



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR
SISMOS HISTÓRICOS EN MÉXICO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:
DIEGO LÓPEZ CHÁVEZ

DIRECTOR DE TESIS:
ING. GABRIEL ÁLVAREZ BAUTISTA



FES Aragón

NEZAHUALCÓYOTL, EDO MEX., OCTUBRE 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres Tomas López de la Fuente y María Patricia Chávez Quiroz por todo su apoyo durante mi estancia en la universidad y en toda mi trayectoria escolar.

A mis hermanos Tomas López Chávez y Margarita López Chávez con quienes he pasado momentos especiales, y por contar con su apoyo incondicional cuando más lo necesite

A ti Gisela Castillo Andrade por entrar en mi vida y por el apoyo incondicional que me has brindado a mi hija Melissa López Castillo quien es mi motor para salir adelante día a día, y para que esto sea un ejemplo para ti.

Al Ing. Álvarez por su valioso tiempo para apoyarme con este trabajo, por ser mi asesor y un guía para poder desarrollarme profesionalmente.

A los Ing. Dimas, Sosa, Cuevas y Avalos, por aceptar ser miembros del jurado y por el tiempo brindado para revisar este trabajo.

A mis amigos Miguel, Daniel, Faustino, Samuel, Carlos, Alejandro y Frank por compartir con ustedes momentos muy gratos de mi vida.

A mis abuelos Pedro Chávez García, Margarita Quiroz Romero, y María de la Luz de la Fuente Ricoy por su apoyo cuando más lo necesitamos.

A mi tío Rubén que en paz descanse, por el tiempo que compartió con nosotros en su estancia aquí en México y por ser una persona impecable en todos los aspectos.

Resumen

En el Capítulo 1 del presente trabajo se explica: a) origen de la tierra y su composición, b) origen de los sismos, c) movimiento del suelo y como transmite la energía a través del mismo, y d) la magnitud e intensidad en el cual esta medidos los sismos y como se generan. Por otra parte se menciona la actividad sísmica en la República Mexicana comprendida del año de 1912 a 1985 así como los escenarios por amenazas sísmicas en el país y sus repercusiones principalmente en los edificios.

En el Capítulo 2 se toman en cuenta 6 eventos sísmicos históricos, los cuales se eligieron de acuerdo a su magnitud en escala de Richter y a la información disponible en diferentes artículos. Estos eventos son los siguientes:

- a) Sismo de Acambay, Estado de México en 1912
- b) Sismo del Ángel en 1957
- c) Sismo de Acapulco, Guerrero en 1962
- d) Sismo de Guerrero y Michoacán 1964
- e) Sismo de Colima y Michoacán 1973
- f) Sismo de Guerrero en 1985

Dichos sismos han sido los más destructivos en la historia de México por esta razón en el Capítulo 2 se explica la relación de daños en infraestructura y en algunos casos en pérdidas humanas de cada uno de los eventos antes mencionados.

En el Capítulo 3 se analizaron y evaluaron los sismos históricos propuestos y descritos en el Capítulo 2 con ayuda de un software llamado sistema R, considerando solo algunos aspectos dentro de los más importantes para su evaluación como: a) carteras de los edificios asegurados en toda la República, como se explica más adelante, b) coordenadas geográficas del evento sísmico, c) zonas AMIS, como más adelante se explica, d) sistema estructural de los edificios, y f) número de pisos. Esto da como resultado las pérdidas económicas por: a) estado, b) sistema estructural, c) número de pisos, y d) tipo de zona para el año actual. De esta forma se tiene un panorama más amplio del poder destructivo que tiene cada uno de los sismos históricos si estos volvieran a ocurrir en el año actual

I

Índice general

Resumen.....	I
Índice general.....	II
Índice de figuras.....	VI
Índice de tablas.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	2
Metodología.....	2
CAPÍTULO 1 AMENAZA SÍSMICA EN LA REPÚBLICA MEXICANA.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Origen de la Tierra.....	1
1.3 Origen de los sismos.....	4
1.4 Clasificación de sismos.....	6
1.5 Magnitud e Intensidad de los sismos.....	7
1.6 Tipos de ondas sísmicas.....	8
1.6.1 Ondas de cuerpo.....	9
1.6.2 Ondas superficiales.....	10
1.7 Actividad sísmica en la República Mexicana.....	12
1.8 Escenarios por amenaza sísmica en México.....	15
CAPÍTULO 2 EVENTOS SÍSMICOS QUE HAN PROVOCADO PÉRDIDAS ECONÓMICAS.....	19
2.1 Daños debidos al evento sísmico de 1912 en Acambay, Estado de México.....	19
2.1.1 Ubicación del municipio de Acambay.....	19
2.1.2 Características del Suelo.....	20
2.2 Ubicación y características del evento sísmico.....	20
2.3 Relación de daños producidos por el sismo de Acambay.....	22
2.4 Daños debidos al evento sísmico de 1957 en la Ciudad de México.....	26
2.4.1 Ubicación y características del evento sísmico del Ángel.....	26

II

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Aragón
Ingeniería Civil
Diego López Chávez, 2013

2.5 Relación de daños producidos por el evento sísmico del Ángel	26
2.5.1. Relación de daños en el D.F.	31
2.6 Daños debidos al evento sísmico del 11 de mayo de 1962.....	36
2.6.1 Ubicación y características del sismo de 1962.....	36
2.7 Efectos del sismo de 1962 sobre el terreno.....	37
2.8 Efectos del sismo de 1962 sobre los edificios.....	38
2.9 Daños debidos al evento sísmico del 6 de julio de 1964.....	40
2.9.1 Ubicación y características del sismo de 1964.....	40
2.10 Relación de daños	41
2.10.1 Relación de daños en el Estado de Guerrero.....	41
2.10.2 Relación de daños en el Estado De México.....	44
2.10.3 Relación de daños en el Estado de Michoacán.....	45
2.10.4 Relación de daños en el Estado de Morelos.....	46
2.10.5 Relación de daños en el Estado de Oaxaca.....	46
2.11 Daños debidos al evento sísmico del 30 de enero de 1973.....	47
2.11.1 Ubicación y características del sismo de 1973.....	47
2.11.2 Relación de daños en el DF.	47
2.11.3 Relación de daños en Michoacán.....	48
2.11.4 Relación de daños en Jalisco.....	48
2.11.5 Relación de daños en el Colima.....	49
2.11.6 Relación de daños en diferentes poblaciones de la República Mexicana.....	50
2.12 Daños debidos al evento sísmico de 19 de septiembre de 1985.....	58
2.12.1 Ubicación y características del sismo de 1985.....	58
2.13 Relación de daños en infraestructura del D.F.	59
2.13.1 Relación de pérdidas económicas en el DF.....	60
2.14 Daños en el estado de guerrero.....	65
2.15 Daños en el estado de Michoacán.....	65
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE RIESGO ECONÓMICO POR EVENTOS SÍSMICOS.....	68
3.1 METODOLOGÍA PARA EL USO DEL SOFTWARE SISTEMA R.....	68
3.1.2 Datos de localización.....	69

3.1.3	Coordenadas geográficas de longitud.....	69
3.1.4	Coordenadas geográficas de altitud.....	70
3.1.5	Datos específicos de la estructura	70
3.1.6	Zona AMIS	71
3.1.7	Tipo estructural	72
3.1.8	Número de pisos	73
3.2	Metodología para la utilización del sistema R	74
3.3	Análisis de riesgo económico del sismo en Acambay, Estado de México en 1912	79
3.3.1	Ubicación geográfica del evento en Acambay	79
3.3.2	Pérdidas por estado en infraestructura	80
3.3.3	Pérdida por zonas AMIS	82
3.3.4	Pérdidas por sistema estructural	84
3.3.5	Pérdidas por número de pisos	87
3.4	Análisis de riesgo económico del sismo del Ángel, Distrito Federal en 1957	90
3.4.1	Ubicación geográfica del evento	90
3.4.2	Pérdida por estado en infraestructura.....	91
3.4.3	Perdida por zona AMIS.....	93
3.4.5	Pérdida por sistema estructural.....	95
3.4.6	Pérdida por número de pisos.....	98
3.5	Análisis de riesgo económico del Sismo en Acapulco en 1962	101
3.5.1	Ubicación Geográfica del evento	101
3.5.2	Pérdidas por estado en infraestructura	102
3.5.3	Pérdida por zona AMIS.....	104
3.5.4	Pérdida por sistema estructural	106
3.5.5	Pérdidas por número de pisos	110
3.6	Análisis de riesgo económico del Sismo en los Límites de Guerrero y Michoacán en 1964.	113
3.6.1	Ubicación del sismo.....	113
3.6.2	Pérdida por estado en infraestructura.....	114
3.6.3	Pérdida por zona AMIS.....	116
3.6.4	Pérdida por sistema estructural.....	118

3.6.5 Pérdida por número de pisos	120
3.7 Análisis de riesgo económico del Sismo en los Límites de Colima y Michoacán en 1973	123
3.7.1 Ubicación geográfica del evento sísmico de 1973	123
3.7.2. Pérdida por estado debido al sismo de 1973	124
3.7.3 Pérdida por zona AMIS	126
3.7.4 Pérdidas por sistema estructural	128
3.7.5 Pérdidas por número de pisos	130
3.8 Análisis de riesgo económico del Sismo en la Ciudad de México en 1985	133
3.8.1 Ubicación geográfica del sismo	133
3.8.2 Pérdidas por estado en infraestructura	134
3.8.3 Pérdida por zona AMIS	136
3.8.4 Pérdidas por sistema estructural	138
3.8.5 Pérdidas por número de pisos	141
Conclusiones	145
Referencias.....	147

Índice de figuras

Figura 1.1. Distribucion de las capas internas del planeta y algunas de sus características físicas. (Gutiérrez Martínez, et al., 2011).....	3
Figura 1.2. En dicha figura se encuentran ubicados el epicentro, el hipocentro y la falla cuando ocurre un sismo. (Guash, 2011)	4
Figura 1.3. Límites de placas tectónicas (Instituto de ingeniería, 2012).....	5
Figura 1.4. Deformación elástica producida por el paso de la onda P. Implica cambios de volumen transitorios (Gutiérrez Martínez, et al., 2001).	9
Figura 1.5. Deformación elástica producida por el paso de la onda S. En este caso no se producen cambios de volumen en el material en que se propaga (Gutiérrez Martínez, et al., 2001).	10
Figura 1.6. Características de la propagación de las ondas Rayleigh. El desplazamiento de un punto en la superficie tiene componentes vertical y horizontal (Gutiérrez Martínez, et al., 2001).	11
Figura 1.7. Características de la propagación de las ondas Love. Su amplitud disminuye con la profundidad. (Gutiérrez Martínez, et al., 2001).....	11
Figura 1.8 Modelo de la estructura interna de la Tierra definido por el estudio de la propagación de ondas sísmicas. El registro de la energía sobre la superficie de la tierra permite construir las tablas tiempo-trayecto de las cuales se ha inferido el modelo mostrado (Gómez-González et al., 2004). 12	
Figura 1.9. Regionalización sísmica de México. Elaborado por la Comisión Federal de Electricidad (CENAPRED, 2013).....	13
Figura 1.10. Tipos de sismos que afectan a la zona central y sur de México (Reinoso, 2012)	14
Figura 2.1. Figura ubicación de Acambay (Serrano, 2001).....	19
Figura 2.2. Iglesia de Acambay destruida por el sismo (Serrano, 2001).	21
Figura 2.3. Ruinas de una casa después del sismo (Serrano, 2001).....	21
Figura 2.4. Ruinas de otra de las iglesias (Serrano, 2001).....	22
Figura 2.5 Colapso del Ángel de la Independencia, debido al sismo de 1957 (Montero, 2012).....	27
Figura 2.6 Fracturamiento del Ángel (Montero, 2012)	28
Figura 2.7 Colapso del Ángel de la Independencia vista desde otro ángulo (Montero, 2012).....	28
Figura 2.8 Colapso del ala sur del edificio del IPN a causa del sismo de 1957 en la ciudad de México (Reinoso y Orozco, 2007).	29
Figura 2.9 Edificio colapsado en esquina de las calles de Frontera y Álvaro Obregón. (Reinoso y Orozco, 2007).	29
Figura 2.10 Edificio en Insurgentes # 377, sólo la planta baja quedó en pie (Reinoso y Orozco, 2007).	30
Figura 2.11 Cine Encanto que perdió el techo y parte de los muros, (Reinoso y Orozco, 2007).....	31
Figura 2.12 Edificio derrumbado y humeante en la calle San Juan de Letrán en el Distrito Federal (Bitrán, 2001)	62

Figura 2.13 Daños en edificio de departamentos ubicado en la Zona Rosa del Distrito Federal (Bitrán, 2001)	62
Figura 2. 14 Colapso del edificio de la Secretaría de Comercio en el Distrito Federal (Bitrán, 2001)	63
Figura 2.15 Colapso total del Hospital Juárez, (Bitrán, 2001)	63
Figura 2.16Afectaciones en un edificio de la ciudad de México ubicado sobre calzada de Tlalpan por el sismo de 1985, (SEGOB, 2010)	64
Figura 2.17 Edificio colapsado parcialmente (fascículo cenapred)	64
Figura 2.18 Colapso de un edificio de concreto reforzado causado por el sismo de 1985 en la ciudad de México. (Fascículo Cenapred	65
Figura 3.1 Esquema para la ubicación de coordenadas (Instituto de Ingeniería, 2013)	70
Figura 3.2 Mapa de las zonas vulnerables a eventos sísmicos, conocidos como zonas AMIS (Instituto de Ingeniería, 2013)	71
Figura 3.3 Ejemplos de edificios con diferente número de pisos (Instituto de Ingeniería, 2013)	74
Figura 3.4 Ambiente gráfico del sistema R, ingreso de carteras (Instituto de Ingeniería, 2013).....	75
Figura 3.5 Ambiente gráfico del sistema R al momento de seleccionar el escenario (Instituto de Ingeniería, 2013)	76
Figura 3.6 Ambiente gráfico del sistema R, al ingresar datos con archivos AMES (Instituto de Ingeniería, 2013)	77
Figura 3.7 Ambiente gráfico del sistema R, para seleccionar el dato de la cartera el cual deseamos conocer sus pérdidas (Instituto de Ingeniería, 2013).....	77
Figura 3.8 Ambiente gráfico del sistema R, donde la evaluación ha sido finalizada(Instituto de Ingeniería, 2013)	78
Figura 3.9 Ambiente gráfico del sistema R, donde se elige la ruta para guardar los resultados obtenidos de la evaluación (Instituto de Ingeniería, 2013)	79
Figura 3.10 Ubicación del evento sísmico en Acambay, Estado de México en 1912.....	79
Figura 3.11. Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1912 en Acambay, Estado de México	82
Figura 3. 12 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1912 en Acambay, Estado de México	83
Figura 3. 13 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1912 en Acambay Estado de México	87
Figura 3.14 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos en Acambay, Estado de México	90
Figura 3.15 Ubicación del evento sísmico del Ángel en 1957	91
Figura 3. 16 Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1957	93
Figura 3.17 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1957 .	95
Figura 3. 18 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1957	98
Figura 3. 19 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos debido al evento de 1957	101

Figura 3.20 Ubicación del evento sísmico de 1962	102
Figura 3.21 Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1962	104
Figura 3. 22 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1962	106
Figura 3. 23 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1962.....	110
Figura 3. 24 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos.....	113
Figura 3.25 Ubicación del evento sísmico de 1964.....	114
Figura 3. 26 Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1964	116
Figura 3. 27 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1964	117
Figura 3.28 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1964.....	120
Figura 3. 29 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos.....	123
Figura 3. 30 Ubicación del evento sísmico de 1973	124
Figura 3.31 Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1973	126
Figura 3. 32 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1973	127
Figura 3. 33 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1973.....	130
Figura 3. 34 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos ocasionadas por el evento de 1973.....	133
Figura 3.35 Ubicación del evento sísmico de 1985	134
Figura 3. 36 Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1985	136
Figura 3.37 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1985	138
Figura 3. 38 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1985.....	141
Figura 3. 39 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos.....	144

Índice de tablas

Tabla 2. 1. Sitios afectados en el D.F. por el sismo de Acambay (Suarez y García, 1996).....	23
Tabla 2.2. Sitios de la República Mexicana afectados por el sismo de Acambay en 1912 (Suarez y García, 1996)	23
Tabla 2.4 Información detallada acerca de edificios y tipo de daño estructural (Reinoso y Orozco, 2007).	32
Tabla 2.5. Descripción de daños, en la ciudad de México (Reinoso y Orozco, 2007)	34
Tabla 2.6 Área Total y Área total de daños probables (Merino y Coronado et al, 1962)	40
Tabla 2.7 Registro de daños provocados por el sismo de 1964 en poblaciones del Estado de Guerrero.....	42
Tabla 2.8 Registro de daños provocados por el sismo de 1964 en poblaciones del Estado de México	44
Tabla 2.9 Registro de daños provocados por el sismo de 1964 en poblaciones del estado de Michoacán.....	45
Tabla 2. 10 Registro de daños provocados por el sismo de 1964 en poblaciones del estado de Morelos	46
Tabla 2. 11 Registro de daños provocados por el sismo de 1964 en poblaciones del estado de Oaxaca.....	47
Tabla 2.12 Relacion de daños provocados por el sismo de 1973 en diferentes poblaciones de la república Mexicana, (Figueroa, 1973).....	51
Tabla 2. 13 Estimacion de los causados por el sismo de 1985 en el DF (Bitrán, 2001).....	60
Tabla 2.14 Estimacion de los causados por el sismo de 1985 en Lázaro Cárdenas e Ixtapa-Zihuatanejo (Bitrán, 2001)	66
Tabla 3.1 Tipos de sistema estructural.....	73
Tabla 3.2 Pérdidas esperadas por estados y análisis de las mismas.....	80
Tabla 3.3 Pérdidas por zonas AMIS del evento sísmico en Acambay en 1912	83
Tabla 3.4 Pérdidas por sistema estructural y análisis de las mismas.....	84
Tabla 3.5 Pérdidas esperadas por número de pisos producidas por el evento de 1912 en Acambay, Estado de México	88
Tabla 3.6 Pérdidas esperadas por estados y análisis de las mismas.....	92
Tabla 3.7 perdidas por zona AMIS provocadas por el evento sísmico de 1957.....	94
Tabla 3. 8 Pérdidas por sistema estructural y análisis de las mismas.....	96
Tabla 3.9 Pérdidas esperadas por número de pisos producidas por el evento de 1957	99
Tabla 3.10 Perdidas esperadas por estados y analisis de las mismas.....	103
Tabla 3. 11 Perdidas por zonas AMIS del evento de 1962	105

Tabla 3.12 Pérdidas por sistema estructural y análisis de las mismas.....	107
Tabla 3.13 Pérdidas esperadas por número de pisos producidas por el evento de 1962	111
Tabla 3. 14 Pérdidas esperadas por estados y análisis de las mismas	114
Tabla 3. 15 Pérdidas por zonas AMIS del evento sísmico de 1964	117
Tabla 3.16 Pérdidas por sistema estructural y análisis de las mismas.....	118
Tabla 3. 17 Pérdidas esperadas por numero de pisos producidas por el evento de 1964	121
Tabla 3.18 Pérdidas esperadas por estados y análisis de las mismas.....	124
Tabla 3. 19 Pérdidas por zonas AMIS del evento sísmico de 1973	127
Tabla 3. 20 Pérdidas por sistema estructural y análisis de las mismas.....	128
Tabla 3.21 Pérdidas esperadas por número de pisos producidas por el evento de 1973	131
Tabla 3.22 Pérdidas esperadas por estados y análisis de las mismas.....	135
Tabla 3.23 Pérdidas por zonas AMIS del evento sísmico de 1985	137
Tabla 3.24 Pérdidas por sistema estructural y análisis de las mismas.....	138
Tabla 3.25 Pérdidas esperadas por numero de pisos producidas por el evento de 1985	142

INTRODUCCIÓN

México por su ubicación geográfica se encuentra sujeto a eventos sísmicos que pueden derivar en una situación de desastres.

Nuestro país, debido a la presencia de fallas geológicas y la acción de las tectónicas de placas está asociado a una gran zona generadora de sismos y estos han ocurrido a lo largo de millones de años.

La palabra sismo se define como movimientos bruscos del terreno cuyo origen se encuentra en la liberación de energía producto de la actividad volcánica o a la tectónica de placas. A pesar de ello, existen otros factores que pueden dar lugar a sismos como son, desprendimientos en las laderas de las montañas, hundimiento de cavernas, variaciones bruscas en la presión atmosférica por ciclones e incluso actividad humana.

La mayor parte de los sismos de grandes magnitudes (mayores de 7) tienen epicentros en la costa del pacífico, a lo largo de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Sin embargo, también han ocurrido grandes sismos en el centro y sur de Veracruz y Puebla, en la parte norte y centro de Oaxaca, Chiapas, Estado de México y la península de Baja California, especialmente en la zona fronteriza con los Estados Unidos; todos ellos, ocasionando grandes daños que se traducen en cuantiosas pérdidas económicas y de vidas humanas.

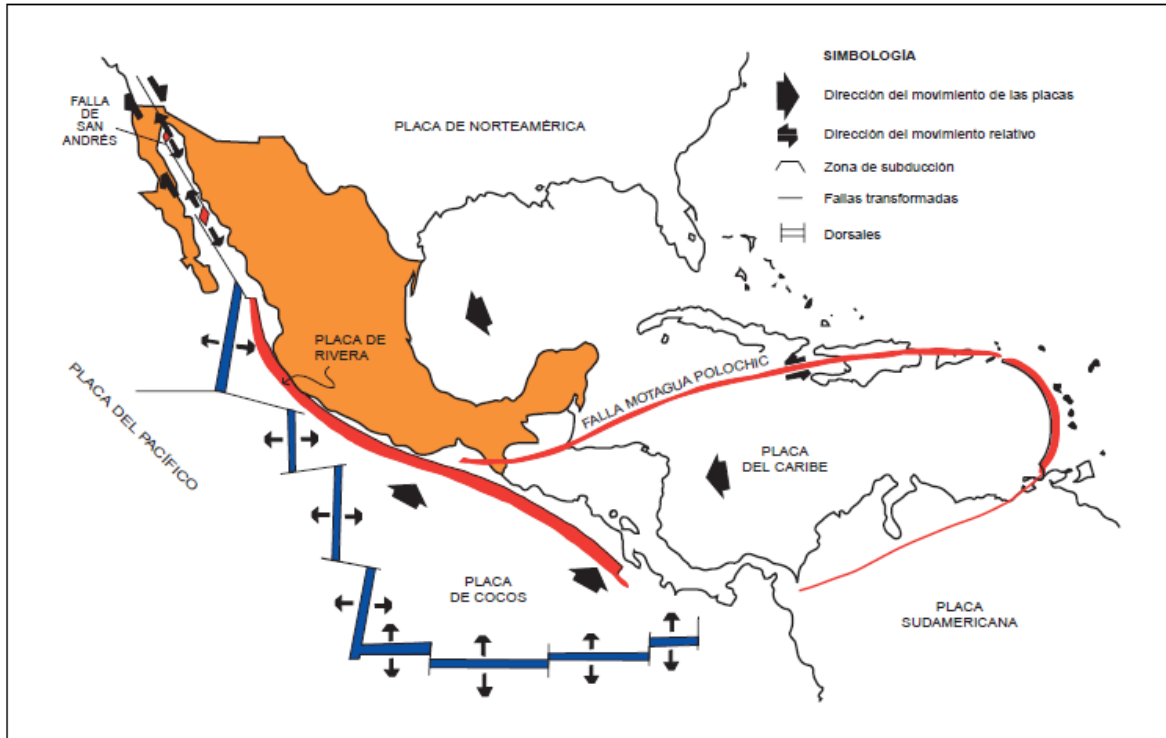


Figura I.1. Placas tectónicas y fallas geológicas, Atlas Nacional de riesgos, México 1994

Objetivo

Determinar y analizar las pérdidas económicas como consecuencia de los eventos sísmicos ocurridos en las zonas más vulnerables de la República Mexicana, localizadas en los estados de Guerrero, Michoacán, Colima, Distrito Federal y Estado de México, por medio de un software llamado Sistema R.

Metodología

En el presente estudio, se realizó la estimación de pérdidas económicas de los escenarios más vulnerables a eventos sísmicos, tales como: sismo de Acambay, sismo de Ángel, sismo de 1962, sismo de 1964, sismo de 1973, sismo de 1985, mediante el software (Sistema R); hasta obtener las pérdidas totales considerando ese mismo evento para el año actual.

CAPÍTULO 1 AMENAZA SÍSMICA EN LA REPÚBLICA MÉXICANA

1.1 Generalidades

La identificación de las amenazas que pueden afectar una región constituye uno de los primeros pasos en el análisis de riesgo. El conocimiento de las condiciones regionales de ocurrencia de eventos peligrosos, así como las características reportadas sobre eventos históricos, proveen una primera idea del potencial de los fenómenos que amenazan la región, y permiten conocer, de manera preliminar y aproximada, los periodos de retorno de los eventos más importantes.

El análisis de amenaza está basado en la frecuencia histórica de eventos y en la severidad de cada uno de ellos. La severidad se mide mediante parámetros de intensidad válidos para una ubicación geográfica específica.

1.2 Origen de la Tierra

El interior de la Tierra conserva una gran cantidad de calor desde sus inicios, hace unos 4500 millones de años. Además, en el manto terrestre (la zona situada entre los 100 y los 2900 kilómetros de profundidad) existen materiales radioactivos que al decaer, generan más calor. Este calor no puede escapar totalmente por conducción, ya que el manto es un mal conductor de calor. Este calor escapa por convección, esto es, el material caliente de las profundidades de la Tierra sube a la superficie y el material frío de la superficie baja hacia el interior. El movimiento de estas grandes masas de material que fluye en el interior de la

Tierra dio origen a grandes celdas convectivas. A su vez, estas celdas de convección dieron origen a la Tectónica de Placas (Kostoglodov, Pacheco, 1999).

Con el paso del tiempo la tierra se fue enfriando hasta que cristalizaron los primeros minerales que la formaron. Los minerales más pesados que contenían hierro se unieron con una masa incandescente fundida hasta formar el núcleo, mientras que los minerales menos pesados fueron formando capas más externas llamadas Corteza y Manto (Gutiérrez Martínez, *et al.*, 2011).

A continuación se hace mención a las capas de la tierra y algunas de sus características principales.

Corteza:

- a) Es la capa más superficial, más externa.
- b) Su temperatura varía entre 0 y 900° C.
- c) Está compuesta por elementos químicos como el calcio, sodio, potasio, aluminio, silicio y oxígeno.
- d) Tiene una profundidad promedio de 35 km, en lagunas zonas, puede ser mayor como en las cadenas montañosas, y en otras menor como en los océanos, y
- e) La corteza es completamente sólida y fracturable (Gutiérrez Martínez, *et al.*, 2011).

Manto:

- a) Es la capa intermedia. Se divide a su vez en dos capas: Manto superior y Manto inferior.
- b) Su temperatura varía entre 900 y 4000° C.
- c) Está compuesta por elementos químicos como el silicio, oxígeno, hierro y magnesio.
- d) El manto comprende de la parte inferior de la corteza hasta aproximadamente 2900 km de profundidad, y

- e) Debido a las altas temperaturas que maneja y a la presión imperante en el material de esta capa, su estado es entre sólido y plástico (Gutiérrez Martínez, *et al.*, 2011).

Núcleo:

- a) Es la capa más profunda. A su vez se divide en dos capas: Núcleo externo (que es líquido) y Núcleo interno (que es sólido).
- b) Su temperatura varía entre 4000 y 5000° C.
- c) Está compuesta por elementos químicos como el hierro y el níquel.
- d) El núcleo externo su espesor es de 2300 km, comprendidos entre 2900 y los 5200 km de profundidad. Su estado es líquido debido a las altas temperaturas que maneja, mayores a las del manto, y
- e) El núcleo interno es el centro de la tierra, tiene un diámetro de 2340 km y se encuentra en estado sólido (Gutiérrez Martínez, *et al.*, 2011).

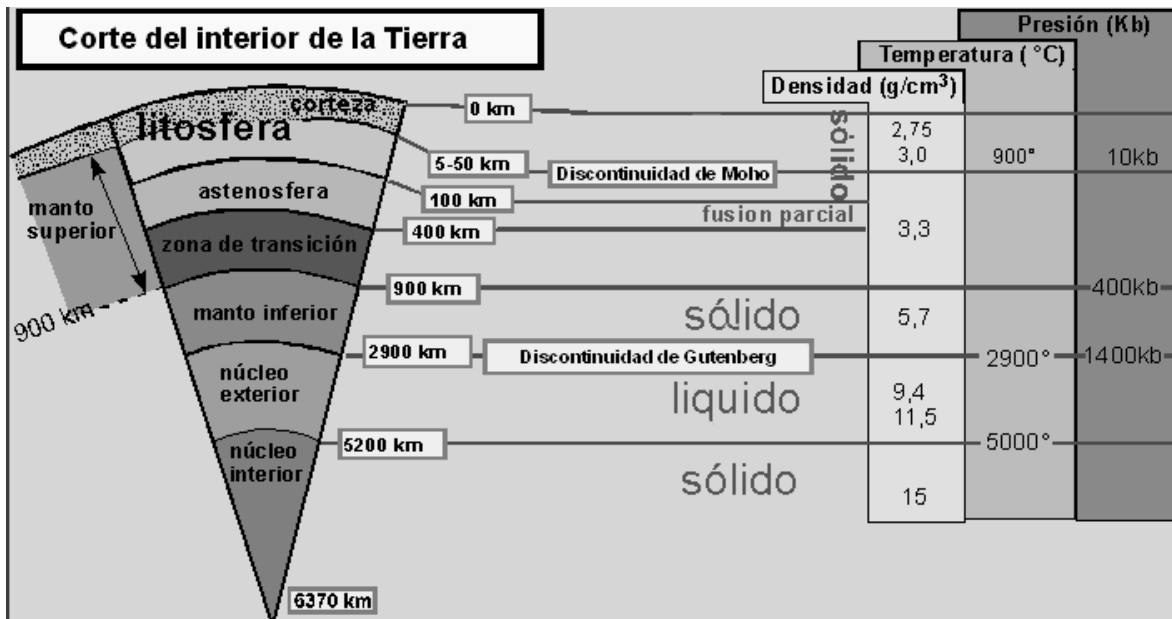


Figura 1.1. Distribución de las capas internas del planeta y algunas de sus características físicas.

(Gutiérrez Martínez, *et al.*, 2011)

El conocimiento actual de la estructura interna de la Tierra proviene de datos indirectos proporcionados por la investigación geofísica, esto debido a que el calor y la presión que existe impiden que los seres humanos desciendan, ya que el aumento de la temperatura es en promedio de 1°C por cada 30 m o de 30°C por km, por tanto el estudio de los terremotos es el que más datos ha aportado para su estudio (Rubén G. Cárdenas, 2010).

1.3 Origen de los sismos

Los sismos se producen por el rompimiento de la roca que compone la corteza o manto superior de la tierra; se le llama foco o hipocentro del sismo al lugar del primer movimiento y de la liberación de energía en la falla, el epicentro es el punto en la superficie de la tierra que se encuentra sobre el foco o hipocentro (Guash Echavarría, 2011). En la figura 1.2 se pueden observar esquemáticamente estos elementos.



Figura 1.2. En dicha figura se encuentran ubicados el epicentro, el hipocentro y la falla cuando ocurre un sismo. (Guash, 2011)

Gran parte de los sismos se generan dentro y en los alrededores de la interacción de las placas tectónicas. En la figura 1.3 se muestran las fronteras entre placas y el tipo de interacción en cada región. Dicha interacción se produce a velocidades de desplazamiento lentas. Por ejemplo, en la región Centroamericana, la placa de Cocos se subduce bajo la placa del Caribe a una velocidad de entre 5 y 8 cm/año. En la misma figura se indican con flechas las direcciones en las que se mueven las placas (Instituto de ingeniería, 2012).

Debido al movimiento del terreno y a la liberación de energía en la ocurrencia de un evento sísmico, éste provoca la caída de los edificios, la rotura de las carreteras, cañerías y puentes. Los daños pueden ser más o menos graves, dependiendo de la intensidad del evento sísmico, es decir, del movimiento del terreno (Instituto de ingeniería, 2012).

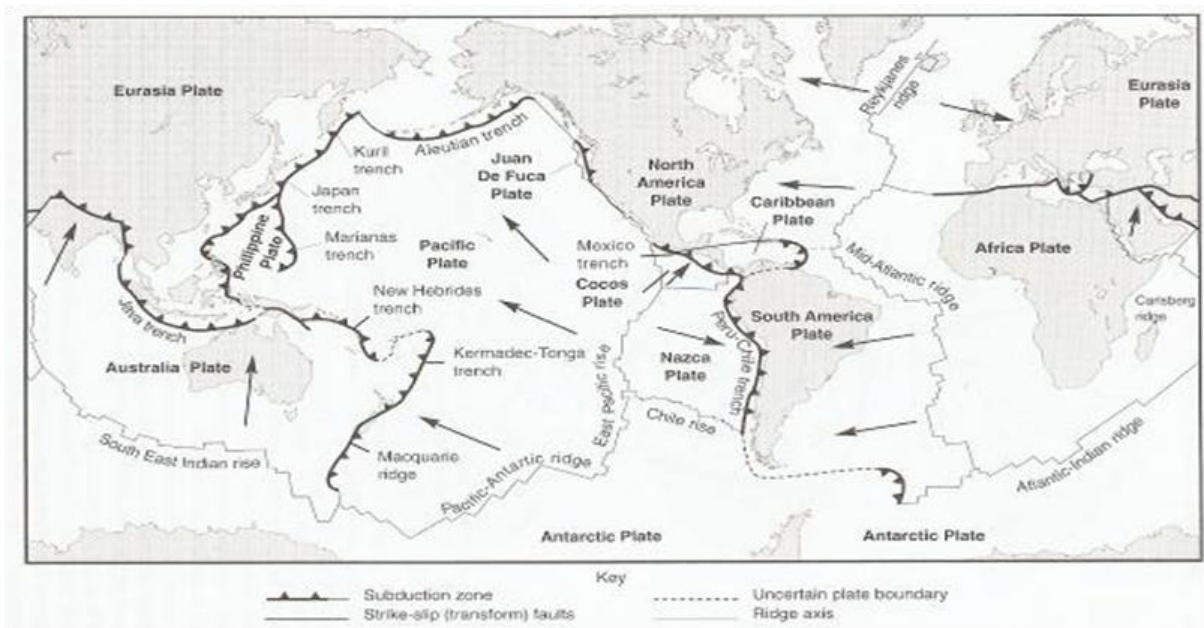


Figura 1.3. Límites de placas tectónicas (Instituto de ingeniería, 2012)

La amenaza sísmica de una región determinada depende de un gran número de variables, algunas de las cuales son difíciles de cuantificar. Sin embargo, se han desarrollado programas que permiten estimar las pérdidas económicas en el cálculo de la amenaza

sísmica, lo cual permite dar un tratamiento científico al problema (Instituto de ingeniería, 2012).

1.4 Clasificación de sismos

Los sismos se clasifican en 2, naturales y artificiales. Los sismos naturales pueden ser por tectónica de placas, volcánicos, o de colapso.

Los sismos por tectónica de placas se generan por la interacción de las placas tectónicas ya sea interplaca, ocasionadas por la fricción en las zonas de contacto entre placas y los intraplaca, que se generan en la parte interna de las placas, aun en zonas donde se ha llegado a suponer un nivel nulo de sismicidad (Gutiérrez Martínez, *et al.*, 2001).

Los sismos volcánicos son simultáneos a erupciones volcánicas; principalmente los ocasiona el fracturamiento de rocas debido al movimiento del magma, este tipo de sismos provocados por erupciones volcánicas pueden existir demasiados en un día, pero no tan grandes como los sismos por tectónica de placas (Gutiérrez Martínez, *et al.*, 2001).

Los sismos por colapso ocurren generalmente en un área pequeña y se generan por el derrumbe del techo de cavernas y minas (Gutiérrez Martínez, *et al.*, 2001).

Los sismos artificiales son producidos por el hombre por medio de explosiones comunes y nucleares, con fines de exploración, investigación, y explotación de bancos de material para la industria (Gutiérrez Martínez, *et al.*, 2001).

1.5 Magnitud e Intensidad de los sismos

Los primeros intentos que se hicieron para catalogar y cuantificar eventos sísmicos se basaron en su poder destructivo, haciendo estudios descriptivos de los daños ocasionados por estos.

De estos estudios descriptivos se puede constatar que las escalas de intensidad representan únicamente una medida del poder destructivo de un temblor o de los efectos que éste tuvo sobre seres humanos y edificaciones en un lugar determinado. Actualmente existen varias escalas de intensidad usadas en el mundo. En México, la más frecuentemente utilizada es la Escala de Intensidades que ya se conoce; y es la escala Mercalli Modificada (MM), que fue abreviada por Charles Richter en 1956, tomando como base la escala original de Giuseppe Mercalli en 1902 (Suarez R., Jiménez J., 1987)

Sin embargo pronto se hizo evidente que la intensidad, si bien es útil para describir los efectos de un terremoto, no es un parámetro apropiado para describir la cuantía o magnitud de un sismo al ocurrir un fracturamiento en el interior de la tierra.

Fue entonces que en 1931 el sismólogo japonés Wadati observó y al comparar los sismogramas de diferentes temblores, que la amplitud máxima de las ondas sísmicas registradas parecía proporcional a la dimensión del sismo. Dicho concepto fue posteriormente desarrollado en 1935 por Charles Richter quien, estableciendo analogías con la medida de brillantez de las estrellas en la astronomía, empleó por primera vez el término magnitud para catalogar los temblores.

La escala original de Richter tomaba las amplitudes máximas de ondas superficiales de sismos ocurridos a distancia cortas para calcular lo que él denominó magnitud (Suarez R. y Jiménez J. 1987).

Se usan diversas escalas de magnitud según la porción de los registros que se empleen para calcular esta cantidad. Una de ellas es la magnitud de momento “Mw”, que se relaciona directamente con la energía liberada y es función lineal del logaritmo de esta energía. Esta escala está en principio abierta en ambos extremos: podría ir de menos a más infinito (Emilio Rosenblueth, 1988). Sin embargo para los fines de este trabajo solo son significativas las magnitudes mayores de 5.

Otra magnitud es la “Ms” para referirse a sismos mayores. Dicha magnitud tiene una escala aproximada de 9.0, es decir que no pueden reportarse valores de Ms mucho mayores que esto. Ms se calcula a partir del registro de ondas superficiales, las cuales se hacen mención en el siguiente subcapítulo.

Por la forma logarítmica de la escala de magnitudes Mw, un incremento dado en magnitud implica la liberación de un cierto número de veces más energía. Por cada dos grados son mil veces más energía; por cada grado casi 32 veces, y por cada 0.2 de grado dos veces más. Los valores anteriormente mencionados son también válidos para las magnitudes que más empleamos, los Ms, mientras estas se hallen entre 6 y 8.5 grados más o menos (Emilio Rosenblueth, 1988).

1.6 Tipos de ondas sísmicas

La liberación de energía se da en forma de ondas elásticas, dichas ondas son la propagación de perturbaciones del campo de esfuerzos que generan pequeños movimientos en un medio. Las ondas sísmicas pueden ser generadas por movimientos telúricos naturales, los más grandes de los cuales pueden causar daños en zonas donde hay asentamientos urbanos.

A través de la Tierra viajan dos tipos de ondas elásticas: las de cuerpo o internas, que pueden ser compresionales (ondas P) y se transmiten tanto en medios sólidos como líquidos; y las de corte o cizalla (ondas S) que son más lentas y sólo se transmiten a través

de medios sólidos. Ambas se registran y se miden con sismógrafos. El otro tipo de ondas que existe son las ondas superficiales, y estas pueden ser tipo Rayleigh y tipo Love (Rubén G. Cárdenas, 2010).

A continuación se menciona con más detalle las características de las ondas antes mencionadas.

1.6.1 Ondas de cuerpo

Como se ha mencionado las ondas de cuerpo viajan a través del interior de la Tierra. Siguen caminos curvos debido a la variada densidad y composición del interior de la Tierra. Este efecto es similar al de refracción de ondas de luz. Este tipo de ondas transmiten los temblores preliminares de un terremoto pero poseen poco poder destructivo. Las ondas de cuerpo son divididas en dos grupos: ondas primarias (P) y secundarias (S) (Rubén G. Cárdenas, 2010).

Ondas P.- son ondas longitudinales o compresionales, esto significa que el suelo es comprimido y dilatado en la dirección de la propagación. Dichas ondas viajan a una velocidad 1.73 veces más que las ondas S y pueden viajar a través de cualquier tipo de material. Las velocidades típicas son 330m/s en el aire, 1450m/s en el agua y cerca de 5000m/s en el suelo (Gutiérrez Martínez, *et al.*, 2001).

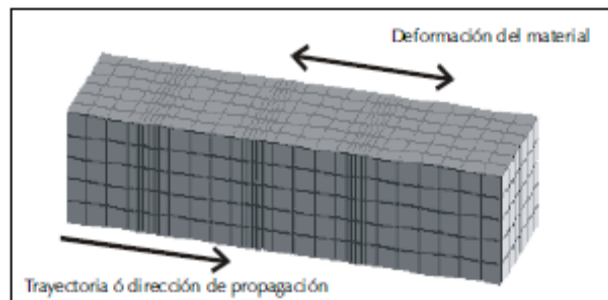


Figura 1.4. Deformación elástica producida por el paso de la onda P. Implica cambios de volumen transitorios (Gutiérrez Martínez, *et al.*, 2001).

Ondas S.- son ondas transversales o de corte, lo cual significa que el suelo es desplazado perpendicularmente a la dirección de propagación, alternadamente hacia un lado y hacia el otro. Dichas ondas pueden viajar únicamente a través de sólidos debido a que los líquidos no pueden soportar esfuerzos de corte. Su velocidad es alrededor de 58% la de una onda P para cualquier material sólido. Comúnmente la onda S tiene mayor amplitud que la P y se siente más fuerte que ésta. Por ejemplo en el núcleo externo, que es un medio líquido, no permite el paso de las ondas S. (CENAPRED, 2001).

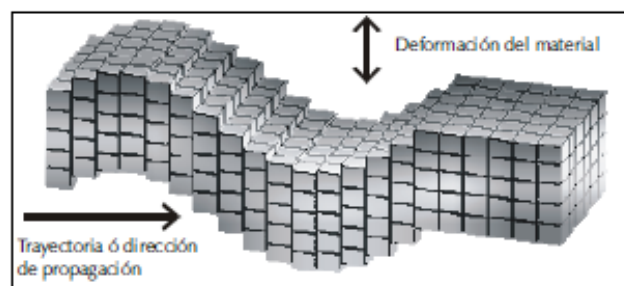


Figura 1.5. Deformación elástica producida por el paso de la onda S. En este caso no se producen cambios de volumen en el material en que se propaga (Gutiérrez Martínez, et al., 2001).

1.6.2 Ondas superficiales

Este tipo de ondas son análogas a las ondas de agua y viajan sobre la superficie de la Tierra. Se desplazan a menor velocidad que las ondas de cuerpo. Debido a su baja frecuencia provocan resonancia en edificios con mayor facilidad que las ondas de cuerpo y son por ende las ondas sísmicas más destructivas. Existen dos tipos de ondas superficiales: ondas Rayleigh y ondas Love (Gutiérrez Martínez, et al., 2001).

Ondas Rayleigh.- son ondas superficiales que viajan como ondulaciones similares a aquellas encontradas en la superficie del agua. Dichas ondas fueron predichas por John William Strutt (Gutiérrez Martínez, et al., 2001).

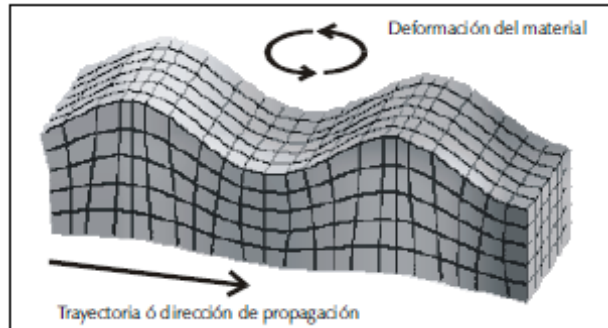


Figura 1.6. Características de la propagación de las ondas Rayleigh. El desplazamiento de un punto en la superficie tiene componentes vertical y horizontal (Gutiérrez Martínez, et al., 2001).

Ondas Love.- son ondas superficiales que provocan cortes horizontales en la tierra. Dichas ondas son llamadas así por A.E.H (Augustus Edward Hough) Love, un matemático británico que creó un modelo matemático de las ondas en 1911. Las ondas Love son poco más lentas que las ondas de Rayleigh. (Gutiérrez Martínez, et al., 2001).

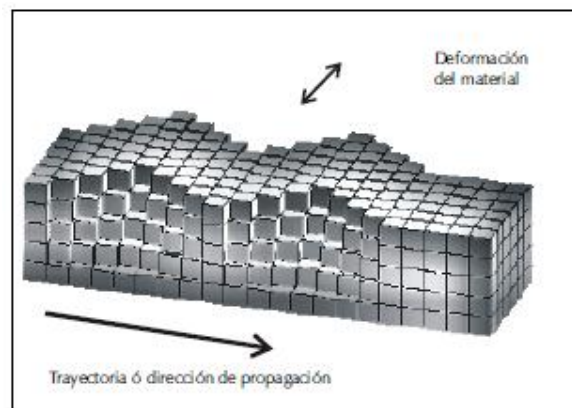


Figura 1.7. Características de la propagación de las ondas Love. Su amplitud disminuye con la profundidad. (Gutiérrez Martínez, et al., 2001).

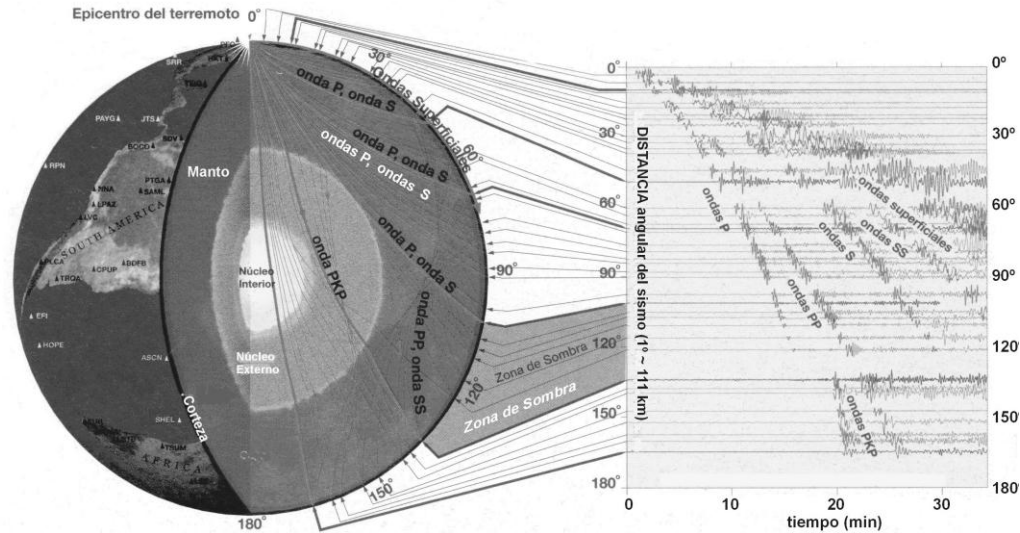


Figura 1.8 Modelo de la estructura interna de la Tierra definido por el estudio de la propagación de ondas sísmicas. El registro de la energía sobre la superficie de la tierra permite construir las tablas tiempo-trayecto de las cuales se ha inferido el modelo mostrado (Gómez-González et al., 2004).

1.7 Actividad sísmica en la República Mexicana

Los sismos más importantes, registrados por el primer instrumento instalado en la República Mexicana en el año 1904, ocurrieron a lo largo de las fronteras entre las placas oceánicas de Cocos y Rivera, y en la placa continental de Norte América (Kostoglodov y Pacheco, 1999).

A continuación se presenta un mapa de la República Mexicana el cual se divide en cuatro regiones sísmicas de acuerdo la CENAPRED (2013).

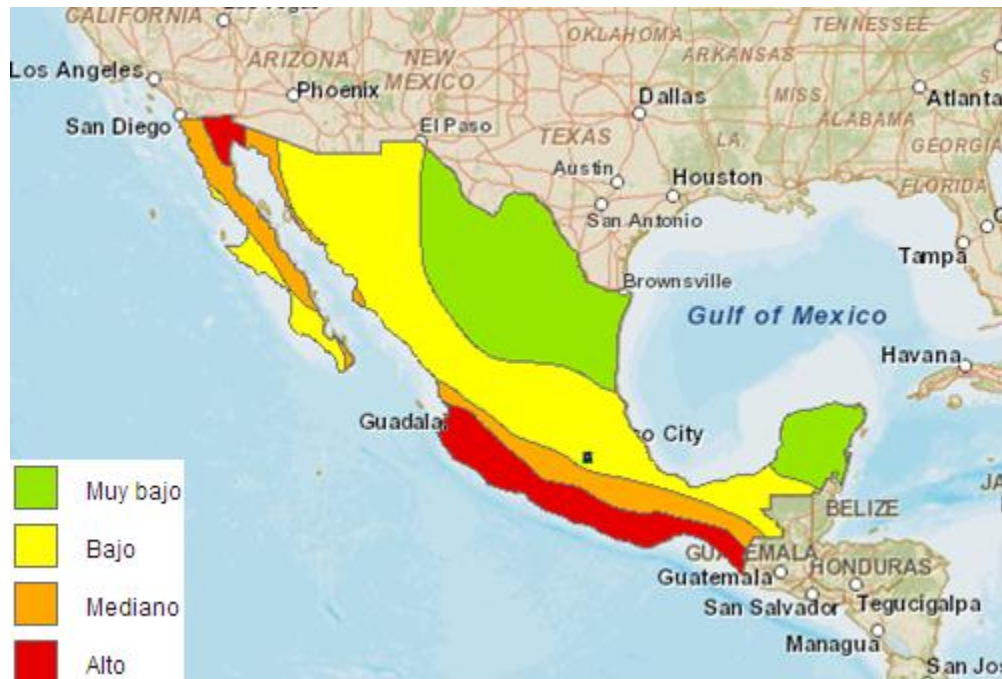


Figura 1.9. Regionalización sísmica de México. Elaborado por la Comisión Federal de Electricidad (CENAPRED, 2013)

A continuación se presentan las definiciones de la regionalización sísmica de México de acuerdo con el CENAPRED.

Alto: Grandes sismos frecuentes, aceleración del terreno mayor al 70% de la gravedad,

Mediano: Sismos de menor frecuencia, aceleración del terreno menor al 70% de gravedad,

Bajo: Sismos de menor frecuencia, aceleración del terreno menor al 70% de gravedad

Muy bajo: No se tienen registros históricos de sismos en los últimos 80 años.

La parte central y sur de México han sido las más vulnerables a eventos sísmicos de muchos tipos y diversas magnitudes, como se muestra esquemáticamente en la Figura 1.10.

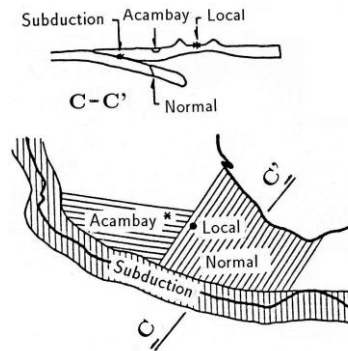


Figura 1.10. Tipos de sismos que afectan a la zona central y sur de México (Reinoso, 2012)

A continuación se describen los sismos que pueden afectar a la zona central y sur de México de acuerdo a Reinoso (2012), representados esquemáticamente en la figura anterior.

- a) 1.- Sismos locales con una Magnitud ≤ 5.5 , originados dentro o cerca de la región de interés.
- b) 2.- Sismos superficiales tipo Acambay con una Magnitud ≤ 7.0 , que se originan en toda la placa de Norteamérica.
- c) 3.- Sismos de profundidad intermedia de falla normal causados por rompimientos de la placa de Cocos ya subducida pudiendo alcanzar una Magnitud =8 cerca de las costas y hasta una Magnitud =6.5 debajo del valle de México.
- d) 4.- Sismos de subducción con una Magnitud ≤ 8.2 . (Reinoso, 1995)

Pese a su gran distancia epicentral (250 a 600 km), la ciudad de México es particularmente vulnerable ante sismos de subducción porque el tipo de ondas que llegan son ricas en periodos largos que sufren menos atenuación y experimentan gran amplificación al atravesar las arcillas del lago (Reinoso, 2012).

Casi cualquier sismo grande que ocurra en la zona de subducción, desde Jalisco hasta Oaxaca, representa un peligro para las estructuras construidas en la zona lacustre de la ciudad. Un sismo local podría provocar daños en la zona de lomas y no en la zona de lago

(Reinoso, 2012). A continuación se describen los tres tipos de zonas en las cuales está dividido el DF. mismas que pueden tener repercusiones ante la presencia de un evento sísmico.

Zona I, que es la zona de Lomas, formada por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta zona, es frecuente la presencia de orquedades en rocas, de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arenas y de rellenos no controlados. (RCDF, 2010).

Zona II, Transición, en esta zona los depósitos profundos se encuentran a 20 m de profundidad, o menos, y que está constituida por predominantemente por estratos arenosos y limo arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de estas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros. (RCDF, 2010)

Zona III que es propiamente la zona Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresibles, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son generalmente medianamente compactas a muy compactas y de espesor variable de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales, materiales desecados y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m (RCDF, 2010).

1.8 Escenarios por amenaza sísmica en México

Los escenarios que pudieran afectar a la ciudad de México de acuerdo a Reinoso, (2012) son los siguientes: a) Escenario 1 Sismo Local, b) Escenario 2 Sismo Superficial, c) Escenario 3 Sismo Profundidad Intermedia, d) Escenario 4 Sismo Subducción. En los escenarios M es Magnitud en la escala de Richter y es una medida cuantitativa de energía

liberada en forma de ondas sísmicas, D es la distancia máxima, en kilómetros, del epicentro del sismo a donde se encuentran los edificios en riesgo, y H es la profundidad.

- a) Escenario 1: Sismo Local con $M=5$, $D<10$ km, $H=5$ km.- Los sismos locales tiene una duración entre 10 y 20 segundos, y afectarán principalmente a los estados y ciudades que hoy son consideradas seguras; dentro de la ciudad de México las zonas también más seguras: la zona de lomas (Santa Fe, Cuajimalpa, Bosques, entre otras). Continuamente ocurren sismos de magnitud menor o igual que 4 en la ciudad de México, y están registrados sismos históricos de este tipo que han causado daños importantes. Por ser de magnitud pequeña, este sismo afectará solo a los edificios más cercanos al epicentro. (Reinoso, 2012).
- b) Escenario 2: Sismo Superficial tipo Acambay $M=7$, $D<80$ km, $H=10$ km.- Este escenario será similar al Sismo Local solo que mucho más intenso, de esta manera afectará a más estructuras y a una región mayor; podría afectar a dos ciudades grandes al mismo tiempo. (Reinoso, 2012).
- c) Escenario 3: Sismo de Profundidad Intermedia con $M=7.3$, $D<100$ km, $H=60$ km.- Este corresponde a la placa que está por debajo de la de Norteamérica, y son tanto frecuentes como destructivos. Provocarían efectos similares a los de los escenarios 1 y 2 pero afectan a un área todavía mayor que abarcará varios estados y ciudades. En la ciudad de México podría causar daños importantes en zonas como Polanco, Del Valle, Roma, entre otras. Habrá muchos daños en contenidos y elementos no estructurales (plafones, cristales, fachadas, entre otros) de edificios y naves industriales. Habrá afectación a carreteras en zonas montañosas por derrumbes y deslaves. (Reinoso, 2012).
- d) Escenario 4: Sismo de Subducción con $M=7$, $D<80$ km, $H=30$ km.- La zona de subducción es donde se generan los sismos más grandes en México y con una

frecuencia relativamente alta. Este Escenario 4 es un sismo que no debería provocar daños importantes y mucho menos víctimas al menos en construcciones modernas, aunque se sentirá de manera muy intensa en la zona epicentral (costas del Océano Pacífico sur) y en la zona de lago de la ciudad de México, si el sismo ocurre en las costas del estado de Guerrero. En la medida en que estos eventos crezcan en magnitud, se esperarán más daños tanto materiales como víctimas. (Reinoso, 2012).

Existen escenarios similares al Sismo de Subducción solo que vamos encontrar variaciones en cuestión de magnitud, distancia y profundidad.

El primero de ellos es un sismo de subducción con $M=8.1$, $D<250$ km, $H=30$ km, el cual por sus características es mucho más grande. Este evento provocará muchos daños en la zona epicentral incluyendo construcciones modernas pero con defectos estructurales (irregularidades, golpeteo, desplome, entre otros); causará licuación (falla de suelos arenosos) lo que a su vez podría provocar fallas en viviendas, puertos, aeropuertos y vías de comunicación, así como en cultivos y sistemas de riego; provocará con alta probabilidad derrumbes en zonas montañosas, sobre todo en taludes de carreteras y caminos, lo que imposibilitará en muchos casos el acceso por tierra a ciudades y comunidades; habrá fallas generalizadas en los sistemas de abastecimiento de agua potable, energía eléctrica y teléfono. Este evento afectará construcciones lejanas si es que existen problemas locales de amplificación sísmica como es el caso de la Ciudad de México y Ciudad Guzmán. (Reinoso, 2012).

Si este sismo ocurre en las costas de Acapulco afectará, como se describió antes, de manera importante a este puerto, pero también a Chilpancingo, Iguala, Cuernavaca y a todas las vías de comunicación que unen a estas ciudades. Por otra parte en la ciudad de México se sentirá mucho más fuerte que el sismo del 1985 puesto que el epicentro será más cercano, y dañará de manera grave a edificios mal reparados, y construcciones modernas con defectos estructurales, o construcciones bien hechas pero que por estar muy pegadas se dañarán

entre sí. Habrá fallas generalizadas en la distribución de agua potable, energía eléctrica, teléfono, y tardará semanas en restablecerse, y fugas de gas natural así como fallas en tanques de gas locales. Algunas vialidades serán intransitables por el material caído de edificios con daños, inclusive, habrá algunas líneas vitales de infraestructura como puentes y vialidades elevadas con daños, algunos graves. (Reinoso, 2012).

El segundo evento con $M > 8.1$, $D < 350$ km, $H = 30$ km, cuenta con el doble de energía liberada en comparación con el primer evento de subducción, por lo que es de esperarse que ocurra todo lo descrito pero para un área mayor, abarcando varios estados de México; para que este sismo ocurra tendría que moverse toda la placa que está en el estado de Guerrero. (Reinoso, 2012).

CAPÍTULO 2

EVENTOS SÍSMICOS QUE HAN PROVOCADO PÉRDIDAS ECONÓMICAS

2.1 Daños debidos al evento sísmico de 1912 en Acambay, Estado de México

2.1.1 Ubicación del municipio de Acambay

Documentos históricos señalan que al municipio se le denominaba Cambay o Cabaye, cuya traducción del otomí es okha “Dios” y mbye “Peña”, y significa “Peñascos de Dios”. Acambay se ubicada a 80 km al Noroeste de la ciudad de México y a 86 kilómetros de su capital, Toluca, dentro del Eje Neovolcánico Mexicano. Su cabecera municipal está situada entre los paralelos 19° 57’18” de latitud norte y a 99°50’47” de longitud oeste del meridiano de Greenwich a una altura de 2,552 msnm, colinda al norte con el estado de Querétaro y el municipio de Aculco; al este: con los municipios de Aculco y Timilpan; al sur: con los municipios de Timilpan, Atlacomulco y Temascalcingo; al oeste: con el municipio de Temascalcingo y el estado de Querétaro, (Serrano, 2001).



Figura 2.1. Figura ubicación de Acambay (Serrano, 2001)

Acambay tiene una extensión de 492.13 km², lo que representa el 2.21% del territorio estatal. Es una región donde se tienen numerosas fallas geológicas regionales con distintos grados de actividad sísmica. El graben o fosa geotectónica de Acambay, es un estructura que tiene 40 km de longitud y 15 de ancho aproximadamente y está definida por la extensión del sistema de fallas Acambay-Tixmadejé y la falla de Pastores. Las áreas de daños reportadas para este sismo sugieren que éste se originó en fallas superficiales. (Ishizawa, *et al.*, 2005)

2.1.2 Características del Suelo

El suelo del municipio se clasifica en los siguientes tipos: arcilla - arenosa, arcilloso - limoso francés. Entre los materiales que predominan en los suelos del municipio está el tezontle y la arenisca y en algunas regiones predomina el limo.

El suelo del municipio está notablemente accidentado, dando como resultado la existencia de numerosos valles y mesetas, así como barrancos y barrancos acantilados, (Serrano, 2001).

2.2 Ubicación y características del evento sísmico

A principios del siglo XX se produce una catástrofe, y fue precisamente el 19 de noviembre de 1912 cuando un fuerte sismo devastó en segundos al municipio. Ese día, a las 7:19 de la mañana, dicho sismo ensordecedor y devastador de 6.9 grados levantó una gran nube de polvo, visible a 50 kilómetros, dejando más de 700 víctimas entre muertos y heridos. (Serrano, 2001).

El fenómeno abarco una extensa zona y en el sur del estado de México causo muchas desgracias. Sólo quedaron ruinas del pueblo de Acambay, no quedó ni una sola casa en pie, habiéndose derrumbado la iglesia en el momento que se celebraba una misa. (Serrano, 2001).



Figura 2.2. Iglesia de Acambay destruida por el sismo (Serrano, 2001).



Figura 2.3. Ruinas de una casa después del sismo (Serrano, 2001)



Figura 2.4. Ruinas de otra de las iglesias (Serrano, 2001)

2.3 Relación de daños producidos por el sismo de Acambay

El poblado de Temascalcingo fue destruido; sufriendo el colapso de un templo parroquial y dos capillas. Por otro lado en Atlacomulco sufren desperfectos los tres templos de la población. Por su parte en Timilipan son muchos los desperfectos, quedando casi en ruina. Otras poblaciones de esos rumbos tuvieron muchos prejuicios que tienen que lamentaron pérdidas de vidas e intereses, (Suarez y García, 1996).

A continuación se presentan algunos estados de la República Mexicana y lugares del Distrito Federal de acuerdo a los datos obtenidos por Suárez Reinoso y García Acosta en donde este evento tuvo repercusión la cual se sintió con una intensidad menor y fue

clasificada de acuerdo a la escala Mercalli Modificada (MM), tipo de movimiento, dirección y tiempo del evento, (Suarez y García, 1996).

Tabla 2. 1. Sitios afectados en el D.F. por el sismo de Acambay (Suarez y García, 1996)

Ubicación	Escala Mercalli Modificada	Tipo de Movimiento	Duración (t) en seg.	Dirección del evento
Coyoacán	III (leve)	oscilatorio	Sin dato	N-O, S-E
Mixcoac	III (leve)	oscilatorio	Sin dato	N-O, S-E
San Ángel	III (leve)	oscilatorio	Sin dato	N-O, S-E
Tlalpan	III (leve)	oscilatorio	4	N-O, S-E
Xochimilco	IV (moderado)	oscilatorio	30	S-O, N-E
Xochimilco	Sin dato	oscilatorio	20	N-S

Tabla 2.2. Sitios de la República Mexicana afectados por el sismo de Acambay en 1912 (Suarez y García, 1996)

Ubicación	Escala Mercalli Modificada	Tipo de Movimiento	Duración (t) en seg.	Dirección del evento
Cuernavaca	III (leve)	oscilatorio	Sin dato	Sin dato
Querétaro	IV (moderado)	trepiratorio	10	Sin dato
San Luis de la Paz	III (leve)	oscilatorio	10	N-S
Tlanguistengo	III (leve)	trepiratorio	3	Sin dato
Tula	III (leve)	trepiratorio	20	Sin dato
Tulancingo	IV (moderado)	trepiratorio y oscilatorio	1	N-S
Guanajuato	III (leve)	oscilatorio	7	Sin dato

Tabla 2.2 Continuación

Ubicación	Escala Mercalli Modificada	Tipo de Movimiento	Duración (t) en seg.	Dirección del evento
Irapuato	IV (moderado)	oscilatorio	28	N-S
Acambaro, Michoacán	III (leve)	oscilatorio	4	N-O, S-E
Atotonilco	III (leve)	oscilatorio	4	N-O, S-E
Salvatierra	III (leve)	oscilatorio	10	N-S
Tlaxcala	III (leve)	oscilatorio	30	Sin dato
Angangueo, Michoacán	IV (moderado)	oscilatorio	30	S-O, N-E
Chietla, Puebla	IV (moderado)	oscilatorio	30	S-O, N-E
San Juan de los Lagos, Ocotlán, Jalisco	IV (moderado)	oscilatorio	30	S-O, N-E
Salamanca, Valle de Santiago, Moroleón, Guanajuato	IV (moderado)	oscilatorio	30	S-O, N-E
Santa María del Rio, S.L.P	IV (moderado)	oscilatorio	30	S-O, N-E
Puebla	III (leve)	oscilatorio	10	E-O
Salamanca	III (leve)	oscilatorio	18	Sin dato
Valle de Santiago, Moroleón, Guanajuato	III (leve)	oscilatorio	20	N-S
Ocotlán	III (leve)	oscilatorio	20	N-S
Santa María del Rio, S.L.P.	III (leve)	oscilatorio	20	S-N
El oro, Estado de México	III (leve)	trepiratorio	30	Sin dato
El oro, Estado de México	V (poco fuerte)	trepiratorio	30	Sin dato
Celaya, Guanajuato	Sin dato	oscilatorio	Sin dato	Sin dato

Tabla 2.2 Continuación

Ubicación	Escala Mercalli Modificada	Tipo de Movimiento	Duración (t) en seg.	Dirección del evento
Real del Monte, Hidalgo	III (leve)	trepiratorio	5	Sin dato
Bravos, Guerrero	III (leve)	oscilatorio	25	Sin dato
Querétaro	II (débil)	trepiratorio	3	Sin dato
Calpulalpan, Tlaxcala	IV (moderado)	oscilatorio	2	E-O

En el poblado de Temascalcingo gran parte de las casas, iglesias y edificios públicos, así como los portales de mercados quedaron destruidos. El sismo abarco una área de 800 km², esta área incluyó el pueblo de Acambay, que también resultó arrastrado. Las primeras ondas de este evento sísmico fueron captadas por el Observatorio de Tacubaya, a las 7:18. Su dirección era N-S y se transmitía a una velocidad de 10 m/seg., hasta alcanzar el grado IX (ruinoso), y una duración de 6 segundos, (Suarez y García, 1996).

Hubo casas destruidas en los poblados de Temascalcingo con 302, en San Pedro el Alto con 77, La Magdalena con 124, Barrio del Puente con 65, Maró con 47; en total fueron 615 casa destruidas en los mencionados poblados. Hubo decenas de heridos y un saldo de 20 muertos, (Suarez y García, 1996).

Para 1913 se inicia la reconstrucción que tarda más de una década, y la cual cambia el aspecto del poblado. Aunque se perdieron joyas arquitectónicas de gran valor, se levantaron nuevas construcciones que cambiaron la imagen del municipio, (Suarez y García, 1996).

2.4 Daños debidos al evento sísmico de 1957 en la Ciudad de México

2.4.1 Ubicación y características del evento sísmico del Ángel

El terremoto de México de 1957, conocido también como el Terremoto del Ángel, fue un sismo ocurrido a las 08:40 hora local, del domingo 28 de julio de 1957. Su epicentro se ubicó cerca del puerto de Acapulco, en la costa del estado de Guerrero, y registró una magnitud de 7.8 en escala de Richter. La zona centro de la República Mexicana fue la más afectada, en especial la Ciudad de México, dejando un saldo de 700 muertos y 2 mil 500 heridos. (Montero, 2012)

El sismo de la ciudad de México en 1957 (llamado el sismo del Ángel, debido a que el monumento al Ángel de la Independencia sufrió la caída de la estatua emblemática del pedestal) fue el precedente de magnitud muy cercana al de 1985. Los daños fueron cuantiosos para la ciudad, aunque no se cuenta con una referencia suficientemente documentada.

2.5 Relación de daños producidos por el evento sísmico del Ángel

Se estima que el número total del valor de los daños en lo que respecta a propiedad particular y gubernamental se calculó en 2 mil millones de pesos de esa época. Las poblaciones más afectadas además de la ciudad de México fueron San Marcos (95% de edificios dañados), Chilpancingo (90% de edificios dañados), Chilapa (70% de edificios dañados), Huamuxtitlán (60% de edificios dañados), Ayutla (con pérdidas estimadas de 360,000 pesos) y Tuxtla (60% de edificios dañados), todas estas en el estado de Guerrero, (Reinoso y Orozco, 2007).

La mayoría de los daños ocurridos en la Ciudad de México se concentraron en la zona centro, en lo que hoy es la Delegación Cuauhtémoc. Se reportaron 39 muertos tan sólo en la Ciudad de México y alrededor de 1,000 edificios con daños, incluyendo casos de bardas y estructuras con grietas y fisuras en acabados. (Reinoso y Orozco, 2007).

Hubo derrumbes de edificios públicos y privados del centro de la ciudad, y en centros educativos, como las instalaciones del Instituto Politécnico Nacional (IPN), para ser más precisos en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, estaba construida a base de una estructura de marcos de concreto reforzado de 4 pisos y planta baja sin ningún muro. No se registró ninguna pérdida humana pero sí el sismo hubiera ocurrido en horario de clases habría causado la muerte de cientos de estudiantes. Hubo también otras poblaciones afectadas, como la ciudad de Chilpancingo en Guerrero, donde tres edificios se desplomaron. (Reinoso y Orozco, 2007).

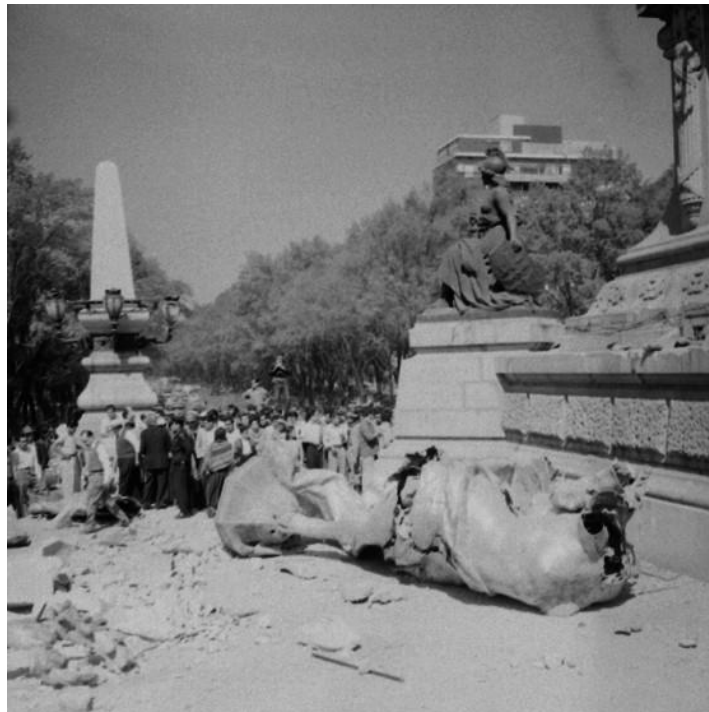


Figura 2.5 Colapso del Ángel de la Independencia, debido al sismo de 1957 (Montero, 2012)



Figura 2.6 Fracturamiento del Ángel (Montero, 2012)



Figura 2.7 Colapso del Ángel de la Independencia vista desde otro ángulo (Montero, 2012)



Figura 2.8 Colapso del ala sur del edificio del IPN a causa del sismo de 1957 en la ciudad de México (Reinoso y Orozco, 2007).

Otro edificio que colapso por este evento estaba ubicado en la esquina de las calles de Frontera y Álvaro Obregón estructura de marcos de concreto reforzado de 5 pisos, destinado a vivienda; en este colapso se reportaron 31 muertos. Fue el caso más trágico, la construcción se desplomó sobre sus propios cimientos, como un gigantesco acordeón que se cierra verticalmente, de tal manera que los escombros no alcanzaron a rebasar la banqueta, (Reinoso y Orozco, 2007).



Figura 2.9 Edificio colapsado en esquina de las calles de Frontera y Álvaro Obregón. (Reinoso y Orozco, 2007).

El edificio en Insurgentes # 337 esquina con Coahuila, sufrió colapso parcial en estructuras de marcos de concreto reforzado contaba con 5 pisos, y era propiedad del actor mexicano Mario Moreno “Cantinflas”, solo quedó en pie la planta baja, (Reinoso y Orozco, 2007).



Figura 2.10 Edificio en Insurgentes # 377, sólo la planta baja quedó en pie (Reinoso y Orozco, 2007).

Una estructura más de la que se tiene datos fue el Cine Encanto. Ubicado en la calle de Serapio Rendón, y estaba construido a base de una estructura con columnas de concreto reforzado y armaduras de acero, el techo y parte de los muros se vinieron abajo. Alrededor de 32 salas de diversión con sistemas estructurales similares fueron cerrados por seguridad, (Reinoso y Orozco, 2007).



Figura 2.11 Cine Encanto que perdió el techo y parte de los muros, (Reinoso y Orozco, 2007).

En las siguientes tablas se hace mención a la descripción de los daños provocados por el sismo de 1957 en edificios de la ciudad de México de acuerdo a las investigaciones de Reinoso y Orozco, (2007), tomando como parámetros de clasificación los siguientes:

- a) Tipo de cimentación: S Superficial, CC Cajón de Cimentación, PCP Parcialmente compensada con cajón y pilotes, PC Pilotes de Concreto (fricción), PM Pilotes de Madera (punta).
- b) Nivel de Daño: L Leve, M Moderado, G Grave, CP Colapso Parcial, CT Colapso Total.
- c) Sistemas Estructurales: MC Marcos de Concreto, MA Marcos de Acero, CC Construcción Compuesta, MmC Mampostería Confinada, NI Naves Industriales.

Dichos parámetros pueden ser observados en la siguiente tabla seguida de la descripción de daños de manera general.

2.5.1. Relación de daños en el D.F.

Con base en investigaciones hechas por Reinoso y Orozco, (2007), se presentan a continuación unas tablas con información estructural de edificios y su tipo de daño, los cuales que fueron afectados por este evento sísmico de 1957, en el DF.

Tabla 2.3 Información detallada acerca de edificios y tipo de daño estructural (Reinoso y Orozco, 2007).

Dirección	Año de construcción	No. de niveles	Uso	Tipo estructural	Cimentación	Ubicado en esquina	Daño
La Fragua 4	_____	7	Oficinas	MC	CC	No	L
Villalongin	_____	5	Oficinas	MC	PM	No	G
Geranio	_____	5	Oficinas	NI	_____	Si	CP
Serapio Rendón	_____	1	Cine	MC	_____	No	CP
Insurgentes 337	_____	5	Oficina	MC	_____	No	CP
Soledad 90	1930	3	Comercio	MmC	S	Si	M
Reforma 1	1934	16	Oficinas	MC	_____	Si	G
Río Rhin 82	1935	3	Vivienda	MmC	S	No	M
San Juan de Letrán 23	1936	7	Cine	MC	S	No	M
Juárez 76	1938	11	Oficinas	MC	PM	Si	M
Dr. Barragán 538	1940	3	Vivienda	MmC	S	No	M
Balderas 44	1941	6	Oficinas y Escuela	MC	S	No	L
Insurgentes 473	1942	8	Oficinas	MC	PM	No	L
Reforma 77	1943	14	Oficinas	MA	PM	Si	G
M. Ocampo 257	1944	11	Vivienda	MC	_____	Si	L
Morelos 110	1945	13	Oficinas	MC	PM	Si	M
Insurgentes 263	1946	9	Oficinas	MC	PM	Si	G
Lecumberri 63	1946	2	Cine	NI	S	No	G
Insurgentes 37	1947	16	Oficinas	MC	PM	Si	L
Insurgentes 428	1947	5	Vivienda	MC	S	No	L
Abraham González 3	1947	10	Oficinas	MC	PM	Si	G
Reforma 336	1948	7	Oficinas	MC	S	No	L
Insurgentes 368	1948	5	Banco	MC	S	Si	G

Tabla 2.4. Continuación

Dirección	Año de construcción	No. de niveles	Uso	Tipo estructural	Cimentación	Ubicado en esquina	Daño
Gutenberg 47	1949	11	Vivienda	MC	PM	No	L
Aquiles Serdán 29	1950	13	Oficinas	MC	PM	Si	L
Insurgentes 576	1950	13	Vivienda	MC	PM	No	L
Reforma 45	1950	19	Oficinas	CC	CC	Si	L
Casco de Sto. Tomas	1950	4	Escuela	MC	S	No	G
Casco de Sto. Tomas	1950	4	Escuela	MC	S	No	CT
Reforma 122	1951	14	Oficinas	MC	PCP	No	M
Aquiles Serdán 29	1951	9	Oficinas	MC	PC	Si	G
Havre 7	1952	9	Oficinas	MC	CC	No	L
Reforma 104	1952	9	Oficinas	MC	PCP	No	L
Topógrafos 7	1952	14	Vivienda	MC	PC	Si	M
Chapultepec 540	1953	8	Oficinas	MC	S	No	L
Sullivan 199	1955	11	Vivienda	MC	CC	Si	L
Oaxaca 50	1955	11	Oficinas	MC	PCP	No	M
Insurgentes 1338	1955	1	Bodegas y Oficinas	NI	S	No	CP
Reforma 35	1956	14	Oficinas	MC	CC	No	G
Santa Escuela	1957	1	Comercio	NI	CC	No	CP
Frontera esq. Álvaro Obregón	1957	5	Oficina	MC	_____	Si	CT
C. Romero de Terreros	1957	2	Vivienda	MmC	S	No	CT

En la siguiente tabla se describe de manera detallada de acuerdo a Reinoso y Orozco, (2007), la descripción de daños en edificios ubicados en DF.

Tabla 2.4. Descripción de daños, en la ciudad de México (Reinoso y Orozco, 2007)

DIRECCIÓN	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES
La Fragua 4	0	Flexión en columnas, tensión diagonal en traves de lindero norte hubo golpeteo
Villalongin	0	Tensión diagonal en traves
Geranio	0	Colapso parcial de pisos superiores
Serapio Rendón	0	Derrumbe total del techo
Insurgentes 337	0	Colapso pisos superiores
Soledad 90	1930	Tensión simple en muros y losas. Peligro de derrumbe en voladizos
Reforma 1	1934	Sin datos exactos. El edificio fue demolido después del sismo
Río Rhin 82	1935	Derrumbe parcial losas de balcones de la zona posterior
San Juan de Letrán 23	1936	Flexión en columnas por golpeteo
Juárez 76	1938	Tensión diagonal y esfuerzo cortante en traves, tensión simple en losas
Dr. Barragán 538	1940	Esfuerzo cortante en muros y tensión simple en losas por golpeteo
Balderas 44	1941	Tensión diagonal en traves
Insurgentes 473	1942	Falla moderada en traves por tensión diagonal
Reforma 77	1943	Flexión en columnas
M. Ocampo 257	1944	Tensión, tensión diagonal y esfuerzo cortante en traves
Morelos 110	1945	Flexión y tensión diagonal en columnas y traves respectivamente

Tabla 2.5. Continuación

DIRECCIÓN	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES
Insurgentes 263	1946	Tensión diagonal en trabes, flexión en columnas
Lecumberri 63	1946	Volcamiento de armaduras de techo
Insurgentes 37	1947	Tensión diagonal en trabes
Insurgentes 428	1947	Pandeo en columnas
Abraham González 3	1947	Flexión columnas, tensión diagonal en trabes y pandeo en losas
Reforma 336	1948	Tensión diagonal en trabes
Insurgentes 368	1948	Flexión en columnas
Gutenberg 47	1949	Flexión en trabes. Daños en losa de escalera, hubo necesidad de apuntalar
Aquiles Serdán 29	1950	Flexión en columnas, tensión diagonal en trabes y tensión simple en losas del cubo de escalera
Insurgentes 576	1950	Tensión diagonal en trabes
Reforma 45	1950	Flexión en trabes de cubo de elevadores
Casco de Sto. Tomas	1950	Flexión en columnas y tensión diagonal en trabes en crujías alejadas de zona esquina
Casco de Sto. Tomas	1950	Colapso total
Reforma 122	1951	Flexión en columnas y tensión en trabes de cubo de escalera. Tensión diagonal en trabes por golpeteo
Aquiles Serdán 29	1951	Tensión diagonal en trabes. Falla de control de pilotes
Havre 7	1952	Tensión diagonal en trabes
Reforma 104	1952	Tensión diagonal en trabes, tensión simple en losas de cubo de escaleras
Topógrafos 7	1952	Flexión en columnas, tensión en losas y esfuerzo cortante en trabes
Chapultepec 540	1953	Falla por flexión en columnas

Tabla 2.5. Continuación

DIRECCIÓN	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES
Sullivan 199	1955	Grietas de tensión diagonal en traves cortas del techo del sótano
Oaxaca 50	1955	Falla total de pilotes de control, el asentamiento diferencial fue de 1m
Insurgentes 1338	1955	Colapso de oficinas. Flexión grave en columnas, daño en ménsulas
Reforma 35	1956	Compresión y tensión diagonal en traves, flexión en columnas
Santa Escuela	1957	6 cascarones colapsaron y los 88 restantes fallaron por flexión en el arranque de las columnas
Frontera esq. Álvaro Obregón	1957	Colapso total
C. Romero de Terreros	1957	Colapso total. No tenía muros en sentido NS

2.6 Daños debidos al evento sísmico del 11 de mayo de 1962

2.6.1 Ubicación y características del sismo de 1962.

Este sismo tuvo lugar en el puerto de Acapulco y otras poblaciones del estado de Guerrero, dicho sismo tuvo una magnitud de 7.1 en escala de Richter, sin embargo además de este sismo también se inició una serie de sismos en días posteriores al 11 de mayo, (Merino y Coronado, *et al.* 1962).

No se trató de un solo epicentro; parece que el primer sismo hizo entrar en actividad otros epicentros que funcionaron sucesivamente, uno después de otro; pero todos localizados mar afuera, en la llamada Fosa de Acapulco o Trinchera Mesoamericana que corre paralela a la costa, a poca distancia de ella y en las vecindades del citado puerto, (Merino y Coronado, *et al.* 1962).

Este sismo produjo alguna gravedad en el puerto de Acapulco, en Chilpancingo, Taxco, y en el D.F. y en algunos otros lugares, con intensidades de VIII Y VII en escala Mercalli, en Acapulco y en la Ciudad de México respectivamente, (Merino y Coronado, *et al.* 1962).

Cabe mencionar según Merino y Coronado *et al.* (1962), que en ese mismo mes dentro de la serie de sismos existió otro, con una magnitud mayor que el del 11 de mayo, dicho sismo fue el 19 de mayo de ese mismo año.

A continuación de acuerdo a las investigaciones hechas por Merino y Coronado *et al.* (1962), se hace mención a los daños producidos por el sismo de 11 de mayo y sus efectos sobre el terreno y sobre edificios.

2.7 Efectos del sismo de 1962 sobre el terreno

De acuerdo a Merino y Coronado *et al.* (1962), este sismo provocó rajaduras visibles en pavimentos, patios, carretas, y otras superficies planas construidas por el hombre. En algunos puntos de la carretera vieja a Acapulco se observaron pequeñas rajaduras en el pavimento que no tuvo mayor gravedad. En la Ciudad de México se observaron rajaduras en el pavimento del patio de los edificios de la SCT, en las banquetas del Hotel Hilton y en algunos lugares vecinos a la Alameda Central, pero ninguno de los casos tuvo mayor importancia.

De acuerdo a Merino y Coronado, *et al.* (1962) existieron rajaduras visibles en el terreno, y solamente dos casos fueron reportados con algunas rajaduras en las cercanías de Chilpancingo y otras en el puerto de Acapulco, mismas que no tuvieron la importancia que se les dio en algunos informes de prensa.

No existieron grietas y roturas en pavimentos, carreteras y otras superficies planas construidas por el hombre. De todos los demás tipos de efectos en el terreno no se informó, excepto de un par de derrumbes en la carretera de Acapulco, reportados por una empresa de autobuses. Por el lugar donde ocurrieron se notaba claramente que se trató de pequeñas porciones de talud que contenían grandes piedras que estaban colocadas de modo inestable, (Merino y Coronado, *et al.* 1962).

2.8 Efectos del sismo de 1962 sobre los edificios

Según Merino y Coronado *et al.* (1962), en la ciudad de México no hubo derrumbes de edificios, ni pérdida de vidas por esta causa. Tres muertos que se reportaron se debieron a ataques cardiacos en dos casos y a imprudencia personal en el tercero. Se observaron daños con las siguientes características.

- a) Daños por asentamiento del terreno o de los cimientos de los edificios. Este fue un tipo frecuente de daños, observado en las zonas de mayor hundimiento de la ciudad. Algunos edificios mostraban asentamientos visibles de algunos centímetros con respecto al nivel de banqueta (Hotel Continental Hilton, edificios en la calle Azueta, etc.). Tal vez provocadas por el sismo de 1957 se agravaron en esta ocasión. No se observaron daños de este tipo en los edificios nuevos construidos según el reglamento de construcciones de ese año, (Merino y Coronado, *et al.* 1962).
- b) Daños por desplazamiento del terreno que no recobró su posición original. Este tipo de daños, frecuentemente observado en el año de 1957, pero esta vez no apareció, (Merino y Coronado, *et al.* 1962).
- c) Daños por oscilaciones forzadas. La gran mayoría de los daños observados en México se debió a esta causa. Rotura general de los cristales de las ventanas en los edificios de la CFE y de H. Steele y Compañía; efectos de martilleo en la Secretaría

de Comunicaciones, especialmente a la altura del 6° piso; Hotel Continental Hilton con el edificio adyacente; de varios edificios en la Avenida Juárez y calles adyacentes; daños severos en las estructuras del Cine Roble y otros edificios del Paseo de la Reforma; daños menos graves en el Hotel María Isabel, frente a la columna de la independencia (que esta vez no sufrió nada); serios daños en dos edificios cerca de la Glorieta de Etiopía; algunas cuarteaduras en el Hospital la Raza; cuarteaduras y rotura general de cristales en un edificio en construcción (abandonado desde hace 3 años) en Balsas y Tigris, (Merino y Coronado, *et al.* 1962).

- d) Daños por resonancia. No hubo, ni tampoco efectos de grandes aceleraciones verticales u horizontales; rotaciones, proyecciones u otros fenómenos similares.

En el estado de Guerrero la destrucción fue grave; en Chilpancingo hubo averías serias en edificios de construcción reciente y en muchas casas viejas construidas con adobe o de ladrillos sufrieron grandes cuarteaduras que hicieron necesaria su demolición, cabe mencionar que ninguno de esos edificios habían sido construidos siguiendo las normas del reglamento de ese año. Por otro lado con lo que respecta a las casas de adobe, estas son muy sensibles a los eventos sísmicos.

Los daños observados de acuerdo a Merino y Coronado *et al.*, 1962, en Chilpancingo, Taxco, Chilapa y otros lugares del Estado de Guerrero se debieron más bien a deficiencias de los edificios que a la intensidad o magnitud del sismo. Por ejemplo las torres y cúpulas de las iglesias de tiempos coloniales ya presentaban cuarteaduras ocasionadas por otros sismos o no tenían un mantenimiento adecuado por el natural deterioro. De Acapulco los daños con bastante magnitud se presentaron en el Hotel de Pensiones, Hotel Papagayo, la residencia de los hermanos Pasquel y muchas otras construcciones.

Algunos edificios dañados fueron construidos sobre arena de los depósitos de playa, otros eran bastante viejos, construidos siguiendo métodos constructivos muy antiguos y en otros más por las deficiencias de construcción la pobre mano de obra.

Tabla 2.5 Área Total y Área total de daños probables (Merino y Coronado et al, 1962)

FECHA	ÁREA TOTAL	ÁREA DE DAÑOS PROBABLES	% DEL TOTAL
Mayo 11	483,800 Km ²	6,157 Km ²	1.74
Mayo 19	544,907 Km ²	8,403 Km ²	1.13

Los sismos en Acapulco ocurridos en Mayo de 1962 constituyeron un enjambre de sismos producidos en la misma región, localizada mar afuera, cerca del puerto citado, dentro de un área pequeña en la Fosa de Acapulco. Esta fosa, es una verdadera zona de discontinuidad geológica, se caracteriza, sismológicamente hablando, por el gran número de epicentros que contiene, (Binder, 1965).

2.9 Daños debidos al evento sísmico del 6 de julio de 1964

2.9.1 Ubicación y características del sismo de 1964

Este sismo tuvo lugar en la región colindante de los estados de Guerrero y Michoacán a la altura con la confluencia de los ríos Balsas y Cutzamala, donde dejo aproximadamente 40 muertos, más de 150 heridos y pérdidas materiales de consideración. Abarco una superficie aproximada de 342 km². La intensidad en escala de Richter fue de 7.2, (Figueroa, 1965).

El saldo más desfavorable de daños por este evento sísmico abarcó las siguientes poblaciones: Ciudad Altamirano, Cutzamala, Coyuca de Catalán, Tanguahuato, Guayameo, Zirándaro, Huetamo y otras poblaciones de Guerrero y Michoacán. En la ciudad de México la respuesta ante este evento fue en las zonas bajas, en algunos lugares alcanzo el grado VII

en escala Mercalli Modificada, pero en general para el DF. fue de grado VI en la misma escala, (Figuroa, 1965).

2.10 Relación de daños

Aunque el movimiento no fue de los más fuertes los daños fueron severos por que las edificaciones estaban en terrenos aluviales en los límites de los grandes ríos.

Debido al predominio del clima cálido de estas zonas las mejores casas son de adobe y los techos están diseñados en dos aguas, las paredes que forman la división de las piezas, necesariamente altas por el clima, sirven de apoyo a caballetes con fuerte desnivel, donde, sobre los palos se montan las tejas. Las paredes suelen protegerse con entortado de mezcla o tabique, (Figuroa, 1965).

El resultado de tal tipo de construcción cuando ocurre un evento sísmico de intensidad media es el de resbalamiento total de tejas, caídas de grandes porciones de entortado, la ruptura de las columnas o pilares, y el agrietamiento severo de los muros divisorios, principalmente en su parte alta, (Figuroa, 1965).

A continuación se hace una relación de daños en los diferentes estados de la república con sus respectivos poblados, así como los daños y el grado en escala Mercalli Modificada según Figuroa (1965).

2.10.1 Relación de daños en el Estado de Guerrero

A continuación se presenta una tabla de registros de daños provocados por el evento de 1964 en el Estado de Guerrero de acuerdo a investigaciones hechas por Figuroa, (1965).

Tabla 2.6 Registro de daños provocados por el sismo de 1964 en poblaciones del Estado de Guerrero

POBLACION	GRADO	DAÑOS
Ajuchitlán	VIII	Treinta casas se derrumbaron, 15 están a punto de caer y las restantes quedaron sumamente averiadas y con cuarteaduras. Se tuvieron que tirar y construir de nuevo. Se corrieron todas las tejas de las casas, cayendo al suelo.
Ciudad Altamirano	VIII	Se despegaron los entortados en piezas grandes. Hubo gran destrucción.
Coahuayutla	VIII	Varias casas se cayeron (portales), se les cayó la teja.
Coyuca de Catalán	VIII	Grandes daños a la propiedad.
Cutzamala de Pinzón	VIII	Puede citarse como el sismo más fuerte que ha azotado a esta población en mucho tiempo. Varias casas caídas y muchas por caer. El templo parroquial, edificación de más de 400 años, con bóvedas catalanas de cantera, quedo en ruinas.
Changata	VIII	Hubo caídas de peñascos, cuyo ruido causo pánico, en virtud de que hay cerros altos.
Chilpancingo	VIII	Se desplomo una pared de tabique como de 100 metros de longitud.
Guayameo	IX	Derrumbe de cercas de piedra. Peñas que se desprendieron de los cerros causaron muerte en el ganado.
Guayameo	IX	De aproximadamente 400 casas que hay aquí todas de adobe y teja, se cayeron 10, otras quedaron inhabitables y todas las demás bastante y peligrosamente averiadas, incluyendo el Templo católico que quedo inutilizable y en parte la escuela.

Tabla 2.7 Continuación

POBLACION	GRADO	DAÑOS
Guayameo	IX	<p>El poblado está rodeado en su parte Oriental y Sur, y a poca distancia, por el filo mayor de la Sierra Madre del Sur; en las caídas de dicha Sierra, o sea las ramificaciones que ven había este pueblo, sufrieron en el momento del temblor serios desprendimientos. Después, aunque en menor volumen, seguían los desprendimientos.</p> <p>Durante 12 días, o sea del 6 al 17 de julio, hubo diariamente temblores, poco perceptibles unos y otros de mayor intensidad.</p> <p>Había muchos cerros agrietados y en algunas partes los caminos de herradura estaban interrumpidos por derrumbes y remoción de tierra.</p> <p>La Sierra Madre del Sur en una extensión de unos 20 km presentaba enormes derrumbamientos y grietas.</p>
Guayameo	IX	<p>La ganadería sufrió fuertes pérdidas por que muchos animales fueron arrastrados por dichos derrumbes. En muchas partes la tierra sufrió agrietamientos de unos 20 cm.</p>
Iguala	VI	<p>Al monumento a la bandera se le cayeron 2 adornos de cantera.</p>
Ixcatepec	VII	<p>Se derrumbaron varias casas.</p>
Pilcaya	VI	<p>Hubo derrumbe de peñascos en los caminos de herradura, que impidieron el paso.</p>

Tabla 2.7 Continuación

POBLACION	GRADO	DAÑOS
Tecoanapa	V	En este lugar se han sentido sacudidas más fuertes y más rápidas.
Tetipac	VII	Cuartheaduras de las bóvedas del Templo parroquial y del edificio municipal.
Tlacotepec	VII	En la parte norte, denominada Barrio de la Merced, la mayoría de las casas quedaron muy averiadas, algunas sin tejado.
Tlacotepec	VII	Hubo dos clases de movimiento unos fue oscilatorio en su mayor parte y en los últimos segundos, trepatorio.
Tlacotepec	VII	Del Noroeste, la mayoría de las casas quedaron semi-destruidas con serias cuartheaduras, resultando dos personas heridas con lesiones en el cráneo. El reloj publico dejo de funcionar. Las campanas de la torre sonaron.
Xochihuehuetlán	VI	Solamente parte de una casa se cayó.

2.10.2 Relación de daños en el Estado De México

A continuación se presenta una tabla de registros de daños provocados por el evento de 1964 en el Estado de México de acuerdo a investigaciones de Figueroa, (1965).

Tabla 2.7 Registro de daños provocados por el sismo de 1964 en poblaciones del Estado de México

POBLACION	GRADO	DAÑOS
Texcaltitlán	VII	Se desplomo la cúpula de la Parroquia principal y se torcieron las torres de la misma. En Chiquiuntepec, de esta misma población, se desplomo una capilla.
Texcaltitlán	VII	La cúpula y la torre de la iglesia sufrieron graves daños.

Tabla 2.8 Continuación

POBLACIÓN	GRADO	DAÑOS
Texcaltitlán	VII	Se desplomó la cúpula del templo parroquial. En uno de los barrios de la misma población quedo destruido totalmente el templo, las torres de la Parroquia quedaron desplomadas, la fachada de la parte del reloj quedo inutilizada, las bancas del Templo parroquial y comulgatorio quedaron quebradas y estaba clausurado el culto en la parroquia.
Toluca	VI	Las casas de la Col. Granjas de esta ciudad sufrieron cuarteaduras en la cornisa. Así como algunas casas de propiedad particular.

2.10.3 Relación de daños en el Estado de Michoacán

A continuación se presenta una tabla de registros de daños provocados por el evento de 1964 en el Estado de Michoacán de acuerdo a investigaciones de Figueroa, (1965).

Tabla 2.8 Registro de daños provocados por el sismo de 1964 en poblaciones del estado de Michoacán

POBLACIÓN	GRADO	DAÑOS
Huetamo de Núñez	VIII	Muertes, derrumbamientos de casas, agrietamiento de puentes, interrupción de luz eléctrica.
Nocupétaro	VII	La parte sur de la población fue más afectada, debiéndose primordialmente a la humedad y a que es más falso el terreno.
Puruándiro	VI	Sismo fuerte donde las campanas de la iglesia sonaron.
San Lucas	VI	No dejo de temblar unas veces más fuerte, otras menos fuertes hasta el 17 de julio.
San Lucas	VI	Derrumbes de piñas. Hasta el 17 de julio diariamente tembló.

Tabla 2.9 Continuación

POBLACIÓN	GRADO	DAÑOS
San Lucas	VI	Derrumbes de piedras. Hasta el 17 de julio tembló excepto tres días.
Uruapan	VI	Se cayó un capizallo (preparación e hilado de fibras duras naturales) sobre una casa y en otras de la población hubo cuarteaduras y caída de muros viejos.
Uruapan	VI	Se escucharon ruidos subterráneos.

2.10.4 Relación de daños en el Estado de Morelos

A continuación se presenta una tabla de registros de daños provocados por el evento de 1964 en el Estado de Morelos de acuerdo a investigaciones de Figueroa, (1965).

Tabla 2. 9 Registro de daños provocados por el sismo de 1964 en poblaciones del estado de Morelos

POBLACIÓN	GRADO	DAÑOS
Tepoztlán	VI	Se derrumbaron 3 metros de una torre de la catedral, produciendo aproximadamente 3 toneladas de escombros.

2.10.5 Relación de daños en el Estado de Oaxaca

A continuación se presenta una tabla de registros con los daños provocados por el evento sísmico de 1964 en el Estado de Oaxaca, en donde se puede observar que solo dos municipios de dicho estado fueron los más afectados de acuerdo a investigaciones de Figueroa, (1965).

Tabla 2. 10 Registro de daños provocados por el sismo de 1964 en poblaciones del estado de Oaxaca

POBLACIÓN	GRADO	DAÑOS
Villa Alta	VI	Las paredes de la cárcel pública de esta cabecera se agrietaron con peligro de caerse.
Coicoyán de la Flores	VI	Antes del temblor se oyeron ruidos como retumbos que se dirigían hacia el pueblo.

2.11 Daños debidos al evento sísmico del 30 de enero de 1973

2.11.1 Ubicación y características del sismo de 1973.

Este evento sísmico tuvo su epicentro frente a las costas de Michoacán y Colima. Dicho sismo se sintió en las costas de Jalisco, Michoacán, Colima y el DF, dejando como resultado algunos daños en infraestructura, su intensidad fue de V y VI grados en escala de Mercalli, y 7.5 en escala de Richter, (Figuroa, 1973).

2.11.2 Relación de daños en el DF.

De acuerdo con investigaciones de Figuroa, (1973), en el DF este evento sísmico tuvo un grado de V (poco fuerte) en la escala Mercalli modificada, el cual dejó 2 muertos uno en la colonia Santiago Iztacalco y otro en la colonia Federal. También hubo dos lesionados levemente por derrumbe en las calles de Independencia y Dolores. Existieron daños leves en el Banco Internacional Reforma; tercer piso de la torre Latino Americana; Banco de Industria y comercio; Hotel Hilton; Secretaría de Marina; Departamento de Turismo; Edificio en esquina de Eugenia y Peten; Edificio El Chamizal en Tlatelolco, Hotel Alameda, Hotel del Paseo, barda Country Club, Churubusco, (Figuroa, 1973).

Transitoria interrupción de semáforos en las colonias Del Valle, Buenos Aires, Portales, Roma, Dolores, Polanco, Zaragoza y un tramo de la Calzada México Tacuba.

Transitoria suspensión de servicios eléctricos en algunas zonas del D.F. por daños en las subestaciones Narvarte, Herradura, Tacuba, Huipulco y Magdalena, (Figuroa, 1973).

2.11.3 Relación de daños en Michoacán

De acuerdo con investigaciones de Figuroa, (1973), el estado de Michoacán fue afectado principalmente en los municipios de Coalcomán, Águila, Chinicuila y Coahuayana. Las características de este tipo de terreno son de origen ígneo y áreas con rocas sedimentarias y corresponden a la región montañosa de la Sierra Madre Occidental.

Se registraron alrededor de 250 heridos y 6 muertos aproximadamente en toda el área afectada de Michoacán, hubo fallas en estructuras pero no llegaron a colapsarse entre ellas están: viviendas de tipo rural, urbanas de calidad media así como también con materiales artesanales de la región, (Figuroa, 1973).

En lo que se refiere a vías de comunicación las fallas más notables afectaron el puente sobre la carretera Coahuayana-Tecomán, en el cruce sobre el río Coahuayana, donde la falla consistió en la dislocación y fractura de los apoyos, (Figuroa, 1973).

2.11.4 Relación de daños en Jalisco

De acuerdo con investigaciones de Figuroa, (1973), en Guadalajara Jalisco, este evento tuvo un grado de VI (Fuerte) en escala Mercalli Modificada, el cual dejó algunos edificios con ligeras cuarteaduras, entre ellos: templo de la Merced, Casa de la Cultura, Casa de la Juventud, Facultad de Arquitectura, Edificio de la Marina, Edificio de Turismo. Ligeró hundimiento en el Palacio Federal. Cortos circuitos, interrupción de teléfonos, caída de postes. Hubo daños en la carretera Coquimatlán, Jalisco donde hubo 7 heridos.

En Ciudad Guzmán Jalisco, el evento alcanzo un grado de VIII (Destructivo) en escala Mercalli Modificada, dicho evento provoco el derrumbe de la parte de un edificio nuevo y muchas construcciones de adobe. Cayó la linternilla de la Catedral, se destruyó Seminario Conciliar y resultó con daños la Dirección de Obras Públicas, varias calles se agrietaron, el agua se derramo de los depósitos. Existieron daños en las carreteras donde hubo 4 heridos.

En San Andrés Ixtlan, Jalisco, este evento tuvo un grado similar al de Ciudad Guzmán, el cual dejo el 70 % de las casas de adobe dañadas. El edificio de la Delegación Municipal presento muros agrietados. Los Templos también resultaron con daños. Este evento dejó 3 muertos y dos heridos.

2.11.5 Relación de daños en el Colima

De acuerdo con investigaciones de Figueroa, (1973), en Colima, Colima algunas fuentes indican que este evento con grado VIII (Destructivo) dejó 12 muertos y 200 heridos. Los daños materiales incluyen: 200 casas, muchas escuelas, torre de la iglesia de la Salud, Beaterio y otros templos, conjunto habitacional ISSSTE, Palacio de Gobierno, Gran Hotel, Edificio teléfonos, Gerencia de Recursos Hidráulicos.

Grietas y Derrumbes en las carreteras a Minatitlán, Ixtlahuacan, Manzanillo. Se interrumpió el tránsito por ferrocarril, servicio de luz, teléfono y telégrafo. Ruidos subterráneos. Dejo 3 muertos y 2 heridos según otro informe.

En Comala, Colima tuvo el mismo grado de intensidad que en Colima, Colima, donde hubo desplome de muros. Derrumbes en el cráter del volcán. Deslizamiento y caída de tejas y otros objetos en las casas y tiendas. Las torres del templo oscilaban peligrosamente de Norte a Sur. Dejando 1 muerto y 3 heridos.

En Cuyutlán, Colima con la misma intensidad que las anteriores poblaciones dejó un 10% de construcciones dañadas, entre ella el hotel Ceballos y la escuela Revolución recién construida, se derrumbó el hotel Fénix y hubo daños en 6 km de carretera.

En Armeria, Colima el 50% de casas y edificios dañados, entre ellos el Seguro Social, una iglesia y una fábrica de coco rallado. Caminos y alcantarillados afectados, principalmente en el Balneario “El Paraíso”, donde se resintieron serios daños. Ruidos subterráneos se escucharon. En la playa se abrió el suelo y brotó el agua. Aumentó el nivel del mar y se escucharon fuertes ruidos, ocasionó algunos incendios. Dejó 4 muertos y 8 heridos.

En Manzanillo, Colima los edificios dañados fueron el Seguro Social, Teléfonos de México, La Central Camionera, Palacio Municipal; muchas casas particulares, escuelas, entre otras la Benito Juárez. Servicio eléctrico y agua potable interrumpidos, así como el tránsito en la carretera Santiago que en algunos tramos se hundió dos metros y se abrieron grietas en una extensión de medio kilómetro. Movimiento ferroviario interrumpido también. Dejó 3 muertos y 14 heridos.

En Tecomán, Colima este evento dejó 50% de casas dañadas, averías importantes en la Casa Ruiz Ayuntamiento, IMSS, 8 escuelas en el municipio, entre ellas la Niños Héroes. Derrumbes en el km 355, túnel 5 cerca de Villegas. Se interrumpieron el servicio de agua por daños en tuberías. Fallaron comunicaciones telegráficas. Dejó 10 muertos y 100 heridos.

2.11.6 Relación de daños en diferentes poblaciones de la República Mexicana

De acuerdo a Figueroa (1973) existe una relación de daños por el sismo del 30 de enero de 1973 en diferentes poblaciones de la República Mexicana indicando el grado del evento en escala Mercalli y las observaciones correspondientes.

Tabla 2.11 Relación de daños provocados por el sismo de 1973 en diferentes poblaciones de la República Mexicana, (Figueroa, 1973)

POBLACIÓN	GRADO (MM)	OBSERVACIONES
Tampico, Tamaulipas	II	Sentido débilmente.
Abasolo, Guanajuato	III	Sismo leve. Solo el 10% de los pobladores lo sintió.
Aguascalientes, Aguascalientes	III	Sismo leve donde en el barrio de San Marcos se notó principalmente.
Apozol, Zacatecas	III	Se sintió moderadamente en casi toda la población, aunque hubo alarma.
Córdoba, Veracruz	III	Sismo leve.
Guanajuato, Guanajuato	III	Se movieron lámparas y puertas.
Huamusco, Zacatecas	III	Sismo leve.
Jalpa, Zacatecas	III	Sismo leve.
Jerez, Zacatecas	III	Se sintió momentáneamente.
Jesús María, Aguascalientes	III	Muy pocas personas sintieron el sismo en el interior de sus habitaciones.
Moyahua, Zacatecas	III	Sismo leve.
Rincón de Ramos, Aguascalientes	III	Sismo leve.
San Francisco de los Romos, Aguascalientes	III	Sismo leve.
San Luis Potosí, San Luis Potosí	III	Sismo leve. Alarma por ser escasos estos fenómenos.
Tetela del Río, Guerrero	III	Sismo leve.
Tula de Allende, Hidalgo	III	Sismo leve para muchas personas fue imperceptible.
Zacatecas, Zacatecas	III	Sismo leve.
Acaponeta, Nayarit	IV	Sismo moderado.
Atlixco, Puebla	IV	Se movieron lámparas y hubo alarma.

Tabla 2.11 Continuación

POBLACIÓN	GRADO (MM)	OBSERVACIONES
Chiautla de Tapia, Puebla	IV	Sismo moderado y fuerte en algunos lugares.
Juchipila, Zacatecas	IV	Sismo moderado.
Irapuato, Guanajuato	IV	Sismo moderado. Los carros estacionados se movieron.
Puebla, Puebla	IV	Sismo moderado. Sin ningún daño.
Tecuala, Nayarit	IV	Sismo moderado.
Tlaxcoapan, Hidalgo	IV	Agrietamiento en una iglesia.
Acatlan de Osorio, Puebla	V	Recubrimientos agrietados.
Compostela, Nayarit	V	Sismo poco fuerte.
Cuernavaca Morelos	V	Sismo poco fuerte
Cuitzeo del Porvenir, Michoacán	V	Sismo poco fuerte
Huetamo, Michoacán	V	Sismo poco fuerte. Pisos y techos rechinaron.
Huitzoco, Guerrero	V	Sismo poco fuerte. Árboles se movieron moderadamente.
Ixtlan del rio, Nayarit	V	Sismo poco fuerte.
Jojutla, Morelos	V	Sismo poco fuerte. Desplazamiento y caída de objetos pequeños.
La Piedad, Michoacán	V	Sismo poco fuerte.
Mexcala, Guerrero	V	Sismo poco fuerte. Objetos suspendidos se movieron.
Pomoca, Michoacán	V	Sismo poco fuerte
Pátzcuaro, Michoacán	V	Sismo poco fuerte
Puerto Vallarta, Jalisco	V	Los árboles se movieron con fuerza. Daños en recubrimientos. Once embarcaciones sufrieron algunos daños.
San Blas, Nayarit	V	Sismo poco fuerte.
Santiago Escuintla, Jalisco	V	Sismo poco fuerte en donde las personas abandonaron sus hogares.

Tabla 2.11 Continuación

POBLACIÓN	GRADO (MM)	OBSERVACIONES
Tepatitlan, Jalisco	V	Sismo poco fuerte.
Tepic, Nayarit	V	Sismo poco fuerte. Pequeñas cuarteaduras en el Palacio de Gobierno.
Texcoco, Edo. de México	V	Sismo poco fuerte.
Tixtla, Guerrero	V	Se observaron algunos daños no graves.
Tlaneplanta, Edo. de México	V	Sismo poco fuerte. Se provocó un incendio en una bodega.
Tlapehuala, Guerrero	V	Sismo poco fuerte sin daños.
Tuxpan, Nayarit	V	Alarma y desalojo de personas en edificios.
Valle de Juárez, Jalisco	V	Sismo poco fuerte. Terreno rocoso.
Yurecuaro, Michoacán	V	Sismo poco fuerte. Se sintió en toda la población.
Zacatepec, Morelos	V	Sismo poco fuerte. El movimiento se manifestó con una dirección de N a S.
Amado Nervo, Nayarit	VI	Cambios en manantiales: algunos disminuyeron otros aumentaron. Variaciones en agua entubada.
Coalcomán, Michoacán	VI	Seis heridos. La iglesia y otras construcciones con daños no graves
Chilpancingo, Guerrero	VI	Algunas cuarteaduras en Palacio Municipal, monumento a los niños héroes, Palacio Legislativo y varias casas. Derrumbes cerca de Chilpancingo y rompimiento de vidrios.
Apatzingán, Michoacán	VI	La catedral sufrió ligeras cuarteaduras. Algunos muros se agrietaron. Interrupción del servicio eléctrico.
La Barca, Jalisco	VI	Bardas caídas de algunas casas.
La Huacana, Michoacán	VI	Muros agrietados en edificaciones.

Tabla 2.11 Continuación

POBLACIÓN	GRADO (MM)	OBSERVACIONES
Ocotlán, Jalisco	VI	Sismo fuerte, con cambios de dirección del movimiento: primero de E a W y luego de N a S.
Placeres de el Oro, Guerrero	VI	Sismo fuerte. Chimeneas dañadas.
Tepalcatepec, Michoacán	VI	Algunos muros agrietados.
Tomatlan, Jalisco	VI	Algunos derrumbes, se agrietaron muros.
Zamora, Michoacán	VI	Tres heridos al caer la barda de frontón. Unas 20 casas viejas dañadas.
Zapotlán, Jalisco	VI	Sismo fuerte. Algunos daños.
Acatlán de Juárez, Jalisco	VII	Derrumbes en la carretera. Daños en la población.
Arteaga, Michoacán	VII	Agrietamientos de muros y recubrimientos. En los pozos y norias disminuyó considerablemente el agua, algunos de 1.40 metros bajaron su producción de agua a 0.60 sin recuperarse; algunas norias se agotaron por completo.
Ario de Rosales, Michoacán	VII	Ondulaciones en las bardas, algunas cayeron. En el mesón La Salud se desprendió un tejaban
Atenquique, Jalisco	VII	Algunos daños materiales. En un cerro próximo, en el camino a Ciudad Guzmán, hubo un derrumbe. En la colonia obrera cayeron algunas casas humildes.
Atotonilco el Alto, Jalisco	VII	Se observaron ondulaciones del terreno en los momentos de mayor intensidad causando algunos daños.

Tabla 2.11 Continuación

POBLACIÓN	GRADO (MM)	OBSERVACIONES
Autlán, Jalisco	VII	Se derrumbó la marquesina de un cine. La vieja torre del Palacio Municipal y el edificio del Banco de México dañados.
El Grullo, Jalisco	VII	Casas, bardas y muros caídos.
Jiquilpan de Juárez, Michoacán	VII	Bardas caídas, cuarteaduras, Algunas estructuras torcidas.
La Huerta, Jalisco	VII	Daños en algunas construcciones como en la oficina telegráfica
López, Michoacán	VII	Sismo muy fuerte con bastantes daños.
Los Reyes, Michoacán	VII	El 5% de las casas dañadas y deslizamiento del cerro Los limones.
Mascota, Jalisco	VII	Cuarteaduras en el techo y cuerpo principal de la iglesia. Se desplomaron algunas paredes.
Ojo de Agua, Jalisco	VII	Algunos daños apreciables en toda la población
Pihuamo, Jalisco	VII	Bastantes daños.
San Cristóbal: Zapotitlán, Jalisco	VII	Daños apreciables en muchas construcciones.
Sayula, Jalisco	VII	Derrumbes en las proximidades de la población. Se cayeron bardas.
Tancitaro, Michoacán	VII	Se derrumbó parte de la una iglesia y varios daños en la parte que no se derrumbó.
Tapalpa, Jalisco	VII	Derrumbes y algunos daños materiales.
Teocaltiche, Jalisco	VII	Docenas de casas dañadas.
Tonaya, Jalisco	VII	La mayoría de las construcciones quedaron dañadas.

Tabla 2.11 Continuación

POBLACIÓN	GRADO (MM)	OBSERVACIONES
Tuxpan, Jalisco	VII	Daños apreciables en algunas construcciones. Agrietamiento y caída de recubrimientos y muros. Se levantaron columnas de humo en el volcán de Colima. Ocho heridos.
Unión de Tula, Jalisco	VII	Agrietamientos de recubrimientos y muros.
Uruapan, Michoacán	VII	Edificios públicos y privados con daños apreciables. Cuarteaduras en una iglesia y en la escuela Altamirano.
Usmajác, Jalisco	VII	Bardas y casas dañadas.
Zapotitlán, Jalisco	VII	Daños materiales.
Achotán, Michoacán	VIII	Daños de importancia generalizados.
Águila, Michoacán	VIII	Varias casas con daños.
Aguililla, Michoacán	VIII	Daños en el edificio de la Presidencia Municipal, una escuela y en algunas casas.
Alticuis, Michoacán	VIII	Muchas casas con daños importantes.
Barra de Navidad, Jalisco	VIII	Daños importantes en la población y lugares próximos. Derrumbes en camino a Cihuatlán.
Cerro de Ortega, Colima	VIII	Muchos daños.
Cihuatlán, Jalisco	VIII	Cuarteaduras en el templo y cárcel municipal. Muchas casas con cuarteaduras.
Comatlán, Colima	VIII	Estructuras dañadas, muros agrietados y daños generalizados.
Coahuayana, Michoacán	VIII	Ochenta por ciento de casas dañadas seriamente. Edificios públicos afectados. Daños en el puente de la carretera a Alticuis y el canal de riego de 17 km. También hubo 4 muertos y muchos heridos.

Tabla 2.11 Continuación

POBLACIÓN	GRADO (MM)	OBSERVACIONES
Cofradía de Suchitlán, Colima	VIII	Importantes daños en muchas casas.
Copala, Jalisco	VIII	La mayor parte de las casas con daños importantes.
Cuauhtémoc, Colima	VIII	Considerables daños materiales.
El Ranchito, Michoacán	VIII	Bastantes daños.
Estación Villegas, Jalisco	VIII	Derrumbes en el túnel 5, próximo a esta estación, así como otros daños importantes.
Gómez Farías, Jalisco	VIII	Cincuenta y cinco por ciento de las casas y la iglesia quedaron dañadas. Muchos damnificados, 4 muertos y 120 heridos.
Jala, Colima	VIII	Sismo destructivo con varios daños importantes y derrumbes.
López, Michoacán	VIII	Muchas casas dañadas seriamente, una escuela y unos edificios públicos.
Salagua, Colima	VIII	Se derrumbó una escuela
San Nicolás, Jalisco	VIII	Cuarenta casas dañadas y un muerto
San Telmo, Michoacán	VIII	Muchos daños materiales
San Vicente, Michoacán	VIII	Daños importantes en muchas casas
Tamazula de Gardiano, Jalisco	VIII	Se derrumbó una iglesia y muchas casas fueron dañadas seriamente.
Tequesquitlán, Jalisco	VIII	Grietas en el suelo. Se cayeron muros y bardas, se torcieron columnas. El arroyo aumento su caudal transitoriamente.
Tolimán, Jalisco	VIII	Sesenta casas destruidas otras, con menores daños. Agrietamientos en la carretera (2 heridos).
Tonila, Jalisco	VIII	Cuatro casas destruidas y docenas dañadas, 300 damnificados y 2 heridos.

Tabla 2.11 Continuación

POBLACIÓN	GRADO (MM)	OBSERVACIONES
Tuxcacuesco, Jalisco	VIII	Veinte por ciento de casas dañadas. Serias averías en las escuelas del estado. Derrumbe parcial de la escuela para niñas. Caída de bardas y muros agrietados.
Venustiano Carranza, Jalisco	VIII	Daños materiales y derrumbes importantes (5 muertos y 25 heridos).
Villa Victoria, Michoacán	VIII	Escuelas y edificios del ayuntamiento dañados.
Zapotiltic, Jalisco	VIII	Cincuenta casas dañadas (4 heridos).
Zapotiltic, Jalisco	VIII	Edificio de la Presidencia Municipal afectado en su estructura. Varios derrumbes y 15 % de construcciones muy dañadas (4 heridos).

2.12 Daños debidos al evento sísmico de 19 de septiembre de 1985

2.12.1 Ubicación y características del sismo de 1985

El sismo del 19 de septiembre de 1985 fue un sismo de subducción con una magnitud de 8.1 que tuvo su epicentro en las costas de Guerrero y Michoacán. El sismo se originó en lo que se conocía como la brecha de Michoacán. Una brecha o vacancia sísmica es un segmento de una falla activa que durante un largo lapso de tiempo no ha sido objeto de un deslizamiento, y por ende, cuna de un gran sismo, (Suarez R., Jiménez J., 1987).

Este sismo tuvo una rotura del contacto entre las placas de Cocos y de Norteamérica, en una extensión de 50 km x 170 km y unos 18 km de profundidad; alcanzó una escala Mercalli Modificada de IX, donde hubo un daño considerable en estructuras de diseño

especial; estructuras con armaduras bien diseñadas perdieron su verticalidad; daño grande en edificios sólidos con colapso parcial, (Emilio Rosenblueth, 1988).

El sismo afectó los estados de Jalisco, Guerrero, Colima, Puebla, Tlaxcala, Oaxaca, Morelos, Estado de México, Michoacán y especialmente causo muchos desastres en la Ciudad de México

Por la estratigrafía profunda del valle de México, las ondas que llegaron a la superficie superior rocosa tenían, en comparación con sismos en otros sitios un contenido alto de energía en un intervalo de frecuencias que abarca aquellas que más amplifican las arcillas del valle. Las construcciones que al experimentar grandes oscilaciones vibraban en este rango de frecuencias, en general edificios de 7 a 15 pisos sufrieron más daños, (Emilio Rosenblueth, 1988).

2.13 Relación de daños en infraestructura del D.F.

Un ejemplo de lo mencionado anteriormente fue en edificios multifamiliares y de oficinas de entre ocho y quince pisos, hoteles, hospitales y escuelas se derrumbaron o quedaron inservibles. Tan solo en edificaciones de gran dimensión el recuento oficial llegó a alrededor de 3,300 edificios dañados; en cuestión de vidas humanas, este sismo causó la muerte a más de 6 mil personas de acuerdo con datos oficiales en la Ciudad de México, (Bitrán., 2001).

De acuerdo con Bitrán, (2001), alrededor de 36 mil viviendas quedaron destruidas y aproximadamente 65 mil experimentaron daños de consideración. En lo que se refiere a las instalaciones del sector salud, éstas sufrieron un impacto en muchos hospitales y clínicas que resultaron totalmente destruidos o con daños irreparables. Daños de consideración sufrieron también los servicios de agua, electricidad y telecomunicaciones, mismo que se pueden observar en la tabla siguiente.

Unos 50 edificios dañados fueron hospitales y centros de salud. El Centro Médico Nacional, operado por el Instituto Mexicano del Seguro Social que perdió un 40% de sus instalaciones, y dos hospitales pertenecientes a la Secretaría de Salud que fueron el Hospital General, que sufrió un colapso total de sus 2 edificios, uno de 6 pisos y el otro de 8; el Hospital Juárez, cuya torre de 12 pisos colapsó al fallar las juntas de concreto de los entrepisos, quedando atrapadas en su interior 400 personas entre personal médico y pacientes. En total 13 hospitales tuvieron que ser demolidos después del desastre.

2.13.1 Relación de pérdidas económicas en el DF

En la tabla siguiente se muestran los daños causados por el evento de 1985 en el DF de acuerdo a investigaciones de Bitrán, (2001).

Tabla 2. 12 Estimación de los causados por el sismo de 1985 en el DF (Bitrán, 2001)

SECTOR/ CONCEPTO	TOTAL	DIRECTOS	INDIRECTOS	TOTAL	DIRECTOS	INDIRECTOS
	Miles de millones de pesos	Miles de millones de pesos	Miles de millones de pesos	Millones de dólares	Millones de dólares	Millones de dólares
Sectores Sociales	487.7	487.7	—	1,524.0	1,524.0	—
Salud	177.0	177.0	—	553.1	553.1	—
Educación	130.4	130.4	—	407.5	407.5	—
Vivienda	180.3	180.3	—	563.4	563.4	—
Infraestructura de Servicios	611.3	557.7	55.6	1,910.4	1,736.7	173.7
Edificios Públicos	390.3	390.3	—	1,219.7	1,219.7	—
Comunicaciones	105.0	72.0	33.0	328.1	225.0	103.1
Turismo	59.7	51.6	8.1	186.6	161.3	25.3
Acueductos y Drenajes	7.6	7.0	0.6	23.8	21.9	1.9
Energía	6.5	3.0	3.5	20.3	9.4	10.9
Transporte	5.8	5.6	0.2	18.1	17.5	0.6
Banca	20.6	20.4	0.2	64.4	63.8	0.6
Recreación	6.8	5.8	1.0	21.3	18.1	3.2

Tabla 2.13 Continuación

SECTOR/ CONCEPTO	TOTAL	DIRECTOS	INDIRECTOS	TOTAL	DIRECTOS	INDIRECTOS
	Miles de millones de pesos	Miles de millones de pesos	Miles de millones de pesos	Millones de dólares	Millones de dólares	Millones de dólares
Servicios Personales	9.0	—	9.0	28.1	—	28.1
Otros Sectores	214.1	104.9	109.2	669.1	327.8	341.3
Industria y Comercio	143.5	104.9	38.6	448.4	327.8	120.6
Pequeña industria y comercio	136.3	101.9	34.4	425.9	318.4	107.5
Gastos para la emergencia	23.8	—	23.8	74.4	—	74.4
Demolición y remoción de escombros	46.8	—	46.8	146.3	—	146.3
TOTAL	1,313.1	1,148.3	164.8	4,103.5	3,588.5	515.0

El daño directo de acuerdo con Bitrán, (2001) señala que entre los rubros más afectados están los edificios que ocupaba la administración pública (el 34% del total), la vivienda (15.7%), la de salud (15.4%), la infraestructura educativa (11.4%) y la pequeña industria y comercio (8.9%). En orden de importancia decreciente seguirían los sectores de las telecomunicaciones (con el 6.3%) y el turismo con menos del 5% de participación en el daño total. Al parecer, cerca de la mitad de las pérdidas corresponden al sector público.



Figura 2.12 Edificio derrumbado y humeante en la calle San Juan de Letrán en el Distrito Federal (Bitrán, 2001)



Figura 2.13 Daños en edificio de departamentos ubicado en la Zona Rosa del Distrito Federal (Bitrán, 2001)



Figura 2. 14 Colapso del edificio de la Secretaría de Comercio en el Distrito Federal (Bitrán, 2001)



Figura 2.15 Colapso total del Hospital Juárez, (Bitrán, 2001)



Figura 2.16 Afectaciones en un edificio de la ciudad de México ubicado sobre calzada de Tlalpan por el sismo de 1985, (SEGOB, 2010)



Figura 2.17 Edificio colapsado parcialmente (fascículo cenapred)



Figura 2.18 Colapso de un edificio de concreto reforzado causado por el sismo de 1985 en la ciudad de México. (Fascículo Cenapred

2.14 Daños en el estado de guerrero

En Guerrero resultaron afectadas cerca de 2,204 viviendas, 50 de las cuales al menos 1,200 quedaron en condiciones de ser demolidas, principalmente en los municipios de Azoyú, Cuajinicuilapa, Igualapa, Malinaltepec, Ometepec, San Luis Acatlán, y Xochistlahuaca.

2.15 Daños en el estado de Michoacán

Al igual que en la ciudad de México este sismo impactó naturalmente la zona epicentral Michoacán, particularmente las ciudades de Lázaro Cárdenas (Michoacán) e Ixtapa-Zihuatanejo (Guerrero). No se dispuso de información respecto al número de decesos ocurridos ni tampoco a una valorización monetaria de los daños en edificios. Pero de

acuerdo a Otani, 1995, se pudo conocer en forma aproximada el número de construcciones afectadas y el tipo de daños. En Lázaro Cárdenas se colapsaron 8 edificaciones, entre las que se incluyen principalmente edificios habitacionales y de oficinas. Establecimientos comerciales, hoteles y oficinas sufrieron daños medianos y 37 edificaciones tuvieron daños leves. (Bitrán, 2001).

En Ixtapa-Zihuatanejo edificios colapsados principalmente de tipo comercial y 6 hoteles con daños de medianos a leves, (Bitrán, 2001).

A continuación se muestran las construcciones afectadas y tipo de daños en Lázaro Cárdenas y en Ixtapa-Zihuatanejo de acuerdo Bitrán, (2001).

Tabla 2.13 Estimacion de los causados por el sismo de 1985 en Lázaro Cárdenas e Ixtapa-Zihuatanejo (Bitrán, 2001)

Tipo de establecimiento	Colapsado	Daños medios	Daños leves	Total
Tiendas, tlapalerías e industrias	1	5	3	9
Oficinas	3	5	2	10
Hoteles	—	5	3	8
Restaurantes y cines	1	2	2	5
Edificios habitacionales y escuelas	3	1	1	5
Totales	8	18	11	37

Tabla 2.14 Continuación

Tipo de establecimiento	Colapsado	Daños medios	Daños leves	Total
Tiendas, tlapalerías e industrias	2	—	1	3
Oficinas	1	1	2	4
Hoteles	—	2	4	6
Restaurantes y cines	—	—	—	—
Edificios habitacionales y escuelas	1	1	—	2
Totales	4	4	7	15

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE RIESGO ECONÓMICO POR EVENTOS SÍSMICOS

3.1 METODOLOGÍA PARA EL USO DEL SOFTWARE SISTEMA R.

En este trabajo se evaluó mediante un software llamado sistema R los eventos sísmicos considerados como los más destructivos o dentro de los más destructivos en la historia de México, estos son: sismo de Acambay 1912, sismo de 1957, sismo de 1962, sismo de 1964, sismo de 1973 y sismo del 1985.

Cabe mencionar que este software evalúa las pérdidas económicas totales en edificaciones de los estados de la República Mexicana así como en la Ciudad de México, considerando ese mismo evento sísmico para el año actual, esto quiere decir que el análisis que se llevó a cabo en este software se adapta al tipo de construcciones actuales en toda la República y la Ciudad de México.

Los datos que requiere el Sistema R están dentro de un archivo de Access, también conocido como “Cartera”, esta cartera contiene pólizas de edificios asegurados en toda la República Mexicana y en la Ciudad de México, dichas pólizas son: independientes y colectivas.

La información de las carteras que necesita este software, principalmente son los datos de localización de la estructura, coordenadas geográficas (altitud y longitud) y datos específicos de la estructura que se puedan obtener de investigaciones ya hechas. Dentro de los datos específicos de la estructura que el sistema analizó para fines de este trabajo se encuentra el tipo de estructura, número de pisos, zona AMIS, y las pérdidas por estado.

3.1.2 Datos de localización

Estos datos permitirán que el Sistema R determine la localización con distintos niveles de aproximación de cada inmueble asegurado. Con esta localización se calculará el peligro o amenaza ante un evento sísmico. De igual manera, cuando se trate de carteras con varias ubicaciones o inmuebles, se deberá indicar la localización de cada una de ellas.

Es importante que la localización que se indique sea precisamente la del inmueble y no de la oficina matriz de la empresa o el domicilio fiscal o del lugar al que se envía la póliza.

El Sistema R considera dos posibles formas para localizar una ubicación:

1. Ubicación aproximada, por código postal (código de localización). El código postal es un dato poco preciso para determinar la localización de la estructura, pero es muy fácil de conseguir.
2. Ubicación precisa, por coordenadas geográficas (longitud y latitud). Aunque es deseable que todas las ubicaciones tengan su coordenada geográfica, se recomienda que al menos en los inmuebles que se consideren más importantes de la cartera, tengan este dato. Las coordenadas geográficas, se pueden obtener actualmente con herramientas fácilmente disponibles.

3.1.3 Coordenadas geográficas de longitud

Se refiere a la ubicación de la estructura en términos de coordenadas geográficas de longitud, esta coordenada se puede obtener con ayuda de planos detallados o con ayuda de dispositivos GPS (Geographical Position Systems). Para México la coordenada es negativa por ubicarse al oeste del primer meridiano, esto debido a que en México un grado es

aproximadamente equivalente a 110 km, deben incluirse por lo menos tres decimales para tener una precisión de ± 110 m.

3.1.4 Coordenadas geográficas de altitud

Se refiere a la ubicación de la estructura, esta coordenada se puede obtener con ayuda de planos detallados o con ayuda de dispositivos GPS (Geographical Position Systems). Para México la coordenada de latitud es positiva por ubicarse al norte del ecuador, esto debido a que en México un grado es aproximadamente equivalente a 110 km, se deben incluirse por lo menos tres decimales para tener una precisión de ± 110 m.

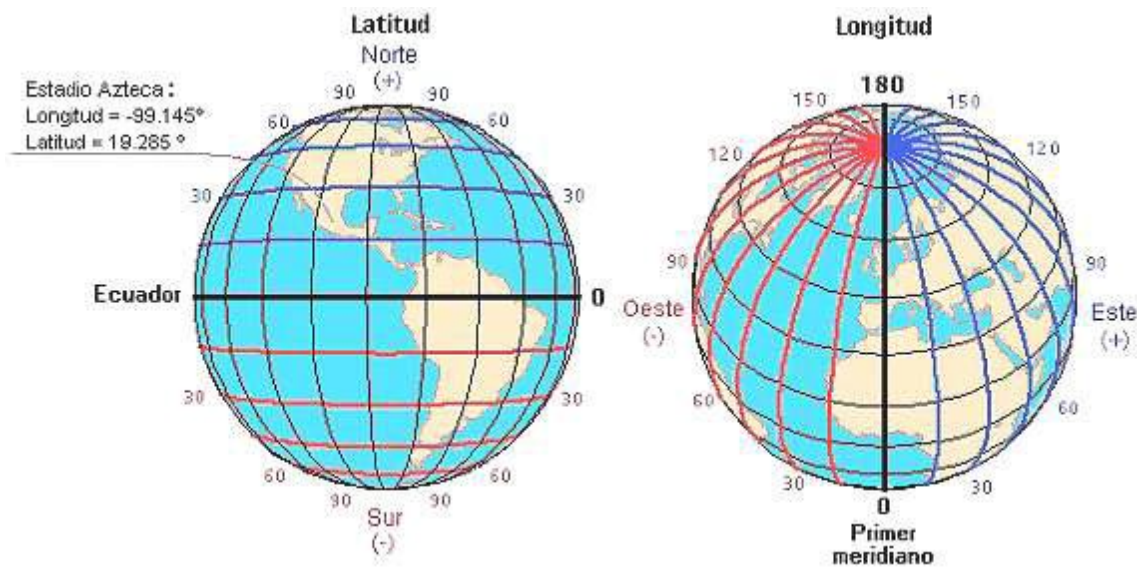


Figura 3.1 Esquema para la ubicación de coordenadas (Instituto de Ingeniería, 2013)

3.1.5 Datos específicos de la estructura

Para los fines de este trabajo y de acuerdo a los datos disponibles de las estructuras, en el Sistema R se evaluaron las pérdidas por: estado, sistema estructural, número de pisos, y por zona AMIS.

Cabe mencionar que los resultados por pérdidas en los estados de la República, el Sistema R los arroja por default, así como los resultados por zona AMIS.

3.1.6 Zona AMIS

La zona AMIS es una agrupación de estados de la República incluyendo la Ciudad de México, los cuáles se pueden observar en la siguiente figura.

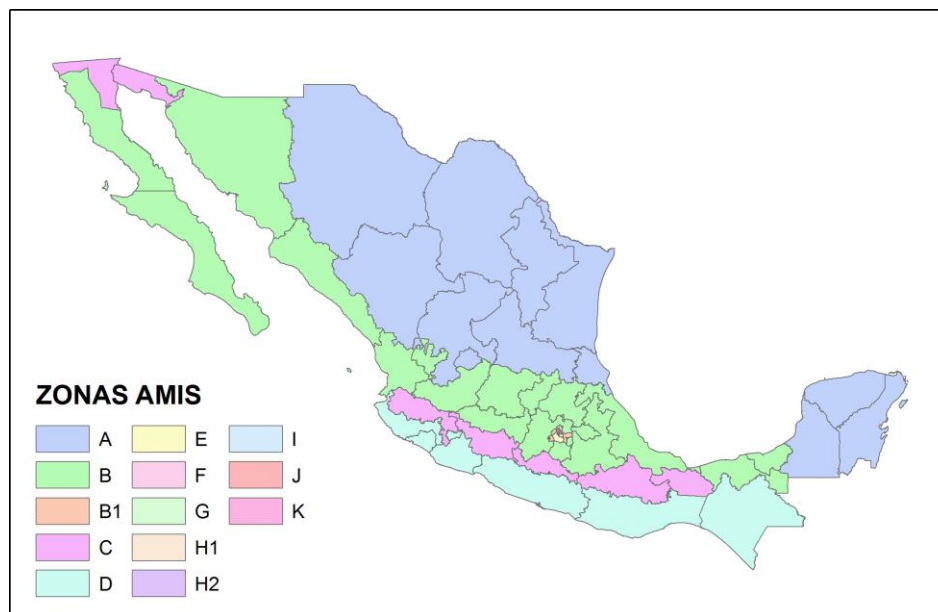


Figura 3.2 Mapa de las zonas vulnerables a eventos sísmicos, conocidos como zonas AMIS (Instituto de Ingeniería, 2013)

El sistema R agrupa las zonas AMIS de acuerdo a la vulnerabilidad ante eventos sísmicos, como se puede observar en la figura 3.2, las letras abarcan diferentes estados, mismos que se describen a continuación:

- a) Zona A. Abarca los estados de Aguascalientes, Campeche, Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, Zacatecas.

- b) Zona B. Abarca los estados de Baja California, Baja California Sur, Campeche, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz, Estado de México (resto de los municipios no colindantes con el D.F.), Nayarit.
- c) Zona B1. Abarca el Estado de México principalmente los municipios colindantes con el D.F.
- d) Zona C. Abarca los estados de Baja California, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Sonora, Veracruz.
- e) Zona D. Abarca los estados de Colima, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Jalisco.
- f) Zona E. Abarca el Distrito Federal.
- g) Zona F. Abarca el Distrito Federal.
- h) Zona G. Abarca el Distrito Federal.
- i) Zona H1. Abarca el Distrito Federal.
- j) Zona H2. Abarca el Distrito Federal.
- k) Zona I. Guerrero.
- l) Zona J. Guerrero.
- m) Zona K. Guerrero.

3.1.7 Tipo estructural

El tipo estructural es el conjunto de elementos capaces de resistir cargas en las construcciones sin que exista una deformación excesiva. Para el Sistema R, es indispensable definir el tipo estructural de las estructuras, ya que de esto dependerá su comportamiento ante los fenómenos naturales. Este comportamiento se expresa mediante funciones de vulnerabilidad para cada tipo.

En la siguiente tabla se describen los diferentes sistemas estructurales:

Tabla 3.1 Tipos de sistema estructural

CLAVE	TIPO ESTRUCTURAL
1	Muros de carga de mampostería
2	Marco de concreto
3	Marcos y muros de concreto
4	Marco de concreto contraventeado
5	Columnas y losas planas de concreto
6	Columnas y losas planas de concreto con muros
7	Columnas y losas planas de concreto con contraventeo
8	Muros y losas planas de concreto
9	Marcos de acero
10	Marcos de acero contraventeado
11	Marcos de acero con muros de concreto
12	Estructura prefabricada de concreto
13	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada
14	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños rigidizada
15	Industrial con cubierta ligera con claros medianos no rigidizada
16	Industrial con cubierta ligera con claros medianos rigidizada
17	Industrial con cubierta ligera con claros grandes no rigidizada
18	Industrial con cubierta ligera con claros grandes rigidizada
19	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños no rigidizada
20	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños rigidizada
21	Industrial con cubierta pesada con claros medianos no rigidizada
22	Industrial con cubierta pesada con claros medianos rigidizada
23	Industrial con cubierta pesada con claros grandes no rigidizada
24	Industrial con cubierta pesada con claros grandes rigidizada

3.1.8 Número de pisos

Corresponde al número de pisos que tiene el edificio que se quiere evaluar. El número de pisos se debe contar a partir de la planta baja, sin incluir sótanos. En caso de que el edificio se ubique en una loma y por la pendiente del terreno esté escalonado, el número de pisos

debe contarse a partir del piso más bajo. Cuando existan mezzanines (entrepisos) se deben contar éstos como pisos. Algunos ejemplos de estos casos se muestran en la imagen siguiente:

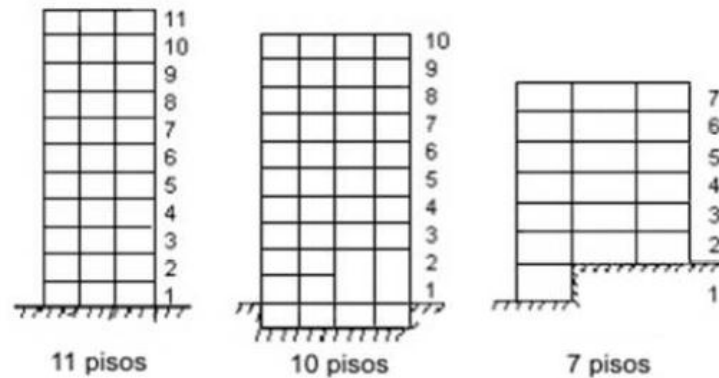


Figura 3.3 Ejemplos de edificios con diferente número de pisos (Instituto de Ingeniería, 2013)

A continuación se presenta la metodología para llevar a cabo las evaluaciones de los eventos sísmicos antes mencionados.

3.2 Metodología para la utilización del sistema R

A continuación se presentan las pantallas del sistema R y la metodología para la utilización del mismo.

En esta imagen del Sistema R es donde se ingresan los archivos en Access con las carteras tanto independientes como colectivas, posteriormente se tiene que indicar la fecha de corte.

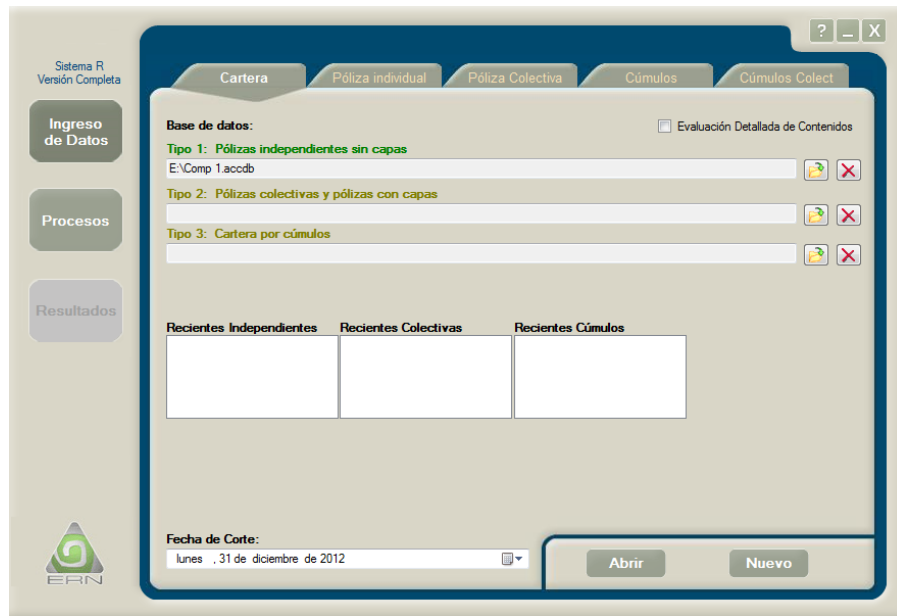


Figura 3.4 Ambiente gráfico del sistema R, ingreso de carteras (Instituto de Ingeniería, 2013)

Una vez ingresados los archivos en Access se elige el evento sísmico en el que se desee conocer las pérdidas, esto es ingresando las coordenadas geográficas del epicentro obtenidas de la investigación del evento sísmico elegido y automáticamente el Sistema R lo ubicara en color rojo con verde, como se puede ver en el mapa de la siguiente imagen.

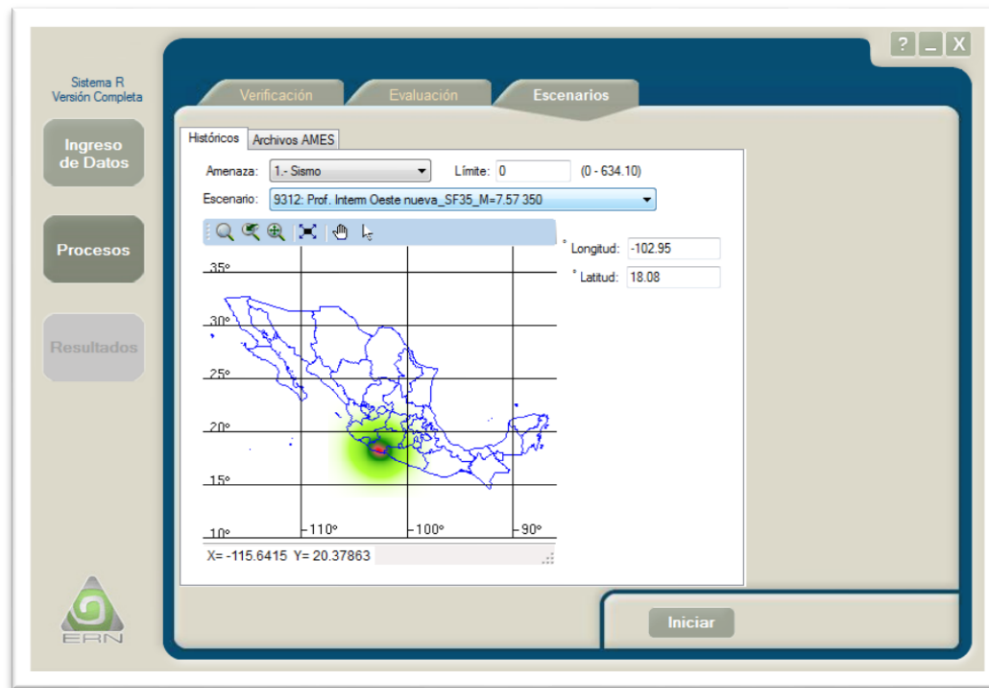


Figura 3.5 Ambiente gráfico del sistema R al momento de seleccionar el escenario (Instituto de Ingeniería, 2013)

Otro método para poder llevar a cabo el cálculo de las pérdidas mediante este software es ingresando archivos AMES; estos archivos contienen datos generales del evento a evaluar como coordenadas geográficas, magnitud del evento, y fecha. Cabe mencionar que este último método fue el utilizado para fines de este trabajo ya que los datos para generar este archivo son los más exactos y por lo tanto no es necesario buscar el escenario en la pestaña de “Históricos” de la imagen anterior.

A continuación se muestra la pantalla donde se ingresa el archivo AMES, para su evaluación de acuerdo a cada escenario sísmico elegido para este trabajo.

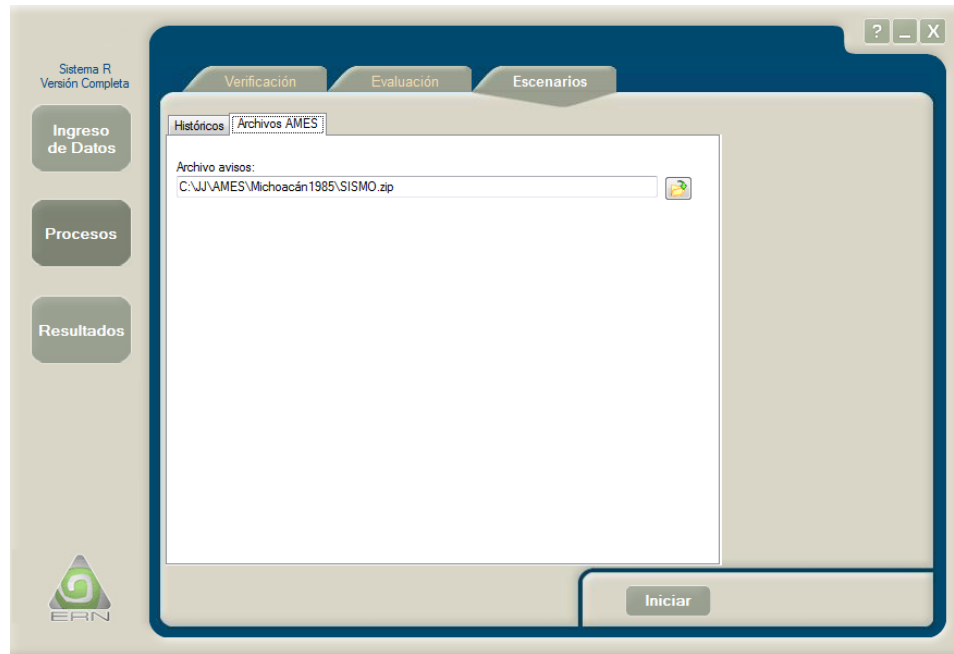


Figura 3.6 Ambiente gráfico del sistema R, al ingresar datos con archivos AMES (Instituto de Ingeniería, 2013)

Para ambos casos de evaluación de eventos sísmicos se tiene que elegir los datos de los cuales se tiene información. En este caso y de acuerdo a la imagen siguiente, la información con la que se contó fue número de pisos y clase de sismo, este último corresponde a la clase de sistema estructural.

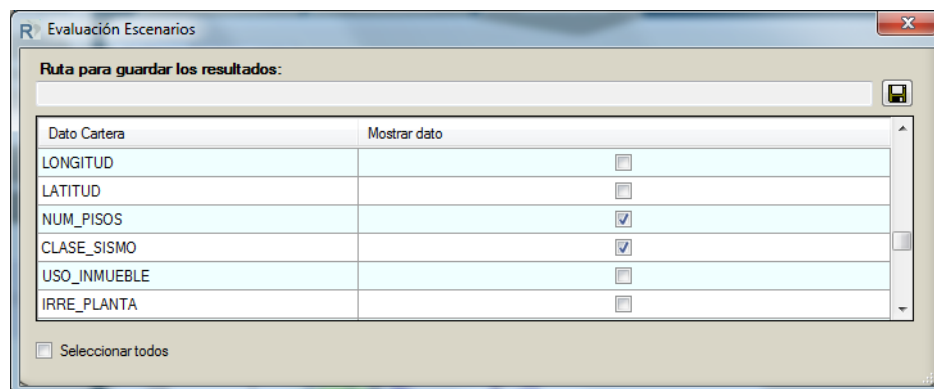


Figura 3.7 Ambiente gráfico del sistema R, para seleccionar el dato de la cartera el cual deseamos conocer sus pérdidas (Instituto de Ingeniería, 2013)

Una vez elegidos los datos que se mencionaron anteriormente se da inicio a la evaluación, y en automático como se puede observar en la siguiente imagen una vez finalizada dicha evaluación aparece un recuadro donde dice que la evaluación ha sido efectuada exitosamente. Cabe mencionar que este proceso de evaluación dura aproximadamente un día.

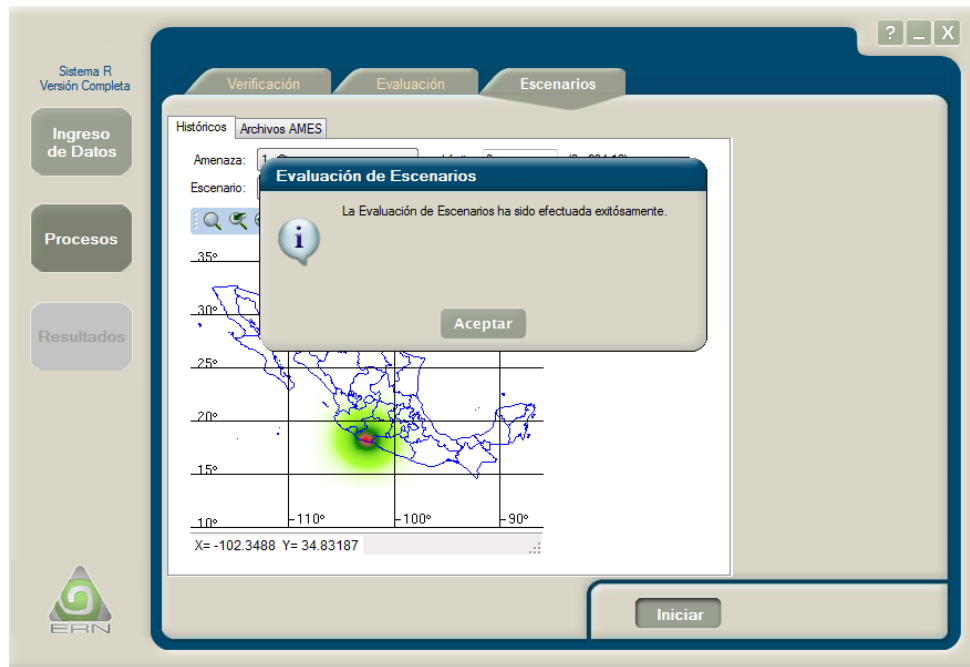


Figura 3.8 Ambiente gráfico del sistema R, donde la evaluación ha sido finalizada (Instituto de Ingeniería, 2013)

Posteriormente se elige la ruta donde se deseen guardar los resultados obtenidos de la evaluación; posteriormente estos resultados pueden ser visualizados en Excel o Access para el análisis de resultados y estadísticas de los mismos.

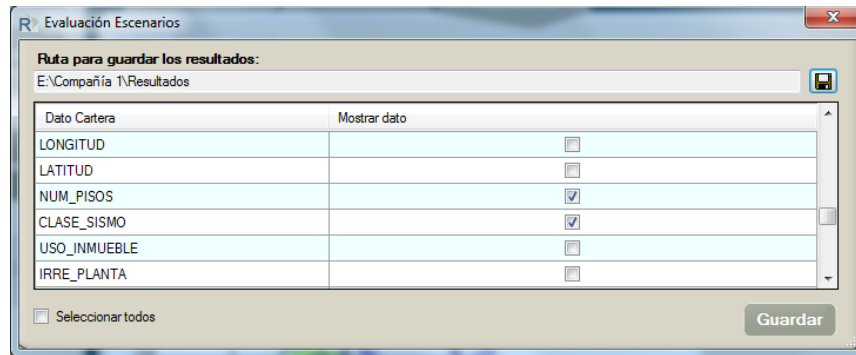


Figura 3.9 Ambiente gráfico del sistema R, donde se elige la ruta para guardar los resultados obtenidos de la evaluación (Instituto de Ingeniería, 2013)

3.3 Análisis de riesgo económico del sismo en Acambay, Estado de México en 1912

3.3.1 Ubicación geográfica del evento en Acambay

El sismo de Acambay tuvo una magnitud de 6.9, y su epicentro se ubicó en las siguientes coordenadas 19.93, -99.83, mismas que pueden ser observadas en la siguiente figura:



Figura 3.10 Ubicación del evento sísmico en Acambay, Estado de México en 1912.

Para obtener las pérdidas de este evento sísmico se tomó como base un valor asegurable de 600 mil millones de dólares de acuerdo a las carteras de todos los inmuebles asegurados en la República Mexicana, y con base en esto el sistema R nos da como pérdida total esperada de 3 mil millones de dólares para este evento sísmico.

3.3.2 Pérdidas por estado en infraestructura

A continuación se mencionan los resultados y el análisis de las pérdidas por estado, dentro del análisis de la información se obtuvieron los porcentajes respecto al total y al estado.

Tabla 3.2 Pérdidas esperadas por estados y análisis de las mismas

ESTADO	% RESPECTO AL ESTADO	% RESPECTO AL TOTAL
Aguascalientes	0.0547%	0.15%
Baja California	0.0000%	0.00%
Baja California Sur	0.0000%	0.00%
Campeche	0.0000%	0.00%
Chiapas	0.0000%	0.00%
Chihuahua	0.0000%	0.00%
Coahuila	0.0000%	0.00%
Colima	0.0228%	0.03%
Distrito Federal	1.6874%	55.10%
Durango	0.0035%	0.00%
Guanajuato	0.3087%	1.53%
Guerrero	0.0466%	0.11%
Hidalgo	1.1070%	2.04%
Jalisco	0.0441%	0.70%
Michoacán	0.1111%	0.55%
Morelos	0.3830%	0.90%
México	0.9866%	25.96%
Nayarit	0.0000%	0.00%
Nuevo León	0.0195%	0.28%
Oaxaca	0.1743%	0.21%
Puebla	0.1469%	0.85%
Querétaro	2.3090%	9.72%

Tabla 3.12 Continuación

ESTADO	% RESPECTO AL ESTADO	% RESPECTO AL TOTAL
Quintana Roo	0.0000%	0.00%
San Luis Potosí	0.1790%	0.72%
Sinaloa	0.0000%	0.00%
Sonora	0.0000%	0.00%
Tabasco	0.0000%	0.00%
Tamaulipas	0.0281%	0.18%
Tlaxcala	0.2431%	0.21%
Veracruz	0.0868%	0.69%
Yucatán	0.0000%	0.00%
Zacatecas	0.0368%	0.07%
TOTAL	0.5241%	100.00%

En la gráfica siguiente se observan los estados de la República Mexicana que presentan mayor vulnerabilidad si existiera otro evento con las mismas características que el de 1912 en Acambay, Estado de México.



Figura 3.11. Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1912 en Acambay, Estado de México

En la pérdida por estado, los resultados de la evaluación mediante el software indican que los estados con más pérdidas son: El D.F., Estado de México, y Querétaro.

3.3.3 Pérdida por zonas AMIS

En este subcapítulo se hace mención a la pérdida por zonas AMIS, mismas que se mencionaron anteriormente y de las cuales el sistema R nos otorga las pérdidas esperadas, para poder analizarlas y obtener el porcentaje que representa dichas pérdidas respecto a la zona y respecto al total como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 3.3 Pérdidas por zonas AMIS del evento sísmico en Acambay en 1912

ZONA AMIS	% RESPECTO A LA ZONA	% RESPECTO AL TOTAL
A	0.0293%	1.59%
B	0.4982%	35.36%
B1	0.5989%	7.34%
C	0.0392%	0.40%
D	0.0186%	0.17%
E	0.3008%	3.44%
F	1.7634%	17.76%
G	4.1598%	16.00%
H1	2.7387%	15.31%
H2	1.5051%	2.59%
I	0.0133%	0.01%
J	0.0865%	0.01%
K	0.1093%	0.01%
TOTAL	0.5241%	100.00%

La grafica siguiente indica las zonas más vulnerables ante este evento sísmico de 1912, de acuerdo a los resultados obtenidos del sistema R.

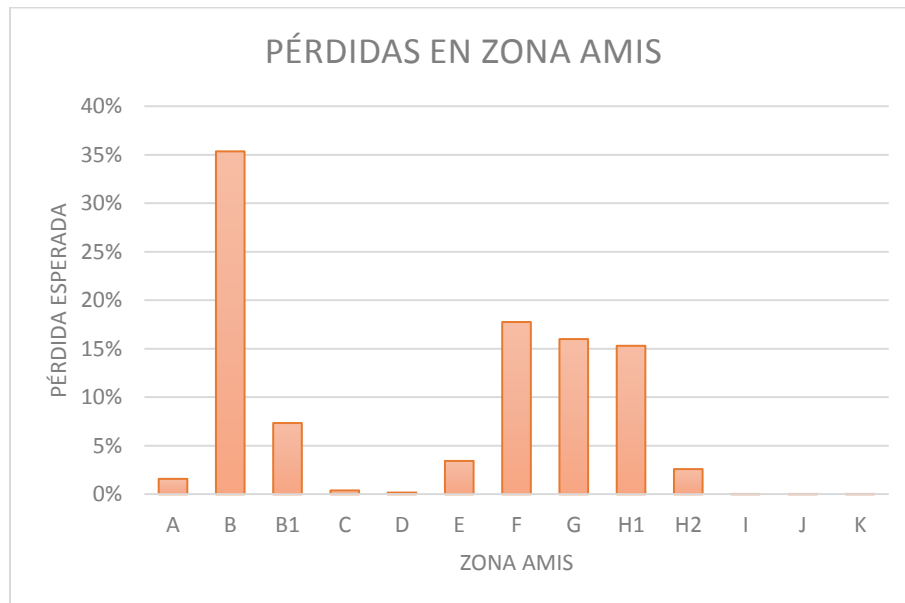


Figura 3. 12 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1912 en Acambay, Estado de México

Dentro de la Zona AMIS podemos observar que las zonas más vulnerables y con más pérdidas son las siguientes: zona B, zona B1, zona F, zona G, zona H1 y zona H2

3.3.4 Pérdidas por sistema estructural

En las pérdidas por sistema estructural, el sistema R nos otorga resultados del sistema que representa más vulnerabilidad ante este evento. En la tabla siguiente se pueden apreciar las pérdidas esperadas por sistema estructural, para este evento de 1912, en Acambay, Estado de México.

Tabla 3.4 Pérdidas por sistema estructural y análisis de las mismas

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
1	Muros de carga de mampostería	0.0053%	0.14%
2	Marcos de concreto	0.3779%	25.57%
3	Marcos y muros de concreto	0.2110%	2.57%
4	Marco de concreto contraventado	0.1772%	0.02%
9	Marcos de acero	1.8407%	3.51%
10	Marcos de acero contraventado	0.9558%	0.00%
11	Marcos de acero con muros de concreto	1.2621%	0.73%
5	Columnas y losas planas de concreto	2.2526%	21.85%

Tabla 3.4 Continuación

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
6	Columnas y losas planas de concreto con muros	1.3814%	6.28%
8	Muros y losas planas de concreto	0.0375%	0.09%
13	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada	0.1561%	0.13%
14	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños rigidizada	0.6173%	0.03%
15	Industrial con cubierta ligera con claros medianos no rigidizada	0.6022%	35.38%
16	Industrial con cubierta ligera con claros medianos rigidizada	0.0371%	0.00%
17	Industrial con cubierta ligera con claros grandes no rigidizada	0.6824%	0.56%
18	Industrial con cubierta ligera con claros grandes rigidizada	0.1763%	0.01%

Tabla 3.4 Continuación

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
19	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños no rigidizada	0.4952%	0.10%
20	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños rigidizada	2.4703%	0.14%
21	Industrial con cubierta pesada con claros medianos no rigidizada	0.8003%	2.35%
22	Industrial con cubierta pesada con claros medianos rigidizada	0.0011%	0.00%
23	Industrial con cubierta pesada con claros grandes no rigidizada	0.1847%	0.00%
24	Industrial con cubierta pesada con claros grandes rigidizada	0.0000%	0.00%
12	Estructura prefabricada de concreto	0.7046%	0.53%
	TOTAL	0.5241%	100.00%

En la siguiente gráfica se puede observar cual es el tipo de sistema estructural que presenta mayor vulnerabilidad ante este evento de 1912 en Acambay, Estado de México.

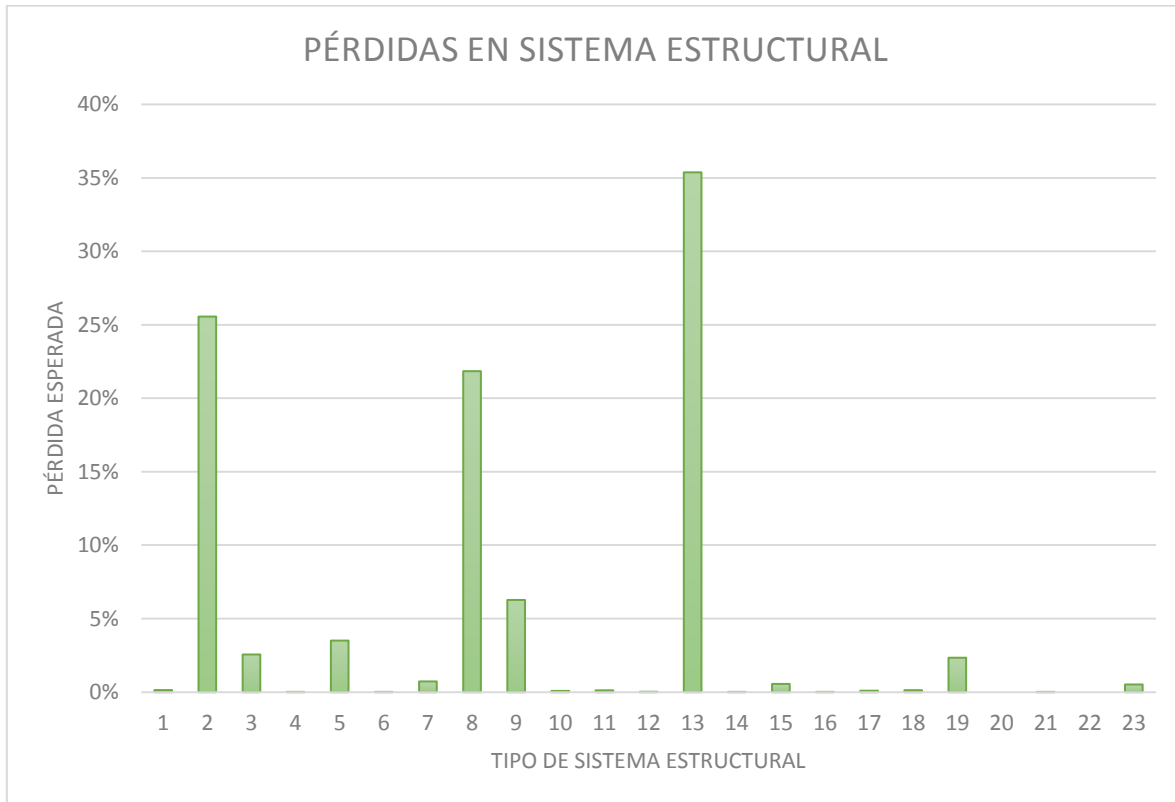


Figura 3. 13 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1912 en Acambay Estado de México

El tipo de sistema estructural más afectado es el tipo 2 correspondiente a Marcos de concreto, tipo 8 Muros y losas planas de concreto, tipo 13 Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada.

3.3.5 Pérdidas por número de pisos

En lo que se refiere a las pérdidas esperadas por número de pisos, la tabla siguiente muestra dichas pérdidas como resultado de la evaluación de este evento de 1912, en el sistema R,

mismas que a continuación se presentan con el análisis estadístico que da como resultado el porcentaje respecto al número de pisos y al total.

Tabla 3.5 Pérdidas esperadas por número de pisos producidas por el evento de 1912 en Acambay, Estado de México

NUM. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
1	0.2824%	34.26%
2	0.4254%	16.19%
3	0.8532%	7.59%
4	1.8289%	6.77%
5	1.9172%	8.12%
6	1.8050%	9.99%
7	1.2293%	1.84%
8	4.0888%	4.06%
9	1.8660%	2.72%
10	1.4888%	0.98%
11	2.3276%	0.74%
12	1.8364%	0.83%
13	1.3623%	0.51%
14	3.1764%	1.11%
15	0.8212%	0.43%
16	1.1822%	0.31%
17	1.1966%	0.17%
18	1.5472%	0.42%
19	0.3690%	0.04%
20	1.5165%	0.44%
21	0.8361%	0.17%
22	0.8925%	0.09%
23	0.8073%	0.06%
24	5.4146%	1.68%
25	0.7085%	0.05%
26	1.8980%	0.24%
27	0.2178%	0.00%
28	0.0465%	0.00%
29	0.1469%	0.00%
30	0.1669%	0.01%

Tabla 3.5 Continuación

NUM. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
31	0.2280%	0.00%
32	2.1589%	0.14%
33	0.0585%	0.00%
34	0.1692%	0.01%
35	0.1564%	0.00%
36	1.0591%	0.00%
37	0.1008%	0.00%
38	0.0758%	0.00%
39	0.1197%	0.00%
40	0.3146%	0.00%
41	0.0198%	0.00%
42	0.6577%	0.01%
43	0.0628%	0.00%
44	0.0328%	0.00%
45	0.3767%	0.00%
46	0.2389%	0.00%
47	0.0949%	0.00%
48	0.0749%	0.00%
49	0.0683%	0.00%
50	0.0896%	0.00%
51	0.3848%	0.00%
52	0.8686%	0.00%
53	0.0000%	0.00%
54	0.0000%	0.00%
55	0.1684%	0.01%
TOTAL	0.5241%	100.00%

En la gráfica que a continuación se presenta se puede observar cuales son los edificios vulnerables ante este evento de 1912 de acuerdo con su número de pisos.

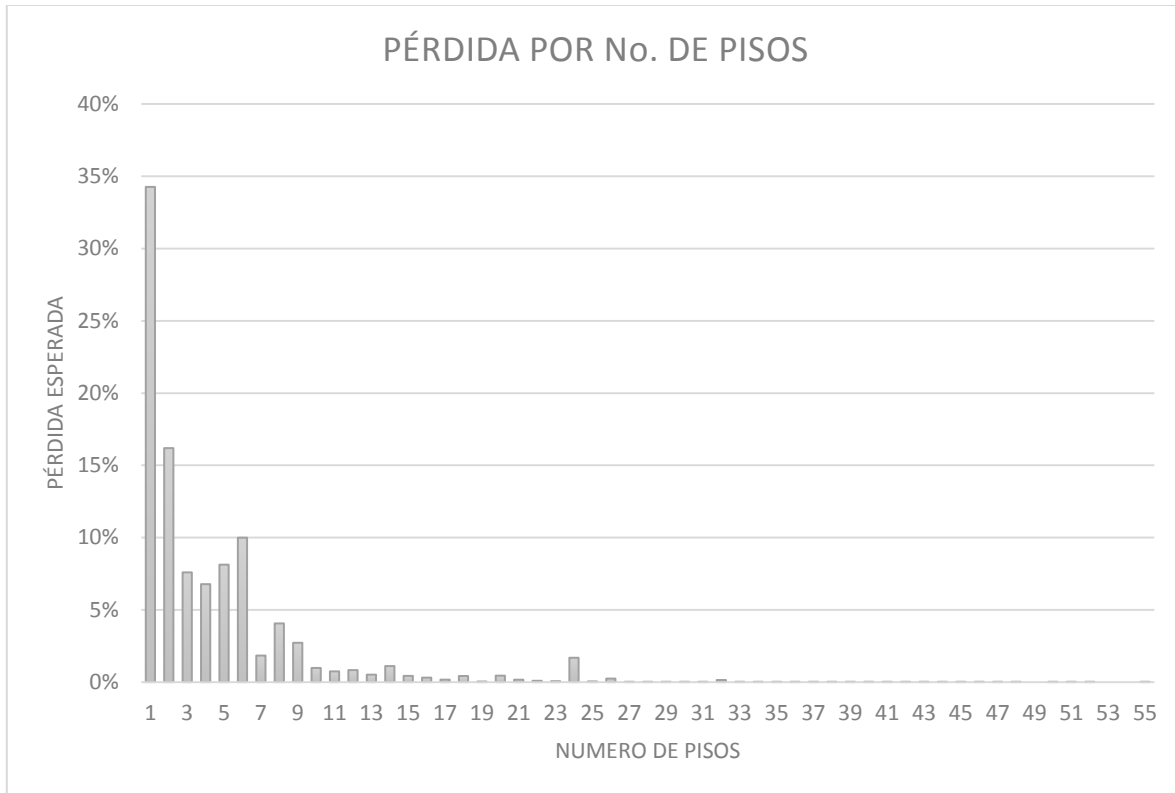


Figura 3.14 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos en Acambay, Estado de México

En lo que se refiere a pérdidas por números de pisos se puede observar en la gráfica anterior que este evento sísmico en Acambay afecta a construcciones de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 pisos principalmente.

3.4 Análisis de riesgo económico del sismo del Ángel, Distrito Federal en 1957

3.4.1 Ubicación geográfica del evento

El sismo del Ángel en 1957, tuvo una magnitud de 7.8, y las coordenadas de ubicación de su epicentro fueron: 17.11, -99.1, mismas que se pueden observar en la figura siguiente.



Figura 3.15 Ubicación del evento sísmico del Angel en 1957

Para obtener las pérdidas de este evento sísmico se tomó como base un valor asegurable de 600 mil millones de dólares de acuerdo a las carteras de todos los inmuebles asegurados en la República Mexicana, y con base en esto el sistema R nos da como pérdida total esperada de 400 millones de dólares para este evento sísmico.

3.4.2 Pérdida por estado en infraestructura

A continuación se mencionan los resultados y el análisis de las pérdidas por estado, donde el sistema R nos da la pérdida esperada, y dentro del análisis de la información se obtuvieron los porcentajes respecto al total y respecto al estado.

Tabla 3.6 Pérdidas esperadas por estados y análisis de las mismas

ESTADO	% RESPECTO AL ESTADO	% RESPECTO AL TOTAL
Aguascalientes	0.0000%	0.00%
Baja California	0.0000%	0.00%
Baja California Sur	0.0000%	0.00%
Campeche	0.0000%	0.00%
Chiapas	0.0000%	0.00%
Chihuahua	0.0000%	0.00%
Coahuila	0.0000%	0.00%
Colima	0.0003%	0.00%
Distrito Federal	0.3344%	85.15%
Durango	0.0000%	0.00%
Guanajuato	0.0014%	0.05%
Guerrero	0.3823%	7.28%
Hidalgo	0.0019%	0.03%
Jalisco	0.0004%	0.05%
Michoacán	0.0012%	0.04%
Morelos	0.0250%	0.46%
México	0.0227%	4.66%
Nayarit	0.0000%	0.00%
Nuevo León	0.0000%	0.00%
Oaxaca	0.0187%	0.18%
Puebla	0.0373%	1.68%
Querétaro	0.0017%	0.06%
Quintana Roo	0.0000%	0.00%
San Luis Potosí	0.0000%	0.00%
Sinaloa	0.0000%	0.00%
Sonora	0.0000%	0.00%
Tabasco	0.0000%	0.00%
Tamaulipas	0.0000%	0.00%
Tlaxcala	0.0082%	0.05%
Veracruz	0.0049%	0.31%
Yucatán	0.0000%	0.00%
Zacatecas	0.0000%	0.00%
TOTAL	0.0672%	100.00%

En la gráfica siguiente se observa los estados de la República Mexicana que presentan mayor vulnerabilidad si existiera otro evento con las mismas características que el de 1957.



Figura 3. 16 Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1957

En la pérdida por estado, los resultados de la evaluación mediante el software indican que los estados con más pérdidas son: Estado de México, y Guerrero, pero principalmente en el D.F.

3.4.3 Pérdida por zona AMIS

En este subcapítulo se hace mención a la pérdida por zonas AMIS, mismas que se mencionaron anteriormente y de las cuales el sistema R nos da las pérdidas esperadas, para

poder analizarlas y obtener el porcentaje que representa dichas pérdidas respecto a la zona y respecto al total como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 3.7 pérdidas por zona AMIS provocadas por el evento sísmico de 1957

ZONA AMIS	% RESPECTO A LA ZONA	% RESPECTO AL TOTAL
A	0.0000%	0.00%
B	0.0085%	4.70%
B1	0.0280%	2.68%
C	0.0010%	0.08%
D	0.0309%	2.25%
E	0.0180%	1.61%
F	0.2232%	17.54%
G	1.4187%	42.56%
H1	0.4730%	20.62%
H2	0.2102%	2.83%
I	0.2777%	2.28%
J	1.4536%	1.81%
K	1.5555%	1.05%
TOTAL	0.0672%	100.00%

La grafica siguiente indica las zonas más vulnerables ante este evento sísmico de 1957, de acuerdo a los resultados obtenidos del sistema R.

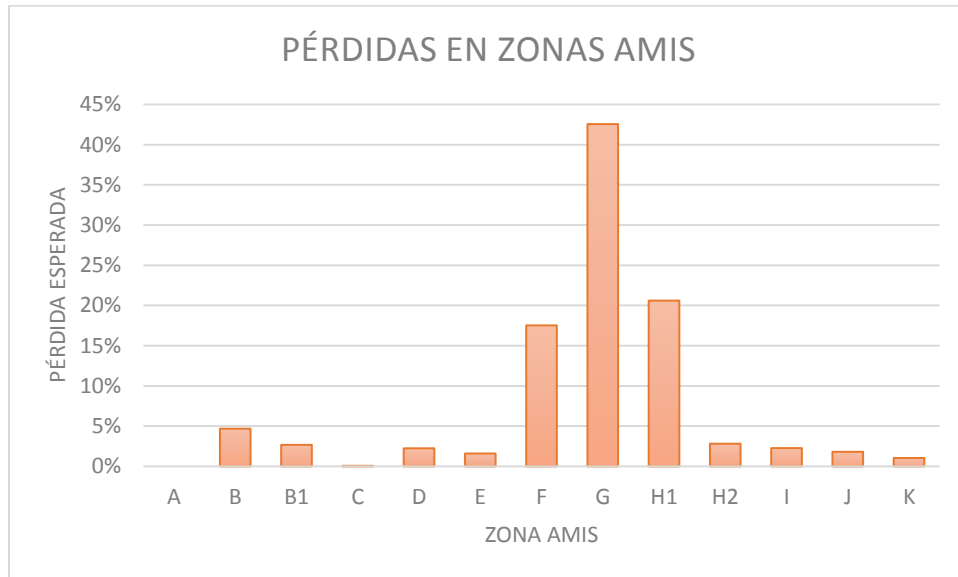


Figura 3.17 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1957

Dentro de la Zona AMIS podemos observar que las zonas más vulnerables y con más pérdidas son las siguientes: zona F, zona G, y zona H1 principalmente.

3.4.5 Pérdida por sistema estructural

En las pérdidas por sistema estructural, el sistema R nos da resultados del sistema que presenta más vulnerabilidad ante este evento. En la tabla siguiente se puede apreciar las pérdidas esperadas por sistema estructural, para este evento de 1912, en Acambay, Estado de México.

Tabla 3. 8 Pérdidas por sistema estructural y análisis de las mismas

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
1	Muros de carga de mampostería	0.0010%	0.22%
2	Marcos de concreto	0.0728%	38.42%
3	Marcos y muros de concreto	0.0281%	2.67%
4	Marco de concreto contraventeado	0.0238%	0.02%
9	Marcos de acero	0.6568%	9.78%
10	Marcos de acero contraventeado	0.5621%	0.02%
11	Marcos de acero con muros de concreto	0.2996%	1.36%
5	Columnas y losas planas de concreto	0.4136%	31.29%
6	Columnas y losas planas de concreto con muros	0.1208%	4.28%
8	Muros y losas planas de concreto	0.0024%	0.04%
13	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada	0.0042%	0.03%
14	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños rigidizada	0.0066%	0.00%
15	Industrial con cubierta ligera con claros medianos no rigidizada	0.0232%	10.65%

Tabla 3.8 Continuación

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
16	Industrial con cubierta ligera con claros medianos rigidizada	0.0573%	0.06%
17	Industrial con cubierta ligera con claros grandes no rigidizada	0.0157%	0.10%
18	Industrial con cubierta ligera con claros grandes rigidizada	0.0012%	0.00%
19	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños no rigidizada	0.0646%	0.10%
20	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños rigidizada	0.0000%	0.00%
21	Industrial con cubierta pesada con claros medianos no rigidizada	0.0204%	0.47%
22	Industrial con cubierta pesada con claros medianos rigidizada	0.0000%	0.00%
23	Industrial con cubierta pesada con claros grandes no rigidizada	0.0631%	0.00%
24	Industrial con cubierta pesada con claros grandes rigidizada	0.0000%	0.00%
12	Estructura prefabricada de concreto	0.0838%	0.49%
	TOTAL	0.0672%	100.00%

En la siguiente grafica se puede observar cual es el tipo de sistema estructural que presenta mayor vulnerabilidad ante este evento de 1957.

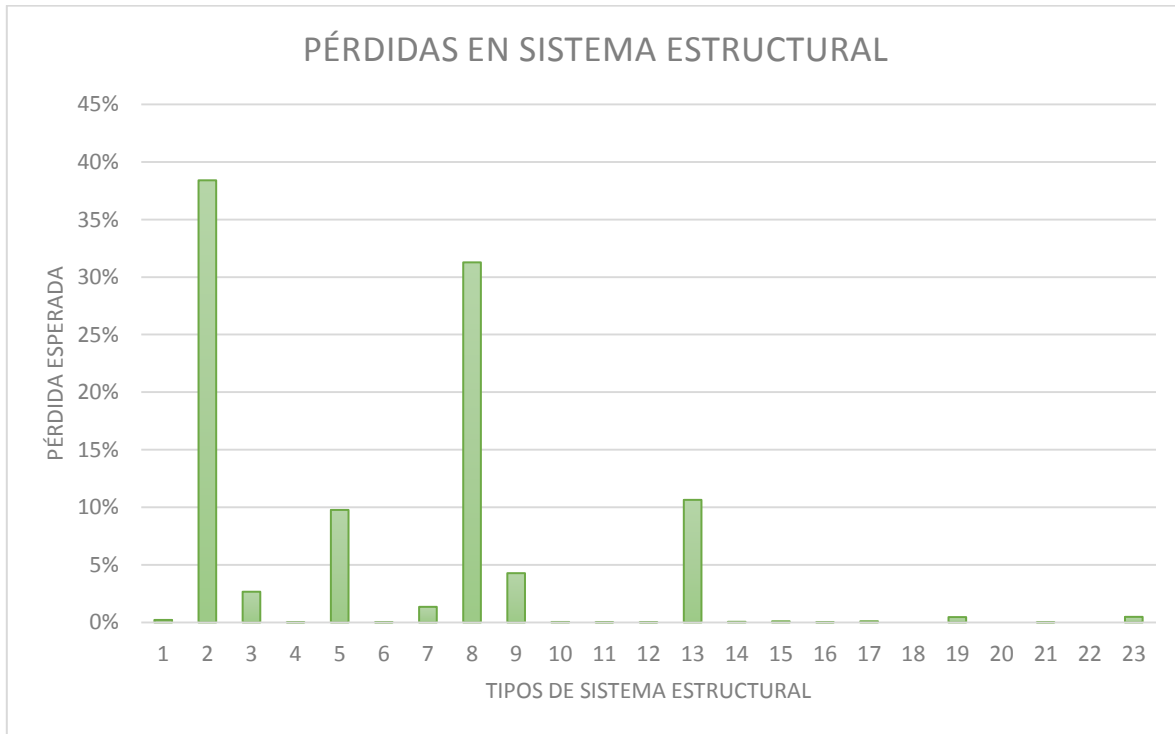


Figura 3. 18 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1957

El tipo de sistema estructural más afectado es el tipo 2 correspondiente a Marcos de concreto, tipos 5 tipo 8 Muros y losas planas de concreto, tipo 13 Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada.

3.4.6 Pérdida por número de pisos

En lo que se refiere a las perdidas esperadas por número de pisos, la tabla siguiente muestra dichas perdidas como resultado de la evaluación de este evento de 1957, en el sistema R,

mismas que a continuación se presentan con el análisis estadístico que da como resultado el porcentaje respecto al número de pisos y al total.

Tabla 3.9 Pérdidas esperadas por número de pisos producidas por el evento de 1957

NUM. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
1	0.0089%	8.45%
2	0.0284%	8.44%
3	0.0285%	1.98%
4	0.1473%	4.26%
5	0.3943%	13.03%
6	0.3082%	13.30%
7	0.2668%	3.11%
8	1.8807%	14.56%
9	0.3267%	3.71%
10	0.4242%	2.17%
11	0.8681%	2.15%
12	0.7065%	2.49%
13	0.3680%	1.08%
14	1.0191%	2.77%
15	0.2622%	1.07%
16	0.3142%	0.64%
17	0.5730%	0.63%
18	0.7836%	1.66%
19	0.0699%	0.06%
20	0.9680%	2.21%
21	0.4669%	0.72%
22	0.3874%	0.31%
23	0.2272%	0.13%
24	3.7488%	9.09%
25	0.2568%	0.13%
26	1.4576%	1.45%
27	0.0245%	0.00%
28	0.0060%	0.00%
29	0.0489%	0.01%
30	0.0249%	0.01%

Tabla 3.9 Continuación

NUM. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
31	0.0912%	0.01%
32	0.5728%	0.30%
33	0.0081%	0.01%
34	0.0411%	0.02%
35	0.0517%	0.00%
36	0.8426%	0.01%
37	0.0182%	0.00%
38	0.0008%	0.00%
39	0.0322%	0.00%
40	0.0966%	0.00%
41	0.0051%	0.00%
42	0.4024%	0.03%
43	0.0007%	0.00%
44	0.0034%	0.00%
45	0.1859%	0.00%
46	0.1158%	0.00%
47	0.0143%	0.00%
48	0.0117%	0.00%
49	0.0119%	0.00%
50	0.0020%	0.00%
51	0.1503%	0.00%
52	0.5132%	0.01%
53	0.0000%	0.00%
54	0.0000%	0.00%
55	0.0273%	0.02%
TOTAL	0.0672%	100.00%

En la gráfica que a continuación se presenta se puede observar cuales son los edificios vulnerables ante este evento de 1957 de acuerdo con su número de pisos.

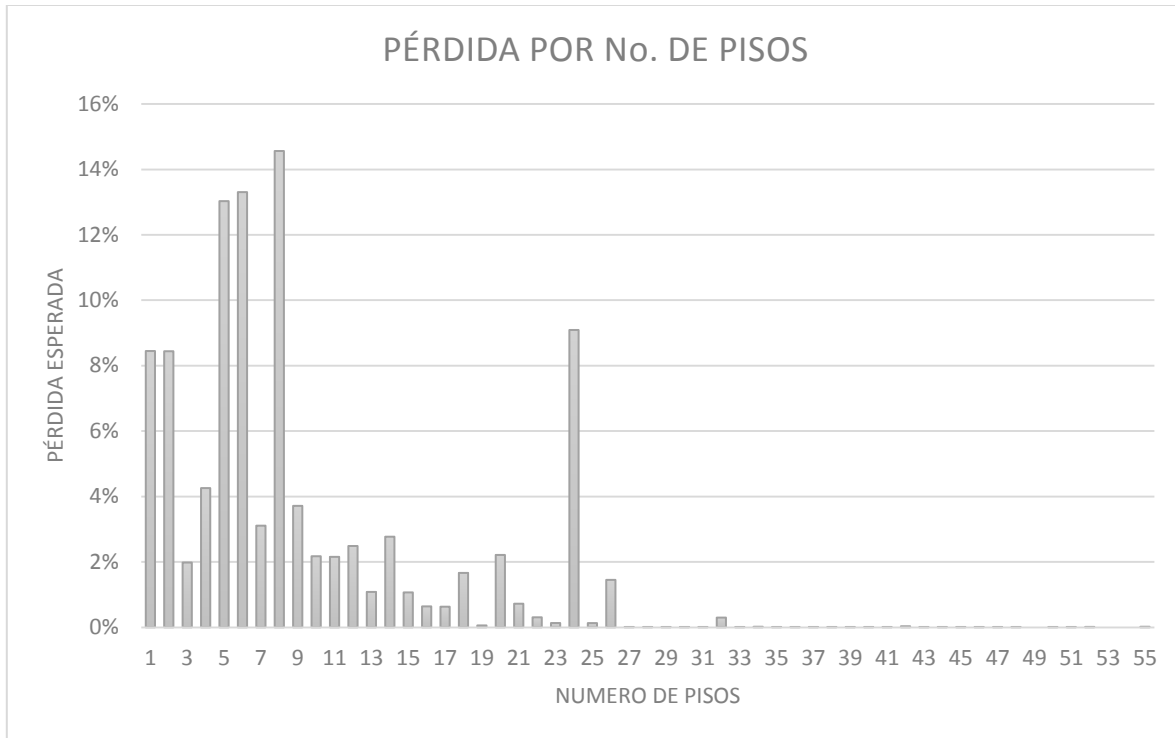


Figura 3.19 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos debido al evento de 1957

En lo que se refiere a pérdidas por números de pisos se puede observar en la gráfica anterior que este evento sísmico en Acambay afecta a construcciones de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 pisos principalmente

3.5 Análisis de riesgo económico del Sismo en Acapulco en 1962

3.5.1 Ubicación Geográfica del evento

El sismo del año 1962 tuvo una magnitud de 7.1 y su epicentro se ubicó en las siguientes coordenadas: 17.25, -99.58, mismas que pueden ser observadas en la siguiente figura.



Figura 3.20 Ubicación del evento sísmico de 1962

Para obtener las pérdidas de este evento sísmico se tomó como base un valor asegurable de 600 mil millones de dólares de acuerdo a las carteras de todos los inmuebles asegurados en la República Mexicana, y con base en esto el sistema R nos da como pérdida total esperada de 241 millones de dólares para este evento sísmico.

3.5.2 Pérdidas por estado en infraestructura

A continuación se mencionan los resultados y el análisis de las pérdidas por estado, donde el sistema R nos da la pérdida esperada, y dentro del análisis de la información se obtuvieron los porcentajes respecto al total y respecto al estado.

Tabla 3.10 Perdas esperadas por estados y analisis de las mismas

ESTADO	% RESPECTO AL ESTADO	% RESPECTO AL TOTAL
Aguascalientes	0.0000%	0.00%
Baja California	0.0000%	0.00%
Baja California Sur	0.0000%	0.00%
Campeche	0.0000%	0.00%
Chiapas	0.0000%	0.00%
Chihuahua	0.0000%	0.00%
Coahuila	0.0000%	0.00%
Colima	0.0001%	0.00%
Distrito Federal	0.0427%	17.78%
Durango	0.0000%	0.00%
Guanajuato	0.0013%	0.08%
Guerrero	1.8980%	59.10%
Hidalgo	0.0023%	0.05%
Jalisco	0.0000%	0.01%
Michoacán	0.0011%	0.07%
Morelos	0.0924%	2.77%
México	0.0449%	15.06%
Nayarit	0.0000%	0.00%
Nuevo León	0.0000%	0.00%
Oaxaca	0.0041%	0.06%
Puebla	0.0628%	4.62%
Querétaro	0.0015%	0.08%
Quintana Roo	0.0000%	0.00%
San Luis Potosí	0.0000%	0.00%
Sonora	0.0000%	0.00%
Sinaloa	0.0000%	0.00%
Tabasco	0.0000%	0.00%
Tamaulipas	0.0000%	0.00%
Tlaxcala	0.0092%	0.10%
Veracruz	0.0021%	0.21%
Yucatán	0.0000%	0.00%
Zacatecas	0.0000%	0.00%
TOTAL	0.0411%	100.00%

En la gráfica siguiente se observa los estados de la República Mexicana que presentan mayor vulnerabilidad si existiera otro evento con las mismas características que el de 1962.



Figura 3.21 Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1962

En la pérdida por estado, para este evento los resultados de la evaluación mediante el software indican que los estados con más pérdidas son: El D.F., Estado de México, y Guerrero principalmente.

3.5.3 Pérdida por zona AMIS

En este subcapítulo se hace mención a la pérdida por zonas AMIS, mismas que se mencionaron anteriormente y de las cuales el sistema R nos da las pérdidas esperadas, para

poder analizarlas y obtener el porcentaje que representa dichas pérdidas respecto a la zona y respecto al total como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 3. 11 Pérdidas por zonas AMIS del evento de 1962

Zona AMIS	% Respecto a la zona	% Respecto al total
A	0.0000%	0.00%
B	0.0233%	21.04%
B1	0.0128%	2.00%
C	0.0026%	0.34%
D	0.2021%	24.10%
E	0.0055%	0.80%
F	0.0445%	5.71%
G	0.1173%	5.75%
H1	0.0631%	4.49%
H2	0.0467%	1.03%
I	1.6565%	22.24%
J	4.6372%	9.46%
K	2.7653%	3.05%
TOTAL	0.0411%	100.00%

La gráfica siguiente indica las zonas más vulnerables ante este evento sísmico de 1962, de acuerdo a los resultados obtenidos del sistema R.

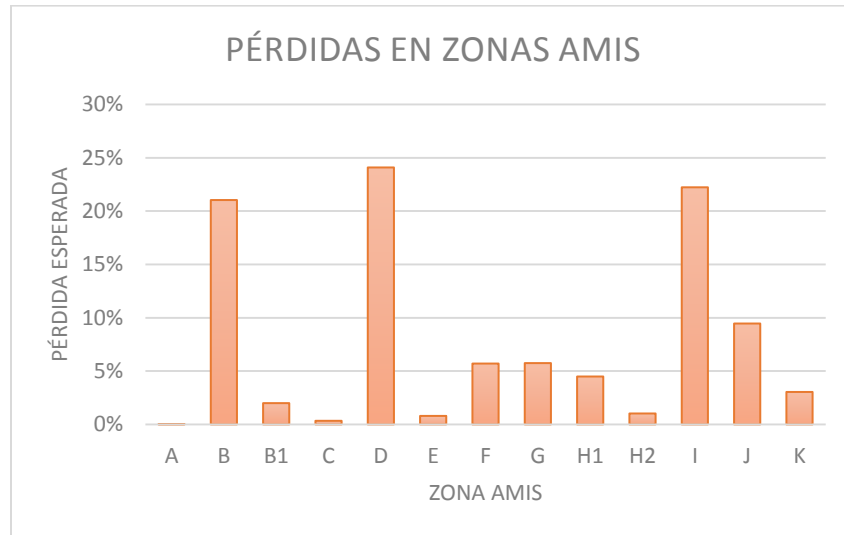


Figura 3. 22 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1962

Dentro de las Zonas AMIS podemos observar que las zonas más vulnerables y con más pérdidas son las siguientes: zona B, zona D, zona F, zona G, zona H1, zona I, y zona J principalmente.

3.5.4 Pérdida por sistema estructural

En las pérdidas por sistema estructural, el sistema R nos da resultados del sistema que presenta más vulnerabilidad ante este evento. En la tabla siguiente se puede apreciar las pérdidas esperadas por sistema estructural para este evento de 1962.

Tabla 3.12 *Perdidas por sistema estructural y analisis de las mismas*

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
1	Muros de carga de mampostería	0.0084%	2.91%
2	Marcos de concreto	0.0475%	40.94%
3	Marcos y muros de concreto	0.0454%	7.05%
4	Marco de concreto contraventeado	0.0101%	0.01%
	Marcos de acero	0.1641%	3.99%
9			
10	Marcos de acero contraventeado	0.0246%	0.00%
11	Marcos de acero con muros de concreto	0.0627%	0.46%
5	Columnas y losas planas de concreto	0.0810%	10.02%
6	Columnas y losas planas de concreto con muros	0.0781%	4.53%
8	Muros y losas planas de concreto	0.0227%	0.67%
13	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada	0.0051%	0.05%
14	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños rigidizada	0.0237%	0.01%

Tabla 3.12 Continuación

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
15	Industrial con cubierta ligera con claros medianos no rigidizada	0.0364%	27.25%
16	Industrial con cubierta ligera con claros medianos rigidizada	0.2092%	0.36%
17	Industrial con cubierta ligera con claros grandes no rigidizada	0.0207%	0.22%
18	Industrial con cubierta ligera con claros grandes rigidizada	0.0001%	0.00%
19	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños no rigidizada	0.0265%	0.07%
20	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños rigidizada	0.0000%	0.00%
21	Industrial con cubierta pesada con claros medianos no rigidizada	0.0098%	0.37%
22	Industrial con cubierta pesada con claros medianos rigidizada	0.0000%	0.00%
23	Industrial con cubierta pesada con claros grandes no rigidizada	0.0068%	0.00%

Tabla 3.12 Continuación

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
24	Industrial con cubierta pesada con claros grandes rigidizada	0.0000%	0.00%
12	Estructura prefabricada de concreto	0.1139%	1.08%
	TOTAL	0.0411%	100.00%

En la siguiente gráfica se puede observar cual es el tipo de sistema estructural que presenta mayor vulnerabilidad ante este evento de 1962.

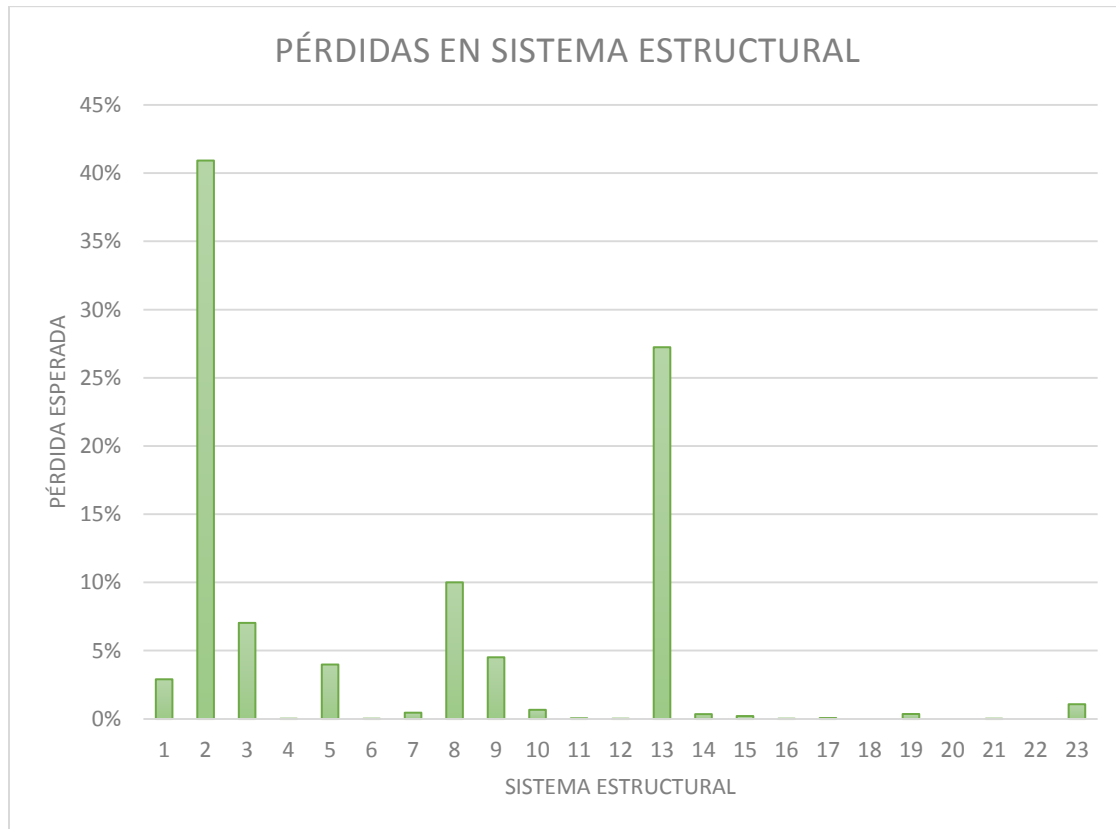


Figura 3. 23 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1962

El tipo de sistema estructural más afectado es el tipo 2 correspondiente a Marcos de concreto, tipo 3 Marcos y muros de concreto, tipo 8 Muros y losas planas de concreto, tipo 13 Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada.

3.5.5 Pérdidas por número de pisos

En lo que se refiere a las pérdidas esperadas por número de pisos, la tabla siguiente muestra dichas pérdidas como resultado de la evaluación de este evento de 1962, en el sistema R,

mismas que a continuación se presentan con el análisis estadístico que da como resultado el porcentaje respecto al número de pisos y al total.

Tabla 3.13 Pérdidas esperadas por número de pisos producidas por el evento de 1962

No. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
1	0.0292%	45.19%
2	0.0524%	25.43%
3	0.0356%	4.03%
4	0.0960%	4.53%
5	0.0983%	5.31%
6	0.0560%	3.95%
7	0.0902%	1.72%
8	0.2489%	3.15%
9	0.0963%	1.79%
10	0.1302%	1.09%
11	0.0701%	0.28%
12	0.1564%	0.90%
13	0.0173%	0.08%
14	0.0760%	0.34%
15	0.1452%	0.97%
16	0.0417%	0.14%
17	0.0970%	0.17%
18	0.0586%	0.20%
19	0.0021%	0.00%
20	0.0221%	0.08%
21	0.0748%	0.19%
22	0.0028%	0.00%
23	0.1103%	0.10%
24	0.0659%	0.26%
25	0.0349%	0.03%
26	0.0111%	0.02%
27	0.0019%	0.00%
28	0.0154%	0.01%
29	0.0037%	0.00%
30	0.0152%	0.01%

Tabla 3.13 Continuación

No. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
31	0.0021%	0.00%
32	0.0005%	0.00%
33	0.0000%	0.00%
34	0.0009%	0.00%
35	0.0854%	0.00%
36	0.0592%	0.00%
37	0.0001%	0.00%
38	0.0000%	0.00%
39	0.0000%	0.00%
40	0.0041%	0.00%
41	0.0002%	0.00%
42	0.0133%	0.00%
43	0.0000%	0.00%
44	0.0001%	0.00%
45	0.0075%	0.00%
46	0.0005%	0.00%
47	0.0000%	0.00%
48	0.0004%	0.00%
49	0.0000%	0.00%
50	0.0000%	0.00%
51	0.0000%	0.00%
52	0.0176%	0.00%
53	0.0000%	0.00%
54	0.0000%	0.00%
55	0.0000%	0.00%
TOTAL	0.0411%	100.00%

En la gráfica que a continuación se presenta se puede observar cuales son los edificios vulnerables ante este evento de 1962 de acuerdo con su número de pisos.

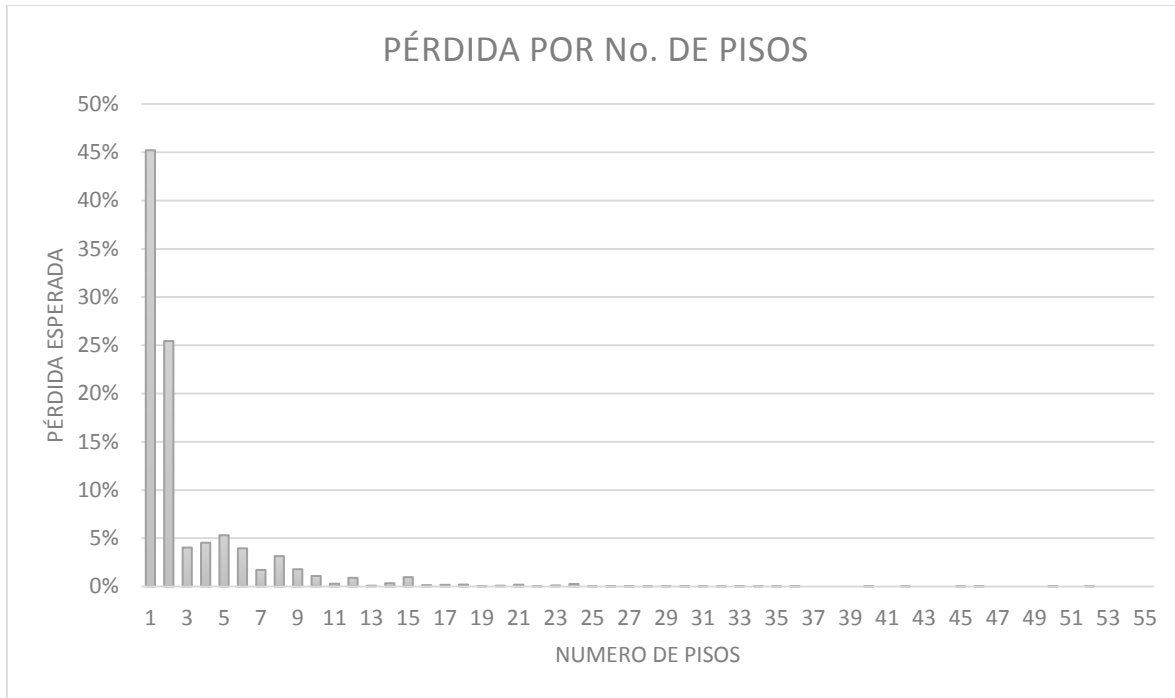


Figura 3. 24 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos

En lo que se refiere a pérdidas por números de pisos se puede observar en la gráfica anterior que este evento sísmico de 1962 afecta a construcciones de 1, y 2, pisos principalmente.

3.6 Análisis de riesgo económico del Sismo en los Límites de Guerrero y Michoacán en 1964

3.6.1 Ubicación del sismo

El sismo de 1964 tuvo una magnitud de 7.2 y su epicentro se localizó en las siguientes coordenadas: 18.03,-100.77, mismas que pueden ser observadas en la imagen siguiente:



Figura 3.25 Ubicación del evento sísmico de 1964

Para obtener las pérdidas de este evento sísmico se tomó como base un valor asegurable de 600 mil millones de dólares de acuerdo a las carteras de todos los inmuebles asegurados en la República Mexicana, y con base en esto el sistema R nos da como pérdida total esperada: 525 millones de dólares para este evento sísmico.

3.6.2 Pérdida por estado en infraestructura

A continuación se mencionan los resultados y el análisis de las pérdidas por estado, donde el sistema R nos da la pérdida esperada, y dentro del análisis de la información se obtuvieron los porcentajes respecto al total y respecto al estado.

Tabla 3. 14 Pérdidas esperadas por estados y análisis de las mismas

ESTADO	% RESPECTO AL ESTADO	% RESPECTO AL TOTAL
Aguascalientes	0.0002%	0.00%
Baja California	0.0000%	0.00%
Baja California Sur	0.0000%	0.00%
Campeche	0.0000%	0.00%

Tabla 3.14 Continuación

ESTADO	% RESPECTO AL ESTADO	% RESPECTO AL TOTAL
Chiapas	0.0000%	0.00%
Chihuahua	0.0000%	0.00%
Coahuila	0.0000%	0.00%
Colima	0.0029%	0.02%
Distrito Federal	0.1077%	20.57%
Durango	0.0000%	0.00%
Guanajuato	0.0235%	0.68%
Guerrero	0.5059%	7.23%
Hidalgo	0.0090%	0.10%
Jalisco	0.0014%	0.13%
Michoacán	0.0753%	2.18%
Morelos	0.1303%	1.79%
México	0.4296%	66.12%
Nayarit	0.0000%	0.00%
Nuevo León	0.0000%	0.00%
Oaxaca	0.0004%	0.00%
Puebla	0.0185%	0.62%
Querétaro	0.0173%	0.43%
Quintana Roo	0.0000%	0.00%
San Luis Potosí	0.0006%	0.01%
Sinaloa	0.0000%	0.00%
Sonora	0.0000%	0.00%
Tabasco	0.0000%	0.00%
Tamaulipas	0.0000%	0.00%
Tlaxcala	0.0108%	0.05%
Veracruz	0.0010%	0.04%
Yucatán	0.0000%	0.00%
Zacatecas	0.0001%	0.00%
TOTAL	0.0896%	100.00%

En la gráfica siguiente se observan los estados de la República Mexicana que presentan mayor vulnerabilidad si existiera otro evento con las mismas características que el de 1964.



Figura 3. 26 Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1964

En la pérdida por estado para este evento, los resultados de la evaluación mediante el software indican que los estados con más pérdidas son: El D.F., Estado de México, y Guerrero principalmente.

3.6.3 Pérdida por zona AMIS

En este subcapítulo se hace mención a la pérdida por zonas AMIS, mismas que se mencionaron anteriormente y de las cuales el sistema R nos da las pérdidas esperadas, para poder analizarlas y obtener el porcentaje que representa dichas pérdidas respecto a la zona y respecto al total como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 3. 15 Pérdidas por zonas AMIS del evento sísmico de 1964

ZONA AMIS	% RESPECTO A LA ZONA	% RESPECTO AL TOTAL
A	0.0001%	0.02%
B	0.1640%	68.09%
B1	0.0356%	2.56%
C	0.0301%	1.78%
D	0.1049%	5.74%
E	0.0147%	0.98%
F	0.1045%	6.16%
G	0.3084%	6.94%
H1	0.1661%	5.43%
H2	0.1050%	1.06%
I	0.0659%	0.41%
J	0.6782%	0.64%
K	0.4112%	0.21%
TOTAL	0.0896%	100.00%

La gráfica siguiente indica las zonas más vulnerables ante este evento sísmico de 1964, de acuerdo a los resultados obtenidos del sistema R.

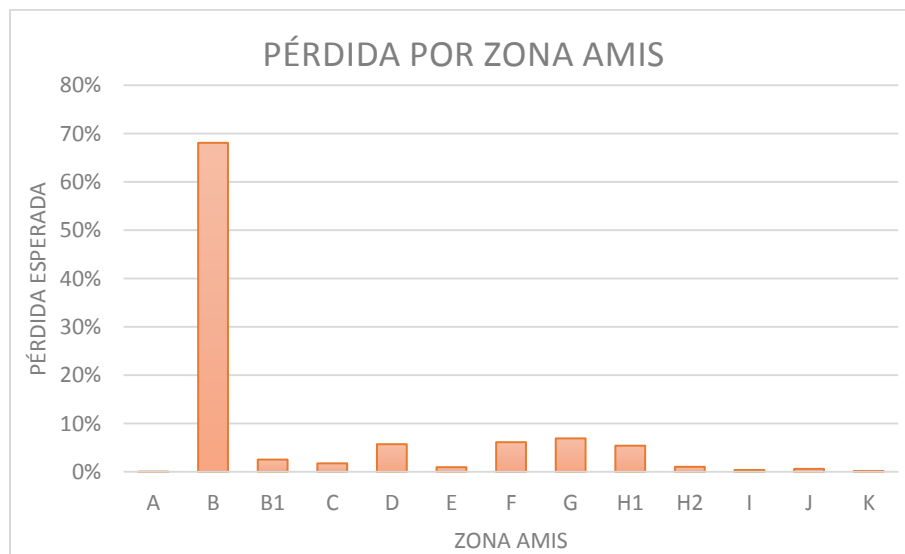


Figura 3. 27 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1964

Dentro de las Zonas AMIS podemos observar que la zona más vulnerable y con más pérdidas es la zona B principalmente.

3.6.4 Pérdida por sistema estructural

En las pérdidas por sistema estructural, el sistema R nos da resultados del sistema que presenta más vulnerabilidad ante este evento. En la tabla siguiente se pueden apreciar las pérdidas esperadas por sistema estructural, para este evento de 1964.

Tabla 3.16 Pérdidas por sistema estructural y análisis de las mismas

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
1	Muros de carga de mampostería	0.0090%	1.44%
2	Marcos de concreto	0.0655%	25.92%
3	Marcos y muros de concreto	0.0219%	1.56%
4	Marco de concreto contraventeado	0.0001%	0.00%
9	Marcos de acero	0.2314%	2.58%
10	Marcos de acero contraventeado	0.0960%	0.00%
11	Marcos de acero con muros de concreto	0.0516%	0.18%
5	Columnas y losas planas de concreto	0.2090%	11.86%
6	Columnas y losas planas de concreto con muros	0.0749%	1.99%
8	Muros y losas planas de concreto	0.0061%	0.08%

Tabla 3.16 Continuación

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
13	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada	0.0073%	0.03%
14	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños rigidizada	0.0192%	0.01%
15	Industrial con cubierta ligera con claros medianos no rigidizada	0.1552%	53.36%
16	Industrial con cubierta ligera con claros medianos rigidizada	0.0017%	0.00%
17	Industrial con cubierta ligera con claros grandes no rigidizada	0.0458%	0.22%
18	Industrial con cubierta ligera con claros grandes rigidizada	0.0019%	0.00%
19	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños no rigidizada	0.0328%	0.04%
20	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños rigidizada	0.0203%	0.01%
21	Industrial con cubierta pesada con claros medianos no rigidizada	0.0198%	0.34%
22	Industrial con cubierta pesada con claros medianos rigidizada	0.0000%	0.00%
23	Industrial con cubierta pesada con claros grandes no rigidizada	0.0160%	0.00%
24	Industrial con cubierta pesada con claros grandes rigidizada	0.0000%	0.00%
12	Estructura prefabricada de concreto	0.0858%	0.37%
	TOTAL	0.0896%	100.00%

En la siguiente gráfica se puede observar cual es el tipo de sistema estructural que presenta mayor vulnerabilidad ante este evento de 1964.

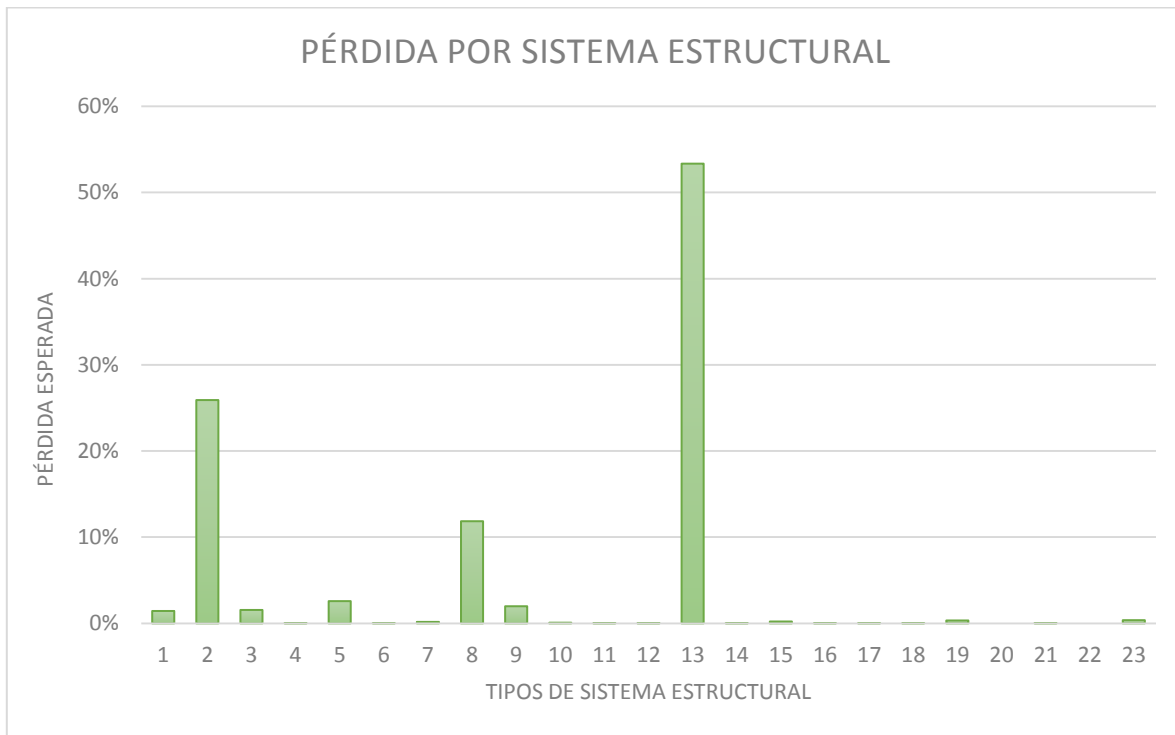


Figura 3.28 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1964

El tipo de sistema estructural más afectado es el tipo 2 correspondiente a Marcos de concreto, tipo 8 Muros y losas planas de concreto, tipo 13 Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada.

3.6.5 Pérdida por número de pisos

En lo que se refiere a las pérdidas esperadas por número de pisos, la tabla siguiente muestra dichas pérdidas como resultado de la evaluación de este evento de 1964, en el sistema R,

mismas que a continuación se presentan con el análisis estadístico que da como resultado el porcentaje respecto al número de pisos y al total.

Tabla 3. 17 Pérdidas esperadas por numero de pisos producidas por el evento de 1964

NUM. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
1	0.0718%	50.97%
2	0.1163%	25.88%
3	0.0561%	2.92%
4	0.2319%	5.02%
5	0.1581%	3.92%
6	0.1244%	4.03%
7	0.0578%	0.50%
8	0.4771%	2.77%
9	0.0891%	0.76%
10	0.0846%	0.32%
11	0.2196%	0.41%
12	0.1757%	0.46%
13	0.3706%	0.82%
14	0.1840%	0.38%
15	0.0346%	0.11%
16	0.0499%	0.08%
17	0.0345%	0.03%
18	0.0534%	0.08%
19	0.0029%	0.00%
20	0.0491%	0.08%
21	0.0275%	0.03%
22	0.0137%	0.01%
23	0.0076%	0.00%
24	0.1956%	0.36%
25	0.0470%	0.02%
26	0.0424%	0.03%
27	0.0039%	0.00%
28	0.0005%	0.00%
29	0.0072%	0.00%
30	0.0008%	0.00%

Tabla 3.17 Continuación

NUM. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
31	0.0034%	0.00%
32	0.0105%	0.00%
33	0.0000%	0.00%
34	0.0017%	0.00%
35	0.0105%	0.00%
36	0.0460%	0.00%
37	0.0002%	0.00%
38	0.0000%	0.00%
39	0.0001%	0.00%
40	0.0076%	0.00%
41	0.0003%	0.00%
42	0.0295%	0.00%
43	0.0000%	0.00%
44	0.0003%	0.00%
45	0.0146%	0.00%
46	0.0009%	0.00%
47	0.0000%	0.00%
48	0.0007%	0.00%
49	0.0000%	0.00%
50	0.0001%	0.00%
51	0.0001%	0.00%
52	0.0357%	0.00%
53	0.0000%	0.00%
54	0.0000%	0.00%
55	0.0000%	0.00%
TOTAL	0.0896%	100%

En la gráfica que a continuación se presenta se pueden observar cuales son los edificios vulnerables ante este evento de 1964 de acuerdo con su número de pisos.

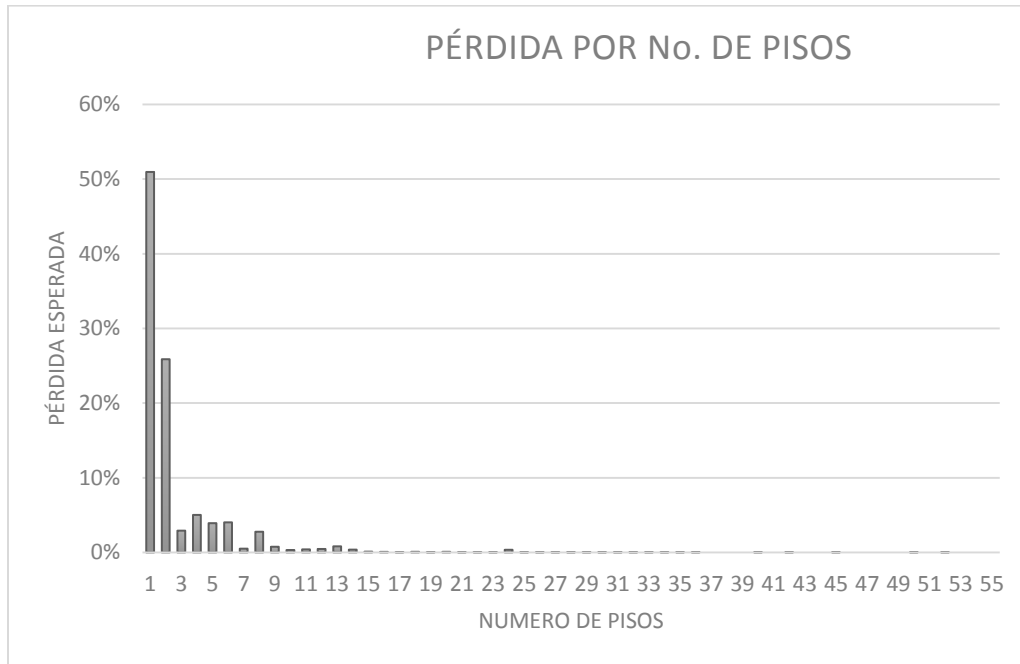


Figura 3. 29 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos

En lo que se refiere a pérdidas por números de pisos se puede observar en la gráfica anterior que este evento sísmico de 1964 afecta a construcciones de 1, y 2, pisos principalmente.

3.7 Análisis de riesgo económico del Sismo en los Límites de Colima y Michoacán en 1973

3.7.1 Ubicación geográfica del evento sísmico de 1973

El sismo de 1973 tuvo una magnitud de 7.6, y su epicentro se localizó en las siguientes coordenadas, 18.42,-103.01, mismas que pueden observarse en la imagen siguiente:



Figura 3. 30 Ubicación del evento sísmico de 1973

Para obtener las pérdidas de este evento sísmico se tomó como base un valor asegurable de 600 mil millones de dólares de acuerdo a las carteras de todos los inmuebles asegurados en la República Mexicana, y con base en esto el sistema R nos da como pérdida total esperada de 210 millones de dólares para este evento sísmico.

3.7.2. Pérdida por estado debido al sismo de 1973

A continuación se mencionan los resultados y el análisis de las pérdidas por estado, donde el sistema R nos da la pérdida esperada, y dentro del análisis de la información se obtuvieron los porcentajes respecto al total y respecto al estado.

Tabla 3.18 Pérdidas esperadas por estados y análisis de las mismas

ESTADO	% RESPECTO AL ESTADO	% RESPECTO AL TOTAL
Aguascalientes	0.0024%	0.09%
Baja California	0.0000%	0.00%
Baja California Sur	0.0000%	0.00%
Campeche	0.0000%	0.00%
Chiapas	0.0000%	0.00%

Tabla 3.18 Continuación

ESTADO	% RESPECTO AL ESTADO	% RESPECTO AL TOTAL
Chihuahua	0.0000%	0.00%
Coahuila	0.0000%	0.00%
Colima	0.4479%	9.08%
Distrito Federal	0.1278%	60.89%
Durango	0.0004%	0.01%
Guanajuato	0.0177%	1.28%
Guerrero	0.0181%	0.64%
Hidalgo	0.0012%	0.03%
Jalisco	0.0703%	16.22%
Michoacán	0.0884%	6.38%
Morelos	0.0051%	0.18%
México	0.0116%	4.45%
Nayarit	0.0075%	0.15%
Nuevo León	0.0000%	0.00%
Oaxaca	0.0000%	0.00%
Puebla	0.0014%	0.11%
Querétaro	0.0056%	0.34%
Quintana Roo	0.0000%	0.00%
San Luis Potosí	0.0013%	0.07%
Sinaloa	0.0000%	0.00%
Sonora	0.0000%	0.00%
Tabasco	0.0000%	0.00%
Tamaulipas	0.0000%	0.00%
Tlaxcala	0.0003%	0.00%
Veracruz	0.0000%	0.00%
Yucatán	0.0000%	0.00%
Zacatecas	0.0023%	0.06%
TOTAL	0.0359%	100.00%

En la gráfica siguiente se observa los estados de la República Mexicana que presentan mayor vulnerabilidad si existiera otro evento con las mismas características que el de 1973.



Figura 3.31 Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1973

En la pérdida por estado para este evento, los resultados de la evaluación mediante el software indican que los estados con más pérdidas son: El Estado de México, Colima y Jalisco principalmente; el D.F. presenta las mayores pérdidas.

3.7.3 Pérdida por zona AMIS

En este subcapítulo se hace mención a la pérdida por zonas AMIS, mismas que se mencionaron anteriormente y de las cuales el sistema R nos da las pérdidas esperadas, para poder analizarlas y obtener el porcentaje que representa dichas pérdidas respecto a la zona y respecto al total como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 3. 19 Pérdidas por zonas AMIS del evento sísmico de 1973

ZONA AMIS	% RESPECTO A LA ZONA	% RESPECTO AL TOTAL
A	0.0003%	0.24%
B	0.0130%	13.44%
B1	0.0082%	1.46%
C	0.0217%	3.19%
D	0.1519%	20.72%
E	0.0054%	0.89%
F	0.0721%	10.60%
G	0.6529%	36.65%
H1	0.1382%	11.27%
H2	0.0590%	1.48%
I	0.0021%	0.03%
J	0.0070%	0.02%
K	0.0083%	0.01%
TOTAL	0.0359%	100.00%

La gráfica siguiente indica las zonas más vulnerables ante este evento sísmico de 1973, de acuerdo a los resultados obtenidos del sistema R.

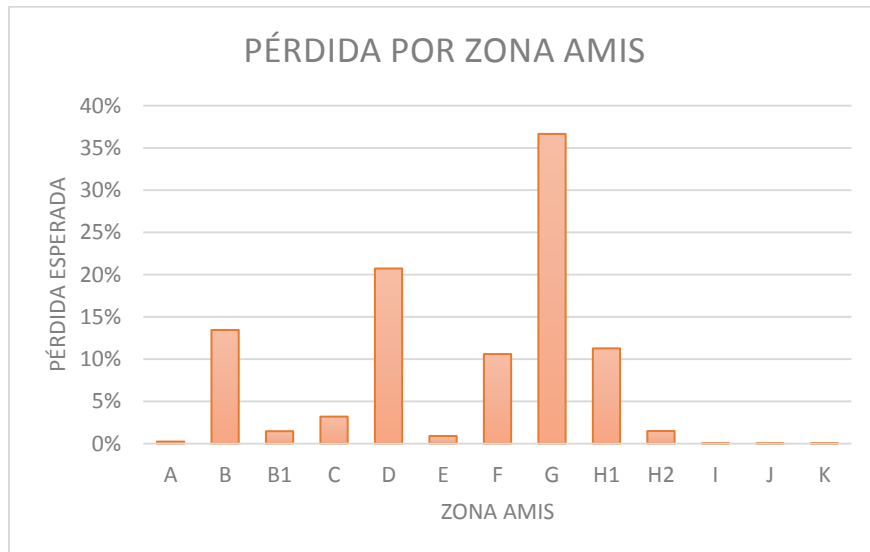


Figura 3. 32 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1973

Dentro de las Zonas AMIS podemos observar que la zonas más vulnerables y con más pérdidas son las siguientes: zona B, zona D, zona F, zona G y zona H1 principalmente.

3.7.4 Pérdidas por sistema estructural

En las pérdidas por sistema estructural, el sistema R nos da resultados del sistema que presenta más vulnerabilidad ante este evento. En la tabla siguiente se puede apreciar las pérdidas esperadas por sistema estructural, para este evento de 1973, en Acambay, Estado de México.

Tabla 3. 20 Pérdidas por sistema estructural y análisis de las mismas

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
1	Muros de carga de mampostería	0.0023%	0.91%
2	Marcos de concreto	0.0335%	33.07%
3	Marcos y muros de concreto	0.0059%	1.04%
4	Marco de concreto contraventeado	0.0000%	0.00%
9	Marcos de acero	0.5871%	16.35%
10	Marcos de acero contraventeado	0.2070%	0.01%
11	Marcos de acero con muros de concreto	0.0761%	0.65%
5	Columnas y losas planas de concreto	0.1854%	26.24%
6	Columnas y losas planas de concreto con muros	0.0342%	2.27%

Tabla 3.20 Continuación

8	Muros y losas planas de concreto	0.0008%	0.03%
13	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada	0.0012%	0.01%
14	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños rigidizada	0.0028%	0.00%
15	Industrial con cubierta ligera con claros medianos no rigidizada	0.0217%	18.59%
16	Industrial con cubierta ligera con claros medianos rigidizada	0.0001%	0.00%
17	Industrial con cubierta ligera con claros grandes no rigidizada	0.0233%	0.28%
18	Industrial con cubierta ligera con claros grandes rigidizada	0.0024%	0.00%
19	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños no rigidizada	0.0215%	0.07%
20	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños rigidizada	0.0000%	0.00%
21	Industrial con cubierta pesada con claros medianos no rigidizada	0.0084%	0.36%
22	Industrial con cubierta pesada con claros medianos rigidizada	0.0294%	0.00%
23	Industrial con cubierta pesada con claros grandes no rigidizada	0.0478%	0.00%
24	Industrial con cubierta pesada con claros grandes rigidizada	0.0191%	0.00%
12	Estructura prefabricada de concreto	0.0117%	0.13%
	TOTAL	0.0359%	100.00%

En la siguiente gráfica se puede observar cual es el tipo de sistema estructural que presenta mayor vulnerabilidad ante este evento de 1973.



Figura 3. 33 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1973

El tipo de sistema estructural más afectado es el tipo 2 correspondiente a Marcos de concreto, tipo 5 Columnas y losas planas de concreto, tipo 8 Muros y losas planas de concreto, y tipo 13 Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada.

3.7.5 Pérdidas por número de pisos

En lo que se refiere a las pérdidas esperadas por número de pisos, la tabla siguiente muestra dichas pérdidas como resultado de la evaluación de este evento de 1973, en el sistema R, mismas que a continuación se presentan con el análisis estadístico que da como resultado el porcentaje respecto al número de pisos y al total.

Tabla 3.21 Pérdidas esperadas por número de pisos producidas por el evento de 1973

NUM. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
1	0.0089%	15.68%
2	0.0149%	8.28%
3	0.0352%	4.57%
4	0.0843%	4.56%
5	0.2253%	13.93%
6	0.1373%	11.08%
7	0.0641%	1.40%
8	0.8393%	12.16%
9	0.0978%	2.08%
10	0.1378%	1.32%
11	0.3998%	1.86%
12	0.2801%	1.84%
13	0.1542%	0.85%
14	0.3297%	1.68%
15	0.0966%	0.74%
16	0.0897%	0.34%
17	0.2347%	0.48%
18	0.3885%	1.54%
19	0.0229%	0.03%
20	0.5440%	2.33%
21	0.2704%	0.78%
22	0.2259%	0.33%
23	0.1238%	0.13%
24	2.2301%	10.12%
25	0.1218%	0.11%
26	0.8347%	1.55%
27	0.0065%	0.00%
28	0.0006%	0.00%
29	0.0289%	0.01%
30	0.0071%	0.00%
31	0.0442%	0.01%
32	0.1380%	0.13%
33	0.0002%	0.00%
34	0.0142%	0.01%

Tabla 3.21 Continuación

NUM. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
35	0.0218%	0.00%
36	0.4887%	0.01%
37	0.0015%	0.00%
38	0.0003%	0.00%
39	0.0094%	0.00%
40	0.0469%	0.00%
41	0.0026%	0.00%
42	0.2397%	0.03%
43	0.0000%	0.00%
44	0.0024%	0.00%
45	0.1153%	0.00%
46	0.0562%	0.00%
47	0.0000%	0.00%
48	0.0038%	0.00%
49	0.0000%	0.00%
50	0.0008%	0.00%
51	0.0424%	0.00%
52	0.3005%	0.01%
53	0.0000%	0.00%
54	0.0000%	0.00%
55	0.0000%	0.00%
TOTAL	0.0359%	100.00%

En la gráfica que a continuación se presenta se puede observar cuales son los edificios vulnerables ante este evento de 1973 de acuerdo con su número de pisos.

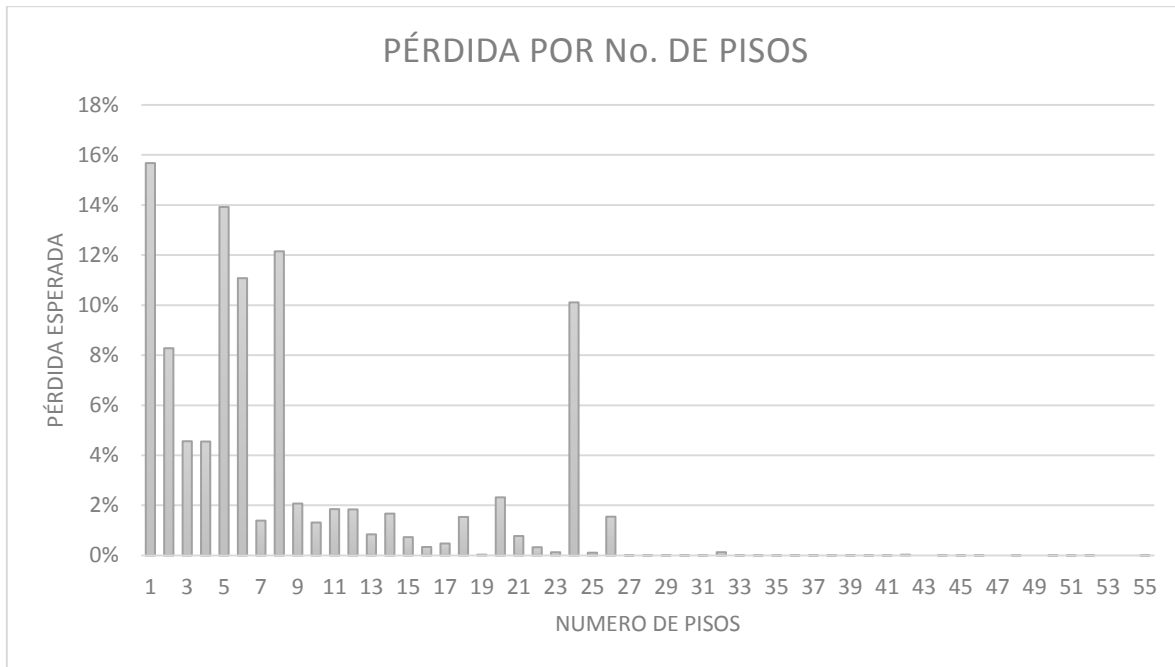


Figura 3. 34 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos ocasionadas por el evento de 1973

En lo que se refiere a pérdidas por números de pisos se puede observar en la gráfica anterior que este evento sísmico de 1973 afecta a construcciones de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, y 24 pisos principalmente.

3.8 Análisis de riesgo económico del Sismo en la Ciudad de México en 1985

3.8.1 Ubicación geográfica del sismo

El sismo de 1985 tuvo una magnitud de 8, el epicentro se localizó en las coordenadas: 18.19,-102.53, mismas que se pueden observar en la siguiente figura.



Figura 3.35 Ubicación del evento sísmico de 1985

Para obtener las pérdidas de este evento sísmico se tomó como base un valor asegurable de 600 mil millones de dólares de acuerdo a las carteras de todos los inmuebles asegurados en la República Mexicana, y con base en esto el sistema R nos da como pérdida total esperada de un mil millones de dólares para este evento sísmico.

3.8.2 Pérdidas por estado en infraestructura

A continuación se mencionan los resultados y el análisis de las pérdidas por estado, donde el sistema R nos da la pérdida esperada, y dentro del análisis de la información se obtuvieron los porcentajes respecto al total y respecto al estado.

Tabla 3.22 Pérdidas esperadas por estados y análisis de las mismas

ESTADO	% RESPECTO AL ESTADO	% RESPECTO AL TOTAL
Aguascalientes	0.0175%	0.10%
Baja California	0.0000%	0.00%
Baja California Sur	0.0000%	0.00%
Campeche	0.0000%	0.00%
Chiapas	0.0000%	0.00%
Chihuahua	0.0000%	0.00%
Coahuila	0.0000%	0.00%
Colima	0.4731%	1.41%
Distrito Federal	1.0592%	74.31%
Durango	0.0010%	0.00%
Guanajuato	0.0844%	0.90%
Guerrero	0.2747%	1.44%
Hidalgo	0.0130%	0.05%
Jalisco	0.1517%	5.15%
Michoacán	0.8637%	9.18%
Morelos	0.0399%	0.20%
México	0.1162%	6.57%
Nayarit	0.0286%	0.08%
Nuevo León	0.0000%	0.00%
Oaxaca	0.0000%	0.00%
Puebla	0.0149%	0.18%
Querétaro	0.0326%	0.29%
Quintana Roo	0.0000%	0.00%
San Luis Potosí	0.0067%	0.06%
Sinaloa	0.0000%	0.00%
Sonora	0.0000%	0.00%
Tabasco	0.0000%	0.00%
Tamaulipas	0.0006%	0.01%
Tlaxcala	0.0162%	0.03%
Veracruz	0.0000%	0.00%
Yucatán	0.0000%	0.00%
Zacatecas	0.0046%	0.02%
TOTAL	0.2440%	100.00%

En la gráfica siguiente se observa los estados de la República Mexicana que presentan mayor vulnerabilidad si existiera otro evento con las mismas características que el de 1985



Figura 3. 36 Gráfica de los estados con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1985

En la pérdida por estado para este evento de 1985, los resultados de la evaluación mediante el software indican que los estados con más pérdidas son: El Estado de México, Michoacán y Jalisco principalmente; el D.F. presenta las mayores pérdidas.

3.8.3 Pérdida por zona AMIS

En este subcapítulo se hace mención a la pérdida por zonas AMIS, mismas que se mencionaron anteriormente y de las cuales el sistema R nos da las pérdidas esperadas, para

poder analizarlas y obtener el porcentaje que representa dichas pérdidas respecto a la zona y respecto al total como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 3.23 Pérdidas por zonas AMIS del evento sísmico de 1985

ZONA AMIS	% RESPECTO A LA ZONA	% RESPECTO AL TOTAL
A	0.0016%	0.19%
B	0.0630%	9.60%
B1	0.1194%	3.15%
C	0.0439%	0.95%
D	0.5835%	11.72%
E	0.1598%	3.92%
F	0.8146%	17.62%
G	4.0053%	33.10%
H1	1.4408%	17.30%
H2	0.6369%	2.36%
I	0.0243%	0.06%
J	0.0597%	0.02%
K	0.0643%	0.01%
TOTAL	0.2440%	100.00%

La gráfica siguiente indica las zonas más vulnerables ante este evento sísmico de 1985, de acuerdo a los resultados obtenidos del sistema R.

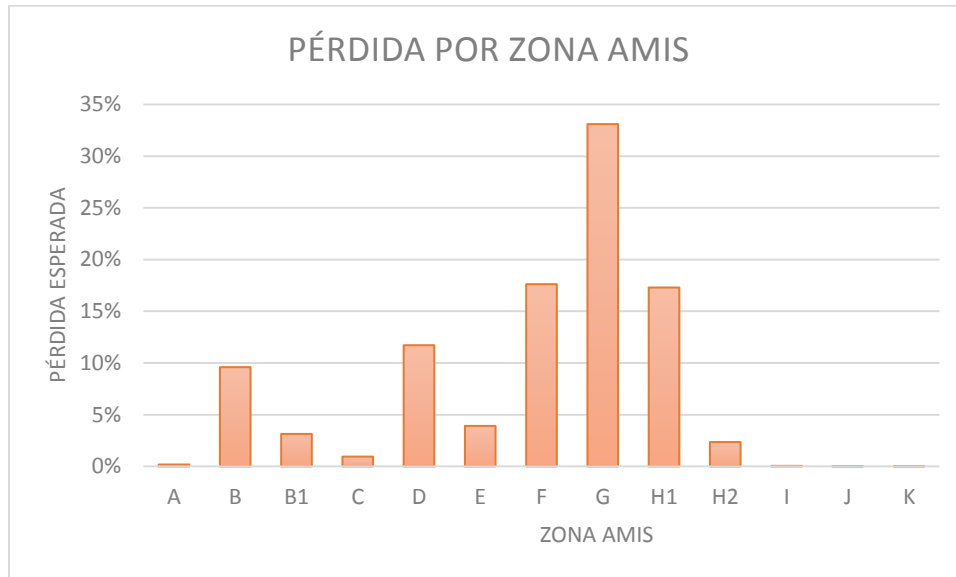


Figura 3.37 Gráfica de las zonas AMIS con mayor vulnerabilidad ante el evento sísmico de 1985

Dentro de las Zonas AMIS podemos observar que la zonas más vulnerables y con más pérdidas son las siguientes: zona B, zona D, zona F, zona G y zona H1 principalmente.

3.8.4 Pérdidas por sistema estructural

En las pérdidas por sistema estructural, el sistema R nos da resultados del sistema que presenta más vulnerabilidad ante este evento. En la tabla siguiente se puede apreciar las pérdidas esperadas por sistema estructural, para este evento de 1985.

Tabla 3.24 Pérdidas por sistema estructural y análisis de las mismas

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
1	Muros de carga de mampostería	0.0585%	3.43%
2	Marcos de concreto	0.2373%	34.49%

Tabla 3.24 Continuación

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
3	Marcos y muros de concreto	0.1111%	2.90%
4	Marco de concreto contraventeado	0.8204%	0.17%
9	Marcos de acero	1.7301%	7.10%
10	Marcos de acero contraventeado	2.2502%	0.02%
11	Marcos de acero con muros de concreto	1.4377%	1.80%
5	Columnas y losas planas de concreto	1.4148%	29.48%
6	Columnas y losas planas de concreto con muros	0.4764%	4.65%
8	Muros y losas planas de concreto	0.0093%	0.05%
13	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada	0.0146%	0.03%
14	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños rigidizada	0.0163%	0.00%
15	Industrial con cubierta ligera con claros medianos no rigidizada	0.1072%	13.53%
16	Industrial con cubierta ligera con claros medianos rigidizada	0.0007%	0.00%
17	Industrial con cubierta ligera con claros grandes no rigidizada	0.7143%	1.27%

Tabla 3.24 Continuación

ID	SISTEMA ESTRUCTURAL	% RESPECTO AL S.E.	% RESPECTO AL TOTAL
19	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños no rigidizada	0.2692%	0.12%
20	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños rigidizada	0.0263%	0.00%
21	Industrial con cubierta pesada con claros medianos no rigidizada	0.0940%	0.59%
22	Industrial con cubierta pesada con claros medianos rigidizada	0.0599%	0.00%
23	Industrial con cubierta pesada con claros grandes no rigidizada	0.3462%	0.00%
24	Industrial con cubierta pesada con claros grandes rigidizada	0.0279%	0.00%
12	Estructura prefabricada de concreto	0.2327%	0.37%
	TOTAL	0.2440%	100.00%

En la siguiente gráfica se puede observar cual es el tipo de sistema estructural que presenta mayor vulnerabilidad ante este evento de 1985.



Figura 3. 38 Gráfica de las pérdidas en sistema estructural por el evento de 1985

El tipo de sistema estructural más afectado es el tipo 2 correspondiente a Marcos de concreto, tipo 5 Columnas y losas planas de concreto, tipo 8 Muros y losas planas de concreto, y tipo 13 Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada.

3.8.5 Pérdidas por número de pisos

En lo que se refiere a las pérdidas esperadas por número de pisos, la tabla siguiente muestra dichas pérdidas como resultado de la evaluación de este evento de 1985, en el sistema R, mismas que a continuación se presentan con el análisis estadístico que da como resultado el porcentaje respecto al número de pisos y al total.

Tabla 3.25 Pérdidas esperadas por numero de pisos producidas por el evento de 1985

NUM. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
1	0.0487%	12.69%
2	0.1087%	8.89%
3	0.1518%	2.90%
4	0.6286%	5.00%
5	1.1647%	10.60%
6	0.9776%	11.62%
7	1.1026%	3.54%
8	4.2638%	9.09%
9	1.2764%	3.99%
10	1.7878%	2.52%
11	3.3346%	2.28%
12	2.4401%	2.36%
13	2.2714%	1.84%
14	4.0783%	3.05%
15	1.2583%	1.41%
16	2.4278%	1.36%
17	2.2538%	0.68%
18	2.9544%	1.73%
19	0.8572%	0.19%
20	3.4195%	2.15%
21	2.1240%	0.90%
22	2.5683%	0.56%
23	1.9837%	0.31%
24	11.2752%	7.53%
25	1.6150%	0.22%
26	4.9933%	1.37%
27	0.7421%	0.03%
28	0.1819%	0.02%
29	0.3394%	0.01%
30	0.3714%	0.03%
31	0.5822%	0.02%
32	4.1332%	0.59%
33	0.2939%	0.05%
34	1.0291%	0.12%

Tabla 3.25 Continuación

NUM. PISOS	% RESPECTO AL No. DE PISOS	% RESPECTO AL TOTAL
35	0.5450%	0.00%
36	2.9303%	0.01%
37	0.8854%	0.01%
38	0.3381%	0.01%
39	0.8935%	0.02%
40	1.0746%	0.00%
41	0.2060%	0.00%
42	1.8588%	0.04%
43	0.5223%	0.00%
44	0.2928%	0.00%
45	1.3737%	0.00%
46	0.9469%	0.01%
47	0.6354%	0.00%
48	0.4389%	0.00%
49	0.4969%	0.00%
50	0.5758%	0.06%
51	1.6276%	0.00%
52	2.5132%	0.02%
53	0.0000%	0.00%
54	0.0750%	0.00%
55	0.9876%	0.17%
TOTAL	0.2440%	100.00%

En la gráfica que a continuación se presenta se puede observar cuales son los edificios vulnerables ante este evento de 1985 de respecto a su número de pisos.

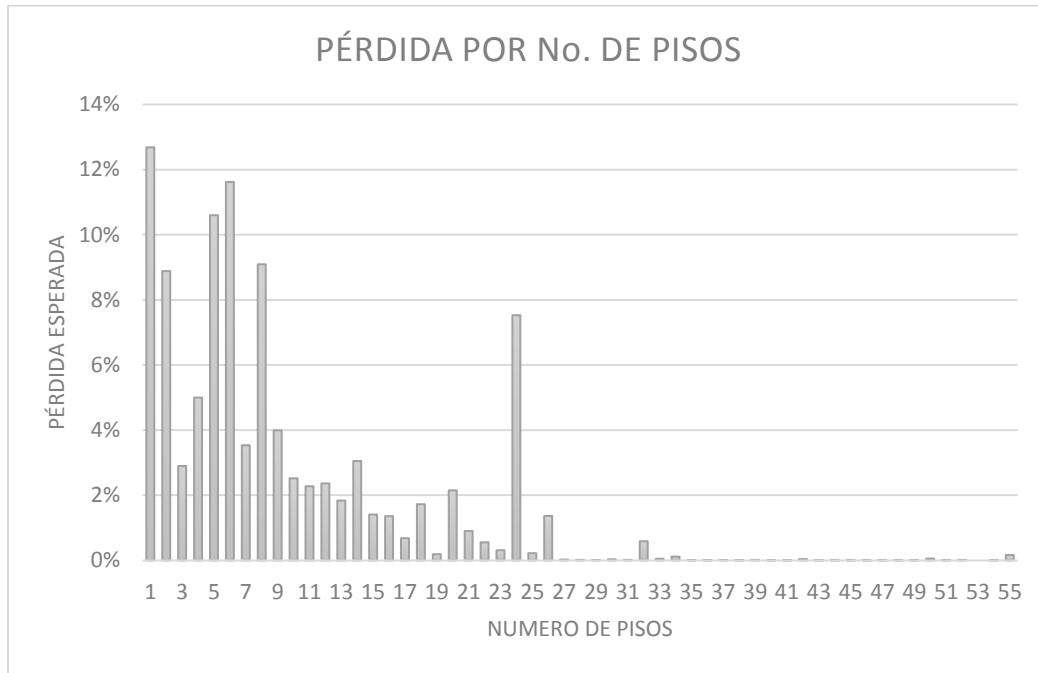


Figura 3.39 Gráfica de pérdidas esperadas por número de pisos

En lo que se refiere a pérdidas por números de pisos se puede observar en la gráfica anterior que este evento sísmico de 1985 afecta a construcciones de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 14, y 24 pisos principalmente.

Conclusiones

México es uno de los países de todo el mundo con mayor actividad sísmica. De acuerdo con datos estadísticos, se registran más de 90 sismos por año con una magnitud superior a 4 grados en la escala de Richter, esto equivale aproximadamente a un 6 por ciento de todos los movimientos telúricos que se registran en el mundo. Durante el siglo XX se presentaron sismos con una elevada intensidad en cada una de las décadas que han causado daños materiales considerables y de número de muertos.

La actividad sísmica, no sólo nos acecha en forma más sorpresiva e impredecible, sino que es también más frecuente. A juzgar por el rico registro histórico de sismos sentidos en la ciudad de México, debemos esperar que esta siga siendo azotada en el futuro por grandes temblores. El movimiento de placas tectónicas que los origina ha existido durante millones de años y seguramente continuará en un futuro. Por otro lado, el desarrollo científico actual está aún lejos de poder efectuar predicciones exactas con un alto grado de confiabilidad, existen además dudas sobre la utilidad práctica de una predicción que tenga un margen de error de varios días en una urbe de las dimensiones de la ciudad de México.

Los daños sufridos en la capital a raíz de los sismos históricos de los años 1912, 1957, 1962, 1964, 1973 y 1985 muestran que durante su incontrolable crecimiento, la ciudad se ha hecho más vulnerable a los fenómenos sísmicos, debido al número y tipo de edificaciones construidas. A mediano plazo, las opciones que parecen viables para mitigar el peligro sísmico en la ciudad de México, es que esta cuenta con reglamentos modernos de construcción que aunque de aplicación local han logrado generalizar buenas prácticas constructivas en todo el país. Se cuenta tanto en el sector público como en el privado con un sector financiero sólido, preparado para hacer frente a un evento que cause muchas pérdidas. Se cuenta también con una gran capacidad de respuesta ante la emergencia, lo que ayudará a salvar vidas.

No podemos predecir exactamente la secuencia futura de eventos pero de acuerdo con este trabajo si se puede estimar las pérdidas económicas que causarán, partiendo de los sismos históricos. Pero sí podemos estimar algunas características de este proceso que nos permiten tomar decisiones más racionales de qué tamaño son y qué tan frecuentemente ocurren los fenómenos perturbadores, y

también los daños que provoca en los edificios, como es el caso del sistema R, utilizado para los fines de este trabajo, en la predicción de pérdidas económicas en lo que se refiere a infraestructura.

Referencias

Gutiérrez Martínez Carlos, Quaas Weppen Roberto, Ordaz Schroeder Mario, Guevara Ortiz Enrique, Muriá Vilá y Krishna Singh Shri (2011), Constitución interna de la tierra, Fascículo Sismo Centro Nacional de Prevención del Desastre, CENAPRED

Gutiérrez Martínez Carlos, Quaas Weppen Roberto, Ordaz Schroeder Mario, Guevara Ortiz Enrique, Muriá Vilá Krishna Singh Shri y Santoyo G. Galeano Miguel Deriva de los continentes (2001), Fascículo Sismo, Centro Nacional de Prevención del Desastre, CENAPRED.

Instituto de Ingeniería, UNAM (2012-A), Amenazas

Kostoglodov Vladimir, Pacheco Javier Francisco (1999), Cien años de sismicidad en México, UNAM.

Suárez R. Gerardo, Jiménez J. Zenón (1987), Sismo en la ciudad de México y el terremoto del 19 de septiembre de 1985, Cuadernos del Instituto de Geofísica, Instituto de Geofísica, UNAM México, D.F.

Guash Hecheverría Fernando (2011), Amenaza sísmica avances y desafíos para centro América y el Caribe, Origen de un terremoto. PONENNCIA LUGAR

Instituto de Ingeniería, UNAM (2012-B), Amenaza sísmica

Rosenblueth Emilio, García Acosta Virginia, Rojas Rabiela Teresa, Núñez de la Peña Francisco Javier, Orozco Castellanos Jesús (1989), Macrosismos, Sismos y Sismicidad en México, pp. 2-4

Cárdenas Rubén G. (2010), Las ondas sísmicas y el interior de la tierra, CENCIORAMA, Facultad de Ciencias, UNAM

Reinoso Angulo Eduardo (1995), Características sísmicas de la ciudad de México, Amplificación de las ondas sísmicas en el valle de México, características del movimiento del terreno y microzonificación de la ciudad . Centro de investigación sísmica.

Eduardo Reinoso (2012), ¿Estamos preparados para un gran sismo en México?, Escenarios de riesgo sísmico, Instituto de Ingeniería, UNAM, pp. 3-5.

Arnal, L. y Betancourt, M. (2010), Reglamento de construcciones para el Distrito Federal, Normas Técnicas Complementarias para el diseño y construcción de cimentaciones, Investigación del subsuelo, Reconocimiento del sitio, pp. 762-763.

Gómez-González, J.M., Böhnel, H., Delgado-Argote Luis A, Gómez Tuena Arturo, Guzmán-Speziale Marco, Pérez Enriquez Román y Birgit Steinich, (2004), El conocimiento de la tierra a través del impacto tecnológico en la Sismología, Centro de Geociencias, UNAM.

Nava Alejandro, (1998), Terremotos, La Ciencia para todos, Fondo de cultura económica, Picacho Ajusco, México D.F.

Lermo Javier, Ishizawa Oscar y Jorge Aguirre Estimación de la peligrosidad de la ruptura de uno de los sistemas de fallas del graben de Acambay, Estado de México, (2005), Instituto de ingeniería, UNAM.

Serrano Pérez Edgar, (2001), Enciclopedia de los Municipios de México, Estado de México, Centro nacional de Desarrollo Municipal, Gobierno del estado.

Suarez Reynoso Gerardo y Acosta García Virginia, (1996), Los sismos en la historia de México, tomo 1, pp. 651-652, Ediciones Científicas Universitarias, FCE, UNAM.

ERN, (2012), Cien años del sismo de Acambay, ERNterate.

Montero Martha, (2012), El temblor del Ángel, Archivo, Tomas Montero Torres, Ciudad de México.

Reinoso Angulo Eduardo y Orozco Narváez Vicente, (2007), Revisión a 50 años de los daños ocasionados en la ciudad de México por el sismo del 28 de julio de 1957 con ayuda de investigaciones recientes y sistemas de información geográfica, Revista de Ingeniería Sísmica No. 76.

Binder W. Reuben, (1965), The Acapulco earthquakes of May 11 and 19, 1962, Proc of the 3rd world conference on earthquakes, Eng. New Zealand.

Coronado y Merino José, Salyano Eduardo, Rosales J. José y Martínez Macario (1962), Los temblores de Acapulco de 1962, Anales Instituto de Geofísica, UNAM, Vol. 8.

Figuroa A. Jesús, (1965), Macrosismo del 6 de julio de 1964, Instituto de Ingeniería, Vol. 35, No. 1.

Figuroa A. Jesús, (1973), Macrosismo del 30 de enero de 1973, Ingeniería Sísmica, Nos. 11-16, pp., 1-23.

Bitrán Bitrán Daniel, (2001), Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980-991, CENAPRED, pp., 46-51.

SEGOB, (2010), Peligros Geológicos Relevantes durante el periodo 1810-2010, Información documental sobre los eventos más significativos de 1810-2010, fenómenos geológicos, sismos

Singh K. Shri y Ordaz Mario (2013), Sismicidad y Movimientos fuertes en México: Una visión Actual, Instituto de ingeniería UNAM, y CENAPRED.

SEMAR, (2013), Historia de los Tsunamis ocurridos en México, Compilación.

Atlas Nacional de Riesgos, (1994), CENAPRED, México.

Instituto de Ingeniería, UNAM, (2013), Manual RS-MEX, Ingreso Datos-pp., 111-115

Instituto de Ingeniería, UNAM,, (2013), Definición de datos del sistema R, pp., 12-18