantly larger as may be clearly observed from Figs. 4.4 and 4.5.

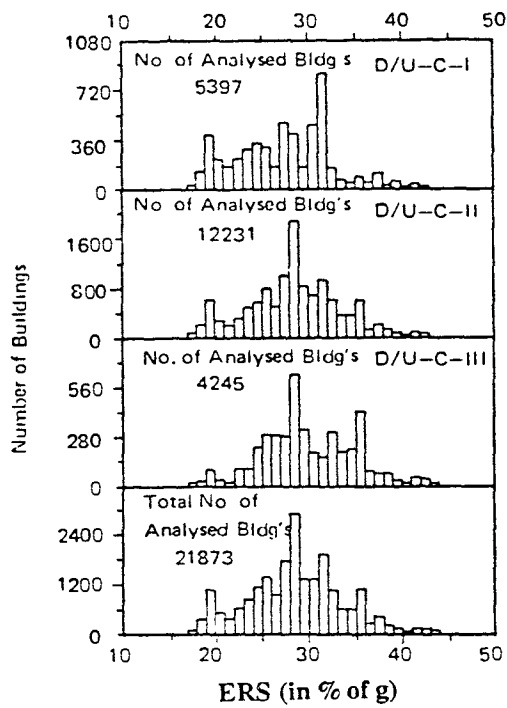
Due to the lack of data the tail behavior of proposed vulnerability models is not investigated in low  $\bar{S}_{eff}$  range. Because the damages will likely be insignificant for  $\bar{S}_{eff}$  less than 5% of g and the maximum  $\bar{S}_{eff}$  will never be higher than 50%g (for Montenegro region) as well as considering that damage data base spans from about 18% to 43%g  $\bar{S}_{eff}$ , the models proposed are subjected to restrictions of the upper boundary of  $\bar{S}_{eff}$  being equal to 45%g, and the lower  $\bar{S}_{eff}$  boundary equal to 5%g.

The presented vulnerability models may be considered either as physical or functional. As to the first ones, they enable estimation of physical losses in terms of number of buildings which will be damaged to damage level II or III. The latter ones estimate the number of buildings with temporarily or permanently lost function. However, the sum of vulnerabilities taken over both D&U categories should be considered only as functional vulnerability since it will estimate the number of buildings that have lost their function immediately after an earthquake event. These models might be used, as presented in the following, only for estimation of immediate and short-run earthquake effects upon the function and serviceability of building stock exposed. If other structures or facilities are considered, the above discussion does not apply because there are other modes of functional damage that should be related to physical damage.

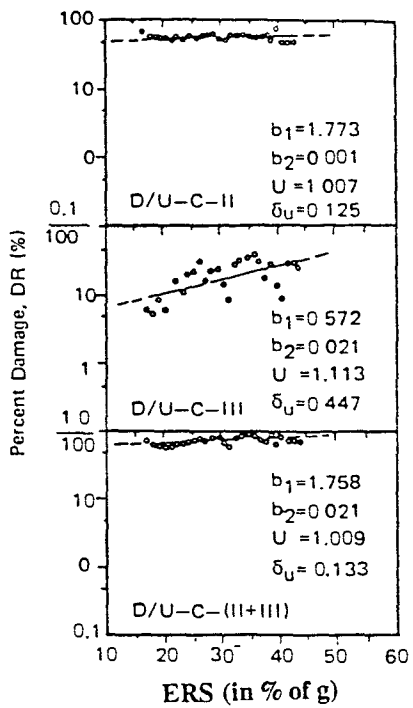
The basic limitation for mitigating damage from natural hazards is the presence of large inventory of brittle masonry and reinforced concrete hazardous structures. Most of the world-wide research and development of building practice focuses on new buildings, much less on rehabilitating the existing unsafe buildings and structures. Because the existing facilities represent the main risk everywhere in the world, research and performance evaluations have much to offer in this critical area. In addition, government planners are not sufficiently sensitive to this problem and to the social and economic consequences of possible disaster.

Significant efforts in the creation of a scientific basis, development of disaster management technologies and their implementation have been made in the past 25 years. Being rather successful in earthquake hazard assessment and mapping, most of the regions have been less successful in implementing short- and long-term protective measures and in developing data banks, land-use planning and disaster awareness through public information and education.

Presenting major components of seismic risk assessment for planning of risk mitigation, through consideration of the integrated approach of seismic risk assessment; uniform earthquake damage assessment methodology and procedure; development of vulnerability functions; physical and urban aspects of seismic risk reduction; seismic risk and earthquake disaster management as well as by considering the basic capabilities and needs for seismic risk reduction on national and regional scale, an attempt is made to develop an integrated approach implementable to pre-disaster and post-disaster earthquake management.



a) Analysed Building Population



b) Data Scattergram and Regressed Vulnerability Functions

Fig. 7. Generalized Physical (Functional) Vulnerability Functions and Data Scattergrams for STONE MASONRY (SM) Buildings

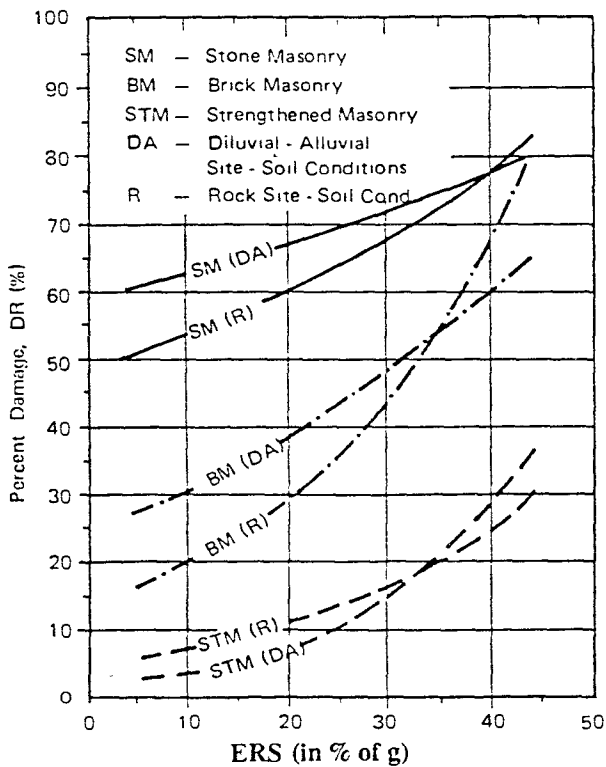


Fig. 8. Site - Dependent Vulnerability Functions for D/U-C(II+III)

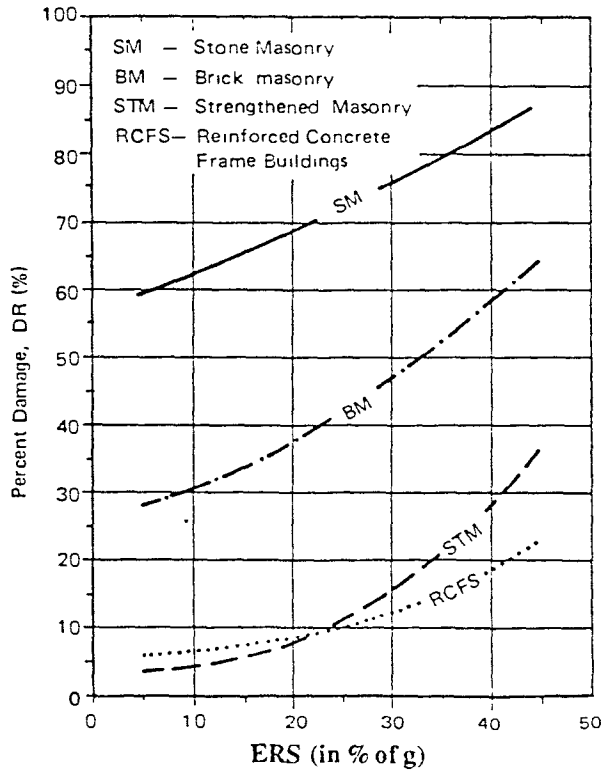


Fig. 9. Generalized Vulnerability Functions for D/U-C(II+III)

## IMPORTANCE OF POST-EARTHQUAKE DAMAGE SURVEY AND DATA ACQUISITION

A damaging earthquake provides an opportunity to acquire unique technical information about the physical effects of ground shaking, surface fault rupturing, earthquake-induced ground failure, regional tectonic deformation, wave inundation from seiches and tsunamis, etc. The technical information should primarily be acquired on the following scale:

- global, in order to obtain large – overall picture of the global tectonic forces;
- regional, in order to define the physical parameters and the ranges of their values for providing the rational understanding of the spatial and temporal characteristics of the earthquake activity the region is exposed to;
- local, in order to determine the physical parameters and the range of their values that control the site-specific characteristics of the earthquake hazards; and
- engineering, in order to provide data that can be correlated with the spatial dimensions of specific structures, facilities, life-lines or any other element at risk being under the engineering relevance.

The information, and lessons learned from post-earthquake investigations provide a basis for identifying the present state and give rise for necessary changes. The new information can be then utilized in research studies, for assessment of earthquake hazards and risk for specific urban areas, in mitigation and preparedness actions, used in implementation of new and improved loss-reduction measures.

The focus of this part is therefore to present the general aspects of developed uniform methodology for earthquake damage assessment through inspection, classification and reporting of earthquake damaged buildings in urban and/or rural regions, necessary for reliable estimation of physical, functional and economic losses. The principal aim of developing this methodology and procedure for earthquake damage assessment is to assure, primarily, an adequate volume of data for the following needs:

- To reduce incidents of death and injury to occupants of buildings that have been seriously weakened or damaged by a strong seismic event and most probably will be exposed to series of aftershocks immediately after the main shock;
- To obtain realistic information on the magnitude of the disaster in terms of number of usable, damaged and dangerous buildings for the purpose of immediate protection of human lives, sheltering and housing of the citizens, urgent revitalization of the basic life and social activities, etc.;
- To improve the knowledge of the amplitude, frequency contents, temporal and spatial distribution of ground shaking and its causative relations with damage in buildings and triggering of other earthquake-related physical effects;
- To assure data base for uniform estimation of economic losses for development of appropriate rehabilitation program and assistance in the reconstruction and future development of the affected region on the basis of improved seismic design regulations, codes and construction standards;
- To create data base for prediction of earthquake consequences in the future earthquakes in affected and other seismic regions;

- To extend the state-of-knowledge of seismic zoning, in order to push the limits of seismic microzoning to bounds established by local and engineering scales;
- To provide data for planning and organization of civil defense system, elaboration of rescue operation plans, staff training, organization of emergency supplies, etc.;
- To record and classify damages for planning and performance of repair and strengthening of damaged buildings;
- To identify the principal elements of earthquake damage and develop vulnerability relationships for different building categories indispensable for planning and performance of short-, intermediate-, and long-term priority actions for reduction of earthquake consequences and pre-earthquake assessments;
- To improve seismic design and construction codes and regulations, as well as design and construction practice;
- To improve scientific basis for physical, urban and general planning for reduction of earthquake consequences and mitigation of seismic risk pertinent to seismically active regions;
- To improve the state-of-practice on land use, engineering design and construction; and,
- To initiate and activate new and revitalized programs of research, mitigation, preparedness, response, and recovery, as well as to call for change in public policy concerning earthquake hazards.

Post-earthquake damage evaluation and classification have to be organized by implementing a systematic methodology and rapid procedure in order to provide local and national decision making authorities with essential information for undertaking economically justified and technically consistent measures for reduction of earthquake consequences in uniform manner over the entire country.

Principal elements incorporated in the uniform methodology and procedure for earthquake damage and usability classification of earthquake induced damage to buildings are condensed in the Earthquake Damage and Usability Inspection Form and developed based upon experiences gathered from earthquakes that took place during the last three decades in Yugoslavia and other countries located in seismically active regions in the world. The methodology and procedure for earthquake damage assessment, originally proposed by IZIIS – Skopje and later accepted by other Balkan countries, as it is believed, will provide more reliable and transferable data for practical elaboration of efficient pre-disaster risk mitigation and management or post-disaster reconstruction and revitalization programs.

The Earthquake Damage and Usability Inspection Form is prepared in a format suitable for easy and rapid field data collection. the presented format is suitable for rapid transfer of data to computer media enabling detailed analysis of relevant damage and usability classification parameters. It comprises the basic information pertinent to each individual building as follows:

- Identification Parameters (1-9);
- Structural and Quality of Construction Parameters (10-17);
- Damage and Usability Classification (18-24), based on detail description given in 18; and
- Emergency Measures and Human Losses (25, 27, 28) with appropriate recommendations to be given by the inspection teams.

EARTHQUAKE DAMAGE AND USEABILITY INSPECTION FORM

1. Town (name - code) 1
2. Building identification :
  - 2.1. Code of Town Section or Settlement 7
  - 2.2 Working team code : 9
  - 2.3 Number of the building . 11
3. Principal Orientation of the Building :
  1. NS, 2. EW, 3 N45E, 4 N45W 14
4. Position of the Building in the Block :
  1. Corner, 2 Middle, 3 Free 15
5. Building Gross Area (m<sup>2</sup>) : 16
6. Number of Stories :
  - 6.1. Basement : No /0/, Yes /1/ 20
  - 6.2. Stories : 21
  - 6.3. Mezzanine . No /0/, Yes /1/ 23
  - 6.4. Appendages : No /0/, Yes /1/ 24
7. Usage (see description on back page) .
  - 7.1. Building . 25
  - 7.2 Ground Floor . 27
8. Number of Apartments : 29
9. Construction period (To be defined by each country)
  1. 31
  2. 31
  3. 31
10. Type of Structure (see description on back page) 32
11. Floors :
  - 1 R C, 2 Steel, 3 Wood, 4 Other 35
12. Roof : 1 R C, 2 Steel, 3 Wood, 4 Other 36
13. Roof Covering : 1 Tiles 2 Lightweight asbestos cement, 3 Metal sheets, 4 Other (specify) 37
14. Type of Load Carrying System (see description on back page)
  - 1 Bearing walls 2 Frames, 3 Frames with infill walls
  - 4 Skeleton with infill walls, 5 Mixed, 6 Other (specify) 35
15. Quality of Workmanship .
  - 1 Good 2 Average, 3 Poor 39
16. First Floor Stiffness Relative to Others :
  - 1 Larger 2 About equal, 3 Smaller 40
17. Repairs from Previous Earthquakes :
  - 1 No, 2 Yes 3 Unknown 41
18. Damage of Structural Elements :
  - 1 None, 2 Slight 3 Moderate, 4 Heavy, 5 Severe (see description on back page)
  - 18.1 Bearing Walls 42
  - 18.2 Columns 43
  - 18.3 Beams 44
  - 18.4 Frame Joints 45
  - 18.5 Shear Walls 46
  - 18.6 Stairs 47
  - 18.7 Floors 48
  - 18.8 Roof 49
19. Damage of Nonstructural Elements and Installations
  - 1 None 2 Slight, 3 Moderate, 4 Heavy, 5 Severe (see description in the manual)
  - 19.1 Interior Walls 50
  - 19.2 Partitions 51
  - 19.3 Exterior Walls (facade) . 52
  - 19.4 Electrical Installations 53
  - 19.5 Plumbing 54

**Sketch of Building**

Plan

Cross Section

Address : \_\_\_\_\_

Owner : \_\_\_\_\_

20. Damage of Entire Building :
  - 1 None, 2 Slight, 3 Moderate, 4 Heavy, 5. Severe 55
21. Damage due to Fire After the Earthquake :
  - No /0/, Yes /1/ 56
22. Site-Soil Conditions :
  - 1 Rock, 2 Firm, 3 Medium, 4. Soft 57
23. Observed Soil Instabilities :
  - 1 None, 2 Slight settlements 3 Intensive settlements,
  - 4 Liquefaction, 5 Landslode, 6. Rockfalls, 7 Faulting,
  - 8 Other (specify) . 78
24. Usability Classification and Posting :
  - Posted 1 Green, 2 Yellow, 3 Red,
  - Not posted 4 To be posted after removal of local hazard,
  - 5 Soil and geological problems, reinspection,
  - 6 Unable to classify, reinspection, 7. Building inaccessible 50

Explain main reasons for your classification and posting .

25. Recommendations for Emergency Measures :
  1. None, 2 Remove local hazard, 3 Protect building from failure, 4 Protect streets or neighbouring buildings, 5 Urgent demolition 60
26. Photographs taken :
  - No /0/, Yes /1/ 61
27. Trapped in the Building :
  - No /0/, Yes /1/ (If yes stop inspection and inform authorities) 67
28. Human Losses :
  - No deaths and injures /0/, Possible deaths and injures /1/ 63
  - If information available, please indicate
 

Number of deaths .	64	<input type="checkbox"/>
Number of injures .	65	<input type="checkbox"/>
29. Date of Inspection : Month/Day 68   

Names of Inspection Engineers	Signatures
1	_____
2	_____
3	_____

DESCRIPTION AND CODES OF USAGE CATEGORIES,  
TYPE OF STRUCTURE, LOAD CARRYING SYSTEM,  
STRUCTURAL DAMAGE CATEGORIES AND POSTING

7. BUILDING USAGE CATEGORIES :

- 10 Residential : 11 Family houses, 12 Apartment Buildings  
20 Office : 21 Entire Building, 22 Partially  
30 Economical : 31 Trade, 32 Finance, 33 Small industry, 34 Storage and ware houses, 35 Agricultural, 36 Fishing, 37 Forestry  
40 Health and Social Welfare : 41 Hospitals and clinics, 42 Health services, 43 Social welfare (old people houses, invalides, day care centers)  
50 Public Services : 51 Administrative — central or local government, 52 Police and Fire stations, 53 Transportation (buildings ground, rail, air, sea) 54 Communications (buildings, post, radio, TV)  
60 Education and Culture : 61 Schools, 62 Universities and research centers, 63 Dormitories, 64 Historical and religious, 65 Cultural and entertainment, 66 Sports (gymnasiums stadia)  
70 Tourism and Catering : 71 Hotels, 72 Restaurants, Cafe, 73 Coffee shops, pastry shops etc  
80 Industry and Energy : 81 Industrial, 82 Energy (power plants, transformer stations, etc.)  
90 Other Buildings (to be described)

10 TYPE OF STRUCTURE :

100 Masonry Buildings :

- 110 Adobe : 111 Adobe plain, 112 Adobe with timber belts  
120 Solid brick : 121 With horizontal R.C. belts, 122 With horizontal and vertical R.C. belts  
130 Hollow brick : 131 With horizontal R. C. belts, 132 With horizontal and vertical R. C. belts  
140 Concrete blocks : 141 With horizontal R. C. belts, 142 With horizontal and vertical R. C. belts  
150 Stone masonry : 151 Dry stone masonry, 152 Plain stone with low quality of mortar, 153 Plain stone with good quality of mortar, 154 Stone with timber belts, 155 Stone with steel ties, 156 Stone with R.C. horizontal belts, 157 Stone with horizontal and vertical R. C. belts

200 Reinforced concrete structures :

- 210 Cast in place frames : 211 With solid brick infill, 212 With hollow brick infill, 213 With light concrete blocks or panel infill, 214 With shear walls  
220 Cast in place bearing walls : 221 With bearing walls in one direction, 222 With bearing walls in both orthogonal directions  
230 Prefabricated structures : 231 Frames with hollow brick infill, 232 Frames with light concrete or panel infill, 233 Frames combined with shear walls, 234 Large panel structures, 235 Small panel structures  
240 Mixed structures : 241 R.C. frames with load bearing masonry walls, 242 Combination of steel frames with load bearing masonry walls

300 Steel structures :

- 310 Heavy industrial steel structures : 311 Without cranes, 312 With cranes  
320 Light industrial steel structures : 321 Without cranes, 322 With cranes

- 330 Multi story steel structures : 331 Frames without bracing, 332 Frames with bracing, 333 Steel frames with R.C. core, 334 Steel frames infilled with R.C.

400 Timber structures :

- 410 Baghdadi : 411 Baghdadi with ground floor of stone masonry, 412 Baghdadi only  
420 Prefabricated : 421 Timber frames, 422 Timber small panel elements

14. TYPE OF LOAD CARRYING SYSTEM :

Vertical and lateral loads are carried by : 1. Walls, 2. Frames, 3. Frames with infill walls, 4. Skeleton with infill walls in which beams and columns are not forming frame system, 5. Mixed combination of walls, frames and/or shear walls and infills, 6. Other systems (to be described)

18 DAMAGE OF STRUCTURAL ELEMENTS AND POSTING :

1. None — Posted Green : Without visible damage to the structural elements. Possible fine cracks in the wall and ceiling mortar. Hardly visible nonstructural and structural damage.
2. Slight — Posted Green : Cracks to the wall and ceiling mortar. Falling of large patches of mortar from wall and ceiling surface. Considerable cracks, or partial failure of chimneys, attics and gable walls. Disturbance, partial sliding, sliding and falling down of roof covering. Cracks in structural members.  
Buildings classified in damage category 1 and 2 are without decreased seismic capacity and do not pose danger to human life. Immediately usable or after removal of local hazard (cracked chimneys, attics or gable walls).
3. Moderate — Posted Yellow : Diagonal or other cracks to structural walls, walls between windows and similar structural elements. Large cracks to reinforced concrete structural members, columns, beams, R.C. walls. Partially failed or failed chimneys, attics or gable walls. Disturbance, sliding and falling down of roof covering.
4. Heavy — Posted Yellow : Large cracks with or without disattachment of walls with crushing of materials. Large cracks with crushed material of walls between windows and similar elements of structural walls. Large cracks with small dislocation of R.C. structural elements : columns, beams and R.C. walls. Slight dislocation of structural elements and the whole building.  
Buildings classified in damage category 3 and 4 are with significantly decreased seismic capacity. Limited entry is permitted, unusable before repair and strengthening. Need for supporting and protection of the building and its surroundings should be considered.
5. Severe — Posted Red : Structural members and their connections are extremely damaged and dislocated. A large number of crushed structural elements. Considerable dislocations of the entire building and devaluing of roof structure. Partially or completely failed buildings.  
Buildings classified in category 5 are unsafe with possible sudden collapse. Entry is prohibited. Protection of streets and neighbouring buildings or urgent demolition required. In case of isolated or typified buildings decision for demolition should be based on economical study for repair and strengthening.



Based on the collected earthquake damage data for each individual building, an overall presentation of the earthquake effects in the affected area could be performed, and with further detail analysis direct economic and other types of losses could be determined.

## SEISMIC RISK AND EARTHQUAKE DISASTER MANAGEMENT GENERAL PRINCIPLES FOR LONG-TERM DISASTER MANAGEMENT

Developing and developed countries in the earthquake prone regions have to face the importance of protection against earthquakes of the residential and public buildings, industrial, power, transportation and other structures and facilities of vital importance, which due to high seismicity and frequent earthquake occurrence are permanently exposed to damage and disastrous destruction. However, having in mind the size of additional investments required, the efficient earthquake protection should correspond to the development and economic possibilities of the country.

In order to meet all the above-mentioned requirements for economic development and aseismic design, systematic scientific and applied research should be carried out for the purpose of seismic risk assessment, evaluation of economically justified and technically consistent design criteria, and the improvement of structural systems capable of withstanding the expected earthquake effects. Therefore, earthquake prevention is the best approach of protection of public property and human lives, as long as it corresponds to the development and the future requirements of the society.

As a result of recent catastrophic earthquakes in the earthquake prone regions of the world, a large number of residential buildings, schools, hospitals and other public, administrative and industrial buildings, as well as other facilities of the local and regional infrastructure, have been severely damaged. The largest number of the damaged buildings were in the state unfit for use before the adequate repair and strengthening of the basic structural system, nonstructural elements and installations. In order to assure appropriate safety and normal functioning of the damaged buildings, it will be important to recognize that these buildings will be exposed in future to a large number of small and moderate earthquakes, and with significant probability to catastrophic earthquakes with large magnitudes similar to those in the past:

Thus, it is of essential importance that in the stage of general, physical and urban planning, adequate legislative basis for earthquake disaster management and integral planning of seismic risk reduction should be developed and implemented.

The purpose of this legislative basis is to protect life and property of the citizens from earthquake induced hazards through the intensification of earthquake disaster prevention measures by taking necessary steps regarding the designation of areas under intensified measures against earthquake disaster, establishment of a seismological and strong motion observation system, and other matters relating to the establishment of an efficient earthquake disaster prevention system, thus contributing to the preservation of social order and the securing of public welfare. For the purpose of reduction and mitigation of seismic risk it will be of a particular interest to intensify earthquake disaster prevention arrangements such as: designation of areas under intensified measures against earthquake disaster; formulation of earthquake disaster prevention plans; improvement of existing and development of contemporary seismological and strong motion observation systems; implementation of short-term prevention measures against earthquake disaster by establishing headquarters for earthquake disaster prevention and issuing earthquake and related effects warning statements when an earthquake can be predicted. Earthquake disaster prevention arrangements are of long-term character with permanent governmental and professional activity for the needs of establishment of consistent scientific bases and their practical application in reduction and mitigation of seismic risk. Earthquake disaster prevention arrangements could be best achieved with continuous implementation of the following activities: permanent recording of the earthquakes by seismological and strong motion observation systems for the entire region;

strong motion instrumentation of buildings and structures; continuous earthquake data analysis and studies of earthquake phenomena for the needs of general, physical and urban planning, seismic design and construction of new structures and prevention of existing structures and utilities; continuous improvement of seismic zoning maps of the region and microzoning maps of the urban areas as well as seismic design and construction codes and requirements; continuous education and improvement of knowledge of scientists, engineers and planners for the need of application of established scientific basis in the process of physical and urban planning, design and construction.

The principles on which the legislative basis for earthquake disaster management and seismic risk reduction should be developed might be the following:

- Designation of areas within the region where intensified measures against earthquake disaster should be enforced through performance of deterministic and probabilistic regional seismic zoning studies including seismic microzoning studies of the larger and more significant urban areas and zones of high seismic hazard;
- Improvement of existing and development of contemporary seismological and strong motion observation systems, through establishment of: telemetric and computerized seismological observatories in the region and micronetworks for the areas of highest seismicity for continuous recording and rapid seismological data analysis; combining of seismological instrumentation with other types of instrumentation for the purpose of short-term earthquake prediction development of strong motion instrumentation network in the region and strong motion instrumentation of typical and important buildings, structures and utilities; establishment of data bank for seismological and strong motion earthquake records and preparation in a format suitable for dissemination and direct use in basic and applied studies of seismic hazard, dynamic response of soils, buildings, structures and utilities as well as evaluation of expected vulnerability and seismic risk;
- Establishment of long-term observation and research program on earthquake prediction;
- Establishment of medium- and long-term research programs for studies of seismic hazard, vulnerability and seismic risk;
- Continuous implementation of verified findings from the studies of seismic hazard, vulnerability and seismic risk into the process of physical and urban planning of the region and urban areas, improvement of seismic design and construction codes and regulations, preparation of manuals for practicing engineers, and control of design and construction practice;
- establishment of headquarters for earthquake disaster prevention within the existing system of civil defense and existing territorial units within the region and the entire country for elaboration of earthquake disaster prevention plans, training of population, systematic data selection of observed damage for appropriate estimation of vulnerability and earthquake losses as well as short- and long-term planning for reduction of earthquake consequences, and other short-term prevention measures against earthquake disaster.

## SEISMIC DESIGN CODE AND PRE-DISASTER RISK MANAGEMENT

The most efficient pre-disaster measure for mitigation of seismic risk is proper seismic resistant design and construction that should be realized under the umbrella of national or regional seismic design codes.

An appropriate earthquake resistant design is the design that at acceptable cost provide adequate safety margins against injury and loss of life and minimum damage to property ensuring continuity of vital services of the exposure.

Earthquakes, in particular large magnitude earthquakes, take place within the return periods that are considerably longer than the life-time period of many commonly used structures. Thus, they might, or might not be affected by an earthquake event during their life-time period. To provide ultimate protection against earthquakes is not economically feasible. A seismic design code should therefore be a compromise between the capital inputs necessary for assuring the accepted level of seismic risk (safety) and the penalty (loss) that should be paid when an out-of-safety-margins earthquake event occurs.

The establishment of acceptable earthquake resistant design criteria and their proper implementation in seismic design code provisions, require an understanding of the mechanism of structural response when structure is exposed to earthquake shaking, behavior of materials when exposed to overstressing and deformations beyond the elastic range, modes of damages that might be induced, their appearance and genesis.

Generally is accepted that the seismic design code provisions should be based upon the criteria that satisfy the following conditions:

- Structure should resist minor earthquakes without nonstructural or structural damage;
- Structure should resist moderate earthquakes with minor nonstructural but without any structural damages; and,
- Structure should resist major earthquakes, of intensity and severity of the strongest events experienced historically in the area, with heavy structural and extensive nonstructural damages. Collapse of entire structure should be excluded. It is believed that that even in major earthquakes the structural damage might be controlled and limited to repairable level.

Such defined criterions enables a rational design of earthquake resistant structures with required level of seismic safety expressed through load carrying, deformability and energy absorption and dissipation characteristics.

While for majority of structures used in common engineering practice, code provisions do not require such a rigorous approach, it is inevitable as a basis for seismic design code development as well as for design of vital structures, typified structures and structures produced in large series (industrialized construction) for mass urbanization of large urban units, development of new settlements, towns etc.

The standard code provisions provide the equivalent seismic force level according to which the practicing engineer should design his structure in order to achieve an economically justified level of seismic protection.

Economic considerations require that ordinary structures be designed for controlled damage when exposed to strong ground shaking. Life safety considerations require that ordinary structures be designed to not collapse in the event of maximum credible shaking. However, it is economically unjustifiable to design ordinary structures to resist such intensive ground motions without any structural damage. Only the negligible percentage of ordinary structures will experience such ground motions during their life-time, while the vast majority of structures will never experience even minor earthquake. Therefore, it is economically desirable to reduce the design requirements for ordinary structures in general, even though some structures will require damage repairs.

However, rational and economically acceptable seismic design code would not insist on increase of seismic forces, but will provide requirements for better detailing of the structure and quality control. Instead of unreasonable increase of the cost of the principal structural load carrying system, better detailing and quality control will provide approximately the same seismic safety at minimal cost.

On the other hand, because of the cost, potential hazard, the need to maintain serviceability in pre- and post-disaster conditions, etc., special considerations should be applied for special

structures. For example, attention should be given to how the structures or facilities will perform during future earthquakes; what is acceptable infrequent damage; how much should be invested in providing earthquake resistance. Such questions are certain to arise when designing high-rise buildings, hospitals, buildings with high rate of occupancy, large dams, long-span bridges, oil refineries, LNG storage facilities, offshore platforms, chemical process facilities, port and harbor facilities, nuclear power plants, and other complex facilities and costly installations. It is of utmost importance that reliable earthquake engineering decision is made.

All social goals incorporate values that must be weighed against the costs of achieving various objectives. Several factors must therefore be considered in defining "acceptable risks" to life and property in relation to costs and outlays required. There is no uniform worldwide level of acceptable risk implemented in seismic design codes. Acceptable safety levels vary with time and depend of place and frequency of earthquake occurrence. Moreover, the safety level incorporated in seismic design code affect strongly the economy of the entire country, so it should comply with the level of economic development, level of technological achievements and applied practice.

### ROLE OF INSURANCE IN PRE-DISASTER RISK MANAGEMENT

Different types of buildings and family dwellings prevail urban/rural regions. Most of them are constructed in the period when no codes or standards existed for building construction. Different construction techniques, depending basically upon the local tradition and experience of workmanship have been used. If located in seismic prone regions, there is a definite probability that they were exposed to series of small to moderate earthquakes during their life-time, or to action of some other natural hazard. Besides the other factors, including exposure to past earthquakes, aging and inappropriate quality of maintenance are paramount agents that cause permanent erosion of building strength characteristics.

Considering the principles upon which development of worldwide seismic design codes is made, it is clear that incorporating the level of acceptable risk certain vulnerability (damage) under the moderate to strong earthquakes is accepted. The levels of seismic protection incorporated in various codes are different. They basically depend on the level of economic development, seismic environment, quality of data and associated uncertainties upon which codes are developed.

In case of major earthquake, heavy damages and losses might be expected not only to nonengineered, but also to engineered buildings and structures. Typical examples are 1985 Michoacan (Mexico) or Armenia 1989 (USSR) earthquakes where dominant damages and collapses were associated with buildings designed and constructed to conform with existing technical regulation.

Concentrated physical and financial losses should be expected in case of major earthquake event. Financial pressure on national economy will be instant. Therefore it will be unrealistic to expect that the losses might solely be absorbed by national economies. Loss shearing techniques should be established through national and worldwide insurance and reinsurance systems as well as international financial institutions.

However, the role of insurance should not be limited only to loss coverage in post-earthquake conditions. Worldwide experience indicate that an appropriate insurance policy of ordinary structures and engineering facilities enables establishment of an institutional framework which, in a long run might create a favorable conditions for effective seismic loss mitigation.

For insurance of particular structure or engineering facility seven criteria (Bickelhaupt) are necessary to be satisfied:

- Significance of insurance;
- Possibility to calculate the phenomena (hazard);
- Randomness (nonregularity) of hazard appearance;

- Definite probability for loss generation;
- Luck of possibility for catastrophic losses of insurer and reinsurer;
- Reliability of reinsurance market; and,
- Capacity of reinsurer to absorb the volume of reinsured losses.

While present research capabilities enable enough reliable calculation of the phenomena when earthquakes are considered, their appearance is generally random and every time associated with a definite probability of generating the losses, the significance of the insurance as a criteria is only partially satisfied. The earthquake insurance in the world scale is not widely spread and generally is a part of fire (California), "basic natural hazards" (flood, drought, hail-stone, etc.; Yugoslavia), or other type of basic insurance policies.

In Yugoslav case, only a minor part of the rate is accumulated in special earthquake insurance funds. Over the many years the scheme have been working, due to the low capacity of insurance market and inflation the funds had eroded and distorted the basic purpose of the earthquake insurance scheme.

For example the domestic and commercial claims of insured losses due to 1969 Banja Luka (Yugoslavia) earthquake have resulted in payoff that covered only 17.40% of insured value. This was the consequence of low accumulation in earthquake insurance funds from 1967 when Debar (Western Macedonia, Yugoslavia) earthquake took a place. Since government-backed fund technique is not institutionalized in Yugoslavia, the losses had to be covered on solidarity principle, i.e., created is a solidarity fund and each federal unit had to contribute proportionally by the ratio of gross republic over gross national product for the year of 1969. Since the deficiency of earthquake insurance fund were about 85.60% for insured losses, the difference had to be covered from solidarity fund.

Due to disaggregation of Yugoslav insurance system and establishment of the republic insurance systems, the 1979 Montenegro earthquake meet worst conditions. The loss coverage by insurance were primarily limited to public sector and did not exceed more than few percents out of total loss figures estimated at more than five billion US dollars (more than 10% of GNP of Yugoslavia for 1979). The rest of insured and noninsured losses were covered from solidarity fund established on same principle.

The total loss figures for last, 1990 Gevgelija (Southern Macedonia) earthquake are estimated at about \$25 million. From 1979 the earthquake insurance fund of "Macedonia" Insurance, A.D. accumulated about \$1 million which was enough to cover insured losses by 100%. However, the rest of \$24 million had to be covered by solidarity fund established by Macedonian government.

Lessons learned forced "Macedonia" Insurance A.D. to change the policy. "Basic Natural Hazard" insurance package is disaggregated. Additional premium for earthquake insurance is established with maximum loss coverage up to insured value.

Even so, the value of uninsured property exceed many times the insured value. Even in the small earthquake (Gevgelija, 1990; M=5.8) the ratio is 1/25. This problem, that commonly had been covered by solidarity or government-backed funds, needs a global solution that should be established on legislative basis. Yugoslavia, as a country exposed to different kinds of natural hazards, is not alone in understanding that the standard earthquake insurance scheme have to be restructured. Considering that the the most effective mitigation might be achieved in pre-disaster period the following become apparent:

- Discouraging charity and government aid packages that provide more than immediate post-disaster relief assistance. Experience had shown that uninsured property owners in previous disasters have had a comparative advantage over the insured, who prudently paid premium

over the years. The uninsured have inevitably been helped in rehabilitation process by governments funds;

- Making earthquake insurance compulsory for all householders (whether or not their property is insured for other types of primary or secondary hazards) and not requiring that commercial property be insured;
- Reducing the government indemnity by requiring government departments, corporations, and public services (schools, hospitals, etc) to obtain suitable insurance financed through their operating budgets;
- Reducing assistance to local and municipal authorities by requiring them to take out adequate protection against disaster;
- Determination of premium rate to conform with risk profile, i.e. level of seismic protection and quality of construction and maintenance of building to be insured.

The purpose of discussed scheme is to guarantee that insured property owners are protected in the event of severe earthquake disaster. Moreover, compulsory earthquake insurance with inequally balanced premium rates (higher rate for "higher risk", and lower rate for "lower risk" structures) will force householders to decrease existing risk of the structure to the economically acceptable level.

The primary problem of enforcing such compulsory insurance scheme is building up reserves to manage losses in case of near-future large earthquake event. To effectively manage the large earthquake losses, insurers should be given an initial "no-liability" period in which they will be obliged to build up a reserve fund and obtain reinsurance. Until the insurers liability period is reached, the existing mechanisms might be used (solidarity funds, government-backed funds, etc.) for effective post-earthquake loss management.

To increase the role of insurance during the pre-disaster period, in particular its role in altering of the presently existing "high risk" building typology to building typology with economically acceptable risk level, it is of utmost importance that the earthquake insurance scheme make insurance compulsory, "high risk" compulsory premium rates are stimulative for householders to undertake pre-disaster repair and strengthening in order to change premium category, and that some form of statutory authority is available and willing to enforce these requirements.

The scheme is based on the willing participation of commercial reinsurers. Their capacity to underwrite huge losses obviously depends on the extent of their asset bases and their own success in obtaining reinsurance. Potential customers of the reinsurance have to be aware that market capacity depends upon the current loss ratio the market have to absorb collectively.

After the British and European windstorms, in March 1990 the loss ratio London underwriters faced was about 550 percent. As a result of aggregate losses reinsurers have faced in the last two years (Hurricane Hugo, San Francisco and Newcastle earthquakes, etc.) the reinsurance market is hardening, and what is more alarming, large financial capacity is withdrawn from the world pool. Premiums are rapidly increasing as reinsurers seek to generate revenue to offset the situation which for many of them is currently negative cash position.

To overcome the variability of the reinsurance market, the involvement of major international financial institutions could help by providing an underwriting facility that offers reinsurance at either a discount or an "average" cost. This will particularly help small and developing countries to establish earthquake disaster underwriting scheme that would not only alleviate distress, but also mitigate the large financial aid injections that are generally needed when large earthquake events occur.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author of this paper express his gratitude to the organizer of this Seminar for invitation extended and the financial support.

The author is indebted to staff of "Macedonia" Insurance A.D., Skopje, Yugoslavia for provided consulting on the current state and development strategies of earthquake insurance in Yugoslavia.

Gratitude is extended to the Scientific Council of the Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, University "Kiril and Metodij" Skopje, Yugoslavia for supporting the preparation of this paper as well as releasing the data necessary for its elaboration.

## REFERENCES

1. Algermissen S.T. and K.V. Steinbrugge, "Seismic Hazard and Risk Assessment: Some Case Studies", The Geneva Papers on Risk and Insurance, Vol. 9, No. 30, January 1984, pp. 8/26.
2. D'Amato, A., "Antiseismic Rehabilitation of 600 Buildings in Friuli - Operative Methods Adopted and First Statistical Evaluation of Repair Cost", Joint USA-Italian Workshop on Repair and Retrofit of Existing Buildings, Roma, May 7-11, 1984.
3. D'Amato, A., "Gathering of Economical Data Concerning 600 Retrofitted Buildings in Friuli - Statistical Elaboration in View of Investigation of Aseismic Retrofitting Cost and Efficiency", International Conference on Reconstruction, Restoration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic-prone Areas, November 5-9, 1985, Skopje.
4. Earthquake Engineering Research Institute, "Learning from Earthquakes - 1977 Planning and Field Guides".
5. Fournier d'Albe, E.M., "An Approach to Earthquake Risk Management", Eng. Struc., Vol. 4, July 1982, pp. 147-152.
6. Gupta, A.K. (editor), "Seismic Performance of Low-Rise Buildings - State-of-the-Art and Research Needs", Proceedings of the Workshop held at the Illinois Institute of Technology, Chicago, Illinois, May 13 and 14, 1980.
7. Hays, W.W., "Evaluation of the Earthquake Ground-Shaking Hazard", Prime on Improving the State of Earthquake Hazards Mitigation and Preparedness", Gori, P.L. (editor), USGS Open-File Report 84-772, Reston, Virginia, November 1984, pp. 151-161.
8. Hays, W.W., "The Importance of Post-earthquake Investigations", Earthquake Spectra, Vol 2, No. 3, May 1986, pp. 653-667.
9. Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, University "Kiril and Metodij", "Damage Evaluation and Assessment of Direct Losses on Buildings After Montenegro Earthquake of April 15, 1979, Case Study", Yugoslav Contribution to Working Groups D and E, UNDP/UNIDO Project, Skopje/Titograd, May 1982.
10. Milutinović, Z. and H. Kameda, "Equivalent Ground Acceleration (EQA) as an Engineering Seismic Hazard Parameter - Development and Estimation", Research Report KUCE 83-85-01, School of Civil Engineering, Kyoto University, Kyoto, 1983.
11. Milutinović, Z. et al., "An Integrated Prediction Model for Estimation of Regional/Urban Seismic Damage", Research Report KUCE 86-ST-02, School of Civil Engineering, Kyoto University, Kyoto, July 1986.

12. Milutinović, Z. et al., "Earthquake Damage Prediction - Modelling and Assessment" SECEE, Lisbon, October 1986.
13. Milutinović, Z., "An Integrated Prediction Model for Estimation of Regional/Urban Seismic Damage", Ph.D. Thesis, School of Civil Engineering, Kyoto University, Kyoto, 1986.
14. Milutinović, Z., J. Petrovski, and H. Kameda, "Integrated Modelling and Predictive Estimation of Urban/Rural Seismic Losses", 9WCEE, Tokyo-Kyoto, 1988.
15. Milutinović, Z., J. Petrovski, and H. Kameda, "Earthquake Damage Prediction - Modelling and Assessment", 8ECEE, Lisbon, 1986.
16. Petrovski, J. and Z. Milutinović, "Principal Issues in Determining the Seismic Vulnerability and the Acceptable Seismic Risk in Yugoslavia", Proc. of Seminar on Seismic Risk Reduction in the Mediterranean Region, Genoa, October 16-18, 1986.
17. Petrovski, J. and Z. Milutinović, "Earthquake Vulnerability and Loss Assessment for Physical and Urban Planning", 8ECEE, Lisbon, 1986.
18. Petrovski, J., Z. Milutinović, et al., "Earthquake Damage Prediction Modelling for the Needs of Physical and Urban Planning", Report IZIIS 84-084, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Skopje, Institute of Town Planning and Design, Titograd, UNDRO, UNCHS, UNDP, Skopje 1984.
19. Petrovski, J. and Z. Milutinović, "Development of Vulnerability Functions and Models for Assessment of Urban Seismic Risk", Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Skopje, prepared for the Commission of the European Communities, Skopje, December 1987.
20. Petrovski, J., and E.M. Fournier d'Albe, "Evaluation of Seismic Hazard and Risk Elements in the Extended Urban Area of Ech Cheliff for the Needs of Physical and General Urban Planning", Report for UN HABITAT, Ech Cheliff, April 1983.
21. Petrovski, J., "Post-Earthquake Damage Evaluation", Chapter 2 of the Manual of Damage Evaluation and Assessment of Seismic Resistance of Existing Buildings, UNDP/UNESCO Project "Building Construction Under Seismic Conditions in the Balkan Region", Skopje, October 1983.
22. Petrovski, J. et al., "Development of Empirical and Theoretical Vulnerability and Seismic Risk Models", 8th WCEE, Vol. 1, San Francisco, July 21-28, 1984, pp 433-440.
23. Petrovski, J., Z. Milutinović, "Earthquake Vulnerability and Risk Assessment for Physical and Urban Planning - Methodology Based on the 1979 Montenegro Earthquake", Paper presented on the UNEP Seminar on Land Use Planning in Earthquake Zones, Cetinje, June 27 - 29, 1985.
24. Petrovski, J., Z. Milutinović, "Earthquake Damage Prediction - Modelling and Assessment", Paper presented on the international Seminar on Learning from Earthquakes, Perugia, April 11-13, 1985.
25. Petrovski, J. and Z. Milutinović, "Behaviour of Historic Buildings in the Past Earthquakes. Earthquake Damage Assessment and Prediction", Paper presented on US-Yugoslav Workshop on Protection of Historic Structures and Town Centers in Seismic Regions: Lessons from Montenegro. Petrovac/Budva, June 17-22, 1985.



26. Petrovski, J. and Z. Milutinović, "Earthquake Vulnerability and Loss Assessment for Physical and Urban Planning", Paper presented on the International Conference on Reconstruction, Restauration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas, Skopje, November 5-9, 1985.
27. Rinehart, W., S.T. Algermissen and M. Gibbons, "Estimation of Earthquake Losses to Single Family Dwellings", USGS Report 76-001, Denver, Colorado, 1976.
28. Sandi, H., "Seismic Vulnerability and Seismic Intensity", 7ECEE, Athens, 1982.
29. Sauter, F., M. McCann and H.C. Shah, "Determination of Damage Ratios and Insurance Risk for Seismic Regions", 7WCEE, Vol. 9, Istanbul, Turkey, 1979.
30. Scawthorn, C., "Seismic Risk: State-of-the-Art", Proceedings of Review Meeting of U.S - Japan Cooperative Research on Seismic Risk Analysis and its Application to Reliability Based Design of Life-line Systems, Honolulu, January 1981, pp. 89-109.
31. Scholl R.E. and O. Kutsu, "Procedures and Data Bases for Earthquake Damage Prediction and Risk Assessment. Prime on Improving the State of Earthquake Hazard Mitigation and Preparedness", Gori, P.L. (editor), USGS Open-File Report 84-772, Reston, Virginia, November 1984, pp. 162-213.
32. Steinbrugge, K.V., "Earthquake Damage and Structural Performance in the United States", Chapter 9, Earthquake Engineering, Robert S. Wiegel (coordinating editor) Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, Inc., 1970, pp. 167-226.
33. Wiggins, H., E. Slosson and P. Krohn, "Natural Hazards Loss Models", J.H. Wiggins Company, Redondo Beach, California, December 1978.
34. Wiggins, J.H., C. Taylor, R. Eguchi and J. Slosson, "Earthquake Hazard and Risk Mitigation", Report No. 80-1371-1, J.H. Wiggins Company, Redondo Beach, California, 1981.

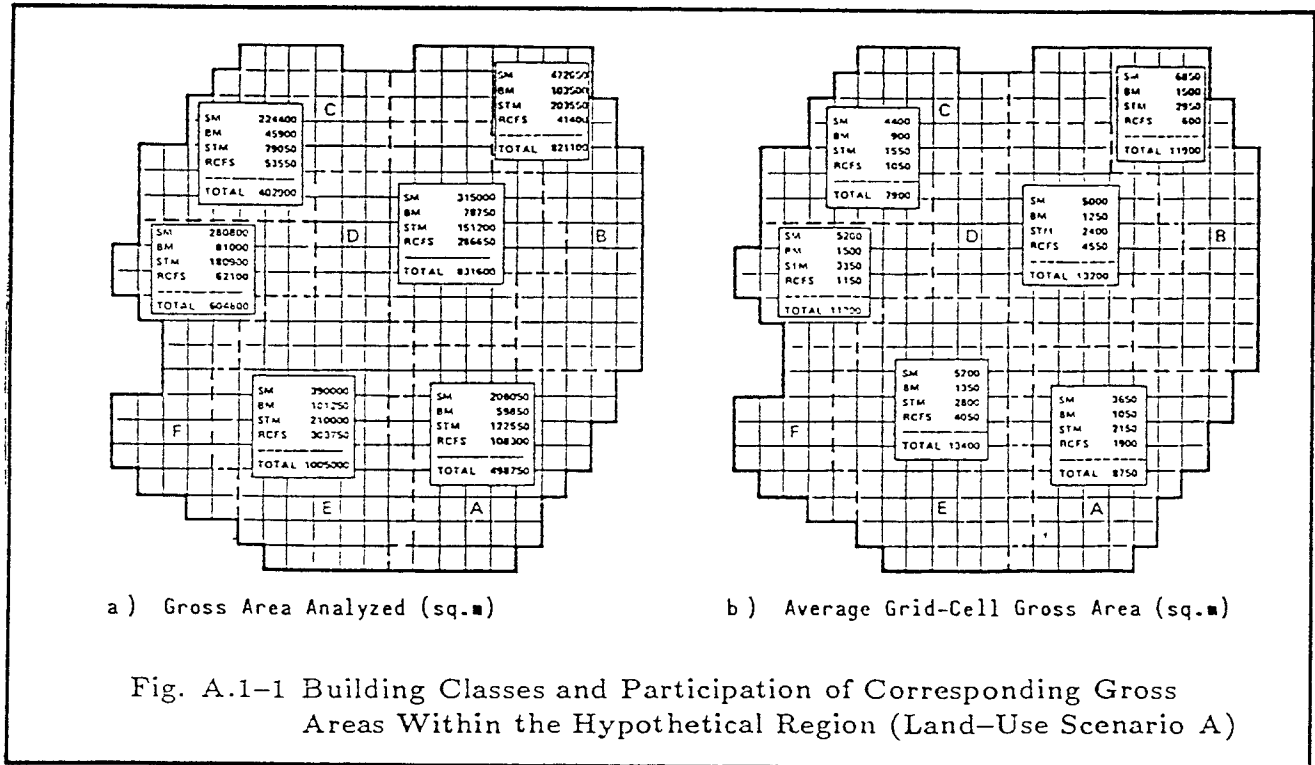
Abbreviations used in the above list of references:

- ECEE European Conference on Earthquake Engineering (1st - Skopje, 1964; 2nd - Madrid, 1969; 3rd - Sofia, 1970; 4th - London, 1972; 5th - Istanbul, 1975; 6th - Dubrovnik, 1978; 7th - Athens, 1982; 8th - Lisbon, 1986);
- IZIIS Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, University "Kiril and Metodij", Skopje;
- USGS US-Geological Survey, Department of the Interior;
- VCEE World Conference on Earthquake Engineering (1st - Berkeley, 1956; 2nd - Tokyo, 1960; 3rd - New Zealand, 1965; 4th - Chile, 1969; 5th - Rome, 1973; 6th - New Delhi, 1977; 7th - Istanbul, 1980; 8th - San Francisco, 1984, 9th - Tokyo, 1988).

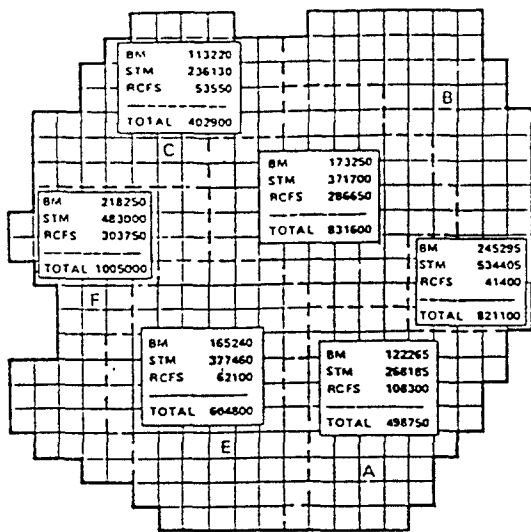
# APPENDIX

## CASE STUDY ON ASSESSMENT OF REGIONAL SEISMIC LOSSES

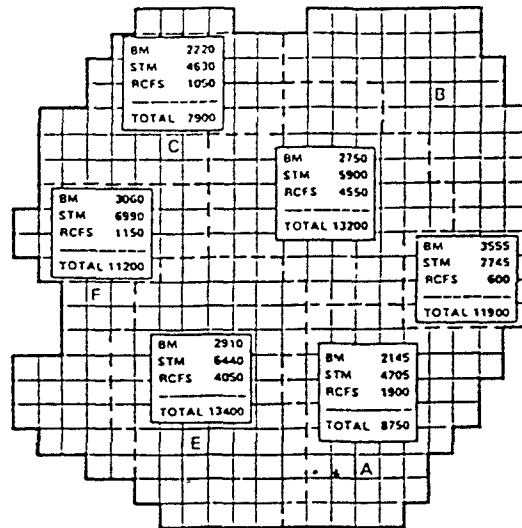
A comprehensive analysis of two possible land-use alternatives, Fig. A.1, in the same seismic environment, Fig. A.2, has been carried out in order to answer the question of what is the effect on expected damage if the regional structural typology is altered. The scenarios differ somewhat. The first one (A) includes SM building class by approximately 45% of regional building gross area, while the second (B) excludes the existence of SM buildings in the region and relocates their gross area to BM (30%) and STM (70%) building classes. Here, we shall consider the question of which



alternative is better. The seismic hazard at any site depends on two factors: the location of the site with respect to the seismic origin zones, and the local site-soil conditions. The first of these two factors, which will vary significantly over distances of the order of 10 km or more, is of concern at the level of regional planning. The second, which may vary significantly over distances of 100 m or less, will be of great importance in detailed urban planning. Therefore, the influence of local site-soil condition has not been taken into account and  $\bar{S}_{eff}$ 's are generated by using site-dependent model parameters. This is reasonable because it is unlikely that at regional level the detailed distribution of soil conditions will be known. However, it is wise to consider the influence of local site-soil condition upon vulnerability whenever the available data exist and to evaluate the site-dependent  $\bar{S}_{eff}$ .



a) Gross Area Analyzed (sq.m)



b) Average Grid-Cell Gross Area (sq.m)

Fig. A.1-2 Building Classes and Participation of Corresponding Gross Areas Within the Hypothetical Region (Land-Use Scenario B)

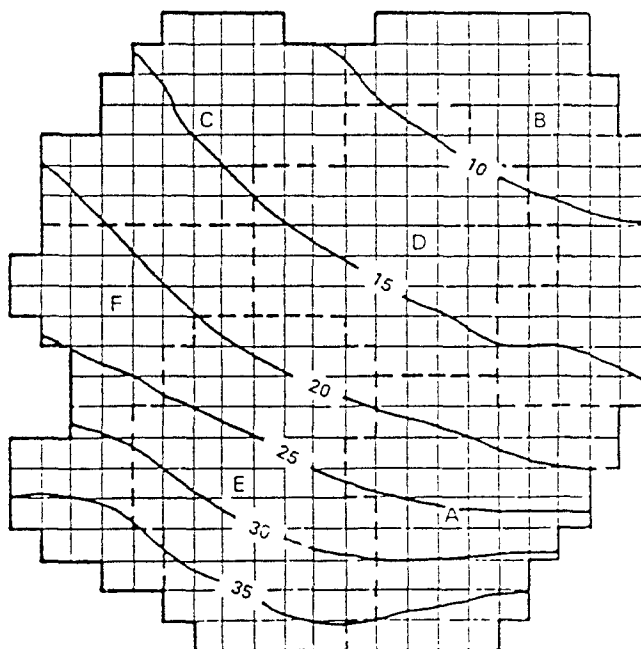
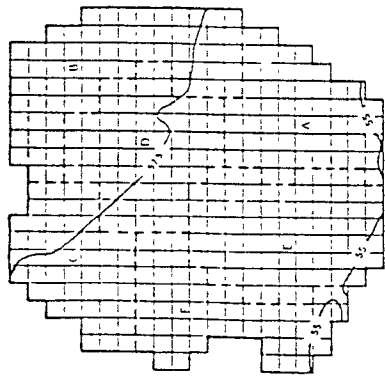
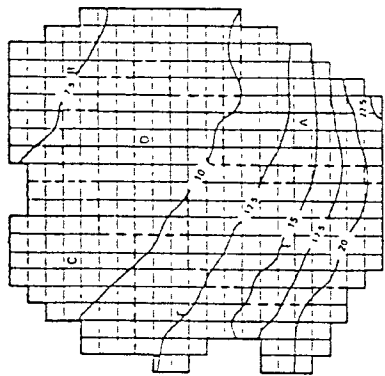


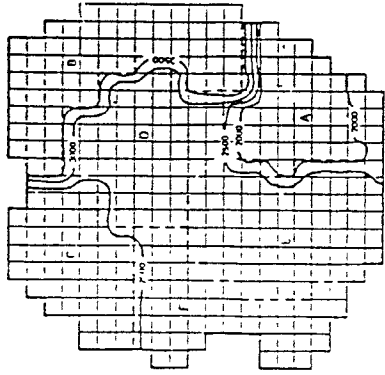
Fig. A.2 Average Effective Response Spectra  $\bar{S}_{eff}$   
Hazard Map for 200 Years Return Period  
/Average Over  $T_0 = 0.1 - 0.4$  s/



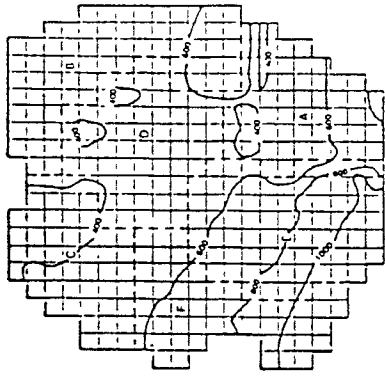
a) Damage/Usability Category II



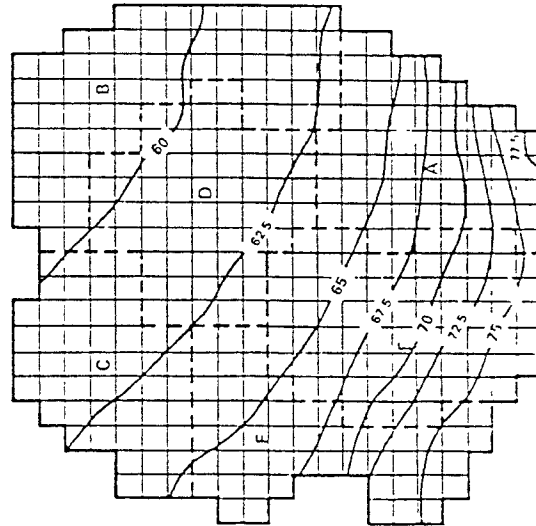
b) Damage/Usability Category III



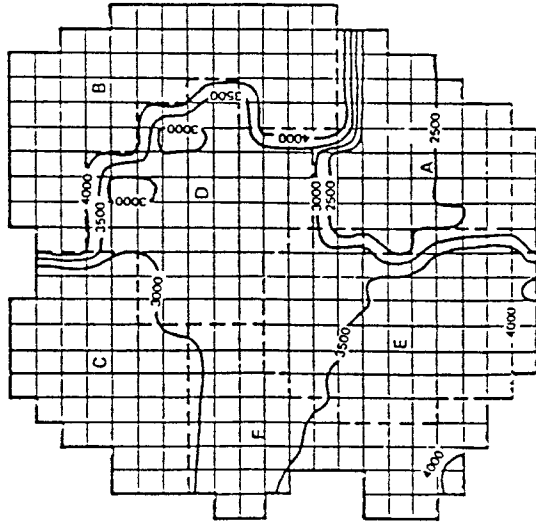
a) Damage/Usability Category II



b) Damage/Usability Category III



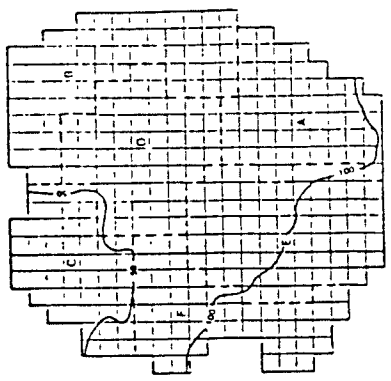
c) Total for Damage/Usability Categories II and III



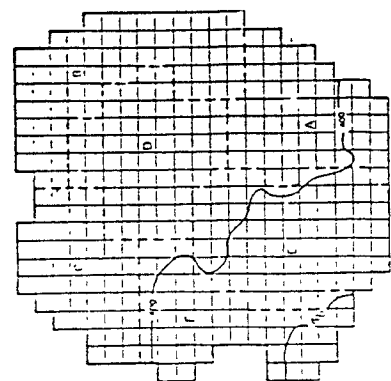
c) Total for Damage/Usability Categories II and III

Fig. A.3-1 SH-200 Percent Specific Loss Isobles for SM Building Class

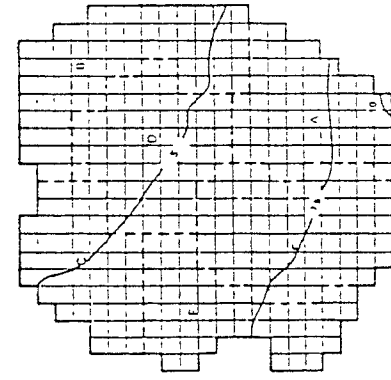
Fig. A.3-2 SH-200 Seismic Loss Isobles for SM Building Class



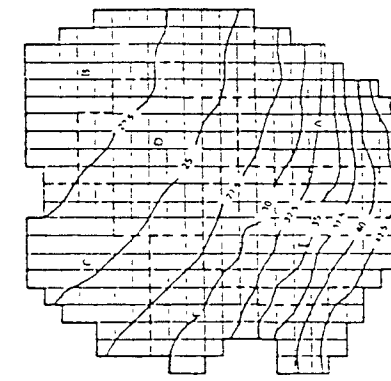
a) Damage/Usability Category II



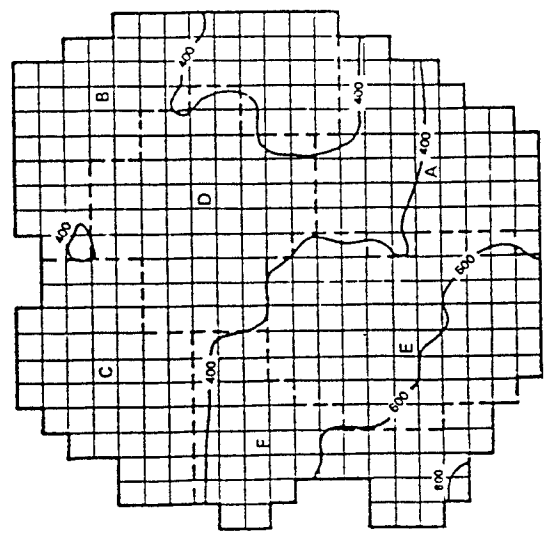
b) Damage/Usability Category III



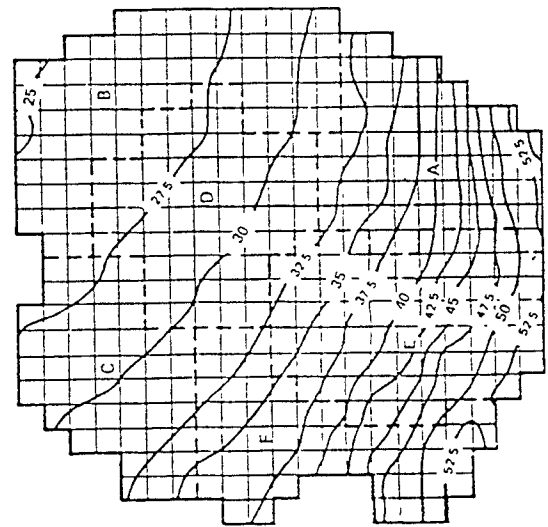
a) Damage/Usability Category II



b) Damage/Usability Category III



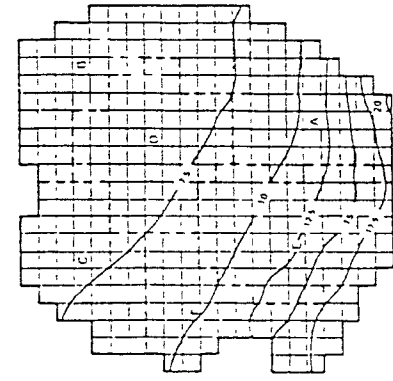
a) Total for Damage/Usability Categories II and III



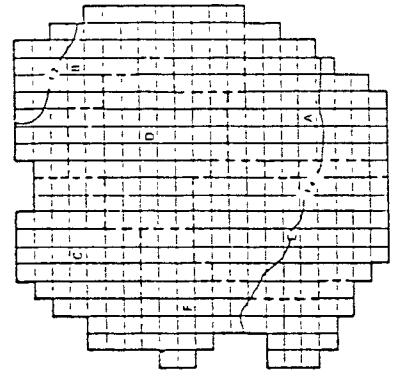
b) Total for Damage/Usability Categories II and III

Fig. A.4-2 SH-200 Seismic Loss Isolobes for BM Building Class

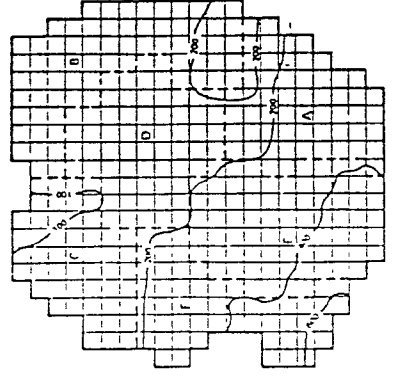
Fig. A.4-1 SH-200 Percent Specific Loss Isolobes for BM Building Class



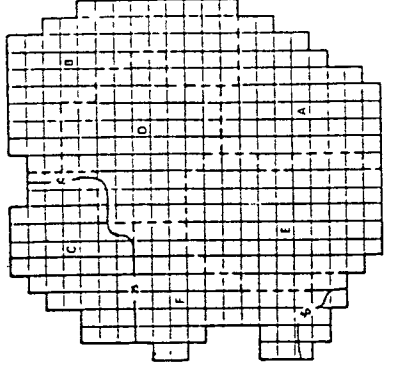
a) Damage/Usability Category II



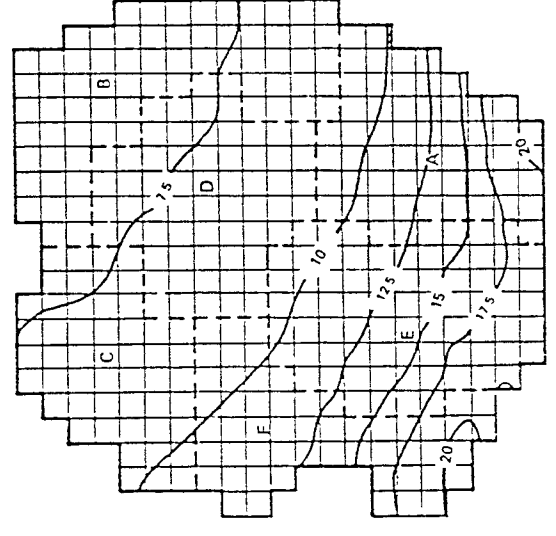
b) Damage/Usability Category III



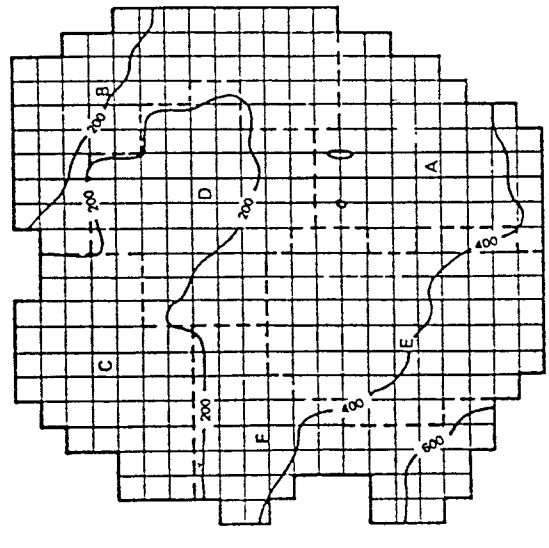
a) Damage/Usability Category II



b) Damage/Usability Category III



c) Total for Damage/Usability Categories II and III



c) Total for Damage/Usability Categories II and III

Fig. A.5-1 SH-200 Percent Specific Loss Isobles for STM Building Class

Fig. A.5-2 SH-200 Seismic Loss Isobles for STM Building Class

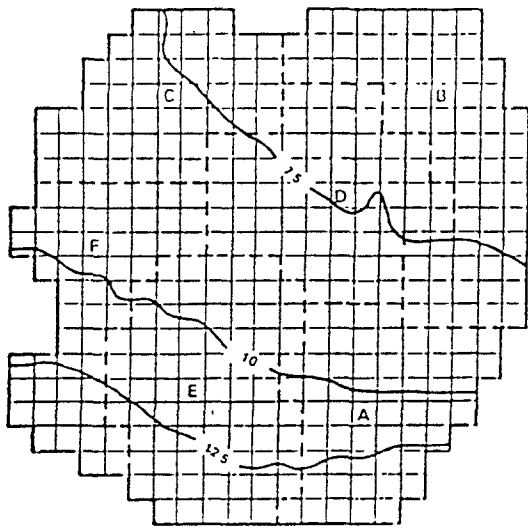


Fig. A.6-1 SH-200 Percent Specific Loss Isoblabes for RCSW Building Class

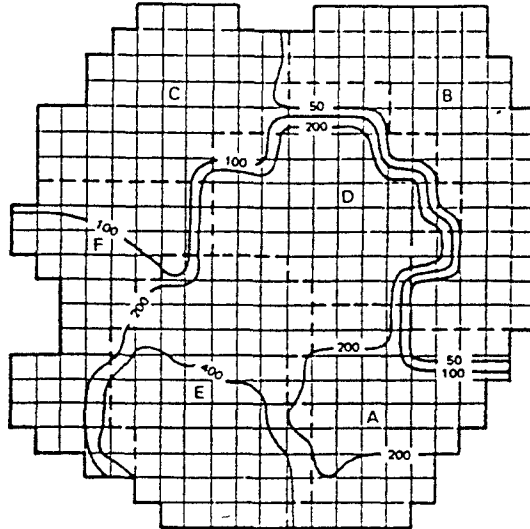
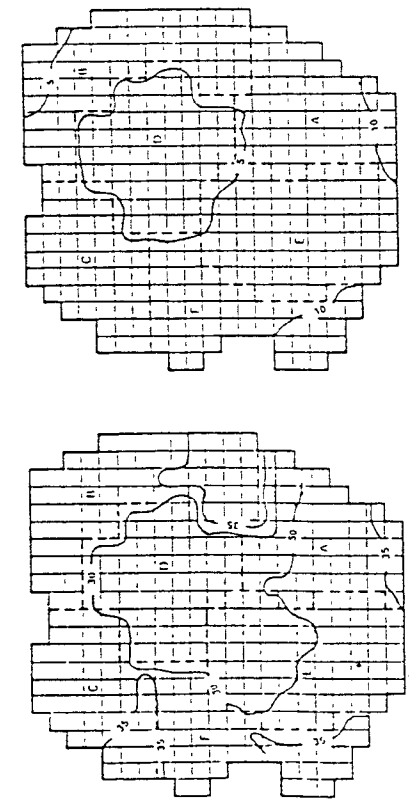


Fig. A.6-2 SH-200 Seismic Loss Isoblabes for RCSW Building Class

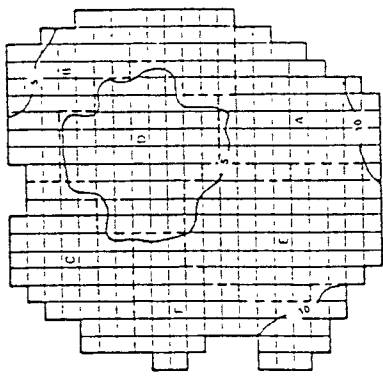
For the adopted building typology (SM, BM, STM and RCFS building classes) the specific loss maps are firstly elaborated and presented in Figs. A.3-1 to A.6-1. The regional seismic loss maps, Figs. A.3-2 to A.6-2 (land-use scenario A) are then elaborated on the basis of specific loss maps by involving the actual densities and distribution of considered elements at risk (Fig. A.1-1). The expected physical and functional communal and regional seismic losses evaluated for seismic hazards of 50 (SH-50) and 200 (SH-200) years return period are tabulated in Tables A.1 and A.2, as well as A.3 and A.4 for land-use scenarios A and B, respectively, whereas the spatial distributions of cumulative percent losses estimated for SH-200, only, are presented in Figs. A.7. It is demonstrated that the spatial distribution of specific and seismic losses is predominantly controlled by construction type. Regional loss potential of SM building class, Figs. A-3, was found to be the highest. It ranges from 50% to 55% for D&U-C-II and from 7.5% to 20% for D&U-C-III. Such a high level of specific losses, and of approximately same order for the entire region is due to the considerably low damage threshold of SM buildings.

At  $\bar{S}_{eff}$  of about 10% g, the majority of SM buildings will suffer heavy damage (D&U-C-II) or failure (D&U-C-III) and any zone would thus be equally, or slightly more damaged at higher  $\bar{S}_{eff}$ 's.

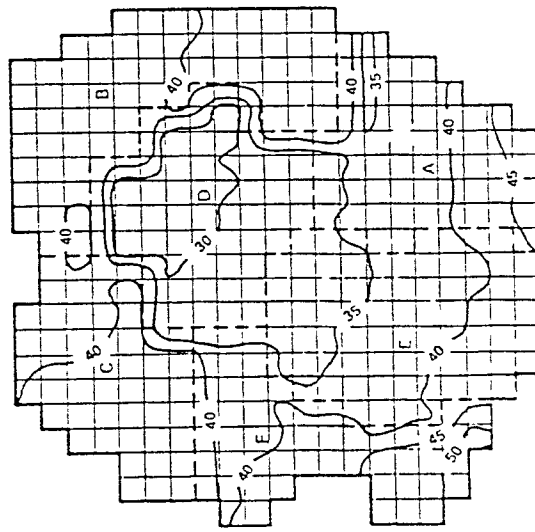
Consider, for example, the land-use Scenario A. For D&U-C-II the regional damage increases from 52.3% for SH-50 to 53.2% for SH-200 (0.9% only), whereas for D&U-C-III for 3.8%, i.e., from 8.2% for SH-50 to 12.0% for SH-200 (Tables A.1 and A.2). At the same time functional losses (Tables A.1, A.3 and A.5) increase for only 4.8%, from 60.5% to 65.3% for SH-50 and SH-200, respectively. In comparison to other building classes, the total regional damage of SM buildings is the largest because the low  $\bar{S}_{eff}$ 's, which correspond to their damage threshold, will affect much larger area than those which correspond to damage thresholds of less vulnerable classes.



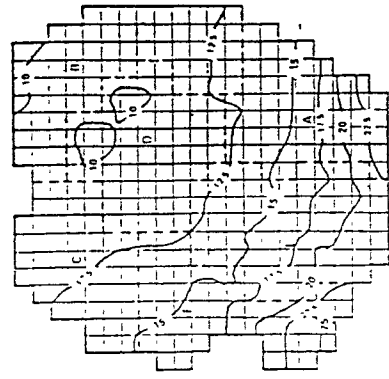
a) Damage/Usability Category II



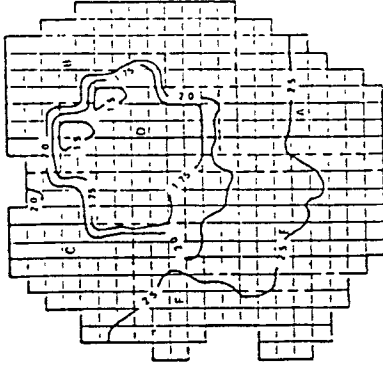
b) Damage/Usability Category III



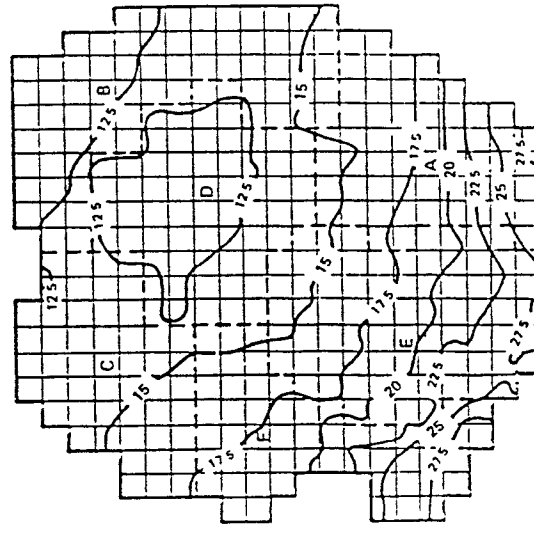
c) Total for Damage/Usability Categories II and III



a) Damage/Usability Category II



b) Damage/Usability Category III



c) Total for Damage/Usability Categories II and III

Fig. A.7-1 SH-200 Cumulative Percent Loss Maps for SM, BM, STM and RCSW Building Classes /LU-S-A/

Fig. A.7-2 SH-200 Cumulative Percent Loss Maps for SM, BM, STM and RCSW Building Classes /LU-S-B/



Table A.1 Expected SH-50 Physical and Functional Seismic Losses for LU-S-A

Damage/Usability Category	Commune	Stone Masonry (SM)		Brick Masonry (BM)		Strengthened Masonry (STM)		Reinforced Concrete Frame Buildings (RCFB)		Total Damaged (lost) Area	
		Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)
Temporarily Unusable (Damaged-II)	A	103560	52.7	14915	24.9	8837	7.2	8370	7.7	141682	24.4
	B	244646	51.8	20733	20.0	10041	4.9	2572	6.2	277993	33.9
	C	116702	52.0	9755	21.3	4317	5.5	3529	6.6	134304	33.3
	D	163573	51.9	16421	20.9	7988	5.3	18537	6.5	206519	24.8
	E	205916	52.8	26055	25.7	15983	7.6	24241	8.0	272196	27.1
	F	147958	52.7	20343	25.1	13225	7.3	4837	7.8	186362	30.8
	Total	988356	52.3	108223	23.0	60391	6.4	62086	7.3	1219056	29.3
Permanently Unusable (lost - III)	A	19552	9.4	3062	5.1	1547	1.3	0	0.0	24161	4.8
	B	31791	6.7	4107	4.0	2398	1.2	0	0.0	38297	4.7
	C	16513	7.4	1951	4.3	949	1.2	0	0.0	19413	4.8
	D	22514	7.1	3274	4.2	1805	1.2	0	0.0	27592	3.3
	E	38456	9.9	5375	5.3	2679	1.3	0	0.0	46510	4.6
	F	26709	9.5	4181	5.2	2290	1.3	0	0.0	33179	5.5
	Total	155534	8.2	21949	4.7	11668	1.2	0	0.0	189151	4.5
Total Damage and loss (II + III)	A	129112	62.1	17977	30.0	10384	8.5	8370	7.7	165843	33.3
	B	276438	58.5	24840	24.0	12440	6.1	2572	6.2	316290	38.5
	C	133215	59.4	11706	25.5	5266	6.7	3529	6.6	153716	38.2
	D	185087	59.1	19694	25.0	9793	6.5	18537	6.5	234111	25.2
	E	244372	62.7	31430	31.0	18663	8.9	24241	9.0	318706	21.7
	F	174667	62.2	25424	30.3	15514	8.6	4837	7.8	219541	26.3
	Total	1143891	60.5	130171	27.7	72059	7.6	62086	7.3	1408208	33.8

Table A.2 Expected SH-200 Physical and Functional Seismic Losses for LU-S-A

Damage/Usability Category	Commune	Stone Masonry (SM)		Brick Masonry (BM)		Strengthened Masonry (STM)		Reinforced Concrete Frame Buildings (RCFB)		Total Damaged (lost) Area	
		Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)
Temporarily Unusable (Damaged-II)	A	112209	53.9	20273	33.9	15151	12.4	11376	10.5	159009	31.9
	B	247121	52.3	23551	22.8	12531	6.2	2922	7.1	286125	34.8
	C	118332	52.7	11620	25.3	5845	7.4	4204	7.9	140001	34.7
	D	165658	52.6	19257	24.5	10521	7.0	21738	7.6	217175	26.1
	E	211337	54.2	36287	35.8	28492	13.6	33760	11.1	309875	30.8
	F	151607	54.0	27836	34.4	22961	12.7	6618	10.7	209023	24.6
	Total	1006264	53.2	138824	29.5	95501	10.1	80619	9.4	1321208	31.7
Permanently Unusable (lost - III)	A	31399	15.1	4378	7.3	1704	1.4	0	0.0	37480	7.5
	B	38644	8.2	4763	4.6	2497	1.2	0	0.0	45904	5.6
	C	21571	9.6	2390	5.2	1093	1.3	0	0.0	24955	6.2
	D	28703	9.1	3939	5.0	1899	1.3	0	0.0	34545	4.2
	E	63965	16.4	7903	7.8	2374	1.4	0	0.0	74842	7.4
	F	43360	15.4	6027	7.4	2576	1.4	0	0.0	51913	6.6
	Total	227646	12.0	29403	6.3	12703	1.3	0	0.0	269649	6.5
Total Damage and loss (II + III)	A	143607	69.0	24651	41.2	16854	13.8	11376	10.5	196489	39.4
	B	285765	60.5	28313	27.4	15028	7.4	2922	7.1	332030	39.4
	C	139903	62.3	14010	30.5	6938	8.7	4204	7.9	164966	20.9
	D	194366	61.7	23196	29.5	12420	8.7	21738	7.6	251726	25.3
	E	275302	70.6	44190	43.6	31466	15.0	33760	11.1	364718	24.3
	F	194967	69.4	33863	41.8	25487	14.1	6618	10.7	260933	31.1
	Total	1233910	65.3	168727	35.8	104107	11.4	80619	9.4	1590957	35.2

Table A.3 Expected SH-50 Physical and Functional Seismic Losses for LU-S-B

Damage/Usability Category	Commune	Brick Masonry (BM)		Strengthened Masonry (STM)		Reinforced Concrete Frame Buildings (RCFS)		Total Damaged (lost) Area	
		Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)
Temporarily Unusable (Damaged - II)	A	19471	74.9	19331	7.2	5370	7.7	58178	11.7
	B	49113	20.0	26363	4.9	2572	6.2	78073	9.5
	C	74367	71.3	12895	5.5	3529	6.6	41437	10.0
	D	36176	20.9	19638	5.3	18537	6.5	74301	8.9
	E	56164	25.7	36762	7.6	24241	8.0	117166	11.7
	F	41499	25.1	27594	7.3	4837	7.8	73930	12.2
	Total	237459	22.9	142590	6.3	62086	7.3	447135	10.6
Permanently Unusable (lost - III)	A	6254	5.1	3386	1.3	0	0.0	9640	1.9
	B	9734	4.0	6296	1.2	0	0.0	16030	2.0
	C	4812	4.3	2835	1.2	0	0.0	7647	1.9
	D	7202	4.2	4436	1.2	0	0.0	11638	1.4
	E	11586	5.3	6162	1.3	0	0.0	17748	1.8
	F	8529	5.2	4777	1.3	0	0.0	13307	2.2
	Total	48117	4.6	27894	1.2	0	0.0	76011	1.8
Total Damage and loss (II + III)	A	36724	30.0	22724	8.5	8370	7.7	67818	13.6
	B	58872	24.0	32659	6.1	2572	6.2	94103	11.5
	C	28874	25.5	15730	6.7	3529	6.6	48134	11.9
	D	43328	25.0	24074	6.5	18537	6.5	85939	10.3
	E	67749	31.0	42924	8.9	24241	8.0	134915	13.4
	F	50029	30.3	32371	8.6	4837	7.8	87237	14.4
	Total	285576	27.5	170483	7.5	62086	7.3	518145	12.4

Table A.4 Expected SH-200 Physical and Functional Seismic Losses for LU-S-B

Damage/Usability Category	Commune	Brick Masonry (BM)		Strengthened Masonry (STM)		Reinforced Concrete Frame Buildings (RCFS)		Total Damaged (lost) Area	
		Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)	Gross Area (sq. m)	(%)
Temporarily Unusable (Damaged - II)	A	41414	33.9	33156	12.4	11376	10.5	85946	17.2
	B	55817	22.8	32900	6.2	2922	7.1	91639	11.2
	C	28662	25.3	17458	7.4	4204	7.9	50324	12.5
	D	42366	24.5	25865	7.0	21733	7.6	89963	10.8
	E	78218	35.8	65531	13.6	33760	11.1	177509	17.7
	F	56786	34.4	47909	12.7	6618	10.7	111314	18.4
	Total	303263	29.2	222820	9.8	80619	9.4	606701	14.6
Permanently Unusable (lost - III)	A	8944	7.3	3728	1.4	0	0.0	12672	2.5
	B	11289	4.6	6556	1.2	0	0.0	17845	2.2
	C	5896	5.2	2997	1.3	0	0.0	8894	2.2
	D	8666	5.0	4667	1.3	0	0.0	13333	1.6
	E	17035	7.8	6341	1.4	0	0.0	23376	2.4
	F	12294	7.4	5270	1.4	0	0.0	17565	2.9
	Total	64124	6.2	30060	1.3	0	0.0	94134	2.3
Total Damage and loss (II + III)	A	50358	41.2	36884	13.8	11376	10.5	98518	19.8
	B	67106	27.4	39456	7.4	2922	7.1	109474	13.3
	C	34558	30.5	20455	8.7	4204	7.9	59218	14.7
	D	51031	29.5	30532	8.2	21733	7.6	103301	12.4
	E	95253	43.6	72373	15.0	33760	11.1	201333	20.0
	F	69080	41.8	53179	14.1	6618	10.7	124774	21.3
	Total	367346	35.4	252830	11.1	80619	9.4	701222	16.6

However, with increased duration of shaking, and consequently with increased  $\bar{S}_{eff}$  the damage threshold of less vulnerable building classes decreases more rapidly for brittle (BM) than for more ductile (STM and RCFS) types. From Tables A.1 and A.2 as well as Tables A.3 and A.4 it is evident that for BM buildings the regional functional losses increase from 27.7% to 35.8% (8.1%) for SH-50 and SH-200, whereas for STM and RCFS buildings, that increase is for about 3.8% (from 7.6% to 11.4%, SH-50), and about 2.1% (from 7.3% to 9.4%, SH-200), respectively. The same conclusion may be derived from specific loss maps given in Figs. A.4-1 to A.6-1.

The losses inflicted to the SM building class (Figs. A.3-2) have been found to be the highest. They range from 2,000 to 3,500 sq.m/zone (SH-200). So high level of damaged and lost gross area is the result of the joint effect of very high density of SM buildings (3,650 to 6,850 sq.m/zone), their high vulnerability and significantly low damage threshold. Although regional seismic hazard varies significantly from 50 to 200 year return period, the increase in total functional losses (D&U-C-II-III/) is only for about 4.8% (Tables A.1, A.2 and A.5), which percentage is generally due to the increase in the number of lost (3.8%) buildings.

However, observing Figs. A.4-2, reporting the losses for RM building class (non-aseismic as the SM building class), it may be found that for D&U-C-II they range from 400 to 600 sq.m/zone and from 50 to 100 sq.m/zone for D&U-C-II and SH-200. A significant decrease of losses, in comparison with SM class, is not only the effect of the lower vulnerability inherent to BM building class, but also due to the decreased population density and the increased damage threshold of this building class.

The favorite behavior is shown by the seismically resistant building classes (STM and RCFS), Figs. A.5 and A.6 stressing out again the conclusion that, aside of the other parameters, the type of construction predominantly controls the loss potential of the region. The D&U-C-II STM losses are about 100 to 600 sq.m/zone (SH-200). They are approximately of the same order for the RCFS building class, ranging from 50 to 400 sq.m/zone (SH-200).

Examination of Figs. A.7-1 reveals some interesting aspects of loss concentration and distribution. for example, for SH-200 and D&U-C-(II+III) the percent losses are generally ranging from 30 to 50% (Fig. A.7-1c) of total zonal building gross area (GBA), although the variation of SH-200 is from 10 to 35% g, isolated are regions with lower level of about 30% of GBA (central part of commune B) and higher loss levels of about 45 to 50% of GBA (limited parts of communes A and F). Another phenomenon related to land-use Scenario I can be observed comparing seismic hazard and percent loss distributions. The cumulative percent loss contours are strongly distorted from seismic hazard contours given in Fig. A.2 even though the distribution of specific losses, Figs. A.3 to A.6, follows them strictly. So high, and somewhat uniform distribution of losses is due to the prevail and high concentration of unfavorable building typology (SM and BM) and their concentration in the regions of lower hazard (4,400 - 6,850 sq.m/zone for SM, and about 1,500 sq.m/zone for BM). Due to the low damage threshold, they strongly influence the level of total regional losses.

The cumulative percent loss maps given in Figs. A.7-2 (land-use Scenario II) show drastic difference in expected losses since the SM building class is completely replaced. The regional loss contours merge the regional seismic hazard for both return periods. The total regional losses are substantially reduced. For SH-50, Tables A.1 to A.4, the regional functional losses are reduced from 1,408,205 sq.m (Scenario I) to 518,145 sq.m (Scenario II) or for 63.2%, whereas the size of reduction for SH-200 is about 55.9% (decrease from 1,590,857 sq.m for Scenario I to 700,885 sq.m for Scenario II). The size of improvement is also underlined by the fact that for SH-50 the regional functional losses computed for Scenario I (Table A.5) will be 33.8% (4.5% lost) of total building gross area which is economically unacceptable since the building economic life period is approximately 50 years. More reasonable figures are obtained for Scenario II. The regional functional losses are about 12.4% (Table A.5) of total building gross area, out of which

only 1.8% would be physically lost.

An alternative to decrease the regional loss potential (seismic risk) is to eliminate the highly vulnerable structural systems from the region. This is not unrealistic since for developing regions the continuing growth and development can be channeled at the level of local government through taxation, insurance, building code, zoning, etc., policies so as to actually alter the urban form in few decades. Because of the high potential economic impact, hazardous building abatement regulations might best be imposed gradually on a priority basis, selecting first those structures that are most dangerous and that have the highest occupancies followed by buildings that constitute a lesser hazard and that have lower occupancies (in this study the SM and BM building classes, respectively). Such abatement, or even total relocation action often coincides with the urban renewal or post-earthquake reconstruction objectives.

From the examples of land-use policies a certain basic approach to earthquake damage reduction becomes apparent. In the presented approaches only one aspect of an overall risk reduction program is discussed. Although the region analyzed is far from being optimized, the replacement of AM building class gross area by BM (30%) and STM (70%) decreases the overall physical-loss-production-potential for 63.7% (D&U-C-II, SH-50), 59.8% (D&U-C-III, SH-50), 54.1% (D&U-C-II, SH-200), and for 65.1% (D&U-C-III, SH-200). Further abatement of loss-production-potential might be achieved via control of the spatial distribution of elements at risk and through control of their vulnerability. nevertheless, the knowledge of acceptable ground shaking effects, in combination with other community objectives, could lead to low-density land-uses in high shaking intensity areas. Elsewhere, such knowledge can lead to adoption of building code provisions appropriate to the shaking characteristics of that region. The additional costs of such actions can be balanced against reduction in losses, and an acceptable risk level determined by normal cost-benefit analysis.

Table A.5 Total Seismic Losses for Land-Use Scenarios A and B

Building Class		Total Gross Area (sq. m)	Total Losses (in %)					
			D&U-C-II		D&U-C-III		D&U-C-(II+III)	
			50 Years	200 Years	50 Years	200 Years	50 Years	200 Years
Land - Use Scenario I	Stone Masonry SM	1,890,900	52.3	53.2	8.2	12.0	60.5	65.3
	Brick Masonry BM	470,250	23.0	29.5	4.7	6.2	27.7	35.8
	Strengthened Masonry STM	947,250	6.4	10.1	1.2	1.3	7.6	11.4
	Reinforced Concrete Frame Buildings RCFS	855,750	7.3	9.4	-	-	7.3	9.4
Land - Use Scenario II	Brick Masonry	1,037,520	22.9	29.2	4.6	6.2	27.5	35.4
	Strengthened Masonry STM	2,270,880	6.3	9.8	1.2	1.3	7.5	11.1
	Reinforced Concrete Frame Buildings RCFS	855,750	7.3	9.4	-	-	7.3	9.4
Total for the Region Land-Use Scenario I		4,164,150	29.3	31.7	4.5	6.5	33.8	38.2
Total for the Region Land-Use Scenario II		4,164,150	10.6	14.6	1.8	2.3	12.4	16.8

In order to determine the level of expected economic losses to an aggregate of buildings, such as a urban region or town, it is first necessary to assign a value to each element at risk, since the specific (Figs. A.3-1 to A.6-1), and seismic losses (Figs. A.3-2 to A.6-2) are not additive quantities in the economic sense. Then only, one can estimate the economic losses and add them together for a number of elements at risk. The maps presented in Figs. A.3 to A.6 provide only the essential information and assistance when an open space is planned for urbanization, or for renewal and improvement, as well as elaboration of new master and physical land-use plans. The percent seismic loss maps presented in Fig. A.7 provide the most helpful information about the levels and size of physical losses to be expected, their distribution and concentration; information that is of crucial importance for disaster preparedness organization and planning of disaster mitigation counter measures pertinent to the land-use under analysis.

The risk to an urban settlement is far greater than the sum of the risks to the individual elements, and an urban area planner must take it into consideration, too. Different plans, regulations and administration procedures may be appropriate for different forms of seismic risk. the forms of seismic risk can be divided into ground shaking (analyzed herein), ground failure, surface faulting and flooding effects. However, the urban planner must also be aware that secondary causes such as fires following the earthquake, interruption of essential supplies or communications, interruption of industrial production and other economic and social activities are factors that in some urban areas can bring more severe damage than the ground shaking itself.

An attempt to clarify these issues has been made in connection with the elaboration of a physical development plan and of urban master plans for the Republic of Montenegro (Yugoslavia). The implicit understanding is that the earthquake risk reduction is but one aspect of an overall hazard reduction program that must be integrated with other community concerns, such as post-earthquake development and open-space planning, in order to achieve community goals at the least cost.

Very little experience has yet been acquired in the use of seismic hazard data in regional or urban planning. The techniques presented herein, it is believed, have resolved a major problem, that of using seismic hazard data in the process of physical and master land-use planning. The approach and results developed, should provide guidelines to practitioners, authorized agencies, local and national authorities and policy makers, aiding them in determining the most beneficial land-use policy.

# A RECONNAISSANCE METHOD FOR EARTHQUAKE LOSS ESTIMATION TO DWELLINGS

Paul C. Thenhaus

U.S. Geological Survey  
Denver, Colorado, U.S.A.

Estimation of economic loss from earthquakes in developing countries is hampered by the lack of centralized demographic data bases that generally accompany technological development and the wide-spread use of automated data processing. However, sufficient data on building inventory and type usually exists on a local government level to perform adequate reconnaissance studies of potential economic loss. A cooperative study between the USGS and the Government of Indonesia, under the auspices of the International Decade of Natural Hazard Reduction, assessed seismic ground-motion hazard and economic loss to dwellings in the remote North Sulawesi Province of eastern Indonesia. The area is characterized by frequent earthquake occurrence and damage to dwellings. Lacking strong ground-motion records for the region, an attenuation relation based on Japanese strong motion data was used in the determination of probabilistic earthquake ground-motions and was judged more appropriate for subduction environments of the western Pacific than attenuation relations commonly used throughout the United States.

Field investigations following the 18 April 1989 North Sulawesi earthquake ( $M_s$  7.3) established damage patterns and the Modified Mercalli intensity (MMI) distribution throughout the Gorontalo district. Average MMI in the district was assessed as VI with a range between V and VIII. The total number of masonry houses (permanent and semi-permanent dwellings) within the MMI V isoseismal was approximated from a sampling of housing counts obtained from 18 villages. From the post-earthquake damage investigation and from comparisons to masonry construction in the United States, a vulnerability curve was constructed for masonry housing in Gorontalo. Assuming an average value for a house of Rp. 2,000,000 (U.S.\$ 1,053), total economic loss to masonry housing from the 18 April 1989 earthquake is estimated at Rp. 2,277,300,000 (U.S. \$1,198,000). Simulation of the earthquake history for the last 31 years within a 300-kilometer radius of Gorontalo indicates an average annual loss to masonry housing of Rp. 874,688,322 (U.S.\$ 437,344), or, Rp. 89,000 (U.S. \$47) on a per house basis. Catastrophe potential for masonry housing in Gorontalo that has a 90 percent probability of not being exceeded in 250 years is estimated to be Rp. 7,542,700,000 (U.S. \$3,969,900). The study shows that substantial economic losses can be sustained by developing countries in little developed areas where moderate population density, vulnerable dwelling construction and moderately high seismic hazard coexist.

The loss estimates for Gorontalo are based on techniques that can be applied throughout developing countries where only primitive demographic data bases exist on local levels, usually for tax or census purposes. Future refinement of loss estimates for such regions will come from improved data bases of building inventory, strong ground motion, intensity affects and building damage, and further understanding of seismically active faults and surficial geology throughout the region.

# Studies of Seismic Micro- and Mesozoning in Chile: Limitation to the Use of Weak Types of Construction.

Maximiliano Astroza and Joaquin Monge

Professors of the Civil Engineering Department, Faculty of Physical Sciences and Mathematics, University of Chile.

## 1. Introduction.

Early studies on seismic microzonation of cities were developed at our Faculty in the period 1966-1972 [Lastrico and Monge, 1973]. They confirmed that a close relationship exists between site conditions and the degree of damage in small buildings, as stated already by Medvedev, 1965, and also by other authors.

The March 3, 1985 Valparaiso earthquake  $M_s = 7.8$  originated damages in a large zone that extends from Illapel, latitude  $31^{\circ}40' S.$  to Cauquenes, latitude  $36^{\circ} S.$ , and from the sea coast to the lower altitudes of the Andes. That zone has 500 Km in the north-south direction and about 150 Km in east-west direction. It contains six and a half million inhabitants, that represent fifty percent of the total population of Chile.

Since the 1985 earthquake belongs to a series of large earthquake that are generated offshore in front of Valparaiso with a remarkable regularity, every  $82 \pm 6$  years and with magnitudes in the range 7.8 to 8.75 [Hausel, 1986] and that control the seismic risk in the central region of Chile between the latitudes  $33^{\circ} S$  and  $35^{\circ} S$ , it was very important to establish the damage to small buildings, that represent about 90 % of the dwellings in Chile. This was done by our Department of Civil Engineering under the direction of the authors in all the zone of damage, with the exception of Viña del Mar, that was the object of a separate study [Aguirre et al, 1986].

## 2. Methodology for the determination of intensities.

By recollecting and checking the surveys of damage made after the earthquake at different comunas and by conducting additional surveys at the cities and rural villages, a considerable amount of data on damage to adobe and unreinforced masonry one story buildings was gathered: about 80 000 of those small buildings were examined in the zone of damages of that earthquake. The types of constructions were assigned to the classes A (adobe), B (unreinforced masonry) and C (confined masonry) of the MSK scale [Medvedev et al, 1964]. The degree of damage was defined from 1 to 5 according to the same scale with some minor changes due to the characteristics of Chilean buildings. The degree of intensity was found according to the revised MSK scale [Karnik et al, 1984]. The total number of sectors of large cities, towns and villages where the degree of intensity was determined and the number of buildings of class A, B and C that were studied is as follows:

City or Region	Number of sectors or towns	Class A	Total number of buildings			Total
			Class A1	Class B	Class C	
Santiago	288	16 538		21 827	8 390	46
Valparaiso	25	298	2 582	258		3
Other	487	25 373	2 883	1 075	291	29
San Antonio (b)	22			909	984	1
<b>Total</b>	<b>822</b>	<b>42 209</b>	<b>5 465</b>	<b>24 069</b>	<b>9 644</b>	<b>81</b>

(a) Buildings with wooden frame and adobe fill.

(b) From an independent study [Geotécnica, 1988]

### 3. Geological characterization of quaternary deposits.

Different publications on quaternary deposits of the zone of interest were gathered, but they are not very precise for the rural areas. A new report that covers the metropolitan region was prepared by professor Juan Varela from the Department of Geology of our Faculty, based on geological photo-interpretation and checking at field. According to Varela's classification [Astroza et al, 1989], the most important deposits in the zone are:

#### i Volcanic pumicite ashes.

They are covered by alluvional fan deposits, emerging part and developing a morphology typical of small hills. This unit is constituted by deposits of rhyolitic ashes with inclusions of pumice stones with low percentages of fragments of rock; it presents variable degrees of cementation, from low to high.

#### ii Alluvional fan deposits.

This unit is constituted by thick accumulations of fluvial and torrential alluvional deposits represented by gravels, sandy gravels and sands with some intercalations of materials from mud currents and volcanic floods. These deposits develop large accumulations fan shaped in the area of the mouth of the rivers and main small streams in the Central Depression.

#### iii Fluvial deposits.

This unit is constituted by deposits of sands with sandy gravels with some intercalations by diamictic deposits that correspond to mud flows, that are disposed along the course and edges of the main rivers of the zone. In the coastal area, this unit includes also sandy deposits of dunes and high beaches

This unit is subdivided in: Present fluvial deposits, that are found in the bed of the river extending to the maximal area of flooding corresponding to the periods of floods. Recent fluvial deposits that constitute low terraces located at both sides of the main courses and remain out of reach of the flooding. Old fluvial deposits that integrate terraces between 5 and 20 m over the actual river level.



iv Coluvial deposits and dejection cones.

This unit is integrated by diamictic deposits that originate cones of relatively steep slopes, 15 to 30 degrees, at the foot of most of the mountains and hills of the zone. Generally, these deposits are constituted by clasts of angular shape of varied sizes, surrounded by silty-sandy matrices that predominate and that constitute thick deposits of heterogeneous stratification.

v Lacustrine deposits.

This unit is constituted by fine sediments of the types of silts and clays with laminated or massive stratification, which occupy bassins that have an obstructed or restricted drainage.

These units of quaternary deposits were used for defining seismic mesozones, since the observed degree of damage was found to be different from one unit to a neighbouring one.

4. Isoseismals on rock, 1985 Valparaiso earthquake.

The distribution of the intensities of the 1985 Valparaiso earthquake, as can be seen in Figure 1, [Astroza and Monge, 1991 a)] shows irregularities that can be explained by the influence of local site conditions. Places located on rock at the sea coast experienced lower degrees of intensities than localities with larger distances to the rupture zone founded on quaternary deposits. Intensities in places located a few kilometer apart show differences of up to two degrees.

In order to know the increment of the degree of intensity MSK for a quaternary deposit with respect to rock it is necessary to establish first the isoseismals obtained from intensities at localities founded on rock. The difference between the intensity observed at a quaternary deposit and the intensity that should have occurred at the same place if the locality were founded on rock will give the increment due to the site conditions independently from the distance to the rupture zone.

Localities founded on rock where intensity values were obtained are located mainly at the seacoast and at the Andes mountains. Their total number is 23, which is insufficient for tracing the isoseismals. Based on Medvedev, 1965, the intensities observed at 32 cities and villages founded on gravel deposits were also considered, supposing that the increment on gravel is one degree; thus, the observed intensities on gravel were diminished in one degree in order to estimate the intensities that should be observed on rock at the same places. Furthermore, observations at 7 places located at quaternary deposits outside the region of damage were used, by accepting that intensities on rock should be lesser, to check the isoseismal 6, that separates the damaged and undamaged regions.

Figure 2 shows the isoseismals 6, 6.5, 7 and 7.5 on rock. They are smooth and agree reasonably well with the data of the 62 sites used. From these curves, the law of attenuation of intensities on rock with the distance from the rupture zone can be inferred.

## 5. Average increments of intensities for quaternary deposits.

Quaternary deposits are well known for their capabilities to modify the seismic effects and to influence the amounts of damage to structures. Considering this influence, Medvedev, 1965, gives the increments of the degree of intensity due to different geologic units.

In order to check the values given by Medvedev, the average increments for quaternary deposits were determined comparing the isoseismals on rock with the intensities obtained in 88 cities and villages located in the damaged area of the March 3, 1985 Valparaiso earthquake:

Geological Unit	Number of data	Increment of intensity with respect to rock
Volcanic pumicite ashes	19	1.5 - 2.5
Gravel	32	0.5 - 1
Colluvium	28	1 - 2
Lacustrine deposits	9	2 - 2.5

These values are similar to those given by Medvedev, 1965. However, volcanic pumicite ashes do not appear in his tables.

For fluvial deposits other than gravel, a wide scattering in the increments of intensities was found. Studies of the stratigraphy and velocities of P and S waves are being conducted at the sites where high intensities, 8.5 or more, were determined [Araneda et al, 1991]. With the results of these studies, a better characterization of soil units can be expected.

## 6. Seismic mesozones based on the geological characteristics.

Since the effect of a geological unit on the degree of intensity is recognized, it is natural to use the boundary of the unit as the limit of the seismic mesozone. As an example, Figure 3 [Astroza and Monge, 1991 b]) shows the geology of the zone near Melipilla, to the south of the river Maipo. The values of the intensities at four villages located on Qcp (volcanic pumicite ashes) covered by thin fluvial deposits are among the highest in the zone of damages of the 1985 earthquake: 9.5. Other village founded on colluvial deposits in the boundary of this unit had an intensity of 9. This value of 9.5 can be extrapolated to other Qcp units that are shown in the same figure to the south of the former one, with the same distance to the rupture zone and where it was not possible to determine intensities because of the absence of constructions.

## 7. Seismic microzones of the city of Santiago.

In the city of Santiago a more detailed information about intensities is available. Some geological units [Valenzuela, 1978] coincide with the seismic microzones, as is shown for instance for the colluvial deposits in the eastern part of Santiago, Figures 4 and 5 [Astroza and Monge, 1991 b)]. However, other large geological units such as the Santiago gravel, Figure 4, is divided in several seismic microzones, Figure 5. Also, some smaller units are unified into a single seismic microzone in the western part of Santiago.

Generally speaking, the fluvial deposits other than thick gravel show a wide dispersion in their increment of intensities and for them, the prediction of intensities must be based on the intensities determined in past earthquakes and not in extrapolations.

## 8. Estimation of the highest probable degree of intensity for a given site.

In Figure 2, three zones of the area of damages can be considered:

i) The zone north of paralel  $33^{\circ}$  S, where earthquakes of magnitude 7.5 with epicenter at La Ligua may cause higher intensities than earthquakes with epicenter in front of Valparaíso.

ii) The zone between paralels  $33^{\circ}$  S and  $35^{\circ}$  S, where the highest intensities are occasioned by Valparaíso earthquakes, with the exception of a zone at the Andes mountains, east of Santiago, where the intraplate earthquake of Las Melosas, 1958, showed large destruction in a reduced area.

iii) The zone south of paralel  $35^{\circ}$  S, where the highest intensities may be occasioned by earthquakes originated near Talca, as it was the case in 1928.

For the zone ii), in front of the rupture zone of the 1985 Valparaíso Earthquake, the authors have estimated [Astroza and Monge, 1991 a)] that the stronger probable earthquake in front of Valparaíso with a probability of exceedance of 10% or more in 50 years should have a magnitude of 8.3, similar to that of the 1906 Valparaíso earthquake, and would produce an increment of about half a degree in the intensities determined for the 1985 earthquake. By studying the reports on intensities of the 1906 earthquake, this rule seems to be conservative for the zone of the central depression: about four and a half million people live there.

At the coast, however, increments higher than half a degree over the intensities of 1985 could be expected.

9. Estimation of the highest allowable degree of intensity for weak types of construction.

Astroza, 1991, proposes the highest allowable degree of intensity for a given type of construction, based on the criterion of limiting to 5% the percentage of buildings with partial collapse. When looking at the definitions of degrees of intensities of the MSK scale, this corresponds to:

Type of building	Intensity
A Adobe	7
B Unreinforced masonry	8
C Reinforced or confined masonry	9

The distribution of damages in the MSK scale of 1 to 5 is in those cases as follows:

Degree of damage i	Percentage of buildings with degree of damage i
1 Light	10 %
2 Moderate	35 %
3 Severe	50 %
4 Partial collapse	5 %
5 Total collapse	- %

The earthquake hazard is defined by Astroza in relation with the highest intensity expected during a period of 50 years:

Hazard	Degree of Hazard	Intensity Range MSK
S1	Low	$I \leq 7$
S2	Medium	$7 < I \leq 7.5$
S3	Medium-High	$7.5 < I \leq 8$
S4	High	$8 < I$

By studying the classes of buildings defined by the Chilean Building Law [Ordenanza 1949], he recommends the following limitations to the use of weak types of constructions:

Class F	Adobe	Limited to hazard zone S
Class D1	Masonry with R.C. collar beams; no R.C. columns. Ordenance, Art. 259.	Limited to hazard zones S1 and S2
Class D2	Partially confined masonry	Limited to hazard zones S1, S2 and S3
Class D3	Partially reinforced masonry	Limited to hazard zones S1, S2 and S3. Use in zone S4 is questionable
Class Z	Unreinforced masonry (not allowed by the Ordenance, but many old houses still exist)	Limited to hazard zone S

No restrictions are proposed for buildings of class A (steel structure), B (reinforced concrete structure), C (confined brick masonry up to 4 stories), D (confined stone or concrete block masonry up to two stories) and E (wooden structure up to three stories).

10. Identification of seismic microzones and mesozones in the urban development maps.

A study contracted by the Ministerio de la Vivienda y Urbanismo [Geotécnica, 1988] recommends the use of urban soils of the cities of San Antonio and Llolele after considering the hazards of earthquakes, floods, mud flows and earth slides. The microzones proposed in this study are closely related to the surficial geology, the geotechnical properties of soils and the seismic intensities determined after the 1985 earthquake.

A second study was contracted by the same Ministry [Ayala et al, 1989] for the city of Santiago and the Metropolitan Region. It includes the same hazards than the former and defines seismic microzones in Santiago and other cities and seismic mesozones in the rural areas, as was explained before. The later are usefull for defining future urban developments.

The Ministerio de la Vivienda y Construcción is developing maps for the use of urban soils based on those studies and on studies made by its own staff.

#### Aknowledgements.

The studies on seismic zonation made after the 1985 Valparaíso earthquake have been supported by DTI (Departamento técnico de Investigación de la Universidad de Chile), FONDECYT (Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico), by our Faculty and by US Geological Service in a project in charge of T. Algermissen and E. Hausel (1986).

#### Referunces.

- Aguirre, C., Petersen, M., Pérez, L.E., 1986. "Microzonificación sísmica de la ciudad de Viña del Mar". 4as. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Viña del Mar, Chile, Tomo 1, p. E70-E84.
- Araneda, M., Monge, J., Avendaño, M.S., 1991. "Soil behavior Analysis in Anomalous Intensity Regions after the 1985 Chilean Earthquake". Fourth International Conference on Seismic Zonation, Stanford, California, Vol. II, p. 443-449.
- Astroza, M., 1991. "Recomendaciones para restringir el uso de sistemas constructivos de bajo costo en zona sísmicas". Primer Simposio Internacional sobre Seguridad Sísmica de la Vivienda de Bajo Costo. CENAPRED, México.

- Astroza, M., Monge, J., Varela, J., 1989. "Zonificación sísmica de la Región Metropolitana". 5as. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Santiago, Chile, Vol. I, p. 493-503.
- Astroza, M., Monge, J., 1991 a). "Regional Seismic Zonation in Central Chile". Fourth International Conference on Seismic Zonation, Stanford, California, Vol. III, p. 487-494.
- Astroza, M., Monge, J., 1991 b). "Seismic Microzones in the City of Santiago. Relation Damage-Geological Unit". Fourth International Conference on Seismic Zonation, Stanford, California, Vol. III, p. 595-601.
- Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores, 1989. Estudio de áreas de riesgo geofísico para asentamientos humanos, Región Metropolitana.
- Geotécnica Consultores Ltda., 1988. "Análisis de microzonificación sísmica de San Antonio". Estudio contratado por el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo.
- Kausel, E. 1986. "Proceso sísmico, parámetros focales y réplicas del sismo del 3 de marzo de 1985". El sismo del 3 de marzo de 1985-Chile, cap. 2. Acero Comercial, Editor. 2da. edición, septiembre 1986.
- Lastrico, R., Monge, J., 1972. "Chilean Experience on Seismic Microzonation". International Conference on Microzonation, Seattle, Washington.
- Medvedev, S., Sponheur, W., Larnik, V., 1964. "Neue seismische Skale", Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Heft 77, Akademie Verlag.
- Medvedev, S. 1965. "Engineering Seismology", Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem. U.S. Department of Commerce, Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, Springfield. Va. 22151.
- Ordenanza General de Construcciones y Urbanización, 1949. Editorial Jurídica de Chile, Santiago, Chile, Capítulo 20.
- Valenzuela, G., 1978. "Suelos de fundación del Gran Santiago" Boletín N. 33, Instituto de Investigaciones Geológicas.
- Varela, J., 1989. "Geología de la Región Metropolitana". Informe técnico, Departamento de Geología, Univ. de Chile.

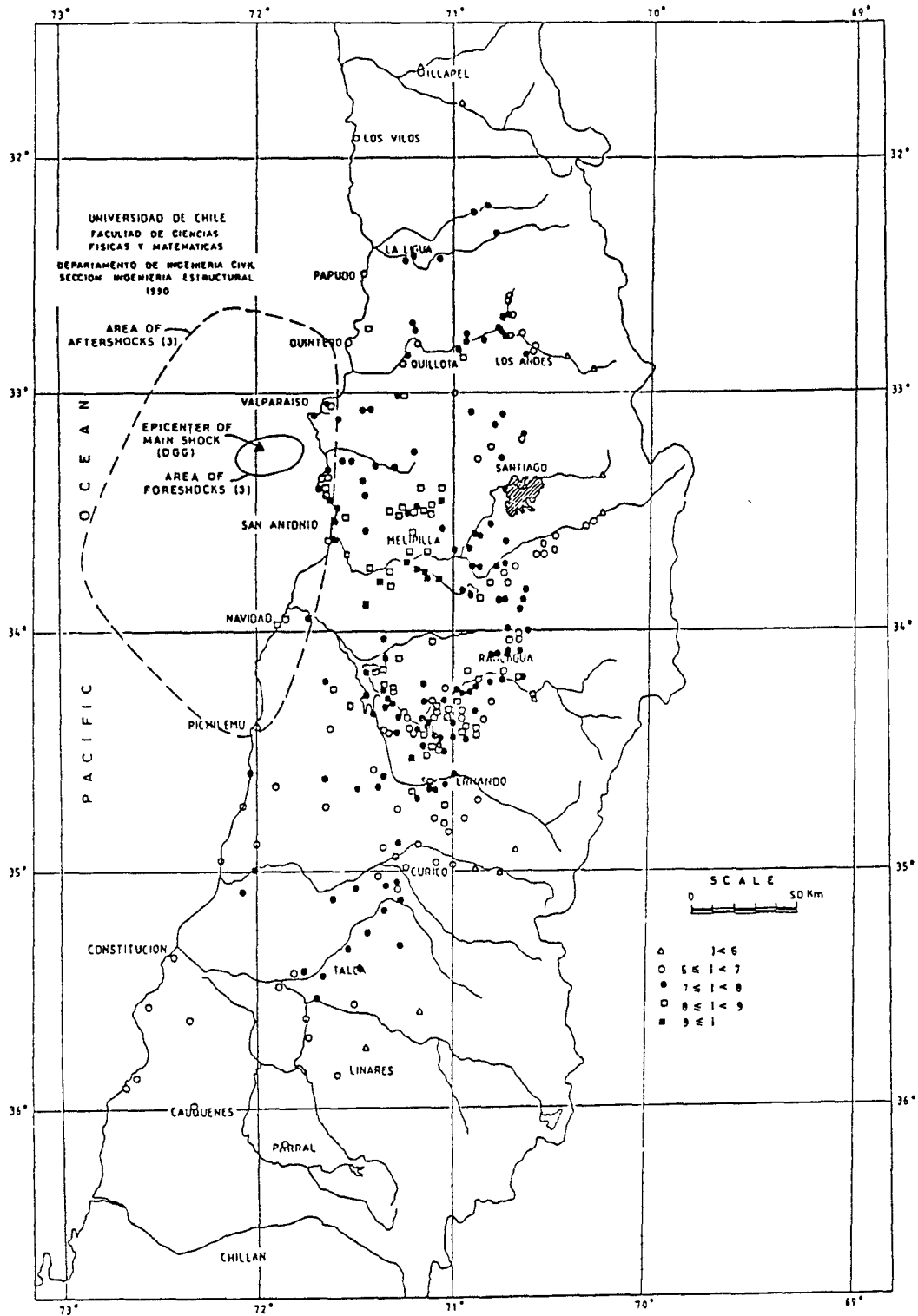


FIGURE 1. Intensities MSK, March 3, 1985  
 Central Chile Earthquake.

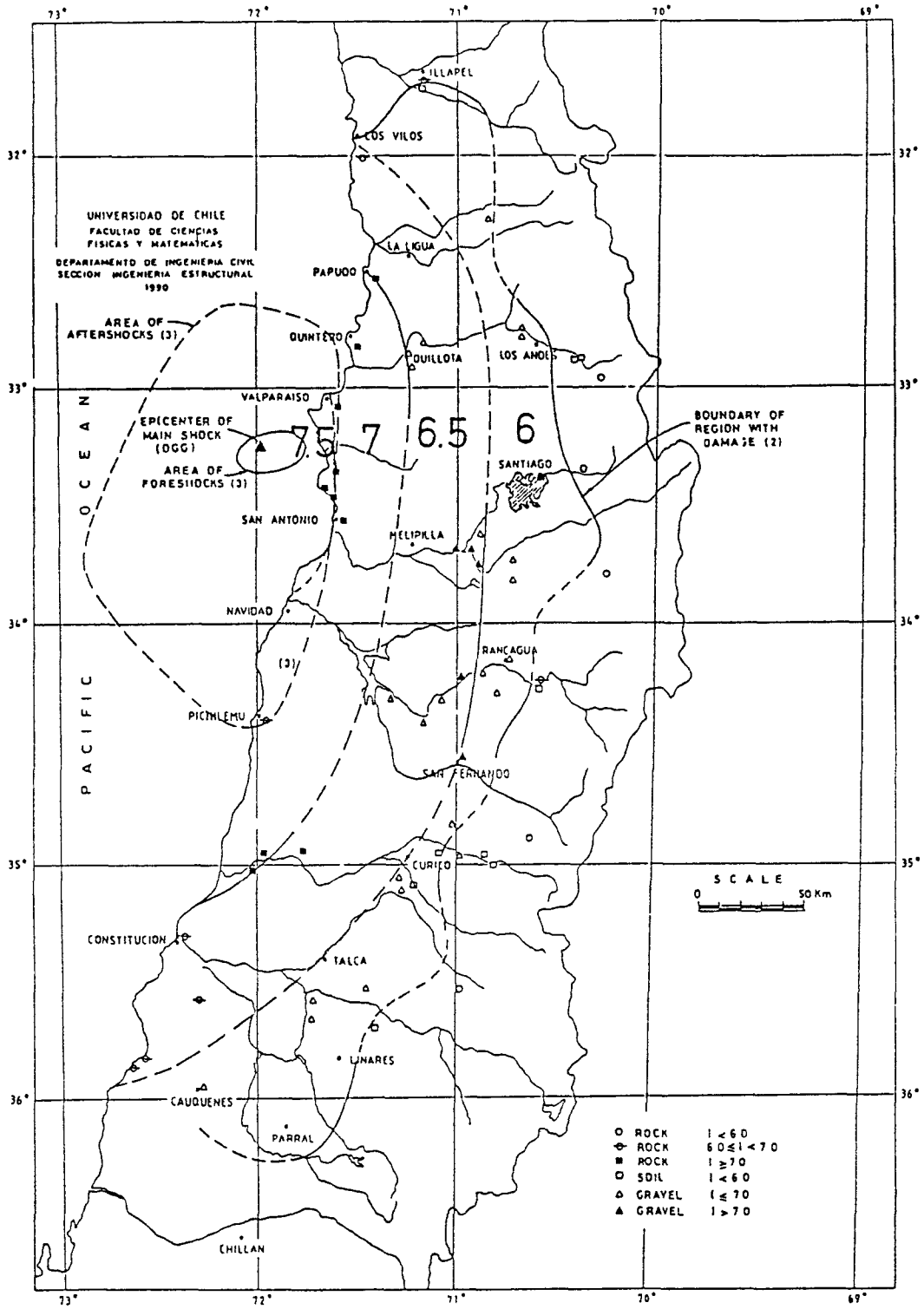


FIGURE 2. Isoseismals on rock, March 3, 1985 Central Chile Earthquake.



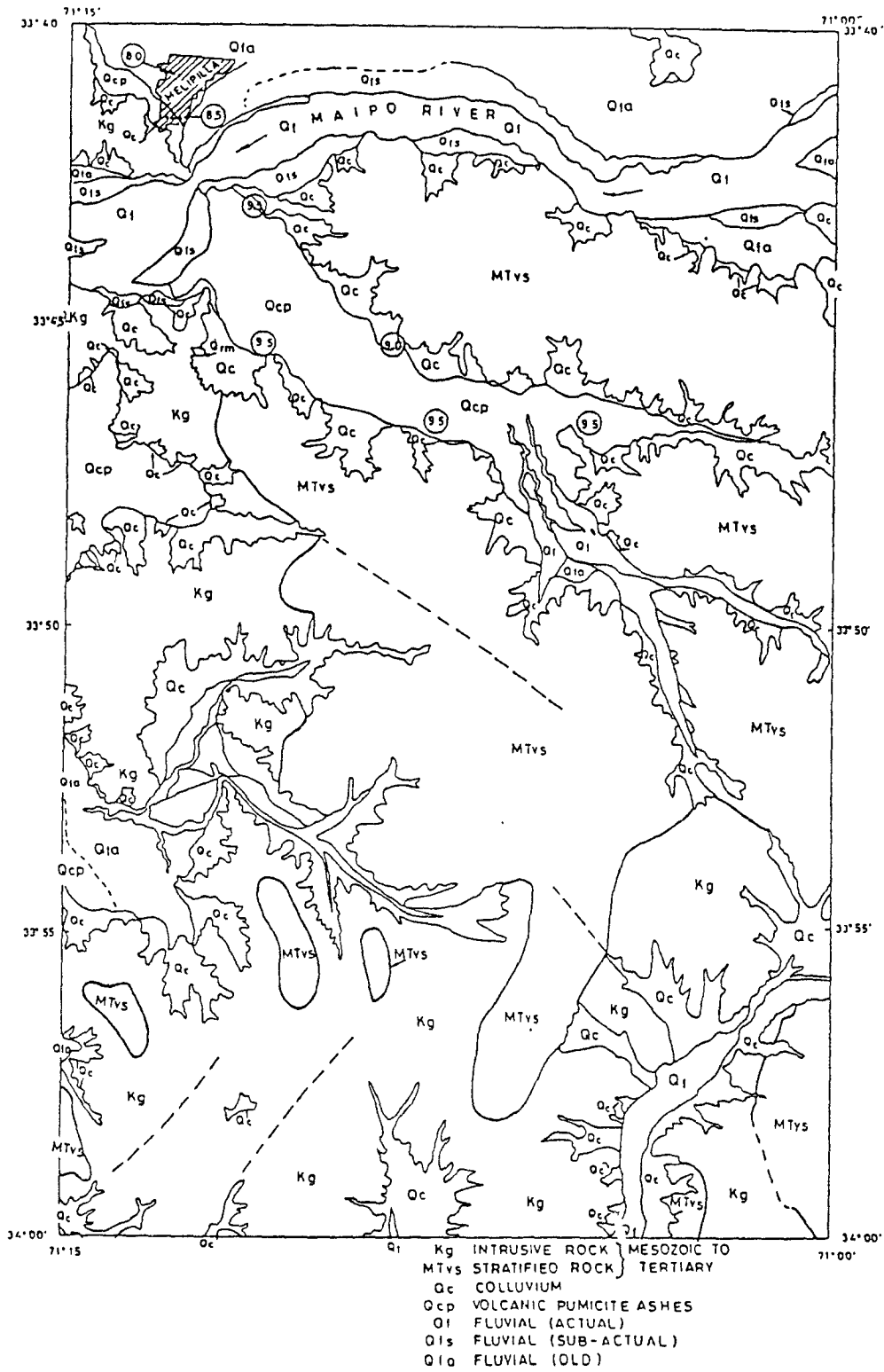
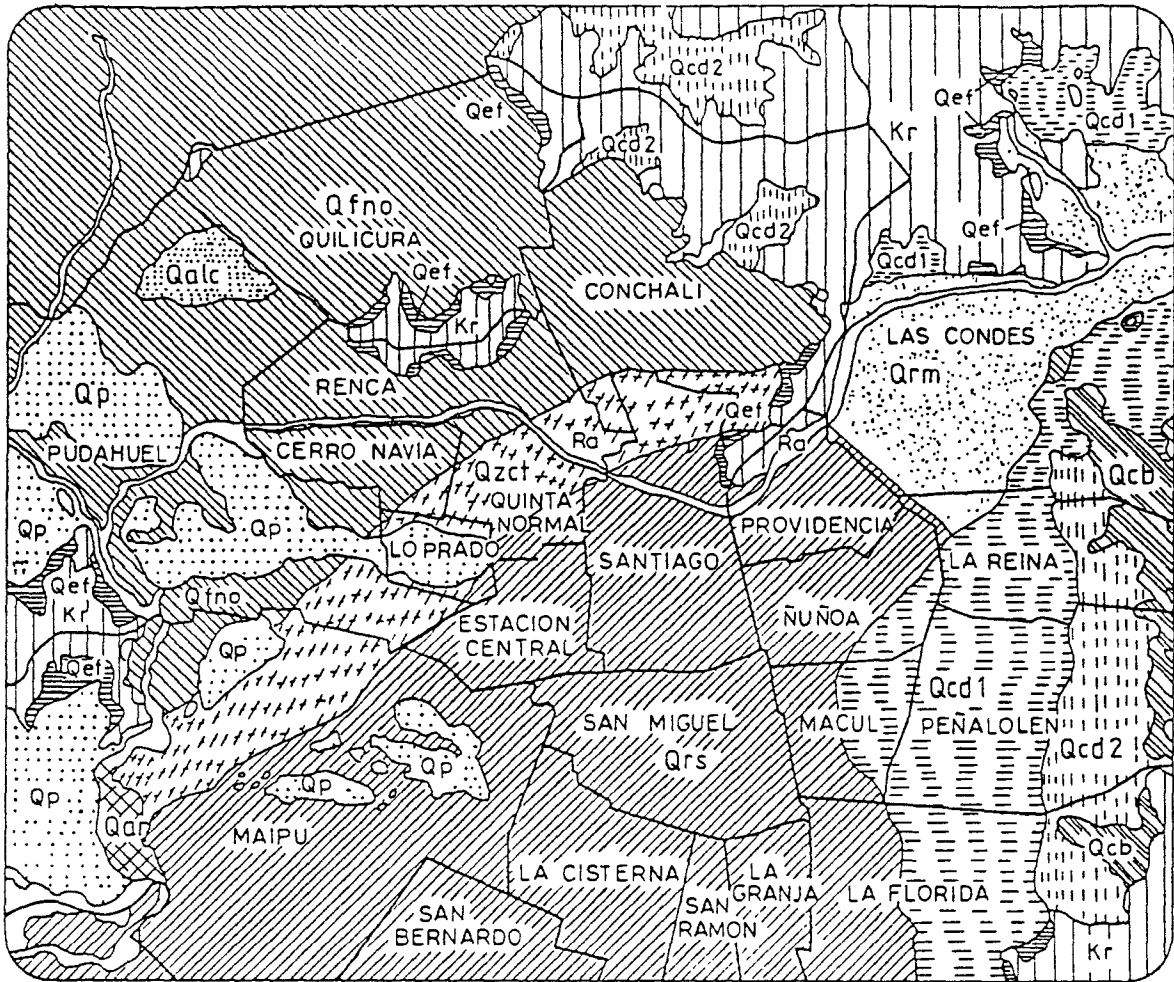


FIGURE 3. Geological units to the south of Maipo river.  
(J. Varela ).



SOIL UNITS













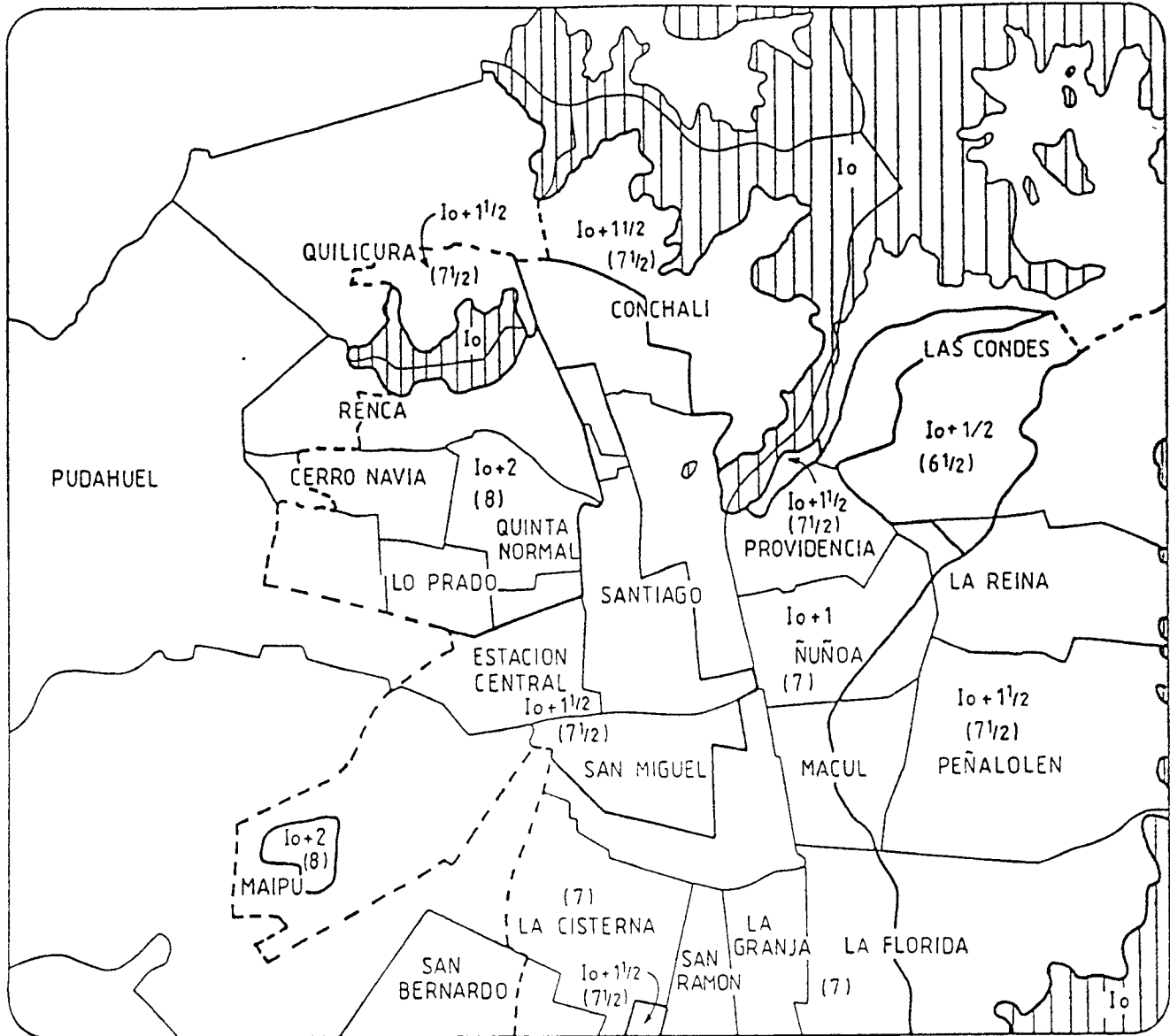
	ARTIFICIAL FILL		PUMICITIC ASHES
	RECENT ALLUVIAL DEPOSITS		MAPOCHO GRAVEL
	TALUS DEPOSITS		SANTIAGO GRAVEL
	MUDFLOW DEPOSITS		TRANSITION ZONE BETWEEN Qrs/Qfno
	SANDS OF LAMPA AND COLINA		FINE-GRAINED SOILS
	COLLUVIAL DEPOSITS		BASAL ROCK

FIGURE 4. GEOLOGICAL MAP OF SANTIAGO, G VALENZUELA 1978



▨ : BASAL ROCK

10 : INTENSITY DEGREE IN ROCK (60)

FIGURE 5. SEISMIC MICROZONES IN THE CITY OF SANTIAGO AND INTENSITIES FOR THE EARTHQUAKE OF MARCH 3, 1985

**Exposition by Mr. Patricio Bravo,  
Caja Reaseguradora (Reinsurance Company) of Chile**

**THE REINSURANCE OF THE RISK OF EARTHQUAKE**

**INTRODUCTION.**

During the present session we have analysed, according to experience and investigations, some aspects of evaluating the probabilities of earthquakes, their effects, prevention and mitigation.

It is well known that earthquakes whose radius of action include a relatively important urban center, have major economic and social effects. It is true also, at least in Latin America, that in the capital cities nearly 40% of the country's population lives, and consequently its economic activity represents an equal or major percentage of the GNP. A high percentage of these populations have experienced seismic effects.

It is evident that cities will continue to be affected by earthquakes. That is why we who live in Chile, not only as national insurance officials, but as citizens have to think of what we should do to face up to a phenomenon of this type.

There are many methods of mitigating seismic effects which have been developed and this issue will be dealt with by the participants at this seminar. However, after an earthquake has occurred, the capacity to rehabilitate at the economic level existing before the event depends on potential financial resources, national or foreign, which may be used for the affected zone. World insurance and reinsurance companies according to the nature of their indemnity policies, would channel the flow of compensation to the claimants.

Filomeno Mira in a previous report, touched on the question of seismic insurance. The points raised in this paper could be extended to cover reinsurance.

**EARTHQUAKES: CATASTHOPIC CHARACTER FOR INSURANCE PURPOSES**

Earthquakes, as other natural phenomena, have a catastrophic character for the insurance industry because a group of interests ensured within different insurance policies

covers the same event. This situation may endanger not only current risk to catastrophe reserves, but a part or the whole patrimony of insurance companies if these have not been correctly run.

That is why insurance companies in turn have to protect themselves against these risks, i.e. to reinsure.

Insurance for catastrophic losses differs from the habitual, conventional losses such as fire, theft, and car accidents. One case affects one or more concurrent risks. On the contrary, an earthquake may affect the whole regional portfolio.

From a statistical point of view, concerning the cost of insurance for habitual losses it is possible to establish a tariff or calculate the premium on the basis of annual or triannual disaster experiences. Statistics regarding insurance against seismic risks either do not exist or are not consistent.

Nevertheless methodology exists for establishing tariffs for seismic risks, which basically take into account two important circumstances: the possibility of earthquakes and possible damage or losses which they cause to insured interests.

A pure or risk rate is equivalent to the sum of probable average damage weighed against an annual probability of earthquakes. These average quantities for seismic zones can be assigned to every risk giving weight to such factors as design, building norms, materials, use, purpose or activity, contents, nature and others.

Seismic losses or damage can be classified as follows:

1. Direct losses.
  - a) loss of life or injury.
  - b) destruction or deterioration of goods in a disaster zone.
2. Indirect losses or consequential damage - result of indirect losses.

From the preceding I would like to stress that such losses which cause economic damage, as classified above, may be and consequently in some cases covered by world insurance.

The earthquake risk is covered by insurance not only by fire policies but also by all risk policies re construction, assembly, equipment and machinery of contractors, electronic equipment, finished civil buildings, transport, and shipping. These policies are mainly oriented to cover physical damage, but more and more tend to cover eventual damage or losses.

#### **SEISMIC RISK REINSURANCE**

As pointed out, the management of coverage, which includes seismic risk, represents a superexposure of the insurance company's stability. The responsibility aggregates of policies which cover physical damage or losses and consequential economic losses thus need permanent and strict control.

In those zones of interest, an insurance agent controls the responsibility accumulation. These zones are the regions which must be under a permanent and strict control. Where high concentration of values and responsibilities are involved it is desirable to adjust the zonal distribution network, wherever exact statistics of seismic experience exist.

The insurance activity tries to establish the maximum probable losses for a catastrophic event. While on the basis of a specific experience one may calculate an average loss in the market, its influence on the portfolios of every company has been different according to the structure and particular exposure. Equally, in order to manage probable future events one may claim a PML of the market, but this quantity will not be the best estimation for every portfolio of every company.

A premium associated with every total amount, exposed to seismic risk, covered by the insurance company, can help, jointly with the main basic risk, to establish an association of the total amount of premiums in every zone concerning the respective accumulation.

After establishing the maximum possible exposure rate manageable for every zone during the subscription period, and evaluating it according to the PML of every one, one may calculate the capacity of direct management and the need for reinsurance in order to maintain the company's stability.

The proportional reinsurance transfers a certain share of the original quantum of responsibilities and the same share of the associated premium. The reinsurance company, in accordance with its proportional share, will be involved in every indemnifiable loss. There are mechanisms of transfer, so called facultatives and automatic schemes or contracts which

establish that one part is giving up an another is accepting all the cases or policies, which comply with pre-established conditions.

The non-proportional reinsurance, on the contrary, is the portfolio insurance exclusively for events resulting from these catastrophic risks. This kind of reinsurance establishes the responsibility of the reinsurance company, binding it to compensate for part of a catastrophe, in this case earthquake, which exceeds an agreed amount, called priority or excess point. To determine whether the reinsurance company will participate, and only to the extent of the excess of the agreed priority, depends on the scale of the catastrophe.

Due to losses through catastrophe caused by earthquake, the portfolios which cover the risks, reinsure proportionally a part of the portfolio and the rest with the excess of loss, getting better combination of such aims as capacity, stability and protection.

Information on insurance in the case of earthquake and economic development lead more and more to concentrate values in exposed zones, which in turn means more demand for insurance and reinsurance

Due to this evolution, the control of correct and updated cumulus by the direct insurer is an important way in which to plan the control the management of assumed seismic responsibilities and the need for reinsurance. This information will be of the same importance for the reinsurer.

As reinsurance is used internationally, it is very important to work out information standards for managing seismic risks. To meet this need, and due to seismic experiences in Managua and Guatemala, the insurers and reinsurers created an international group named CRESTA (Catastrophe Risk Evaluating and Standardizing Target Accumulations). Its goal is to give impetus to identification, quantification and the correct and efficient control of the commitments covering catastrophic danger in insurance and reinsurance. Efforts have been concentrated principally on earthquakes:

- General aspects of a country with regard to earthquakes, experience and present danger potential.
- Market information about seismic coverage.
- Zone maps of seismic cumulus.
- Standard forms of registering cumulus.

## EARTHQUAKE INSURANCE AND REINSURANCE IN CHILE

Chile has much experience in the sphere of insurance and reinsurance.

First of all, the coverage of earthquakes is totally voluntary with the exception of some mortgage portfolios. The existent incentive is freeing premiums corresponding to this coverage from the aggregated value tax.

As to developments in this area, I would like to mention the investigations carried out by the Caja Reaseguradora (Reinsurance Company) on the earthquakes of March 1960. Study of the insured amounts and the damage caused, on the basis of our files on the seismic occurrences in Concepción y Valdivia (the last considered as one of the largest in the world), demonstrated that the damage amounted the equivalent of E- 48,200,000. For zones IV and V, which include affected areas, this signified only 4% damages against the total amount insured.

As an anecdotic detail, taking into account the exchange rate, in the case of Valdivia, which was then an important industrial city, there were no covering seismic risk policies for the earthquake of March 1985, the largest in the Central Zone, which affected San Antonio, Valparaíso y Santiago, and the strongest in magnitude over the last 80 years, the insured losses amounted up to US\$ 85,000,000, approximately 7% of the total losses estimated at US\$ 1,200,000,000.

The coverage was less than 2% of the total amount insured.

It is an equivalent of joint exposure of the Zone II and Zone III, near US\$ 5 blns. in March 1985.

Due to the efficient indemnity service of the insurers and given the damage resulting from the earthquake, there was a permanent increase in insurance against such risks. Now our estimates, only for Zone III, are between UF. 11 to 12 blns.

Areas for limits of cessation in the contracts:

CHILE	Zone 1	North
	Zone 2	Valparaíso/Aconcagua
	Zone 3	Santiago
	Zone 4	Centrales
	Zone 5	Australes
	Zone 6	Flotantes (Not indicated on the map)



<b>EARTHQUAKES</b>				
<b>Country</b>	<b>Date</b>	<b>Region</b>	<b>Deaths</b>	<b>Global Damage (millions US\$)</b>
Chile	1906, Aug 17	Valparaíso	3,800	260
	1928	Talca	220	-
	1939, Jan 24	Chillan	28,000	38
	1960, May 21/22	Concepción Valdivia	3,000	880
	1965, March 28	Santiago	400	80
	1971 July, 9	Salamanca, Coquimbo Valparaíso	85	137
	1983, March 3	Valparaíso	200	1,200

<b>EVOLUTION OF SEISMIC INSURANCE CHILE</b>				
<b>(US\$)</b>				
<b>Year</b>	<b>Patrimony of Companies</b>	<b>Number of Policies</b>	<b>Seismic Premium</b>	<b>Cumulus Zones III</b>
1984	107,197,650	13.620	8,058,372	
1985	108,544,710	20.521	14,330,320	5,117,000,000
1990	128,877,083	47.903	28,586,324	12,000,000,000

# SEMINARIO INTERNACIONAL DESASTRES SISMICOS URBANOS, CODIGO DE CONSTRUCCION SISMORRESISTENTE Y SEGUROS

Santiago de Chile, 23 al 25 Octubre 1991

## ASPECTOS TECNICOS DEL SEGURO DE TERREMOTOS

Filomeno Mira

Presidente

MAPFRE SEGUROS GENERALES, S.A.

Santiago de Chile, 24 Octubre 19

### EL SEGURO DE TERREMOTOS. INTRODUCCION

En mercados sin restricciones legales ni organismos compensatorios, la cobertura de los riesgos de la naturaleza presenta características muy peculiares, fundamentalmente por el carácter catastrófico de los posibles eventos que somete a las compañías de seguros y a sus reaseguradores, en el largo plazo, a la posibilidad de ruina o insolvencia. La ventaja de determinados sistemas corporativos o institucionales, como el Consorcio de Compensación de Seguros en España, el sistema de cobertura de Terremotos en Japón y el sistema francés, radica en la subsidiariedad del propio Estado, en algunos casos, y en la posibilidad de limitar la pérdida total acumulada, en caso de catástrofe, mediante una legislación especial (declaración de calamidad en España o límite impuesto anualmente en el caso del Parlamento Japonés).

Hay que reconocer, sin embargo, que muchos mercados actúan sin estas limitaciones y que por ellos el tratamiento asegurador debe estar basado en principios técnicos que podrían fundamentalmente enumerarse en el siguiente decálogo, íntegramente aplicable a la cobertura del riesgo sísmico:

1. Definición precisa de coberturas (y ramos de aplicación). Mediante endosos o cláusulas especiales que especifiquen los límites y la definición de cada riesgo en particular y los límites del mismo: terremoto, inundación, erupción volcánica, ciclones, vientos huracanados, etc. La definición "riesgos extraordinarios o catastróficos" a secas conlleva innumerables imprecisiones que obligan a otras consideraciones (como en las coberturas "all risk") de consecuencias impredecibles.

2. Análisis puntual de cada propiedad a efectos de su suscripción. Es decir, características técnicas y vulnerabilidad a cada uno de los eventos en función de los aspectos objetivos, locales, geológicos, climáticos, tipo de construcción y normativa utilizada, etc. Este análisis debe conducir normalmente al rechazo de determinadas propiedades por su clara vulnerabilidad a determinados riesgos.
3. Aplicación de tarifas discriminadas en función de los riesgos (peligrosos) cubiertos y de la exposición de cada propiedad en particular, con independencia de la dificultad intrínseca en la obtención de tarifas para este tipo de riesgos, dada la deficiencia del análisis histórico, la ausencia de estadísticas completas y fiables y la incierta, pero previsible, evolución futura de determinados fenómenos sobre todo de tipo climático. Tampoco debe relativizarse la problemática intrínseca de estos fenómenos cuyo período de recurrencia (para grandes cataclismos) supera los análisis económicos o históricos habituales. Pero aún así en determinados mercados se establecen tarifas aproximadas, discriminadas en función de los mapas de riesgo y de las características intrínsecas de cada uno de los objetos analizados.
4. Cálculo del PML (Probable Maximum Loss) por póliza, o por grupo de riesgos o por cartera de pólizas, es decir, la vulnerabilidad específica de cada propiedad asegurada (individualmente o en conjunto) frente al fenómeno, lo que habrá de ser fundamental a la hora de determinar las acumulaciones que se especifican en el punto siguiente.
5. Cálculo de acumulaciones por zonas geográficas en función de los PML anteriores y de los mapas de riesgos preestablecidos. Para ello, es imprescindible la realización de una adecuada zonificación y la incorporación de técnicas informáticas que permitan obtener cómodamente la acumulación de valores conforme vayan suscribiéndose los riesgos.
6. Establecimiento de la suma económica (retención), por evento catastrófico y por anualidad, que estaría dispuesta a soportar la compañía en función de su solvencia financiera. Este es, sin duda, el punto crucial de la problemática de los riesgos catastróficos en este tratamiento individualizado por compañía y es determinante para el resto de condiciones.
7. Cesión al reasegurador por riesgos, normalmente, vía contrato Proporcional o en Exceso de Pérdidas, que obliga a una información adicional para que el reasegurador pueda establecer sus cálculos de cúmulos al igual que lo hace sobre sus retenciones el propio asegurador. Si no existe tal información, difícilmente se encontrará un reasegurador solvente que se comprometa en un tal tipo de contrato. También, el reasegurador requerirá participar en otros contratos (seguro de incendios o de otro tipo) para poder equilibrar sus riesgos con una aportación razonable de primas.

Es previsible, incluso, la fijación de límites de suscripción al sobrepasar determinados niveles de acumulación.

8. Cobertura de reaseguro por cúmulo, es decir, para proteger las retenciones del asegurador directo en función de sus deseos y por tramos hasta los límites que considere razonable en caso de un evento. Aquí conviene precisar que un excesivo optimismo en el cálculo de acumulaciones puede conducir a una gran desprotección en caso de un gran catástrofe, mientras que un cálculo excesivamente pesimista puede conducir a una excesiva obligación de compra de protecciones por tramos a un coste absolutamente imposible de soportar para una cartera reducida.

Este aspecto obligará al asegurador directo a reconsiderar su política de retenciones en determinados ramos o modalidades, por ejemplo, en los ramos de riesgos sencillos multirriesgos.

9. Protección de reaseguro por evento, ante la posible repetición de un acontecimiento a lo largo de una anualidad, lo que obliga a prever y estimar reinstalaciones de cobertura de reaseguro y límites por anualidad en un mismo contrato, encareciendo, cualquier caso, la protección. No prever este hecho puede dar lugar a graves perjuicios económicos. Basta con recordar los vientos huracanados que se repitieron a lo largo de varias semanas en Europa durante el año 1990, constituyendo ocho eventos distintos para los que podrían haberse agotado las coberturas de reaseguro en compañías que hubieran previsto tal contingencia.

10. Consideraciones fiscales y financieras de las reservas constituidas para estas coberturas. Básicamente, los resultados favorables obtenidos no deberían llevarse a beneficio en un ejercicio puesto que la consideración estadística de los eventos puede llevar a necesidades de acumulación durante muy largos períodos de tiempo. Esta consideración financiero-fiscal afecta de forma importante al reasegurador que debe acumular tales reservas y que, lógicamente, no debería retirarlas al cancelar la cobertura, ya que esto podría conducir a serias objeciones por parte del nuevo reasegurador que no desea encontrarse con grandes pérdidas al comienzo de la cobertura.

Es deseable, por tanto, una estructura estable de reaseguro que garantice la continuidad y una consideración "objetiva" de las reservas.

Estas consideraciones ponen de manifiesto la complejidad y peligros que conlleva, para el asegurador y sus reaseguradores, la cobertura de riesgos de la naturaleza en general y de los riesgos sísmicos, en particular.

## EL SEGURO DE TERREMOTOS EN EUROPA Y OTROS PAISES DE RIESGO SIGNIFICATIVO

Merecen comentarios especiales en Europa, los casos de Francia, Italia y España. El resto de países occidentales posee una sismicidad reducida y el seguro de terremotos tiene escasa relevancia económica.

### FRANCIA

La cobertura de los fenómenos de la naturaleza en Francia corre a cargo de las Entidades de Seguro Privado. A raíz de la Ley de 13 de Julio de 1982 las pólizas deben de incluir obligatoriamente una cláusula en este sentido. La Administración Pública juega un papel importante, pero no como Asegurador directo, sino como Reasegurador. Una empresa estatal, la Caja Central de Reaseguro (CCR), acepta cesiones de este tipo de riesgos.

Antes de la fecha indicada ya existía desde 1981 algún tipo de cobertura privada en este sentido exclusivamente para la cobertura de terremoto y maremoto, limitada a riesgos industriales. El siniestro se cubre siempre y cuando varias edificaciones sean destruidas o dañadas con ocasión de un movimiento sísmico; se considera como un solo siniestro todos los daños producidos en un plazo de 72 horas y se excluyen las pérdidas indirectas.

La situación ha cambiado completamente después de aprobarse la Ley antes citada que ofrece el derecho a indemnización por los daños producidos a causa de catástrofes naturales. Este derecho se instrumenta mediante una generalización de las coberturas y un apoyo financiero vía reaseguro a través de la CCR.

Según este texto legal, los contratos de seguros de daños a los bienes tienen que incluir la cobertura de fenómenos de la naturaleza de intensidad anormal, así declarados, en cada caso, por las Autoridades oficiales. El Asegurador tiene la obligación de incluir la cláusula en las pólizas y el Asegurado tiene la obligación de controlarla. No se trata en cualquier caso de un seguro obligatorio, ya que es necesaria la existencia de un contrato-base, que, evidentemente, no es obligatorio. Las pérdidas de beneficios por agentes naturales también están incluidas, si se ha contratado un seguro al respecto.

Las modalidades de cesión de reaseguro, en las que el Asegurador puede escoger entre diferentes opciones, son bastantes complejas y diferentes según los Ramos. Además, se han modificado a lo largo de los años transcurridos, especialmente después de las pérdidas financieras que la CCR tuvo que soportar durante los primeros ejercicios, debidas tanto a una especial incidencia de los agentes naturales como a una insuficiente tarificación de las cesiones en reaseguro.

Las primas adicionales que se aplican, obtenidas comparando el coste de la siniestralidad de esta garantía con las primas totales, son las mismas para todo el país, sin que existan diferencias para los riesgos situados en zonas con mayor o menor peligrosidad potencial. Las tasas de prima vigentes en la actualidad para los distintos ramos son las siguientes:

<u>Automóviles:</u>	6% de las primas correspondientes a las garantías de Incendio y Robo, o bien 0,5% de la prima de las garantías de daños materiales.
<u>Incendio. Daños a los Bienes:</u>	9% de la prima.
<u>Pérdida de Beneficios:</u>	9% de la prima.

Las franquicias a aplicar varían según la clase de bienes asegurados:

Viviendas y su contenido, otros bienes de uso no profesional y vehículos terrestres a motor:  
1.500 Francos franceses.

Bienes de uso profesional: 10% del importe de los daños materiales directos, con un mínimo de 4.500 francos franceses.

Pérdida de Beneficios: El equivalente a 3 días de cese de actividad, con un mínimo de 4.500 francos franceses.

En cuanto a la cobertura privada de Terremoto en Riesgos Industriales (1981), la tarifa viene determinada por tres factores:

#### Zona geográfica

- A (sismicidad muy débil).  
Ile de France. Norte. Centro.
- B (sismicidad débil).  
Oeste. Este. Burdeos.
- C (sismicidad media).  
Alto Rin. Sudeste. Pirineos Atlánticos. Altos Pirineos. Alta Garona.

#### Tipo de construcción

1. Edificios construídos con arreglo a la normativa anti-sísmica.
2. Edificios con estructura metálica o de hormigón armado en su totalidad, pero que no se ajustan a la normativa anti-sísmica.
3. Edificios con estructura metálica o de hormigón armado, pero sólo en parte, y que no se ajustan a la normativa anti-sísmica.
4. Edificios con otras características estructurales, o bien edificios de los apartados 2 y 3 que presentan deficiencias en la estructura.

### Naturaleza del terreno

Están previstos recargos sobre la tasa de prima de hasta el 100%, para terrenos de escasa consistencia.

### TASAS DE PRIMA 0/00

		TIPO DE CONSTRUCCION							
		1		2		3		4	
		EDIF	CONT	EDIF	CONT	EDIF	CONT	EDIF	CONT
ZONA	C	0,25	0,15	0,40	0,20	0,65	0,35	0,90	0,45
	B	0,20	0,10	0,30	0,15	0,45	0,25	0,60	0,30
	A	0,15	0,10	0,20	0,10	0,25	0,15	0,30	0,15

Los edificios de gran altura se atienen a otro cuadro de tasas, similar al anterior pero con valores más altos.

### ITALIA

En el mercado italiano existen claras diferencias en el tratamiento que, en lo que a cobertura se refiere, se da a los distintos riesgos de la naturaleza. Las diferencias afectan, en primer lugar, a la propia existencia o no de cobertura, y, por otra parte, algunos de estos riesgos pueden asegurarse y otros no. Las coberturas, en los casos en que existen, corren siempre a cargo del Seguro Privado.

La póliza más conocida es la de los Fenómenos Especiales (Eventi Speciali). Se trata de una póliza separada, pero que sólo puede contratarse si se suscribe también la póliza principal. Los grandes grupos de peligros incluidos, en el caso de riesgos industriales, son los siguientes:

- \* Fenómenos atmosféricos (huracán, tormenta, inundación, etc).
- \* Hechos de carácter político-social.
- \* Daños por agua conducida a través de tuberías.
- \* Daños en instalaciones frigoríficas por falta de fluido o funcionamiento anormal.

Existe una cobertura especial para el riesgo de terremoto, mediante una cláusula adicional. El fenómeno se define como "movimiento brusco y repentino de la corteza terrestre debido a una causa endógena", considerándose como un único siniestro a efectos de la póliza todas las sacudidas que se produzcan en un plazo de 72 horas.

La tarifa para la garantía de terremoto elaborada por la Asociación Italiana de Entidades de Seguros en el año 1982 tiene en cuenta, para la determinación de la tasa de prima, tres grandes aspectos:

(a) Características sísmicas y geológicas del lugar

A efectos de tarificación, Italia se ha dividido en seis grandes zonas de igual peligrosidad, numeradas del 0 al 5 y obtenidas en base a los antecedentes sísmológicos del país. Para determinar estas zonas se ha tenido en cuenta la intensidad de los terremotos y su período de retorno o recurrencia.

La influencia que en este sentido, y dentro de cada una de estas seis zonas, tienen las características del lugar concreto en el que se encuentra enclavado el riesgo, se tienen en cuenta mediante un factor corrector que aumenta o disminuye la peligrosidad. Por ejemplo, un riesgo situado en la zona 5, la más peligrosa, pero edificado en un terreno rocoso y, por tanto, muy consistente, se trataría a efectos de tarificación como si estuviera en la zona 4.

(b) Características constructivas de la propiedad a asegurar

Otro factor primordial es, lógicamente, la resistencia del propio edificio, en base al tipo de estructura. Los edificios se clasifican en cinco categorías (A, B, C, D y E), según su mayor o menor resistencia a un posible seísmo.

En base a los factores indicados, se determina el porcentaje que representarían, sobre el valor del edificio, los daños producidos por seísmos de distintas intensidades, elemento ya muy significativo a la hora de establecer la tasa a aplicar.

(c) Franquicia y límite de indemnización

Los únicos elementos que quedan por considerar para establecer la tasa son la franquicia a aplicar y el límite de indemnización sobre el capital asegurado.

Las zonas de igual peligrosidad vienen determinadas por la intensidad del seísmo (escala Mercalli) y su período de retorno.

ZONAS DE IGUAL GRADO DE PELIGROSIDAD	INTENSIDAD DEL SEISMO				
	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)				
	1.000	500	200	100	50
0	<V	<V	<V	<V	<V
1	VII	VI	V	<V	<V
2	VIII	VII	VI	V	<V
3	IX	VIII	VII	VI	V
4	X	IX	VIII	VII	VI
5	≥XI	X	IX	VIII	VII



Asimismo, en función de las características geológicas específicas del lugar en el que se encuentra situado la propiedad, la cifra que indica el grado de peligrosidad se aumenta o disminuye de acuerdo con el cuadro siguiente:

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL TERRENO	VARIACION DEL GRADO DE IGUAL PELIGROSIDAD DE LA ZONA
- roca, (volcánica, metamórfica, gneis, etc.) - terrenos compactos con profundidad de la capa freática > 15m.	-1
- arcillas y arenas densas con profundidad de la capa freática > 8m. - terrenos de fractura con profundidad de la capa freática > 6 - 10m	0
- terrenos de aluvión con profundidad de la capa freática < 4m	+1
- terrenos de relleno	+1 +2

Por otra parte, según las características de la estructura, los edificios se dividen en cinco categorías o tipos:

TIPO A: Estructura antisísmica.

TIPO B: Estructura de hormigón armado o metálica no antisísmica.

TIPO C: Estructura de obra de albañilería.

TIPO D: Estructura prefabricada isostática.

TIPO E: Estructura de resistencia incierta y heterogénea.

Los daños probables según la edificación y la intensidad del seísmo vienen dados por la siguiente tabla.

EDIFICACION		DAÑOS PROBABLES %						
		INTENSIDAD DEL SEISMO (Mercalli)						
ESTRUCTURA	TIPO	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Antisísmica	A	0	0	10	20	60	80	100
Hormigón armado o metálica no antisísmica	B	0	5	20	50	80	100	100
Obra de albañilería	C	0	20	50	80	100	100	100
Prefabricada isostática	D	5	30	70	100	100	100	100
Resistencia incierta y heterogénea	E	30	50	80	100	100	100	100

## TERREMOTO - TASAS DE PRIMA

Zona y tipo de edificación	LÍMITE DE ENDEMNIZACIÓN (%CAPITAL)									
	10		20		30		40		50	
	fr 1%	fr 2%	fr 1%	fr 2%	fr 1%	fr 2%	fr 1%	fr 2%	fr. 1%	fr. 2%
TASA ‰										
zona o edificación de cualquier tipo	Tasa mínima 0,20‰									
zona 1 A B	Tasa mínima 0,20‰									
C	0,25	0,20	0,40	0,35	0,50	0,45	0,55	0,50	0,60	0,55
D	0,35	0,30	0,55	0,50	0,75	0,70	0,80	0,75	0,90	0,85
E	0,55	0,50	1,10	1,00	1,50	1,45	1,75	1,65	1,95	1,90
zona 2 A	0,20	0,20	0,25	0,20	0,25	0,20	0,25	0,20	0,25	0,20
B	0,35	0,30	0,55	0,50	0,60	0,55	0,65	0,60	0,75	0,70
C	0,55	0,50	1,00	0,95	1,20	1,15	1,40	1,35	1,65	1,60
D	0,85	0,75	1,35	1,25	1,80	1,70	2,00	1,90	2,25	2,15
E	1,30	1,25	2,55	2,50	3,70	3,60	4,25	4,10		
zona 3 A	0,50	0,45	0,70	0,60	0,75	0,65	0,80	0,70	0,90	0,80
B	0,80	0,75	1,30	1,20	1,50	1,40	1,70	1,60	2,00	1,80
C	1,30	1,25	2,50	2,40	3,00	2,85	3,45	3,30	4,10	3,90
D	1,90	1,75	3,15	3,00	4,30	4,15	4,80	4,65		
E	2,80	2,70								
zona 4 A	1,20	1,10	1,70	1,55	1,85	1,70	2,10	1,95	2,30	2,10
B	1,90	1,70	3,10	2,85	3,55	3,25	4,00	3,75	4,50	4,30
C	2,80	2,70	5,45	5,30						
D	4,00	3,70								
E										
zona 5 A	2,65	2,50	3,80	3,60	4,30	4,00	4,80	4,50	5,30	5,00
B	4,00	3,60	6,60	6,40						
C	6,00	5,80								
D										
E										

fr 1% = franquicia 1% min 10 000 000-max 100 000 000

Cifras en Liras

fr 2% = franquicia 2% min 20 000 000-max 200 000 000

Fuente: ANIA

## MEXICO

La cobertura de los daños producidos por fenómenos de la naturaleza corre a cargo de Aseguradores privados y se otorga, en su caso, utilizando cláusulas adicionales de suscripción voluntaria, que se incorporan a la póliza mediante el pago de la correspondiente prima.

Se utilizan, para los diferentes riesgos a cubrir, tres cláusulas distintas: Daños por Terremoto o Erupción Volcánica, Daños por Granizo, Ciclón, Huracán o Tempestad y Daños por Inundación.

La cláusula para terremoto o erupción volcánica conlleva, además de una franquicia equivalente al 2% del capital asegurado para esta garantía, una participación del Asegurado cifrada en el 25% de los daños correspondientes a cada siniestro, quedando, lógicamente, a cargo de la Entidad Aseguradora el 75% restante. De la misma manera, el cálculo de la prima se realiza solamente sobre el 75% del valor declarado para la cobertura de incendio. Esta cláusula excluye siempre los daños por inundación o marejada aún a consecuencia de un terremoto o erupción volcánica.

Los daños amparados por la cobertura de terremoto se tendrán como un solo siniestro y los daños que causen deberán ser comprendidos en una sola reclamación cuando ocurran en el período de 72 horas desde el primer daño acaecido.

En cada reclamación por daños materiales a los edificios, construcciones o contenidos amparados por este Endoso, se aplicará un deducible del 2% sobre la suma asegurada de este Endoso, la cual equivale al 75% del valor declarado para el seguro de incendio. Este deducible se aplicará después de haber restado la participación del Asegurado.

El país se encuentra dividido en diez zonas sísmicas, de la A a la J. Las cuatro primeras (A, B, C, D) abarcan la mayor parte del territorio nacional, las cuatro siguientes (E, F, G, H) corresponden al Distrito Federal y las dos últimas (I, J) son las correspondientes a la zona de Acapulco, de elevada sismicidad.

Asimismo, existen cinco tipos de construcción de acuerdo con la siguiente clasificación de estructuras:

1. Edificios construídos con muros de hormigón, de mampostería o combinados con estructuras de hormigón armado con entrepisos, losas y pórticos de hormigón armado.
2. Estructura de hormigón armado o de acero, con entrepisos y techos también de hormigón y que tenga muros de relleno de mampostería en las fachadas o como muros divisorios, siempre que estos muros tengan por lo menos 14 cms. de espesor y sean de ladrillo o de barro.

3. Con las mismas características que el tipo 2, pero que no tengan muros en las fachadas o en el interior o bien que estos muros sean divisiones ligeras.
4. Estructuras para naves industriales, bodegas, cines o similares, construídas a base de techos ligeros de láminas de asbesto-cemento, láminas metálicas, hojas de siporex o materiales semejantes sobre armaduras metálicas, de madera o de hormigón reforzado, que se apoyen en columnas y/o en muros de carga.
5. Estructuras especiales construídas con vigas precoladas, paraguas invertidos o bien estructuras que descansen en una sola columna o hilera de columnas.
  - \* Tanques elevados de acero u hormigón.
  - \* Silos de hormigón o de acero que consten de una sola unidad.
  - \* Torres para antenas de radio y televisión auto-portantes.
  - \* Torres con retenidas de cable.
  - \* Silos de hormigón en batería de 4 ó más.

**TASAS DE PRIMA PARA EDIFICIOS (o/oo)**

ZONA SISMICA	EDIFICIOS DE MAS DE 6 NIVELES									
TIPO CONSTRUCC.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	0.29	2.35	4.47	5.12	2.35	7.45	12.50	11.39	5.12	12.50
2	0.32	2.45	3.52	4.02	2.45	4.04	11.49	8.93	4.02	10.02
3	0.43	3.43	5.36	6.12	3.43	6.73	12.50	12.50	6.12	12.50
5	0.29	2.35	4.47	5.12	2.35	7.45	12.50	11.39	5.12	12.50

						EDIFICIO DE UNO A 6 NIVELES								
1	2	3	4	5										
					0.20	0.97	1.85	2.10	0.97	3.06	6.02	4.68	2.10	8.07

tasas de prima para contenido (o/oo)

ZONA A	0,2
ZONA B	0,6
ZONA C	1,2
ZONA D	1,6
ZONA E (D.F)	0,9
ZONA F (D.F)	2,0
ZONA G (D.F)	3,0
ZONA H (D.F)	2,4
ZONA I (Acapulco)	1,6
ZONA J (Acapulco)	4,9

Recargo por fragilidad .....: 100%

JAPON

La cobertura de los daños producidos por los distintos fenómenos naturales se otorga en Japón mediante cláusulas adicionales de extensión de garantías, de suscripción voluntaria, que se incorporan a la póliza y que conllevan su correspondiente prima. Tal es el caso de los daños por terremoto para riesgos industriales, daños por erupción volcánica, daños producidos por inundación y daños ocasionados por tempestades. La única excepción la constituyen los daños producidos por terremoto para riesgos sencillos, cuyo seguro se instrumenta mediante una póliza separada, aunque es necesario tener contratada la póliza principal.

Todas estas coberturas se otorgan por entidades privadas. La intervención de la Administración Pública es vía reaseguro y solamente en el caso de terremoto para riesgos sencillos, tal y como se indica en el apartado correspondiente.

En la cobertura de Terremoto hay que distinguir dos casos:

- (a) Seguro de terremoto para riesgos industriales. Se suscribe mediante una cláusula de extensión de garantías y conlleva una franquicia del 2% de la suma asegurada, con un mínimo de 10.000 y un máximo de 100.000 yens por siniestro. La cobertura se extiende a:

- \* Daños causados por el propio seísmo.
- \* Daños originados por incendio cuya causa sea un terremoto.

Se excluyen de esta cobertura los daños producidos por inundación o embates del mar en las costas, aunque su causa sea un terremoto, así como los daños producidos por explosión en las mismas condiciones. Para cubrir estos daños existen, no obstante, las correspondientes cláusulas adicionales, mediante el pago de una prima separada.

La garantía de terremoto para riesgos industriales está sujeta, en las zonas potencialmente más peligrosas, a un límite de indemnización, expresado en porcentaje sobre la suma asegurada para la garantía de incendios. Este límite, que en ocasiones puede ser hasta de un 15% como mínimo, pretende evitar excesivos cúmulos y dificultades con el reaseguro.

- (b) Seguro de terremoto para riesgos sencillos. El importante terremoto que se produjo el año 1964 en el noroeste de Japón, hizo tomar conciencia de la necesidad de establecer un sistema que permitiera el seguro de terremoto para los riesgos de masa. Se promulgó en este sentido la Ley de 18 de Mayo de 1966 que establecía apoyo estatal, vía reaseguro, para los edificios residenciales y los enseres domésticos, así como para los comercios.

El seguro se instrumenta mediante un suplemento a las pólizas de incendio o multirriesgo, que, formalmente, constituye un seguro independiente. En un principio, este seguro se podía suscribir aisladamente, pero en la actualidad sólo se puede contratar si existe una póliza principal.

La cobertura se extiende no solamente a los daños amparados en el caso de riesgos industriales, sino también a los producidos por un incendio o inundación cuya causa sea un terremoto, así como a maremoto y erupción volcánica.

La suma asegurada para esta garantía tiene que estar comprendida dentro de un límite del 30 al 50% del capital asegurado por la póliza principal, con un máximo de diez millones de yens para el continente y cinco millones de yens para el contenido. La póliza establece las circunstancias bajo las cuales el siniestro tiene la consideración de total o parcial. En el primero de los casos se indemnizará por una suma equivalente al 30-50% de la cantidad correspondiente a la garantía principal, mientras que en un siniestro parcial se pagará la mitad de la cantidad garantizada por la póliza, siempre con los límites indicados de diez y cinco millones de yens.

Además de los límites de aseguramiento a nivel de cada riesgo a los que se ha hecho referencia, existe un límite global, un máximo de indemnización para el conjunto de entidades aseguradoras por cada siniestro, cuya cuantía se actualiza periódicamente. Cuando, en el año 1966, se estableció esta cobertura, el límite quedó fijado en 300.000 millones de yens. En el año 1982, fecha de la última actualización, el límite se estableció en 1,5 billones de yens, cifra que se mantiene en la actualidad. En el caso de que el importe total de indemnizaciones por siniestro excediera de este límite, las cantidades a pagar a los asegurados se reducirían proporcionalmente.

La única, aunque muy importante, función que asume el Estado en el seguro de los riesgos catastróficos corresponde a la cobertura de terremoto en la modalidad de riesgos sencillos.

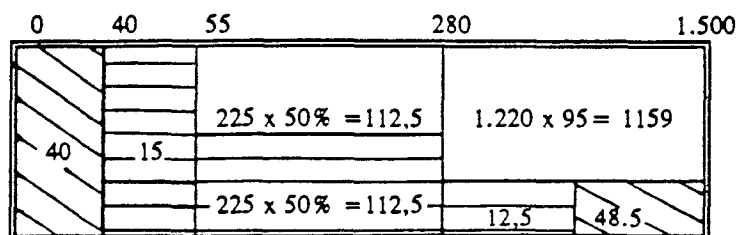
La Administración forma parte del esquema de la aceptación de reaseguro, esquema en el que también intervienen la Japan Earthquake Reinsurance Co (JER - Reaseguradora creada por todas las entidades japonesas-No Vida de Seguro Directo), la Toa Fire & Marine Reinsurance Co. (Reaseguradora privada) y los propios aseguradores de directo.

Todos los riesgos sencillos asegurados contra terremoto son, en su totalidad, cedidos en reaseguro a JER, que a su vez está protegida mediante dos coberturas diferentes en exceso de pérdidas, una suscrita con los Aseguradores de directo y TOA RE y otra suscrita con la Administración. El esquema de cesiones en reaseguro para el año 1989, fue el siguiente:

1. JER se hace cargo de las primeras pérdidas hasta un máximo de 40.000 millones de yens por año.
2. Los Aseguradores de directo y Toa Re se hacen cargo de un exceso de 15.000 millones de yens por año sobre la cifra anterior.
3. De los 225.000 millones de yens en exceso sobre los 55.000 anteriores, el 50% (112.500) son a cargo del Estado para cada siniestro y el restante 50% (112.500) son a cargo de Toa Re y Aseguradores de directo por cada año.
4. De los 1.220.000 millones de yens en exceso sobre los 280.000 anteriores, el 95% (1.159.000) son a cargo del Estado. Del restante 5% (61.000), 12.500 millones corresponden a Toa Re y Aseguradores de directo por año y los 48.500 millones restantes corren a cargo de JER por cada siniestro.

Este complejo esquema de cesión se aprecia mejor en el siguiente gráfico:

### ESQUEMA DE CESION EN REASEGURO



JER (Total 88.500 millones)



Toa Re y Aseguradores de directo (Total 140.000 millones)



Gobierno (Total 1.271.500 millones)



En relación con el esquema anterior, la distribución de las primas de la garantía de terremoto se lleva a cabo mensualmente por JER en función de las diferentes zonas sísmicas y de la estructura de los edificios.

La distribución global de las primas de terremoto en 1989 fue la siguiente:

Toa Re y Aseguradores de directo	20,7%
JER.....	38,2%
Gobierno .....	41,1%

Los Aseguradores tienen la obligación de establecer una reserva acumulativa anual con la totalidad de las primas netas de gastos, reservas que se van incrementando con los correspondientes ingresos financieros. Sólo se puede disponer de esta reserva para hacer frente a los pagos por siniestros de terremoto.

La tasa básica para terremotos (riesgos industriales) está en función de dos factores, uno de ellos es la situación del riesgo (se distinguen siete zonas según el grado de exposición) y, el otro, la clase de estructura (cinco tipos). Sobre esta tasa básica se aplican recargos y descuentos según la susceptibilidad del riesgo (a incendio, por ejemplo) y la amplitud de la cobertura.

La tabla de las tasas que se aplican para terremotos (riesgos sencillos) se recoge a continuación.

Se establecen en este caso cinco clases de situación del riesgo y dos tipos de estructura.

La tasa de prima, para viviendas y comercios, se determina en función de cinco clases de situación geográfica del riesgo y dos clases de estructura, según el cuadro siguiente:

Clase de situación	Estructura	1		2	
		Edificio %	Contenido %	Edificio %	Contenido %
1		0,70	0,50	2,30	1,70
2		0,80	0,60	2,90	2,00
3		1,40	1,00	3,70	2,60
4		1,60	1,10	4,20	3,00
5		1,80	1,30	4,80	3,40

## EL SEGURO DE TERREMOTOS EN ESPAÑA

En 1941, fue constituido el Consorcio de Compensación de Seguros como Organismo Estatal para la cobertura obligatoria y exclusiva de los riesgos de la naturaleza entre los que se incluía el terremoto. Este evento quedaba garantizado en casos de intensidad mayor o igual a 7 en la escala de Wood-Neuman. Hasta la fecha no ha habido siniestros por este fenómeno. España se encuentra, como es conocido, en zona de sismicidad moderada, con excepción de la Bética.

La legislación de la Comunidad Europea ha obligado a modificar la legislación del Consorcio a cuyos efectos desde Enero de 1991 la cobertura de los riesgos de la naturaleza han dejado de ser exclusivos del Consorcio de Compensación de Seguros, aun cuando éste mantiene su carácter obligatorio.

En particular, el nuevo Reglamento de cobertura de Riesgos Extraordinarios, pendiente de aprobación por el Consejo de Ministros, modifica la anterior cobertura de terremoto definiéndolo como "Daños producidos por las vibraciones del terreno como consecuencia de la liberación brusca de energía en forma de ondas sísmicas a partir de un foco terrestre". Asimismo introduce como novedad la cobertura de Maremoto, como "Daños derivados del golpe, arrastre o anegación que produzcan olas marinas originadas por terremotos de epicentro submarino, deslizamientos submarinos o explosiones volcánicas submarinas".

Es de notar en cuanto a porcentajes de cobertura de la suma asegurada, que éstos siguen a la suma asegurada por el riesgo principal.

Además incorpora la cláusula horaria de 72 horas para incluir todos los daños producidos por un mismo evento que tengan como duración esta cifra, a partir de la manifestación del primer daño.

La tasa para toda la cobertura de los riesgos de la naturaleza -y de carácter político social-ofrecidos por el Consorcio de Compensación de Seguros es del 0,092 o/oo para viviendas y oficinas, del 0,18 o/oo para comercios y resto de riesgos sencillos y del 0,25 o/oo para riesgos industriales, sin asignación específica para el riesgo de terremoto. A la fecha, el Consorcio no dispone de Reaseguro técnico, viniendo amparado por el volumen de primas -por su carácter obligatorio y por la propia solvencia del Estado. No obstante, la Legislación del Consorcio permite la declaración de Calamidad Nacional que liberaría en parte de indemnización para casos de catástrofes insoportables económicamente hablando, circunstancia que nunca ha ocurrido a la fecha.

La cobertura no tiene exclusiones específicas, aunque el Consorcio de Compensación de Seguros podrá recabar información del fenómeno al Instituto Geográfico Nacional, mediante certificación. Sin embargo, no obstante lo anterior, el Asegurado podrá demostrar la ocurrencia del siniestro a través de cualquier medio de prueba admitido en derecho.

El Consorcio aplica a este fenómeno la franquicia general a todas las coberturas, es decir: 10 por ciento de la cuantía del siniestro, no pudiendo exceder del 1 por ciento de la suma asegurada para los bienes afectados. Para sumas aseguradas superiores a 1.000 millones de pesetas los límites de franquicia se rigen de acuerdo a la siguiente escala:

<u>Tramos</u>	<u>% s/ daños</u>	<u>Límite absoluto (Millones Ptas.)</u>
Entre 1.000 y 10.000	11	12
" 10.000 y 25.000	12	15
" 25.000 y 50.000	13	20
" 50.000 y 100.000	14	25
Más de 100.000	15	30

La falta de cobertura de reaseguro para este fenómeno, el desconocimiento de aspectos técnicos -desde la perspectiva del seguro- y la obligatoriedad de la cobertura del propio Consorcio de Compensación de Seguros -con su coste correspondiente- han desmotivado la presencia del Seguro Privado para esta cobertura, a la fecha.

### PAUTAS BASICAS DE EVALUACION Y TARIFICACION. CRITERIOS DE SUSCRIPCION

En teoría, los aspectos básicos a considerar por un asegurador en relación al análisis del riesgo sísmico se refieren a:

#### (a) PELIGROSIDAD DEL FENOMENO

- Definición precisa del fenómeno. Delimitación entre el peligro primario y los sucesos secundarios o marginales.
- Geología de las regiones sísmicas. Fallas y configuración del suelo.
- Experiencia histórica de sucesos ocurridos. Frecuencia (período de retorno), intensidad, localización de focos y áreas afectadas (propagación y aminoración de efectos).

#### (b) EXPOSICIONES Y LOCALIZACION.

- Características de las exposiciones (Categorías de riesgo).
  - . Tipos de construcción.
  - . Normas de construcción.
  - . Calidad de materiales.
  - . Diseño, altura y ocupación de los edificios.
  - . Contenidos expuestos.

- Localización de las exposiciones.
  - . Concentración-dispersión de las exposiciones en regiones sísmicas.
  - . Posición relativa en cuanto a la dirección y trayectoria de intensidad del suceso.
  - . Distancia al foco de manifestación del suceso.

(c) VULNERABILIDAD.

- Creación de modelos de estimación de vulnerabilidad basados en observaciones empíricas y proyecciones teóricas, que relacionen la intensidad del suceso sísmico con el grado de afectación sobre los distintos tipos de exposiciones.
- Estimación de la función de pérdida promedio por tipo de exposiciones (características constructivas) en relación con la intensidad del fenómeno (escala de grados de intensidad sísmica).
- Estimación de la función de pérdida promedio para todo tipo de exposiciones en relación con la intensidad del fenómeno.

(d) EVALUACION DEL RIESGO.

- División de las regiones sísmicas en zonas de peligrosidad en base a criterios de:
  - . Intensidad máxima esperada para un período de retorno determinado (normalmente 50 años en función de la vida útil de las construcciones), obtenida según la suma de pérdidas por grado de intensidad.
  - . Clases, localización y distribución de las exposiciones.
- Estimación de primas uniformes, según tipos o clases de exposiciones y zonas de peligrosidad, en orden al valor esperado de pérdidas por año:

$$E(P)_{ij,I} = \sum_i (D/I)_{i,j} \mu$$

siendo,

$E(P)_{ij,I}$  = valor esperado de la pérdida anual por clase de exposición i en la zona de peligrosidad j.

$(D/I)_i$  = pérdida media de la clase de exposición  $i$  para un suceso de intensidad dada  $I$ . (Suma de pérdidas por grado de intensidad).

$\mu_{I,j}$  = ocurrencia media del suceso de intensidad  $I$  en zona  $j$ . (Período de recurrencia por grado de intensidad).

Las incertidumbres relativas a la variabilidad sobre la ocurrencia de sucesos y los grados o niveles de pérdida, que limitan la fiabilidad de este análisis, deben estimarse en función del factor corrector multiplicativo, de forma que:

$$E_{ij,I}(P) = \sum_i K_{ij,I} (D/I)_i \mu_{I,j}$$

A su vez, dicha estimación puede depurarse, con la introducción de franquicias o deducibles, incorporando un nuevo factor corrector, de acuerdo a las características del deducible:

- Estimación de la pérdida máxima esperada, según criterios de:
  - Zonas de evaluación de cúmulos de exposiciones para el peor suceso probable con un período de retorno.

Normalmente un criterio razonable para esta evaluación se basa en la hipótesis de que el nivel o porcentaje de exposiciones afectadas en la zona es igual a la suma de las pérdidas de cada exposición.

- Conjunción de diferentes zonas de evaluación de cúmulos de exposiciones para el suceso más posible con un período de retorno determinado.

De todo ello, se deducen, como criterios de suscripción, los siguientes:

- (a) Zona de tarificación (de 1 a 4, por ejemplo, propuestas para España).
- (b) Categoría de riesgo (A, B ó C).

- (c) Tipos de construcción (A, B ó C).
- (d) Altura de edificación (más o menos m.)
- (e) Tipología constructiva (standard o especial).
- (f) Aplicación de normas sismorresistente (sí - no).
- (g) Existencia de riesgos secundarios (sí - no).
- (h) % Franquicia.

### LA ZONIFICACION COMO PROBLEMA ASEGURADOR. EL CASO DE ESPAÑA

En un reciente Estudio técnico-asegurador sobre Riesgos de la Naturaleza en España (Fundación Mapfre Estudios, 1991), la base de la información utilizada es el mapa de peligrosidad sísmica del Instituto Geográfico Nacional, calculada por métodos probabilistas correspondiente a un período de recurrencia de 500 años. Se ha realizado a partir de la división de la Península en venticinco zonas sismogénicas y se han aplicado cuatro curvas de atenuación. La peligrosidad sísmica se expresa en forma de intensidad sísmica (M.S.K.) Carreño (1991).

El mapa de peligrosidad sísmica con período de recurrencia de 500 años, junto con los mapas de período de recurrencia de 100 y 1000 años constituirán la base de la futura Norma Sismorresistente, que está próxima a publicar.

El paso de probabilidad de ocurrencia en "n" años de un determinado nivel de intensidad a probabilidad anual se obtiene en la Norma Sismorresistente de 1968 para el mapa de riesgo sísmico mediante la expresión:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

en la que:

n = número de años para el cual se calcula R o probabilidad en n años

T = período de retorno para todos los sismos desde el grado VII en adelante, con datos hasta 1965 y para todo el territorio en su conjunto.

En la nueva serie de mapas de peligrosidad sísmica también se puede aplicar esta fórmula de cálculo de riesgo sísmico de forma que para un período determinado sea 50 años considerado como la vida media de las edificaciones actuales, se calcula la probabilidad de superar una intensidad asignada cada mapa correspondiente.

El mapa que se ha escogido para asignar los niveles de riesgo dentro del programa informático es el mapa de peligrosidad sísmica de período de retorno de 500 años. Para subdividir la escala de intensidades y acotar los niveles de peligrosidad, se ha consultado el "mapa preliminar de la máxima intensidad esperable en California 1973", donde se asignan las siguientes intensidades a los siguientes niveles de peligrosidad:

Niveles de Riesgo	Daños Probables	Máxima Intensidad esperable
Bajo	Despreciables a moderados	VI - VII
Moderado	Moderados	VII - VIII
Alto	Importantes	IX - X

En el mapa de peligrosidad de período de recurrencia de 500 años del I.G.N. se cubre una escala de intensidades que van desde III a IX. A la vista de la división realizada por la Division of Mines and Geology de California, se han asignado las siguientes intensidades para los niveles de riesgo:

Niveles de Peligrosidad	Intensidad esperable
Bajo	$I < V$
Medio	$VII > I > V$
Alto	$I > VII$

Los límites de intensidades convenidos para los niveles de peligrosidad sísmica son inferiores a los utilizados en el mapa de la Division of Mines and Geology, ya que la sismicidad en la Península Ibérica no es comparable con la sismicidad de California.

Para que el mapa de peligrosidad sísmica sea manejable, ha sido necesaria su adaptación a una división provincial. España está dividida en provincias y éstas a su vez, en unos 8.700 términos municipales. El término municipal más extenso pertenece a la provincia de Cáceres y tiene 176.849 Ha, mientras que el término municipal de Emperador, perteneciente a la provincia de Valencia, tiene 3 Ha.

Obtenido el mapa de peligrosidad sísmica para un período de recurrencia de 500 años y delimitadas las zonas de peligrosidad sísmica según los límites convenidos, se ha realizado una superposición del mismo sobre el mapa de división de términos municipales. Siguiendo la hipótesis más pesimista, cuando un término municipal es cruzado por una isosista que separa dos niveles de peligrosidad, se le asigna a todo el término municipal el nivel de peligrosidad más elevado.

En la opinión del equipo que ha realizado el Estudio antes citado, en esta adaptación del mapa proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional a la división de términos municipales, no se cometen errores importantes, dada la diferencia de escalas de ambos mapas y lo impredecible, relativamente, de los efectos de los terremotos en un radio de varios kilómetros.

Es cierto también que la extensión de los términos municipales en la mitad norte de España es mucho menor que los términos municipales en la mitad sur. Las razones de estas diferencias son heredadas de las formas de parcelación y cultivo en siglos anteriores.

A medida que salgan a la luz estudios de microzonación urbana, será posible adaptarlos a la parcelación de códigos postales de las grandes ciudades.

Para diseñar el mapa de control de acumulación por terremoto se ha tenido en cuenta que en el Manual del C.R.E.S.T.A. (Catastrophe Risk Evaluating and Standardizing Target Accumulations) se definen las Zonas de Exposición a Terremoto (Earthquake Exposure Zones) como áreas basadas en la actividad sísmica observada o esperada dentro de un país. Por otra parte, las Zonas de Distribución de la Acumulación por Terremoto (Earthquake Accumulation Assesment Zones) consideran la distribución dentro de un país de los valores asegurados a partir de límites administrativos o políticos para facilitar la asignación de un nivel de riesgo.

El objetivo de esta zonificación ha sido compatibilizar criterios fisiográficos y criterios de división administrativa. Se ha tenido en cuenta la distribución de las grandes cadenas montañosas y la distribución de las isosistas en los grandes terremotos históricos. Así, han resultado 13 zonas.

El utilizar como base de control las provincias, sirve para facilitar el control de acumulación. Al igual que con los niveles de peligrosidad, el equipo que ha elaborado el estudio no considera que se cometan grandes errores en esta división del territorio nacional para el control de la acumulación.

Si se siguen las pautas del C.R.E.S.T.A. para las nuevas zonificaciones de los países europeos, habrá que mantener una única zonificación para todos los eventos naturales. Esta única zonificación debiera realizarse en base a provincias y ser aprobada por el C.R.E.S.T.A.

Así, la propuesta de mapa de control de acumulación por terremotos presentada en dicho Estudio podría pasar a ser útil para hacer simulaciones de "escenarios de siniestro", mientras que la única zonificación permitiría trabajar con la misma base geográfica.



## LA INFORMATICA APLICADA AL SEGURO DE TERREMOTOS

La idea de diseñar un programa informático de suscripción surge de la necesidad de relacionar los tres sectores que alimentan el contenido del Estudio antes citado (la ciencia, el seguro y el reaseguro) mediante una fórmula operativa que optimice administrativamente la cobertura. Un segundo programa informático, en estrecha relación con el de suscripción, será el de siniestros.

Una vez finalizada la fase de adaptar la información científica avalada por datos oficiales a un patrón de división territorial, la siguiente fase trata de transformar toda esta información en un instrumento operativo para el seguro y el reaseguro. Tras las cuestiones científicas, el siguiente eslabón en la cadena de información es el seguro, cuyas necesidades fundamentales en el campo de los riesgos de la naturaleza son los de ubicar los bienes asegurados, cuantificarlos para determinar su exposición y fijar los niveles de riesgo y peligrosidad. Por último, el reasegurador es el último beneficiario de las aplicaciones del programa informático. Necesita conocer de forma más global, aunque precisa, la distribución geográfica de los riesgos asumidos por la aseguradora, de forma que sea capaz de realizar sus propios estudios de "máxima exposición". El proceso quedaría esquematizado como sigue:

### INFORMACION CIENTIFICA DATOS TECNICOS

*Adaptación de la información e interpretación de los datos*

#### SEGURO

Distribución geográfica de sumas aseguradas  
Niveles de retención  
Determinación de niveles de riesgo y peligrosidad

*Transferencia de información de acumulaciones*

#### REASEGURO

Estudios de máxima exposición

El planteamiento de los objetivos que debe cubrir el programa informático se ha realizado tras fijar los siguientes aspectos fundamentales:

- \* Información técnica existente para los tres peligros de la naturaleza estudiados: terremotos, inundaciones, vientos.
- \* Divisiones geográficas mínimas disponibles para definir la "célula de información" útil.

- \* Necesidades del sector asegurador y reasegurador en el campo de los riesgos de la naturaleza.

Una vez considerada la información disponible, junto con las necesidades de cada sector, se plantearon los objetivos del programa informático, que son:

- Solucionar el problema de la localización geográfica de las sumas aseguradas del asegurador y distribución en los contratos de reaseguro.
- Conocer, a nivel de la célula mínima de información, el nivel de riesgo o peligrosidad de los fenómenos estudiados, de forma que sirva de referencia en la suscripción, en el momento de conocer el entorno del riesgo.
- Desarrollar una base histórica de eventos catastróficos que contenga los datos fundamentales (fecha, localización geográfica, descripción, pérdidas económicas, etc).
- Disponer de una base de información técnica por provincias procedente de mapas de peligrosidad por vientos, peligrosidad por terremoto con períodos de recurrencia de 100, 500 y 1.000 años, nieve, granizo, tormentas, precipitaciones máximas esperables según diferentes períodos de retorno, días de sol al año, y otros muchos datos.
- Esquematizar un sistema orientativo de suscripción y tarificación para los tres fenómenos.

El asegurador suministra los datos de entrada en forma de capitales asegurados que se distribuyen en los contratos de reaseguro. La forma de localizarlos geográficamente es el código postal, que ha de corresponder a la ubicación exacta del objeto asegurado en todos aquellos casos que sea posible.

El programa también permite localizar los riesgos por el nombre del término municipal donde está situado el riesgo y por el código numérico correspondiente al término municipal (I.N.E. 1972).

El usuario del programa también tiene la posibilidad de crear una base de datos de eventos catastróficos donde cada registro incluya la fecha, localización, descripción y pérdidas económicas producidas.

La salida de datos principal es la información impresa de los cúmulos por unidades geográficas. Estas pueden ser: por provincia, por tipo de contrato de reaseguro, por zona de exposición y por zonas de control (futura zonificación aceptada por el C.R.E.S.T.A).

El programa cuenta con una base de datos técnicos cuya unidad básica de información es la provincia. Cubre aspectos relacionados con los terremotos, vientos, precipitaciones y otros fenómenos atmosféricos. El formato que tiene la pantalla de entrada de datos es el siguiente:

**PROGRAMA INFORMATICO DE CONTROL DE RIESGOS DE  
LA NATURALEZA (España)**

(Evento: TERREMOTO)

**DATOS TECNICOS**

**PROVINCIA/CODIGO**

**TERREMOTOS**

- \* Tipo de subsuelo (leyenda simplificada)
- \* Intensidad esperada para los próximos 100 años -
- \* Intensidad esperada para los próximos 500 años -
- \* Intensidad esperada para los próximos 1.000 años -

La fuente de información que suministra los datos de la hoja anterior son mapas y datos procedentes del Instituto Meteorológico Nacional e Instituto Geográfico Nacional. Los datos que figuran corresponden a las capitales de provincia. Dado que es en los núcleos de población donde se concentran las viviendas, personas y actividades humanas, se considera que los datos de la capital de provincia son los más interesantes y se pueden extrapolar a toda la provincia para esta primera fase del programa. Es posible que existan lugares de mayor peligrosidad en una provincia que en su capital. Será un capítulo a completar.

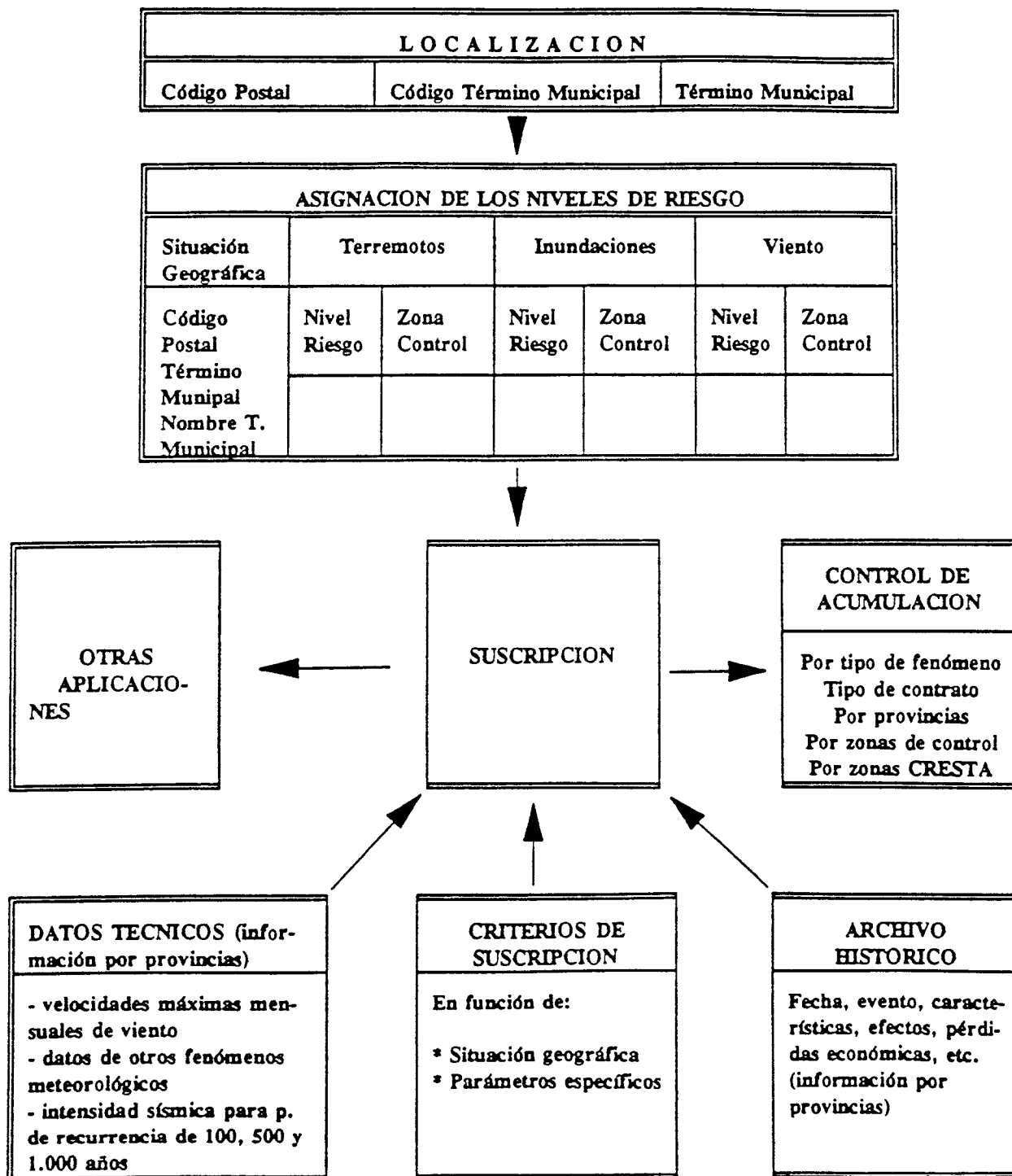
La información de entrada que constituye el módulo de tarificación es la siguiente:

**TERREMOTO**

- \* Zona de tarificación (1,2,3,4)
- \* Categoría de riesgo (A,B,C)
- \* Tipo de construcción (A,B,C)
- \* Altura de edificación (hasta , más de )
- \* Estándar construcción Norma Sismorresistente (sí, no)
- \* Riesgos secundarios (sí, no)
- \* Franquicia (% sobre valor asegurado)

De manera esquemática, el funcionamiento del programa se puede visualizar en forma de los módulos ya descritos.

## ESQUEMA DEL PROGRAMA INFORMATICO



## RESUMEN Y CONCLUSIONES

En la Introducción se expuso un tratamiento correcto o ideal imprescindible, por otra parte, para un compromiso de cobertura serio y duradero en el campo de los riesgos catastróficos. Junto a esto, en mercados libres caben otros tratamientos globales o institucionales que sucintamente se exponen a continuación:

Tratamiento colectivo por ramos: Sería, por ejemplo, el sistema que viene utilizándose hoy en España para la cobertura de catástrofes en el seguro de Construcción. La compañía debe definir, en todo caso, los límites y extensión de la cobertura y aplicar una tasa más o menos uniforme o discriminada en función de determinados parámetros (zonificación o tipo de riesgo). A partir de ello, y una vez establecida la retención que la compañía desea soportar, se solicita una cobertura de reaseguro que sea considerada suficiente, con estimaciones elementales del PML y de acumulaciones. Este sistema admitiría determinadas sofisticaciones, pero adolece de un grave defecto de fondo que es la imprecisión en el cálculo de la acumulación de la compañía al no llevar ésta información estadística y geográfica razonable para conocer su máximo compromiso, lo que le puede llevar en caso de un evento a una absoluta insuficiencia de protección en reaseguro. También el reasegurador se expone, idénticamente, al mismo riesgo por lo que no cabe esperar que este sistema pueda ser duradero por parte de los reaseguradores ni deseable, desde el punto de vista económico, para la solvencia y garantía ante el cliente.

Tratamiento colectivo de mercado: Las acumulaciones de responsabilidades ante estos eventos ha influido para que en muchos mercados se busquen soluciones colectivas. Un ejemplo clásico ha sido el del Consorcio de Compensación de Seguros en España, aunque existen otras experiencias en Francia, Japón, etc. Desde un punto de vista teórico estas fórmulas deben, en general, estar apoyadas en los mismos principios que se estableció anteriormente para el tratamiento individual. Se añade la participación colectiva del mercado, o de las entidades que lo deseen, en el conjunto de todos los riesgos mediante especificaciones acordadas, lo que permite fórmulas de mayor retención colectiva de las primas en el país (adecuadamente invertidas a largo plazo y bajo consideraciones fiscales especiales si fuera posible) y, sobre todo, la mentalización ante el fenómeno y la utilización de parámetros técnicos análogos que armonice el mercado y evite la guerra salvaje tan perjudicial a largo plazo en este tipo de coberturas tan universales. Como fórmulas habituales se podrían encontrar:

- \* De solidaridad (como las del Consorcio de Compensación de Seguros, con tasa uniforme para todos los riesgos, con independencia de las características técnicas y otras).
- \* De pool en el que participen las compañías de seguros en porcentajes establecidos (tipo AGROSEGURO, en España).
- \* Con una reaseguradora especializada que mantenga la disciplina técnica, informática y de primas en el mercado y se dedique de forma exclusiva y especializada al manejo de estos riesgos en favor de las compañías y con atenta dedicación a las inversiones (con liquidez) de las reservas correspondientes.

- \* Participación del Estado, de forma complementaria o con determinadas limitaciones, para riesgos no, o difícilmente, asegurables, o como integrante del colectivo asegurador (o como reasegurador) para descargar de responsabilidades económicas al conjunto asegurador o, incluso, en términos de subsidiariedad.

Cualquiera de estas fórmulas, o en su conjunto, puede suponer un avance colectivo para el tratamiento de este tipo de riesgos, sin menoscabo de actuaciones independientes que puedan o quieran ser asumidas por compañías que traten estos riesgos de forma individual y al margen de las otras opciones.

En el caso de España, y con la vista puesta en el próximo futuro, los aspectos técnicos de los seguros de riesgos extraordinarios o catastróficos del de terremoto, en particular, pasan indefectiblemente por una necesaria profundización en los aspectos técnicos objetivos sin los cuales cualquier intento individual o colectivo (a excepción de la continuidad del actual sistema) conducirá a una peligrosa situación en el largo plazo. Serán necesarios, por ello:

1. Definición de los riesgos extraordinarios con terminología aseguradora y tecnológica adecuada al contexto español.
2. Incorporación de mapas de riesgos y aproximación a tarifas en función de la peligrosidad de las zonas y de las características técnicas de cada riesgo.
3. Estudios de acumulación por zonas geográficas en función de los datos anteriores.
4. Normas de suscripción en función de las bases anteriores y las reglamentaciones oficiales existentes en materia de seguridad constructiva frente a eventos de la naturaleza (normas sismorresistentes, efectos de vientos, etc).
5. Utilización de sistemas informáticos con códigos estándares para todo el mercado que permita la fácil identificación de riesgos entre compañías y la homogeneización indispensable de datos del mercado en conjunto.
6. Incorporación de técnicas de inspección de riesgos y de prevención como medida para el mejor conocimiento de la compañía respecto de estos riesgos, así como para la adecuada prestación de servicios a los clientes.
7. Planificación de la respuesta de ajuste y peritación para caso de catástrofes que permita una acción ágil y eficaz.

La liberalización de la cobertura de riesgos extraordinarios abre, sin duda, unas enormes expectativas para el seguro español. No podemos olvidar que actualmente se manejan en ella (vía Consorcio y otras Compañías privadas) unos 20.000 millones de pesetas que pueden incitar a una visión inapropiada de este negocio. La razón de la liberalización no está tanto en la cesión de un negocio, favorable o desfavorable, a las compañías de seguros por razones intrínsecas del mismo, sino por razón de la madurez que en un principio se supone ha alcanzado el mercado español (por su vinculación a la Comunidad Europea). La visión puramente comercial y a corto plazo de este negocio sin una importante componente técnica sólo puede conducir a un grave deterioro de la cobertura y a problemas posiblemente irresolubles para las compañías imprudentes. Es, por otra parte, previsible una progresiva captación de este negocio por parte de compañías extranjeras que puedan incluirlos en esquemas técnicos y aseguradores más desarrollados propios de sus países como un apéndice adicional, en detrimento de las propias compañías españolas.

Se abre, por todo ello, una ventana histórica para el seguro español si se sabe entender desde la filosofía del servicio que las compañías deben a sus clientes. A partir de ahora serán éstas las que podrán ofrecer esta cobertura con la máxima atención y agilidad en siniestros y la adecuada precisión en coberturas sin las acotaciones del Consorcio. Y ello, sin el señuelo de beneficio o lucro desmesurado (sino todo lo contrario), ya que, de una forma u otra, serán las compañías las que asuman progresivamente el riesgo latente que hasta ahora venía soportando el Estado a través del Consorcio; y ese riesgo habrá de implicar un coste que definitivamente pasará a las compañías de seguros en forma de protecciones de Reaseguro con merma de beneficios y dotación de reservas.

Cabe pensar que las compañías reaccionen de forma distinta:

- \* Inhibición ante el riesgo catastrófico por temor o comodidad y traspasando las posibles coberturas al Consorcio de Compensación de Seguros en la medida en que éste pretenda o desee seguir asumiendo las mismas.
- \* Tratamiento de forma discriminada y técnica por ramos o modalidades de seguro, fundamentalmente en riesgos industriales. Esta es una posibilidad que podría estar alentada principalmente por compañías extranjeras siguiendo criterios internacionales y con protecciones que puedan existir en los países de origen, así como por corredores internacionales. En todo caso, la única acción posible ante esta hipótesis será la adecuada tecnificación de las compañías nacionales (coberturas, primas, suscripción, inspección, prevención, protección de reaseguro adecuada, etc).
- \* Tratamiento general serio y responsable, que pueda ser asumido individualmente por las compañías con ánimo estable y duradero en este negocio, para lo cual deberán involucrarse en todos los aspectos anteriormente señalados.
- \* Utilización de fórmulas colectivas a través de pools o con una reaseguradora que deberían ser en un principio propiciados por compañías del mercado en un intento de ordenar la cobertura, homogeneizar los datos, aspectos y bases técnicas y efectuar un frente común de lucha ante acciones agresivas de otras instituciones aseguradoras internas o externas. En

esta fórmula, tipo AGROSEGURO o JER japonés, será imprescindible un análisis profundo de los aspectos técnicos y el establecimiento de los procedimientos y métodos que hayan de ser utilizados por el conjunto de las compañías.

- \* Una última consideración sobre las medidas de prevención: La presencia y participación de las compañías de seguros en esta importante parcela de la cobertura de riesgos habrá de permitir una acción importante en los servicios de prevención de pérdidas. Se abre este campo de especialización, de gran trascendencia, para las compañías que habrán así de intervenir tanto en el diseño de nuevas plantas e instalaciones como en las recomendaciones específicas para la prevención de determinadas pérdidas, incluso en la planificación y control de emergencias, y en la promoción de estudios técnicos que conduzcan a un mejor conocimiento de la problemática de los riesgos catastróficos en nuestro país.

---

FM/mfv  
Octubre 1991



## RECOMENDACIONES PARA RESTRINGIR EL USO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE BAJO COSTO EN ZONAS SISMICAS.\*

Maximiliano Astroza Inostroza  
Departamento de Ingeniería Civil,  
Universidad de Chile,  
Santiago, Chile.

### RESUMEN

Con el propósito de aportar al proceso de encontrar soluciones viables para la vivienda de bajo costo, se presenta en este trabajo un método para seleccionarlas de modo de proporcionar una protección sísmica adecuada. Las viviendas consideradas corresponden a las construidas con los materiales que vienen utilizándose tradicionalmente en Chile y en otros países de la región; destacándose las viviendas de adobe, albañilería sin refuerzo, albañilería reforzada y tabiquerías pesadas y livianas.

El método se desarrolla considerando la diferente sismicidad de las distintas regiones del país, lo que permite aceptar soluciones habitacionales con características diferentes. Para aplicar el método es indispensable contar con una regionalización sísmica del país y con una evaluación de los efectos locales asociados a los distintos depósitos de suelos, materias en las cuales se han realizado importantes avances en los últimos diez años en Chile.

La selección del tipo de construcción se realiza en función del grado de intensidad de la escala M.S.K. aceptando que un porcentaje experimentalmente daños que no expongan a sus habitantes ante la acción de sismos severos.

En el trabajo se describen las características de la viviendas consideradas, la escala de daños y la definición de los grados de intensidad en función del tipo de construcción y de los porcentajes de daños.

## 1. INTRODUCCION

En los países en vías de desarrollo, un porcentaje importante de la construcción de viviendas se realiza en forma espontánea e informal. Esto ha traído como consecuencia que proliferen en sectores rurales y en barrios marginales de sectores urbanos, soluciones constructivas vulnerables ante la acción sísmica por no reunir adecuadas condiciones de seguridad estructural.

Por otra parte, los limitados recursos económicos han obligado a que las autoridades desarrollen programas de construcción masiva de viviendas para sectores de bajos ingresos con soluciones del tipo multifamiliar en 3 y 4 pisos y unifamiliar en 1 y 2 pisos, que normalmente no satisfacen los estándares mínimos de diseño usados en países desarrollados. Esto ha significado una verdadera experimentación a escala natural con resultados muchas veces poco satisfactorios.

Esta realidad junto con el crecimiento urbano desmedido, que ha significado la ocupación de extensas áreas de terrenos de habitabilidad restringida en la medida que los terrenos más aptos se agoten, obligan a concentrar esfuerzos de investigación para resolver la amplia gama de problemas que esta situación produce.

Conscientes de esta necesidad y producto de un estudio sistemático de los daños producidos por los sismos en este tipo de viviendas; de las características geológicas y geotécnicas de los suelos y de los tipos de viviendas más utilizados, se ha propuesto un método para seleccionar los tipos de viviendas menores que deben usarse en regiones de alta sismicidad, el cual se presenta en este trabajo.

El método de selección se establece en función de la intensidad máxima esperada y del nivel de daños aceptado, el que depende de la realidad socio-económico de cada país entre otros factores.

## 2. DAÑO SISMICO EN VIVIENDAS DE BAJO COSTO EN CHILE

Al revisar las estadísticas de viviendas dañadas y destruidas durante sismos chilenos de características moderadas a severas, se comprueba que los mayores porcentajes de viviendas dañadas corresponden a viviendas de bajo costo. Monge [1], utilizando la información de daños producidos por cinco terremotos fuertes en 20.000 viviendas ubicadas en nueve ciudades, confeccionó los gráficos de la Figura 1, los que permiten ilustrar el comportamiento sísmico de las clases más corrientes de edificios menores.

Tabla 1 : Terremotos usados por J. Monge [1].

Ciudad	Terremoto	Intensidad M.M.
Copiapó	Diciembre 4, 1918	7
Chillán	Enero 24, 1939	9
Concepción, zona a	Mayo 21, 1960	8
Concepción, zona b	Mayo 21, 1960	7 a 8
Talcahuano	Mayo 21, 1960	8
Coronel	Mayo 21, 1960	8
Lota	Mayo 21, 1960	8 <sup>+</sup>
Valdivia	Mayo 21, 1960	8 a 9
Quillota	Marzo 28, 1965	8 a 9
Taltal	Diciembre 28, 1966	7 <sup>+</sup>

Con la información de los gráficos de la Figura 1, Monge hizo un primer intento para establecer recomendaciones de uso de algunos tipos de construcción, recomendando prohibir la construcción de adobe y reemplazar las construcciones de adobe y albañilería de acuerdo al riesgo de uso, su estado de conservación y las condiciones locales del suelo. Además, Monge resalta que las viviendas de albañilería de ladrillo reforzadas con pilares y cadenas de hormigón armado y las de madera sin relleno se han comportado muy bien, incluso para un grado de intensidad 9; explicando el porcentaje pequeño de casas destruidas por los defectos constructivos o las fallas de sus fundaciones.

A pesar del gráfico de la Fig. 1, Monge reconoce casos de excepción para el adobe, uno de ellos es el buen comportamiento observado en las viviendas de adobe ubicadas en las laderas firmes de cerros.

En los últimos cinco años, a partir de los efectos del sismo del 3 de marzo de 1985, se han realizado estudios de daños con importante cantidad de información. R. Flores y otros [2], como resultado de un análisis estadístico en 84.771 viviendas económicas del Gran Santiago, concluyeron que los suelos de fundación tienen una alta incidencia en los daños y que se detecta un mal comportamiento de algunas estructuraciones, las que clasifican con la Tabla 2.

Tabla 2 : Clasificación de las viviendas según su estructuración. [2].

A L T U R A	FORMA (Distribución de muros y losas)	MATERIALES	T I P O
1. Casas de un piso	0. No se considera	1. Albañilería sin refuerzo 2. Albañilería Armada 3. Albañilería Reforzada	101 102 103
2. Casas de dos pisos	0. No se considera	1. Albañilería Armada 2. Albañilería Reforzada	201 202
	0. No se considera	0. Hormigón Armado 5. Hormigón armado en pisos inferiores y albañilería de bloque cemento en los pisos superiores	300 305
	1. Con muros interiores	1. Todos los elementos verticales de albañilería armada 2. Albañilería armada en el perímetro, núcleo de albañilería reforzada u hormigón armado 3. Albañilería reforzada, núcleo de albañilería reforzada u hormigón armado 4. Hormigón armado en pisos inferiores y albañilería reforzada de ladrillos en pisos superiores	311 312 313 314
3. Colectivos de 3, 4 ó 5 pisos	2. Sin muros interiores . Losa en todos los niveles.	1. Todos los elementos verticales de albañilería armada 3. Albañilería reforzada o semi-reforzada 4. Hormigón armado en pisos inferiores y albañilería reforzada de ladrillos en los pisos superiores.	321 323 324
	3. Sin muros interiores Losa en algunos niveles	3. Albañilería reforzada o semi-reforzada	333
4. Torres	0. No se considera	0. Hormigón armado	400

En particular las estructuraciones que presentan los grados de daños mayores corresponden a los edificios de los tipos 311, 321 y 305 fundados en grava y los tipos 311, 313 y 324 fundados en suelos finos del tipo arcillas. En general se concluye que los edificios de albañilería armada presentan una condición entre grado de daño estructural moderado a severo, debe destacarse que las cuantías de armadura de refuerzo usadas en los edificios dañados es inferior a lo mínimo recomendado por U.B.C. [3].

Paralelamente al trabajo de Flores, Monge y Astroza han desarrollado un detallado estudio de los daños en la zona comprendida entre Illapel, por el norte, y Cauquenes por el sur. La información procesada se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3 : Sectores y viviendas encuestadas.

Ciudad o región	Número de sectores o localidades	Número de casas encuestadas				Total
		Adobe	Tabique	Albañilería Simple Reforzada		
Santiago	288	16.538	-----	21.827	8.390	46.755
Valparaíso	25	298	2,582	258	-----	3.138
San Antonio	22	-----	-----	909	983	1.892
Otros	487	25.373	2.883	1.075	291	29.622
Total	822	42.209	5.465	24.069	9.664	81.407

Como resultado del estudio realizado por Astroza y Monge, se ha obtenido una microzonificación de las ciudades de Santiago [4] y de Valparaíso [5] y se ha determinado la variación del grado de intensidad según las características geológicas y geotécnicas de los suelos de fundación [6].

### 3. METODO PARA RESTRINGIR EL USO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE BAJO COSTO EN ZONAS SISMICAS.

#### 3.1 Antecedentes

Considerando que los estudios de daños y de riesgo sísmico permiten establecer los grados de intensidad para las condiciones extremas de diseño, se propone un criterio para restringir el uso de los sistemas constructivos de bajo costo en función de estos valores y del grado de protección sísmica que se desea proporcionar a la construcción de modo de resguardar la vida de sus habitantes y de los transeúntes y de las construcciones vecinas.

La elección del grado de intensidad como índice de restricción de uso de una vivienda se justifica considerando que cada grado superior o igual a 7 se asocia con los daños que experimenten los sistemas constructivos. En particular se utiliza la escala de intensidades MSK [7], de amplio

uso en la región de los Balcanes y en Rusia; esta escala coincide básicamente con la escala M.M, como se aprecia en la figura 2, y sólo difiere al definir los efectos en las construcciones lo cual se hace basándose en el comportamiento estadístico de las viviendas de un mismo tipo de construcción. En lo que se refiere a efectos en objetos, a sensaciones del hombre o a cambios en el paisaje o topografía, ambas escalas son idénticas.

ROSSI-FOREL 1873	MERCALLI 1902	MERCALLI CANCANI SIEBERG 1917	MERCALLI MODIFIED 1931 (WOOD-NEUMANN)	JAPAN CENTRAL OBS. 1932 (ISHIMOTO)	MERCALLI CANCANI SIEBERG MODIFIED 1942 (ROTHM)	JAPAN CENTRAL OBS MODIFIED 1951 (KAWASUMI)	GEORGIAN URSS 1953 (MEDVEDEV)	MERCALLI MODIFIED 1956 (RICHTER)	MERCALLI MODIFIED NEW ZEALAND 1965 (LEIBY)	E.M.I (Echelle macro- sismique international)	MSK 1964 (MEDVEDEV SPONHEUER KARNIK)
I	I	I	I	0	I	0	I	I	I	I	I
II	II	II	II	I	II	I	II	II	II	II	II
III	III	III	III	II	III	II	III	III	III	III	III
IV	IV	IV	IV	III	IV	III	IV	IV	IV	IV	IV
V	V	V	V	IV	V	IV	V	V	V	V	V
VI	VI	VI	VI	V	VI	V	VI	VI	VI	VI	VI
VII	VII	VII	VII	VI	VII	VI	VII	VII	VII	VII	VII
VIII	VIII	VIII	VIII	VII	VIII	VII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII
IX	IX	IX	IX	VIII	IX	VII	IX	IX	IX	IX	IX
X	X	X	X	VIII	X	VIII	X	X	X	X	X
		XI	XI	IX	XI	VII	XI	XI	XI	XI	XI
		XII	XII	X	XII		XII	XII	XII	XII	XII

Fig 2. Comparación entre diferentes escalas de intensidad [8]

### 3.2 Escala MSK de intensidades

La escala MSK, denominada así por las iniciales de sus autores, se define en función de 6 grados de daños y tres tipos de edificios. Para su aplicación a edificios chilenos se ha introducido algunas precisiones o adaptaciones.

#### - Definición de los grados de daños.

La definición de grados de daños de la escala MSK y las adaptaciones hechas se muestran en la Tabla 4. Los cambios introducidos obedecen a aspectos prácticos detectados en el estudio del sismo del 3 de marzo de 1985. Las justificaciones son las siguientes:

Grado 2: La sujeción de tejas es hecha en Chile de diferentes maneras, por lo que su corrimiento no constituye un buen indicador del grado de intensidad. Las chimeneas, de escaso uso, forman parte de la estructura de los edificios bajos proyectándose sobre el nivel del cielo, con un comportamiento similar al de antetechos y tímpanos. Estos últimos son elementos de uso frecuente. Las grietas verticales en encuentros de muros son también muy frecuentes. Por esta razón, se ha descrito daños de este tipo en la caracterización de los grados de daños 2 y 3.

Grado 3: Las grietas verticales en encuentros de muros con separación, indicando desaplomo, son una etapa intermedia y muy típica entre la descrita en el grado 2 y el colapso parcial o total del muro, característico del grado 4 de daños. El comportamiento de construcciones de adobe y de albañilería simple en Chile justifica este criterio.

Grado 4: Los muros interiores están generalmente constituidos en las construcciones chilenas de adobe o albañilería simple por tabiques de madera rellenos con adobe, adobillo o ladrillo en panderete. Estos tabiques, así como las techumbres de madera tienen una unión muy débil con la estructura principal de muros y su colapso puede exagerar notablemente el grado de intensidad. Es frecuente encontrar tabiques y techumbres colapsadas en edificios bajos cuyos muros principales tienen grados de daños no superior al 2 ó 3. Por este motivo, se decidió no considerar el comportamiento de los tabiques interiores, salvo que toda la construcción fuera hecha en el mismo material. El comportamiento de las techumbres no fue considerado en ningún caso.

Grado 5: Siguiendo un criterio que resultó coincidente con el empleado en India (Ref. 9), donde un colapso total es sinónimo de colapso de la mayor parte de la estructura, y considerando que la mayoría de las casas de adobes pareadas dentro de pueblos o ciudades tienen sólo tres muros, el de fachada y los dos medianeros, estando el resto constituido por tabiques, se adoptó la definición indicada.

Definiciones originales	Adaptaciones
Grado 0 : Sin daños	
Grado 1 : Daños ligeros Grietas finas en estucos; caída de trozos pequeños de estuco.	Daños menores en estucos
Grado 2 : Daños moderados. Grietas pequeñas en muros; caída de trozos grandes de estuco; corrimiento de tejas; grietas en chimeneas; caen partes de chime- neas.	Grietas horizontales en antetechos, tímpanos y chimeneas; grietas verticales en encuentros de muros, sin que aparezca separación; grietas finas en muros bajo el nivel del cielo.
Grado 3 : Daños graves. Grietas grandes y profun- das en muros; caída de chimeneas.	Caída de antetechos, tímpanos o partes de chimeneas; grietas verticales en encuentros de muros con separación, indicando desaplomo; grietas diagonales en muros bajo el nivel del cielo.
Grado 4 : Destrucción. Separaciones de muros; partes de edificios pueden derrum- barse; elementos de un edificio pierden su cohesión; muros interio-	Caída de un muro o parte de un muro bajo el nivel del cielo.

res y rellenos de estructuras de muros se derrumban.

Grado 5 : Daño total.

Colapso total de edificios. Caída de más de un muro.

Tabla 4 : Definición de grados de daños según la escala MSK.

#### - Definición de tipos de edificios según escala MSK

La Tabla 5 define los tipos de edificios A, B y C de la escala MSK y las adaptaciones hechas para incluir en ellas los tipos de construcción que interesan.

Definiciones originales	Adaptaciones
Tipo A : Edificios de mampostería de piedra sin labrar. estructuras rurales, casas de adobe, casas de tierra.	Tipo A : Edificios de adobe, edificios de mampostería de piedra unida con barro.
Tipo B : Edificios corrientes de albañilería de ladrillos, edificios de bloques grandes y del tipo prefabricado, tabiquerías pesadas, edificios de mampostería de piedra labrada.	Tipo B : Edificios de albañilería simple. edificios de mampostería de piedra unida con mortero de cemento.
Tipo C : Edificios reforzados, estructuras de madera bien construido.	Tipo C : Edificios de albañilería reforzada con pilares y cadenas de hormigón armado.

Tabla 5: Definición de tipos de edificios según la escala MSK.



- Definición del grado de intensidad MSK.

La Tabla 6 indica, para cada grado de intensidad desde el 5 al 11, el comportamiento estadístico típico de edificios de los tipos A, B y C. Los valores entre paréntesis [10] complementan la escala original MSK-64.

Grado de Intensidad MSK - 64	Edificios		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C
5	5% grado 1 (95% grado 0)	(100% grado 0)	(100% grado 0)
6	5% grado 2 50% grado 1 (45% grado 0)	5% grado 1 (95% grado 0)	(100% grado 0)
7	5% grado 4 50% grado 3 (35% grado 2) (10% grado 1)	50% grado 2 (35% grado 1) (15% grado 0)	50% grado 1 (50% grado 0)
8	5% grado 5 50% grado 4 (35% grado 3) (10% grado 2)	5% grado 4 50% grado 3 (35% grado 2) (10% grado 1)	5% grado 3 50% grado 2 (35% grado 1) (10% grado 0)
9	50% grado 5 (35% grado 4) (15% grado 3)	5% grado 5 50% grado 4 (35% grado 3) (10% grado 2)	5% grado 4 50% grado 3 (35% grado 2) (10% grado 1)
10	75% grado 5 (25% grado 4)	50% grado 5 (35% grado 4) (15% grado 3)	5% grado 5 50% grado 4 (35% grado 3) (10% grado 2)
11	(100% grado 5)	(75% grado 5) (25% grado 4)	(50% grado 5) (50% grado 4)

Tabla 6 : Definición del grado de intensidad MSK.

### 3.3 Restricción del uso de sistemas constructivos.

Si bien los riesgos por efecto sísmico no limitan en forma absoluta la habitabilidad, el nivel de daños que se produce impone condiciones que afectan a las viviendas que se construyen en una región. Teniendo en cuenta los riesgos de las personas y las pérdidas materiales debido a los daños que produce un sismo se identifican cuatro zonas de acuerdo con los valores de las intensidades que produce el mayor terremoto probable que puede afectar la región.

Los grados de riesgo de estas cuatro zonas son los indicados en la Tabla 7.

Tabla 7 : Zonificación según grados de riesgo.

Zona	Grado de Riesgo	Intensidad MSK
S1	Bajo	$I \leq 7$
S2	Mediano	$7 < I \leq 7.5$
S3	Mediano Alto	$7.5 < I \leq 8$
S4	Alto	$I > 8$

Al usar las intensidades como el indicador de riesgo, cada zona de la tabla 7 tiene un grado de riesgo que se relaciona con el grado de daño que pueden experimentar los sistemas constructivos usados en los edificios de un piso. Teniendo en cuenta esto último, se ha establecido prohibición de algunos de ellos y requisitos de refuerzo para los permitidos. La aceptación de un tipo de construcción se establece de modo que un máximo de un 5 % de las viviendas presenten un grado de daño 4 de la escala MSK, con lo cual se protege las propiedades vecinas y la vida de los habitantes y transeúntes.

Con este criterio de aceptación y del análisis del comportamiento observado en la inspección de los daños en terremotos pasados, se ha recomendado la tabla 8 para determinar el uso de las viviendas, las que se han clasificado de acuerdo con la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización [11]. Todas las albañilerías de esta tabla se construyen con morteros de cemento o bien morteros mixtos de cemento, cal y arena. Las viviendas de la clase D3 corresponden a construcciones con muros de albañilería armada con cuantías de armaduras inferiores a los mínimos del U.B.C. [3].

CLASE CONSTRUCCION	DEFINICIONES DE LA ORDENANZA GENERAL DE CONSTRUCCIONES Y URBANIZACION-ART. 242(Ref.11)	CALIFICACION SEGUN INTENSIDAD SISMICA DEL AREA			
		S1	S2	S3	S4
CLASE A	Construcciones con esqueleto soportante de acero -	permitido	permitido	permido	permitido
CLASE B	Construcciones con estructura resistente de hormigón armado, incluidas aquellas en que la armadura es de hierro en perfiles.	permitido	permitido	permitido	permitido
CLASE C	Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo entre cadenas y pilares de hormigón armado de 4 ó menos pisos .	permitido	permitido	permitido	permitido
CLASE D	Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillos, de piedra y de bloques entre cadenas y pilares de hormigón armado de 2 ó menos pisos.	permitido	permitido	permitido	permitido
CLASE E	Edificios con estructura de madera.	permitido	permitido	permitido	permitido
CLASE F	Edificios de adobe.	permitido	PRDHBIBO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
OTRAS CONSTRUCCIONES DE UN PISO					
CLASE D1	Albañilería definida en la Ordenanza por el Art. 259 - Albañilería sin pilares cuya cadena sirve de dintel.	permitido	permitido	PROHIBIDO	PROHIBIDO
CLASE D2	Albañilería definida en la Ordenanza excluyendo los casos definidos por el Artículo 259.	permitido	permitido	permitido	PROHIBIDO
CLASE D3	Albañilería parcialmente armada.	permitido	permitido	permitido	?
CLASE Z	Albañilería sin refuerzos (albañilería simple).	permitido	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO

Tabla 8 : Recomendaciones de uso de sistemas constructivos.

Algunas de las características de las clases F, D1 y Z se entregan en el Anexo A.

## 4. COMENTARIOS.

### 4.1 Grado de protección sísmica

En la Tabla 8 hay implícito un grado de protección el que queda determinado al aceptar para las condiciones extremas de diseño un porcentaje de viviendas con daño severo.

En la medida que las condiciones socio-económicas lo permitan se puede establecer un grado de protección mayor, lo que implica necesariamente la prohibición absoluta de las construcciones de adobe, exceptuando aquellas zonas donde la intensidad máxima esperada no supere el grado 6.

### 4.2 Aplicaciones del método propuesto.

Con los resultados de los estudios de riesgo sísmico y de microzonificación sísmica realizados en Chile se ha podido concluir :

- a. En el área epicentral, las construcciones de adobe y las de albañilería de la clase D<sub>1</sub> y Z no pueden construirse. Si en esta área se encuentran depósitos de origen lacustre, los daños que se producirán son importantes aun en el caso de las viviendas de albañilería con refuerzos, sean estas de la clase D o D<sub>3</sub>.
- b. En los depósitos de origen fluvial del tipo grava densa ubicados fuera del área epicentral, como los encontrados en la Depresión Central de la zona Central de Chile, se acepta el uso de construcciones del tipo D<sub>1</sub>.

### 4.3 Otros tipos de construcción [12].

En las inspecciones de daños se han encontrado otros tipos de viviendas. Estas no se incluyen en la Tabla 8 por representar un porcentaje pequeño y por corresponder a prácticas antiguas que se han ido perdiendo en el tiempo.

Aceptando que las viviendas pueden seguir usándose en otros países y a que en algunas zonas de Chile, no afectadas por sismos destructores, aun se conservan, se comparan a continuación su comportamiento con las clases de construcción de la Tabla 8.

#### i. Viviendas construidas con muros de tapiales.

Los muros de estas viviendas están hechos con un adobón monolítico de 0.5 m. de espesor, 1 m. de alto y 1.5 m. de largo; el que se fabrica comprimiendo el barro dentro de un molde. Los muros se construyen superponiendo dos hileras de estos bloques.

El comportamiento observado [12] es muy inferior al de los muros de adobe, presentando fallas debido al deslizamiento y volcamiento del bloque superior.

#### ii. Viviendas construidas con muros de tabiquerías pesadas.

Los muros de estas viviendas se construyen con una estructura de madera rellena con albañilería de ladrillo sin refuerzos colocada en panderete, o bien con adobes o adobillo, estucados. Las viviendas presentan un comportamiento que se ajusta al tipo B de la escala MSK por lo que se podrían usar en zonas S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub> si se acepta el porcentaje de daños del grado 4 implícito en la Tabla 8.

#### iii. Viviendas construidas con muros de tabiquería liviana.

Los muros de estas viviendas están contruidos con estructura de madera con relleno liviano constituido por ramas y barro o por hormigón liviano. Las viviendas construidas con estos muros de clasifican en el tipo C de la escala MSK [12] y así su uso se debe ajustar a lo recomendado para estructuras de la clase D de la Tabla 8.

#### iv. Viviendas construidas con muros de ladrillo unidos con barro sin reforzar.

El comportamiento observado en las viviendas de este tipo es similar al de las viviendas de adobe. Por el menor espesor del muro de albañilería, los casos de daños graves (colapso total o parcial) son mayores que en los muros de adobe.

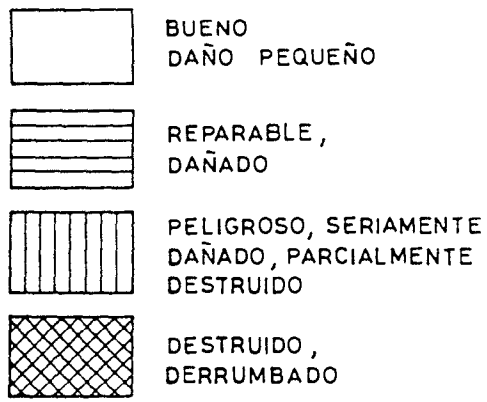
### 5. AGRADECIMIENTOS.

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración de numerosos alumnos del Departamento de Ingeniería Civil y al financiamiento del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, FONDECYT, en los proyectos N° 1272 de 1986 y N° 1199 de 1988; del Departamento de Investigación y Biblioteca de la Universidad de Chile, en el proyecto I 1741-8755 de 1987 y del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

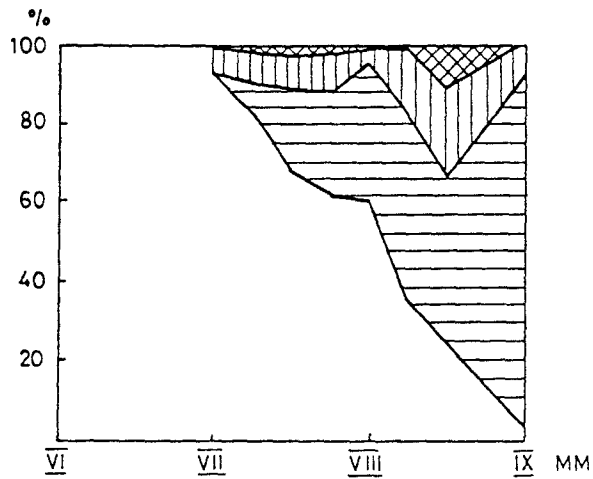
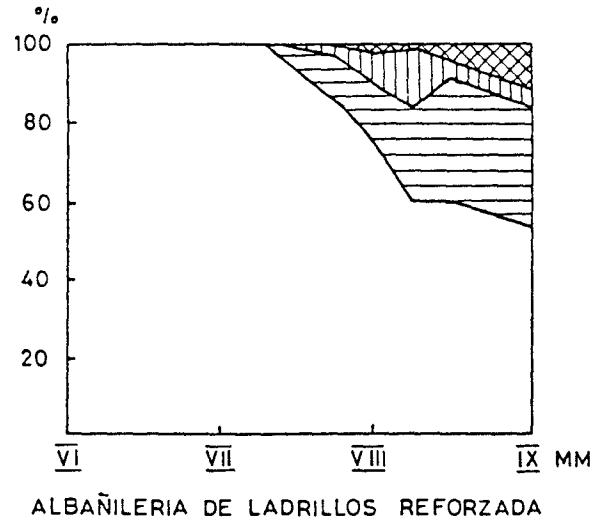
La ponencia es el resultado de un trabajo realizado por el autor y el profesor titular Ing. Joaquín Monge E., quien ha sido el que ha propuesto muchas de las ideas básicas en la investigación que ha desarrollado los últimos 25 años en la Sección de Ingeniería Estructural del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

## 6. REFERENCIAS.

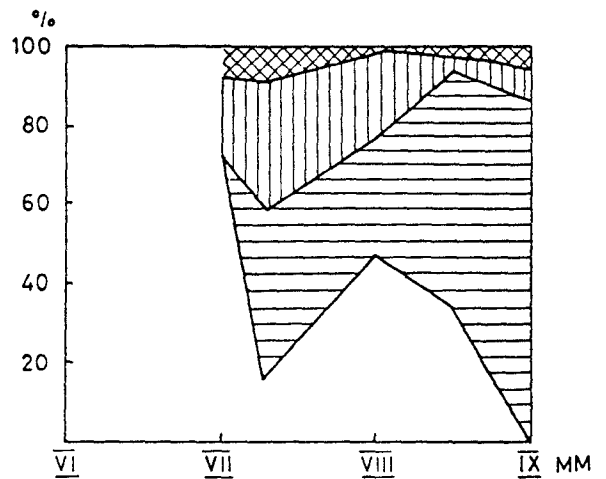
- [1] J. Monge E., "Seismic Behavior and Design of Small Buildings in Chile", Proceedings IV World Conference on Earthquake Engineering, Santiago, Chile, 1969, Vol. VI, B-6, pp. 1-9.
- [2] R. Flores, M. León, P. Escobar y G. Raggio, "Estudio de los daños provocados por el sismo del 3 de Marzo de 1985 en viviendas económicas del Gran Santiago", 4as. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Viña del Mar, Chile, 1986, Vol. 1, Tema C, pp. C20-C42.
- [3] Uniform Building Code, 1988 Edition, International Conference of Building Officials, Whittier, California, 1988, Cap. 24.
- [4] M. Astroza I., J. Monge E. y J. Varela B., "Zonificación sísmica de la Región Metropolitana", 5as. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Santiago, Chile, 1989, Vol. 1, pp. 493-503.
- [5] P. Acevedo, M. Astroza, J. Canales, J. Monge y C. Perreta, "Relación entre las unidades geotécnicas y los daños producidos por el sismo del 3 de Marzo de 1985 en la ciudad de Valparaíso", 5as. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Santiago, Chile, 1989, Vol. 1, pp. 515-523.
- [6] M. Astroza I. y J. Monge E., "Aumento de intensidades según las características geológicas de los suelos de fundación, sismo del 3 de Marzo de 1985". Trabajo que se publicará en el libro editado en homenaje al Ing Rodrigo Flores A.
- [7] S. Medvedev, W. Sponheur y V. Kàrnik, "Neue Seismische Skala", Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Heft 77, Akademie Verlag, 1964.
- [8] A. Levret y B. Mohamnadioun, "Determination of Seismic Reference Motion for Nuclear Sites in France", Engineering Geology, Vol. 20, N° 1/2, 1984, Special-Issue, pp. 25-38.
- [9] A. Arya. Comunicación personal a J. Monge (1988).
- [10] V. Kàrnik, Z. Schenkova y V. Schenk, "Vulnerability and the MSK scale", Engineering Geology, Vol. 20, N° 1/2, 1984, Special-Issue, pp. 161-168.
- [11] Ordenanza General de Construcciones y Urbanización, Editorial Jurídica de Chile, Santiago, Chile, Cap. 20.
- [12] J. Monge E., "La escala MSK de intensidades aplicada a estadísticas de daños en terremotos chilenos", Publicación interna, Sección Ingeniería Estructural, Depto. de Ingeniería Civil, Fac. de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1966.
- [13] J. Monge y M. Astroza, "Metodología para determinar el grado de intensidad a partir de los daños", 5as. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Santiago, Chile, 1989, Vol. 1, pp. 483-492.



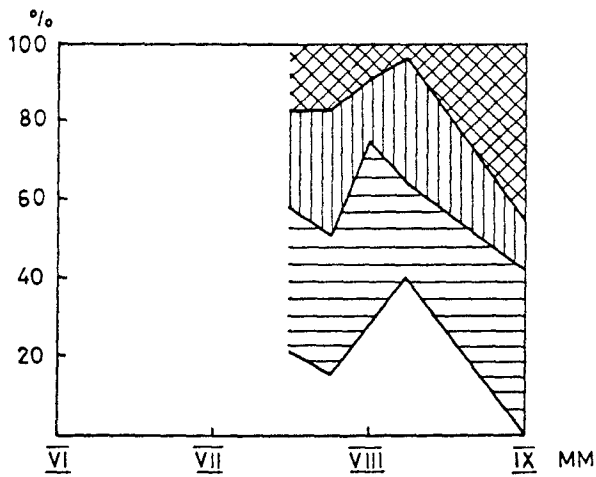
GRADUACION DE DAÑOS



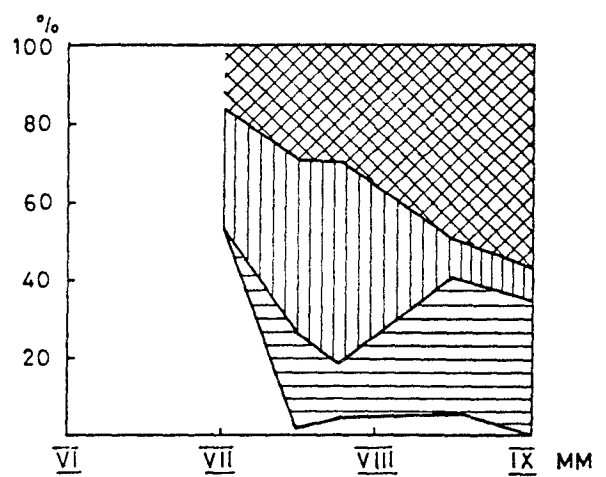
TABIQUERIA DE MADERA SIN RELLENO



TABIQUERIA DE MADERA CON RELLENO PESADO



ALBAÑILERIA DE LADRILLOS SIN REFUERZOS



ADOBE

FIG. 1 COMPORTAMIENTO DE DISTINTAS CLASES DE EDIFICIOS MENORES ANTE SISMOS FUERTES ( REF. 1 )

## ANEXO A

### CARACTERISTICAS DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE Y ALBAÑILERIA

Las viviendas de adobe y de albañilería simple o sin refuerzos son las más sensibles a experimentar daños; por esta característica se han usado en varios estudios para determinar la intensidad a partir de la distribución de sus daños con la metodología propuesta por Monge y Astroza [13].

#### A.1. Viviendas de adobe.

Las construcciones de adobe de un piso tienen las características del cuadro A.1.

##### Cuadro A.1 : Vivienda de adobe (Clase F)

Tipo de unidad	:	adobe hecho a mano con suelo de tipo arcilloso, agua y paja, secado al aire libre.
Mortero de pega	:	mezcla de suelo y agua
Tipo de aparejo	:	aparejo de sogá o cabeza
Altura de piso	:	3 a 4 metros
Estructuración	:	muros exteriores de adobe de 60 ó 30 cm. de espesor de acuerdo con el aparejo usado. Dinteles sobre vanos de puerta y ventana contruidos con piezas de madera que penetran entre 40 y 60 cm. en el muro.
Enlucidos	:	estuco exterior de barro o cemento, e interiores de yeso con un espesor de 1 a 2 cm.
Pisos	:	envigado de madera cubierto por un entablado del mismo material.
Tabiques divisorios	:	muros interiores de tabiquería de madera rellena de adobe de 15 cm. de espesor.
Techumbre	:	vigas o cerchas de madera con cubierta de teja de arcilla o plancha metálica. Cielo contruido con tablas unidas a la cercha, cubiertas con una capa de barro para aislación.
Fundaciones	:	cimiento corridos de hormigón con bolón desplazador y sobrecimiento de hormigón o albañilería.

#### A.2 Viviendas de albañilería simple.

A diferencia de las viviendas de adobe, en las de albañilería simple se distinguen dos tipos según la edad de construcción. En los Cuadros A.2 y A.3 se detallan sus características.

##### Cuadro A.2 : Viviendas de albañilería simple contruidas hace menos de 30 años (Clase D1).

Tipo de unidad	:	ladrillo hecho a mano.
Mortero de junta	:	morteros de cemento o mixto (cemento, cal y arena).
Tipo de aparejo	:	aparejo de sogá.
Altura de piso	:	2.4 m.



Estructuración	: muros de 15 ó 20 cm. de espesor con cadena de hormigón armado de 20 x 20 cm., que sirve de dintel en la zona de ventanas y puertas. Encuentro de muros con unidades de albañilería entrabadas.
Tabiques	: tabique de madera revestido con planchas de yeso y asbesto-cemento.
Techumbre	: frontones, cerchas y tijerales de madera. Cubierta de planchas de asbesto-cemento. Cielo de planchas de yeso o cartón yeso.
Pisos	: radier de hormigón afinado o cubierto con baldosas o revestimientos plásticos.
Fundaciones	: cimientos corridos de hormigón con bolón desplazador y sobrecimiento de hormigón con y sin armaduras.

Cuadro A.3 : Vivienda de albañilería simple construida hace de más de 30 años (Clase Z).

Tipo de unidad	: Ladrillo hecho a mano.
Mortero de junta	: mortero de cal o pobre en cemento.
Tipo de aparejo	: aparejo de cabeza y de sogá.
Altura de piso	: 3 a 4 metros.
Estructuración	: muros de 40 ó 20 cm. de espesor. Dinteles de hormigón o albañilería contruidos con unidades dispuestas en forma vertical formando un arco. Encuentros de muros con unidades entrabadas o pilares de albañilería.
Tabiques	: muros interiores de tabiquería de madera con relleno de adobe de 15 cm. de espesor.
Techumbre	: frontones, antetechos y cortafuegos de albañilería sin refuerzo. Vigas o cerchas de madera. Cubierta de tejas de arcilla o planchas metálicas. Cielo construido con tablas machihembradas conectadas a la cuerda inferior de las cerchas.
Fundaciones	: cimiento corrido de hormigón con bolón desplazador y sobrecimiento de hormigón o de albañilería.

