

CAPITULO IV

RIESGO SISMICO Y VULNERABILIDAD SISMICA DE LA CIUDAD DE MERIDA

Diversos autores han establecido que el riesgo sísmico está relacionado con la probabilidad de pérdidas o daños severos en las edificaciones en un período de tiempo determinado en el que pueden ocurrir movimientos sísmicos destructores con magnitudes relativamente altas.

En la mayoría de sus estudios (Larotta, 1976, Rengifo 1987, Laffaille) asumen que la ocurrencia de los grandes terremotos sigue un proceso de POISSON sin memoria, probabilístico, con magnitudes independientes e idénticamente distribuidas.

Sin embargo, el modelo de POISSON asume que el tiempo de espera del siguiente evento no es modificado por el conocimiento del tiempo pasado desde el último terremoto; a pesar de que es ampliamente aceptado que el proceso físico de ocurrencia de un terremoto envuelve una acumulación gradual de energía y su liberación repentina.

Para otros autores es más probable y apropiado modelar el fenómeno de generación de un terremoto como un proceso general con memoria (Lomnitz²⁶ 1974), esto es un modelo donde el tiempo esperado al siguiente evento disminuye a medida que pasa el tiempo del anterior terremoto.

Existen dos (2) modelos ampliamente conocidos por ser procesos estocásticos con memoria que parecen modelar mejor el proceso de ocurrencia de terremotos que el modelo de POISSON como son: El modelo de la tasa de peligro Lineal Creciente (LIHR) y el modelo de las cadenas de MARKOV de tiempo continuo.

La limitación de la aplicación de estos dos modelos estocásticos es la poca información sísmica diferenciada por magnitudes, existentes en la región de Los Andes que no permite la formación de series estadísticas representativa de la sismicidad en los últimos 200 años.

4.1.-RIESGO SISMICO PARA LA REGION DE LOS ANDES

El riesgo sísmico de la región de Los Andes, está determinado por la localización de una estructura geológica sísmicamente activa que ocurre a lo largo de los Andes Venezolanos como es la falla de Boconó, asociada a este "Accidente Tectónico" se encuentran otras fallas sísmicamente activas como son la de Valera, la de Mucujún que por sus longitudes son

²⁶ Lomintz Cina. Global tectonic and earthquake risk developments in geotectonic, N°5.

potencialmente capaces de generar un sismo con magnitud similar o mayor al ocurrido el 5 de mayo de 1979, el cual fue de 5.2 grados.

El potencial sísmico de la falla de Boconó está suficientemente estudiado a través de diversas referencias históricas recopiladas por investigadores como Fray Pedro Simón, Tulio Febres Cordero, Cluff y Hansen, Centeno Gray, G.Fieldler, José Grases.

También existe una relación completa de los pocos sismos importantes ocurridos en el presente siglo que han sido registrado por la red sismológica mundial. lo que ha permitido conocer el incremento de la actividad sísmica en los últimos 60 años.

Pero para lograr un conocimiento exhaustivo sobre el nivel de riesgo sísmico a la que está sometida la ciudad de Mérida se hace necesario determinar con cierto grado de precisión algunos parámetros que serán causantes de daños severos en las edificaciones tales como:

- 1.-La sismicidad reciente estudiada instrumentalmente en la región de interés.
- 2.-Los posibles focos sísmicos o zonas fuentes y sus distancias con relación a los centros urbanos estudiados.
- 3.-Las magnitudes potenciales esperadas en periodos de tiempo.
- 4.-El espectro de respuesta del suelo, aceleraciones, velocidades de propagación.

5.-Los efectos del suelo local y su posible incidencia en el colapso de estructuras.

6.-La respuesta de las estructuras especialmente de aquellas con mala configuración.

4.1.1.-Sismicidad regional y focos sísmicos:

Para la interpretación de la sismicidad histórica e instrumental se impone la necesidad de zonificar la actividad sísmica regional a los fines de determinar la regularidad de los eventos ocurridos y su asociación con alguno de los accidentes tectónicos sísmicamente activos.

Rengifo y Estevez²⁷ han propuesto ordenar toda la información sísmica existente en un área comprendida dentro de un radio de 100 kms. entorno a la ciudad de Mérida.

Del análisis de todas las referencias históricas e instrumentales señalan:

"Podemos afirmar que en la región de estudio han ocurrido por lo menos 300 sismos con magnitud mayor a 3.7° en la escala de Richter, entre los años 1600 y 1950" ²⁸.

²⁷ Rengifo M. Sismicidad en los alrededores de Mérida. Acta Científica N° 38.p.146. Año 1987.

²⁸ Rengifo.Op.cit.

Para una mejor interpretación de la sismicidad estudiada, los autores subdividieron la región en franjas circulares de 20 kms. de ancho, hasta obtener un histograma de la energía liberada por franjas de 10 kms.

Los resultados obtenidos comprenden

"Una zona de alta sismicidad entre 10 y 40 kms. de distancia y otra de muy baja sismicidad entre 60 y 90 kms. de Mérida. Los picos de mayor energía liberada están relacionados, fundamentalmente con los sismos de 1610 (100 a 110 kms.) 1812 (20 a 30 kms) y 1894 (50 a 60 kms.) a los cuales se les asigna magnitudes Richter mayor o igual a 7^o" ²⁹

Los resultados obtenidos, representan tan sólo la energía liberada por los sismos de magnitudes mayores a 6 grados que representan el 90% de la energía liberada.

Igualmente Rengifo y Estevez, estudiaron el comportamiento de la sismicidad intermedia y baja, generando adicionalmente gráficas de energía liberada vs. distancias conocidas para eventos $4 < M < 6$ y $3 < M < 5$.

De los análisis realizados por Rengifo y Estevez se obtienen dos conclusiones con respecto a los eventos registrados o conocidos menores que $M < 5$ en la región:

²⁹ Ibidem

a) **"Que la sismicidad a aumentado notablemente en los últimos decenios o lo que es más probable, que el número de eventos del cual disponemos en el período 1600-1950 es bastante incompleto".**

b) **"La distribución de la energía liberada en función de la distancia epicentral, para sismos con magnitudes entre 3 y 5 grados (la ciudad de Mérida como referencia) parece tener un patrón fijo que se repite en el tiempo".**

Así mismo la sismicidad instrumental reciente ha sido estudiada por Rengifo y Pérez³⁰ en base a la información registrada en la estación sismológica de Los andes (UAV) en 9 años de operación, de la cual se obtuvieron los siguientes resultados.

1) En los alrededores de Mérida, durante el período 1972-1980, la energía sísmica se libero con una tasa anual aproximadamente constante.

2) La mayor actividad sísmica se encuentra en un círculo de 35 kms. de radio, alrededor de Mérida. Esta actividad sísmica se asocia a focos ubicados en el Valle del Río Mucujún (5-15 kms.), los alrededores de Gavidia (25-30 kms.) la región de Lagunillas (20 kms. de Mérida) y una zona situada al Este de El Morro (25 kms de Mérida).

³⁰ Rengifo Martir y Pérez. Estación sismológica UAV-Mérida. Acta Científica Venezolana. N°36, 1986.

Sobre un mapa de la región se ubicaron los sismos instrumentales con $M > 4$ e históricos con $M > .5$, demarcando las zonas con mayor densidad de eventos.

A la zona 1, se le asocian todos los sismos generados por la falla de Boconó o en algunas de las fallas secundarias que se intersectan con la misma. Dentro de esta zona hay una región entre la Grita y Tovar que es la de más densidad de sismos grandes. Esta situación se justifica pues hay fallamientos que en sus extremos donde aparecen menos definidas o se ramifican en diversas zonas de fallas paralelas, presentan similitud de comportamiento.

En los fallamientos transcurrentes dextrales pueden encontrarse zonas de compresión a lo largo de su trayectoria. Esta situación está ocurriendo entre las poblaciones de la Grita y Tovar, donde la misma presenta una curvatura particular y en menor grado al Norte de Mérida en la Serranía del Escorial.

La zona 2 es de abundante fallamiento, siendo las más importantes: la falla de Arbol Redondo, falla La Quebrada-La Pedregosa, falla del Río Momboy, falla del Río Motatán, falla del Río Buena Vista, falla de Valera y falla de Trujillo.

La zona 5 coincide con un sistema en forma de "S" que atraviesa transversalmente a la falla de Boconó en las cercanías de Lagunillas, la cual

pareciera ser la continuación de la falla de Icotea en el Sur del Lago. En esta zona hay una densidad de eventos de importancia.

4.1.2.-Períodos de retorno para la región:

En el estudio de microzonificación sísmica, Larotta³¹ propone la selección de una región más grande que la propuesta por Rengifo y Estevez, comprendida dentro de las zonas sísmicas de la falla de Boconó (zona 1) y la falla de Valera (zona 2), aunque algo distante de Mérida son capaces de generar sismos de magnitud > 6 grados.

Para el estudio de los períodos de retorno tomó el espacio comprendido desde 1812 hasta 1971, desechando el período desde 1610 hasta 1812, por carecer de suficiente información sísmica histórica.

Del análisis de este período Larotta obtiene que cada 22 años han ocurrido eventos capaces de producir daños sobre las construcciones y sobre las personas de la región.

Larotta propone para el área comprendida por la zonas de fallas de Boconó y Valera un conjunto de valores de probabilidad de ocurrencia, expresadas en el Cuadro No. 3 donde R son los períodos de retorno y la probabilidad de ocurrencia de sismos en ese lapso.

³¹ Larotta. Estudio de microzonificación sísmica. Tomo II.p.10.

Así mismo Rengifo y Estevez³² proponen unos valores para los períodos de retorno de la zona por ellos estudiada expresados en el Cuadro No. 4.

Estos valores resultan inferiores a los propuestos por Larrotta para las magnitudes comprendidas entre 4 y 5 grados y algo superiores a los propuestos por Larotta en magnitudes superiores a 6 grados. Las diversas propuestas sobre períodos de retorno se encuentran resumidas en el Cuadro No. 5.

No obstante, conocidos los valores propuestos, se puede concluir que algunos valores resultan ser muy bajos cuando se refieren a magnitud superior a 6 grados, pues han transcurrido más de 50 años sin que se produzcan Registros Sísmicos de magnitudes ≥ 6 en la región comprendida dentro de un Radio de 100 Kms. de Mérida.

Es muy probable que la propuesta de los períodos de retorno funcione para eventos menores a 5 grados pero que excede los 60 años para eventos con magnitudes mayores a 6 ó 6.5 grados.

³² Rengifo. Ibidem

CUADRO Nº 3

VALORES DEL RIESGO SISMICO PARA LA REGION DE ESTUDIO

MAGNITUD	R25 (y)	R50 (y)	R75 (y)	R100 (y)	R120 (y)
3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5.0	0,994	0,999	1.0	1.0	1.0
6.0	0,818	0,967	0,994	0,998	1.0
6.5	0,624	0,858	0,946	0,980	0,990
7.0	0,429	0,675	0,814	0,894	0,932
7.5	0,275	0,475	0,620	0,725	0,788
8.0	0,169	0,309	0,426	0,523	0,589

Fuente. LAROTTA. Estudio de Microzonificación Sísmica de Mérida, Tomo II.

CUADRO Nº 4

Períodos de Retorno para el área Sísmica de 100 Kms de Radio

Mag	P1 (años)	P2 (años)
4	0,26	0,48
5	2,8	3,3
6	28,8	24

Fuente: Sísmicidad en los Alrededores de Mérida
Martín Rengifo y Raúl Estevez. Pag 154
Acta Científica Venezolana 14: -156 años 1987

4.1.3.-Espectro de Respuesta del Suelo:

En el estudio de Microzonificación Sísmica de Mérida³³ se indica que el subsuelo de la ciudad está conformado por tres zonas con características geodinámicas propias:

1) Zona Superficial: Formado fundamentalmente por material heterogéneo conformado por arenas y gravas y pocos peñones. En los estudios realizados se pudieron obtener velocidades de propagación de la Onda (vp) longitudinal entre 0.4 y 2 Kms/Seg y la onda transversal de 0.3 a 0.8 Kms/Seg.

El espesor de esta zona se ha situado entre 4 a 16 mts, presentando en toda su extensión el nivel freático a una profundidad de 3 mts.

2) Zona Intermedia: La zona intermedia, que presenta profundidades que van desde 55 a 120mts, presenta un gran porcentaje de peñones grandes, cantos rodados y gravas con diversas composiciones de finos, de arena y limos, producto de la meteorización. Para esta zona se calcularon las velocidades de propagación de Onda Longitudinal (VP) entre 2.1 y 2.9 Kms/Seg y la velocidad de propagación de la Onda Transversal de 0.8 a 1.7 Km/Seg.

3) Zona profunda: Esta zona constituida fundamentalmente por roca fracturada y roca sana con velocidades de propagación superiores a 3

³³ Ugas, Celso. Estudio de microzonificación sísmica de Mérida. Tomo II, p.48.

CUADRO Nº 5

Períodos de retornos para la región de los Andes. Análisis
comparativos de Varios Autores

Magnitud	Rengifo Años	Aggarwal	Larotta	Cluff-Hanssen
4	0,13	0,29	0,5	0,3
5	1	1,8	4,8	1
6	8	11	15	7
7	59	70	45	34
8	460	430	135	200

Fuente: Sismicidad en los alrededores de Mérida
Neta Científica Nº 32 1987

CUADRO Nº 6

Magnitud Richter	Distancia a la falla	Movimiento en la Roca		Período de Retorno	Probabilidad de ocurrir
		A max	Tp seg		
5.5	10	0,30	0,22	10	0,90
6.5	30	0,18	0,27	25	0,62
7,5	70	0,15	0,45	100	0,72

Fuente: UGAS CELSO: Comportamiento Dinámico del Suelo de Mérida Eventos de interes.Estudio de microzonificación Sísmica de Mérida. Tomo II Pag 51

Kms/Seg, con una profundidad que varía desde 40 mts a 150 mts en áreas relativamente pequeñas.

Del análisis geológico y geofísico expuesto anteriormente, Ugas concluye que la zona predominante, característica del Subsuelo de Mérida es la denominada Zona Intermedia con espesores que van desde 55 a 120 mts y con una composición predominante de peñones, arena y limo.

En base a los resultados obtenidos del análisis de la actividad sísmica de la zona andina que ha permitido la identificación de algunos focos sísmicos, así como del análisis geológico y geofísico del subsuelo de Mérida, Ugas, propone que los eventos de interés para estudiar el Riesgo Sísmico y la Vulnerabilidad Sísmica de Mérida podrían ser los señalados en el cuadro N° 6.

Las distancias propuestas para los eventos de interés son en función de los focos estudiados por Larotta con anterioridad, los que coinciden con los estudiados por Rengifo y Estevez en 1987, los cuales han generado la mayor actividad sísmica a nivel regional, y que están localizadas en el valle sobre la falla de Mucujún a 15 kms de Mérida, Mucuchíes y el Morro a 30 kms y Tovar-La Grita entre 70 y 100 kms.

De acuerdo a investigaciones desarrolladas por Page y Bruce³⁴ en 1975; quienes han logrado ordenar las aceleraciones registradas en Roca para diversos terremotos de magnitudes conocidas (Fig. 8);ha permitido conocer; con cierto grado de precisión; la variación de la aceleración generada en función a la distancia del Epicentro a la zona de interés.

En este caso es de esperar que un sismo de magnitud 6 a una distancia epicentral de 10 a 30 kms de la ciudad de Mérida, genera una aceleración aproximada de 0.35 (g), pudiendo ser tan crítico un sismo de magnitud 5 a 2 kms de la ciudad.

Para fines de este estudio se selecciona el evento sísmico propuesto de magnitud 6.5 por ser el de período de retorno, más corto, capaz de generar una relativa destrucción en el área de la Ciudad de Mérida

4.1.4.- Efectos del suelo local en la ciudad de Mérida:

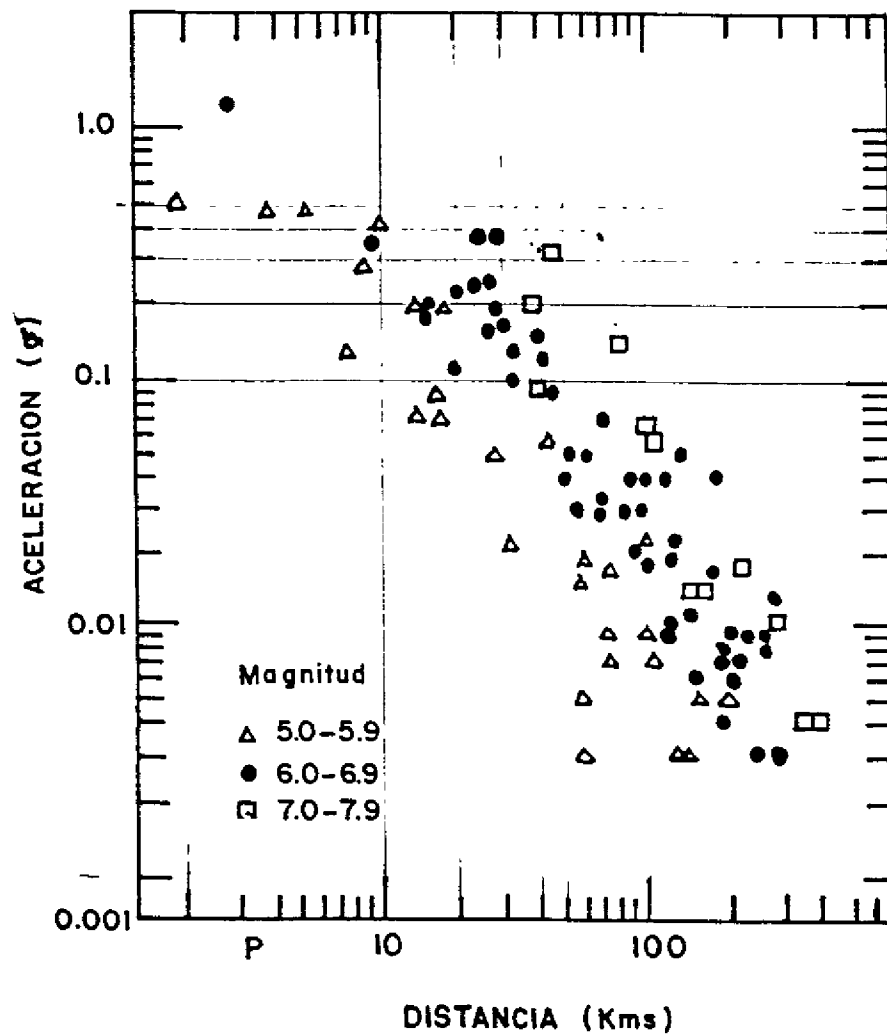
Ugas³⁵ concluye después de analizar los espectros de respuestas de la terraza de Mérida que para profundidades que van de 10 a 60 mts, no se producen variaciones de ninguna naturaleza ni en los espectros de

³⁴ Page R.A., Bruce J.A. Earthquake Shaking and Damage to Buildings, Science, 189-601-608,1975.

³⁵ Ugas, Celso. Comportamiento dinámico del subsuelo en la ciudad de Mérida. Estudio de microzonificación sísmica. Tomo II.p.6.

ACELERACIONES REGISTRADAS EN ROCA EN DIFERENTES SISMOS OCURRIDOS EN EL MUNDO

FIGURA N° 8



Fuente: Page R.A., Bruce.

aceleraciones ni en velocidades de propagación, con ciertas variaciones en el espectro de velocidades que no excede del 10%.

Así mismo concluye que para los movimientos impuestos en la base del depósito (entre 70 a 120 mts) la aceleración máxima en la superficie es 1.5 a 2.5 veces mayor que la máxima aceleración a la que es sometida la base.

Alonso señala que:

"La influencia que las condiciones del suelo local ejercen en la forma de los espectros de respuesta se ilustra claramente en la serie de seis espectros de la figura 9, correspondientes a terremotos registrados a grandes distancias" ³⁶.

En la figura 9 de Alonso puede observarse que en los depósitos conformados por suelos rígidos (hasta 50 mts) los períodos predominantes T_{pk} de los espectros de aceleración son bajos (0.3 a 0.5 seg) mientras que los períodos T_p de los espectros obtenidos en la superficie de los depósitos blandos (hasta 130 mts) tienden a ocurrir entre 1.5 y 2.5 segundos.

³⁶ Alonso J.L.Op.cit.

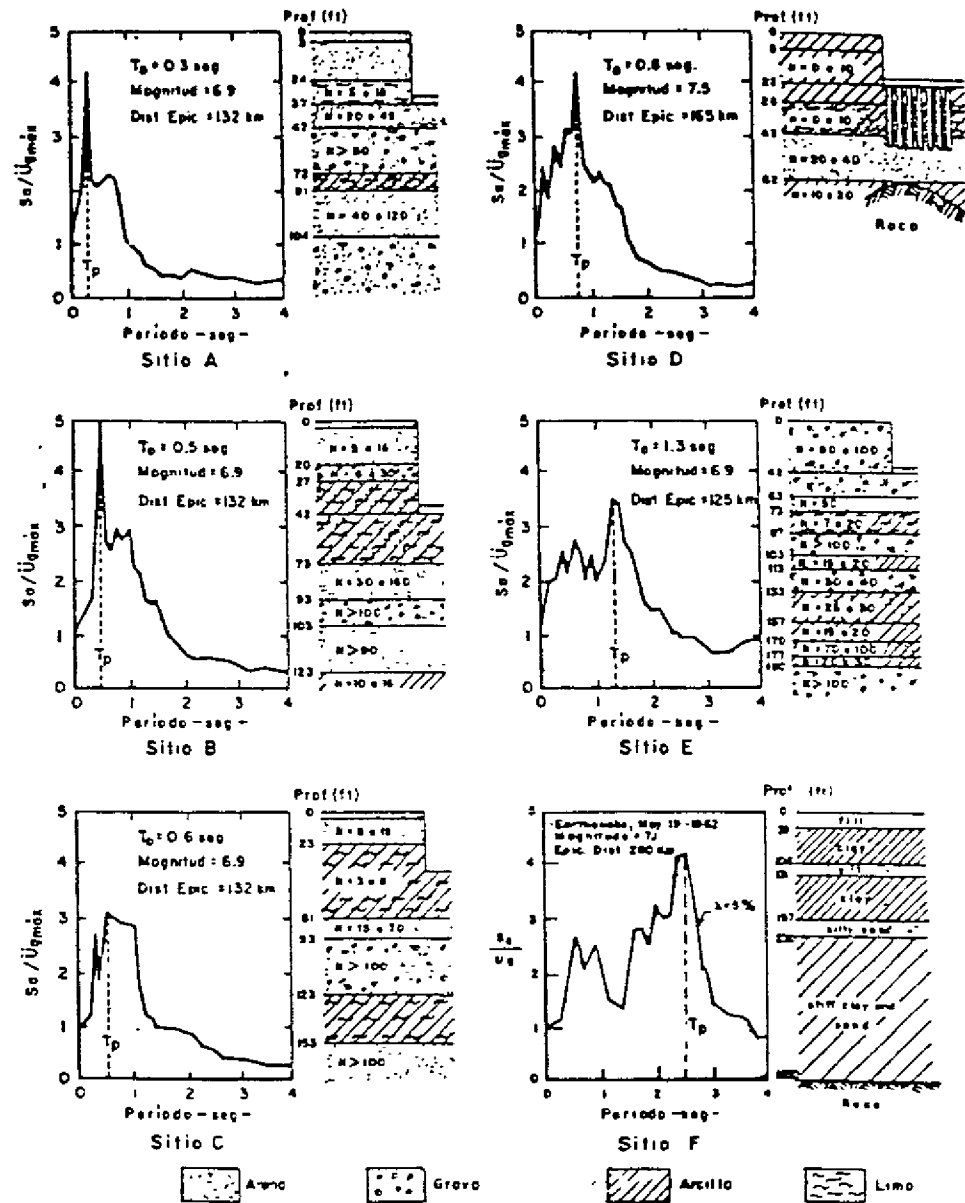


Fig.9. Influencia del suelo local en la forma de los espectros de respuesta.

Fuente: Alonso J.L. Microzonificación sísmica para la protección civil

En este sentido Alonso advierte:

"que inexplicablemente la norma covenin no toma en cuenta la atenuación y/o la amplificación de la aceleración máxima resultante de la superficie del depósito tantas veces observada durante la acción de innumerables terremotos recientes"³⁷

Ya Alonzo en el estudio de Microzonificación Sísmica para la protección civil precisa que los depósitos de basamente rocoso profundo tendrán un período T_p mayor a 1.3 seg. y aceleraciones muy superiores a las registradas en roca.

Es necesario señalar que aunque Ugas propone que se considere la "Zona Intermedia" anteriormente descrita; como la base rocosa del depósito; existen en la Ciudad de Mérida tres zonas profundas que alcanzan los 130 mts que no han sido suficientemente estudiadas sobre los cuales se han construido edificios de 8 y 10 pisos con problemas de diseño estructural; tales como planta baja libre, plantas irregulares, excentricidades, horizontales y verticales; los cuales pudieran tener una respuesta dinámica semejante a las ocurridas en Popayan, Caracas y Ciudad de México.

4.2.- Vulnerabilidad Sísmica de la Ciudad de Mérida.

La vulnerabilidad sísmica de un área urbanizada, es una función directa del nivel de daños esperados en las edificaciones residenciales,

³⁷ Op.cit.

instalaciones esenciales, infraestructura urbana, generada por eventos sísmicos a una distancia epicentral determinada.

Esta vulnerabilidad aumenta en la medida que un sismo con magnitud conocida, sea capaz de generar intensidades altas, debido a variables locales, como son: la respuesta del suelo local, la respuesta de las construcciones existentes y, los factores de amplificaciones sísmicas que pueden incrementar los daños en áreas específicas del área de estudio.

Con estas consideraciones, se puede establecer que la vulnerabilidad puede ser baja, intermedia o alta.

1) Vulnerabilidad Baja: Cuando en un área urbana en estudio; los daños esperados o estimados sean bajos para un evento de magnitud intermedia, debido fundamentalmente a la calidad de la construcción, generando intensidades de daños bajos.

2) Vulnerabilidad Intermedia : Cuando en el área urbana en estudio, se pueden producir daños estructurales que se correspondan a la magnitud de un evento esperado, debido fundamentalmente a la diversidad de tipologías estructurales que tienen índices de daños diferentes para magnitudes intermedias y altas.

3) Vulnerabilidad Alta: Cuando en el área urbana, en estudio, se pueden producir daños estimados , muy por encima de las correspondientes a la

magnitud de un evento esperado debido fundamentalmente, a la mala calidad de la construcción en general y a factores locales.

Para estudiar la vulnerabilidad sísmica de la Ciudad de Mérida, se han tomado en consideración cuatro aspectos que incidirán definitivamente en la generación de daños en las edificaciones como son:

- 1) La alta probabilidad de que en los próximos 50 años ocurra un sismo de magnitud 6 ó 6.5 grados a una distancia epicentral entre 10 a 100 kms.³⁸ tomando en consideración los períodos de retorno para las zonas fuentes ya conocidas (ver Fig. 8).
- 2) El grado de vulnerabilidad de la gran mayoría de las edificaciones construídas en la década del 70 y del 80, fundamentalmente residenciales multifamiliares o soluciones verticales entre 4 y 12 pisos, en las cuales se han cometido diversidad de errores de diseño estructural, lo que involucra un porcentaje alarmante de edificaciones.
- 3) La respuesta local de los suelos de algunas urbanizaciones de la Ciudad de Mérida, en las cuales existen evidencias de existir espesores de sedimentos de 120 mts, en donde se pueden presentar espectros de respuesta, amplificados con aceleraciones y períodos altos. En estas zonas desafortunadamente se han concentrado un elevado número de edificios multifamiliares con características desfavorables para este tipo de

³⁸ Larotta. Períodos de retorno para Mérida. Estudio en microzonificación sísmica para Mérida. Tomo II.

suelos: como planta baja libre, tanque elevado, o irregularidad o asimetría en planta.

4) El incremento sostenido de las construcciones informales en diversas zonas de la ciudad, incluso no aptos para ser urbanizadas como el caso de La Milagrosa, San José de las Flores Alta y Las Maltines.

4.2.1.-Modelos para la estimación de pérdidas:

Para la estimación de pérdidas en áreas urbanas sometidas a eventos sísmicos, se han presentando diversidad de métodos en donde se han tomado en consideración variables tales como la distancia del epicentro a la zona de interés, la aceleración generada, la calidad de la construcción por tipologías; pero en todos los casos viene expresada en valores referidos a una intensidad conocida.

En la práctica es aceptado con frecuencia el aumentar la intensidad pronosticada; para magnitudes esperadas; hasta en un grado cuando se compara suelo intermedio con rocas superficial y firme; así mismo se aumenta hasta 2 grados de intensidad cuando se trata de terreno aluvional profundo (120 a 150 mts), terreno sedimentario rivereno o marítimo ó rellenos artificiales no consolidados.

Entre los modelos desarrollados y ampliamente conocidos están el de Sauter³⁹ en 1979, en el cual presenta algunas relaciones estudiadas para la generación de curvas de daños. El modelo probabilístico es el desarrollado por Grases y Ugas en el año 1979, en base a los resultados conocidos de los daños del terremoto de Caracas. Otro modelo es el desarrollado por una empresa aseguradora alemana denominada Munchener Ruekversicherongs en el año 1976.

4.2.1.1.-Modelo de estimación de daños de Frank Sauter

Para el desarrollo de este modelo de estimación de daños en áreas urbanas, Sauter establece 10 tipologías constructivas que le permite adaptar su modelo a las existentes en la gran mayoría de las ciudades latinoamericanas.

Según la figura 10, al incorporar los daños registrados en diferentes sismos, se generan una serie de curvas de daños esperados para cada una de las tipologías constructivas existentes. Esto permite que al conocer la distribución tipológica de las estructuras en una ciudad, se puedan anticipar daños para magnitudes e intensidades esperadas.

³⁹ Sauter F. Damage prediction for earthquake insurance. U.S.N. Conference on Earthquake enginrereng. Memory. 1979.

4.2.1.2. Modelo de probabilidad de daños para estructuras aporticada de Jose Grases y Celso Ugas:

En el modelo probabilístico propuesto por Grases; como resultado de la interpretación y análisis de los daños ocurridos en el terremoto de caracas en 1967, específicamente en las edificaciones aporticadas; se enfrenta el análisis en relación a intervalos de grados de daños que se pueden presentar en diferentes tipos de construcciones, tomando sólo en consideración la tipología estructural aporticada a base de marcos estructurales, para lo cual propone diversos índices expresados y correlacionados con diferentes intensidades de Mercalli.

Lo interesante de este modelo es que en la medida que se incrementa la intensidad se incrementan el número de edificaciones que tendría un alto porcentaje de daños. La desventaja es que no toma en consideración características o efectos particulares que pueden incidir en la generación y variabilidad del daño.(Ver Cuadro N° 7)

4.2.1.3. El modelo propuesto por Munchener Ruckversicherungs (1976:

Este modelo probabilístico es similar al propuesto por Grases y Ugas, con la diferencia de que el mismo establece índices perfectamente

modelo se adapta más a la clasificación estructural que se puede presentar en los países desarrollados, en algunos países del Sur de Europa como Italia, pero carece de información relativa a edificaciones configuradas en base a muros de tierra pisada, mampostería de adobe o el bahareque latinoamericano.

Para la simplificación de uso de este método, se propone el Cuadro No. 8 con sus respectivos índices.

4.3. SISMOS DE INTERES.

Para fines de modelar las estimaciones de daños esperados en diversos tipos de construcciones de la Ciudad de Mérida, que nos permita cuantificar el nivel de vulnerabilidad se toman en consideración aquellos sismos con magnitudes intermedias capaces de generar intensidades casi uniformes en el área urbanizada.

La experiencia de los últimos 14 años, nos permite señalar que los sismos de magnitudes 4, 4.5 o 5 dentro de un radio de 50 kms no son capaces de generar daños de manera uniforme en el área de estudio para tipologías estructurales conocidas.

selectivo en diversos tipos de edificaciones, que presenten fallas importantes en el diseño estructural.

Para fines de estudio se considera que un sismo de magnitud 6 ó 6.5 grados a una distancia epicentral en el orden de 10 a 70 kms es capaz de generar un daño generalizado en la Ciudad de Mérida en donde resultarían involucradas un buen número de edificaciones públicas, de servicios y residenciales.

Para tal fin, se han tomado como referencia los expectros de respuesta; expresados en los cuadros 9 y 10; para sismos de 6 y/o 6.5 grados; donde se analizan diversas alternativas de distancia epicentral.

Para estos valores estimados se recomienda tomar los factores de amplificación propuestas por Ugas y Alonso en áreas urbanas con sedimentación profunda o los recomendados para bordes de taludes.

Al aplicar los modelos propuestos por Sauter, Grases y Ugar y Munchener se ha tomado como referencia la intensidad VIII, como valor uniforme para el área urbanizada, sin que ello no implique que en algunas áreas específicas se presenten intensidades IX producto de los factores de amplificación citados anteriormente o menores a VI en áreas residenciales de alto costo.

CUADRO Nº 9
ESTIMACION DE ACELERACIONES Y VELOCIDADES REGISTRADAS
EN ROCA PARA SISMOS DE MAGNITUD 6 A DIVERSAS DISTANCIAS
DE LA CIUDAD DE MERIDA

DISTANCIA A LA FALLA	PROFUNDIDAD FOCAL	ACELERACION MAXIMA	VELOCIDAD MAXIMA	MAGNITUD
5 Km.	15 Km.	373 cm/seg	26 cm/seg	6.0
10 Km.	15 Km.	335 cm/seg	24 cm/seg	6.0
20 Km.	15 Km.	237 cm/seg	17 cm/seg	6.0
30 Km.	15 Km.	159 cm/seg	12 cm/seg	6.0
40 Km.	15 Km.	109 cm/seg	9 cm/seg	6.0
50 Km.	15 Km.	77 cm/seg	7 cm/seg	6.0
60 Km.	15 Km.	57 cm/seg	5 cm/seg	6.0
70 Km.	15 Km.	44 cm/seg	4 cm/seg	6.0
80 Km.	15 Km.	34 cm/seg	3 cm/seg	6.0
5 Km.	30 Km.	183 cm/seg	14 cm/seg	6.0
10 Km.	30 Km.	173 cm/seg	13 cm/seg	6.0
20 Km.	30 Km.	143 cm/seg	12 cm/seg	6.0
30 Km.	30 Km.	110 cm/seg	9 cm/seg	6.0
40 Km.	30 Km.	84 cm/seg	7 cm/seg	6.0
50 Km.	30 Km.	64 cm/seg	6 cm/seg	6.0
60 Km.	30 Km.	49 cm/seg	5 cm/seg	6.0
70 Km.	30 Km.	39 cm/seg	4 cm/seg	6.0
80 Km.	30 Km.	32 cm/seg	3 cm/seg	6.0

FUENTE LOROTTA: Estudio de Microzonificación Sísmica de Mérida
Tomo II

VALORES DEL RIESGO SISMICO PARA LA REGION DE ESTUDIO

MAGNITUD	$R_{25} (y)$	$R_{50} (y)$	$R_{75} (y)$	$R_{100} (y)$	$R_{120} (y)$
3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5.0	0.994	0.999	1.0	1.0	1.0
6.0	0.818	0.967	0.994	0.998	1.0
6.5	0.624	0.858	0.946	0.981	0.990
7.0	0.429	0.675	0.814	0.894	0.938
7.5	0.275	0.475	0.620	0.721	0.788
8.0	0.169	0.309	0.426	0.523	0.589

ESTIMACION PRELIMINAR DE DAÑOS EN EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE MERIDA

La ciudad de Mérida, integrada por las Parroquias Espinetti Dini, Arias, Caraciolo Parra, Domingo Peña, El Llano, Jacinto Plaza, Rodríguez Suarez, Lasso de la Vega, Mariano Picón Salas, Milla, J.J. Osuna, Sagrario, se encuentra emplazada sobre una terraza de origen aluvional, litológicamente heterogénea y localizada entre un conjunto de fallas geológicas sísmicamente activas.

En la misma existen 33.628⁴⁰ unidades de viviendas distribuidas de una manera heterogénea en 17.735 edificaciones configuradas por diversos tipos de edificaciones tales como: quintas, viviendas tradicionales, viviendas multipareadas en los Barrios, apartamentos en edificios residenciales desde 1 a 14 pisos, ranchos y otros desarrollos aislados (Cuadros 11).

La totalidad de la ciudad está servida por redes de servicios básicos tales como: Acueductos, Electricidad, Teléfonos y Red de Cloacas, a excepción de las áreas desarrolladas de manera espontánea por los habitantes de más bajos recursos.

⁴⁰ Plan de Ordenamiento Urbanístico del Área Metropolitana de Mérida. Uso del Suelo Urbano. MINDUR-UCEP. Censo nacional de Vivienda OCI, 1991.

CUADRO Nº 11

DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL NUMERO DE VIVIENDAS Y EDIFICACIONES RESIDENCIALES EXISTENTES EN LA CIUDAD DE MERIDA.

	1 a 2 pisos	3 a 4 pisos	5 a 6 pisos	7 a 10 pisos	Total
VIVIENDAS	16.900	6.850	2.825	7.044	33.629
%	50.25%	20.39%	8.4%	20.94%	100%
EDIFICAC	16.900	486	123	226	17.735
%	95.3%	2.74%	0.68%	1.25%	100%

1) El 50% de las viviendas de la ciudad de Mérida están agrupadas en el 4,6% de las edificaciones

CUADRO 12

DISTRIBUCION DEL NUMERO DE VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE MERIDA EN RELACION AL SISTEMA CONSTRUCTIVO

PISOS	ADOPTADO	TRADICIONAL	PAREO corto	PREFABRIC	EST. PRECARIAS
1-2	14.965	906			1.009
3-4	6.795		64		
5-6	2.257		88	480	
7-10	4.108		2.234	702	
TOTAL	28.145	906	2.366	1.162	1.009
%	83.69%	2.7%	7.09%	3.51%	3.02%

Edificaciones Institucionales	3
Edificaciones Educativas	197
Edificaciones Culturales	22
Edificaciones Médico Asistenciales	15
Edificaciones de Gobierno y Seguridad	63
Edificaciones de Transporte	3
Edificaciones Financieras	87
Edificaciones Religiosas	27
Centros Comerciales	9
Edificaciones de Alojamiento Turístico	40
Edificaciones para locales comerciales	2938

Así mismo la Ciudad de Mérida es el principal asiento de la actividad comercial y financiera del Estado Mérida, lo que determina la importancia socio-política del área de estudio.

Para la estimación preliminar de daños en edificaciones de la Ciudad de Mérida, se realizó un inventario de edificaciones especialmente las 3 a 14 plantas a los fines de discriminar su uso y su nivel de vulnerabilidad en función de algunos parámetros conocidos como causantes de daños en sismos ocurridos en la región ó en otros países.

Así mismo se hizo una discriminación de las edificaciones en relación a los sistemas constructivos para aplicar las metodologías conocidas y propuestas por Sauter, Grases y Munchener (ver Cuadro 12).

Los daños esperados están relacionados fundamentalmente con efectos geológicos producidos en algunas áreas de la ciudad y debido a la respuesta de las edificaciones ante las fuerzas sísmicas generadas.

Para tal fin Alonso⁴² propone un conjunto de valores (Fig. 11) para la estimación del máximo nivel de daños permitido en edificaciones con diseño Sismo-Resistentes, que en todos los casos están por debajo de los daños esperados para sismos de interés, en la región.

5.1. ESTIMACION PRELIMINAR DE DAÑOS POR EFECTOS GEOLOGICOS.

El inventario de riesgo geológico natural y asociado a la actividad sísmica se encuentra identificado en el Mapa 1, en el cual se han localizado los trazos de los fallamientos locales tales como la falla de Las Tapias, la falla de Santa Juana, la falla del Teléferico, la falla del Albarregas. Así mismo están identificadas las áreas urbanizadas donde existen estudios sobre basamento rocoso profundo ($H = 130$ mts) y las características de los desarrollos o usos que pudieran ser afectados.

Lo más preocupante del inventario de Riesgos Geológicos, se refiere al elevado No. de edificaciones, destinadas principalmente a viviendas que

⁴² Alonso. Op.Cit.

se encuentran localizadas en zonas con un grado de inestabilidad por estar en bordes de taludes, áreas de máxima pendiente y zonas de sedimentación profunda.

En la Ciudad de Mérida las viviendas sin diseño sísmico de 1 a 2 pisos son 9.714 y 432 unidades en edificaciones de 3 a 4 pisos, de las cuales 1.307 están localizadas en bordes de taludes inestables (3,88%), 870 unidades de viviendas de 1 o 2 pisos localizadas en terrenos con pendientes inestables (2,92%) y más de 4.000 unidades de viviendas en zonas planas de basamento poco profundo (11,89%).

En los bordes de taludes constituyendo verdaderos palafitos urbanos, se encuentran localizadas 1264 viviendas de 1 y 2 pisos y 43 viviendas en edificaciones de 3 a 4 pisos, asociadas a otro tipo de construcciones constituidas fundamentalmente por talleres, hoteles y depósitos.

Los manuscritos anexos correspondientes a deslizamientos ocurridos en el terremoto de 1812 y 1894, ponen de manifiesto la importancia de este problema.

Las fotos 20 y 21 correspondientes a las vistas del Paseo de la Feria y a las instalaciones de Hidro-Andes en El Vallecito evidencian la poca responsabilidad que han tenido los organismos planificadores al momento de decidir la instalación de infraestructura ó nuevos desarrollos residenciales.

Recientemente se han producido deslizamientos en la zonas de Santa Juana, Santa Elena (año 91) que han puesto en evidente peligro de derrumbe a más de 100 viviendas y a principios del año 93, se produjo un derrumbe que afectó seriamente al Restaurant del Hotel Gran Balcón y a un edificio vecino.

En la foto 22 correspondiente al Sector de Belen; afectada seriamente por el terremoto de 1894; donde prevalecen las construcciones tradicionales y/o las construcciones de mampostería de ladrillos sin refuerzo estructural de 1 a 2 pisos con un período fundamental que pudiera coincidir con el período fundamental del suelo (T_s) por corresponder a una zona de basamento poco profundo.

El barrio La Milagrosa (foto 23); al igual que los barrios San José de la Flores Alta y Maitines; son muy vulnerables por estar localizados en faldas de cerros altamente inestables. El 50% de las viviendas aquí construídas no presentan una configuración estructural definida ni poseen sistemas de fundaciones apropiadas.