

REPORTE

1. Título: Extreme Earthquake Wave Propagation Modelling (E2WPM)

2. Resumen

La probable ocurrencia de sismos de magnitud extrema $M_w \geq 8$ con periodos de recurrencia de algunas decenas y centenas de años en las subregiones del Cinturón Circumpacífico (del cual forman parte las costas del Pacífico de México desde los estados de Nayarit hasta Chiapas), debe ser considerada en los estudios de peligro y riesgo sísmico de México. Es decir, no se debe asumir que el sismo de Michoacán de 1985 de $M_w 8.01$ es el sismo de magnitud máxima (extrema) que podría ocurrir en las mencionadas costas de México.

Con el fin de estimar las consecuencias debidas a la posible ocurrencia de sismos extremos como los mencionados, se propuso y aplicó un método híbrido que utiliza tanto las observaciones, como el modelado del fenómeno sísmico y de sus efectos en la infraestructura existente o proyectada en un sitio.

Para el modelado del fenómeno, es decir para obtener la variación con el tiempo de las aceleraciones del terreno en tres dimensiones (3D) debido a un sismo, se utilizó un esquema de diferencias finitas alternadas 3D de segundo orden en el tiempo y de cuarto orden en el espacio. El esquema se implementó en el código computacional en paralelo 3DWPFD que permite discretizar en subdominios el dominio físico (medio finito) continuo de interés mediante la utilización de la supercomputadora Miztli.

2. Avances y 3. Cálculos realizados

Los resultados de la propagación del sismo en bajas frecuencias obtenido con el código 3DWPFD, se combinaron con los que resultan de la aplicación del método de las Funciones empíricas de Green para la propagación de las frecuencias altas del sismo mediante. Ejemplos del tipo de resultados obtenidos de los modelados se presentan en las Figuras 1 a 6.

Las Figuras 1 y 2 para un sismo de subducción escenario extremo de magnitud $M_w 8.5$ con epicentro en las costas del estado de Guerrero y su efecto en la Ciudad de México; la 3 y 4 para un sismo de subducción escenario extremo de magnitud $M_w 8.5$ con epicentro en las costas del estado de Jalisco y su efecto en la Zona metropolitana de Guadalajara; y las 5 y 6 para el sismo cortical de magnitud $M_w 4.8$ con epicentro a 30 Km de Zona metropolitana de Guadalajara ocurrido el 11 de Mayo de 2016 (Chavez et al., en preparación).

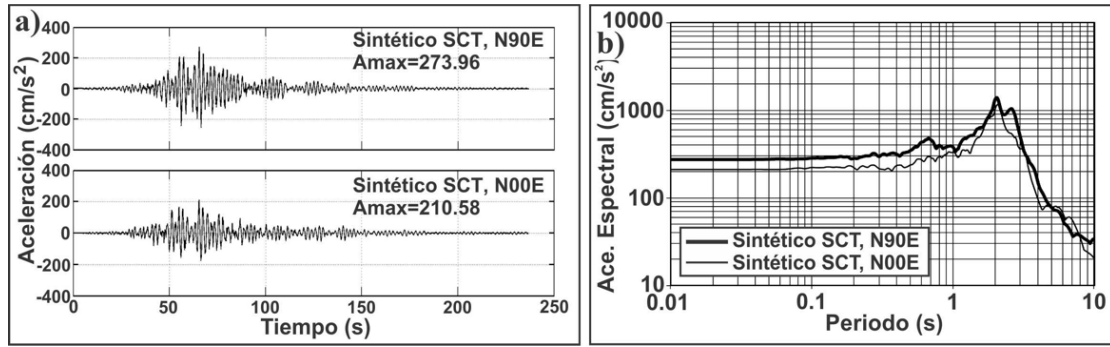


Figura 1 Acelerogramas sintéticos de banda ancha ($0.01 < \text{frecuencia} < 10 \text{ Hz}$; periodo (s) = $1 / \text{frecuencia}$) y sus correspondientes espectros de respuesta de aceleraciones, $S_a(5\%)$, del sitio SCT localizado en suelos compresibles de la Ciudad de México para el sismo de subducción de magnitud Mw 8.5 (Chavez et al., 2016).

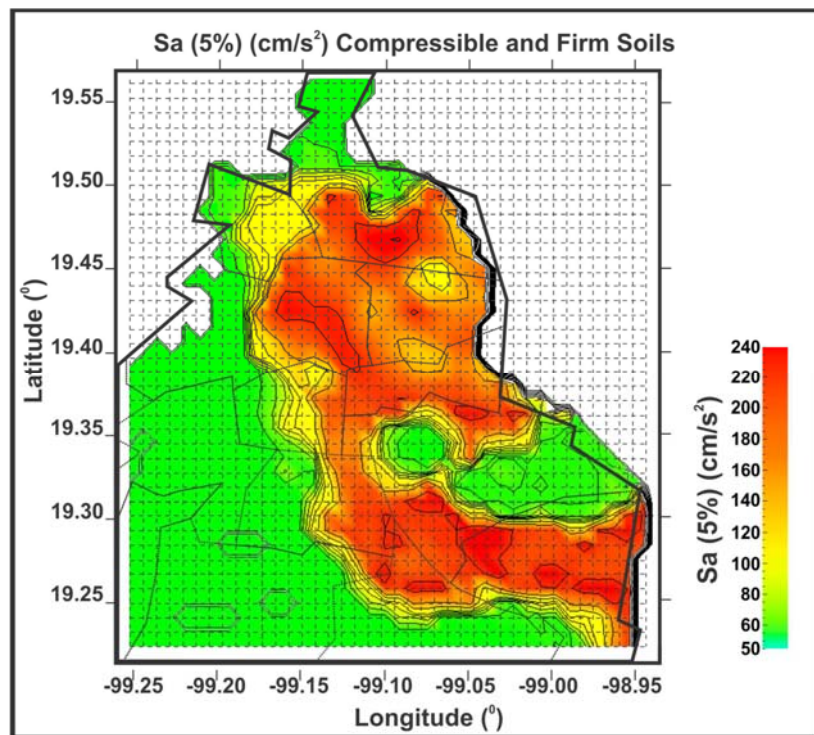


Figura 2. Distribución espacial del valor esperado del espectro de respuesta de aceleraciones $S_a(5\%)$ para las construcciones de 1 a 3 niveles de la Ciudad de México, correspondiente a los 10 modelos de ruptura del sismo de subducción escenario Mw 8.5. (Chavez et al., 2016)

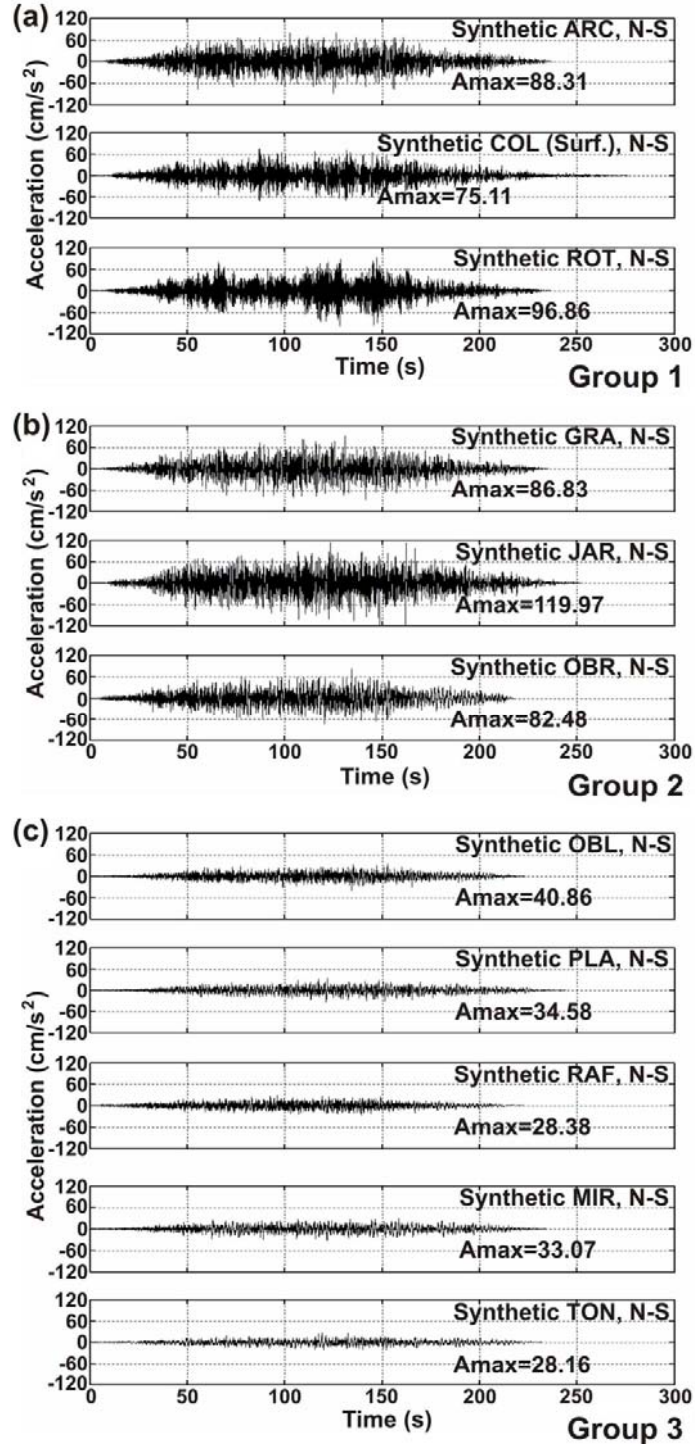


Figura 3 Acelerogramas sintéticos de banda ancha ($0.01 < \text{frecuencia} < 10 \text{ Hz}$; periodo (s) = $1 / \text{frecuencia}$) en varios sitios de la Zona metropolitana de Guadalajara para un sismo de subducción de magnitud Mw 8.5 (Chavez et al., 2016).

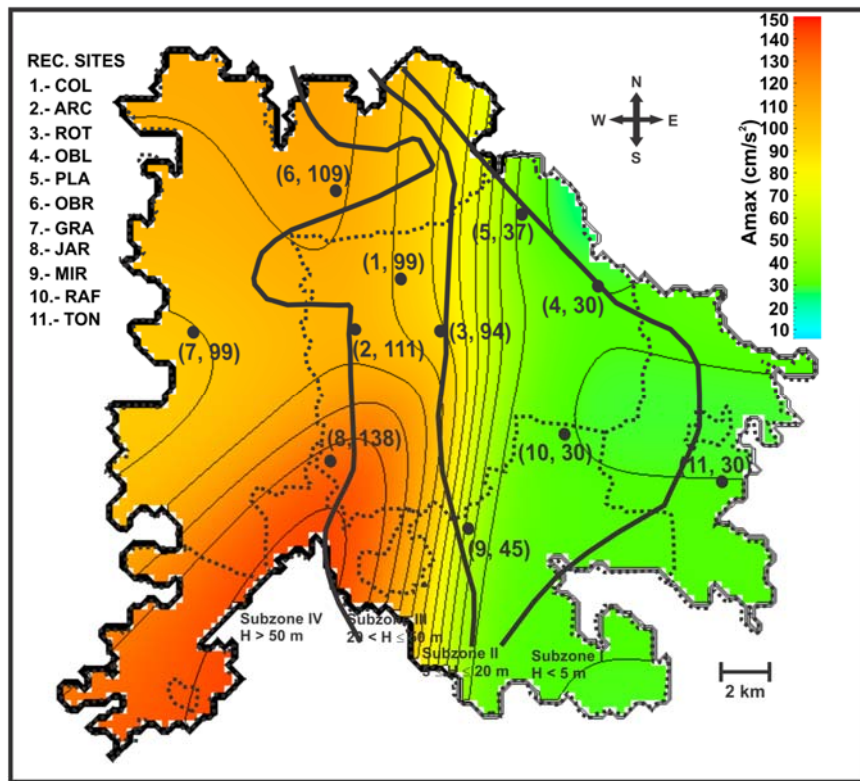


Figura 4. Distribución espacial de las aceleraciones máximas del terreno (A_{max}) para la Zona metropolitana de Guadalajara correspondiente a un sismo de subducción escenario Mw 8.5. (Chavez et al., 2016).

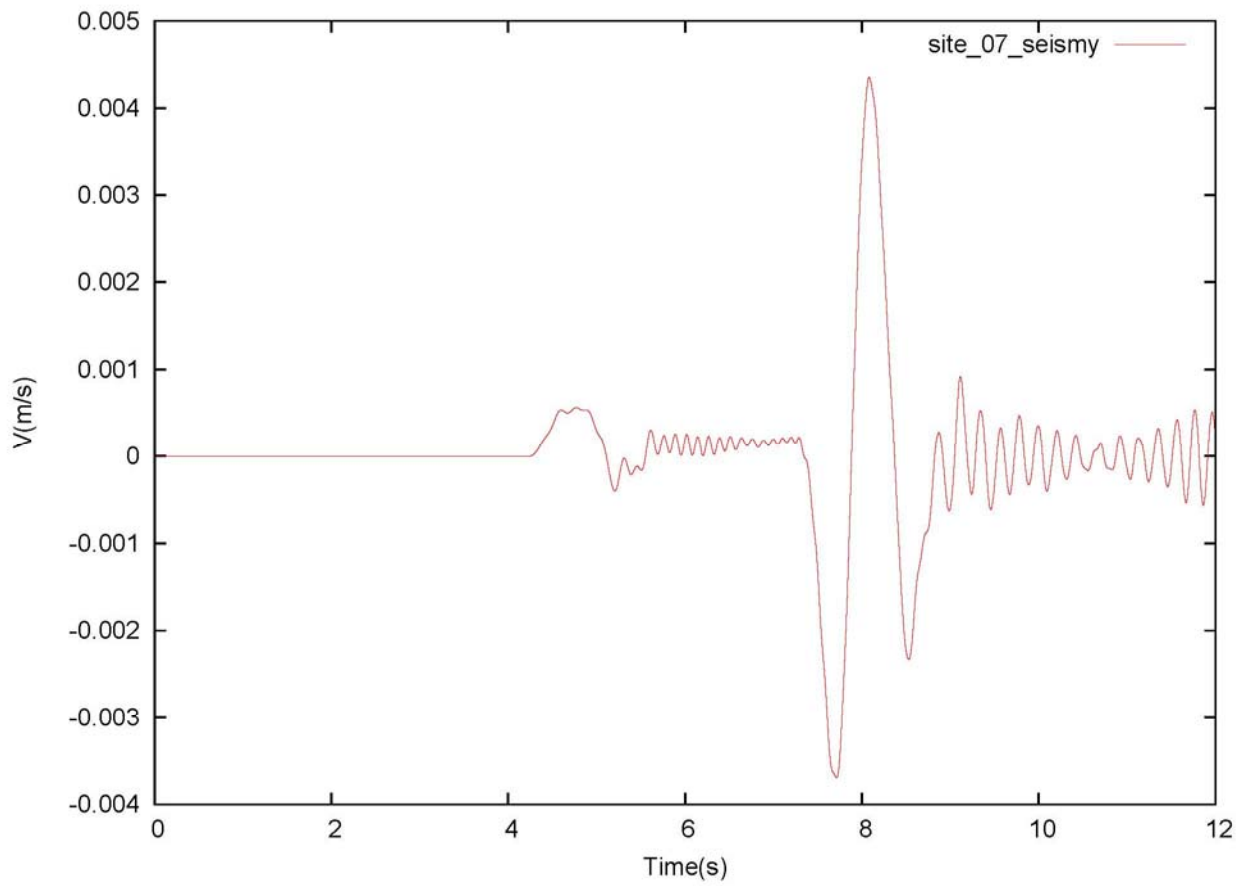


Figura 5 Sismograma sintéticos para el sitio 7 de la Figura 4 para el sismo cortical de magnitud M_w 4.8 con epicentro a 30 Km de Zona metropolitana de Guadalajara ocurrido el 11 de Mayo de 2016 (Chavez et al., en preparación).

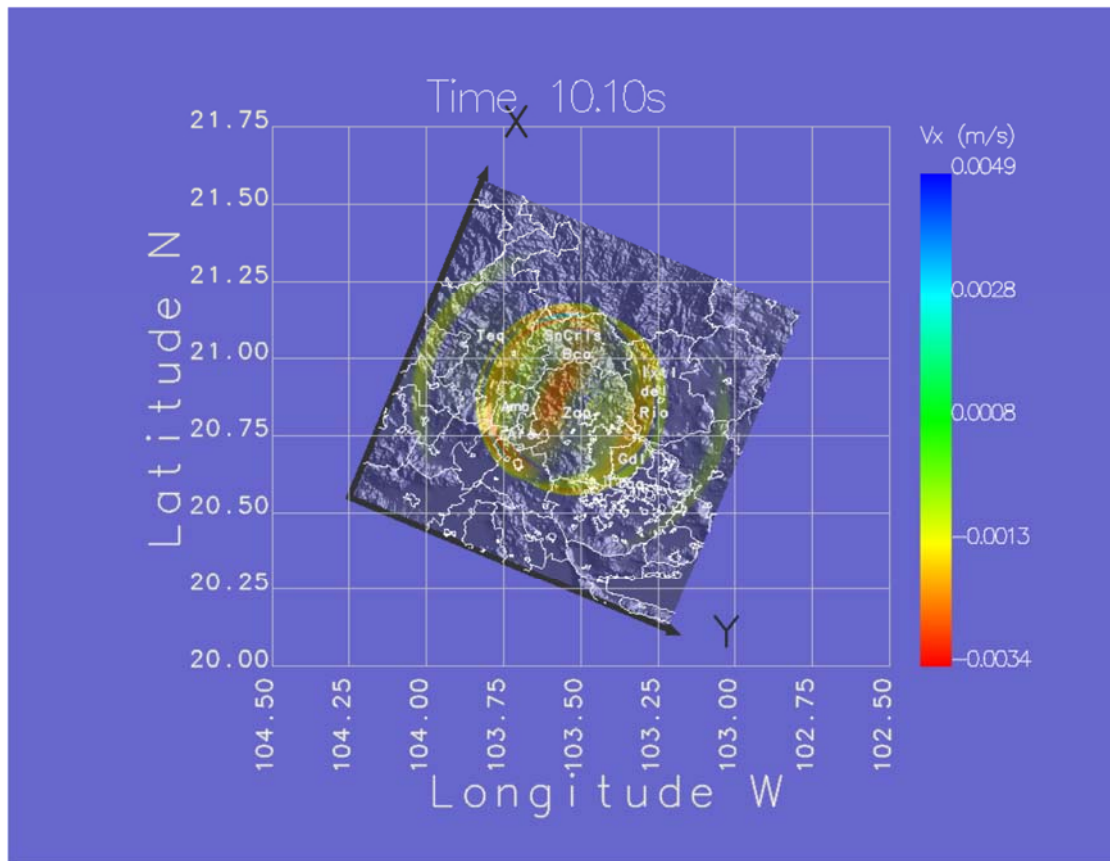


Figura 6 Visualización de la propagación en la dirección Y del sismo cortical de magnitud Mw 4.8 con epicentro a 30 Km de Zona metropolitana de Guadalajara (Chavez et al., en preparación).

5. Software utilizado.

Los compiladores Intel de Fortran, versión 2015.1.133, la biblioteca de envío de mensajes, MPI, versión: intel-5.0.2p-044, para compilar el programa propio de diferencias finitas 3D implementado en F90 y paralelizado mediante MPI.

Además, se ha seguido analizando el programa para mejorar su rendimiento, empleando, en particular: intel/tools/13.0.1 y trace-analyzer/9.0.2.045

6. Recursos utilizados.

Los recursos que hemos consumidos son: 249577.43 gs/cpu, los cuales representan aproximadamente el 50% de los recursos asignados.

7. Lista de colaboradores.

E. Cabrera, S. García, E. Chavez, M. Ashworth, A. Salazar

8. Lista de artículos publicados.

M. Chavez, E. Cabrera, S. Garcia, E. Chavez, M. Ashworth, N. Perea, A. Salazar, **Extreme Magnitude Earthquakes and their Direct Economic Impacts: A Hybrid Approach, Chapter 17** in *Extreme Events: Observations, Modeling, and Economics, Geophysical Monograph 214*, First Edition. Edited by M. Chavez, M. Ghil, and J. Urrutia-Fucugauchi.

© 2016 American Geophysical Union. Published 2016 by John Wiley & Sons, Inc.

9. Lista de alumnos graduados.

Inocencia Vanessa Sánchez García. Análisis estructural de una plataforma marina tipo jacket localizada en la sonda de campeche diseñada con la norma NRF-003-Pemex-2007 bajo condiciones extremas de tormenta y de operación. DEPMI, UNAM, 28 de Abril 2016, Director de tesina: Dr. Mario Humberto Chávez González

10. Lista de congresos nacionales e internacionales y participantes.

El Colegio Nacional; Simposio y presentación del libro Eventos Extremos: Observaciones, Modelado y Consecuencias Económicas (Extreme Events: Observations, Modeling and Economics); Sismos de magnitud extrema y su impacto economico; Mexico D.F., 20 Abril 2016; M. Chavez

CICOM 2016; 6° Congreso Internacional de Computación; Octubre 2016; Acapulco, México; Eduardo César Cabrera Flores