

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

Lic. Santiago Creel Miranda
Secretario de Gobernación

Lic. María del Carmen Segura Rangel
Coordinadora General de Protección Civil

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

M. en I. Roberto Quaas Weppen
Director General

Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro
Coordinador de Investigación

M. en I. Enrique Guevara Ortiz
Coordinador de Instrumentación

M. en I. Tomás Alberto Sánchez Pérez
Coordinador de Difusión

Lic. Gloria Luz Ortiz Espejel
Coordinadora de Capacitación

Profra. Carmen Pimentel Amador
Secretaria Técnica

1ª edición, diciembre 2001
CIIEG-10122001

©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.unam.mx

© Autores Oscar A. Lopez, Carlos Reyes,
Roberto Durán, Daniel Bitrán y Javier Lermo

Edición Carlos Reyes Salmas
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

Diciembre, 2001

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
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.

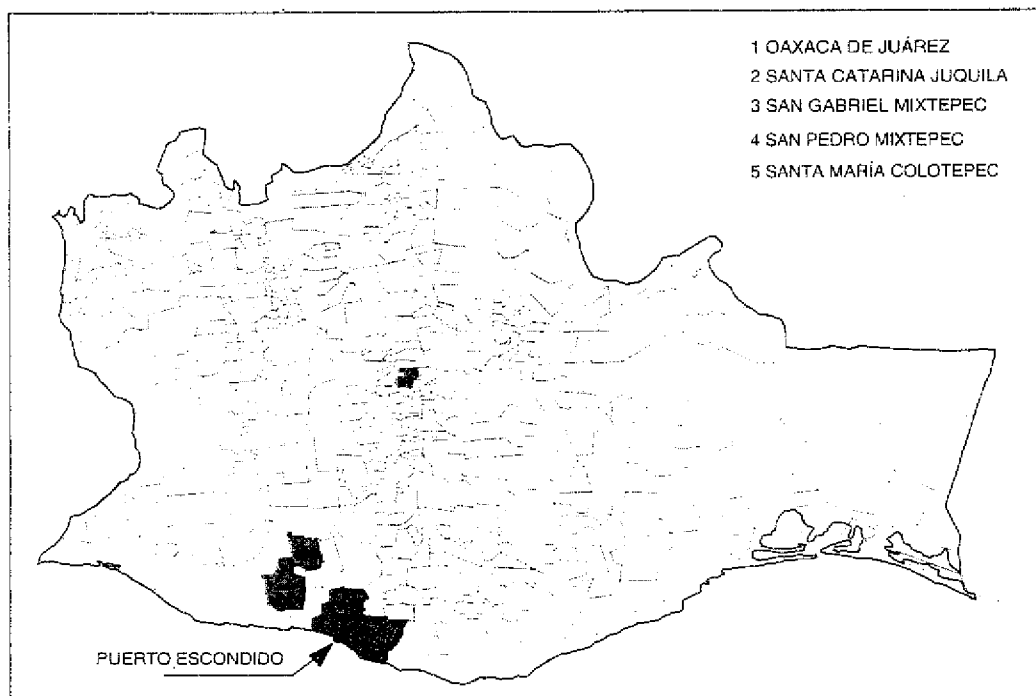


Figura 1.1 Mapa de la región visitada

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 (Mw=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/s^2 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/s^2 , 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 ($M_s=8.1$). En la fig. 2.1 se muestra un mapa de isoaceleraciones generadas por el sismo.

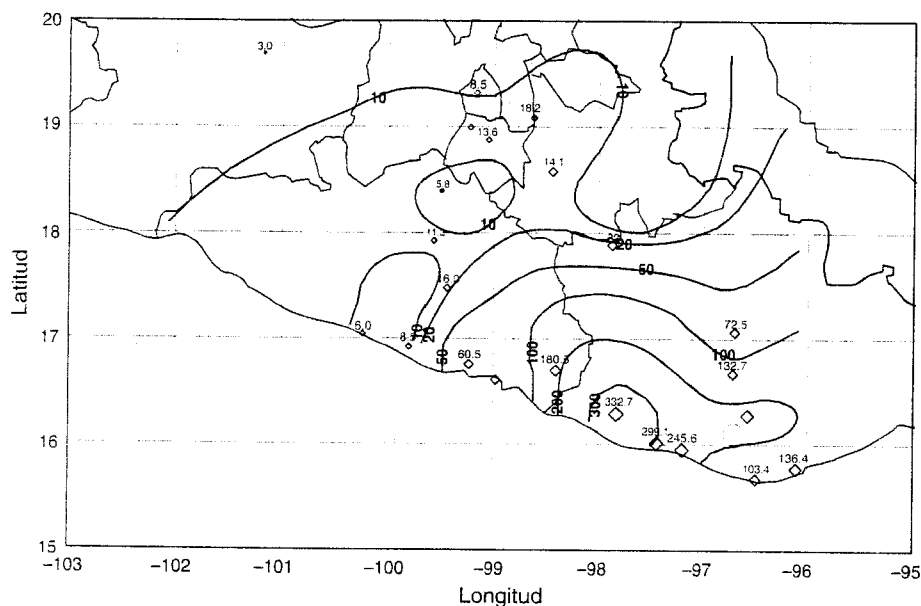


Figura 2.1 Mapa de isoaceleraciones generadas por el sismo del 30 de septiembre de 1999 con magnitud $M_w=7.5$ (Singh y otros, 2000)

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.

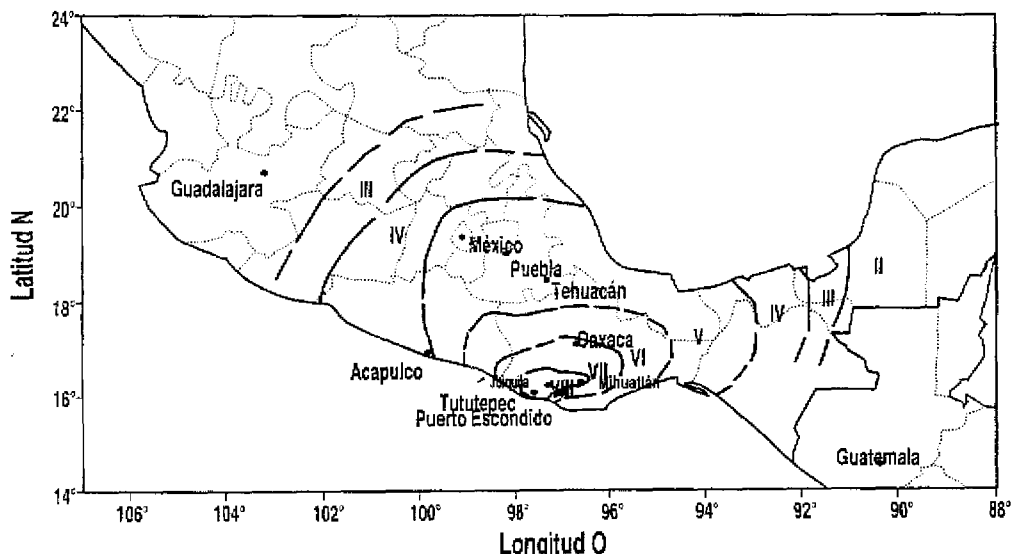


Figura 2.2 Mapa de isosistas por el sismo del 30 de septiembre de 1999 con magnitud $M_w=7.5$ (Gutiérrez, 1999)

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.

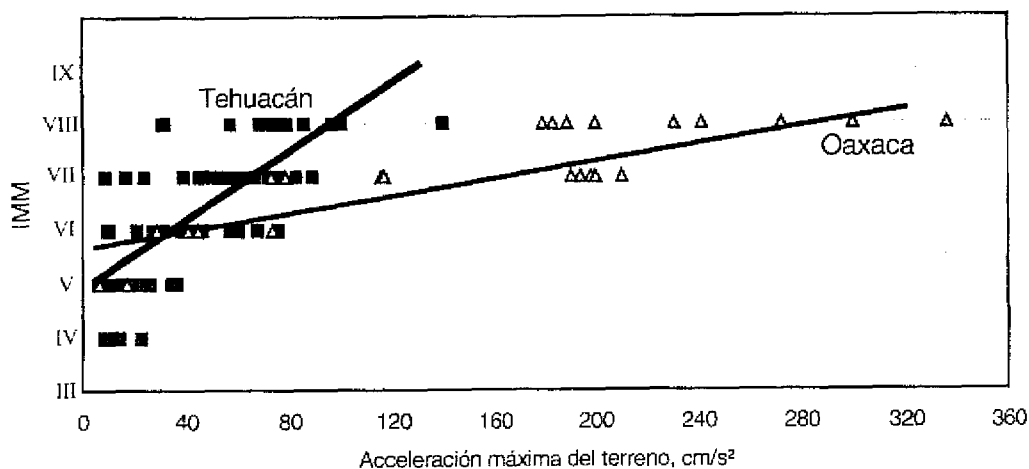


Figura 2.3 Relaciones escala de Mercalli modificada - aceleración máxima del terreno para los sismos del 15 de junio y 30 de septiembre de 1999 (Alicocer y otros, 2002)

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).

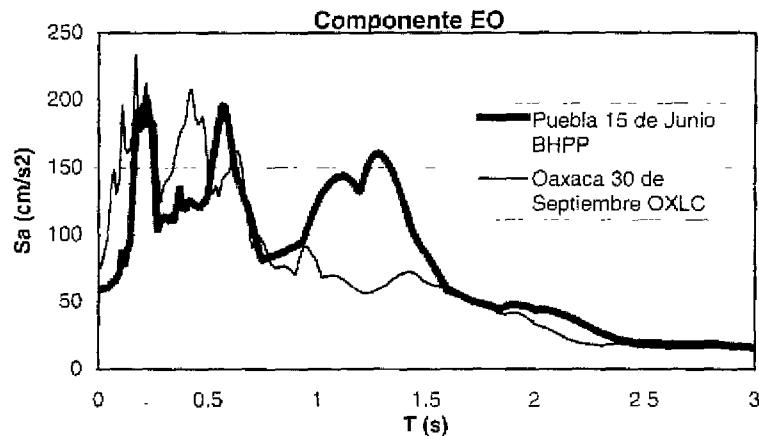


Figura 2.4 Espectros de respuesta para los sismos del 15 de junio y 30 de septiembre de 1999, en zona de terreno firme de las ciudades de Puebla y Oaxaca

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.