

**AMENAZA SISMICA EN GUATEMALA:
ESTADO DEL CONOCIMIENTO**

**Enrique Molina
Sección de Sismología, INSIVUMEH
Guatemala, Octubre 1993.**

Resumen

- I. Fuentes Sísmicas**
- II. Evaluación de Amenaza Sísmica:
Macrozonificación.**
- III. Microzonificación en el Valle de la Ciudad de Guatemala**
- IV. Proyectos en marcha**
- V. Comentarios**
- Bibliografía**

I. FUENTES SISMICAS.

Los rasgos tectónicos y la distribución espacio-temporal de la sismicidad en Guatemala permiten distinguir tres fuentes o zonas sísmicas (figura 1a).

La primera, el sistema de grandes fallas transversales del norte de Guatemala que forman el límite entre las placas de Norte América y el Caribe. Esta fuente puede generar sismos de magnitud $M_s > 7$, con profundidad focal somera ($h < 20$ Kms) y longitud de ruptura de varios cientos de kilómetros (como el terremoto de febrero de 1976). Se cree que los sismos de esta magnitud ocurren con intervalos de tiempo, promedio, de varios cientos de años.

La segunda, es la zona de subducción entre las placas de Cocos y el Caribe, cuyos rasgos topográficos son: la Fosa Mesoamericana y el Arco Volcánico Centroamericano. Esta es la fuente que en promedio libera más energía sísmica por año y puede generar sismos con magnitud $M_s \geq 7$, con una frecuencia que algunos autores estiman de 70 a 200 años (White, 1987). Para esta zona existen algunas estimaciones de la brecha (gap) sísmica con mayor potencial de generar eventos grandes (Grases, 1975; Carr y Stoiber, 1977).

La tercera fuente, está asociada a una serie de fallas menores, cada una de algunos Km. de longitud, a lo largo del Arco Volcánico (Fig. 1b). Esta zona puede generar sismos de magnitud $5.0 \leq M_s \leq 6.5$, con profundidad focal somera ($h < 15$ Km). Eventos de este tipo suceden en promedio uno cada dos años y medio en el Arco Volcánico Centroamericano (White y Harlow, 1993). Esto último más el hecho que las principales ciudades de Centroamérica están muy cercanas al Cinturón Volcánico hace de esta fuente sísmica la de mayor amenaza a corto plazo.

En resumen los tres tipos de fuente han generado sismos destructores, las dos primeras zonas con sismos de magnitud $M_s > 7$, profundidad focal somera, que involucra dimensiones de ruptura de varios cientos de Km. y períodos de retorno del orden de cientos de años. En la tercera fuente, los eventos destructores son producidos por fallas de pocos Km. de longitud, con profundidad focal muy superficial, magnitudes $5 \leq M_s \leq 6.5$, períodos de retorno de pocos años (para todo el Arco Centroamericano) y localizados muy cerca de las principales ciudades de América Central.

II. EVALUACION DE AMENAZA SISMICA: MACROZONIFICACION

A la fecha existen tres estudios de amenaza sísmica, uno a escala regional (Grases, 1975) y los otros dos a escala nacional (Kiremidjian et al, 1977; Monzón, 1984). Estos son la base para la macrozonificación sísmica del país.

Los tres trabajos presentan mapas de isoaceleraciones ó isovelocidades para un determinado nivel de amenaza ó probabilidad de ocurrencia dentro de un intervalo de tiempo, siguiendo la metodología estandar. Esto es, del catálogo de sismos se identifi-

can las fuentes, para cada fuente se calcula la relación de recurrencia, de la cual se obtiene el número promedio de sismos con $M > M_0$ por unidad de tiempo y unidad de dimensión de la fuente. Este último parámetro más la relación de atenuación y el modelo probabilístico de ocurrencia permiten calcular para un determinado lugar la función de probabilidad acumulada (incluye todas las fuentes) para un rango de aceleraciones. Conociendo estas funciones para una distribución regular de puntos y escogiendo el nivel de amenaza se trazan los mapas de Isoaceleración ó Isovelocidad.

Los tres estudios utilizan el modelo probabilístico de Poisson, la ley de atenuación de Esteve y la aceleración ó velocidades son estimadas para roca ó suelo firme.

Algunas de las particularidades de cada estudio son:

- Grases, 1975: por el año que fué hecho y la escala regional, refleja más la sismicidad de la zona de subducción (figura 2a). Por otra parte, hace un estudio espacio-temporal de la sismicidad para estimar los tramos de la zona de subducción que pueden ser consideradas brechas (gaps) sísmicos (figura 2b).
- Kiremidjian, et al 1977: utiliza además el modelo probabilístico Bayessiano con el cual calcula las aceleraciones pico y la estimación de la duración en segundos para dichas aceleraciones (figuras 3a y 3b).
- Monzón 1984: propone una macrozonificación simplificada para ser usada en el código de normas de construcción (figura 4).

III. MICROZONIFICACION DEL VALLE DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

Durante el terremoto de 1976 los efectos secundarios más importantes en la ciudad de Guatemala fueron: fracturas del terreno, deslizamientos de laderas y zonas en donde la obra civil sufrió más daños. Todos estos relacionados directamente con las condiciones geológicas del terreno. Terremotos en otros lugares también han puesto de manifiesto la importancia de las condiciones locales en los efectos del sismo.

Monzón y Molina (1988) proponen una zonificación preliminar de perfiles básicos de suelos para el Valle de la Ciudad de Guatemala. Por perfil de suelo se entiende la estructura estratigráfica básica del subsuelo, desde la superficie al basamento rocoso, en un lugar. Ellos utilizan la clasificación general de perfiles básicos de suelo adoptada por la mayoría de códigos de diseño en Latinoamérica, y propuesta por el "Applied Technology Council" (ATC 3-06).

Para el Valle de la Ciudad de Guatemala la clasificación del suelo se resume así (figura 5).

Suelo con perfil S1: Corresponde a un basamento rocoso que aflora o suelo con velocidades de onda de corte mayor de 800 m/s. Las unidades geológicas que llenan estas condiciones son:

- afloramientos cretácicos al norte y nororiente del Valle.
- zona de suelo terciario en el flanco oriental y suroccidental del Valle.
- zona de lavas cuaternarias al sur del Valle.
- afloramientos terciarios de área muy reducida en el centro del Valle.

Suelo con perfil S2: Es un suelo firme con espesor mayor de 50 m. y velocidades de onda de corte entre 200 y 800 m/s.

La mayor parte del Valle queda dentro de esta clasificación, el suelo está formado principalmente por tefras y flujos piroclásticos.

Se incluye una zona de transición entre S1 y S2 (S2') el cual corresponde a espesores menores de 50 m. y su clasificación en S1 ó S2 debe ser estimada en el lugar.

Suelo con perfil S3: Suelo suave o suelto con espesor mayor de 10 m. y velocidad de ondas de corte menor de 200 m/s. Estos se localizan principalmente en zonas bajas con depósitos lacustres recientes.

A cada uno de estos tipos de suelo se asocia un espectro de diseño.

Otro estudio de zonificación dentro del Valle de la Ciudad está siendo realizado por la sección de Hidrología Aplicada de INSIVUMEH. En este se busca delimitar zonas de mayor a menor potencial de deslizamiento de laderas, tomando en cuenta la geología, topografía, clima y fenómenos de disparo, como sismos (figura 6).

IV. PROYECTOS EN MARCHA

Desde el establecimiento del CENTRO DE COORDINACION PARA LA REDUCCION DE DESASTRES NATURALES EN AMERICA CENTRAL (CEPRENAC), en 1989, se vienen realizando varios proyectos dentro del programa general de Reducción de Desastres Naturales en América Central. Entre estos los relacionados con Sismología son:

1. Establecimiento de Centros de Datos Nacionales y Regionales.
2. Zonificación y Evaluación de Amenaza Sísmica.

Los principales resultados obtenidos a la fecha son:

Desde principios de 1992 cada país cuenta con un sistema de adquisición de datos con convertidor analógico/digital y otro sistema para el procesamiento de señales digitales. Además se han fortalecido las redes sismográficas locales.

La información de los Centros Locales se reúne en el Centro de Datos Regional, en Guatemala, en donde todos los eventos registrados por mas de una red son relocalizados.

El banco de datos regional reúne la información de aproximadamente 90 estaciones de período corto, de componente vertical; 7 de período largo, de 3 componentes; y 7 acelerógrafos digitales. Durante 1992 fueron localizados 4,200 eventos de los cuales 1035 fueron registrados por 2 ó más redes.

Se cuenta con un catálogo desde principios de siglo XVI con aproximadamente 17,000 eventos. Además, ya se tiene reunida la información de todos los mecanismos focales que existen para América Central. Por otra parte se tienen aproximadamente 700 acelerogramas los cuales ya fueron digitalizados. Se han hecho estudios preliminares sobre respuesta de sitio para las ciudades de San Salvador y Guatemala (Bungum, 1,993).

Por último, también con el apoyo de CEPREDENAC y asesoría del INPRES (Argentina) el INSIVUMEH está impulsando el Código de Construcción para Guatemala. El cual incluirá en forma sintetizada toda la información disponible sobre las amenazas geológicas del país.

V. COMENTARIOS

A corto plazo se dispondrá de un banco de datos digital con una amplia gama de información sísmológica. A mediano plazo se tendrán estudios regionales sobre sismotectónica y amenaza sísmica, los cuales serán complementados con estudios locales que permitirán hacer los trabajos de microzonificación.

BIBLIOGRAFIA

Bungum, H. (1993). Seismic Source Evaluation, Strong Motion Attenuation and Soil Response in Central America. Procc. Caribbean Conference Natural Hazard, oct., 1993.

Carr, M. and Stoiber R. (1977). Geological Setting of Some Destructive Earthquakes in Central America. Geol. Soc. Am. Bull., v. 88, p. 151-156.

Grases, J. (1975). Sismicidad de la Región Asociada a la Cadena Volcánica Centroamericana del Cuaternario. UCV-OEA.

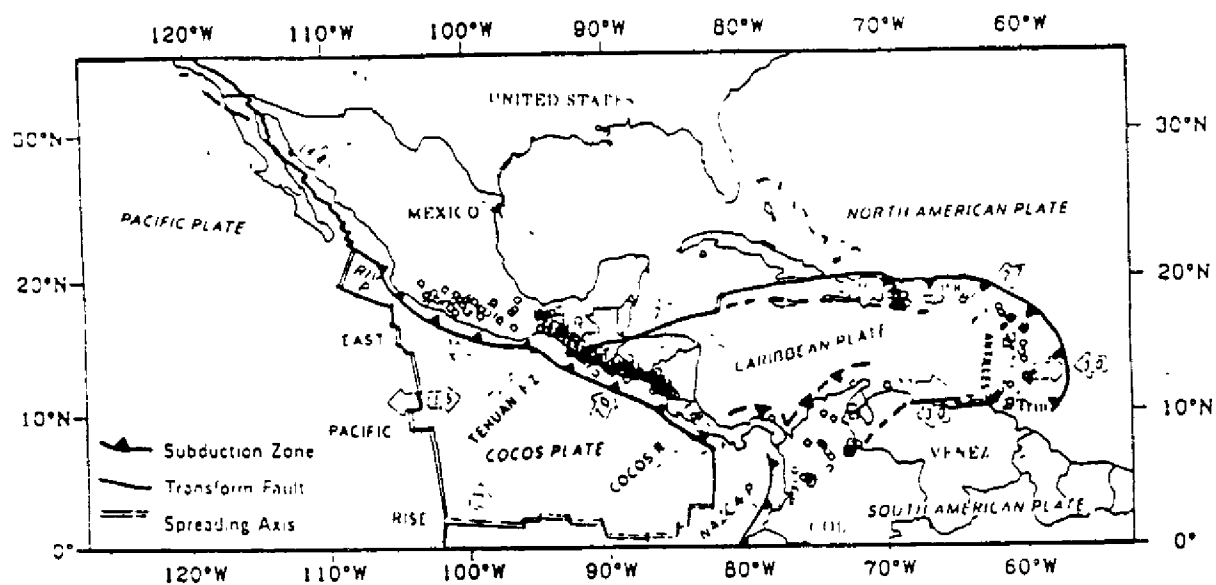
Kiremidjian, A. S., Shah, H. C., and Lubetkin, L (1977). Seismic Hazard Mapping for Guatemala. The Jonh A. Blume Earthquake Engineering Center. Stanford University.

Monzón, H. (1984). Programa de Cooperación Técnica en Ingeniería de Terremotos, Fase II. GTZ-INDE, Guatemala.

Monzón, H. y Molina, E. (1988). Perfiles Básicos de Suelo en el Valle de Guatemala, Zonificación Preliminar. Inst. de Investigaciones de la Universidad del Valle de Guatemala.

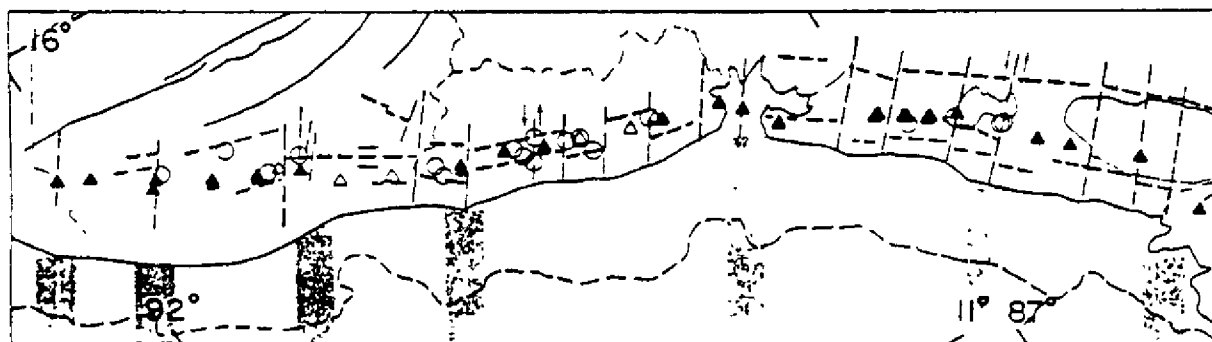
White, R. (1987). USGS Cooperative Earthquake Hazard-Reduction Programs in Central America. Taller sobre Desarrollo de Recursos Minerales, Energía, Agua y Mitigación de Riesgos Geológicos en Centroamérica. AID. p.124.

White, R. and Harlow, D. (1993). Destructive Upper-Crustal Earthquakes of Central America Since 1900. BSSA, vol. 83, no. 4, pp. 1115-1142.



Tectónica y sismicidad en la región del Caribe. Los movimientos relativos indicados en las flechas son en cm/año, con respecto a la Placa del Caribe. La sismicidad corresponde a eventos $h > 60$ km (modificada de Dewey y Suárez, 1991)

Figura 1a



Tectónica de la zona marginal del Sur, volcanes activos (Δ) y zonas epicentrales de eventos que han causado daños mayores (O). Las líneas discontinuas indican los principales alineamientos de las fallas en el arco volcánico, las fallas paralelas al arco definen el graben de Nicaragua. Las flechas indican el tipo de movimiento. Las barras sombreadas indican los límites entre los segmentos de la litósfera en subducción propuestos por Stoiber y Carr (1973) (tomada de Carr y Stoiber, 1977).

Figura 1b

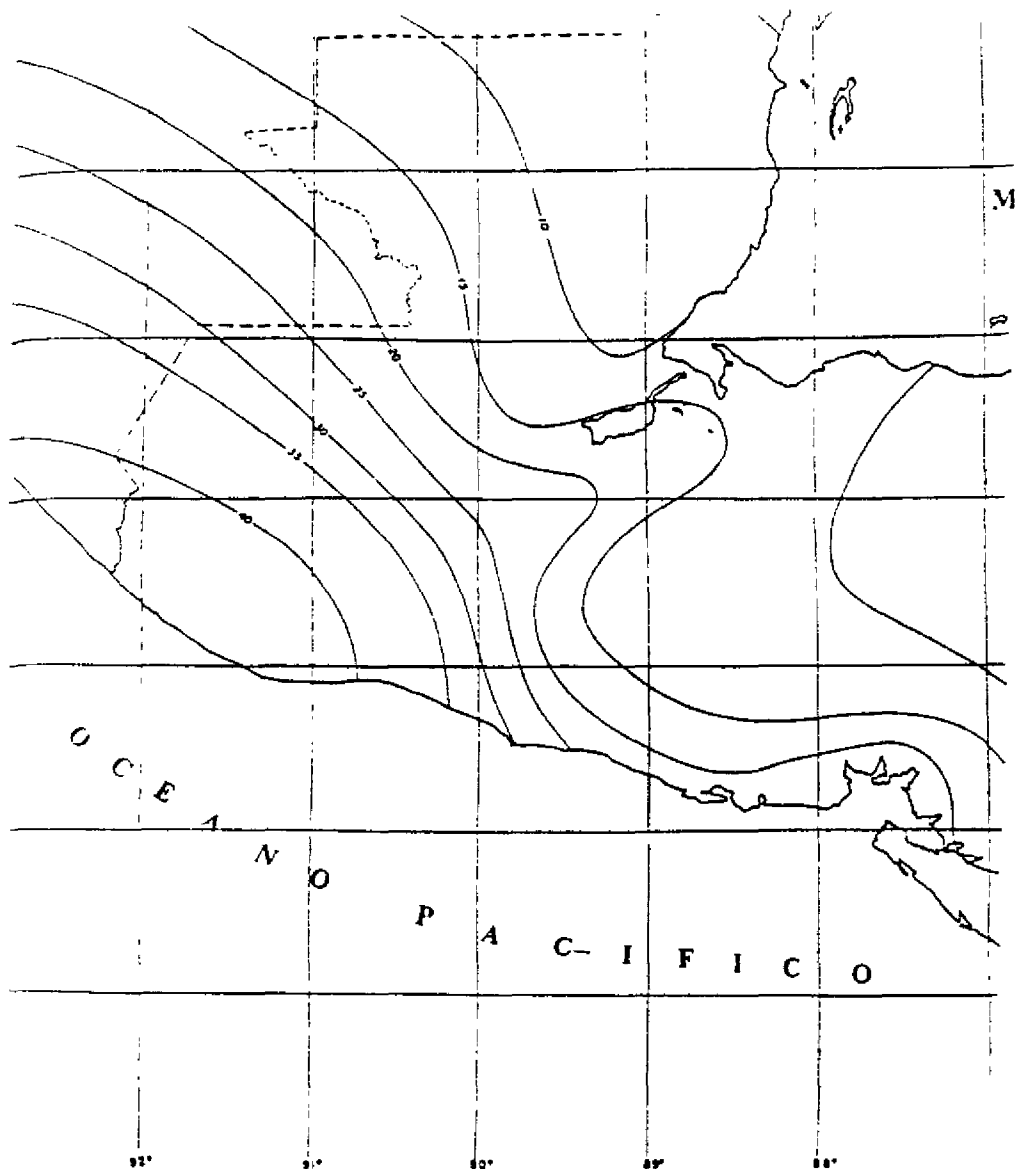


Figura 2a

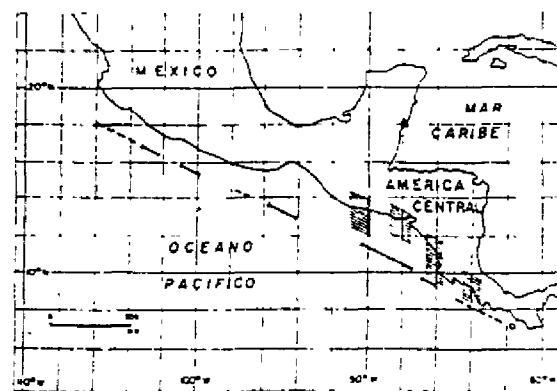


Figura 2b

Fig. N° 10a

DESCRIPCION DE ZONAS ASOCIADAS A LA OCURRENCIA DE FUERTES
SISMOS EN UN FUTURO CERCAÑO

- Zonas en las cuales ha habido ausencia de sismos superficiales de magnitud mayor que 7 en los últimos 15 años, períodos de recurrencia de 50 años o más (según Kelleher et al. 1973)
- - - La última ruptura en estas zonas ha ocurrido en los últimos 10 a 15 años - períodos de recurrencia relativamente breves (según Kelleher et al. 1973)
- ▨ Zonas de mayor probabilidad de ocurrencia de eventos destructivos inferidas en este trabajo. El área estudiada comprende las longitudes geográficas entre 87°W y 92°W.

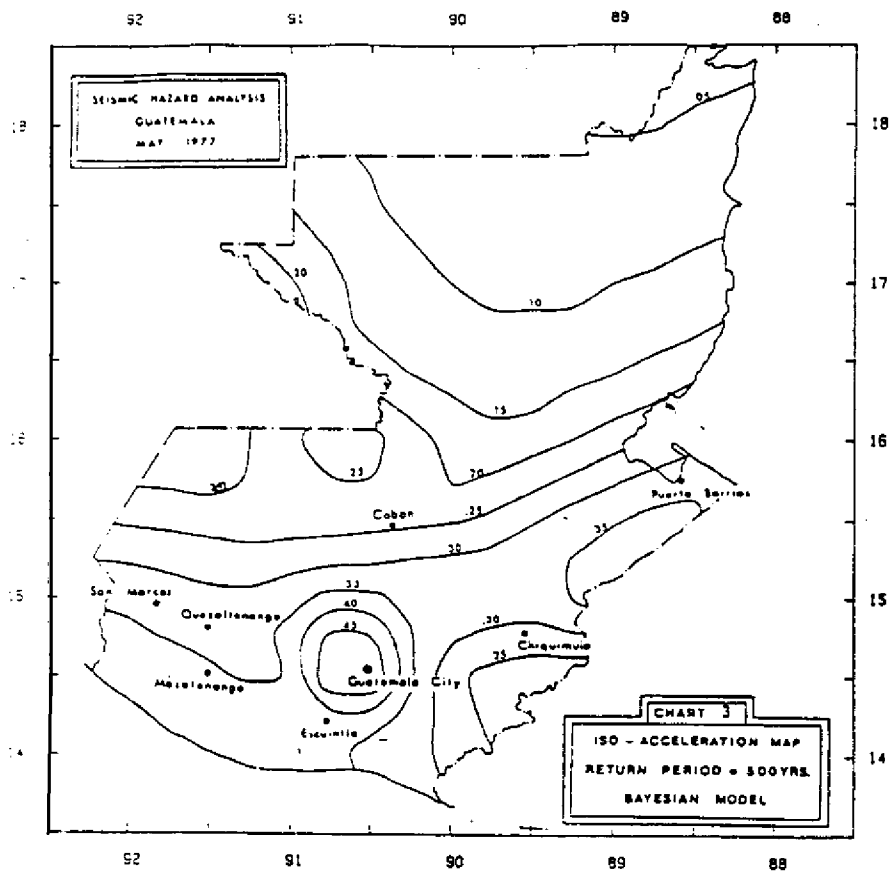
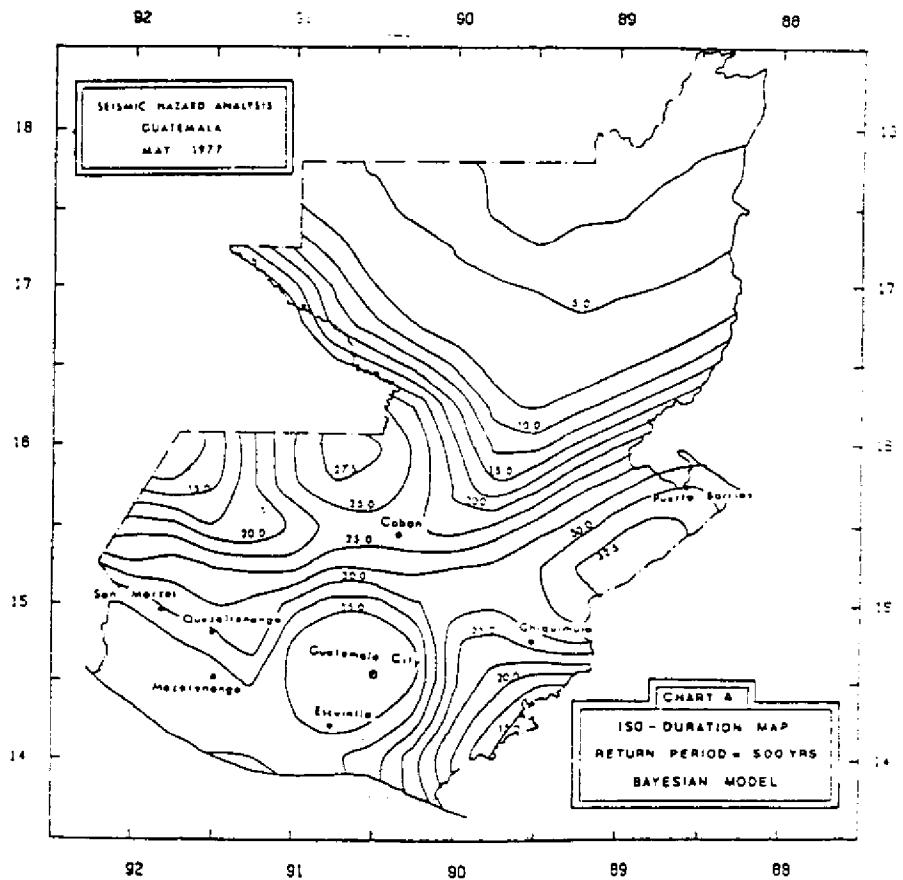
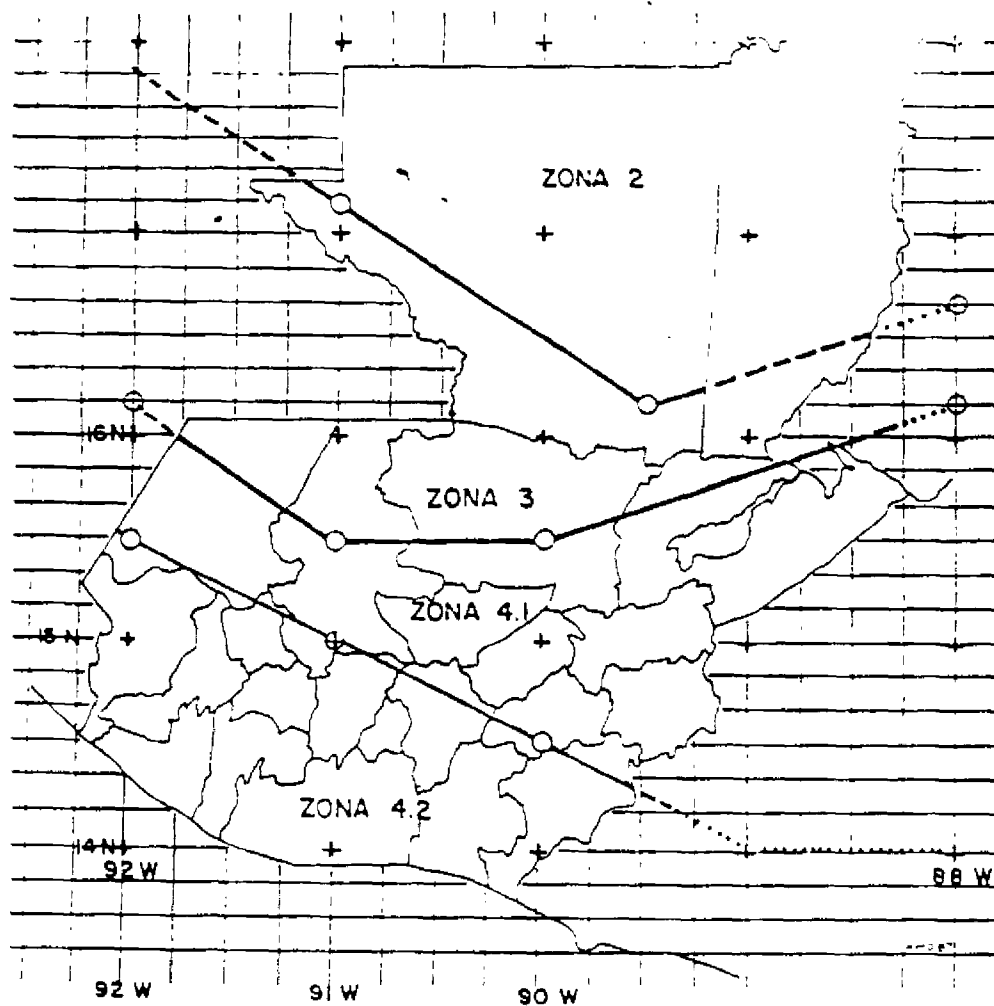


Figura 3a

Figura 3b



PROYECTO DE NORMAS SISMO-RESISTENTES PARA LA REPUBLICA DE GUATEMALA



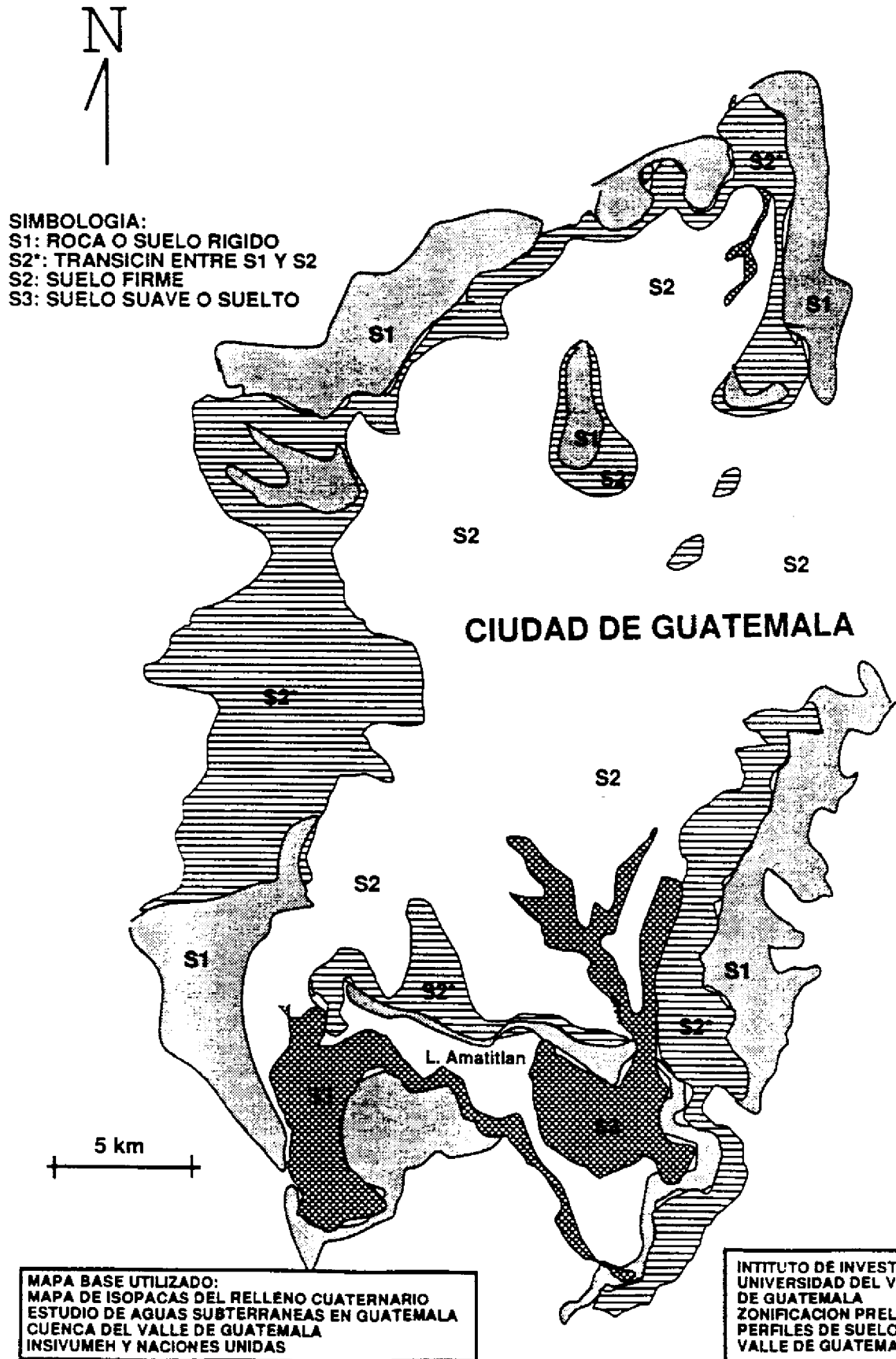
NOTA: RETICULA SEGUN MAPA 1:50,000 DE LA REPUBLICA

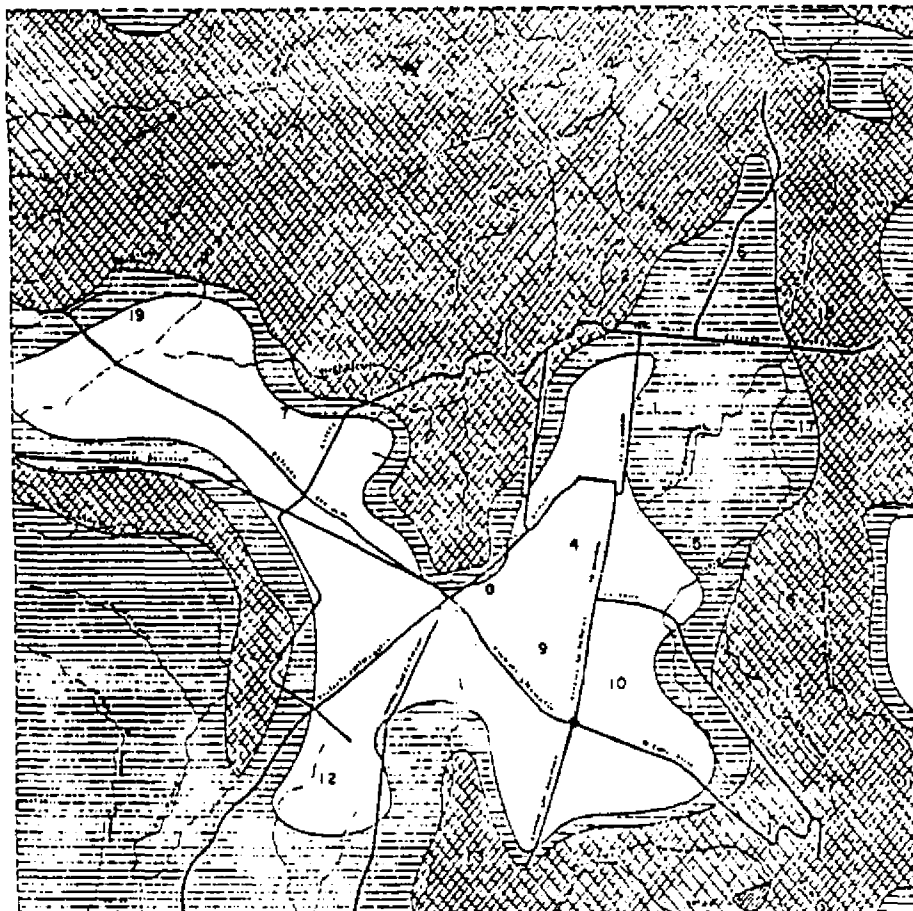
ZONA	I _o	A _o	A _f	Observaciones
2	2	0.10 g	0.0 g	HACER INTERPOLACIONES SOBRE LINEAS NORTE-SUR
3	3	0.10-0.30 g	0.0-0.10 g	
4.1	4	0.30 g	0.1-0.15 g	
4.2	4	0.30 g	0.15 g	

MAPA BASE - FIGURA 2-2/1
MACROZONIFICACION SISMICA

Figura 4

FIGURA 5





CLASE	ORDEN DE AMENAZA
	BAJO
	MODERADO
	MODERADO
	ALTO

REFERENCIAS	
	VIAS O CALLES
	FRONTERA
	RIO

SE DE ACUERDO CON LA INSECTICIDIOS DEPENDIA POR LOS FACTORES
ESTRUCTURALES, CLIMATICOS Y LOS FACTORES DE DISEÑO, MODULO INDUSTRIAL
DELING DE PROYECTO DE INSECTICIDIOS.

myo/93

Figura 6