

Microzonificación Sísmica del Gran Mendoza

*Por: Ing Juan Carlos Castano**

1 - Introducción:

El Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), está ejecutando las microzonificaciones de las ciudades más importantes de la extensa zona sísmica del país. Al presente, dos de estas microzonificaciones se han completado, las que corresponden a los conglomerados urbanos denominados Gran San Juan y Gran Mendoza, con poblaciones de 350.000 y 700.000 habitantes, respectivamente.

Estas dos ciudades han experimentado terremotos destructivos en distintas oportunidades, en sus más de cuatrocientos años de historia. El terremoto del 20 de marzo de 1861, que destruyó a la vieja ciudad de Mendoza, está considerado como el de mayor destructividad de los ocurridos en la Argentina, ya que mató a 6.000 personas sobre una población total de 18.000. Su epicentro fue localizado en el mismo lugar del reciente terremoto del 26 de enero de 1985, Ms=5,7, a 30 Km del centro de la ciudad, sobre una falla activa, denominada falla de Barrancas.

La ciudad de San Juan fue completamente destruída por el peor terremoto que afectó a la Argentina durante el presente siglo. Ocurrió el 15 de enero de 1944, Ms=7,4, dejando un saldo de 10.000 muertos sobre una población de 100.000 habitantes. Su epicentro se localizó a 20 Km de la ciudad, estando directamente relacionado con la falla activa de Nikizanga, de tipo inversa, que sufrió un desplazamiento vertical de 0,50 m.

La actividad sísmica en esta región está relacionada tectónicamente con la convergencia de las placas Sudamericana y de Nazca, como resultado de la cual, la placa de Nazca se subduce por debajo de la primera, la que es activamente deformada a lo largo de su amplio borde occidental, dando lugar a estructuras geológicas activas, alguna de las cuales constituyen fuentes de actividad sísmica que se ubican dentro de la zona de este estudio.

El elevado nivel de peligro sísmico resultante de este esquema tectónico asociado a la gran vulnerabilidad que presenta un importante número de construcciones existentes en estas ciudades, decidió al INPRES para realizar la microzonificación sísmica de ambos aglomerados urbanos, buscando como objetivo fundamental desarrollar las técnicas necesarias para reducir al mínimo el riesgo sísmico presente.

Toda esta investigación fue realizada con base en el análisis de la información referida a cuatro campos fundamentales de estudio : geotectónica, sismología, ingeniería de suelos y vulnerabilidad de las construcciones.

* Director Nacional del INPRES - San Juan - Argentina

En este trabajo se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la microzonificación sísmica del Gran Mendoza, destacando los aspectos más importantes a tener en cuenta para planificar una probable emergencia sísmica.

2 - Mapas de Peligro Sísmico

2.1 - Sismicidad histórica

La actividad sísmica en esta región se concentra en dos zonas principales, teniendo en cuenta las profundidades de los focos de los terremotos : la superficial, con hipocentros que no superan los 40 Km y la de subducción con los hipocentros concentrados entre los 100 y los 120 Km .

En la Tabla 1 se presentan los parámetros principales de los terremotos más importantes que afectaron al Gran Mendoza, destacándose, como se manifestara previamente, el gran terremoto del 20 de marzo de 1861.

TABLA 1. Parámetros sísmicos de los eventos más importantes que causaron daño en el Gran Mendoza.

Fecha			Coordenadas Hipocentrales			Magnitud	Imax.
D	M	A	Lat.(°S)	Long.(°W)	H (km)	Ms	M.M.
22	05	1782	33,0	69,2	30	7.0	VIII
20	03	1861	32,9	68,9	30	7.0	IX
19	08	1880	---	---	---	---	VII
27	10	1894	29,0	69,0	30	7.5	IX
12	08	1903	32,1	69,1	70	6.0	VIII
27	07	1917	32,3	68,9	50	6.5	VII
17	12	1920	32,7	68,4	40	6.0	VIII
14	04	1927	32,5	69,5	110	7.1	VIII
15	01	1944	31,4	68,5	30	7.4	IX
25	04	1967	32,7	69,2	45	5.6	VI
23	11	1977	31,0	67,8	13	7.4	IX
26	01	1985	33,1	68,8	12	5.4	VIII

2.2 - Fuentes Sísmicas Potenciales

El régimen de esfuerzos de esta región y, consecuentemente, su marco tectónico, está dominado por un sistema de compresión este-oeste que, generalmente, ha dado como resultado la formación de pliegues y de fallas inversas, con rumbo predominante norte-sur. Como conse

cuencia de estos grandes procesos dinámicos se han desarrollado importantes rasgos estructurales, destacándose sobre todos ellos la Cordillera de los Andes.

La Precordillera, situada al este de la cordillera principal y al oeste del Gran Mendoza, presenta un sistema actualmente activo que da lugar a numerosas fuentes sísmicas potenciales, alguna de las cuales atraviesan áreas urbanas densamente pobladas.

Se localizaron y caracterizaron en la región analizada, mediante estudios integrales de paleosismicidad, quince fallas activas o sistemas de fallas, algunas de ellas directamente relacionadas con terremotos históricos destructivos, como puede observarse en la Figura 1. Se estimó, a partir de las evidencias geológicas, para cada una de ellas, el terremoto potencial máximo y el intervalo promedio de retorno, valores que se presentan en la misma figura.

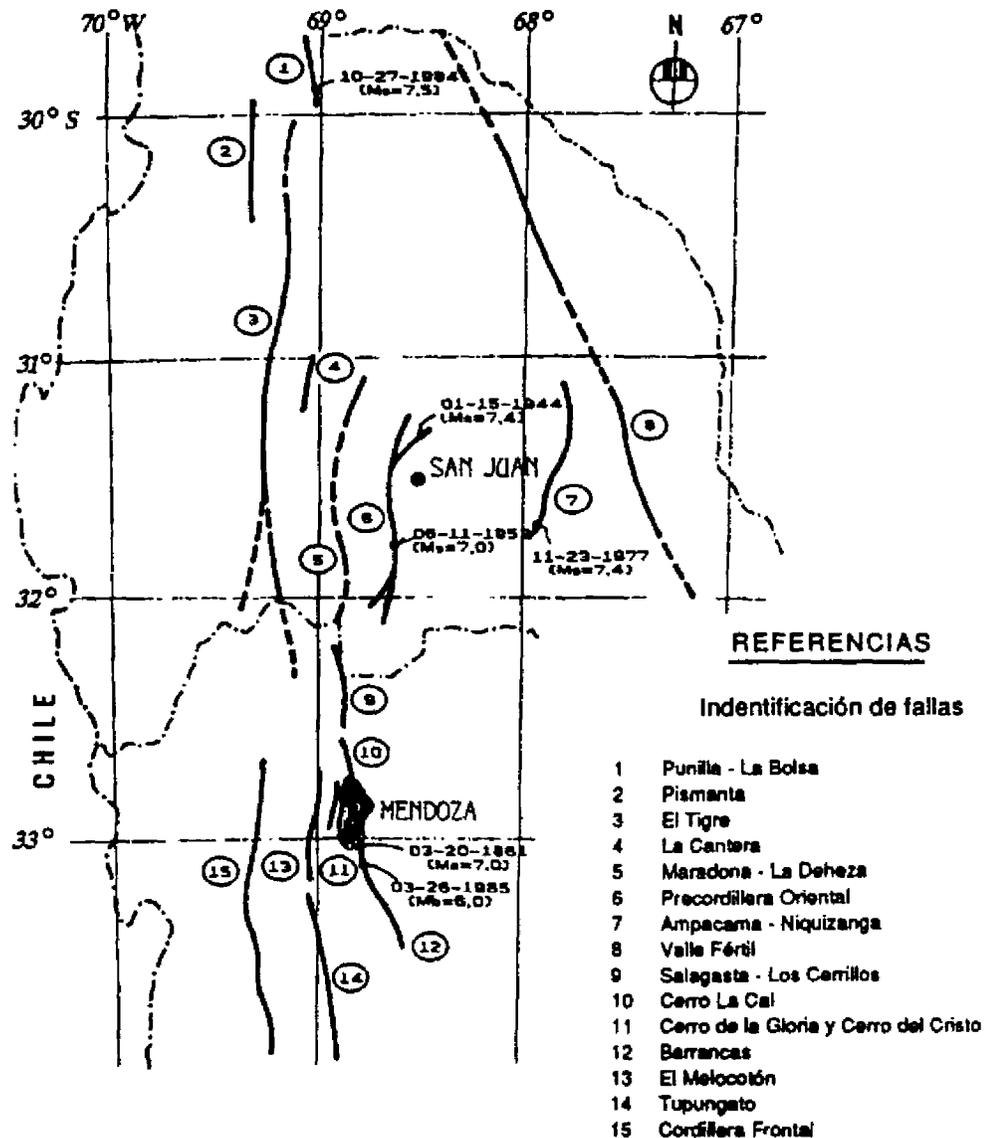


FIGURA 1: Fallas activas y terremotos históricos

2.3 - Relaciones de Atenuación

Si bien esta región corresponde a la de mayor actividad sísmica en la Argentina, no existen acelerogramas para terremotos de gran magnitud, con la sola excepción de un registro correspondiente al terremoto del 23 de noviembre de 1977, $M_s=7,4$. Los registros disponibles corresponden a sismos que no superan el grado 6 de magnitud.

Por tal motivo se han desarrollado relaciones de atenuación para valores máximos de aceleración, combinando los datos instrumentales disponibles con los correspondientes a intensidades sísmicas resultantes de terremotos históricos.

2.4 - Condiciones Locales del Suelo

Dos unidades geológicas muy bien definidas están presentes en el área del Gran Mendoza: los depósitos del cono aluvial del río Mendoza, que cubren la zona sur y sudeste, y la llanura aluvial, consistente en sedimentos más finos, ubicada hacia el norte y noreste, como puede apreciarse en la Figura 2. La separación entre ambas zonas no está definida por una línea, sino que existe lo que denominamos una zona de transición donde los sedimentos van pasando gradualmente de gruesos a finos.

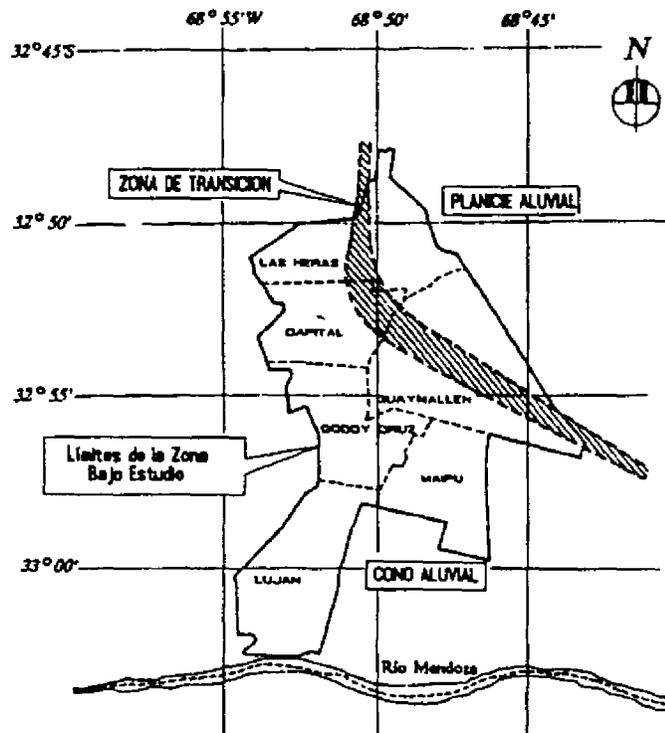


FIGURA 2: Distribución de las condiciones del subsuelo en el área bajo estudio

Los espesores de los materiales limosos y arcillosos que sobreyacen a los depósitos aluviales del río, no superan los 3 metros en la zona sur, incrementándose gradualmente hacia las zonas central y norte, alcanzando más de 20 metros, como fue observado en los pozos exploratorios. El espesor típico de estos sedimentos finos en la zona de transición varía entre 5 y 20 metros.

Los resultados de las pruebas de penetración estándar muestran que, en general, los sedimentos aluviales varían en su compactación desde compactos a sueltos.

Se adoptó una clasificación de las condiciones del suelo, diferenciando dos categorías, de acuerdo con el siguiente criterio: a) Roca y Suelo Firme: consiste en depósitos superficiales de limos y arenas finas con espesores variables entre 0 y 20 m, yacentes sobre roca o depósitos densos a muy densos del piedemonte o del río Mendoza y b) Suelo Profundo: consiste en limos, arenas finas y arcillas, que se extienden por más de 20 m debajo de la superficie, hasta alcanzar la roca o los depósitos aluviales del río.

Con el objeto de investigar una posible correlación entre las condiciones del subsuelo, los daños provocados por el terremoto del 26 de enero de 1985 y las aceleraciones registradas, se realizó un análisis especial incrementándose las perforaciones en las áreas donde se observó una marcada concentración de daños y donde estaban ubicados los acelerógrafos. Los resultados no mostraron evidencias que permitieran relacionar ni los daños ni tampoco las aceleraciones máximas registradas con las condiciones del subsuelo.

2.5 - Mapas de Peligro sísmico

Siguiendo la metodología desarrollada por Cornell y perfeccionada por diferentes autores, se estimó el peligro sísmico, entendido como la probabilidad de que, en un sitio dado, se supere un cierto valor de movimiento del suelo, z , en un intervalo de tiempo determinado, t , como consecuencia de la ocurrencia de un terremoto en una fuente sísmica asociada al mencionado sitio.

$$P(Z > z | t) = 1 - e^{-\gamma(z) t} < \gamma(z) t \quad (1)$$

donde $\gamma(z)$ es la frecuencia promedio durante el periodo de tiempo t en el cual el parámetro Z del nivel de movimiento del terreno excede a z en el sitio, a partir de los terremotos de todas las fuentes de la región. La desigualdad a la derecha de la ecuación 1 es válida sin tener en cuenta el modelo correcto para la ocurrencia de terremotos, y $\gamma(z).t$ brinda una estimación correcta y ligeramente conservativa del peligro para probabilidades de 0,1 o menor, considerando que $\gamma(z)$ es el valor apropiado para el periodo de tiempo de interés.

La frecuencia de excedencia $\gamma(z)$ es función de la incertidumbre en el tiempo, tamaño y ubicación de futuros terremotos, y de la incertidumbre del nivel de grandes movimientos que puedan producirse en el sitio. Se determina según la expresión:

3- CARACTERISTICAS DE LAS CONSTRUCCIONES EXISTENTES EN EL AREA DE ESTUDIO

Se hace una breve descripción de los diferentes tipos de construcciones existentes en el área del Gran Mendoza teniendo en cuenta las características de los materiales utilizados, técnicas de construcción y los tipos estructurales predominantes.

3.1 Construcciones con previsiones sismorresistentes

Aquí se consideran aquellas construcciones ejecutadas siguiendo prescripciones específicas de códigos de construcción, con el propósito de asegurar su resistencia ante cargas sísmicas.

Los edificios de un piso, y la mayoría de dos pisos, se diseñan y construyen utilizando muros portantes de mampostería como planos resistentes a cargas horizontales. Estos muros portantes se construyeron formando paneles de mampostería de ladrillos macizos (comunes) o cerámicos huecos y en algunos casos bloques huecos de hormigón, confinados con columnas y vigas de encadenado de hormigón armado. En algunos edificios bajos, construidos antes de 1970, es frecuente la ausencia de algunos de estos elementos de confinamiento.

En lo referente a edificios de varios pisos en el Gran Mendoza, la solución adoptada consiste en pórticos de hormigón armado distribuidos en la mayoría de los casos, en dos direcciones ortogonales. Existen también algunos edificios con muros sismorresistentes de hormigón armado o con una combinación de pórticos y muros como estructura resistente ante cargas laterales.

3.2 Construcciones sin previsiones sismorresistentes

Las construcciones de adobe constituyen la mayor parte de este tipo de construcciones. El comportamiento de este tipo de estructuras durante el sismo de 1985 fue malo, lo cual era previsible, demostrando una vez más la ineptitud de este material para ser usado en zonas sísmicamente activas.

En el área del Gran Mendoza existe una cantidad significativa de construcciones del tipo mixto, es decir, algunos muros construidos de adobe y otros de ladrillos macizos. El comportamiento de este tipo de estructuras fue tan malo como el observado en las construcciones de adobe.

Dentro de esta categoría de construcciones no sismorresistentes, se pueden incluir también aquellas construidas con mampostería simple, es decir sin elementos confinantes de hormigón, las cuales son numerosas en la zona bajo estudio. En general, estas últimas sufrieron daños, aunque no tan severos como las construcciones de adobe y mixtas.

4- RELEVAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD

Se realizó un relevamiento de las construcciones existentes en el área bajo estudio, determinando al mismo tiempo todas las características necesarias para evaluar su vulnerabilidad.

A fin de conocer rápidamente el número de construcciones de acuerdo con su distribución geográfica, se realizó un relevamiento previo, usando la información procedente del Banco de Información Catastral (B.I.C.). Conociendo la dimensión del universo en el área estudiada, se adoptó el tamaño de la muestra de manera de obtener un nivel de significación del 95%, para un margen de error del 1%.

El formulario diseñado para la encuesta se hizo teniendo en cuenta el propósito fundamental de la investigación, es decir, determinar las características sismorresistentes de las construcciones. Durante la encuesta se relevaron 9.306 construcciones de un total de 132.000, lo que significa un 6,7% del universo. Toda la información obtenida fue procesada y luego archivada.

Las construcciones se agruparon en sismorresistentes y no sismorresistentes. Tanto las construcciones de adobe como las mixtas se las clasificó como no sismorresistentes, independiente de otro tipo de consideración. Al resto de las construcciones, la mayoría de las cuales son de mampostería, se las evaluó individualmente y luego se las clasificó en base a los datos obtenidos de la encuesta, de acuerdo con el criterio de los profesionales encargados de esta tarea.

Los resultados de un primer procesamiento de los datos se ordenó para cada departamento, separados por sección catastral y totalizados para cada distrito. Los mismos muestran que un 63% del total de las construcciones son sismorresistentes, mientras que un 37% corresponde a las no sismorresistentes (ver Tabla 3).

5- DETERMINACION DEL RIESGO SISMICO

5.1 Determinación del daño

Considerando que el principal objetivo de este estudio es el uso de los resultados en planes de emergencia para la prevención de desastres (defensa civil), se decidió utilizar como indicador del daño, posibles colapsos que pudiesen producir pérdidas de vida o dejar a las personas sin hogar, sin tener en cuenta pérdidas económicas probables.

Por lo tanto, de aquí en adelante en este estudio, al referirnos al daño, el mismo deberá asociarse con el colapso parcial y/o total de los elementos estructurales, tales como: muros u otros elementos portantes, techos, etc., cuya falla afecte severamente a la estructura, poniendo en peligro la seguridad de sus ocupantes.

Con el propósito de estimar el daño potencial asociado a cada tipo de construcción, para un conjunto dado del movimiento del terreno y condiciones del subsuelo, es necesario determinar una relación directa entre la severidad del movimiento y el daño. En este caso se utilizó la aceleración máxima del terreno como medida de la severidad del movimiento ya que éste era el

único parámetro disponible, aunque en la actualidad es bien sabido que este valor, por sí solo, no es el más adecuado para interpretar los daños asociados. Debido al hecho de que en la región estudiada no se observó una relación clara entre las condiciones del subsuelo y la distribución de daños (2.4), no se tomó en cuenta este parámetro.

En base a los resultados del análisis de peligro sísmico para la probabilidad de excedencia adoptada en este estudio (10% en 50 años), y el comportamiento de las construcciones existentes en el área, se adoptaron los siguientes rangos de amplitudes (en términos de aceleración máxima) como los más adecuados para representar la severidad del movimiento del terreno:

Rango 1: desde el 10% al 30% g

Rango 2: desde el 30% al 40% g

Rango 3: desde el 40% al 50% g

Rango 4: mayor que 50% g

Teniendo en cuenta que luego del sismo de Mendoza del 26-1-85 se obtuvieron los índices de daño, definidos como:

$$ID = \frac{\text{No. de construcciones de adobe dañadas total o parcialmente}}{\text{Número total de construcciones de adobe}}$$

se estudió una ecuación que pudiese relacionar la aceleración máxima del terreno con los índices de daño, referida solamente a las construcciones de adobe y mixtas, resultando:

$$ID = -0,08 + 1,81 a_{max}/g \quad (3)$$

Esta relación también representa bastante bien el comportamiento de este tipo de estructuras durante el sismo de Concepción (Chile) en mayo de 1960, en el de Skopje (Yugoeslavia) el 26 de julio de 1963 y en el de Cauçete (San Juan, Argentina) el 23-11-77.

En lo referente a las construcciones sismorresistentes, de acuerdo con la filosofía de diseño, no debería ocurrir el colapso para ninguno de los rangos de movimiento del terreno seleccionados. No obstante, con el fin de considerar la incertidumbre debida a diferentes factores que podrían afectar a la seguridad de la construcción (tales como aquellos factores que dependen del diseño, materiales de construcción utilizados, etc.), se supone que un número reducido de construcciones de este tipo (estimado en un 2% para el rango 3 y en un 5% para el rango 4) colapsarán.

La Tabla 2, la cual en realidad no es otra cosa que una matriz de daños, resume todo lo expuesto hasta el momento.

Con el propósito de simplificar la interpretación de los resultados, se adoptó la siguiente clasificación respecto a la caracterización del daño potencial.

TABLA 2. Rango de movimiento del terreno vs. construcciones dañadas (en %)

Tipo de Construcción	Construcciones Dañadas			
	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4
Tipo I: No sismorresistente	30 %	45 %	55 %	70 %
Tipo II: Sismorresistente	0	0	2 %	5 %

DB = Daños Bajos: del 0 al 5% de las construcciones sufrirán colapso parcial o total.

DM = Daños Moderados: del 5 al 25% de las construcciones sufrirán colapso parcial o total.

DI = Daños Importantes: del 25 al 50% de las construcciones sufrirán colapso parcial o total.

DA = Daños Altos: del 50 al 75% de las construcciones sufrirán colapso parcial o total.

DMA = Daños Muy Altos: del 75 al 100% de las construcciones sufrirán colapso parcial o total.

Se analizó cada distrito de cada departamento, considerando: 1) el rango o rangos probables de movimiento del terreno al cual estaría sometido, 2) la caracterización de las construcciones existentes dentro de sus límites y 3) la matriz de daño, la cual determina el porcentaje probable de construcciones dañadas para cada tipo de construcción y para los diferentes rangos de movimiento del terreno.

Los resultados se tabularon para cada departamento del Gran Mendoza, detallados por distrito (Tabla 3). La Figura 4 resume estos resultados.

Se realizó un análisis de los daños probables en las construcciones para toda la zona bajo estudio, dando como resultado que, para las condiciones existentes en el área, el porcentaje probable de construcciones dañadas para la probabilidad de excedencia adoptada, es de 25%, esto es, un potencial de daño en el límite entre Daños Moderados (DM) y Daños Importantes (DI).

Se efectuó una estimación de la cantidad de escombros a ser removidos. Adoptando una construcción promedio de 60m², y considerando que un tercio de la misma colapsará, deberán removerse 1.000.000 toneladas de escombros después del terremoto.

5.2 Pérdidas humanas

Se define en esta sección una razón de pérdidas humanas (RPH), como el porcentaje medio de pérdidas probables referido al número total de habitantes.

Para evaluar la RPH, se analizaron los dos últimos terremotos más destructivos en la región. El terremoto del 15-01-1944 (Ms=7,4), con su epicentro ubicado a 15 km de la ciudad de

San Juan (5.000 muertos en una población de 100.000 habitantes), registró RPH=5%. Para este caso, más del 90% de las construcciones eran de adobe. El terremoto del 23-11-1977 ($M_s=7,4$), con epicentro a 50 km de la ciudad de Cauce (70 muertos en 23.000 habitantes), registró una RPH=0,3%. En ese momento, aproximadamente dos tercios de las construcciones eran no sismorresistentes.

Para definir la RPH en el Gran Mendoza, se adoptó la amplitud máxima del movimiento del terreno correspondiente a una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años. A partir de este resultado se determinaron los rangos de movimiento del terreno (Tabla 2) y se estimó el número probable de construcciones dañadas.

Para determinar el número de pérdidas en función del número de construcciones, se consideró el hecho de que las fallas activas se encuentran en los alrededores o dentro del área poblada del Gran Mendoza (distancia epicentral entre 5 y 20 km). Esto produciría una situación similar a la del terremoto del 20-03-1861, donde 6.000 personas murieron de un total del 18.000 debido al corto tiempo que dispusieron para abandonar sus casas. Por esa razón se consideraron un muerto y cinco heridos por cada cinco construcciones dañadas. Los resultados se resumen en la Tabla 3.

Combinando el número total de pérdidas probables obtenido y el número de habitantes, resulta una RPH=1%.

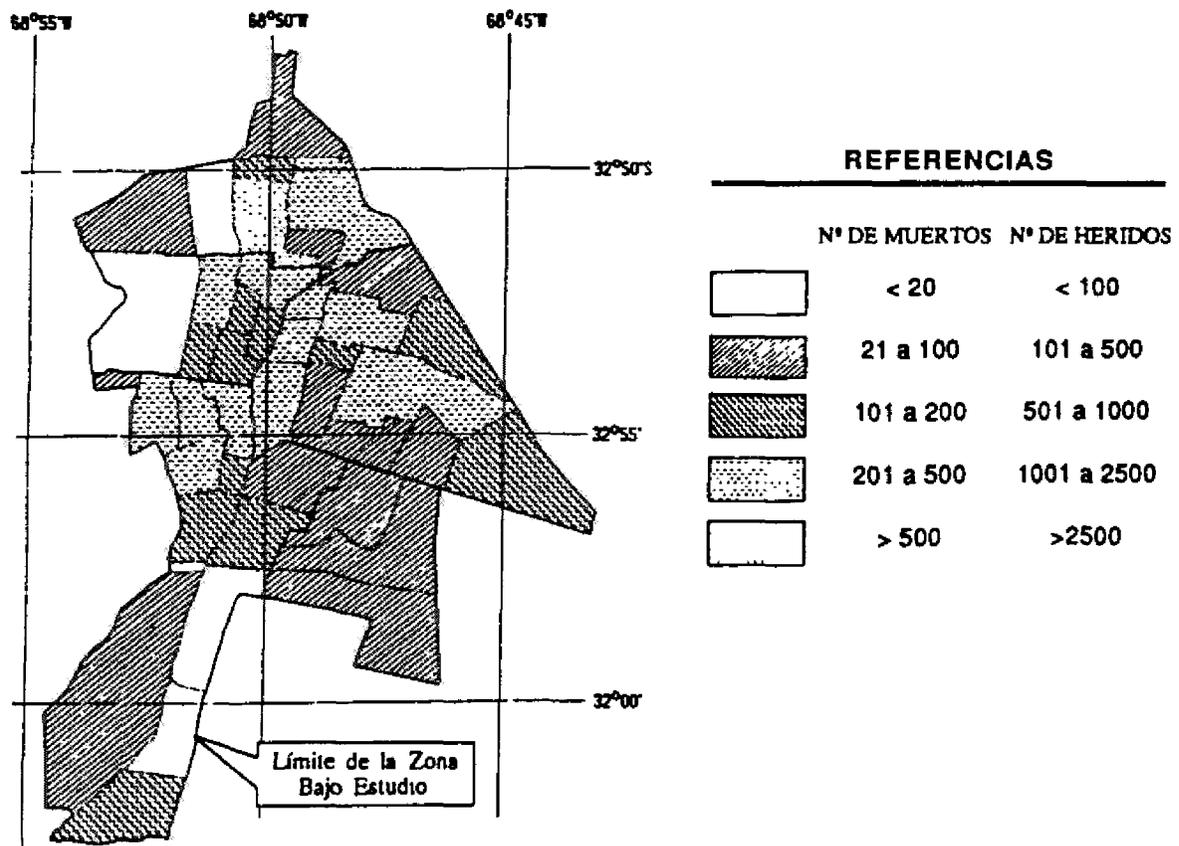


FIGURA 4: Distribución probable de pérdidas humanas.

TABLA 3. Determinación del daño y pérdidas humanas.

DEPARTAMENTO	DISTRITO	CONSTRUCCIONES			NUMERO PROBABLE DE				
		N (*)	S (*)	N.S. (*)	CONSTRUCCIONES DAÑADAS		PERDIDAS HUMANAS		
					(%)	N(*)	M(*)	H(*)	
GUAYMALLEN	Dorrego	7.494	62%	38%	24%	1.799	360	1.799	
	San Jose	3.681	45%	55%	41%	1.500	302	1.500	
	Pedro Molina	2.546	39%	61%	45%	1.146	229	1.146	
	Bermejo	866	57%	42%	32%	277	55	277	
	Gral. Belgrano	5.098	47%	53%	37%	1.886	377	1.886	
	Buena Nueva	1.115	31%	69%	50%	558	112	558	
	Nueva Ciudad	1.986	37%	63%	35%	695	139	695	
	Villa Nueva	8.990	79%	21%	14%	1.259	252	1.259	
	Arredondo	2.324	64%	36%	21%	488	98	488	
	San Fco. del Monte	196	29%	71%	40%	78	16	78	
	J.Nazareno	276	41%	59%	33%	91	18	91	
	Rodeo de la Cruz	2.795	46%	54%	35%	978	196	978	
GUAYMALLEN	Parcial	37.367	57%	43%	29%	10.764	2.154	10.764	
	Ciudad	17.710	60%	40%	26%	4.605	921	4.605	
GODOY CRUZ	San Fco. del Monte	2.457	93%	7%	6%	147	29	147	
	Las Tortugas	4.795	82%	18%	12%	575	115	575	
	Gober. Benegas	4.671	79%	21%	13%	607	121	607	
	Pre Sarmiento	2.147	97%	3%	6%	129	26	129	
	Parcial	31.780	71%	29%	19%	8.063	1.212	8.063	
GODOY CRUZ	Parcial	31.780	71%	29%	19%	8.063	1.212	8.063	
	LAS HERAS	El Algarrobal	713	45%	55%	41%	292	58	292
	El Resguardo	628	48%	52%	39%	245	49	245	
	El Chaillo	3.134	99%	1%	6%	188	38	188	
	La Cienaputa	354	74%	26%	22%	79	16	78	
	Panquehus	1.356	32%	68%	49%	664	133	664	
	Ciudad	7.678	47%	53%	39%	2.994	599	2.994	
	El Plumerillo	3.957	61%	39%	30%	1.187	237	1.187	
	El Zapallar	2.411	85%	15%	15%	362	72	362	
	Parcial	20.231	62%	38%	30%	6.010	1.202	6.010	
LAS HERAS	Lujan	Ciudad	4.262	64%	36%	16%	682	136	682
	La Puntilla	426	53%	47%	21%	89	18	89	
	Chacras de Coria	982	54%	46%	21%	206	41	206	
	Mayor Drummond	370	54%	46%	21%	78	16	78	
	La Carrodilla	1.997	90%	10%	5%	95	19	95	
	Lujan	Parcial	7.937	68%	32%	14%	1.150	230	1.150
	MAIPU	Ciudad	5.854	56%	44%	20%	1.171	234	1.171
MAIPU	Gutierrez+Luzuriaga	6.019	59%	41%	21%	1.264	253	1.264	
MAIPU	CAPITAL	Parcial	11.873	58%	42%	21%	2.435	487	2.435
	PRIMERA	1.838	60%	40%	31%	570	114	570	
	SEGUNDA	2.789	74%	24%	21%	575	115	575	
	TERCERA	2.060	48%	52%	39%	799	160	799	
	CUARTA	5.616	51%	49%	37%	2.069	414	2.069	
	QUINTA	4.110	73%	27%	23%	927	185	927	
	SEXTA	6.575	72%	28%	23%	1.525	305	1.525	
CAPITAL	Parcial	22.988	64%	36%	28%	6.465	1.293	6.465	
GRAN MENDOZA	TOTAL	132.176	63%	37%	25%	32.887	6.578	32.887	

*

N Número
 S. Sismorresistente
 N.S. No Sismorresistente
 M Muertos
 H Heridos

6- CONCLUSIONES

El 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, el cual se usa en Argentina como la aceleración máxima más probable en el diseño sismorresistente de estructuras convencionales, varía entre 0,40g y 0,60g en el área estudiada.

De un total de 132.000 construcciones existentes, el 63% son sismorresistentes y el 37% restante son no sismorresistentes.

El porcentaje probable de construcciones dañadas para la probabilidad de excedencia adoptada, es 25%, esto es, un potencial de daño en el límite entre Daños Moderados (DM) y Daños Importantes (DI). Aproximadamente 1.000.000 de toneladas de escombros deberán ser removidas después del terremoto.

El número total de pérdidas probables para la probabilidad de excedencia adoptada será de aproximadamente 6.600 muertos y 33.000 heridos.

REFERENCIAS

- Castano, J.C. y Zamarbide, J.L., 1991, Fuentes sismogénicas, sismicidad histórica y peligro sísmico en la región centro-oeste argentina. Revista Geofísica del I.P.G.H. Nº 34, 1991.
- INPRES, 1985. El terremoto de Mendoza, Argentina del 26 de enero de 1985. Informe General, República Argentina.
- INPRES, 1990. Microzonificación Sísmica del Gran Mendoza, Argentina, tomos I a VII. (En prensa).
- Steinbrugge, K.V.; Algermissen, S.T. and Lagorio, H.J., 1984, Determining monetary losses and casualties for use in earthquake mitigation and disaster response planning. VIII WCEE. VII:615-622.
- Zamarbide, J.L. and Castano, J.C., 1992, Analysis of the January 26, 1985 Mendoza earthquake effects and of their possible correlation with the recorded accelerograms and soil condition. Tectonophysics 218 (1993) 221-235.

ELKIN SALCEDO HURTADO
INGEOMINAS, Area de Geofísica, Santa Fe de Bogotá - Colombia

ZONIFICACION SISMICA DEL TERRITORIO DE COLOMBIA
ESTIMACION DE M_{max} DE TERREMOTOS CON AYUDA DEL PROGRAMA
"GEO"

El programa GEO fue diseñado y puesto en práctica por especialistas rusos del Instituto de Problemas de Transmisión de la Información de la A.C. de Rusia, del Instituto de Física de la Tierra de la A.C. de Rusia y del Instituto de Investigaciones Geólogo-Geofísicas de Rusia "VNIIGEOFIZICA" para resolver problemas de pronósticos y análisis de campos geofísicos.

Principalmente el programa puede ser usado para resolver problemas de investigación de parámetros y reconocer elementos estructurales y de un conjunto de características que directa o indirectamente reflejan las particularidades estructurales y procesos que ocurren dentro del medio. El sistema asegura; buen conocimiento de datos; entrada, edición, mapeo y análisis de las características de los campos, cálculo de características secundarias de los campos, los cuales pueden ser considerados como función de estructuras lineales, eventos geofísicos; revelador de las regularidades empíricas de datos y conocimientos, incluyendo facilidades de explicación y argumentación; y reconocimiento de estructuras geológicas.

En el presente trabajo se utiliza el programa GEO para el análisis de las regularidades de la sismicidad y pronóstico de M_{max} a largo plazo en el territorio de Colombia, el cual consiste de estructuras de alta actividad tectónica e incluye una gran heterogeneidad en el régimen de deformación de la corteza. La evaluación de M_{max} de los terremotos en el territorio de Colombia se realiza por medio del análisis e integración de datos sismológicos, geológicos y geofísicos, que reflejan las propiedades y estado de la corteza terrestre. Fueron analizadas e interpretadas varias soluciones del mapa de M_{max} de Colombia, mientras se utilizaron 12 características geológicas y geofísicas para compilar el mapa.

Las características más informativas son: estructura, origen, historia del desarrollo de la corteza, fallas activas, subdivididas de acuerdo a la cinemática y morfología, anomalía del campo Gravimétrico y su gradiente, sismicidad y las deformaciones de la corteza representadas en la topografía.

El pronóstico de M_{max} a largo plazo par el territorio de Colombia muestra que los posibles terremotos más fuertes con $M_{max} \geq 7,5$ se esperan en la región del Chocó en el litoral del Océano Pacífico, esta región genéticamente está enlazada con la zona de Subducción.