



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL REGLAMENTO DE
CONSTRUCCIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO
RELACIONADA A DAÑOS ESTRUCTURALES EN OBRAS CIVILES
OCASIONADOS POR FALLAS GEOLÓGICAS”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JAVIER MARTÍNEZ VELÁZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. LUIS ARMANDO OCHOA FRANCO

MORELIA MICHOACÁN, OCTUBRE 2007.



El ingenio del ser humano radica en la creación de un mundo nuevo y diferente, mas no en la destrucción de la existencia humana.

AGRADECIMIENTO

A las personas que siempre estuvieron a mi lado, a las que depositaron toda su confianza en mí, a las que me brindaron su apoyo incondicional, a las que con su cariño jamás me sentí solo, a las que me formaron moral, psicológica y espiritualmente para ser una persona de bien: Mis padres.

A mis hermanos y a toda mi familia en general, por su cariño, respeto y apoyo que me han brindado hasta la fecha.

A mis profesores de todos los grados y niveles que gracias a su esfuerzo, dedicación y conocimiento he logrado llegar hasta donde hoy me encuentro y con orgullo les reconozco y agradezco.

Al Dr. Luís Armando Ochoa Franco, que como profesor, director de esta tesis y como amigo me brindó toda su confianza y paciencia para culminar satisfactoriamente con los trabajos planteados.

A la Maestra María Belem Teresa Echeverría Toriz, por su apoyo incondicional en el planteamiento de este trabajo y por su confianza y consejos que me brindó para nunca perder el ánimo de seguir adelante.

A Livia Vargas Contreras por estar conmigo en las buenas y en las malas apoyándome en todos los aspectos.

A todos mis amigos con los que compartí experiencias y a los que nunca olvidaré.

Con todo respeto y admiración... GRACIAS

JAVIER MARTÍNEZ VELÁZQUEZ



UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL
046/07-08

SE ACEPTA
TEMA DE TESIS

"XC Aniversario de la Fundación de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo"

Morelia, Mich., 11 de Septiembre de 2007

**C. P.I.C. JAVIER MARTÍNEZ VELÁZQUEZ
PRESENTE.-**

En contestación a su atenta solicitud de fecha **10 de septiembre de 2007**, respecto a la propuesta de tesis para sustentar examen profesional de **Ingeniero Civil**, me es grato comunicarle que se acepta el tema:

"PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO RELACIONADA A DAÑOS ESTRUCTURALES EN OBRAS CIVILES OCASIONADOS POR FALLAS GEOLÓGICAS." el cual deberá desarrollar con el índice siguiente:

Capítulo I	INTRODUCCIÓN
	1.2 Justificación
	1.3 Objetivo
Capítulo II	ANTECEDENTES
	2.1 Sismos
	2.2 Sistemas de fallas
Capítulo III	FALLAS GEOLÓGICAS EN LA CIUDAD DE MORELIA
Capítulo IV	DAÑO ESTRUCTURAL EN OBRAS CIVILES
Capítulo V	REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN
Capítulo VI	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES
	Referencias
	Lista de tablas y figuras

De igual manera se le comunica que el **C. DR. LUIS OCHOA FRANCO**, ha sido designado asesor de su tesis.

Sírvase tomar en cuenta que, en cumplimiento a lo especificado por la Ley de profesiones, deberá prestar su servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional.

ATENTAMENTE


Ing. Ramiro Guzmán Rodríguez
Director de la Facultad de Ingeniería Civil
**FACULTAD
DE INGENIERIA
CIVIL**
U. M. S. N. H.

RGR/JCL/ram

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.3 OBJETIVO.....	8
CAPÍTULO II ANTECEDENTES.....	9
2.1 SISMOS.....	9
2.2 SISTEMAS DE FALLAS.....	12
CAPÍTULO III FALLAS GEOLÓGICAS EN LA CIUDAD DE MORELIA.....	14
3.1 FALLAS GEOLÓGICAS LIGADAS A HUNDIMIENTOS DIFERENCIALES.....	16
3.1.1 Falla de la Central Camionera (Avenida Héroes de Nocupétaro).....	16
3.1.2 Falla de Torremolinos.....	17
3.1.3 Falla Cuautla.....	18
3.1.4 Falla Chapultepec.....	18
3.1.5 Falla El Realito.....	19
3.2 FALLAS GEOLÓGICAS POTENCIALMENTE SÍSMICAS.....	19
3.2.1 Falla La Colina.....	19
3.2.2 Falla La Paloma.....	20
CAPÍTULO IV DAÑO EN OBRAS CIVILES.....	22
4.1 FALLA DE LA CENTRAL CAMIONERA.....	23
4.2 FALLA DE TORREMOLINOS.....	30
4.3 FALLA CUAUTLA.....	36
4.4 FALLA DE CHAPULTEPEC.....	44
4.5 FALLA EL REALITO.....	50
4.6 FALLA LA COLINA.....	54
4.7 FALLA LA PALOMA.....	60
CAPÍTULO V REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL ESTADO DE MICHOACAN.....	67

CAPÍTULO VI ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	70
6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	70
6.2 CONCLUSIONES.....	72
REFERENCIAS.....	74
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	77

RESUMEN

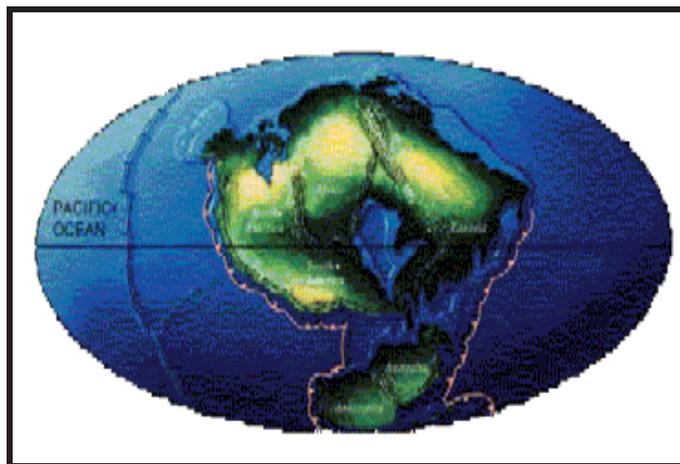
Como resultado de la explotación demográfica en nuestro país, en las últimas décadas se han estado construyendo edificaciones en la Ciudad de Morelia en zonas de alto riesgo, justo en donde se han localizado fallas geológicas activas. A partir de 1983 se han identificado daños en las construcciones causados por este fenómeno. Inicialmente se presentan grietas imperceptibles en obras civiles, debidas a hundimientos diferenciales. Este fenómeno se generaliza a lo largo de trazas lineales en la superficie con direcciones que son paralelas a sistemas de fallas regionales. Con el tiempo, esto provoca el derrumbamiento de bardas, la inhabitabilidad de viviendas y el daño en obras de infraestructura como calles, tuberías de agua potable y drenaje construidas sobre estas áreas vulnerables. Durante el levantamiento de campo del presente trabajo, se describe el daño causado en estructuras típicas construidas de mampostería, de marcos de concreto y de losa maciza. Se hace referencia a construcciones como la Secundaria Técnica No. 77, el Hotel Torremolinos, casas habitación, entre otras. Las fallas geológicas son fenómenos físicos que no se pueden detener por métodos ingenieriles o de alguna otra especie. Los daños causados en la infraestructura urbana debido a este tipo de fenómeno, se podrían minimizar siguiendo al pie de la letra un Plan de Desarrollo Urbano actualizado que proveyera de indicaciones precisas para estos casos. Se propone la conveniencia de que el Reglamento de Construcciones del Estado de Michoacán incorpore en su articulado, disposiciones específicas para cuando se trate de construcciones en zonas afectadas o potencialmente afectadas por fallas geológicas.

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCION

Antes de entrar en materia, es conveniente hacer un breve resumen de los conceptos más básicos dentro de la tectónica de placas, para un mejor entendimiento de este trabajo. La tectónica de placas tiene su origen en dos teorías que le precedieron: la Teoría de la Deriva Continental y la Teoría de la Expansión del Suelo Oceánico.

La primera de ellas fue propuesta por Alfred Wegener a principios del siglo XX, la cual pretendía explicar el intrigante hecho de que los contornos de los continentes ensamblan entre sí como un rompecabezas y que éstos tienen historias geológicas comunes. Esto sugiere que los continentes estuvieron unidos en el pasado formando un supercontinente llamado Pangea (Figura 1.1) que se fragmentó durante el período Pérmico, originando los continentes actuales [Wikipedia, 2007].



Fuente: <http://www.proteccionciviloaxaca.net/>

Figura 1.1. Distribución de los continentes hace 4,500 millones de años.

La Teoría de Expansión del Piso Oceánico fue propuesta hacia la mitad del siglo XX y está sustentada en observaciones geológicas y geofísicas que indican que las cordilleras meso-oceánicas funcionan como centros donde se genera nuevo piso oceánico conforme los continentes se alejan entre sí [Wikipedia, 2007].

Desde el punto de vista de la Tectónica de Placas en la Litosfera (parte rígida de la Tierra), por efecto de rotación de la Tierra y por los procesos de convección interna del material fluido del

manto, se produce un continuo movimiento de las placas, produciéndose choques en las fronteras de cada una de ellas ocasionando que con el tiempo se fueran formando los continentes que actualmente conocemos y los cuales están en constante movimiento. Esto concuerda con la Teoría de la Deriva Continental conocida hoy en día como Tectónica de Placas, en donde la litosfera se encuentra dividida formando una especie de mosaico de sectores rígidos, conocidos como placas que se mueven entre sí con desplazamientos promedios de varios centímetros por año. Las placas son denominadas mundialmente con los nombres de: Placa del Pacífico, Placa Norteamericana, Placa de Cocos, Placa del Caribe, Placa de Nazca, Placa Sudamericana, Placa Africana, Placa Euroasiática, Placa Arábiga, Placa Indoaustraliana y Placa Filipina. Los límites de las placas no coinciden con los límites de los continentes, una placa puede contener porciones de continente y porciones de océano [GEE0, 2007], como se muestra en la Figura 1.2.



Fuente: <http://images.google.com.mx/images?q=placas+tectonicas&hl=es&um=1&ie=UTF-8&sa=X&oi=images&ct=title>

Figura 1.2. Distribución de las placas tectónicas en el mundo.

Para el caso de la República Mexicana, la actividad sísmica es producida principalmente por la interacción de las placas tectónicas de Cocos, de Rivera, del Pacífico y de Norteamérica (Figura 1.3). La interacción de las placas de Norteamérica y la del Pacífico dan origen a la actividad sísmica que se manifiesta en la parte norte de la Península de Baja California, mientras que la subducción de la Placa de Cocos (siendo la mas activa) y Rivera bajo la placa de Norteamérica, que va desde el estado de Jalisco hasta el estado de Chiapas, provoca una gran actividad sísmica en el Sureste de México y origina la mayor cantidad de temblores de gran magnitud ($M_s > 7$ grados Richter), así como la deformación (proceso de subducción) de la superficie del territorio nacional desplazándose de seis a siete centímetros por año con respecto al Continente [GEE0, 2007].

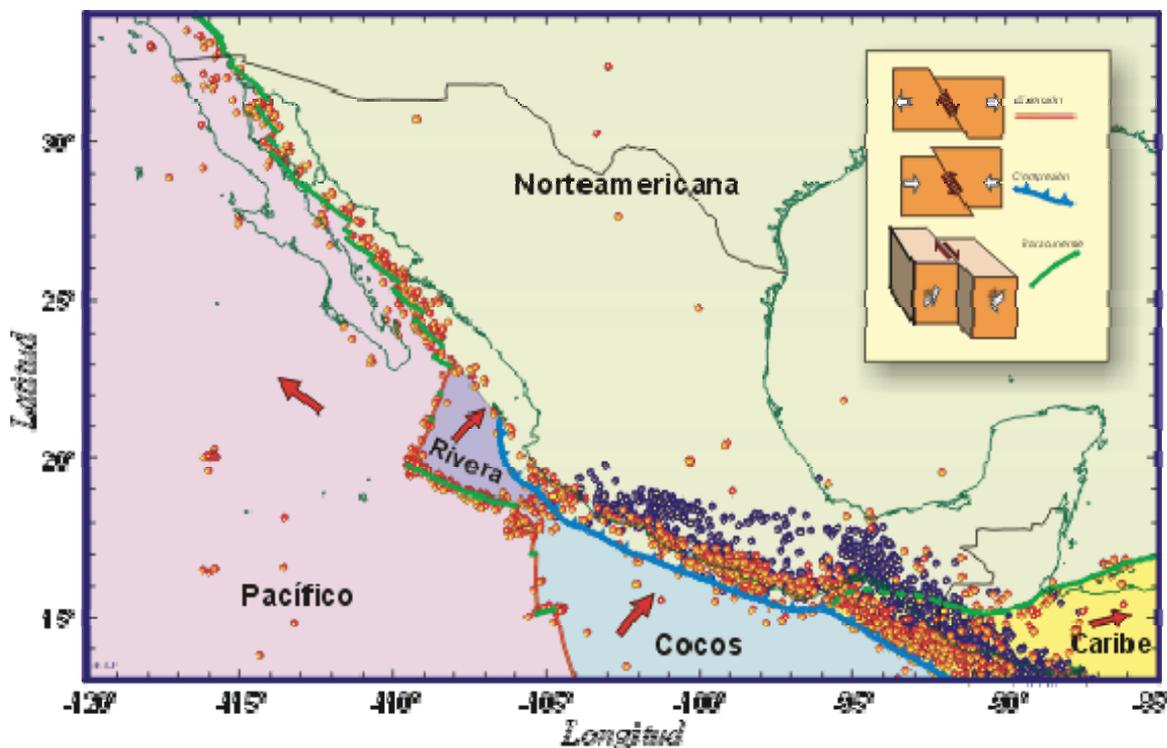


Figura extraída de: <http://tlacaelel.igeofcu.unam.mx/~vladimir/sismos/100a%F1os.html>

Figura 1.3. Distribución de las Placas Tectónicas en la República Mexicana.

Los límites de las placas son donde se presenta la mayor actividad "tectónica" (sismos, formación de montañas, actividad volcánica), ya que es en estas zonas donde se produce la interacción entre placas. Hay tres clases de límites entre placas [Wikipedia, 2007]:

- Divergentes: Son límites en los que las placas se separan unas de otras y, por lo tanto, emerge magma desde regiones más profundas.
- Convergentes: Son límites en los que una placa choca contra otra, formando una zona de subducción. Son también conocidos como "bordes activos".
- Transformantes: Son límites donde los bordes de las placas se deslizan una con respecto a la otra a lo largo de una falla de transformación.

Las placas poseen áreas de contacto o frontera entre ellas. A estas superficies se les conoce con el nombre de fallas. Una falla es una fractura que separa dos bloques de roca, los cuales pueden deslizarse uno respecto al otro en forma paralela a la fractura. A cada deslizamiento repentino de estos bloques se produce un temblor [RESNOM, 2007].

Existen tres tipos de fallas:

- ❖ Fallas de rumbo o transcurrentes
- ❖ Fallas normales
- ❖ Fallas inversas.

Las fallas de rumbo son fallas verticales (o casi verticales) donde los bloques se mueven horizontalmente. Este movimiento horizontal puede ser de tipo lateral derecho o de tipo lateral izquierdo, dependiendo de si un observador parado en uno de los bloques ve que el bloque de enfrente se mueve hacia la derecha o hacia la izquierda.

Las fallas normales son fracturas inclinadas con bloques que se deslizan en forma vertical principalmente. En este caso los bloques reciben el nombre de Techo y Piso, siendo el techo el bloque que yace sobre la fractura inclinada. Si el techo de la falla se mueve hacia abajo la falla es de tipo normal.

La falla inversa es un caso contrapuesto al anterior, esta falla geológica se define cuando el techo de falla se mueve hacia arriba y produce un levantamiento diferencial de bloques.

Cuando el movimiento de los bloques ocurre de manera horizontal y vertical se trata de una falla oblicua, la cual no está considerada dentro de la clasificación por tratarse de una combinación de la falla normal y de la falla inversa [RESNOM, 2007].

Cuando se habla de fallas no se debe pensar sólo en aquellas de gran magnitud que provocan temblores, sino también en las que son de menor escala que se localizan dentro de las grandes placas. Este tipo de fallas provocan hundimientos imperceptibles que afectan obras civiles y por ende a la sociedad.

El estado Michoacán al igual que otros Estados de la República (Guanajuato, San Luis Potosí, Distrito Federal, Estado de México, entre otros) han sido víctimas de este tipo de fenómenos, en donde cada región presenta problemáticas diferentes dependiendo en gran medida de la configuración geográfica de la zona.

Respecto al Estado de Michoacán, su configuración geográfica es la siguiente:

- La parte Norte del Estado de Michoacán de Ocampo se caracteriza por una alta actividad sísmica y volcánica. Esta región pertenece al Cinturón Volcánico Mexicano, por lo que han ocurrido algunos de los sismos más violentos en esta área y en el centro de México [Garduño, 1996].
- En el Sur, el vulcanismo miocénico formó la Sierra de Mil Cumbres, que forma parte de la Sierra Madre del Sur [Satori, 2007].
- Al Oriente se encuentra una zona donde el vulcanismo es de carácter más explosivo.
- En el Poniente se encuentra la Meseta Purépecha, donde la actividad volcánica genera sismos denominados sismos de tipo volcánico que sólo se sienten en las cercanías del volcán en nacimiento [Garduño, 1996].

Este tipo de configuración geográfica del Estado de Michoacán, plantea una problemática sísmica y de fallas geológicas que afecta diferentes zonas entre las que se encuentra la capital del Estado: Morelia.

La Ciudad de Morelia es una urbe en crecimiento que forma parte del Patrimonio de la Humanidad y que presenta fallas geológicas que comprenden gran parte de su superficie. Estas fallas se les ha asignado un nombre de acuerdo al lugar en el que se localizan: Falla de la Colina, Falla de la Central Camionera, Falla de La Paloma, etc. Algunas de estas fallas geológicas con dirección NE-SO [Garduño, 2004] han evolucionado poco a poco, primero como grietas con desplazamientos casi imperceptibles, desarrollándose hasta formar fallas de tipo normal con movimientos diferenciales del suelo. En el año 2001, el Dr. Víctor Garduño cuantificó los movimientos verticales en las fallas debidas a sobreexplotación de acuíferos en 4 a 6 cm. anuales [Garduño, 2001].

La incertidumbre del comportamiento de las obras civiles ante este tipo de fenómeno se hace trascendental a inicios del año de 1983, amplificándose con el paso del tiempo [Satori, 2007].

Los daños ocasionados por las fallas se presentan en casas habitación, repercutiendo en elementos estructurales y/o elementos no estructurales; los daños dependen de la antigüedad del inmueble, de la vulnerabilidad del terreno de cimentación y hundimientos diferenciales entre otros. También ha habido daños en obras de agua potable, alcantarillado y calles, presentándose problemas como son las inundaciones e inestabilidad de taludes.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En los últimos diez años gran parte del desarrollo urbano de Morelia se ha extendido hacia zonas susceptibles a la sobreexplotación de acuíferos, inestabilidad de taludes y a superficies afectadas por fallas geológicas, algunas de las cuales se les considera potencialmente sísmicas. Este tipo de problemas suscita hundimientos diferenciales y desplazamientos horizontales, y en consecuencia daños en obras civiles, lo cual representa un problema considerable, presente y futuro, para un sector de la población de la Ciudad, significando erogaciones económicas inesperadas y una disminución considerable de comodidad en el habitat. En el presente trabajo se reportan problemas estructurales en casas habitación, escuelas, edificios públicos, calles y vías de comunicación, que afectan constantemente a la sociedad y que son el resultado de los fenómenos naturales anteriormente expuestos.

A manera de curiosidad por investigar cómo las autoridades del H. Ayuntamiento de la Ciudad, otorgan los permisos de construcción para zonas con riesgo de falla geológica, pregunté en las oficinas de Manantiales qué podría hacer si me vendieran un terreno donde está declarado como zona de riesgo (por falla geológica). Los responsables respondieron que quien compra parcelas o lotes con estas características firman un documento en el que establece que se hacen responsables de los daños que se pudieran presentarse posteriormente. Por esta razón, considero que es necesario plantear criterios que hagan referencia más clara y explícita en el Reglamento de construcciones del Estado de Michoacán, para que los responsables de autorizar los usos del suelo tomen las medidas correspondientes a las zonas consideradas de riesgo.

1.3 OBJETIVO

Realizar un estudio documentado de casos de daños en construcciones a lo largo de las principales fallas y plantear propuestas para ser consideradas en el Reglamento de Construcción del Estado de Michoacán de Ocampo, referentes a las especificaciones correspondientes a permisos de construcción y aspectos de urbanización para obras civiles sobre fallas geológicas que científicamente sean consideradas de riesgo; ya sea que se derive su peligrosidad debido a la actividad humana (hundimientos diferenciales debido a extracción de agua del subsuelo) o a que éstas sean fallas tectónicas potencialmente sísmicas.

CAPITULO II ANTECEDENTES

En este Capítulo se provee una información básica acerca de los sismos y de los sistemas de fallas, para un mejor entendimiento de los capítulos posteriores.

2.1 SISMOS

La explicación del origen de los sismos se ha querido establecer desde tiempos muy antiguos. Durante el siglo pasado se crearon diferentes teorías, en donde se adjudicaba los sismos a diferentes causas tales como el fuego, el viento o actos divinos, y las medidas de precaución consistían en ofrecer plegarias y no en soluciones arquitectónicas o de ingeniería [Arnold, 1987].

Remontándonos al inicio del siglo XX, en 1906 ocurrió un terremoto en San Francisco debido a la licuación del suelo, el cual perdió su consistencia hasta llegar a comportarse como arenas movedizas [Encarta, 2005]. Este evento marcó una pauta para el inicio del estudio científico de cómo los sismos afectan a las obras civiles, comenzando por establecer la idea de que el diseño de los edificios influía en su comportamiento sísmico. “En 1923 ocurrió el terremoto de Tokio, y debido al gran desastre causado se establecieron firmemente los principios del diseño sísmico, que al principio fueron basados en métodos empíricos. Después de la tragedia de Tokio el estudio de la ingeniería sísmica ocupó a algunos de los ingenieros y geólogos más brillantes del mundo los cuales desarrollaron ampliamente los métodos analíticos” [Arnold, 1987].

En los Estados Unidos la investigación del diseño sísmico se concentró en California, ya que esta Ciudad ha sido espoleada por eventos periódicos (Santa Bárbara: 1925, Long Beach: 1933: Kern County: 1952) que advirtieron a los responsables de la gravedad del problema, pero no fue sino hasta después del terremoto de Alaska en 1964 que se invirtió recursos para salir del latente daño y marcar los inicios de la investigación del peligro sísmico, ahora ya con mas elementos cuantitativos [Arnold, 1987].

El terremoto de San Fernando de 1971 cambió dramáticamente el panorama, pues los nuevos edificios construidos con los reglamentos vigentes reportaron graves daños, lo que dió lugar a que se despertara un mayor interés acerca de los aspectos básicos del diseño sísmico en EE. UU., dando como resultado la intensificación de programas nacionales financiados federalmente, para la investigación sobre la reducción del riesgo sísmico [Arnold, 1987].

El 28 de julio de 1957, en México se detectó un sismo que excedió los 7 grados de la escala de Richter ocasionando daños como la caída de la cabeza del ángel de la independencia [Mexicomaxico, 2007], acontecimiento que marcó la pauta e inquietud de modificar el reglamento de construcción del Distrito Federal.

A partir del sismo del 19 de Septiembre de 1985 se comenzó a investigar y a formar instituciones como el CENAPRED, entre otras, el cual toma en cuenta todos los aspectos de prevención de desastres. [Garduño, 1996]. Debido a que el Sismo del 85 fue el más catastrófico en la historia, se comenzaron a plantear modificaciones al Reglamento de Construcción del Distrito Federal, con la finalidad de establecer los factores sísmicos que consideren los diseños de proyectos afines de acuerdo al tipo de zona sísmica.

SISMOS EN MICHOACÁN

El Estado de Michoacán se encuentra en una zona volcánica, donde por un lado se encuentran los complejos volcánicos de la Caldera de los Azufres y de los Domos de Zitácuaro, ambos con actividad en los últimos 500,000 años, y por el otro se encuentra la Meseta Purépecha, en donde la actividad volcánica es mayoritariamente monogenética, en la cual se han contado más de 1,500 volcanes. Ambas zonas han provocado sismos pequeños del tipo volcánico [Garduño, 1996].

La cronología de la sismicidad en el Estado de Michoacán data de tiempos muy remotos. En la Tabla 2.1 se citan algunos de los que se tiene registro.

Tabla 2.1 Cronología de la sismicidad en el Estado de Michoacán.

REGION	FECHA	MAGNITUD DE RICHTER
Michoacán	14 de Noviembre de 1573	No se registró medición
Zamora Michoacán	Años de 1611 y 1711	No se registró medición
Zamora Michoacán	Noviembre de 1734	No se registró medición
Tlalpujahua	Años de 1734 y 1735	No se registró medición
Zamora Michoacán	Años de 1739, 1749 y 1750	No se registró medición
Michoacán	29 de Julio de 1759	No se registró medición
Michoacán	10 de marzo de 1771	No se registró medición
Pueblo de La Piedad	23 de Agosto de 1784	No se registró medición
Ciudad de Valladolid, México y Guadalajara	3 de Abril de 1786	No se registró medición
Ciudad de Valladolid	28 de Marzo de 1787	No se registró medición
Ciudad de Valladolid	25 de Marzo de 1806	7.5
Ciudad de Valladolid	año de 1810	No se registró medición
Zamora Michoacán	Año de 1818	No se registró medición
Costa de Colima - Michoacán	31 de Mayo de 1818	7.7
Michoacán	9 de Agosto de 1818	No se registró medición
Morelia, Pátzcuaro, Tacámbaro, Ario, Zamora y la Piedad	22 de Noviembre de 1818	No se registró medición
Michoacán	Año de 1819	No se registró medición
Morelia Michoacán	9 de agosto de 1837	No se registró medición
Ario, Michoacán	1 de Septiembre de 1837	No se registró medición
Morelia Michoacán	1 de Octubre de 1839	No se registró medición
Zinapécuaro	Año de 1843	No se registró medición
Michoacán	Año de 1845	No se registró medición
Zamora, Michoacán	Año de 1849	No se registró medición
Morelia, Michoacán	28 de Septiembre de 1849	No se registró medición
Tlalpujahua y Maravatío	Del 8 al 14 de enero de 1854	No se registró medición
Tlalpujahua y Maravatío	28 de Febrero de 1857	No se registró medición
Morelia	19 de agosto de 1857	No se registró medición
Costa de Colima - Michoacán	19 de Junio de 1858	7.5
Pátzcuaro, Mich.	22 de Mayo de 1868	No se registró medición
Michoacán	Año de 1872	No se registró medición
Morelia, Zinapécuaro, Mich.	3 de enero de 1973	No se registró medición
Jalisco - Michoacán	7 de Junio de 1911	7.8
Costa de Michoacán	15 de Abril de 1941	7.7
Costa de Michoacán	30 de Enero de 1973	7.5
Costa de Michoacán	19 de Septiembre de 1985	8.1

Continúa tabla

REGION	FECHA	MAGNITUD DE RICHTER
Costa de Michoacán	20 de Septiembre de 1985	7.2
Costa de Michoacán	11 de Enero de 1997	7.1
Costa de Colima - Michoacán	21 de Enero de 2003	7.6
Costa de Michoacán	15 de abril de 1941	7.6
Costa de Michoacán	25 de octubre de 1981	7.3
Costa de Michoacán	30 de abril de 1986	7.0
Costa de Guerrero - Mich	9 de agosto 2000	7.0

Referencia de los datos del libro "Los sismos en la historia de México" [García, 1996]

En la actualidad el estudio del diseño sísmico constituye un interés nacional e internacional primordial, y a medida que continúa la investigación, el nivel de la práctica del diseño sísmico se vuelve más complejo.

2.2 SISTEMAS DE FALLAS

De acuerdo a la clasificación que hace Víctor Hugo Garduño Monroy, las estructuras geológicas activas de la Ciudad de Morelia se dividen en dos grupos [Garduño, 2001]:

- a) Obras civiles dañadas y localizadas sobre estructuras geológicas paralelas a los sistemas de fallas regionales NE-SO que se desplazan continuamente por *creep* o fluencia [Garduño, 2001]. Estas fallas sólo afectan a los suelos que forman el relleno de la cuenca donde se asienta la Ciudad. Es debido a la influencia del hombre en la explotación inmoderada de los mantos acuíferos, que se provocan cambios de volumen o movimientos de flujo.
- b) Obras civiles afectadas y situadas sobre fallas potencialmente sísmicas de las cuales no se tiene registro histórico o instrumental de sismicidad asociado a ellas, pero en donde se han observado acumulación de esfuerzos y desplazamientos súbitos durante los últimos 35,000 años. Estas fallas, en lugares específicos, se encuentran asociadas a inestabilidad de taludes.

Algunas obras civiles dañadas están ligadas al tipo de falla geológica. Un grupo de esas fallas (ver inciso a) son las correspondientes a movimientos diferenciales, cuyas rupturas tienen una

orientación NE-SO. Pertenecen a este grupo las fallas siguientes:

- ▶ LA CENTRAL CAMIONERA
- ▶ TORREMOLINOS
- ▶ CUAUTLA
- ▶ CHAPULTEPEC
- ▶ EL REALITO
- ▶ LA COLINA

Casi todas las fallas de la región de Morelia tienen el bloque hundido en el lado Norte con excepción de la falla Chapultepec, la cual lo tiene hundido hacia el lado Sur. La deformación continua en el tiempo de sedimentos previamente consolidados, es el fenómeno que está dañando algunas viviendas y obras civiles. Esto es debido a que por extracción de agua del subsuelo, éste sufre un cambio en la presión de poro y por consiguiente una variación en su espesor, al comprimirse y hacerse más delgado. Este tipo de movimiento es asísmico [Garduño, 2001].

El segundo grupo de fallas (ver inciso b) está relacionado con los sismos, los cuales de acuerdo a su origen pueden dividirse en la región de estudio en tres tipos [Garduño, 2001]:

- Sismos interplaca, ocasionados por la subducción de la Placa de Cocos, siendo éstos los de mayor recurrencia.
- Tremores asociados a la actividad volcánica. Son menos violentos y generan daños locales.
- Sismos intraplaca, ligados a rupturas profundas de la placa que subduce, o bien, ligados a fallas geológicas que se generan en la corteza de la placa superior.

Pertenecen a este grupo las fallas:

- ▶ LA COLINA
- ▶ LA PALOMA

Como se puede ver, la falla de La Colina aparece clasificada en los dos rubros. Se trata de un caso especial, el cual será abordado con mayor profundidad en los siguientes capítulos.

CAPÍTULO III

FALLAS GEOLÓGICAS EN LA CIUDAD DE MORELIA

Las fallas geológicas en la Ciudad de Morelia son producto de tres factores principalmente:

- 1) Movimiento de placas tectónicas
- 2) Erupciones volcánicas
- 3) Explotación de acuíferos

Los problemas de fallamiento en las construcciones de la Ciudad se deben a diferentes factores, por lo que antes de realizar cualquier levantamiento de campo es necesario conocer la estratigrafía regional y específicamente en la zona de falla, realizando estudios de sondeo a diferentes profundidades para saber la causa del problema y el comportamiento futuro.

La historia geológica de la región se inicia con las emisiones de roca de composición riolítica a las que siguen emisiones de rocas andesíticas que se verificaron durante el Terciario. En el Cuaternario continúa la actividad volcánica que da lugar a la formación de coladas de basalto y a la depositación de tobas limo-arenosas que posiblemente se sedimentaron en un ambiente lacustre (Tabla 3.1). Por último, a lo largo de los ríos de la región se formaron depósitos aluviales de composición arcillosa, mismos que ocupan las partes topográficas más bajas de la zona [Mier, UMSNH].

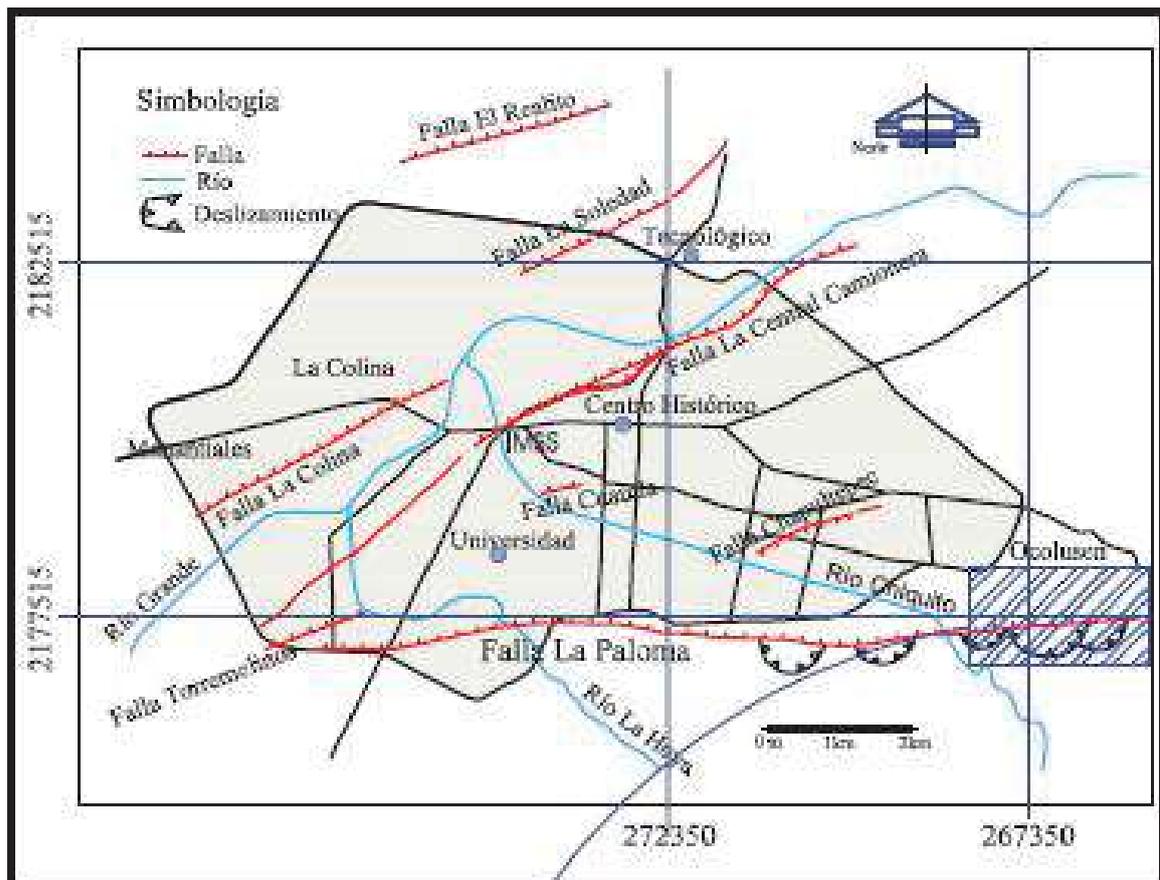
Tabla 3.1 Composición geológica de la Ciudad de Morelia.

Era	Periodo	Época	Símbolo	Descripción Litológica
CENOZOICO	Cuaternario	Reciente	Q _{al}	Depósitos aluviales y lacustres.
			Q _b	Lavas basálticas.
		Pleistoceno	Q _{bc}	Conos volcánicos cineríticos basálticos.
	Terciario	Plioceno	T _{pel}	Abanicos aluviales.
			T _{pv}	Rocas volcánicas principalmente andesíticas.

Fuente: [Mier, UMSNH].

La fisiografía de Morelia pertenece a la provincia denominada por Manuel Álvarez Jr. como "zona de fosas tectónicas" ya que se caracteriza por que predominan derrames basálticos, numerosos volcanes y lagos cuya morfología, orientación y distribución sugieren la idea de estar situados en fosas tectónicas [Mier, UMSNH].

Los hundimientos se presentaron inicialmente en tres zonas: En la Colonia Infonavit "La Colina" (falla la Colina), en el centro de la Ciudad (falla de la Central Camionera) y en la Colonia Chapultepec Sur (falla Chapultepec) [Garduño, 1996]. Todas estas estructuras geológicas tienen direcciones NE-SO, similarmente a la de las fallas de la región (Ver Figura 3.1). En 1988 se habían identificado en la Ciudad de Morelia las fallas: La Colina, Central Camionera, Chapultepec y la Paloma. Para 1993 el número de fallas aumentó a cinco cuando se observó desplazamiento en la falla de Torremolinos. Hasta la fecha se han identificado dos fallas mas: Cuautla y Ventura Punte, las cuales iniciaron sus movimientos a finales de los años 90 (Ver Figura 3.1).



Fuente: [http://www.geociencias.unam.mx/~alaniz/SGM/\(1\)Pola.pdf](http://www.geociencias.unam.mx/~alaniz/SGM/(1)Pola.pdf)

Figura 3.1 Plano de localización de las fallas en la ciudad de Morelia

Las condiciones del suelo han propiciado que algunas de las colonias sean a menudo cada vez más vulnerables ante la presencia de las fallas existentes y sus respectivas áreas de influencia.

De acuerdo con el sistema de fallas de la Ciudad de Morelia mencionado en el Capítulo anterior, éstas se pueden agrupar en fallas ligadas a hundimientos diferenciales y en fallas geológicas potencialmente sísmicas.

En los estudios realizados sobresale la existencia de un periodo crítico de asentamiento diferencial durante el inicio de la década de los 80s y mas precisamente después de 1982-83 (falla de la central camionera, falla Chapultepec.). “En la ciudad de Morelia un nuevo periodo crítico se presentó después de 1997, generándose colapsos del suelo de más de 10 cm. en dos meses. Estos periodos críticos han sido asociados a los eventos de El Niño más importantes de nuestra historia reciente” [Garduño, 2004].

“Entre las fallas de Morelia, dos son tectónicas y potencialmente sísmicas; ellas forman parte del sistema de Morelia–Acambay en donde se han registrado eventos sísmicos en tiempos históricos. Asociadas al escarpe de una de ellas existen zonas de inestabilidad en donde suceden movimientos en masa. Las fallas geológicas de la ciudad de Morelia, como en otras ciudades de México (Celaya, Querétaro, Salamanca, Irapuato, Aguascalientes, etc.) afectan a sectores de distintos estratos sociales, a zonas industriales, hospitales, colonias de escasos recursos y zonas de tipo residencial” [Garduño, 2001].

3.1 FALLAS GEOLÓGICAS LIGADAS A HUNDIMIENTOS DIFERENCIALES

3.1.1 FALLA DE LA CENTRAL CAMIONERA (AVENIDA HÉROES DE NOCUPÉTARO)

Dentro de este grupo, es la falla geológica de mayor extensión en la zona urbana y la que presenta un rasgo morfoestructural más claro. Se trata de una falla normal de dirección NE-SO, la cual presenta un bloque hundido hacia el N-O. Su segmento más activo se localiza entre las instalaciones del IMSS y la Av. Morelos Nte [Garduño, 2001]. La traza de la falla es curva, lo que provoca pequeñas estructuras *pull apart*. Esta geometría tiene una zona de influencia de mas de 50 m [Garduño, 2004] en el sector NE y de menos de 10 m en el sector SO [Garduño, 2001]. A principios de los 80's se comenzó a manifestar un hundimiento progresivo con mayor evidencia en la antigua Central Camionera. De acuerdo a un monitoreo que se está realizando con testigos tanto en calles

como en viviendas, y considerando el hundimiento inicial en 1983, el desnivel actual es de 80 cm. Se supone una actividad constante de la falla con una media de hundimiento anual de 5 cm [Garduño, 2001]. En 1983 hubo daño en el muro que da al oriente, en las oficinas y en la tubería de la gasolinera La Colonial situada en esa área y en Noviembre de 1997 se presentó un nuevo colapso del terreno produciendo un desplazamiento de mas de 15 cm produciendo fugas [Garduño, 2004].

El edificio del IMSS localizado sobre la línea de falla ha sufrido y continúa sufriendo daños constantes. Para el diseño de su cimentación se hicieron sondeos con la finalidad de conocer las características estratigráficas del suelo, los cuales reportaron que al sur se encontró la cantera a 12.5 m de profundidad y al Norte a la profundidad de 20 m no se encontró evidencias de el estrato resistente, siendo ésta la zona de hundimiento (NO) [Garduño, 2001]. El desplome continúa y afecta principalmente a la torre (edificio de urgencias) y a las instalaciones de Gineco-obstetricia, las cuales se siguen venciendo hacia el NO, con un promedio de 4 a 6 cm./año [Garduño 2001].

3.1.2 FALLA DE TORREMOLINOS

La falla tiene una dirección NE-SO y el bloque hundido hacia el NO, con un desnivel generado desde 1983 de aproximadamente 40 cm en su sector SO y de unos 10 cm en su parte NE afectando casas semiresidenciales, a casas de interés social y al Hotel Torremolinos (por lo que la estructura toma el nombre de este último) [Garduño, 2004]. Su zona de influencia abarca 8 m a ambos lados de la falla y su desnivel vertical alcanza 40 cm. formando un tope natural perpendicular a la Avenida Periodismo [Garduño, 2001]. En los últimos 5 años la falla ha crecido hacia el SO afectando actualmente al libramiento y se espera que en un breve tiempo afectará también a las vías del ferrocarril con desniveles de mas de 30 cm [Garduño, 2004].

“En trabajos recientes realizados hacia el sector SO de la falla se han encontrado que la estructura tiene un desnivel mínimo de 20 metros y que afecta a suelos arcillosos y a secuencias lacustres constituidas por limos, arenas limosas y cenizas” [Garduño, 2004].

Cabe señalar que sobre la línea de falla se está construyendo el Fraccionamiento Residencial San José de la Huerta localizado en la parte trasera del Hotel Torremolinos, por lo que se piensa que con el tiempo las casas también sufrirán daños semejantes a los que se encuentran actualmente.

Algunas de las calles que son afectadas por esta estructura geológica son: Avenida Periodismo, Prol. Jacobo Villanueva, Francisco Primo de Verdad, Brigadier Morelos, entre otras.

3.1.3 FALLA DE CUAUTLA

La falla de Cuautla es la segunda de menor longitud dentro de la Ciudad de Morelia (después de la grieta de Ventura Puente) y su dirección es NE-SO. En este caso, el problema se origina debido a que los fenómenos de intensa humedad o sequía permiten que los sedimentos fluviolacustres sufran deformaciones diferenciales, dañando las obras civiles. Los habitantes de la región argumentan que en los últimos 7 u 8 años se han visto afectados por la presencia de hundimientos que causan estragos en las estructuras de casas habitación, obras de agua potable y alcantarillado, así como en las diferentes calles que las cruzan: calle Cuautla, calle Durango, calle Puebla, calle Jacona, entre otras. Aunado al problema anterior se presentan inundaciones en época de lluvia que debido a los hundimientos diferenciales del terreno, provocan que el agua no siga su camino a las alcantarillas. Un ejemplo de lo anterior lo sufren los habitantes de la calle Durango. Ellos comentan que este inconveniente se presenta cada vez con más frecuencia. Paralelamente, se ha observado que los fenómenos meteorológicos de "El Niño" y de "La Niña" inciden en un incremento de los daños [Garduño 2001].

3.1.4 FALLA CHAPULTEPEC

La traza de esta falla sigue por aproximadamente 1300 m con una dirección NE-SO y con desnivel de 50 cm. hacia el SE afectando la Colonia Chapultepec en el Oriente y al Sur [Garduño 2001]. Es la única falla de la Ciudad de Morelia que presenta su bloque hundido hacia SE. Empezó a causar daños en 1984. Inicialmente se creía que el problema radicaba en las arcillas expansivas de la región, posteriormente se le asoció a la perforación de un pozo pero debido a que la estructura no obedece a un cono de abatimiento del pozo en particular se desechó dicha teoría [Garduño, 2004].

La falla Chapultepec es una de las fallas que más daños materiales está causando debido a que afecta a casas habitación, al Seminario Claretiano, a un kinder, y a varias calles y avenidas de colonias residenciales y semiresidenciales. En esta área existen casas que han sido reparadas más de 5 veces (comentan los vecinos del lugar) en el período comprendido entre 1985 y 2007. Algunas de ellas presentan nuevas grietas. La falla termina en la intersección de la avenida Lázaro Cárdenas y hacia el SO llega a la colonia El Empleado.

Algunas de las calles por donde sigue la línea de falla son: Calle Batalla de la angostura, calle 13 de Septiembre, calle H. Colegio Militar, calle Batalla de Matamoros, 8 de Septiembre, Juan de Grijalva, entre otras.

3.1.5 FALLA EL REALITO

En la medida que va creciendo la mancha urbana de la Ciudad de Morelia, se van encontrando con nuevas fallas geológicas y un ejemplo claro es la falla El Realito que se encuentra al Norte de la ciudad con dirección similar al fallamiento regional de la ciudad.

Esta falla atraviesa perpendicularmente a la Avenida Torreón Nuevo y por consecuencia a Fraccionamientos de tipo residencial que actualmente han sido construidos como es el caso del Fraccionamiento Villas del Real 2ª etapa y el Fraccionamiento Residencial Torreón Nuevo.

3.2 FALLAS GEOLÓGICAS POTENCIALMENTE SÍSMICAS

3.2.1 FALLA DE LA COLINA

Es una estructura geológica de dirección NE-SO, que tiene un relieve morfológico de 4 m en su sector NE y con un bloque caído hacia el SO [Garduño, 2004]. En la carta geológica publicada por el INEGI en 1977 ya se identificaba como una falla de tipo normal [Garduño, 2001]. Actualmente, "tiene una longitud aproximada de 3 Km y un desnivel que varía de 8 a 2 m (zona de La Colina) en la zona de Agua Clara" [Garduño, 2004]. Esta falla afecta a las andesitas basálticas del Quinceo generando una contra-pendiente hacia el SO [Garduño, 2004]. En 1984 se comenzó a presentar problemas de hundimiento principalmente en la parte de la Colina, donde las calles y viviendas se vieron afectadas por grietas y hundimientos con tasas actuales de 4 y 6 cm/año [Garduño, 2004]. "Esta estructura se puede considerar con dos tipos de procesos: antes de los años 80s la estructura se consideró de tipo normal, tomando en cuenta que está cortando a las lavas del Quinceo y Las Tetillas, donde se han encontrado impresiones de mazorcas con edades inferiores a 3500 años (Garduño-Monroy et al., 2000); se podría decir que se trata de una falla normal sísmicamente activa. Después de 1983 la falla inicia otro tipo de comportamiento, ahora como una estructura ligada a procesos de *creep* por sobreexplotación de acuíferos.

Los procesos de *creep* o fluencia de esta estructura ya han ocasionado la demolición de más de 60 casas habitación, las primeras viviendas afectadas fueron las de la unidad habitacional La Colina, las otras se localizaron en la unidad habitacional de Manantiales” [Garduño, 2004].

“Su zona de influencia es variable, siendo en la zona de Tres Puentes-La Colina de 20 metros a ambos lados de la falla, de 15 metros en Las Águilas, López Mateos, Agua Clara y de 20 metros en la zona de Manantiales” [Garduño 2001]. El hundimiento que se presenta no es sobre los sedimentos lacustres, sino sobre los basaltos [Garduño 2001].

En 1988 investigadores de la UMSNH determinaron que si el crecimiento de la Ciudad de Morelia continuaba hacia el SO, se verían afectadas las nuevas colonias. [Garduño, 2001].

Actualmente ya existen daños en las colonias de Adolfo López Mateos, Las águilas, Agua Clara, La Colina, Manantiales, etc. [Garduño 2001].

3.2.2 FALLA LA PALOMA

Al Sur de la Ciudad de Morelia se encuentra la Mesa de Santa María, la cual en la parte occidental está constituida principalmente por materiales piroclásticos (cantera de Morelia), mientras la parte oriental está formada por material andesítico (andesita Mil Cumbres) [Garduño, 2004]. Entre esta Mesa y la depresión de la Ciudad de Morelia, existe un escarpe provocado por una falla de dirección E-O que es conocida como la falla de La Paloma [Garduño, 2001]. El escarpe constituye uno de los elementos geomorfológicos principales de la ciudad de Morelia y tiene un desnivel de más de 200 m [Garduño, 2004]. “Desde un punto de vista estructural, el talud representa el flanco de un semi-graben y se asienta en una falla normal con evidencias de actividad sísmica histórica” [Garduño, 2004].

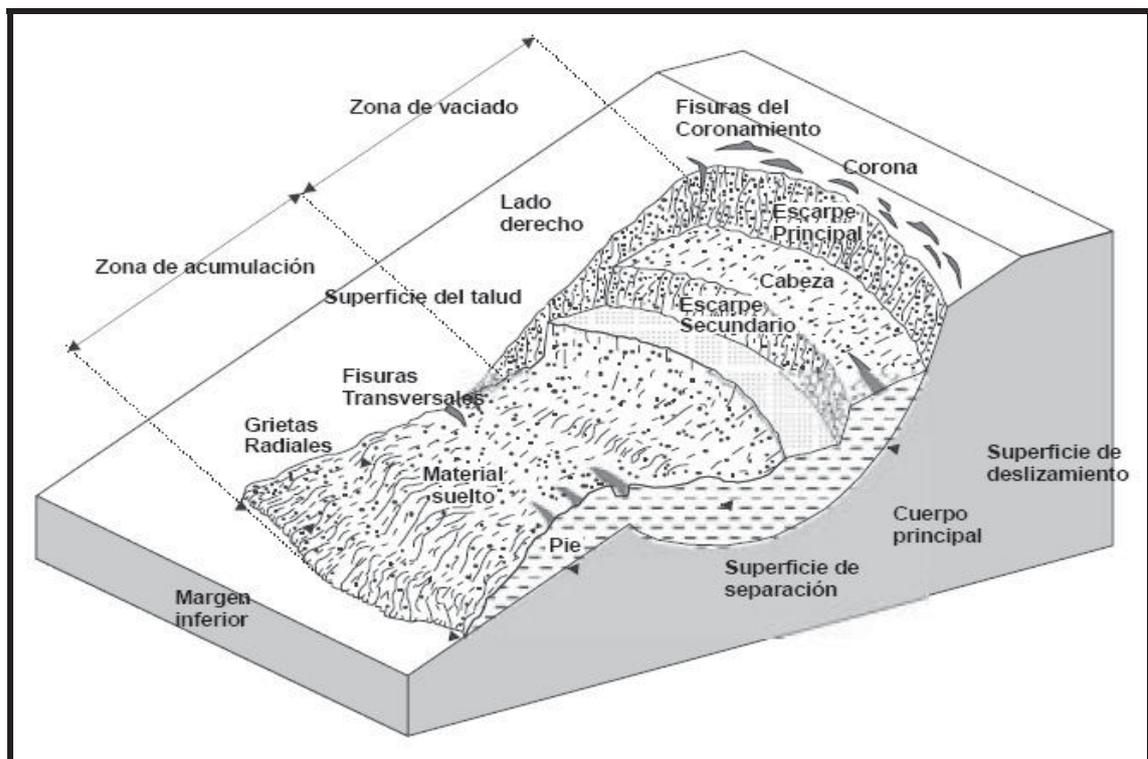
Los fenómenos de deslizamiento rototraslacional han sido reconocidos en diferentes puntos del escarpe, tanto en las andesitas como al interior de la secuencia piroclástica [Garduño, 2004].

La falla forma parte del sistema activo de fallas Morelia-Acambay [Garduño, 1996]. Este sistema es responsable de sismos que han afectado el Estado de Michoacán y el Estado de México en la zona de Acambay [Geociencias, 2007]. La falla de la Paloma está asociada a peligro sísmico, caída de bloques con volúmenes mayores a 10 m³ [Garduño, 2001], coladas de detrito y lodo, y deslizamientos de tipo rotacional, traslativo o combinado (Figura 3.2). En lo que respecta a los deslizamientos, los cuerpos principales son los ubicados en la zona llamada de la SEDUE (500 m de largo por 400 m de ancho), Campestre y Ocolusen [Garduño, 2001].

“Las condiciones principales de riesgo en esta área pueden ser de dos tipos: los edificios pueden ser afectados directamente por una ruptura y movimiento ocasionados por la gravedad o por un movimiento sísmico, o bien, pueden ser afectados por la removilización de los bloques que se encuentran ubicados en la parte alta y que están asociados a la inestabilidad gravitacional de la pendiente” [Garduño, 2001]

Actualmente se están construyendo viviendas en el sitio donde se inician los movimientos de deslizamiento. Adicionalmente, al pie de los taludes (Ocolusen) se hacen cortes para “ganar” terreno horizontal y hacer viviendas de dos pisos que se localizan casi recargadas sobre esa zona de corte. Algunos fraccionamientos localizados sobre la loma de Santa María presentan fallas en marcos rígidos, patios y muros divisorios. Las autoridades mandaron desalojar algunos de estos inmuebles [Provincia, 2007].

Algunas de las calles dañadas por esta falla son: W. Amadeus Mozart, Franz Liszt, Strauss, Av. Fray Antonio de San Miguel Iglesias, Baltasar de Echave, Obispo Altruista, y Obispo Benefactor entre otras.



Fuente: [http://satori.geociencias.unam.mx/18-1/\(2\)Garduno.pdf](http://satori.geociencias.unam.mx/18-1/(2)Garduno.pdf)

Figura 3.2 Geometría de un deslizamiento rototranslativo.

CAPÍTULO IV

DAÑO EN OBRAS CIVILES

En este capítulo se presentan reportes de los daños estructurales ocasionados por las fallas geológicas antes descritas en forma esquemática e ilustrativa, puesto que han ocasionado impacto en la población civil, al observar que casas habitación, escuelas, edificios públicos, calles y vías de comunicación presentan fracturas en su estructura. Las condiciones han propiciado que algunas de las colonias sean más vulnerables ante la presencia de las fallas existentes y sus respectivas áreas de influencia.

El método de análisis que se plantea en este trabajo seguirá la estructura de la Figura 4.1.

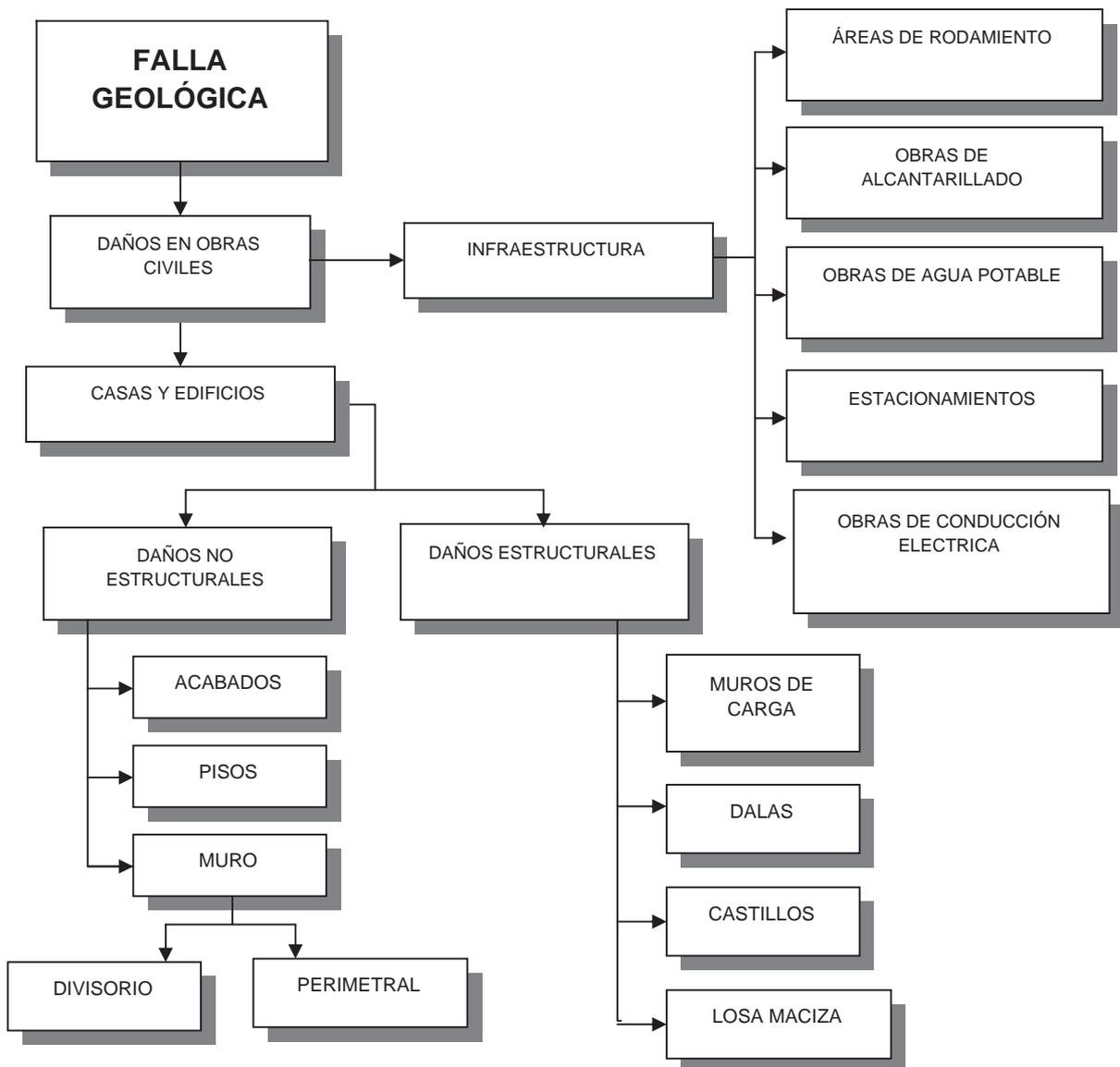


Figura 4.1 Esquema del análisis de los daños estructurales causados por las diferentes fallas geológicas estudiadas.

A continuación se presentan los reportes específicos de daños estructurales en obras civiles de domicilios ubicados sobre las fallas en estudio, los cuales para efectos de un mejor análisis se mencionan de acuerdo al orden y grado en que se van presentando en las construcciones y obras de infraestructura. La estructura de análisis para cada caso consta de: Domicilio, Descripción, Referencias, Tabla de daños y Figuras.

4.1 FALLA DE LA CENTRAL CAMIONERA

DAÑOS EN CASAS Y EDIFICIOS

Caso 1 Central Camionera

Domicilio: Avenida Héroes de Nocupétaro S/N.

Descripción: La dirección corresponde a las instalaciones de la antigua central camionera.

Referencias: La línea de falla pasa al Norte de las instalaciones de descanso de los autobuses, dañando a un muro perimetral y a las casetas de vigilancia. Anteriormente se situaba aquí el cuerpo de bomberos de la Ciudad, pero actualmente no está en uso esta área. Aún así, los daños se siguen presentando con frecuencia según lo afirma el encargado del lugar, pues argumenta que al cabo de una semana pudo visualizar una separación entre el lugar donde habita con otro local que está al lado.

Los daños que presenta actualmente la antigua central camionera se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Daños actuales de la antigua central camionera ocasionados por la falla sobre la avenida Héroes de Nocupétaro.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO	EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA	
		SI	NO				
NO ESTRUCTURAL	PISOS	√		Hundimientos y grietas	En los pasillos aparecen grietas que rompen en dos partes los elementos de concreto.	4.2-A	
	ACABADOS		√				
	MUROS	DIVISORIO		√			
		PERIMETRAL	√		Agrietamiento y desprendimiento de piedras de cantera	El muro ubicado al NO, presenta grietas con un ancho máximo de 5 cm. de espesor, y desprendimiento de la parte superior del muro (piedra de cantera).	4.2-B
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA	√		Agrietamiento y separación	Los muros de carga presentan agrietamientos. El daño mas severo se presenta con la separación que existe entre una construcción y otra. (Separación sin previo aviso en un lapso de una semana).	4.2-C	
	DALAS	√		Hundimiento y separación	Se presenta un hundimiento diferencial máximo de hasta 4 cm. provocando la separación de muro y los elementos que lo confinan.	4.2-D	
	CASTILLOS	√		Separación y desplazamiento	Los castillos se separan en su base de la cadena de concreto provocando agrietamiento y desplazamiento del castillo con respecto a su eje.	4.2-D	
	LOSA MACIZA		√				

En la Figura 4.2 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.1.

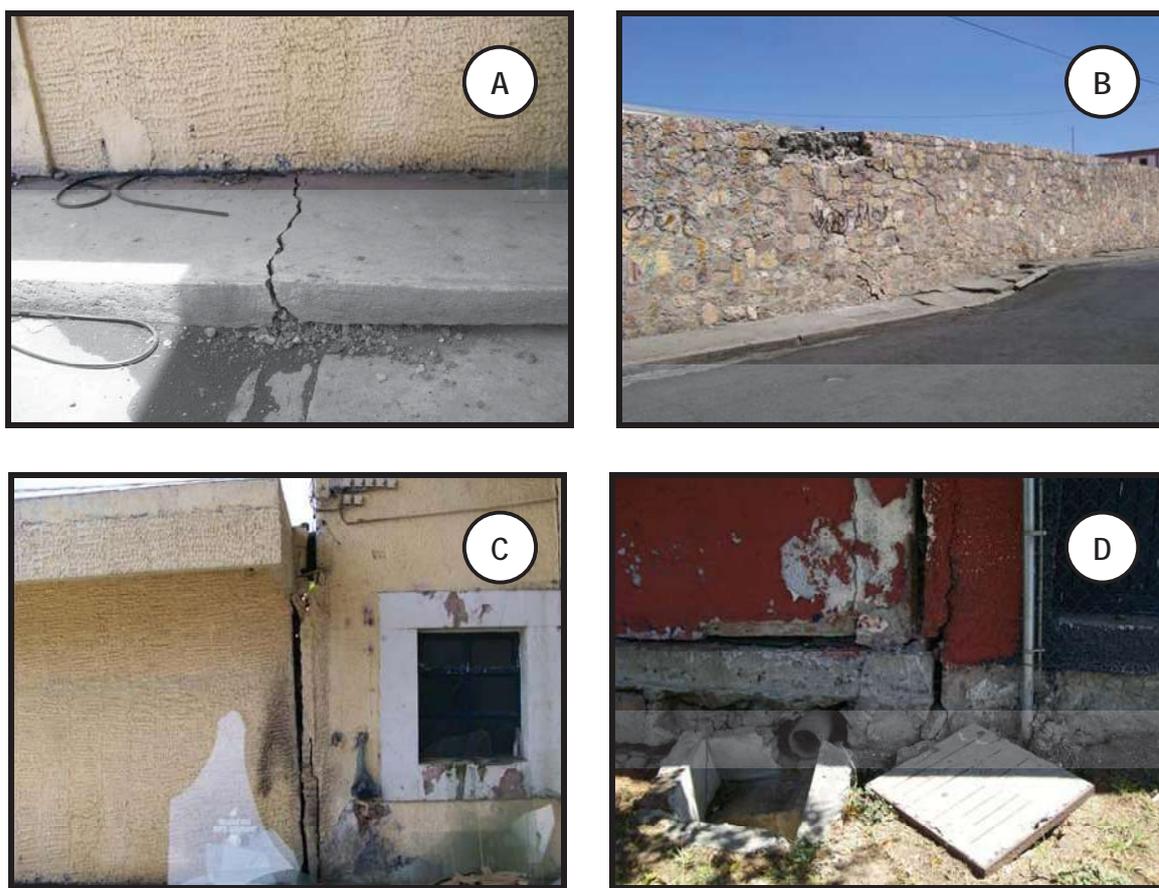


Figura 4.2 Daños sobre la falla de la Central Camionera (Central Camionera).

Caso 2 Central Camionera

Domicilio: Calle Juan Álvarez No. 158.

Descripción: La dirección corresponde a un domicilio particular de casa – habitación de dos niveles.

Referencias: La propietaria argumenta que desde los años 80s aproximadamente, su casa comenzó a verse afectada por la falla. Inicialmente pensaba que el movimiento del terreno se debía a las vibraciones que generaba el molino que estaba al lado de su casa, pero ésta resultó ser una teoría equívoca, pues al transcurrir el tiempo el desnivel aumentaba de 5 a 8 cm. por año, al grado que ahora las aguas fluviales en vez de seguir la pendiente de la coladera, se retiene en las orillas del bloque hundido por la falla provocando inundaciones en el interior de la vivienda. La dueña está consiente que es un problema que no se puede detener pero que ella tampoco puede solventar los

gastos de reparación cuando se requieren, por lo que ha buscado la manera de conseguir apoyos con las autoridades gubernamentales sin recibir respuesta alguna en lo que va de ese tiempo a la fecha.

La Tabla 4.2 muestra los daños que actualmente presenta esta vivienda al verse afectada por la falla.

Tabla 4.2 Daños actuales de la vivienda correspondientes a la Calle Juan Álvarez No. 158.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO	EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA	
		Si	No				
NO ESTRUCTURAL	PISOS	√		Agrietamiento y hundimiento	El área del pasillo se encuentra agrietada debido al hundimiento que se presenta continuamente. El patio de la vivienda sufre de inundaciones constantes por los cambios de pendiente. El agua ya no corre hacia el registro sino hacia el muro, quedándose estancada.	4.3 – A	
	ACABADOS	√		Agrietamiento y desprendimiento	Se presentan grietas y desprendimientos en los aplanados del interior de la vivienda.	4.3 – B	
	MUROS	DIVISORIO		√			
		PERIMETRAL		√			
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA	√		Agrietamiento	Los muros de carga presentan grietas en sentido vertical que comúnmente tienden a separar el muro con el castillo.	4.3 – C	
	DALAS	No se observaron					
	CASTILLOS	No se observaron					
	LOSA MACIZA		√				

En la Figura 4.3 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.2.

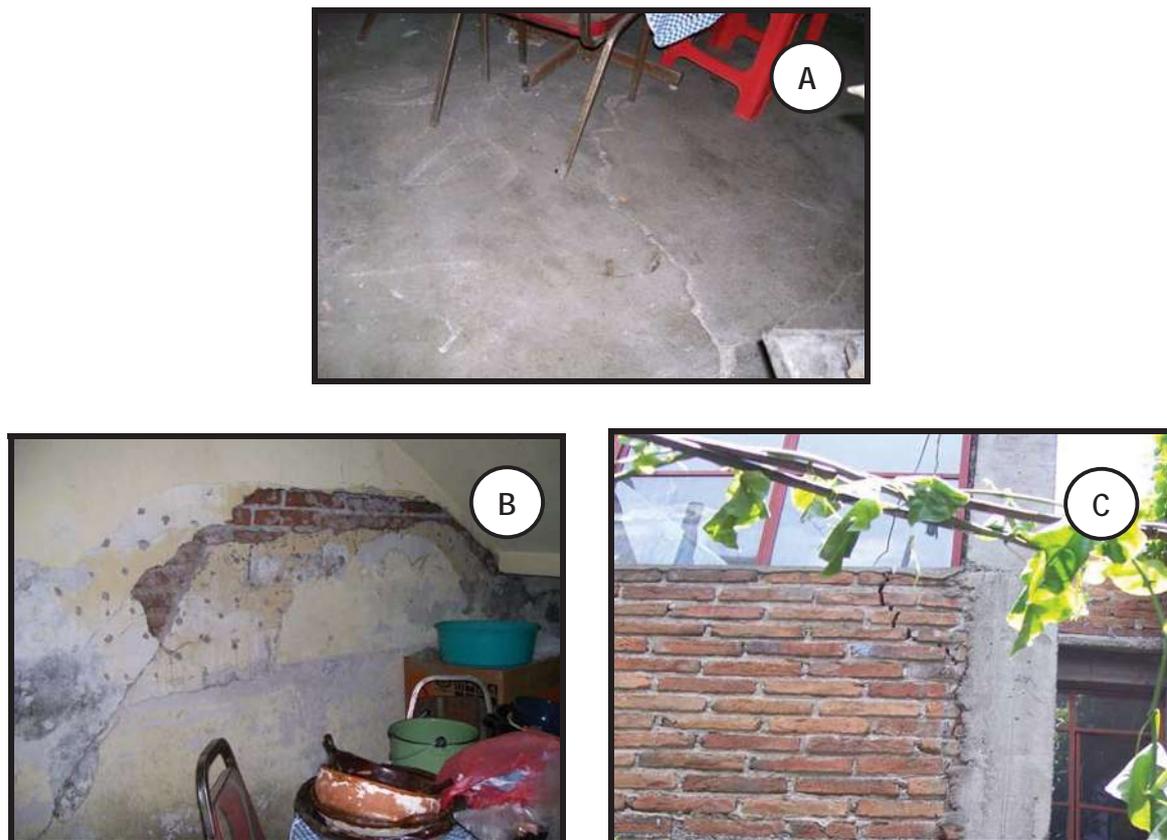


Figura 4.3 Daños sobre la falla de la Central Camionera (Juan Álvarez No. 158).

Caso 3 Central Camionera

Domicilio: Calzada Arnulfo Ávila No. 530.

Descripción: La dirección corresponde a un domicilio particular de casa – habitación de un nivel.

Referencias: En este domicilio no se tuvo acceso al interior de la vivienda debido que al parecer no es habitada actualmente, por lo que solo se muestran en la Figura 4.4, las grietas exteriores en sentido diagonal de hasta 1cm de espesor causadas por la falla.



Figura 4.4 Daños sobre la falla de la Central Camionera (Arnulfo Ávila No. 530).

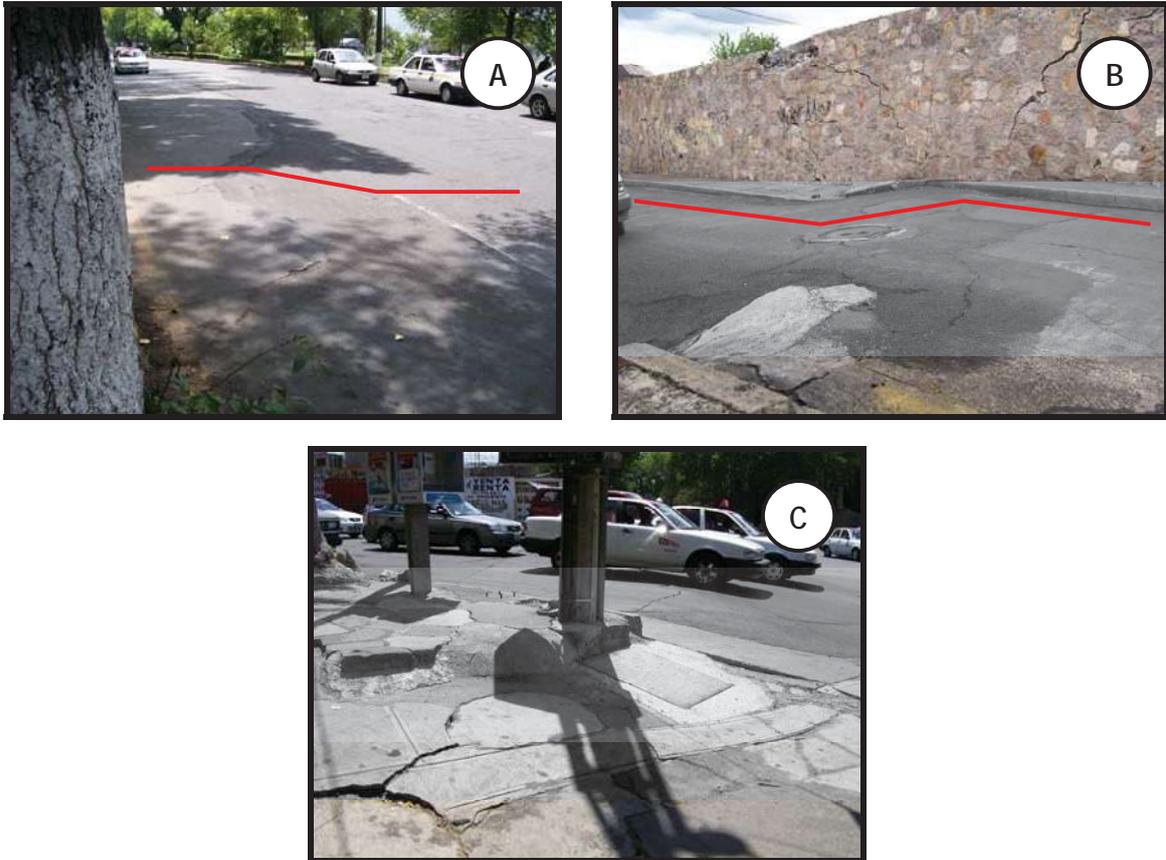
DAÑOS EN INFRAESTRUCTURA

Algunos daños en la infraestructura de la mancha urbana de Morelia ocasionados por la falla de la central camionera se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Algunos daños actuales de la infraestructura ocasionados por la falla de la central camionera.

OBRA DE INFRAESTRUCTURA	EXISTE DAÑO		LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
	Sí	No			
ÁREAS DE RODAMIENTO	√		Tramo de la avenida Héroes de Nocupétaro, frente al deportivo 150 de Morelia.	Se presenta el hundimiento diferencial de un bloque hacia el lado Norte.	4.5-A
OBRAS DE ALCANTARILLADO	√		Calle León Guzmán, a un costado de la antigua central camionera.	Debido al hundimiento del terreno, se rompen las tuberías de drenaje causando fugas de aguas negras hacia la superficie.	4.5-B
OBRAS DE AGUA POTABLE	No se observaron				
ESTACIONAMIENTOS	√		Calle León Guzmán, a un costado de la antigua central camionera.	La falla daña al muro perimetral, a la superficie de rodamiento y a los muros a base de roca.	4.5-C
OBRAS DE CONDUCCIÓN ELECTRICA	√		Calle Vicente Riva Palacio altura con Av. Héroes de Nocupétaro.	La línea de falla pasa por debajo del poste de conducción eléctrica, rompiendo la base sobre la que está desplantado.	

En la Figura 4.5 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.3.



- (A) Tramo de la avenida Héroes de Nocupétaro, frente al deportivo 150 de Morelia.
- (B) Calle León Guzmán, a un costado de la antigua central camionera.
- (C) Calle Vicente Riva Palacio altura con Av. Héroes de Nocupétaro.

Figura 4.5 Daños en infraestructura sobre la falla de la Central Camionera.

Caso particular de daños en infraestructura para la Falla de la Central Camionera

Domicilio: Avenida Héroes de Nocupétaro S/N.

Descripción: La dirección corresponde a la gasolinera "La Colonial".

Referencias: En 1997, en esta zona se presentó un colapso del terreno que generó un desplazamiento de más de 15 cm, dañando considerablemente a casas habitación, a la antigua central de autobuses pero sobre todo a esta gasolinera, la cual presentó fugas [Garduño, 2004].

Actualmente se han estado haciendo reparaciones en las instalaciones. Según lo argumentó el encargado de la gasolinera “Se está colocando material flexible que es resistente a los hundimientos que está presentando el terreno”, lo cual asegura que no se vuelvan a presentar problemas de fugas debido a la falla.

La Figura 4.6 –inciso A- muestra el hundimiento de un bloque con respecto al otro y la Figura 4.6 –inciso B- muestra las grietas en el muro perimetral de esta gasolinera causados por la falla.

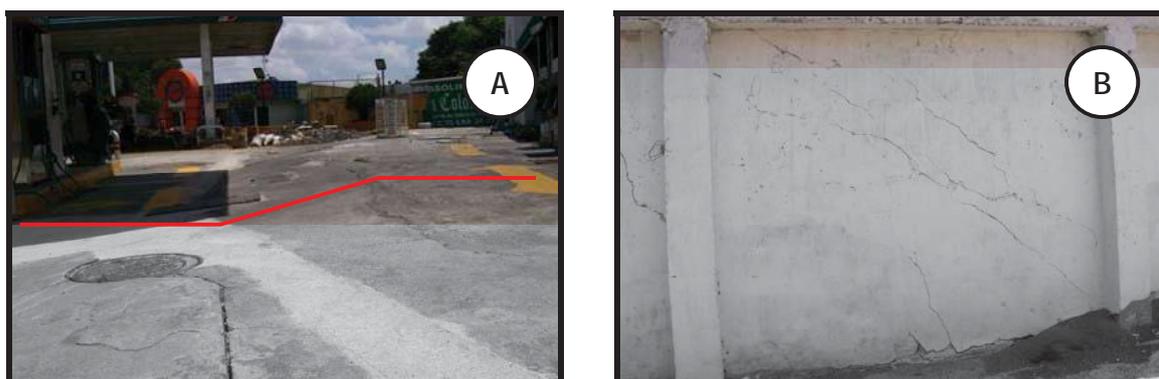


Figura 4.6 Daños sobre la falla de la Central Camionera (Gasolinera “La Colonial”).

4.2 FALLA DE TORREMOLINOS

DAÑOS EN CASAS Y EDIFICIOS

Caso 1 Torremolinos

Domicilio: Avenida Periodismo No. 2555.

Descripción: Hotel Torremolinos.

Referencias: En este lugar no se permitió el acceso al interior del hotel por lo que no se pudo realizar el estudio completo de los daños ocasionados por esta falla. Se hace mención debido a que la línea de falla cruza las instalaciones del inmueble, dañando los muros exteriores que se pueden apreciar a simple vista y por consiguiente a los elementos de soporte.

Los daños a los que se pudo tomar muestra se presentan en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Daños actuales del Hotel Torremolinos.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO	EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA	
		Sí	No				
NO ESTRUCTURAL	PISOS	√		Agrietamiento	Las grietas se presentan en la misma dirección de la línea de falla.	4.7 – A	
	ACABADOS	√		Daño antiestético	La fachada resulta ser antiestética por la reparación de las grietas que se ha realizado.	4.7 – B	
	MUROS	DIVISORIO	No se observaron				
		PERIMETRAL	No se observaron				
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA	√		Agrietamiento	Los muros de carga presentan fisuras en dirección diagonal, las cuales se puede apreciar que se han estado reparando.	4.7 – B	
	DALAS	No se observaron					
	CASTILLOS	No se observaron					
	LOSA MACIZA	No se observaron					

En la Figura 4.7 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.4.

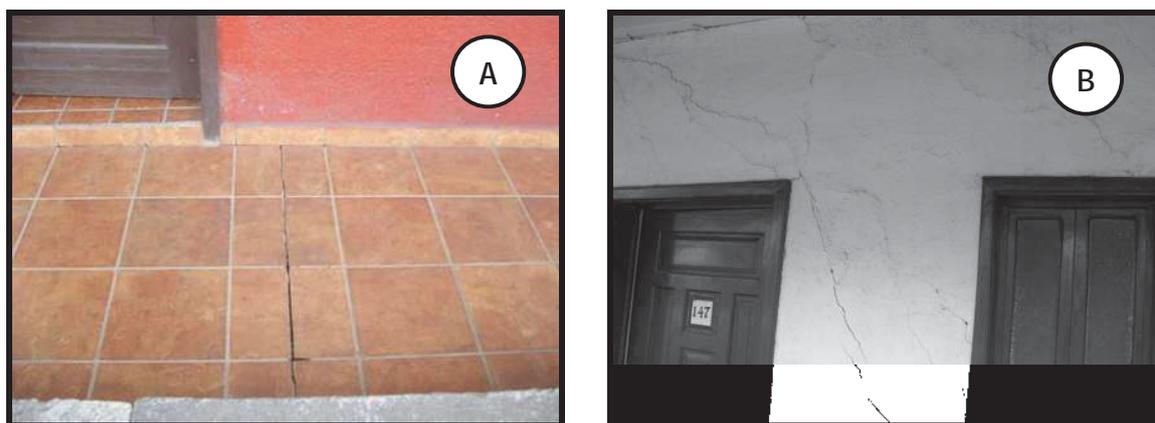


Figura 4.7 Daños sobre la falla de Torremolinos (Hotel Torremolinos).

Caso 2 Torremolinos

Domicilio: Villas Morelianas, calle Insurgente Oaxaqueño No. 80 – 2.

Descripción: La dirección corresponde a un domicilio particular de casa – habitación de interés social de dos niveles.

Referencias: Se trata de la vivienda número 2 del domicilio antes mencionado, la cual se encuentra deshabitada por encontrarse justo sobre la línea de falla, la cual ha impactado considerablemente a todos los elementos que conforman el inmueble, por lo que lo más conveniente fue dejarla en desuso.

Los daños que hoy en día están presentes en esta vivienda se muestran en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Daños actuales de la vivienda correspondientes a la calle Insurgente Oaxaqueño No. 80 - 2.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO	EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA	
		SI	NO				
NO ESTRUCTURAL	PISOS	√		Desprendimiento	En el piso de la segunda planta se muestra el desprendimiento de algunos bloques de mosaico.	4.8 – A	
	ACABADOS	√		Desprendimiento y agrietamiento	Los acabados de los baños presentan agrietamientos de 2 cm. y desprendimientos de algunos bloques de azulejo.	4.8 – B	
	MUROS	DIVISORIO		√			
		PERIMETRAL	√		Agrietamiento	Los agrietamientos en el muro perimetral son de aproximadamente 0.5 cm. de espesor en sentido vertical.	4.8 – C
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA	√		Deslizamiento, aplastamiento y agrietamiento	Los muros de carga presentan un deslizamiento hasta de 7 cm. al Este, provocando agrietamientos en dirección diagonal. También se presenta el aplastamiento de tabiques debido al hundimiento diferencial trayendo consigo la desnivelación de los elementos.	4.9 – (A,B y C)	
	DALAS	√		Rompimiento	En algunas partes el concreto ha fallado por cortante ocasionando el rompimiento de la dala.	4.9 – D	

Continua Tabla 4.5 ...

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO	EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
		Sí	No			
ESTRUCTURAL	CASTILLOS	√		Separación y volteo	Los castillos, además de encontrarse separados de los muros, están sufriendo un volteo hacia el Este por el empuje de los esfuerzos laterales.	4.9 – E
	LOSA MACIZA	√		Agrietamiento	Las grietas se presentan en el entepiso y losa de azotea con un espesor de hasta 2 cm.	4.8 – A

En la Figura 4.8 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.5.

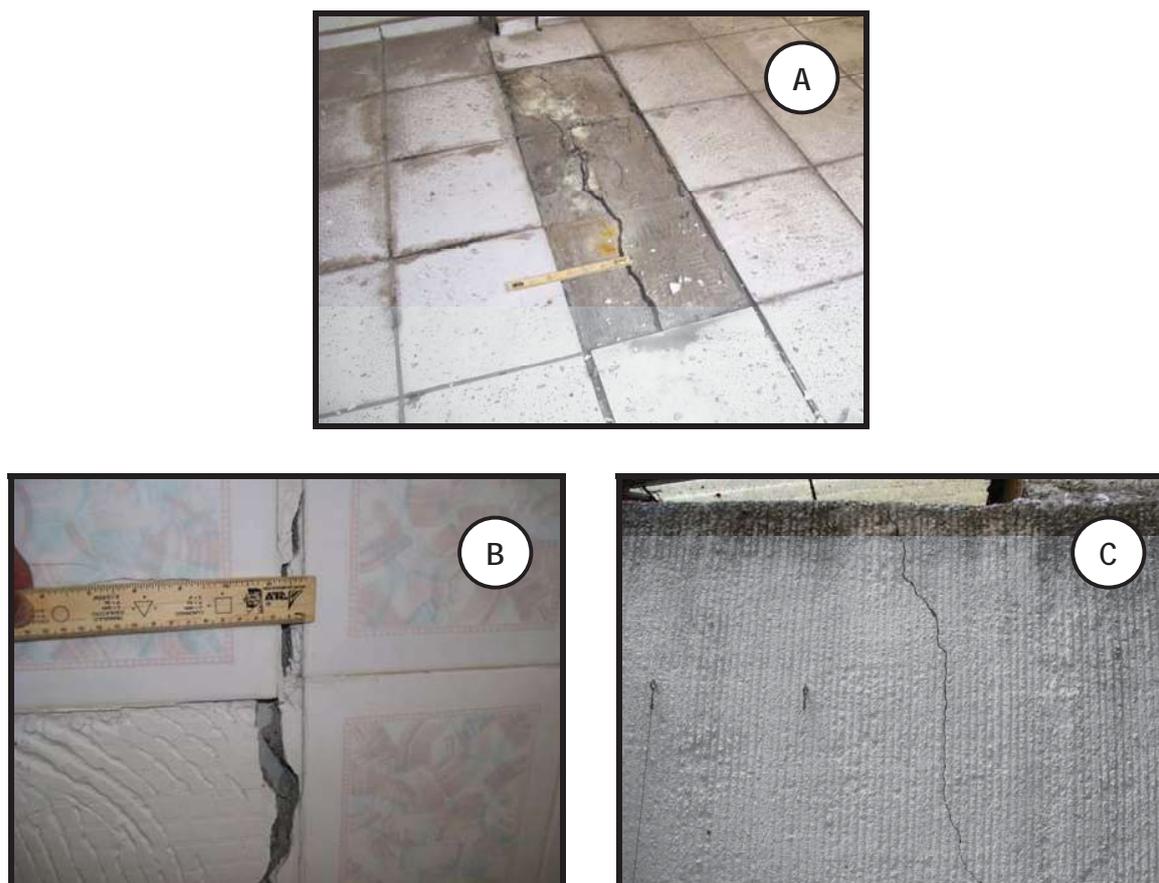


Figura 4.8 Daños no estructurales sobre la falla de Torremolinos (Insurgente Oaxaqueño No. 80 – 2).

En la Figura 4.9 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.5.

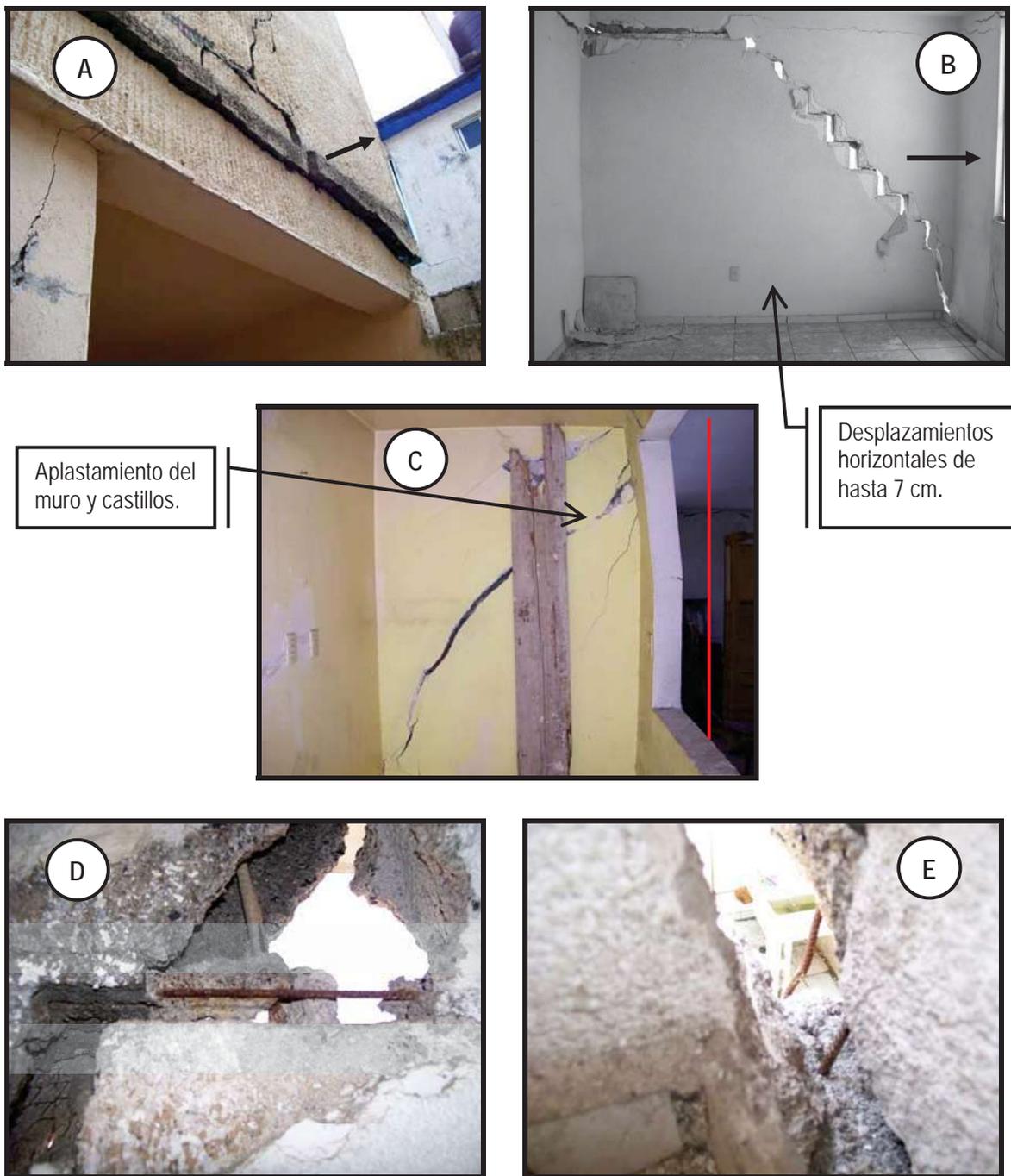


Figura 4.9 Daños estructurales sobre la falla de Torremolinos (Insurgente Oaxaqueño No. 80 – 2).

DAÑOS EN INFRAESTRUCTURA

Algunos daños en la infraestructura de la mancha urbana de Morelia ocasionados por la falla de Torremolinos se presentan en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Algunos daños actuales de la infraestructura ocasionados por la falla de Torremolinos.

OBRA DE INFRAESTRUCTURA	EXISTE DAÑO		LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
	Sí	No			
ÁREAS DE RODAMIENTO	√		Avenida Periodismo, frente al Hotel Torremolinos.	Se presenta un levantamiento en sentido ortogonal a la línea de tránsito de la avenida. Tiene la particularidad de verse y sentirse como si fuera un tope, pero en realidad es producto de la falla.	4.10
OBRAS DE ALCANTARILLADO	No se observaron				
OBRAS DE AGUA POTABLE	No se observaron				
OBRAS DE CONDUCCIÓN ELECTRICA	No se observaron				
ESTACIONAMIENTOS		√			

En la Figura 4.10 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.6.



Figura 4.10 Daño en infraestructura sobre la falla de Torremolinos: Avenida Periodismo, frente al Hotel Torremolinos.

4.3 FALLA DE CUAUTLA

DAÑOS EN CASAS Y EDIFICIOS

Caso 1 Cuautla

Domicilio: Calle Jacona No. 348.

Descripción: La dirección corresponde a un domicilio particular de casa-habitación de dos niveles.

Referencias: Los habitantes del lugar hacen mención que éste inmueble presentó estragos a partir del sismo ocurrido el 19 de Septiembre de 1985, trayendo como consecuencia daños en gran parte de la vivienda. Aunado a esto, se presenta la línea de falla justo debajo de la casa, con lo cual, los problemas son cada vez más severos con forme pasa el tiempo.

De acuerdo a los estudios de campo realizados, los daños que presenta actualmente esta vivienda se muestran en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Daños actuales de la vivienda correspondientes a la calle Jacona No. 348.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO		EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
			SI	NO			
NO ESTRUCTURAL	PISOS		√		Hundimientos y grietas	En los pasillos hay grietas y baches en varias direcciones.	4.11 – A
	ACABADOS		√		Grietas y desprendimiento	En gran parte de la vivienda se presentan grietas y desprendimiento en los aplanados hasta de aproximadamente el 50 % en todo el muro.	4.11 – B
	MUROS	DIVISORIO					
		PERIMETRAL		√			
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA		√		Agrietamiento y separación entre muro y dalas	Los muros de carga presentan agrietamientos en dirección diagonal y horizontal ocasionando el desprendimiento de las dalas y el muro.	4.11 – C
	DALAS		√		Agrietamiento	Se presentan agrietamientos horizontales con respecto a la dala.	4.11 – D
	CASTILLOS		√		Agrietamiento	Los castillos de la parte del baño se encuentran agrietados. Los otros aparentemente no, pero cabe la posibilidad debido a que existen grietas en los acabados.	4.11 – E
	LOSA MACIZA		√		Agrietamiento	Las grietas se presentan en los extremos de la losa ocasionando consigo infiltración de agua al interior de las habitaciones.	4.11 – C

En la Figura 4.11 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.7.



Figura 4.11 Daños sobre la falla de Cuautla (Jacona No. 348).

Caso 2 Cuautla

Domicilio: Calle Durango No. 160.

Descripción: La dirección corresponde a un domicilio particular de casa-habitación de dos niveles.

Referencias: Esta vivienda se ve afectada por estar dentro de la zona de influencia de la línea de falla. Los habitantes del lugar argumentan que en los últimos años este problema se ha vuelto más severo, pues las reparaciones hechas son cada vez más constantes. Los problemas estructurales que actualmente presenta ésta vivienda se muestran en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8 Daños actuales de la vivienda correspondientes a la calle Durango No. 160.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO	EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA	
		Sí	No				
NO ESTRUCTURAL	PISOS	No se observaron					
	ACABADOS	√		Grietas	Se presentan grietas en los aplanados del interior y exterior de las habitaciones.	4.12 – A y B	
	MUROS	DIVISORIO					
		PERIMETRAL		√			
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA	√		Agrietamiento	Los muros de carga presentan fisuras hasta de 1 cm. de espesor en dirección diagonal.	4.12 – A	
	DALAS	√		Separación del muro lateral	Separación del marco rígido que llega al muro y losa superior.	4.12 – B	
	CASTILLOS	No se observaron					
	LOSA MACIZA	√		Esfuerzo de tensión de la losa	Este esfuerzo provoca que se agriete la losa, disminuyendo el área confinada y provocando que en algunas partes ya solo actúe el acero de refuerzo.	4.12 – C	

En la Figura 4.12 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.8.



Figura 4.12 Daños sobre la falla de Cuautla (Durango No. 160).

Caso 3 Cuautla

Domicilio: Calle Cuautla No. 903 C.

Descripción: El domicilio corresponde a un comercio de rosticería de pollos de dos niveles.

Referencias: Este inmueble sufre de un hundimiento total, debido a que se ubica a un costado de la línea de falla. De acuerdo a los empleados del comercio, en los últimos tres años los perjuicios en el interior del local han sido más notorios, pues en ese lapso de tiempo han aparecido nuevas grietas entre la losa y el muro. Los problemas estructurales que actualmente se presentan en éste lugar se muestran en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9 Daños actuales del local comercial correspondientes a la calle Cuautla No. 903 C.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO		EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
			Sí	No			
NO ESTRUCTURAL	PISOS		No se observaron				
	ACABADOS		√		Agrietamiento	Se presentan grietas en los aplanados del interior y exterior del local.	4.13 – A
	MUROS	DIVISORIO					
		PERIMETRAL		√			
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA		√		Agrietamiento	Los muros de carga presentan fisuras hasta de 0.5 cm. de espesor en todas direcciones.	4.13 – A
	DALAS		No se observaron				
	CASTILLOS		√		Separación entre muros y castillos	Se presentan fisuras entre ambos elementos, los cuales tienden a quedar separados.	4.13 – B
	LOSA MACIZA		√		Agrietamiento	Existe agrietamiento en las partes exteriores de los tableros y desprendimiento del aplanado, ocasionando infiltración de agua al interior del local.	4.13 – B y C

En la Figura 4.13 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.9.

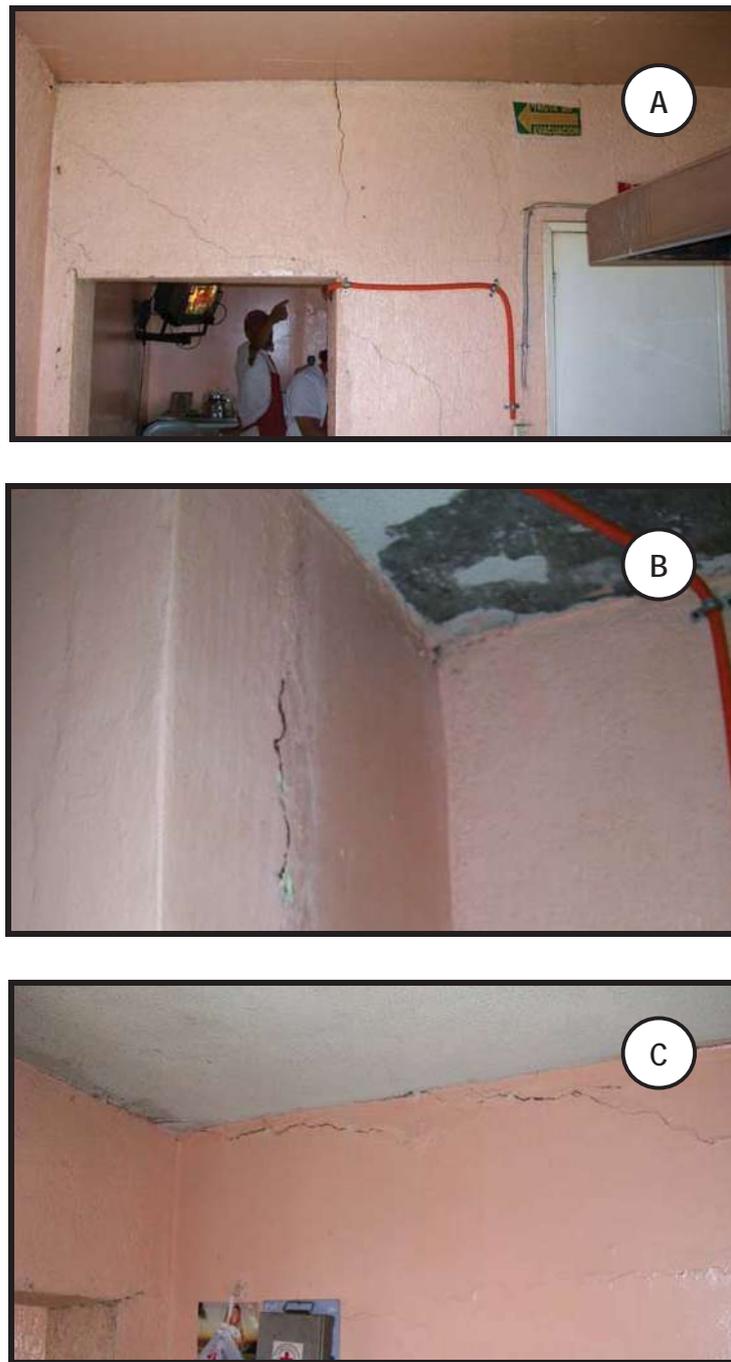


Figura 4.13 Daños sobre la falla de Cuautla (Cuautla No. 903 C).

DAÑOS EN INFRAESTRUCTURA

Algunos daños en la infraestructura de la mancha urbana de Morelia ocasionados por la falla de Cuautla se muestran en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10 Algunos daños actuales de la infraestructura de Morelia ocasionados por la falla de Cuautla.

OBRA DE INFRAESTRUCTURA	EXISTE DAÑO		LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
	Sí	No			
ÁREAS DE RODAMIENTO	√		Tramo de calle Durango. Entre las calles Cauta y Puebla	Se presenta el hundimiento diferencial de un bloque hacia el lado Norte hasta de 40 cm. aproximadamente.	4.14-A
OBRAS DE ALCANTARILLADO	√		Calle Cuautla	A menudo se presentan fugas de drenaje sobre la avenida, causando además de inundaciones, deterioro al medio ambiente.	
OBRAS DE AGUA POTABLE	No se observaron				
ESTACIONAMIENTOS		√	Calle Cuautla	El poste que se encuentra afuera de la rosticería presenta grietas en la base.	4.14-B
OBRAS DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA	√				

En la Figura 4.14 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.10.



- (A) Tramo de calle Durango. Entre las calles Cauta y Puebla.
- (B) Calle Cuautla.

Figura 4.14 Daños en infraestructura sobre la falla de Cuautla.

4.4 FALLA DE CHAPULTEPEC

DAÑOS EN CASAS Y EDIFICIOS

Caso 1 Chapultepec

Domicilio: Calle Batalla de la Angostura No. 515.

Descripción: La dirección corresponde al Auditorio Claretiano.

Referencias: La línea de falla cruza exactamente por los patios traseros de las instalaciones del edificio. Los empleados del lugar hacen mención que éste inmueble presenta problemas constantemente y así mismo se han ido reparando. De acuerdo a los estudios de campo realizados, los daños que presenta actualmente este lugar se muestran en la tabla 4.11.

Tabla 4.11 Daños actuales del auditorio claretiano ubicado en la Calle Batalla de la Angostura No 515.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO		EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
			Sí	No			
NO ESTRUCTURAL	PISOS		√		Hundimientos y grietas	En los pasillos hay grietas y desniveles con pendientes de hasta 6.3 % y en las explanadas existen hundimientos considerables, siguiendo pendientes de hasta 21 %.	4.15-A y B
	ACABADOS		√		Grietas	Existen grietas por todos lados, solo que en gran parte de las instalaciones ya han sido reparadas.	4.15-C
	MUROS	DIVISORIO					
PERIMETRAL		√		Agrietamiento	Ante la presencia de grietas (ya reparadas), se observa que en algunos tramos se han colado castillos nuevos para reforzar el muro.		
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA		√		Agrietamiento	Los muros de carga de muchas de las instalaciones presentan agrietamientos, los cuales se reparan en cuanto son visibles.	4.15-C
	DALAS			√	Estos elementos han sido restaurados y funcionan como marcos rígidos.		
	CASTILLOS			√	Estos elementos han sido restaurados y funcionan como marcos rígidos.		
	LOSA MACIZA		√			Existen tramos de losa colgada y como consecuencia agrietamientos en el concreto por no resistir los esfuerzos de tensión.	4.15-D y E

En la Figura 4.15 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.11.



Figura 4.15 Daños sobre la falla Chapultepec (Batalla de la Angostura No. 515).

Caso 2 Chapultepec

Domicilio: Calle H. Colegio militar No. 129.

Descripción: La dirección corresponde a un domicilio particular de casa-habitación de dos niveles.

Referencias: Esta vivienda se encuentra con daños estructurales muy notorios. Los habitantes del lugar argumentan que los daños han sido más severos en los últimos años. De acuerdo a los estudios de campo realizados, los daños que presenta actualmente esta vivienda se muestran en la tabla 4.12.

Tabla 4.12 Daños actuales de la vivienda correspondiente a la calle H. Colegio militar No. 129.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO		EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
			Sí	No			
NO ESTRUCTURAL	PISOS		No se observaron				
	ACABADOS		√		Grietas	Se presentan grietas en los aplanados del interior y exterior de las habitaciones y desprendimiento de azulejo.	4.16 – A
	MUROS	DIVISORIO					
		PERIMETRAL		√			
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA		√		Agrietamiento	Los muros de carga presentan fisuras hasta de 1 cm. de espesor en dirección diagonal y horizontal quedando parcialmente separado del marco rígido.	4.16 – B
	DALAS			√			
	CASTILLOS		√		Separación	Separación de la columna que llega a la losa superior.	4.16 – C
	LOSA MACIZA		√		Esfuerzo de tensión de la losa	Existe disminución de área confinada provocando que en la parte central de la losa ya solo actúe el acero de refuerzo.	4.16 – D

En la Figura 4.16 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.12.



Figura 4.16 Daños sobre la falla Chapultepec (H. Colegio militar No. 129).

Caso 3 Chapultepec

Domicilio: Calle 8 de Septiembre No. 233.

Descripción: La dirección corresponde a un domicilio particular de casa-habitación de un nivel.

Referencias: Esta vivienda se encuentra con daños estructurales muy notorios pero desgraciadamente no se pudo tener acceso al inmueble por lo que sólo se muestran imágenes de la parte exterior de la vivienda. En figura 4.17-inciso A- se puede ver cómo los muros de carga han fallado por aplastamiento formando grietas hasta de 3 cm. de espesor. En la figura 4.17-inciso B- se aprecia que la cadena de cerramiento ha fallado por cortante ocasionado por el hundimiento, lo cual provoca la pérdida de área confinada.

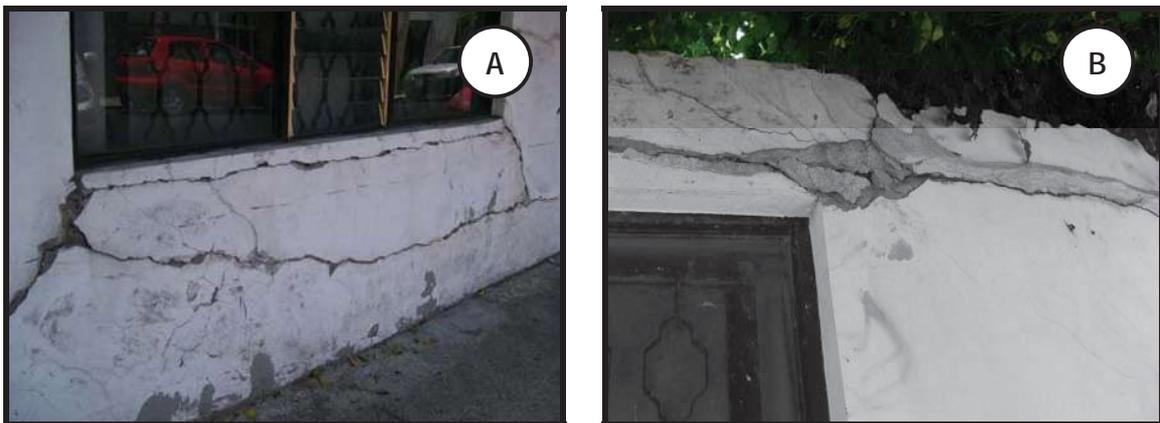


Figura 4.17 Daños sobre la falla Chapultepec (8 de Septiembre No.129).

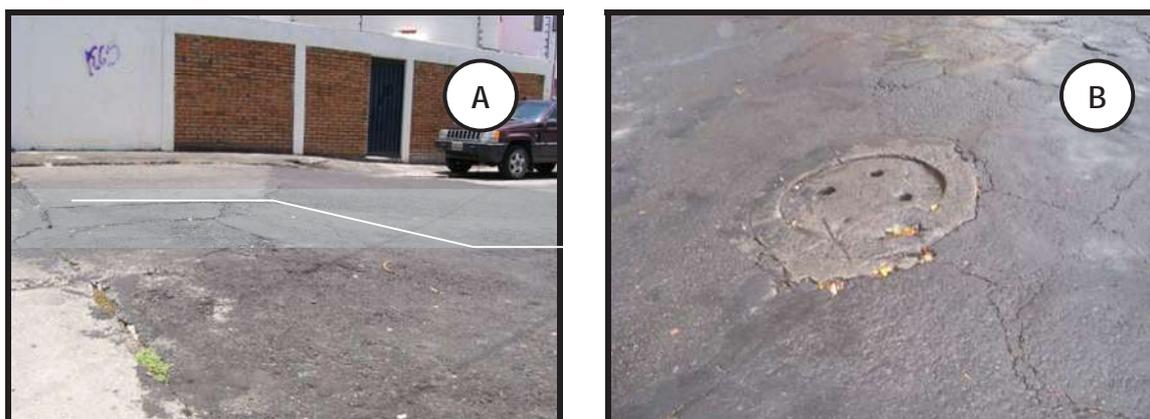
DAÑOS EN INFRAESTRUCTURA

Algunos daños en la infraestructura de la mancha urbana de Morelia ocasionados por la falla Chapultepec se muestran en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13 Algunos daños actuales de la infraestructura ocasionados por la falla de Chapultepec.

OBRA DE INFRAESTRUCTURA	EXISTE DAÑO		LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
	Sí	No			
ÁREAS DE RODAMIENTO	√		Crucero de las calles: 13 de Septiembre y H. Colegio Militar.	Se presenta el hundimiento diferencial de un bloque hacia el lado sur.	4.18 – A
OBRAS DE ALCANTARILLADO	√		Crucero de las calles: Batallón de Matamoros y H. Colegio Militar.	A menudo se presentan fugas de drenaje sobre la avenida, causando además de inundaciones, deterioro al medio ambiente.	4.18 – B
OBRAS DE AGUA POTABLE	No se observaron				
OBRAS DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA	No se observaron				
ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS		√			

En la Figura 4.18 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.13.



(A) Crucero de las calles: 13 de Septiembre y H. Colegio Militar. .

(B) Crucero de las calles: Batallón de Matamoros y H. Colegio Militar..

Figura 4.18 Daños en infraestructura sobre la falla Chapultepec.

4.5 FALLA EL REALITO

DAÑOS EN CASAS Y EDIFICIOS

Caso 1 El Realito

Domicilio: Avenida Torreón Nuevo (Fraccionamiento Residencial Torreón Nuevo).

Descripción: La dirección corresponde a la casa de interés social No. 27 de éste fraccionamiento (dos niveles).

Referencias: La línea de falla pasa exactamente por las viviendas número 23 y 27, las cuales no son habitadas actualmente por los problemas que presentan en su estructura. Solamente en la casa número 27 se pudo apreciar los daños interiores causados por la falla. En la tabla 4.14 se hace mención de los daños que presenta actualmente esta vivienda de interés social.

Tabla 4.14 Daños actuales de la vivienda No. 27 correspondiente al Fraccionamiento Residencial Torreón Nuevo.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO		EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
			Sí	No			
NO ESTRUCTURAL	PISOS		No se observaron				
	ACABADOS		√		Grietas y desprendimiento	Casi en la totalidad de la vivienda se presentan grietas y desprendimiento en los aplanados perdiendo la estética de la casa.	4.19 – A y B
	MUROS	DIVISORIO					
		PERIMETRAL		√			
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA		√		Agrietamiento y aplastamiento	Se presentan agrietamientos en sentido diagonal en los muros de la fachada y los muros interiores ocasionando el aplastamiento y rompimiento de los ladrillos.	4.19 – A y B
	DALAS		√		Ruptura y desintegración	Se presentan partes de dala desintegrada, lo cual conlleva a un problema meramente estructural.	4.19 – D
	CASTILLOS		√		Agrietamiento	Los castillos presentan grietas hasta de 1.5 cm. de espesor, lo cual garantiza que sólo está actuando el acero de refuerzo.	4.19 – C
	LOSA MACIZA		No se observaron				

En la Figura 4.19 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.14.

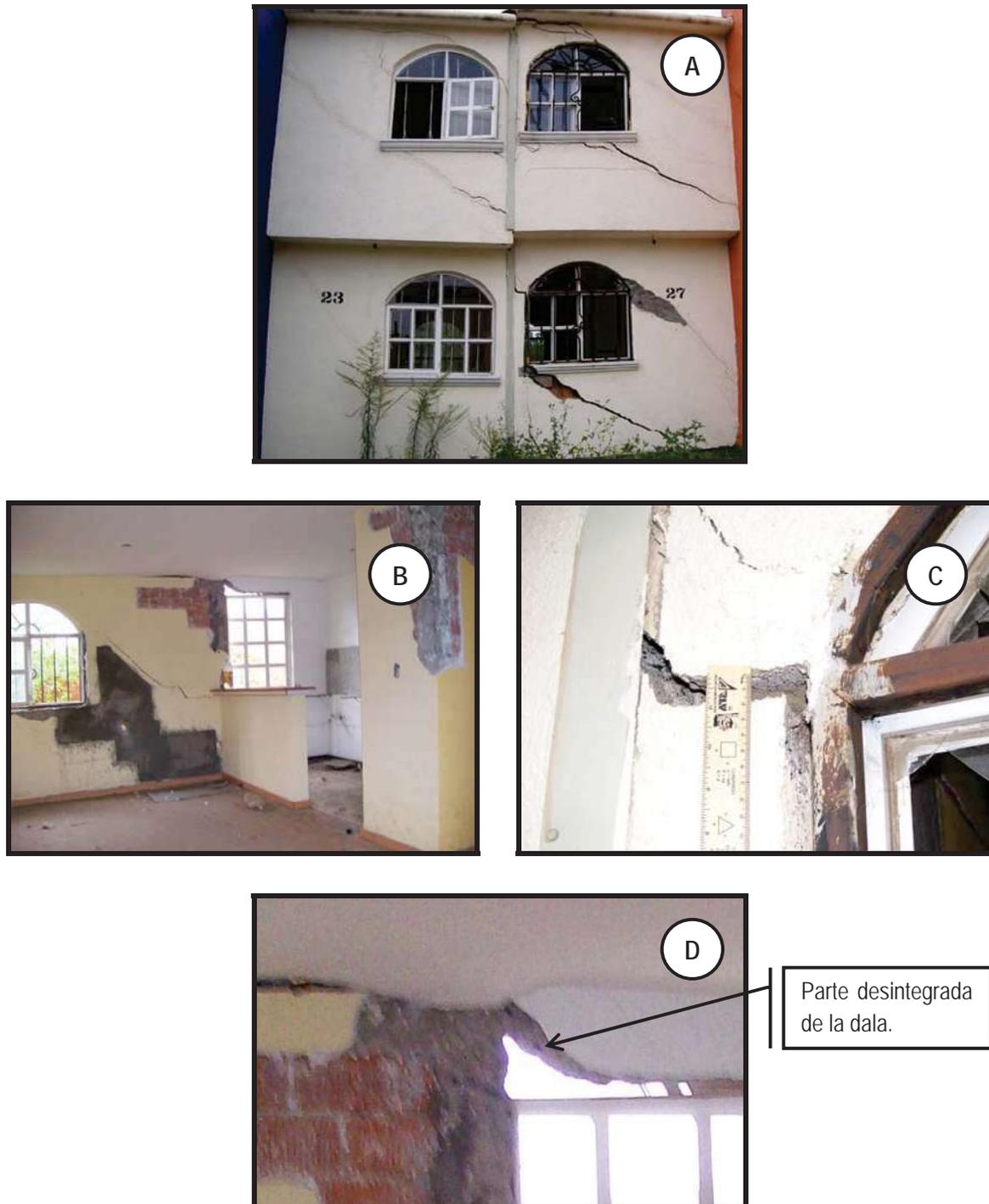


Figura 4.19 Daños sobre la falla El Realito (vivienda número 27 del Fraccionamiento Residencial Torreón Nuevo).

Caso 2 El Realito

Domicilio: Calle Manuel Romero de Terreros No. 108.

Descripción: La dirección corresponde a la casa-habitación de interés social de dos niveles ubicada en el fraccionamiento Villas del Real 2ª etapa.

Referencias: La línea de falla pasa a dos casas arriba de la estudiada por lo que se encuentra dentro de la zona de influencia. Es un caso particular debido a que se localiza en la parte inferior de un lomerío en el que se han construido viviendas sin medir las consecuencias. Por su localización, esta casa presenta problemas de deslizamiento de talud debido a la falla, aunado al peso propio de las otras viviendas. El propietario argumenta que esta casa le fue entregada sin problemas estructurales, pero al cabo de un mes se presentaron grietas diagonales en los muros de carga con dirección al deslizamiento y los muros de mampostería están presentando desplazamientos hasta de 6 cm. hacia la parte inferior del lomerío. Esta casa tiene un costo de \$ 412 000.00 la cual será pagada a créditos durante 15 años. Al cabo de esta fecha ¿En que condiciones se encontrará?.

En la Figura 4.20 –inciso A e inciso B- se ilustran los daños mencionados anteriormente.

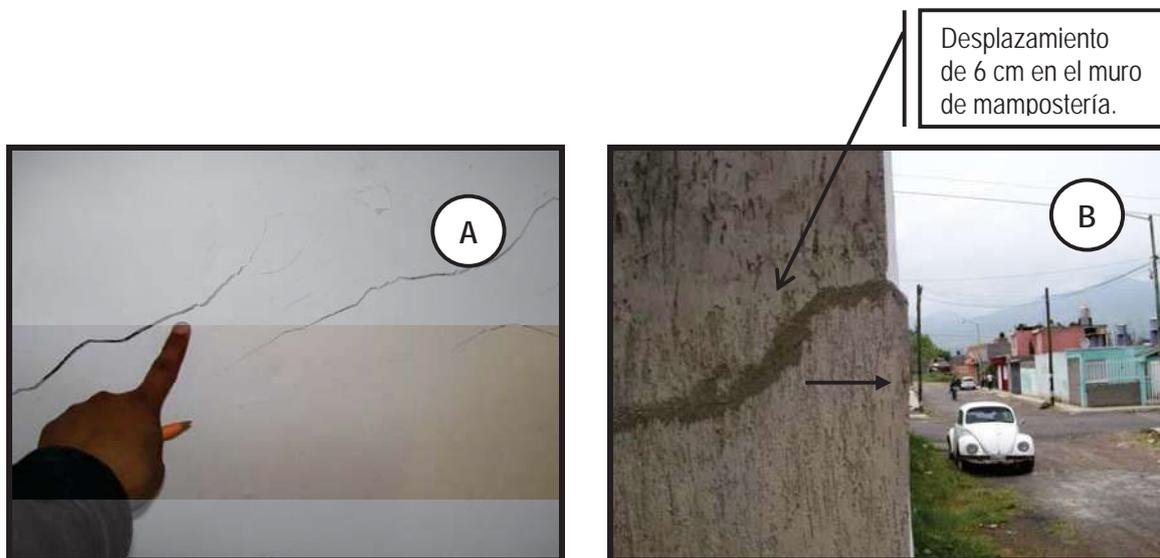


Figura 4.20 Daños sobre la falla El Realito (Manuel Romero de Terreros No. 108).

DAÑOS EN INFRAESTRUCTURA

Algunos daños en la infraestructura de la mancha urbana de Morelia ocasionados por la falla El Realito se muestran en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15 Algunos daños actuales de la infraestructura ocasionados por la falla de El Realito.

OBRA DE INFRAESTRUCTURA	EXISTE DAÑO		LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
	Sí	No			
ÁREAS DE RODAMIENTO	√		Tramo de la calle Manuel de la Peña	Existe un desnivel de aproximadamente 10 cm de un bloque con respecto al otro.	4.21
OBRAS DE ALCANTARILLADO	√		Calle Manuel de la Peña	Sobre la misma calle, así como en otras, se encuentran pozos de visita que se encuentran afectados por la línea de falla.	4.21
OBRAS DE AGUA POTABLE	No se observaron				
OBRAS DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA	No se observaron				
ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS		√			

En la Figura 4.21 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.15.



Figura 4.21 Daño en infraestructura sobre la falla El Realito: Tramo de la calle Manuel de la Peña

4.6 FALLA LA COLINA

DAÑOS EN CASAS Y EDIFICIOS

Caso 1 La Colina

Domicilio: Calle de Los Ejidos No. 197.

Descripción: La dirección corresponde a un domicilio particular de casa-habitación de un nivel.

Referencias: La casa es construida de cantera a la cual, según la propietaria, le ha realizado pocas reparaciones por el motivo de que está resignada a que los daños se seguirán suscitando en su propiedad. De acuerdo a los estudios de campo realizados, los deterioros que presenta actualmente esta vivienda se muestran en la tabla 4.16.

Tabla 4.16 Daños actuales de la vivienda correspondiente a la Calle de Los Ejidos No. 197.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO	EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA	
		SI	NO				
NO ESTRUCTURAL	PISOS	√		Hundimientos y grietas	En los pasillos hay grietas hasta de 2.5 cm y hundimientos de los bloques de roca.	4.22 - A	
	ACABADOS		√				
	MUROS	DIVISORIO					
		PERIMETRAL	√		Agrietamiento	Aparecen grietas en sentido vertical de hasta 2 cm de espesor rompiendo el tabique.	4.22 - B
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA	√		Agrietamiento	Los muros de carga presentan agrietamientos en dirección vertical y diagonal de hasta 8 cm.	4.22 - C	
	DALAS	√		Pandeo	Por estética la casa no tiene dalas de concreto, pero debido al agrietamiento vertical en los muros se colocó un PTR que actúa como trabe pero que debido al peso propio del muro ya se encuentra pandeado.	4.22 - D	
	CASTILLOS		√				
	LOSA MACIZA		√				

En la Figura 4.22 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.16.

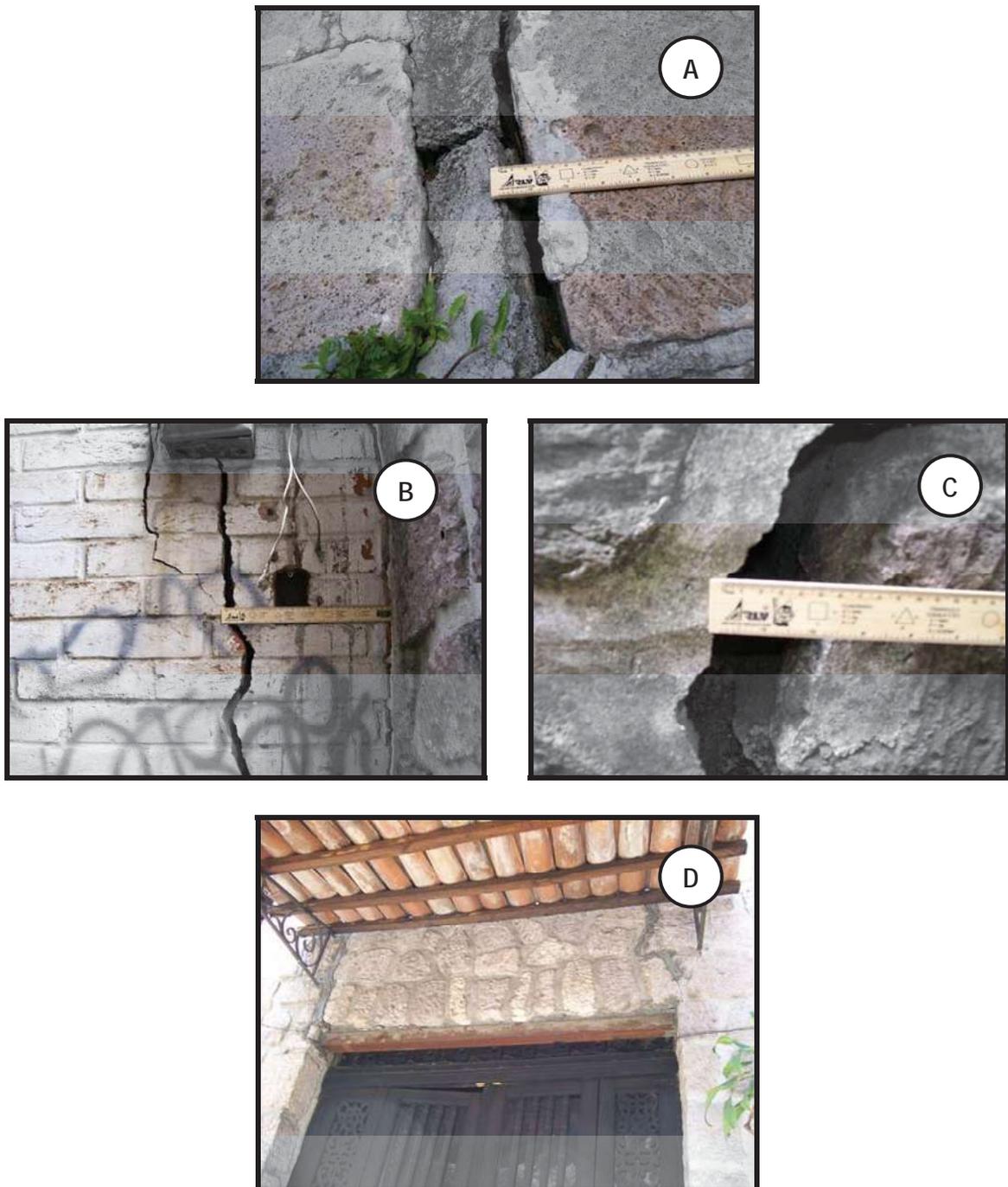


Figura 4.22 Daños sobre la falla La Colina (Calle de Los Ejidos No. 197).

Caso 2 La Colina

Domicilio: Calle José Santos Villa No. 421.

Descripción: La dirección corresponde a un domicilio particular de casa-habitación de un nivel.

Referencias: La vivienda está construida justo sobre la línea de falla. Según el encargado de ésta, no tenía el conocimiento de qué es lo que estaba pasando, pues había reparado varias veces la puerta para que cierre correctamente sin conseguirlo, pues nuevamente se volvía a descuadrar por el hundimiento diferencial que se está suscitando dentro de la casa. De acuerdo a los estudios de campo realizados, los deterioros que presenta actualmente esta vivienda se muestran en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17 Daños actuales de la vivienda correspondiente a la Calle José Santos Villa No. 421.

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO	EXISTE DAÑO		TIPO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA	
		SI	NO				
NO ESTRUCTURAL	PISOS	√		Agrietamiento y levantamiento	Se presentan grietas en todos los pisos de la vivienda y en todas direcciones de hasta 1 cm. de espesor.	4.23 - A	
	ACABADOS		√				
	MUROS	DIVISORIO					
		PERIMETRAL	√		Agrietamiento	Se presentan grietas en sentidos horizontal y vertical con espesores de hasta 2 y 1 cm. respectivamente.	4.23 - B
ESTRUCTURAL	MURO DE CARGA	√		Agrietamiento	Los muros de carga presentan fisuras hasta de 5 cm. de espesor en dirección vertical, separándose completamente del castillo.	4.23- C	
	DALAS	√		Desprendimiento del concreto y doblamiento del acero de refuerzo.	Se presentan esfuerzos de flexión en la dala debido al hundimiento del muro provocando que falle el concreto y que el acero se flexione.	4.23 - D	
	CASTILLOS	√		Rompimiento del elemento	Se observa un rompimiento total del concreto en la parte superior, por lo que sólo se encuentra ligado a la cadena gracias al acero de refuerzo.	4.23 - C	
	LOSA MACIZA						

En la Figura 4.23 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.17.

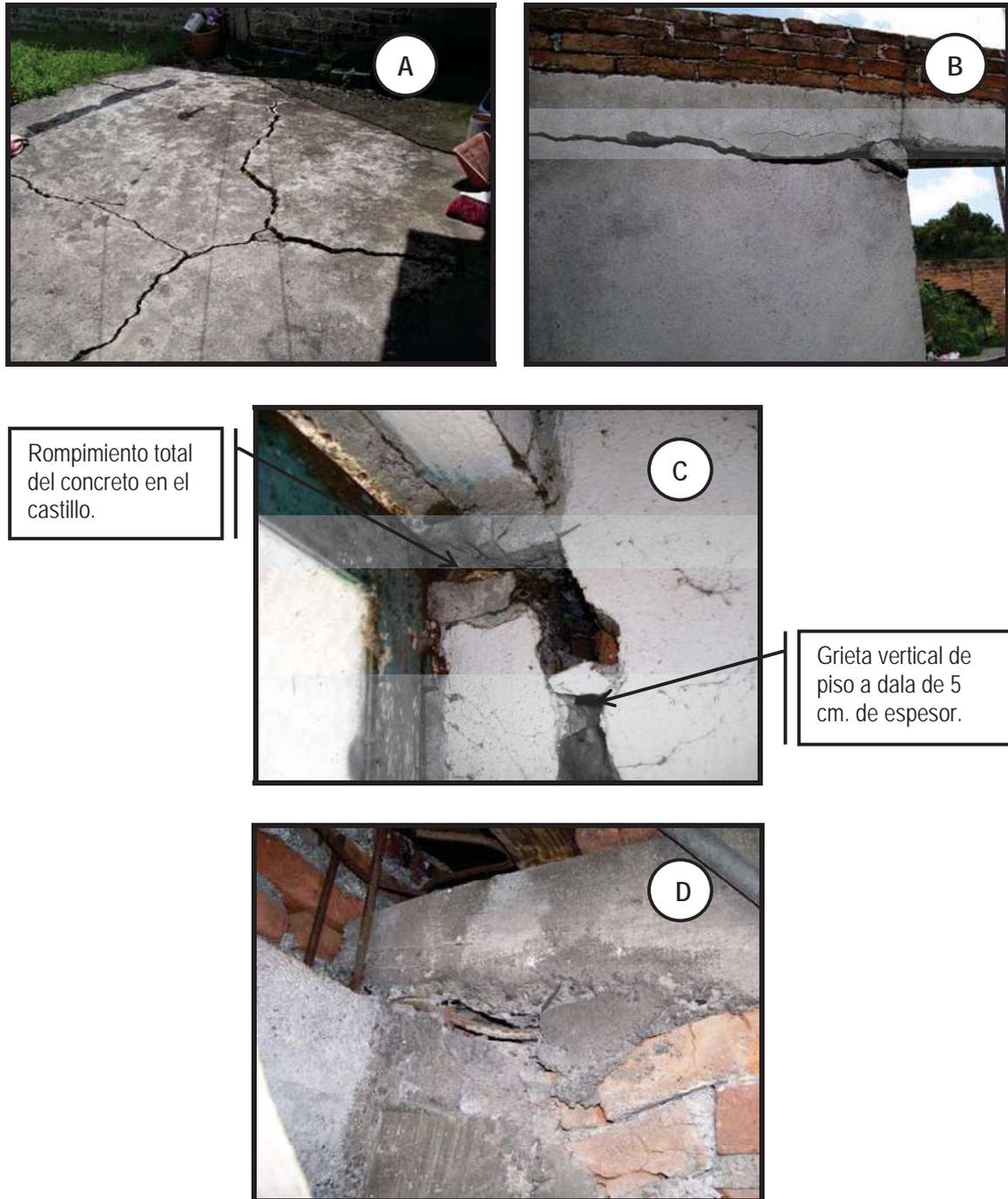


Figura 4.23 Daños sobre la falla La Colina (José Santos Villa No. 421).

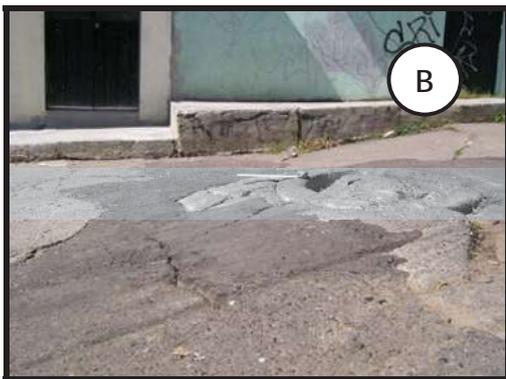
DAÑOS EN INFRAESTRUCTURA

Algunos daños en la infraestructura de la mancha urbana de Morelia ocasionados por la falla La Colina se muestran en la Tabla 4.18.

Tabla 4.18 Algunos daños en la infraestructura ocasionados por la Falla la Colina.

OBRA DE INFRAESTRUCTURA	EXISTE DAÑO		LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
	Sí	No			
ÁREAS DE RODAMIENTO	√		Tramo de la Calle Halcón	Se presenta el hundimiento diferencial de un bloque hacia el lado NO hasta de 30 cm. aproximadamente.	4.24 - A
OBRAS DE ALCANTARILLADO	√		Calle Museo de Antropología	Se presentan fugas de drenaje sobre la calle, causando deterioro al medio ambiente.	4.24 - B
OBRAS DE AGUA POTABLE	No se observaron				
OBRAS DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA	No se observaron				
ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS	√		A un costado de la calle Coatzacoalcos	Se presenta un hundimiento diferencial en la parte Norte del estacionamiento ocasionando la cuarteadura de los bloques de concreto.	4.24 - C

En la Figura 4.24 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.18.



- (A) Tramo de la Calle Halcón.
- (B) Calle Museo de Antropología.
- (C) A un costado de la calle Coatzacoalcos

Figura 4.24 Daños en infraestructura sobre la falla La Colina

4.7 FALLA LA PALOMA

El reporte de esta falla es un caso especial, debido a que se considera potencialmente sísmica y por consiguiente se analizan solo casos de deslizamiento de obras civiles construidas sobre el talud o sobre el pie del escarpe. No es que no se encuentren los daños planteados en los casos anteriores, sino que como se trata de una zona donde comúnmente encontramos casas residenciales y muchas veces no fue posible la entrada a estos inmuebles.

DAÑOS EN CASAS Y EDIFICIOS

Caso 1 La Paloma

Domicilio: Calle Ahuizotl S/N.

Descripción: La dirección corresponde a la Secundaria Técnica No. 77.

Referencias: EL responsable del mantenimiento argumenta que cuando no se tenía el muro perimetral en la escuela, los deslizamientos en las estructuras eran con mayor frecuencia y mas severos, pero ahora con la construcción de muro, los daños han sido menores. En el interior de la escuela se siguen visualizando las grietas –producto del desplazamiento- en los andadores, explanadas, escaleras y aulas.

Las Figuras 4.25 –incisoA e inciso B- fueron tomadas en junio de 2003 las cuales muestran los daños que desde ese tiempo se presentaban en el interior de la escuela y que hasta la fecha en algunas partes se han reconstruido, como es el caso de las escaleras que se muestran en la Figura 4.25 –inciso A- y otras permanecen de igual manera en la actualidad como es el caso de la grieta que se presenta en el aula que se muestra en la Figura 4.25–inciso B.

Las figuras 4.25 –inciso C e inciso D-, son imágenes recientes en las cuales se puede apreciar que existe deslizamiento de talud al grado de empujar y agrietar el muro perimetral localizado en la calle Ahuizotl.



Figura 4.25 Daños ocasionados por la falla de La Paloma (Secundaria Técnica No. 77).

Caso 2 La Paloma

Domicilio: Calle J. Strauss No. 21.

Descripción: La dirección corresponde a un domicilio particular de casa-habitación de tres niveles.

Referencias: Este inmueble se ve afectado por los deslizamientos locales de talud. Hasta la fecha presenta una grieta de 5 cm en el muro de mampostería sobre el que se desplanta la residencia (Figuras 2.26-inciso A e inciso B-). La grieta sigue la dirección del deslizamiento del talud. En la Figura 2.26-inciso C-, se muestra que en la escalera de acceso a la casa y la rampa de la cochera se presenta un deslizamiento horizontal de 5 cm. y un asentamiento de 2 cm.

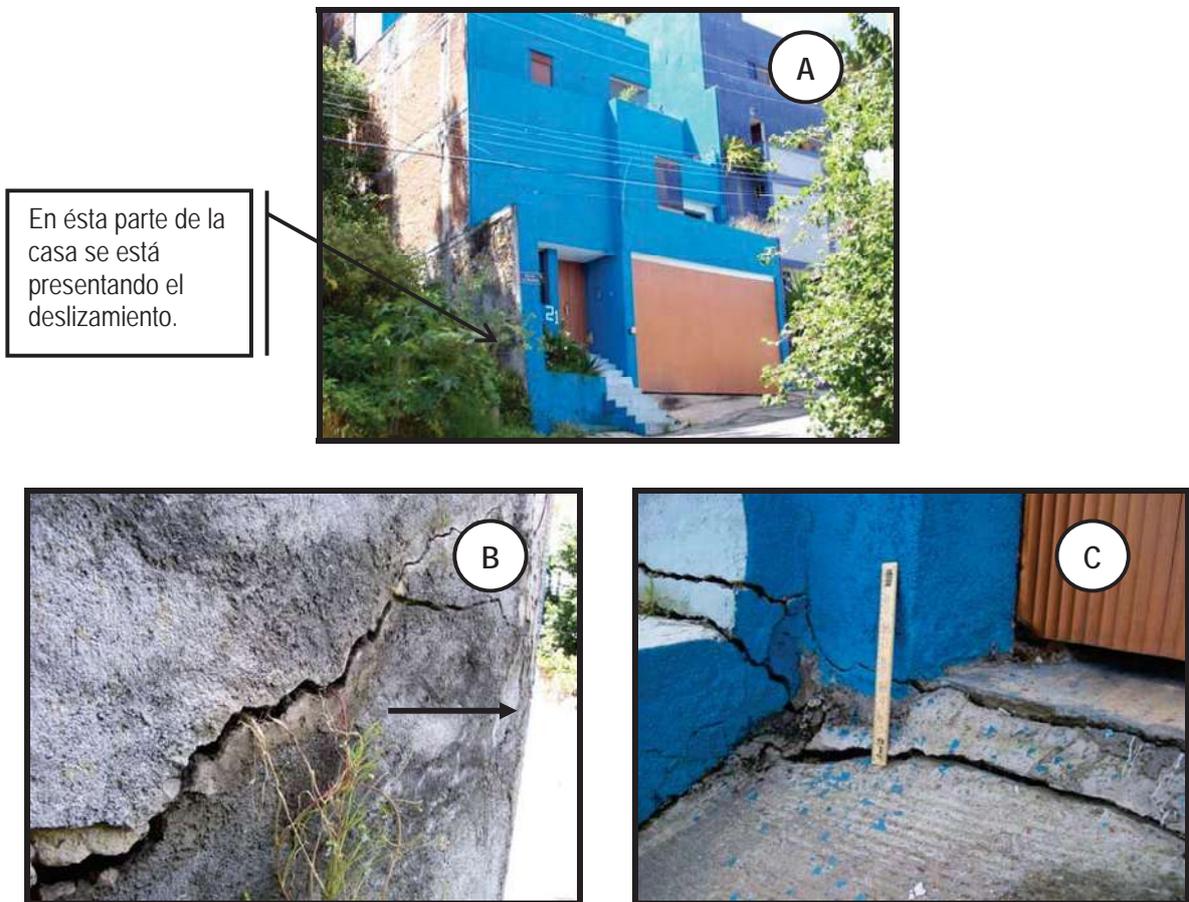


Figura 4.26 Daños ocasionados por la falla de La Paloma (J. Strauss No. 21)

Caso 3 La Paloma

Domicilio: Calle Mozart No. 222.

Descripción: La dirección corresponde a una casa de tipo residencial.

Referencias: Como no se tuvo acceso al interior del lugar, solo se puede apreciar que el muro de contención presenta problemas de deslizamiento en dirección Norte con respecto a La Loma de Santa María formando grietas de hasta 3 cm (Figura 4.27-inciso A-).

En la Figura 4.27-inciso B- se aprecia que el empuje del terreno ha llegado a descorchar a la cadena de cerramiento.

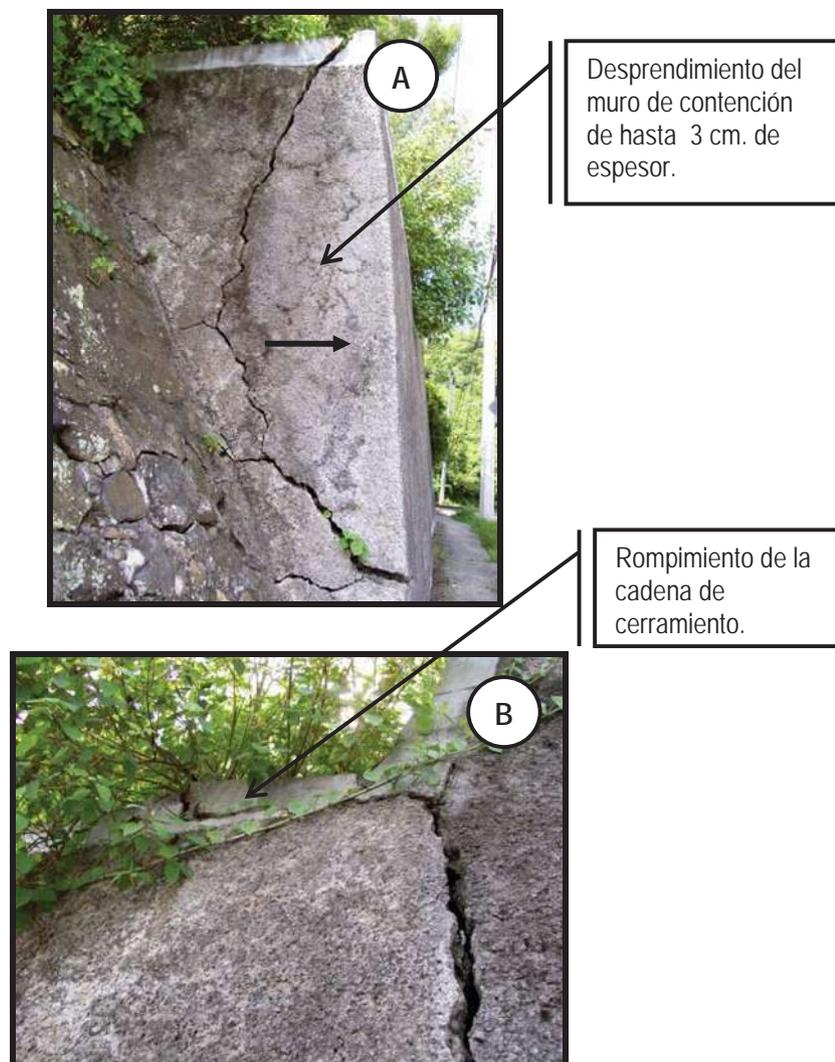
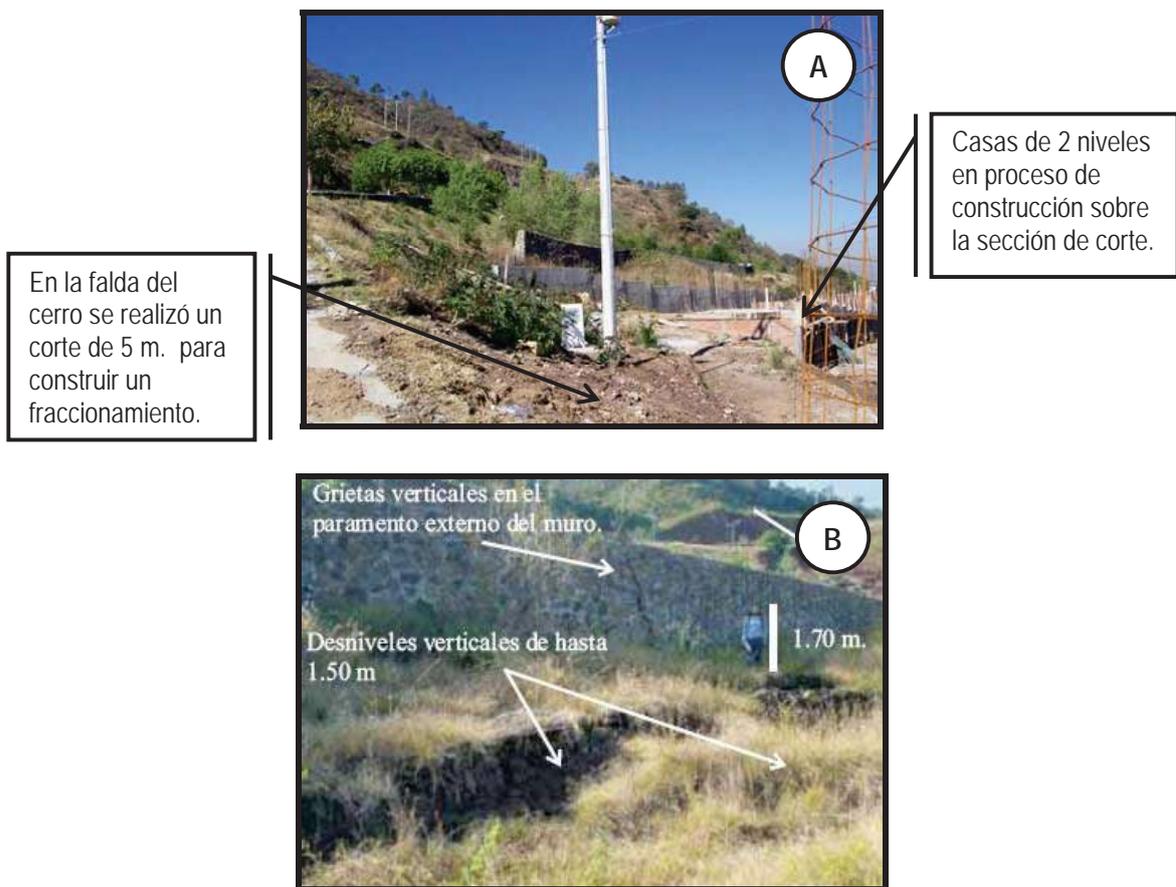


Figura 4.27 Daños ocasionados por la falla de La Paloma (Mozart No. 222)

Caso 4 La Paloma

Domicilio: Zona alta de Ocolusen.

Descripción: La dirección corresponde a la zona alta de Ocolusen, en la cual no transita constantemente gente ni vehículos pero presenta un deslizamiento en las banquetas y a pesar de eso se siguen construyendo viviendas de dos niveles, a sabiendas de que el muro de contención que se encuentra en la parte superior está presentando grietas en sentido vertical y que con el tiempo sigue presentando movimientos rototraslacionales capaces de poner en peligro todo lo que se encuentre sobre o al pie del escarpe. En la figura 4.28 -inciso A- se muestra el lugar en el que se están construyendo casas de dos niveles sobre el área del corte del terreno y en la Figura 4.28 -inciso B- se observan las grietas que presenta el muro de contención por el empuje de masas de tierra y los desniveles verticales que se tienen en la zona por causa del deslizamiento del talud.



Fuente de la Figura 4.28-B: [http://www.geociencias.unam.mx/~alaniz/SGM/\(1\)Pola.pdf](http://www.geociencias.unam.mx/~alaniz/SGM/(1)Pola.pdf).

Figura 4.28 Algunos daños ocasionados por la falla de La Paloma: Zona alta de Ocolusen

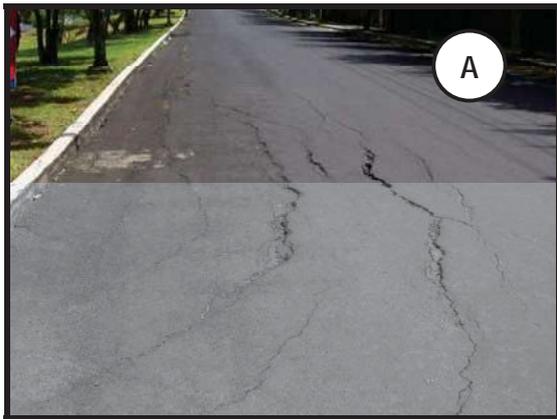
DAÑOS EN INFRAESTRUCTURA

Algunos daños en la infraestructura de la mancha urbana de Morelia ocasionados por la falla de La Paloma se muestran en la Tabla 4.19.

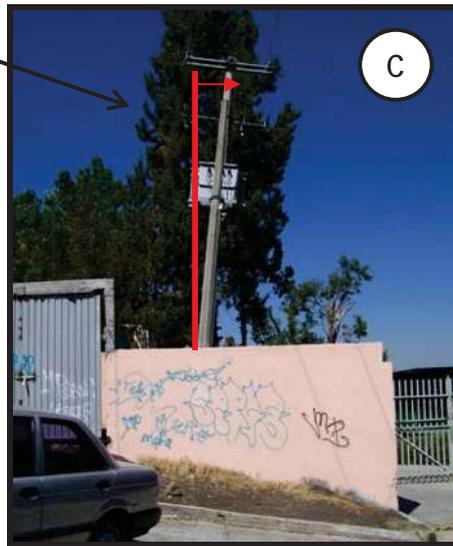
Tabla 4.19 Algunos daños en la infraestructura ocasionados por la Falla La Paloma.

OBRA DE INFRAESTRUCTURA	EXISTE DAÑO		LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	FIGURA
	Sí	No			
ÁREAS DE RODAMIENTO	√		Tramo de la Av. Fray Antonio de San Miguel Iglesias	Se presentan claramente grietas hasta de 10 cm. en formas de semicírculos, lo cual muestra el movimiento del terreno debido a la remoción de masas hacia la parte inferior del cerro.	4.29-A
OBRAS DE ALCANTARILLADO	√		Calle Franz Liszt	Se han reportado fugas de drenaje sobre la calle, causando deterioro al medio ambiente.	4.29-B
OBRAS DE AGUA POTABLE	No se observaron				
OBRAS DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA	√		Dentro de la Secundaria Técnica No. 77	El poste presenta un ángulo de inclinación con respecto a la vertical debido a la remoción del terreno.	4.29-C
ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS	√		Calle Franz Liszt	A principios del año se presentaba un hundimiento diferencial en todo el estacionamiento a causa del peligro latente por no hacer las reparaciones del muro de contención que sostiene al fraccionamiento La Loma, según lo reportaron los medios de comunicación. A la fecha (Septiembre de 2007) estos daños han sido reparados provisionalmente.	4.24-D y E

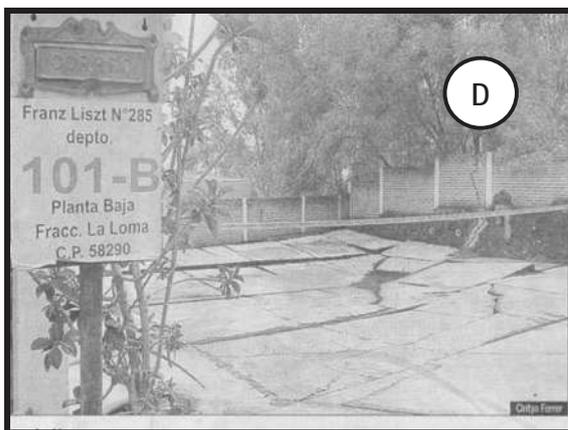
En la Figura 4.29 se pueden observar los daños aludidos en la Tabla 4.19.



El poste presenta ángulo de inclinación con respecto a la vertical.



Pozo de visita afectado.



Fuente: Diario PROVINCIA de Michoacán del día 19 de Abril de 2007.

Foto (D), al 14 de Septiembre del 2007

- (A) Tramo de la Av. Fray Antonio de San Miguel Iglesias.
- (B) Calle Franz Liszt.
- (C) Dentro de la Secundaria Técnica No. 77.
- (D) Calle Franz Liszt.

Figura 4.29 Algunos daños en infraestructura ocasionados por la falla de La Paloma.

CAPÍTULO V

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL ESTADO DE MICHOACAN

En este Capítulo se reproducen los artículos que tienen conexión con el tema de los asentamientos en zonas con fallas geológicas, aportando de esta manera una referencia para las observaciones al mismo.

En el Título Tercero “Proyecto arquitectónico”, Capítulo VII, Artículo 46, Generalidades, se lee: “La Oficina de Urbanística Municipal determinará las características de los edificios y los lugares en que éstos puedan autorizarse, según sus diferentes clases y usos para lo cual requerirá el dictámen (sic) de uso del suelo por parte de la Secretaría de Urbanismo y se tomará en cuenta, el Plan Director de Desarrollo Urbano de la ciudad de Morelia y de las ciudades del Estado en que lo haya, en todo lo conducente.”

En el Título Quinto “Uso y Conservación de Predios y Edificios”, Capítulo XXXIV, Artículo 441, se lee “Los propietarios de los predios tienen obligación de mantenerlos en buenas condiciones de aspecto e higiene, así como evitar que se conviertan en un lugar de molestia o peligro para los vecinos o transeúntes...Los terrenos deberán estar drenados adecuadamente. No se permitirá el depósito de escombros o basura. Deberán estar cercados” [CICM, 1999].

En el Título Quinto “Uso y Conservación de Predios y Edificios”, Capítulo XXXV, Artículo 444, licencia, se lee: “Para efectuar obras de reparación, aseguramiento o demolición de edificaciones peligrosas o ruinosas, se requiere de licencia de la Oficina de Urbanística Municipal. A la solicitud relativa se acompañará una memoria en que se especifique el procedimiento que se vaya a emplear. Si se trata de obras urgentes, la licencia se concederá con preferencia a las que no lo sean” [CICM, 1999].

En el Título Quinto “Uso y Conservación de Predios y Edificios”, Capítulo XXXV, Artículo 445, Órdenes de Reparación o Demolición, se lee: “Cuando la Oficina de Urbanística Municipal tenga conocimiento de que una edificación, estructura o instalación presente algún peligro para las personas o los bienes, ordenará con la urgencia que el caso requiera al propietario de aquellas, que haga las reparaciones, obras o demoliciones que sean necesarias conforme al dictamen técnico, precisando el peligro de que se trate” [CICM, 1999].

En el Título Quinto "Uso y Conservación de Predios y Edificios", Capítulo XXXV, Artículo 446, Inconformidad del propietario, se lee: "En caso de que le propietario no esté conforme con la orden a que se refiere el Artículo anterior, será oído en defensa, a cuyo efecto podrá promover la reconsideración de la orden de la Oficina de Urbanística Municipal, dentro de los tres días siguientes a la fecha de su notificación, mediante escrito al que deberá acompañar dictamen de algún ingeniero o arquitecto registrado como director responsable de obra... La Oficina de Urbanística Municipal resolverá en forma definitiva si ratifica, modifica o revoca la orden, sin perjuicio de tomar las medidas de carácter urgente que sean indispensables en caso de peligro grave o inminente" [CICM, 1999].

En el Título Quinto "Uso y Conservación de Predios y Edificios", Capítulo XXXV, Artículo 447, Aviso de Terminación, se lee: "Al concluir las obras de trabajo que se hayan autorizado u ordenado, el propietario o el director responsable de la obra, dará aviso a la Oficina de Urbanística Municipal, la que verificará si son suficientes y determinará en su caso lo que sea necesario corregir o completar" [CICM, 1999].

En el Título Quinto "Uso y Conservación de Predios y Edificios", Capítulo XXXV, Artículo 448, Ejecución de trabajo por la Oficina de Urbanística Municipal, se lee: "En caso de que el propietario no cumpla la órdenes que se le den conforme a los Artículos 445 y 446 dentro del plazo que se señala, la Oficina de Urbanística Municipal estará facultada para ejecutar a costa del propietario las reparaciones, obras o demoliciones que hayan ordenado y para tomar las demás medidas que sean necesarias para hacer desaparecer todo peligro" [CICM, 1999].

En el Título Quinto "Uso y Conservación de Predios y Edificios", Capítulo XXXV, Artículo 449, Pago de reparaciones, se lee: "Si el propietario no efectúa voluntariamente el pago del costo de las obras o trabajos ejecutados conforme al Artículo precedente por la Oficina de Urbanística Municipal, dicho pago podrá hacerse efectivo por la Tesorería Municipal mediante el procedimiento fiscal, o por la Tesorería General de Estado" [CICM, 1999].

En el Título Quinto "Uso y Conservación de Predios y Edificios", Capítulo XXXV, Artículo 450, Desocupación, se lee: "Cuando sea necesario, conforme a un dictamen técnico, la desocupación total o parcial de un edificio o de una localidad para llevar a cabo con la licencia o por orden de la Oficina de Urbanística Municipal, alguna de las obras o trabajos de que trata el presente capítulo, por ser peligrosa para los ocupantes su permanencia en dicho lugar, la Oficina de Urbanística Municipal podrá ordenar la desocupación temporalmente, mientras se realiza la obra o trabajo de que se trate, o definitivamente si se tiene que demoler por completo la construcción peligrosa" [CICM, 1999].

En el Título Quinto “Uso y Conservación de Predios y Edificios”, Capítulo XXXV, Artículo 451, Inconformidad del Ocupante y Desalojo Administrativo, se lee: “En caso de inconformidad del ocupante contra la orden de desocupación a que se refiere el Artículo anterior, se le oirá en defensa mediante el recurso de reconsideración que podrá interponer por escrito ante la Oficina de Urbanística Municipal, dentro del término de tres días siguientes a la fecha en que se le notifique la orden. A su escrito deberá acompañar dictamen de ingeniero o arquitecto registrado como Director responsable de obra. Si se confirma la orden de desocupación, la Oficina de Urbanística Municipal podrá ejecutarla administrativamente, en caso de renuencia del ocupante a cumplirla” [CICM, 1999].

De acuerdo a lo mencionado al inicio de este Capítulo, referente al Título Tercero “Proyecto arquitectónico”, Capítulo VII, Artículo 46, a continuación se reproducen textualmente los párrafos pertinentes del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Morelia 2004, Capítulo IV, Subcapítulo IV.7.2, [PDUCPM, 2004]: Estará condicionada la compatibilidad de todos los usos y destinos del suelo en las zonas de riesgo y vulnerabilidad, a la elaboración y presentación de un estudio técnico que determine el nivel de riesgo y vulnerabilidad existente y se establezcan de manera procedente y se cumplan oportunamente con las medidas de prevención y control necesarias y debidas, para garantizar la tranquilidad y seguridad de los usuarios y vecinos. Las zonas de riesgo y vulnerabilidad son:

- Lugares vecinos a fracturas y fallas geológicas, a una distancia mínima de 30 mts. de su eje o mayor según la magnitud de su actividad.
- Los drenajes naturales, aún antiguos lechos de ríos, lagos, presas y acequias, respetándose los derechos federales establecidas en las normas de la materia.
- Las faldas de cerros con una frágil cohesión o taludes inestables susceptibles al deslizamiento o derrumbes, con tendencias o desprendimientos, y zonas bajas en una franja mínima de 50 metros desde su base.
- Al pie de taludes artificiales, en el margen mínimo de seguridad señalado anteriormente.
- En depresiones inundables.
- Terrenos con relieve muy accidentado o con pendientes mayores al 35%.
- En las zonas de depresiones donde se presentan recurrentes inundaciones, su procedente aprovechamiento estará condicionado adicionalmente a una densidad habitacional baja. [PDUCPM, 2004]. Hasta aquí termina el texto del Programa del Desarrollo Urbano.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Después del desarrollo del presente trabajo es conveniente realizar un breve análisis de resultados acerca de la problemática que se le presenta a la sociedad al convivir con las fallas geológicas. Asimismo, en este capítulo se plantean las conclusiones a manera de propuestas de modificación al reglamento vigente.

6.1 ANALISIS DE RESULTADOS

Analizando lo planteado en los capítulos anteriores, podemos decir que en el Estado de Michoacán debido a su configuración geográfica se presentan problemas de sismicidad y de fallas geológicas en varias zonas, como lo es en la capital del Estado, la cual ha sufrido de estos últimos fenómenos desde antes de que la cubriera el área urbana. Según los estudios geológicos realizados, las fallas en Morelia debido a la sobreexplotación desmedida de los mantos acuíferos inició a principio de los años 80s hasta alcanzar hoy en día fallas de tipo normal y con direcciones que coinciden con el fallamiento tectónico regional [Garduño, 2004].

La problemática que se vive en la Capital Michoacana también lo sufren otras entidades como Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, el Estado de México, etc. pues aunque influyen factores geológicos, como la forma de los valles y el tipo de suelo, la extracción desmedida de agua subterránea para abasto urbano, industrial y agrícola es el detonante principal de este problema, pues en la medida en que no se dispone de agua suficiente en la ciudad, se incrementa el bombeo desde los acuíferos, y se eleva el riesgo de hundimientos.

Los hundimientos provocados por la sobreexplotación de acuíferos en diversas regiones, representan un alto costo económico y social en materia de daño a viviendas e infraestructura urbana, agregando que en un lugar donde es científicamente localizada la falla, el precio de los terrenos baja de manera considerable.

En el estudio de campo realizado, en el cual se visitó directamente a los lugares afectados por las estructuras geológicas de la Ciudad de Morelia, se encontraron casos en los que los habitantes no tenían el conocimiento de qué es lo que estaba ocurriendo con sus viviendas, pues según sus argumentos, reparaban los daños y en cuestión de meses se volvían a presentar.

Las estructuras que se encuentran dentro de la zona urbana, afectan a viviendas, edificios públicos, redes hidráulicas, drenajes, líneas eléctricas y calles. Las fallas geológicas que presentan el fenómeno de *fluencia* no llegarían a ocasionar derrumbes o colapso de las obras civiles. Para que esto ocurra se tendrían que sumar factores como un evento sísmico, el exceso de peso en la vivienda o una mala construcción.

En la Ciudad de Morelia, un factor de suma importancia es el estudio de la inestabilidad de la ladera asociada a la falla La Paloma, que es considerada como falla sísmicamente activa debido a que ha presentado movimientos en los últimos 35 mil años. En ella se han identificado varios cuerpos inestables que han sido considerados como productos de eventos sísmicos y que se han movido en tiempos cortos (segundos).

Un acontecimiento que causó mucha polémica en la Ciudad de Morelia fue la construcción del Mega túnel en la parte de Santa María (Sansón Flores hacia La Loma), el cual si se hubiera ejecutado aumentaría considerablemente el riesgo en la zona, además de que podía poner en riesgo la denominación como Patrimonio Histórico de la Humanidad.

Las obras civiles que se deseen ejecutar en la zona de falla deben ser avaladas por estudios de Geotecnia (Mecánica de rocas), pues un estudio de mecánica de suelos no es suficiente para comprender la problemática. Además es necesario realizar estudios de suelos, del entorno geológico y de mecánica de rocas [Rodríguez, 2007]. Por ello es importante que estos peligros sean considerados explícitamente en el Reglamento de Construcciones del Estado de Michoacán y lógicamente en los programas de desarrollo urbano de la Ciudad.

Según los datos de la CNA, el 36 por ciento del agua utilizada en el país procede de depósitos subterráneos [Planeta azul, 2007]. En este contexto, y ante los problemas que actualmente se están viviendo en la Ciudad, sería conveniente la actualización frecuente del mapa de riesgo que identifique las zonas de la Ciudad, elaborado por el IMDUM (Instituto Municipal de Desarrollo Urbano de Morelia), donde las características del subsuelo hacen más vulnerable a la población a la aparición de nuevas grietas y a hundimientos en el suelo, incluyendo a las que ya se han registrado. También se puede contar con un diagnóstico de riesgos más preciso y adoptar las medidas necesarias para proteger a la población.

Ante la vía legal para determinar la responsabilidad de los daños, en términos generales, los grupos afectados culpan a los ayuntamientos que otorgaron los permisos de Construcción; éstos, a los concesionarios de pozos que aprovechan el agua subterránea, y éstos a su vez, a la

CNA, la cual regula la explotación de los acuíferos, de tal manera que nadie se hace responsable por tales daños y los únicos afectados siguen siendo los habitantes de las zonas afectadas.

Por otra parte, las autoridades municipales deberían realizar importantes erogaciones para reparar daños por grietas en vialidades, tuberías de agua y drenaje, edificios públicos y otras infraestructuras.

A continuación se reproduce lo dicho por Claudia Druck León en el diario La Jornada el día 22 de agosto de 2007 para ilustrar mejor el caso: "Con la finalidad de contar con un instrumento de planeación y gestión ambiental que permita una reformulación del Plan de Desarrollo Urbano para las zonas que se ubican fuera de la mancha urbana del municipio de Morelia, el Ayuntamiento trabaja en la conformación de un modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) que permitirá aplicar políticas ambientales que fortalezcan el desarrollo sustentable del municipio...A pesar de que la Ley del Equilibrio Ecológico y la Ley de Protección al Ambiente del Estado de Michoacán contemplan que el desarrollo urbano del estado debe basarse en el Ordenamiento Ecológico Territorial, esto no se respeta, debido a que la legislación que existe en la materia no establece como obligación directa para los municipios contar con un instrumento de este tipo...Además los cabildos cuentan con atribuciones para cambiar el uso de suelo aun cuando el mapa de riesgos del estado de Michoacán establezca que son zonas de riesgo para el asentamiento humano, como el caso concreto de la Loma de Santa María en la capital michoacana ,que además de estar decretada como zona de reserva ecológica es afectada por una falla geológica" [La jornada, 2007].

6.2 CONCLUSIONES

A manera de conclusión, la forma en que se han venido presentando los Planes de Desarrollo de la Ciudad ha sido muy lenta, ya que los problemas estructurales de mayor importancia exigen de manera inmediata una solución que explique a los propietarios de los inmuebles afectados y en algunos casos, que limite estrictamente la construcción de obras civiles en las áreas vulnerables o zonas de riesgo.

El Reglamento de Construcciones vigente, como lo establece en el Título Tercero, Capítulo VII, Artículo 46, vincula al previo análisis del Plan de Desarrollo Urbano, el cual como parte legal responde a las demandas consideradas, pero no hace mención de los planteamientos

metódicos para dictaminar las áreas de riesgos, por lo cual sugiero que se anexen al Reglamento mencionado planteamientos con estudios de Geotecnia, Mecánica de rocas y Geología local.

Otra de las propuestas de modificación al Reglamento que considero necesaria, es la de hacer mas énfasis explícitamente de las fallas geológicas. Esto es, en el Título Quinto "Uso y Conservación de Predios y Edificios", Capítulo XXXIV, sería conveniente hablar del uso que se le debe dar al suelo con y sin problemas de riesgo, debido a que es una parte del Reglamento que hace referencia al tema en estudio.

Es claro que existe el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Morelia 2004, con el cual se ha establecido un Plan Director de Desarrollo Urbano al que hace referencia el Reglamento. La recomendación es que se cumplan al pie de la letra, tal y como se encuentran formulados, los apartados correspondientes a los problemas de las zonas de riesgo y vulnerabilidad de la Ciudad.

Es importante señalar que de acuerdo con el IMDUM, el Plan de Desarrollo Municipal del año 2004, hasta la fecha no se ha aprobado, lo cual nos da la idea de que se debe trabajar un poco más con las instituciones, con los habitantes y con el gobierno Municipal, Estatal y Federal, para tener una consistencia mínima con los tiempos.

REFERENCIAS

- [Arnold, 1987] Christopher Arnold y Robert Ritherman, "CONFIGURACIÓN Y DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS", Editorial Limusa S. A. de C. V., Primera Edición, México D. F. 1987, ISBN 968-18-1988-8.
- [CICM, 1999] Colegio de Ingenieros Civiles de Michoacán "REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL ESTADO DE MICHOACÁN, A. C.", Morelia Michoacán 1999.
- [Encarta, 2005] Enciclopedia Encarta 2005.
- [García, 1996] Virginia García Acosta y Gerardo Suárez Reynoso, "LOS SISMOS EN LA HISTORIA DE MÉXICO" (Tomo I), Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Ediciones Científicas Universitarias, México D.F. 1996, ISBN 968-16-4874-9.
- [Garduño, 1996] Víctor Hugo Garduño M. y Rogelio Javier Escamilla T., "REVISIÓN HISTÓRICA DE LA SISMICIDAD EN MICHOACÁN, MÉXICO" Artículo de la revista número 11 Ciencia Nicolaita, Ciudad Universitaria Morelia Michoacán 1996, ISSN 0188-9176.
- [Garduño, 2001] Garduño – Monroy, "REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS" v. 18, numero 1, 2001, páginas de 37 – 54.
- [Garduño, 2004] Víctor Hugo Garduño Monroy, "CONTRIBUCIONES A LA GEOLOGÍA E IMPACTO AMBIENTAL DE LA REGIÓN DE MORELIA", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Morelia Michoacán 2004, ISBN 970-703-292-8.
- [Geociencias, 2007] Boletín de la sociedad geológica mexicana número especial de geología urbana tomo LVIII, núm. 2, 2006, p. 183-193, "ESTUDIO GEOTÉCNICO ASOCIADO A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA DEL PARQUE FRANCISCO ZARCO (OCOLUSEN)", Morelia (Michoacán, México),

- [http://www.geociencias.unam.mx/~alaniz/SGM/\(1\)Pola.pd](http://www.geociencias.unam.mx/~alaniz/SGM/(1)Pola.pd)
 Última revisión: Septiembre 2007.
- [GEE0, 2007] GEE0, Gobierno Estatal Del Estado de Oaxaca, 2007, página de Internet
<http://www.proteccionciviloaxaca.net/uepc/top/sismicidad.html>.
 Última revisión: Agosto 2007.
- [La jornada, 2007] Claudia Druck León, La jornada de Michoacán, "PRESENTAN PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DE MORELIA"
<http://www.lajornadamichoacan.com.mx/2007/08/22/index.php?section=municipios&article=010n1mun>. Última revisión: Octubre 2007.
- [Mexicomaxico, 2007] Ing. Manuel Aguirre Botello, "LA COLUMNA DE LA INDEPENDENCIA CIUDAD" <http://www.mexicomaxico.org/ParisMex/resumen.htm>.
 Última revisión: Septiembre 2007.
- [Mier, UMSNH] José Alfonso Mier Suárez, Joaquín Mejía Ramírez, Arturo Núñez Gutiérrez, Walter Paniagua Espinoza, Raúl Vicente Orozco, Jesús Alberto Aramburú, Abraham Elistein, Eulalio Juárez Badillo, Raúl Esquivel., "EL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MORELIA", Cuadernos técnicos No. 1, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, División de Ingeniería Civil, Morelia Michoacán. Sin año de publicación.
- [PDUCPM, 2004] H. Ayuntamiento de Morelia, IMDUM, "PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN MORELIA 2004", Morelia Michoacán.
- [Planeta azul, 2007] Periodismo ambiental, "INCREMENTA GRIETAS EL ABUSO DE ACUÍFEROS", <http://www.planetaazul.com.mx/www/2007/08/04/incrementa-grietas-el-abuso-de-acuiferos/>. Última revisión: Septiembre 2007.
- [Provincia, 2007] Beatriz Banda/Johanna Muñoz, Diario Provincia, "PUGNA MONETARIA POR CASO LA PALOMA" Morelia Michoacán, miércoles 18 de Abril de 2007.

- [RESNOM, 2007] Red Sísmica del Noroeste de México, "Información sobre temblores y sus efectos"-Parte I, http://sismologia.cicese.mx/resnom/capsulas/capsula_ptl.php
Última revisión: Septiembre 2007.
- [Rodríguez, 2007] <http://zapateando.wordpress.com/2007/04/09/el-mega-tunel-un-ataque-a-la-inteligencia-y-al-patrimonio-de-los-michoacanos/>
Última revisión: Octubre 2007.
- [Satori, 2007] Víctor Hugo Garduño M. y Rogelio Javier Escamilla T., Ciencia Nicolaita, "REVISIÓN HISTÓRICA DE LA SISMICIDAD EN MICHOACÁN, MÉXICO" Artículo de la revista número 11. [http://www.satori.goeciencias.unam.mx/18-1/\(2\)Garduño.pdf](http://www.satori.goeciencias.unam.mx/18-1/(2)Garduño.pdf), Última revisión: Septiembre 2007.
- [UNAM, 2007] Dr. Vladimir Kostoglodov y Dr. Javier Francisco Pacheco "CIEN AÑOS DE SISMISIDAD EN MÉXICO" Instituto de Geofísica, UNAM,
<http://tlacaelel.igeofcu.unam.mx/~vladimir/sismos/100a%F1os.html>
Última revisión: Septiembre 2007.
- [Wikipedia, 2007] "TECTÓNICA DE PLACAS"
http://es.wikipedia.org/wiki/Tect%C3%B3nica_de_placas
Última revisión: Septiembre 2007.

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS	PÁGINA
Tabla 2.1 Cronología de la sismicidad en el Estado de Michoacán.....	11
Tabla 3.1 Composición geológica de la Ciudad de Morelia.....	14
Tabla 4.1 Daños actuales de la antigua central camionera ocasionados por la falla sobre la avenida Héroes de Nocupétaro.....	24
Tabla 4.2 Daños actuales de la vivienda correspondientes a la Calle Juan Álvarez No. 158.....	26
Tabla 4.3 Algunos daños actuales de la infraestructura ocasionados por la falla de la central camionera.....	28
Tabla 4.4 Daños actuales del Hotel Torremolinos.....	31
Tabla 4.5 Daños actuales de la vivienda correspondientes a la calle Insurgente Oaxaqueño No. 80 - 2.....	32
Tabla 4.6 Algunos daños actuales de la infraestructura ocasionados por la falla de Torremolinos.....	35
Tabla 4.7 Daños actuales de la vivienda correspondientes a la calle Jacona No. 348.....	37
Tabla 4.8 Daños actuales de la vivienda correspondientes a la calle Durango No. 160.....	39
Tabla 4.9 Daños actuales del local comercial correspondientes a la calle Cuautla No. 903 C.....	41
Tabla 4.10 Algunos daños actuales de la infraestructura de Morelia ocasionados por la falla de Cuautla.....	43
Tabla 4.11 Daños actuales del auditorio claretiano ubicado en la Calle Batalla de la Angostura No 515.....	44
Tabla 4.12 Daños actuales de la vivienda correspondiente a la calle H. Colegio militar No. 129.....	46
Tabla 4.13 Algunos daños actuales de la infraestructura ocasionados por la falla de Chapultepec.....	49
Tabla 4.14 Daños actuales de la vivienda No. 27 correspondiente al Fraccionamiento Residencial Torreón Nuevo.....	50
Tabla 4.15 Algunos daños actuales de la infraestructura ocasionados por la falla de El Realito.....	53
Tabla 4.16 Daños actuales de la vivienda correspondiente a la Calle de Los Ejidos No. 197.....	54

Tabla 4.17	Daños actuales de la vivienda correspondiente a la Calle José Santos Villa No. 421.....	56
Tabla 4.18	Algunos daños en la infraestructura ocasionados por la Falla la Colina.....	58
Tabla 4.19	Algunos daños en la infraestructura ocasionados por la Falla La Paloma.....	65

FIGURAS	PÁGINA	
Figura 1.1	Distribución de los continentes hace 4,500 millones de años.....	2
Figura 1.2	Distribución de las placas tectónicas en el mundo.....	3
Figura 1.3	Distribución de las Placas Tectónicas en la República Mexicana.....	4
Figura 3.1	Plano de localización de las fallas en la ciudad de Morelia.....	15
Figura 3.2	Geometría de un deslizamiento rototranslativo.....	21
Figura 4.1	Esquema del análisis de los daños estructurales causados por las diferentes fallas geológicas estudiadas.....	22
Figura 4.2	Daños sobre la falla de la Central Camionera (Central Camionera).....	25
Figura 4.3	Daños sobre la falla de la Central Camionera (Juan Álvarez No. 158).....	27
Figura 4.4	Daños sobre la falla de la Central Camionera (Arnulfo Ávila No. 530).....	28
Figura 4.5	Daños en infraestructura sobre la falla de la Central Camionera.....	29
Figura 4.6	Daños sobre la falla de la Central Camionera (Gasolinera "La Colonial").....	30
Figura 4.7	Daños sobre la falla de Torremolinos (Hotel Torremolinos).....	31
Figura 4.8	Daños no estructurales sobre la falla de Torremolinos (Insurgente Oaxaqueño No. 80 – 2).....	33
Figura 4.9	Daños estructurales sobre la falla de Torremolinos (Insurgente Oaxaqueño No. 80 – 2).....	34
Figura 4.10	Daño en infraestructura sobre la falla de Torremolinos: Avenida Periodismo, frente al Hotel Torremolinos.....	35
Figura 4.11	Daños sobre la falla de Cuautla (Jacona No. 348).....	38
Figura 4.12	Daños sobre la falla de Cuautla (Durango No. 160).....	40
Figura 4.13	Daños sobre la falla de Cuautla (Cuautla No. 903 C).....	42

Figura 4.14	Daños en infraestructura sobre la falla de Cuautla.....	43
Figura 4.15	Daños sobre la falla Chapultepec (Batalla de la Angostura No. 515).....	45
Figura 4.16	Daños sobre la falla Chapultepec (H. Colegio militar No. 129).....	47
Figura 4.17	Daños sobre la falla Chapultepec (8 de Septiembre No.129).....	48
Figura 4.18	Daños en infraestructura sobre la falla Chapultepec.....	49
Figura 4.19	Daños sobre la falla El Realito (vivienda número 27 del Fraccionamiento Residencial Torreón Nuevo).....	51
Figura 4.20	Daños sobre la falla El Realito (Manuel Romero de Terreros No. 108).....	52
Figura 4.21	Daño en infraestructura sobre la falla El Realito: Tramo de la calle Manuel de la Peña.....	53
Figura 4.22	Daños sobre la falla La Colina (Calle de Los Ejidos No. 197).....	55
Figura 4.23	Daños sobre la falla La Colina (José Santos Villa No. 421).....	57
Figura 4.24	Daños en infraestructura sobre la falla La Colina.....	59
Figura 4.25	Daños ocasionados por la falla de La Paloma (Secundaria Técnica No. 77).....	61
Figura 4.26	Daños ocasionados por la falla de La Paloma (J. Strauss No. 21).....	62
Figura 4.27	Daños ocasionados por la falla de La Paloma (Mozart No. 222).....	63
Figura 4.28	Algunos daños ocasionados por la falla de La Paloma: Zona alta de Ocolusen.....	64
Figura 4.29	Algunos daños en infraestructura ocasionados por la falla de La Paloma.....	66