

# **APENDICE I**

**CODIGOS DE CONSTRUCCION EN LA REGION  
CENTROAMERICANA. PRESCRIPCIONES  
PREVENTIVAS PARA MITIGAR LAS  
AMENAZAS NATURALES**

**PROF. JOSE GRASES  
CONSULTOR**

**CARACAS, JULIO 1996**

# 1.- INTRODUCCION

Los países de la región de Centroamérica han sido afectados en tiempos históricos por diferentes amenazas de la naturaleza. En la Tabla 1 se recopila una muestra de eventos sucedidos en los últimos dos siglos, con particular énfasis en los fenómenos de origen sísmico. Otras compilaciones, ilustrativas de la importancia de las amenazas naturales, se dan en el "Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado" (OEA, 1993, Ref. 14), en sus Figura 11-13 (máximas intensidades sísmicas), Figura 11-27 (maremotos), Figuras 11-19 y 11-25 (volcanismo), y Figura 12-8 (huracanes y tormentas tropicales). Por la extensión de sus efectos y frecuencia, en el presente Informe se presta particular atención a los fenómenos sísmicos y las medidas preventivas exigidas en Normas y Especificaciones.

**TABLA 1**

**CATASTROFES NATURALES EN LA REGION DE CENTROAMERICA  
(SIGLOS XIX Y XX)**

<b>FECHA</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b>BREVE DESCRIPCION</b>
27-12-1803	Boruca, Costa Rica	Daños por temblor de tierra
19-10-1820	San Pedro Sula	Daños por sismo
19-04-1821	Rivas hasta Panamá	Daños por temblor de tierra
07-05-1822	Cartago, San José	Terremoto destructor, sentido desde Panamá hasta Nicaragua
1827	Nicoya, Costa Rica	Iglesia destruida por un temblor
22-03-1839	Nejapa	Represamiento de un río por derrumbes debido a temblores
02-09-1841	Cartago	Numerosas víctimas por terremoto; 1/3 de la población de Cartago bajo las ruinas
24-08-1844	Rivas y San Juan del Norte	Daños graves por sismos
16-04-1854	San Salvador	100 muertos por terremoto. Disrupción en fuentes de agua
05-08-1854	Región Central de Costa Rica	Sismo sentido desde Panamá hasta Nicaragua
04-08-1856	Omoa	Daños por temblor de tierra y maremoto
26-11-1867	Centro América	Parte de la Isla de Zapodilla, Golfo Dulce, hundida por temblor
04-03-1873	San Vicente	800 muertos por terremoto

**TABLA 1**

**CATASTROFES NATURALES EN LA REGION DE CENTROAMERICA  
(SIGLOS XIX Y XX) (Cont.)**

<b>FECHA</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b>BREVE DESCRIPCION</b>
29-05-1879	Costa Rica	Daños en San José, Alejuela y Grecia por terremoto
07-09-1882	Panamá	Gran sismo en el istmo; maremoto
11-10-1885	León y Chinandega	Daños catastróficos por terremoto
03-12-1888	Costa Rica	200 edificaciones destruidas y mas de 2.000 dañadas por temblor
29-04-1898	Nicaragua-El Salvador	Extensos daños por terremoto
21-07-1900	Costa Rica	Daños similares al sismo de 1916
18-04-1902	Quezaltenango, San Marcos	2.000 muertos por terremoto
10-1902	Erupción del volcán Santa María	De 5.000 a 6.000 muertos; hundimiento de techos por ceniza. Quezaltenango destruida
13-04 y 05-05-1910	Cartago y Región Central	1.750 muertos por terremotos
04-1911 hasta 06-1912	Costa Rica	Varios sismos destructores
27-02-1916	Costa Rica	Gran sismo en la Costa NW del Pacífico
16-04-1916	Bocas del Toro y Almirante	Sismo destructor en Panamá
07-05-1917	San Salvador, Quezaltepeque	Terremoto
03-01-1918	Ciudad de Guatemala	2.650 víctimas por terremoto
04-03-1924	San José y Limón	Daños importantes por terremoto
04-03-1925	Cota Rica	Gran sismo en Costa Pacifico
31-03-1931	Managua	Terremoto destructor: 2.450 muertes y 15 millones US\$ en pérdidas materiales. Traza de falla visible en zona urbana
18 y 21-07-1934	Panamá	Sismo destructor en David y Puerto Armellas
10-1949	Este de Guatemala	40.000 muertos por inundación; pérdidas materiales estimadas en 15 millones US\$

**TABLA 1**

**CATASTROFES NATURALES EN LA REGION DE CENTROAMERICA  
(SIGLOS XIX Y XX) (Cont.)**

<b>FECHA</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b>BREVE DESCRIPCION</b>
06-05-1951	Jucuapa	400 muertos y pérdidas materiales importantes por terremoto
30-12-1952	Irazú, falda norte	21 muertos en Parrillos por deslizamiento
21-09-1955	Toro Amarillo	10 muertos y 500 sin vivienda por temblor
10-1961	Belice	250 muertos por huracán y 150 millones de US\$ por pérdidas materiales
1963 - 1965	Volcán Irazú	Daños por erupción, estimados en 150 millones de US\$. Medidas de protección obligatorias en población de San José. Lahar hasta de 12 m de espesor
03-05-1965	San Salvador	127 víctimas y 30.000 sin hogar, por terremoto. Primer Código de emergencia
1968	Volcán Arenal	76 víctimas por erupción
23-12-1972	Managua	Sismo destructor: 8.000 víctimas y daños materiales cercanos a 1.000 millones US\$. Desplazamiento permanente de fallas geológicas. Código de emergencia
14-04-1973	Tilaran y Arenal	26 muertos y 100 heridos por deslizamiento debido a temblor de tierra
13-07-1974	Garachiné, Darien	Daños por sismo
04-02-1976	El Progreso y Guatemala Capital	Sismo destructor: 22.700 muertos, 66.000 heridos y 1.100 millones de US\$ en pérdidas materiales
11-07-1796	Darien	Daños moderados por sismo
03-07-1983	San José	Una víctima, 50 heridos y carreteras bloqueadas por deslizamientos debidos a sismo
10-10-1986	San Salvador	1.000 víctimas y 7.000 heridos por terremoto. Pérdidas estimadas en 1.600 millones US\$
25-03-1990	Puntarenas	15 heridos y 199 casas dañadas por licuefacción debido a sismo
22-12-1990	Puriscal	Ruina y daños en edificaciones por sismo
22-04-1991	Limón	Sismo destructor: 53 víctimas, 30.000 personas sin vivienda. Pérdidas materiales de unos 500 millones de US\$

## **2.- ANTECEDENTES GENERALES**

En su esfuerzo de subsistencia, el hombre se ha visto en la necesidad de desarrollar tecnologías y sistemas constructivos capaces de sobrevivir a los efectos de la naturaleza. En algunos casos, esto ha dado lugar a estilos arquitectónicos de características particulares, como es el caso del "Barroco Sísmico" de Antigua, primera capital de Guatemala, abandonada por orden del rey de España en 1773, como consecuencia de la sucesión de terremotos destructores que la afectó desde su fundación en 1541.

A diferencia de la sismología, en cuyo desarrollo fue importante la inquietud científica y la verificación por medio de registros instrumentales de los fenómenos predichos por vía analítica, el nacimiento de la Ingeniería Sísmica es casi una necesidad. Es un conocimiento forzado por el crecimiento urbano y por las grandes construcciones; la ocasional destrucción de estas por obra de los sismos, obligó a revisar conceptos y tecnologías. Si se analiza la historia de la prevención sísmica en países como Japón, Estados Unidos, Italia, Nueva Zelanda y otros, las primeras medidas preventivas en la construcción de edificaciones se inician por imposición del Estado. Por ejemplo, en 1933 y como consecuencia del terremoto de Long Beach, se aprobaron dos leyes estatales en California: The Field Act, la cual concedía control sobre el diseño de escuelas públicas a la división de arquitectura del Departamento de Obras Públicas y The Riley Act, similar, de alcance más amplio, aún cuando menos estricto. Es en este año de 1933 cuando tiene lugar el primer código sísmico de la ciudad de Los Angeles, el cual fue acogido por el UBC en 1935, con un coeficiente sísmico constante (es curioso anotar que en este año la legislación acepta por primera vez el título de: "Ingeniero Estructural"). En años subsiguientes, tanto en Los Angeles como en San Francisco, se incorpora en el cálculo del coeficiente sísmico el número de niveles. La expresión para el cálculo del coeficiente sísmico:  $C = 0,60/(N+4,5)$  empleada desde 1943 y modificada en 1949 con la introducción de los espectros de respuesta, subsistió por años en muchas normas; su aplicación a edificios de muchos niveles está del lado de la inseguridad.

Con posterioridad al temblor de San Francisco del año 1957, el Comité de Sismología del SEAOC emprende la tarea de uniformar el código sísmico. Además del uso generalizado de espectros de diseño, se introduce explícitamente: el concepto de ductilidad, la tipificación de sistemas estructurales y se unifican los códigos existentes en el occidente de los Estados Unidos. En Diciembre de 1959 ya se edita la versión revisada del "Recommended Lateral Force Requirements" en su Manual of Practice, documento que fue ampliamente divulgado y recomendado hasta el inicio de la década de los 70. Finalmente y como consecuencia de los efectos del terremoto de San Fernando, en 1971, se establece el ATC, con la "crème de la crème" de la Ingeniería Sísmica, que ha moldeado las normas de muchos países a lo largo de las últimas dos décadas.

### 3.- ANTECEDENTES EN CENTROAMERICA

Al igual que en otras regiones del planeta, el progreso en las acciones preventivas contra las amenazas de la naturaleza es el resultado de la interacción entre los problemas locales, propios de cada país, y la experiencia acopiada en otras regiones. Esto es particularmente válido en las decisiones de Ingeniería propias de las acciones como las del viento y los terremotos.

De nuevo, en el caso particular de los sismos, la revisión de la colección de volúmenes del: "Earthquake Resistant Regulations. A World List", publicado cada 4 años en término medio desde 1956, da una idea general sobre la incorporación progresiva de normativas a nivel mundial. La revisión hecha arroja los resultados que se dan en la Tabla 2, los cuales no son exhaustivos en ninguna de las tres columnas de países que contiene la tabla. Por ejemplo, para la región de Centroamérica, la información que se da en la Tabla 3, siendo aún incompleta, es la mejor que se tiene a mano en este momento.

TABLA 2

NUMERO DE PAISES INCLUIDOS EN: "EARTHQUAKE RESISTANT REGULATIONS. A WORLD LIST", COMPILADO POR LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE INGENIERIA SISMICA (IAEE, TOKYO)

<b>AÑO DE LA EDICION</b>	<b>TOTAL DE PAISES INCLUIDOS</b>	<b>PAISES AMERICANOS</b>	<b>PAISES DE CENTRO AMERICA</b>
1963	19	5	0
1966	27	9	1
1973	28	9	1
1980	31	9	1
1984	34	11	2
1992	37	13	3
1996	43	14	4

**TABLA 3**

**INFORMACION DISPONIBLE SOBRE NORMATIVAS PARA EL DISEÑO SISMORRESISTENTE EN PAISES DE CENTROAMERICA (INCLUYE PROPOSICIONES QUE NO ALCANZARON NIVEL DE NORMA)**

<b>PAIS</b>	<b>DOCUMENTOS</b>
Panamá	Reglamento de Diseño REP-84 (Enero 1984) (Ref. 1) (1)
Costa Rica	Código Sísmico (Enero 1974) (Ref 2; 3); Código Sísmico de Costa Rica (1986) (Ref 4)
Nicaragua	Código / sísmico / para las Construcciones en el Area del Distrito Nacional (Enero 1973) (Ref. 5); Reglamento de Construcción (Mayo 1983) (Ref. 6)
El Salvador	Reglamento del Diseño Sísmico (Enero 1966) (Ref. 7); Reglamento de Emergencia de Diseño Sísmico de la República de El Salvador (Septiembre 1989) (Ref. 8); Norma Técnica para Diseño por Sismo y sus Comentarios (1994) (Ref. 9)
Honduras	
Guatemala	Normas sísmicas para Ciudad de Guatemala (1971) (Ref. 10); Propuesta de Código Sísmico, (1979); (Ref. 11); Normas Recomendadas, AGIES (1996) (Ref. 12)

(1) Existe una versión más moderna del Reglamento, REP-94, en la cual aún no se ha incorporado el mapa de zonificación sísmica.

En lo que se refiere a las otras acciones diferentes a las sísmicas, en la Tabla 4 se sintetizan criterios especificados en normativas o reglamentos vigentes. Las velocidades de viento indicadas son valores esperados a 10 m sobre el nivel del terreno en áreas sin irregularidades topográficas.

**TABLA 4**

**INFORMACION DISPONIBLE SOBRE ESPECIFICACIONES CONTRA VIENTO Y OTRAS AMENAZAS NATURALES (EXCLUIDO SISMO)**

PAIS	DOCUMENTO	ESPECIFICACIONES
Panamá	REP-84	<p>- <u>Viento</u>: Se especifican valores mínimos, distinguiendo zona Pacífico y Atlántico, no adecuados para simular tornados. <math>V_{min}</math> : 80 km/h (22 m/seg) en zona Pacífico y 100 km/h (28 m/seg) en zona Atlántico <math>V_{máx}</math> : 175 km/h (48 m/seg) en ambas</p>
Costa Rica	Reglamento de Construcciones	<p>- <u>Viento</u>: El país se divide en dos zonas con velocidades máximas de diseño de 120 km/h (33 m/seg)</p>
Nicaragua	Reglamento de Construcción	<p>- <u>Viento</u>: El país se divide en dos zonas. Litoral Atlántico y Litoral Pacífico/ Septentrional. Requerimientos establecidos en base a presiones en <math>kg/m^2</math></p> <p>- <u>Ceniza volcánica</u>: Sobrecargas para diseño de techos, en zonas aledañas a volcanes (<math>20 kg/m^2</math> en estado húmedo)</p>
El Salvador	Reglamento para la Seguridad Estructural	<p>- <u>Viento</u>: Según "Norma Técnica para Diseño por Viento"/no disponible/</p> <p>- <u>Taludes</u>: Se exige estabilidad de taludes según Norma Técnica</p> <p>- <u>Fallas Geológicas</u>: Identificación y ubicación de fallas activas. Disposiciones para el diseño de líneas vitales</p>
Guatemala	Norma de Construcción y Diseño Estructural	<p>- <u>Viento</u>: No hay norma, ni zonificación. En la práctica se aplica: 80 km/h (22 m/seg) en Altiplano y 110 km/h (31 m/seg) en las costas</p> <p>- <u>Taludes</u>: Criterios para construir en ladera</p> <p>- <u>Tsunami</u>: Comentario</p>

## 4.- COMPARACION DE REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO SISMORRESISTENTE

### 4.1.- ZONIFICACION SISMICA

En la Tabla 5 se anota la información recabada en las siguientes referencias: Panamá (Ref. 13), Costa Rica (Ref. 4), Nicaragua (Ref. 6), El Salvador (Ref. 8) Honduras (Ref. 17) y Guatemala (Ref. 12). Cuando no son dadas en forma explícita, las aceleraciones de diseño correspondientes a cada zona han sido inferidas a partir de los coeficientes sísmicos prescritos en la norma.

**TABLA 5**

**ZONIFICACION SISMICA Y ACELERACIONES DE DISEÑO (PERIODO DE RETORNO APROXIMADO: 500 AÑOS)**

PAIS	NUMERO DE ZONAS SISMICAS	ACELERACIONES DE DISEÑO					
		ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6
Panamá (1)	--	Curvas isoaceleración, entre 0,16g y 0,48g					
Costa Rica (1)	--	Curvas isoaceleración, entre 0,20g y 0,40g					
Nicaragua (2)	6	0,08g	0,14g	0,26g	0,31g	0,35g	0,45g
El Salvador	2	0,20g (3)	0,40g	--	--	--	--
Honduras	--	Curvas isoaceleración, entre 0,10g y 0,50g (Modelo II)					
Guatemala	3	--	0,10g	0,10g a 0,30g	Zona 4.1 y Zona 4.2 0,30g (4)		--

- (1) Mapas de isoaceleraciones; existe mapa de zonificación sísmica para Panamá citado en REP-94, pero no incluido en ese texto
- (2) Inferido de coeficientes sísmicos de diseño
- (3) 0,30 en la Ref. 9
- (4) Comentarios invitan a usar entre 0,35g y 0,40g

Con la información anterior se ha elaborado el Mapa 1, el cual sintetiza la zonificación sísmica a nivel regional; dicho mapa tiene carácter preliminar, pues está sujeto a revisión en el área de Panamá y falta información sobre Honduras. Dado que: (i) los niveles de aceleración adoptados en las diferentes normas no son coincidentes y; (ii) en algún caso la norma contiene mapas de isoaceleraciones, en el Mapa 1 se han seleccionado seis rangos de aceleración. Estos han estado esencialmente condicionados por los criterios del mapa de zonificación sísmica de Nicaragua. El Mapa 1 contiene el nivel de requerimientos para el Proyectista y es el resultado de ejercicios de predicción analítica, en base a modelos sismotectónicos respaldados por información geológica y sísmológica (incluidos los registros acelerográficos del área, disponible para el momento de la elaboración de los mapas). Es usual contrastar este tipo de síntesis con los efectos conocidos de sismos pasados, descritos en mapas de Intensidades de Mercalli (MMI). La Figura 11-12 de la Ref. 14 que se reproduce aquí, es un mapa generalizado de máximos valores asignados a MMI en tiempos históricos para la región estudiada, basado en la Ref. 15. Empleando las correlaciones entre IMM y aceleraciones máximas del terreno, indicadas en el Mapa 2, se ha obtenido la zonificación que se da en ese mapa, en las mismas unidades que el Mapa 1, esta es una zonificación fundamentada en los efectos conocidos de terremotos históricos.

## **4.2.- FACTORES DE IMPORTANCIA**

Escuelas y hospitales quedan generalmente agrupados como edificaciones esenciales, lo cual implica la mayoración de las acciones de diseño. Esto queda prescrito en las normas por los denominados Factores de Importancia o de Uso, en la Tabla 6 se comparan los criterios vigentes. Entre ellos destaca el correspondiente a las Normas Recomendadas en Guatemala (1996) (Ref. 12), la cual incorpora estrategias recientes encaminadas a la limitación de daños.

## **4.3.- CONDICIONES LOCALES DEL TERRENO**

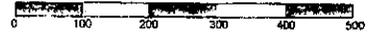
Las condiciones del subsuelo son tipificadas en términos de las características estratigráficas, asociando formas espectrales promedio para cada tipo de suelo. En la Tabla 7 se resume información propia de las normativas de la región. A diferencia de las advertencias usuales sobre licuefacción, en el código de Costa Rica se establecen explícitamente condiciones propensas a generar ese fenómeno y recomendaciones para las cimentaciones.

# MAPA N° 1

## AMERICA CENTRAL

DIVISION POLITICA Y ZONIFICACION SISMICA  
SEGUN DOCUMENTOS REFERENCIADOS

ESCALA APROXIMADA (KILOMETROS)



### DOCUMENTOS EMPLEADOS

GUATEMALA (REF. 12), EL SALVADOR (REF. 8); NICARAGUA (REF. 6);  
COSTA RICA (REF. 4), PANAMA (REF. 16), HONDURAS (REF. 17)

ZONA	ACELERACION MAXIMA (g)
	< 0,10
	0,10 - 0,19
	0,20 - 0,29
	0,30 - 0,34
	0,35 - 0,39
	0,40 - 0,45
	> 0,45

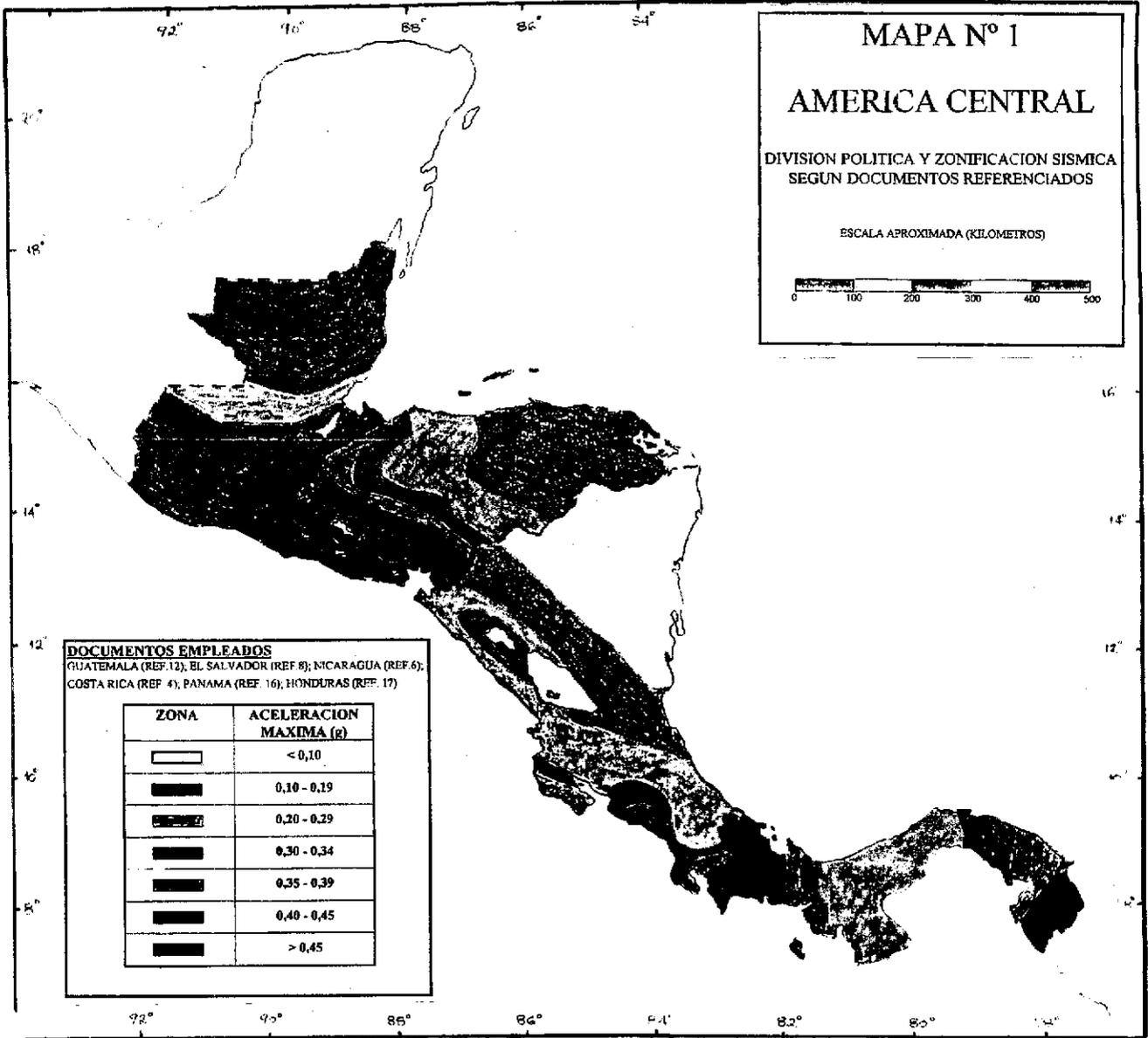
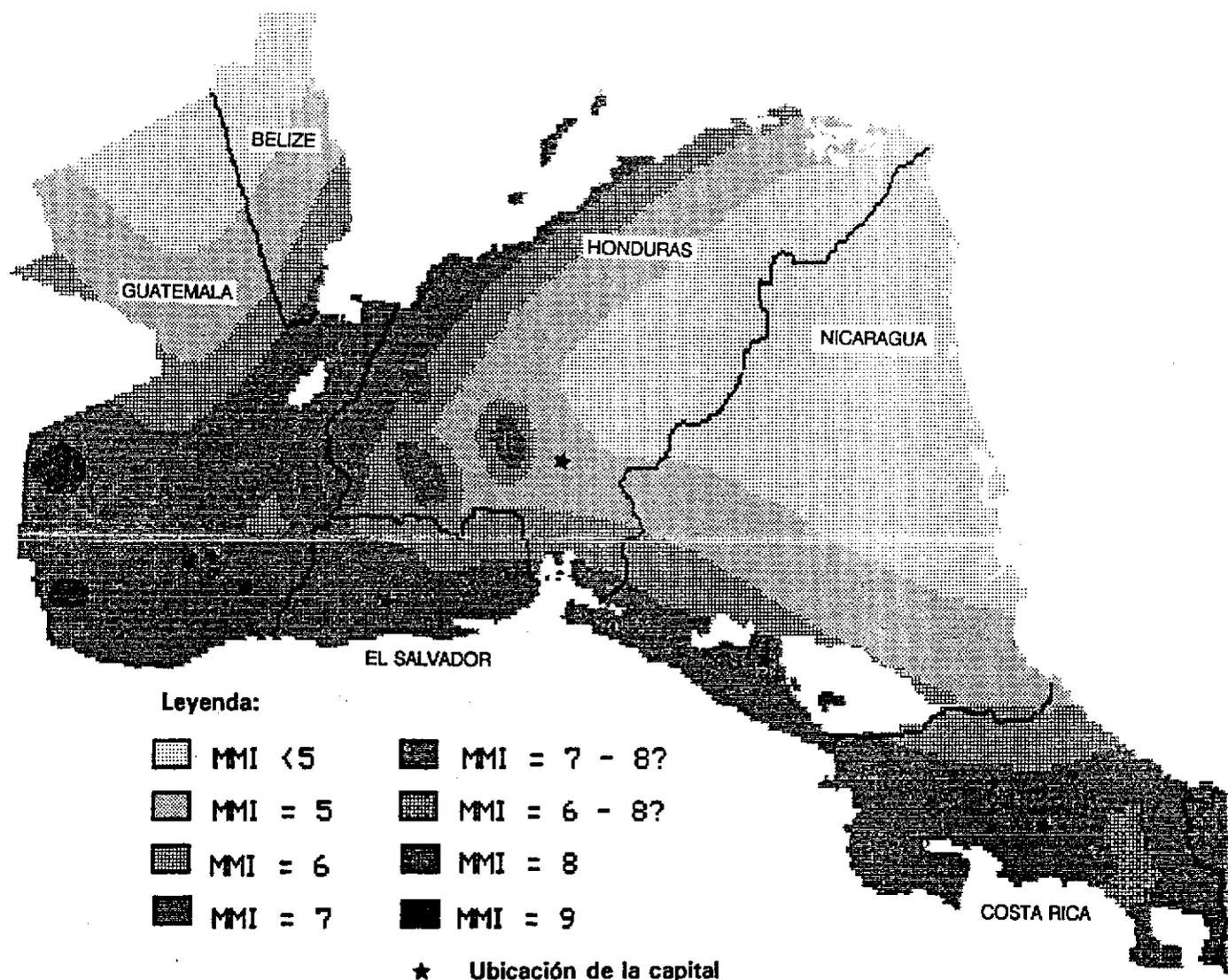
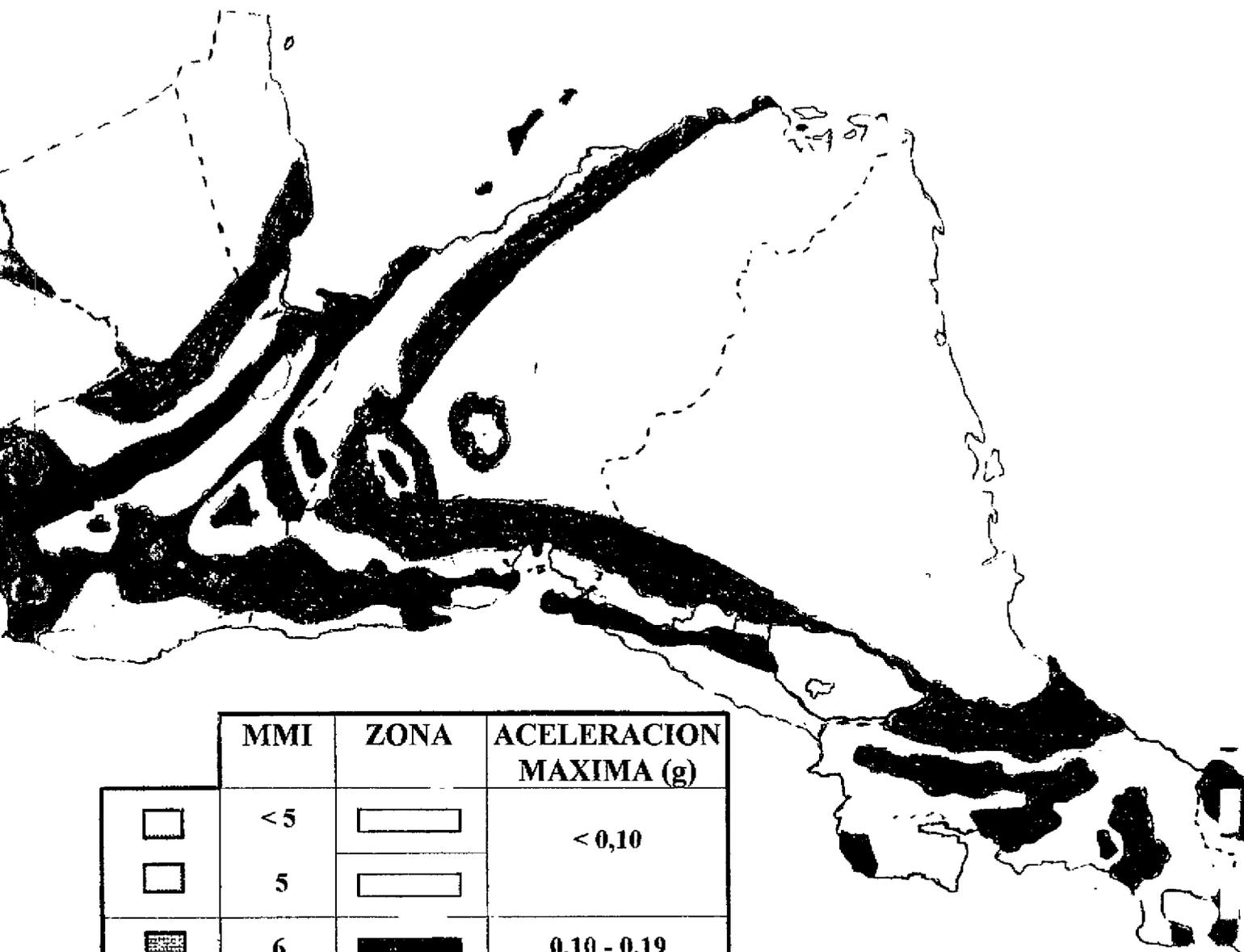


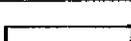
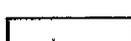
Figura 11-12

MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS EN AMERICA CENTRAL



Fuente: Basado en White, Randall A. Maximum Earthquake intensities in Central America (draft map) (Menlo Park, California, U.S. Geological Survey, 1988).



	MMI	ZONA	ACELERACION MAXIMA (g)
	< 5		< 0,10
	5		
	6		0,10 - 0,19
	7		0,20 - 0,29
	7 - 8?		0,30 - 0,40
	6 - 8?		0,20 - 0,29
	8		0,30 - 0,40
	9		> 0,40

**MAPA N° 2**  
**ZONIFICACION INFERIDA**  
**DE LA REFERENCIA 15**

**TABLA 6**

**FACTORES DE IMPORTANCIA O DE USO**

PAIS	NUMERO DE GRUPOS	FACTOR DE USO SEGUN GRUPO			
		ESENCIALES O PELIGROSOS	OCUPACION ESPECIAL	OCUPACION NORMAL	NO AFECTAN OTROS GRUPOS
Panamá	3	1,5	(1; 2)	1,0	?
Costa Rica	3	20% de excedencia en 100 años de vida útil: retorno 500 años (1)		Retorno 100 años (2)	Retorno 50 años
Nicaragua	3	--	1,26 (1; 2; 3)	1,0	0,83 - 0,90
El Salvador	3	1,5	(1; 2)	1,2	1,0
Honduras					
Guatemala	5	No hay valores numéricos. Se establecen "niveles de protección", los cuales condicionan el control de deriva y otras variables.			

- (1) Hospitales
- (2) Escuelas y Centros de Enseñanza
- (3) Hasta 1,46 en las zonas de menor peligro sísmico

**TABLA 7**

**CLASIFICACION DE LAS CONDICIONES LOCALES DEL TERRENO**

PAIS	PERFILES DE SUELOS TIPIFICADOS	
	NUMERO	OBSERVACIONES
Panamá	4	Uno de ellos es roca.
Costa Rica	3	Perfiles: Rocosos, suelo firme y blando. Se establecen condiciones propensas para licuación y recomendaciones de fundación. Cinco espectros para cada perfil tipificado, según tipo estructural.
Nicaragua	3	Suelos: duro, medio y blando. Advertencia sobre suelos licuables. Se distinguen 2 espectros: (i) suelos blandos; (ii) suelos medios y duros.
El Salvador	4	Caracterizados por espectros normalizados para cada tipo.
Honduras		
Guatemala	3	Tipificados siguiendo definiciones del ATC; espectros normalizados.

#### 4.4.- VALORES MINIMOS DEL COEFICIENTE SISMICO Y FACTOR MAXIMO DE DUCTILIDAD

Entre los diversos indices que caracterizan el nivel de exigencia en los Códigos, destacan: el valor mínimo del coeficiente sísmico ( $C_{mín}$ ) y el máximo valor del factor de ductilidad ( $D_{ma}$ ). Algunos de los valores que se dan en la Tabla 8 son resultado de la interpretación de requerimientos y están sujetos a revisión.

TABLA 8

VALOR MINIMO DEL COEFICIENTE SISMICOS ( $C_{mín}$ ) y MAXIMO FACTOR DE DUCTILIDAD ( $D_{ma}$ )

PAIS	$C_{mín}$	$D_{ma}$
Panamá		8
Costa Rica	0,08	6
Nicaragua	0,037	No especificados. El desplazamiento elástico es mayorado por un factor que alcanza el valor máximo 3, en pórticos dúctiles
El Salvador	0,10	$12/1,43 = 8,4$ (1)
Honduras		
Guatemala	~ 0,05	6,5 (Sistema Dual)

(1) Ref. 9

#### 4.5.- CALIDAD DE EJECUCION

En la Normas de Nicaragua se establece que la mala ejecución, la inspección de baja calidad, los sistemas estructurales de poca confiabilidad y las configuraciones no simétricas, son agravantes penalizados por un coeficiente de mayoración de fuerzas, que varía entre 1,3 y 1,4 aproximadamente. Si bien esta prescripción no es de fácil implementación a nivel de Proyecto, es un reconocimiento explícito a la importancia que esos parámetros tienen en la vulnerabilidad de las edificaciones a las acciones sísmicas.

## 5.- REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE INSTALACIONES ESCOLARES

La siguiente pregunta fue formulada a Ingenieros Proyectistas, activos en los diferentes países de Centroamérica:

“¿Cual sería el coeficiente sísmico de diseño, de una estructura para una edificación escolar, de concreto armado, de dos plantas, fundada en suelos competentes (firmes), ubicada en la zona de mayor peligrosidad del país, a ser diseñada por estados últimos (acciones sísmicas a nivel cedente)?” (Mayo 1996).

En la Tabla 9 se da una síntesis de las respuestas recibidas. Un análisis detallado de las diferencias de valores escapa al alcance del presente Informe; en todo caso, no son atribuibles a diferencias en la peligrosidad sísmica según se desprende de la Tabla 5 y del Mapa 1, sino a estrategias de prevención disímiles adoptadas en las normativas vigentes. Por ejemplo, y de una manera general, en la medida que el factor de ductilidad garantizado  $D_{ma}$  sea mayor, los daños esperados (aún sin alcanzar el estado de ruina) son mayores y el coeficiente sísmico de diseño es menor; en la Tabla 9, el Factor de Reducción  $R$ , puede considerarse igual a  $D_{ma}$ .

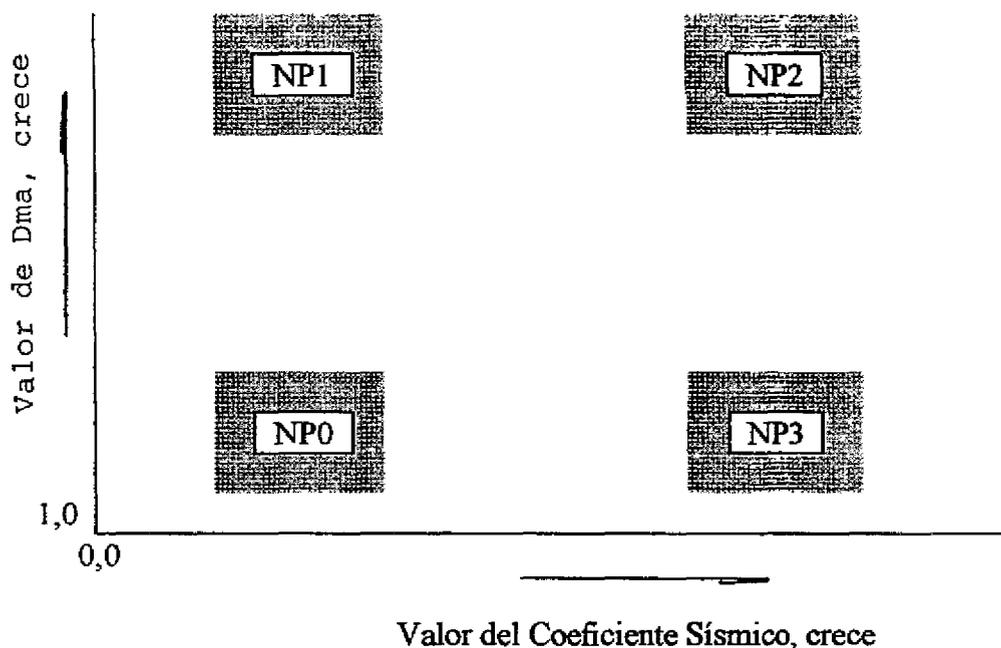
**TABLA 9**

**COEFICIENTE SISMICO PARA EL DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA INSTALACION ESCOLAR DE CONCRETO ARMADO, DE DOS PLANTAS, A SER CONSTRUIDA EN SUELOS COMPETENTES, UBICADA EN LA ZONA DE MAYOR PELIGROSIDAD SISMICA (DISEÑO DE MIEMBROS SEGUN ESTADOS ULTIMOS)**

PAIS	COEFICIENTE SISMICO	COMENTARIOS
Panamá	0,216	$R = 4$
Costa Rica	0,38	$A = 0,40g$ , $R \leq 6$
Nicaragua	0,244	$A \cong 0,45g$ ; Pórticos dúctiles
El Salvador (1)	0,14	$A = 0,40g$ , Detallado especial: $R = 12$
Honduras		
Guatemala	0,146	$A = 0,35g$

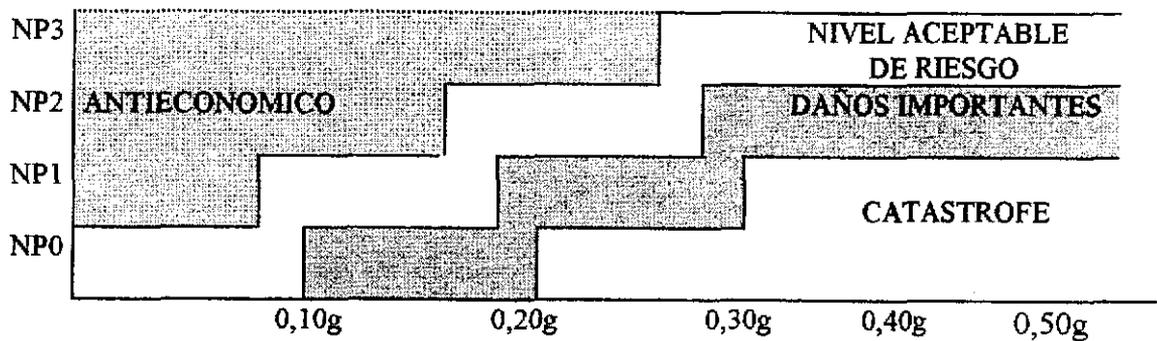
(1) Ref. 9; con la Ref. 8 se obtiene 0,156.

Puesto en forma gráfica e ignorando parámetros propios de la deformabilidad, en la Figura 1 se sintetizan cuatro estrategias extremas, implícitas o explícitas en el texto de la norma, aplicadas conscientemente o no por el Proyectista, propias de normativas vigentes o no, que finalmente condicionan el desempeño esperado de las construcciones en zonas sísmicas.



**FIGURA 1** ESTRATEGIAS EXTREMAS EN EL NIVEL DE PREVENCION SISMORRESISTENTE (NP): NP0 = CATASTROFE; NP1 = DAÑOS ESTRUCTURALES (EVENTUALMENTE IRREPARABLES); NP2 = ESTRATEGIA VIGENTE DE DISEÑOS ADECUADOS; NP3 = NO DAÑOS O DAÑOS MINIMOS (DISEÑOS ANTIECONOMICOS)

En el caso particular de las Edificaciones Escolares ubicadas en la región Centroamericana, la evaluación de la vulnerabilidad esperada debe tomar en consideración como mínimo los dos siguientes aspectos: (i) el Nivel de Prevención (NP) dado en la Figura 1, prevalente o probable en el momento de su proyecto y construcción, el cual ha cambiado en el tiempo según se infiere en la Tabla 3; (ii) la peligrosidad sísmica del sitio (Mapa 1 y Tabla 5). De nuevo en forma simplificada, el desempeño esperado se puede representar en la forma que se describe en la Figura 2.



Movimientos Sísmicos Máximos (Mapa 1)

**FIGURA 2** ESQUEMA DESCRIPTIVO DEL DESEMPEÑO ESPERADO DE EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO EN AREAS POTENCIALMENTE AFECTADAS POR MOVIMIENTOS SISMICOS; EN FUNCION DEL NIVEL DE PREVENCION (NP) DE LA FIGURA 1

Las Figuras 1 y 2, aquí referidas a la amenaza sísmica, son igualmente aplicables a otras amenazas de la naturaleza previa selección de los parámetros adecuados. En la Figura 2, las cuatro áreas de desempeño indicadas modelan un problema en el cual intervienen muchas variables.

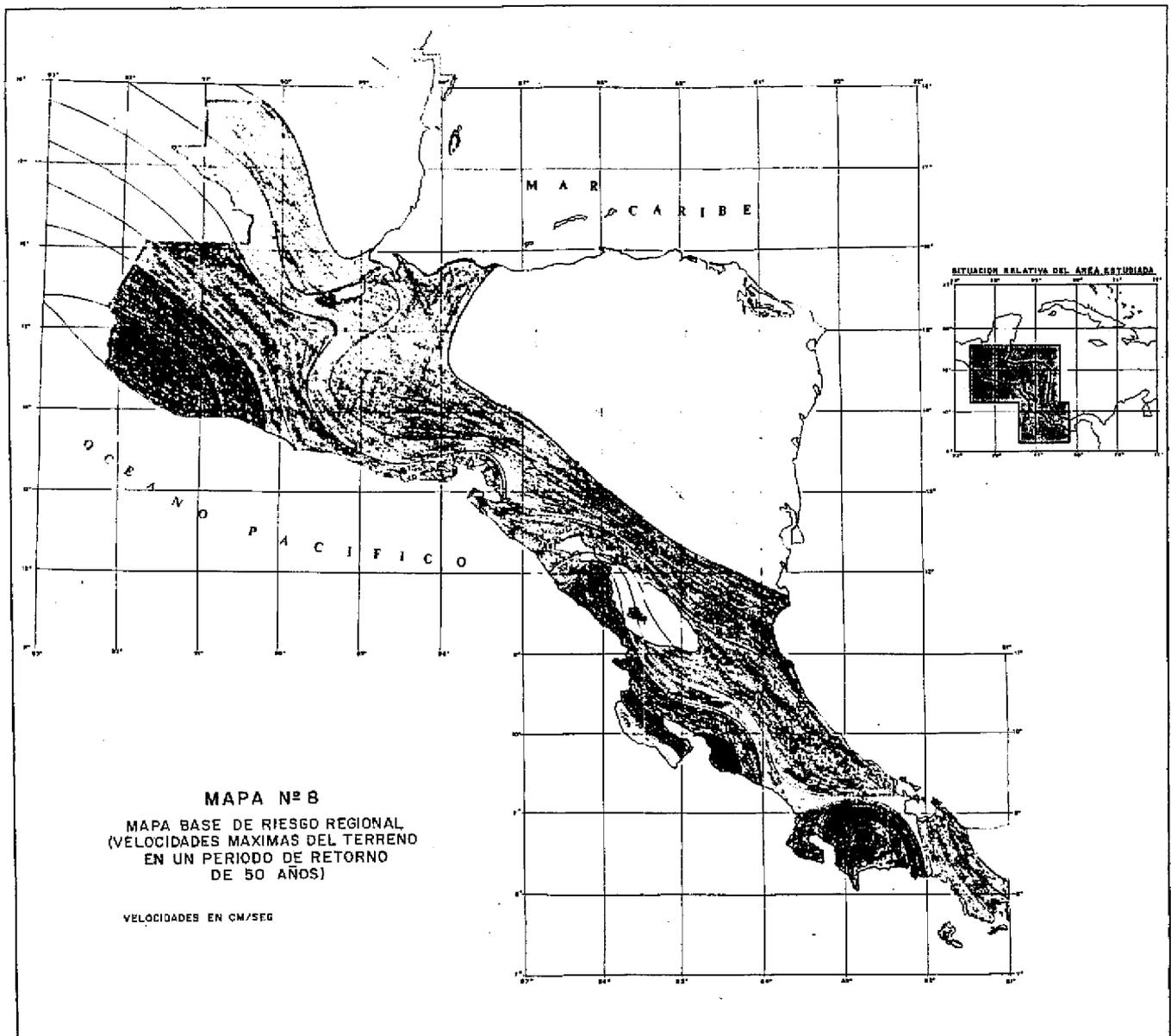
Aquellas edificaciones en las cuales el resultado de la evaluación las sitúe en el área designada como "CATASTROFE", ameritan intervención de tipo preventivo.

## REFERENCIAS

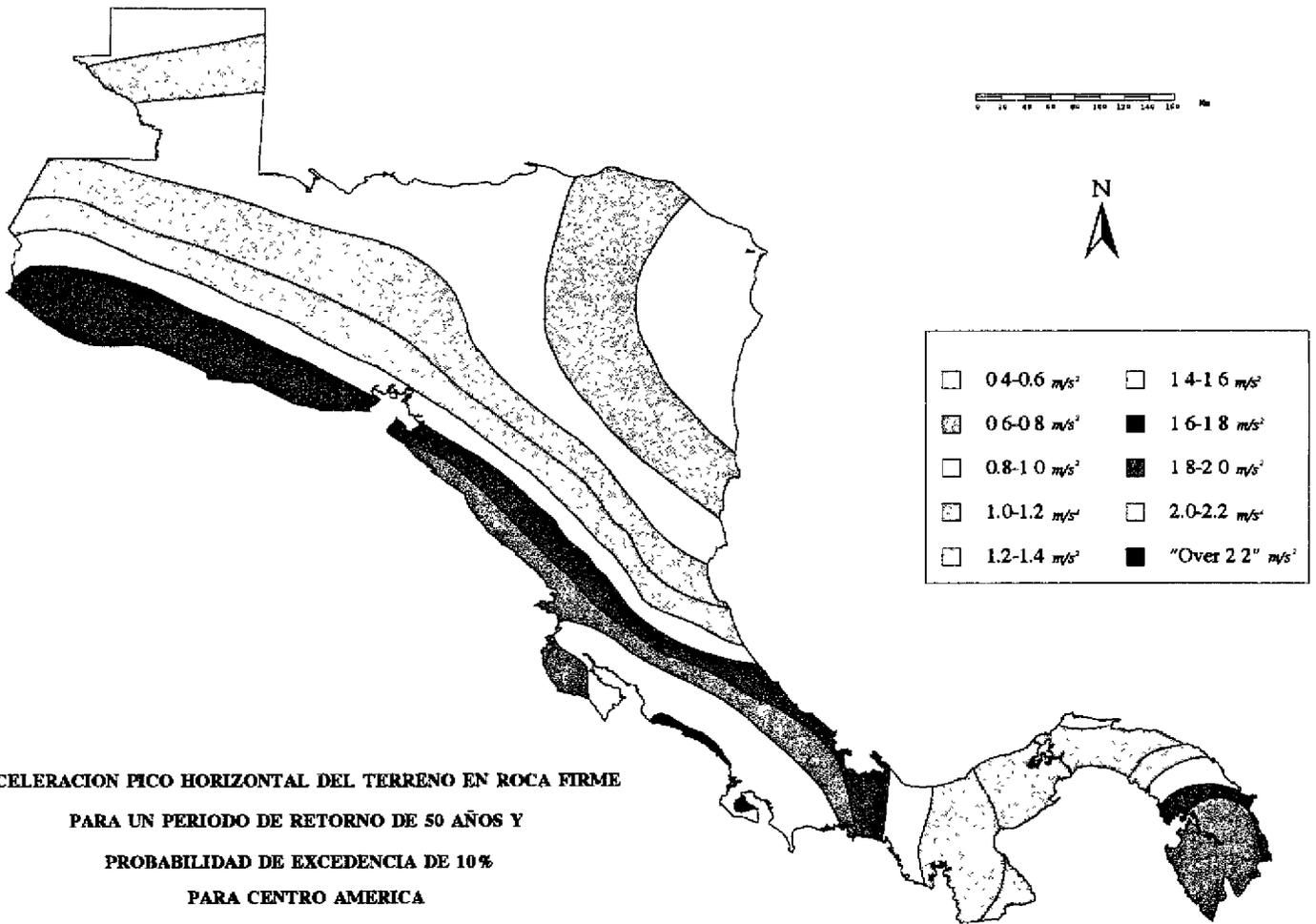
- 1 - JUNTA TECNICA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA, Ministerio de Obras Públicas (1984). Reglamento para el diseño estructural en la República de Panamá REP-84. Col de Ing. Civ y Soc Pan. de Ing. y Arq., Oct 1985, 102 p. / Incluye sismo y viento. ¿Sustituye REP-1976?/
- 2.- COLEGIO FEDERADO DE INGENIEROS Y DE ARQUITECTOS Código Sísmico de Costa Rica. San José, 1974 91 p
- 3.- GUTIERREZ, J. (1982). Earthquake Engineering activities in Costa Rica: A review. Earthq Infor Bull, 14: 1, 26-29.
- 4.- COLEGIO FEDERADO DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS DE COSTA RICA (1987). Código sísmico de Costa Rica. 1986 Edit Técn. de Costa Rica, n.n.
- 5.- ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE DE LA REPUBLICA DE NICARAGUA (1973) Código para las Construcciones en el Area del Distrito Nacional, Gaceta No. 15, Managua, 24 de Enero de 1973, 18p/Fija normas sísmicas de emergencia y es reproducido con el mismo título por la Aso. Cent. Cem. y Conc., Pub. Esp. Pe-16, s.f./.
- 6.- MINISTERIO DE VIVIENDA Y ASENTAMIENTOS HUMANOS (1983). Reglamento de Construcción. Reg. No. 2655, Decreto 504, Gobierno de Reconstrucción Nacional de la República de Nicaragua, 12 de Mayo de 1983./Incluye sismo y viento/.
- 7.- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS (1966) Reglamento de Diseño Sísmico. Diario Oficial No. 15, Tomo 210, 21 de Enero de 1966, República de El Salvador, 1-7.
- 8.- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS (1989). Reglamento de Emergencia de Diseño Sísmico de la República de El Salvador Diario Oficial, Tomo 304, 14 de Septiembre de 1989, San Salvador, 9-34. /Elaborado por ASIA/.
- 9.- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS (1994). Norma Técnica para Diseño por Sismo y sus Comentarios forma parte del "Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones", como propuesta de la reforma a la ley de Urbanismo y Construcción. El Salvador, 1994, articulado 26 p, Comentarios 28 p.

- 10.- UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA (1971). Normas Recomendables para Diseño Sísmico en la Ciudad de Guatemala (propuesta). Fac. Ing. y Muni. de la Ciudad de Guatemala, Noviembre 1971, 43 p.
- 11.- ZSUTTY, T. y SHAH, H. (1979). Previsiones para Diseño Sismorresistente Recomendadas para Guatemala. Construcción, No. 46, Julio-Agosto 1979, p 6-31/Reporte traducido al castellano por el Ing. A. Juárez, L /
- 12.- ASOCIACION GUATEMALTECA DE INGENIERIA ESTRUCTURAL Y SISMICA (1996). Normas Recomendadas. Normas Estructurales de Diseño y Construcción recomendadas para la República de Guatemala. AGIES, Guatemala, 1996 /no son normas oficiales/.
- 13.- CAMACHO, E., LINDHOLM, C , DAHLE, A and BUNGUM, H. (1994) Seismic Hazard for Panamá. Norsar, Kjeller 62 p.
- 14.- DEPARTAMENTO DE DESARROLLO REGIONAL Y MEDIO AMBIENTE, OEA (1993). Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Washington, D.C.
- 15 - WHITE, R.A. (1988) Maximum Earthquake Intensities in Central America (draft map). Menlo Park, USGS/citado en la Ref. 14/.
- 16.- CAMACHO, E. LINDHOLM, C , DAHLE, A. and BUNGUM, H (1994b). Seismic Hazard for Panamá Up date. Techn Rep No. 2-18, Norsar, July.
- 17.- KIREMIDJIAN, A., SUTCH, P. and SHAH, H. (1979). Seismic Harzard Analysis of Honduras. The John A. Blume Earthq Eng. Center, Report No. 38, December.

# **A N E X O S**



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



ACELERACION PICO HORIZONTAL DEL TERRENO EN ROCA FIRME  
 PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS Y  
 PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE 10%  
 PARA CENTRO AMERICA