



INFORMES

TÉCNICOS

EL SISMO DE OAXACA DEL 30 DE SEPTIEMBRE DE 1999

OSCAR A. LÓPEZ
CARLOS REYES
ROBERTO DURÁN
DANIEL BITRÁN
JAVIER LERMO

COORDINACIÓN
DE
INVESTIGACIÓN

Área de Ingeniería Estructural
y Geotecnia



CENAPRED
MÉXICO

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

Miguel Ángel Osorio Chong
SECRETARIO DE GOBERNACIÓN

Luis Felipe Puente Espinosa
COORDINADOR NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

Dr. Carlos M. Valdés González
DIRECTOR GENERAL DEL
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

1ª edición, diciembre 2001
CI/IEG-10122001
Versión Electrónica 2014

©SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN
Abraham González Núm. 48,
Col. Juárez, Deleg. Cuauhtémoc,
C.P. 06699, México, D.F.

©CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES
Av. Delfín Madrigal Núm. 665,
Col. Pedregal de Santo Domingo,
Deleg. Coyoacán, C.P.04360, México, D.F.
Teléfonos:
(55) 54 24 61 00
(55) 56 06 98 37
Fax: (55) 56 06 16 08
e-mail: editor@cenapred.unam.mx
www.cenapred.gob.mx

©Autores: Oscar A. López , Carlos Reyes,
Roberto Durán, Daniel Bitrán y Javier Lermo.
Edición: Carlos Reyes Salinas
Portada: D.G. Demetrio Vázquez y Susana González
Responsable de la Publicación: M. en I. Tomás Alberto Sánchez Pérez

ISBN: 970-628-609-8

Derechos reservados conforme a la ley
IMPRESO EN MÉXICO. PRINTED IN MEXICO

Distribución Nacional e Internacional: Centro Nacional de Prevención de Desastres
EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

EL SISMO DE OAXACA DEL 30 DE SEPTIEMBRE DE 1999 ($M_w = 7.5$)

AUTORES

Oscar A. López¹
Carlos Reyes¹
Roberto Durán¹
Daniel Bitrán¹
Javier Lermo²

Coordinación de Investigación

¹Área de Ingeniería Estructural y Geotecnia, CENAPRED

²Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

EL SISMO DE OAXACA DEL 30 DE SEPTIEMBRE DE 1999 ($M_w=7.5$)

RESUMEN

El 30 de septiembre de 1999, a las 11:31:00 h (hora local) ocurrió un sismo de magnitud $M_w=7.5$, con epicentro al noreste de la ciudad de Puerto Escondido, Oaxaca. En este informe se presentan, de manera resumida las características sismológicas del evento. Se describen la observaciones, hechas durante una visita a la zona afectada, del comportamiento de hospitales, escuelas, viviendas, monumentos históricos y edificios de uso comercial. Se incluye, también, una evaluación económica del costo de reconstrucción de los daños causados por el sismo. Finalmente, se señalan algunos aspectos que deben atenderse en el campos de la protección civil en México.

SUMMARY

On September 30, 1999 at 11:31:00 h (local time), a magnitude $M_w=7.5$ earthquake occurred with its epicenter located southeast from the city of Puerto Escondido, Oaxaca. This report summarizes the seismological characteristics of the event. Observations made during a visit to the affected region on the behavior of hospitals, schools, housing, historical monuments and commercial buildings are described. An economical evaluation of the damage is presented. Finally, conclusions and recommendations regarding civil protection measures are included.

CONTENIDO

EL SISMO DE OAXACA DEL 30 DE SEPTIEMBRE DE 1999 ($M_w=7.5$)	III
RESUMEN	III
SUMMARY	III
CONTENIDO	V
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 OBJETIVOS Y ALCANCES.....	1
1.3 ORGANIZACIÓN DE TRABAJO.....	2
CAPÍTULO 2 SISMOLOGÍA.....	3
2.1 INTRODUCCIÓN.....	3
2.2 EVENTO PRINCIPAL Y RÉPLICAS	3
2.3 ATENUACIÓN DEL MOVIMIENTO DEL TERRENO	4
2.4 INTENSIDAD EN LA CIUDAD DE OAXACA	6
CAPÍTULO 3 DAÑOS DERIVADOS DEL SISMO DEL 30 DE SEPTIEMBRE DE 1999...7	7
3.1 INTRODUCCIÓN.....	7
3.2 CIUDAD DE OAXACA DE JUÁREZ.....	7
3.2.1 Características y Tipos de Daño.....	7
3.2.2 Teatro Macedonio Alcalá	8
3.2.3 Edificio Particular Ubicado en Contraesquina del Teatro Macedonio Alcalá	9
3.2.4 Edificación Ubicada en la Calle Reforma No.101	10
3.2.5 Antiguo Internado Ignacio Mejía.....	11
3.2.6 Escuela de Medicina de la Universidad Benito Juárez de Oaxaca	12
3.2.7 Auditorio de las Oficinas de la Confederación Nacional Campesina	13
3.2.8 Templo de la Merced	14
3.2.9 Hospital Civil Dr. Aurelio Valdivieso.....	15
3.2.10 Hospital General de Zona del Seguro Social	17
3.3 SAN GABRIEL MIXTEPEC	20
3.3.1 Características y Tipos de Daño.....	20
3.3.2 Estructuras de Mampostería de Adobe.....	20
3.3.3 Estructuras de Mampostería de Piedras Artificiales	22
3.3.4 Templos.....	25
3.4 MUNICIPIO DE SAN PEDRO MIXTEPEC	26
3.4.1 San Pedro Mixtepec	26
3.4.2 Puerto Escondido	28
3.4.2.1 Edificio 1ª Norte y 1ª Poniente	28
3.4.2.2 Sucursal Bancaria	29
3.4.2.3 Centro Comercial	31
3.4.2.4 Hotel Contiqui	32
3.4.2.5 Edificio Telmex.....	33
3.4.2.6 Edificación Colonia las Brisas de Zicatlán.....	33
3.5 SANTA CATARINA JUQUILA.....	34
3.5.1 Hospital Integral	34
3.5.1.1 Descripción de Daños Estructurales.....	36
3.5.1.2 Descripción de Daños No Estructurales	41
3.5.1.3 Instalaciones	42

3.5.2	Vivienda.....	43
3.5.3	Iglesia de Santa Catarina Juquila.....	44
3.6	SANTA MARÍA COLOTEPEC	45
3.6.1	Clínica de la Secretaría de Salubridad y Asistencia	46
3.6.2	Escuela Primaria “Cristóbal Colón”	48
3.6.3	Palacio Municipal	48
3.6.4	Vivienda.....	49
3.7	INFRAESTRUCTURA CARRETERA.....	50
CAPÍTULO 4 EVALUACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS.....		53
4.1	INTRODUCCIÓN.....	53
4.2	ANTECEDENTES.....	53
4.2.1	Población Afectada.....	53
4.2.2	Características Socioeconómicas de la Región Afectada	53
4.3	DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS TOTALES.....	54
4.3.1	Apreciación de Conjunto.....	54
4.3.2	Comunicaciones y Transportes	54
4.3.3	Sector Vivienda.....	56
4.3.4	Infraestructura de Educación	58
4.3.5	Inmuebles Religiosos.....	59
4.3.6	Infraestructura de Salud.....	60
4.3.7	Daño a Edificios Públicos.....	62
4.3.8	Suministro de Agua Potable.....	62
4.3.9	Suministro de Energía Eléctrica	62
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES.....		63
REFERENCIAS		65

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) informó de la ocurrencia de un sismo de magnitud $M_w=7.5$ el 30 de septiembre de 1999 a las 11:31:00 h (hora local). La localización del foco no se pudo determinar con precisión. Al respecto, posteriormente se hace mención de informes de distintas instituciones.

1.2 OBJETIVOS Y ALCANCES

A petición de la Coordinación General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación, investigadores del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) visitaron algunas localidades del estado de Oaxaca que presentaron daño después del sismo del 30 de septiembre. El interés se concentró en la determinación del estado de seguridad de las estructuras y causas de los daños en las mismas. También, se hizo una valuación del costo de reparación de los daños ocasionados por el sismo en cuestión.

Las localidades visitadas en orden alfabético fueron: Ciudad de Oaxaca, Puerto Escondido, San Gabriel Mixtepec, Santa Catarina Juquila y Santa María Colotepec. En la fig. 1.1 se muestra un mapa de la región visitada.

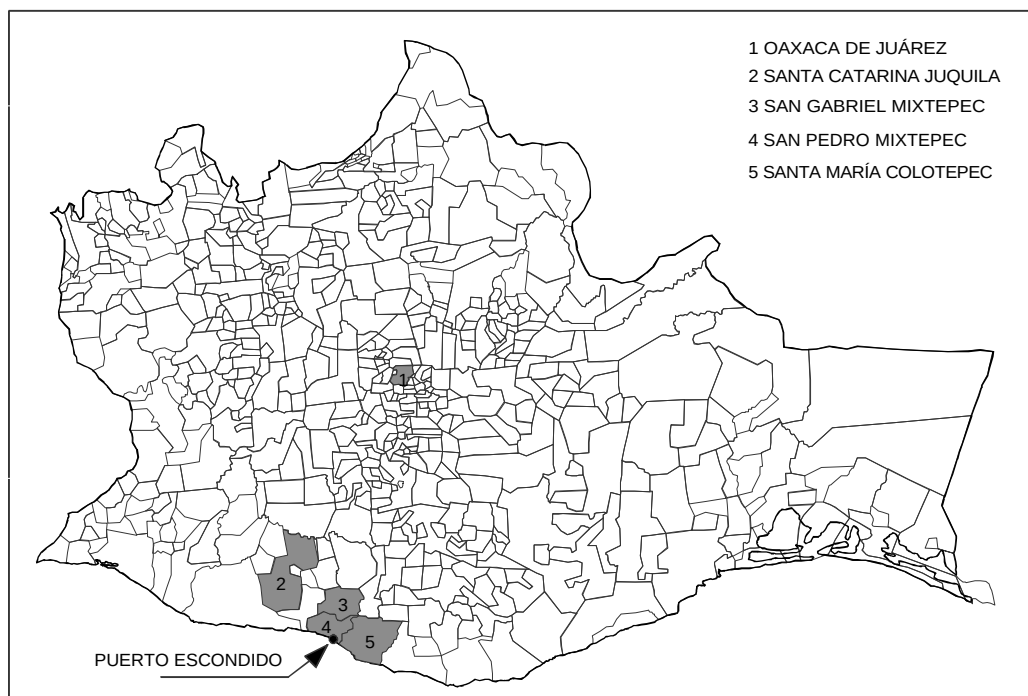


Figura 1.1 Mapa de la región visitada

Este informe no se considera exhaustivo en cuanto a la recopilación de estructuras dañadas, es una muestra representativa del tipo de daños causados por el temblor en cuestión.

1.3 ORGANIZACIÓN DE TRABAJO

El informe presenta las observaciones realizadas durante los recorridos, los comentarios y recomendaciones del CENAPRED a la Coordinación General de Protección Civil. Para cada localidad visitada, se da una breve descripción de la misma y de los daños ahí observados.

El Capítulo 2 describe los aspectos del sismo del 30 de septiembre de 1999. Se incluye información sobre el evento principal, sus réplicas y el mecanismo focal asociado. También, se comparan los espectros de respuesta para el sismo en cuestión y para el sismo de Tehuacán del 15 de junio de 1999 ($M_w=7.0$).

El Capítulo 3 presenta los casos de estructuras visitadas en las diferentes localidades. Se describen los daños en monumentos históricos, vivienda, edificaciones de instituciones educativas, estructuras de hospitales y centros de salud, edificaciones destinadas a uso comercial y finalmente los daños en las carreteras de la zona.

En el Capítulo 4 se muestra la valuación económica sobre el costo de reparación de los daños generados por el sismo del 30 de septiembre de 1999 en el estado de Oaxaca.

Finalmente, el Capítulo 5 presenta las conclusiones y recomendaciones que el CENAPRED hace al Sistema Nacional de Protección Civil.

CAPÍTULO 2

SISMOLOGÍA

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan las características sismológicas destacables del sismo del 30 de septiembre de 1999. Se hace una breve historia sísmica de la región, así como una comparación con el sismo del 15 de junio de 1999, cuya falla tectónica fue del mismo tipo. El capítulo se basa en el informe preparado por el grupo de sismología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

2.2 EVENTO PRINCIPAL Y RÉPLICAS

El estado de Oaxaca, como gran parte del territorio mexicano, es afectado por temblores que en su mayoría son originados por la subducción de las placas de Cocos y de Rivera bajo la placa continental de Norteamérica. Sin embargo, el estado de Oaxaca también se ve afectado por sismos de profundidad intermedia de falla normal producto del rompimiento de la placa de Cocos ya subducida. Un ejemplo de este tipo de sismos que al igual que el sismo del 30 de septiembre afectó seriamente al estado de Oaxaca, fue el sismo del 15 de enero de 1931 ($M=7.8$). De acuerdo con Singh y otros (1999), en la región han ocurrido, desde 1864, 11 sismos con magnitud mayor a 6.5. Esto significa que el periodo de retorno de los sismos de falla normal con magnitud mayor a 6.5 es de aproximadamente 15 años. En la tabla 2.1, se listan los temblores de falla normal y con magnitud 6.5 o mayor, que han ocurrido en la zona desde 1864.

Tabla 2.1 Historia sísmica de la región (Singh et al., 1999)

Fecha	Latitud, °N	Longitud, °O	Profundidad, km	Magnitud
Octubre 3, 1864	18.70	97.40	----	7.3*
Mayo 17, 1879	18.60	98.00	----	7.0*
Febrero 10, 1928	18.26	97.99	84	Ms 6.5
Enero 15, 1931	16.40	96.87	40	Ms 7.8
Julio 26, 1937	18.48	96.08	85	Ms 7.3
Octubre 11, 1945	18.32	97.65	95	Ms 6.5
Mayo 24, 1959	17.72	97.72	80	Ms 6.8
Agosto 28, 1973	18.30	96.53	82	$M_w=7.0$
Octubre 24, 1980	18.03	98.27	65	$M_w=7.0$
Junio 15, 1999	18.20	97.47	60	$M_w 7.0$

* Para los sismos ocurridos de 1864 y 1979 se desconoce el tipo de magnitud al que se hace referencia.

El sismo del 30 de septiembre de 1999 fue de fallamiento normal con epicentro cerca de la ciudad de Puerto Escondido. Su magnitud de momento sísmico fue $M_w=7.5$. Sobre la localización de su foco existieron variaciones importantes; en la tabla 2.2 se presentan la información proporcionada por diferentes instituciones.

Tabla 2.2 Localización del foco del sismo del 30 de septiembre de 1999 (Singh et. al, 2000)

Fuente	Latitud (°N)	Longitud (°O)	Profundidad (km)
Harvard CMT	16.230	96.970	53.9
NEIC CMT	16.148	96.708	53.0
Universidad de Michigan	16.100	96.700	42.0
Kikuchi	16.100	96.700	55.0
UNAM	16.000	97.020	39.7

En lo que se refiere a las réplicas generadas por el evento principal del 30 de septiembre de 1999, el Servicio Sismológico Nacional informó sobre 21 réplicas de magnitud 4.0 a 4.7 durante los 20 días siguientes. Con relación al sismo del 15 de junio de 1999, la magnitud y número de réplicas fue mayor; este aspecto puede ser un reflejo de que la profundidad del foco fue menor que la del sismo de Tehuacan.

2.3 ATENUACIÓN DEL MOVIMIENTO DEL TERRENO

El sismo del 30 de septiembre de 1999, generó aceleraciones máximas del terreno superiores a los 300 cm/s² en la zona cercana al epicentro. Este valor se atenuó con la distancia; así, por ejemplo, en la ciudad de México, en la zona de terreno firme se registraron aceleraciones máximas del terreno de aproximadamente 10 cm/s², la mitad de la registrada para el sismo del 15 de junio de 1999 y un tercio de la registrada durante el gran sismo de subducción del 19 de septiembre de 1985 (Ms=8.1). En la fig. 2.1 se muestra un mapa de isoaceleraciones generadas por el sismo.

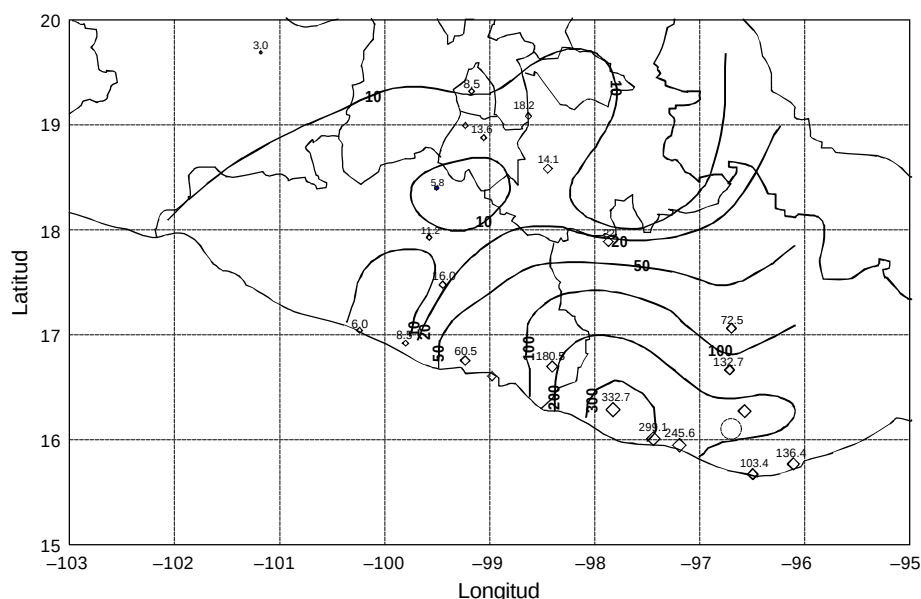


Figura 2.1 Mapa de isoaceleraciones generadas por el sismo del 30 de septiembre de 1999 con magnitud $M_w=7.5$ (Singh y otros, 2000)

De acuerdo con los daños que se presentaron, el temblor del 30 de septiembre de 1999 tuvo una intensidad máxima en la escala de Mercalli modificada de VIII. En la fig. 2.2 se presenta un mapa de curvas de igual intensidad (isosistas); en ella se sombrea la zona correspondiente a los niveles VII y VIII, que es la zona donde existieron daños significativos. Los grados VII y VIII

corresponden, respectivamente, a daños considerables y graves en estructuras deficientemente construidas. De acuerdo con el mapa de isosistas, el estado de Oaxaca fue el que resintió los mayores daños, resultando los municipios de la región de la Costa y Valles Centrales los más afectados.

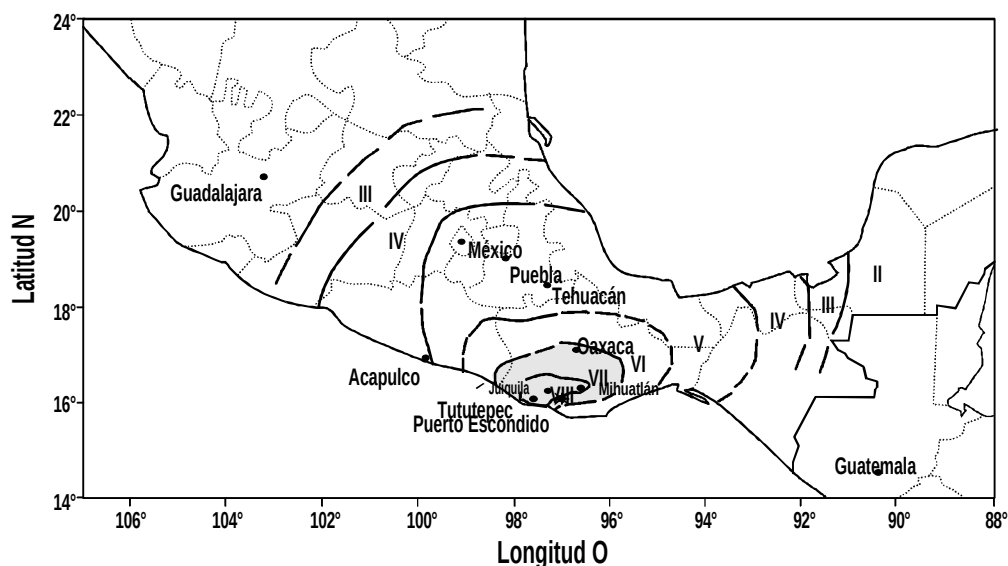


Figura 2.2 Mapa de isosistas por el sismo del 30 de septiembre de 1999 con magnitud $M_w=7.5$ (Gutiérrez, 1999)

Comparativamente, el sismo del 15 de junio ($M_w=7.0$) generó la misma intensidad en la escala de Mercalli modificada (VIII) que el sismo del 30 de septiembre ($M_w=7.5$). Sin embargo, para la misma intensidad (nivel de daño), la aceleración máxima del terreno generada por el sismo del 30 de septiembre fue aproximadamente el doble que la que generó el sismo del 15 de junio (fig. 2.3); esto probablemente significa que las construcciones del estado de Oaxaca son, probablemente, de mejor calidad.

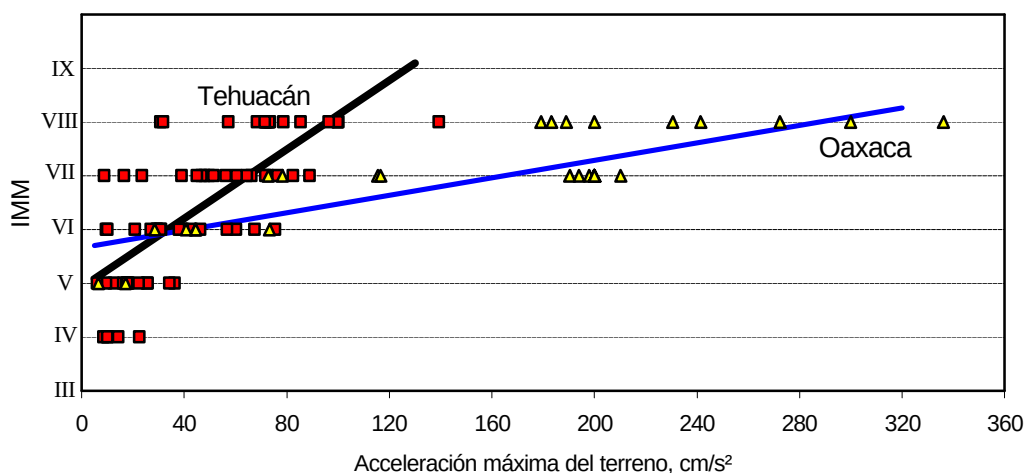


Figura 2.3 Relaciones escala de Mercalli modificada - aceleración máxima del terreno para los sismos del 15 de junio y 30 de septiembre de 1999 (Alcocer y otros, 2002)

2.4 INTENSIDAD EN LA CIUDAD DE OAXACA

La ciudad de Oaxaca se localiza a aproximadamente 230 km del epicentro del sismo del 30 de septiembre. A una distancia similar se localizó la ciudad de Puebla del epicentro del sismo del 15 de junio de 1999. En la fig. 2.4 se grafica el espectro de respuesta de aceleraciones absolutas registrados para ambos sismos, en zona de terreno firme de las ciudades de Puebla y Oaxaca. En la ciudad de Puebla la estación acelerográfica se localiza en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (estación BHPP) y en la ciudad de Oaxaca en el Parque las Canteras (estación OXLC).

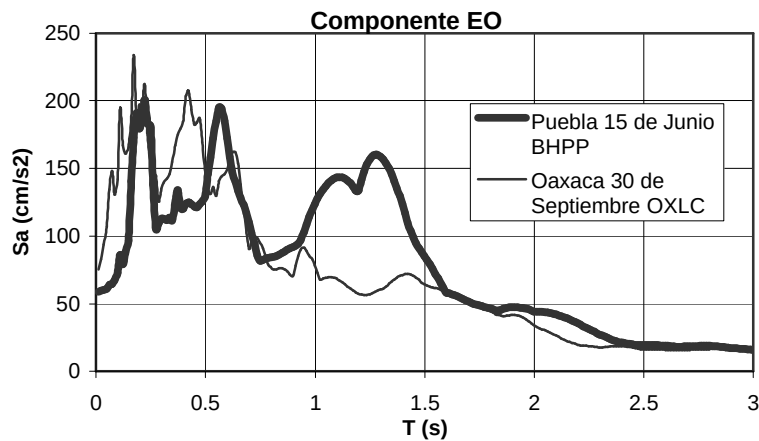


Figura 2.4 Espectros de respuesta para los sismos del 15 de junio y 30 de septiembre de 1999, en zona de terreno firme de las ciudades de Puebla y Oaxaca

En la figura se observa que en periodos cortos (entre cero y 0.7 s), las ordenadas espectrales fueron mayores para el sismo del 30 de septiembre. Para periodos entre 1 y 1.5 s, las ordenadas del sismo del 15 de junio fueron mayores. Esto puede ser un indicio de que en la zona de terreno firme en Puebla existen efectos de sitio, debidos a la formación de estratos rocosos superficiales que son más jóvenes que los profundos.

En lo que se refiere a los daños observados en la ciudades de Puebla y Oaxaca, se apreció que fueron mayores en la ciudad de Puebla; probablemente ello se deba a que los efectos de sitio fueron más considerables en esta ciudad. En particular, el caso de los monumentos históricos, este tipo de estructuras son más robustas en la ciudad de Oaxaca que en la ciudad de Puebla.

CAPÍTULO 3

DAÑOS DERIVADOS DEL SISMO DEL 30 DE SEPTIEMBRE DE 1999

3.1 INTRODUCCIÓN

En este Capítulo se describen los daños en distintos tipos de edificación de la Ciudad de Oaxaca, Puerto Escondido, San Gabriel Mixtepec, Santa Catarina Juquila y Santa María Colotepec.

3.2 CIUDAD DE OAXACA DE JUÁREZ

Es la capital del estado, con una población de aproximadamente 700,000 habitantes, ubicada en la zona de los “valles centrales”. Esta población está localizada en la zona C del mapa de Regionalización Sísmica de la República Mexicana del Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad. Esta es la segunda región de mayor sismicidad en el país.

Las edificaciones de esta ciudad son, en general, de media y baja altura. Como en la mayor parte del estado, la edificación para casa habitación, está resuelta, en su mayoría, con mampostería de adobe y en un alto porcentaje carece de elementos de concreto reforzado para proporcionar confinamiento. Los sistemas de techo se resuelven con estructura de madera y teja o lámina de asbesto para las casas de un solo nivel, y con losas de concreto (con peralte medio de 10 cm) para las edificaciones de dos o más niveles. Una práctica común en las edificaciones de mampostería tradicional de adobe es la colocación de pretilas ornamentales de gran volumen y peso en las cornisas de las fachadas. La estructura de los pretilas generalmente es de mampostería de tabique, piedra y escombros de ambos materiales; no cuenta con elementos estructurales de liga con la estructura, por lo que son altamente inestables.

Existe también una gran cantidad de iglesias, las cuales, a diferencia de la tendencia arquitectónica del estado vecino de Puebla, son estructuras más robustas tanto en el cuerpo principal, como en las estructuras de las torres de campanarios.

En la visita de campo se pudo observar que, en general, las edificaciones que presentaron algún daño producto de la incidencia del sismo del 30 de septiembre, fueron estructuras relativamente antiguas, que además presentaban problemas de comportamiento estructural, en la mayoría de los casos producto de la ausencia de mantenimiento.

3.2.1 Características y Tipos de Daño

Los daños, sus características y el nivel del mismo observados en la ciudad de Oaxaca se clasificó en tres grandes rubros: daño observado en estructuras de mampostería, en estructuras de concreto reforzado y el observado en estructuras de templos. Se mencionan brevemente las características y nivel de daño de las distintas edificaciones visitadas, las cuales fueron reportadas con daño debido al sismo del 30 de septiembre, indicando en cada caso el tipo de sistema estructural de que se trata.

3.2.2 Teatro Macedonio Alcalá

Estructura de mampostería en los elementos verticales, está ubicado en la esquina de las calles Independencia y Armenta y López. Este edificio, inaugurado en 1909, tiene muros de gran altura y exhibe problemas derivados por humedad e intemperismo propias de una marcada ausencia de mantenimiento. Se observó agrietamiento ligero en la junta entre muros ortogonales debido a la falta de elementos de liga entre ellos, problema de estructuración propio de las edificaciones construidas a principios del siglo XX. El sistema de piso de esta edificación está resuelto con elementos de acero estructural y bóveda catalana, no presentando daños apreciables debidos al sismo en cuestión. Como remate de la ornamentación de la fachada en la azotea de este edificio, se tenían elementos tallados en piedra de dimensiones y peso considerable (peso aproximado de 75 a 100 kg y altura del orden de 1m, fig. 3.1).

Estos elementos de ornamentación se trataban de anclar a la estructura del inmueble con una barra lisa de 19 mm de diámetro, y con una longitud de anclaje de 15 cm. Esta condición de anclaje resultaba insuficiente para los niveles de fuerzas inerciales que se generaron en la masa de estos elementos ornamentales, lo que ocasionó su desprendimiento y caída. Algunos de estos elementos cayeron hacia el edificio (fig.3.2); y otros cayeron hacia la vialidad y banquetas (fig. 3.2); su caída generó daños en automóviles estacionados frente al edificio. Afortunadamente no pasaba ningún peatón por la banqueta, por lo que no hubo pérdida de vidas.



Figura 3.1 Vista de la azotea del teatro Macedonio Alcalá



Figura 3.2 Ornamento que remataba la fachada del Teatro Macedonio Alcalá

3.2.3 Edificio Particular Ubicado en Contraesquina del Teatro Macedonio Alcalá

En el mismo cruce de las calles de Independencia y Armenta y López, pero en contraesquina al edificio del Teatro Macedonio Alcalá, se encuentra una estructura de mampostería de adobe y piedra de dos niveles. Esta edificación, usada para habitación y oficinas, presentaba daño ligero en algunos muros principalmente de la fachada, en un alto porcentaje producto de la falta de mantenimiento. Esta edificación presentó problemas de desprendimiento e inestabilidad en los dinteles de las ventanas y puertas de los balcones del segundo nivel. Este problema, aunque no puso en peligro la estabilidad de la edificación, sí constituyó un peligro para la integridad física de los peatones que circulaban por la banqueta del frente del edificio, motivo por el que las autoridades locales de Protección Civil acertadamente colocaron señalamientos de peligro e impidieron el paso (fig. 3.3). Esta estructura, al igual que la gran mayoría de las estructuras de mampostería de la ciudad, presenta una densidad de muros adecuada para soportar fuerzas laterales provocadas por sismo, pero la falta de liga entre muros ortogonales afecta la seguridad estructural y provoca comportamientos inadecuados ante sismo.



Figura 3.3 Daño en el dintel de la edificación de dos niveles ubicada frente al Teatro Macedonio Alcalá

3.2.4 Edificación Ubicada en la Calle Reforma No.101

Se trata de una casa habitación habilitada para alojar una papelería y tlapalería. En este inmueble se observó otro tipo de daño característico en las edificaciones de adobe de esta ciudad durante el sismo del 30 de septiembre: el desprendimiento y caída de parte del adobe que constituía el aplanado de las fachadas (fig. 3.4). Este tipo de daño no-estructural, aunque no pone en peligro la estabilidad y nivel de seguridad de la estructura, si es un peligro para la seguridad de los transeúntes. Debe recordarse que, producto de este sismo, gran parte de la pérdida de vidas se debió a que los ocupantes de los inmuebles, respondiendo a una de las recomendaciones de los sistemas de Protección Civil, trataron de evacuar durante la ocurrencia del evento natural, al salir no percibieron la posibilidad de desprendimiento de elementos de fachada, generalmente de gran peso, que pueden provocar lesiones e incluso la muerte. Aunado a este problema, está la posibilidad de caída de postes de alumbrado en mal estado, así como la caída de cables de alta tensión.



Figura 3.4 Desprendimiento de adobe en la fachada de edificación de un nivel

3.2.5 Antiguo Internado Ignacio Mejía

Este edificio que albergaba la escuela del antiguo internado Ignacio Mejía, ahora Escuela Moisés Sáenz Garza para Trabajadores, está ubicada en la calle Valerio Trujano esquina con J.P.García. La edificación consta de dos niveles conformando una estructura típica de escuela en forma de anillo con un patio central. La estructura anular es una estructuración combinada de mampostería de adobe en todos los muros de la periferia, con algunos elementos de concreto reforzado principalmente en la estructura de pasillos interiores hacia el patio central. Esta es otra edificación que presentó desprendimiento y caída de parte importante del pretil que remataba la estructura de fachada. El pretil de esta edificación, estaba constituido por tabique, piedra y mortero de pega (figs. 3.5 y 3.6). El desprendimiento de este pretil ocasionó únicamente pérdidas materiales en los vehículos estacionados frente al edificio. No se observaron daños estructurales de consideración.



Figura 3.5 Fachada de la escuela Moisés Sáenz de la Garza



Figura 3.6 Estructura del pretil de remate en la fachada de la escuela Moisés Sáenz de la Garza

3.2.6 Escuela de Medicina de la Universidad Benito Juárez de Oaxaca

El edificio representativo de la Escuela de Medicina de la Universidad Benito Juárez de Oaxaca (UBJO), es una estructura de mampostería de adobe de un nivel. En ella ocurrieron daños en elementos no estructurales, como aplanados de malla y adobe de calidad pobre, además de agrietamiento ligero en los dinteles de las puertas (figs. 3.7 y 3.8).



Figura 3.7 Daño en malla de acabados del edificio de la Escuela de Medicina de la UBJO



Figura 3.8 Daño en dinteles de puertas de la Escuela de Medicina de la UBJO

3.2.7 Auditorio de las Oficinas de la Confederación Nacional Campesina

Edificación de un nivel, constituida con muros perimetrales de mampostería de adobe. La techumbre está constituida por una armadura de acero estructural que soportan una lámina metálica y translúcida, resultando en una masa muy pequeña. Los muros de adobe estaban conformados por tableros de dimensiones aproximadas de 4 metros de lado, confinados por dadas y columnas de concreto reforzado recubiertas con adobe. Sin embargo, la edificación, aunque nueva, adolece de elementos de liga adecuados entre la estructura de columnas de concreto reforzado y los muros de adobe; este defecto ocasionó inestabilidad y caída de los mismos fuera de su plano. El muro del estrado del auditorio falló por inestabilidad fuera del plano al generarse fuerzas inerciales perpendiculares al plano del muro producto de la aceleración del terreno debida al sismo (fig. 3.9).



Figura 3.9 Daño en muro de adobe del auditorio de la CNC

3.2.8 Templo de la Merced

Respecto a daños en templos, un caso típico fue el de la Iglesia de la Merced, ubicada en la calle de Nieves y Av. Morelos. Esta iglesia presentó desprendimiento y caída de elementos ornamentales de la torre de campanario (fig. 3.10). De acuerdo con información del mayordomo del templo, sufrió daños similares durante sismos anteriores; aún se pueden observar en la parte posterior algunos escombros de daños pasados. Producto del sismo del 30 de septiembre se abrieron nuevamente grietas que se habían presentado en sismos anteriores, agrietamientos ligeros en muros y en claves de arcos de la bóveda principal (figs. 3.10 y 3.11).



Figura 3.10 Fachada del templo de la Merced



Figura 3.11 Agrietamientos ligeros en arcos de la bóveda principal

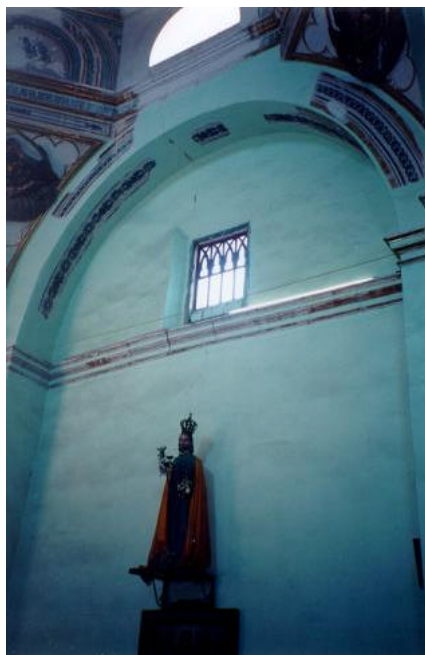


Figura 3.12 *Agrietamiento ligero en muros*

Según información del Instituto Nacional de Antropología e Historia, la mayoría de los daños reportados en las iglesias, fue en la ornamentación de los retablos en los interiores. Muchos de estos retablos son Patrimonio de la Nación y de la Humanidad, y por lo tanto su restauración requiere de un presupuesto importante, no obstante tales daños no ponen en peligro ni la estabilidad del inmueble, ni en la mayoría de los casos, la integridad de los feligreses que a estos confluyen.

3.2.9 Hospital Civil Dr. Aurelio Valdivieso

Se trata de una estructura de concreto reforzado de cuatro niveles a base de marcos resistentes a momento, y muros de mampostería confinada y concreto en algunos casos que se encontraban en su mayoría ligados a la estructura de los marcos.

En el Hospital Civil Dr. Aurelio Valdivieso los daños básicamente se concentraron en elementos no estructurales. Estos daños son de consideración, siendo los más frecuentes la caída de plafones, desprendimiento de aplanados, rotura de vidrios; daños que aunque no ponen en peligro la estabilidad y seguridad de la estructura, sí provocaron el desalojo y evacuación temporal del mismo, lo que desde el punto de vista de diseño de estructuras del Tipo A (estructuras que deberán seguir funcionando después de la ocurrencia de una emergencia urbana) resulta inaceptable y puede considerarse como falla del hospital.

El hospital está compuesto por un conjunto de edificios de concreto reforzado, estructurados a base de marcos, con muros estructurales de concreto reforzado en los extremos de sus cuerpos (en la fig. 3.13 se presenta una de las fachadas del hospital), y muros de mampostería confinada en el interior. Todos los cuerpos están comunicados con pasillos, que a su vez se constituyen en juntas de construcción para permitir el comportamiento independiente de cada cuerpo y evitar así efectos de torsión o concentración local de esfuerzos.



Figura 3.13 Fachada del Hospital Civil Dr. Aurelio Valdivieso

Los daños en este conjunto hospitalario se concentran en el edificio de hospitalización infantil, edificio de cuatro niveles contiguo al cuerpo o edificio principal, comunicado con éste con un pasillo, que también es junta de construcción (fig. 3.14). Solamente una columna, ubicada en la vecindad del pasillo que une al edificio de hospitalización infantil con el edificio principal, presentó daños estructurales de consideración. Esta columna presentó agrietamiento por tensión diagonal en la vecindad de la unión con el sistema de piso superior; el agrietamiento cruza al muro de mampostería estructural de la colindancia o fachada (fig. 3.15). En cuanto a los daños no estructurales, se presentó desprendimiento de aplanados (principalmente en las zonas aledañas a los pasillos que unen a los edificios y que a su vez son juntas constructivas, fig.3.14). Además, también hubo desprendimiento y caída de plafones y vidrios de ventanas.



Figura 3.14 Junta de construcción entre cuerpos del complejo hospitalario y agrietamiento ligero en la misma, visto desde el interior del inmueble



Figura 3.15 Columna con daño por tensión diagonal

3.2.10 Hospital General de Zona del Seguro Social

Es una estructura de concreto reforzado resuelta a base de marcos resistentes a momento; en esta edificación no se observaron muros estructurales de concreto, pero existen una cantidad considerable de muros de mampostería, confinada y no confinada, que están ligados a los marcos, con lo que se incrementó la rigidez, y en cierta medida, la resistencia de la estructura ante cargas laterales.

Los daños observados en este edificio son predominantemente no estructurales, dominando el desprendimiento generalizado de aplanados y caída de plafones en algunas zonas del edificio (fig. 3.16). Este tipo de daños aunque no puso en peligro la seguridad de la estructura, sí mermó considerablemente su funcionalidad; este hospital también fue evacuado temporalmente. Los daños en los aplanados y concreto de recubrimiento de los elementos estructurales, se puede asociar al uso de materiales inadecuados para fabricar los morteros y concretos. La restauración de la mayoría de los elementos dañados se resolvió localmente con un “rajueleo”, colocación de malla de gallinero y restitución del repellado de mortero (figs. 3.16 y 3.17).



Figura 3.16 Daño en aplanados y restitución de los mismos

El daño estructural de mayor severidad se observó en la estructura de dos niveles que alberga al cuarto de máquinas del hospital; ahí hubo desprendimientos del concreto de recubrimiento en una de las columnas del primer nivel (siendo cuatro columnas de soporte para este apéndice) (fig. 3.18). El daño se puede asociar a materiales inadecuados para la elaboración del concreto, así como a la pobre adherencia del acero de refuerzo longitudinal en las columnas y a la gran separación del acero de refuerzo lateral (separación del orden de 20 cm). En el segundo nivel de este mismo edificio, se observó una grieta debida a cortante en la parte superior de la misma columna dañada del primer nivel (fig. 3.18). Este problema se debe a una concentración de esfuerzos en la zona de esquina del hueco para ventanas y la presencia de una junta fría entre el concreto colado para los elementos del entrepiso (columnas) y el concreto colado para el sistema de piso inmediato superior (trabes y losa).



Figura 3.17 Muros de mampostería reparados



Figura 3.18 Características del daño en la estructura donde se aloja el cuarto de máquinas

3.3 SAN GABRIEL MIXTEPEC

Es la cabecera del municipio del mismo nombre, y cuenta con una población de aproximadamente 30,000 habitantes, ubicada en colindancia con la carretera Federal No. 131 del estado de Oaxaca, entre la denominada Región de la Sierra Sur y la Región de la Costa. Además, se localizada en la zona D del mapa de Regionalización Sísmica de la República Mexicana del Manual de Diseño por Sismo de la Comisión Federal de Electricidad. Ésta, es la región de mayor peligro sísmico en el país.

Las edificaciones de esta población son en un alto porcentaje (aproximadamente 90%) para casa habitación, y el restante son construcciones propias del gobierno municipal y pequeños comercios. Dentro de las edificaciones para casa habitación, aproximadamente el 80% son estructuras de mampostería de adobe. En la mayoría de ellas se observó ausencia de elementos de concreto reforzado para proporcionar confinamiento al adobe, y los sistemas de techo se resuelven con estructura de madera y teja o lámina de asbesto para las casas de un solo nivel, y con losas de concreto para las edificaciones de dos o más niveles.

Al momento de la visita de campo ya se habían demolido 300 casas con ayuda de efectivos de la Secretaría de la Defensa Nacional, la mayoría de ellas construidas con adobe sin elementos confinantes de concreto reforzado.

3.3.1 Características y Tipos de Daño

Los daños, sus características y el nivel del mismo para esta población se puede clasificar en tres grandes rubros: para estructuras de mampostería de adobe, para estructuras de mampostería de tabique con elementos confinantes de concreto reforzado y para estructuras de templos. En seguida se hace una descripción breve de las características y nivel de daño para cada uno de los diferentes tipos de sistemas estructurales.

3.3.2 Estructuras de Mampostería de Adobe

Las características del daño en este tipo de estructuras es repetitivo y consistente con las reportadas para este tipo de edificaciones en diferentes eventos sísmicos en el continente americano: la falta de elementos confinantes y de liga en las esquinas entre muros ortogonales, que provoca un comportamiento independiente del conjunto de muros, además de contar con una rigidez y resistencia muy baja ante sollicitaciones perpendiculares a su plano. Así, por la falta de liga entre los muros, se presenta agrietamiento y separación del adobe en las zonas de esquina de las estructuras (fig. 3.19). Este movimiento independiente de los muros fuera de su plano, ocasiona que el sistema de techumbre pierda el apoyo vertical, y la escasa liga que éste pudiera proporcionar al conjunto de muros, lo que finalmente se traduce en la caída de techumbres y el desplome o falla de muros (fig. 3.20).



Figura 3.19 Daño en edificación de adobe sin liga entre muros ortogonales



Figura 3.20 Daño total en edificación de adobe por ausencia de liga entre muros

De acuerdo con información de la Secretaría de Desarrollo Social y del gobierno municipal, la mayoría de las 300 casas demolidas presentaba alguno de estos problemas. Solamente el 20% presentó problema de desplomes o fallas.

Es importante resaltar que el adobe como material para la construcción no necesariamente presentará comportamientos inadecuados o bajos niveles de seguridad estructural ante fuerzas laterales inducidas por los sismos, como puede observarse de la fig. 3.21, estructuras de adobe con una densidad de muros y con un procedimiento de liga (traslape de adobes en la esquina, por ejemplo) adecuados permite que la estructura pueda resistir la acción de las fuerzas sísmicas sin daño.



Figura 3.21 Estructura de adobe con buen comportamiento, presenta traslape de tabique en las esquinas

3.3.3 Estructuras de Mampostería de Piedras Artificiales

Al igual que para el caso de estructuras de mampostería de adobe, el daño es repetitivo y consistente con los daños reportados en sismos anteriores en Latinoamérica. Se presentan casos de edificaciones estructuradas a base de mampostería de tabique, con algunos elementos de concreto reforzado, dalas y castillos, como elementos de liga entre muros ortogonales (fig. 3.22). Sin embargo, los elementos de concreto reforzado no se contemplaron necesariamente como elementos confinantes de la mampostería, o elementos que soportaran esfuerzos generados en regiones de singularidad como son las esquinas de los huecos para puertas y ventanas, dando lugar a fallas características en estas zonas de la estructura por la ausencia de elementos de confinamiento y “cierre” o “amarre” (fig. 3.23).

Se pudieron apreciar tendencias lógicas y racionales en los procedimientos constructivos de este tipo de edificaciones, como es el uso de dalas de cerramiento en la parte superior de los huecos; pero desafortunadamente la no idoneidad en el uso y colocación de los elementos de cerramiento verticales (castillos) ocasionó que el comportamiento de estas edificaciones resultara inadecuado (figs. 3.24 a 3.26). También se apreció que, aunque algunos muros tienen elementos confinantes de concreto reforzado, no existe una liga adecuada entre el tabique del muro y el elemento de concreto del confinamiento, lo cual provoca finalmente un comportamiento independiente cuando los muros son solicitados perpendicularmente a su plano.



Figura 3.22 Estructura de mampostería de tabique tradicional en la región



Figura 3.23 Daño en las aberturas de muros de mampostería por ausencia de elementos de confinamiento



Figura 3.24 Daños derivados por una distribución inadecuada de elementos confinantes en la mampostería



Figura 3.25 *Falla por corte en un y castillo*

Un caso especial lo constituye el inmueble destinado al gobierno municipal. En este edificio se emplearon inadecuadamente los elementos confinantes en cuanto a separación y criterio de localización en huecos de puertas y ventanas. Con una distribución inadecuada de los elementos confinantes, los muros de mampostería son, para fines prácticos, de mampostería simple y, por tanto, susceptibles de presentar daño por corte como se observa en la fig. 3.24. Finalmente, con respecto a esta estructura, se podría pensar que tendría el mejor control de calidad en el proceso de construcción por ser el edificio destinado al gobierno de la municipalidad. Sin embargo, se pudo observar (fig. 3.26) la colocación de un castillo en la vecindad de la esquina de unión entre dos muros ortogonales y no exactamente en la esquina. Esto puede considerarse como una clara evidencia de la inexistente supervisión y control del diseño y construcción de las edificaciones en esta región.



Figura 3.26 *Colocación inadecuada de castillos en la esquina superior anterior del edificio*

En contraste, se observaron edificaciones de mampostería de tabique rojo recocido con estructuración y calidad de construcción adecuadas para soportar los sismos (fig. 3.27). En este tipo de edificaciones se aprecia una distribución adecuada de los elementos confinantes y buena calidad en el concreto empleado. Edificaciones con estas características estructurales no presentaron daño alguno ante la incidencia del sismo.



Figura 3.27 Edificación de tabique rojo recocido con estructuración y comportamiento adecuados

Según comentarios de los habitantes de la región, las casas con mejor estructuración fueron construidas por los mismos propietarios, quienes una de sus labores remuneradas de mayor importancia es el trabajo en la construcción en la ciudad de México o ciudades grandes de la República (no necesariamente del mismo estado de Oaxaca). Las otras construcciones, que presentaron problemas estructurales de origen, generalmente son levantadas por albañiles de poblaciones aledañas, cuya experiencia y criterios para el proceso de construcción son locales. Al parecer no existe transferencia de conocimientos y experiencias entre los que trabajan en la industria de la construcción fuera de la localidad con aquellos que tradicionalmente han trabajado sólo en la localidad.

3.3.4 Templos

Al igual que en todo el estado de Oaxaca, las iglesias presentan configuraciones estructurales robustas, las cuales se notan en la mayor dimensión de las columnas de soporte en las torres de campanarios, así como en la menor altura de los cuerpos, cubos y torres de los mismos, comparativamente con los observados en el estado de Puebla durante el recorrido hecho después del sismo del 15 de junio de 1999 (Alcocer y otros, 1999).

Los daños observados en la iglesia de esta comunidad, la cual es de construcción reciente, se concentraron en las columnas soporte de la torre del campanario (fig. 3.28). La estructura de la torre está resuelta a base de columnas de concreto reforzado que soportan una cúpula del mismo material. Con objeto de proporcionarle las aberturas en forma de arcos tradicionales de los campanarios en la zona, se adicionaron unos arcos de mampostería de tabique rojo sin confinamiento y escasa liga con el marco. El daño observado en la torre no afectó la estructura de soporte de concreto, ya que únicamente interesó a los elementos de “relleno” o acabado de mampostería. Estos elementos, durante el sismo presentaron comportamiento diferente e incompatible con los elementos de concreto, lo que provocó su fractura y desprendimiento.



Figura 3.28 Daños en el campanario de la iglesia principal

El cuerpo principal de la iglesia y los elementos estructurales de la fachada de la misma no presentaron daño estructural de consideración, por lo que se puede concluir que este inmueble no presentó problemas de estabilidad y seguridad estructural. Sin embargo, es importante que al rehabilitar y restaurar la zona dañada de la torre del campanario, esto se haga ligando adecuadamente los elementos no estructurales a la estructura. El objeto de esta liga entre elementos de fachada y estructurales es para lograr la estabilidad de estos e impedir un nuevo desprendimiento que, aunque no ponga en peligro la estabilidad de la estructura, sí puede causar lesiones y pérdidas de vidas humanas.

3.4 MUNICIPIO DE SAN PEDRO MIXTEPEC

El municipio de San Pedro Mixtepec se encuentra en la zona costera del estado de Oaxaca. Según los reportes oficiales, los daños ocurridos en este municipio fueron 183 viviendas con daño (de mínimo a colapso total), dos unidades hospitalarias y una iglesia.

Debido a las condiciones en que se encontraban los accesos a los diferentes poblados de este municipio (los cuales se explicarán más adelante), no fue posible recorrer todo el municipio. Sólo se visitaron los poblados de San Pedro Mixtepec y Puerto Escondido.

3.4.1 San Pedro Mixtepec

El poblado de San Pedro Mixtepec (cabecera municipal del mismo nombre) se encuentra localizado al sur de la ciudad de Oaxaca, en dirección a la población de Puerto Escondido, Oax. En este poblado se apreciaron daños sólo en la iglesia, ubicada a un costado de la Presidencia Municipal del lugar. La iglesia es de construcción “moderna” con planta rectangular y losa maciza a dos aguas. En la fachada este, cuenta con un balcón y una saliente que están adosados al cuerpo de la torre (fig. 3.29). El eje longitudinal se encuentra orientado en dirección este-oeste. Cuenta con una torre en la parte norte y un campanario que sobresale la construcción. Según comentarios de algunos lugareños, en la parte superior del campanario se encontraba una bóveda que fue destruida totalmente. El sistema estructural está compuesto por columnas y vigas de concreto reforzado. Los muros son de mampostería de tabique rojo recocido y se encontraban ligados a las columnas y vigas.



Figura 3.29 *Fachada principal de la iglesia de San Pedro Mixtepec*

Los daños presentados en la construcción se concentraron en los muros de la saliente de la fachada este (acceso principal), así como en el cuerpo de la torre y el campanario, observándose grietas inclinadas, caída de aplanados y falla completa de muros. En los elementos confinantes de los muros de relleno, se observó acero de refuerzo longitudinal del No. 4 y acero transversal a cada 20 cm. También se observó un deficiente anclaje del acero longitudinal en la base del cuerpo de la torre y en el arranque del campanario (fig. 3.30). Según se indicó, tanto el cuerpo de la torre como el campanario serían demolidos para su posterior reconstrucción.



Figura 3.30 *Anclaje deficiente del refuerzo longitudinal de la torre del campanario dentro del cuerpo de la iglesia*

En la fachada posterior (extremo oeste), se observó que los muros de relleno eran de reciente construcción; no se pudo constatar si esto fue debido a algún daño anterior (fig. 3.31). El resto de la construcción se encontró en buen estado.



Figura 3.31 Fachada posterior sin daño

3.4.2 Puerto Escondido

Es una de las ciudades de mayor importancia después de la ciudad de Oaxaca; cuenta con aeropuerto y una excelente infraestructura turística. Su actividad principal, evidentemente, es el turismo nacional e internacional, así como el comercio. Las construcciones con que cuenta la ciudad son de baja a mediana altura. La mayoría de ellas son de mampostería de piezas de barro confinada con dalas y castillos, aunque también se pueden observar estructuras de concreto y de acero a base de marcos.

En general, los daños en las construcciones se pueden catalogar como ligeros, aun cuando Puerto Escondido fue una de las ciudades más cercanas al epicentro del sismo del 30 de septiembre. En seguida se describen algunos de los daños observados.

3.4.2.1 Edificio 1ª Norte y 1ª Poniente

El edificio se encuentra localizado en la esquina que forman las calles 1ª Norte y 1ª Poniente. Cuenta con tres niveles de los cuales, el primero está destinado a comercios y los dos restantes como habitaciones de hotel. En la dirección larga, norte-sur, cuenta con 12 crujías; al inicio de la séptima crujía existe un cambio en la altura. No se observó ninguna junta constructiva. En la dirección corta sólo presenta una crujía. El edificio está construido a base de mampostería confinada de tabique rojo recocido y marcos de concreto en la planta baja (fig. 3.32).



Figura 3.32 Edificio 1ª Norte y 1ª Poniente

El daño que se presentó en el edificio fue en las dos primeras crujías del primer nivel de la parte sur. No se pudo constatar exactamente en que consistió el daño pero seguramente fue en los muros que se encontraban en estas crujías, además de los elementos confinantes, y al momento de la visita se estaban haciendo las reparaciones necesarias al inmueble (fig. 3.33).



Figura 3.33 Detalle del daño y reparación del área dañada

3.4.2.2 Sucursal Bancaria

El edificio se encuentra en la esquina que forman las calles 1ª Norte y 2ª Poniente. Es de concreto reforzado de tres niveles, con columnas y losa reticular; además, cuenta con muros de mampostería de tabique rojo recocido ligados a la estructura y en algunas zonas se observó mampostería de tabicón de muy baja calidad. La mayor parte de los muros de mampostería no está confinada por castillos, y en los casos en donde existen son inadecuados.

En el sentido largo (dirección norte-sur), cuenta con tres crujías de 3.75 m cada una y en el sentido corto, sólo con dos crujías de 3.63 m; la altura del primer entrepiso es de 3 m. Las columnas son de 25 x 40 cm, orientadas con su dimensión mayor paralelas a la dirección corta del edificio (fig. 3.34).



Figura 3.34 Vista lateral de la construcción

El daño observado en esta estructura, consistió en el agrietamiento de una gran cantidad de muros de mampostería, así como aplastamiento del concreto en columnas y pandeo del acero de refuerzo (figs. 3.35 y 3.36). Las columnas que tuvieron daño y que se pudo constatar, fueron las que se encuentran sobre las calles que forman la esquina, y aunque no se tuvo acceso al inmueble, se observó daño en las columnas interiores del edificio. De las columnas exteriores, se pudo corroborar que en la construcción de estos elementos se utilizó como agregado grueso boleto de río y, probablemente, como agregado fino arena de mar. El cementante utilizado era de muy mala calidad. También se pudo constatar que las columnas estaban armadas con estribos a cada 20 o 30 cm de separación (fig. 3.37); esta separación no favorece a un buen comportamiento sísmico.



Figura 3.35 Agrietamiento en muros de fachada



Figura 3.36 *Agrietamiento en muro y columna*



Figura 3.37 *Pandeo del acero de refuerzo, agregado grueso inadecuado y separación elevada del refuerzo transversal*

3.4.2.3 Centro Comercial

Esta construcción se encuentra ubicada en la esquina 3ª Poniente y 4ª Norte. Está construida con marcos de acero estructural y mampostería de tabique rojo recocido que se encuentra en toda la periferia, la cual, aunque no fue posible constatar, seguramente se encuentra confinada por castillos (fig. 3.38).

En general, la estructura presenta un buen diseño. El daño que presentó fue solamente la caída de una porción del faldón exterior (fig 3.39).



Figura 3.38 Vista general del centro comercial



Figura 3.39 Detalle del daño en el faldón de la fachada

3.4.2.4 Hotel Contiqui

El edificio se encuentra sobre la Costera en la esquina de 1ª Sur y la carretera Puerto Escondido-Acapulco. Cuenta con cuatro niveles y su estructuración es a base de muros de carga de mampostería confinada de tabique rojo recocido. La planta del inmueble tiene forma de trapecio, con 1m de ancho en la parte más angosta, 8 m, aproximadamente, en la parte más ancha y una longitud de 18 m (fig. 3.40).

Según se informó, la edad aproximada del edificio es de 40 años y funcionó como hotel. La construcción se encuentra en abandono total y por tal razón presenta un deterioro importante. Además de este problema, se observaron daños producidos por el sismo que consistieron en agrietamiento de los muros de mampostería de los tres primeros niveles, siendo mayor el del primer entrespiso.



Figura 3.40 Vista frontal del edificio

3.4.2.5 Edificio Telmex

El edificio se encuentra en la carretera Puerto Escondido-Acapulco y alberga oficinas de la compañía de Teléfonos de México S.A. Consta de dos niveles más dos niveles extra en forma de apéndice. La estructura es de concreto reforzado con muros diafragma.

Los daños que se presentaron en este edificio fueron caída de acabados y problemas de columna corta en el primer nivel de apéndice (fig. 3.41). El resto de la estructura se encontraba sana.



Figura 3.41 Vista lateral de la central de Telmex

3.4.2.6 Edificación Colonia las Brisas de Zicatlán

Esta edificación se localiza en la colonia Las Brisas de Zicatlán, rumbo a Pochutla, Oaxaca. La estructura es de concreto reforzado y posee muros de mampostería confinada y losa maciza de 10 cm de espesor, aproximadamente. Cuenta con dos niveles, de los cuales sólo se usa el primero. Las columnas son esbeltas, de 20 cm por lado. En la parte posterior de la construcción, se encuentra el cubo de escaleras que hace que esta parte sea mucho más rígida que el resto de la estructura (fig. 3.42).

A pesar de la estructuración, no se observó daño estructural alguno, excepto en un tramo del pretil del segundo nivel.



Figura 3.42 Vista frontal de la edificación

3.5 SANTA CATARINA JUQUILA

El poblado de Santa Catarina Juquila, está enclavado al suroeste del estado de Oaxaca, prácticamente en el corazón de la sierra. Su vida gira entorno al comercio, siendo el centro de reunión de muchos pequeños poblados aledaños. Además, es visitado por una gran cantidad de peregrinos fieles a la Virgen del lugar. En general, su nivel de vida es bajo, con un índice de marginalidad alto.

Se tiene noticia que después del sismo del 15 de enero de 1931 (M 7.8), el poblado de Santa Catarina Juquila sufrió serios daños, entre los que destacan los daños a la iglesia y al Palacio Municipal.

Como resultado del sismo del 30 de septiembre de 1999, en este poblado resultaron afectados, un Hospital Integral dependiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia y la iglesia del lugar; no se observaron daños en viviendas.

3.5.1 Hospital Integral

El hospital consta de cinco cuerpos separados por juntas constructivas (fig. 3.43). El Cuerpo III de la gráfica corresponde al pasillo techado que une los Cuerpos II y IV. El hospital tiene un nivel y está hecho con marcos de concreto reforzado. Solamente en la zona donde está el equipo de aire acondicionado en el Cuerpo II se tienen dos niveles (figs. 3.44 y 3.45). Las columnas son cuadradas de 45 cm de lado y las vigas son de 20 cm de ancho y 80 cm de peralte, aproximadamente. Puesto que el techo es inclinado a dos aguas, las vigas son horizontales e inclinadas. El proyecto arquitectónico resguardado en el inmueble tiene fecha de mayo de 1992. La altura libre de columnas es variable, desde 2.5 m en la parte más baja hasta una dimensión que no fue posible determinar por la existencia de un plafón continuo. Los claros en los Cuerpos I, II, III y

IV varían desde 3.60 hasta 9.20 m (fig. 3.43).

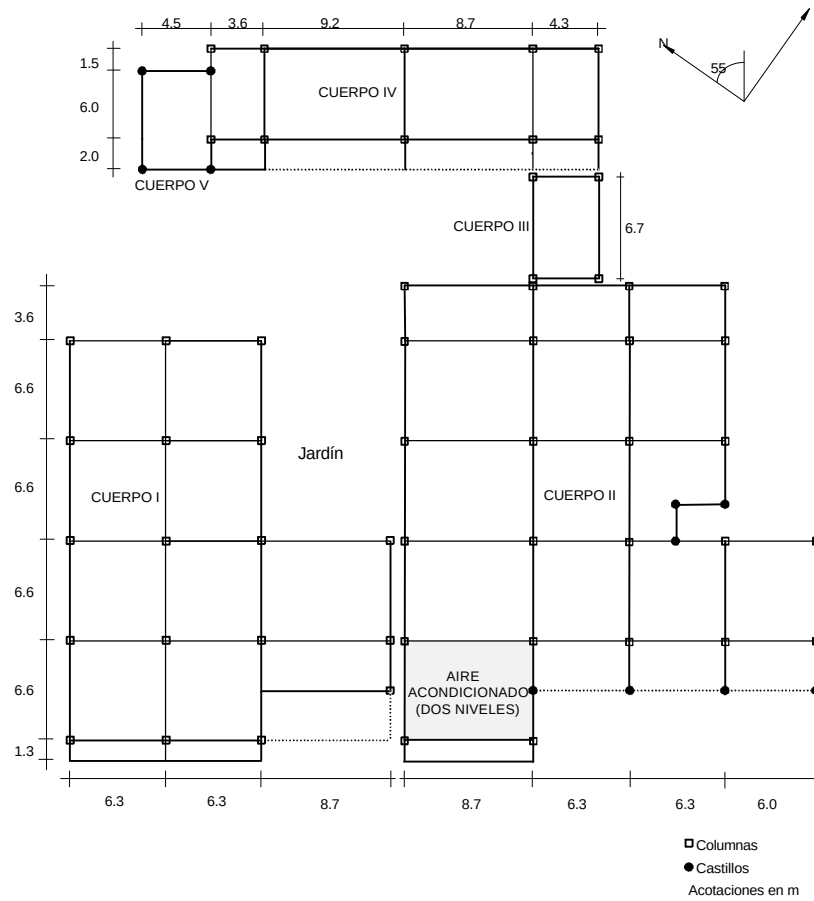


Figura 3.43 Distribución en planta de los diferentes cuerpos que integran el complejo



Figura 3.44 Vista frontal del complejo hospitalario

El hospital está construido en un terraplén que se construyó mediante el corte del cerro adyacente y rellenos de material proveniente de cortes cercanos (figs. 3.45 y 3.46).



Figura 3.45 Vista general del terraplen donde se desplanta la estructura del Hospital



Figura 3.46 Muestra del corte efectuado para generar el terraplén

3.5.1.1 Descripción de Daños Estructurales

En las columnas y vigas de concreto reforzado, que constituyen la estructura resistente a cargas verticales y horizontales, se identificó daño únicamente en tres columnas en el extremo norte del Cuerpo I. El daño tiene forma de agrietamiento inclinado con 0.6 mm de abertura (figs. 3.47 y 3.48). Las grietas son debidas a cortante, producto de los muros cortos de los ventanales en contacto directo con los costados de las columnas. Por el tamaño de las grietas, corresponde a daño ligero.



Figura 3.47 Vista de las columnas de la fachada norte



Figura 3.48 Grietas debidas a esfuerzo cortante en una de las columnas de la fachada norte

Los muros “salientes” referidos arriba presentaron agrietamiento inclinado severo en la mampostería; de particular interés es el agrietamiento de los castillos (fig. 3.49). Revisando los daños, se pudo apreciar que algunos de los elementos confinantes estaban escasamente reforzados o bien el refuerzo no se continuaba en longitud adecuada dentro de los elementos perpendiculares de concreto. Este fue el caso de las barras de los castillos que penetraban escasamente en vigas y dallas (figs. 3.50 y 3.51). En algunos casos, se llegó a distinguir la ausencia de refuerzo longitudinal. El nivel de agrietamiento, en una escala de severidad del daño del 1 al 5, es de 3, en aproximadamente el 30 por ciento de los muros.

En cuanto a la cimentación, se observaron hundimientos diferenciales entre los cuerpos, principalmente entre los Cuerpos II, III y IV. Esto se nota con mayor claridad en la junta de construcción entre los Cuerpos II y III (figs. 3.52 y 3.53). En estas fotografías se aprecia la inclinación de las columnas del Cuerpo III con respecto a las del Cuerpo II. El problema de hundimientos diferenciales es también visible en la banqueta oeste del Cuerpo IV (fig. 3.54). En general, se puede afirmar que los ligeros hundimientos diferenciales fueron propiciados por el reacomodo del suelo que sirve de apoyo a los diferentes cuerpos. No se descarta que el reacomodo se deba a una insuficiente compactación del suelo. En apariencia, los cuerpos que presentan asentamientos diferenciales sólo giraron como cuerpo rígido. Sin embargo, en el acceso al Cuerpo I se observó un levantamiento del piso que sugiere la posibilidad de daño local en la cimentación.

Se observó daño en algunas de las juntas de construcción, específicamente entre los Cuerpos II y III, y entre los Cuerpos IV y V. En ambos casos se considera que el daño es debido a una separación escasa entre los cuerpos.



Figura 3.49 Agrietamiento en una de las salientes de la parte frontal del edificio



Figura 3.50 Detalle del anclaje inadecuado de un castillo en la parte frontal del edificio



Figura 3.51 Detalle del anclaje inadecuado de un castillo en el cuarto de aire acondicionado



Figura 3.52 Desplomo de la columna del cuerpo III, respecto a la del cuerpo II (vista superior)



Figura 3.53 Desplomo de la columna del cuerpo III, respecto a la del cuerpo II (vista superior)



Figura 3.54 Hundimiento diferencial en la zona de la banquetta del cuerpo IV

3.5.1.2 Descripción de Daños No Estructurales

Los muros divisorios de mampostería presentaron agrietamiento inclinado de tipo ligero a medio (figs. 3.55 a 3.57). Se estima que un 40 por ciento de los muros divisorios está agrietado. También en estos muros, como en el caso de los muros “salientes”, se distinguieron algunos errores constructivos, entre los que destacan cantidades de refuerzo insuficientes y nulo anclaje del mismo en las vigas o dalas.



Figura 3.55 Daño ligero un muro divisorio de mampostería confinada



Figura 3.56 Daño moderado en un muro de relleno de mampostería confinada del cuarto de aire acondicionado



Figura 3.57 Daño moderado en un muro de mampostería confinada

3.5.1.3 Instalaciones

No se observaron daños en instalaciones, como líneas de conducción de agua, gas, etc. Todas las instalaciones de conducción tienen uniones flexibles en las zonas de las juntas constructivas de los cuerpos, lo que impidió que se dañaran. El equipo hospitalario no presentó daños.

Conforme al daño observado se concluye que:

- En general, el nivel de daño en la estructura de concreto reforzado, resistente a cargas verticales (peso propio, principalmente) y laterales, se puede clasificar entre nulo y ligero. Este último corresponde únicamente a tres columnas fisuradas en forma inclinada. Por tanto, la estructura de concreto reforzado puede considerarse como sana.
- El nivel de daño en los muros de mampostería de las “salientes” de fachada es moderado,

exceptuando algunos castillos de la fachada principal. Si bien la cantidad de muros con daño serio es baja (menor al 10 por ciento del total de los muros de fachada), se considera que peligra la estabilidad vertical de los castillos confinantes y, por lo tanto, del muro de mampostería correspondiente.

- El nivel de daño en la cimentación resulta difícil de cuantificar por la imposibilidad de acceso a la misma en el momento de la visita y por la ausencia de planos estructurales en el inmueble. El único daño visible de consideración es el de la cimentación del Cuerpo III, ya que la inclinación medida en las columnas es superior a 2°, que es el valor máximo permitido en guías de evaluación del nivel de seguridad de estructuras existentes de concreto reforzado.
- El nivel de daño en los muros de mampostería divisorios es moderado, y sólo en algunas partes la estabilidad vertical de los muros está en peligro.
- En conclusión, el nivel de daño del hospital (que incluye las columnas y vigas de concreto, muros de mampostería de fachada y divisorios, así como las instalaciones) es ligero.
- Con respecto a las causas del daño se puede comentar que:
 - ✓ Dada la magnitud, así como la intensidad del sismo en la región de Juquila, la severidad de los daños en la estructura de concreto reforzado se considera como normal.
 - ✓ En la inspección visual realizada no se detectaron defectos constructivos en la estructura de concreto reforzado.
 - ✓ Los daños en los muros de mampostería, se debieron a que no se separaron de la estructura de concreto, así como a los defectos constructivos señalados.
 - ✓ No se debe descartar como causa de los daños, una posible amplificación del movimiento sísmico asociada con el relleno sobre el cual se encuentra construido el hospital. Sería necesario evaluar la intensidad de este fenómeno con mediciones en el sitio.
 - ✓ Un diagnóstico preciso de los daños requiere contar con la memoria de cálculo, planos estructurales y estudios geotécnicos realizados. Su revisión permitirá definir si la construcción de los antepechos y muros de mampostería en contacto con la estructura de concreto se especificó en proyecto. Además, sería necesario practicar “calas” en columnas y vigas de concreto reforzado para verificar su refuerzo y la calidad del concreto.

3.5.2 Vivienda

En lo que se refiere a la vivienda en Juquila, se trata de construcciones de mampostería confinada con una buena calidad de la mano de obra y una tendencia a no usar como material de construcción el adobe. Debido a lo anterior, y después de efectuar un breve recorrido por Santa Catarina Juquila, se pudo constatar que la vivienda no presentó prácticamente ningún daño. En las figs. 3.58 y 3.59 se muestran ejemplos del tipo de vivienda existente en el lugar.



Figura 3.58 Vivienda típica en Santa Catarina Juquila



Figura 3.59 Vivienda de mampostería confinada en Santa Catarina Juquila

3.5.3 Iglesia de Santa Catarina Juquila

La iglesia del lugar fue reconstruida en una buena parte, debido a los daños que sufrió después del sismo del 15 de enero de 1931. En el sismo del 30 de septiembre únicamente se apreciaron daños muy ligeros, que fueron la caída de aplanados en sus torres; seguramente a ello ayudó que éstas son robustas y de poca altura. En las figs. 3.60 y 3.61 se presentan detalles del daño mencionado.



Figura 3.60 Vista frontal de la iglesia de Santa Catarina Juquila



Figura 3.61 Detalle del ligero daño que presentaron las torres de la Iglesia de Santa Catarina Juquila

3.6 SANTA MARÍA COLOTEPEC

Esta población, es cabecera del municipio de Colotepec, se localiza al suroeste del estado de Oaxaca. Durante el sismo del 30 de septiembre, se dañaron un centro de salud de la Secretaría de

Salubridad y Asistencia, aun sin ser inaugurada, una escuela primaria, la presidencia municipal y una cantidad considerable de viviendas de abobe.

3.6.1 Clínica de la Secretaría de Salubridad y Asistencia

Esta clínica, en proceso de construcción y a punto de ser terminada, sufrió serios daños en su estructura a raíz del sismo del 30 de septiembre. Es un edificio de dos niveles; su estructura es una combinación de mampostería confinada y marcos concreto reforzado localizados en la parte frontal y las partes laterales, con techos inclinados de losa maciza (fig. 3.62).



Figura 3.62 Vista general del edificio

El daño que presentó el edificio fue tanto en la estructura de mampostería como en la de concreto reforzado, y se localizó en un 90 por ciento en la planta baja. En la estructura de mampostería se presentaron grietas inclinadas que en algunos casos, incluso, penetraron los castillos (fig. 3.63 y 3.64).



Figura 3.63 Daño en muros de mampostería y columnas de concreto



Figura 3.64 Detalle del daño en un castillo de un muro de mampostería

En la estructura de concreto reforzado, los daños ocurrieron en las columnas de las partes frontal y laterales (fig. 3.62), y se debió al escaso refuerzo transversal para resistir las fuerzas cortantes que actúan cuando se produce la plastificación de la sección (fig. 3.65), así como al efecto de columna corta producto de los antepechos (muros cortos) y los arcos de la parte superior (fig. 3.63).

En suma, se puede decir que la estructura no fue capaz de resistir las fuerzas laterales demandas por el sismo. También, llama la atención que siendo un edificio de reciente diseño, se haya dañado. Así mismo, si se tiene en cuenta que la intensidad del sismo del 30 de septiembre no fue la del sismo de diseño, difícilmente si este último se hubiera presentado el edificio estaría en pie.



Figura 3.65 Detalle del daño en las columnas del edificio que además muestra el escaso refuerzo transversal (estribos)

3.6.2 Escuela Primaria “Cristóbal Colón”

El edificio que alberga esta escuela primaria es un edificio viejo de los llamados atípicos, construido con adobe y techo de teja acanalada de barro.

Los daños en esta escuela, se presentaron en los muros de adobe y en el techo donde hubo algunas tejas caídas; en este último, debido a su fragilidad y deficiente liga con los muros de adobe (fig. 3.66). Aunque el daño que presentó el edificio fue ligero, preocupa el hecho de que se impartan clases en instalaciones como éstas, donde la caída de una teja puede causar lesiones a los alumnos.



Figura 3.66 Daño en los muros de adobe y techo del edificio

3.6.3 Palacio Municipal

El Palacio Municipal se localiza en el centro del poblado. Es una estructura de mampostería construida con piezas de tabique rojo recocido y deficientemente confinada.

Aunque no se tuvo acceso al edificio, se pudieron apreciar los daños en los muros de las fachadas (figs. 3.67 y 3.68), donde se presentaron grietas inclinadas, producto de la falta de castillos y dadas que confinaran adecuadamente a dichos muros.



Figura 3.67 Fachada principal del palacio municipal



Figura 3.68 *Daño en el muro lateral derecho del palacio municipal*

3.6.4 Vivienda

En esta zona existe una gran cantidad de construcciones hechas con adobe. Este tipo de construcciones es por naturaleza muy vulnerable a los sismos; a ello hay que sumar el hecho de que las lluvias ocurridas en la región días antes del sismo, reblandecieron el adobe e incrementaron considerablemente su vulnerabilidad. En la fig. 3.69 se muestra una de las muchas viviendas de adobe dañada. En ella se produjo el derrumbe de algunos de sus muros, que a su vez causaron la caída del techo.



Figura 3.69 *Vivienda de adobe dañada por el sismo del 30 de septiembre de 1999*

3.7 INFRAESTRUCTURA CARRETERA

De los lugares visitados, se pudo constatar que la infraestructura carretera se encontraba en muy malas condiciones. Para la descripción del daño, la red carretera se ha dividido en los siguientes tramos (fig. 3.70): Puerto Escondido-San Gabriel Mixtepec (fig. 3.71), San Gabriel Mixtepec-La Asunción (fig. 3.72), La Asunción-El Vidrio (fig. 3.73) y El Vidrio-Juquila (fig. 3.74).

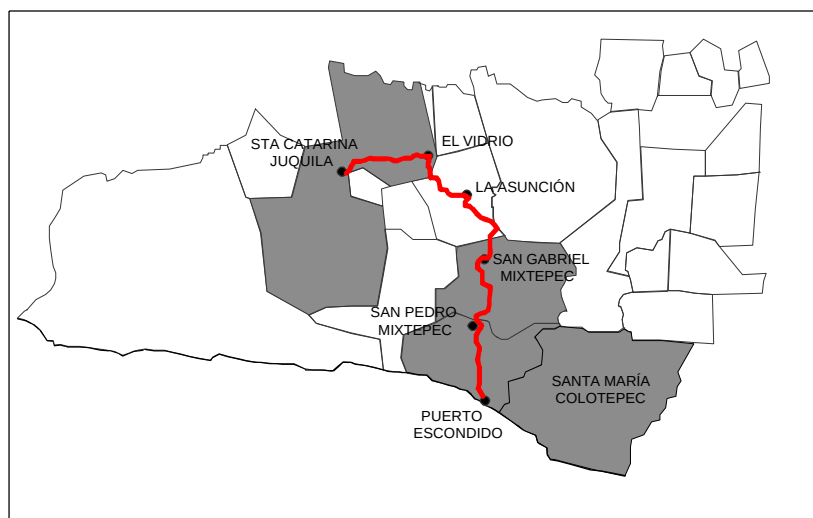


Figura 3.70 Recorrido de la infraestructura carretera dañada por el sismo del 30 de septiembre

En la Tabla 3.1 se presentan los porcentajes de daño, que a juicio de los autores se han asignado para calificar el estado de las carreteras.

Tabla 3.1 Estado de daño de las carreteras

Tramo	Dañó en porcentaje
Puerto Escondido-San Gabriel Mixtepec	10
San Gabriel Mixtepec-La Asunción	30
La Asunción-El Vidrio	90
El Vidrio-Juquila	20 – 30



Figura 3.71 Daño en carretera, tramo Puerto Escondido – San Gabriel Mixtepec



Figura 3.72 Daño en carretera, tramo San Gabriel Mixtepec – La Asunción



Figura 3.73 Daño en carretera, tramo La Asunción – El Vidrio



Figura 3.74 Daño en carretera, tramo El Vidrio – Juquila

Como se puede observar, en la mayoría de las carreteras hubo deslizamientos como consecuencia de las intensas lluvias que saturaron el material térreo incrementando su peso y reduciendo su resistencia al esfuerzo cortante. Bajo estas condiciones, el material se encuentra en condiciones de mínima estabilidad, con lo que la sacudida de un sismo pudo representar el factor detonante del colapso.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS

4.1 INTRODUCCIÓN

El sismo del 30 de septiembre ($M_w=7.5$) causó daños en 235 de los 570 municipios con que cuenta el estado de Oaxaca; algunos de ellos, los de la región Mixteca, ya habían sido dañados por el sismo del 15 de junio de 1999 ($M_w=7.0$). Este capítulo, presenta una evaluación del costo de los daños en los diferentes sectores afectados por el sismo en cuestión.

4.2 ANTECEDENTES

4.2.1 Población Afectada

La población afectada por el sismo ascendió a cerca de 360 mil personas, que representa mas del 10 por ciento de la población total del estado (3 228 895 habitantes). Los efectos del evento abarcaron 235 de los 570 municipios en los que se divide el estado de Oaxaca; el número de municipios afectados por región se resume en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 *Número de municipios por región afectados por el sismo del 30 de septiembre de 1999*

Región	Número de municipios dañados
Sierra Sur	63
Valles Centrales	55
Costa	45
Mixteca	38
Cañada	17
Sierra Norte	11
Papaloapam	2
Istmo	4
Total	235

4.2.2 Características Socioeconómicas de la Región Afectada

En general, los municipios afectados por el sismo del 30 de septiembre de 1999 son regiones muy pobres; de ellos el 68 por ciento presenta índices de marginalidad altos a muy altos. Ello explicaría, en parte, los cuantiosos daños registrados en el rubro de vivienda, dado que las construcciones son muy precarias (véase tabla 4.2).

Tabla 4.2 *Indicadores económicos de las regiones afectadas*

Región	Población	Porcentaje de población analfabeta menores de 15 años	Porcentaje de vivienda sin agua potable	Porcentaje de población con ingresos menores a dos salarios mínimos	Índice de marginación
Costa	318,856	41.4	53.4	76.4	Muy alto
Sierra Sur	272,387	36.6	47.7	86.2	Muy alto
Mixteca	98,762	33.5	56.8	91.8	Muy alto
Valles Centrales	469,687	37.0	48.0	75.5	Alto

4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS TOTALES

4.3.1 Apreciación de Conjunto

Como se observa en la tabla 4.3 el total de daños ocasionados por el sismo del 30 de septiembre asciende a 1 472 millones de pesos, de los cuales 1 458 millones corresponden a daños directos, es decir a destrucción o afectación de infraestructura física. El resto de los daños (13 millones) deriva de efectos indirectos del sismo, tal como se explica en los capítulos correspondientes, y se refiere a los sectores de comunicaciones y transportes y salud.

Los daños en el sector comunicaciones y transportes ascendieron a 627 millones, es decir a más del 44 por ciento del total de daños. Le siguió el sector vivienda, con un 37 por ciento, y con menor importancia, el sector educación, iglesias y edificios históricos, infraestructura de salud, redes de agua potable y energía eléctrica.

Tabla 4.3 Estimado de los daños totales

Sector	Daños directos (millones de pesos)	Efectos indirectos (millones de pesos)	Total (millones de pesos)
Comunicaciones y transportes	620.6	6.8	627.4
Vivienda	525.4	2.2	527.6
Escuelas	173.5	-	173.5
Iglesias y edificios públicos	106.2	-	106.2
Salud	25.1	4.6	29.7
Redes de agua potable	4.9	-	4.9
Energía eléctrica	3.2	-	3.2
Total general	1 458.9	13.6	1 472.5

4.3.2 Comunicaciones y Transportes

Este fue el rubro que mayores daños experimentó a consecuencia del sismo. De acuerdo con los datos proporcionados por el Centro SCT Oaxaca, los daños directos totales superaron los 627 millones de pesos. Ellos ocurrieron tanto en la red federal, como en las carreteras alimentadoras y en los caminos rurales. En la tabla 4.5 se desglosan los daños directos en la infraestructura carretera. En la tabla 4.4 se resume el total de kilómetros con que cuenta la red carretera del estado de Oaxaca.

Las carreteras federales que presentaron mayores daños son las que van de Pinotepa Nacional a Salina Cruz, de Oaxaca a Puerto Angel, de Teotitlán a Tuxtepec, de Mitla a Ayutla y Zacatepec, así como el tramo jurisdicción estatal que va de Sola de Vega a Puerto Escondido que forma parte de la carretera de Oaxaca a Puerto Escondido. Las cinco carreteras afectadas tienen una longitud total de 1 312 km, de los cuales 200 fueron afectados. En ellos, 25 puentes sufrieron daños en sus accesos y tres tuvieron daños estructurales.

Tabla 4.4 Desglose de los daños directos

Carreteras y puentes	Kilómetros afectados	Costo de reparación (millones de pesos)
Red Federal	200	199.7
Caminos alimentadores	802	166.4
Caminos rurales	3 574	254.5
Total	4 576	620.6

**Tabla 4.5 Red carretera del Estado de Oaxaca (Centro SCT Oaxaca)
(en kilómetros)**

Tipo	Cuota	Libre	Alimentadora	Caminos Rurales	Total
Brechas	-	-	-	3 620	3 620
Revestidas	-	-	28	8 186	8 214
Dos Carriles	159	2 724	1 160	-	4 043
Más de Cuatro Carriles	-	22	-	-	22
Total	159	2 746	1 188	11 806	15 899

En la tabla 4.6, se incluye, el detalle de los 200 km de carreteras federales afectados, según cada una de las carreteras respectivas.

Tabla 4.6 Kilómetros afectados en la red carretera federal

Carretera	Kilómetros
Pinotepa Nacional-Salina Cruz: tramo Pinotepa Nacional/Huatulco	70.0
Oaxaca-Puerto Angel: tramo Miahuatlan-Puerto Angel	75.0
Huajuapán de León-Pinotepa Nacional: tramo Yucuda/Pinotepa Nacional	15.0
Teotitlán-Tuxtepec: tramo Teotitlán/Tuxtepec	10.0
Mitla-Zacatepec: tramo Mitla/Yacochi	15.0
Oaxaca-Puerto Escondido: ramal a Sola de Vega	5.0
Tuxtepec-Oaxaca: tramo Cerro Pelón/Oaxaca	10.0
Total	200.0

La primera de las carreteras mencionadas - Pinotepa Nacional-Salina Cruz - fue la única que registró daños en los puentes (28).¹ En general, los problemas derivaron de azolve de pavimento.

En el estado existen 14 043 km de caminos rurales de los cuales alrededor de 4 376 (800 km de caminos alimentadores y 3 574 de caminos rurales) tuvieron algún tipo de daño.

Para la reparación de los daños en la red federal la SCT actuó en dos etapas. En la primera destinada a restablecer el tránsito vehicular provisional al mismo tiempo que se realizaba la evaluación de los daños, se utilizaron 38 equipos, 37 camiones de volteo y se ocuparon algo más de 400 personas. Estas labores se facilitaron grandemente por el hecho de que la SCT se encontraba al momento del sismo en plenas labores de conservación de carreteras debido a las lluvias, por lo que pudo contarse con el equipo y el personal en forma expedita. En la segunda, se llevaron a cabo las obras necesarias para restituir las comunicaciones en forma definitiva de los 200 km de carreteras afectados. Para ello se asignaron 37 contratos de obra pública por adjudicación directa. Los trabajos deberían iniciarse el 15 de noviembre de 1999 y finalizar en los primeros meses del año 2000.

En cuanto a las redes carreteras rural y alimentadora, la zona afectada fue atendida conjuntamente por la SCT y el Gobierno del Estado a través de Caminos y Aeropistas del Estado de Oaxaca (CAO), la primera a cargo de los caminos ubicados al oriente de la carretera Tuxtepec-Oaxaca-Puerto Escondido y el CAO los caminos rurales y carreteras alimentadoras ubicadas al poniente de la carretera Tuxtepec-Oaxaca-Sola de Vega-Puerto Escondido.

¹ En el km 135+600 de dicha carretera, uno de los apoyos del puente Chila se asentó. A raíz de ello se construyó una desviación de 1.8 km para mantener la circulación a través de un puente provisional tipo "Bailey".

En este caso la estrategia de atención contempló también dos etapas; en la primera se habilitó un paso provisional a todos los caminos interrumpidos dando prioridad a aquellos que comunicaban a los albergues con los centros de abasto, los que comunican las cabeceras municipales y también a aquellas poblaciones con el mayor número de habitantes. Esta etapa se concluyó a fines de octubre. La segunda etapa consistió en la rehabilitación de las carreteras alimentadoras y caminos rurales para restituir su condición física.

Las reparaciones de las carreteras se llevarán a cabo y supervisarán con especificaciones de la SCT y el CAO.

El sismo aunado a las intensas lluvias ocurridas antes y después de éste, provocaron deslaves y derrumbes que ocasionaron daños diversos en la superficie de rodamiento y en alcantarillas, así como, daños en 28 puentes que hicieron que se interrumpiera el tráfico carretero por algunos días, tanto en carreteras federales como en la red alimentadora y en los caminos rurales. Ello generó pérdidas indirectas debido a los costos adicionales en que incurrieron los transportistas al utilizar rutas alternas durante el lapso de interrupción.

Mediante la información proporcionada por el Centro Oaxaca de la SCT sobre los lapsos en que estuvo interrumpido el tráfico tanto en carreteras federales como en caminos alimentadores y rurales, las pérdidas indirectas se estimaron en 6.8 millones de pesos. En la tabla 4.7 se resumen los costos de los daños directos e indirectos.

Tabla 4.7 Daños totales en la infraestructura carretera

Daños directos (millones de pesos)	Daños indirectos (millones de pesos)	Total (millones de pesos)
620.6	6.8	627.4

4.3.3 Sector Vivienda

El sector vivienda presentó daños de diversa intensidad. Según el censo realizado por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y el Instituto de la Vivienda de Oaxaca, que predominantemente tiene en cuenta vivienda de tipo rural construida con adobe, hasta el 5 de noviembre de 1999 se tenían registradas 43,200 viviendas dañadas en 1,284 localidades localizadas en los 235 municipios afectados. Los municipios con mayores afectaciones fueron los pertenecientes a las regiones de la Costa, Sierra Sur y Valles Centrales. En estas regiones las localidades dañadas suman 914. Hasta la fecha antes mencionada, se tenían censadas 8 640 viviendas con daño menor, 19,440 con daño moderado y 15,120 con daño total

El tipo de daño que se observó en el sector vivienda debido al sismo del 30 de septiembre de 1999, es similar al que se ha presentado durante otros sismos, incluyendo el del 15 de junio de 1999, resultando con serios daños las viviendas construidas con adobe, con mampostería simple o mal confinada.

Para la rehabilitación de las viviendas dañadas, la SEDESOL instrumentó cuatro sub-programas de ayuda y un programa de empleo temporal, con el fin de ocupar mano de obra regional.

El sub-programa 01 de restablecimiento de los servicios básicos y limpieza, consistió en acciones de limpieza, remoción de escombros, reparación de conexión de los servicios de agua

potable, alcantarillado, energía eléctrica y comunicación. Este sub-programa se llevó a cabo inmediatamente después del sismo y en él se invirtieron 20 millones de pesos.

El sub-programa 02 atiende a las viviendas que sufrieron daños menores que prácticamente no afectan la estructura de las viviendas, tales como agrietamiento de acabados, desprendimiento de puertas y ventanas o bien caída de tejas. A cada vivienda beneficiada con este sub-programa se le asignó la cantidad de 2 mil pesos para la reparación de los daños.

El sub-programa 03 está destinado a viviendas que sufrieron daño parcial, como agrietamiento en muros estructurales o el colapso de alguno de ellos. Para la reparación de los daños asociados a este paquete, se asignaron 6 mil pesos, que contemplan material de construcción, asesoría técnica y el pago de 30 jornales en el programa de empleo temporal.

Finalmente, el sub-programa 04 se aplica a las viviendas que se consideraron como pérdida total. Con este sub-programa que tiene un costo de 20 mil pesos, se construye una nueva vivienda que reúne las condiciones mínimas de habitabilidad, además de apoyar a las familias afectadas con asesoría técnica y 88 jornales en el programa de empleo temporal.

El costo total de los cuatro sub-programas implementados por la SEDESOL, ascendió hasta el 5 de noviembre de 1999 a 456.1 millones de pesos. Por su parte, el INFONAVIT estima que los daños por él financiada se podrán rehabilitar con aproximadamente 0.7 millones de pesos. Las acciones que se están llevando a cabo según el nivel de daño detectado se resumen en la tabla 4.8.

Tabla 4.8 Viviendas dañadas y costo de reconstrucción y rehabilitación hasta el 5 de noviembre de 1999

Sub-programa	Número de acciones	Costo (millones de pesos)
01 Restablecimiento de servicios básicos y limpieza	-	20.0
02 Daños menores	8 640	302.4
02 Daño parcial	19 440	116.4
03 Daño total	15 120	17.3
INFONAVIT	200	0.7
Totales	43 400	456.8

Los fondos para ejecutar los programas implantados por la SEDESOL, debido al nivel socio-económico de la población afectada, serán irrecuperables. El gobierno federal aportará un 60 por ciento, a través del FONDEN, y el gobierno estatal el 40 por ciento restante. En lo que respecta al INFONAVIT, los recursos para la rehabilitación de las viviendas afectadas los espera obtener de las compañías aseguradoras que prestan sus servicios a esa institución.

Finalmente, es necesario mencionar que la SEDESOL y el Instituto de la Vivienda de Oaxaca esperan que a medida que surja más información el número de viviendas afectadas se incremente hasta llegar alrededor de 50 mil, por lo que la inversión en la reconstrucción puede llegar hasta 525.4 millones de pesos (cifra calculada con una proporción lineal entre el costo de reparación al 5 de noviembre para 43 200 viviendas y el costo esperado para 50 mil viviendas dañadas). Esto debido a que hasta el 5 de noviembre de 1999, fecha en que se visitó Oaxaca, aún no se cerraba el padrón para el registro de viviendas afectadas.

4.3.4 Infraestructura de Educación

Luego del sismo, el gobierno del estado a través del Instituto Estatal de Educación Pública de Oaxaca (IEPO), del Comité Estatal para la Edificación del Aula en Oaxaca (CEPEAO), y con apoyo del Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas (CAPFCE), instrumentó el programa “Todos por Oaxaca”.

En una primera fase, este programa llevó a cabo acciones emergentes encaminadas a restablecer las clases lo más pronto posible. Este objetivo se logró a un mes de ocurrido el sismo. Para ello fue necesario la construcción de 1 500 aulas provisionales en los planteles que presentaron daños que hacían inhabitables los salones de clase.

En una segunda fase del programa, y con la participación de un gran número de personal técnico de las instituciones mencionadas, se elaboró un censo de los edificios escolares afectados, resultando un total de 2 803 inmuebles con algún tipo de daño. Los daños observados se clasificaron en cuatro categorías:

- Tipo 1: Daños menores. Esta clasificación contempla daños en menos de un 50 por ciento de los elementos no estructurales, tales como desprendimiento de aplanados, rotura de vidrios, daños a instalaciones y grietas mínimas en muros que no son de carga. No se requiere el desalojo del inmueble.
- Tipo 2: Reparación parcial estructural. En este nivel de daño se agrupan aquellos edificios con más del 50 por ciento de los elementos no estructurales dañados y con algunos daños estructurales leves (grietas en elementos de concreto de menos de 0.5 mm de espesor y menores que 3 mm en elementos de mampostería). Se requiere desalojar las áreas indicadas por el técnico visitador.
- Tipo 3: Reparación y refuerzo estructural. Este nivel clasifica a las estructuras que presentaron daños graves en sus elementos estructurales (grietas de entre 0.5 y 1.0 mm en elementos de concreto, así como entre 3 y 10 mm en muros de carga de mampostería. Fue necesario el desalojo del edificio, en tanto no se rehabilitan los daños sufridos.
- Tipo 4: Demolición por daño estructural severo. Se entiende por daño severo la afectación grave a columnas, trabes, muros de rigidez y en algunos casos cimentación. Los elementos de concreto presentan grietas de más de 1.0 mm de espesor, desprendimiento de recubrimiento en columnas, aplastamiento del concreto, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en vigas, columnas y muros de concreto. Los muros de carga de mampostería presentan aberturas importantes. En este caso se requiere la inhabilitación total del inmueble.

Se recabó un informe para cada edificio evaluado, agrupándolos según el juicio del técnico valuador dentro de alguno de los niveles de daño mencionados. En la tabla 4.9 se presenta un resumen de los edificios evaluados. De acuerdo con ella, el daño en el sector educación fue en su mayoría ligero, siendo los edificios de educación primaria los más dañados. Cabe mencionar que la edificación que presentó mayores daños fue la de las escuelas construidas en forma comunitaria, que en muchas ocasiones se lleva a cabo sin ninguna asistencia técnica.

El costo de rehabilitación de los inmuebles dañados asciende a un total de 173.4 millones de pesos, distribuidos como lo indica la tabla 4.10. De ésta se observa que los edificios que demandan mayor presupuesto para su rehabilitación son edificios destinados a educación primaria, le siguen

los de preescolar y secundaria; entre ellos suman aproximadamente el 93 por ciento del presupuesto.

Tabla 4.9 Resumen de edificios escolares dañados por el sismo del 30 de septiembre de 1999

Nivel educativo	Tipo de Daño				Suma	Porcentaje del total
	T-1	T-2	T-3	T-4		
Inicial	7	5	0	0	12	0.5
Preescolar	344	92	31	17	484	21.8
Primaria	811	232	84	71	1 198	53.9
Secundaria	229	83	30	9	351	15.8
Educación Especial	7	3	1	0	11	0.5
Educación Indígena	20	6	1	1	28	1.3
Supervisiones	18	1	2	1	22	1.0
Profesional Medio	1	3	2	0	6	0.3
Medio Superior	48	31	5	2	86	3.9
Superior	6	3	0	3	12	0.5
Normal	4	1	1	0	6	0.3
Administrativo	2	0	0	0	2	0.1
Bibliotecas	1	0	0	1	2	0.1
Suma	1 498	460	157	105	2 220	100.0
Porcentaje del total	67.4	20.7	7.2	4.7	100.0	

Tabla 4.10 Costos directos de rehabilitación de los edificios de la infraestructura de educación

Nivel educativo	No. de escuelas dañadas	Costo de reparación (Millones de pesos)	Porcentaje del total
Inicial	21	0.1	0.1
Preescolar	692	17.1	9.8
Primaria	1,452	127.2	73.4
Secundaria	421	16.5	9.5
Capacitación para el trabajo	1	0.9	0.5
Educación para adultos y especial	12	0.4	0.2
Educación Indígena	35	2.0	1.1
Supervisiones	24	0.8	0.5
Profesional medio	7	0.4	0.2
Medio superior	116	5.5	3.2
Superior	12	1.2	0.7
Normal	7	1.1	0.6
Edificios administrativos y bibliotecas	4	0.3	0.2
Total general	2,803	173.5	100.0

4.3.5 Inmuebles Religiosos

Un primer informe recabado por la delegación Oaxaca del Instituto Nacional de Antropología e Historia, indica que un total de 248 inmuebles religiosos resultaron dañados. De ellos, se estima que el 52 por ciento presentó daños menores, el 43 por ciento daños moderados y sólo un 5 por ciento daños mayores. El costo aproximado de reparación de los 248 inmuebles dañados se presenta en la tabla 4.11.

Hasta la fecha en que se escribió este informe aun no se contaba con la valoración técnica definitiva de los daños ocurrido a los inmuebles religiosos, por lo que la cifra de 49.6 millones de pesos puede variar. Sin embargo, se espera que no influya en gran medida en el total general estimado.

Tabla 4.11 Costo de reparación de los inmuebles religiosos

Región	Inmuebles religiosos afectados	Costo de reparación* (millones de pesos)
Costa	55	11.0
Mixteca	27	54.0
Sierra Norte	7	1.4
Sierra Sur	75	15.0
Valles Centrales	80	16.0
Cañada	4	0.8
Total	248	98.2

* se consideró como costo representativo de reparación por cada iglesia, un monto de 200 mil pesos (estimado a partir de los costos de reparación de este tipo de inmuebles en el sismo del 15 de junio de 1999, Bitrán y Reyes, 1999).

En comparación con los daños observados en el sismo del 15 de junio de 1999 ($M_w=7.0$), que afectó principalmente inmuebles religiosos de la región de la Mixteca, los daños producto del sismo del 30 de septiembre de 1999 ($M_w=7.5$) en este tipo de edificaciones son considerablemente menores, aunque el número de inmuebles afectados, en este estado, sea mayor. Las figuras 3.4 y 3.5 muestran un ejemplo del daño que presentó la catedral de la ciudad de Oaxaca. Respecto a las iglesias de la dañadas por el sismo del 15 de junio en el estado de Puebla, las iglesias en la ciudad de Oaxaca son en general más robustas, a ello se debe que el daño observado sea considerablemente menor.

4.3.6 Infraestructura de Salud

En materia de salud, se vieron afectadas unidades de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) del estado de Oaxaca y del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). En general, los daños que afectaron la infraestructura de ambas instituciones se pueden calificar como de ligeros a moderados y se concentraron en los elementos no estructurales, como muros de relleno o divisorios, plafones e instalaciones.

La SSA reportó daños en 15 unidades, cuyo costo directo de reparación se estimó en 9.6 millones de pesos. En tanto que el IMSS, tuvo daños en 38 unidades médicas y dos administrativas, e invertirá en su reparación 15.5 millones de pesos. En total, para la reparación de las unidades de ambas instituciones se requerirán 25.1 millones de pesos. En el caso de la SSA, los recursos serán obtenidos del FONDEN y del presupuesto estatal; en lo que respecta al IMSS, los recursos serán obtenidos del presupuesto del mismo Instituto y de compañías aseguradoras. En la tabla 4.12 se presenta un resumen de los costos directos de rehabilitación de las instalaciones de la SSA y del IMSS. En el caso de las unidades del IMSS, es necesario aclarar que en algunos edificios, como el del Hospital Regional de Miahuatlán, el presupuesto para la reparación que se aprobó, - tres millones de pesos -, se estima exagerado, ya que el daño fue realmente ligero, afectando prácticamente el acabado de los muros de mampostería.

La evaluación de los inmuebles dañados la llevó a cabo personal del departamento de conservación de la SSA y del IMSS, y en algunos casos con la participación de ingenieros con licencia de Directores Responsables de Obra. Cabe mencionar que ninguna de las dos instituciones tiene un formato que unifique criterios en relación al daño que se observado.

Mención especial merece el Hospital Regional de Juquila y una Clínica de Salud en Santa María Colotepec. Ambas construcciones muy recientes, el Hospital de Juquila recién inaugurado y

la clínica de salud aún sin inaugurar, sufrieron daños debidos, esencialmente, a defectos constructivos.

La afectación de la infraestructura de atención primaria, más la ocurrencia de fallecimientos, heridos y lesionados produjeron costos adicionales de operación del sistema de salud. Se incluyen servicios no prestados como mayores costos debidos a la provisión de servicios, especialmente a grupos vulnerables, aumentos en la morbilidad y, sobre todo, por los costos de las acciones que tienen que ver con la prevención de brotes epidémicos, inmunizaciones, etc.

Tabla 4.12 Costo de los daños directos en la infraestructura de salud

Unidad dañada	Costo de reparación (millones de pesos)
SSA	
Hospital "Dr. Aurelio Valdivieso"	6.0
Hospital Regional de Santa María Juquila	2.5
Hospital Siquiátrico "Cruz del Sur" de Reyes Mantecón en Zimatlán de Álvarez	0.6
Otros	0.5
IMSS	
Hospital Regional de Miahuatlán	3.0
Hospital Regional de Zona en Santa María Huatulco	1.2
Unidad Médica Familiar de Puerto Escondido	1.0
Hospital Regional de Villalta	1.0
Unidad Médica Familiar No. 38 de Oaxaca	0.6
Unidad Médica Rural de La Reforma	0.6
Unidad Médica Rural de José María Morelos	0.6
Unidad Médica Rural de San Bartolomé Loxicha	0.6
Hospital General de Zona No. 1	0.5
Otros	6.4
Total	25.1

Prácticamente todos los Centros y Puestos de Salud afectados por el sismo del 30 de septiembre continuaron prestando sus servicios. Cuando hubo la necesidad de desalojarlos para realizar evaluaciones estructurales y la reparación de las instalaciones, se habilitaron locales para la prestación de servicios en forma provisional. Este es el caso del Hospital "Dr. Aurelio Valdivieso" de la SSA, el Hospital General de Zona No. 1 del IMSS, ambos localizados en la ciudad de Oaxaca, el Hospital Regional del IMSS en Miahuatlán y el Hospital Regional de Juquila perteneciente a la SSA.

En los numerosos módulos de salud establecidos tanto por la Secretaría de Salud como por la Secretaría de la Defensa Nacional, se dieron alrededor de 25 mil consultas y se distribuyeron seis toneladas de medicamentos y materiales de curación y vacunas.

Según los datos y estimaciones contenidos en la tabla 4.13, los daños indirectos al sector salud ascendieron a 4.6 millones de pesos. Cerca del 60 por ciento de los mismos correspondieron a materiales terapéuticos utilizados.

Tabla 4.13 Daños indirectos generados en el sector salud

Concepto	Costo Indirecto (miles de pesos)
Valor imputado de 25 mil consultas médicas	500.0
Instrumental y equipo médico adicional ²	304.5
Jornadas y tiempo extra	310.0
Bienes terapéuticos	2 877.0
Ropa	91.0
Viáticos	210.0
Combustibles y fletes	273.0
Total	4 565.5

4.3.7 Daño a Edificios Públicos

Un total de 16 edificios públicos resultaron con daños, ocho con daños parciales y ocho con daños graves. Para el proceso de su reparación se estima serán necesarios alrededor de 8 millones de pesos.

4.3.8 Suministro de Agua Potable

La Comisión Nacional del Agua (CNA) informó de un total de 84 localidades que tuvieron afectaciones, especialmente por roturas de tuberías, en sus redes de agua potable, 53 localizadas en la región de la Costa, 27 de la Sierra Sur, y cuatro de los Valles Centrales. El monto que significó la reparación del sistema de agua potable fue 4.9 millones de pesos.

4.3.9 Suministro de Energía Eléctrica

Como consecuencia del sismo la infraestructura de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) resultó dañada, tanto en sus oficinas administrativas como en sus redes de distribución. El costo de reparación de los daños se estimó en 3.2 millones de pesos. Este monto representa, aproximadamente, el 2.7 por ciento de la energía que vende la CFE mensualmente en el estado de Oaxaca.

² Para éste y los rubros siguientes de esta tabla se dispuso sólo de información directa correspondiente al Instituto Mexicano del Seguro Social. Estos datos fueron incrementados en un 40 por ciento para estimar lo correspondiente a todo el Sector Salud.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

De los daños derivados del sismo del 30 de septiembre se concluye que:

- En la ciudad de Oaxaca, los mayores daños en las edificaciones de mampostería se concentraron en los elementos no estructurales de ornamentación para remate de las fachadas. En la mayoría de los casos estos elementos están fuera de la revisión de los profesionales del diseño; de ello se deriva que un porcentaje alto de estos elementos ornamentales, aún aquellos que no sufrieron desprendimiento y caída, tiendan a ser inestables, y tengan un nivel de seguridad inadecuado ante la incidencia de excitaciones provocadas por eventos naturales. Cabe mencionar que la mayor parte de pérdidas humanas durante el sismo en la ciudad de Oaxaca se debió a la caída de este tipo de elementos no estructurales.
- Las iglesias en la ciudad de Oaxaca, a diferencia de las mismas en la ciudad de Puebla, presentan configuraciones estructurales más robustas. Esta característica en la estructuración se aprecia en la mayor dimensión de los elementos soporte de cargas verticales, columnas de torres de campanarios, muros y contrafuertes, así como en la menor altura de los cuerpos y torres de los campanarios comparativamente con los observados en el estado de Puebla después del sismo del 15 de junio del mismo año 1999.
- En lo que se refiere a hospitales y escuelas, de acuerdo con la filosofía de diseño sísmico de este tipo de edificios, los daños derivados del sismo aunque no pusieron en peligro la estabilidad de la estructura no debieron haber ocurrido. Entre los problemas que se presentaron destacan: mala calidad de los materiales de construcción (probablemente asociado con una mala supervisión de las construcciones), mala selección del sitio de construcción, así como, una deficiente aplicación de los criterios de diseño sísmico contenidos en las Normas de diseño actuales.
- En estructuras de concreto de ocupación estándar, al igual que en hospitales y escuelas, se observó el uso de materiales de mala calidad y de una deficiente aplicación de criterios de diseño sísmico.
- Las estructuras de abobe, normalmente usadas para vivienda, nuevamente presentaron daños típicos como agrietamiento vertical en esquinas o caída de techos.
- Las estructuras de mampostería de tabique que sufrieron daño, éste se debió a una mala distribución de los elementos confinantes (dadas y castillos)

En lo que se refiere al impacto económico se comenta que:

- Probablemente el costo de los daños causados por el sismo pudo anular el crecimiento que se había previsto para el año.

- Las tres cuartas partes del total de daños generados por el sismo del 30 de septiembre ocurrieron en el sector comunicaciones y transportes, así como en la vivienda.
- Hubo una mayor fluidez en la canalización de recursos federales para atender la emergencia en comparación con experiencias anteriores.
- Asimismo, la respuesta de las autoridades frente a la emergencia fue expedita. Las actividades de reconstrucción de viviendas, carreteras y escuelas, así como la de edificios históricos se inició prácticamente a dos semanas de ocurrido el sismo y apenas superada la fase de emergencia.
- El proceso de reconstrucción en el sector vivienda, indica que existe una mejora sustantiva en la vivienda rural, por lo que se espera que ante sismos de intensidad similar al del 30 de septiembre de 1999 o mayor, las pérdidas económicas en este sector sean considerablemente menores.

Un aspecto que es importante destacar en los sectores de educación y salud, es el daño que han presentado estos dos rubros en los sismos más recientes del 15 junio y 30 de septiembre de 1999 con magnitudes Mw de 7.0 y 7.5, respectivamente. Esto es una evidencia de la necesidad de realizar una revisión de los procedimientos de diseño de este tipo de edificaciones.

REFERENCIAS

Alcocer S.M., Aguilar G., Flores L.E., Bitrán D., Durán R., López-Bátiz O., Pacheco M.A., Reyes C. Uribe C.M., y Mendoza M.J. (1999) “El sismo de Tehuacán del 15 de junio de 1999,” informe técnico, Centro Nacional de Prevención de Desastres, julio, 159 pp.

Alcocer S.M., Reyes C., Bitran D., Zepeda O., Flores L.E. y Pacheco M.A. (2002), “An assessment of the seismic vulnerability of housing in Mexico”, Memorias de la VII Conferencia Nacional de Ingeniería Estructural, Julio 21 al 25, Boston, Massachussets, E.U., (en prensa).

Singh, S.K., Ordaz, M., Pacheco, J.F., Quaas, R., Alcántara, L., Alcocer, S., Gutiérrez, C., Meli, R., Ovando, E., et al. (1999). “A preliminary report on the Tehuacan, Mexico Earthquake of June 15, 1999 (Mw=7.0)”, *Seismological Research Letters*.

Singh S.K., Ordaz M., Alcántara L., Shapiro N., Kostoglodov V., Pacheco J.F., Alcocer S., Gutiérrez C., Quaas R., Mikumo T. y Ovando E. (2000). “The Oaxaca Earthquake of 30 September 1999 (Mw=7.5): A Normal-faulting Event in the Subducted Cocos Plate”, *Seismological Research Letters*, Vol. 71, No. 1, Enero-Febrero.

Gutiérrez C. (1999). Comunicación personal.



SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN
COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

Av. Delfín Madrigal No.665,
Col. Pedregal de Sto. Domingo,
Del. Coyoacán,
México D.F., C.P. 04360

www.cenapred.gob.mx
www.proteccioncivil.gob.mx